



This book is provided in digital form with the permission of the rightsholder as part of a Google project to make the world's books discoverable online.



This book is licensed under a Creative Commons license. By using a Creative Commons license, the rightsholder chose to give you more freedom to share or re-use the book than would otherwise be possible under copyright law.

This license allows distribution of this book with attribution but prohibits commercial use or derivative works. Terms available here: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>

About Google Books

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Books helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>

C

416,710

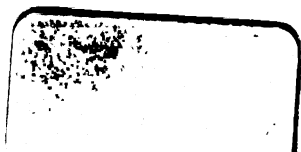
DUPL

PROPERTY OF

*The
University of
Michigan
Libraries*

1817

ARTES SCIENTIA VERITAS



Делић, Војислав.

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА

ПОСЕБНА ИЗДАЊА

КЊИГА ССХИИ

МАШИНСКИ ИНСТИТУТ

КЊИГА 2

Ing. ВОЈИСЛАВ БУРИЋ

Арх. ВОЈИСЛАВ ДАМЈАНОВИЋ

КОТЛОВИ И КОТЛАРНИЦЕ

УРЕДНИК

Академик ВЛАДИМИР ФАРМАКОВСКИ

Секретар Одељења техничких наука

Примљено на II скупу Одељења техничких наука САН од 9 фебруара 1951 г.

БЕОГРАД

1952

Engln. Library

TJ.

285

.D96.

M O N O G R A P H S

Volume CCXIII

M E C H A N I C A L E N G I N E E R I N G I N S T I T U T E

№ 2

B O I L E R S A N D B O I L E R H O U S E S

By

Ing. VOJISLAV DJURIĆ

Arch. VOJISLAV DAMJANOVIĆ

REDACTOR

VLADIMIR FARMAKOWSKY

Member of Academy

Director of the Mechanical Engineering Institute

Submitted to the II Meeting of the Section of Technical Sciences on 9th February, 1951

Наша Књига

ИЗДАВАЧКО ПРЕДУЗЕЋЕ НАРОДНЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

Штампариа и књиговезница Српске академије наука, Космајска ул. 28

БЕОГРАД, 1952

С А Д Р Ж А Ј

ПРЕДГОВОР

ПРИКАЗИ КОТЛОВА РАЗНИХ КОНСТРУКЦИЈА (Инж. В. Бурић)

Стр.

| | |
|-----------------------------------------------------------------|----------|
| У вод | 1 |
| Котлови малог капацитета | 4 |
| <i>Кошао DKV</i> | 5 |
| <i>Кошао KRS</i> | 6 |
| <i>Кошао VVD</i> | 8 |
| <i>Кошао Казаковцев</i> | 10 |
| <i>Кошао BKZ-13</i> | 14 |
| <i>Кошао T-3</i> | 15 |
| Котлови средњег и великог капацитета | |
| <i>Кошао Ђ. Ђ.</i> | 16 |
| <i>Кошао секциони B & W са ланчаном решешком</i> | 18 |
| <i>Кошао секциони B & W високе продукције</i> | 19 |
| <i>Кошао секциони B & W са каскадном решешком</i> | 20 |
| <i>Кошао секциони B & W за угљени прах</i> | 21 |
| <i>Кошао Schmidt & Hartmann</i> | 22 |
| <i>Кошао Проф. Корницког</i> | 23 |
| <i>Кошао секциони са два добоша</i> | 26 |
| <i>Кошао B & W вершикални са три канала</i> | 26 |
| <i>Кошао TP-230-1</i> | 27 |
| Ложишта са течном шљаком | |
| У вод | 29 |
| Минимално оптерећење | 32 |
| Еластичност | 33 |
| Финоћа млевевња и температура ваздуха | 33 |
| Садржај гвожђа у угљу | 33 |
| Једнокоморно или двокоморно ложиште | 33 |
| Степен везивања шљакe | 37 |
| „Доле топло — горе хладно“ | 39 |
| Предности и мане ложишта са шечним одводом шљакe | 39 |
| Случајеви у којима је погодна примена шечног режима | 42 |
| Циклонска ложишта | |
| Историски преглед | 43 |
| Опис рада циклона | 43 |
| Припремање угља за циклонско ложиште | 46 |
| Снабдевање ложишта ваздухом | 48 |
| Регулисање | 48 |
| Лабораториска испитивања | 48 |
| Будућност циклонског ложишта | 50 |
| Предности и недостаци циклонских ложишта | 50 |

| | Стр. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <i>Прикази кошлова са циклонским ложештем</i> | 53 |
| <i>Процес сагоревања Scikla-Rozinek</i> | 63 |
| <i>Извесни проблеми у експлоатацији кошловских ложешта</i> | 64 |
| Примери интересантних котлова у ФНРЈ | |
| <i>Кошао В & W за угљени прах</i> | 66 |
| <i>Кошао MAN за угљени прах</i> | 66 |
| <i>Секциони кошао EB</i> | 69 |
| <i>Озрачени кошао Vorsig</i> | 72 |
| Производња парних котлова у ФНРЈ | |
| <i>Предузеће „Буро Баковић“ — Славонски Брод</i> | 73 |
| <i>Предузеће ТПК — Загреб — Житњак</i> | 75 |
| РЕКОНСТРУКЦИЈА КОТЛОВА (Инж. В. Ђурић) | |
| Увод | 84 |
| Реконструкција котла В & W $A_k = 300 \text{ m}^2$ | 85 |
| Реконструкција котла В & W $A_k = 406,62 \text{ m}^2$ | 94 |
| Реконструкција котлова ТНР | 101 |
| Мogućност употребе парног котла Kripp-La. Mont за наше гориво | 111 |
| Реконструкција котла KRŠ | 112 |
| Реконструкција котла IC | 113 |
| Реконструкција стрмоцевног котла Житњак | 116 |
| Реконструкција котла В & W малог капацитета | 117 |
| АРХИТЕКТУРА КОТЛАРНИЦЕ (Арх. В. Дамјановић) | |
| <i>Локација кошларнице</i> | 127 |
| <i>Технолошки процес производње</i> | 132 |
| <i>Главни простори зграде</i> | 134 |
| <i>Споредни простори кошларнице</i> | 136 |
| <i>Комуникације и шок материјала</i> | 139 |
| <i>Конструкција кошларнице</i> | 145 |
| ДОПРЕМА ГОРИВА, ОДВОЂЕЊЕ ПЕПЕЛА, ШЉАКЕ И ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ДИМНИХ ГАСОВА (Инж. В. Ђурић) | |
| Увод у механизацију допреме угља | 157 |
| Превоз угља од рудника до подручја потрошача | 158 |
| Истовар на подручју потрошача | 159 |
| Транспорт од места истовара до складишта | 163 |
| Лагеровање и манипулација на складишту | 165 |
| Транспорт од складишта до котларнице | 171 |
| Лагеровање у котларници | 177 |
| Транспорт до ложишта | 177 |
| Неподесни транспорт; истоварно место — котларница | 179 |
| Одвођење шљаке и пепела са пречишћавањем димних гасова | 179 |
| Одвођење шљаке и пепела | 179 |
| Пречишћавање продуката сагоревања | 181 |
| ТИПИЗАЦИЈА (Арх. В. Дамјановић — Инж. В. Ђурић) | |
| Типизација котларница | |
| Први тип | 193 |
| Други тип | 196 |

| | |
|-----------------------|------|
| Трети тип | Стр. |
| Четврти тип | 199 |
| Пети тип | 206 |
| Шести тип | 219 |
| Седми тип | 223 |
| | 228 |

ПРИКАЗИ КОТЛАРНИЦА (Инж. В. Ђурић — Арх. В. Дамјановић)

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Приказ 1. TE Battersea | 251 |
| Приказ 2. TE Bewag | 252 |
| Приказ 3. TE Klingenberg | 254 |
| Приказ 4. TE 50.000 KW | 256 |
| Приказ 5. TE Kingston | 257 |
| Приказ 6. TE 31.500 KW | 263 |
| Приказ 7. TE 50.000 KW | 265 |
| Приказ 8. TE 150.000 KW | 266 |
| Приказ 9. две кондензационе TE (100.000 и 150.000 KW) | 267 |
| Приказ 10. две термоелектране | 268 |
| Приказ 11. четири термоелектране | 269 |
| Приказ 12. TE Walsall | 271 |
| Приказ 13. котларнице за катао 160/200 t/h | 276 |
| Приказ 14. индустрска TE Luna Mills | 278 |
| Приказ 15. TE Lourch | 285 |
| Приказ 16. отворена TE Permian Basin | 290 |
| Приказ 17. TE Београд | 291 |
| Приказ 18. TE Stourport B | 295 |
| Приказ 19. циклонска TE Dow Chemical, Midland, Mich. | 299 |
| Приказ 20. TE Portarlinton за тресет | 304 |
| Приказ 21. TE Puentes de Garcia Rodriguez | 307 |
| Приказ 22. TE Ridgeland | 310 |
| Приказ 23. TE Hell Gate | 315 |
| Приказ 24. индустрска котларница (Imperial Chemical Industries Ltd) | 316 |
| Приказ 25. Њујоршка TE (Hudson Avenue Station-Anex) | 320 |
| Приказ 26. TE типа C (САД) | 325 |
| Приказ 27. TE типа P (САД) | 328 |
| Приказ 28. TE Essex Њујорк | 321 |
| Приказ 29. TE Schenectady са бинарним процесом | 331 |
| Приказ 30. полуотворена TE Utah Power | 337 |

ПРИЛОГ ПРОБЛЕМУ УТИЦАЈА НА ОБЛИК КОТЛА И КОТЛАРНИЦЕ (Инж. В. Ђурић)

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Увод | 341 |
| Зависност инсталисаног капацитета котларнице од капацитета рудника угља | 344 |
| Транспортна средства за превоз горива до котларнице | 344 |
| Истоварна средства | 344 |
| Тип складишта и манипулација на њему | 346 |
| Висина ускладиштавања | 346 |
| Сортиман, чврстина и влажност угља, утичу на тип, број и положај дробилаце | 348 |
| Утицај сортимана на главне димензије транспортних средстава | 348 |
| Утицај сортимана и квалитета угља на избор решетке | 348 |
| Процент влаге у гориву одређује начин његовог припремања | 349 |
| Врста угља и квалитет пепела утичу на избор типа млина и шеме млевена | 349 |
| Утицај горива на систем ложења (сортиман, влага, пепео) | 349 |
| Процент испарљивих делова преко вредности односа q утиче на величину ложишног простора | 351 |

| | Стр. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Утицај особина пепела на величину и облик ложишног простора | 352 |
| Процент пепела одређује распоред грејних површина | 353 |
| Утицај температуре ваздуха за сагоревање на габарит котла | 353 |
| Утицај процента и каквоће летећег пепела на висину димњака | 363 |
| Утицај на начин пречишћавања продуката сагоревања | 369 |
| Процент и квалитет пепела као фактори који знатно утичу на избор система сагоревања | 369 |
| Утицај горива на искоришћење основе котларнице | 370 |
| Горива која захтевају два степена трансформације | 371 |
| Веза између горива и помоћних уређаја котла | 374 |
| Гориво и даљинско управљање | 374 |
| Веза између H_i и величине бункера за угаљ | 374 |
| Врста горива (чврсто, течно или гасовито) одлучујући фактор при избору типа котларнице (отворени, полуотворени или затворени тип) | 374 |
| Утицај горива на топлотну шему котла | 384 |
| Рециркулација ложишних гасова | |
| У в о д | 403 |
| Општи погледи | 403 |
| Теорија рециркулације | 404 |
| Предности рециркулације | 407 |
| Пример | 407 |
| Утицај притиска и температуре паре | 409 |
| Специфична потрошња топлоте и количина материја које круже у циклусу произвођења паре и електричне енергије; њихов утицај на величину и облик котла, котларнице и ТЕ | 409 |
| Потрошња топлоте | 413 |
| Облик расположивог терена | 413 |
| Пројектанти | 414 |
| Снага ТЕ | 414 |
| Расположива количина воде | 414 |
| Мogućност проширења | 414 |
| Спезање котлова и турбина | 414 |
| Изградња у блоку или раздвојено | 419 |
| Начин изградње у облику дворане или лаки и тешки начин изградње | 420 |
| Проблем скраћивања дубине изградње | 420 |
| Општа грађевинско-архитектонска и енергетско-економска гледишта | 424 |
| Вакључак | 426 |

ПРЕДГОВОР

На почетку овог рада указује се на обимност и важност постављене теме као и на побуде покретаче овога посла. У страниј литератури има неколико капиталних дела која третирају сличне проблеме. Она су била међутим резултат читавог животног рада и искуства њихових твораца. У нашој пак литератури ова тема, која се овде покушава да обради, није досада била обрађивана од наших стручњака.

Рад не претендује на научност и оригиналност. Намера је да се преко њега упозна шири круг заинтересованих стручњака са проблематиком котлова и котларница, која им није ужа специјалност. Из искуства на раду у привреди дошло се до убеђења да је један овакав рад неопходно потребан, како би олакшао посао приликом пројектовања и и како би се избегле могуће грешке, до којих би довело недовољно познавање ствари. Због тога се сматра да је боље приступити овом послу и пружити га нашој привреди онакав какав је, да би се њиме учинио први корак ка решавању доста комплексне проблематике, врло важне по изградњу; и да се њиме да потстрек за даље проучавање и проуду-бљавање овог питања.

Поред излагања општих начела машинско-енергетске и архитектонско-грађевинске изградње, изнешен је низ приказа већ изведених котлова и котларница, како би пројектанту била пружена могућност да се послужи њима, уколико би у типизацији наишао на празнине, најчешће приликом пројектовања великих објеката, као проблемима конкретно пред њим постављеним. Изнети случајеви доградњи и реконструкција у циљу усавршавања припомоћи ће заинтересованима при решавању и оваквих проблема. При разради дела које носи наслов „Котлови и котларнице“, морало се, што је сасвим природно, да се код котларница већих капацитета дотакну донекле и општа питања пројектовања и целокупне електране, јер се у тим случајевима није могло котларничко постројење обрађивати потпуно самостално.

Овај рад је у подједнакој мери обрађен са машинске, архитектонско-грађевинске и економске стране, пошто се сматра да су сва ова три чиниоца од битне важности и да се не може ниједном од поменутих фактора дати првенство.

Београд, 1 децембра 1950

Инж. В. Ђурић
Инж. арх. В. Дамјановић

СКРАЋЕНИЦЕ И ОЗНАКЕ

| | |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| TE (TEU) | — Термо електрична централа |
| KEU | — Кондензациона термо електрична централа |
| B&W | — котловска фирма Babcock & Wilcox |
| EBM | — котловска фирма Erste Brünnen Maschinenfabrik |
| KSG | — фирма за ложишта Kohlenscheidungs-Gesellschaft MBH |
| MAN | — котловска фирма Maschinenfabrik Augsburg — Nürnberg |
| ТПК | — котловска фирма Творница парних котлова — Загреб |
| Ђ Ђ | — котловска фирма „Ђуро Ђаковић“ Славонски Брод |
| ТНП | — Текстилана Нови Пазар |
| Еко (Wavo) | — загрејач воде (економијзер) |
| Luvo | — загрејач ваздуха |
| $B_1 \left(\frac{Kg}{h}, \frac{t}{h} \right)$ | — сатна потрошња горива |
| $D_1 \left(\frac{Kg}{h}, \frac{t}{h} \right)$ | — сатна производња паре |
| $A_k (m^2)$ | — грејна површина котла |
| $A_s (m^2)$ | — „ „ прегрејача паре |
| $A_E (m^2)$ | — „ „ загрејача воде |
| $A_L (m^2)$ | — „ „ „ ваздуха |
| $A_O (m^2)$ | — озрачена површина |
| $A_R (m^2)$ | — активна површина решетке |
| $p_k (atü)$ | — котловски над-притисак |
| $t_a (°C)$ | — температура воде за напајање |
| $t_k (°C)$ | — „ „ кључања воде |
| $t_s (°C)$ | — температура прегрејане паре |
| $t_{F_0} (°C)$ | — теориска температура гасова у ложишту |
| $t_{F_1} (°C)$ | — стварна „ „ „ |
| $t_{F_2} (°C)$ | — температура гасова на крају ложишта |
| $t_g (°C)$ | — „ „ „ на излазу из котла |
| $t_L (°C)$ | — „ „ ваздуха |
| $V_R (m^3)$ | — запремина ложишта |
| $\eta_k (°/o)$ | — степен искоришћења котла |
| $\eta_F (°/o)$ | — „ „ „ ложишта |
| $H_i \left(\frac{kcal}{kg} \right)$ | — доња топлотна моћ горива |
| $Q_1 \left(\frac{kcal}{h} \right)$ | — количина топлоте која се унесе у ложиште |
| $\frac{Q_1}{V_R} \left(\frac{kcal}{m^3 h} \right)$ | — топлотно оптерећење ложишта |
| $\frac{Q_1}{A_R} \left(\frac{kcal}{m^2 h} \right)$ | — топлотно оптерећење решетке |
| $\frac{B_1}{A_R} \left(\frac{kg}{m^2 h} \right)$ | — килограмско оптерећење решетке |
| $\frac{D_1}{A_k} \left(\frac{kg}{m^2 h} \right)$ | — оптерећење грејне површине |
| W (°/o) | — влага у гориву (у процентима по тежини) |
| A (°/o) | — пепео у гориву (у процентима по тежини) |

ИСПРАВКЕ

| Страна | Ред одозго | | Ред одоздо | | Стоји | Треба |
|--------------|------------|---------|------------|---------|---------------------------------|------------------------------|
| | Кол. I | Кол. II | Кол. I | Кол. II | | |
| 4 | 4 | | | | Szikla-Rosineck | Szikla-Rozinek |
| 6 | | 8 | | | горива | горива |
| 6 (таб. 1) | 9 | | | | горњи | горњи |
| 8 | | 11 | | | летећег пепела | пепела уопште |
| 9 | 13 | | | | рада | ради |
| 9 | 14 | | | | циркулационе | циркулације |
| 9 (Таб. 3) | 5 | | | | загревна | грејна |
| 12 (Таб. 5) | 7 | | | | Потрошна | Потрошња |
| 12 (таб. 5) | 13 | | | | Топлотни | Топлотни |
| 13 (таб. 7) | 13 | | | | Укуп. | Укуп. |
| 13 (таб. 7) | 15 | | | | Колактор | Колектор |
| 13 (Таб. 7) | 19 | | | | акт | акт. |
| 13 (таб. 8) | | | 5 | | 1 kg | 1/kg |
| 17 | | | 6 | | спуштање | сушење |
| 18 | 4 | | | | Температура | Температура |
| 18 | 5 | | | | еко | Еко |
| 18 | 6 | | | | еко | Еко |
| 18 | 14 | | | | $\eta_k = 3500 \text{ kcal/kg}$ | $\eta_k = 82\%$ |
| 19 | | 19 | | | постављеним | постављеним |
| 22 (сл. 22) | 1 | | | | за | за |
| 23 (сл. 23) | | 6 | | | примерног | примарног |
| 26 | | 14 | | | Taylor | Taylor |
| 27 | | | 15 | | V. D. I. | V. D. I. |
| 27 | | | 17 | | Q/AR | Q/AR |
| 29 | | | 20 | | $D_1 = 12 \text{ t/h}$ | $D_1 = 12 \text{ t/h}$ |
| 30 (сл. 32) | 5 | | | | померање | померање |
| 31 | | 3 | | | гранулациона | гранулисана |
| 32 | | 26 | | | на | са |
| 33 | 9 | | | | они | то |
| 33 | 27 | | | | исто | исту |
| 34 (сл. 34) | 14 | | | | 13) Решетка за хватање шљаке | 13) Зрачећи свод |
| 34 (сл. 34) | 15 | | | | 14) Зрачећи свод | 14) Решетка за хватање шљаке |
| 36 | | | 4 | | 33 б | 38 |
| 38 (сл. 39) | 2 | | | | "Openpass" | "open-pass" |
| 38 (сл. 39) | 4 | | | | Ljungstromov | Ljungstrom-ov |
| 41 | 30 | | | | мање | веће |
| 41 | | | 12 | | слопа | слова |
| 41 | | 15 | | | свом | сувом |
| 46 | | 6 | | | на | за |
| 46 | | 32 | | | чекићем | чекићима |
| 47 | | | 2 | | дробилницу | дробилца |
| 47 | | | | 18 | уређај | утрошак |
| 49 (таб. 12) | 2 | | | | EALTH | WEALTH |
| 49 | | 4 | | | једном | једној |

| Страна | Ред одозго | | Ред одоздо | | Стоји | Треба |
|--------------|------------|---------|------------|---------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| | Кол. I | Кол. II | Кол. I | Кол. II | | |
| 50 | 31 | | | | снази | снази, |
| 52 | | 21 | | | прегледу | погледу |
| 52 | | 22 | | | овога | овога, |
| 53 | 2 | | | | облика | облика, |
| 53 | | | 16 | | Топлотно | Топлотно |
| 53 | | | 16 | | 106 kcal/kg | 10 ⁶ kcal/kg |
| 53 | | 14 | | | испарљиви | испарљиви |
| 53 | | 26 | | | Q=3500 mm ³ /min | Q=3500 Nm ³ /min |
| 53 | | 27 | | | H-9500 mmWS | H-9500 mm WS |
| 53 | | | | 28 | ваздух и та | ваздуха иза |
| 53 | | | | 14 | искористићена | искористићена |
| 50 | | 18 | | | Rozahl | Rozahl |
| 51 | 8 | | | | gr/m ³ h | gr/m ³ |
| 51 | 16 | | | | мало | (мало, |
| 51 | | 7 | | | хомогени | хомогену |
| 54 (сл. 44) | 1 | | | | со | Со |
| 54 (сл. 44) | 7 | | | | паре | паре |
| 54 (сл. 41) | 7 | | | | терцијарни | терцијарни |
| 57 | 21/22 | | | | дробилнице | дробилнице |
| 57 | | | 2 | | у несагорелом | несагорелог |
| 57 (таб. 13) | заглавље у | | коло | ни 47 | Wouakegan | Waukegan |
| 59 (сл. 48) | 5 | | | | D1 | D ₁ |
| 59 (сл. 48) | 16 | | | | прегрејач | загрејач |
| 60 | | 8 | | | c(4) | са (4) |
| 60 (сл. 49) | | ред 12 | | | „терцијарног“ | 10) „терцијарног“ |
| 60 (сл. 50) | | 20 | | | 15) Зрачећи свод | 15) Решетка за шљаку |
| 60 (сл. 50) | | 21 | | | 16) Решетка за шљаку | 16) Зрачећи свод |
| 62 (сл. 51) | | 3 | | | предложити | предложити |
| 62 (сл. 51) | | 10 | | | е) нападни прегрејачи паре | горња два снопа цеви су примарни прегрејач паре а доњи своп је економијзер |
| 62 (сл. 51) | | 12 | | | е) Економијзер | само доњи своп цеви је економијзер |
| 64 | 7 | | | | врелик | врелих |
| 64 | 16 | | | | Б | В |
| 65 | | | 23 | | гасова-мулти | гасова, мулти |
| 65 | | | 21 | | CO ₂ | SO ₂ |
| 66 | | | 3 | | H' | H _l |
| 66 | 17 | | | | прегрејаче | прегрејача |
| 66 | 22 | | | | A ₁ =809,6 m ² | A _l =809,6m ² |
| 66 | | 14 | | | (систем KSG) | (систем KSG) |
| 69 | 21 | | | | t ₁ = | t _l = |
| 69 | | 20 | | | B&W | EBM |
| 69 | | 26 | | | решети | решетци |
| 69 | | | 12 | | B&W | EBM |
| 69 | | | 3 | | прегрејаче | прегрејача |
| 69 | | | 1 | | A ₁ | A _l |
| 70 (сл. 56) | | | | | B&W | EBM |
| 72 (сл. 57a) | | 2 | | | Bors'g | Borsig |
| 72 | | | 14 | | t ₁ = | t _l = |
| 73 | 13 | | | | t _e | t _a |
| 73 | 14 | | | | t _a | t _l |
| 73 | 22 | | | | A _l | A _l = |
| 73 | | | 1 | | t _s = | t _l = |

| Страна | Ред одозго | | Ред одоздо | | Стоји | Треба |
|---------------|----------------|------------|------------|---------|-------------------------------------------|------------------------------------|
| | Кол. I | Кол. II | Кол. I | Кол. II | | |
| 76 | 6 | | | | Q/D ₁ | D ₁ /V |
| 76 | | 2 | | | локомотивских | локомотивских |
| 79 | 1 | | | | SK.51.5,7 и | SK 51.5.7 и |
| | | | | | SK 51.5,8 | SK 51.5.8 |
| 79 | | | 5 | | горива | горива |
| 79 | | | | 8 | H = 3500—4000 kcal/kg | H ₁ = 3500—4000 kcal/kg |
| 84 | | 7/8 | | | циркулацијом | рециркулацијом |
| 84 | | 17 | | | технике | технике |
| 85 | 14 | | | | Babcock & Wilcock | Babcock-Wilcox |
| 85 | 17 | | | | цевном | цевима |
| 85 | | | 14 | | Babcock | Babcock |
| 85 | | | 13 | | Wilcox | Wilcox |
| 86 | | 2 | | | би би | би |
| 86 | | 7 | | | снову | основу |
| 88 | | 22 | | | Babcock & Wilcock | Babcock & Wilcox |
| 89 | 3 | | | | петваље | постављање |
| 92 | 1 | | | | Озиђавање | озиђавање |
| 92 | 1 | | | | нар- | нор- |
| 92 (таб. 14) | | | 29 | | Babcock & Wilcock | Babcock & Wilcox |
| 92 (таб. 14) | | | 29 | | t ₁ °C | t ₁ °C |
| 92 (таб. 14) | | | 21 | | A ₁ m ² | A ₁ m ² |
| 92 (таб. 14) | | | 20 | | B ₁ /kg/h | B ₁ kg/h |
| 93 (таб. 15) | колона 10 и 11 | у заглављу | | | mmVS | mmWS |
| 94 | 5 | (формула) | | | $\eta_k = \frac{D_1}{B_1 B_1}$ | $\eta_k = \frac{D_1}{B_1 H_1}$ |
| 94 | | | | 7 | Babcock & Wilcox | Babcock & Wilcox |
| 95 | | | 27/26 | | ко—ју | ко—ју |
| 95 | | | | 4 | за фабрикацију | за фабрикацију и грејање |
| 95 | | 19 | | | Ко што | Као што |
| 97 | | | | 10 | што | што |
| 100 | | | | 4 | за мазутом | са мазутом. |
| 101 | | | 13 | | годна | годна |
| 101 | | | | 2 | горива | горива |
| 102 | I варијанта | под | тач. 4 | | на коту | на коту |
| 102 | 9 | | | | Q ₁ /V _R | Q ₁ /V _R |
| 102 | | | 6 | | Q/V | Q ₁ /V _R |
| 103 | 5 | | | | Q ₁ /V _R = 2000.000 | $\frac{Q_1}{V_R} = 200.000$ |
| 103 (таб. 17) | у свим | видок | сума | на | место I долази I | |
| 104 | | | | 27 | (решетка | (решетка |
| 107 | 13 | | | | зрачена | озрачена |
| 113 | | | 9 | | atf | atf |
| 113 | 29 | | | | Q/V _R | Q ₁ /V _R |
| 114 | | | 2 | | превића | предвића |
| 114 | 15 | | | | D ₁ /A | D ₁ /A _k |
| 114 | 16 | | | | A/A kg/m ² h | A _k /A _R |
| 114 (таб. 19) | 7/8 | | | | kcal | kcal |
| 119 | | | 3/2 | | шибове | шибове |
| 126 | | | 10 | | (ручкр) | — |
| 126 | | | 9 | | (Гравер | — |
| 128 (сл. 121) | | | 7/8 | | ин у стрје | индустрије |
| 129 (сл. 122) | | | 8 | | диспозијаи | диспозија |

| Страна | Ред одозго | | Ред одоздо | | Стоји | Треба |
|---------------|------------|---------|------------|---------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | Кол. I | Кол. II | Кол. I | Кол. II | | |
| 141 | 15 | | | | којефицијенат | коэффициент |
| 143 | | 17 | | | оваком | оваком |
| 171 | | | | 4 | претставних | претставник |
| 174 (сл. 186) | | под и) | | | i) итоварна | i) итоварна |
| 186 (таб. 22) | у коло | ни Напо | мена | ред 2 | непоробна | непотребна |
| 186 (таб. 22) | у коло | ни Напо | мена | ред 10 | сотребна | потребна |
| 187 (сл. 202) | под 9 | | | | синхрони | синхрони |
| 199 | | | | 6 | захтивима | захтевима |
| 206 | | 11/12 | | | које-фицијент | кое-фицијент |
| 207 | | | | | сл. 231 | сл. 213 |
| 217 | | | | 10 | којефицијената | коэффицијената |
| 219 | | 6 | | | путм | путем |
| 226 | 8 | | | | kg-cal/m ³ h | kcal/m ³ h |
| 226 | 9 | | | | kg cal/kwh | kcal/KWh |
| 228 | | 15 | | | претенциозном | претенциозном |
| 231 | 3 | | | | притиск | притисак |
| 240 (сл. 241) | | | | | термоелектраесе | термоелектране |
| 259 | | | 26 | | стална | стална |
| 259 | 28 | | | | 3140 kcal/kg | 3140 kcal/KWh |
| 259 | | | 22 | | 2560 kcal/kg | 2560 kcal/KWh |
| 259 | | | 23 | | срегрејаност | прегрејаност |
| 261 | | | | 6 | издигнут | издигнут |
| 263 | | | | 1 | „Pauer“ | „Power“ |
| 265 (сл. 261) | 5 ред | | | | к. нумпа | к. пумпа |
| 269 | | 2 | | | тога | тока |
| 271 | 8 | 8 | | | , односно њихових | је у облику слова T |
| | | | | | осовина облику T | |
| 281 (сл. 274) | 6 | 6 | | | 39. дугме за пуштање | 39. дугме за пуштање |
| 287 (сл. 281) | | | | | 36. парна турбинна, | 36. парна турбина, |
| 288 | 2 | | | | цк | чк |
| 289 (сл. 283) | | | | | 13. резервоар за пречишчену | 13. резервоар за пречишћену |
| 289 | | | | | 14. резервоар | 14. резервоар |
| 289 | | 3 | | | предгревање | предгревања |
| 291 (сл. 284) | | | | | 1. кондензатори | 1. кондензатори |
| 295 | | | 5/4 | | Пу-штањем | Пу-штањем |
| 295 | 1 | | | | D _{1max} /AR | D _{1max} /A _k |
| 299 | 3 | | | | умају | имају |
| 306 | | 4 | | | бизи | бази |
| 308 | | | 26 | | узна | узима |
| 309 | | | 11 | | n=30000 0/min | n=3000 0/min |
| 312 | | | | 25 | треба изоставити цео ред | |
| 314 | | 19 | | | покрете | покрете |
| 316 | 22 | | | | скрепетром | скрепером |
| 316 | | | 8 | | Интају | Имају |
| 316 | | | | 5 | Kesselanlage | Kesselanlage |
| 323 (сл. 328) | 1 | | | | Hudson | Hudson |
| 327 (сл. 332) | | | | 5 | 15. дванаести | 15. дванаести |
| 332 | | 6 | | | 15,8 ата | 15,8 ата |
| 336 | | | 6 | | парн | паре |
| 337 | | | 13 | | Power | Power |
| 337 | | | 9 | | Power | Power |
| 349 | 13 | | 9 | | припремања | припремања |
| 407 | | | 22 | | зонама | зонама |

| Страна | Ред одозго | | Ред одоздо | | Стоји | Треба |
|-----------------------------------------|------------|---------|------------|-----------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| | Кол. I | Кол. II | Кол. I | Кол. II | | |
| Табела 24 (између стр. 340 и 341) | 18 | | | | BATERSI STOUERPORT RODRIGEZ | BATTERSEA STOURPORT RODRIGUEZ |
| 348 | 17 | | | | угиска | утиска |
| 352 | | | | 1 | температуре | температуре |
| 353 | | 2 | | | у гориву | из горива |
| 364 (Таб. 28) | у коло | ни дн | мензи | је | $10^3 \text{ kcal/m}^3/\text{h}$ | $10^3 \text{ kcal/m}^3/\text{h}$ |
| 365 (сл. 349) | | 2 | | | 37 SPP | 37 SP |
| 370 (Таб. 31) | 9 | | | | Блажни | Влажни |
| 374 | 2 | | | | (види слику 352) | (види слику 354) |
| . (Таб. 34) | 8 | | | | лежишта | лежишта |
| . . . | 28 | | | | грејача ваздуха | загрејача ваздуха |
| 381 | | | | 4 | $\alpha_2 = \frac{\lambda}{H} \cdot 0,48 \sqrt{Gr}$ | $\alpha_2 = \frac{\lambda}{H} \cdot 0,48 \sqrt{Gr}$ |
| 409 | | | | 4 | специфичне топлоте | специфичне потрошње топлоте |
| Таб. 43 | 8 | | | | до 1 I 1950 | до 1. I. 1950 |
| (између стр. 410 и 411) | 29 | | | | TE KW | TE (KW) |
| . . | 30 | | | | потрошња KW | потрошња (KW) |
| . . | 31 | | | | Корисна снага KW | Корисна снага (KW) |
| . . | 32 | | | | Спец. потр. топлоте | Спец. потр. топлоте |
| | | | | | $\frac{\text{kcal}}{\text{KWh}}$ | $\left(\frac{\text{kcal}}{\text{KWh}}\right)$ |
| 411 (Таб. 44) | | 9 | | | KWh/1000 kg кондензата | KWh/1000 kg кондензата |
| 414 | | 1 | | | нарочито за она | нарочито за оне |
| . (сл. 362) | | | | | Б. мосни кан | Б. мосни кран |
| 424 | 34 | | | | пепела), | пепела, |
| 427 | Иза ле | генде | слике | 371 | недостаје ознака литературе | (26/17 |
| 431 | | 2 | | | Influences | Influences |
| XII | изостав | љено по | д тачко | м 2 f) | | f.) Услед виших температура већа |
| | | | | | | је вискозност гасова у циклон- |
| | | | | | | ском лежишту но у циклону- |
| | | | | | | издвајачу; ова околност сма- |
| | | | | | | њује ефекат издвајања. |
| 434 | 33, 37, 42 | | | | Schmelzkammern | Schmelzkammern |
| 435 | | | | 16 | Elektrizitätwercke | Elektrizitätwerke |
| 436 | | | | 35 | Ebengineers. Journal | Engineers, Journal |
| 436 | | | | 8, 18, 20 | VDJ | VDI |
| 436 | | | | 4 | Wärme | Wärme |
| 437 | 6, 11, 12 | | | | VDJ | VDI |
| 437 | 5 | | | | Kohlenverwiegung im | Kohlenverwiegung in |
| 437 | 21 | | | | Werwendung | Verwendung |
| 437 | | | 17 | | Nasskohlenfeuerung | Nasskohlenfeuerung |
| 437 | | | | 26 | Establich | Establish |
| 437 | | | | 8 | Dampfkraftwerken | Dampfkraftwerken |
| 438 | 5, 14 | | | | Luis | Louis |
| 438 | 6 | | | | Combystion | Combustion |
| 438 | 25 | | | | gor | for |
| 438 | 26 | | | | Cobustion | Combustion |
| 438 | 23 | | | | Темловоя | Темловоя |
| 438 | 19 | | | | Heizflächen | Heizflächen |
| 438 | 12 | | | | Rauchgasrückführung | Rauchgasrückführung |
| 438 | 11 | | | | Eifluss | Einfluss |
| 438 | 6 | | | | Wilhelm | Wilhelm |

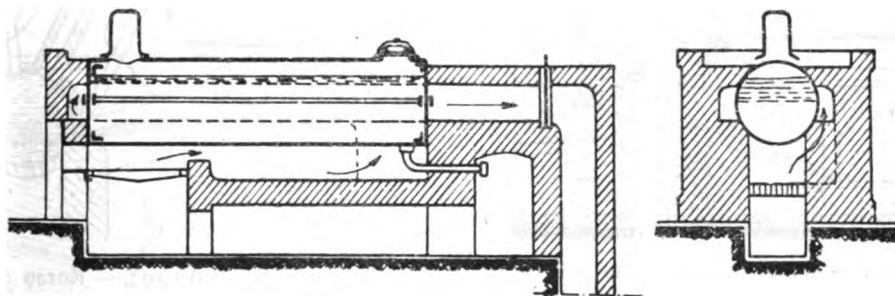
| Страна | Ред одозго | | Ред одоздо | | Стоји | Треба |
|--------|------------|---------|------------|---------|------------------------|------------------------|
| | Кол. I | Кол. II | Кол. I | Кол. II | | |
| 439 | 14 | | | | Dampfwerken | Dampfkraftwerken |
| 439 | 19 | | | | Gestaltung | Gestaltung |
| 439 | | 14 | | | Braunkohlenfeuerungen | Braunkohlenfeuerungen |
| 439 | | | | 1 | Ventilartig | Ventilartig |
| 439 | | | | 18 | Schmelzkammerkessel | Schmelzkammerkessel |
| 440 | 26 | | | | Schmelzfeuerung | Schmelzfeuerung |
| 440 | 32 | | | | Harg. | Jabrg. |
| 440 | 37 | | | | Наследование | Иследование |
| 440 | | 1 | | | Korrosionsursachen | Korrosionsursachen |
| 440 | | | | 7 | Verbrennungstemperatur | Verbrennungstemperatur |
| 440 | | | | 7 | Schmelzkammerfeuerung | Schmelzkammerfeuerung |

ПРИКАЗИ КОТЛОВА РАЗНИХ КОНСТРУКЦИЈА

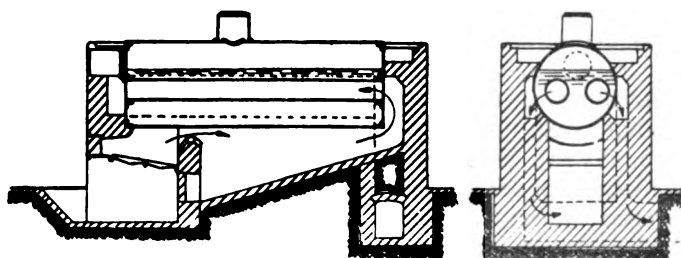
Ако се погледа на развој котловских конструкција у току последњих сто година, могу се уочити јасно тежње при конструисању котлова.

Средином прошлог века били су актуелни цилиндрични котлови; једноставне конструкције, малог капацитета, ниског прити-

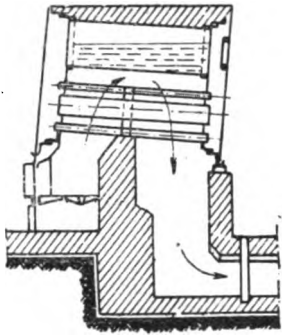
ска, без прегрејача паре и накнадних грејних површина (Еко, Луво), ручним ложењем, нижим степеном искоришћења, предвиђеним за квалитетна горива, са неповољним карактеристикама m^2/D_1 , m^3/D_1 , нееластични у погону, са неартикулисаном циркулацијом воде.



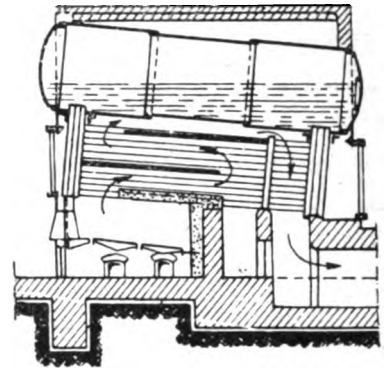
Сл. 1. — 1850 год. — Цилиндрични котло



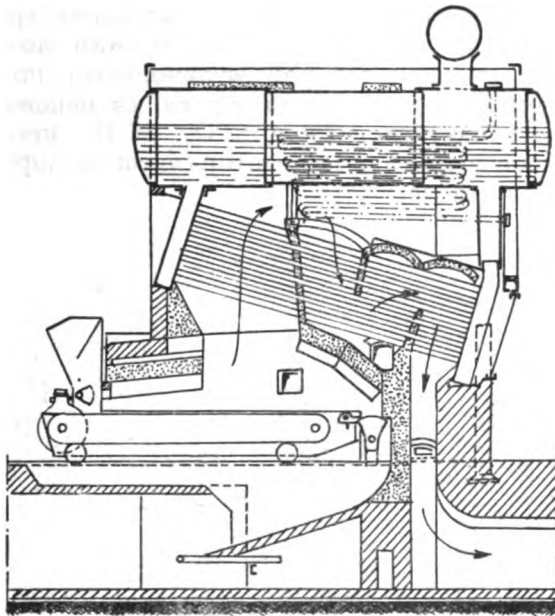
Сл. 2. — 1870 год. — Котло са две пламене цеви



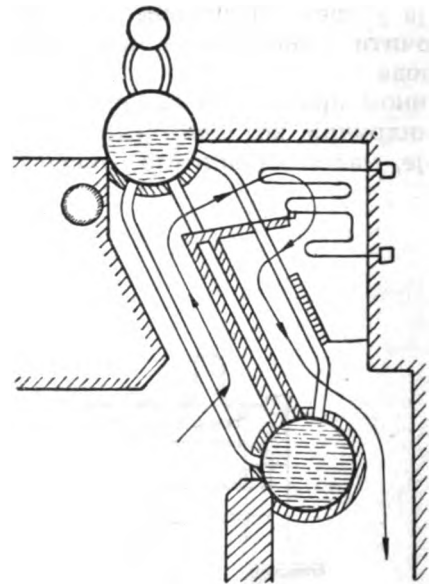
Сл. 3. — 1875, 1880 год. — Котао са косим водогрејним цевима и коморама



Сл. 4. — 1875, 1880 год. — Котао са косим водогрејним цевима и котловима



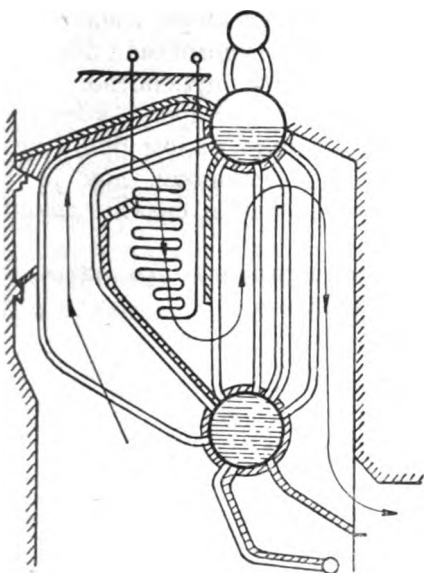
Сл. 5. — 1910 год. — Котао са косим водогрејним цевима и коморама (ланчане решетке)



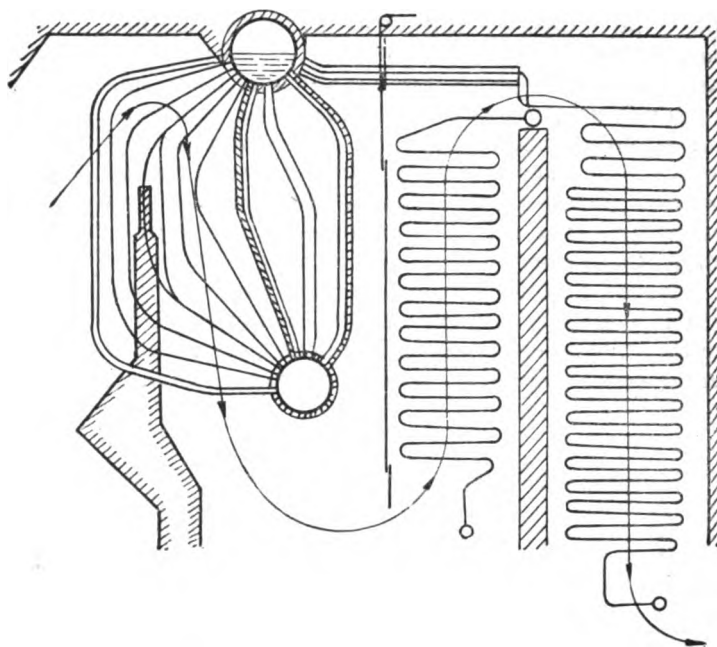
Сл. 6. — 1910 год. — Котао са стрним цевима и два добоша

Наведене мане котлова старих конструкција, постепено су се умањивале и отклањале увођењем котлова са пламеним цевима, воденим коморама, косим водогрејним цевима, котловима са косим водогрејним цевима у секцијама, стрним водогрејним цевима, механичким решеткама, смањењем специфичног оптерећења ложишног простора, екранисањем ложишта, увођењем накнадних грејних површина (Екр, Луво), смањењем водног простора, повећањем озрачене површине, применом угљеног праха, повећањем температуре у ложишном простору, прелазом на котлове са течном шљаком.

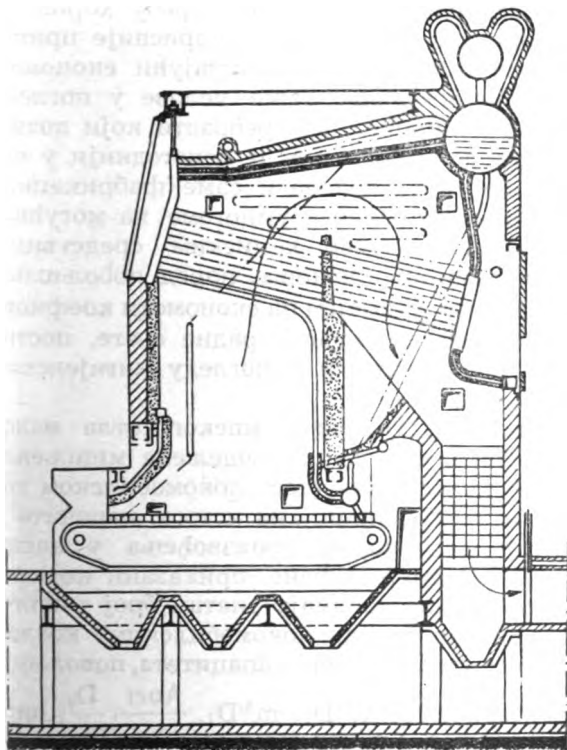
Главне карактеристике савременог котла нормалне конструкције, који је настао развојем и усавршавањем старих конструкција, биле би следеће: прилагођавање конструкције ложишта условима расположивих горива, повећање односа озрачене и додирне грејне површине, смањивање односа котловске грејне и накнадне грејне површине, интензивна природна или вештачка циркулација воде, изградња јединица великог капацитета, аутоматизација руковања и контроле, побољшање карактеристика m^2/D_1 и m^3/D_1 .



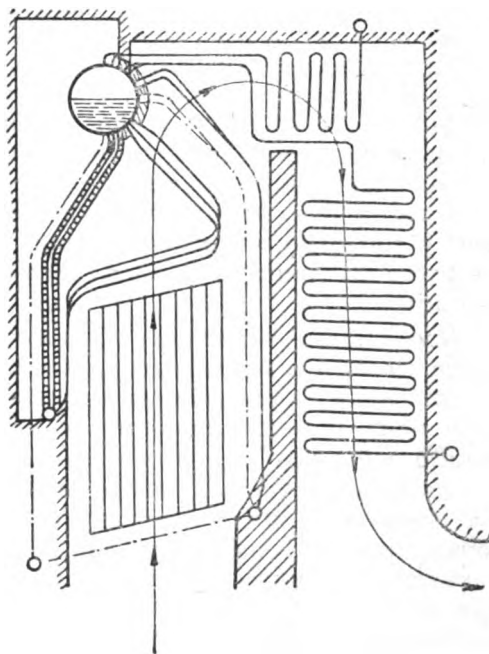
Сл. 7. — 1920 год. — Котао са стрним цевима и два добоша



Сл. 8. — 1930 год. — Стрмоцевни котао са два добоша-развијене накнадне грејне површине



Сл. 9. — 1930 год. — Секциони котао са попречним добошем — екранисано ложиште



Сл. 10. — 1935. год. — Озрачени котао

Међу савременим котловима, који базирају на новим принципима рада, од техничког интереса је примена газификације горива у лебдећем стању (Szikla-Rosineck) и циклонско сагоревање. Ова два нова принципа, први у Европи а други у Америци, испитују се у експлоатацији и вероватно да ће, према досада постигнутим резултатима, имати утицаја на усавршавање произвођача паре (котлова).

Борба између котлова за сагоревање угља у слоју и са угљеним прахом завршава се у корист угљеног праха; сагоревање у слоју је све чешће изузетак или специјалан случај.

У погледу преимућстава течног над сувим режимом дискусија је у току. Гледишта стручњака се размимоилазе. Европски стручњаци, изузев Чермака и Рамлера, гледају на течни режим са доста песимизма, док му амерички стручњаци дају првенство. Чињенично стање је да су у Европи котлови са течном шљаком у врло малом броју заступљени (изузев Чехословачке), док је у Америци број истих знатан и сваким даном већи.

Овај проблем се детаљније разматра у поглављу о течној шљаки.

КОТЛОВИ МАЛОГ КАПАЦИТЕТА

Сматрамо да при извршењу електрификације и индустријализације наше земље имају доста важну улогу котлови малог капацитета. За лаку индустрију, например текстилну и прехранбену, у случају да оне нису у реонима великих топлана, долазе у обзир котлови мањег капацитета, тј. модификације даље приказаних типова. У случајевима монтажних електрана за већа градилишта, док не буде завршена мрежа хидро и термо централа, корисно би послужили ови мали такозвани транспортни котлови. Код постојећих постројења, где је критичност у топлотној енергији, котлови малог капацитета би привремено могли поправити ситуацију.

Као главни недостатак приказаних котлова малог капацитета је низак степен искоришћења. У предложеним реконструкцијама ових котлова нарочито је вођено рачуна о побољшању η_K . Повећање η_K постижемо увођењем савршенијег начина сагоревања (механички или пнеуматички убацивачи горива или угљени прах), као и увођењем накнадних грејних површина (Еко и Луво). При томе је вођено рачуна да њихова особина економичности у погледу потребе специфичног простора (m^2/D_1 , m^3/D_1) не буде повећана, већ умањена са повећањем продукције паре.

Разматрањем проблема дошло се до закључка да је с обзиром на тренутне фабрике услове, као и на потребу коришћења лошијих врста горива, корисније применити глатки челични кључајући економјазер, који поставља теже услове у погледу воде за напајање, но ребрасти који дозвољава тврдоћу воде, али је непогоднији у погледу летећег пепела и саме фабрикации. При овоме се ослања умногоме на могућности чишћења цеви хемиским средствима. Механизацијом ложења, поред побољшања η_K и њеним утицајем на економски коефицијент, смањењем људске радне снаге, постиже се побољшање и у погледу хигијенских услова рада.

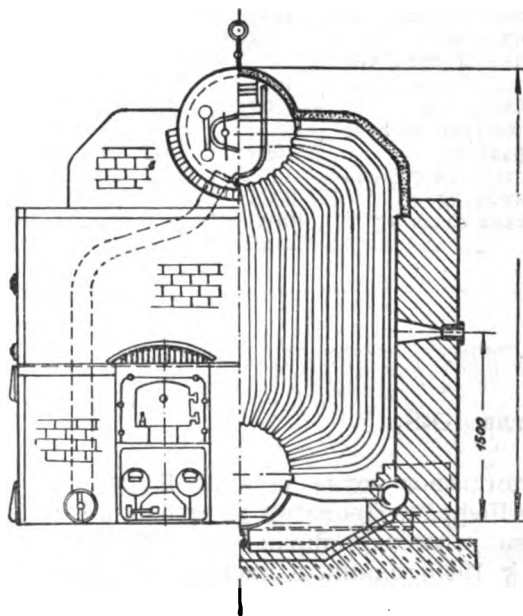
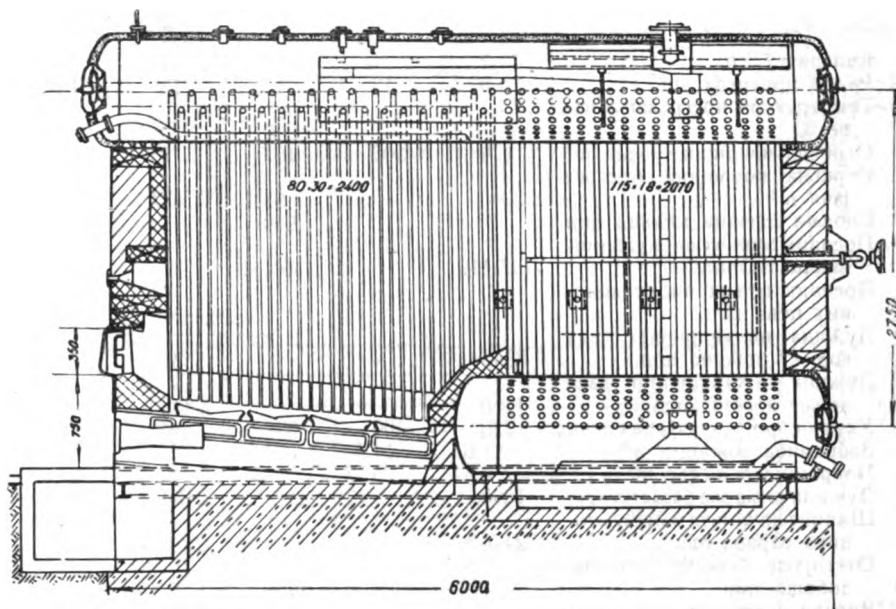
У погледу усвајања типског котла малог капацитета, код нас су подељена мишљења. Даје се извесна предност локомотивском котлу или модификацијама истога, нарочито у погледу могућности произвођења у нашој земљи. С друге стране, приказани котлови малог капацитета имају знатан број техничких предности над локомотивским котлом (мања тежина по тони капацитета, повољније карактеристике m^2/D_1 , m^3/D_1 , $\frac{A_{ozr}}{A_K}$, $\frac{D_1}{A_K}$, циркулација), али су за њихову израду потребне безшавне цеви које су засада увозни артикал.

Приказ котла DKV

Пројекат за овај котло израђен је у установи SKTJ 1938—40 године, а модифициран 1946/47 године у KBZ. Котло је са два уздужна добоша неједнаке дужине и са стрмим неједнаким цевима. Водогрејне цеви су постављене у коридорном распореду. Ложиште је екранисано са три стране. Задње екране чини један ред кључајућих цеви, бочни екрани су на доњој страни спојени колекторима, а горњи екрани су уваљани у добош. Агрегат има монтажни рам од челичних профила. Озид може бити од обичних и шамот-

них опека, или специјалне лаке изолационе плоче. Решетка је равна са малим нагибом, непомицна, а величина јој зависи од капацитета котла. Отклањање пепела се врши са чеоне стране из пепељаре а постоји и уређај за истресање пепела. Одувавање пепела се врши помоћу једног дувача за све цеви, који је постављен испод горњег добоша. Напајање се врши кроз парни простор преко лимених плоча, које служе за механичко издвајање каменца.

Испаравање је у три етапе: прво приликом напајања кроз парни простор, друго у екранима и треће у испаравајућим цевима.



Сл. 11. — Котло малог капацитета DKV-4-13

D_1 — 4 t/h, p_k — 13 atü, A_k — 202 m²,

A_R — 5,13 m², V_R — 11,6 m³

Продување котла је на горњем и доњем добошу. Прегрејач се може поставити на тај начин, што се потребан број цеви отклони из првог канала и поставе цеви за прегрејач у распореду „Z“. Преграда за први гасни канал је од шамотних профилисаних опека или од торкретне масе, а друга је од ливених плоча. Улаз гасова у први канал је по ширини

1/4 ложишта, а излаз из другог канала у димни канал је са једне стране. Са лако облогом котао може бити испоручен у монтираном стању. Сви остали технички подаци могу се наћи у опширним приложеним табелама.

(Технички подаци и скице узете из „Економија горива бр. 12 од 1948).

Табела 1

ОСНОВНИ КОНСТРУКТИВНИ ПОДАЦИ ЗА КОТЛОВЕ DKV

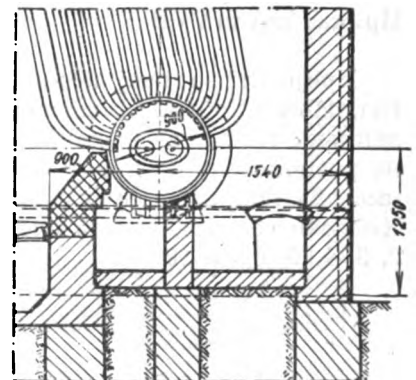
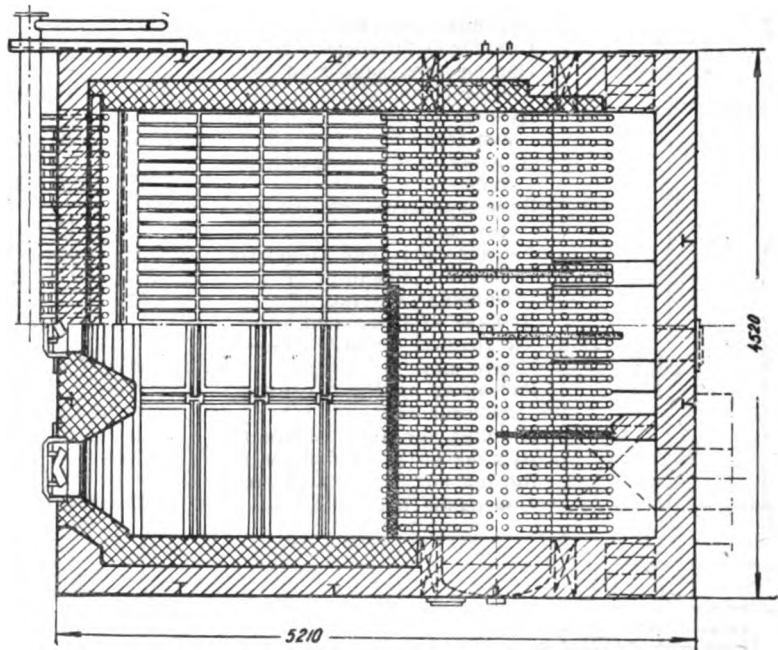
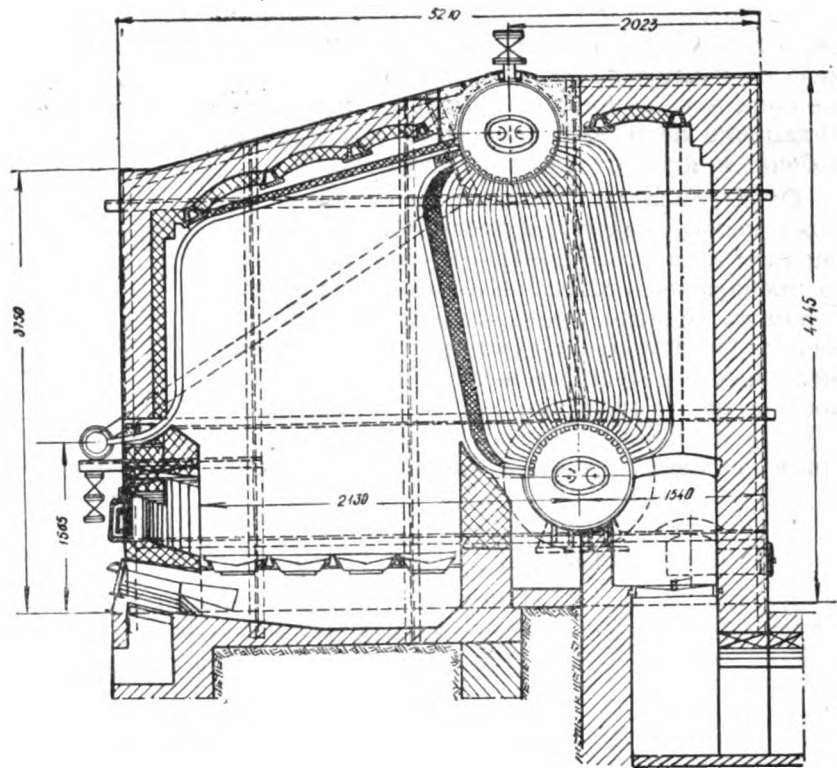
| | DKV 2-8 | DKV-4-13 Без пре- грејача | Са прегрејачем °C | | | DKV-6-13 Без пре- грејача | Са прегрејачем °C | | |
|--------------------------------------------|---------|---------------------------------|-------------------|-------|-------|---------------------------------|-------------------|-------|-------|
| | | | 350 | 300 | 250 | | 350 | 300 | 250 |
| Капацитет t/h | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Радни притисак atü | 8 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Температура прегревања паре °C | — | — | 350 | 300 | 250 | — | 350 | 300 | 250 |
| Огревна површина котла m ² | 124 | 202 | 167 | 177 | 163 | 288 | 223 | 239 | 258 |
| Огревна површина прегрејача m ² | — | — | 58,4 | 42 | 24 | — | 99 | 75,4 | 40,4 |
| Спољни пречник добоша mm | | | 900 | | | | 1028 | | |
| Пречник горњих циркулационих цеви mm | 127/119 | | 140/131 | | | | 159/148 | | |
| Пречник доњих циркулационих цеви mm | | | | | 76/69 | | | | |
| Дужина цилиндричног дела горњег добоша mm | 3945 | | | 5550 | | | 7415 | | |
| Дужина цилиндричног дела доњег добоша mm | 1450 | | | 2485 | | | 3290 | | |
| Укупни број кључајућих цеви | 220 | 400 | 328 | 340 | 360 | 594 | 450 | 480 | 528 |
| Запремина ложишта m ³ | 11,6 | 14,5 | 14,5 | | | | 22,8 | | |
| Површина решетке m ² | 3,84 | 5,13 | | | | 5,13 | 7,0/8,32 | 8,32 | |
| Дужина штапова решетке mm | 1600 | | | 2136 | | | 3200 | | |
| Ширина ложишта између осовина екрана mm | 2470 | | | 2470 | | | 2730 | | |
| Отстојање између осовина добоша mm | | | 2750 | | | | 3830 | | |
| Висина котла до парног прикључка mm | | | 3850 | | | | 3984 | | |
| Дужина котла са озидом mm | 4205 | | | 5800 | | | 7680 | | |
| Водени простор m ³ | 3,68 | 5,70 | 5,33 | 5,40 | 5,49 | 9,12 | 8,46 | 8,62 | 8,81 |
| Тежина металног дела котла kg | 4965 | 7370 | 8164 | 8986 | 7686 | 10266 | 11785 | 11183 | 10869 |
| Тежина арматуре kg | 700 | 765 | 791 | 791 | 791 | 801 | 837 | 837 | 837 |
| Тежина гарнитуре и ливених преграда kg | 1086 | 1042 | | 1152 | | 1231 | | 1290 | |
| Тежина костура са степеницама и рамом kg | 2326 | | | 2563 | | | 3383 | | |
| Укупна тежина озида kg | 40100 | | | 47000 | | | 62300 | | |

(„Економија горива“ од 1948 год. бр. 12)

Приказ котла KRŠ

Пројектант овог котла је инж. Курочко, Расудов и Шафран. Прототип је урађен 1940 године, исти је модифициран од установе MONITOE у 1945 години, а касније су извршена дотеривања и у MMZPJ.

Котао је са два попречна добоша, водогрејне цеви су стрме, распоред цеви је коридорни, постоје три канала. Гасови из ложишта по 1/3 ширине, улазе попречно на цеви у први канал. Ложиште има велику запремину и јако је екранисано са три стране. Задње екране чини први ред водогрејних це-



Сл. 12. — Котло малог капацитета KRŠ-4-13
 $D_1 - 4 \text{ t/h}$, $p_k - 13 \text{ атт}$, $A_k - 200 \text{ м}^2$, $A_R - 7,45 \text{ м}^2$,
 $V_R - 20,7 \text{ м}^3$

ви, а плафонске и чеоне чине цеви које полазе од добоша до доњег колектора. Напајање ових екрана врши се помоћу спољне циркулационе цеви, која полази од доњег дела добоша и иде до колектора екрана.

Озид котла је нормалан, те се котао не може испоручивати и транспортовати у монтираном стању. Решетка је хоризонтална са уређајем за истресање пепела. Запремина ложишта се мења према капацитету појединих типова променом дужине и ширине, док висина остаје непромењена. На бубњевима постоје цевни наставци за прикључак уређаја за издвајање муља. Продувавање се врши на доњем бубњу. У случају да се став-

ља прегрејач, додирна грејна површина се смањује за извесан број редова цеви, у зависности од величине прегрејача. Прва преграда за гасне канале је од шамота а остале су од торкретне масе. Отстрањивање летећег пепела са цеви врши се уређајем за издвајање, постављеним подужно испод горњег бубња, а између цеви. Из задњег дела котла отстрањивање пепела се врши кроз ручна вратанца. Мана свих ових котлова је у великој мери немеханизовано отстрањивање летећег пепела.

(Технички подаци узети из „Економија горива“ бр. 12 од 1948).

Табела 2

ОСНОВНИ КОНСТРУКТИВНИ ПОДАЦИ ЗА КОТЛОВЕ KRŠ

| | KRŠ-2-8 | | KRŠ-4-13 | | KRŠ-6,5-13 | |
|---------------------------------------------|---------|------|----------|------|------------|------|
| Капацитет t/h | 2 | 2 | 4 | 4 | 6,5 | 6,5 |
| Радни притисак atü | 8 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Прегрејаност °C | — | — | — | 350 | — | 350 |
| Огревна површина котла m ² | 100 | 100 | 200 | 172 | — | — |
| Површина прегрејача m ² | — | — | — | 34 | — | 52 |
| Пресек циркулац. цеви за екране mm | 108/100 | | — | — | — | — |
| Дужина цилинд. дела бубња mm (горњег) | 2740 | 2740 | 4480 | 4480 | — | — |
| Дужина цилинд. дела доњег бубња mm | 2200 | 2200 | 3950 | 3950 | — | — |
| Број екранских цеви на предњем зиду | 15 | 15 | 30 | 30 | — | — |
| Укупан број цеви за кључање | 240 | 240 | 480 | 480 | — | — |
| Запремина ложишта m ³ | 9,5 | 9,5 | 20,7 | 20,7 | 23,0 | 23,0 |
| Површина решетке m ² | 3,72 | 3,72 | 7,45 | 7,45 | 8,75 | 8,75 |
| Дужина штапова mm | 2130 | | — | — | — | — |
| Унутрашња ширина ложишта mm | 1750 | 1750 | 3500 | 3500 | — | — |
| Растојање између осовине бубњева mm | 2738 | | — | — | — | — |
| Ширина котла са озидом mm | 2770 | 2770 | 4520 | 4520 | — | — |
| Дужина котла са озидом mm | 5210 | | — | — | — | — |
| Висина котла до прикључка за одвод паре mm. | 4700 | 4700 | 4810 | 4810 | — | — |

Приказ котла VVD

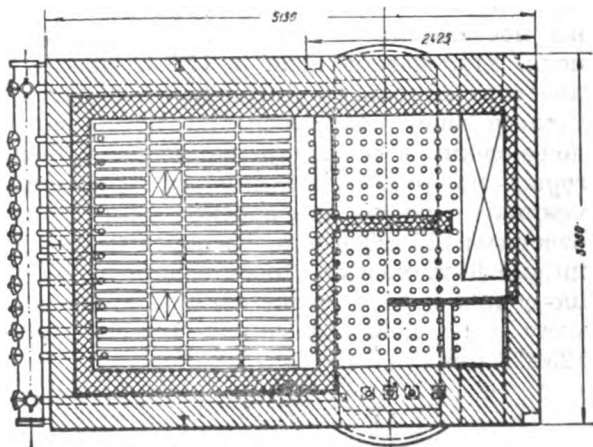
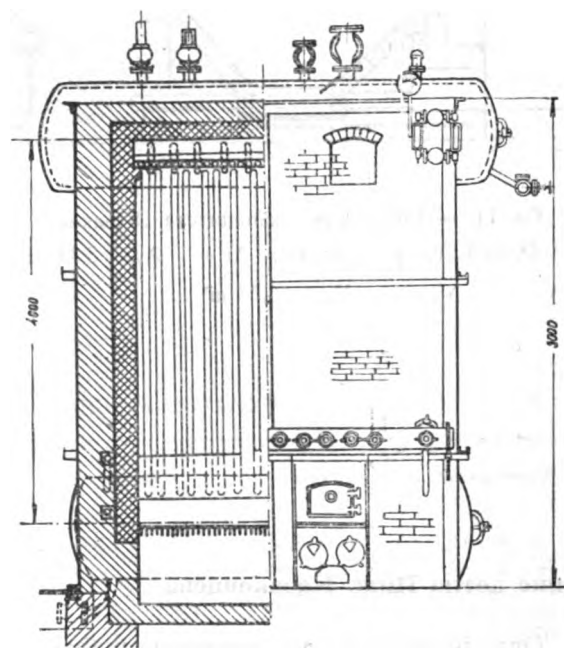
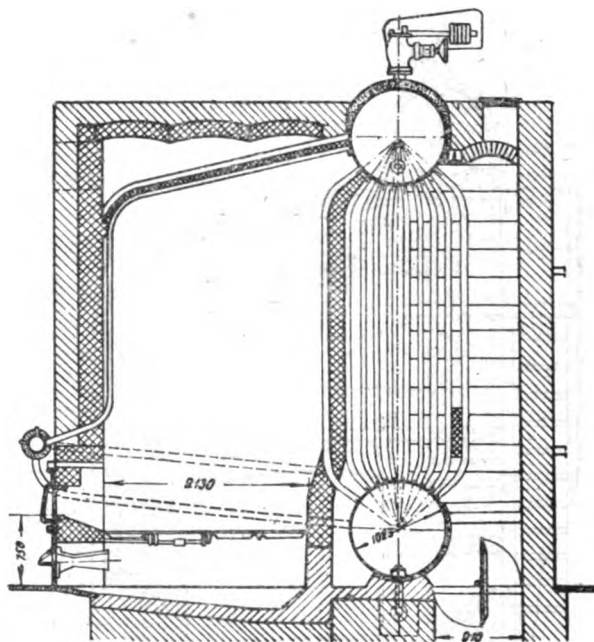
Пројекат за овај котао израдио је 1943 год. Инж. Добрин. Водогрејне цеви код савремених типова су вертикалне и неравномерно распоређене по дужој оси бубњева. Котао има два попречња бубња неједнаке дужине. Котлови се израђују за следеће капацитете: 2, 3, 4, 5, 6,5 и 10 t/h.

Котао је са три гасна канала, код мањих типова улаз је у први гасни канал са стране ложишта, а код већих из средине. Излаз из котла је код свих капацитета са једне стране. Први ред водогрејних цеви одмакнут је од снопа и чини задњи екран ложишта. Код већих типова екранисан је плафон и предња страна на сличан начин као и код котлова KRŠ. Котлови малог капацитета немају

предње и плафонске екране. У ложиштима котлова капацитета 6,5 и 10 t/h екранисане су и бочне стране помоћу екрана који су преко колектора везани са бубњевима.

Решетка је фиксна хоризонтална. Убацавање горива се врши у зависности од капацитета кроз једна, двоја или троја врата. Уклањање шљаке и летећег пепела је исто као и код претходног приказа. Напајање котла се врши преко горњег добоша; прикључак са перфорираном цеви налази се у зони трећег димног канала; код увода воде, у бубњу постоји и лимена преграда рада одржавања циркулационе воде. На доњем добошу налази се отвор за продувавање муља. Одвод паре је преко једног или два цевна наставка. У парном простору на месту улаза воде перфорирани лим служи за издвајање каменца. Прегрејач паре се поставља на простору између првог и другог гасног канала, тако да се број уздужних редова цеви у првом и другом каналу своди на по два реда и котао се претвара у двоканални.

(Технички подаци и скице узете из „Економија горива“ бр. 12 од 1948 год.).

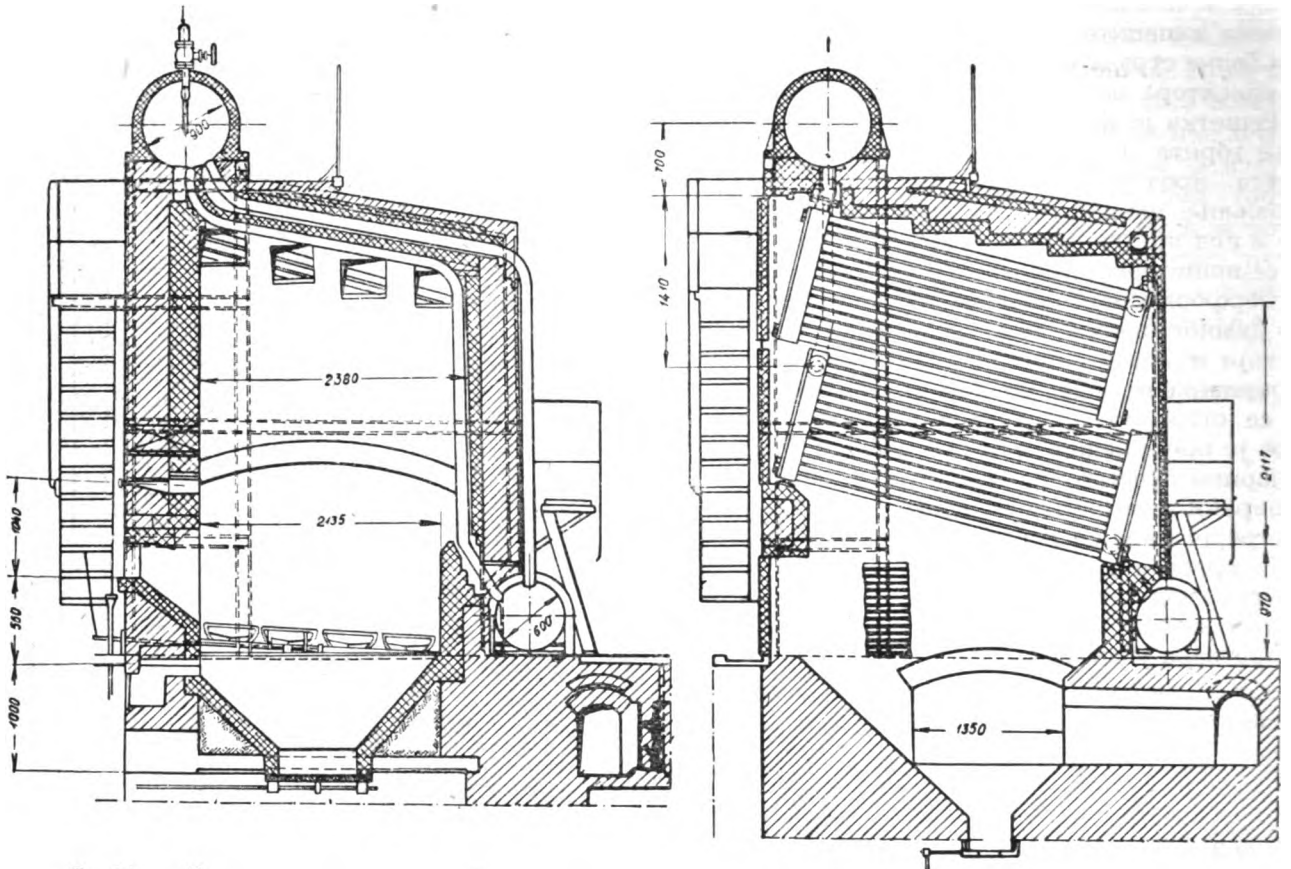


Табела 3

ОСНОВНИ КОНСТРУКТИВНИ ПОДАЦИ
ЗА КОТЛОВЕ VVD

| | VVD -0/13 | VVD -140/13 | VVD -200/13 |
|------------------------------------------|--------------|----------------|----------------|
| Капацитет | 2 | 4 | 6,5 |
| Радни притисак ат _и | 13 | 13 | 13 |
| Загревна површина котла м ² | 80 | 140 | 200 |
| Пречник циркулационих цеви мм | — | 108/110 | 108/110 |
| Дужина цилиндричног дела горњег бубња мм | 3000 | 3900 | 4600 |
| Дужина цилиндричног дела доњег бубња мм | 2550 | 3450 | 4000 |
| Укупан број цеви за кључање | 140 | 170 | 252 |
| Запремина ложишта м ³ | 7,6 | 20,1 | 29,5 |
| Површина фиксне решетке м ² | 2,76 | 5,54 | 8,1 |
| Дужина решетке мм | 2130 | 2130 | 2130 |
| Унутрашња ширина ложишта мм | 1300 | 2600 | 3800 |
| Растојање бубњева (симетрала) мм | 3200 | 4000 | 4000 |
| Ширина котла са озидом мм | 3160 | 3880 | 5080 |
| Дужина котла са озидом мм | 4250 | 5150 | 5150 |
| Висина котла са одводном цеви мм | — | 5300 | — |

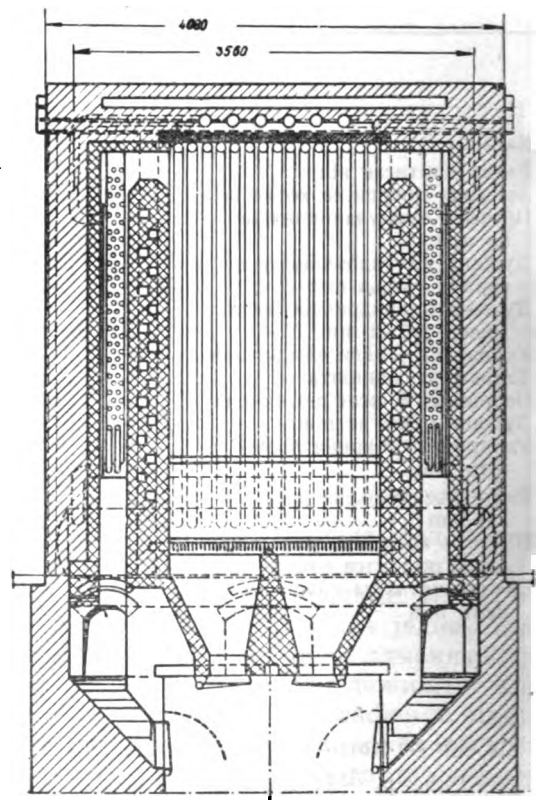
Сл. 13. — Котао малог капацитета V V D-140/13
D₁ — 4 t/h, p_k — 13 ат_и, A_k—140 м², A_R—5,54 м²,
V_R—20,1 м³.



Сл. 14. — Котао малог капацитета „Казаковцев“
 D_1 — 4 t/h, p_k — 13 atü, A_k — A_R — 3,84 m²,
 V_R — 15,72 m³

Опис котла Инж. Казаковцева

Овај је котао са два попречна бубња, различитих пречника и дужина. На крајевима бубња постављене су две секције водогрејних цеви. Угао нагиба цеви је 15°. У ложишном простору екранисан је плафон и задњи зид. Секције нису постављене на истој висини; доња секција се напаја из доњег бубња, а горња из горњег. Секције су израђене од челика — ливене или варене — плоснате са отворима 125 x 200 mm. Распоред цеви у секцијама је шаховски. Довод воде и одвод смеше воде и паре из сваке секције врши се помоћу две цеви пречника 108/110 mm и 125/133 mm.



Решетка је фиксна, под нагибом, штапови су покретни ради истресања пепела. Дубина решетке је константна и износи 2135 mm, а ширина зависи од капацитета. На пример, за капацитет од 4 t/h ширина решетке износи 1680 mm. Пошто се не располаже подацима за овај котло и како није дата табела за исте, даћемо овде главне димензије котла:

| | |
|--------------------------------------|----------|
| пречник екрана | 76/70 mm |
| пречник горњег добоша | 1000 " |
| пречник доњег добоша | 500 " |
| уж. цил. горњег добоша | 3940 " |
| пречник вод. цеви | 51/4 " |
| дебљина лима добоша | 14 " |
| дебљина зида доњег доб. | 12 " |
| уж. цил. дела доњег добоша | 2700 " |

| | |
|----------------------------------|--------|
| ширина котла са озидом | 4080 " |
| дужина котла са озидом | 3526 " |
| укупна висина котла | 5350 " |

Горњи добош виси на специјалном раму, а доњи лежи на постољу. Кретање гасова кроз додирну грејну површину је одозго на доле кроз два бочна канала, затим пролазећи испод бубња гасови одлазе у заједнички канал. У озиду постоје канали у којима се ваздух загрева хладећи бочне зидове ложишног простора. Из приложене табеле 4) види се да су карактеристике котла Казаковцев, упоређујући са осталим приказаним котловима, најлошије. Мада ова конструкција није испитана, сматрамо да је неуспела, услед конструкције која је за котлове малог капацитета компликована.

Табела 4 РЕЗУЛТАТИ ТОПЛОТНИХ И АЕРОДИНАМИЧКИХ ОБРАЧУНА

| Н А З И В | Ознака | DKV-4-13 | KRŠ | VVD | Казаковцев |
|-------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Гориво | | ARŠ P. M. | ARŠ P. M. | ARŠ P. M. | ARŠ P. M. |
| Димензија решетке m | $l \times b = R$ | $2,12 \times 2,4 = 5$ | $2,13 \times 3,5 = 7,4$ | $2,13 \times 2,6 = 5,54$ | $2,13 \times 1,8 = 3,84$ |
| Запремина ложишног простора m ³ | V_m | 14,75 | 20,7 | 20,1 | 15,72 |
| Утрошак горива kg/h | B | 593 1530 | 558 1435 | 600 1557 | 668 1830 |
| Топлотно оптерећење решетке Kcal/m ² h | $Q/R \times 10 + 3$ | 738 764 | 474 489 | 686 714 | 1135 1210 |
| Топлотно оптерећење ложишног простора Kcal/m ² h | $Q/V_m \times 10^3$ | 254,5 253,5 | 170,5 176 | 189 186,7 | 276,5 295 |
| Степен екранисања ложишта | ϕ | 0,533 | 0,374 | 0,366 | 0,261 |
| Температура гасова при изл. из ложишта °C | $T'' m$ | 1103 942 | 1052 927 | 1083 951 | 1210 1082 |
| Температура гасова иза првога канала °C | $T'' I$ ход | 570 528 | 601 555 | 668 615 | 546 530 |
| Температура гасова исп. другог канала °C | $T'' II$ ход | 570 528 | 579 534 | 640 588 | — — |
| Темп. гас. на излазу из кот. °C | Tk | 400 381 | 340 330 | 411 397 | 546 530 |
| Топл. губитак на излазу % | q ² | 22,2 24,4 | 18,4 20,2 | 22,9 25,5 | 31,5 34,8 |
| Степен искоришћења котла % | η_k | 65,6 63,4 | 69,4 67,6 | 64,9 62,3 | 56,3 53 |
| У ложишту предато % | μ | 0,213 0,252 | 0,249 0,263 | 0,277 0,244 | 0,139 0,140 |
| Брзина гасова у I кан. m/сек | w_i | 6,08 6,56 | 4,53 4,80 | 5,32 5,69 | 10,40 11,60 |
| Коеф. пр. топл. у I кан. Kcal/m ² h°C | k_{II} | 34 35,2 | 26,4 29,8 | 27,8 29,5 | 48 51,7 |
| Брз. гас. у зад. ход. m/сек. | w_{III} | 4,18 4,70 | 5,04 5,67 | 6,47 7,26 | — — |
| Коеф. пред. топл. у зад. ход. Kcal/m ² h°C | k_{III} | 23,6 26 | 25 26,4 | 26,2 31 | — — |
| Отпор самога котла mm W. S. | Δs_k | — 8,3 | — 9,4 | 10 | — 17,7 |

(„Економија горива“ од 1948 год. број 12)

Табела 5

ИЗВЕСНИ РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА КОТЛА МАЛОГА КАПАЦИТЕТА

| Н А З И В | Ознака | Т И П К О Т Л А | | | |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|----------------|-------------------|
| | | TK-3-13-129/14 | KRŠ D=2t/h | VVD-160/14 | KD=2,5 t/h |
| Гориво | | Печерски угаљ | ARŠ | P. M. са прах. | P. M. |
| Влажност горива % | WP | | 8,54 9,79 11,95 12,74 | 32,36 31,46 | 33,46 38,42 33,50 |
| Садржај пепела % | AP | | 32,21 25,80 | 22,52 21,86 | 24,30 22,43 23,04 |
| | | | 25,35 29,53 | | |
| Топлотна моћ Kcal/kg | Q _p | 5700-6375 | 4659 5061 4912 4519 | 2684 2716 | 2261 2168 2467 |
| Потрошна горива на час kg/h | B ₁ | | 262 335 459 541 | 1360 1502 | 1103 1124 1208 |
| Производија паре kg/h | D ₁ | 2490 2060 2834 | 1120 1587 2225 | 4140 4731 | 2172 2624 2865 |
| Апсолутни притисак паре у котлу at ₁ | P _k | 11,4 12,1 10,5 | 4,45 4,60 5,04 5 | 7,35 8,08 | 7,2 7,5 6,6 |
| Температура воде за напајање °C | t _{nv} | 24 22,3 22,1 | 41 44 39 36 | 93 95 | 66 55 55 |
| Температура гасова иза котла °C | T _k | 315 317 327 | 211 252 256 256 | 350 375 | 413 419 436 |
| Коефицијент вишка ваздуха иза котла | a _k | | 2,05 1,72 1,62 1,55 | 1,61 1,46 | 1,52 1,34 1,25 |
| Топлотни губитак услед хемијске непотпуности сагоревања % | q ₂ | 1,5 0,9 1,46 | 1,65 3,52 3,68 2,97 | 1,63 | 2,66 3,73 4,65 |
| Топл. губитак у излазним гасовима % | q ₃ | 20 20,2 17,9 | 11,75 12,60 13,10 | 21,30 | 26,28 23,39 22,90 |
| Топлотни губитак услед механичких губитака % | q ₄ | 4,73 4,34 7,84 | 12,60 | 6,18 | 11,71 6,04 12,3 |
| | | | 26,39 22,58 17,92 | | |
| | | | 11,93 | | |
| Губитак топлоте зрачењем у околину и услед прекида рада % | q _s +prek. | 2,9+4,75 3,4+3,46 | 10,62 7,06 6,62 3,19 | 2,05+2,99 | 3 3 8 |
| | | 2,65+3,06 | | | |
| Степен искоришћења котла % | η _k | 66,12 67,74 67,10 | 55,20 56,30 | 65,85 | 56,35 63,84 57,07 |
| | | | 60,30 67,50 | | |

„Економија горива“ од 1948 год. број 12

Табела 6

РЕЗУЛТАТИ ОБРАЧУНА ЦИРКУЛАЦИЈЕ

| Н А З И В | DKV | | | | KRŠ | | | | VVD | | | | Казаковцев | | |
|--------------------------------------------------|--------|------|-----------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|------|-----------|-------|------------|-----------|-------------|
| | Екран | | Сноп цеви | | Екран | | Сноп цеви | | Екран | | Сноп цеви | | ек. зад-њи | Гор. сек. | Доњо. секи. |
| | боч. | зад. | први | други | пред. | зад. | први | други | пред. | зад. | први | други | | | |
| Утр. воде у колу kg/sek | 20×2 | 9 | 77,5 | 3,5 | 9,66 | 28,5 | 67,5 | 24,5 | 8,05 | 41,4 | 96,8 | 23,7 | 11,5 | 4,40 | 4,75 |
| Прод. паре у колу kg/sek | 0,18×2 | 0,11 | 0,56 | 0,06 | 0,26 | 0,19 | 0,49 | 0,15 | 0,25 | 0,11 | 0,55 | 0,12 | 0,278 | 0,435 | 0,397 |
| Брзина воде m/s | 0,42 | 0,30 | 0,26 | 0,03 | 0,23 | 0,65 | 0,25 | 0,17 | 0,24 | 1,23 | 0,41 | 0,15 | 0,182 | 0,094 | 0,051 |
| Учест. циркул. kg. паре | 109 | 77,6 | 138 | 53,8 | 36,6 | 149,3 | 135,5 | 155 | 31,5 | 231 | 175 | 194 | 41,4 | 10,1 | 11,98 |
| Горња за цео котло kg/kg | 117 | | | | 95,1 | | | | 153 | | | | 18,6 | | |
| Теж. садр. паре на кр. цеви % | 0,91 | 1,29 | 0,72 | 1,86 | 2,73 | 0,67 | 0,73 | 0,64 | 3,18 | 0,43 | 0,57 | 0,51 | 2,42 | 9,9 | 8,36 |
| Зап. сад. паре на кр. цеви % | 92,1 | 94,2 | 92,2 | 96 | 77,7 | 46,2 | 48,5 | 45,1 | 80,8 | 35,6 | 42,4 | 39,8 | 75,9 | 93,3 | 92,1 |
| Брз. воде у цир. цевима m/sek. | | | 0,64 | | 0,63 | | 0,48 | | 0,33 | | 1,07 | | 0,583 | 0,475 | 0,583 |
| Потреб. вис. воде над цир. цев. m | | | 32 | | | 3,1 | | | | | 88 | | | 26 | |
| Пад прит. између буб. kg/m ² | | 90 | 90 | 90 | | 96 | | | | 245 | | | 76 | 42 | 76 |
| Пад пр. између буб. и екр. ко. kg/m ² | 113,6 | — | — | — | 93 | — | — | — | 190 | — | — | — | — | — | — |

„Економија Горива“ од 1948 године број 12).

Табела 7 ТЕХНОЛОШКЕ И ТЕЖИНСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЕЛЕМЕНАТА КОЈИ СУ ПОД ПРИТИСКОМ

| НАЗИВ | DKV | KRŠ | VVD | Казаковцев |
|-----------------------------------------------------------|----------------|---------|---------|------------------------|
| Горњи добош — дебљина зида mm | 13 | 13 | 15 | 14 |
| тежина kg | 2024 | 1635 | 2400 | 1856 |
| Доњи добош — дебљина зида mm | 13 | 13 | 15 | 12 |
| тежина kg | 988 | 1312 | 2100 | 602 |
| пречник mm | 51/46 | 51/46 | 76/70 | 51/46 |
| Цеви за кључ. — тежина kg | 2709 | 3352 | 2902 | 1083 |
| пречник mm | 51/46 | 51/46 | 76/70 | 83/76 |
| Екранске цеви — тежина kg | 633 | 477 | 263 | 598 |
| пречник mm | 140/139, 76/69 | 108/101 | 76/70 | 108/101, 125/133 |
| Цирк. и саб. цеви тежина kg | 139 | 80 | 80 | 502 |
| Укуп. бр. фас. цеви | 13 | 10 | 9 | 9 |
| пречник mm | 219/203 | 191/180 | 250/202 | 195×125 у секцији d=15 |
| Колактор и секције тежина kg | 410 | 132 | 544 | 1474 |
| Укупна теж. дел. под прит. kg. | 6903 | 6988 | 8289 | 6135 |
| Тежина по m ² акт огр. повр. kg/m ² | 1,2 | 45,5 | 64,2 | 91,2 |

(„Економија горива“ 1948 год. бр. 12)

Табела 8 РЕЗУЛТАТИ ПРОРАЧУНА ПАРНОГ И ВОДНОГ ПРОСТОРА

| | DKW | KRŠ | VVD | Казаковцев |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|------------|
| Запремина горњег добоша m ³ | 3,30 | 2,70 | 3,22 | 3,20 |
| Запремина доњег добоша m ³ | 1,492 | 2,40 | 3,22 | 0,532 |
| Запремина воде у цевима за кључање m ³ | 1,76 | 1,872 | 1,405 | 0,300 |
| Запремина воде у екранским цевима m ³ | 0,708 | 0,223 | 0,254 | 0,398 |
| Запремина воде у екранским колекторима m ³ | 0,220 | 0,132 | 0,121 | 0,412 |
| Запремина циркулационих цеви m ³ | 0,112 | 0,054 | 0,055 | 0,294 |
| Запремина воде у котлу m ³ | 5,94 | 6,03 | 6,665 | 3,566 |
| Запремина парног простора у котлу m ³ | 1,65 | 1,35 | 1,61 | 1,60 |
| Компензациони простор m ³ | 0,249 | 0,194 | 0,214 | 0,395 |
| Оптерећење парног простора m ³ /m ² h | 373 | 456 | 383 | 385 |
| Оптерећење испаравајућег огледала m ³ /m ² h | 147 | 221 | 249 | 172 |
| Залиха воде у добошу по водомерном стаклу kg. | 582 | 473 | 480 | 485 |
| Допуштени прекид напајања котла мин. | 14,55 | 11,82 | 12,00 | 12,00 |
| Литара воде на 1 kg паре, 1 kg | 1,485 | 1,507 | 1,662 | 0,892 |
| Литара воде на 1 m ² огревне површине l/m ² | 34,0 | 30,2 | 53,2 | 44,6 |
| Максимална допуштена општа тврдоћа воде за напајање при термосифонском отклањању муља у немачким степенима | 3,5 | 3,5 | 5,1 | 2,25 |

(„Економија горива“ од 1948 године број 12)

Табела 9 КАРАКТЕРИСТИКА ОЗИДА И ГРУБЕ АРМАТУРЕ

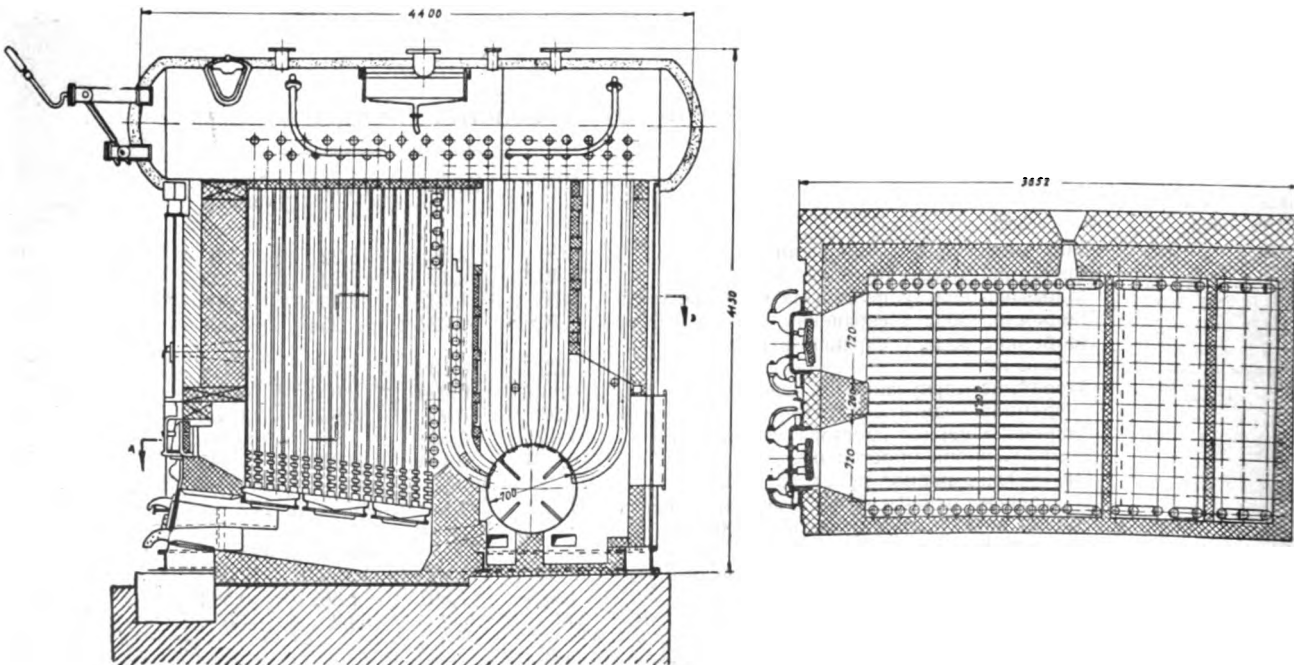
| НАЗИВ | DKV | KRŠ | VVD | Казаковцев |
|-------------------------------------------------------------|--------|---------|---------|------------|
| Количина озиди m^3 | 29,5 | 71,5 | 80,0 | 96,9 |
| Тежина озиди kg | 47.000 | 114.200 | 128.000 | 155.000 |
| Дебљина предњег зида ложишта mm | 510 | 380/640 | 510 | 640 |
| Дебљина бочних зидова mm | 510 | 510 | 640 | 510 |
| Дебљина задњег зида mm | 380 | 380 | 380 | 510 |
| Количина обичне цигле m^3 | 25 | 39 | 47 | 40 |
| Количина шамотских цигала m^3 | 4,5 | 13,4 | 14,0 | 17,9 |
| m^3 озиди и t паре m^3 t | 7,45 | 17,85 | 20,0 | 24,2 |
| Тежина озиди по тони паре t/t | 11,75 | 28,60 | 32,00 | 38,0 |
| Ширина котла са озидом mm | 3.750 | 4.520 | 3.880 | 4.080 |
| Дужина котла са озидом mm | 5.800 | 5.210 | 5.150 | 3.820 |
| Висина котла до одводне цеви mm | 3.850 | 4.810 | 5.300 | 4.900 |
| Тежина арматуре, ливених преграда, носача (осим ложишта) kg | 1.042 | 2.503 | 1.000 | 250 |

(„Економија горива“ од 1948 године бр. 12)

Приказ котла ВКЗ — 13

Капацитет овог котла је 2.500 kg/h засићене паре притиска 13 atü. Пројекат за овај котло израђен је у Бијској фабрици котлова. Котло има два добоша различите дужине постављене под углом од 90° . Добоши су везани вертикалним водогрејним цевима. Пре-

ма подацима из часописа „ЕКОНОМИЈА ГОРИВА“ број 10 од 1948 године, један овакав котло монтиран 1943 године ради просечно годишње 5.000 сати, а од пуштања у погон до данас је радио 20.000 сати. За котло се употребљава мрки угаљ средњег квалитета. Вода за напајање је из артерских бунара укупне тврдоће око 20° Е. У току 2 године,



Сл. 15. — Котло малог капацитета ВКЗ-13 — D_1 — 2,5 t/h, p_k — 13 atü

по пуштању котла у погон, није вршено никакво чишћење огреwnих површина од каменца. Приликом првог чишћења установљено је да је слој каменца сувише велики, те је закључено да чишћење треба вршити једном годишње, а испирање од муља свака три месеца. При оваквом одржавању дебљина каменца за годину дана није већа од 3 mm. Исто тако при експлоатацији овога котла важно је уредно продувавање бар једном на 24 сата.

Доњи добош игра улогу таложника муља. Попречно постављање добоша изазива тешкоћу при монтажи водогрејних цеви, стога је и ова фабрика одустала од оваквог постављања добоша и прешла на паралелно постављање.

Фиксна равна решетка постављена је под извесним нагибом, штапови решетки су, као и обично, покретни ради истресања пепела. Ложиште је екранисано бочним екранима, који су горе уваљани у горњи добош, а доле спојени колектором који је везан са доњим добошом. Задњи екран ложишта чине цеви првог реда.

Види се да је концепција овог котла релативно малог капацитета, слична концепцији модерних котлова (стрме водогрејне цеви, јако екранисано ложиште). До тешкоћа у погледу таложења каменца на огреwnим површинама, не долази вероватно због тога што је специфично калориско оптерећење грејне површине релативно мало.

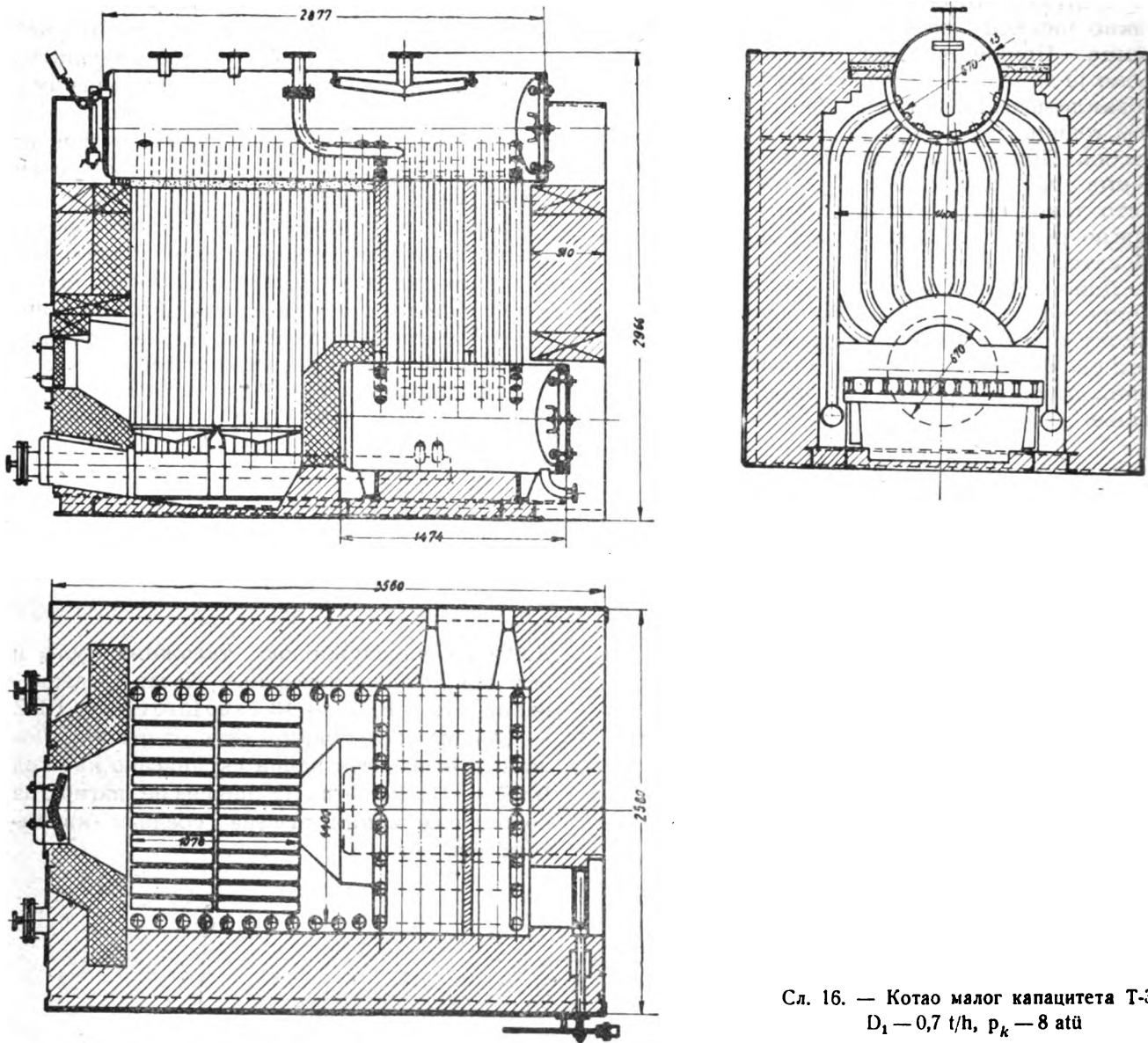
Приказ котла Т-3

Капацитет овога котла је 0,7 t/h засићене паре, притиска 8 atü. И овај котло је израђен у Бијској фабрици котлова. Котао се испоручује у монтираном стању, а озиђивање се врши на лицу места. Два добоша разне дужине а истог пречника, постављени су паралелно у истој равни један испод другога.

Доњи добош служи као таложник муља и има поклопац за отварање. Котао је двоканални као и ВКЗ — 13, само што су код ВКЗ — 13 канали уздужни а овде попречни. Ложиште је на исти начин екранисано као код ВКЗ — 13. Решетка је фиксна без нагиба, за коришћење мрких угљева средњег квалитета. (сл. 16)

Интересантно је напоменути, да у свету постоји тенденција изградње котлова малог капацитета на принципима сличним по којима се израђују котлови великог капацитета и високе специфичне продукције. Код нас постоји гледиште и извесни предлози да котлови малог капацитета треба да буду локомотивског типа. Сматра се да се за горе приказане и сличне котлове малог капацитета мора вода специјално припремити, слично као код савремених котлова великог капацитета. Међутим из наведене литературе види се, да је калориско оптерећење екранских цеви и додирне грејне површине у знатној мери мање но исто оптерећење код локомотивских котлова. Из овога се да закључи

чити да је и проток воде кроз водогрејне цеви релативно мали и да брзина циркулације није велика, већ да је потпуно одређена, а не неартикулисана као код локомотивских котлова. Према томе постоје мање могућности за таложење каменца у оваквим котловима малог капацитета, саграђеним по узору на савремене велике котлове, но код котлова малог капацитета локомотивског типа. У фабрикацијом погледу сматрамо да није ништа тежа производња ових котлова, но локомотивских, јер су засада и код једних и других безшавне цеви увозни артикал. Ни у ком случају традиција не би требала да спречава усвајање модерних концепција.



Сл. 16. — Котао малог капацитета Т-3
 $D_1 - 0,7 \text{ t/h}$, $p_k - 8 \text{ atü}$

КОТЛОВИ СРЕДЊЕГ И ВЕЛИКОГ КАПАЦИТЕТА

Приказ котла Ђ. Ђ.

Овај котао је изграђен у нашој земљи. Спада у групу секционих котлова средње продукције. Има један попречни добош који је везан са плафонским екранима и спусним цевима са секцијом.

Решетка је модифицирана KSG, пузећа, са зонским доводом ваздуха. Особине ове решетке смо у приказу реконструкције котла Вунарског предузећа, Параћин, дали опширније. На овом месту понављамо, главну карактеристику и по нашу привреду најважнију, да је решетка дала врло добре резул-

тате при сагоревању ситног горива, средњег квалитета, сортимана 2—8 mm. Као ману ове решетке могли би навести велики број разних елемената који је сачињавају, те је фабрикација услед тога успорена.

Ложишни простор је екранисан бочно и са задње стране. Колектори бочних екрана су хладеће греде које су везане помоћу спусних цеви са воденим простором добоша. Горњи колектор екрана везан је са парним простором добоша. Задње екране чине продужене водогрејне цеви првог реда. Колектор ових екрана везан је са воденим простором добоша помоћу спусне цеви, а предњи део цеви улази у секцију и преко плафонских цеви у парни простор добоша. У секцији има по висини девет, а по ширини осам редова цеви $\times 2$, дакле укупно 144 водогрејних цеви.

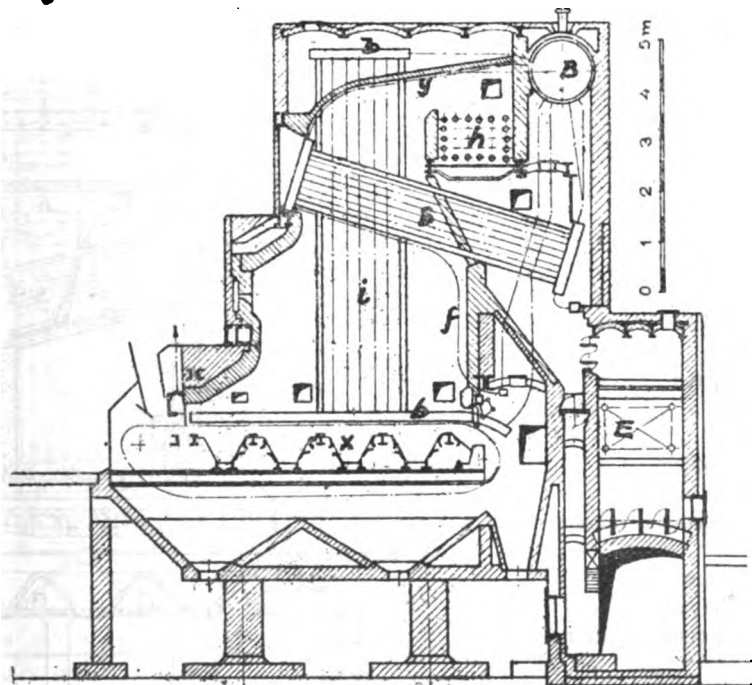
У ложишном простору има два свода, први за спуштање и паљење и други за паљење тешких угљоводоника. По мишљењу конструктора овај други свод ничему не користи у погледу побољшања процеса сагоревања, постављен је ради тога да би се добила дужина ложишног простора, ради по-

стизавања потребне запремине истог и довољне дужине решетке, а при дужини водогрејних цеви од 5,3 метара.

Предвиђени хладан секундарни ваздух не користи се, пошто је током испитивања установљено да је он за наше угљеве штетан, јер повећава степен засипања горива.

Котао је са два канала, услед тога је економајзер постављен ниско, како би кроз њега ток продукта сагоревања био одозго на ниже. У овом случају, овај начин постављања економајзера ограничио је исти у погледу површине. Исто тако, у конкретном случају, с обзиром на ситуацију главног димног канала, није могло бити решено механичко одвођење пепела. Еко није могао бити постављен директно испод другог канала услед велике дужине решетке, као и потребног простора за улазак иза решетке.

У експлоатацији котао даје врло добре резултате са ситним горивом, просечне калоричне моћи 3500 kcal/kg, (мисли се на доњу калоричну моћ). Просечни експлоатациони коефицијент корисног дејства овога котла је око 80%.



Сл. 17. — Секциони котао са попречним добошем, производ предузећа „Буро Ђаковић“

Преглед главних карактеристика котла

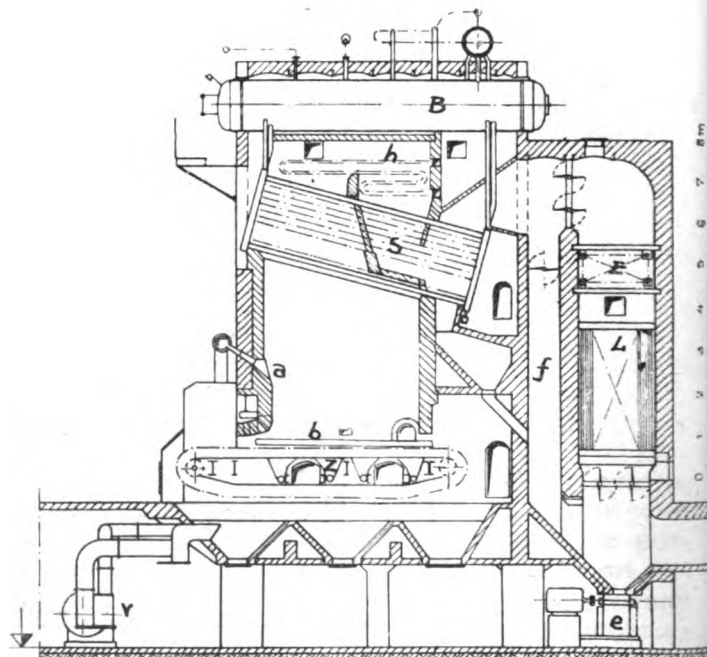
| | | |
|---------------------------------------|-----------|---------------------------------|
| Производња паре | D_1 | = 15 t/h |
| Радни притисак | P_k | = 16 atü |
| Температура прегрејане паре | t_s | = 380°C |
| Темп. воде на улазу у еко | t_a | = 80°C |
| Темп. воде на излазу из еко | t_i | = 150°C |
| Грејна површина котла | A_k | = 310 m ² |
| Површина прегрејача | A_s | = 120 m ² |
| Површина еко | A_e | = 432 m ² |
| Површина решетке | A_r | = 16,8 m ² |
| Запремина ложишта | V_r | = 48 m ³ |
| Сатва потрошња горива | B_1 | = 3580 kg/h |
| Уложена топлота | Q | = 12,5 × 10 ⁶ kcal/h |
| Степен искоришћења | η_k | = 3.500 kcal/kg |
| Доња топл. моћ горива | H_i | = 3.500 kcal/kg |
| Оптерећење ложиш. простора | Q/V_r | = 260.000 kcal/m ³ h |
| Килограмско оптерећење реш. | B_1/A_r | = 212 kg/m ² h |
| Калор. оптерећење решетке | Q/A_r | = 742.000 kcal/m ² h |
| Испарење горива | D_1/B_1 | = 4,2 kg/kg. |
| Специфично испарење | D_1/A_k | = 48,3 kg/m ² h |
| Однос | A_k/A_r | = 18,35 |

Приказ котла В & W, секционог са ланчаном решетком

Котао је предвиђен за добар страни каменни угљ. Има два уздужна добоша, секције су са 10 реди цеви. Прва два реда цеви су издвојени да би се постигла већа ширина ложишног простора, већа озрачена површина. Постоје три димна канала, тако да гасови излазе од горе пролазећи на ниже кроз

економајзер и загрејач ваздуха. Постоји „бајпас“ како би се омогућило директно излажење продуката сагоревања, у случају квара економајзера или загрејача ваздуха. Решетка је ланчана, за сортирано гориво, довод ваздуха је преко зона. Ложиште није екранисано, те се да закључити да је температура сагоревања врло висока. Загрејани секундарни ваздух убацује се по чеоној страни изнад свода за паљење.

Сл. 18. — Секциони котао В & W са два уздужна добоша
 b — колектор екрана
 E — економајзер
 S — водогрејне цеви
 B — котловски добош
 Z — зонски довод ваздуха
 V — вентилатор за доњу промају
 f — „бајпас“
 e — конус за пепео
 L — загрејач ваздуха
 a — млазница за секундаран ваздух
 h прегрејач паре



Главне карактеристике котла

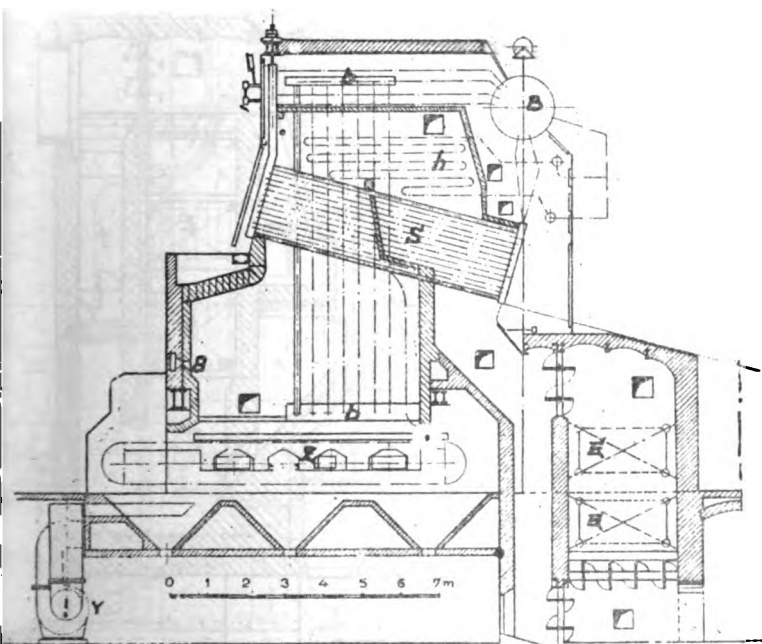
| | | | | | |
|-----------|---|---------------------------------------------|-----------|---|--------------------------|
| D_l | = | 18 t/h | p_k | = | 35 atü |
| t_s | = | 350°C | t_a | = | 50°C |
| t_g | = | 180°C | t_i | = | 150°C |
| A_k | = | 350 m ² | A_s | = | 135 m ² |
| A_e | = | 600 m ² | A_e | = | 1000 m ² |
| A_r | = | 14,14 m ² | V_r | = | 48 m ³ |
| B_1 | = | 2330 kg/h | H_i | = | 6650 kcal/kg |
| W | = | 7,95% | A | = | 9,29% |
| Q | = | 15,5 × 10 ⁶ kcal/h | η_k | = | 80% |
| Q/V_r | = | 325.000 kcal/m ³ h | B_1/A_r | = | 165 kg/m ² h |
| Q/A_r | = | 1,1 × 10 ⁶ kcal/m ² h | D_1/B_1 | = | 7,50 kg/kg |
| $A_k:A_r$ | = | 24,3 | D_1/A_k | = | 51,5 kg/m ² h |
| q_g | = | 7,82 | q_{gor} | = | 4,13 |
| q_o | = | 6,96 | CO_2 | = | 13,42% |

(Технички подаци су узети из проспекта фирме В & W.)

Приказ котла В & W, секционог високе продукције

Секциони котло са једним попречним добошем. Решетка је ланчана, по њеној површини види се да се могу применити и горива средњег квалитета, тј. око 4.500 kcal/kg доње калоричне моћи. Довод ваздуха је зонски. Први свод је врло мали, те се закључује да је конструкција предвиђена за сува горива (паљење зрачењем). Ложишни простор је екранисан, бочно са вертикалним екранима, чији доњи колектор добија везу путем циркулационе цеви са воденим простором добоша, а горњи колектор кроз изолован простор, од

продуката сагоревања, везан је са парним простором добоша. Котло је двоканалног система са економајзером постављеним испод и иза другог канала. Овај положај економајзера, у овом случају је искоришћен да се водогрејне цеви ваде позади котла. Према томе при пројектовању котларнице код котлова овога типа, није потребно водити рачуна о положају бункера за угаљ у односу на водогрејне цеви, већ о положају задњег зида котларнице у односу на цеви. Секундарни ваздух се уводи хладан са великом брзином и фирма га препоручује само за форсирани рад котла. Ови котлови се раде обично од 6½ atü.



Сл. 19. — Котло В & W са два канала, високог притиска и продукције
 а — довод секундарног ваздуха
 б — колектори страна
 Е — економајзер
 S — водогрејне цеви
 В — добош
 z — зонски довод ваздуха
 v — вентилатор за доњу промају
 h — прегрејач паре

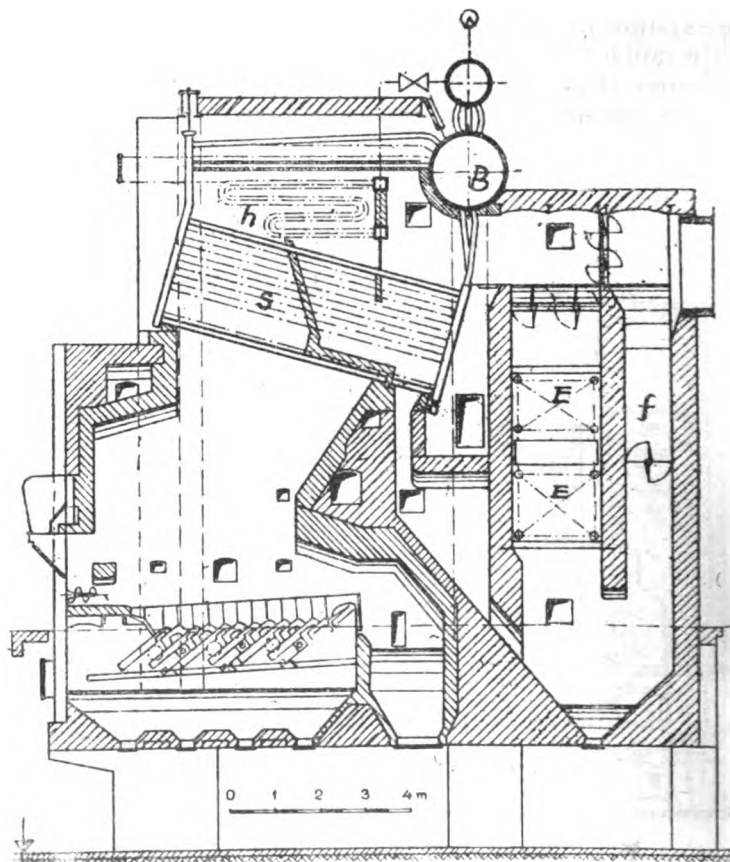
Главне карактеристике котла

| | | | | | |
|-----------|---|-------------------------------|-----------|---|---------------------------|
| D_1 | = | 18 t/h | p_k | = | 50 atü |
| t_s | = | 450°C | t_a | = | 80°C |
| t_g | = | 200°C | A_k | = | 310 m ² |
| A_s | = | 128 m ² | A_e | = | 1000 m ² |
| A_r | = | 21,2 m ² | η_k | = | 80% |
| H_i | = | 4500 kcal/kg | B_1 | = | 3540 kg/h |
| Q | = | $15,9 \times 10^6$ kcal/h | V_r | = | 70 m ³ |
| Q/V_r | = | 228.000 kcal/m ³ h | B_1/A_r | = | 167,5 kg/m ² h |
| Q/A_r | = | 750.000 kcal/m ² h | D_1/B_1 | = | 5,08 kg/kg |
| A_k/A_r | = | 14,63 | D_1/A_k | = | 58 kg/m ² h |

Приказ котла В & W, секциони са каскадном решетком

Котао је као и претходни, секциони са попречним добошем. Решетка му је каскадна, те је омогућена примена најлошијег горива. Ова врста решетке има нарочитог значаја код нас за коришћење наших лоших врста лигнита у јединицама средњег капацитета. Као што се види из приложеног цртежа, ложиште је велике запремине са малим сводом за сушење и великим сводом за спаљивање тешких угљоводника. Ложиште није екранисано ради тога да не би температура сагоревања била ниска уследи онако

ниске калоричне вредности горива. Котао је са три канала, прва два реда водогрејних цеви су издвојени ради повећања озрачене површине (слично као код претходног случаја). Економијзер је састављен из два дела, стога што му је велика дубина, те се не би успевало једним дувачем пепела да пробије скроз, па се поставља други дувач између економијзера. Споредни канал (f) постављен је због тога што је излазни димни канал на висини. Овај котао је већ више година у погону у једном нашем лигнитном руднику и показује задовољавајуће резултате и под најнеповољнијим погонским условима.



Сл. 20. — Котао В & W са каскадном решетком

- h — прегрејач паре
- S — водогрејне цеви
- B — добош
- E — економијзер
- f — помоћни димни канал

Главне карактеристике кошла

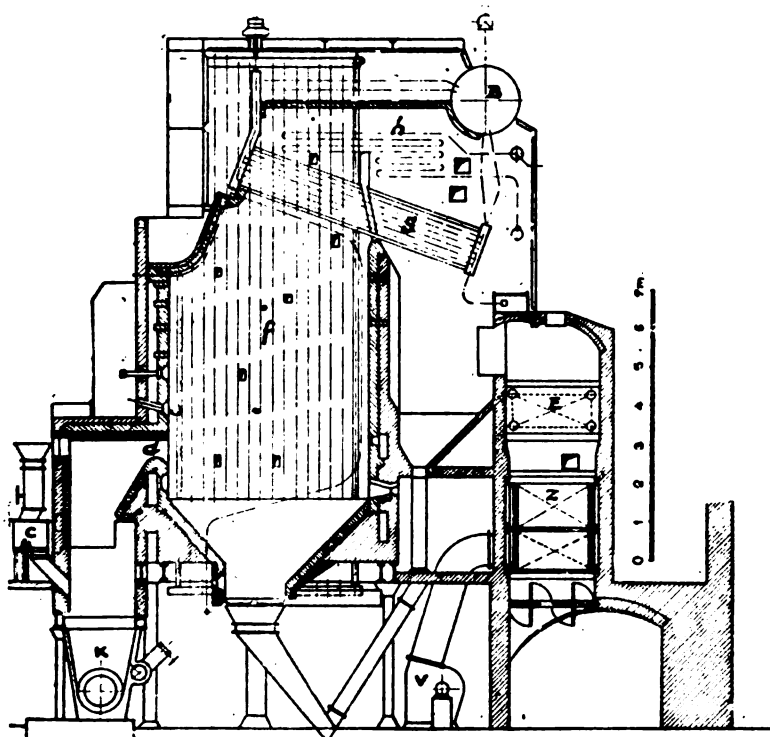
| | | | |
|-----------|---------------------------------|-----------|------------------------------------------------|
| D_1 | = 32 t/h | P_k | = 20 atü |
| t_s | = 360°C | t_a | = 47°C |
| t_g | = 200°C | A_k | = 700 m ² |
| A_s | = 290 m ² | A_e | = 1262 m ² |
| A_r | = 16,4 m ² | V_r | = 110 m ³ |
| B_1 | = 13.100 kg/h | Q | = 29,2 × 10 ⁶ kcal/m ³ h |
| η_k | = 75% | H_i | = 2.300 kcal/kg |
| W | = 45% | A | = 11% |
| Q/V_r | = 265.000 kcal/m ³ h | Q/A_r | = 2,4 × 10 ⁶ kcal/m ² h |
| D_1/B_1 | = 2,44 | D_1/A_k | = 45,7 kg/m ² h |

Приказ секционог котла В & W са угљеним прахом

Овакав котло налази се у једном нашем текстилном предузећу у експлоатацији већ 18 година. (Сл. 22). Котло је пројектован за отпадал сепарације трбовљанског угља ($H_i = 4000$ kcal/kg) те стога код постројења није предвиђена дробилица. Котло је секциони са једним попречним добошем и два гасна канала (тип В & W високе продукције). У приказу дајемо два котла сличне конструкције који се разликују само по капацитету, радном притиску, положају економајзера и у неким мање важним детаљима. На овом котлу, капацитета 12 t/h, вршене су пробе са

лошијим врстама лигнита; по нашем схватању резултати нису задовољавајући. (Сл. 21, 22).

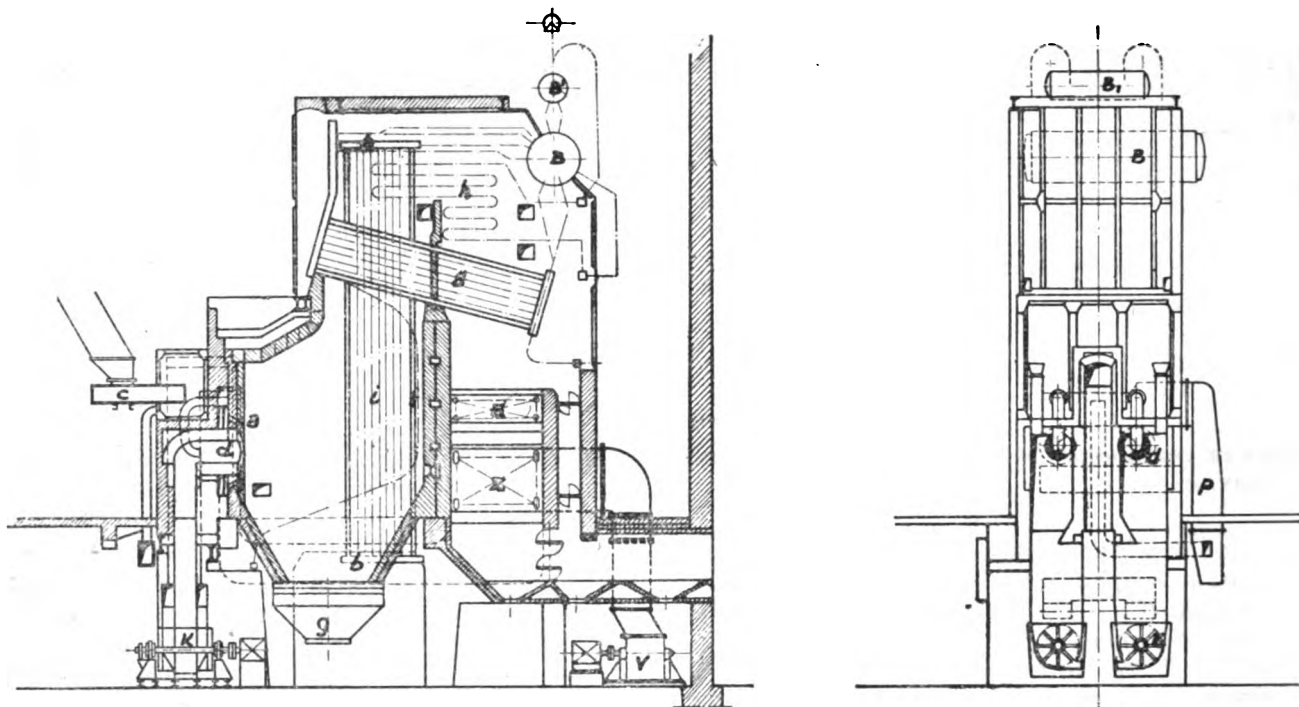
Ложишни простор је екранисан са три стране: бочне стране и задња страна, а код оног већег капацитета и горњи свод. Увођење секундарног ваздуха врши се са фронталне и задње стране. По подацима фирме Babcock & Wilcox котло од $D_1 = 20$ t/h, може користити и лоши мрки угаљ чак до $H_i = 2300$ kcal/kg. Одвод шљаке и пепела на горњим котловима је хидрауличан. Постављање економајзера на начин као што је извршено код котла $D_1 = 12$ t/h, економичније је у погледу простора, али има незгодну страну услед засипања летећим пепелом.



Сл. 21. — Котло В & W високог притиска за угљени прах

D_1 —20 t/h, p_k —60 atü, t_s —450°C,
 A_k —369 m², A_E —467 m²,
 A_L —628 m²,

- a — довод секундарног ваздуха
- b — колектор екрана
- c — дозер за угаљ
- k — Кремеров млин
- v — вентилатор за Луво
- z — Луво
- E — Еко
- S — водогрејне цеви у секцији
- B — добош
- d — уше млина
- f — екрани
- h — прегрејач паре



Сл. 22. — Котао В & W за угљени прах. — а — довод секундарног ваздуха, б — колектор екрана, ф — задњи екрани, д — ушне Кремера, с — довод угља за дозер, к — Кремеров млин, S — водогрејне цеви, В — добош, В₁ — паро-скупљач, р — вод загрејаног ваздуха, и — бочни екрани, Е — Еко, Z — Луво, v — вентилатор за Луво, g — конус за шљаку, h — прегрејач паре

Главне карактеристике котла са слике бр: 22

| | | | |
|---------|---------------------------------|-----------|----------------------------------|
| D_1 | = 12 t/h | P_k | = 28 atü |
| t_s | = 425°C | t_a | = 80°C |
| t_g | = 180°C | t_i | = 150°C |
| A_k | = 250 m ² | A_s | = 94 m ² |
| A_e | = 350 m ² | A_e | = 450 m ² |
| B_1 | = 2560 kg/h | Q | = 10,25 × 10 ⁹ kcal/h |
| V_r | = 94,5 m ³ | H_t | = 4000 kcal/kg |
| Q/V_r | = 109.000 kcal/m ³ h | D_1/A_k | = 48 kg/m ² h |

Приказ котла Schmidt & Hartmann

Опис овог котла дат је у типизацији приликом описа седмога типа.

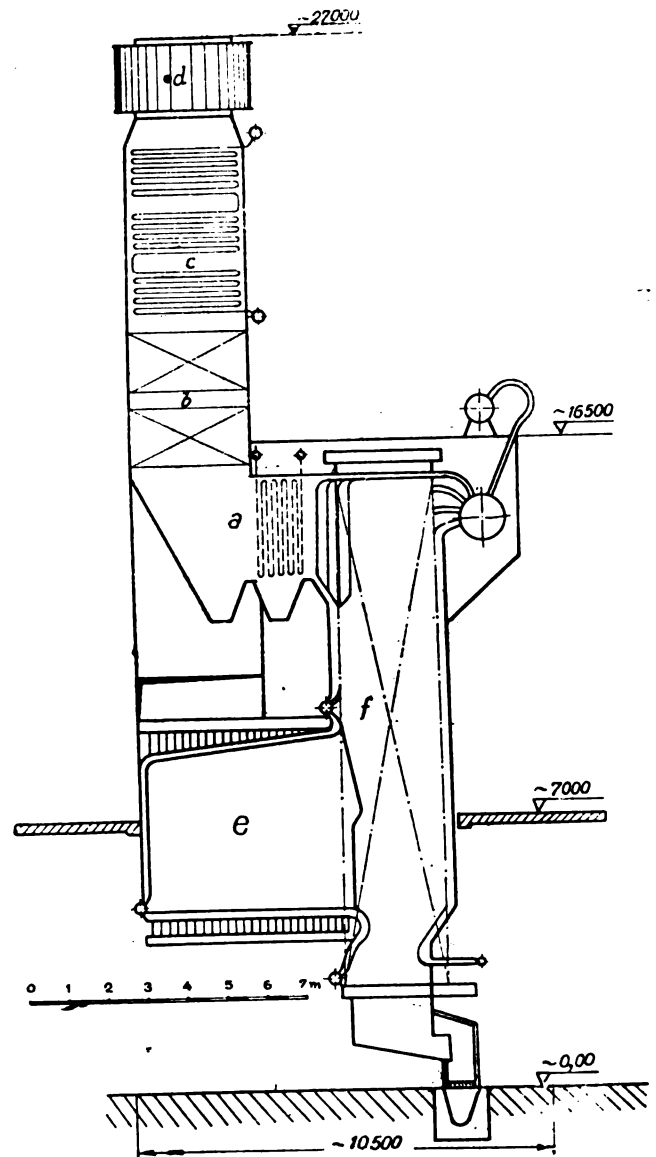
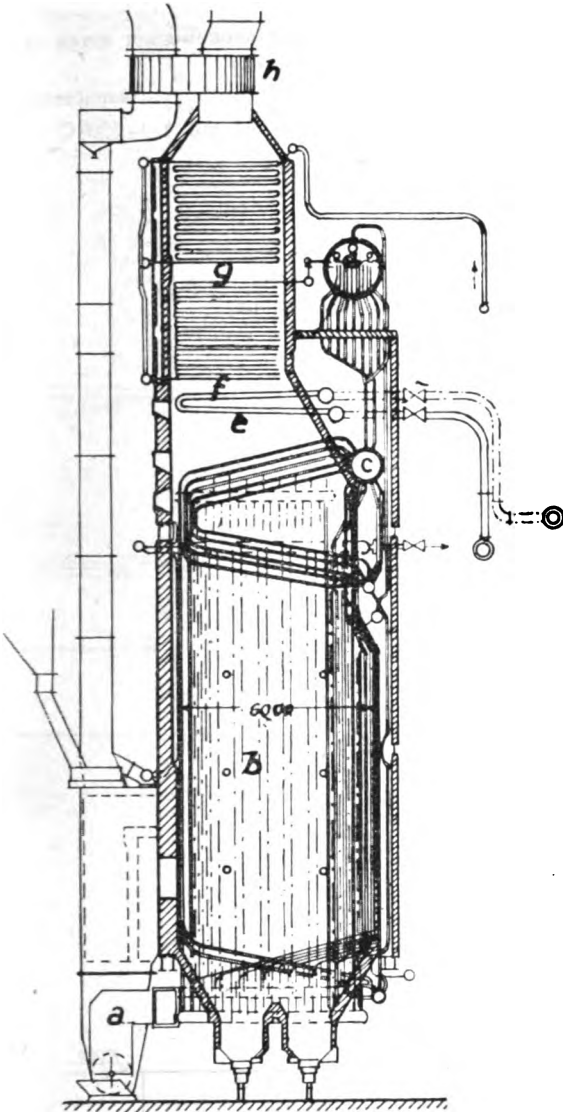
Приказ котлова проф. Корницког, са течном шљаком

И овај котлао је описан у типизацији код седмог типа.

Сл. 23. — Schmidt-Hartmann-ов једноканални котло за угљени прах.

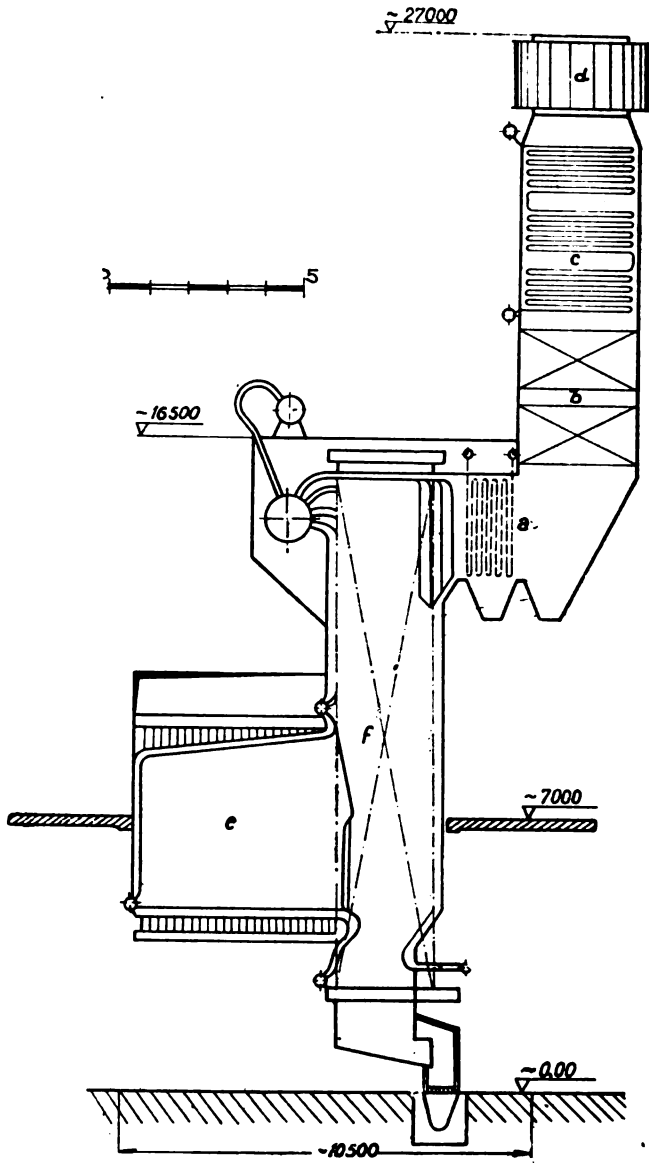
D_1 — 54 t/h, p_k — 125 atü, t_s — 500°C

- a — Крамер-ов млин,
- b — ложишни простор,
- c — добош примерног котла,
- d — добош секундарног котла,
- e — међу-прегрејач,
- f — прегрејач,
- g — економизер,
- h — Ljungström-ов загрејач ваздуха



Сл. 24. — Шема вертикалног двокоморног котла за течну шљаку (варијанта I)

D_1 — 100 t/h, p_k — 110 atü, t_s — 520°C



Сл. 26. — Шема двокоморног котла за течну шљаку у облику Π

(варијанта I)

$D_1 - 100 \text{ t/h}$, $p_k - 110 \text{ atü}$, $t_s - 520^\circ \text{ C}$

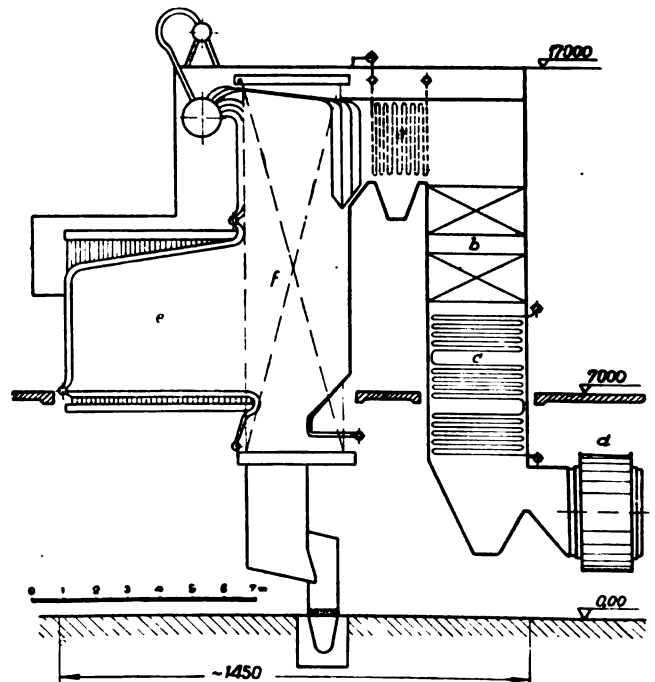
- a — прегрејач паре
- b — кључајући Еко
- c — Еко
- d — Луво
- e — топлина комора
- f — расхладна комора

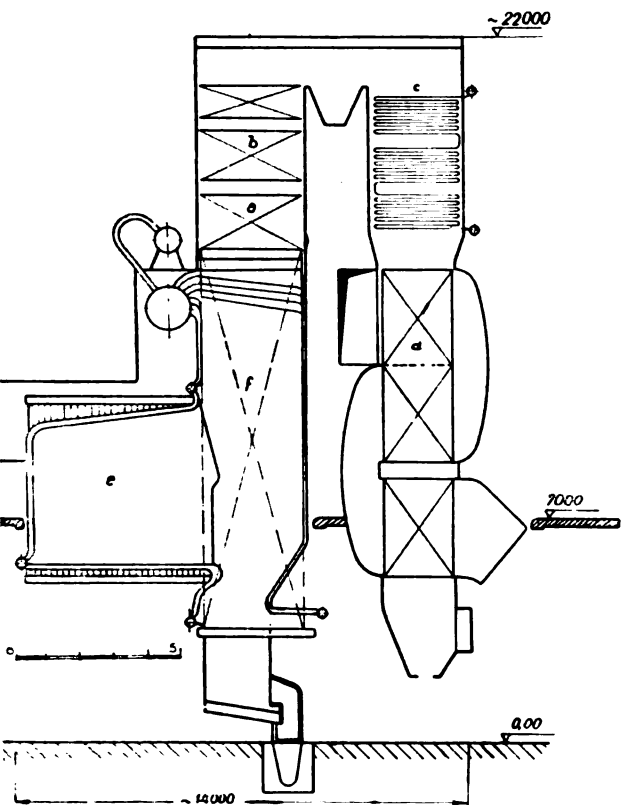
Сл. 25. — Шема вертикалног двокоморног котла за течну шљаку

(варијанта II)

$D_1 - 100 \text{ t/h}$, $p_k - 110 \text{ atü}$, $t_s - 520^\circ \text{ C}$

- a — прегрејач паре
- b — кључајући Еко
- c — Еко
- d — Луво
- e — топлина комора
- f — расхладна комора



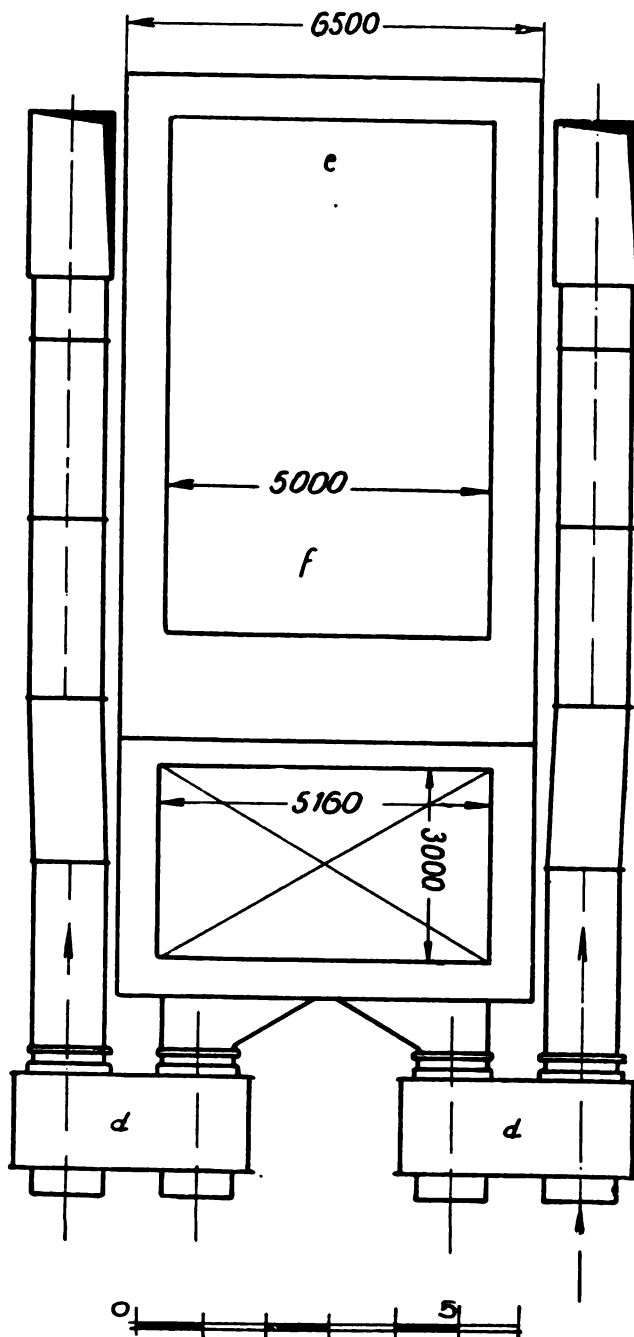


Сл. 27. — Шема двокоморног котла за течну шљаку у облику П

(варијанта II)

$D_1 - 100 \text{ t/h}$, $p_k - 110 \text{ atü}$, $t_s - 520^\circ \text{ C}$

- a -- прегрејач паре
- b -- кључајући Еко
- c -- Еко
- d -- Луво
- e -- топлина комора
- f -- раскладна комора



Сл. 28. — Габаритна основа двокоморног котла у облику П

$D_1 - 100 \text{ t/h}$, $p_k - 110 \text{ atü}$, $t_s - 520^\circ \text{ C}$.

Приказ секционог котла са два добоша

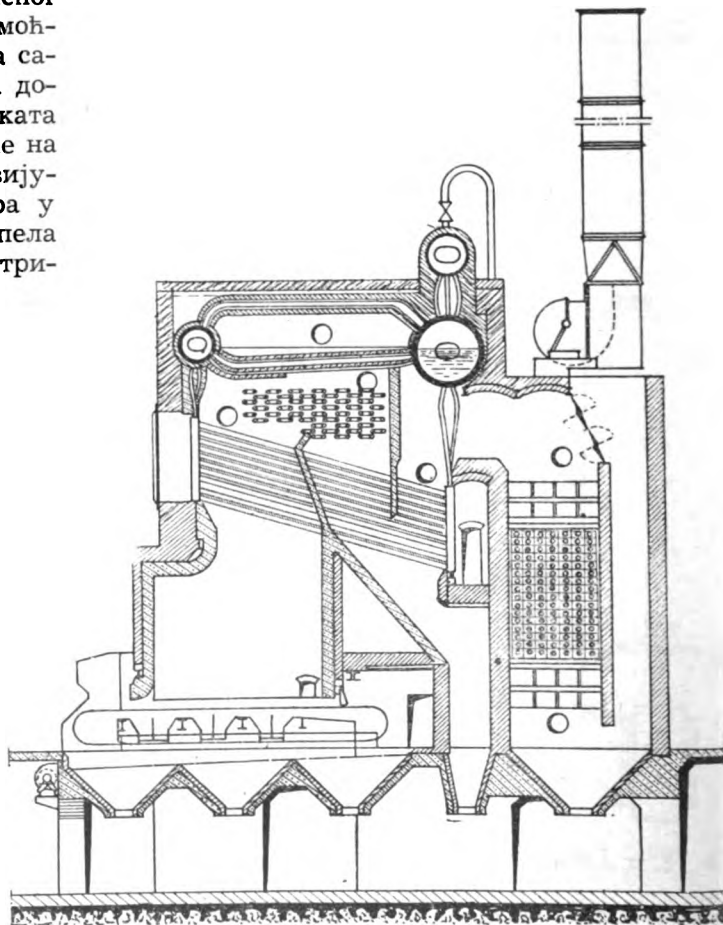
Ову скицу износимо више ради приказивања могућности монтаже лименог димњака на озиду економајзера. Неоспорно је да је у случајевима где долази у обзир лимени димњак, згодно поставити исти већ на постојећем озиду економајзера, тј. да овај озид служи димњаку и ексхаустору као постоље. Ова концепција постављања димњака има ту незгодну страну, да се код троканалних котлова појављује као некористан помоћни канал за одвођење гасова у димњак после економајзера. У овом случају, имамо повећање отпора кроз тај канал у поређењу са димњаком који је постављен на сопственом постољу, мада је овај отпор уствари отпор кроз димњак, пошто и дужина канала долази у активну висину димњака (канал приближно почиње од површине решетке). У случају двоканалног система добијамо непожељно (нарочито за горива са великим процентом летећег пепела) кретање продукта сагоревања од доле на горе.

У нашем решењу, при реконструкцији котла KRŠ, дошли смо до компромисног решења у погледу лименог димњака. Помоћни канал је избегнут, кретање продукта сагоревања кроз економајзер је од горе на доле, као незгода остало је кретање продукта сагоревања кроз загрејач ваздуха од доле на горе. Међутим, пошто постоји оштри завијутац (180°) при прелазу из економајзера у загрејач ваздуха, могућност хватања пепела на Луво у знатној мери је смањена (центрифугирајуће дејство заокретања гасова).

Сл. 29. — Шема уграђивања лименог димњака са вештачком промајом на озиду економајзера

Приказ вертикалног В & W котла са три канала

Приказани котло је вертикално артикулисан и има три димна канала. Косе водогрејне цеви постављене су у такозваним подеоним коморама. Иза прве коморе, у првом димном каналу постављен је прегрејач паре. Радни притисак котла је 32 atü , а температура прегрејане паре 425°C . Капацитет котла при нормалном раду износи $D_1 = 150 \text{ t/h}$. Ваздух се загрева у плочастом загрејачу до 200°C . Постоји могућност повећања загрејаности ваздуха до 300°C . Решетка је америчког система, Taylor — Stoker, клипни додвачи. Површина решетке износи $73,5 \text{ m}^2$, а калориско оптерећење $1,790.000 \text{ kcal/m}^2\text{h}$. Добра страна овог система решетке је да се у великом агрегату може користити сагоревање горива у слоју, које има у извесној мери предности над угљеним прахом у погледу летећег кокса и пепела (засипање околине). Мада се примењује скупочени Sto-



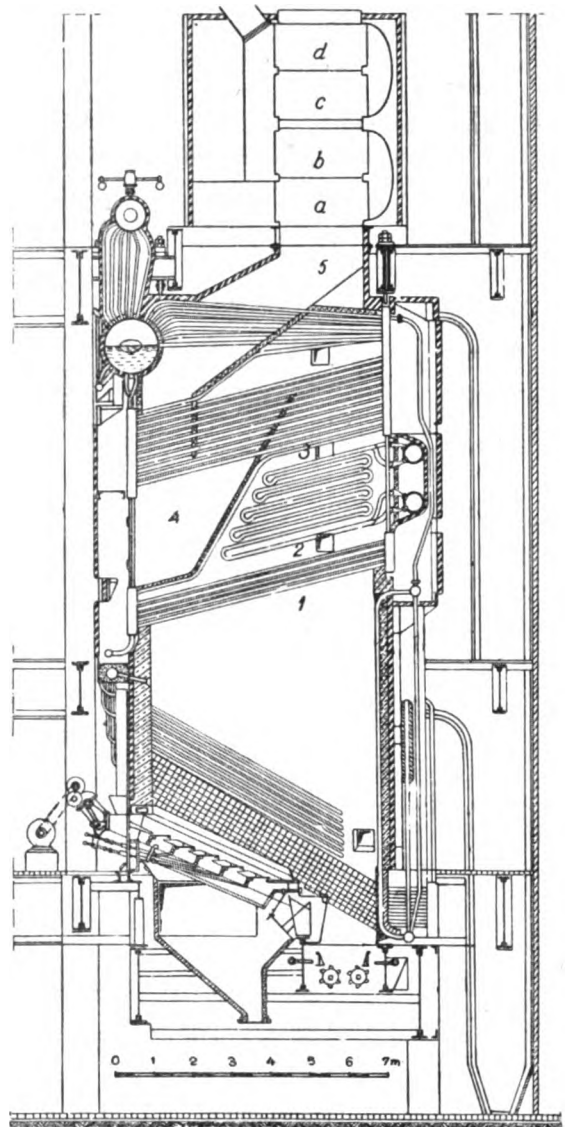
ker, у крајњој линији у већини случајева може се при томе избећи још скупочији електрофилтер. Регулисање количине гори- ва на Stoker-у врши се променом брзине до- турних клипова. Шљака која највећим де- лом испада у грубим комадима у конус за шљаку дроби се помоћу два озубљена ваљ- ка који се обрћу у супротном смеру (сличан принцип као код неких дробилица за угљ). После тога шљака се хлади водом и одводи хидрауличним путем или помоћу транспор- тера. Огревна површина котла је 2400m^2 . Довод ваздуха испод решетке врши се преко зона, а секундарни ваздух се доводи на фронталном зиду. До извесне зоне изнад ре- шетке зидови ложишта су обложени Бајле- јовим плочицама. Бочни зидови су делимич- но екранисани, а задњи зид је цео у екра- нима. Ово је први котао у Европи код кога су примењене водогрејне цеви дужине 7 ме- тара, а спољног пречника 102 mm. У котлу постоје 22 реда цеви по висини, а 60 редова по ширини, тј. укупно 1320 цеви. Котао спа- да у групу Бабкових котолова високе про- дукције са једним попречним добошем.

Главне карактеристике котла

| | |
|---------------------------|-----------------------------------------------------|
| $D_t = 150 \text{ t/h}$ | $A_k = 2400 \text{ m}^2$ |
| $p_k = 32 \text{ atd}$ | $A_r = 73,5 \text{ m}^2$ |
| $t_s = 425^\circ\text{C}$ | $Q/AR = 1,790 \times 10^8 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ |
| $t_L = 200^\circ\text{C}$ | |

(Технички подаци узети из В. Д. Ј. бр. 34/1930)

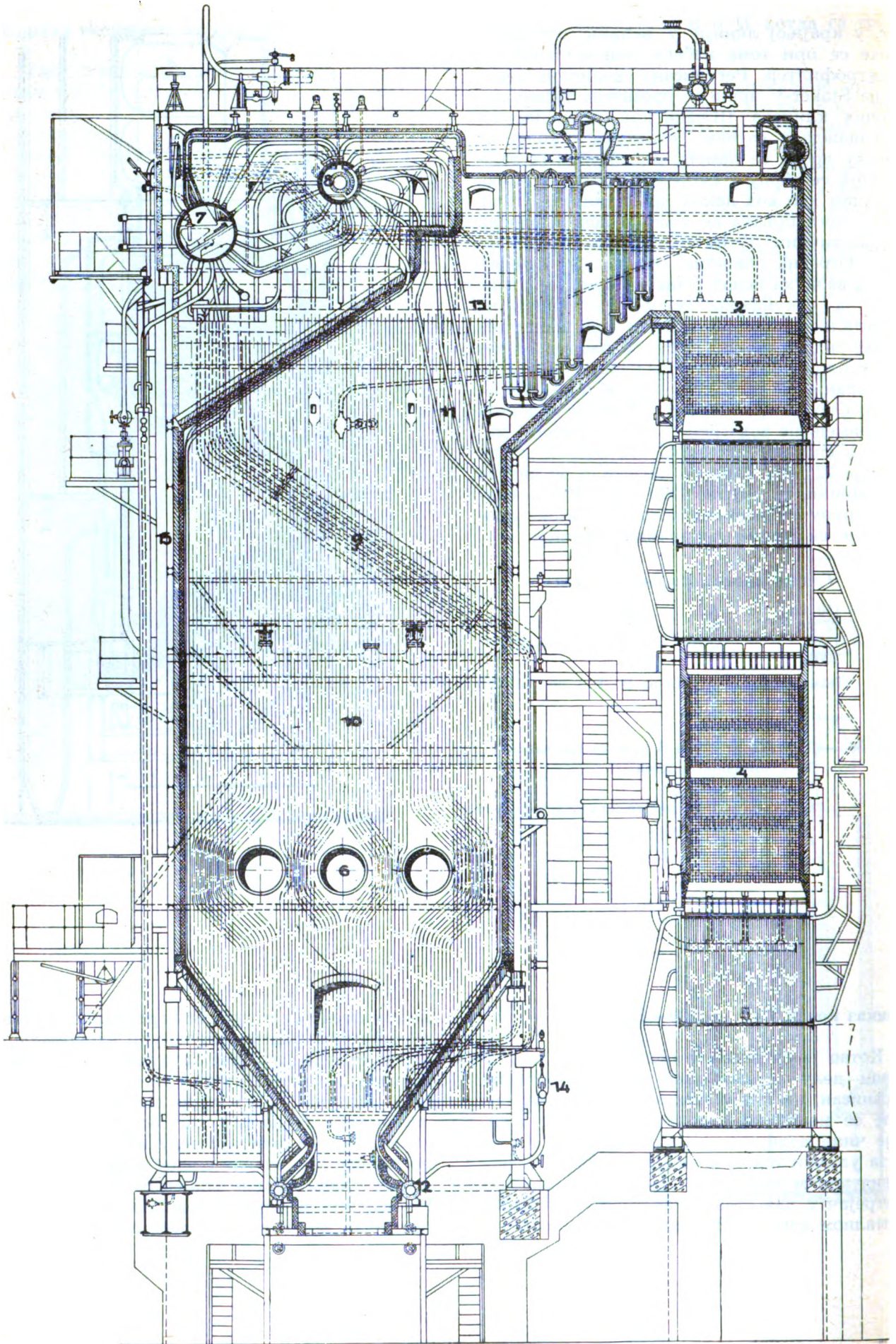
Сл. 30. — Вертикални котао В & W са три канала
 1 — ложишни простор
 2 — прегрејач паре
 3, 4, 5 — први, други и трећи канал, а-d-Луво



Приказ котла Т Р. — 230—1

Котао је саграђен у облику слова П. У првом делу је ложишни простор потпуно екранисан, на крају ложишног простора на- лазе се неколико редова водогрејних цеви, које чине додирну грејну површину. Котао је за угљени прах, млевање се врши по ин- дивидуалном принципу. Гроздасти (висећи) прегрејач у два степена смештен је у хори- зонталном каналу. Накнадне грејне површи-

не смештене су у другом вертикалном кана- лу следећим редом: кључајући економајзер, други степен загрејача ваздуха, други и пр- ви степен економајзера и први степен загре- јача ваздуха. Шест турбулентних горилки постављене су по три на бочним странама котла. Екрани добијају воду из доњег (воде- ног) добоша, а одводе смешу паре и воде у горњи добош који је спојен са доњим помо- ћу водених и парних цеви. Одвод паре у прегрејач врши се из доњег добоша. Ради



Сл. 31. — Генератор паре Т Р 230-1

- 1 — прегрејач паре са два ступња
- 2 — кључајући Еко
- 3 — секундарни Луво
- 4 — примарни и секундарни Еко
- 5 — примарни Луво
- 6 — пламењаци
- 7 — добош
- 8 — пароскупљач
- 9 — циркулационе цеви
- 10 — ложишни екрани
- 11 — конвекциона грејна површина
- 12 — доњи колектор екрана
- 13 — горњи колектор екрана
- 14 — еластично вешање цеви
- 15 — скелет котла

оријентације колике су тежине котлова о-
вако великог капацитета дајемо следеће по-
датке:

| | |
|----------------------------------------------------------------|----------|
| Водогрејне цеви, добоши, колектори и водови | 390 тона |
| Загрејачи ваздуха, са доводним цеви- ма и одводом | 150 „ |
| Скелет, хладни вентили, оклоп, гориљке | 315 „ |
| Арматура | 15 „ |
| Озид, изолациони материјал | 1000 „ |
| Укупна тежина котла 1870 тона | |

Главне карактеристике котла

| | |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| $D_1 = 200/230$ t/h | $p_k = 100$ atü |
| $t_s = 510^\circ\text{C}$ | $t_a = 215^\circ\text{C}$ |
| $t_g = 150^\circ\text{C}$ | $t_l = 300^\circ\text{C}$ |
| $A_k = 637$ m ² | $A_l = 8890$ m ² |
| $A_s = 1973$ m ² | $H_i = 6.000,2500$ kcal/kg |
| $A_e = 2520$ m ² | $Q/V_r = 133/128 \times 10^6$ kcal/m ³ h |
| $B_1 = 33400/38500$ kg/h | $V_r = 1210$ m ³ |
| $\eta_k = 90\%$ | |
| $Q = 133,5/154 \times 10^6$ kcal/h | |

(Технички подаци узети су
из „Електричне Централне“ бр. 5 1949 год.)

ЛОЖИШТА СА ТЕЧНОМ ШЉАКОМ

До рада са течном шљаком дошло је први пут 1924 у ЧСР, и то случајно при пробама на једном котлу од $D_1 = 12$ t/h са керамичком преткомором.

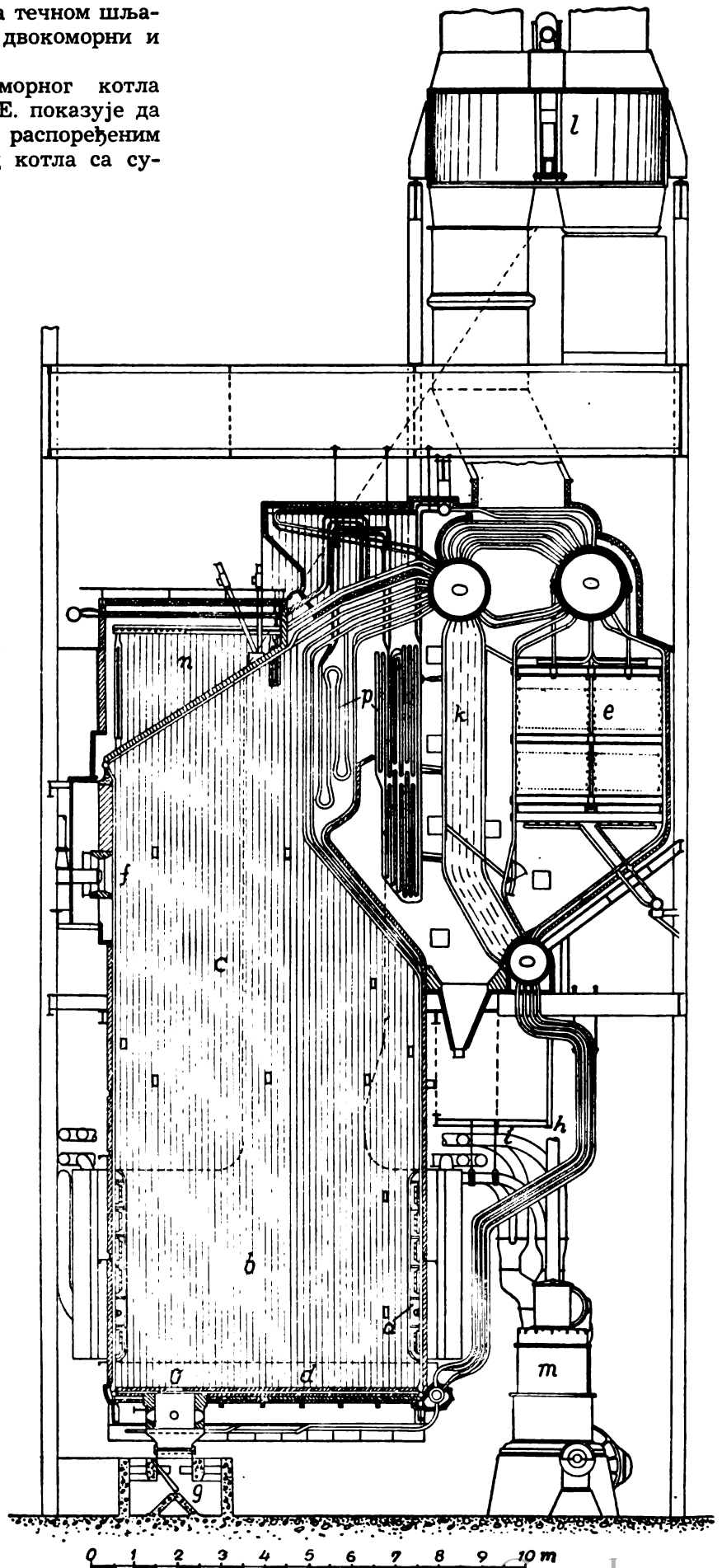
Разлика између ложишта са угљеним прахом, код којих се шљака одводи у чврстом стању (суви режим) и ложишта код којих се шљака одводи у течном стању (течни режим) је у томе, што први раде са стварном температуром ложишта око и испод, а други изнад тачке топљења пепела примењеног угља. У котловима са угљеним прахом (суви режим) теже је применљив угљ са ниском тачком топљења пепела, јер би се морало радити са ниским температурама у ложишту. То би изазвало лош степен искоришћења ложишта и потребу за великим грејним површинама. Из ових разлога тржишна цена угљева са ниском тачком топљења пепела била је мала. Овај економски момент је изазвао да су ложишта са течном шљаком била нарочито примењивана у САД.

Течни режим је нашао ширу примену у земљама које располажу са угљевима ниских тачки топљења пепела (у САД од котлова са угљеним прахом 30% раде са течном шљаком) и у земљама које располажу угљевима са великим процентом лако топљивог пепела (ЧСР има велики број котлова са течном шљаком у погону). У СССР поклања се велика пажња испитивању и експлоатацији котлова са течном шљаком. Исто се тако и у Немачкој и Енглеској у последње време прилази са више поверења течном режиму.

Измене, боље речено тежи услови постављају се котловима са течним режимом у следећем: финије мливо, бољи пламењаци, мањи вишак ваздуха, бољи изолациони материјал, компликованији проблем дилатације, скупли екрани, водогрејне цеви и цеви прегрејача. Све се ово углавном намеће и последица је услова за добијање већих температура у ложишту.

По конструкцији котлови са течном шљаком могу бити једнокоморни, двокоморни и трокоморни.

Приложени цртеж једнокоморног котла са течном шљаком фирме С. Е. показује да је то котла са пламењацима распоређеним по угловима. Разликује се од котла са су-



Сл. 32. — Једнокоморни генератор
паре СЕ са течном шљаком са Т-Е
„Schärmann Greck“

$D_1 - 454 \text{ t/h}$, $p_k - 127 \text{ atü}$, $t_s - 515^\circ \text{C}$

a — пламењаци — за домерање, сме-
штени у угловима

b — ложишни простор, зона високих
температура

c — ложишни простор, зона ниских
температура

d — дно за прикупљање шљаке

h — довод угља у млин

o — отвор за отакање шљаке

i — одвод смеше праха и ваздуха
из млина

m — млин

n — бочни екрани

p — примарни и секундарни прегре-
јач паре

k — додирна грејна површина

e — економијазер

l — загрејач ваздуха

f — пламењак за допунско ложење

g — гранулациони суд

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 m

вим режимом готово само по дну (нема гранулационе решетке и хладног левка).

Овај котло, производ фирме С. Е., капацитета $D_1 = 454 \text{ t/h}$, $t_s = 515^\circ\text{C}$, $p_c = 127 \text{ atü}$ спада међу једанаест највећих котлова света. То је једнокоморни котло са пламењацима у угловима.

Из цртежа двокоморног котла В & W види се да је топлиона комора обавијена „трнастим екранима“ обложеним плочама са хромном испуном. Функција је ове изоловане коморе да се створи висока температура како би се

пепео претворио у течну стању, издвојио и преко нагнутог дна преливао кроз отвор у гранулациони суд. Ова гранулациона шљака дроби се у дробилицама и одлази у суд. Продукти сагоревања из коморе одлазе кроз решетку у комору где се врши предаја топлоте зрачењем као код котлова са сувим режимом. Задатак зрачећег свода, поред вертикалних пламењака, је одржавање шљаке у течном стању на дну корита. Цевна решетка, која је са стране топлионе коморе изолована, служи

Сл. 33. — Двокоморни котло В & W са течном шљаком

$D_1 = 125 \text{ t/h}$, $p_k = 80 \text{ atü}$, $t_s = 500^\circ\text{C}$

b — топлиона комора

c — расхладна комора

d — дно топлионе коморе (корито за течну шљаку)

e — примарни и секундарни Еко

f — пламењаци

g — гранулациони суд

h — решетка за хватање шљаке

k — двоструко озрачени екрани

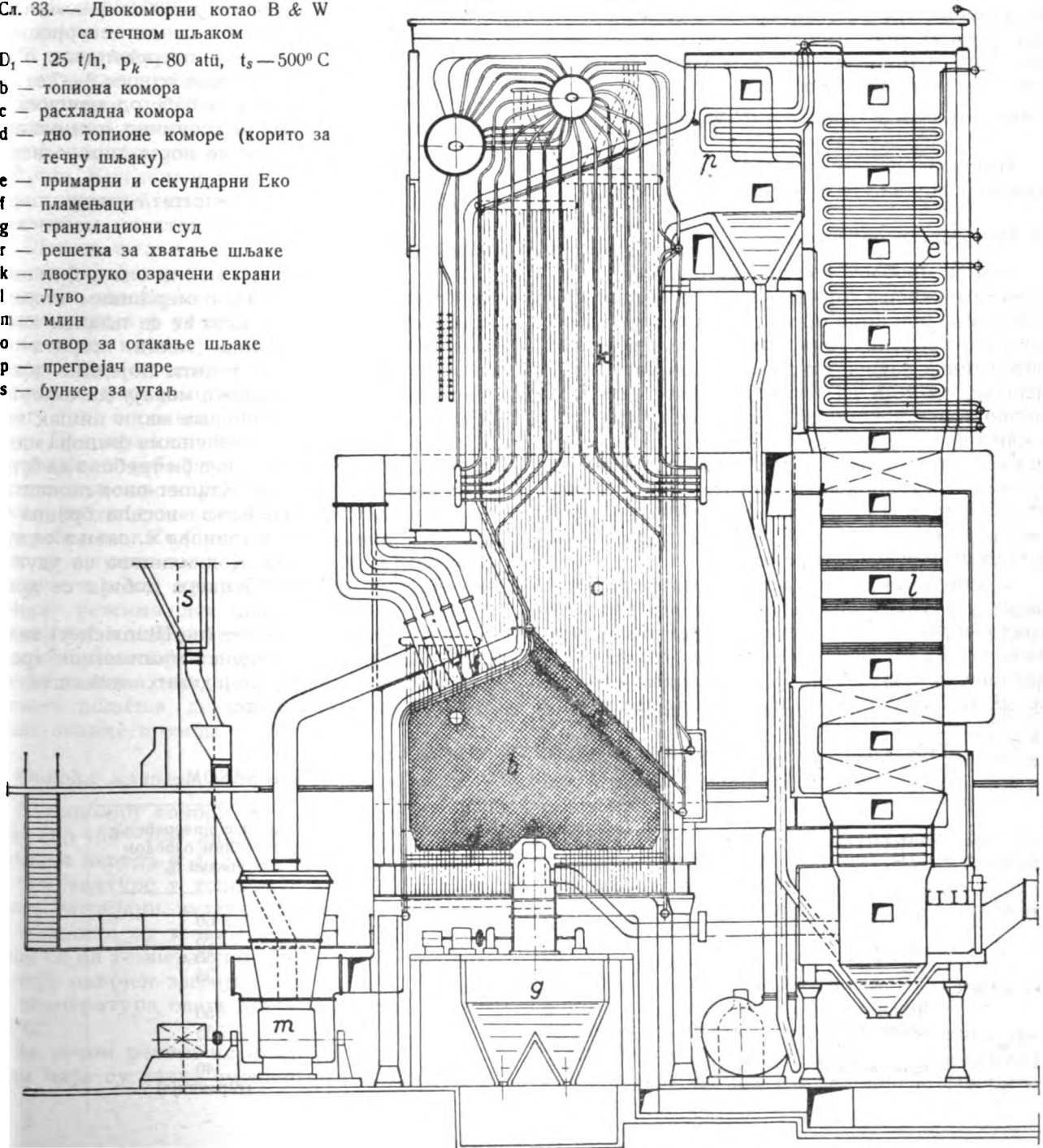
l — Луво

m — млин

n — отвор за отакање шљаке

p — прегрејач паре

s — бункер за угаљ



поред изолујуће-зрачећег дејства и као хватач летећих капљица пепела.

Двокоморни котао D_1 —125 t/h, p_k —80 atü, t_s —500°C има интересантно постављене водогрејне цеви са великим размаком ради снижавања могућности љепљења шљаке.

У погледу давања предности, тешко је одредити се за једнокоморни, двокоморни или трокоморни систем; мишљења у литератури су подељена. Исто тако и котловске фирме заступају различите конструкције. С.Е. производи једнокоморне са пламењацима у угловима, а В & W двокоморне и трокоморне са пламењацима постављеним на плафону или чеоном зиду. Последњи положај пламењака примењује фирма код једнокоморних котлова система „open pass“.

(Технички подаци узети из „Mitteilung G. В.“)

При експлоатацији котлова са течном шљаком појављују се следећи проблеми:

а) Минимално оптерећење

Важан проблем код течног режима је висина оптерећења (процент од нормалног оптерећења) при коме престаје течљивост шљаке. Овај проценат је релативан; величина тог оптерећења зависи од дужине трајања оптерећења, од тога да ли је ложиште једнокоморно или двокоморно, од температуре топљења шљаке и од тога да ли је карактер шљаке „дуг“ или „кратак“. Поред тога, на величину трајно-минималног оптерећења утиче и величина котла, конструкција пламењака, њихов положај, услови сагоревања и систем одвођења шљаке.

У стручним круговима влада мишљење да су у погледу малих оптерећења (рад при трајно-минималном оптерећењу) погоднија двокоморна но једнокоморна ложишта. За котлове са пламењацима и угловима сматра се да не могу радити под малим теретима,

јер су им ложишта екранисана голим екранима, и директна зона сагоревања има велико зрачење преко своје отворене горње површине. Насупрот овоме, код двокоморних котлова имамо изоловану топиону комору, као и делимично изоловану (решетка за хватање шљаке) према расхладној комори. Котлови са већим оптерећењем ложишног простора омогућују проширење експлоатације и на мања оптерећења, при којима, обзиром на зашљакивање при пуном оптерећењу, треба изабрати једно умерено оптерећење. Тако на пример код једног котла (TE Oslawan) оптерећење примарне коморе је 600.000 kcal/m³h, тј. врло високо, како би се са сигурношћу могло радити при малим оптерећењима. Код овог котла мала оптерећења износе 6—7 сати, при којима котао ради са 65% од максималног оптерећења (ово је гранично минимално оптерећење при коме се нормално одводи шљака).

Котлови великог капацитета имају шире подручје оптерећења но котлови малог капацитета.

Отицање шљаке при малим оптерећењима може се побољшати на померљивим пламењацима на тај начин што ће се пламен концентрисати на поједина места корита за шљаку и тако ће се топити поједине зоне. Уопште, уређаји ложишта морају да омогуће и при малим оптерећењима мали вишак ваздуха. При малим оптерећењима финоћа млива не сме да се погорша већ би требало да буде побољшана. У случају Krämer-овог ложишта са смањењем оптерећења носећа брзина у шахту млина опада и финоћа млевења се аутоматски побољшава. Код млинова са удубљавањем помоћу међубункера добија се константна финоћа млива.

Из приложене табеле (по Heinrich-у) види се колико износи проценат минималног трајног оптерећења код појединих ложишта са течним одводом шљаке.

Табела 10 ОПТЕРЕЋЕЊЕ ЛОЖИШНОГ ПРОСТОРА И ОБЛАСТ ДЕЛИМИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА ЗА КОТЛОВЕ СА ТЕЧНОМ ШЉАКОМ

| Постројење | Примарна комора | Примарна + секундарна комора | Тачка топљења шљаке °C | Најмање оптерећење са течним одводом шљаке % |
|---------------|-----------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------|
| Herdecke | — | 190.000 | 1130—1220 | 60 |
| Pardubitz | — | 195.000 | 1400 | 85 |
| Zlin | 440.000 | 177.000 | 1325—1340 | 50 |
| Brünn | 570.000 | 196.000 | 1130—1170 | 35 |
| Oslawan | 600.000 | 214.000 | (мрки угаљ) 1200—1350 | 50 |
| Ignaz-schacht | 350.000 | A = 40—50% 200.000 | 1280 | 65 |
| | | | 1200—1250 | 40 (гаранција) |

Може се закључити да је примена ложишта са течним одвођењем шљаке најпогоднија код котлова који раде са трајним нормалним оптерећењем. Стога се ови котлови обично примењују у ТЕ за ношење основног оптерећења, или у котларницама са променљивим оптерећењем, на котлове са течним режимом ставља се стално оптерећење, тј. они су котлови који носе основно парно оптерећење.

б) Еластичност

Код котлова са периодичним одвођењем шљаке нагомилана шљака има акумулаторско дејство, које је утолико веће уколико је већа количина шљаке. Како би се смањило ово акумулирајуће дејство корита за шљаку на минимум, уведен је континуални одвод шљаке код кога се отицање шљаке врши по целој ширини ложишта кроз отвор од око 400 mm. Код континуалног одвода са преливом количина шљаке одређена је висином прелива.

Што се тиче еластичности, односно брзине прилагођавања променама оптерећења, више би одговарао једнокоморни систем са пламењацима у угловима, јер он садржи мање озида који игра исто тако улогу акумулатора. При опадању оптерећења маса течне шљаке из корита и загрејани озид зрачи топлоту и спречава смањење производње паре. При повећању оптерећења маса шљаке преузима на себе један део повећаног интензитета ложења, нарочито ако је у очврслост стању услед дужег периода рада под мањим оптерећењем. Код угљева са великим процентом испарљивих делова у погледу еластичности више одговара примена сувог но течног режима, док код угљева са малим процентом испарљивих делова течни режим надокнађује овај недостатак, смањењем тешкоће паљења, односно побољшавањем самог процеса паљења акумулаторским дејством течне шљаке и озида.

в) Финоћа млевења и температура ваздуха

У топионој комори треба температура да буде бар 150—200° виша од температуре течљивости пепела (t_4). За постизавање потребне температуре у топионој комори служи много загрејани ваздух. Загревање ваздуха за ложишта са течним одвођењем шљаке врши се на температури 350—450°С. Уколико постоји одвојен загрејач секундарног ваздуха, температура овога ваздуха достиже и до 600°С.

За течни режим нарочито су погодни угљеви чије су тачке омекшавања и топљења

блиске (кратка шљака). На до данас изведеним постројењима установљено је да се за течни режим могу применити угљеви са температуром топљења пепела до 1400—1450°С.

Како би се постигле што више температуре у ложишту, код течног режима потребна је знатна финоћа млевења. При грубом млевењу несагорели кокс би се лепио на течну шљаку и на тај начин повећавао њену вискозност. Опасност од кокса (у смислу повећања губитака у летећем коксу и неповољног дејства на вискозност шљаке) повећава се при мањим оптерећењима.

Ради оријентације дати су (по Heinrich-у) услови финоће млевења код следећих постројења:

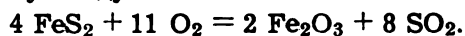
| | | | | | | |
|-----------------|--------|---------|-----------------|----------|---------|-----------------|
| Brno | 15% | остатак | R ₇₀ | 0,9% | остатак | R ₈₀ |
| Oslawa | 12—16% | " | " | 0,6—0,8% | " | " |
| Ingranz-schacht | 12% | " | " | 0,7% | " | " |

Према томе, код течног режима сопствена потрошња расте услед повећања утрошка енергије за добијање финијег млива.

г) Садржај гвожђа у угљу

Извесни угљеви садрже незнатне количине гвожђа у облику FeS₂ и FeO (SiO₂) × x. Услед овога и прах после млевења садржи исто количину гвожђа. При високим температурама настаје распадање FeS₂ по следећој једначини:

при недовољној количини FeS₂ = FeS + S
при вишку ваздуха



При присуству кокса код високих температура настаје процес високих пећи, при коме се С једини са О у CO₂ или са S у OS₂ при чему се гвожђе ослобађа.

Ако пепео садржи напр. 40% Fe₂O₃, то угаљ садржи просечно 6% гвожђа. У овом случају после сагоревања 100 тона угља ствара се блок од 60 тона гвожђа (уколико је у питању периодични систем одвођења шљаке).

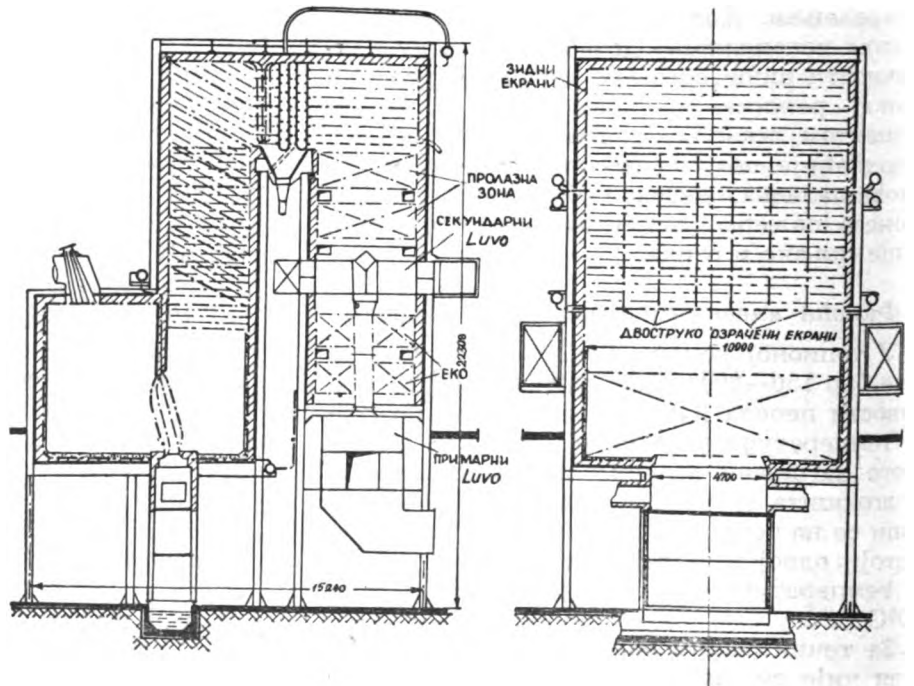
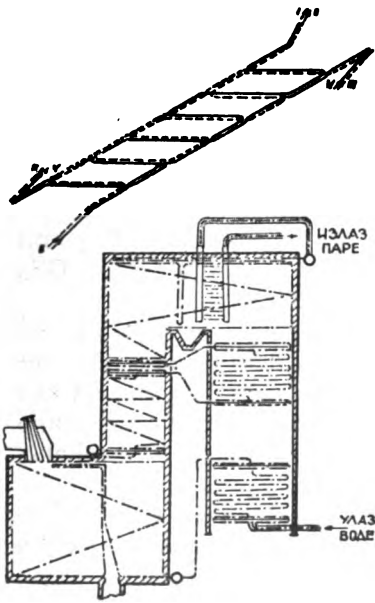
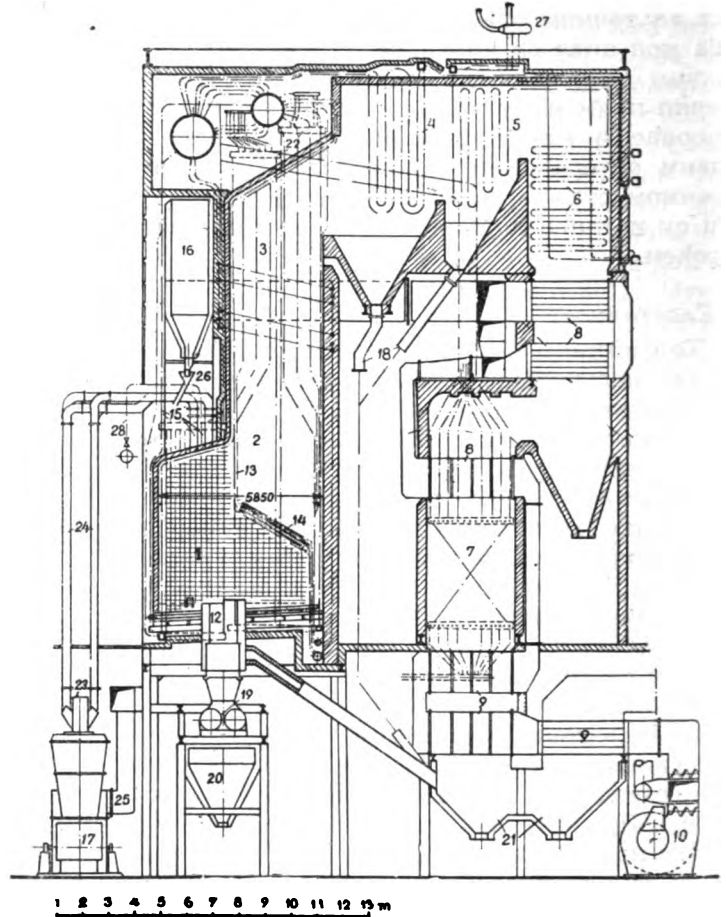
Извесну опасност претставља експлозивно дејство фериоксида и редукованог гвожђа при додиру са водом у гранулатионом суду. Исто тако последње продире у поре озида и дна, те их разара.

д) Једнокоморно или двокоморно ложиште

Ради појачавања процеса сагоревања горива, нарочито угљева са малим процентом испарљивих делова, неопходно је створити

Сл. 34. — Двокоморни парни котло В & W

- 1) Примарне коморе
- 2) Секундарна комора
- 3) Двоструко озрачени екрани
- 4) Секундарни прегрејач паре
- 5) Примарни прегрејач паре
- 6) Кључајући економајзер
- 7) Примарни економајзер
- 8) Секундарни загрејач ваздуха
- 9) Примарни загрејач ваздуха
- 10) Вентилатор за доњу промају
- 11) Корито за шљаку
- 12) Гранулациони суд
- 13) Решетка за хватање шљаке
- 14) Зрачећи свод
- 15) Плафонски пламењаци
- 16) Бункер рециркулисаног летећег кокса
- 17) Млин за угаљ
- 18) Одвод из левкова за таложење летећих делова
- 19) Озубљени ваљци за млевење шљаке
- 20) Левак самлевене шљаке
- 21) Доњи левкови за таложење летећих делова
- 22) Екрански колектори
- 23) Одвод из млинског сепаратора
- 24) Водови аеро-праха
- 25) Довод загрејаног ваздуха у млин
- 26) Довод рециркулисаног летећег кокса у пламењаци
- 27) Регулатор температуре прегревања паре
- 28) Довод мазута за почетно палење



Сл. 35. — Двокоморни котло са двоструко озраченим екранима

што изразитију зону директног сагоревања, тј. зону високих температура, која је изолована од расхладне зоне.

Остварење ових принципа без опасности за лепљење шљаке на грејне површине котла могуће је само у том случају ако је ложиште изграђено од два међусобно повезана дела — двокоморни систем. Прва комора (примарна) предвиђена је за интензивно сагоревање и везивање шљаке, а друга (секундарна или расхладна комора) за интензивно хлађење продуката сагоревања — предају топлоте на грејне површине и радни медијум.

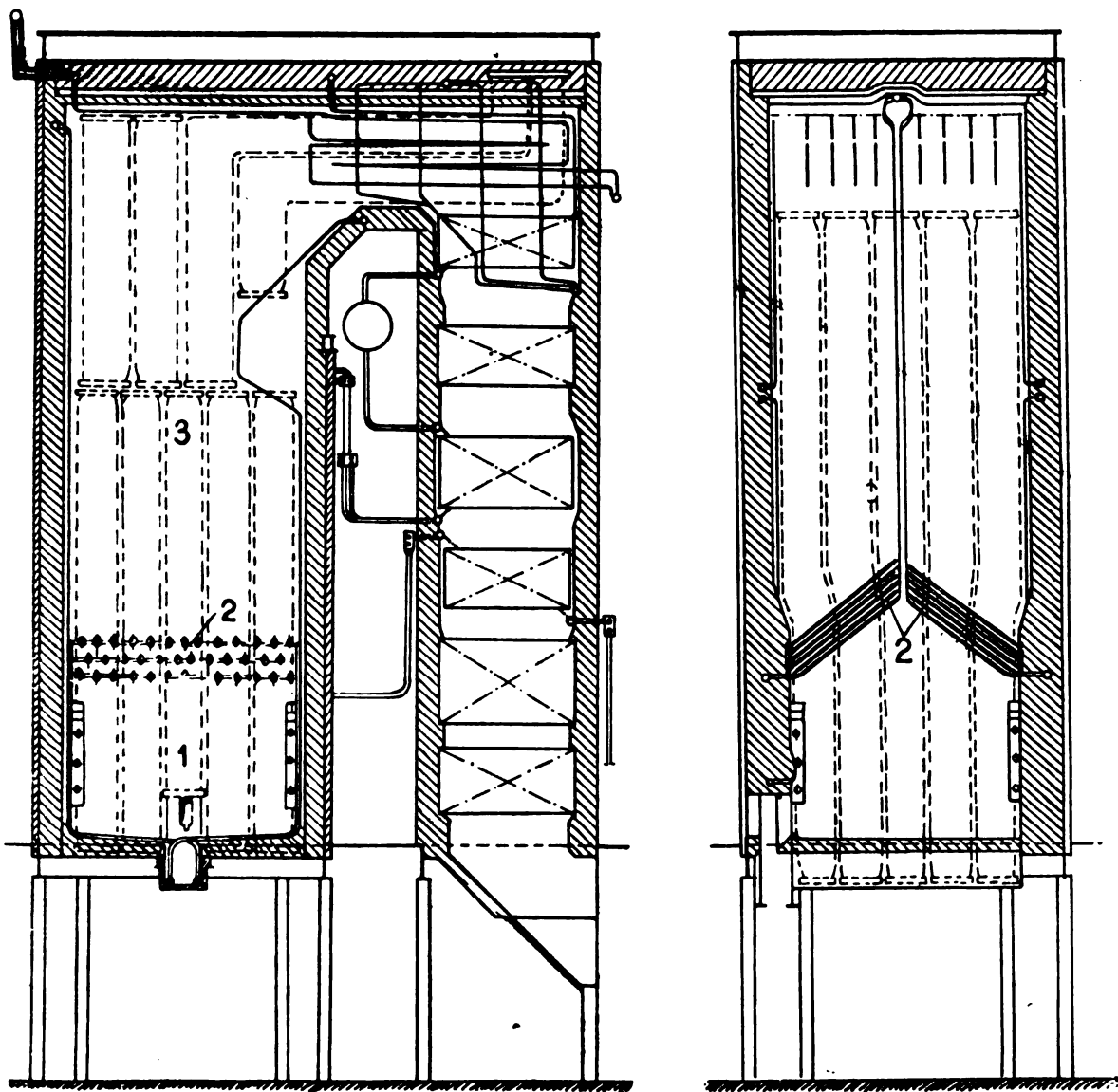
При доброј конструкцији двокоморног ложишта могу се очекивати следеће предности:

1. знатно повећање топлотног оптерећења ложишта, без опасности за лепљење шљаке, услед чега се знатно смањује запремина ложишта и целог котловског агрегата;

2. повећање економичности сагоревања код већине угљева, а нарочито оних са малим процентом испарљивих делова. Смањење губитака услед непотпуности сагоревања (летећи кокс и хемиска непотпуност) на крајњи минимум;

3. скала могућих горива за сагоревање у овом ложишту проширује се, и на тај начин чини се један корак ближе ка остварењу унифицираног ложишта;

4. проширује се област промена оптере-



Сл. 36. — Котло Ditt — 1) примарна комора, — 2) решетка за шљаку, — 3) двоструко озрачени екрани

ћења без опасности да дође до прекида пламена код горива са малим процентом испарљивих делова;

5. могућност примене двоструко озрачених екрана у раскладној комори, на који се начин постиже знатна уштеда на висини ове и габарита котла благодаревни интензивном раскладном дејству двоструко озрачених екрана;

6. код двокоморног ложишта степен везивања се повећава како помоћу U пламена тако и могућношћу постављања решетке за хватање шљаке (принцип влажног сепаратора Модова);

7. код двокоморних ложишта угљени прах се може концентрисано сагоревати без обзира на шљаку и не упуштајући се у компромисе (висока температура, мали вишак ваздуха, јака турбуленција и велики коефицијент пуноће пламена).

Гледиште Инж. Соколова (Orgrez) је да је двокоморни систем нецелисходан и неекономичан. Бајлеово гледиште је на страни двокоморних ложишта и он то базира на поставци да се пепео у већој мери хлади но гасови који га окружују. У зони високих температура честице шљаке имају већу температуру но гасови који их носе. Према томе, уколико се честице приближују додирним грејним површинама, њихова температура се снижава. Тако би честице шљаке под дејством екрана биле више расхлађене но гасови. Ова чињеница, по мишљењу Бајлеа, утиче да се у двокоморном ложишту мање налепљује но у једнокоморном.

Инж. Соколов даје шему једнокоморног ложишта за течну шљаку. У првој зони температура пламена је већа од температуре очвршћавања шљаке. У овој зони површински слој шљаке је у течном стању и цури низ зидове коморе, тако да је то зона која се сама чисти од шљаке. Овде се зидови чисте од шљаке под утицајем топлоте пламена. Већи део пепела услед интензивног сагоревања налази се у течном стању. Ради топлења пепела температура у овом делу ложишта треба да буде што већа. Стога скидање шљаке са екрана и друге мере у вези са хлађењем у тој зони нису ефикасне. Граница прве зоне иде по линији aa, где температура пламена задовољава следећу једначину:

$$T_1 > t_3$$

где је t_1 температура пламена у степенима С
 t_3 " топлења шљаке

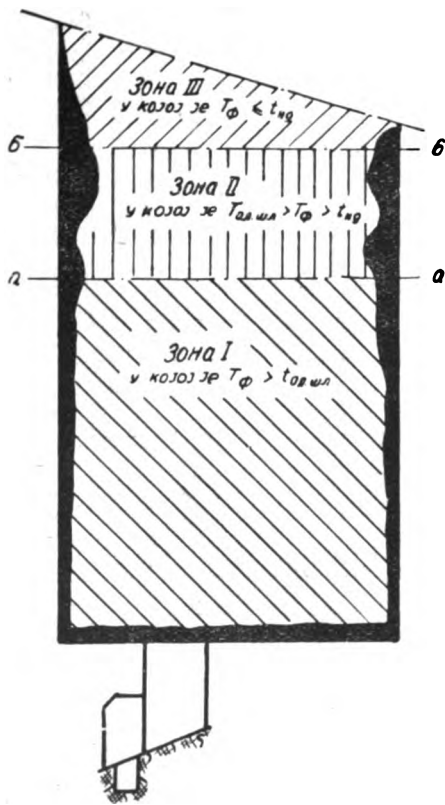
У другој зони односи треба да задовоље следећу једначину:

$$t_2 < T_1 < t_3$$

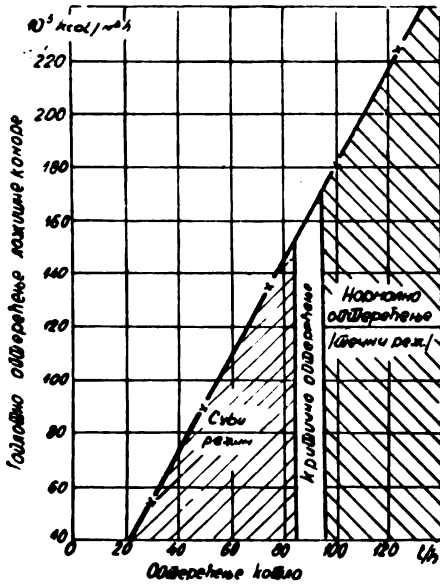
где је t_2 температура омекшавања шљаке. Овде шљака услед своје лепљивости не отиче и потребно је механичко отклањање. Друга зона је зона неограниченог таложења шљаке, која је углавном лепљива и тешко се удаљује.

У трећој зони треба да буде задовољен следећи услов: $T_1 = t_2$; шљака се налази у чврстом стању. У овој зони шљака је обично пескаста и шупљикава. Овако наталожена шљака лако се отклања одувавањем.

При снажењу оптерећења опада и температура те се друга зона проширује. Шљака на поду ложишта биће веома лепљива и ложиште долази у област критичног оптерећења. Такво се оптерећење не може допустити јер може да дође до принудног обустављања рада котла ради отклањања шљаке. При даљем снижењу оптерећења већи део ложишног простора радиће са температуром треће зоне (суви режим). На слици 336 приказан је дијаграм састављен на основу експерименталних података који илуструје горе изложено.



Сл. 37. — Шема једнокоморног ложишта по Соколову



Сл. 38. — Дијаграм прелаза са течног на суви режим у зависности од оптерећења котла

Ложиште са течном шљаком мора радити са оптерећењем изнад критичног (минимално трајно оптерећење).

б) Степен везивања шљаке

Степен везивања шљаке у ложишту у највећој мери решава тешке проблеме савремених котлова (велико оптерећење ложишта, јако смањење габарита ложишта, загревача ваздуха и уопште целог котла). Потпуно отклањање пепела из продуката сагоревања и са грејних површина отклања скупе и гломазне уређаје за пречишћавање излазних гасова, омогућује економично сагоревање угљева са малим процентом испарљивих делова, радикално решава проблем зашљакивања и у многоме потпомаже решење питања универзалног ложишта.

Један од услова за високи степен везивања шљаке је висока температура у зони директног сагоревања. Овај услов више задовољавају двокоморна ложишта но амерички систем open-pass. Издвајање летећих капљица пепела врши се на следећим принципима: услед гравитације, центрифугалне силе, удара и одбијања. Испадање услед гравитације употпуњује се агломерисањем, тј. стапањем више делића при њиховом међусобном судару. Агломерисање се потенцира повећаном турбуленцијом. Центрифугирањем се течна шљака избацује код угаоног распореда пламењака и код распореда пламењака у облику

слова U. Ово издвајање под дејством центрифугалне силе најјаче је код циклонских ложишта. При примени циклонског дејства треба водити рачуна да се оно примењује у тренутку када је сагоревање завршено или при крају, како не би дошло до удаљавања несагорелих честица угља (летећи кокс повећава вискозност шљаке). Отпор центрифугирању дају врели гасови код којих је вискозност на високим температурама знатно већа него при хладном стању. Утолико је проблем издвајања летећих делова при високим температурама тежи но при температурама које владају у уређајима за пречишћавање излазних гасова.

У најновије време примењује се и за везивање шљаке принцип влажног хватача Модов. Испитивањем је установљено да степен везивања овог хватача износи 82—87% (Известија ВТИ бр. 4, 1947, Инж. Рачев). Степен везивања шљаке зависи од улазне брзине пламена у сепаратор. При повећаној брзини повећава се и степен хватања. Максималне вредности степена хватања добивене су при брзинама 37 m/sec (85,5%) и при брзини 42 m/sec (степен хватања 97%) (ВТИ бр. 3, 1947, Инж. Маршак).

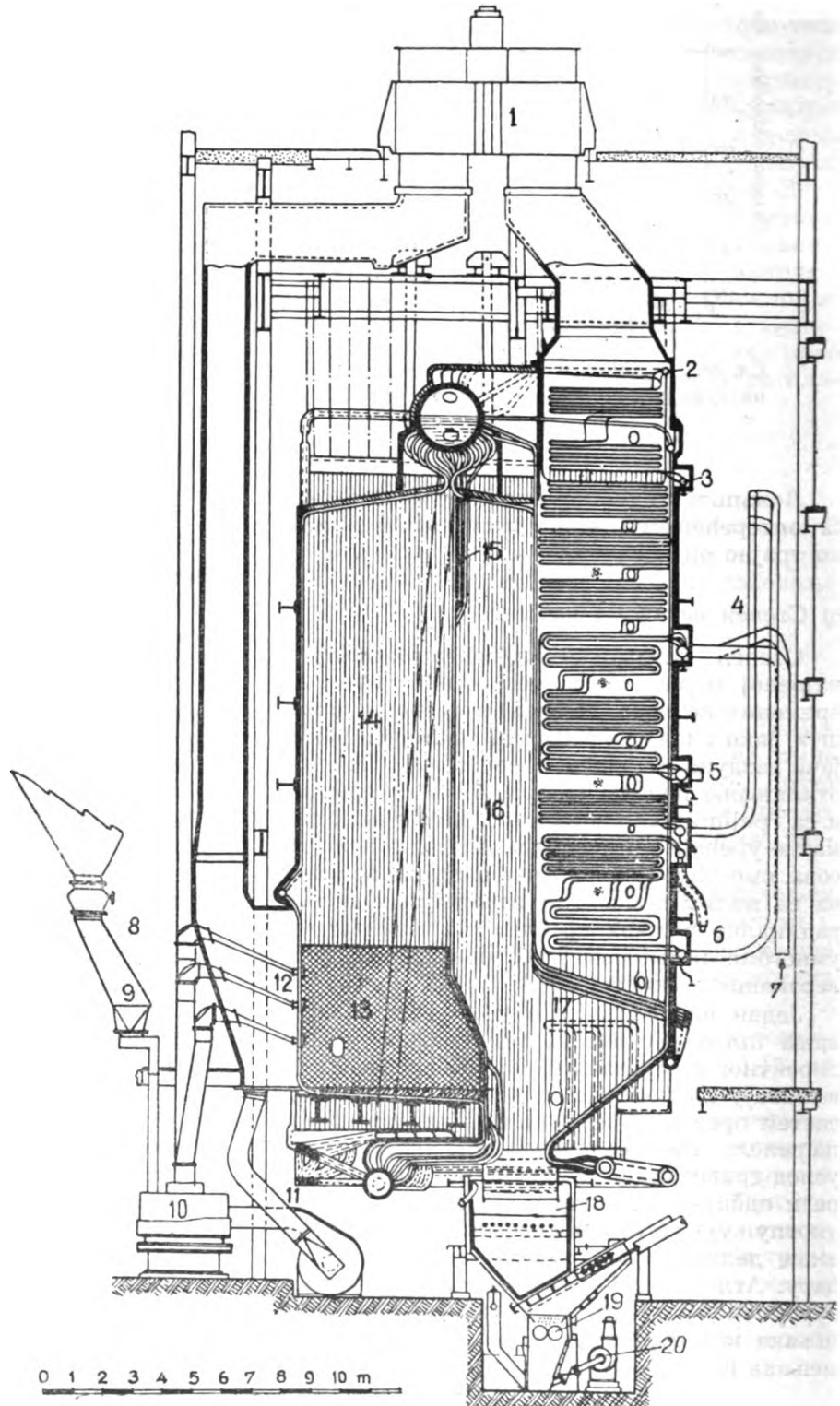
Сепарација, тј. издвајање и везивање шљаке у ложишту, врши се и делимично на зидовима самог ложишта под турбулентним дејством гасова који се крећу и лижу зидове ложишта. Како би додир између гасова и овлажених површина ложишта био што шири — по већој површини — потребно је да буде ложиште подељено на више ћелија што веће дужине а мањег пресека. Експериментима у СССР установљен је најповољнији однос $L/D = 16$. Повећавањем везивања шљаке у првом делу ложишта (котао Рамзина у облику слова U) смањује се степен везивања у кориту за шљаку и у самом влажном цевастом сепаратору. Смањењем концентрације летећег пепела у гасовима смањује се и ефекат влажних сепаратора и обрнуто. Повећавање процеса хватања шљаке са повећањем концентрације пепела у пламену са физичке стране може се објаснити тиме што у почетку сасвим брзо пролази издвајање најкрупнијих капљица шљаке, а затим према умањењу фракција лебдећих капљица у струји смањује се и ефекат хватања (у струји остају фракције тешко топљивих капљица). На овом принципу базира и рециркулација летећег пепела у ложишту. За разјашњење питања колико се од пепела који садржи гориво може везати у ложишту допринела су исцрпна испитивања VGB (Heinrich MVGB, No. 5, 1948) рециркулације лете-

ћег пепела. Тако према тим подацима при сагоревању горњешлеског угља, са 33% пепела и тачком топљења пепела 1190—1270°C и финоћом млевења 14%, остатка на сити бр. 70 при 3/4 оптерећења котла, степен везивања шљаке износио је 50%. Овај проценат је повећан рецикулацијом на 60. Поред горе-

наведених фактора, проценат везивања зависи од особине угља, процента пепела у угљу и оптерећења котла. Раније је поменути феномен да је код течног режима количина износа већа при малим но при великим оптерећењима. Исто тако на степен везивања утиче конструкција котла, положај и нагиб

Сл. 39. — Трокоморни котло са течном шљаком „Орепраз“ В & W

- 1) Luftstromov загрејач ваздуха
- 2) Улазни колектор економајзера
- 3) Излазни колектор економајзера
- 4) Регулатор температуре прегрејаности паре
- 5) Излаз из накнадног прегрејача
- 6) Излаз из прегрејача
- 7) Регулатор накнадног прегревања
- 8) Веза са бункером за угљ
- 9) Аутоматска вага и дозер
- 10) Млин за угљ
- 11) Вентилатор за доњу промају
- 12) Пламењаци
- 13) Део примарне коморе са заштићеним екранима
- 14) Примарна комора
- 15) Екранска преграда између примарне и секундарне коморе
- 16) Секундарна комора
- 17) Екранска преграда између секундарне и терцијерне коморе
- 18) Гранулациони суд
- 19) Озубљени ваљци за млевење шљаке
- 20) Пумпа за воду за одвођење шљаке



решетке за хватање шљаке. Уколико је нагиб стрмији, боље је отицање капљица, те се због тога у Америци данас примењују готово вертикалне решетке. У потпуности суштина рециркулације до данас није објашњена, али се може констатовати према резултатима да је кориснија од мешања угљева. Практично употребљива смеша угљева добија се тек са додатком 15—20% горива са ниском температуром топљења. Додавање калцијумових соли и цинковог праха не даје задовољавајуће резултате, јер се од њих ствара изолујући слој који спречава отицање шљаке са грејних површина.

е) „Доле топло — горе хладно“

У циљу побољшања хлађења изнад зоне сагоревања расхладна зона се изграђује потпуно екранисана, без изолационе масе. Сам по себи намеће се задатак при пројектовању, топлине коморе да се у горњем делу коморе надокнади у погледу хлађења оно што је намерно изостављено у доњем делу — насупрот гранулационим ложиштима. Овај задатак је тежак и скоро га је немогуће решити код лако топљивих пепела. Услед овога појављују се потешкоће у прелазним зонама, нарочито при примени горива са „дугачком“ шљаком. Принцип треба да буде да се спроведе што интензивније хлађење изнад зоне директног сагоревања, која по могућности треба да буде што мања.

Да би се остварио принцип „доле топло — горе хладно“, америчка фирма В & W прибегава, поред конструкције двокоморних ложишта, и трокоморном ложишту. У случају дво- и трокоморних ложишта у другој и трећој комори постављају се отворени зидни екрани са кораком равним пречнику цеви. Са ове тачке гледишта решење фирме В & W, које се односи на три зида другог гасног канала у облику екрана који нису у потпуности покривени бодљама, је једно принудно решење, изазвано с једне стране жељом за стандардизацијом појединих делова агрегата, а с друге стране потребом загревања другог гасног канала. Треба напоменути да је незгодан распоред цеви за кључање између првог и другог гасног канала. Ове цеви постављене су у области прве и друге зоне стварања шљаке. Услед овога фирма на следећем типу котла изменила је облик ложишног простора. На слици показана је шема новог котла са трокоморним ложиштем. Као што се види из ове шеме, запремина топлине коморе у знатној мери је повећана, избачено је шест поменутих редова испаравајућих

цеви за хватање шљаке, топлина комора је изолована само у области пламењака.

Да би се спречило разорно дејство шљаке на зид у прелазним зонама, корак екрана треба да буде такав, да је међупростор између цеви што мањи, односно да се смањи површина додира шљаке и озиди.

Предности и мане ложишта са течним одвођењем шљаке

Врло често су подаци у литератури у вези са предностима или манама ложишта са течном шљаком по једној истој ствари контрадикторни. Покушава се да се да објективна слика на основу разних савремених гледишта.

Главне предности котлова са течним режимом биле би следеће:

1) У топлиним коморама може се постићи највећи могући степен искоришћавања горива услед високе радне температуре, тј. услед великог температурног пада $t_f - t_g$. При високој температури у ложишту процес сагоревања се изводи брже и потпуније, а уз мањи вишак ваздуха (скоро као код гасовитог горива, тј. $\lambda = 1,2$). Степен топлотног искоришћавања котла са течном шљаком, код већих јединица, у нормалним случајевима достиже вредност од 90%. Код јединица испод 100 t он се креће од 86—88%, а код мањих јединица испод 50 t он не прелази 86%. Поред малих губитака због непотпуности сагоревања смањују се укупни губици услед смањења губитка у излазним гасовима, пошто је коефицијенат вишка ваздуха мали, те су и укупна количина и топлотни садржај смањени.

2) Топлина комора ради са великим вредностима Q_1/V , (за двокоморни систем ова вредност се креће од 450.000—1.000.000 kcal/m³h за једнокоморни систем она износи до 300.000 kcal/m³h), стога је ложишни простор мањи, а то има утицаја на смањење основе котларнице до 20%. Отсуство хладног левка смањује мртви простор и висину котларнице. Код котлова са течним режимом продукција по ширини износи до 30 t/h m. Уштеда на висини котла постиже се нарочито применом дво-струко озрачених екрана, који се постављају на плафону расхладне коморе (СССР) или је по средини ложишта котао Dügt, (Немачка). Помоћу ових екрана повећава се ефекат хлађења ове коморе. Топлотно оптерећење дво-струко озрачених екрана достиже до 200.000 kcal/m²h при температурама око 1000°C.

3) Омогућено је дуготрајно нормално оптерећење и преоптерећење, те се добија нај-

бољи средњи степен термичког искоришћења котла. Код сувог режима ово није могуће при раду са угљевима ниске тачке топљења пепела, јер се при дужем нормалном оптерећењу, а нарочито при преоптерећењу, повећавају температуре. Код широких котлова расхладно дејство екрана који се налазе по обиму површине ложишта, не делује довољно ефикасно на језгро ложишта (изузетак је код двоструко озрачених екрана, који се постављају у средини ложишта), те се стога температуре у језгру повећавају и долази до топљења летећег пепела. Ово изазива стварање лепљивог пепела и налепљивање истога на грејне површине. Ради чишћења грејних површина потребно је често одувавање и обустављање рада котла. Једно и друго утиче неповољно на средњи степен искоришћења котла.

4) Топиона комора је економична по површини, запремини, површини цевних зидова и озиду. Мада је у погледу овога мишљење Инж. Heinrich-а супротно, јер он тврди да је тежина и цена озидова по m^2 већа но код котлова са сувим режимом, оно се ипак не би могло у потпуности усвојити, јер није вођено рачуна о томе, да се мање површине облажу код течног режима, но код сувог режима. Као објективан критеријум у вези са овим би био производ из тежине, односно вредности облоге по m^2 са укупно потребном површином код котлова са течним режимом и код котлова са сувим режимом. Економија у запремини топионе коморе одражава се на габариту котла и на потребној кубатури зграде котларнице (утицај система ложења на облик и величину котла и котларнице).

5) Допуштено је највеће могуће загревање ваздуха, докле код сувог режима оно је често ограничено дозвољеном температуром ложишног простора, која је у зависности од температуре топљења пепела, а целисходно је у већини случајева код горива са великим процентом влаге, јер се на тај начин надокнађује смањене температуре ложишта услед влаге у гориву.

6) Такорећи, неограниченост капацитета јединице. Ово се нарочито односи на двокоморни систем, код кога се повећање капацитета постиже простим повећањем броја основног елемента по ширини (систем хелија). Код угаоног ложења постоји извесно ограничење у погледу величине јединице и то услед ограничености површине пресека ложишта. Познато је да се код угаоног ложења однос ширина према дубини ложишног простора мора одржавати у одређеним границама (1 : 1,2 — 1,3). Ако се овај пресек су-

више повећа, долази до хладног цилиндра у језгру ложишта, пошто је дужина пламена ограничена.

С економске стране под појмом граничног капацитета подразумева се максимални капацитет при коме постројење ради економично. Овај појам у истој мери се односи на ложиште као и на котло. Гранични услови постављају се и млиновима као и коморама за сагоревање. За изградњу котловских јединица од 400 t/h примењују се млинови граничног капацитета (за мрки угљ). Овако постројење у случају угаоног ложења треба да има 4 млина по 50 t/h угља. Изградња још већих млинова данас је скоро неизводљива, услед момента инерције, критичног броја обртаја, равномерног довођења угља и средстава за сушење. Док је капацитет котла са угаоним ложењем ограничен млиновима, (број млинова се своди на 4), код двокоморног система број млинова може бити већи од 4.

7) Усијана текућа шљака конвекцијом и зрачењем одаје топлоту и потпомаже брзо и потпуно сагоревање горива. У овом случају шљака поред тога игра улогу и стабилизатора паљења и сагоревања.

8) У топионој комори се везује 50—70% укупне количине пепела садржане у угљу. Код сувог режима овај проценат износи свега 10—20% (односи се на угљени прах). Ово у знатној мери олакшава рад пречистача гасова код котлова са течним режимом. Околина мање трпи од засипања летећим деловима. Абање цеви је смањено услед мањег садржаја летећег пепела и повећане финоће честица, смањене тврдоће и правилнијег облика.

Процент везивања шљаке зависи од особине угља и од процента пепела у угљу. При малим оптерећењима он се смањује, а при великим расте, те излази да се кроз димњак избацује већа количина летећег пепела при малим оптерећењима, а мања количина при већим оптерећењима. Код сувог режима је обрнут случај.

По гледишту неких стручњака, а на основу извесних испитивања, проценат везивања у ложишту повећава се рециркулацијом летећих делова.

9) На топиону комору не утиче у уским границама квалитет и врста угља, као ни топливост пепела. При сагоревању мршавих угљева, течни режим даје боље резултате него суви. Примена горива са високом тачком топљења пепела у топионим коморама није целисходна (t_4 веће од $1500^{\circ}C$). Ипак се не може рећи да на топиону комору не утиче

врста и квалитет угља. Из ранијих излагања види се да је температура топљења пепела од одлучујућег значаја при избору једно- или двокоморног ложишта. Угаљ са температуром топљења пепела преко 1500°C биће коришћен свакако економичније у ложишту са сувим режимом. Као закључак може се рећи да је код течног режима скала применљивих угљева шира него код сувог режима.

10) Отклањање летећег пепела и шљаке код великих јединица јефтеније је него код сувог режима. Поред мање количине гасова (услед мањег коефицијента вишка ваздуха), концентрација летећих делова у излазним гасовима је мања, те су филтри мањих габарита и мање су оптерећени. Да би се постигао исти крајњи ефекат пречишћавања, филтри за катао са течним режимом могу бити са мањим степеном дејства но код сувог режима.

11) Могу се остварити веће брзине кретања гасова услед смањеног абајућег дејства, те се долази до повећаних коефицијената предаје топлоте и до смањења грејних површина (смањење грејних површина изазвано је и смањеном количином гасова). Абајуће дејство се смањује поред смањене концентрације летећих делова и услед мањег пречника честице (веће финоће млевења), као и услед мање финоће честица и њиховог правилнијег облика.

12) Услед мањег процента летећих делова, распоред цеви на додирним грејним површинама може бити збијенији. Ово омогућује примену збијених грејних површина, нарочито економајзера и загрејача ваздуха. На овај начин може се постићи знатна уштеда у габариту котла. Раније смо поменули да се висина ложишта смањује за 2—4 m избегавањем хладног левка за пепео. С друге стране постоји могућност да се смањи висина ложишног простора помоћу двоструко озрачених екрана. У граничном случају смањење висине ложишног простора износи до 7 m, Да би се показао ефекат овога смањења на габарит котла и котларнице, треба смањити и висину другог канала (котао у облику слопа II). Смањење висине другог канала код течног режима постиже се смањењем накнадних грејних површина (повећане брзине струјања, збијени Еко и Луво, мања количина излазних гасова услед мањег коефицијента вишка ваздуха). Закључак је да се код течног режима може добити катао мање висине или да се могу на рачун специфично више оптерећених накнадних грејних површина повећати температуре загревања ваздуха, а да не дође до потребе повећања висине другог канала.

13) Отсуство непријатности и обустве погона услед квара на гранулационој решетки. Ови кварови су чешћи код котлова великог капацитета, који раде са угљевима са ниском тачком топљења. Код ових се велики блокови шљаке налепе на зидове ложишта и у тренутку отпадања ови блокови могу изазвати тешке кварове на гранулационој решетки.

14) У зависности од система отстрањивања шљаке (периодични, са преливом и континуални) могу настати извесне уштеде у поређењу са сувим режимом. Квалитет пепела, односно његове особине, да ли ствара при свом режиму блокове или се распада у ситан прах, утиче на то да ли ће отстрањивање шљаке код сувог режима бити скупље или јефтеније но код течног режима. Код пепела који се распада отстрањивање истога из ложишта сувог режима не придаје ништа веће тешкоће но код течног режима. Чак су уређаји код сувог режима јефтенији. Међутим, ако пепео ствара блокове, тада је отстрањивање шљаке у течном стању лакше и економичније но у чврстом, односно потребно је мање послуге и мањи утрошак енергије.

15) Шљака се може корисније употребити но код сувог режима у грађевинарске сврхе.

16) Пошто левак за пепео не постоји, мања је могућност уласка лажног ваздуха у ложишни простор.

17) Услед мање количине гасова постиже се уштеда на снази потребној за вучу, као и на инвестицијама за ексаусторе.

Као недостаци овога система могу се навести:

1) Потреба рада под већим оптерећењем; дужи рад са малим оптерећењем изазива прелаз на суви режим. Последица овога је да настаје прекид у отицању шљаке као и тешкоће због њеног очвршћавања и нагомилавања (разарање дна и притисак на бочне зидове).

2) Разне тешкоће у вези са конструктивним усавршавањем појединих детаља котла (пламењаци, млинови, изолациони материјал и др.).

3) Потреба финијег млевења и већи утрошак енергије за то. Док је за суви режим, код Крамер-ових ложишта, довољна финоћа млевења $R_{70} = 50\%$, дотле је за течни режим потребна финоћа $R_{70} = 17—24\%$. Већа ограниченост процента влаге у гориву и чешћа потреба претходног сушења, последица су потребе за финијим млевењем.

4) Знатан утрошак воде за гранулацију ($5—10 \text{ m}^3$ воде по тони шљаке).

5) Лепљење шљаке за зидове и разарање изолације у прелазним зонама.

6) Експлозивно дејство фериоксида и редукваног гвожђа при додиру са водом за гранулацију, као и њихово разорно дејство на дно ложишта.

7) Потреба изградње већих јединица. Најмања досада изграђена јединица је 25 t/h. Она практично задовољавајући функционише. Извесни аутори сматрају да не би требало градити јединице са течном шљаком мањег капацитета од 100 t/h (Немачка) 200 t/h (САД), 60 t/h (ЧСР) и 150 t/h (СССР).

8) Скуп изолациони материјал, који се теже набавља (хромна руда) и специјални легирани челици за трнасте екране као и њихово наваривање, поскупљују цену изградње котла за око 20% у односу на цену котлова са сувим режимом.

9) Потребно је веће време за хлађење при избацивању из погона, као и дуже време за довођење у равнотежно стање при пуштању у погон (велика маса течне шљаке и изолационог материјала).

10) Опасност при јављању рупа од искицања усијане шљаке на под котларнице.

11) Абање уређаја за одвод шљаке, услед тога што је гранулована шљака врло тврде структуре.

12) Мања област промене оптерећења и мања еластичност.

Случајеви у којима је погодна примена течног режима

1) Котлови — носиоци основног оптерећења задовољавају потребне услове за течни режим. У ширем смислу термоелектране, одн. котларнице које носе основно оптерећење, могу у целисти бити опремљене са котловима за течни режим. Врхови у оптерећењу код ових постројења могу се решавати помоћу комбинација броја и капацитета агрегата.

2) При избору типа котла од одлучујућег је значаја врста оптерећења која се добија из дијаграма парног оптерећења котларнице. Код трајних малих оптерећења треба избегавати котлове са ложиштима за течно одношење шљаке.

3) Ако је на расположењу угаљ са великим процентом лако топљивог пепела у првом реду треба анализирати могућност примене течног режима. Ако су други услови бар делимично задовољени, у овом случају најефикаснија је примена течног режима.

4) Високе температуре топљења пепела не искључују могућност примене течног режима. Ако је оптерећење нормално и није

колебљиво, граница топљивости пепела достиже 1500°C. При овој температури топљења пепела, а при испуњеним наведеним условима, примена течног режима не претставља потешкоће, нарочито ако је у питању пепео са карактером „кратке шљаке“. Ако је карактер шљаке „дуг“ и $t_4=1500$ и више степени, тада се појављују велике тешкоће у прелазној зони.

5) Ако су потребне велике јединице, течни режим је погоднији од сувог (под великим јединицама сматрају се капацитети преко 100 t/h). Доња граница могућности примене течног режима практично се по чехословачким изворима може сматрати да је 25 t/h, по немачким преко 100 t/h а по америчким 200 t/h.

6) Код котларница са већим бројем агрегата, бар неколико треба да ради са течним режимом. Уколико се постављају строги хигијенски захтеви околине (напр. код градских котларница. Т Е или топлана) згодније је применити агрегате са течним режимом, већ и због тога што је количина летећег пепела мања, а исти је ситније структуре. Познато је да ситнији делићи имају мању брзину лебдења, те ће стога они дуже лебдети, распростирати се по већем пространству у тањем слоју и на тај начин мање угрожавати околину.

7) Ако настане случај да је потребно у котларници наместо постојеће јединице поставити јединицу већег капацитета без проширења зграде, то ће се успети постављањем котла са течним режимом. На овај начин може се постићи повећање капацитета до 25%. Познато је да котлови са течном шљаком имају мању висину ради тога што немају гранулационог левка, имају већу продукцију по ширини, мада су ложишни екрани изоловани, али су по среди више температуре, а количина предате топлоте у зависности је од четвртог степена температуре. О питању утицаја система ложења на габарит котла било је раније опширније речи. Цео проблем који третира ова тачка своди се у суштини на то.

8) Ако је на расположењу угаљ са малим процентом испарљивих делова, а температура топљења пепела није изнад 1500°C, треба применити котлове са течним режимом. Код т. зв. мршавих угљева потребне су високе температуре сагоревања да би се отклонили велики губици услед механичке непотпуности сагоревања.

9) Ако се не може обезбедити снабдевање котларнице истом врстом угља или бар угљевима сличних особина, проблем се у-

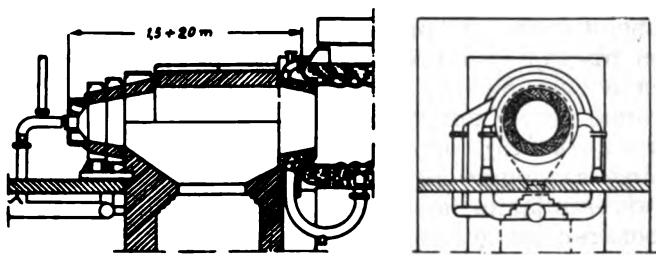
спешније решава котловима са течним одводом шљаке но са сувим (шира скала могућности примене разних врста горива).

10) Ако котлови треба да раде под нормалним оптерећењима дуже времена без прекида, код сувог режима биће потребно често обустављање (при примени угљева са ниском тачком топљења пепела), ради чишћења ложишта од налепљене шљаке. За

котлове са течним режимом при трајном нормалном оптерећењу врши се одвођење шљаке без тешкоћа.

Осим горенаведених случајева кад је примена течног режима погодна, на избор котла утичу и лични моменти склоности инвеститора или пројектанта према једном или другом систему.

ЦИКЛОНСКА ЛОЖИШТА



Сл. 40. — Birkhoff-ово ложиште

Историски преглед

У Немачкој је још 1927 године увела фирма Birkhoff цилиндричну комору за циклонско сагоревање угљеног праха. Ова комора је служила за катао са пламеном цеви. Из цртежа се види да је принцип рада Birkhoff-ове коморе врло сличан принципу данашњег америчког циклона. Смеша прах-ваздух доводи се тангенцијално кроз систем лопатица, а секундарни ваздух аксијално. Ушће циклонске преткоморе клађено је ваздухом.

Последњих година у Америци се појављује циклонски начин ложења. Испитивања на лабораториским типовима ложишта вршила је фирма B & W уз сарадњу преду-

зећа Edison Lundy из Чикага. Први катао са циклонским ложиштем индустриског типа пуштен је у експлоатацију у ТЕ Calumet септембра 1944 године.

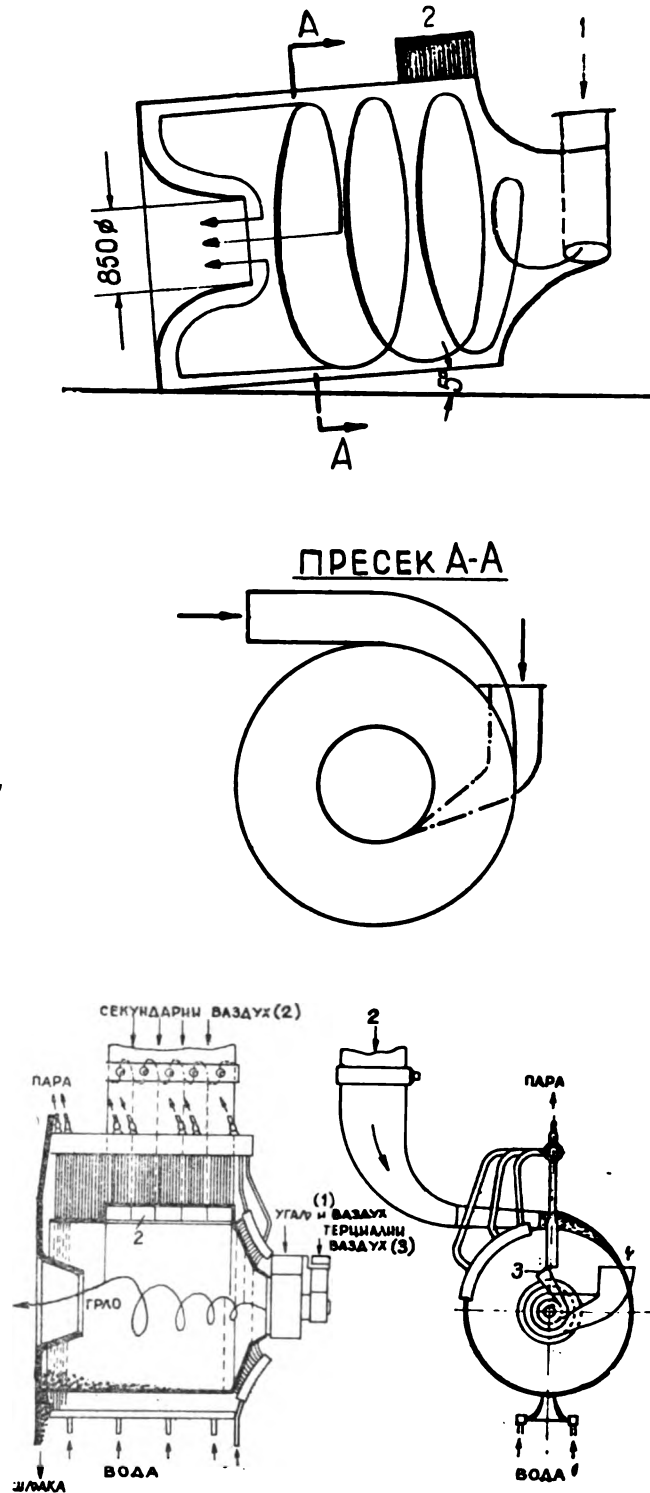
Опис рада циклона

Циклонско ложиште је једна врста топионе коморе, која је предвиђена у првом реду за угљеве са великим процентом испарљивих делова и средњим процентом лакотопљивог пепела. У последње време постижу се повољни резултати и са угљевима са средњим процентом испарљивих делова. Према свим подацима из литературе види се да циклонска ложишта засада не могу економич-

но да раде са угљевима са малим процентом испарљивих делова и са пепелом са високом тачком топљења. Ово се објашњава на тај начин што се у циклону сагоревања своди претежно на сагоревања гасовитих састојака горива. Брзина сагоревања гасова услед боље могућности мешања већа је но брзина сагоревања кокса. У циклонском ложишту делићи горива (кокса) под дејством центрифугалне силе хватају се по зидовима цилиндра и сливају на дно истога, уколико не сагоре. Ако су честице крупне и ако је проценат испарљивих делова мали може се догодити да време задржавања шљаке у циклону није довољно за сагоревање ових честица. Као последице каталитичког дејства филма усијане шљаке и оплакујућег дејства ваздуха, гориво се брзо претвара у гасне продукте сагоревања који напуштају ложиште кроз сужени отвор.

Котао је снабдевен у зависности од његовог капацитета, са једном, две, три или четири циклонске коморе. Ова циклонска комора, или боље речено предложиште, дограђује се на нормалан двокоморни котао за течни режим. Циклонска комора је обавијена полукружно савијеним цевима са трнастим екранима. Ове цеви су са унутрашње стране обложене ливеним плочама са хромним набојем. Водом хлађени а изоловани зидови имају мањи степен предаје топлоте но примарна комора, услед изолујућег дејства наслаге шљаке и релативно густог слоја мешавине угља и ваздуха која настаје око зидова при виорном кретању ваздушне струје. Услед велике брзине тангенцијално доведених струја ваздуха вероватно да долази до издвајања, односно концентрисања кисеоника по ободу циклона. Овај концентрисани кисеоник побољшава и убрзава процес загревања кокса. И уколико брзине виорења, а услед тога и центрифугалне силе нису довољне да изврше издвајање кисеоника из ваздуха (пошто је мала разлика у специфичним тежинама), у сваком случају добија се зона компримованог ваздуха која чини да је интензивнији довод ваздуха ка сагоревајућим честицама.

Циклонска комора се поставља под углом од 5° према хоризонту како би се вршило отицање шљаке из ње у примарну комору, кроз отвор испод циклонског грла (размакнуте цеви чине отвор). На слици 41 приказан је принцип рада циклонског предложишта. Код (1) уводи се смеша дробљеног угља (крупноће $6,3 \text{ mm}$) и ваздуха са великом брзином и притиском (брзина ваздуха $100\text{--}150 \text{ m/sec}$, притисак $750\text{--}1150 \text{ mm}$



Сл. 41. — Шеме циклонских ложишта

WS). Код (2) уводи се секундарни ваздух са истом брзином. и притиском. Терцијерни ваздух се уводи великом брзином аксијално и служи за паралисање неутралног лебдећег цилиндра који се ствара од ситног праха који не подлеже центрифугалном дејству. Терцијарним доводом ваздуха додаје се потребна количина ваздуха поменутом ситном угљу.

Довођење примарног ваздуха врши се помоћу пужа како би се дало спирално кретање ваздуха и искористило центрифугално дејство. Довођење примарног ваздуха врши се путем пламењака чије је ушће хлађено водом а израђено од специјалног материјала. Количина примарног ваздуха износи 15—20%. Секундарни ваздух се доводи исто тако тангенцијално по већем пречнику циклонског цилиндра, а на $\frac{2}{3}$ дужине. Количина секундарног ваздуха износи 72—80% са брзином 92—136 m/sec. Терцијерни ваздух се уводи са фронталне стране циклона помоћу пужа малог пречника. Брзина терцијерног ваздуха је преко 100 m/sec. Количина терцијерног ваздуха креће се од 5—8%.

Трнасти екрани који обавијају циклонску комору уливају се са горње и доње стране у екранске колекторе који се прикључују у опште циркулационо коло котла. Из горњег колектора смеша вода-пара одлази у горњи добош котла. Доњи колектор циклонских екрана везан је са циркулационом цеви. На чеоном делу коморе налази се сужени део-грло циклона, кроз које гасови брзином 80—120 m/sec излазе из циклона и улазе у примарну комору. Грло циклона састоји се из низа трнастих екранских цеви превучених пластичном хромном масом. Функција грла је да врши издвајање и задржавање летећих честица кокса и пепела (ударни принцип). Као што се види из шеме на слици гасови из циклона крећу се углавном по периферији циклона, односно ти гасови садрже честице угља (које се услед центрифугалног дејства крећу по периферији). Честице угља које се крећу по периферији, уколико нису сагореле, ударају на крају циклона о плочу грла те мењају нагло правац кретања и услед тога губе брзину, продужују пут и време задржавања у циклону. Уколико не сагоре и при овом накнадном кретању, оне, ако су крупније, губе брзину и падају на усијану шљаку, а ако су ситније одлазе кроз грло у виду летећег кокса и пепела у секундарну комору. Још увек постоји могућност да поменуте честице сагоре у секундарној комори. Мада су крупније него честице праха код течног режима, оне имају предност над

прахом који се убацује у примарну комору ложишта са течним одводом шљаке услед тога, што су оне претрпеле фазу припремања у циклонском ложишту. То значи да је један део процеса сагоревања обављен у циклону и да ће време потребно за сагоревање у примарној комори, услед ове припреме, бити у знатној мери скраћено. Уколико су честице крупније но што се предвиђа за циклонско ложиште и уколико угаљ има мали проценат испарљивих делова, долази до избацивања летећег кокса из котла са циклонским ложиштем.

Циклонско сагоревање до данас је најсавршенији процес сагоревања у једном простору.

Да би се искористило центрифугално дејство угаљ не сме да буде млевен већ треба да се дроби на крупноћу око 6,3 mm. Пошто у циклону владају високе температуре (око и преко 1.650°C) из честица угља издваја се истопљени пепео и слива на зидове цилиндра. Цилиндар циклона се обавија филмом течне шљаке, који се малом брзином креће по једној хеликоиди са великим кораком ка излазу према примарној комори. Брзина кретања овог филма зависи углавном од брзине довођења ваздуха, температуре у циклону и вискозних особина шљаке. Услед сразмерно великих честица, време потребно за сагоревање је знатно. Пошто честице угља под дејством центрифугалне силе падају на филм шљаке, добијају веће релативне брзине но што су брзине лебдења, тако да је оплакивање концентрисаним ваздухом много интензивније но код сагоревања у виду угленог праха. Пошто су брзине кретања ваздуха велике, проценат носећег ваздуха је мали, те се може додавати секундарни ваздух довољном брзином, а да се не изађе из оквира малих вишкова ваздуха. Честице угља крећу се хеликоидално под дејством струје ваздуха, а кочене су отпором шљаке која споро отиче.

Под дејством центрифугалне силе издвоји се 60—70% пепела у самом циклону, остатак до свих 85% издваја се у примарној комори (у кориту за шљаку и помоћу решетке за хватање шљаке — по поступку који је сличан процесу код двокоморних ложишта са течним одводом шљаке, с том разликом што је проценат везивања услед мале концентрације гасова летећим деловима мањи). Услед велике температуре око 5% пепела испари, тако да се може рачунати да кроз димњак одлази свега 10% од количине пепела која се унесе у ложиште са горивом.

Потпаљивање котла се врши (односно циклона) помоћу једног пламењака за мазут који је постављен на челу преткоморе. Смеша угљ-ваздух доводи се пошто је мазутни пламењак пуштен у погон. И поред тога што је ваздух при потпаљивању котла хладан, не долази до потешкоћа у вези са потпаљивањем смеше угљ-ваздух. Под дејством пламена од мазута пале се прво ситне честице угља. Тако напр. утрошак мазута за потпалу котла у централи Calumet износи 284 литара.

Суштина циклонског предложишта, изолованог водом хлађеног цилиндра је да се у њему врши ефикасно и потпуно сагоревање. Ово сагоревање је са великим степеном искоришћења, услед минималног вишка ваздуха и уз максимални степен везивања пепела за ложиште у виду течне шљаке. Услед овог интензивног сагоревања издвајање испарљивих делова се врши брзо, тако да се само сагоревање завршава у циклонској преткомори. На тај начин је, помоћу малог ложишта, остварено интензивно сагоревање угља. На постојећим принципима који базирају на лебдењу у оволикој мери интензивно сагоревање остварено је једино са идеалним горивом. Код сваког процеса сагоревања битно је да делови горива који ступају у реакцију буду у што ближњем додиру са ваздухом, да се налазе у зони високих температура и да буду у оптималним односима и контролисаним количинама. За идеална горива ове услове релативно је лако остварити. Сагоревање угљеног праха, помоћу савремених млинова и пламењака у знатној мери се приближује горе поменутом сагоревању идеалних горива.

Оптерећење циклонског ложишта у граничним случајевима износи $4,7 \times 10^6$ kcal/m³h. Претпоставимо да се циклонско ложиште поставља на нормални двокоморни катао са течним одвођењем шљаке, код кога је већ средње специфично оптерећење веће но код котова са сувим режимом (суви режим испод 200.000 kcal/m³h, течни режим изнад 200.000 kcal/m³h), добиће се просечно топлотно оптерећење ложишта циклонског котла до 300.000 kcal/m³h.

Припрема угља за циклонско ложиште

У погледу припремања горива-угља за сагоревање у циклонском ложишту постоји извесна разлика у односу на друге начине сагоревања.

Угљ за циклонско ложиште треба да је у што већој мери сув. Дозвољен садржај влаге не сме да пређе 3—5%. Услед овога у

већини случајева је потребно претходно сушење. Претходно сушење се може изводити помоћу цевастих сушара или помоћу ротационих сушара. Пример сушења помоћу цевасте сушаре приказан је у поглављу Припрема горива на шеми на снабдевање, дробљење и сушење угља за циклонско ложиште. Из те шеме се види да се сушење угља врши у цевастој сушари са два краца. На силазном делу цевасте сушаре (с) врши се сушење недробљених комада или само претходно дробљење по принципу истосмерног струјања. На улазном делу сушаре (е) суше се дробљени комади у дробилици (d) исто тако на принципу истосмерног тока. У делу (с) услед коришћења земљине теже, мада су комади угља знатне величине (око 10 mm) није потребна велика брзина сушењег агенса. У узлазном делу (е) брзина гасова мора да буде довољна како би давала узгон оздобљеним честицама угља (максимална дозвољена величина честице је 6,3 mm).

На шеми допреме угља за циклонску ТЕ Dow Chemical види се да је дробљење двоступно и да је примењена ротациона сушара. На овој шеми сушара (14а) добија гасове за сушење из једног специјалног ложишта за ту сврху. Дробљење се врши у два ступња. Први ступањ дробљења је помоћу Bradfordске ротационе дробилице која доводи угљ на комаде до 10 mm, а други ступањ, иза сушаре је дробилица са чекињем која дроби угљ на потребну крупноћу. На доњој табели дат је фракциони састав угља по дробљењу у дробилици са чекињима (други ступањ дробљења). Дати подаци о дробљењу одговарају финоћи средње пробе која је узета у односу 87,8/77,5. Најгрубље дробљење сме да иде до $\frac{R_{70} 93,8\%}{R_{80} 88,5\%}$ а најфиније дробљење

треба да одговара следећем односу остатака:

$$\frac{R_{70} 63\%}{R_{80} 74\%}$$

Табела 11

ФРАКЦИОНИ САСТАВ УГЉА ПОСЛЕ ДРОБЉЕЊА

| № сита (америчка ознака) | Величина отвора у mm | Остатак у процентима на сити | | |
|--------------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------|--------|
| | | максимални | минимални | средњи |
| 4 | 4,7 | 16,0 | 0,2 | 3,0 |
| 6 | 3,23 | 29,2 | 0,9 | 7,7 |
| 8 | 2,36 | 41,3 | 1,6 | 15,0 |
| 14 | 1,17 | 57,6 | 7,0 | 32,4 |
| 28 | 0,59 | 70,8 | 16,0 | 49,3 |
| 48 | 0,29 | 82,4 | 31,3 | 67,3 |
| 100 | 0,147 | 91,4 | 54,4 | 82,1 |
| 200 | 0,074 | 94,3 | 65,9 | 88,6 |

Ниже су дате карактеристике угља средње Illinois (W — 15%, A — 13,4%, H_i — 5.565 kcal/kg) који се одликује великим процентом испарљивих делова (и. д. — 47%) и ниском температуром топљења пепела.

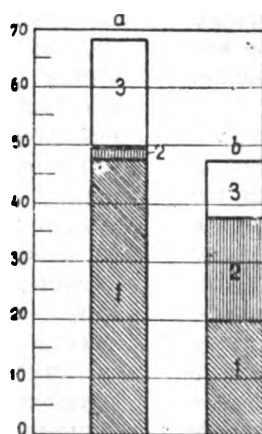
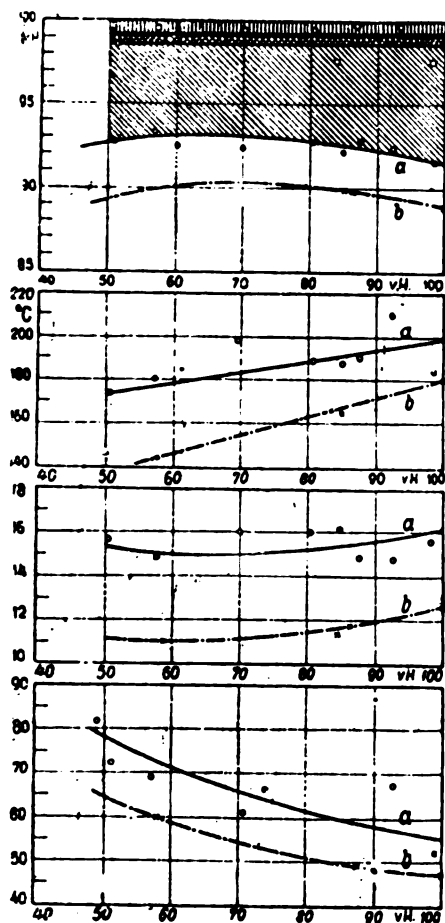
| Степен деформације | Температура у °C | |
|---------------------------------------|----------------------|----------------|
| | регенеришућа средина | кисела средина |
| Почетак деформације (t_1 , t_2) | 1068 | 1200 |
| Омекшао стање (t_2 , t_3) | 1110 | 1300 |
| Течљиво стање (t_3 , t_4) | 1245 | 1365 |

Дробљење угља (други ступањ дробљења) за циклонско ложиште може бити директно или индиректно. Код директног дробљења дробилица за угљем постављена је уз сваки циклон. Овај начин дробљења има извесне предности у погледу заузимања простора и упрошћује манипулисање угљем. Незгодна страна ове концепције је у том што постоји већи број дробилица и што при квару у дробилици циклон који дробилицу снабдева испада из погона.

Код индиректног начина дробљења угљем се дробе пре доласка у котловске бункере у једној или више заједничких дробилица. Здробљени угљем одлази у котловски бункер из кога се снабдевају циклонски. Овај систем дробљења одговара међубункерском систему млевења. Са економске стране овај се систем фаворизује јер омогућује примену мањег броја већих дробилица. Осим тога, привремени квар у једној дробилици не ремети рад циклона, пошто се циклонски снабдевају резервом горива из бункера (сличан случај као код међубункерског система).

У оба случаја снабдевање циклонских ложишта угљем регулише се променом брзине напајача.

Трошкови дробљења угља на прописану величину за циклонско ложиште знатно су нижи но трошкови млевења угља са процентом остатка 30 на сити R_{70} . Утрошак електричне енергије за дробљење износи око 2,6 KWh/t, док је укупан уређај за помоћне уређаје око 70 KWh/t. Тако велики утрошак за помоћне уређаје настаје услед потребе за вентилаторима високог притиска који су последица великих отпора и брзине у гасним каналима. На слици бр. 42 приказани су дијаграми који показују да је укупна снага потребна за помоћне уређаје 55—78 KWh по тони угља, док иста снага код котлова са сувим режимом износи 48—65 KWh/t. Снага потребна за помоћне погоне у овом дијаграму обрачуната је на бази доње топлотне моћи од 6800 kcal/kg. У овим дијаграмима пумпе за напајање нису узете у обзир. Поређења се врше између котла са циклонским ложиштем у ТЕ Calumet и котла са сувим режимом у једној немачкој ТЕ. Са (1) на дијаграму је означена потрошња електричне енер-



Сл. 42. — Упоредни дијаграми потрошње снаге за помоћне уређаје (Dr. Münzinger)

гије за вентилатор, са (2) потрошња за млинове, односно дробилнице, са (3) за ексхаусторе. Дијаграм обележен са (а) односи се на циклонски котао у централи Calumet, а дијаграм означен са (b) односи се на немачки котао са сувим одвођењем шљаке.

Према упутству снабдевача угљем, исти треба да задовољи следеће услове у погледу крупноће при изласку из дробилнице:

| Сито бр. америчка ознака | Остатак на истом сити |
|-----------------------------|-----------------------|
| 4 | 95 |
| 8 | 85 |
| 14 | 70 |
| 28 | 50 |
| 48 | 30 |
| 100 | 20 |
| 200 | 10 |

Види се да само 10% угља по излазу из дробилнице сме да има финоћу млевеног угља. Средња финоћа (крупноћа) честица треба да буде знатно већа но код нормалног дробљења за угљени прах. Стога би се ова сепарација правилније звала мрвљење, а не дробљење.

Код TE Dow Chemical напајање котлова угљем врши се на следећи начин: сваки котао има свој бункер за лагеревање дробљеног и сушеног угља. Бункер се празни кроз два отвора (сваком отвору одговара једно циклонско предложиште), од којих сваки има вагу и напајач. Кроз ове линије пролази око 10 тона угља на сат. Напајачи су кофичасти, са низом дискова од ливеног челика постављених на бескрајном ланцу, са размаком од 150 mm. Ивице дискова су брушене да би тачно одговарале цевастом отвору кроз који пролазе. Ово је потребно ради заптивања споја са циклонским ложиштем које је под притиском. Угаљ из бункера излази у пријемни левак кроз који пролазе повратне кофице. Дејством ових угаљ пада у доње кофице које га преносе у левак за пражњење.

Снабдевање ложишта ваздухом

Ваздух се доводи у циклонско ложиште као примарни, секундарни и терцијерни. Притисак треба да је око 1000 mm WS како би се савладао отпор у целом систему. Температура ваздуха треба да је што већа из познатих разлога од којих је проширење скале применљивих горива најважнији. Просечни вишак ваздуха код циклонских ложишта не прелази 10%. Већина котлова са циклонским ложиштем имају вентилатор за доњу про-

мају, а ексхаустор је избегнут. Услед овога притисак на крају котла треба да буде 0 или нешто већи.

Вентилатори су обично вишеступни или једноступни са променљивим брзинама и променљивим кораком лопатица.

Регулисање

По својој конструкцији и систему напајања циклонска ложишта су подесна за спровођење једноставне контроле сагоревања. Главни контролник регулише истовремено допрему ваздуха и горива, реагирајући на настала оптерећења. Дозирање угља регулише се брзином напајача, а количина ваздуха пригушивачима или променом брзине вентилатора односно једним и другим.

У погледу промена оптерећења котлови са циклонским ложиштима су у знатној мери еластични. Испитивањем је утврђено да сваки поједини циклон са одговарајућим угљем може да ради нормално и са половином оптерећења. Према томе, ако је котао снабдевен са два циклонска предложишта, он ће моћи да ради са четвртином оптерећења на тај начин што ће бити у погону један циклон оптерећен са 50%

Лабораториска испитивања

Почетне лабораториске студије вршене су у фабрици B & W на једном малом циклонском ложишту пречника 305 mm. Пошто су резултати били задовољавајући, прешло се на испитивање са циклонским ложиштем од 915 mm. Са овим циклоном испитивани су углавном следећи моменти: општи положај циклона, брзина ваздуха, положај отвора и конструкција пламењака. Експерименти су вршени са разним горивима и разматрани су услови за веће капацитете на бази закона сличности. Касније је изграђен циклон пречника 1525 mm, који је хоризонтално постављен уз једно котловско ложиште како би се добили приближно услови из експлоатације. За овај систем сагоревања нарочито се заинтересовала фирма Edison Lundy, која има већи број термоелектрана. Код ових термоелектрана јављају се тешкоће у вези са угљевима који имају знатну количину лако топливог пепела. Стога је ову фирму интересовао један ефикасан начин решавања проблема експлоатације котлова са лако топливим пепелом. Стављена је на расположење фирми B & W TE Calumet и на једном котлу ове централе постављено је циклонско предложиште пречника 2440 mm.

Табела 12 ТАБЕЛАРНИ ПРЕГЛЕД АНАЛИТИЧКИХ ПОДАТАКА ПРОБНИХ УГЉЕВА, ПРИМЕЊЕНИХ У ТЕ CALUMET, COMMON EALTH EDISON Co., CHICAGO

| Пробни угаљ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------------------------------|------------|-------------|------------|---------------|--------------|----------|--------------|---------|--------------|
| Назив угља | Kincaid | Poca-hontas | Springdale | Jeffco Carbon | Ziggler Dust | Fairmont | Poplar Ridge | Midvale | Velva Lignit |
| Порекло | Cent. III | W. Va. | W. Pa. | So. III | | W. Va. | W. Ky | Ohio | N. Dakota |
| W ^o / _o | 15 | 3 | 5 | 11 | 11 | 4 | 5 | 10 | 38 |
| I. d. ^o / _o | 40 | 25 | 34 | 33 | 33 | 37 | 36 | 39 | 47 |
| Sfix ^o / _o | 45 | 67 | 51 | 52 | 49 | 52 | 51 | 47 | 44 |
| A ^o / _o | 15 | 8 | 15 | 15 | 18 | 11 | 13 | 14 | 9 |
| kcal/kg (суво) | 6550 | 8000 | 7100 | 6700 | 6400 | 7400 | 7000 | 6850 | 6120 |
| H _i kcal/kg | 5720 | 7750 | 6750 | 5960 | 5700 | 7100 | 6650 | 6160 | 3800 |
| Тачка топљења угљеног пепела, °C | | | | | | | | | |
| Редукујућа | I. d. 1038 | 1182 | 1316 | 1171 | 1132 | 1121 | 1060 | 1093 | 1243 |
| | S. T. 1110 | 1227 | 1399 | 1188 | 1154 | 1166 | 1110 | 1121 | 1293 |
| | F. T. 1243 | 1327 | 1510 | 1338 | 1354 | 1454 | 1288 | 1343 | 1371 |
| Оксидујућа | I. d. 1199 | 1277 | 1393 | 1310 | 1182 | 1282 | 1277 | 1299 | 1282 |
| | S. T. 1299 | 1332 | 1437 | 1310 | 1210 | 1332 | 1371 | 1371 | 1316 |
| | F. T. 2490 | 1465 | 1538 | 1410 | 1402 | 1516 | 1427 | 1427 | 1404 |

I. d. температура почетних деформација
 S.T. температура омекшавања
 F.T. температура топљења

На приложеној табели дате су разне врсте угљева са којима су вршене пробе. Угаљ је поређан по врстама, од битуминозних са средњим процентом испарљивих делова до разних врста битуминозних и лигнитних угљева са великим процентом испарљивих делова. У свим испитиваним случајевима карактеристике паљења и сагоревања биле су нормалне. Јединица Calumet радила је са вишком ваздуха испод 10% без трага дима и СО на излазу из ложишта. Летећих делова у излазним гасовима било је мање но при раду са угљем Kincaid на другим котловима.

Треба напоменути да је температура ваздуха на јединици ТЕ Calumet била ниска, тј. свега 235°C. Већа температура ваздуха повећала би број врста угљева који се могу успешно сагоревати у циклонском ложишту. Ово је доцније доказано, пошто је температура ваздуха повећана на 360°C, при проби са лигнитним угљевима (проба бр. 9 у табели).

Мада долазе у обзир и други чиниоци, јасно се види да циклонска ложишта не могу са успехом да сагоревају мршаве угљеве и угљеве чији пепео има високу температуру топљења (t_3 , t_4). И поред тога за циклонска ложишта могу се користити више врста економски приступачних угљева и то на економичан начин. Еластичност у погледу врсте горива повећава се са чињеницом да у циклонском ложишту могу да сагоревају гасови, нафта и мазут.

На слици 42 дати су упоредни резултати (по Dr Münzinger-у) извршених испитивања на котлу са циклонским ложиштем ТЕ Calumet и на котлу са сувим режимом у једном немачкој термоелектрани. Котао у ТЕ Calumet сагоревао је угаљ $H_i = 4945 - 5450$ kcal/kg, $W = 15\%$, $A = 11\%$, и. д.—33%. Утрошак снаге за споредне уређаје снижава степен искоришћења котла циклонским ложиштем за око 4%. Лок је ово снижење код немачког котла са сувим режимом свега 2,5%. Степен искоришћења циклонског котла при оптерећењу 55—70% износи 93%. На приказаним дијаграмима, полазећи од доле на горе, први дијаграм у координатама сопствена потрошња, оптерећење котла показује ток ових кривих за један и други случај. Други дијаграм у координатама, садржај CO_2 у процентима и оптерећење, трећи дијаграм је температура излазних гасова у вези са оптерећењем, а четврти дијаграм даје губитке у вези са оптерећењем на излазним гасовима, течном шљаки и остале губитке.

И поред релативно великог степена издвајања шљаке у ложишту, потребно је у области циклона систематско одувавање са грејних површина. Једном дневно одувава се површина примарне и секундарне коморе помоћу четири дувача пепела, а прегрејач паре потребно је одувавати три пута дневно. Таложене летећег пепела на секундарном прегрејачу изазвало је потребу да су постављена три допунска дувача пепела.

У периоду од септембра 1944 до августа 1946 г. котао је радио 7993 сати, што чини 76% од укупног расположивог времена. Од 730 сати застоја, 5 дана застоја било је због циклонског предложишта услед 7 дефеката на истом. Осталих 510 сати застоја били су услед других кварова на котлу.

Трошкови за поправке циклонског ложишта незнатни су. Код новијих конструкција примењене су плоче на ушћу пламењака које се могу замењивати. Веће утрошке изазива ремонт уређаја за отстрањивање шљаке, и због тога што се течна шљака одводи кроз бочне зидове примарне коморе. Услед просисавања гасова кроз те отворе (просисавање гасова је омогућено како би шљака при отицању остала у течном стању) гасови разарају металне делове. Век трајања ових делова у извесној мери је продужен применом плоче од материјала Ni-resist. (Ливено гвожђе састава: угљеник 3%, никл 1%, бакар 6%, хром 2%, силикон 1,5%).

Будућност циклонског ложишта

У Америци је досада у изградњи, монтажи или експлоатацији већ 54 циклонских ложишта за 22 парна котла.

У последње време у Немачкој су у току испитивања са вертикалним ложиштем. Да би се повећало време задржавања горива у циклонској комори, а нарочито да би се уштедело на снази смешта угаљ-ваздух удивава се тангенцијално на доле, те се услед дејства вуче и тангенцијалног удивавања ствара хеликоидално кретање пламена. Циклонско сагоревање и угаона ложења (прстенести пламен) базирају на сличним принципима. Док је код прстеног пламена повећање уобичајених брзина само незнатно, код циклона су примењене брзине изнад 100 m/sec. Ако се жели да из циклона излазе топли, потпуно сагорели гасови, а не гасови који догоревају, брзина сагоревања не сме да буде мања од 40 m/sec. Из расположиве дужине времена за сагоревање може се закључити да је циклон који добро ради увек упућен на гасну фазу сагоревања. Код циклонског сагоревања актуелан је и следећи проблем: делићи угља, чија величина на почетку сагоревања износи око 5 mm, у току процеса сагоревања стално се смањује (нарочито по тежини), тако да доцније немају више довољно масе за центрифугалну енергију у својој ротацији, да би се издвојили из вискозне масе гасова (повећањем температуре повећава се вискозитет продуката сагоревања, а смањењем тежине при сличној запремини честице повећава се отпор у односу на

расположиву центрифугалну силу која је у зависности од масе). Из овог разлога постоји могућност да делићи горива дођу чак до раскладне коморе и да се на тај начин повећа губитак услед несагорелости.

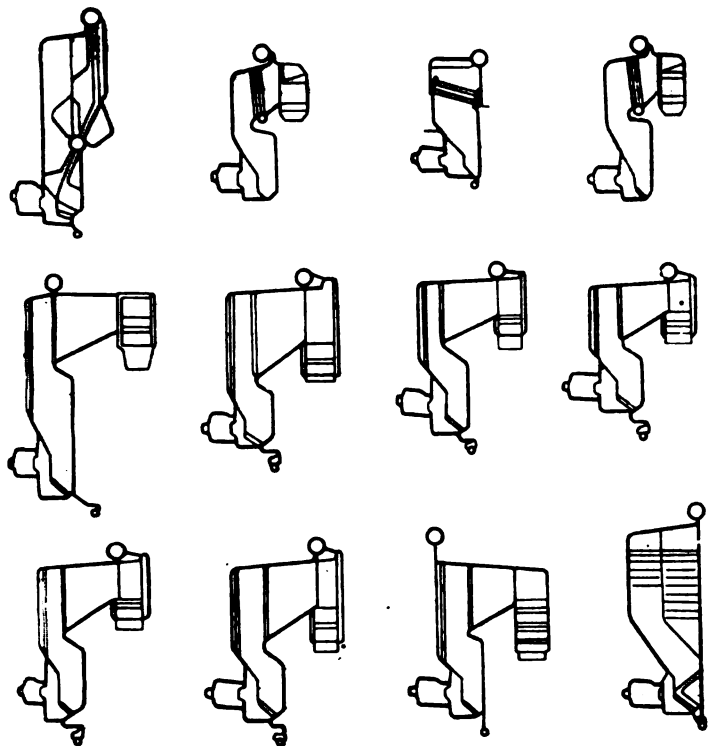
Прстенести пламен и циклон вероватно ће у даљем развоју технике котловских ложишта, а нарочито оних са течним одводом, имати одлучујући значај. Код сваке топионе коморе, при истим условима отиче шљака у толико тањем слоју, уколико је температура виша, односно вишак ваздуха мањи. Из овог разлога је разумљиво да је код постројења која раде са мањком ваздуха отицање шљаке услед високих температура боље. Да ли ће циклони у будућности радити са вишком или мањком ваздуха, према мишљењу Rozahl-a, данас се још не може предвидети. Циклон са мањком ваздуха био би уствари гасогенератор са течном шљаком, чији би задатак био да врши гасификацију угља у лебдећем стању и да услед високих температура издваја пепео у виду шљаке из горива. Остварењем ове идеје скала могуће применљивих горива, нарочито горива у погледу величине процената пепела, умногоме би се проширила.

Предности и недостаци циклонских ложишта

Предности:

1) У сваком случају долази до смањења потребне површине и запремине за постављање котла. Процент тог смањења у величини од 25 за основу а 33 за кубатуру како га литература наводи, може се примити са извесном резервом, с тим да се увек не може на то рачунати, већ да су то екстремне вредности.

2) Извесно олакшање конструкције, нарочито у односу на течну шљаку, око 20%. Уствари поједини елементи, примарна и секундарна комора остају исти по тежини и запремини, јер имају иста топлотна оптерећења. Добит је у томе, што је додата циклонска комора која има знатно веће топлотно оптерећење. Према томе, циклонска комора би требало да игра главну улогу у смањењу потребног габарита. Међутим, код данашњих америчких конструкција (а то су једине конструкције које засада функционишу) циклон је у већини случајева тако постављен, да он стрчи ван габарита котла, те не чини нарочите уштеде у котларичком простору. Из приложених шема могућих комбинација котлова са циклонским предложиштем види се да по-



Сл. 43. — Шеме котлова са циклонским ложиштима

стоји могућност увлачења циклона у габарит котла. Исто тако реконструисани котлао Ramsip-a има циклон у мртвом простору слова U.

3) Мање тешкоће у вези са лепљењем летећег пепела за грејне површине. Пошто се главни део пепела (око 85%) веже за ложиште, остаје мањи проценат пепела од мања концентрација (1,38—1,6 gr/m³h), те је стога могуће искористити веће брзине гасова као и предности истога (смањење грејних површина и њихових габарита).

4) Сигурнији погон услед тачке 3 и због отклањања већег броја недостатака течног режима.

5) Високи степен искоришћења котла (90%), мало λ боља предаја топлоте услед чистих површина, мали губитак у излазним гасовима).

6) Велики проценат везивања шљаке у котлу (85—90%).

7) Постиге се уштеда на уређајима за пречишћавање гасова, пошто нису потребни скупи електрофилтри, већ су довољни обични механички пречистачи (мултициклони).

8) Потребан простор за ускладиштавање летећег пепела и шљаке мањи је него онај код сувог режима, и то услед веће запреминске тежине шљаке добивене из циклонског ложишта. Овај однос креће се у границама

1:3. При овоме упоређењу учињена је претпоставка да се код оба постројења која се упоређују врши пречишћавање гасова са електрофилтрима степена дејства 98%. Пошто код циклонског ложишта 80% пепела вежемо за ложиште и треба да га ускладиштавамо као хомогени у ситну масу са великом запреминском тежином, дотле код сувог режима у ложишту остане свега 10—15% у већини случајева нехомогене шљаке, а остатак у виду летећих делова хвата се у електрофилтрима и претставља кабаст материјал са малом запреминском тежином.

9) Непотпуно сагоревање сумпора изазива прљање котловских и накнадних грејних површина. Пошто се угљеник лакше везује са кисеоником но сумпор, доспевају нарочито при непотпуном сагоревању сулфиди на котловске цеви и изазивају синтероване истих, што скраћује век котла и смањује степен искоришћавања. Код циклонског ложишта овај недостатак је смањен или у потпуности уклоњен (потпуније сагоревање).

10) Угљена ситнеж се може концентрисано сагоревати без обзира на шљаку, и не упуштајући се у компромисе (висока температура, мали вишак ваздуха, јака турбуленција и велики коефицијенат пуноће пламена).

11) Услед интензивног сагоревања при високим температурама уз оплакујуће деј-

ство брзином већом од брзине лебдења ваздуха под притиском и течне шљаке која делује као катализатор, губици услед механичке и хемиске непотпуности сагоревања нижи су но код осталих система сагоревања.

12) Услед тога што је мала концентрација летећег пепела у гасовима нису потребни скупи уређаји за често одувавање грејних површина. Довољни су најобичнији дувачи пепела који се повремено пуштају у рад.

13) На најновијим котловима са циклонским ложиштем предвиђају се само вентилатори за доњу промају, тј. примарни, секундарни и терцијерни ваздух уводе се под притиском који је већи но укупни отпори у ложишту у котлу. Котао ради под притиском, те су избегнуте незгоде од повећавања коефицијента вишка ваздуха услед усисавања спољњег ваздуха. Мада је утрошак енергије за стварање високог притиска у котлу (око 1000 mm воденог стуба, улазни притисак ваздуха) већи но потребна енергија за погон вентилатора за доњу промају и ексаустора, постиже се уштеда на инвестицијама једно је потребан мањи број вентилаторских јединица. Поред смањења трошкова за набавку ексаустора и његово одржавање, смањују се погонски трошкови услед бољег искоришћења горива (поменути променљиви вишак ваздуха).

14) Нижи трошкови за припремање горива. Фино дробљење горива има знатно мањи утрошак енергије но обично млевење, а поготову но млевење за течни режим. Ипак, ако се узме у обзир вишак снаге потребан за рад под притиском, исти ће компензирати смањење утрошка енергије добивене дробљењем. Уштеда постоји на инвестицијама и трошковима одржавања.

15) Сигурност у погону, лако потпаљивање и гашење; стабилност паљења под свим оптерећењима.

16) Услед мање концентрације летећих делова у излазним гасовима, у хватачима ће бити мање материје те ће уређај за манипулisaње летећим пепелом бити мањи или уопште неће бити потребан, већ ће се нахватани пепео одводити уређајем за одвођење шљаке.

17) Услед мање концентрације летећих делова у излазним гасовима, при истој висини димњака засипање околине летећим деловима биће мање него код постројења са течним, а нарочито са сувим режимом. Последица тога је да се при истом засипању околине може градити нижи димњак, што доводи до смањења грађевинских трошкова.

18) Пошто се не примењује ексаустор, брзина гасова ка излазу из котла опада, услед чега се повећава релативно таложеење летећих честица и смањује количина износа, (у поређењу са инсталацијама ексаустора).

Мане:

1) Недовољна техничка упрошћеност може се примити као недостатак сваке нове конструкције.

2) Примењени материјал за градњу је скупоцен чак и у поређењу са материјалом за котлове са течном шљаком. Да би се добила јасна слика треба упоредити смањење потребне количине материјала са повећаном ценом.

3) Мада је концентрација летећих делова, а нарочито пепела мања но код других система ложења постоје код појединих јединица потешкоће у вези са налепљивањем шљаке на грејне површине. У прегледу разјашњења овога гледишта у литератури су често противуречна и базирају на недовољно документованим претпоставкама.

4) Примена ложишта под притиском тј. рад само са вентилатором за принудну промају није у потпуности продрла. Док једни сматрају да се при раду без ексаустора услед смањења брзине ка излазу из котла добија корисно издвајање летећих делова и с тим гасови мање концентрације, други гледају у овом минус јер тврде да долази до таложеења тј. лепљења крупних летећих честица у областима виших температура и то нарочито лако топљивих фракција пепела које касније служе као лепак теже топљивом пепелу.

5) Тешкоће које су настајале код извесних јединица у вези са напајачима угља не могу се уопштити. До данас су ове тешкоће углавном уклоњене.

6) Већи проценат абања изолационе масе и цеви у циклонском пламењаку је последица великих брзина и крупнијих честица.

7) Абање радних тела дробилице не може се при упоредном третирању сматрати као објективна примедба. Абање код млинова је веће но код дробилица.

8) Потешкоће у вези са течним одвођењем шљаке углавном су последица недовољно савршених конструкција тих уређаја и недостатка одговарајућег материјала.

9) Нејасна је а могла и неоправдана гломазност (нарочито код оних јединица чија ложишта нису под притиском); има елемената који иду у прилог а има и оних који би били против могућности уградње Љунгстромовог загрејача ваздуха.

10) Применом смелих концепција, напр. U — облика постигле би се много веће уштеде у простору, а смањењем висине знатне уштеде на грађевинској цени котларнице.

Прикази циклонских котлова

Два котла са циклонским предложиштинама постављена су у ТЕ предузећа Dow Chemical Co, Midland. Један од њих је 1949 године био у погону. Карактеристика парног оптерећења овог предузећа је равномерна, тако да котлови могу покрити сва колебања у оптерећењу (број котлова и могућност рада под делимичним теретом одговарају дајој карактеристици парног оптерећења). Овај котло са циклонима може радити са задовољавајућим резултатима при четвртини оптерећења. При оптерећењима нижим од половине, искључује се један циклон, тако да котло ради само са једним. На овај начин при четвртини котловског оптерећења ради један циклон са 50% калоричног оптерећења запремине.

Предузеће Dow Chemical Co, Midland има и своје две термоелектране, у једној три, у другој два котла са циклонским ложиштима. Првобитно су изграђена три котла (слика 44) који се разликују од другог котла у другој електрани само по томе што су код првих вентилатори за доњу промају постављени изнад котла, а код другог испод котла, и у нешто друкчијем распореду загрејача ваздуха.

Главне карактеристике котла В & W са циклонским предложиштима за термоелектрану Dow Chemical Co, Midland:

| Фирма | В & W |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Година градње | 1949 |
| Капацитет котла | D_1 — 180/90/45 t/h |
| Радни притисак | p_k — 88 atü |
| Температура прегрејане паре | t_s — 480 °C |
| Топлотни садржај прегрејане паре | i_s — 800 kcal/kg |
| Температура воде за напајање | t_a — 106 °C |
| Топлотни садржај воде | i_a — 106 kcal/kg |
| Температура ваздуха | t_l — 35/350/380 °C |
| Топлотно оптерећење циклона | $q/V_r = 4,85 \times 10^6$ kcal/m ³ h |
| Средње оптерећење циклона, примарне и секундарне коморе | q/V_r — $0,283 \times 10^6$ kcal/m ³ h |
| Процент примарног ваздуха | a_1 — 15—20% |
| „ секундарног „ | a_2 — 75—80% |
| „ терцијерног „ | a_3 — 3—8% |
| Брзина примарног ваздуха | v_1 — 80—140 m/sec |
| „ секундарног „ | v_2 — 90—150 m/sec |
| „ терцијерног „ | v_3 — 160—m/sec |
| Притисак ваздуха | h — 750—1115 mmWS |
| „ гасова | h_l — 250—0 mmWS |
| Степен искоришћења котла (за оптерећења 180/ 160 /125 t/h) | η_k — 90,3/90, 6/90, |
| Вишак ваздуха | λ — 1,08—1,15 |

| | |
|---------------------------------------------------------------|------------------------|
| Температура излазних гасова (за оптерећења 180/ 160 /125 t/h) | t_g — 105/118/110 °C |
| Температура гасова у циклону | t_1 — 1800 °C |
| Температура у примарној комори | t_2 — 1500 °C |
| Температура у секундарној комори | t_3 — 1000 °C |

Угаљ:

| | |
|---------------------------|--------------|
| потребан сортиман угља | 0,7—5 mm |
| 95% | 0,075—0,7 mm |
| 50% | 0—0,075 mm |
| 10% | W—2,99% |
| укупна влага | A—7,55% |
| садржај пепела | i.d.—22,25% |
| садржај испарљивих делова | Cfix—67,25 |
| фиксни угљеник | |

| | |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| доња калорична моћ угља | H_l —7800 kcal/kg |
| тачка омекшавања пепела | t_a —1260 °C |
| унутрашњи пречник циклона | \varnothing —2450 mm |
| активна дужина циклона | \varnothing —2450 mm |
| број циклона по котлу | k—2 |
| вентилатори високог притиска са променљивим кораком лопатица | 2+1 комада |
| потребна снага по вентилатору | N_e —800 ks |
| капацитет појединог вентилатора | Q—3500 mm ³ /min |
| притисак | H—9500 mm WS |
| број обртаја вентилатора | n—750 o/min |
| нагиб циклона | α —5°/o |
| паразитни утрошак снаге | 6,85 KWh/t паре |

Гарантне вредности за котло В & W са циклонским предложиштима за ТЕ „Dow Chemical Co“ Midland

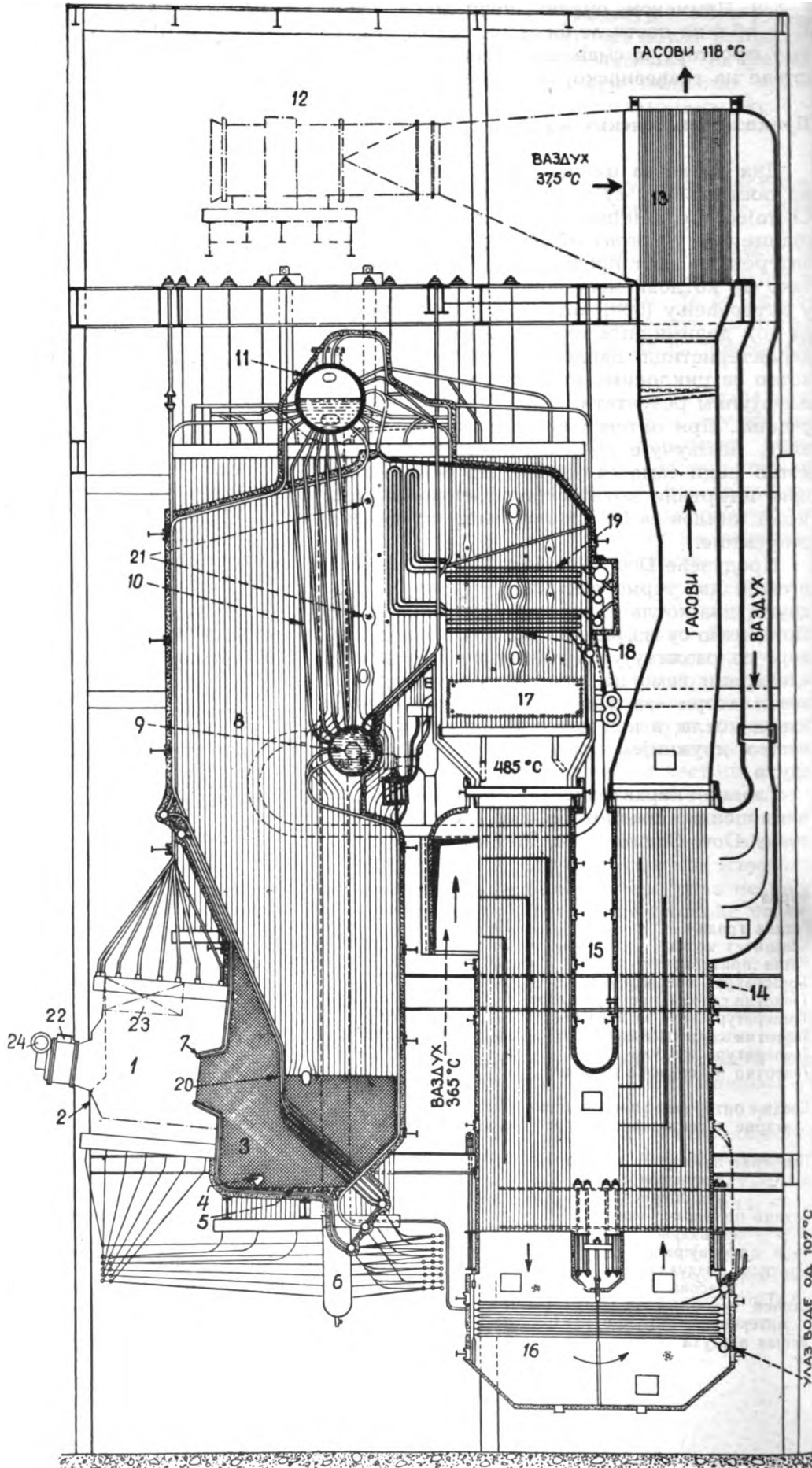
| | | | |
|--------------------------------------------|------|------|------|
| D_1 — продукција паре t/h | 125 | 160 | 180 |
| B_1 — потрошња угља t/h | 12,6 | 15,8 | 18,8 |
| кофицијенат вишка ваздуха | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| t_a — температура воде на улазу у Еко °C | 106 | 106 | 106 |
| t_l — температура ваздуха и та Луво °C | 312 | 350 | 380 |
| h — отпор у котлу mm WS | 925 | 1000 | 1100 |
| h_l — отпор у гасном колу mm WS | 120 | 190 | 250 |
| $h+h_l$ — укупни отпор mm WS | 1045 | 1190 | 1350 |
| t_g — температура гасова иза Луво °C | 110 | 118 | 105 |
| топлотни губици у сувим гасовима % | 3,2 | 3,5 | 3,8 |
| губитак услед влаге % | 3,6 | 3,6 | 3,6 |
| губитак услед непотпуног сагоревања | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| губитак услед зрачења | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| остали губици | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| укупни износ губитака % | 9,1 | 9,40 | 9,7 |
| степен искоришћења котла у % | 90,9 | 90,6 | 90,3 |

Котло је обложен специјалним лименим плочама на које су причвршћене екранске цевии. Изолациона облога долази изнад лимене облоге. Лимена облога треба да има исти коефицијенат ширења као и цевни систем. Пошто котло ради под притиском, постоје специјални дувачи ваздуха који ступају у дејство при отварању отвора за посматрање како би се спречило избијање пламене односно гасова из ложишта.

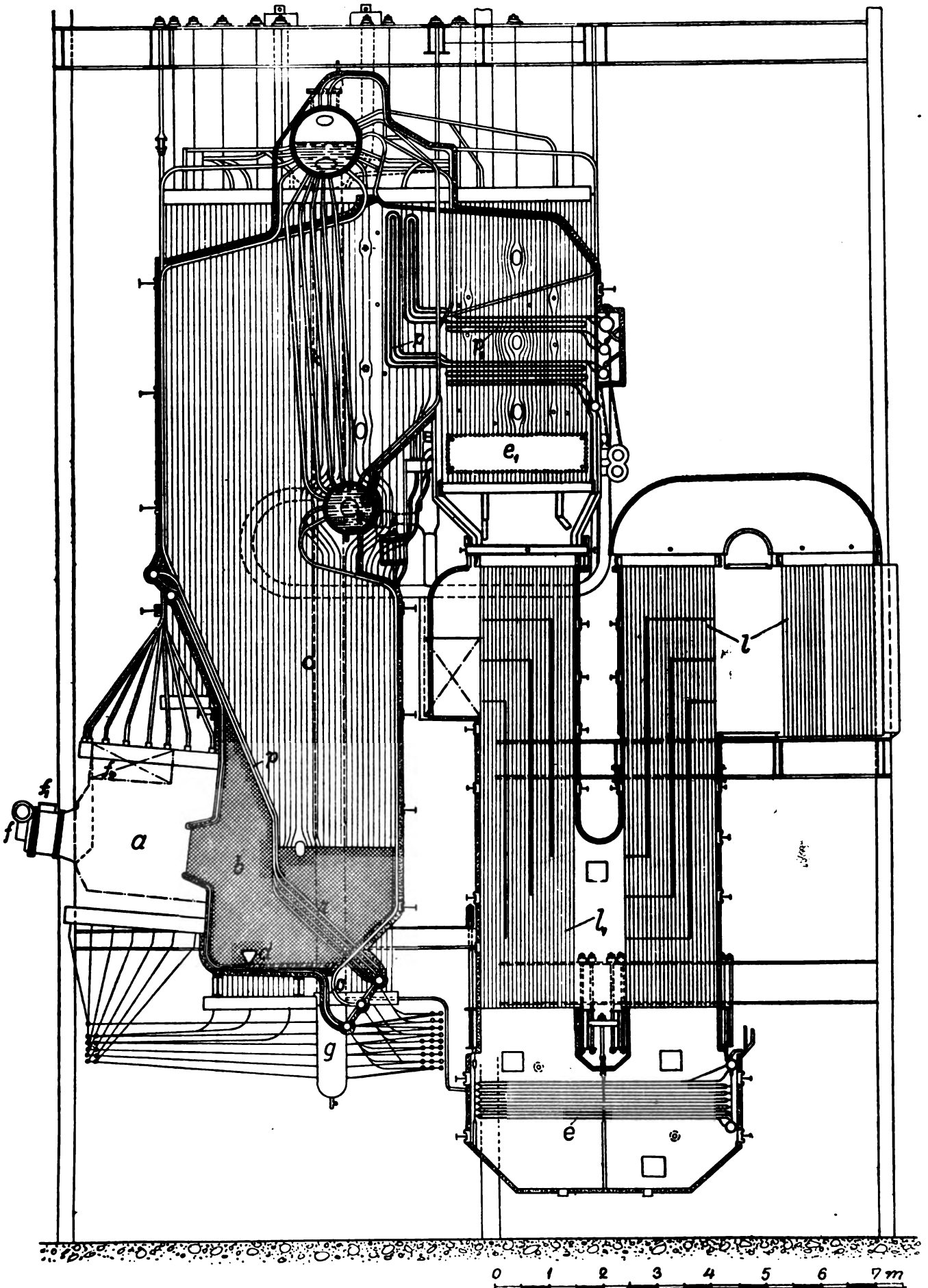
На слици 46 приказан је котло ТЕ Calumet. То је котло са индивидуалним дробљењем угља. Ради могућности примене разних

Сл. 44. — Парни котло В & W са циклонским предложитима за ТЕ „Daw Chemical со“ Midland
 $D_1=180 \text{ t/h}$, $p_k=88 \text{ ат}$, $t_g=480^\circ\text{C}$

- | | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1 — цикловска комора | 8 — секундарна комора | 14 — секундарни загрејач ваздуха | 21 — телескопски дувачи пепела |
| 2 — улазно грло | 9 — доњи добош | 15 — терцијарни | 22 — довод угља и примарног ваз- |
| 3 — примарна комора | 10 — саоп водогрејних цеви (додирна) | 16 — примарни економизер | духа |
| 4 — отвор за отапање шљаке | 11 — грејна површина | 17 — секундарни економизер | 23 — секундарни ваздух |
| 5 — корито (дно) за течну шљаку | 12 — парни добош | 18 — примарни прегрејач напе | 24 — трицијарни |
| 6 — циркулациона цев | 13 — три вентилатора за ваздух | 19 — секундарни | |
| 7 — излазно грло циклона | 20 — примарни загрејач ваздуха | 20 — решетка за хватање шљаке | |

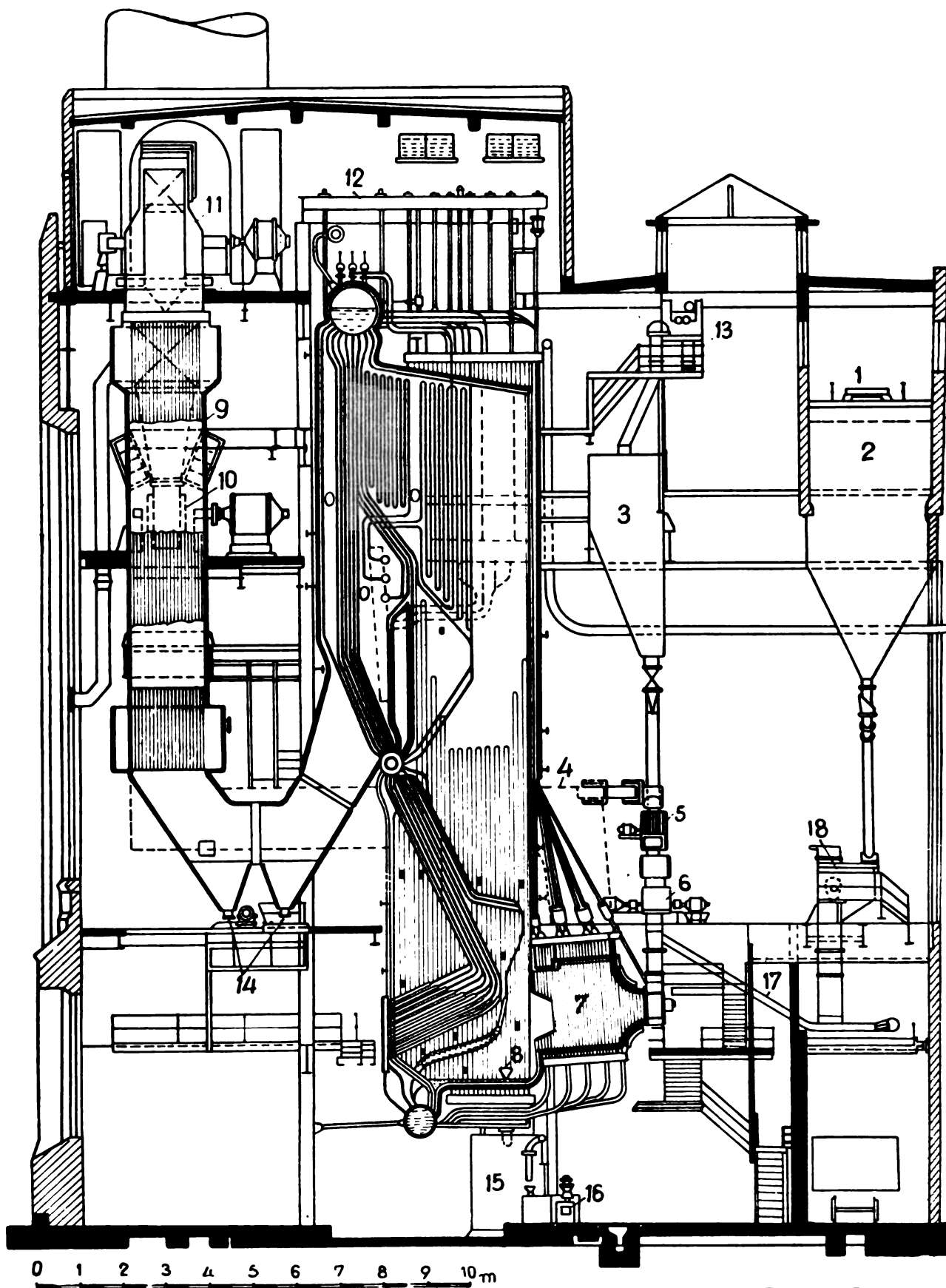


УЛАЗ ВОДЕ ОД 107°C



Сл. 45. — Котло за ТЕ „Daw Chemical Co“ - новијег типа

Сл. 46. — Котао за Т Е „Salmet“ — 1) Тракасти транспортер за довод угља у бункер, 2) и 3) Бункери за угаљ, 4) Вод носећег ваздуха, 5) Аутоматска вага, 6) Дозер угља, 7) Циклонско предложиште, 8) Прелив за шљаку, 9) Загреја ваздуха, 10) Вентилатор за доњу промају, 11) Експаустор, 12) Конструкција за ношење котла, 13) Довод угља у бункер, 14) Левкови за таложење летелих делова, 15) Суд за гранулисану шљаку, 16) Хидраулични уређај за одвод шљака, 17) Коси транспортер за угаљ, 18) Додавач угља.



оста угљева предвиђена су два бункера за сирови угаљ (2 и 3). Преко транспортера 1 и 3 угаљ се доводи у поменуте бункере из којих преко дозера 5 одлази у дробилницу 6. Довод носећег ваздуха (4) је пре дробилнице. Из дробилнице помоћу гужа мешавина угља и ваздуха улази у циклонско предложиште (7), из кога продукти сагоревања одлазе у примарну комору (8). Из приложеног цртежа види се да је котловодобошни са међудо-боштем, да има два висећа прегрејача, да су његови бочни зидови у екранима који су обешени за греду (12). Загрејачи ваздуха (9 и 10) смештени су у засебном гасном каналу. На овој инсталацији постоји ексаутор за исисавање димних гасова (11). Са (14) означени су отвори за испуштање на левковима за пепео. Са (15) означен је гранулациони суд, а са (16) хидраулични уређај за одвођење грануловане шљаке. Са (17) означен је транспортер за довод дробљеног угља из дробилнице 18 која се снабдева из бункера (2) за сирови угаљ. Главне карактеристике котла В & W са циклонским предложиштима и ТЕ Calumet:

| | |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------|
| година градње | 1945 |
| нормална продукција паре | $D_1 - 68 \text{ t/h}$ |
| максимална продукција паре | $D_2 - 82 \text{ t/h}$ |
| минимална продукција паре | $D_3 - 25 \text{ t/h}$ |
| радни притисак | $p_k - 42 \text{ atü}$ |
| температура прегрејане паре | $t_s - 480 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| топлотно оптерећење циклона | $Q/V_r - 4 \times 10^6 \text{ kcal/m}^3\text{h}$ |
| кофицијент вишка ваздуха | $\lambda - 1,08 - 1,18$ |
| биланс издвајања шљаке | |
| са димним гасовима одлази: | |
| у гасовитом стању | 5,5% |
| у виду летећег пепела | 7,5% |
| помоћу дувача пепела отстрањује се | 2,5% |
| као текућа шљака везује се за ложиште | 82% |
| измерена количина пепела | 97,5% |
| неизмерена количина пепела | 2,5% |
| губитак у несагорелом у шљаки | 0,1% |
| паразитни утрошак енергије | 68,5 KWh/t угља |

На приложеној табели дате су главне карактеристике још 6 разних Babcock-ових котлова са циклонским предложиштима као и карактеристике котла у ТЕ Calumet и Dow Chemical Co, Midland. Сва ова постројења, осим котла у ТЕ Calumet, карактеристична су по томе што немају ексаутора.

Термоелектрана Midwest има котловодобошћу која се разликује по конструкцији од котла ТЕ Dow Chemical по томе што су њени добоши са већим отстојањем и међусобно су повезани циркулационим цевима. Прегревање се врши у двоступним прегрејачима (примарном и секундарном). Економијер је постављен испред двоступног цевастог загрејача ваздуха.

На слици 47 приказан је котловодобошћу ТЕ Waukegan, који је уједно и највећи досада изграђени котловодобошћу са циклонским ложиштем у погону. Максимални трајни капацитет износи 370 t/h. По конструкцији котловодобошћу је сличан осталим циклонским, а разликује се утолико што му је горњи добош постављен на фронталном делу котла. Прегрејач паре је двоступни, а поред тога постоји и прегрејач за накнадно прегревање. Цевасти загрејач ваздуха смештен је у два гасна канала.

На слици 48 дат је котловодобошћу ТЕ Ridgeland капацитета 331 t/h.

Котловодобошћу је по конструкцији сличан котлу у ТЕ Midwest, разликује се по загрејачу ваздуха који је смештен у једном димном каналу. За разлику од котла у ТЕ Dow Chemical Co, Midland, код овог котла је одвод шљаке континуелан са преливом у средини примарне коморе (а не на бочном зиду).

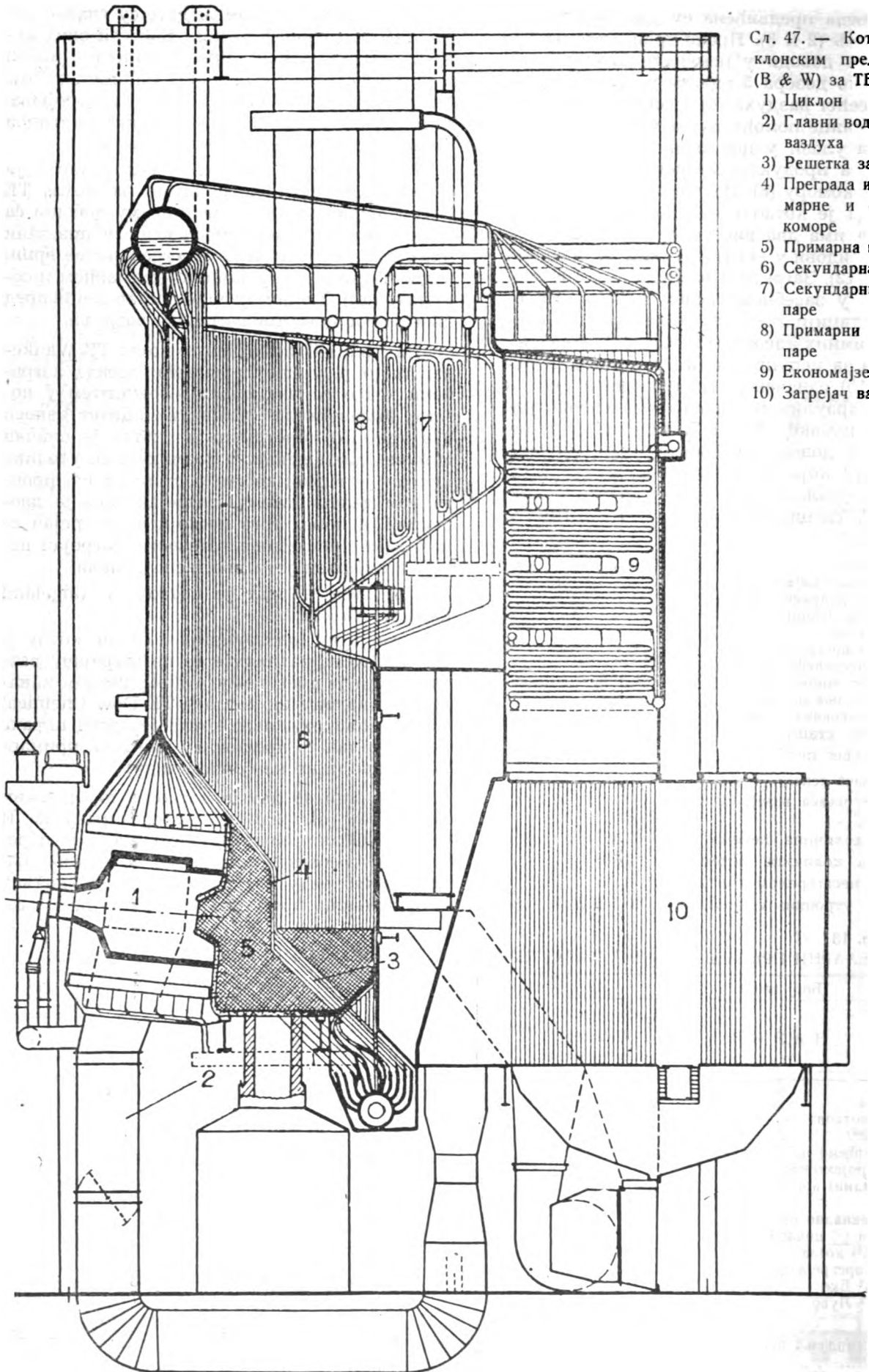
На слици 49 дат је котловодобошћу са циклонским ложиштем за једну термоелектрану на Источној Обали. Конструкција котла је нарочито интересантна стога што се циклон налази у габариту котла. Котловодобошћу је двоканални са озраченим прегрејачем, смештеним у се-

Табела бр. 13

ТАБЕЛАРНИ ПРЕГЛЕД ГЛАВНИХ КАРАКТЕРИСТИКА КОТЛОВА СА ЦИКЛОНСКИМ ЛОЖИШТЕМ

| 1 | Број слике | 46 | 44 и 45 | 47 | 48 | 49 | Michigan city | 50 |
|----|---------------------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|
| | | Т-Е Calumet Chicago | Dow Chemical Co Midland | №. 6 Waukegan | Т-Е Midwest | Т-Е Ridgeland Illinois | | Т-Е на Источној обали |
| 2 | Фирма | В & W | В & W | В & W | В & W | В & W | В & W | В & W |
| 3 | Број котлова | 1 | 2 | 1 | 2 | 4 | 1 | 3 |
| 4 | $D_1 \text{ t/h}^*)$ | 82 | 182 | 377 | 272 | 331 | 215 | 170 |
| 5 | Предвиђено $\eta_k \%$ | 89,0 | 90,9 | 88,5 | 87 | 87,1 | 89,6 | 89,0 |
| 6 | p_k (пројектовани) | 42 (30) | 98 | 143 | 106 | 150 | 130 | 93 |
| 7 | p_k (радни) atü | 37 (25) | 87 | 130 | 92 | 133 | 118 | 85 |
| 8 | $t_s \text{ }^\circ\text{C}$ | 482 | 482 | 543 | 543 | 565,5 | 538 | 516 |
| 9 | t_s (накнадно прегр.) | — | — | 543 | — | — | 538 | — |
| 10 | Број и \varnothing циклона | 1 | 2 \varnothing 2440 | 4 \varnothing 2750 | 3 \varnothing 2440 | 4 \varnothing 2440 | 2 \varnothing 2750 | 2 |
| 11 | $A_k \text{ (m}^2\text{)}$ котла | — | 580 | — | — | 2060 | — | 912 |
| 12 | $A_k \text{ m}^2$ прегрејача | — | 752 | — | — | 4150 | — | 1580 |
| 13 | $A_E \text{ m}^2$ Еко | — | 1738 | — | — | 1300 | — | 8730 |
| 14 | $A_L \text{ m}^2$ Луво | — | 12450 | — | — | 14300 | — | 7900 |
| 15 | Угаљ | — | Bituminozni | Illinois, Kincaid | Illinois | Illinois | West-Virginia | — |
| 16 | $t_p \text{ }^\circ\text{C}$ топљења пепела | — | 1260 | 1093 | 1093 | 1093 | 1260 | — |

*) D_1 — Максимални трајни капацитет производње паре у t/h



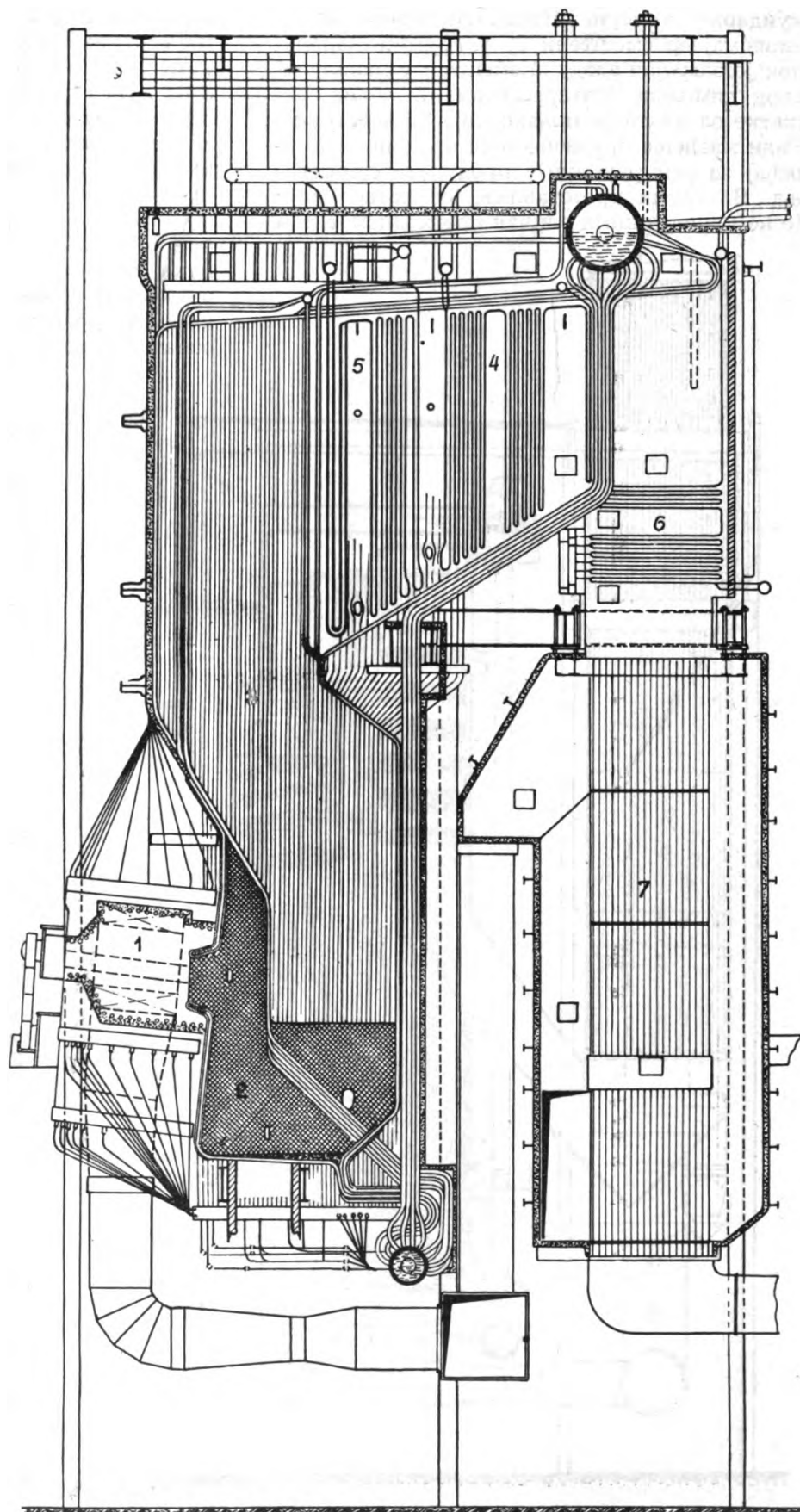
Сл. 47. — Котао са циклонским предложистем (B & W) за TE Wapsecap

- 1) Циклон
- 2) Главни вод загрејавог ваздуха
- 3) Решетка за шљаку
- 4) Преграда између примарне и секундарне коморе
- 5) Примарна комора
- 6) Секундарна комора
- 7) Секундарни прегрејач паре
- 8) Примарни прегрејач паре
- 9) Економијазер
- 10) Загрејач ваздуха

Сл. 48. — Генератор паре В & W
са циклонским предложиштима
за TE „Ridgeland, Stickney, Illin-
ois, Commonwealth, Edison Co“

D_I —330 t/h, p_k —127 atü,
 t_s —565° C, A_k —1790 m²,
 A_s —4080 m², A_E —1030
m², A_L —14.400 m²,
 V_R —1000 m³

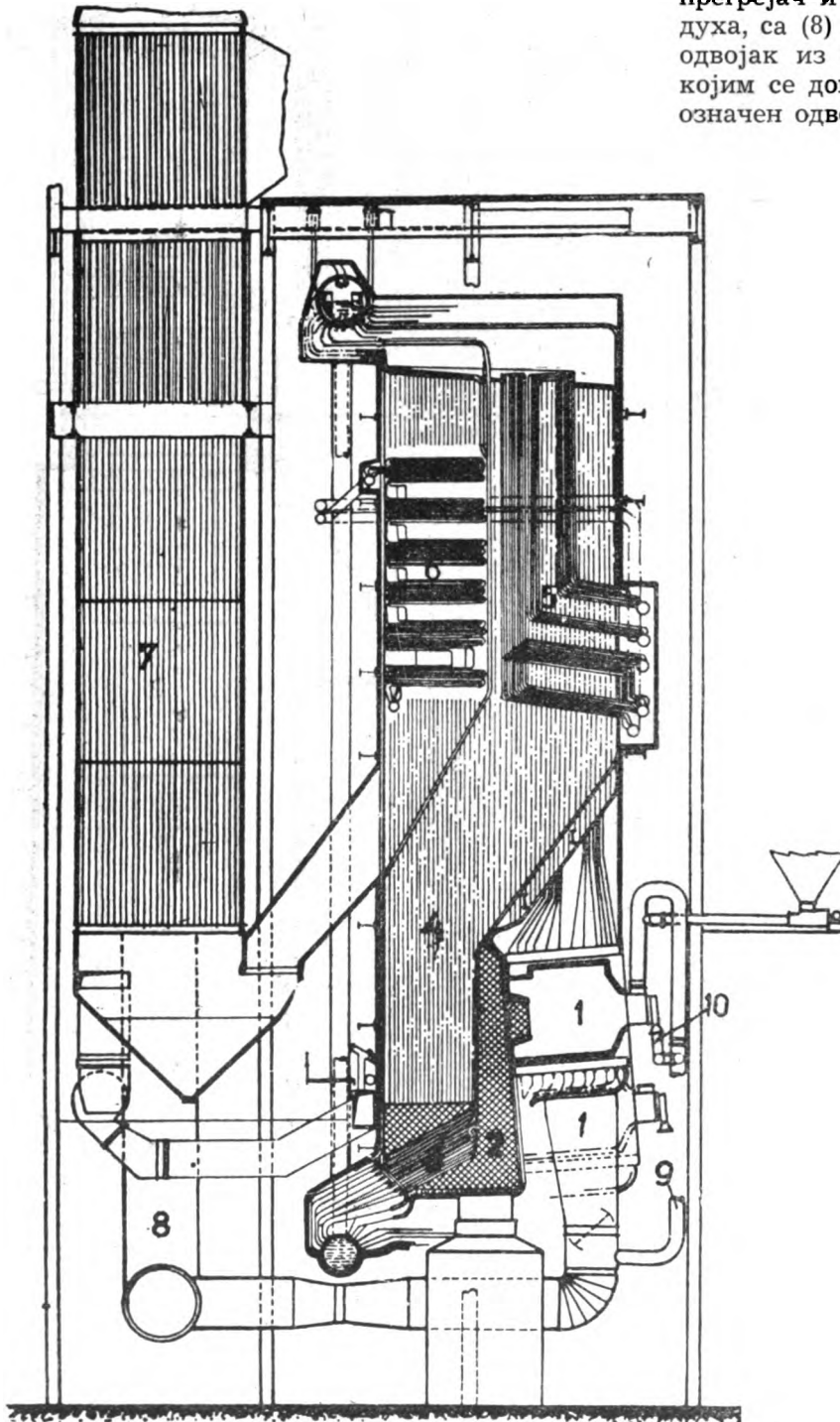
- 1 — циклонска комора
- 2 — примарна .
- 3 — секундарна .
- 4 — примарни прегрејач паре
- 5 — секундарни . . .
- 6 — економизер
- 7 — прегрејач ваздуха



0 1 2 3 4 5 6 7 8 m

кундарној комори. Накнадни прегрејач и економијзер смештени су у другоме каналу, док је загрејач ваздуха смештен у каналу испод димњака. Интересантан је облик решетке за хватање шљаке која је двострука. Ради хлађења прелазне зоне предвиђен је уређај за рециркулацију продуката сагоревања. На слици претстављен је котао који је по конструкцији сличан претходном, с том

разликом што је код овога озрачени прегрејач вертикалан а не хоризонталан. И на овом котлу постоје уређаји за рециркулацију гасова који се рециркулишу испред загрејача ваздуха. На цртежу је означено са (1) циклонско ложиште, са (2) зрачећа преграда у примарној комори, са (3) решетка за хватање шљаке, с (4) секундарна расхладна комора, са (5) озрачени прегрејачи паре, са (6) накнадни прегрејач и економијзери, са (7) загрејач ваздуха, са (8) вод за загрејани ваздух, са (9) одвојак из главног вода загрејаног ваздуха којим се доводи примарни ваздух, са (10) је означен одвојак за терцијерни ваздух.

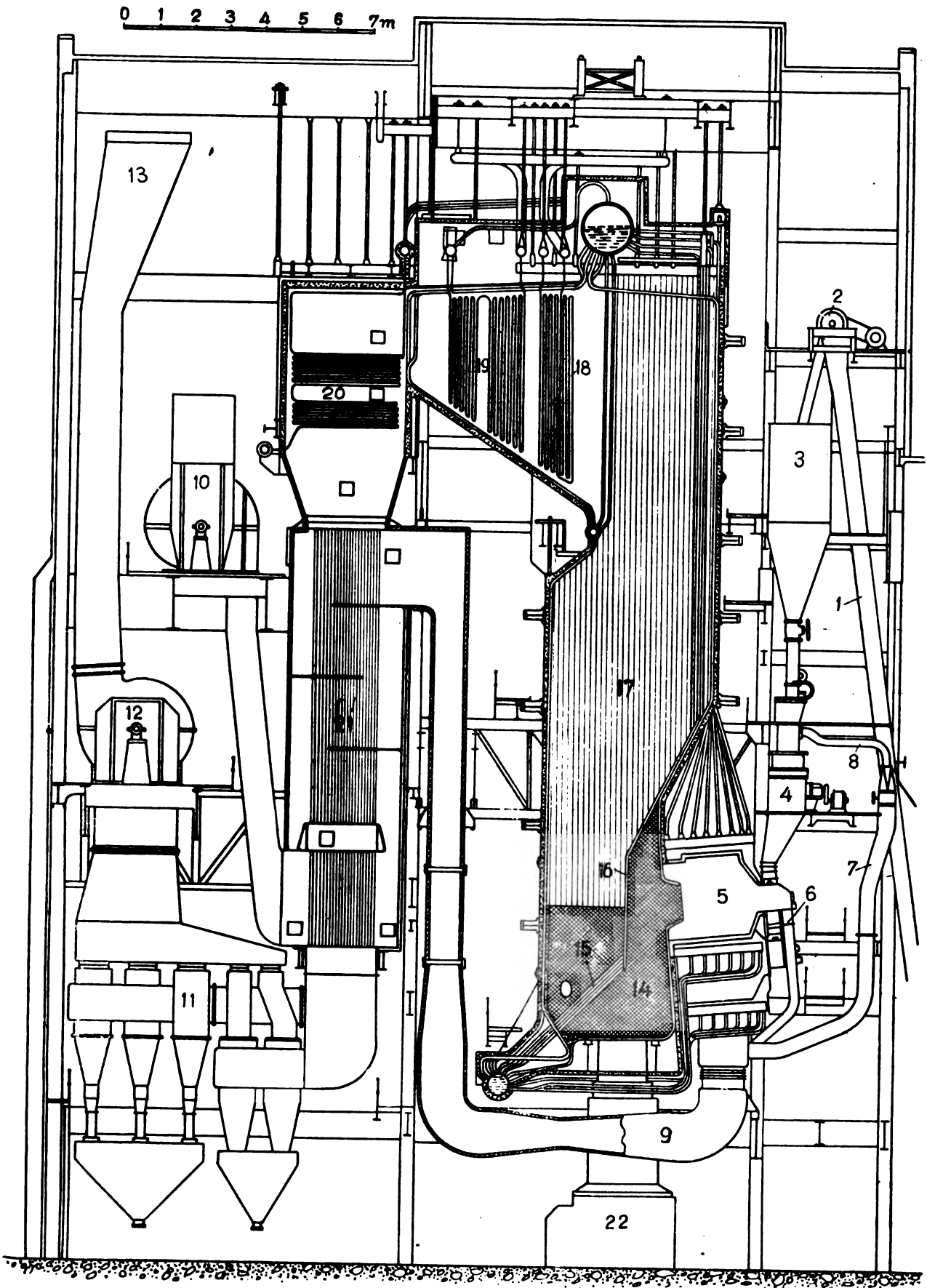


Сл. 49. — Котао В & W са циклонским предложиштима

- 1) Циклони
- 2) Примарна комора
- 3) Решетка за шљаку
- 4) Секундарна комора
- 5) Прегрејач паре
- 6) Економијзер
- 7) Загрејач ваздуха
- 8) Главни вод загрејаног ваздуха
- 9) Довод примарног ваздуха
терцијарног

Сл. 50. — Котао са три циклонска предложишта за TE Fisk

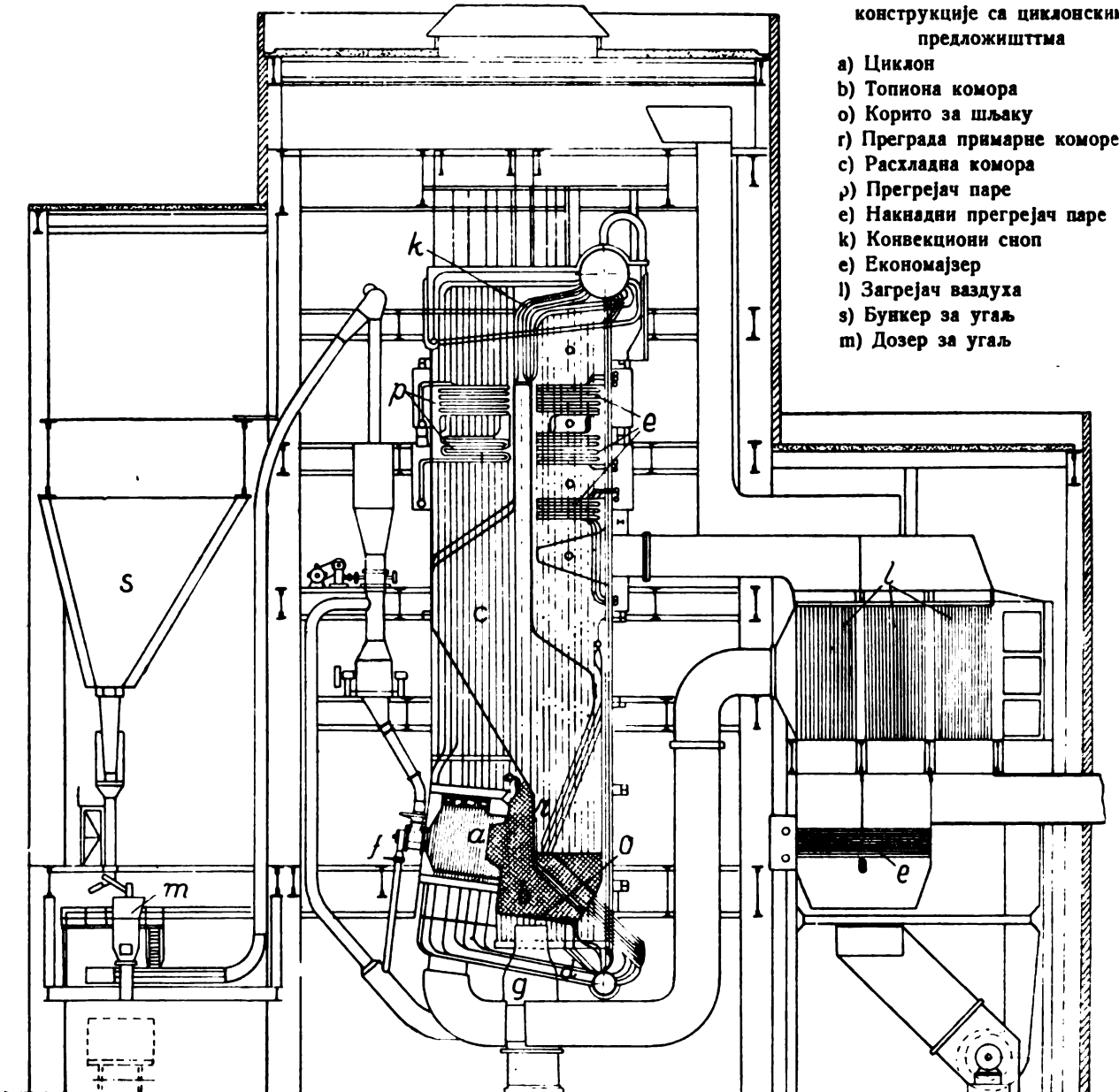
- 1) Транспортер за неприпремљени угаљ
- 2) Дробилница
- 3) Бункер припремљеног угља
- 4) Дозер угља
- 5) Циклонско предложиште
- 6) Вод терцијарног ваздуха
- 7) Вод носећег ваздуха транспортера бр. 1
- 8) Вод носећег ваздуха за циклонско ложиште
- 9) Главни вод загрејаног ваздуха
- 10) Вентилатор за доњу промају
- 11) Мулти-циклони
- 12) Експаустор
- 13) Димна цев
- 14) Примарна комора
- 15) Зрачећи свод
- 16) Решетка за шљаку
- 17) Секундарна комора
- 18) Секундарни прегрејач
- 19) Примарни прегрејач
- 20) Економијзер
- 21) Загрејач ваздуха
- 22) Суд за гранулисану шљаку



На слици 50 види се један котао са циклонским предложиштима код кога су циклонски распоређени у шаховском распореду. Иза загрејача ваздуха виде се мулти циклони који служе за пречишћавање излазних гасова. На десној страни ове слике виде се огранци од главног ваздушног вода, један за примарни носећи ваздух који иде преко дробилице, а други за терцијерни ваздух.

Котао TE Michigan City је котао уобича-

јеног типа циклонских котлова са два добоша позади котла који су спојени циркулационим цевима. Примарни и секундарни прегрејач висућег су типа, секундарни је одвојен од расхладне коморе једном заштитном решетком. Загрејач ваздуха је двоступни, смештен у два канала. Код овог котла истиче се нарочито велика грејна површина економајзера. Котао је капацитета 170 t/h, а располаже са два циклонска предложишта.



Сл. 51. — Котао В & W енглеске конструкције са циклонским предложиштима

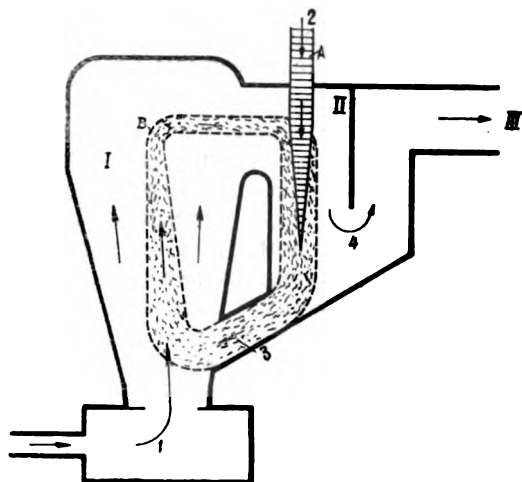
- а) Циклон
- б) Топиона комора
- в) Корито за шљаку
- г) Преграда примарне коморе
- д) Расхладна комора
- е) Прегрејач паре
- ж) Накнадни прегрејач паре
- з) Конвекциони спов
- и) Економајзер
- ј) Загрејач ваздуха
- к) Бункер за угаљ
- л) Дозер за угаљ

0 5 10 15 20m

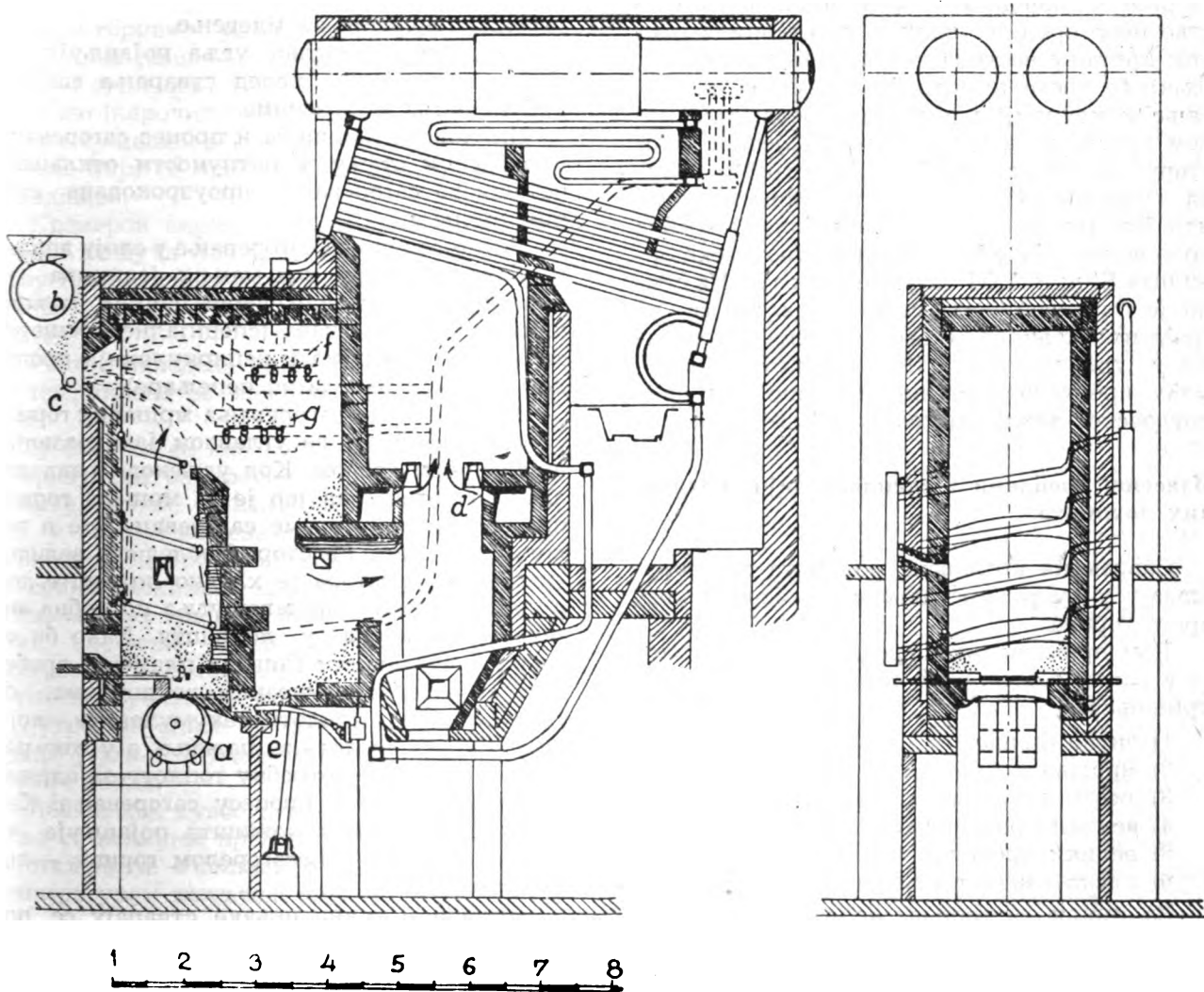
Процес сагоревања ситног угља у „три простора“ по Scikla-Rozinek-у

У тражењу решења отклањања незгода у раду са ниском температуром топљења пепела и применом ситних угљева, појављује се процес сагоревања у лебдећем стању (процес Scikla-Rozinek). Принцип овог сагоревања и његову примену код парних котлова разрадили су поменути аутори овог процеса.

Из дате шеме овог процеса види се његов ток. У комору (1) улази ваздух под притиском и односи са собом у комору (I) ужарени кокс (3) ситног угља. У комору (I) овај кокс углавном сагорева у CO и делимично у CO₂. Пошто овде нема одвођења топлоте, сагоревањем кокса се повећава температура и долази до топљења и издвајања пепела у течном стању из кокса. У овој се комори по-



Сл. 52. — Шема процеса „Scikla-Rosinek“



Сл. 53. — Котло са ложиштем „Scikla-Rosinek“

бољшавају услови за сагоревање повећањем њене температуре, и поред тога што се врши издвајање пепела у течном стању.

Сиров ситан угаљ (0 до 5 mm) убацује се кроз отвор (2) у комору (II), где наилази на усијане гасове из коморе (I). Помоћу ових врелик гасова угаљ се загрева, суши и де-стилише а кокс пада у комору (3). Ток угља је обележен словом А. Продукти сагоревања, богати угљоводницима излазе код (4) после оштрог заокрета из коморе (II) и одлазе у простор где се центрифугира летећи кокс. У простору (III) врши се предаја топлоте као код котла са сагоревањем у „једном простору“. Усијане честице круже по путањи Б. Гасови који излазе из коморе (I) (комора за газификацију) носе собом и честице кокса; овом коксу се додају и честице из свеже убаченог горива па се заједно враћају у комору (I). На цртежу означене разне дебљине путање кокса означавају промене количине у појединим тренуцима. Преимущество овог процеса лежи у учестаном кружном кретању честица кокса (рециркулација); овако се постиже потребно време за сагоревање и крупнијих честица у релативно малом простору за сагоревање. У „једном простору“ за сагоревање била би потребна велика запремина (котлови са угљеним прахом), или би при малој запремини била потребна врло велика финоћа млива (локомотивска ложишта Stug и АЕГ за угљени прах). На слици је приказан један секциони катао са уграђеним ложиштем овог система сагоревања у „три простора“. Из овог цртежа, а помоћу претходне легенде и скице рад овог котловског ложишта треба да буде јасан.

Извесни проблеми у експлоатацији котловских ложишта

Савремена котловска ложишта се усавршавају у смеру могућности примене лоших врста горива.

При примени нисковредних горива, што је у нашој земљи врло актуелно, потешкоће почињавају:

- 1) ситно гориво
- 2) мршаво гориво
- 3) особине горива да се запече
- 4) велики проценат влаге у гориву
- 5) велики проценат пепела
- 6) ниска тачка топљења пепела

За горива са горњим неповољним особинама, сагоревање у слоју све се мање примењује. Оно се још једино задржало код мањих агрегата и у специјалним случајевима. Котлови са течном шљаком у знатној су

мери савладали и ублажили ове потешкоће. Према подацима из литературе, који немају довољно основе из експлоатације, да се закључити да циклонска ложишта ове мане још у већој мери смањују но котлови са течном шљаком. Котлови са угљеним прахом (суви режим) у мањој мери решавају ове потешкоће.

Прегледаће се свака од горњих неповољних особина нисковредних угљева и потражиће се начин на који би исте могле отклонити или ублажити.

1) Проблем ситног горива постаје актуелан при коришћењу отпадака сепарације. У сагоревању у слоју овај проблем није у потпуности решен; код ланчане решетке донекле га решава пузећа решетка, а код фиксне и ланчане комбиновано сагоревање помоћу механичког или пнеуматског убацивача. Са угљеним прахом овај проблем је решен; ситан угаљ за угљени прах има преимућства, јер се избегавају дробилице и смањује се утрошак енергије за млевење.

Код допреме ситног угља појављују се извесне потешкоће услед стварања сводова у бункерима и дозерима.

Циклонска ложишта и процес сагоревања у лебдећем стању, у потпуности отклањају потешкоће сагоревања проузроковане ситним горивом.

Ситно гориво за сагоревање у слоју долази у обзир углавном код мањих јединица уз примену разних мањевише скупих и компликованих средстава (специјалне решетке са малим отворима и рециркулација пропалог горива и пепела из пепеларе).

2) Потешкоће сагоревања мршавих горива у слоју решавају се углавном јако развијеним задњим сводом. Код угљеног праха долази до потешкоћа јер је за мршаво гориво потребно велико време сагоревања, те и велики ложишни простор. Последица великог ложишног простора је хладно ложиште, док је за сагоревање мршаваог угља потребна висока температура у ложишту. Како би се избегле могућности гашења пламена, прибегава се мање екранисаним ложиштима, са сводовима за топлотну акумулацију, који играју улогу сводова за паљење, а у току растерећења одају потребну топлоту за одржавање равнотеже у процесу сагоревања. Као последица хладних ложишта појављује се велики губитак у несагорелом гориву — лећећем коксу.

Применом течне шљаке стварају се повољнији услови за мршава горива — високе температуре у топионој комори које побољшавају услове паљења и повећавају брзину сагоревања.

Код циклонских ложишта засада нису испитани мршави угљеви.

3) Особина печења угља у пракси се често идентификује са ниском температуром топљења пепела. Међутим, печење угља је наклоност горива ка стварању лепљиве шљаке. Ова особина је у зависности од количине сумпора, силиката, процента пепела, као и тачке омекшавања и топљења пепела.

Код сагоревања у слоју, печење угља чини велике сметње и оно се делимично решава мешањем угља са врстама угљева које немају ту особину, или применом скупих механичких решетки (каскадна, Мартинова, Тајлорова).

Код праха ово својство такође причињава тешкоће, јер се омекшани делови летећег пепела лепе на грејне површине.

4) Сагоревање влажног горива задаје велике потешкоће, како у слоју тако и у виду праха. Техника коришћења влажних горива нарочито је разрађена у Немачкој, која обилује горивима ове врсте. Употреба влажног горива решавала се раније обично претходним сушењем, које је у принципу нееконично (нарочито ако је у питању отворени процес сушења), а код сагоревања у слоју за угљеве који се при сушењу распадају и неизводљиво.

Кремеров систем сушења горива помоћу топлог ваздуха или KSG систем сушења помоћу гасова из ложишног простора, дају добре резултате за горива до 35% садржаја влаге.

Раније наведене шеме сушења углавном су предвиђене за ложење са угљеним прахом.

5) Обично се као велики садржај пепела у гориву сматра проценат преко 25%. Сагоревање горива, са великим процентом пепела, у слоју захтева специјалне механичке решетке, док при сагоревању у виду праха, са сувим режимом, шљака изазива ове незгоде: абање грејних површина, прљање и стих, смањење прегрејаности код високог прегревања, загађивање околине, знатан топлотни губитак у шљаци и летећем пепелу, утрошак снаге за млевање пепела садржаног у угљу. У извесним случајевима и зарање озид.

Абање код сувог режима при коришћењу угља са великим процентом пепела не може се отклонити. Уколико је пепео са ниском температуром топљења долази до загушава-

ња гасних пролаза на грејним површинама, нарочито при прелазу у критични режим рада котла (дуги рад под нормалним режимом или форсирање котла).

У случају течног режима абање и зачепљивање гасних пролаза се смањује, што се већи део шљаке у течном стању одводи из ложишта и што мањи део (око 30%) има умањено абајуће дејство. Дејство је смањено већом финоћом млива и мекоћом честица летећег пепела.

Прљање грејних површина се отклања одувавањем. Код течне шљаке и циклонског ложишта ово задаје много мање потешкоћа.

Висока прегрејаност опада због налепљивања летећег пепела на грејне површине прегрејача, што смањује спроводљивост топлоте. Налепљени летећи пепео са грејних површина отклања се отапањем или обијањем.

Загађивање околине умањује се пречишћавањем излазних гасова и коришћењем високих димњака. Ова потешкоћа долази до изражаја нарочито код сувог режима угљеног праха. Као једино ефикасно сретство за отклањање летећих делова је скупи уређај електрофилтра. Код течне шљаке, а нарочито циклонског ложишта, довољна су и мање ефикасна средства за пречишћавање гасова—мулти циклони или обични циклони. Уколико је потребно отстрањивање штетног дејства излазних гасова (на пример CO_2) примењују се влажни пречистачи излазних гасова.

Смањивање количине летећих делова може се вршити и у самом котлу и то наглим променама правца кретања гасног тока (центрифугирање летећих честица).

Топлотни губитак у излазној шљаци настаје услед њене високе температуре, са којом она напушта котао (код сувог режима 600° , код течног 1200°C). Овај губитак код сувог режима износи око 0,2—0,4% а код течног режима око 0,4—1,2%.

Код сагоревања у слоју са великим процентом пепела повећава се губитак пропадања а нарочито несагорелог у шљаци. Летећи пепео омета предају топлоте због малог коефицијента предаје.

Разорно дејство шљаке на озид решава се неутралисањем; уколико је шљака базична, озид мора бити кисео или обрнуто.

ИНТЕРЕСАНТНИ ПРИМЕРИ КОТЛОВА У ТЕ У ФНРЈ

1) Котао В & W за угљени прах

Котао је предвиђен за лигнит ($H_i = 1.700$ — 2.200 kcal/kg) са великим процентом влаге (до 50%) и средњим процентом пепела (до 20%).

Котао је озрачен, дводобошни, у облику слова П.

Главне карактеристике котла:

| | |
|-----------------------------------------------|--------------------------------|
| Фирма | B & W |
| Година градње | 1944 |
| Нормална продукција паре | $D_1 = 32$ t/h |
| Максимална продукција паре | $D_2 = 40$ t/h |
| Радни притисак | $p_k = 40$ atü |
| Температура прегрејане паре | $t_s = 500$ °C |
| Пробни притисак | $p_{k1} = 60$ atü |
| Грејна површина котла | $A_k = 385$ m ² |
| Грејна површина прегрејане паре | $A_s = 460$ m ² |
| Грејна површина регулатора температуре паре | $A_{st} = 40$ m ² |
| Грејна површина економајзера | $A_e = 912$ m ² |
| Грејна површина примарног загрејача ваздуха | $A_1 = 809,6$ m ² |
| Грејна површина секундарног загрејача ваздуха | $A_{l1} = 1440$ m ² |

Ложиште котла је са свих страна екранирано. Фронтални зид, у зони пламењака, слабије је екраниран. Плафон котла чине четири реда косих водогрејних цеви са великим кораком, тако да је секундарни прегрејач паре у извесној мери озрачен. Гранулациону решетку чини један ред косих водогрејних цеви. На дну хладног левка постоји решетка за догоревање крупних честица угља.

Млевење угља врши се помоћу два Н. S. В & W млина чекићара.

Главне карактеристике млинова:

| | |
|----------------------------|-------------------------------------|
| Конструкција | модифицирани чекићар са сепаратором |
| Тип | 165/155 |
| Капацитет | 8250 kg/h |
| Потребна снага | 2×141 KW |
| Број обраћа млина у минути | 730 |

Млин је чекићар нормалне конструкције са уграђеним центрифугалним сепаратором. Осовина млина и ваљкасти лежај хлађени су водом.

Млин снабдева шест виорних В & W пламењака. Пламењаци су постављени на фронталном зиду у лименој кутији, шаховски распоређени у два реда. Пламењак је цевастог типа.

Примарни прегрејач паре налази се у почетку другог гасног канала — хоризонталног је типа. Економајзер је челични, дводелни. Секундарни загрејач ваздуха је плочаст а примарни је цеваст. Претходно загревање ваздуха врши се у парном загрејачу.

Одвођење шљаке се врши помоћу плочастог транспортера постављеног у кориту за гашење шљаке (систем (KSG) а даље вагонетом.

Код овог котла интересантан је начин сушења угља у самој млину. На фронталном делу котла, у угловима, постављене су коморе за ложишне гасове. У ову комору доводи се загрејани ваздух, меша са ложишним гасовима и ова мешавина одводи се у млин, служећи као носеће средство и медијум за сушење. Процес сушења се врши по затвореном циклусу, што у сваком случају ограничава проценат влаге у угљу ($W_{max} = 50\%$).

Регулација котла је потпуно аутоматизована (Асканиа).

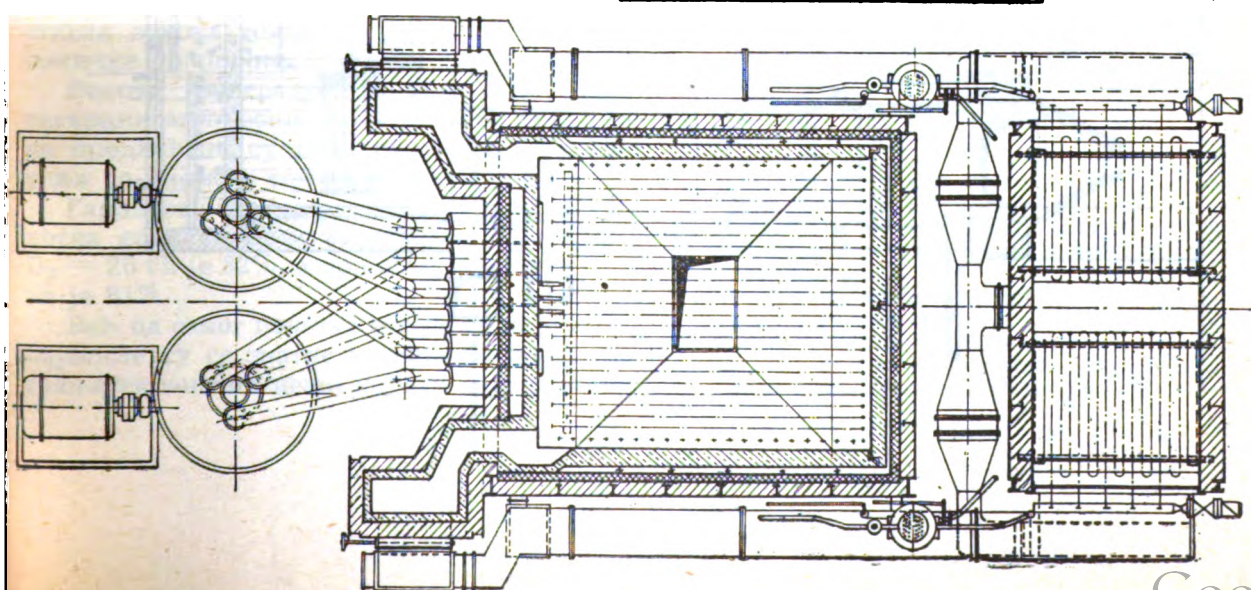
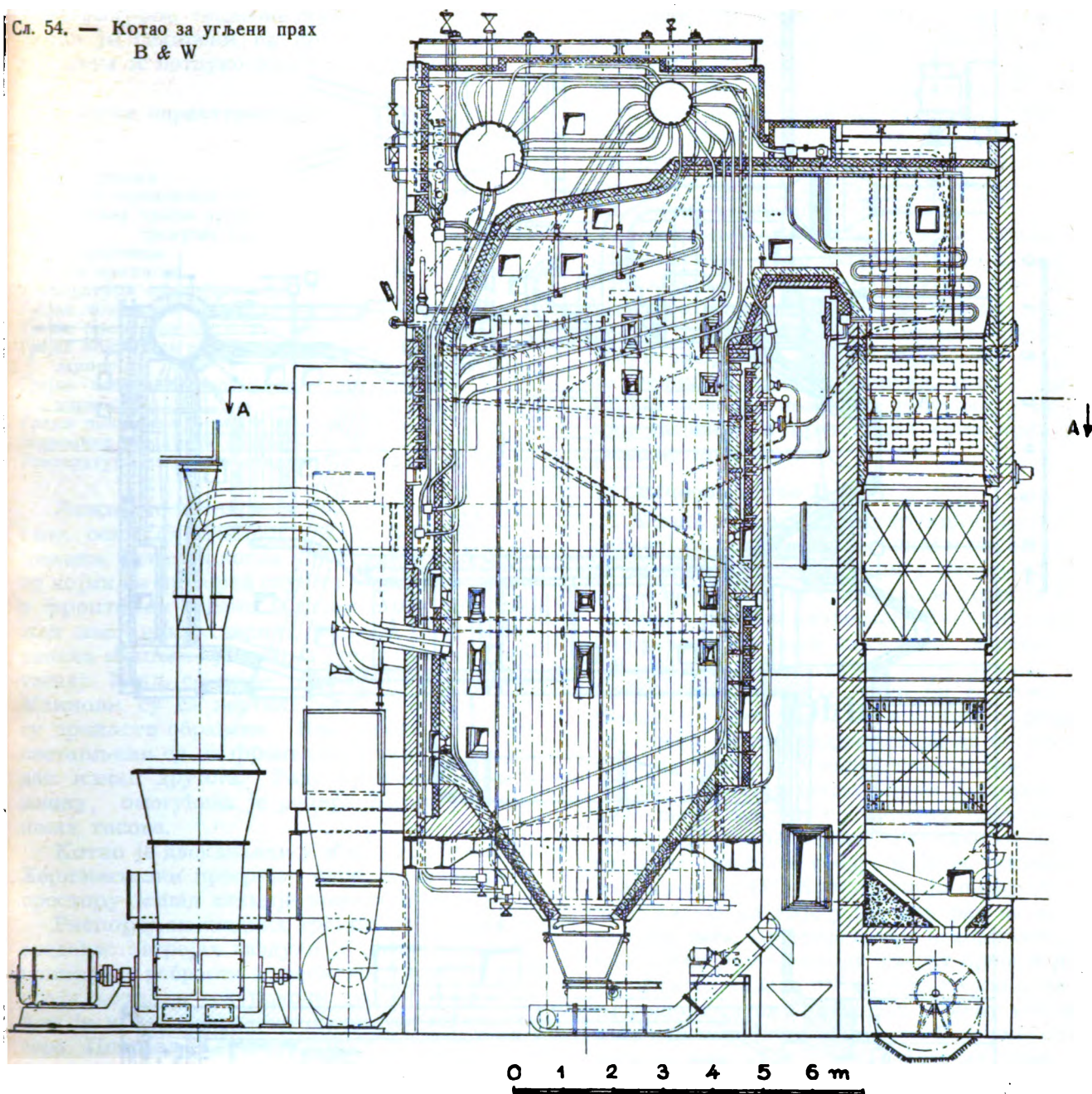
У експлоатацији овога котла показало се да котао ове конструкције може задовољавајуће да ради са врло лошим горивом, тј. са угљем са великим процентом баласта ($H_i = 1700$ kcal/kg, $W = 50\%$, $A = 25\%$, $t_1 = 1000^\circ\text{C}$).

Неочекивано велико абање млинског сепаратора и потешкоће у вези са заптивањем млина под притиском можда ће бити разлог да се пређе на Кгämer-ове млинове који не раде под притиском а код којих се сепарација врши углавном на принципу губитка брзине.

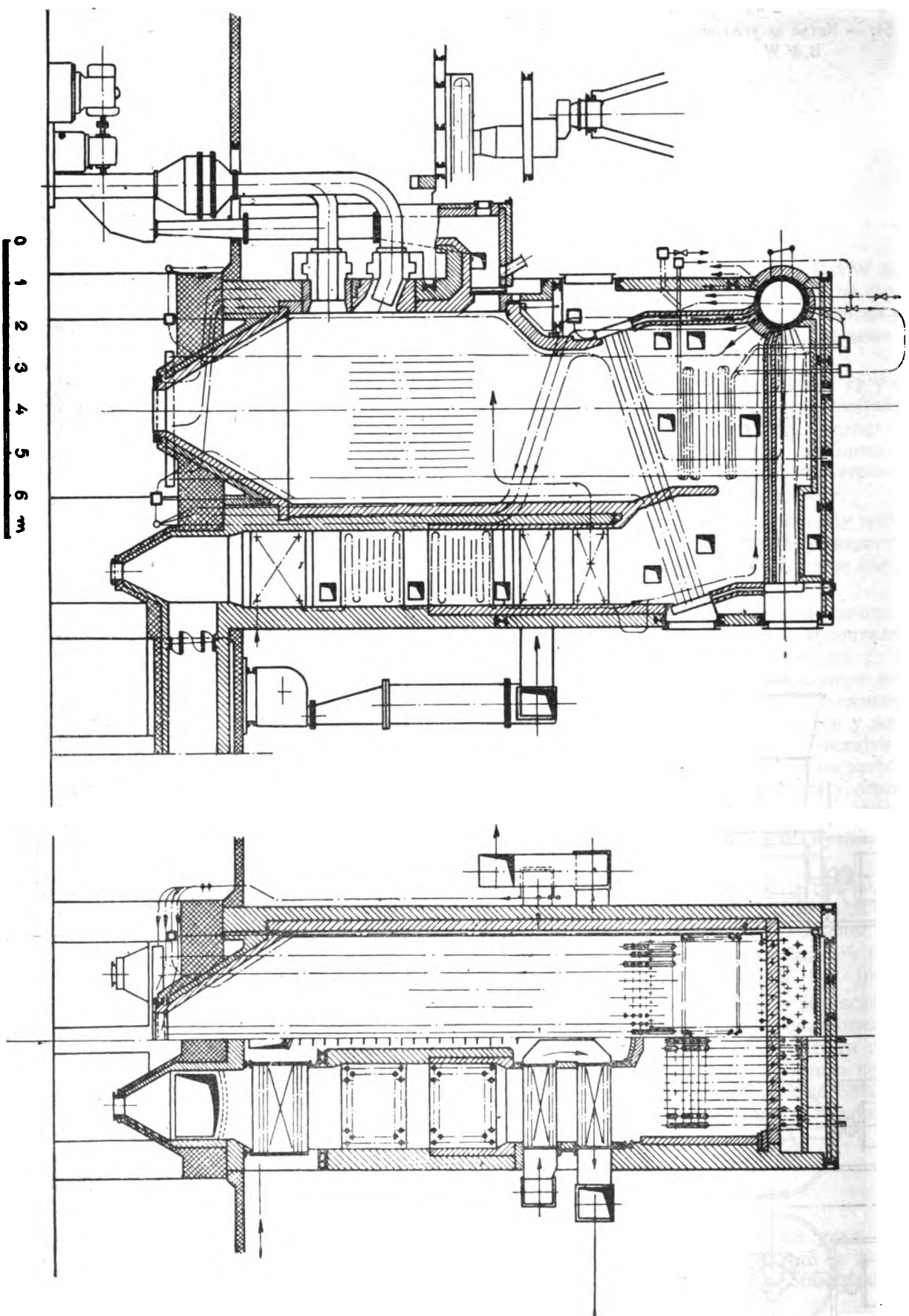
2) Котао MAN за угљени прах

Котао је предвиђен за мрки угљ $H' = 3.340$ kcal/kg, сортирана 0—10 mm са 20% пепела, 23% влаге, 37% испарљивих делова,

Сл. 54. — Котао за угљени прах
В & W



ПРЕСЕК А-А



Сл. 55. — Котло за угљени прах М А Н

температуром топљења пепела 1.200—1.250°C. Котао је секциони, са предњим попречним добошем и потпуно озраченим ложиштем.

Главне карактеристике котла:

| Фирма | M A N |
|--------------------------------------------|----------------------------|
| Година градње | 1945 |
| Нормална продукција паре | $D_1 = 26 \text{ t/h}$ |
| Максимална трајна продукција паре | $D_2 = 29 \text{ t/h}$ |
| трехвутна продукција паре | $D_3 = 31 \text{ t/h}$ |
| Радни притисак | $p_k = 45 \text{ atü}$ |
| Пробни притисак | $p_{k1} = 54 \text{ atü}$ |
| Температура прегрејане паре | $t_s = 425 \text{ °C}$ |
| Грејна површина котла | $A_k = 395 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина прегрејача паре | $A_s = 350 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина економајзера (секундарног) | $A_e = 415 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина економајзера (примарног) | $A_{el} = 384 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина загрејача ваздуха | $A_l = 441 \text{ m}^2$ |
| Запремина ложишног простора | $V_R = 180 \text{ m}^3$ |
| Температура загрејаног ваздуха | $t_1 = 450 \text{ °C}$ |

Ложиште котла је са свих страна екранирано, осим фронталног зида у области пламењака. Плафон котла чине цеви из секције, од којих се први ред спушта у задње, а други у фронталне екране. Хладни левак је обложен наставцима зидних екрана. Одвођење пепела и шљаке је хидраулично (високи притисак). Угаљ се меље помоћу два млина. Млинови су са вертикалним роторима који су зракасто обрађени. Пламењаци (цевести) постављени су на фронталном зиду котла један изнад другог. Ради сушења угља у млину, омогућена је рецикулација ложишних гасова.

Котао је двоканални у збијеном облику П. Хоризонтални прегрејач паре смештен је у простору изнад секције водогрејних цеви.

Распоред накнадних грејних површина је следећи: загрејач ваздуха је двоступни и то примарни ребрасти ливени постављен је на крају котла, а секундарни дводелни постављен је испред дводелног змијастог економајзера. Постављање секундарног загрејача ваздуха испред економајзера у зону виших температура било је потребно да би се постигла висока температура ваздуха уз економичне површине.

Висока температура загревања ваздуха и неекранирани чеони зид у области пламењака предвиђени су ради обезбеђења паљења угља са високом температуром паљења.

Гарантовани коефицијент искоришћења котла са наведеним угљем при оптерећењу $D_1 = 26 \text{ t/h}$ је 82%, а при оптерећењу $D_2 = 29 \text{ t/h}$ је 81%.

Већ од самог почетка експлоатације котла појавиле су се знатне потешкоће (напр. прскање екранских цеви) које су највероватни-

је последица неисправности у материјалу, као и зашљакивање грејних површина.

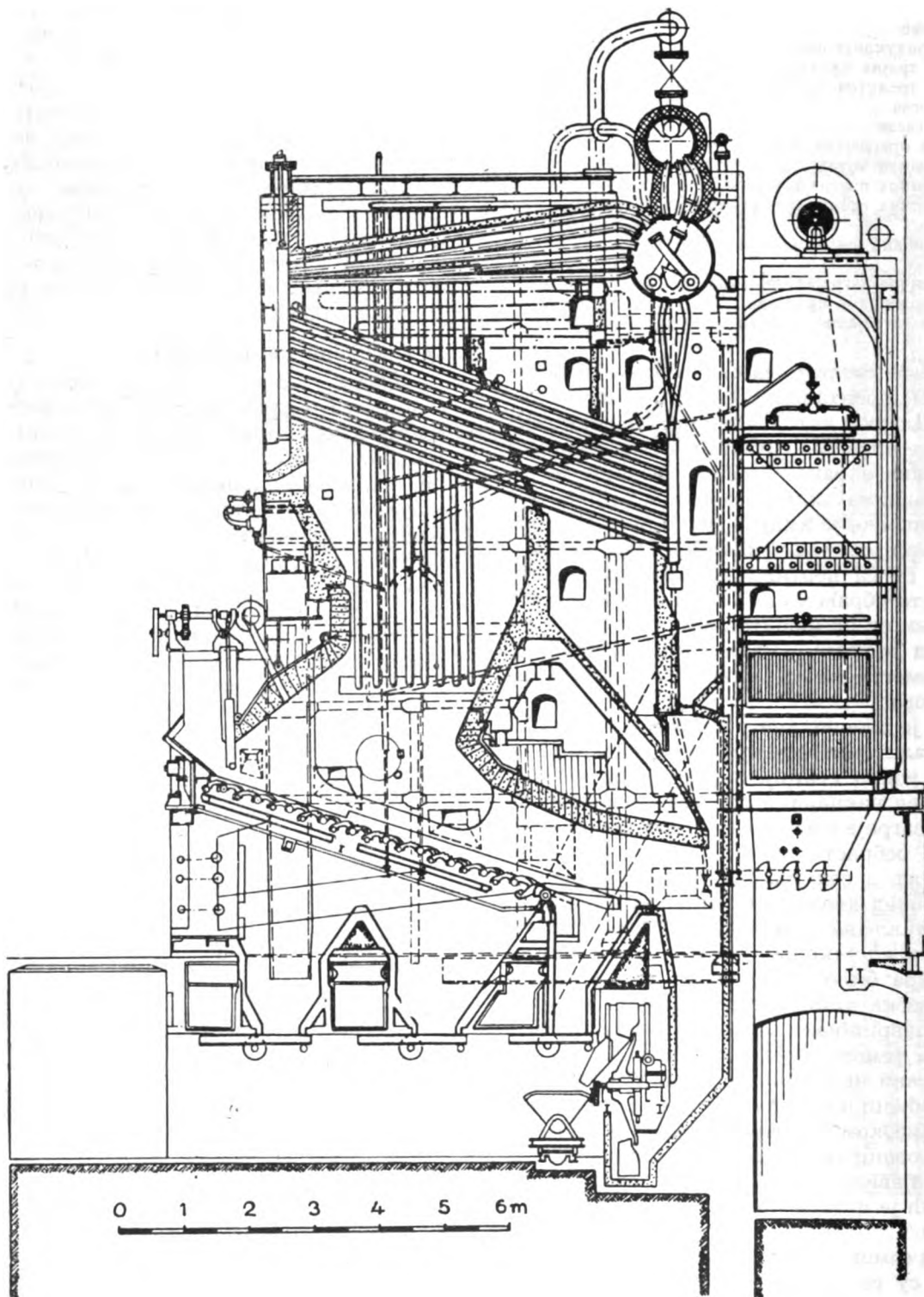
Знатан проценат пепела ($A=20$) захтевао би издвајање истога у самом котлу. И поред тога што котао ради на принципу угљеног праха — суви режим — није предвиђено центрифугирање гасова ради таложења летећег пепела у оквиру котла. Овај недостатак је последица концепције збијено П.

Котао није опремљен свим потребним инструментима, тако напр. не постоји могућност мерења температуре на крају ложишног простора. Да не би дошло до високих температура у ложишту и лепљења шљаке на грејне површине секције, прибегава се раду са великим вишком ваздуха, што с друге стране изазива повећање губитака у излазним гасовима и претставља само принудно решење проблема.

3) Секциони котао В & W

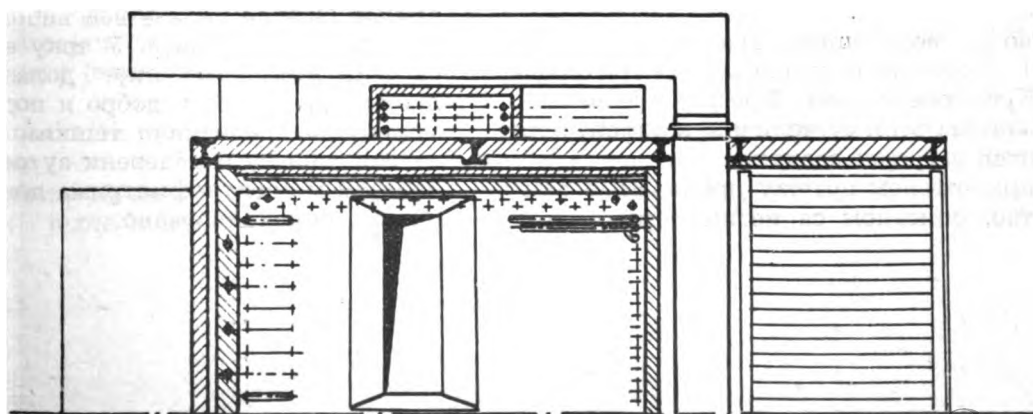
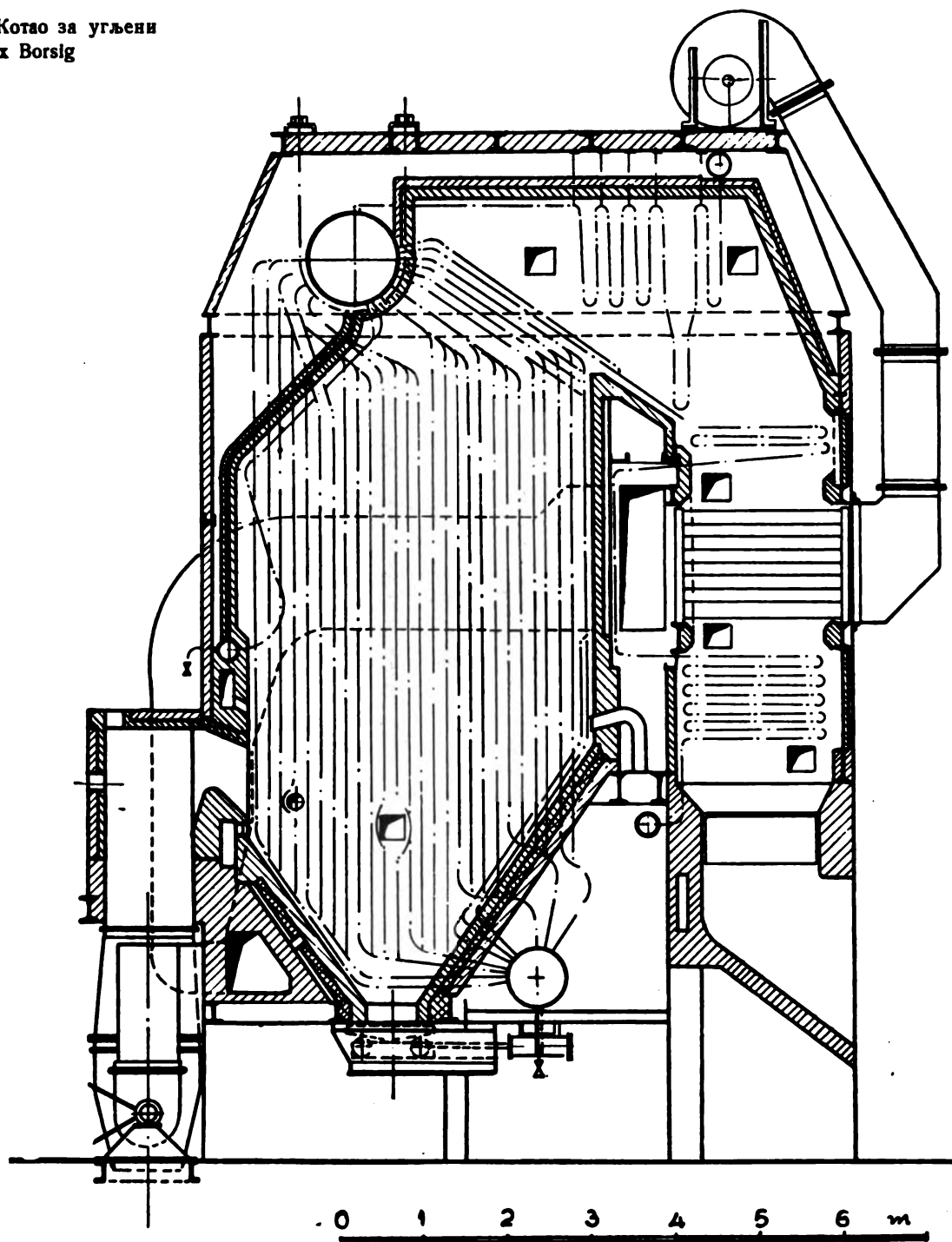
Котао је старије конструкције (око 1930 године) са попречним добошем и косим водогрејним цевима, смештеним у секцијама. Котао је предвиђен за мрке угљеве ложијег квалитета, доње калоричне моћи 3—3.500 kcal/kg. Сагоревање се врши на Seyboth-решети. Ложиште има бочне екране који почињу два метра изнад решетке, како би се створила ужарена — нехлађена зона у области решетке. Према облику задњег свода да се закључити да је котао предвиђен за гориво са великим процентом пепела; јако развијени задњи свод омогућује потпуно догоревање шљаке. Довод загрејаног секундарног ваздуха је на предњем своду, који је постављен под углом од 45°. Конструкција предњег свода показује да није у питању рад са влажним горивом. Прегрејач паре је хоризонталан и смештен је у простору између првог и другог гасног канала. Котао је троканални са споредним гасним пролазом између котла и накнадних грејних површина. Економајзер је једноступни од ливених ребрастих цеви, загрејач ваздуха је двоступни — кутијаст. Довод примарног ваздуха врши се зонски. На приложеном цртежу котла види се несвакидашњи начин одвођења шљаке помоћу влажног багера.

| Фирма | B & W |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Година градње | 1930 |
| Нормална продукција паре | $D_1 = 15 \text{ t/h}$ |
| Максимална продукција паре | $D_2 = 20 \text{ t/h}$ |
| Нормална продукција паре са мазутом | $D_3 = 20 \text{ t/h}$ |
| Максимална продукција паре са мазутом | $D_4 = 30 \text{ t/h}$ |
| Радни притисак | $p_k = 19 \text{ atü}$ |
| Температура прегрејане паре | $t_s = 380 \text{ °C}$ |
| Грејна површина котла | $A_k = 600 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина прегрејане паре | $A_s = 240 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина економајзера | $A_e = 400 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина загрејача ваздуха | $A_l = 600 \text{ m}^2$ |

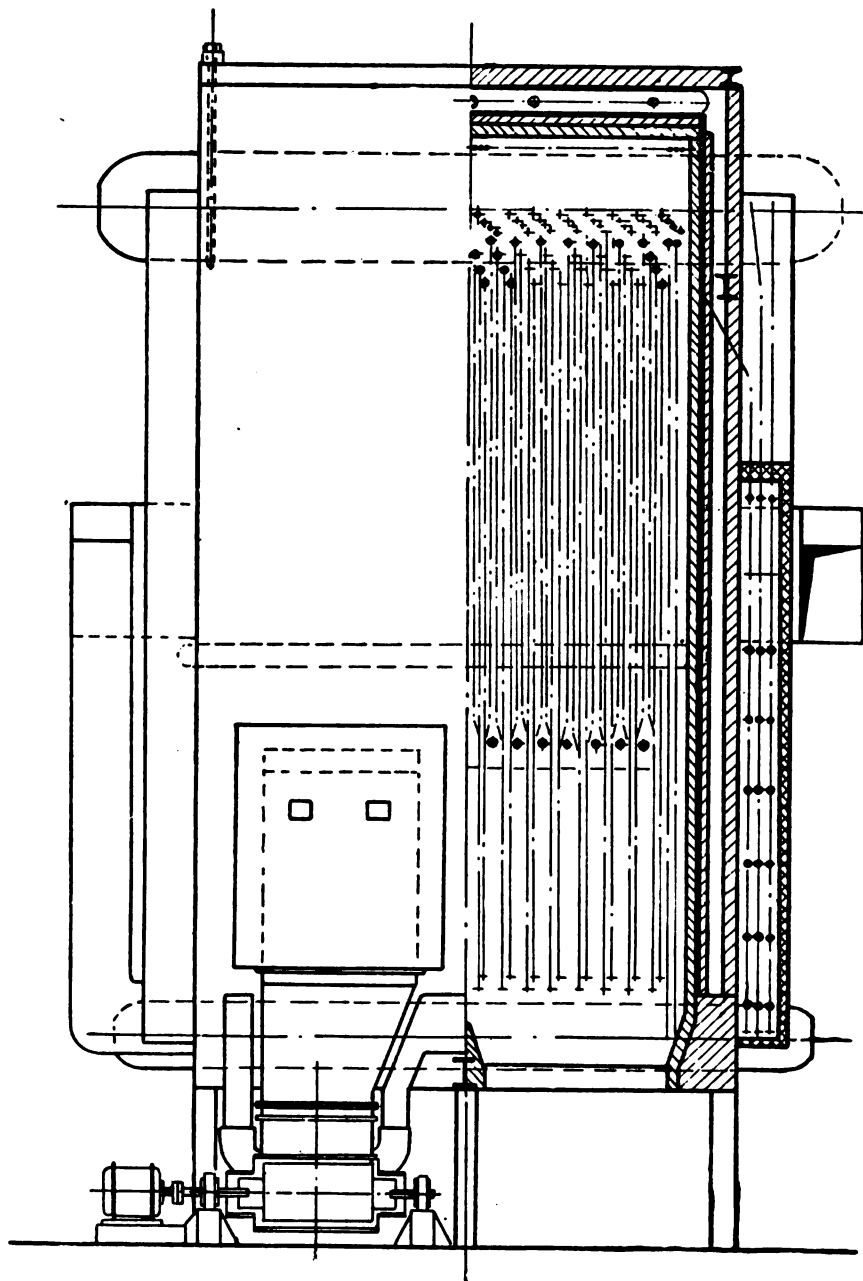


Сл. 56. — Секциони котао В & W

Сл. 57. — Котло за угљени
прах Borsig



Сл. 57а. — Котао за угљени прах Bors'g



Главне карактеристике описаног
котао:

$D_1 = 100 \text{ t/h (80/100/110)}$
 $P_k = 40 \text{ atü}$
 $t_s = 425^\circ$
 $A_k = 515 \text{ m}^2$
 $V_r = 360 \text{ m}^3$
 $t_a = 110^\circ\text{C}$
 $t_g = 190-230^\circ\text{C}$
 $t_i = 300^\circ\text{C}$

4) Озрачени котао BORSIG

Котао је грађен 1940 године, предвиђен је за угаљ сортиман 0—5 mm са количином влаге 33,70—33,90, пепела 18,60—21,10, сумпора 2,2—3,3 и калоричне моћи у H_i 3175—2555 kcal/kg.

Котао је дводобошни, грађен у облику слова П. Ложиште је опремљено са три фронтална Кремерова млина. Прегрејач је висећег типа. Економијзери су челични, а између њих је смештен загрејач ваздуха.

На приложеном цртежу приказан је сличан котао, описаном са истим параметрима

паре продукције $D_1 = 60 \text{ t/h}$. Овај котао је снабдевен са два Кремерова млина а има огревну површину $A_k = 401 \text{ m}^2$.

Поменута два котла су први котлови већег капацитета са угљеним прахом у нашој земљи. Они се налазе већ више од десет година у експлоатацији. У току експлоатације са овим котловима није долазило до потешкоћа, тј. они раде добро и под, у извесним моментима, релативно тешким условима.

Котлови су снабдевени аутоматском регулацијом и електрофилтрима док је одвођење шљаке немеханизовано.

ПРОИЗВОДЊА ПАРНИХ КОТЛОВА У ФНРЈ

I. Предузеће „Ђуро Ђаковић“, Славонски Брод

За потребе ТЕ и енергана пројектован је и изграђен у овом предузећу извешан број котлова следећих карактеристика:

| | |
|---------------------------------------------|-------------------------------|
| Фирма | Ђ. Ђ. |
| Година градње | 1950 |
| Нормална продукција паре | $D_1 = 25 \text{ t/h}$ |
| Максимална продукција паре | $D_2 = 32 \text{ t/h}$ |
| Радни притисак | $p_k = 42 \text{ atü}$ |
| Температура прегрејане паре | $t_s = 450^\circ\text{C}$ |
| Температура загрејаног ваздуха | $t_1 = 320/350^\circ\text{C}$ |
| Температура воде за напајање: | |
| на улазу у економајзер | $t_e = 135^\circ\text{C}$ |
| на излазу из економајзера | $t_a = 196^\circ\text{C}$ |
| Грејна површина котла | $A_k = 500 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина примарног прегрејача паре | $A_s = 158 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина секундарног прегрејача паре | $A_{s1} = 272 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина економајзера | $A_e = 391 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина загрејача ваздуха | $A_1 = 1.425 \text{ m}^2$ |

Котао је секциони, озрачен са попречним добошем, у облику слова П са Кгäтег-овим ложиштем. Два млина чекићара нормалне конструкције са аксиалним доводом ваздуха постављени су вертикално на фронтални део котла. Уређај за рецикулацију ложишних гасова није предвиђен, услед тога је висока температура загревања ваздуха. Овај начин сушења угља ограничиће примену угљева, без претходног сушења, до 30% влажности.

Ложиште је потпуно екранисано, хладни левак чине продужени фронтални и задњи екрани. Плафонске екране чине цеви првог реда секције, које се спуштају уз фронтални зид и хладни левак до доњег колектора. Задње екране чине цеви које су везане за парни простор котловског добоша. Бочни екрани су преко колектора укључени у циркулациони систем котла. Оба прегрејача паре (примарни, и секундарни) висећег су типа. Регулисање температуре прегревања паре врши се клањем исте помоћу убризгавања распрашене воде после примарног прегрејача. Економајзер је челични и змијаст — једноступни и једноделни. Загрејач ваздуха је ливен, са обе стране ребраст (елиптичне цеви) — двоступни.

Одвођење шљаке и пепела је хидраулично.

Четири котла овога типа у току су монтаже у енергани једне наше железаре. Код

ових котлова је предвиђено комбиновано ложење — угљеним прахом и гасом из високих пећи. Пламењаци за гас су постављени на задњем зиду ложишта, насупрот ушћу Кгäтег-ових млинова. Овим распоредом пламењака, постављених један насупрот другога, добиће се ложишни пламен у облику слова W, што ће изазвати интензивније виорење те и побољшање процеса изгарања.

Поред постојећих мазутних пламењака за потпалу, могу се уградити мазутни пламењаци за додатно ложење.

Може се очекивати да ће овај котао са угљем $H_i = 3500 \text{ kcal/kg}$ ($W_{max} = 30\%$, $A_{max} = 20\%$, $t_1 = 1000^\circ\text{C}$) дати задовољавајуће резултате по отклањању евентуалних недостатака који се у већини случајева појављују код прототипова.

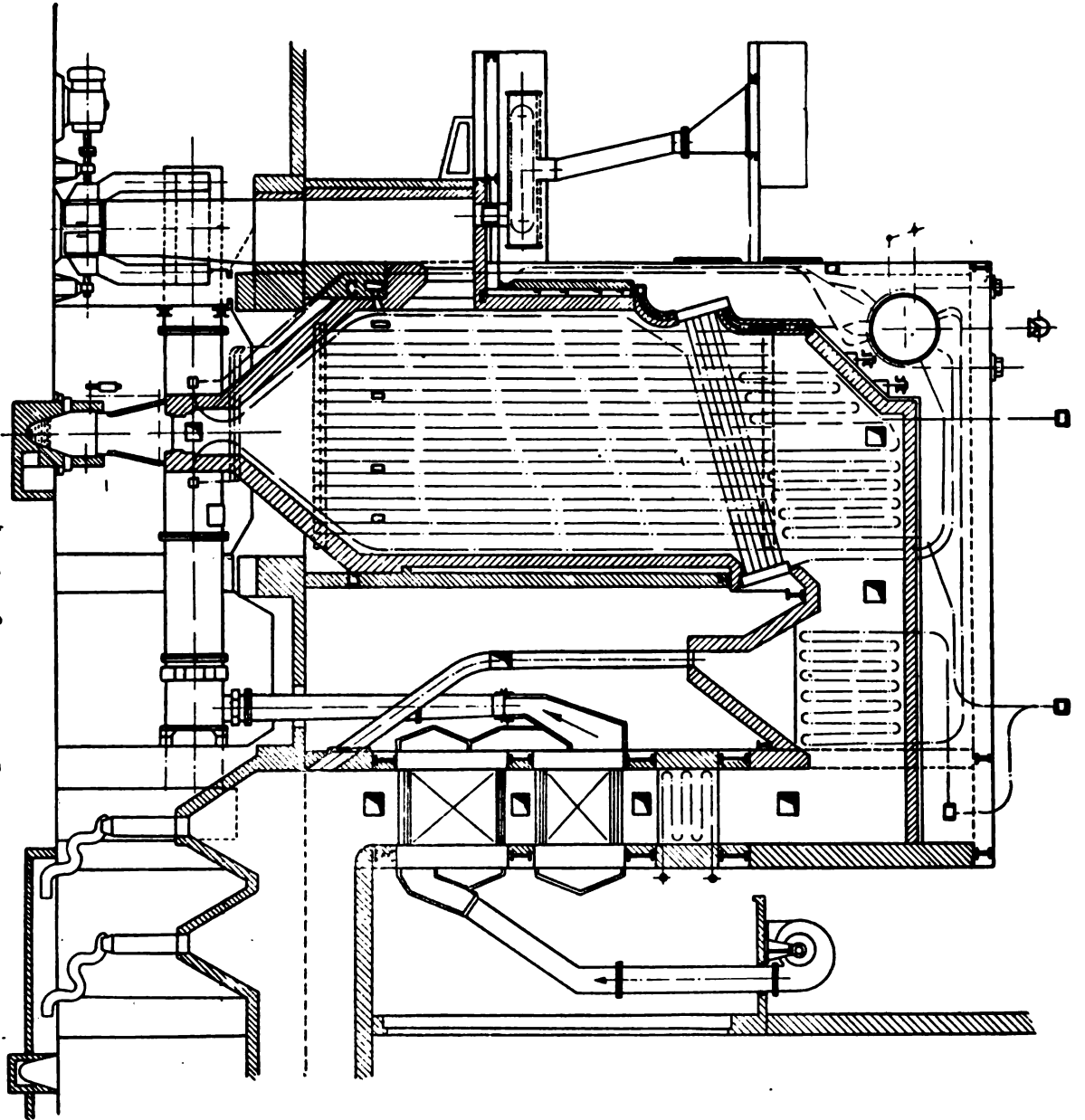
Пошто ниједан од ових котлова из ове серије није пуштен у погон, предвиђене карактеристике нису могле бити проверене.

2) За потребе мањих и средњих погона (Т Е и индустрија) а за коришћење отпадака сепарације бољих мрких угљева пројектован је и изграђује се котао са пузећом решетком и принудном циркулацијом воде (систем La Mont).

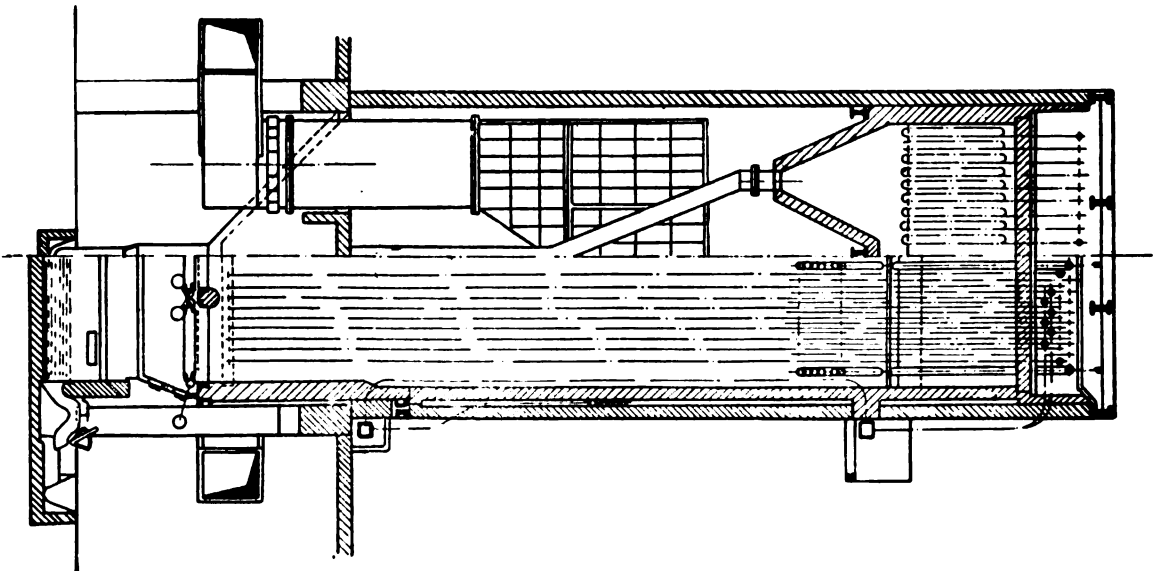
По конструкцији котао се одликује једноставношћу и чистотом решења. Предњи свод (висећи) јако је развијен ради могућности примене горива са већим процентом влаге. Задњи свод је мали, пошто сама конструкција решетке не дозвољава примену горива са великим процентом пепела. Доњи део ложишта у висини 2—3 m није екранисан услед ниске калоричне моћи предвиђених горива, остали део ложишта екранисан је цевима La Mont-ових елемената. Котао је грађен у облику слова П. Први део чини ложишни простор, у хоризонталном каналу је смештен висећи прегрејач, у другом каналу смештене су накнадне грејне површине (ЕКО и евентуално ЛУВО).

Остали конструктивни подаци виде се из приложеног цртежа.

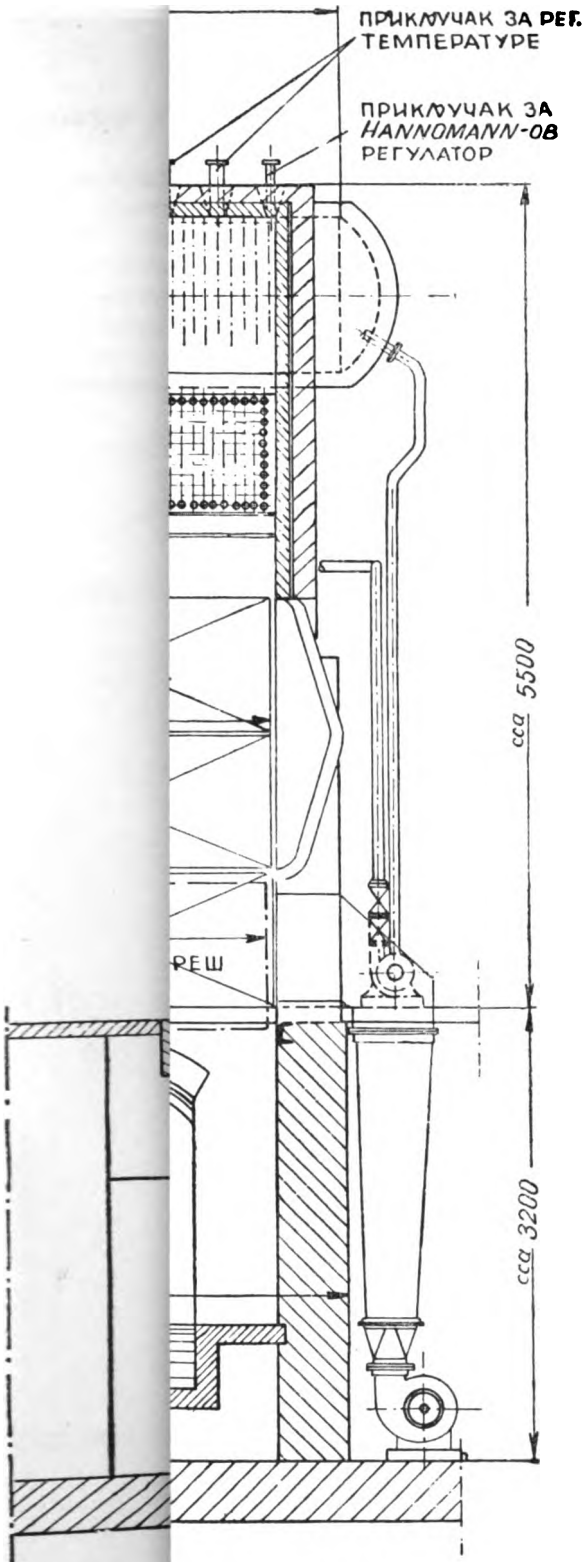
Котао ове конструкције већ више година успешно ради у ТЕ предузећу „Ђуро Ђаковић“ са разним врстама наших угљева ($H = 3300\text{—}4500 \text{ kcal/kg}$, $W_{max} = 25\%$, $A_{max} = 20\%$, $t_s = 1000^\circ\text{C}$).



Ст. 58. — Корго за угљени прах 'Б. Б.



ОВО
ОТАО
ГРЕД-
М СА
ОНО-
ИЗА



Нсйике кошла

| | I | II |
|----------------------------|----------------------------------|-------|
| Б. Б. | Б. Б. | Б. Б. |
| 1932 | 1932 | 1932 |
| = 6-7-8 t/h | $D_1 = 8-10-12,5$ t/h | |
| = 25 atü | $p_k = 25$ atü | |
| = 400°C | $t_s = 400^\circ\text{C}$ | |
| = 126 m ² | $A_k = 218$ m ² | |
| = 25 m ² | $A_s = 46$ m ² | |
| = 120 m ² | $A_e = 202$ m ² | |
| - | $A_l = 300$ m ² | |
| = 7,95 m ² | $A_r = 11,6$ m ² | |
| = 0,880 t/h m ² | $D_1 = 0,860$ t/m ² h | |
| | A_r | |
| = 16 | $A_k = 18,8$ | |
| | A_r | |

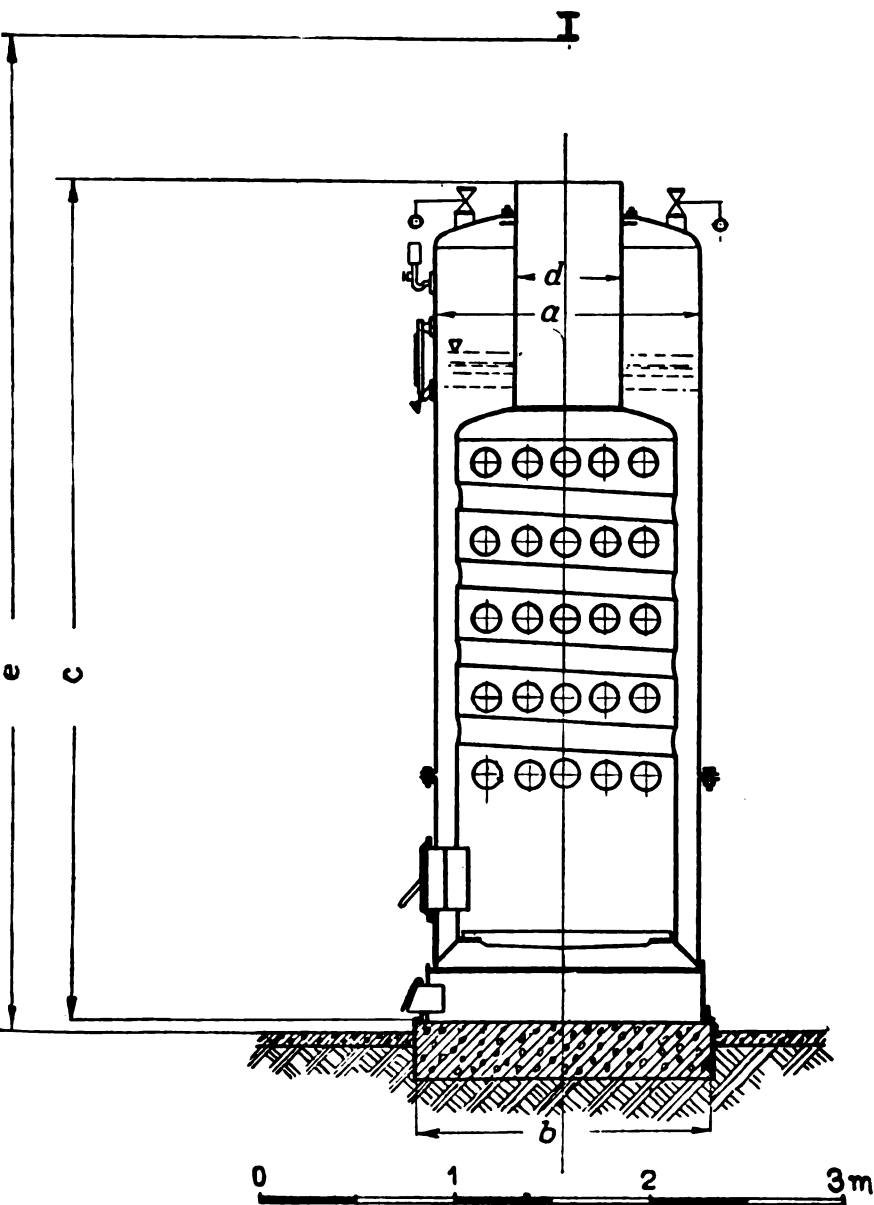
| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|------|----|----|------|------|------|------|-------|-----|------|----|----|------|-----|
| 30-6-2 | 0,40 | 16 | 30 | 1,05 | 5,90 | 1330 | 1510 | 4-300 | 530 | 7500 | 15 | 18 | 1710 | 785 |
|--------|------|----|----|------|------|------|------|-------|-----|------|----|----|------|-----|



Сл. 58. — Котло за угљени прах Б. Б.

II. Предузеће ТПК — Загреб Житњак

1) За потребе најмањих капацитета ово предузеће производи вертикалне котлове са водогрејним цевима. По конструкцији котлови не отстају од уобичајених конструкција. Из приложених цртежа и таблица виде се главне карактеристике свих типова ових котлова. Ови котлови се изводе у две варијанте: са равном и степенастом решетком.



д. 60. — Вертикални котло са водогрејним цевима и равном решетком — Т Р К

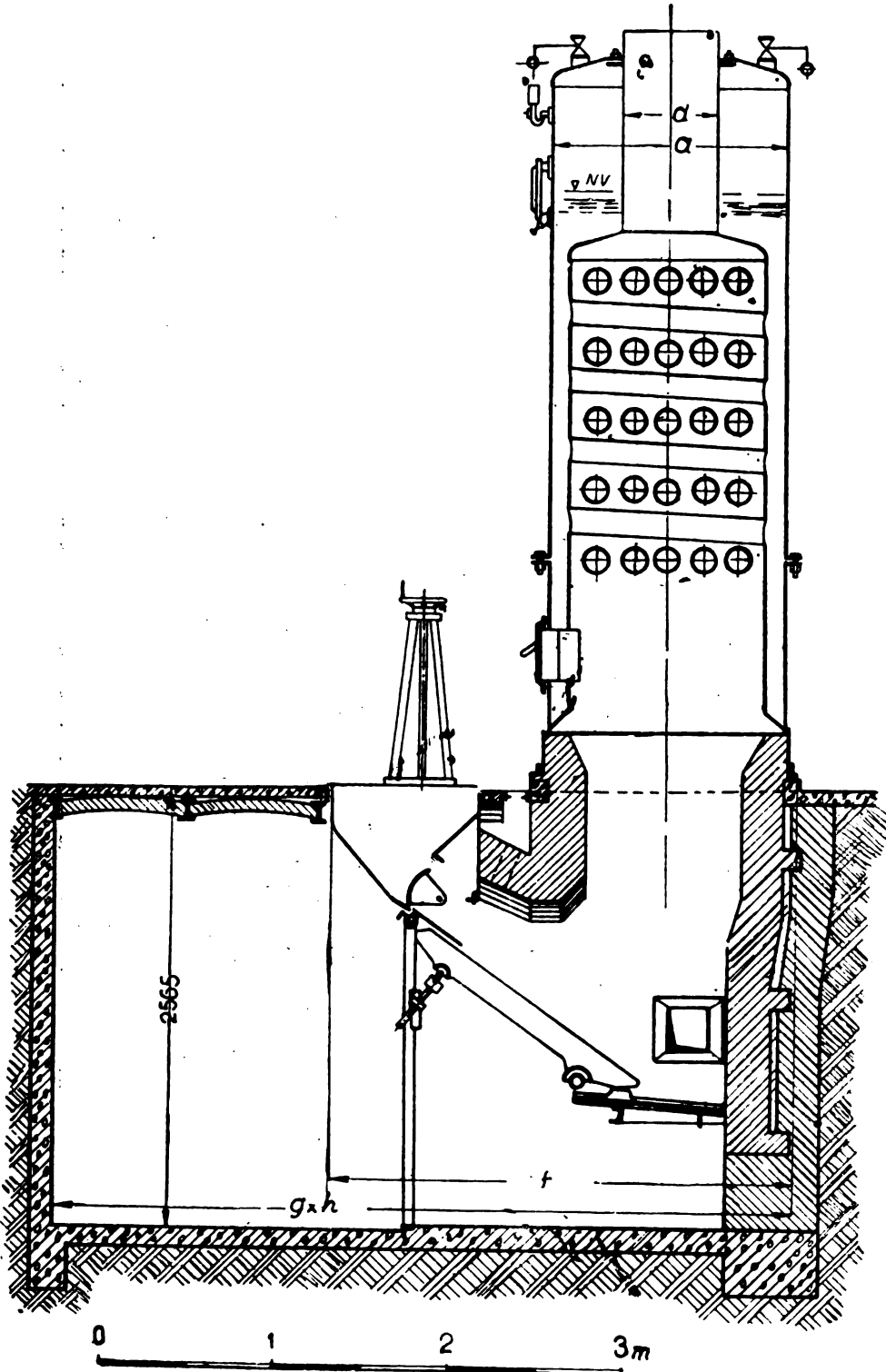
2) Као други тип котла који израђује ово предузеће био би локомотивски котло. Котло се изводи са нагнутом решетком и полупредложиштем и са степенастом решетком са предложиштем. У циљу побољшања економичности ових котлова постављени су иза котла прегрејач и економајзер.

| ТИП | Процент пара $\frac{z}{4}$ | Радиус r | Температура прегрејава пара | Нормална грешна површина | Површина прегрејава | Површина економизера | Површина решетке m^2 | | Приближна температура $^{\circ}C$ | | Приближне димензије | | | | | | Пумпа за наглавање $\frac{L}{min}$ | САРМАС $\frac{z}{4}$ BOAE KOD | САРМАС $\frac{z}{4}$ N/V | |
|--------|----------------------------|------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|------------------------|-------|-----------------------------------|---------|---------------------|---------|------|------|-----|------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----|
| | | | | | | | Равне | Стена | Српна | Решетк. | Српна | Решетк. | а | б | с | д | | | | е |
| 30-2-1 | 0,25 | 6 | | 16 | | | 0,70 | | 2,5 | | | 1106 | 1260 | 3630 | 406 | 6500 | 10 | 7 | 1060 | 535 |
| 30-4-1 | 0,25 | 10 | | 16 | | | 0,70 | | 3,2 | | | 1102 | 1260 | 3630 | 405 | 6500 | 10 | 11 | 1060 | 535 |
| 30-2-2 | 0,40 | 6 | | 28 | | | 1,05 | | 4,5 | | | 1330 | 1500 | 4320 | 532 | 7500 | 15 | 7 | 1740 | 785 |
| 30-4-2 | 0,40 | 10 | | 28 | | | 1,05 | | 5,45 | | | 1330 | 1500 | 4320 | 530 | 7500 | 15 | 11 | 1740 | 785 |
| 30-6-2 | 0,40 | 16 | | 30 | | | 1,05 | | 5,90 | | | 1330 | 1510 | 4300 | 530 | 7500 | 15 | 18 | 1710 | 785 |

Приликом избора типа котла малог капацитета одлучујућу улогу играо је расположиви материјал у земљи. Свакако да котлови малог капацитета са водогрејним цевима имају знатне предности у погледу карактеристика D_1/A , Q/D_1 , као и у погледу компактности над локомобилским котловима. Израда ових последњих везана је са безшавним цевима које су засада увозни артикал.

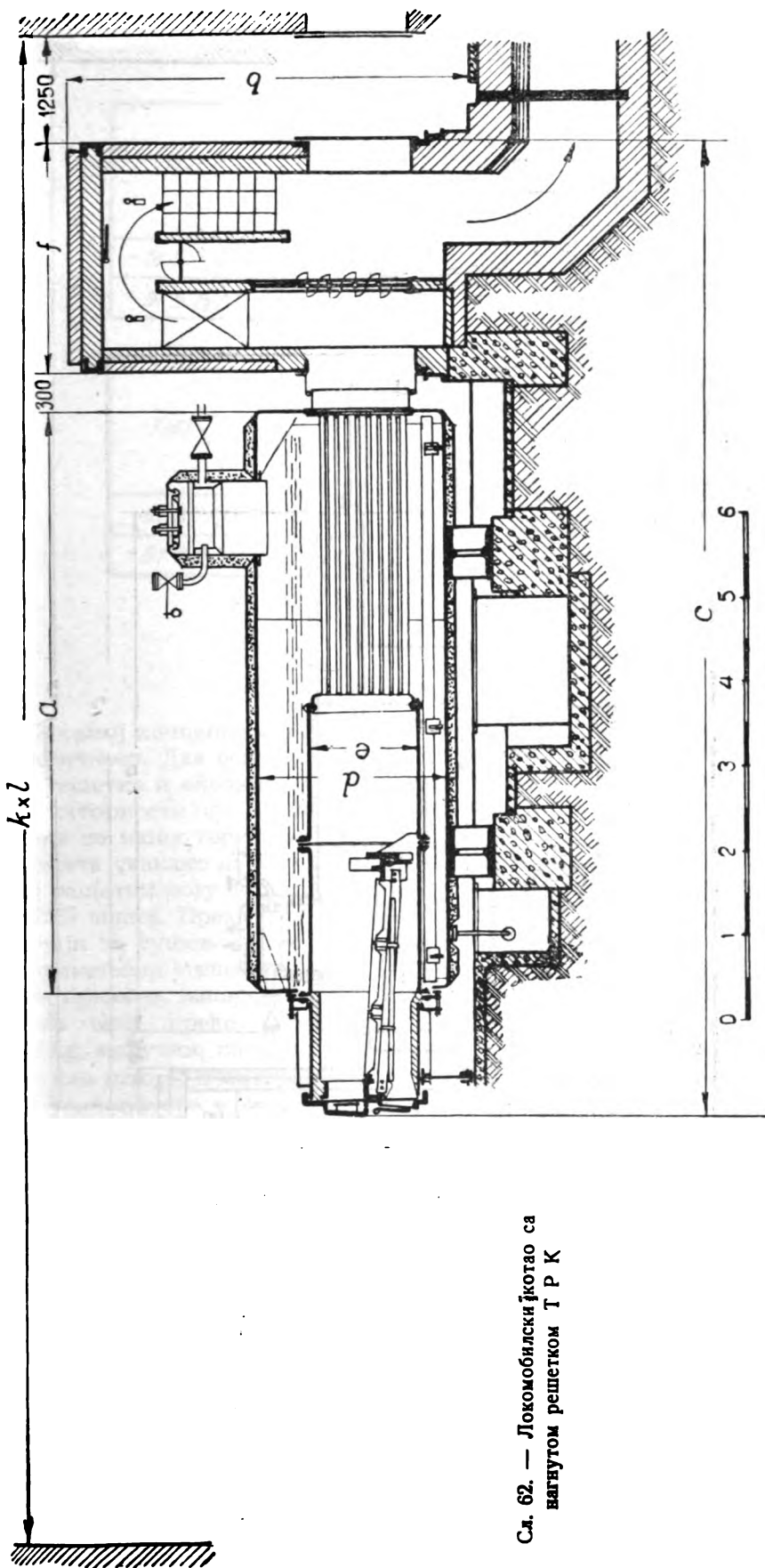
Из приложених цртежа и табела виде се карактеристике локомотивских котлова ТПК.

3) Стрмоцевни котло SK 51,5.7 и SK 51.5.8. Ово је дводобошни модифицирани Гарбе-ов котло малог капацитета за производње паре за индустријске сврхе и мање ТЕ (обично са клипним парним машинама).



| ТИП | ПРОИЗВОДЊА ПАРЕ l/h | РАДНИ ПРИТИСАК at | ТЕМПЕРАТУРА ПРЕГРЕЈАНЕ ПАРЕ | ИДРАМАЛНА ГРЕЈНА ПОВРШИНА m^2 | ПОВРШИНА ПОВРШИНА ПОВРШИНА ПОВРШИНА m^2 | ПОВРШИНА РЕШЕТКЕ ПАРНЕ | ПРИБЛИЖНА ТЕЖИНА | | | ПРИБЛИЖНЕ ДИМЕНЗИЈЕ | | | | ПУМПА ЗА НАПОЈАВНЕ | | САДРЖАЈ ПАРЕ NV | САДРЖАЈ ВОДЕ NV | САДРЖАЈ ПАРЕ NV |
|--------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|------------------|--------|--------|---------------------|--------|-----|------|--------------------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | | | | | С РАВНО | С ВЕШТ | С СТЕВ | С АКТОМ | С ВЕШТ | a | d | f | $g \times h$ | | | |
| 30 2-1 | 0,25 | 6 | — | 16 | — | 1,8 | — | — | — | 4,40 | 1106 | 406 | 2543 | 4090 x 2435 | 10 | 7 | 1060 | 535 |
| 30 4-1 | 0,25 | 10 | — | 16 | — | 1,6 | — | — | — | 5,10 | 1102 | 405 | 2545 | 4090 x 2435 | 10 | 11 | 1060 | 535 |
| 30 2-2 | 0,40 | 6 | — | 28 | — | 2,4 | — | — | — | 6,70 | 1330 | 532 | 2665 | 4210 x 2815 | 15 | 7 | 1740 | 785 |
| 30 4-2 | 0,40 | 10 | — | 28 | — | 2,4 | — | — | — | 7,65 | 1330 | 530 | 2665 | 4215 x 2815 | 15 | 11 | 1740 | 785 |
| 30 6 2 | 0,40 | 16 | — | 30 | — | 2,4 | — | — | — | 8,10 | 1330 | 530 | 2670 | 4215 x 2815 | 15 | 18 | 1710 | 785 |

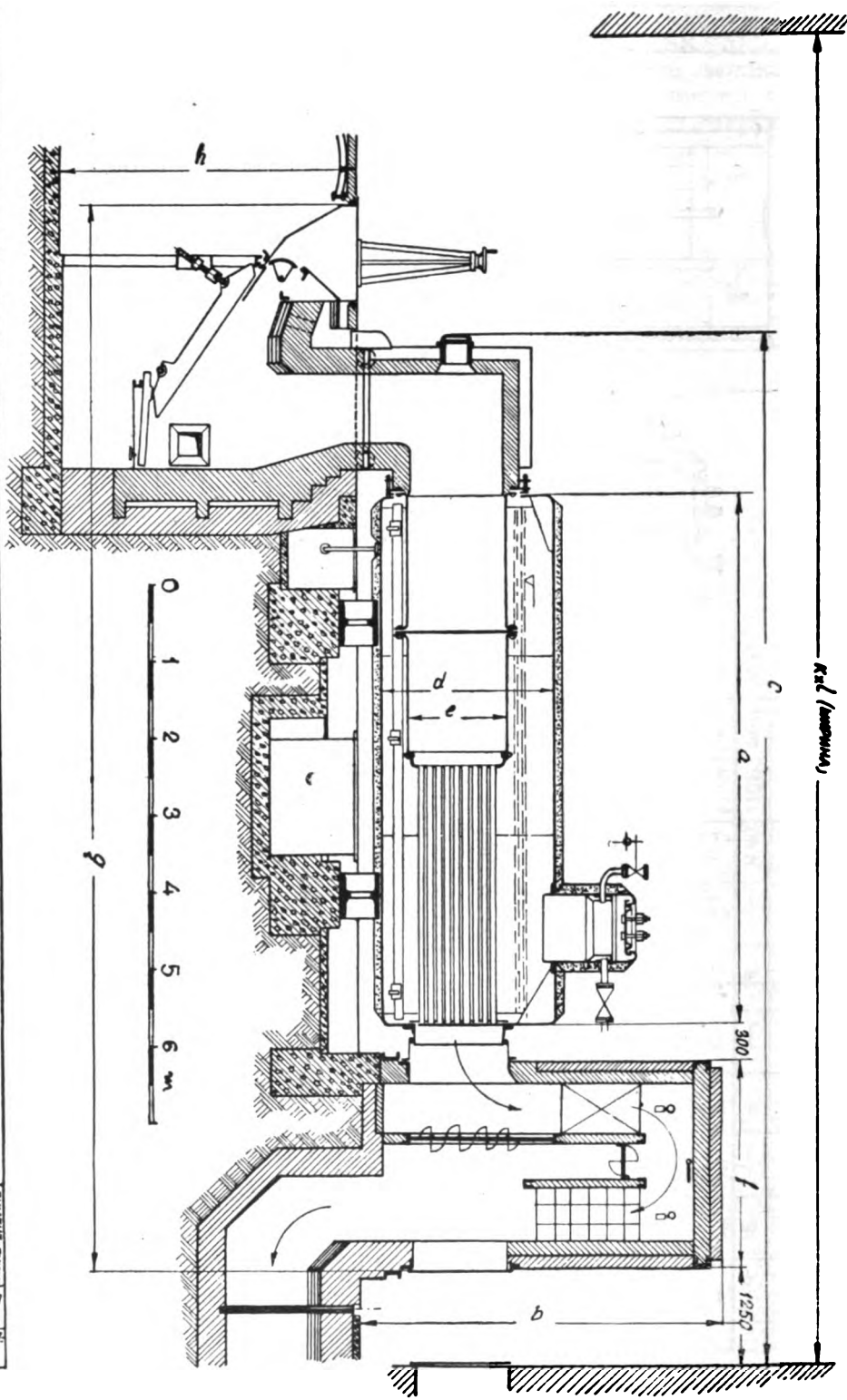
Сл. 61. — Вертикални котло са водогрејним цевима и степенасом решетком — ТПК Загреб



Сл. 62. — Локобилски јкатао са
вагутом решетком Т Р К

| ТИП | производ- на | температура прегреде паре | формана парана | површина прегреда | површина прегреда | површина економиз- атора | површина решетке | тежина укупно | ПРИБЛИЖНЕ ДИМЕНЗИЈЕ | | | | | | | дебљина пара л/мм | температура прегреда паре | висина пара л/мм | висина пара л/мм | | |
|--------|-----------------|---------------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------|------------------|---------------------|------|------|------|------|------|----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|----------|----------|
| | | | | | | | | | а | б | с | д | е | ф | дужина и ширина котаарнице | | | | | | |
| 21-4-3 | 0,60 | — | 35 | 35 | 35 | 35 | 1,5 | 12,5 | 12,5 | 3000 | 7350 | 1500 | 900 | 1520 | 2700 | 125 x 4,75 | 20 | 12 | 20 | 20 ± 0,5 | 50 ± 0,5 |
| 21-4-5 | 1,60 | 280 ± 300 | 35 | 35 ± 40 | 35 | 35 | 2,6 | 25,5 | 5800 | 4650 | 9750 | 2200 | 1300 | 2600 | 3500 | 16,0 x 6,0 | 55 | 12 | 55 | 25 ± 0,7 | 70 ± 0,7 |
| 21-6-5 | 1,60 | 300 ± 320 | 35 | 35 ± 40 | 35 | 35 | 2,6 | 28,5 | 5800 | 4650 | 9750 | 2200 | 1300 | 2600 | 3500 | 16,0 x 6,0 | 55 | 20 | 55 | 25 ± 0,7 | 70 ± 0,7 |

| ТИП | ПРОИЗВОД ПАРЕ | РАДНИ ПРИТИСАК | ТЕМПЕРАТ. ПРЕГРЕЈ. ПАРЕ | НОМН. ГРЕЈНА ПОВРШИНА | ПОВРШНА ПРЕГРЕЈ | ПОВРШНА ЕКОНОМАЗ. | ПОВРШНА СТЕПЕНАСТЕ РЕШЕТКЕ | ПРИВЛИКНИИ ТЕЖИНА СТЕПЕНАСТЕ РЕШЕТКЕ | ПРИВЛИКНИИ ДИМЕНЗИЈЕ | | | | | | | | | | ДИМЕНЗИЈЕ ЗА НАПОДАВАЊЕ | ПОТРЕБНА ПРОМАЗА | ВИСИНА ЗИД. ДИПТАКА И ПОВРШНА | |
|----------|---------------|----------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|-------------------|----------------------------|--------------------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------------|-------------------------|------------------|-------------------------------|-------|
| | | | | | | | | | а | б | в | г | д | е | ж | з | и | к | | | | л |
| -21-43- | 0,60 | 10 | — | 35 | — | ≈ 35 | 2,4 | 13 | 4570 | 3000 | 7350 | 1500 | 900 | 1520 | 8870 | 2565 | 2700 | 12,5 × 4,75 | 20 | 12 | 20-25 | 50-65 |
| -21-4-5- | 1,60 | 10 | 280-300 | 85 | 35-40 | ≈ 85 | 3,0 | 26,5 | 5800 | 4650 | 9750 | 2200 | 1300 | 2600 | 12570 | 3300 | 3500 | 16 × 6 | 55 | 12 | 25-30 | 70-87 |
| -21-6-5- | 1,60 | 16 | 300-320 | 85 | 35-40 | ≈ 85 | 3,8 | 29,5 | 5800 | 4650 | 9750 | 2200 | 1300 | 2600 | 12570 | 3500 | 3500 | 16 × 6 | 55 | 20 | 25-30 | 70-87 |



Сл. 63. — Локобилски котло са степенастом решетком Т Р К

ГЛАВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ КОТЛОВА СК. 51.5,7 и СК. 51.5,8

| ТШ | ПРОИЗВОД ПРЕ | РАДИИ ПРОТРАНИ | ТЕМПЕРАТ ПРЕГРЕД ПРЕ | ТЕМПЕРАТ ВОДЕ НА УЛАЗУ У ЕНО | МОДИН. ГРЕЈНА ПОВРШАНА | ПОВРШНА ПРЕГРЕД- ЦИ | ПОВРШНА ЗАГРЕЈНА ВОДЕ (ЕНО) | ПОВРШНА РЕШЕТКЕ | ВРЕДНОСТ ТЕМПА ГРЕЈАЊА ВЕЛОВА |
|------------|-----------------|-------------------|----------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------------|----------------------------------------|
| -51.5.7/07 | 4.0 | 13 | 350 | 70 | 135 | 10.5 | 90 | 6.5 | 45 |
| -51.5.8/07 | 6.0 | 13 | 350 | 70 | 200 | 25 | 110 | 8 | 55 |

| ТШ | ВРЕДНОСТ КОТЛА m ² | ПУМПА ЗА НАПАЗАЊЕ | | ВЕНТИЛАТОР ЗА ПРОЈАЈУ | | ПРЕДИ ДИМЉАК m | ПРИВЛИЖНЕ ПОГРЕБНЕ МЕРЕ КОТЛАРИЦЕ ДУЖИНА - ШИРИНА - ВИСИНА m |
|------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------|-----------------------------|---------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| | | l/m ² | al ₂ | m ³ /h | mm h.c. | | |
| -51.5.7/07 | 2020 | 135 | 15 | 15000 | 50 | 30x10 | 15 x 7.0 x 10 |
| -51.5.8/07 | 3220 | 200 | 15 | 22500 | 65 | 40x125 | 15 x 7.5 x 10 |

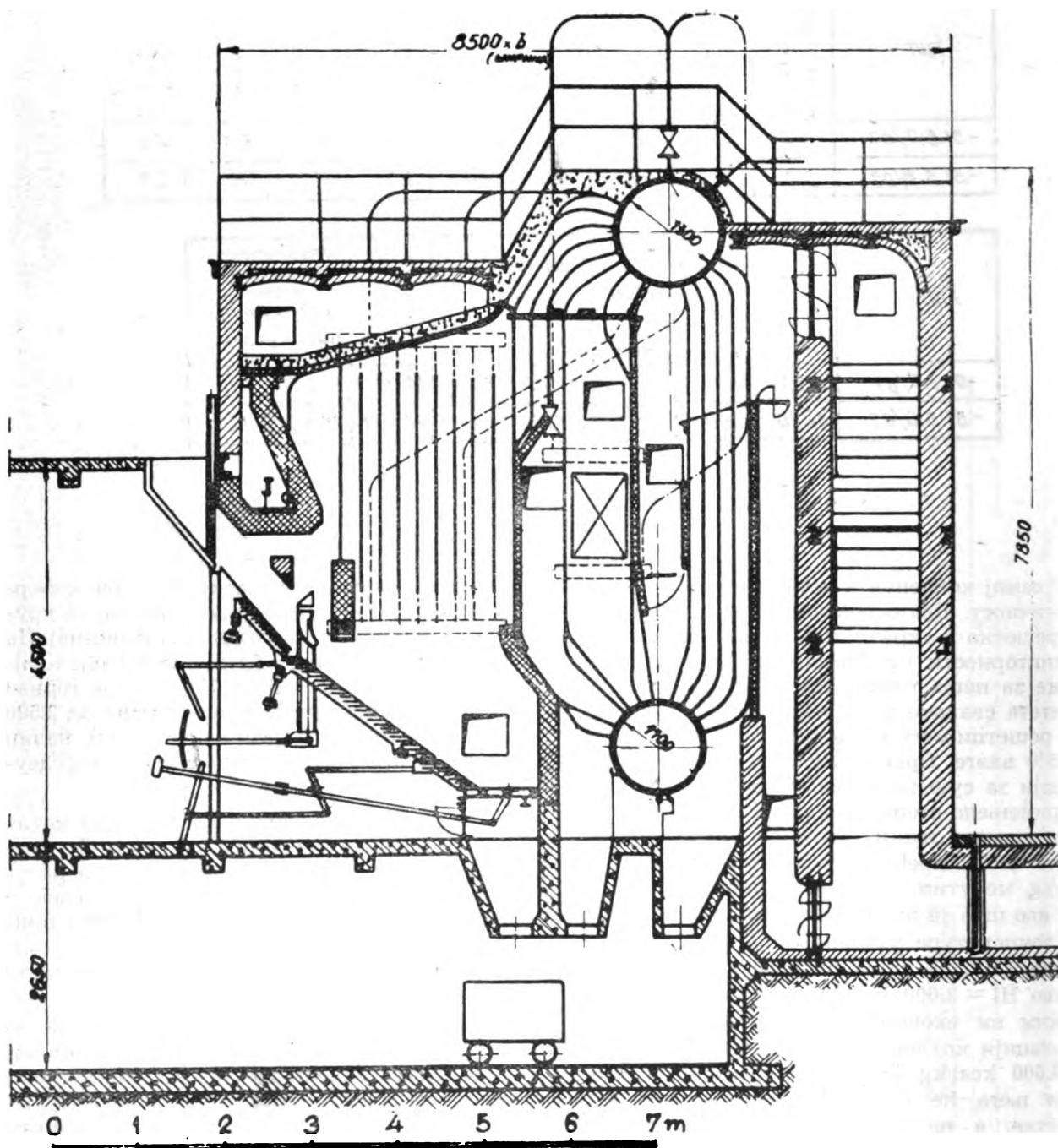
У самој концепцији котла постоји извесна нелогичност. Два основна елемента, степенаста решетка и екранисано ложиште, у контрадикторности су. Примена степенасте решетки за наша горива код котлова овог капацитета свакако да је корисна. На степенастој решетки могу се лако сагоревати угљеви до 25% влаге. Преко овог процента додају се уређаји за сушење угља. Логично је да чим је примењена степенаста решетка у обзир долази примена наших лигнита, чија се калорична моћ креће у границама од 2—3000 kcal/kg, међутим, потпуно екранисано ложиште као што је посматрано, изазваће велики пад температуре у ложишту. Примедба предузећа ТПК да се за овај котло примењује гориво $H_1 = 3.600$ kcal/kg, не одговара техничким ни економским принципима у експлоатацији котлова. За наше прилике гориво 3.600 kcal/kg је релативно високовредно и за њега ће бити ефикаснији други тип решетки, а не степенасте решетки. Према томе решетка овог котла одговара гориву $H_1 = 2—3000$ kcal/kg, а ложишни простор горива од преко 3.000 kcal/kg. Да би се решио овај несклад између решетки и ложишног простора може се приступити реконструкцији овог котла у циљу стварања две коморе за сагоревање. Прва комора у не-

посредној близини решетки била би комора директног сагоревања (неекранисана), а друга комора била би раскладна (екранисана). На овај начин омогућило би се сагоревање горива од 2.500—3.000 kcal/kg. Уколико је гориво услед повећаног процента влаге мање од 2.500 kcal/kg, требало би предвидети неки начин сушења угља у склопу самог котла (предусара).

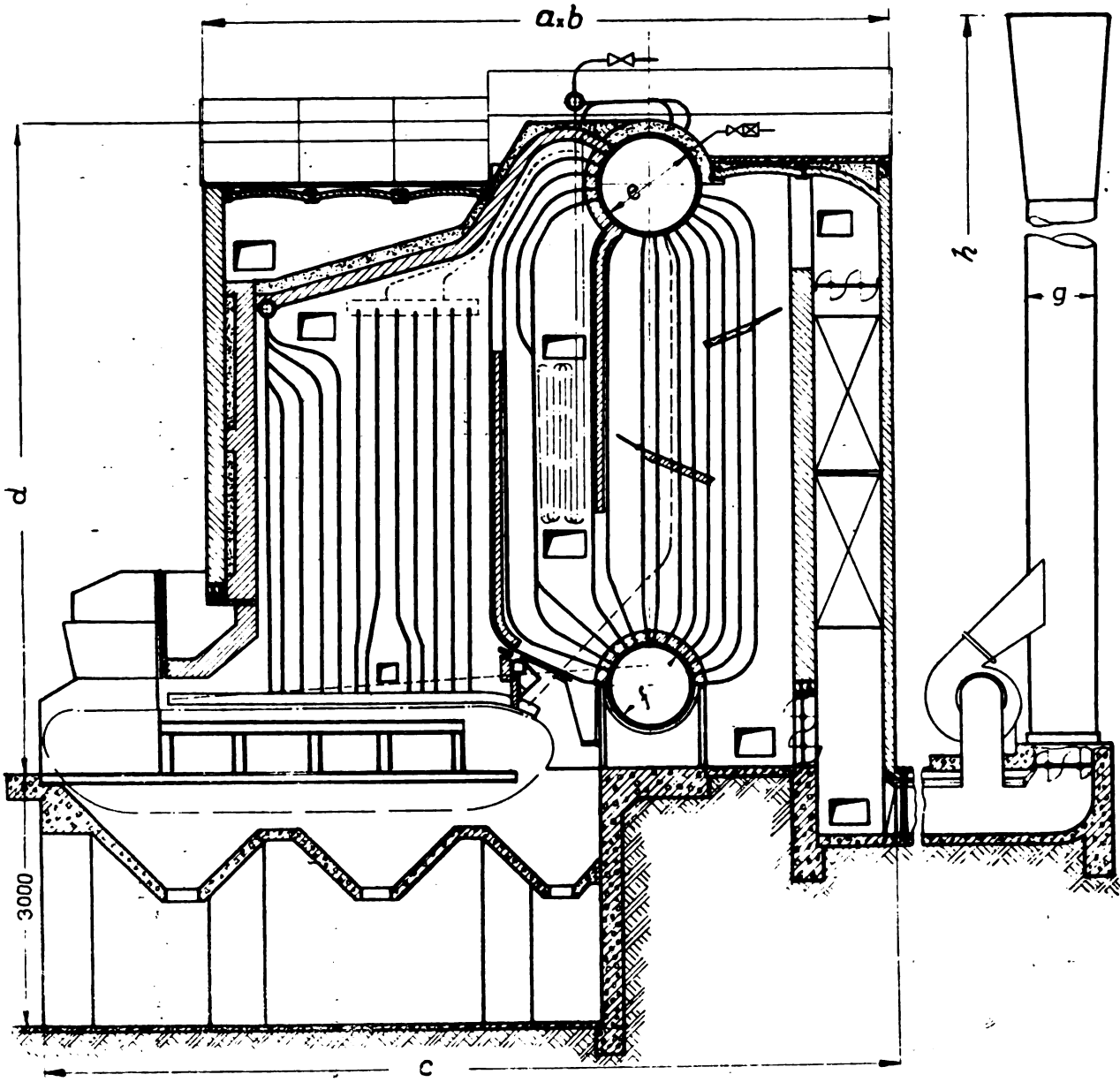
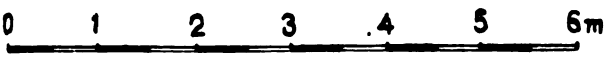
Вероватно да су пројектанти овога котла били под сувише великим утицајем страних концепција и да нису довољно водили рачуна о карактеру наших горива која долазе у обзир за примену у котловима. Општа примедба би била да је конструкција котла компликована и скупа у односу на његов мали капацитет.

Комбинација са пузећом решетком реалнија је и у техничком и у економском погледу. Наша земља располаже већим количинама отпадака сепарације бољих мрких угљева ($H = 3.500—4.000$ kcal/kg), који се могу изгарати са успехом на оваквој решетки.

Поред наведених котлова ТПК производи сериски комбиноване котлове (сл. 66) и припрема производњу шкотских бродских котлова (сл. 68) и комбинованих бродских котлова према пројектима који су израђени у Машино-пројекту у Београду.



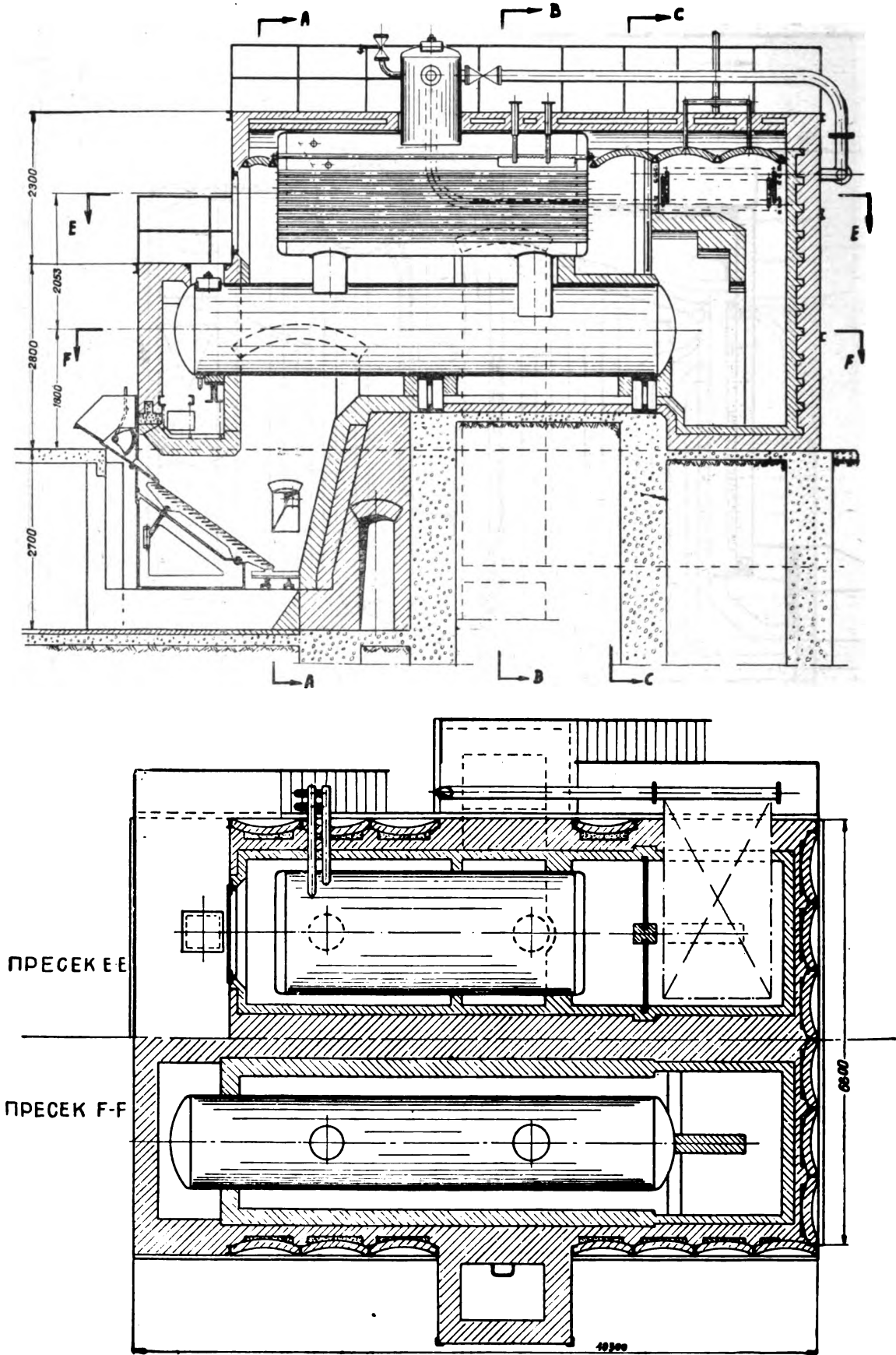
Сл. 64. — Стрмоцевни котло са степенастом решетком



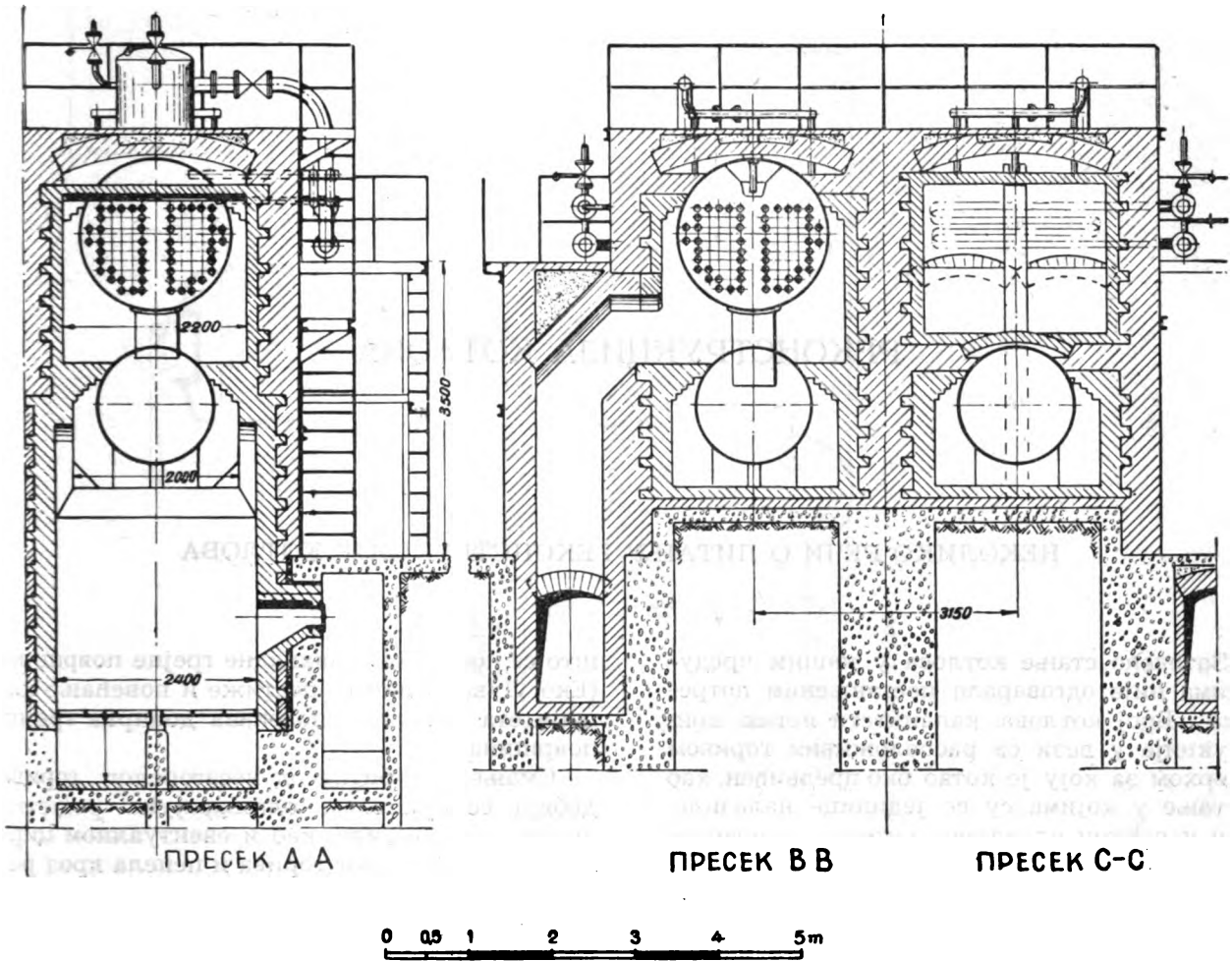
| Тип | ПРОИЗВОДНА ПАРЕ t/h | РАДНИ ПРИТИСАК atm | ТЕМПЕРАТУРА С ПРЕГРЕЈАНЕ ПАРЕ °C | ГРЕЈНА ПОВРШНА m ² | ПОВРШНА ПОВРШНА ПРЕГРЕЈАНА m ² | ПОВРШНА ЗАГРЕЈАЧА ВАЗДУХА m ² | ПОВРШНА РЕШЕТКЕ | | ПРИБЛИЖНА ТЕЖИНА ЖЕЛЕЗНИХ ДЕЛОВА t | ПУМПА ЗА НАПАЈАЊЕ | | ВЕНТИЛАТОР ЗА ПРОМАЈУ | | | |
|--------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|
| | | | | | | | ЛАНЦАНЕ m ² | СТЕПЕНАСТЕ m ² | | КАПАЦИТЕТ l/min | ПРИТИСАК atm | ДОЊА m ³ /min | СИСАЈУЊА mm VS | СИСАЈУЊА m ³ /min | СИСАЈУЊА mm VS |
| 51-5-7 | 40 | 13 | 340-350 | 90+70 | 25-30 | 80 | 5 | 7 | 45 | 135 | 15 | 115 | 90 | 250 | 50 |
| 51-5-8 | 6.0 | 13 | 320-330 | 140+110 | 30-35 | 120 | 7 | 10 | 55 | 200 | 15 | 165 | 90 | 375 | 50 |

| Тип | ПРИБЛИЖНЕ ДИМЕНЗИЈЕ | | | | | | | | ПРИБЛИЖНЕ ПОТРЕБНЕ МЕРЕ КОТЛАРИЦЕ ДУЖИНА x ШИРИНА x ВИСИНА m |
|--------|---------------------|------|------|------|------|------|------|----|--------------------------------------------------------------------|
| | a | b | c | d | e | f | g | h | |
| | mm | mm | mm | mm | φ mm | φ mm | φ m | m | |
| 51-5-7 | 8000 | 2500 | 9800 | 8000 | 1300 | 1000 | 1,00 | 30 | 15x70x10 |
| 51-5-8 | 8000 | 3000 | 9800 | 8000 | 1300 | 1000 | 1,25 | 40 | 15x7,5x10 |

Сл. 65. — Стрмоцевни котло со ланчаном решетком Т Р К



Сл. 66. — Тишбајн котло Т Р К — $D_1 = 2500 \text{ kg/h}$, $A_k = 150 \text{ m}^2$, $A_s = 21 \text{ m}^2$, $t_s = 300^\circ \text{ C}$, $A_R = 6 \text{ m}^2$.



Сл. 67. — Тишбаја котло Т Р К

РЕКОНСТРУКЦИЈА КОТЛОВА

НЕКОЛИКО РЕЧИ О ПИТАЊУ РЕКОНСТРУКЦИЈЕ КОТЛОВА

Затечено стање котлова у нашим предузећима није одговарало постављеним потребама. Број котлова, капацитети истих, конструкција у вези са расположивим горивом и сврхом за коју је котао био предвиђен, као и стање у којима су се јединице налазиле, нису у већини случајева одговарали новопостављеним условима.

Са економске тачке гледишта, није се могло увек приступити решавању проблема набавком новог котла, пошто је то засада везано, делимично или у потпуности, са увозом.

Реконструкција котла је, са економске тачке гледишта, тада и дотле оправдана, док се њом врши уштеда девиза, тј. она ће бити од мањег значаја када се наша котловска индустрија осамостали и када буде њен капацитет довољан. У том стадијуму реконструкције ће имати смисла само ако се њима добију сличне карактеристике као и набавком новог котла.

Са техничке стране, реконструкција се врши у следеће сврхе:

- 1) Повећање степена искоришћења котла.
- 2) Могућност примене расположивих горива.
- 3) Повећање капацитета котла.
- 4) Промена неких карактеристика (прегрејаност, циркулација, еластичност, акумулациона способност).

Побољшање степена искоришћења постиже се смањењем губитака. Губитак у излазним гасовима смањује се на тај начин

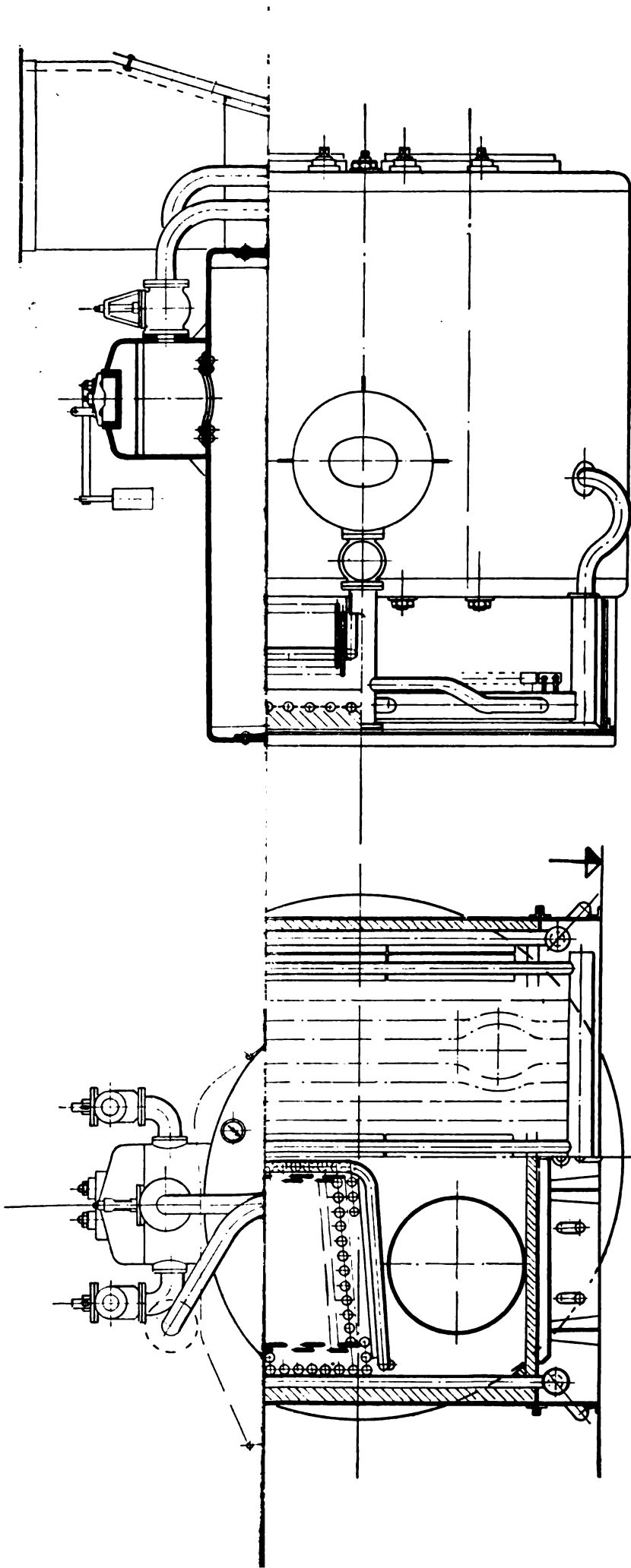
што се постављају накнадне грејне површине (Еко, Луво). Овим се постиже и повећање капацитета пошто се повећава додирна грејна површина.

Смањење губитка од несагорелог горива добија се применом одговарајуће решетке према датом гориву, као и евентуалном циркулацијом пропалог горива и пепела кроз решетку.

Прилагођавањем облика и величине ложишног простора (виорење, сводови за сушење, паљење, догоревање и рефлексција, остварење времена потребног за потпуно сагоревање, загрејан ваздух повећава t_1) добија се побољшање степена искоришћења ложишта и ствара могућност повећања капацитета.

Савремено стање техничке изградње котлова поставља израду котла према гориву а не избор горива према котлу. Овај услов се може задовољити ако се при реконструкцији води рачуна о избору начина ложења (слој, прах, комбиновано) и у правилном усвајању типа решетке као и раније назначеног облика величине ложишног простора.

Повећање капацитета се врши усвајањем потребних димензија решетке и ложишног простора, како би се омогућило правилно сагоревање добивене количине горива V , тј. ослобођење количине топлоте V, H потребне за постављену продукцију паре D_1 . При оваквом повећању треба водити рачуна о могућностима циркулације (побољшање циркулације циркулационим цевима и евентуалним укључењем нових циркулационих кола) и о



Сл. 69. - Комбинирана бродска котла

потребној грејној површини за пријем у ложишту развијене количине топлоте (повећање озрачене површине померањем гасне преграде, екранисањем, увођење накнадних грејних површина чија је величина умногоме ограничена са t).

Обично је повећање продукције процентуално веће но повећање садржаја воде, те се добија котло са малим садржајем воде а ве-

ћом еластичношћу. Попречно постављени добош поред побољшања сувоће паре, доприноси циркулацији и омогућује укључивање нових грејних површина (реконструкција котла Ganz, варијанта 5). Повећањем A_s или смањењем броја редова цеви у секцији (ово се смањење врши и ради смањења количине топлоте јаким екранисањем) добија се веће t_s .

ПРОБЛЕМ РЕКОНСТРУКЦИЈЕ КОТЛА B & W, $A_K = 300 \text{ m}^2$

Октобра месеца 1948 године у једном предузећу требало је да се пусти у погон котло

следећих карактеристика:

| | |
|------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Фабрикат | Babcock & Wilcock |
| Година градње | 1917 |
| Фабрички број | 1190 |
| Тип котла | секциони са водогрејним цевим |
| Радни притисак | $p_k = 13 \text{ atü}$ |
| Температура прегрејане паре | $t_s = 320 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| Температура воде за напајање | $t_a = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| Грејна површина котла | $A_k = 300 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина прегрејача | $A_s = 70 \text{ m}^2$ |
| Површина решетке | $A_r = 10 \text{ m}^2$ |
| Запремина ложишног простора | $V_r = 18,56 \text{ m}^3$ |
| Калорично оптерећење решетке | $Q/A_r = 631,368 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ |
| Килограмско оптерећење решетке | $B_1/A_r = 177,6 \text{ kg/m}^2\text{h}$ |
| Сатна потрошња горива | $B_1 = 1776 \text{ kg/h}$ |
| Оптерећење ложишног простора | $Q/V_r = 340,000 \text{ kcal/m}^3\text{h}$ |
| Ложиште нехлађено | |
| Пречник водогрејних цеви | $\varnothing 102/94,5 \text{ mm}$ |
| Број водогрејних цеви | 144 комада |
| Пречник добоша | 1400 mm |
| Дужина добоша | 7100 mm |
| Број реди водогрејних цеви | 9 |
| У сваком реду | 16 |

Уговором загарантоване величине

| | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Производња паре | $D_1 = 6 \text{ t/h}$ |
| Коефицијент искоришћења | $\eta_k = 70\%$ |
| Доња топлотна моћ горива | 3500 kcal/kg |
| Сортиман горива | 5—15 mm |
| Испарење | $D_1/B_1 = 3,32$ |
| Специфична производња паре | $D_1/A_k = 20 \text{ kg/m}^2\text{h}$ |

Приликом пробног пуштања котла у погон установљена је чињеница да котло није могао да дође до нормалног притиска а ни приближно да задовољи уговором предвиђене услове.

После овога, позвана је комисија, која је дала следеће мишљење:

1) Парни котло бр. 1190 систем Babcock & Wilcock, није тако монтиран да би могао гарантовати производњу паре од 6.000 kg/h .

2) Овај парни котло није у стању да даје непрекидно ни минимално оптерећење, и то зато што решетка не може да функционише правилно а из следећих разлога:

а) Услед тога што између ивице решетке и бочног зида остаје међупростор кроз који пропада гориво и улази погрешан ваздух.

б) Угаљ који пропада кроз међупростор са пепелом и шљаком пада на вођице и ствара тиме отпор и сметње за кретање ланчане решетке.

в) Целокупан простор испод решетке слободан је, услед чега се не може регулисати сагоревање на појединим деловима решетке.

г) Према спољним знацима изгледа да вођице нису избалансиране, услед чега се јављајугибања траверза на којима су смештени штапови.

д) Прегледом стања доводних канала за дување ваздуха испод решетке, примећено је да су исти изведени нестручно, јер немају уређење за могућност регулисања.

3) Услед мале висине ложишног простора, кубатура истога је недовољна с обзиром на предвиђену ниску вредност угља.

4) Због слабе калоричне вредности угља килограмско оптерећење решетке је превелико; исто би се могло постићи са добрим грашастим угљем на беспрекорној покретној решетки са зонама.

5) На предњем зиду ложишта доњи део секционих комора нема шамотне заштите, због тога би могло доћи до квара, како на фалцу цеви, тако и на самим секционим коморама.

6) Код задњих спојних цеви мора настати гушење излазних гасова услед премалог слободног пресека, који износи у овом случају $0,86 \text{ m}^2$. Са таквим пресеком и температуром излазних гасова од $t=400^\circ\text{C}$, добијамо код гарантованог испарења брзину гасова $v=11,5 \text{ m/sec}$, што је претерано.

7) После монтаже економајзера имали би димни гасови на ушћу димњака температуру од око $t=200^\circ\text{C}$.

За гарантовано испарење пречник димњака би требао да буде $d=1250 \text{ mm}$; треба напоменути, да при раду без економајзера, ово би се стање у великој мери погоршало и потребан пречник би се знатно повећао.

Комисиски закључак

На основу горе изложеног, комисија је била мишљења да се котло може ставити у погон по извршењу следећих реконструкција:

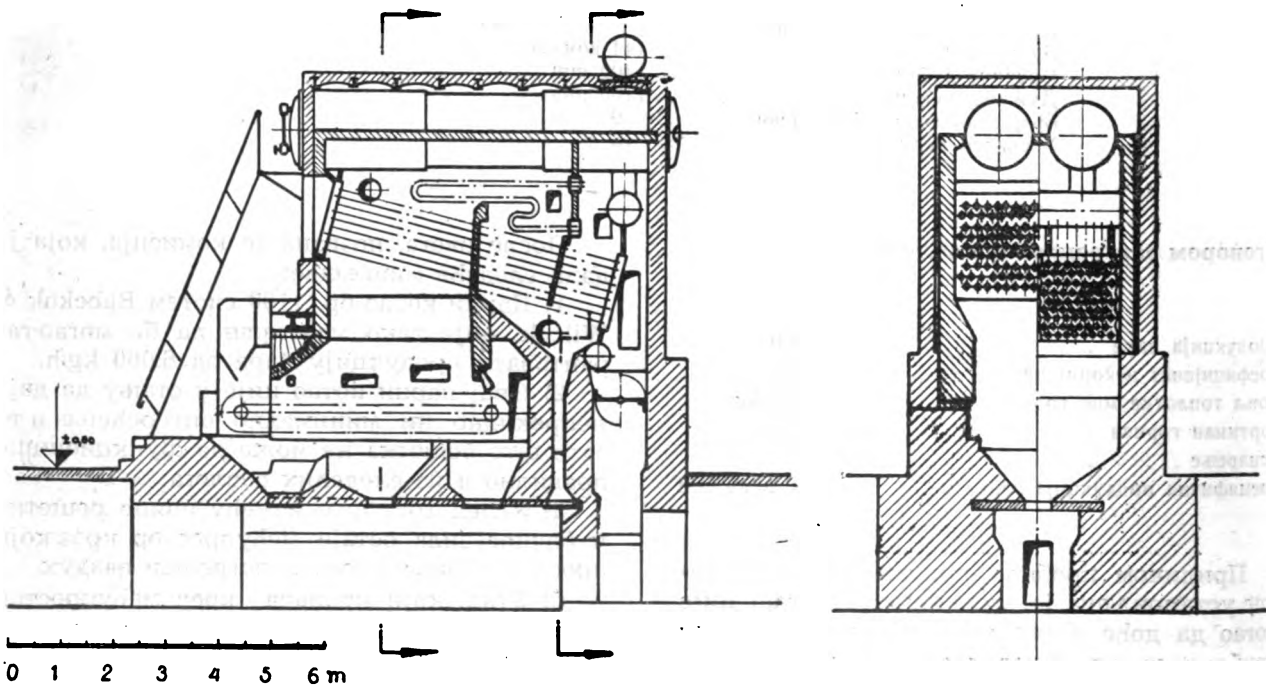
а) Увођење зонског сагоревања помоћу три зоне за довод ваздуха. Уграђивање штитника на бочним зидовима дуж решетке, увођење заштите вођица и точкића од горива и шљаке. Да би се ово извршило потребно је извршити генералну ревизију решетке.

б) Да би се постигло предвиђено испарење по уговору, потребно би било повећати ложишни простор, и то по прорачуну који би у том случају дошао у обзир.

в) С обзиром на појаву повећаних отпора у озиду котла, у каналима и димњаку, треба предвидети вештачку сисајућу промају, а све то према прорачуну који долази у обзир код оптерећења од 6000 kg/h .

г) Шамотне преграде за спровод димних гасова у снопу цеви монтиране су нестручно и само замазане шамотним малтером. На тај начин гасови се крећу неправилно.

Приложена скица приказује котло како је првобитно монтиран.



Сл. 70. — Секциони котло В & W пре реконструкције — $D_1 - 6 \text{ t/h}$, $p_k - 13 \text{ ат}$, $t_s - 320^\circ\text{C}$

I модификација

После детаљне студије целог проблема и извршених прорачуна донет је закључак да би се котао могао пустити у погон, с тим да задовољи уговором предвиђеним захтевима, по извршењу следећих радова:

- 1) Довођење примарног ваздуха помоћу 4 зоне.
- 2) Генерална оправка и контрола ланца решетке.
- 3) Отклањање пропадања горива и пепела помоћу заштитних плоча.
- 4) Извођење шамотне заштите предњег дела секционе коморе од утицаја врелих гасова.
- 5) Презиђивање обе преграде за давање правца продукцијом сагоревања, уколико није могуће постићи њихову херметичност и чврстоћу без презиђивања.
- 6) Проширење критичног пресека иза горњег попречног добоша, штемовањем задњег зида за 10 mm, по целој ширини зида, а у појасу од 150 mm.
- 7) Постављање економајзера са огревном површином око 300 m² да би се повећала додирна грејна површина котла и на тај начин искоришћењем топлоте излазних гасова, повећао степен искоришћења котла, а с тим за предвиђену продукцију паре смањила сатна потрошња горива и уједно смањило топлотно оптерећење ложишног простора, као и килограмско и топлотно оптерећење решетке.

8) Постављање ексхаустора ради постизања потребног узгона и повећања протока кроз димњак, пошто би зидање новог димњака потребних димензија практично било неизводљиво.

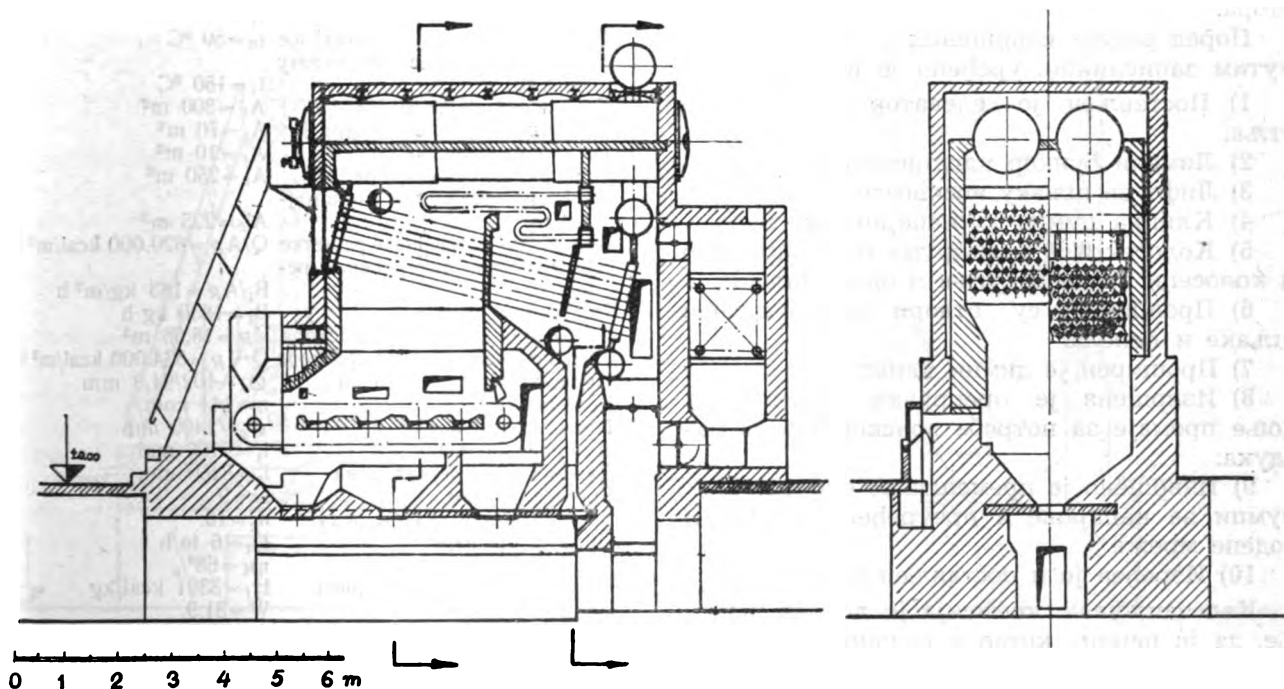
9) Коришћење кондензата за напајање котла, ради повећања t_a , тј. смањења B_1 .

10) Евентуално предгревање воде за напајање.

11) Постављање пригушних клапни на вентилатору за доњу промају и ексхаустору ради регулисања удубавања ваздуха и сисања продуката сагоревања.

12) Извођење повећања запремине ложишног простора подизањем висине истога, захтевало би понављање око 70% досада већ изведених радова на котлу. У случају повећања висине ложишног простора, потребно би било повећати и висину зграде; све би ово претстављало велике материјалне издатке, а захтевало би дужи временски период за извођење без гаранције да би било то за овај случај оптимално решење.

13) Променом квалитета уговореног угља, тј. усвајањем крупнијег сортимана 15—30 mm (већа топлотна моћ, мање влаге и пепела, нижа тачка паљења) избегле би се у извесној мери незгоде услед неправилног облика ложишног простора (непостојање довољног свода за сушење, дестилацију и паљење).



Сл. 71. — Садашње стање секционог котла В & W (варијанта I) — D_1 — 6 t/h, p_k — 13 atü, t_s — 320°C

14) Уколико дође до високих температура у ложишту и до опасности за топљење шљаке, конструктивних препрека нема да се уведе хлађење решетке помоћу паре. Довод паре би се извршио помоћу перфорираних цеви кроз зоне, са могућношћу регулације по зонама.

Пре примене хлађења решетке паром, што је са термичке стране неповољно, требало би применити гориво са вишом температуром топљења шљаке.

15) Омекшавање воде за напајање котла.

У току реконструкције, све наведене тачке осим тачке 12 су испуњене, као што се види из приложене скице.

Приликом вршења пробе, комисија за пријем котла дала је следеће мишљење:

На дан 25 октобра 1949 год. у 8 сати састали су се чланови комисије ради констатације извршених радова на парном котлу В & W бр. 1190 и ради пријема истога.

Котао је затечен у погону са оптерећењем од 6 t/h. Гориво је било састављено од ситног ресавског непраног угља 0—1.5 mm, са количином прашине (испод један милиметар) од 50% и алексиначког непраног угља 0—30 mm са количином прашине 50%. По садржини мешавина је примењена у односу 1 : 1.

При прегледу комисија се уверила да је извршена реконструкција по свим тачкама записника од 4. XI. 1948 године, сем тачке 12 која се односи на повећање ложишног простора.

Поред радова извршених у вези са поменим записником, уређено је и следеће:

- 1) Постављен је елеватор за подизање угља.
- 2) Лимени бункер капацитета 10 тона.
- 3) Лифт за шљаку носивости 3 тоне.
- 4) Клипна пумпа за напајање котла.
- 5) Колосек 0,60 у подруму пепеларе, као и колосеци за довоз угља и одвоз шљаке.
- 6) Проширени су отвори за испуштање шљаке и пепела.
- 7) Проширен је димни канал.
- 8) Извршена је преправка вентилатора доње промаје за потребе зонског довода ваздуха.
- 9) Извршено је премештање електричних пумпи за напајање и преуређење парне и водене мреже.
- 10) Израђен је и постављен експаустор.

Као закључак, комисија је донела решење, да је парни котао у садашњем стању способан за рад и да задовољава раније уговором постављене услове.

Разне могућности реконструкције котла у В & W бр. 1190

Горњи котао могао је бити реконструисан на више начина, у зависности од услова које би требало да испуњава и од горива које би се користило.

Навешћемо и укратко описати шест модификација које би дошле у обзир за извођење:

I модификација

Ово је реконструкција која је изведена; тј. стање у коме се котао данас налази.

С обзиром да су радови приликом монтаже овог котла у рђавом правцу пошлци, а како је требало што пре котао пустити у погон, нису могли да се предузму темељни радови за реконструкцију, већ је био циљ што пре оспособити котао за рад. Тако је добиен котао који задовољава потребе овога предузећа

КАРАКТЕРИСТИКЕ ИЗВЕДЕНЕ МОДИФИКАЦИЈЕ (I)

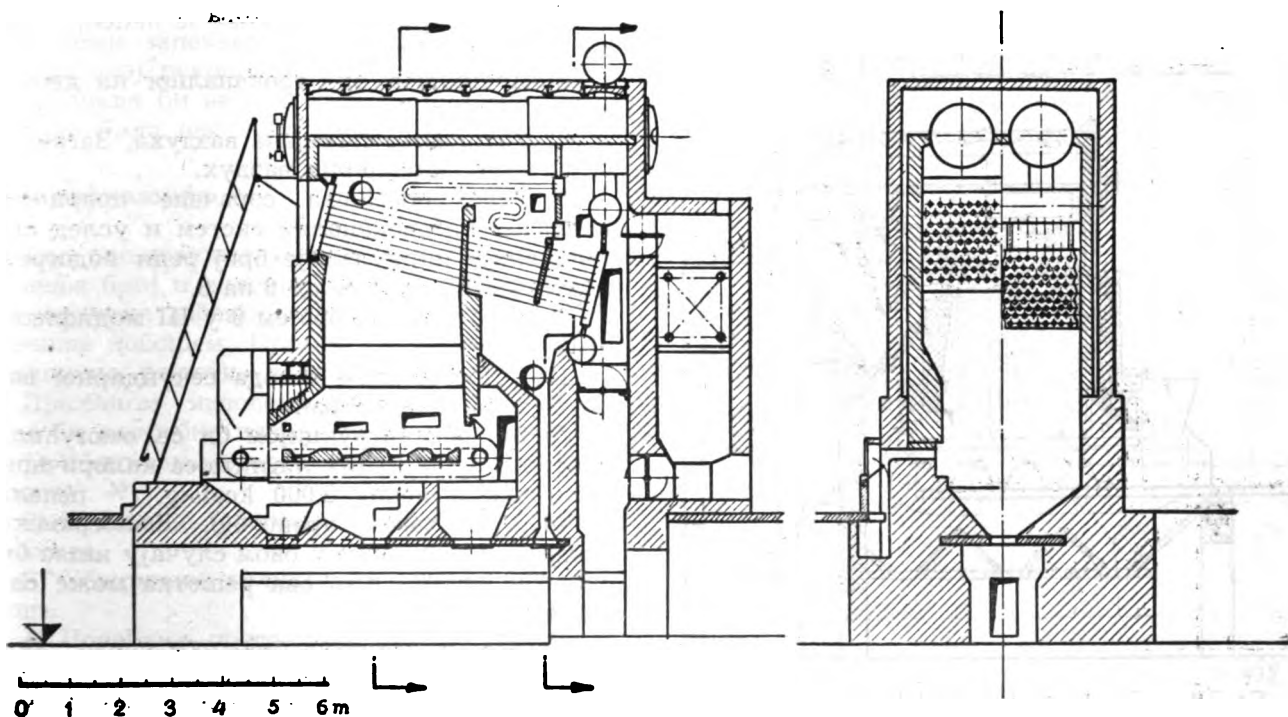
| | |
|-----------------------------------|----------------------------------------------|
| Фабрика | Babcock et Wilcock |
| Година градње | 1917/49 |
| Фабрични број | 1190 |
| Тип котла | секциони са водогрејним цевима |
| Тип решетке | лањана Gefia |
| Радни притисак | $p_k = 13 \text{ at}$ |
| Прегрејаност паре | $t_s = 320 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| Температуре воде за напајање | $t_a = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| Температура воде на излазу из Еко | $t_i = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| Грејна површина котла | $A_k = 300 \text{ m}^2$ |
| Површина прегрејача паре | $A_s = 70 \text{ m}^2$ |
| Површина решетке | $A_r = 10 \text{ m}^2$ |
| Површина економајзера | $A_e = 250 \text{ m}^2$ |
| Изведена површина економајзера | $A'_e = 225 \text{ m}^2$ |
| Калориско оптерећење решетке | $Q/A_R = 620.000 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}$ |
| Килограмско оптерећење решетке | $B_1/A_R = 183 \text{ kg/m}^2 \text{ h}$ |
| Потрошња горива | $B_1 = 1830 \text{ kg/h}$ |
| Запремина ложишног простора | $V_R = 18,56 \text{ m}^3$ |
| Оптерећење ложишног простора | $Q/V_R = 334.000 \text{ kcal/m}^3 \text{ h}$ |
| Пречник водогрејне цеви | $\varnothing_1 = 102/94,5 \text{ mm}$ |
| Број цеви | $n = 144 \text{ ком.}$ |
| Пречник добоша | $\varnothing_2 = 1400 \text{ mm}$ |
| Дужина добоша | $l_1 = 7100 \text{ mm}$ |
| Дужина водогрејних цеви | $l_2 = 5450 \text{ mm}$ |
| Број реди цеви | $N = 9$ |
| Број комада у сваком реду | $n_2 = 16$ |
| Произукција паре | $D_1 = 6 \text{ to/h}$ |
| Искоришћење котла | $\eta_K = 68\%$ |
| Доња топлотна моћ горива | $H_i = 3391 \text{ kcal/kg}$ |
| Процент воде | $W = 31,9$ |
| Процент пепела | $A = 25,2$ |
| Сортиман горива | $S = O - 30 \text{ mm}$ |
| Испарење | $D_1/B_1 = 3,28 \text{ kg/kg}$ |
| Оптерећење грејне површине | $D_1/A_K = 20 \text{ kg/m}^2 \text{ h}$ |

Једна од великих грешака приликом ове монтаже је постављање пепељаре испод котле 0, тј. постављање пепељаре у подруму. Ово захтева извлачење пепела и шљаке помоћу вагонета на коту 0 и ствара неповољне хигијенске услове за рад у одељењу за пепео и шљаку. Требало је предвидети тако да наведено одељење буде на коту 0 тј. да се на томе нивоу креће вагонет за шљаку. Ово није могло да се спроведе, пошто је зграда била већ сазидаана, а и котло озидан, тако да би се морала зграда повишавати а данашња пепељара затрпавати, а исто тако цео котло поново демонтирати. Према томе, то би било уствари започињање целог посла изнова. Прва грешка у изградњи ове котларнице, била је у давању несавременог програма, архитекти — пројектанту ове зграде. Ово се огледа поред пепељаре подрума и у томе што није предвиђен армирано-бетонски бункер за резерву горива, као и место за допрему угља и отпрему шљаке. Конструкција зграде није могла да дозволи постављање већег (накнадно постављање) армирано-бетонског бункера, већ се прибегло решењу проблема помоћу једног мањег лименог бункера. Овај бункер не одговара по свом капацитету потребама нормалног погона, јер омогућује резерву за свега 6 сати рада под пуним оптерећењем. Резерва би требало да буде за најмање 16 сати рада (норма за котларнице индустриског типа).

II модификација

Код овог решења подигла би се зграда са извлачењем пепела и шљаке на 0 коту. Механизација довоза угља била би са вагонетом који би се подизао помоћу крана из простора за пепео и извртао у проширени левак котла. Могли би се применити и армирано-бетонски бункери, за које сматрамо да у овом случају, котларнице малог капацитета, не би били рационални. Армирано-бетонски бункери поскупљују конструкцију зграде. Механизација допреме угља помоћу вагонета и проширених котловских левкова (проширени левак обично садржи горива за рад од 2—3 сата) је врло проста у конструктивном погледу и не даје могућност чешћих и већих кварова, као што је то случај код елеватора и других транспортера. Код данашњег начина извођења котларнице овај начин није могао бити примењен, пошто на згради нису предвиђени стубови за покретан кран.

У конструктивном погледу реконструкција би се разликовала од изведене утолико што би висина ложишног простора била повећана за један метар, те би запремина ложишног простора одговарала за продукцију паре од 8 t/h. Поред повећане продукције овим начином би се постигао и бољи степен искоришћења постројења (види приложени скицу реконструкције).



Сл. 72. — Секциони котло В & W (варијанта II) — D_1 — 8 t/h, p_k — 13 atü, t_s — 350° C

III модификација

Ова модификација би претстављала обимније радове, али би се с друге стране добио удвостручени капацитет.

Подизање котларнице за ову модификацију извршило би се као код модификације II са том разликом што би се применили армирано-бетонски бункери за угаљ.

Реконструкција би се састојала углавном из следећих радова:

1) Промена решетке — убацивање Бродске пузеће решетке (Б Б — KSG).

2) Повећање запремине ложишног простора.

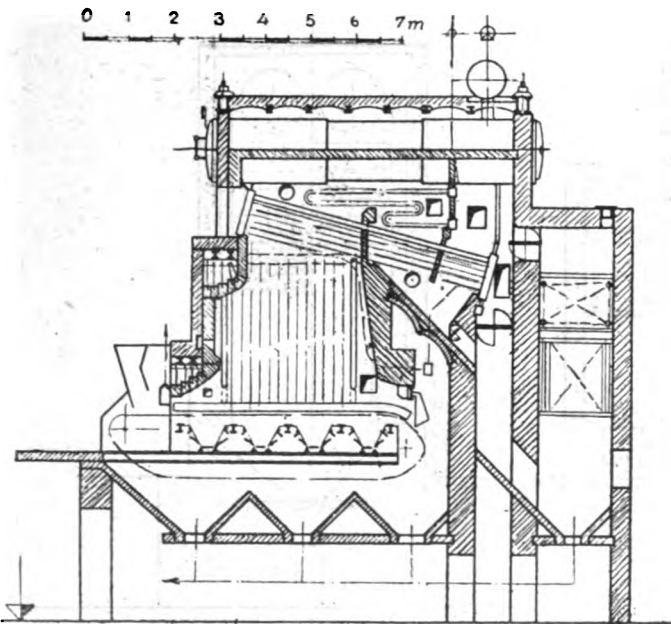
3) Продужавање свода за сушење и убацивање свода за паљење тешких угљоводоника.

4) Екранисање бочних страна ложишног простора, екранима који полазе од хладеће греде до колектора у висини прве водогрејне цеви. Задња страна ложишног простора екранисала би се спуштеним првим редом водогрејних цеви.

5) Екранисањем је повећана озрачена грејна површина која има веће специфично топлотно оптерећење, те је стога потребно смањити додирну грејну површину; број редова водогрејних цеви смањује се од 9 на 6.

6) Повећање прегрејача.

7) Реконструкција левкова за пепео, шљаку и летећи пепео.



Сл. 73. — Секциони котло В & W (варијанта III)
 $D_1 - 12 \text{ t/h}$, $p_k - 13 \text{ atü}$, $t_s - 360^\circ \text{ C}$

8) Убацивање загрејача ваздуха. Загревао би се само секундарни ваздух.

9) Избацивање добоша за таложење и цилиндара између секција и добоша и убацивање цеви ради везивања секција са добошима.

10) Измена преграда за ток гасова.

На овај начин добио би се котло двоструке продукције но што је била предвиђена за такав котло. Са примењеном решетком могло би се користити лоше гориво по квалитету и сортиману. Ова решетка је предвиђена за сортиман 2—8 mm (0—2 максимум 20%, 2—5 40%, 5—10 40%). По сортиману највише би одговарало гориво од 5—8 mm. Као најнижа вредност за калоричну моћ горива, које се може сагоревати на овој решетци, је гориво од 3300 калорија (као максималан проценат влаге за ову решетку био би 20, а максималан проценат пепела 25).

IV модификација

Карактеристика ове модификације је примена каскадне решетке, да би се могао користити као гориво најлошији лигнит. При овој реконструкцији потребно би било извршити следеће радове:

1) Убацивање каскадне решетке.

2) Повећање и измена облика ложишног простора.

3) Убацивање великог предњег и задњег свода.

4) Повећање прегрејача.

5) Реконструкција левкова за пепео, шљаку и летећи пепео.

6) Преградња од троканалног на двоканални систем.

7) Убацивање загрејача ваздуха. Загревао би се само секундарни ваздух.

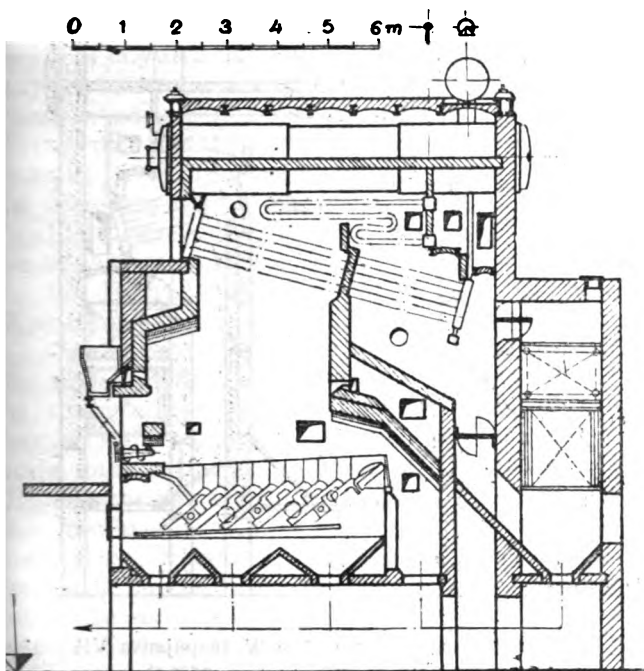
8) Услед повећања озрачене површине прелазом на двоканални систем и услед интензивније циркулације број реди водогрејних цеви смањује се од 9 на 6.

9) Исто као под бројем 9 у III модификацији.

10) Постављање довода секундарног ваздуха и са задње стране.

Овом реконструкцијом би се омогућила употреба врло лоших лигнита са калоричном моћи чак и испод 2.000 kcal/kg. (% пепела до 40, а % влаге и преко 40). Килограмско оптерећење решетке у овом случају ишло би око 600 kg/m²h, што ова решетка може саавладати.

Ложишни простор није екранисан због тога што наши лигнити садрже велики проценат тешко запаљивих угљоводоника (висока температура паљења) а и услед великог



Сл. 74. — Секциони котло В & W (варијанта IV)
 $D_1 - 9 \text{ t/h}$, $p_k - 13 \text{ atü}$, $t_s - 350^\circ \text{ C}$

процента влаге и високог λ , ложиште не сме да буде хлађено екранима, како би се створила што већа температура у њему. Опасност да се запече гориво не постоји, пошто је тачка топљења наших лигнита обично око 1150°C , а и каскадна решетка својим покретима ломи запечену шљаку.

При овој реконструкцији, која је обимна и захтевала би велике инвестиције, продукција би била око 9 t/h паре.

V модификација

Код ове реконструкције је битно то што се мења број и положај добоша. Досадашња два уздужна добоша замењују се једним попречним добошем. Примењује се степенаста механичка решетка за лигнит.

Приликом извођења ове реконструкције било би потребно извршити следеће радове:

- 1) Убацивање степенасте решетке (на колицима).
- 2) Повећање и измена облика ложишног простора.
- 3) Убацивање великог предњег и задњег свода.
- 4) Повећање прегрејача.
- 5) Реконструкција левкова за пепео, шљаку и летећи пепео.
- 6) Преградња од троканалног на двоканални систем.

7) Постављање економајзера и бајпаса испод другог канала.

8) Исто као код IV модификације.

9) Исто као код II и IV модификације.

10) Промена положаја добоша и избацивање једнога добоша.

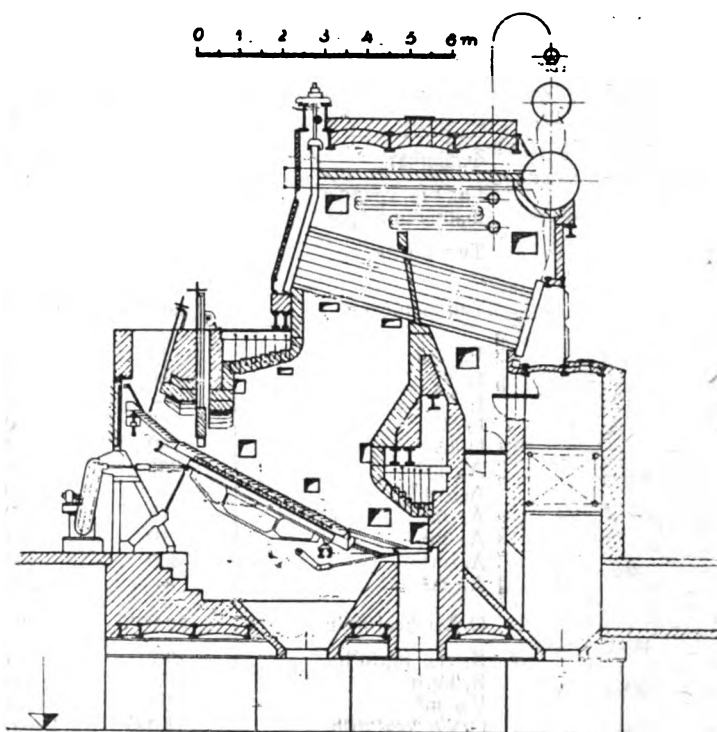
11) Спајање попречно постављеног добоша са предњом секцијом.

12) Продужавање предње секције ради прикључка са цевима које везују са добошем.

Ова реконструкција захтева такође велике радове. Мишљења смо да би ефикаснија била претходна реконструкција.

Као предност ове реконструкције могла би се навести: повећана еластичност, циркулација, сувоћа паре и могућност укључивања нових грејних површина по ширини котла.

Негативна страна ове реконструкције је што је скопчана са великим радовима и бушењем рупа на добошу.



Сл. 75. — Секциони котло В & W (варијанта V)
 $D_1 - 9 \text{ t/h}$, $p_k - 13 \text{ atü}$, $t_s - 350^\circ \text{ C}$

VI модификација

Ово решење претставља реконструкцију у циљу коришћења угљеног праха. Ради спровођења реконструкције потребно би било да се изврше следећи радови:

1) Озиђавање ложишног простора нормалног типа, за угљени прах са чврстом шљаком.

2) Екранисање бочних зидова ложишног простора — доњи колектор екрана везује се са воденим простором добоша, а горњи колектор екрана са парним простором истога.

3) Постављају се један или два млина за индивидуално млевење (Кремеров млин).

4) Повећање прегрејача.

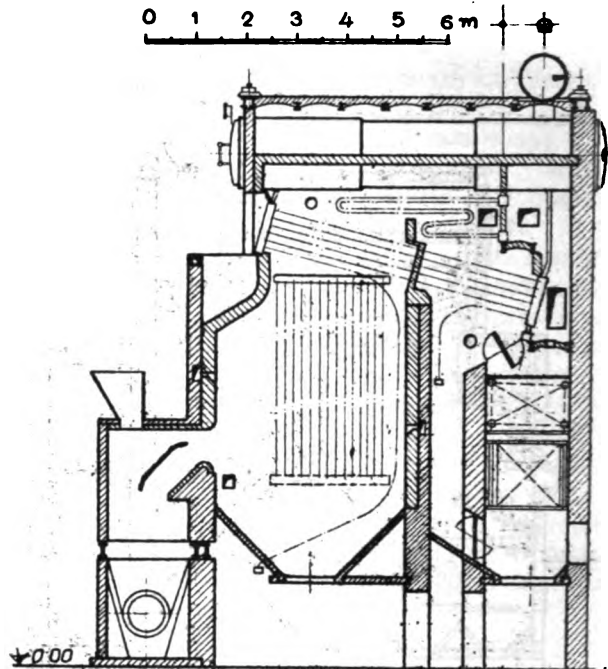
5) Реконструкција левкова за пепео.

6) Преградња од троканалног на двоканални систем.

7) Постављање економајзера, загрејача ваздуха и бајпаса испод другог канала.

8) Услед повећања озрачене површине јаким бочним и задњим екранима потребно је смањити додирну грејну површину, смањењем броја редова водогрејних цеви од 9 на 6.

9) Исто као и код III, IV и V модификације.



Сл. 76. — Секциони котло В & W (варијанта VI)
 $D_1 - 12 \text{ t/h}$, $p_k - 13 \text{ ат}$, $t_s - 350^\circ \text{C}$

Табела бр. 14

ТАБЕЛАРНО УПОРЕЂЕЊЕ КАРАКТЕРИСТИКА МОДИФИКАЦИЈА II, III, IV, V, VI

| | II | III | IV | V | VI |
|----------------------------------|--------------------------------|---------|-----------|--------------------|-----------|
| Фабрикат | Вабскок & Вилскок | | | | |
| Година градње | 1917 | | | | |
| Фабрични број | 1190 | | | | |
| Тип котла | секциони са водогрејним цевима | | | | |
| Тип решетке | ланч. | пузећа | каскад. | степен. механичка | угљ. прах |
| $P_k \text{ ат}$ | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| $t_s \text{ }^\circ\text{C}$ | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 |
| $t_1 \text{ }^\circ\text{C}$ | — | 150 | — | — | 350 |
| $t_a \text{ }^\circ\text{C}$ | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| $t_f \text{ }^\circ\text{C}$ | 150 | 170 | 170 | 170 | 170 |
| $A_k \text{ m}^2$ | 300 | 240 | 200 | 220 | 250 |
| $A_{ek} \text{ m}^2$ | — | 40 | — | — | 50 |
| $A_s \text{ m}^2$ | 75 | 80 | 75 | 75 | 80 |
| $A_r \text{ m}^2$ | 10 | 14 | 7 | 10/15 | — |
| $A_e \text{ m}^2$ | 300 | 400 | 350 | 350 | 350 |
| $A_i \text{ m}^2$ | — | 250 | — | — | 450 |
| $Q/A_R \text{ kcal/m}^2\text{h}$ | 750.000 | 770.000 | 1,230.000 | 550.090 825.000 | — |
| $B_1/A_R \text{ kg/m}^2\text{h}$ | 207 | 214 | 614 | 220/330 | — |
| $B_1/\text{kg/h}$ | 2070 | 3000 | 4300 | 3300 | 2670 |
| $V_R \text{ m}^3$ | 28 | 44,5 | 38 | 35 | 58 |
| $Q/V_R \text{ kcal/m}^3\text{h}$ | 264.000 | 240.000 | 236.000 | 236.000 | 182.000 |
| $\varnothing_1 \text{ mm}$ | 1 0 2 / 9 4 , 5 | | | | |
| n комада | 144 | 96 | 96 | 128 | 96 |
| $\varnothing_2 \text{ mm}$ | 1400 | 1400 | 1400 | 1400 | 1400 |
| $l_1 \text{ mm}$ | 7100 | 7100 | 7100 | 7100 | 7100 |
| $l_2 \text{ mm}$ | 5450 | 5450 | 5450 | 5450 | 5450 |
| N комада реди | 9 | 6 | 6 | 8 | 6 |
| n_2 комада | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| $D_1 \text{ to/h}$ | 8 | 12 | 9 | 9 | 12 |
| $\eta_k \%$ | 74 | 86 | 72 | 75 | 78 |
| $H_1 \text{ kcal/kg}$ | 3600 | 3600 | 2000 | 2500 | 4000 |
| $W \%$ | 20 | 20 | 40 | 40 | 10 |
| $A \%$ | 30 | 30 | 40 | 30 | 30 |
| S 5—15 mm | 5—15 | 2—8 | 10—60 | 10—60 | 0—5 |
| $D_1/B_1 \text{ kg/kg}$ | 3,85 | 4 | 2,09 | 2,73 | 4,5 |
| $D_1/A_k \text{ kg/m}^2\text{h}$ | 26,7 | 50 | 45 | 45 | 48 |

10) Први ред водогрејних цеви се продужује и спушта задњом страном ложишта, те служи као задњи екран и косо преко дна ложишта служећи као гранулациона решетка. Колектор ове цеви избачен је ван конуса за шљаку и везан помоћу циркулационе цеви са воденим простором добоша.

11) Секундарни ваздух се доводи са чеоне и задње стране.

12) Постављање дозера за угаљ испред Кремеровог млина.

Овако модифицирани котло претстављао би котло малог капацитета за угљени прах, тј. продукције око 12 t/h. Као гориво за овај котло најпогоднији би био отпадак сепарације наших бољих и средњих мрких угљева. Применом овога избегла би се претходна радња дробљења угља и на тај начин смањили паразитни утросци енергије, који код котлова са угљеним прахом малог капацитета у многоме чине да су они неекономични и да им је степен топлотног искоришћења често испод оних са сагоревањем у слоју.

Преглед модификација реконструкције

Посматрајући напред изложени табеларни преглед, види се да се карактеристике разних модификација у знатној мери разликују. За сврхе овога предузећа највише би одговарала модификација II. Као што је на-

поменуто, ова модификација се разликује од извесног стања у принципу изградње котларнице и у запремини ложишног простора. За друге модификације, које би захтевале више материјално-техничких и финансијских средстава, ово предузеће не би било довољан потрошач. Продукција од 8 тона задовољила би зимску потрошњу не само овог предузећа већ и два суседна мања. Та три предузећа, пошто су у непосредној близини једно другом, могли би имати централну котларницу.

Пошто је оскудица у парним котловима, то је потребно сваку могућност реконструкције у циљу повећања капацитета и економичности, искористити. Стога је требало овај котло, модифициран на начин III, IV, V, VI искористити у неком другом већем текстилном предузећу, које критично стоји у погледу паре.

При избору једне од предложених модификација, утицаја би имале многе околности. У првом реду реконструкцију би одређивала врста горива, која је на расположењу предузећу за које би котло био предвиђен. Као што се види из предложених модификација, могу се користити са каскадном решетком најлошије врсте лигнита, са степенастом решетком средњи лигнити, са ланчаном и пузећом решетком мрки угљеви лошијег квалитета, а са угљеним прахом отпадак сепарације бољих мрких угљева.

Табела бр. 15

ТАБЕЛАРНИ ПРЕГЛЕД ИСПИТИВАЊА ПАРНОГ КОТЛА В & W № 1190 на дан 25. X. 1949

| Време мерења | P_k атм | t_s °C | t_a °C | t_l °C | $i_s - i_a$ kcal/kg | t_g °C | t_1 °C | t_F °C | H_l mmVS | H_2 mmVS | CO_2 % | CO % | O_2 % | D_1 kg | B_1 kg |
|--------------|-----------|----------|----------|----------|---------------------|----------|----------|----------|------------|------------|----------------|--------|---------|----------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 7 | 10 | 290 | 30 | 150 | 695 | 260 | 18 | 950 | +90 | -45 | 12 | 1 | 5 | | |
| 7,30 | 9 | 300 | 60 | 160 | 668 | 290 | 23 | 1000 | . | . | 13 | 0,5 | 4 | 5000 | 2100 |
| 8 | 11 | 300 | 70 | 140 | 658 | 320 | 25 | 1150 | . | . | 13 | 0,5 | 5 | | |
| 8,30 | 8 | 280 | 20 | 80 | 700 | 270 | 25 | 1130 | . | . | 14 | 0,5 | 3 | 5000 | 1400 |
| 9 | 8 | 260 | 20 | 90 | 690 | 260 | 27 | 1150 | . | . | орсат несправ. | | | | |
| 9,30 | 11 | 300 | 50 | 100 | 678 | 300 | 30 | 1000 | . | . | . | . | | 5000 | 2800 |
| 10 | 11 | 300 | 50 | 120 | 678 | 300 | 28 | 1050 | . | . | . | . | | 5000 | 1400 |
| 10,30 | 10 | 300 | 40 | 110 | 688 | 280 | 28 | 1050 | . | . | . | . | | | 700 |
| 11 | 11 | 310 | 60 | 140 | 672 | 270 | 30 | 1100 | . | . | . | . | | 5000 | 1400 |
| 11,30 | 11 | 310 | 30 | 130 | 702 | 260 | 30 | 1200 | . | . | . | . | | 5000 | 1400 |
| 12 | 11 | 310 | 50 | 120 | 582 | 270 | 30 | 1200 | . | . | . | . | | | |
| 12,30 | 10 | 300 | 30 | 110 | 698 | 280 | 29 | 1100 | . | . | . | . | | 5000 | 1400 |
| 13 | 9 | 290 | 40 | 130 | 685 | 260 | 28 | 1200 | . | . | . | . | | 5000 | |
| 13,30 | 9 | 300 | 50 | 140 | 678 | 260 | 28 | 1200 | . | . | . | . | | 5000 | 700 |
| 14 | 10 | 300 | 60 | 150 | 668 | 260 | 28 | 1150 | . | . | . | . | | | |
| 14,30 | 10 | 300 | 60 | 150 | 668 | 280 | 26 | 1150 | . | . | . | . | | 5000 | 1620 |
| 15 | 10 | 300 | 60 | 160 | 668 | 270 | 26 | 1100 | . | . | . | . | | 400 | |
| 8 h | 10 | 296 | 46 | 134 | 681,4 | 276 | 27 | 1110 | +90 | -45 | 13 | 0,6 | 4,25 | 50400 | 11920 |

Израчунавање коефицијента корисног дејства котла В & W Бр. 1190 модификација I

На основу података добивених мерењима а помоћу обрасца:

$$\eta_k = \frac{D_1}{B_1 B_1} (i_s - i_a) = \frac{6300}{1865 \times 3391} (681,4 - 46)$$

$$\eta_k = 68\%$$

Испитивање је вршено у току 8 сати рада. Котао није био у форсираном раду пошто није била довољна потрошња паре, тако да није могло да се установи колика је максимална продукција котла. У сваком случају иста је већа од 6 t/h. Анализом извршеном у хемиско-техничком заводу, установљен је следећи састав горива:

| | |
|-----------------------------|--------------|
| Груба влага | 18,2% |
| Хидро влага | 13,7% |
| Укупна влага | 31,9% |
| Пепео | 25,3% |
| Доња топлотна моћ | 3391 kcal/kg |

Висока температура излазних гасова долази отуда, што није испоручен целокупан економајзер, тј. испоручена отревна површина економајзера није довољна (200 m²).

Велика колебања у температури воде на излазу из економајзера, настајала су услед тога што није вршено континуално напајање котла.

Релативно мали коефицијент корисног дејства настаје услед великог губитка у излазним гасовима и услед великог % пропалог горива кроз решетке (50% горива, прашина).

Мерење воде у току испитивања вршено је помоћу градуисаног суда, а мерење горива вагонетима.

РЕКОНСТРУКЦИЈА КОТЛА В & W

$$A_k = 406,62 \text{ m}^2$$

При решавању горњег проблема руководио се принципом да се нађе решење које би било изводљиво сопственим материјалом и сопственом стручном радном снагом, а да у исто време буде и најевтиније и да је за најкраће време спроводљиво, с тим да производња у току рада најмање трпи. Имајући на уму наведене смернице, није почело решавање проблема са подизањем нове котларнице, већ се истраживала могућност реконструкције постојећих котлова у циљу повећања капацитета и радне способности истих, као и могућност примене ниско-сортних врста угљева од 0—15 mm.

Сматра се, под претпоставком да се предузеће неће проширавати и већим инвестицијама модернизовати, да би требало приступити прво реконструкцији котла В & W, № 7470, $A_k = 406,62 \text{ m}^2$, па пошто се та реконструкција изведе, приступити убацавању другог котла у котларницу, где се данас налазе два котла од по 200 m².

Самим grubим прегледом котла установљено је, да је запремина ложишног простора превелика, односно да је специфично оптерећење ложишног простора сувише мало. Ложиште је превисоко, те се предаја топлоте у великој мери врши преко зидова и стога

је губитак на зрачење велики и котао у извесној мери ради као пећ. На котлу постоји извесни зонски довод ваздуха, који је слабо ефикасан, услед тога што између трака ланчане решетке не постоје кутије за ваздух, него се ваздух доводи просто испод решетке, те он пролази више кроз делове решетке на којима није слој горива. Постојећи Гринов економајзер ради са половином своје грејне површине. Услед знатне ширине ложишног простора постоје две паралелне ланчане решетке, одвојене високим зидом који у извесној мери спречава зрачење на неколико средњих редова цеви. Решетке су у лошем стању и по конструкцији не одговарају за ситне угљеве. (Предвиђене су за угљ сортирана 15—30 mm). Услед горе наведеног производња котла је свега 8 t/h.

Карактеристике котла у данашњем стању

Добивени подаци:

| | |
|----------------------------|----------------------------|
| Фабрикат | Babcock & Wilcox |
| Тип | стрмоцевни са 3 бојера |
| Фабрични број | 7470 |
| Година градње | 1923 |
| Радни притисак | $p_k = 15 \text{ atü}$ |
| Грејна површина котла | $A_k = 406,62 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина прегрејача | $A_s = 122 \text{ m}^2$ |

| | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Укупна површина економајзера | $A_e - 433,00 \text{ m}^2$ |
| Блокирана површина економајзера | $A'_e - 216,00 \text{ m}^2$ |
| Површина економајзера у раду | $A''_e - 217,00 \text{ m}^2$ |
| Пречник горњих бубњева | $\varnothing - 1220 \text{ mm}$ |
| Пречник доњег бубња | $\varnothing - 915 \text{ mm}$ |
| Пречник водогрејних цеви | $\varnothing - 83 \text{ mm}$ |
| Пречник цеви прегрејача | $\varnothing - 38 \text{ mm}$ |

Израчунати подаци:

| | |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|
| Површина решетке | $A_R - 16,2 \text{ m}^2 (2 \times 2,25 \times 3,60)$ |
| Запремина ложишног простора | $V_R - 81,00 \text{ m}^3 (4,5 \times 3 \times 6)$ |
| Калориско оптерећење решетке | $Q/A_R - 531.000 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}$ |
| Килограмско оптерећење решетке | $106,50 \text{ kg/m}^2 \text{ h}$ |
| Сатна потрошња горива | $B_1 - 1725 \text{ kg/h}$ |
| Оптерећење ложишног простора | $Q/V_R - 106.500 \text{ kcal/m}^3 \text{ h}$ |

Претпостављени подаци:

| | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| Производња паре | $D_1 - 8 \text{ to/h}$ |
| Температура улазне воде | $t_a - 60 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| Температура прегрејане паре | $t_s - 375 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| Топлотни садржај прегрејане паре | $i_s - 760 \text{ kcal/kg}$ |
| Искоришћење котла | $\eta_K - 65\%$ |
| Доња топлотна моћ горива | $H_i - 5000 \text{ kcal/kg}$ |
| Сортиман горива | $15 - 30 \text{ mm}$ |
| Специфична производња паре | $20 \text{ kg/m}^2 \text{ h}$ |

Из горе наведених карактеристика види се да горњи котлао не даје количину паре, који би морао да даје котлао ове величине и конструкције.

Повољност могућности смањења ложишног простора састоји се у томе, што би се подизањем решетке и платформе за послуживање на висину од око 2,5 m од данашње (иста се налази на нивоу + 1 m) добила одговарајућа запремина ложишног простора, а висина простора за шљаку била би око 3,5 m, одвоз шљаке био би на коти 0 (затрпавање данашњих полуподрума за шљаку до коте 0).

Могућност и потреба извођења реконструкције

Прорачуном утрошка потребне количине топлотне енергије у виду паре за фабрикацију и погон, вршеном по фазама рада и машинама, установљено је, да је за ово предузеће потребна следећа количина нормалне паре (639 kcal/kg).

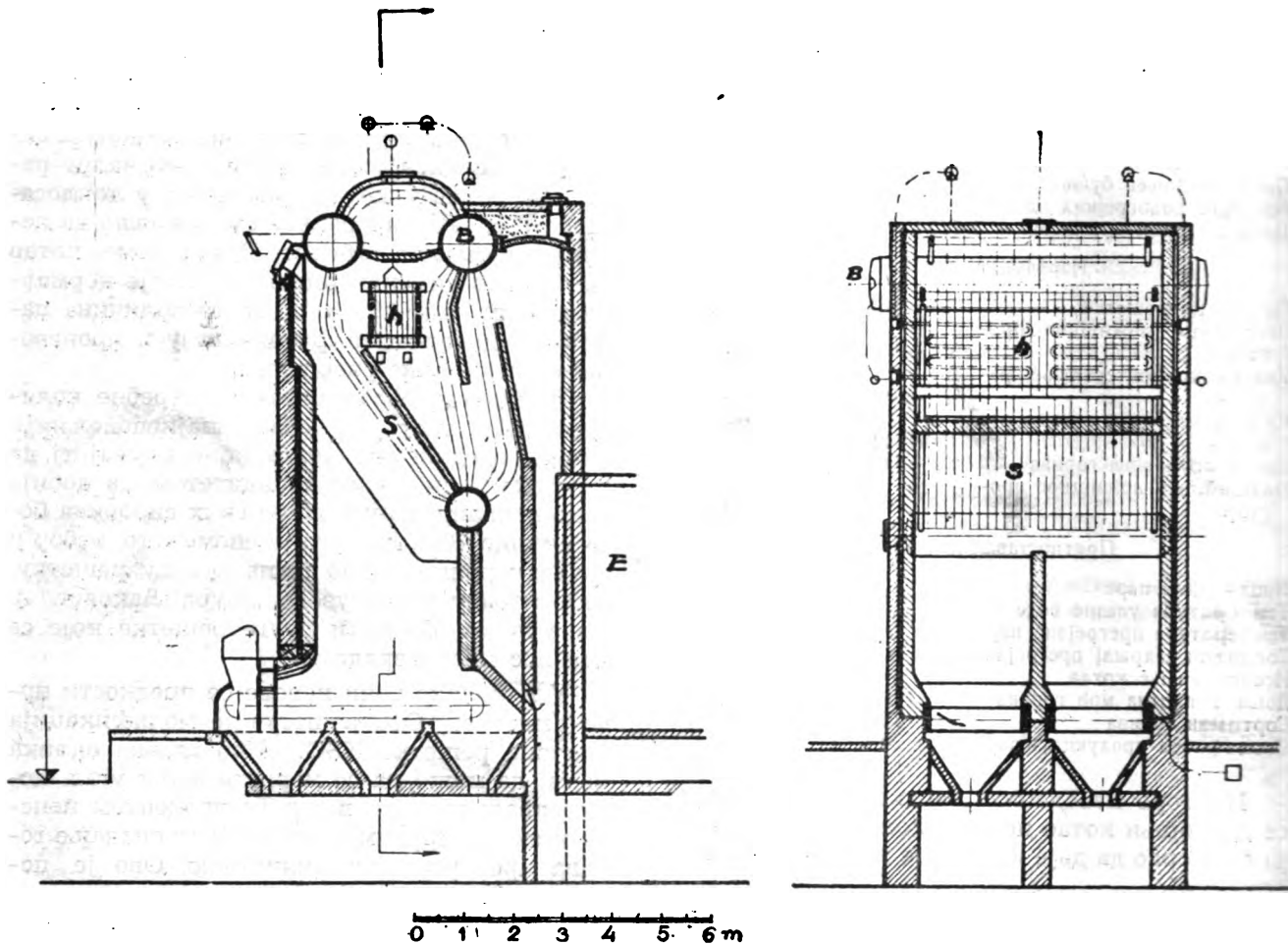
| | |
|-----------------------------------------------|--------|
| Летња потрошња паре за фабрикацију | 6 t/h |
| Летња потрошња паре за погон | 6 t/h |
| Зимска потрошња паре за фабрикацију | 9 t/h |
| Зимска потрошња паре за погон | 7 t/h |
| Укупна летња потрошња паре | 12 t/h |
| Укупна зимска потрошња паре | 16 t/h |

Као потребна производња котла при обрачуна са паром од 760 kcal/kg може се усвојити горња величина, јер при обрачунавању нису узети у обзир губици у спроводима, као и повећање утрошка услед манипулационих грешака. Разлика између нормалне паре и паре коју котлао производи у топлосадржају је 14%; ова разлика је довољна да поккрије споменуте губитке. Према томе, котлао треба тако димензионисати да му је нормални режим рада 16 t/h, да би та количина паре била довољна за фабрикацију и производње електричне енергије.

Приликом обрачунавања потребне количине паре узет је у обзир најнеповољнији могући средњи експлоатациони случај, тј. да фабрика ради пуним капацитетом, да добија само непрану вуну и да од свих сировина боји укупно 70%. Ко што је споменуто, избор у погледу решетке пао је на пузећу решетку, коју израђује предузеће „Ђура Ђаковић“ у Славонском Броду и друге решетке које се код нас могу израдити.

У неколико речи наводе се предности прве решетке. Ова решетка је модификација ланчане решетке KSG. Као главна одлика је та, да може да се користи мрки угаљ лошег квалитета, са великим процентом пепела и ситног сортимана, а да је пропадање горива кроз решетку минимално. Ово је постигнуто на тај начин, што су процепи за довод ваздуха врло мали и што је смер улажења ваздуха супротан смеру кретања решетке. У погледу клађења и истресања решетке постигнути су исто добри резултати, јер су штапови приликом пролаза кроз пепеник слободно viseћи а помоћу гребача, са њих се скида евентуално накупљена шљака, тј. чишћење решетке је потпуно аутоматско. Предност решетке је и у томе што на задњем делу не постоји водећи зупчаник, већ клизач по коме решетка клизи, на тај начин је отклоњен штетан утицај истезања ланца који доводи до честих дефеката код ланчане решетке. Довод доњег ваздуха врши се путем зона. Постоји могућност рада преко зона и са природном промајом. Ова решетка функционише на задовољавајући начин и при коришћењу следећег сортимана горива: 0—2 mm 20%, 2—5 mm 40%, 5—10 mm 40%, а топлотна моћ 3.500 kcal, при садржају воде 20% а пепела до 25%.

Стање данашњих водогрејних цеви је слабо, тј. зидови су исувише танки да би се смело са истим цевима остати после овако велике реконструкције. Данашњи економајзер је застарелог типа, гломазан и са половином броја цеви искључених из употребе.



Сл. 77. — Стрмоцевни котло В & W у данашњем стању $D_1 - 8 \text{ t/h}$, $p_k - 15 \text{ ат}$, $t_s - 375^\circ \text{ C}$

Прегрејач је исто у лошем стању, тако да би требало поред новог дела изменити све старе цеви. Пошто би био припремљен горе наведени увозни материјал и када би Брод (предузеће „Ђуро Ђаковић“) завршио израду решетке, тада би тек требало приступити радовима на реконструкцији котла. Ови радови би се могли отпочети тек у пролеће, пошто је тада потрошња паре најмања и два котла од по 200 m^2 могли би задовољити потребе предузећа при раду са смањеним капацитетом, под условом да предузеће добија споља електричну енергију и да се изврши расподела потрошача паре у све смене, како би парно оптерећење било равномерно.

Радови на дозиђивању бункерског одељења могли би се отпочети и раније, пошто не ометају рад котларнице. То би био један скелетни дозид, који би се поставио на челу зграде и тек пошто се овај заврши, отворио би се данашњи фронтални зид и на тај начин би се повећала дужина котларнице за 4 m . У том бункерском одељењу поред ви-

секих армирано-бетонских бункера за угаљ, била би и командна платформа. Данашњи бункери имају капацитет од свега 34 m^3 , што је мало и за данашњу потрошњу, а тим пре биће мало за потрошњу удвострученог капацитета. Услед продужења котла за око 2 m према фронталном зиду и онако сада оскудна комуникација у овом случају не би била довољна, те је стога потребно ово дозиђивање.

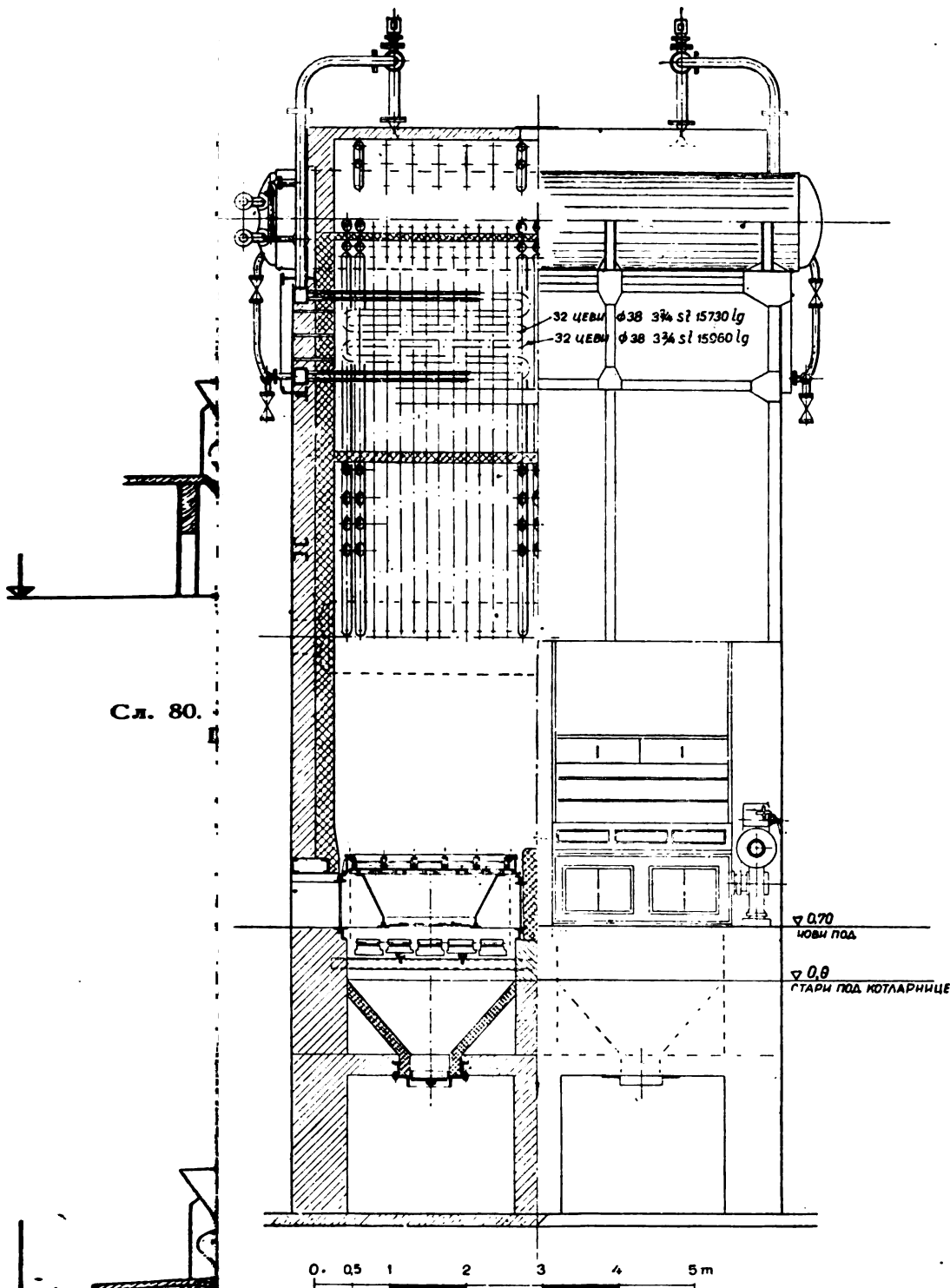
Реконструкција овог котла може се извести у 9 варијаната. Прва варијанта била би продужење свода за сушење и убацивање другог свода за паљење продуката дестилације, а све у циљу да би се постигла ефективна дужина решетке, $5,80 \text{ m}$. Друга варијанта би захтевала продужење свода за сушење, а уместо другог свода проширење целог ложишног простора. У овом случају добили би велики ложишни простор, те би стога капацитет котла отишао на 20 t/h , што би изазвало потребу екранисања ложишта, као и евентуално повећање грејних површи-

ложишног котловског услед недомена лоших гоме би репр се не би ју бушење, а екранске

у обзир у ње добоша дификација чано са на претставља инструисању

IX долазе у римена лигтоји лигнитцији, а који рати за по дификација т могу виде прегледа и

е три варијалнија због захтева најје варијанте геду задово едузеће, она а продукци била би 16 шња преду ао би радио за 75%. За ђене карак-



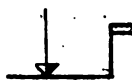
Сл. 80.

Сл. 81.

Сл. 82. — Стрмоцевни котло В & W (варијанта IVa)
 $D_1 - 12/14 \text{ t/h}$, $p_k - 15 \text{ ат}$, $t_s - 360^\circ \text{ C}$

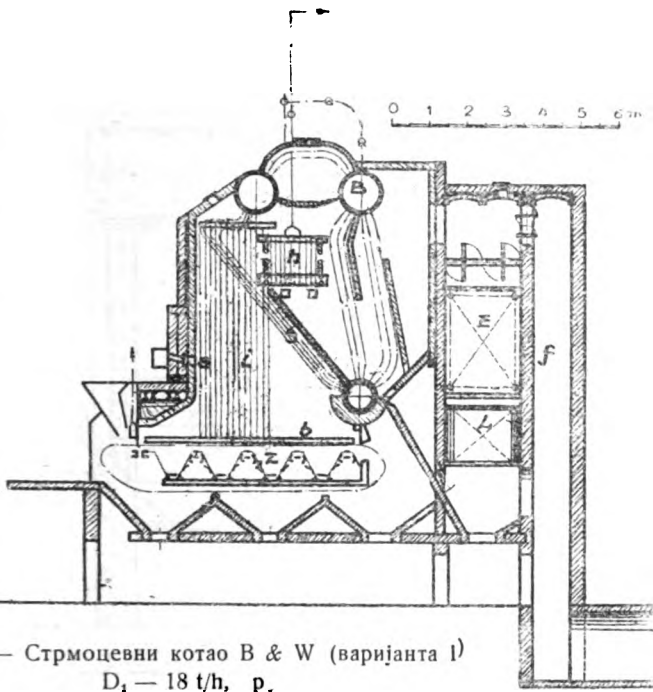


С
 а — довод
 д — ваздуха



Прегрејач
 требало
 старе цев
 наведени
 (предузећа
 решетке,
 довима на
 би се мог
 је тада по
 од по 200
 предузећа
 том, под
 електрич
 дела пот
 парно оп

Радови
 ња могли
 ометају р
 скелетни
 зграде и
 би се дан
 чин би се
 4 м. У т



78. — Стрмоцевни котао В & W (варијанта I)

 $D_1 - 18 \text{ t/h}, p_k$

- B — добош
- S — снап водогрејних цеви
- h — прегрејач
- i — бочни екрани
- b — колектор бочних екрана
- a — довод секундарног ваздуха
- E — економијзер
- L — загрејач ваздуха
- f — помоћни димни канал
- Z — зонски довод ваздуха

на. Трећа варијанта би се извела на тај начин, што би се продужио свод за сушење — паљење, а ширина котла изнад овога свода остала би иста. Активна дужина решетке у овом случају била би 5 m.

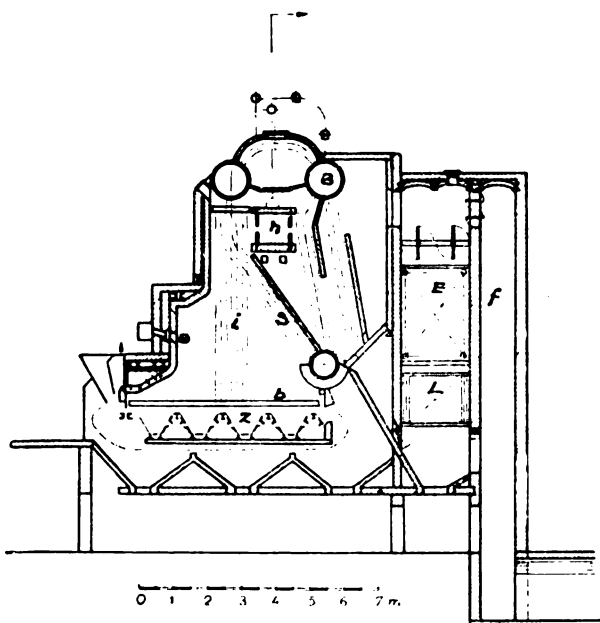
Код варијанте IV долази у обзир презиђивање озида котла, измена решетке и економијзера, изоловање предњег добоша тор-

кретном масом, смањење висине ложишног простора скраћивањем стубова котловског скелета, стављање ексаустора услед недовољног пречника димњака, измена лоших цеви котлова и прегрејача. Умногоне би реконструкција била олакшана, јер се не би постављали екрани који изискују бушење, добоша и скупocen материјал за екранске колекторе.

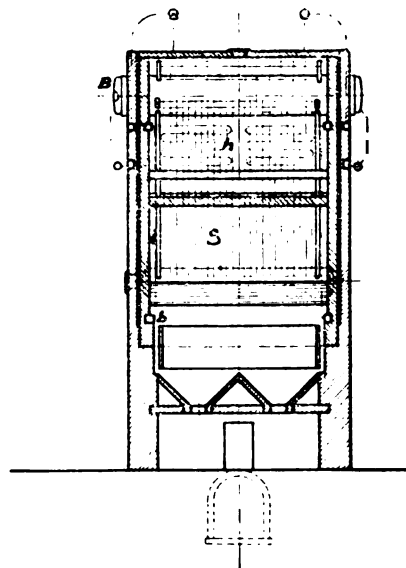
Модификација V би дошла у обзир у случају да се установи да стање добоша није задовољавајуће. Ова модификација претставља скупо решење скопчано са набавком критичног материјала и претстављало би студију сличну као при конструисању новог котла.

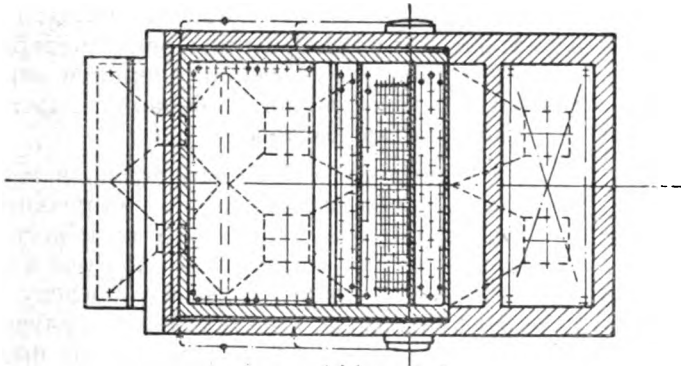
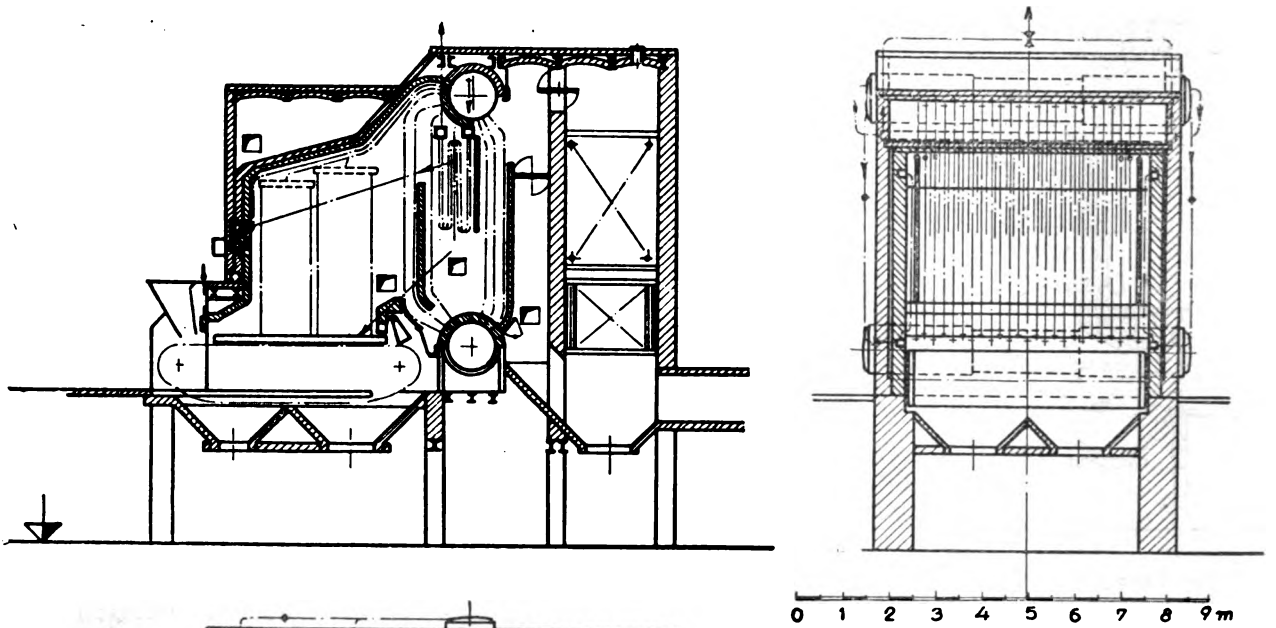
Модификације VI, VII, VIII, IX долазе у обзир ако би била форсирана примена лигнита. (У близини предузећа постоји лигнитски рудник који није у експлоатацији, а који би се евентуално могао активирати за потребе предузећа). Описи ових модификација нису дати, јер се главни елементи могу видети из приложеног табеларног прегледа и скица истих котлова.

У погледу избора између прве три варијанте, трећа варијанта је најреалнија због тога, што су трошкови најнижи и захтева најмање увозног материјала. Код ове варијанте најмање се врше измене а у погледу задовољавања услова, које поставља предузеће, она их највише задовољава. Нормална продукција овако реконструисаног котла била би 16 t/h, што је уједно зимска потрошња предузећа. У току летњег периода котао би радио испод нормалног оптерећења, тј. за 75%. За ово снижено оптерећење предвиђене карак-

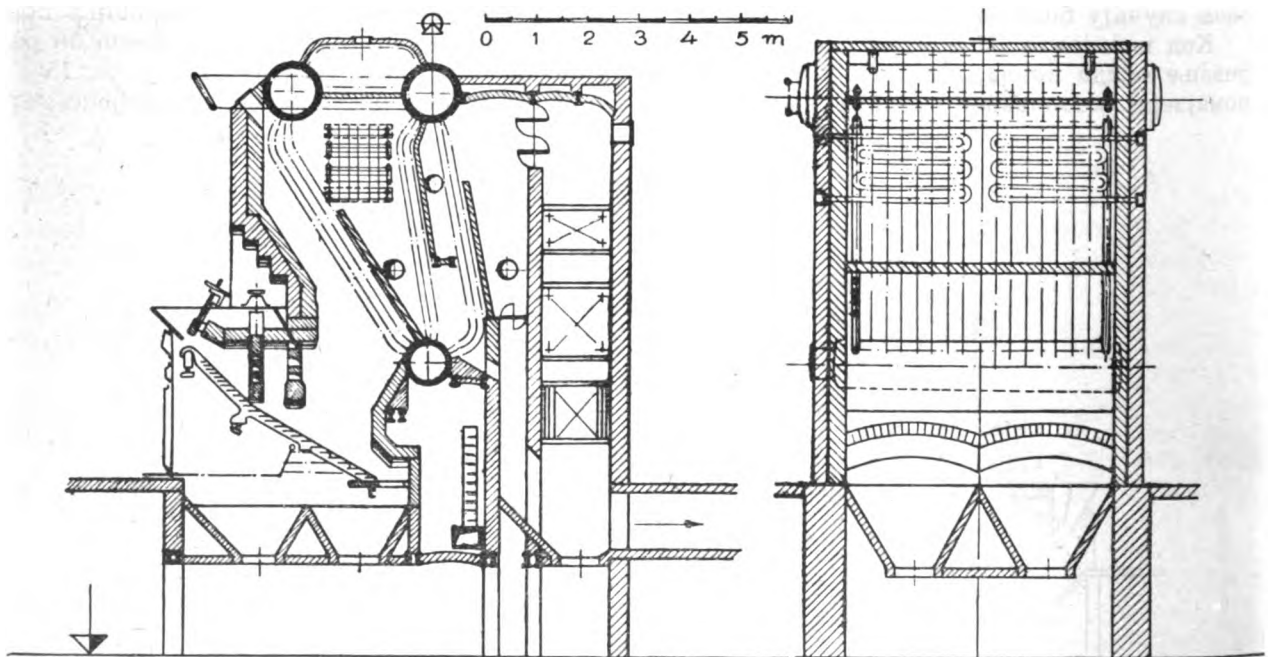
Сл. 79. — Стрмоцевни котао В & W (варијанта II) — $D_1 - 20 \text{ t/h}, p_k - 15 \text{ ат}, t_s - 360^\circ \text{ C}$

B — добош, S — снап водогрејних цеви, h — прегрејач, i — бочни екрани, b — колектор бочних екрана, a — довод секундарног ваздуха, E — економијзер, L — загрејач ваздуха, f — помоћни димни канал, Z — зонски довод ваздуха

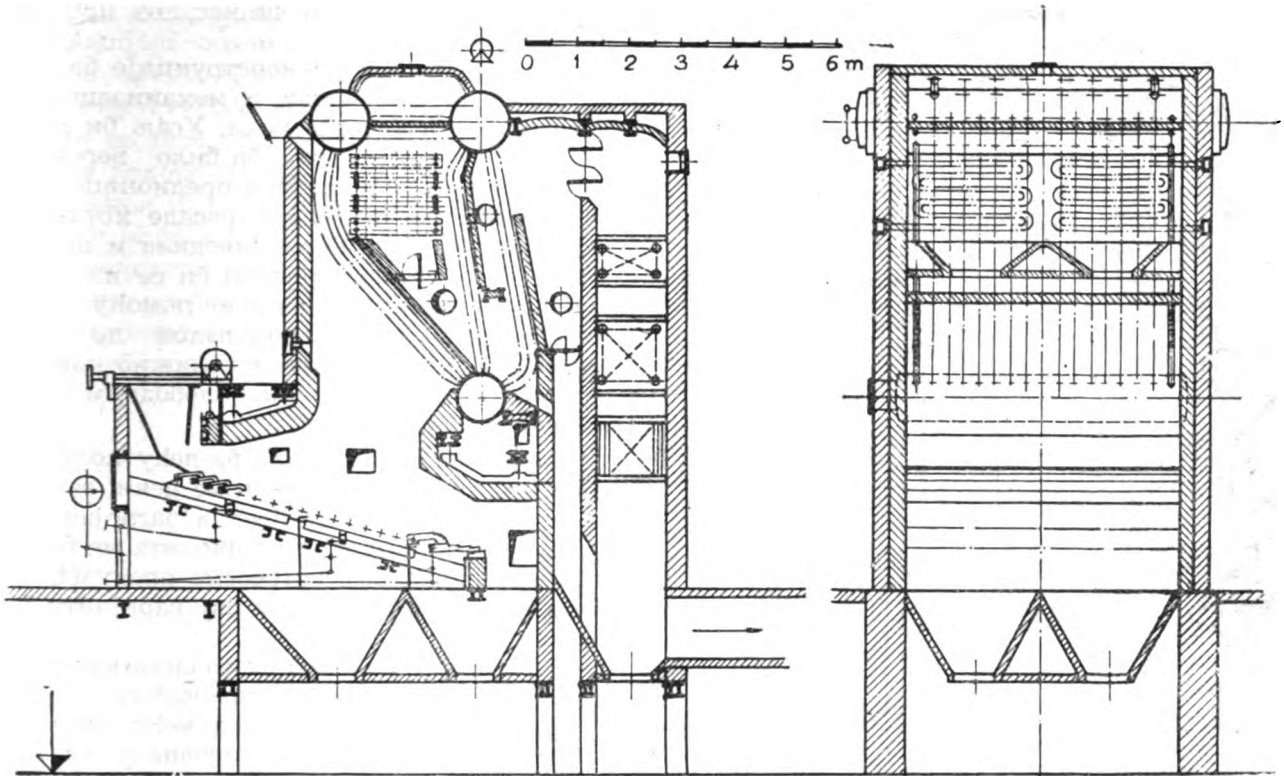




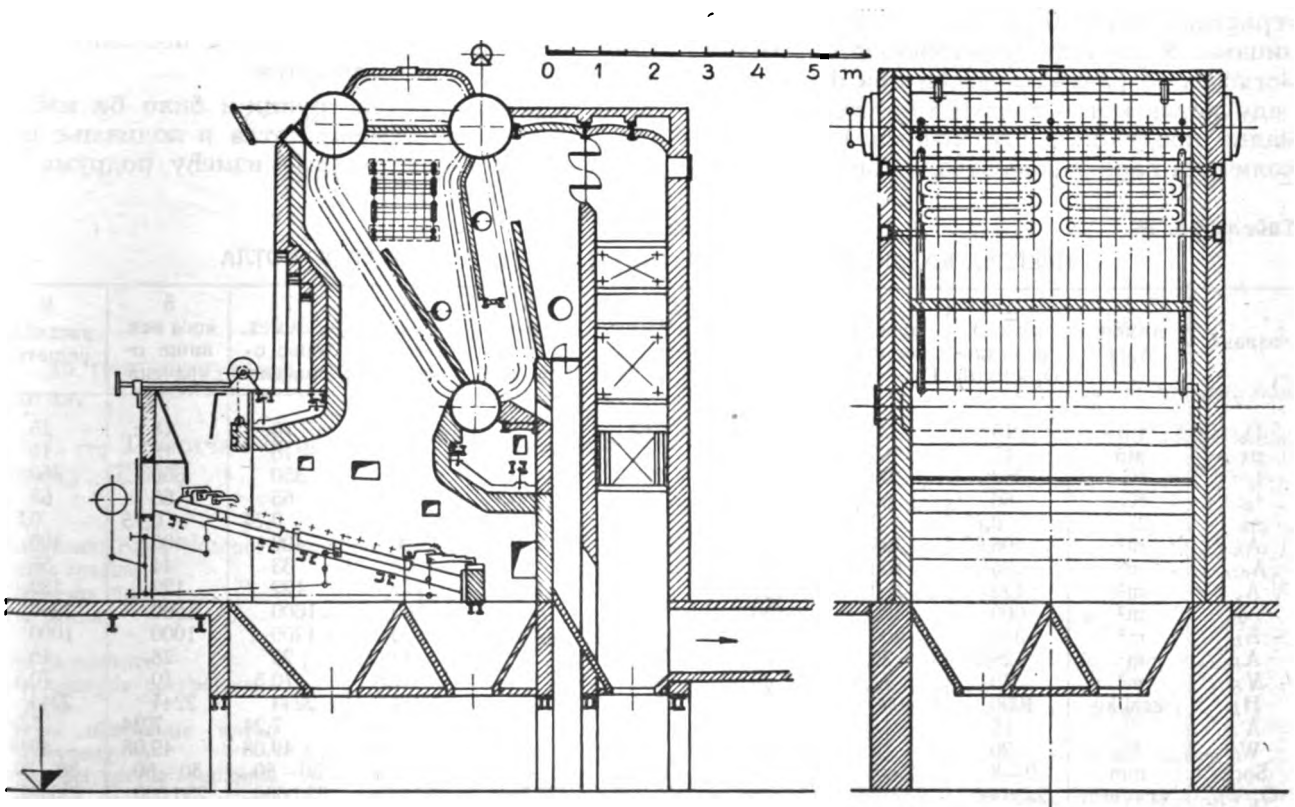
Сл. 83. — Стрмоцевни котло В & W (варијанта V)
 $D_1 - 14 \text{ t/h}$, $p_k - 15 \text{ ат}$, $t_s - 400^\circ \text{ C}$



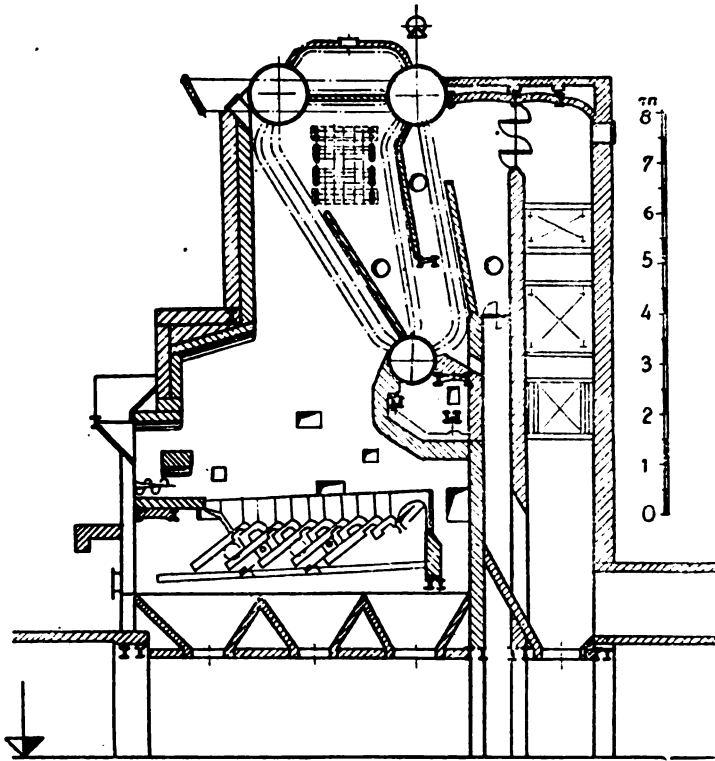
Сл. 84. — Стрмоцевни котло В & W (варијанта VI) — $D_1 - 12 \text{ t/h}$, $p_k - 15 \text{ ат}$, $t_s - 350^\circ \text{ C}$



Сл. 85. — Стрмоцевни котло В & W (варијанта VII) — D_1 — 18 t/h, p_k — 15 ат, t_s — 350°С



Сл. 86. — Стрмоцевни котло В & W (варијанта VIII) — D_1 — 18 t/h, p_k — 51 ат, t_s — 350°С



Сл. 87. — Стрмоцевни котло В & W (варијанта IX)
 $D_1 - 18 \text{ t/h}$, $p_k - 15 \text{ ат}$, $t_s - 350^\circ \text{ C}$

теристике котла биле би у дозвољеним границама. У погледу максималног оптерећења могло би се рачунати да би при форсираном раду котла могао давати 20% више од нормалне продукције, што износи 19,2 t/h. Ова количина паре задовољавала би и највеће

шпицеве који би могли да настану при раду преузећа.

При вршењу ове реконструкције било би потребно да се изврши и механизација унутрашњег транспорта угља. Угаљ би се доводио са складишта које би било вероватно између апретуре и камгарн предioniце, улицом између предioniце и фасаде котларнице, а истим путем би се одводила и шљака. Довод угља у бункер вршио би се из шахта у који би се извртао вагонет помоћу елеватора, а из њега слободним падом до пужа који би га хоризонтално приближио котлу, а од краја пужа поново би слободним падом долазио у левак котла.

Варијанта II захтевала би већу количину цеви, како за котловске стрме цеви, тако и за прегрејач и економизер и загрејач ваздуха. По капацитету ова варијанта не би одговарала данашњим потребама преузећа. У погледу радова исти би за ову варијанту били најобимнији.

Варијанта I из сличних разлога као и варијанта II не би била за препоруку.

Варијанта IV претставља међу свим решењима најјевтиније и скопчана је са најмање ризика, а спровела би се за најкраће време. Капацитет ове варијанте не задовољава зимску потребу паре, те би стога у току зиме морао радити паралелно и један котло од 200 m², уколико се не би поставило додатно ложење за мазутом.

При овој реконструкцији било би избегнуто мењање темеља котла и подизање међусpratне конструкције између подрума за

Табела бр. 16

ПРЕГЛЕД КАРАКТЕРИСТИКА ВАРИЈАНАТА РЕКОНСТРУИСАНОГ КОТЛА

| ознака | димензија | 1 пузећа решетка $D_1 = 18 \text{ t/h}$ | 2 пузећа решетка $D_1 = 20 \text{ t/h}$ | 3 пузећа решетка $D_1 = 16 \text{ t/h}$ | 4 пузећа решетка $D_1 = 12 \text{ t/h}$ | 5 пузећа решетка $D_1 = 14 \text{ t/h}$ | 6 ступенаста полумех. решетка | 7 коса мех. мање о- зрачена | 8 коса мех. више о- зрачена | 9 каскадна решетка |
|-----------|-----------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| D_1 | t/h | 18 | 20 | 16 | 12 | 14/17 | 12 | 18 | 18 | 15 |
| p_k | ат | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| t_s | °C | 360 | 400 | 375 | 360 | 400 | 350 | 350 | 350 | 350 |
| t_a | °C | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 65 | 65 | 65 | 65 |
| η_k | | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,73 | 0,74 | 0,72 | 0,74 | 0,75 | 0,74 |
| A_k | m ² | 406,62 | 406,62 | 406,62 | 400 | 250 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| A_{ozr} | m ² | 85 | 100 | 85 | 40 | 80 | 28 | 33 | 44 | 55 |
| A_s | m ² | 122 | 150 | 122 | 122 | 150 | 122 | 122 | 122 | 122 |
| A_E | m ² | 600 | 800 | 560 | 500 | 600 | 500 | 1600 | 1500 | 1350 |
| A_L | m ² | 360 | 400 | — | — | 300 | 400 | 1200 | 1000 | 1000 |
| A_R | m ² | 26,1 | 26,5 | 22,5 | 17,6 | 17,6 | 24 | 25 | 28 | 15 |
| V_R | m ³ | 70 | 77,5 | 60 | 55 | 75 | 47,6 | 70,5 | 70 | 70,5 |
| H_i | kcal/kg | 4000 | 4000 | 4000 | 5700 | 4000 | 2244 | 2244 | 2244 | 2244 |
| A | % | 15 | 15 | 15 | 20 | 15 | 7,24 | 7,24 | 7,24 | 7,24 |
| W | % | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 49,08 | 49,08 | 49,08 | 49,08 |
| Sort. | mm | 2—8 | 2—8 | 2—8 | 2—8 | 2—8 | 30—80 | 30—80 | 30—50 | 30—80 |
| Q_1/V_R | kcal/m ³ h | 243.000 | 242.000 | 250.000 | 210.000 | 176.000 | 236.000 | 236.000 | 236.000 | 236.000 |
| B_1/A_R | kg/m ² h | 161 | 213 | 166 | 176 | 188 | 208 | 296 | 263 | 495 |
| Q_1/A_R | kcal/m ² h | 650.000 | 716.000 | 670.000 | 650.000 | 750.000 | 468.000 | 665.000 | 590.000 | 1,100.000 |
| D_1/A_R | kg/m ² h | 45 | 50 | 40 | 30 | 56 | 30 | 45 | 45 | 45 |

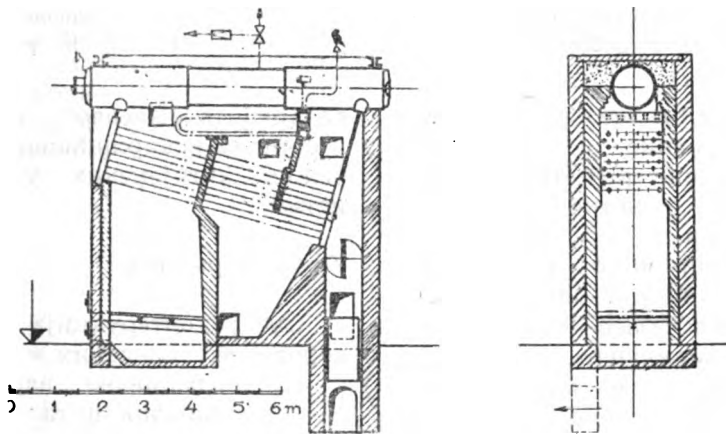
шљаку и котларнице. Котао би остао у оквиру данашњег скелета, а смањена висина ложишног простора добила би се скраћивањем гвоздених стубова скелета.

Пре но што се приступило изradi предлога за реконструкцију извршен је детаљан унутрашњи преглед добоша и установљено је да су исти у врло добром стању. Исто се може констатовати и из котловског листа. Али ради предострожности, потребно је узети једну епрувету на месту између рупа где се уваљују цеви и извршити пробу материја-

ла и то нарочито са доњег добоша који није заштићен од дејства пламена.

Евенуална примедба, да се на реконструкцију релативно старог котла троши велика сума новаца, може се правдати тиме, што постоје објективне тешкоће око набавке новог котла. Набавка новог котла поред велике инвестиције захтевала би и дугачак временски период за изградњу нове зграде и монтажу котла. Међутим, проблем се тако поставља, да се у што скорије време са што мањим застојем добије довољан и сигуран капацитет.

РЕКОНСТРУКЦИЈА КОТЛОВА ЗА ТНР



Сл. 88. — Садашње стање секционог котла Е В М
 $D_1 = 2 \text{ t/h}$, $p_k = 10 \text{ ат}$, $t_s = 250^\circ \text{ C}$

За реконструкцију долазе у обзир три котла.

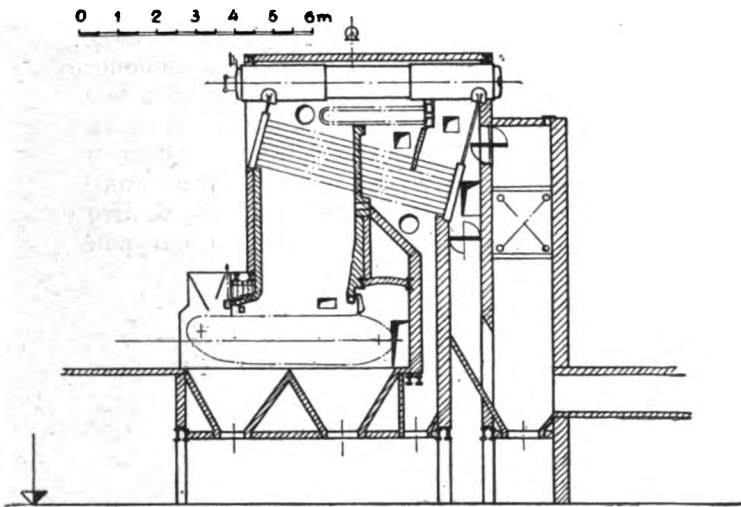
1. — Технички опис котла I у данашњем стању: (ЕВМ).

фабрикат: Erste Brünnner Maschinen Fabrik, Brün
 годна градње 1911
 фабрични број 4211/В
 тип котла секциони са водогрејним цевима — 1 уздужни добош
 $P_k = 10 \text{ ат}$
 радни притисак
 температура прегрејане паре $t_s = 250^\circ \text{ C}$
 грејна површина котла (укупна) $A_k = 100,35 \text{ m}^2$
 озрачена грејна површина $A_o = 8,35 \text{ m}^2$
 додирна грејна површина $A_g = 92,00 \text{ m}^2$
 површина прегрејача $A_s = 6,53 \text{ m}^2$
 површина решетке $A_R = 3,28 \text{ m}^2$

запремина ложишта тип решетке
 пречник добоша
 пречник водогрејних цеви
 пречник цеви прегрејача
 укупан број водогрејних цеви
 број реди цеви по ширини
 број реди цеви по висини
 продукција паре
 оптерећење грејне површине
 килограмско оптерећење решетке
 калориско оптерећење решетке
 оптерећење ложишног простора
 калорична моћ горова (30–60 mm)

$V_R = 8,8 \text{ m}^3$
 равна за ручно ложење, производна промаја
 $D = 6170 \text{ mm}$; $L = 910/934 \text{ mm}$
 $d = 94,5/102 \text{ mm}$
 $d_1 = 40 \text{ mm}$
 $z_1 = 54$
 $N_1 = 6$
 $N_2 = 9$
 $D_1 = 2000 \text{ kg/h}$
 $D_1/A_k = 20 \text{ kg/m}^2\text{h}$
 $B_1/A_R = 133 \text{ kg/m}^2\text{h}$
 $Q_1/A_R = 600.000 \text{ kcal/m}^2\text{h}$
 $Q_1/V_R = 223.000 \text{ kcal/m}^3\text{h}$
 $H_i \text{ min} = 4.500 \text{ kcal/kg}$

Реконструкција котла I
Прва варијанта



Сл. 89. — Секциони котло ЕВМ (варијанта I)
 $D_1 - 3 \text{ t/h}$, $p_k - 10 \text{ ат}$, $t_s - 250^\circ \text{ C}$

Ова реконструкција би се састојала у спровођењу следећих измена:

1. — Убацивање пузеће решетке, модификација KSG решетке одговарајућих димензија.
2. — Повећање запремине ложишног простора, како би q_1/V_R било у границама за наше угљеве.
3. — Убацивање економајзера.
4. — Подизање пепељаре иа коту О.
5. — Повећање озрачене површине.

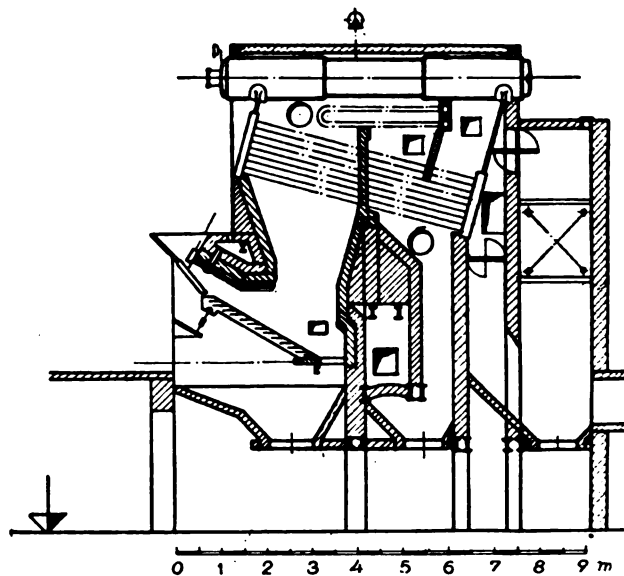
Циљ ове реконструкције је повећање капацитета котла и могућност примене отпадака сепарације бољих мрких угљева, као и механизација ложења. Може се очекивати да ће после ове реконструкције нормална продукција овога котла бити око 3 t/h тј. специфична продукција $D_1/A_k = 29 \text{ kg/m}^2 \text{ h}$.

Друга варијанта

Ова реконструкција би се састојала у спровођењу следећих измена:

1. — Убацивање степенасте решетке, конструкције „Буро Ђаковић“ одговарајућих димензија.
2. — Повећање запремине ложишног простора, како би Q/V било у границама за наше лигните.
3. — Убацивање економајзера.
4. — Подизање пода пепељаре на коту О.

Циљ ове реконструкције је аутоматизација ложења овога котла, могућност употре-



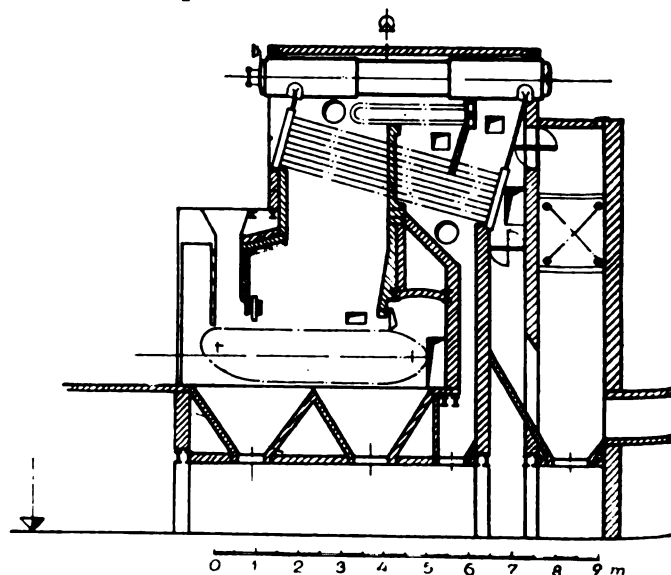
Сл. 90. — Секциони котло ЕВМ (варијанта II)
 $D_1 - 2,5 \text{ t/h}$, $p_k - 10 \text{ ат}$, $t_s - 250^\circ \text{ C}$

бе лигнита „Косово“, повећање капацитета и степена искоришћавања, као и стварање бољих хигијенских услова при руковању истим.

Трећа варијанта

Ова реконструкција би се састојала у спровођењу следећих измена:

1. — Убацивање варијанте Макаријевог предложишта.



Сл. 91. — Секциони котло ЕВМ (варијанта III)
 $D_1 - 2,75 \text{ t/h}$, $p_k - 10 \text{ ат}$, $t_s - 250^\circ \text{ C}$

2. — Убацивање пузеће решетке „Ђуро Баковић“.
3. — Повећање запремине ложишног простора, како би специфично оптерећење истог било $q_1/V_R = 2000.000 \text{ kcal/m}^3\text{h}$.
4. — Убацивање економајзера.
5. — Подизање пода пепељаре на коту О.

И ова варијанта има циљ да аутоматизује ложење котла, повећа капацитет и степен искоришћења, као и створи боље хигијенске услове онима који опслужују овај котлао, с тим што је отклоњено извлачење пепела и шљаке испод коте О.

Као најважнији задатак ове варијанте је омогућавање употребе лигнита са великим процентом влажности, као што је случај код „Косова“. Услед овога је примењено предложите у комбинацији са пузећом решетком. У овом случају морале би се извршити извесне адаптације на решетки, као што је напр. проширење зоне сушења.

Предност ове варијанте над првом је у томе, што је збијеније решење и руковање је потпуно механизовано као код пузеће решетке. Минус овога решења су велике инвестиције, услед високе цене пузеће решетке, за овако мали агрегат, као и потреба сортираног угља.

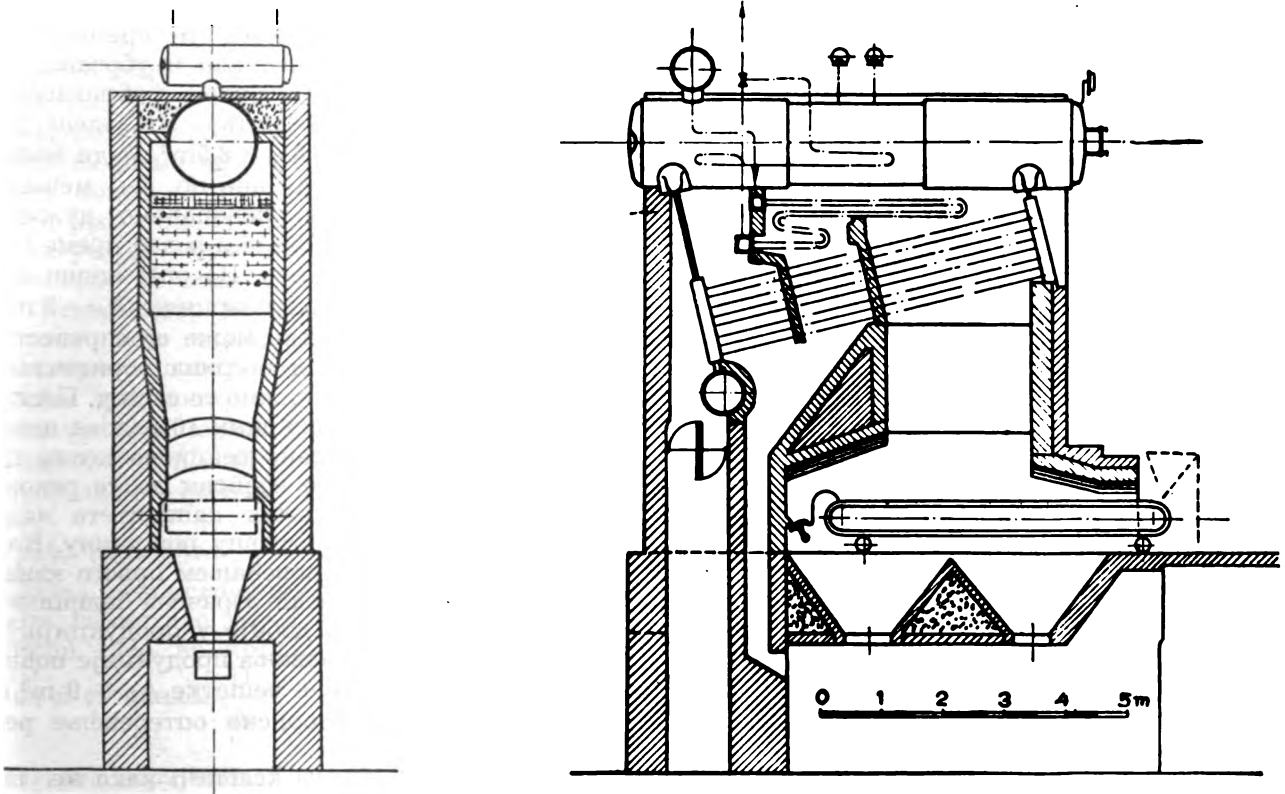
Табела бр. 17

ПРЕГЛЕД КАРАКТЕРИСТИКА ВАРИЈАНТА РЕКОНСТРУИСАНОГ КОТЛА I. (Е В М)

| Ознака | Димензија | I пузећа решетка | II степенаста решетка | III пузећа решетка са комором за сушења |
|-----------|---------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------------------|
| D_1 | t/h | 3 | 2,5 | 2,75 |
| p_k | atü | 15 | 10 | 10 |
| t_s | °C | 250 | 250 | 250 |
| t_a | °C | 65 | 65 | 65 |
| A_k | m^2 | 0,73 | 0,70 | 0,72 |
| A_{ozr} | m^2 | 100,35 | 100,35 | 100,35 |
| A_s | m^2 | 10 | 5 | 10 |
| A_e | m^2 | 6,53 | 6,53 | 6,53 |
| A_r | m^2 | 150 | 120 | 130 |
| V_r | m^3 | 4,16 | 5,6 | 3,9 |
| H_i | kcal/kg | 10,50 | 9,5 | 12,2 |
| A | % | 4463 | 2244 | 2244 |
| W | % | 13,24 | 7,24 | 7,24 |
| Sort. | mm | 15,66 | 49,08 | 49,08 |
| Q_1/V_r | $\text{kcal/m}^3\text{h}$ | 2-8 | 30-80 | 15-30 |
| B_1/A_r | $\text{kg/m}^2\text{h}$ | 250.000 | 236.000 | 200.000 |
| Q_1/A_r | $\text{kcal/m}^2\text{h}$ | 140 | 164 | 278 |
| D_1/A_r | $\text{kg/m}^2\text{h}$ | 630.000 | 380.000 | 625.000 |
| z | sec | 29 | 25 | 27 |
| | | 2,13 | 1,5 | 1,65 |

Технички опис котла II Röck у данашњем стању

фабрикат Röck
година градње 1917

Сл. 92. — Садашње стање секционога котла Röck — D_1 — 3,75 t/h, p_k — 17 atü, t_s — 325° C

фабрични број
тип котла

радни притисак
температура прегрејане паре
грејна површина котла

(укупна)
озрачена грејна површина
додирна грејна површина
површина прегрејача
површина решетке
запремина ложишта
тип решетке

пречник добша
пречник водогрејних цеви
број реда цеви по ширини
број реда цеви по висини
укупни број водогрејних цеви
пречник цеви прегрејача
продукција паре
оптерећење грејне површине
килограмско оптерећење ре-
шетке
калориско оптерећење ре-
шетке
оптерећење ложишног про-
стора
калорична моћ горива

7
секциони са водогрејним
цевима и једним уздуж-
ним добошем

$p_k = 17 \text{ atü}$
 $t_s = 325 \text{ °C}$

$A_k = 150 \text{ m}^2$
 $A_o = 17 \text{ m}^2$
 $A_g = 133 \text{ m}^2$
 $A_s = 42,3 \text{ m}^2$
 $A_R = 6,72 \text{ m}^2$
 $V_R = 15 \text{ m}^3$

ланчана са природним
доводом ваздуха

$D = 1400 \text{ mm} \times 7000 \text{ kg}$
 $d = 94,5/102 \text{ mm}; l = 5400 \text{ mm}$

$N_1 = 10$

$N_2 = 8$

$z_1 = 80$

$d_1 = 40 \text{ mm}$

$D_1 = 3750 \text{ kg/h}$

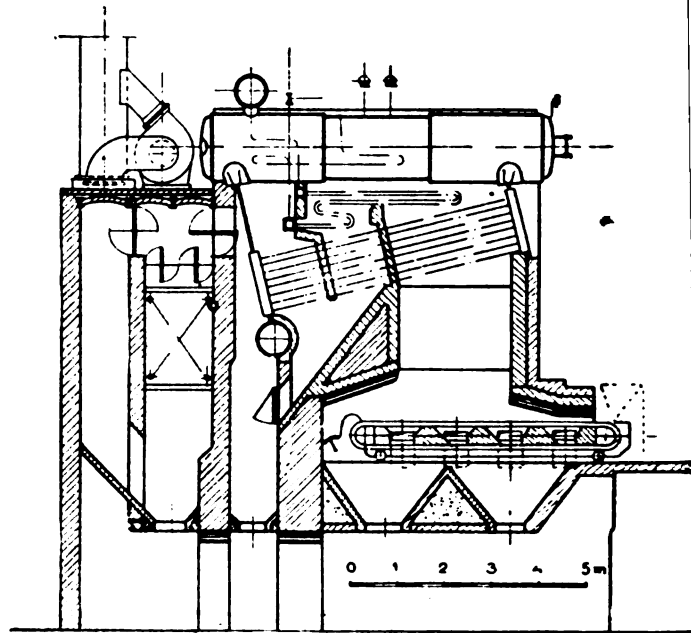
$D_1/A_k = 25 \text{ kg/m}^2 \text{ h}$

$B_1/A_R = 115 \text{ kg/m}^2 \text{ h}$

$Q_1/A_R = 512.000 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}$

$Q_1/V_R = 229.000 \text{ kcal/kg}$

$H_{i \text{ min}} = 4500 \text{ kcal/kg}$

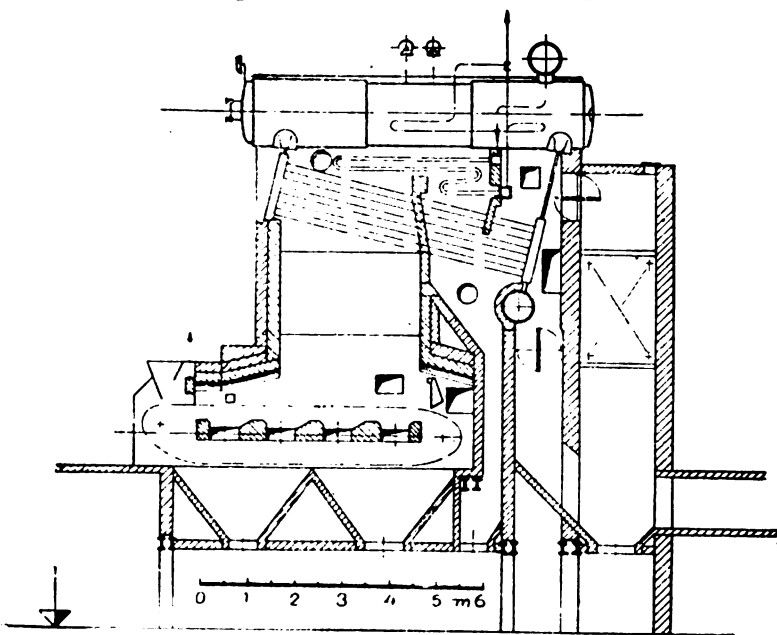


Сл. 94. — Секциони котла Röck (варијанта 1a)
 $D_1 = 3,75 \text{ t/h}$, $p_k = 17 \text{ atü}$, $t_s = 325 \text{ °C}$

Реконструкција котла II. (Röck)

Прва варијанта

Ова реконструкција ће се састојати у уба-
цавању нове KSG пузеће решетке, пове-
ћања запремине ложишног простора, убац-



Сл. 93. — Секциони котла Röck (варијанта 1)
 $D_1 = 5,25 \text{ t/h}$, $p_k = 17 \text{ atü}$, $t_s = 325 \text{ °C}$

вања економајзера, подизања пепеларе и по-
већања озрачене површине.

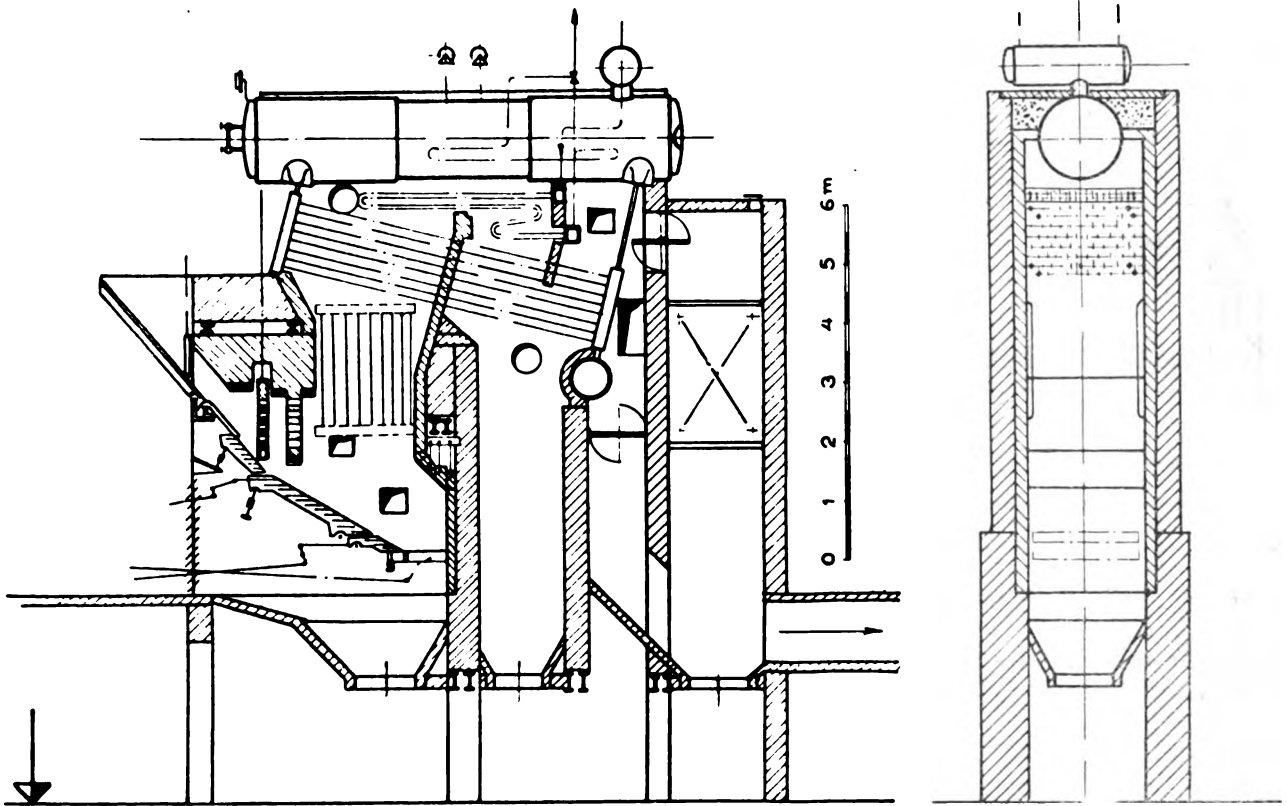
Друга варијанта (решетка „Житњак“)

Ради смањења трошкова и времена по-
требног за пројектовање као и убрзање, у-
прошћење и појевтињавање фабрикације,
употребићемо горњу решетку. Наведена ре-
шетка има површину $A_R = 8,5 \text{ m}^2$. Ради малог
простора за сушење, а како не би мењали
елементе за сушење, повећаћемо дужину
плоче за сушење за 250 mm и део према ре-
шетки израдити избушен. На овај начин до-
бићемо решетку укупне површине $A_R = 9 \text{ m}^2$.

Примена ове решетке може се спровести,
јер ширина решетке и ширина хоризонтал-
них редова цеви приближно се слажу. Пошто
овај котла има по површини 10 редова цеви,
а остала два разматрана секциона котла по
осам редова, исти је изабран да се рекон-
струише и да буде већег капацитета мада
има за 4,4 m² мању огревну површину. Код
овога котла моћи ће повећањем првога кана-
ла знатно да се повећа озрачена површина
и на тај начин да се добије у продукцији.

Приликом израчунавања продукције поћи-
ћемо од дате површине решетке $A_R = 9 \text{ m}^2$ и
претпоставићемо калориско оптерећење ре-

шетке од $\frac{Q_1}{A_R} = 400.500 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}$ како не би
дошло до великог килограмског оптерећења



Сл. 95. — Секциони котло Röck (варијанта II)

решетке $\frac{B_1}{A_R}$ и на тај начин израчунати коли-

чину топлоте која се може ослободити на тој решетки. Даље ћемо израчунати температуру продуката сагоревања на крају котла и помоћу ње ћемо димензионисати економајзер. Ради повећања продукције економајзер ће бити јако димензионисан, али услед погонских услова мора се ограничити на излазну температуру воде $t_2 = 150^\circ\text{C}$.

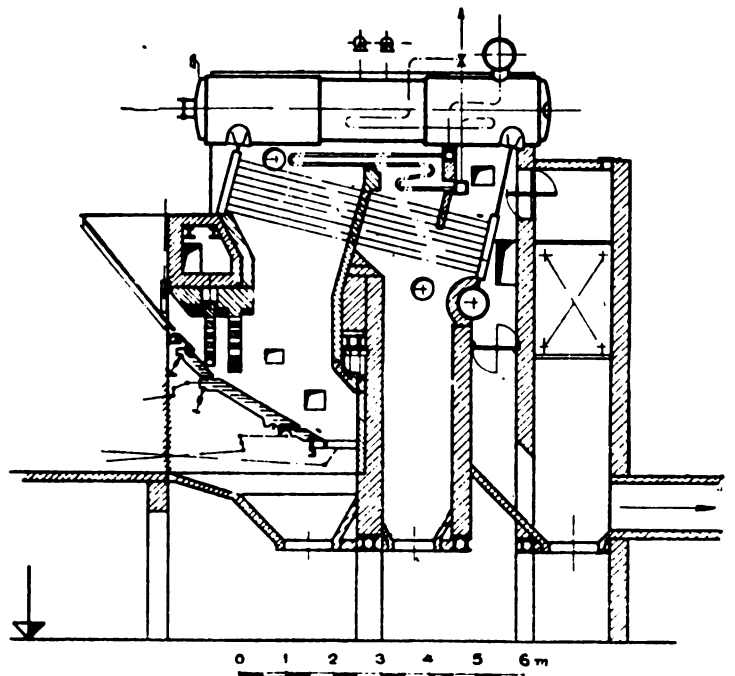
Економајзер ће уствари примити вишак топлоте која се појављује услед веће унете количине топлоте а непромењене величине грејне површине, што изазива повећање t_2 (температура гасова испред економајзера). Снижење t_R постићи ћемо у извесној мери и повећањем озрачене површине.

Трећа варијанта

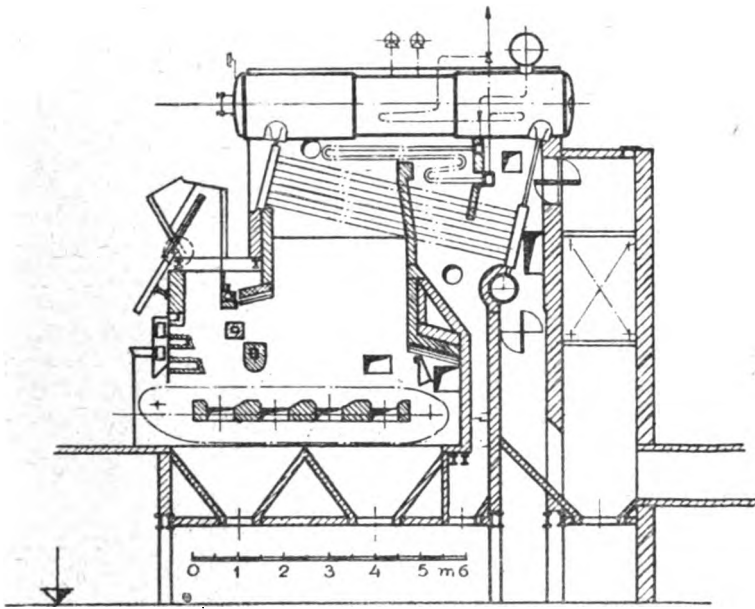
Ова реконструкција ће се извршити на исти начин као друга варијанта, с том разликом што ће котло бити мање форсиран и са мањом $\frac{D_1}{A_k} = 27 \text{ kg/m}^2\text{h}$.

Четврта варијанта

Реконструкција је слична и са истим задатком се изводи као код котлова I и III,



Сл. 96. — Секциони котло Röck (варијанта III)



Сл. 97. — Секциони котао Rðck (варијанта IV)

само што је овде примењено право Макаријево предложиште.

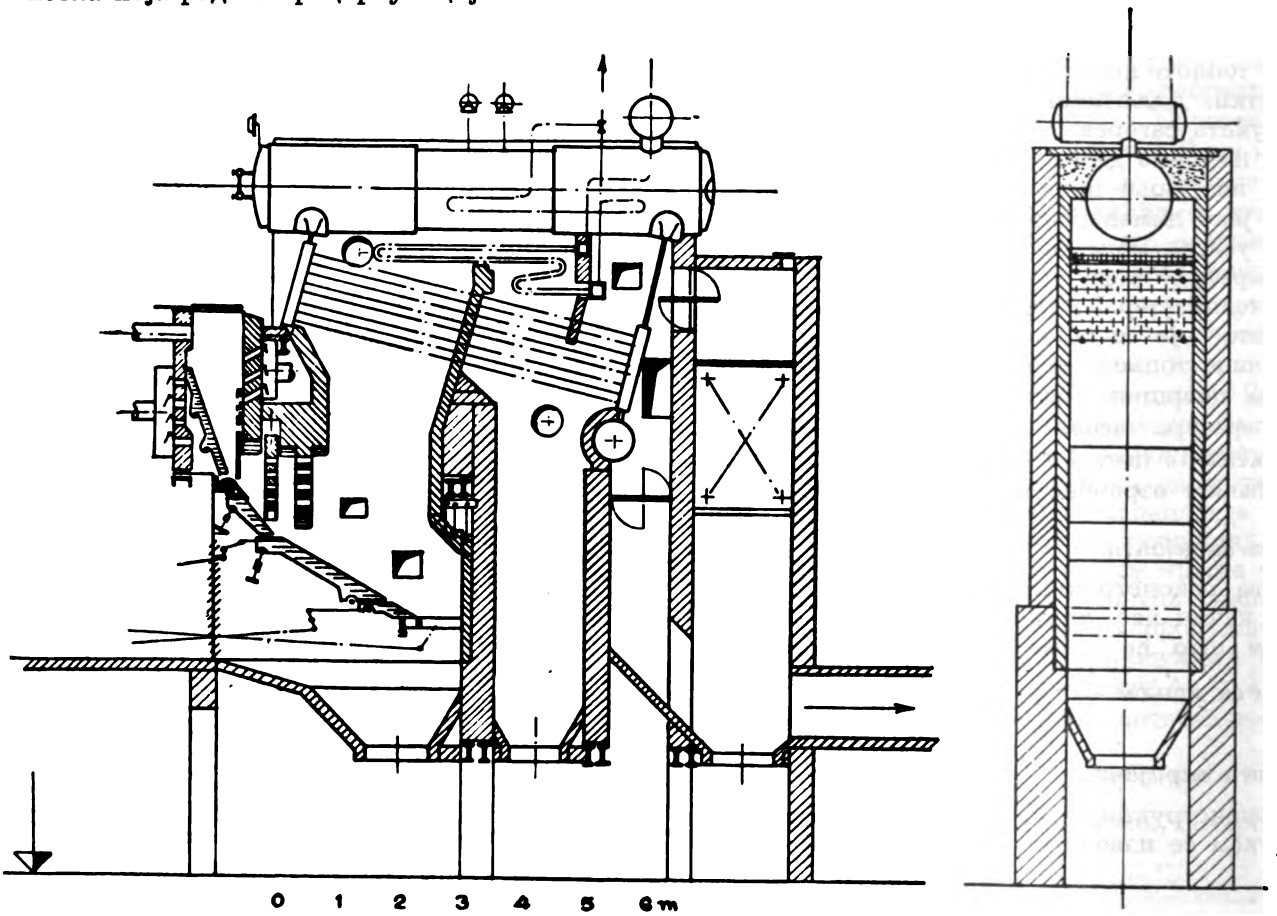
Пета варијанта

Ова варијанта се разликује од II и III по томе што је примењена сушара у склопу котла која ради са рецикулацијом гасова.

Табела бр. 17а

ПРЕГЛЕД КАРАКТЕРИСТИКА ВАРИЈАНТА РЕКОНСТРУИСАНОГ КОТЛА II (Rðck)

| Ознака | Димензија | Пузача ре- | Степ. полу- | Степ. полу- | Пузача ре- |
|-----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| | | шетка | мех. решетка — екранисано ложиште | мех. решетка, ложиште без екрана | шетка са Макаријевим предл. |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| D_1 | t/h | 5,25 | 4,89 | 4,05 | 4,8 |
| P_K | atü | 17 | 17 | 17 | 17 |
| t_s | °C | 325 | 325 | 325 | 325 |
| t_a | °C | 65 | 65 | 65 | 65 |
| η_k | | 0,75 | 0,72 | 0,73 | 0,74 |
| A_K | m ² | 150 | 150 | 150 | 150 |
| A_{ozr} | m ² | 20 | 20 + 10 | 10 | 20 |
| A_S | m ² | 42,3 | 42,3 | 42,3 | 42,3 |
| A_E | m ² | 150 | 100 | 100 | 100 |
| A_R | m ² | 75 | 9 | 8,5 | 6 |
| V_R | m ³ | 19,6 | 19,08 | 15,5 | 21,4 |
| H_i | kcal/kg | 4463 | 2244 | 2244 | 2244 |
| A | % | 13,24 | 7,24 | 7,24 | 7,24 |
| W | % | 15,66 | 49,08 | 49,08 | 49,08 |
| Sort. | mm | 2—8 | 30—80 | 30—80 | 15—30 |
| Q_1/V_R | kcal/m ³ h | 236.000 | 236.000 | 236.000 | 200.000 |
| B_1/A_R | kg/m ² h | 137,5 | 222 | 191 | 317 |
| Q_1/A_R | kcal/m ² h | 615.000 | 500.000 | 430.000 | 715.000 |
| D_1/A_R | kg/m ² h | 35 | 32,5 | 27 | 32 |
| Z | sec | 1,88 | 1,45 | 1,48 | 1,8 |



Сл. 98. — Секциони котао Rðck (варијанта V)

Реконструкција котла III (GANZ)

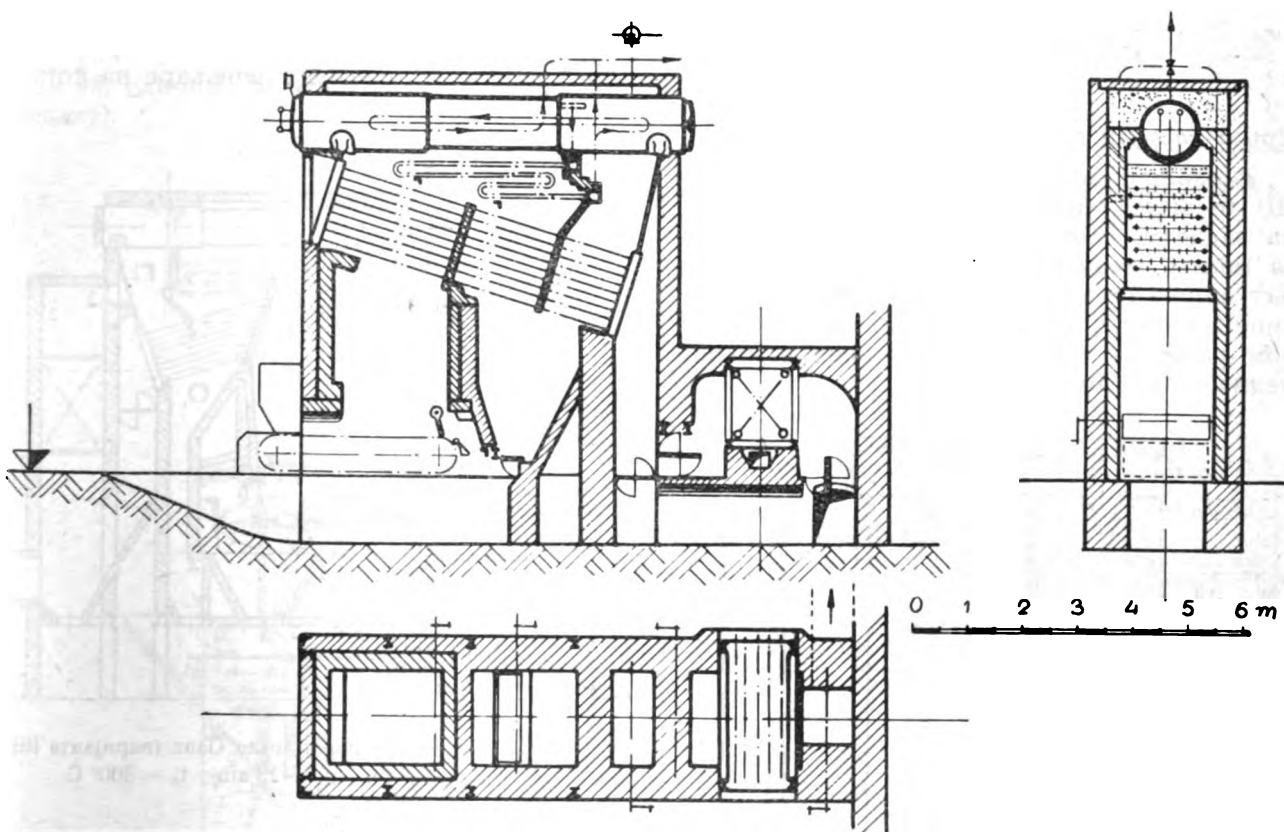
1. — Технички опис котла у данашњем стању:

| | |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|
| фабрикат | Ganz B & W |
| година градње | 1928 |
| фабрички број | 3831 |
| тип котла | секциони са водогрејним цевима — један уздужни добош |
| радни притисак | $p_k = 13 \text{ atü}$ |
| температура прегрејане паре | $t_s = 300 \text{ °C}$ |
| грејна површина котла (укупна) | $A_k = 154,40 \text{ m}^2$ |
| зорачена површина | $A_o = 12,00 \text{ m}^2$ |
| додирна површина | $A_g = 142,20 \text{ m}^2$ |
| површина прегрејача | $A_s = 40,95 \text{ m}^2$ |

површина решетке
запремина ложишта
тип решетке

пречник добоша
пречник водогрејних цеви
укупан број водогрејних цеви
пречник цевни прегрејача
број реди цевни по ширини
број реди цевни по висини
производња паре
оптерећење грејне површине
килограмско оптерећење решетке
калориско оптерећење решетке
оптерећење ложишног простора
калорична моћ горива (15–30)

$A_R = 3,75 \text{ m}^2$
 $V_R = 9,5 \text{ m}^3$
ланчана, вештачка доња промаја
 $D = 1066 \text{ mm}$ $L = 6950 \text{ mm}$
94,5/102 mm
72
35,5/38 mm
8
9
 $D_1 = 3850 \text{ kg/h}$
 $D_1/A_k = 25 \text{ kg/m}^2 \text{ h}$
 $B_1/A_R = 208 \text{ kg/m}^2 \text{ h}$
 $Q_1/A_R = 934.000 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}$
 $Q_1/V_R = 368.000 \text{ kcal/m}^3 \text{ h}$
 $H_1 = 4.500 \text{ kcal/kg}$



Сл. 99. — Садашње стање секционог котла Ganz — $D_1 = 3,85 \text{ t/h}$, $p_k = 13 \text{ atü}$, $t_s = 300 \text{ °C}$

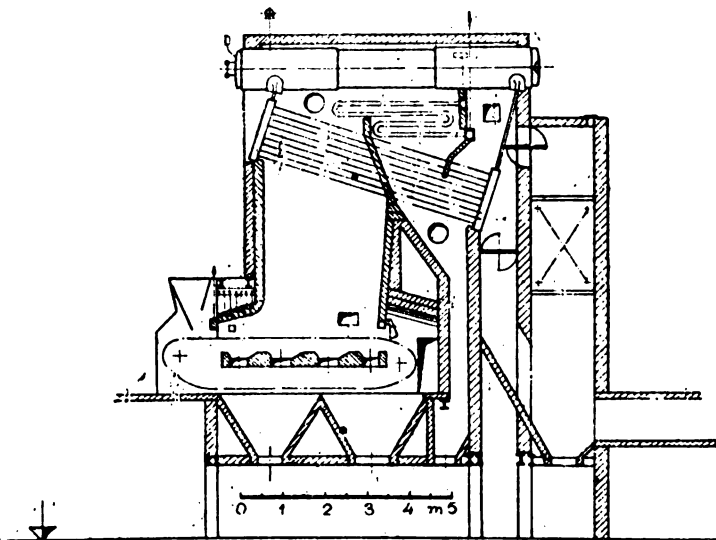
Прва варијанта

Ова реконструкција би обухватила следеће:

1. — Убацивање пузеће решетке модифициране KSG (производ „Ђуро Ђаковић“) одговарајућих димензија.

2. — Проширење ложишног простора, како би $\frac{Q_1}{V_R}$ било у границама за наше угљеве.

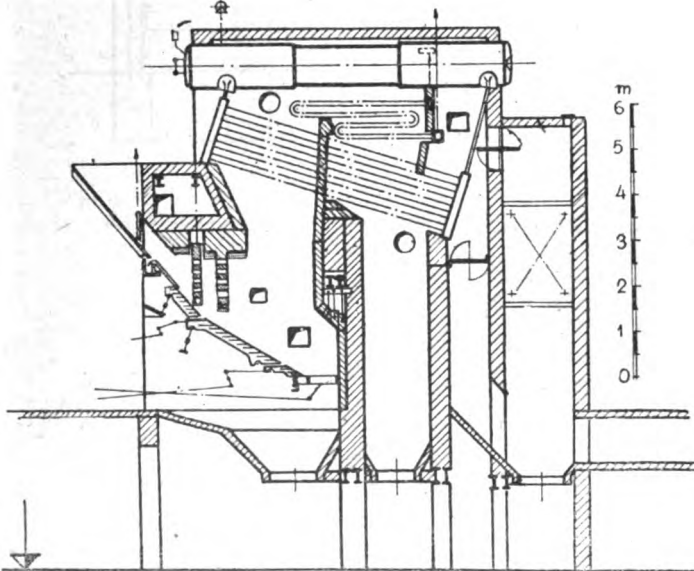
3. — Убацивање новог економајзера.
4. — Подизање пепелјаре на кату О.
5. — Повећање озрачене површине.



Сл. 100. — Секциони котло Ganz (варијанта I)
 $D_1 - 5 \text{ t/h}$, $p_k - 13 \text{ atü}$, $t_s - 300^\circ \text{ C}$

Друга варијанта

Комбинација овог котла са котлом Röck (II) највише одговара условима које треба да задовољи котларница ТНР. Овај котло са малом озраченом површином био би мањег капацитета и радио би у току целе године а котло II, са већом озраченом површином, радио би у току зимског периода паралелно са котлом III.



Сл. 101. — Секциони котло Ganz (варијанта II)
 $D_1 - 3,85 \text{ t/h}$, $p_k - 13 \text{ atü}$, $t_s - 300^\circ \text{ C}$

Ова варијанта би се састојала у следећој реконструкцији:

1. — Убацивање степенасте, полумеханичке решетке.
2. — Проширење ложишног простора.

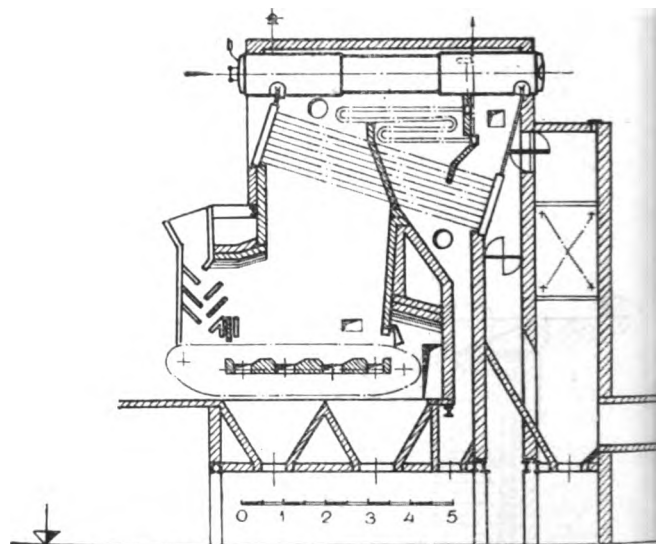
3. Убацивање новог економајзера.
4. — Подизање пепељаре на коту O.

Трећа варијанта

Сврха ове реконструкције је слична оној код трећих варијаната код котлова I и II, тј. омогућавање примене лигнита са великим процентом влажности путем предкоморе.

Ова реконструкција би се састојала у следећим изменама:

1. — Убацивање варијанте Макаријевог предложишта.
2. — Убацивање пузеће решетке „Буро Баковић“.
3. — Повећање запремине ложишног простора.
4. — Убацивање економајзера.
5. — Подизање пода пепељаре на коту O.



Сл. 102. — Секциони котло Ganz (варијанта III)
 $D_1 - 4,5 \text{ t/h}$, $p_k - 13 \text{ atü}$, $t_s - 300^\circ \text{ C}$

Четврта варијанта

Ова реконструкција се разликује од претходне варијанте по томе што је двоканалним системом повећан озрачени део цеви и што је први ред цеви спуштен, те чини задње екране.

Економајзер је стављен испод друге грејне површине, што се може прихватити с обзиром на мали проценат пепела у гориву и на то да котло није форсиран, те нема нарочите опасности од залеђивања економајзера летећим пепелом.

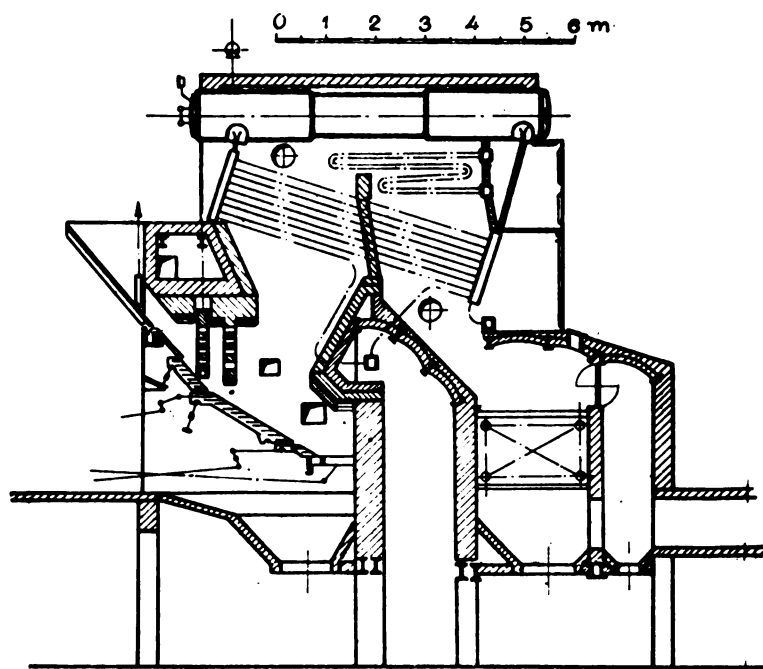
Пета варијанта

Постављањем добоша у попречан положај добивена је могућност за утростручењем грејне површине и решетке. Концепција ложишног простора је иста као код варијанте 4.

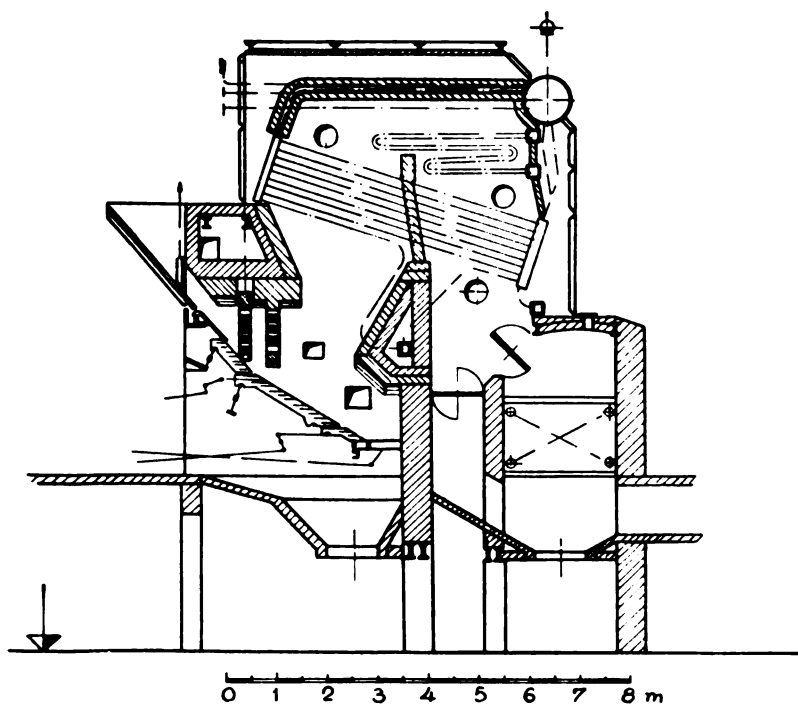
Незгодна страна ове варијанте је гранична вредност површине степенасте решетке и мали садржај воде у котлу.

Шеста варијанта

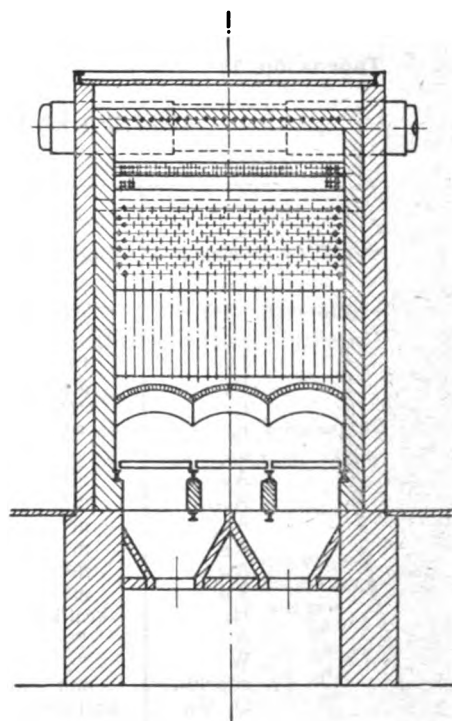
Решење претставља реконструкцију са степенастом решетком и сушаром у склопу котла а која ради са рециркулисаним гасовима. Лимени димњак са ексаузором постављен је на озиду економајзера. Дата диспозиција лименог димњака са вештачком вучом уграђеног на озиду економајзера на слици 96, слична је овом решењу (слика у огледалу).

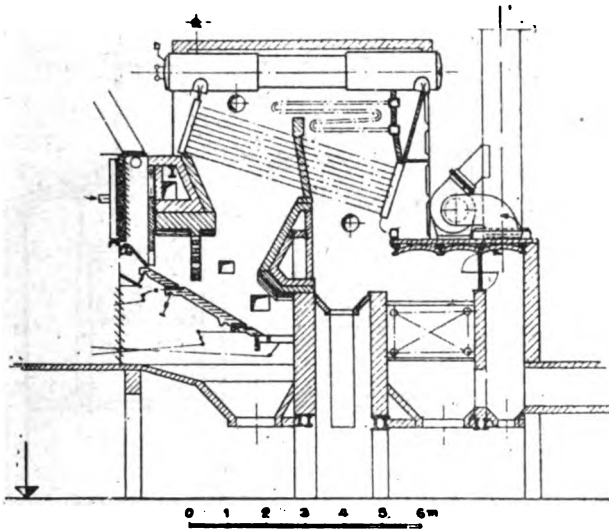


Сл. 103. — Секциони котло Ganz (варијанта IV)
 $D_1 - 4,0 \text{ t/h}$, $p_k - 13 \text{ atü}$, $t_s - 300^\circ \text{ C}$

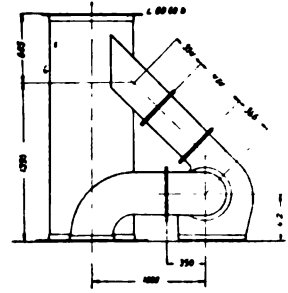


Сл. 104. — Секциони котло Ganz (варијанта V)
 $D_1 - 12 \text{ t/h}$, $p_k - 13 \text{ atü}$, $t_s - 300^\circ \text{ C}$





Сл. 105. — Секциони котао Ganz (варијанта VI)
 $D_1 - 4,0 \text{ t/h}$, $p_k - 13 \text{ ат}$, $t_s - 300^\circ \text{ C}$



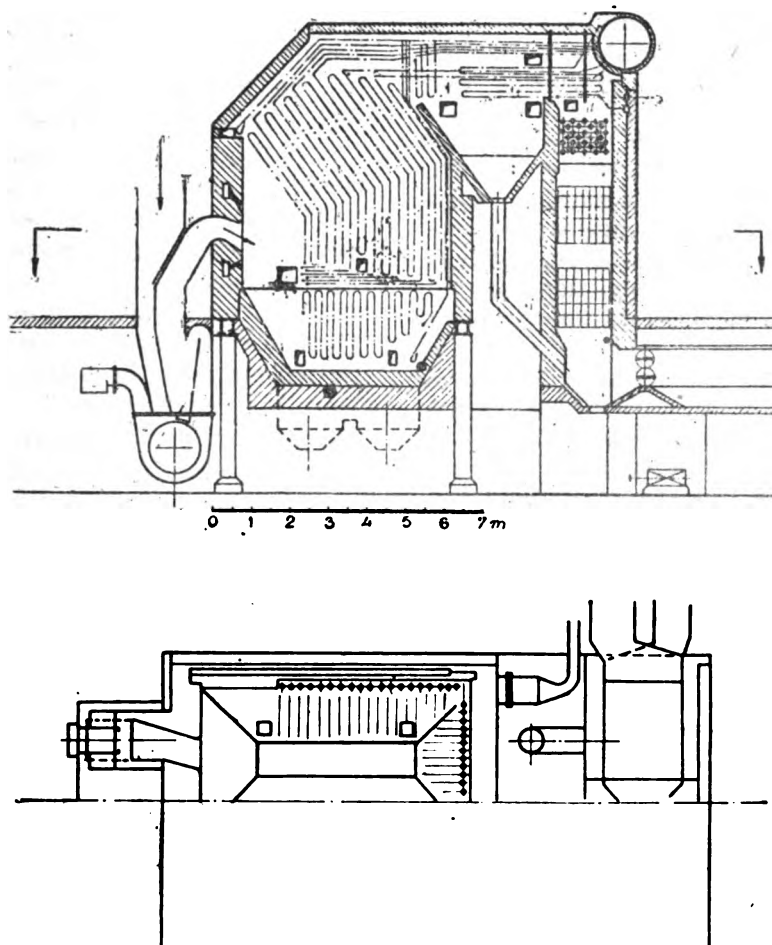
Сл. 106. — Деталј екстауртора и лименог димњака на економизеру

Табела бр. 18

ПРЕГЛЕД КАРАКТЕРИСТИКА ВАРИЈАНТА РЕКОНСТРУИСАНОГ КОТЛА III
 (G A N Z)

| Ознака | Димензија | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------|-----------------------|----------------|--------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| | | Пузећа решетка | Степенаста решетка | Пузећа решетка са комором за сушење | Степенаста решетка — задњи екрани, два канала | Степенаста решетка — задњи екрани, попречан добаш |
| D_1 | t/h | 5 | 3,85 | 4,5 | 4 | 12 |
| P_k | atü | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| t_s | °C | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| t_a | °C | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 |
| η_k | | 0,75 | 0,73 | 0,74 | 0,73 | 0,73 |
| A_k | m ² | 154,4 | 154,4 | 154,4 | 160 | 450 |
| A_{ozr} | m ² | 15 | 8 | 15 | 13,5 | 40 |
| A_s | m ² | 42,2 | 42,4 | 42,4 | 45 | 140 |
| A_E | m ² | 180 | 100 | 120 | 100 | 300 |
| A_R | m ² | 5,9 | 7,2 | 5,68 | 7,2 | 21,6 |
| V_R | m ³ | 18,7 | 14,8 | 20,3 | 15,5 | 46,5 |
| H_i | kcal/kg | 4463 | 2244 | 2244 | 2244 | 2244 |
| A | % | 13,24 | 7,24 | 7,24 | 7,24 | 7,24 |
| W | % | 5,66 | 49,08 | 49,08 | 49,08 | 49,08 |
| сортим. | mm | 2—8 | 30—80 | 15—30 | 30—80 | 30—80 |
| Q_1/V_R | kcal/m ³ h | 236.000 | 236.000 | 200.000 | 225.000 | 225.000 |
| B_1/A_R | kg/m ² h | 160 | 215 | 318 | 223 | 223 |
| Q_1/A_R | kcal/m ² h | 716.000 | 485.000 | 712.000 | 504.000 | 504.000 |
| D_1/A_K | kg/m ² h | 32,4 | 25 | 29 | 25 | 26,7 |
| z | sek. | 1,88 | 1,52 | 1,08 | 1,59 | 1,59 |

МОГУЋНОСТИ УПОТРЕБЕ ПАРНОГ КОТЛА
„KRUPP-LA-MONT“ ЗА НАША ГОРИВА



Сл. 107. — Парни котло Krupp-La-Mont за угљени прах — D_1 — 25/32 t/h, p_k — 50 atü, t_s — 475°C

Овај котло Крупове израде са La-Mont-овом принудном циркулацијом воде, коришћен је у подземним електричним централама (ово се да закључити из мале висине котла) и употребљавао је странo гориво $H_i = 7000$ kcal/kg. 75% и 25% горива од 4500 kcal/kg. Пре но што је приступљено монтажи овога котла потребно је било установити колико ће исти котло дати са нашим горивом, тј. мешавином 60% Тито-Бановићи $H_i = 3606$ kcal/kg + 20% Равна Река $H_i = 3811$ kcal/kg + 20% Раша $H_i = 7036$ kcal/kg, или просечне калоричне моћи $H_i = 4246$ kcal/kg, док је просечна доња калорична моћ страног горива била $H_i = 6375$ kcal/kg.

У постављеном задатку потребно је било решити следеће тачке:

1. — Контролни топлотни прорачун котла.

2. — Капацитет котла (укључиво са млевењем).
3. — Понашање котла у погону при максималном и минималном оптерећењу.
4. — Најмањи капацитет.
5. — Минимална и максимална температура продуката сагоревања иза Луво.

Добивене карактеристике котла;

Фабрикат Krupp — La-Mont
фабрички број 4137
 D_1 25/32 t/h
 p_k 50 atü
 t_s 475°C
 t_a 120°C

Израчунате карактеристике котла

| | |
|-------|----------------------|
| A_k | 275 m ² |
| A_s | 365 m ² |
| A_e | 1254 m ² |
| A_l | 2x736 m ² |
| V_R | 150 m ³ |

При решавању постављеног проблема, као полазна тачка служио је услов да темпера-

тура продуката сагоревања на крају ложишног простора не сме да пређе 1050°C , да се не би догодило лепљење омекшаног летећег пепела на додирне грејне површине.

У погледу капацитета, услед ограничене температуре ложишног простора ниском тачком топљења шљаке и пепела за угаљ Тито-Бановићи D_{max} не прелази 20 t/h , а D_{min} је незнатно мање од ове вредности, јер температура на крају ложишног простора пада испод 1000°C . Расхлађење ложишта је нагло, те би долазило до гашења ватре. Та вредност је 17 t/h , што је 53% од максималне продукције котла са горивом за које је исти грађен.

У погледу повећања продукције у односу на $D_1 = 20 \text{ t/h}$ постоји конструктивна могућност екранисања фронталног зида ложишта, који је сада урађен у шамоту, услед високе температуре паљења, досада примењиваног мршаваог угља. Екранисањем овог шамотног фронталног дела, који је играо улогу неке врсте свода за паљење, могла би се максимална продукција при одржавању услова од 1050°C на улазу из ложишног простора, повећати на 24 t/h . При овом оптерећењу побољшало би се и оптерећење ложишног простора

на око $140.000 \text{ kcal/m}^3\text{h}$. Мањи капацитет котла могао би се остварити торкретирањем извесног дела озрачене грејне површине, мада би то изазвало и смањење D_{max} и онако малог Q/V_R . Мала оптерећења могла би се пребродити употребом постојећег дотичног ложења помоћу нафте.

Излазна температура продуката сагоревања за максималну продукцију износи око 180°C , под претпоставком да су огревне површине чисте; иста температура под горњом претпоставком при D_{min} износила би свега 120°C . При повећању оптерећења преко 20 t/h занемарујући лепљење шљаке, дошло би до наглог пораста температуре излазних гасова (за $D = 25 \text{ t/h}$, $t_i = 240^{\circ}\text{C}$). По одбитку паразитних утрошака максимална нето продукција била би 18 t/h . Без реконструкције, котлоу би задовољавајуће функционисао при устаљеном режиму од 20 t/h . Капацитет млинова и потребна снага за погон повећали би се у приближно истој сразмери у којој је смањена калорична моћ примењеног горива, исто би важило за вентилаторе и евентуалне ексхаусторе.

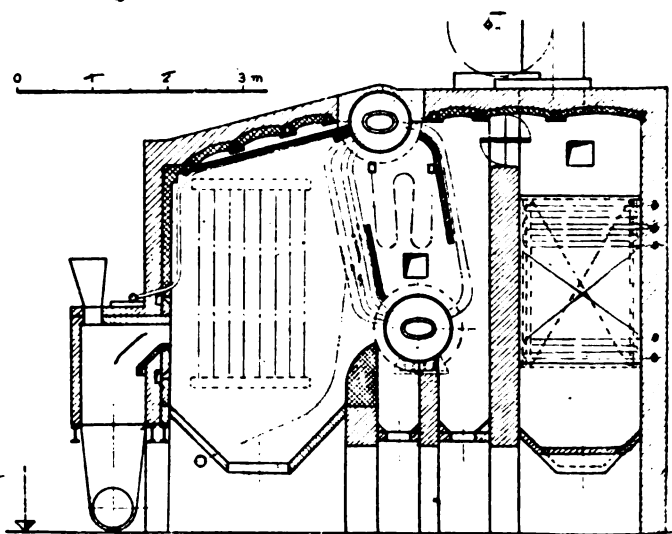
РЕКОНСТРУКЦИЈА КОТЛА KRŠ

Ова модификација је извршена у циљу примене угљеног праха на котловима малог капацитета. Изабран је котлоу KRŠ, који има мало запреминско оптерећење ложишног простора и згодан облик истога. Примењен је Кремеров млин. Циљ ове реконструкције је повећање капацитета од 4 на 6 t/h , при примени ситног горива просечне калоричне моћи око 4000 kcal/kg са процентом влаге до 15 и процентом пепела од 20 , те би било гориво бољег квалитета за наше прилике, само лошијег сортимана (прах-отпадак).

Наведена реконструкција би се састојала у следећем:

- 1) Постављање једног Krämer-овог млина.
- 2) Повећање ложишног простора на 30 m^3 .
- 3) Убацивање бочних екрана; горњи колектор екрана везан је са парним простором а доњи колектор екрана са доњим добошем.
- 4) Први ред водогрејних цеви, тј. свака друга цев продужује се и образује гранулациону решетку. Колектор гранулационе решетке везан је са доњим добошем.

5) Гасне преграде су измењене (види скицу).



Сл. 108. — Реконструисани котлоу малог капацитета KRŠ
 $D_1 = 6 \text{ t/h}$, $p_k = 13 \text{ атл}$, $t_s = 350^{\circ}\text{C}$

6) Убачен је прегрејач (гроздасти), на рачун водогрејних цеви.

7) Додат је економајзер по половини ширине котла. Гасови излазе из котла одозго спуштајући се на доле кроз економајзер и мењајући смер кретања за 180° , они пролазе кроз Луво. У зависности од процента пепела, квалитета воде и фабрикационих услова, може се употребити ребрасти или челични економајзер.

8) Загрејач ваздуха постављен је паралелно са економајзером на другој половини ширине котла. Продукти сагоревања пролазе кроз загрејач ваздуха одоздо на горе и излазе кроз лимени димњак који је постављен ексцентрично на озиде Луво-Еко, са стране загрејача ваздуха.

9) Извршена је реконструкција пепељаре испод ложишног простора и димних канала, а убачена је конична пепељара испод Луво-Еко. Мада је растојање између конуса и пода код ложишта свега 0,80 метара, извлачење пепела и шљаке може се механизовати помоћу транспортера са кофама.

10) Приликом ове реконструкције потребно је издизање целокупне котловске конструкције, тј. мора се продужити скелет котла.

Приликом ове модификације поступљено је по принципима изградње модерних котлова. Озрачена површина је повећана до могућег максимума, додирна грејна површина је

мала, рад грејне површине котла сведен је само на испаравање воде. Накнадне огревне површине, економајзер и загрејач ваздуха, у великој мери су повећани. Уствари економајзер је кључајући, тј. доводи воду до пред температуру кључања и на тај начин смањује се рад скупе котловске грејне површине помоћу јефтине грејне површине економајзера. Овом реконструкцијом коефицијент искоришћења котла повећан је на 78% поред тога што је спроведена механизација ложења и одвођења шљаке.

Постоји могућност директног одвођења продуката сагоревања из котла и димњака, тј. у овом случају десна клапна која даје везу са економајзером је затворена, а лева, директна веза са димњаком, отворена је.

Као плус ове модификације може се сматрати, нарочито у случају монтажних постројења постављање кратког лименог димњака, коме као постоље служи озид Еко-Луво.

Карактеристике реконструисаног котла KRŠ

| | |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------|
| Произукција паре | $D_1 = 6 \text{ t/h}$ |
| Температура прегрејане паре | $t_s = 350 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| Површина прегрејача | $A_s = 40 \text{ m}^2$ |
| Површина Луво | $A_1 = 250 \text{ m}^2$ |
| Оптерећење ложишта | $Q/V_R = 19 \times 10^4 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}$ |
| Искоришћење котла | $\eta_k = 78\%$ |
| Радни притисак | $p_k = 13 \text{ atü}$ |
| Огревна површина | $A_k = 100 \text{ m}^2$ |
| Површина економајзера | $A_e = 150 \text{ m}^2$ |
| Запремина ложишта | $V_R = 30 \text{ m}^3$ |

РЕКОНСТРУКЦИЈА КОТЛА IC

Постављен је проблем које би карактеристике давао котао „International Combustion Limited“ са нашим горивом од $H_i = 3310 \text{ kcal/kg}$.

Карактеристике котла:

| | |
|-------|--------------------------|
| D_1 | — 10/14 t/h |
| p_k | — 26 atü |
| t_s | — 360°C |
| t_a | — 60°C |
| A_k | — 232,150 m ² |
| A_s | — 40,000 . |
| A_E | — 130,000 . |
| V_R | — 27,500 m ³ |

Из приложене табеле и закључка виде се могућности рада са наведеним угљем.

Из приложеног табеларног прегледа могу се извести следећи закључци и поставити извесна предвиђања.

1) При половини оптерећења карактеристичне величине котла су испод нормалних граница. Стварна температура у ложишном простору је ниска, те постоји бојазан наступања прекида паљења услед неодговарајућег облика свода за паљење.

2) При режиму, три четвртине оптерећења горње карактеристике су нешто изнад нормалних вредности, осим стварне температуре ложишног простора, која је ниска услед великих озрачених површина.

3) Карактеристике котла при нормалном оптерећењу и форсираном раду знатно су

Табела бр. 19

ТАБЕЛАРНИ ПРЕГЛЕД КАРАКТЕРИСТИКА

| Карактеристика | ознака | 1/2 оптер. | 3/4 оптер. | норм. оптер. | форс. рад. | претп. оптер. | норм. комб. опт. | комб. оптер. II |
|------------------------|----------------------------------------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|------------------|---------------------|--------------------|
| Гориво | | угаљ | угаљ | угаљ | угаљ | угаљ | уг. маз. | уг. маз. |
| Топл. моћ | H_i kcal/kg | 3310 | 3310 | 3310 | 3310 | 3310 | 5270 | 3550 |
| Прод. | D_1 m ² | 5500 | 7875 | 10000 | 14000 | 6930 | 10000 | 7770 |
| Потр. гор. | B_1 kg/h | 1520 | 2180 | 2765 | 3880 | 1920 | 1920 | 1920 |
| Опт. реш. | B_1/A_R kg/m ² h | 160 | 229 | 290 | 406 | 202 | 202 | 202 |
| Опт. реш. | Q_1/A_R kcal/m ² h | 527500 | 755000 | 960000 | 1342000 | 665000 | 665000 | 665000 |
| Опт. лож. | Q_1/V_R kcal/m ² h | 183000 | 262000 | 333000 | 466000 | 230000 | 328000 | 257000 |
| Спец. прод. | D_1/A_R kg/m ² h | 23,7 | 34 | 43,2 | 60,3 | 29,8 | 43,2 | 33,6 |
| Спец. прод. | $D_1/A_k + A_E$ kg/m ² h | 15,2 | 21,8 | 27,6 | 38,7 | 19,2 | 27,6 | 21,4 |
| Спец. прод. | $D_1/A_k + A_E + A_s$ kg/m ² h | 13,42 | 19,2 | 24,4 | 34,2 | 16,9 | 24,4 | 19 |
| Сп. пр. норм. | D/A kg/m ² h | 27,8 | 40 | 50,6 | 70,8 | 35 | 50,6 | 39,3 |
| Кал. оптер. гр. повр. | $Q/A_k + A_E$ kcal/m ² h | 10400 | 14900 | 18820 | 26500 | 13100 | 18820 | 14625 |
| Кал. опт. гр. повр. | $Q/A_k + A_E + A_s$ kcal/m ² h | 9200 | 13200 | 16700 | 23400 | 11600 | 16700 | 12960 |
| Прод. реш. | D_1/A kg/m ² h | 587 | 825 | 1070 | 1500 | 740 | 1070 | 832 |
| Карактер. | A/A kg/m ² h | 24,4 | 24,4 | 24,4 | 24,4 | 24,4 | 24,4 | 24,4 |
| Степ. искор. | η_k | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 | 76,5 | 75,6 |
| Сувиш. ваз. | | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,34 | 1,38 |
| Темп. лож. теориска | t_f °C | 1230 | 1230 | 1230 | 1230 | 1230 | 1531 | 1378 |
| Темп. лож. стварна | t_f °C | 955 | 1039 | 1079 | 1113 | 1012 | 1496 | 1050 |
| Запр. прод. сагоревања | V_w m ³ /kg | 27,3 | 29,2 | 30 | 30,8 | 28,6 | 53,7 | 30,6 |
| Време саг. | z sec. | 2,4 | 1,55 | 1,19 | 0,83 | 1,8 | 0,84 | 1,63 |
| Брзина гас. у ложишту | v m/sec | 1,46 | 2,26 | 2,94 | 4,21 | 1,95 | 4,17 | 2,15 |

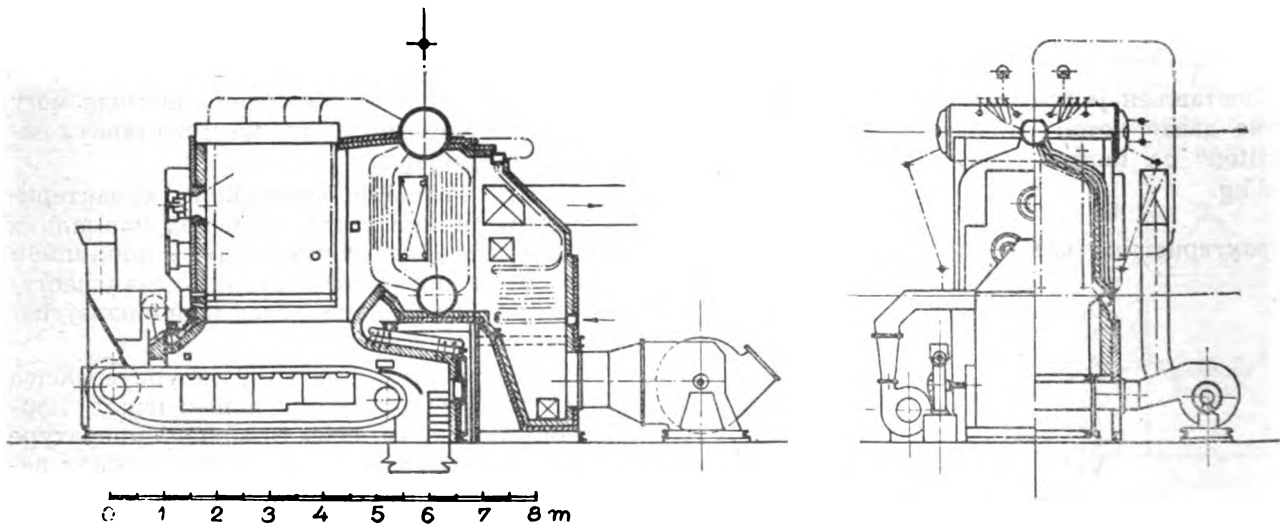
изнад дозвољених вредности, те се ова два режима не могу остварити са посматраним горивом.

4) Претпостављено оптерећење је оно које предвиђамо да се може остварити са постојећим угљем. Карактеристичне величине при овом режиму су у нормалним границама. Испитивањима треба утврдити да ли ће паљење горива бити препрека остварењу ове продукције. Превиђа се да је то максимална могућа продукција са овим горивом.

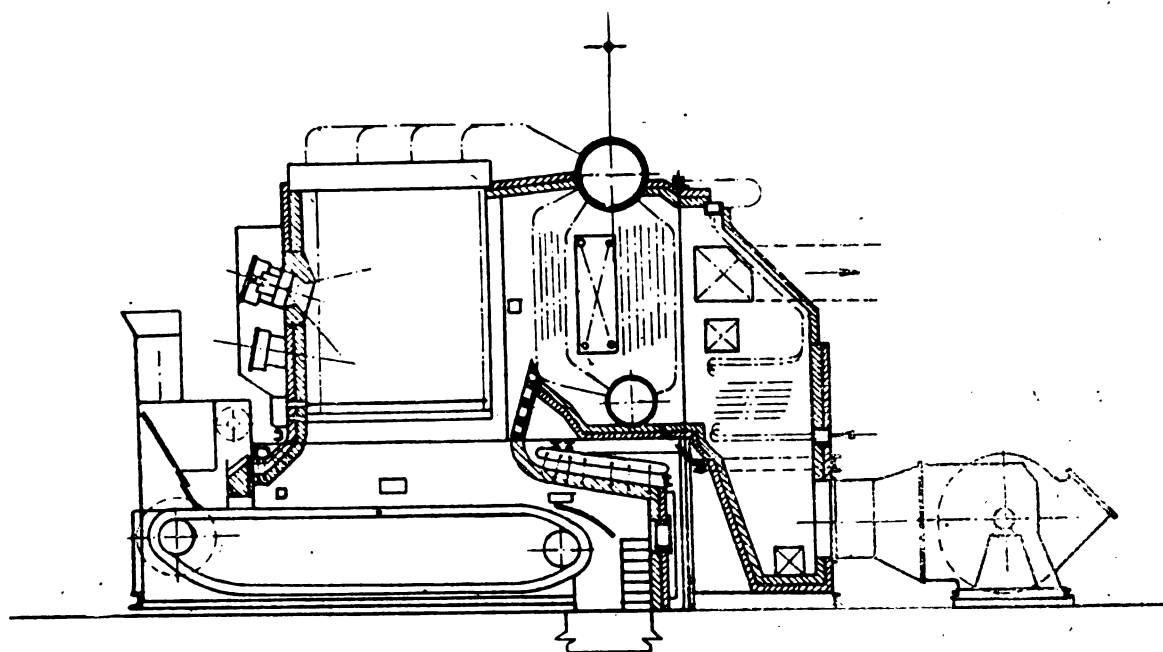
5) Првом комбинованом режиму стоји на путу ниска температура топљења шљаке (мада ово није потврђено анализом).

6) Други комбиновани режим и његове евентуалне варијанте предлажу се као мера за отклањање незгода у вези са ниском температуром ложишног простора.

У прилогу су дате скице могућих реконструкција овога котла са применом комбинованог ложења, ложења помоћу мазута и реконструкција са каскадном решетком.

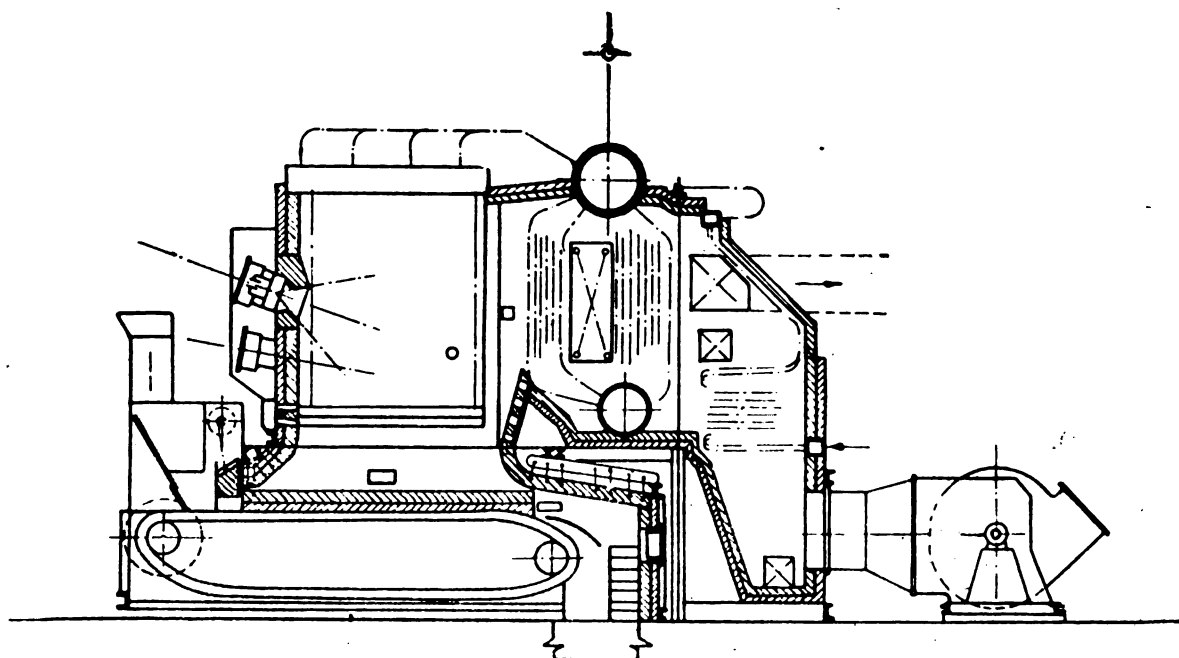


Сл. 109. — Котло I C у садашњем стању - D_1 - 10/14 t/h, p_k - 26 atü, t_s - 360°C



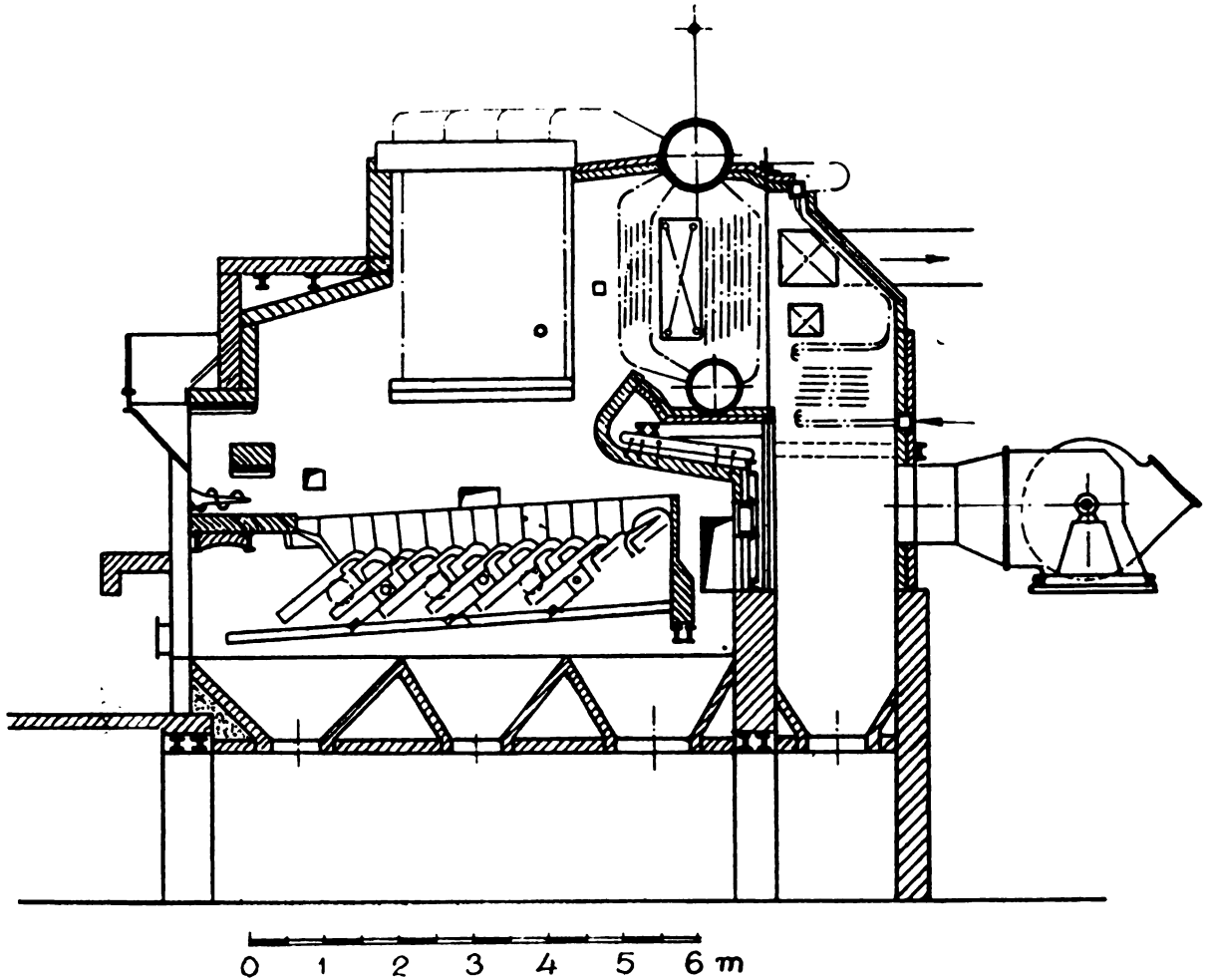
0 1 2 3 4 5 6 7 8 м

Сл. 110. — Котло I С, модификација I, за комбиновано ложење



0 1 2 3 4 5 6 7 м

Сл. 111. — Котло I С, модификација II, за ложење мазутом



Сл. 112. — Котао I C, модификација III, са каскадном решетком

РЕКОНСТРУКЦИЈА СТРОЦЕВНОГ КОТЛА „ЖИТЊАК“

У експлоатацији се показало да овај строцевни котао не даје предвиђени капацитет а нарочито са нисковредним горивом (велики проценат влаге).

Приликом ове реконструкције пошло се од тога, да је ложиште овога котла превише хлађено, да је однос грејне површине према површини решетке велики, и да је продукција паре по метру квадратном решетке велика $\left(\frac{D_1}{A_R}\right)$. Из овога разлога један део боч-

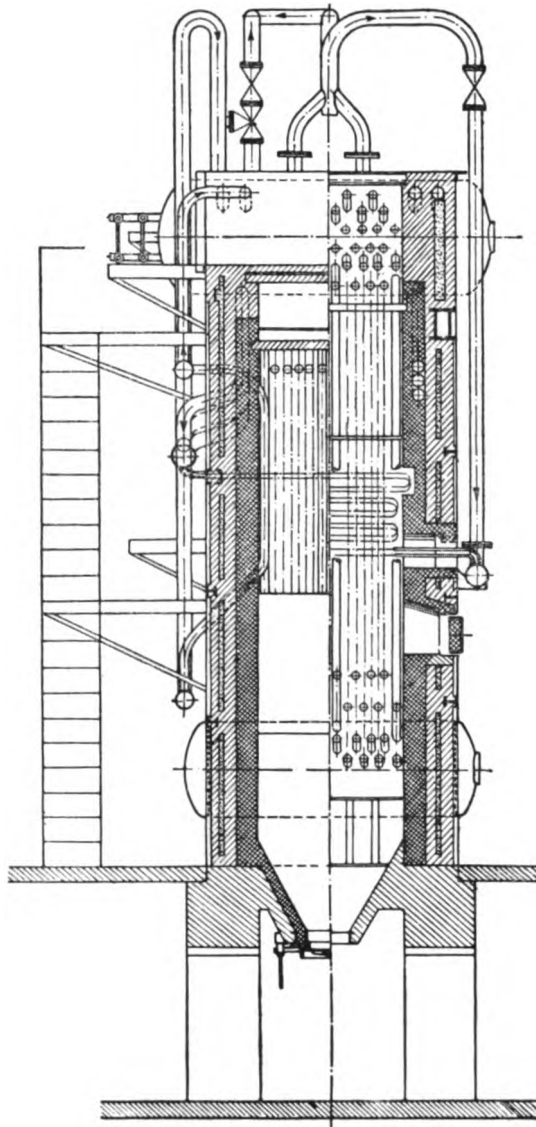
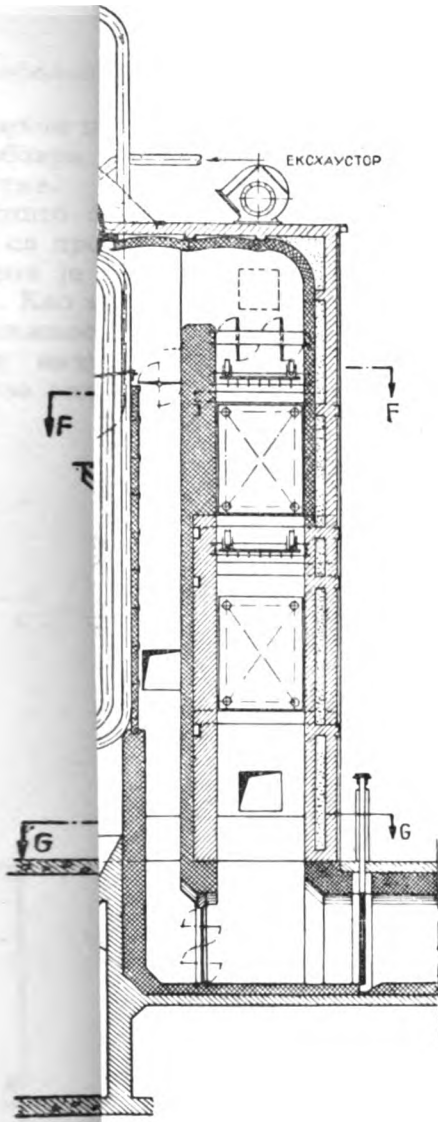
них екрана је избачен, а други скраћен. Плафонски екрани су делимично озидани. Овако је добијено смањење озрачене површине за 15 m^2 . Скраћивањем и избацивањем екра-

на, као и зазиђивањем задњих екрана (једног дела првог реда водотрејних цеви) добивена је мање хлађена средина у непосредној близини решетке. Пошто је ложиште знатне висине може се сматрати да је исто подељено на два дела: зона директног сагоревања (неекранисана), и зона хлађења (екранисани део ложишта). Свакако да неекранисани доњи део ложишта повољно утиче на побољшање потребних услова за сагоревање лошијих врста горива, којима је овај котао према конструкцији решетке и намењен.

Повећање површине решетке постиже се убацивањем решетке у предсушару (са $2,25 \text{ m}^2$)

ПРЕСЕК А-А

ПРЕСЕК В-В



ПРЕСЕК F-F

ПРЕСЕК G-G

исани стрмоцевни котло „Житъак“
atü, $t_s - 320^{\circ}C$, $A_k - 160 m^2$
 m^2 , $V_R - 17,4 m^3$, $A_0 - 25 m^2$

Побољшање односа $\frac{D_1}{A_R}$ постиже се

смањеном продукцијом паре на четири тоне, без обзира на извршено повећање површине решетке.

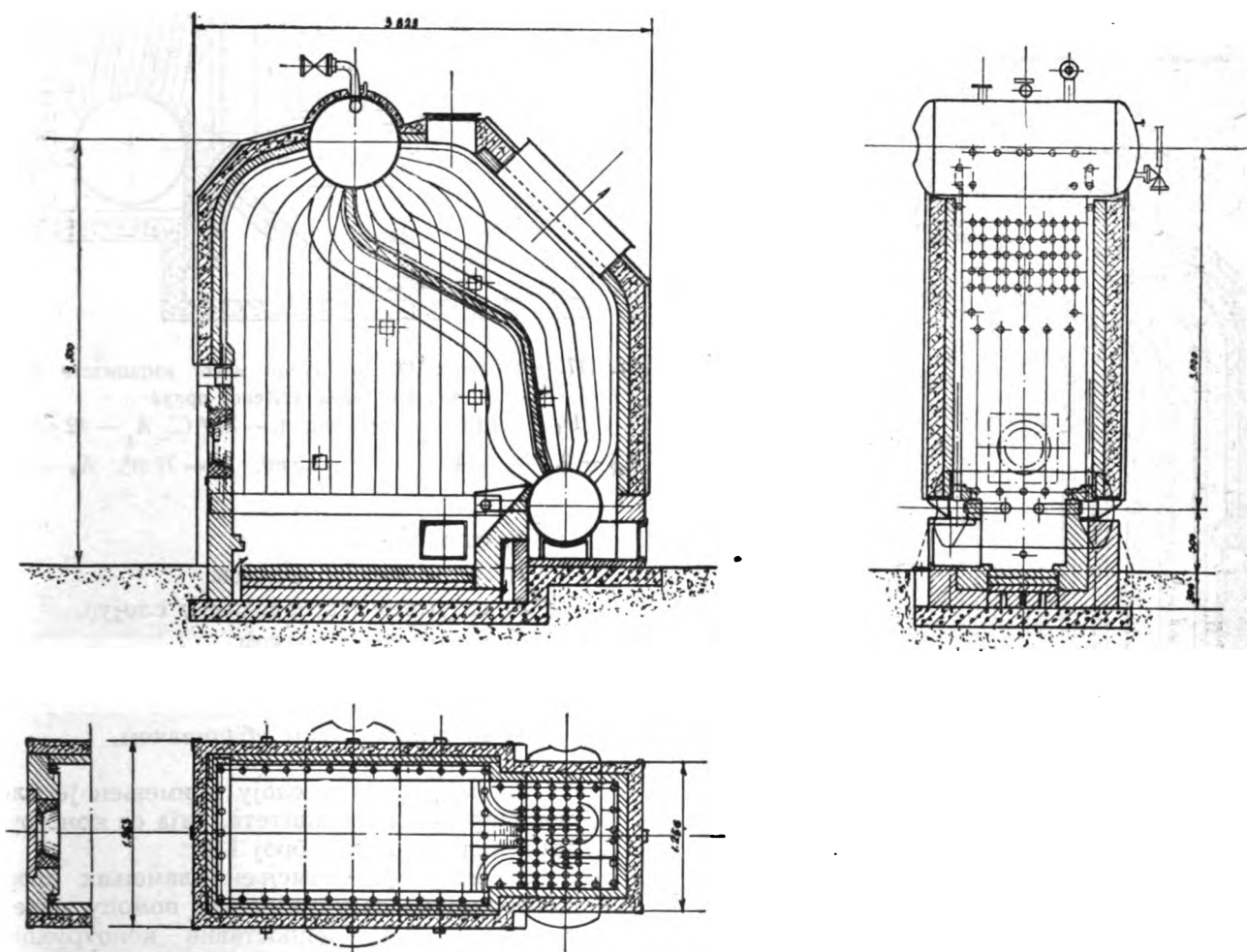
Пошто су у нашој земљи актуелни лигнити са процентом влаге већим од 25% прихваћена је ова проста конструкција предсушаре. Као средство за сушење, у зависности од влажности горива, може служити незагрејан ваздух, гасови из ложишта испред или иза економајзера. Процес сушења може

бити отворен или затворен. Код затвореног процеса гасовити продукти сушења враћају се у раскладну зону ложишта, како не би утицали негативно на процес сагоревања у зони „директног сагоревања“.

Очекују се следећи резултати ове реконструкције: могућност примене ниско вредних горива ($H_i = 2000 \text{ kcal/kg}$, $W = 50\%$), отклањање тешкоћа у вези са паљењем и сагоревањем горива и постизањем постављеног капацитета.

РЕКОНСТРУКЦИЈА В & W КОТЛА МАЛОГ КАПАЦИТЕТА

(за лабораториске сврхе)



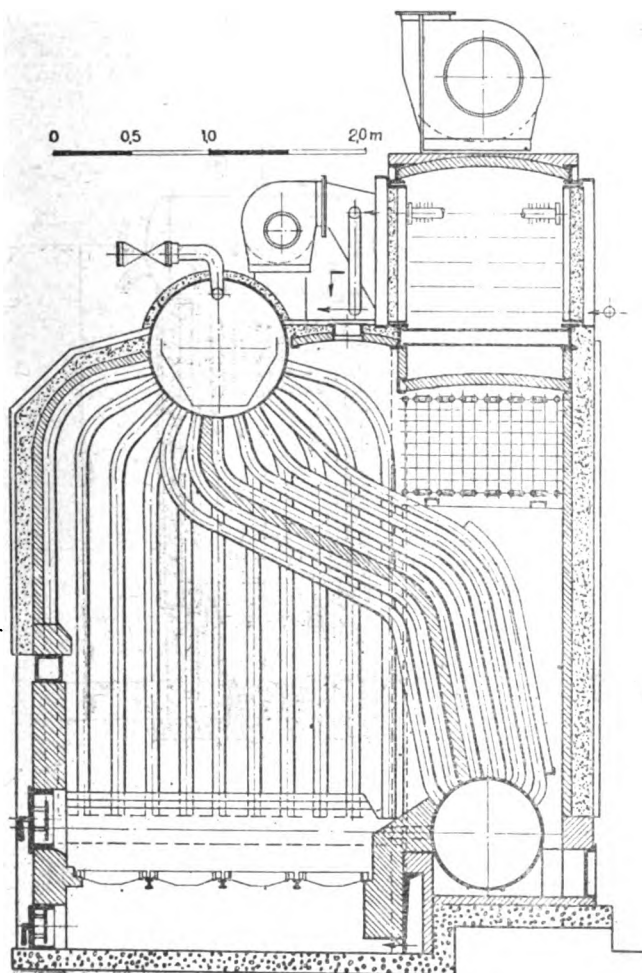
Сл. 115. — Стрмоцевни котло малог капацитета В & W за ложење мазутом
 $D_1 - 1200 \text{ kg/h}$, $p_k - 10 \text{ atü}$, $t_s - 0$, $A_k - 50 \text{ m}^2$, $A_R - 0$, $A_E - 0$, $V_R - 6 \text{ m}^3$, $A_0 - 20 \text{ m}^2$

За реконструкцију је узет француски В & W котло малог капацитета. По конструкцији котло је једноставан тако да се без потешкоћа може изградити у нашој индустрији.

Сврха ове реконструкције је стварање једног лабораториског котла за школске сврхе.

Првобитни котло је за рад са мазутом. Као што се види из приложених скица димензије котла су унеколико измењене. Повећан је пречник добоша и водогрејних цеви, повећана је ширина, висина и дубина ложишног простора. Варене конструкције су примењене у највећој мери.

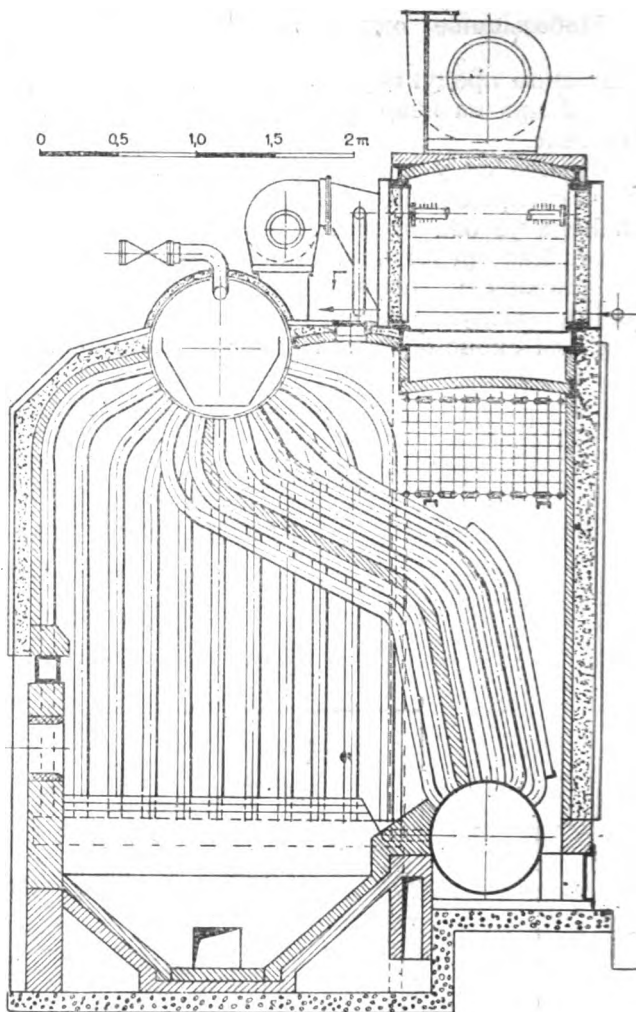
Са малим изменама, које се спроводе на лицу места са особљем намењеним за руковање котлом, котло може радити:



Сл. 116. — Реконструисани котло малог капацитета В & W за сагоревање угља у слоју

$D_1 - 1 \text{ t/h}$, $p_k - 18 \text{ atü}$, $t_s - 320^\circ \text{ C}$, $A_k - 50 \text{ m}^2$

$A_R - 2 \text{ m}^2$, $A_E - 40 \text{ m}^2$, $V_R - 5,5 \text{ m}^3$, $A_0 - 20 \text{ m}^2$, $A_S - 20 \text{ m}^2$



Сл. 117. — Реконструисани котло малог капацитета В & W за сагоревање угљеног праха

$D_1 - 1,3 \text{ t/h}$, $p_k - 18 \text{ atü}$, $t_s - 340^\circ \text{ C}$, $A_k - 42 \text{ m}^2$

$A_R - 0$, $A_E - 40 \text{ m}^2$, $V_R - 7,5 \text{ m}^3$, $A_0 - 22 \text{ m}^2$, $A_S - 20 \text{ m}^2$

- 1) са мазутом,
- 2) са гасовитим горивом,
- 3) са угљем (сагоревање у слоју),
- 4) са угљеним прахом,
- 5) комбинованим ложењем-слој + мазут или гас и
- 6) са пнеуматским убацивачем.

За сагоревање у слоју примењен је млин чекићар малог капацитета, чија се конструкција види из слике број 119.

За мазут је примењен пламењак прсте конструкције са удувањем помоћу паре.

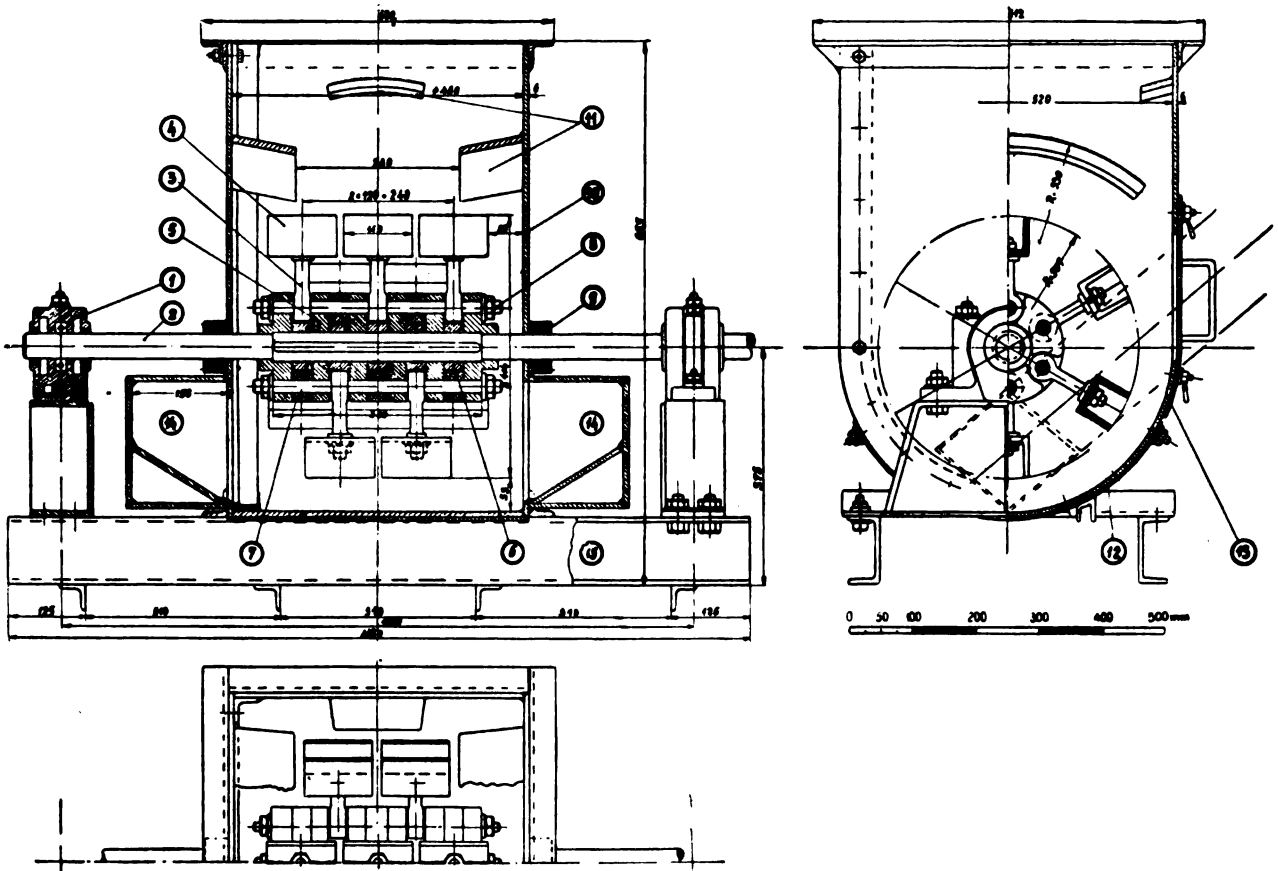
Решетка је једноставне конструкције: слична решетки за бродске котлове које израђује предузеће ТПК — „Житњак“ сл. 48.

За гасовито гориво користи се конструкција једноставног виорног пламењака.

Дати цртежи су само програмске скице, а наведене карактеристике оријентационог су карактера.

Приложена је студија реконструкције овог котла и млина чекићара малог капацитета.

Ту се може видети намена реконструкције, карактеристике разних варијаната котла, предрачунска сума за изградњу котла, груба спецификација потребног материјала за изградњу са потребним временом израде. У сличном обиму приказана је и конструкција млина чекићара малог капацитета.



Сл. 119. — Млин чекићар малог капацитета — 1. лежиште, 2. осовина млина, 3. ручица ударних тела, 4. ударно тело, 5. аксијални отстојник, 6. мањи аксијални отстојник, 7. радијални отстојник, 8. осовина ударних тела, 9. поклопац заптивке, 10. кутија млина, 11. сепарациони лим, 12. доњи лим, 13. поклопац, 14. довод ваздуха, 15. постоље млина

ТЕХНИЧКИ ОПИС КОТЛА N I

Котао је стрмоцевни, дводобошни, озрачен, малог капацитета, транспортног типа.

Озрачена површина износи 48% од укупне грејне површине, она се састоји из чеоних и бочних екрана а задње екране чини први ред цеви конвективног снопа.

Горњи добош се ослања преко бочних екрана на колекторе истих и преко конвективног снопа на доњи добош. На овај начин избегнуто је вешање добоша, те и скелет котла. Шамотни озид котла исто се ослања на екранске и водогрејне цеви. Озид котла је изведен помоћу наведених шамотних опека које се учвршћују помоћу приварених шибова за цеви изолационог материјала и лименог оклопа котла.

Велика грејна површина је постигнута двоструко завијеним цевима, што једновремено служи као дилатациони компензатор. Усвојени велики пречник цеви омогућује механичко чишћење истих.

Облик и запремина ложишног простора одговарају условима доброг сагоревања.

Прегрејач паре се смешта на крају конвективног снопа као што је то предвиђено код котла N I, или у првом гасном каналу као што се пројектује код котла N II.

Намена котла

Котао N I без економајзера, загрејача ваздуха и прегрејача паре и са евентуално смањеним притиском предвиђен је као индустријски котао малог капацитета. Концепција оваквога котла интересује

ТПК Загреб Житњак ради сериске производње. Исти котлоу би се производио, у зависности од његове ширине, за капацитете од 1—3 t/h. За оваквим котлом малог капацитета наша привреда има знатнога интереса.

Први примерак (прото-тип) овога котла био би израђен за потребе Машинског факултета и тек пошто би био испитан на Факултету, ТПК би отпочела са сериском производњом.

Котлоу N I, као опитни имао би могућности да ради на 8 начина (само на мазут, са угљем на равной решетки, са угљеним прахом, са угљем на пузећој решетки, са угљем помоћу пнеуматског убацивача, са гасом, комбиновано ложење угаљ у слоју и мазут, комбиновано ложење угаљ у слоју и гас). Прелаз са једне комбинације на другу захтевао би до 100 радних сати, на лицу места са средствима факултетске радионице и расположивом радном снагом.

Конструкција, карактеристике и капацитет котла предвиђени су тако да би задовољавали потребе за вежбе студената из парних котлова, усавршавања млађих стручњака на факултету, научно-истраживачког рада као и потребе погона лабораторије за парне турбине, парне и бродске машине и опрему локомотива.

Поред педагошког значаја, котлоу ове врсте омогућује и научно-истраживачке радове на Машинском факултету и у МИСАН-у, као и то што би претстављао један савремени начин решавања котла малог капацитета за потребе наше привреде.

Предност котла N I

1. Осим водогрејних цеви сав материјал предвиђен за изградњу овога котла производи се у земљи.

2. Овом концепцијом котла постигнута је знатна уштеда како у котловском материјалу тако и у потребном материјалу за озид. Потреба котловског материјала износи 5 тона (није урачунат озид) по тони инсталисаног капацитета. Код котлова који се производе у земљи (котлови малог и великог капацитета) ова вредност је много већа.

3. Мали број потребних норма сати за израду котла (2000 норма сати по тони инсталисаног капацитета). На пример за котлоу SK 51.5.7 потребно је око 3000 норма сати за тону инсталисаног капацитета.

4. Услед горе наведеног трошкови производње по тони инсталисаног капацитета били би знатно мањи но за котлове који се производе у земљи.

5. Мали габарит котла, те се исти може сместити у најмањој просторији која би служила као котларница.

6. Монтажа котла би се вршила у предузећу које га производи а транспорт до предузећа за које је намењен може се вршити вагоном нормалног колосека са седластом платформом или камионом.

7. Зидарски радови се своде само на израду фундамента где се котлоу поставља.

8. Монтажа се састоји у постављању котла на фундаменат и у давању прикључка са потрошачима.

9. Велика продукција котла односно мала запремина котла по тони инсталисаног капацитета (23 m³/t) код котла SK 51.5.7 ова вредност достиже око 30 m³/t.

10. Трошкови експлоатације и одржавања су ниски.

Напомена: Као евентуални недостатак овога котла могла би се навести потреба квалитативнијег горива (услед велике озрачене површине). Ово се може отклонити заштитом (блиндирањем) извесног дела озрачене површине.

ПРЕДРАЧУН ЦЕНЕ ИЗВОЂЕЊА ОПИТНОГ КОТЛА N I — 1

| | |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1) 11.130 кг. а Дин. 150.— | = Дин. 1,695.000.— |
| (Материјал по приложеној спецификацији) | |
| 2) Арматура и опрема котла | |
| (приближно) Дин. 250.000.— | |
| 3) 6000 килограма изолационог материјала а 30.— „ | 180.000.— |
| 4) 3000 кг. шамотне форме | |
| а Дин. 70.— „ | 210.000.— |
| 5) 5000 пројектантских норма сати (за израду пројекта) а Дин. 25.— „ | 125.000.— |
| | <u>Дин. 2,460.000.—</u> |

и словима (двамилионачетиристотинешездесеткиљада динара).

У анализи горњег предрачуна обухваћен је и износ за монтажу.

Гориво

| | | |
|-------------|--------------------------------|--|
| Мазут | | |
| C — 85,00 % | N — 0,2 | |
| H — 11,70 % | S — 2,1 | |
| O — 1,00 % | H _i — 9800 kcal/kg. | |

Угаљ (Сењски-Ресавски)

| | |
|---------------|-------------------------------|
| C — 51,12 % | A — 10,17 % |
| H — 3,72 % | W — 13,57 % |
| O+N — 20,54 % | H _i — 4511 kcal/kg |
| S — 0,88 % | t ₂ — 1290°C |

Ознаке

| | |
|------|--------------------------------------------------------|
| NI—1 | Котлоу за ложење мазутом |
| NI—2 | Варијанта за ложење угљем у слоју на равной решетки |
| NI—3 | „ „ „ „ „ пузећој |
| NI—4 | „ „ „ угљеним прахом |
| NI—5 | „ „ „ угљем са пнеуматичким убацивачем |
| NI—6 | „ „ „ гасом |
| NI—7 | „ „ комбиновано ложење мазут-слој (NI—1 + NI—3) |
| NI—8 | Варијанта за комбиновано ложење гас-слој (NI—7 + NI—3) |

СПЕЦИФИКАЦИЈА МАТЕРИЈАЛА ЗА КОТАО NI.

| Ред. бр. | Број дела | Ком. | Назив дела | Материјал | | Тежина једног комада | Укупна тежина |
|----------|-----------|------|---------------------------------------------------|------------------|-----------------------|----------------------|---------------|
| | | | | Ознака димензија | Дужина | | |
| 1 | 10-00 | 1 | Горњи добош | | | | |
| 2 | 10-01 | 1 | Плашт горњег добоша | lim IV st. 47.21 | ≠ 20 | 2900 × 2000 | 928 |
| 3 | 10-02 | 2 | Данце | lim IV st. 47.21 | ≠ 20 | 1050 × 1050 | 176 |
| 4 | 10-03 | 1 | Прстен отвора на добошу | lim IV st. 47.21 | 120 × 20 | 1200 | 22,5 |
| 5 | 10-04 | 1 | Поклопац отвора на добошу | lim IV st. 47.21 | ≠ 20 | 350 × 450 | 25,2 |
| 6 | 10-05 | 2 | Затезач поклопаца | st. 37.12 | 40 × 15 | 900 | 4,2 |
| 7 | 10-06 | 2 | Увртањ | st. 38.13 | ∅ 20 | 200 | 0,5 |
| 8 | 10-07 | 2 | Матица | st. 38.13 | | M 20 Din 555 | 0,06 |
| 9 | 10-08 | 1 | Корито за напајање | lim II st. 40.21 | ≠ 5 | 350 × 2000 | 28 |
| 10 | 10-09 | 3 | Држач корита за напајање | st. 37.12 | 50 × 10 | 200 | 0,78 |
| 11 | 10-10 | 1 | Сепарациони лим | lim II st. 40.21 | ≠ 5 | 1250 × 2000 | 100 |
| 12 | 10-11 | 9 | Држач сепарационог лима | st. 37.12 | 50 × 10 | 600 | 2,34 |
| 13 | 10-12 | 3 | Парни цевни наставка | st. 35.29 | ∅ 110 × 5 st | 600 | 7,8 |
| 14 | 10-13 | 1 | Цевни наставка за напајање | st. 35.29 | ∅ 80 × 5 st | 600 | 5,6 |
| 15 | 10-14 | 2 | Цевни наставка за вентил сигурности | st. 35.29 | ∅ 40 × 4 st | 600 | 2,15 |
| 16 | 10-15 | 3 | Прирубница за парни цевни наставка | lim II st. 40.21 | ≠ 20 | 250 × 250 | 10 |
| 17 | 10-16 | 1 | Прирубница за цевни наставка за напајање | lim II st. 40.21 | ≠ 20 | 210 × 210 | 7 |
| 18 | 10-17 | 2 | Прирубница за цевни наставка за вентил сигурности | lim II st. 40.21 | ≠ 20 | 160 × 160 | 3 |
| 19 | 10-18 | 2 | Цевни наставка за водом. стакло | st. 35.29 | ∅ 89 4 st. | 660 | 5,44 |
| 20 | 10-19 | 4 | Цевни наставка водом. стакла | st. 35.29 | ∅ 30 3 1/2 st | 115 | 0,265 |
| 21 | 10-20 | 4 | Прирубница водомерног стакла | lim II st. 40.21 | ≠ 20 | 120 × 120 | 1,73 |
| 22 | 10-21 | 2 | Уметак цеви за водом. стакло | st. 37.12 | ∅ 85 | 30 | 1,33 |
| 23 | 10-22 | 2 | Чеп RI ^a | Te. G. 92 | | | 0,09 |
| 24 | 10-23 | 2 | Прирубница цеви за водомер. стакло | st. 37.12 | ∅ 160 | 60 | 9,5 |
| 25 | 10-24 | 2 | Цевни наставка за термометар | st. 35.29 | ∅ 38,4 st | 300 | 0,78 |
| 26 | 10-25 | 2 | Чеп | st. 37.12 | ∅ 55 | 50 | 0,93 |
| 27 | 10-26 | 1 | Цев хладњака паре | st. 35.29 | ∅ 63,5 4 st. | 5000 | 29,5 |
| 28 | 10-27 | 230 | Ребра хладњака паре | lim II st. 40.21 | ≠ | 150 × 150 | 0,36 |
| 29 | 20-00 | 1 | Доњи добош | | | | |
| 30 | 20-01 | 1 | Плашт доњег добоша | lim IV st. 47.21 | ≠ 20 | 2300 × 2000 | 735,0 |
| 31 | 20-02 | 2 | Данце | lim IV st. 47.21 | ≠ 20 | 900 × 900 | 130,0 |
| 32 | 20-03 | 1 | Прстен отвора на добошу | lim IV st. 47.21 | 120 × 20 | 1200 | 22,5 |
| 33 | 20-04 | 1 | Поклопац отвора на добошу | lim IV st. 47.21 | ≠ 20 | 350 × 450 | 25,5 |
| 34 | 20-05 | 2 | Затезач поклопаца | st. 37.12 | 40 × 15 | 900 | 4,2 |
| 35 | 20-06 | 2 | Увртањ | st. 38.13 | ∅ 20 | 200 | 0,5 |
| 36 | 20-07 | 2 | Матица | st. 38.13 | | M 20 Din. 555 | 0,06 |
| 37 | 20-08 | 1 | Парни цевни наставка за продување | st. 35.29 | ∅ 80 × 5 st. | 600 | 5,6 |
| 38 | 20-09 | 1 | Прирубнице за цевни наставка за продување | lim II st. 40.21 | ≠ 20 | 210 × 210 | 7,0 |
| 39 | 30-00 | 71 | Водогрејна цев | st. 35.29 | ∅ 89 × 4 st | 3050 | 26 |
| 40 | 40-00 | 1 | Прегрејач паре | | | | |
| 41 | 40-01 | 9 | Цев прегрејача паре | st. 35.29 | ∅ 38,3 st | 16.100 | 42 |
| 42 | 40-02 | 2 | Колектор прегрејача | st. 35.29 | ∅ 216,7 st | 800 | 28,8 |
| 43 | 40-03 | 64 | Отстојник | st. 42.12 | 20 × 10 | 50 | 0,08 |
| 44 | 40-04 | 2 | Носач прегрејача | st. 37.12 | UNP 10 | 1500 | 15,9 |
| 45 | 50-00 | | Економајзер | | | | |
| 46 | 50-01 | 30 | Безшавна цев | st. 35.29 | ∅ 63,5 4 st | 1100 | 6,6 |
| 47 | 50-02 | 2500 | Ребро | st. 37.21 | ≠ 2 | 150 × 150 | 0,36 |
| 48 | 50-03 | 4 | Прирубница | st. 37.21 | ≠ 10 | 170 × 170 | 2,82 |
| 49 | 50-04 | 32 | Спојни лук | Te. G. 92 | одливак | | 10 |
| 50 | 50-05 | 64 | Чеп | Te. G. 92 | одливак | | 1,5 |
| 51 | 50-06 | 8 | Крајња растојна плоча | st. 37.12 | ≠ 100 × 15 | 1200 | 14 |
| 52 | 50-07 | 8 | Средња растојна плоча | st. 37.12 | ≠ 180 × 15 | 1000 | 21 |
| 53 | 50-08 | 2 | Рам економајзера | st. 37.12 | 70 × 70 × 9 | 8000 | 74,5 |
| 54 | 50-09 | 2 | Носач економајзера | st. 37.12 | INP 12 | 1500 | 16,8 |
| 55 | 50-10 | 4 | Поклопац економајзера | st. 37.12 | ≠ 3 | 1200 × 1200 | 34,6 |
| 56 | 60-00 | | Загрејач ваздуха | | | | |
| 57 | 60-01 | 41 | Цев загрејача ваздуха | st. 37.12 | ≠ 1,5 | 260 × 1000 | 3,12 |
| 58 | 60-02 | 2 | Сабирник | st. 37.21 | ≠ 3 | 500 × 1500 | 18 |
| 59 | 60-03 | 1 | Преградна плоча | st. 37.21 | ≠ 3 | 1100 × 1000 | 26,4 |
| 60 | 60-04 | 2 | Оквир | st. 37.12 | 50 × 50 × 5 | 2600 | 9,8 |
| 61 | 70-00 | 2 | Колектор бочних екрана | st. 35.29 | ∅ 216 × 7 st | 2400 | 86,4 |
| 62 | 70-01 | 2 | Поклопац чеоног отвора за чишћење | st. 37.21 | ≠ 15 | 300 × 300 | 10,8 |
| 63 | 70-02 | 12 | Завртањ са навртком | st. 38.13 | M 12.60 Mu Din 601 | | 0,075 |

| Ред. бр. | Број дела | Ком. | Назив дела | Материјал | | Тежина једног комада | Укупна тежина | |
|----------|-----------|------|-------------------------------------------|------------------|---------------|----------------------|---------------|-------|
| | | | | Ознака димензија | Дужина | | | |
| 64 | 70-03 | 2 | Прирубница за чеони отвор за чишћење | st. 37.21 | ≠ 15 | 300 × 300 | 10,8 | 21,6 |
| 65 | 70-04 | 22 | Цевни наставак за бочни отвор за чишћење. | st. 35.29 | ∅ 89 × 4 st | 120 | 1 | 22 |
| 66 | 70-05 | 22 | Чеп за бочни отвор за чишћење | st. 37.12 | ∅ 100 | 60 | 3,7 | 81,4 |
| 67 | 80-00 | 1 | Колектор фронталних екрана | st. 35.29 | ∅ 216 × 7 st | 1700 | 61,2 | 61,2 |
| 68 | 80-01 | 2 | Поклопац бочног отвора за чишћење | st. 37.21 | ≠ 15 | 300 × 300 | 10,8 | 21,6 |
| 69 | 80-02 | 2 | Прирубница бочног отвора за чишћење | st. 37.21 | ≠ 15 | 300 × 300 | 10,8 | 21,6 |
| 70 | 80-03 | 7 | Цевни наставак за отворе за чишћење | st. 35.29 | ∅ 89 × 4 st | 120 | 1 | 7 |
| 71 | 80-04 | 7 | Чеп за отворе за чишћење | st. 37.12 | ∅ 100 | 60 | 3,7 | 25,9 |
| | | | | | M 12.60 | | | |
| 72 | 80-05 | 12 | Завртањ са навртком | st. 38.13 | Mu Din 601 | | 0,075 | 0,90 |
| 73 | 90-00 | 2 | Циркулациона цев | st. 35.29 | ∅ 150 × 5 st | 1000 | 17,9 | 35,8 |
| 74 | 100-00 | 4 | Носач бочних екранских колектора | st. 37.12 | INP 20 | 400 | 10,5 | 42 |
| 75 | 100-01 | 16 | Подвезе носача | st. 37.21 | ≠ 20 | 300 × 200 | 9,6 | 153,6 |
| 76 | | | Оклоп котла | | | | | |
| 77 | 110-01 | 25 | Лим за оклоп котла | st. 37.21 | ≠ 5 | 2000 × 1000 | 80 | 2000 |
| 78 | 110-02 | 100 | Пљоснато гвожђе за ивичење плоча | st. 38.13 | 40 × 10 | 1000 | 3,12 | 312 |
| 79 | 110-03 | 500 | Завртањ за спајање плоча | st. 38.13 | M 10 × 40 Din | 601 | 0,057 | 28,5 |
| 80 | 120-00 | 1 | Постоље оклопа котла | st. 37.12 | L 100 × 150 | 11500 | 260 | 260 |

| | Тежина | Потребно време за израду |
|-----|-------------|--------------------------|
| I | 1521,92 | 479,5 |
| II | 199,42 | 172,5 |
| III | 3222,04 | 1410 |
| IV | 2346,48 | 1382 |
| V | 556,10 | 124 |
| VI | 2754,10 | 380 |
| | 10600,06 | 3948 |
| +5% | 530 | +10% 394,8 |
| | 11130,06 kg | 4342,8 h |

| | |
|-----------------|-----------|
| Груби лимови | 4630,70 |
| Средњи лимови | 13,11,60 |
| Профили | 536,20 |
| Шипкасто гвожђе | 815,14 |
| Безшавне цеви | 2859,70 |
| Одливци | 416 |
| Завртњи | 30,72 |
| | 10.600,06 |

ПРЕГЛЕД ПРИБЛИЖНО ПОТРЕБНИХ САТИ ЗА ИЗРАДУ ОПИТНОГ КОТЛА N- I

| Ред. бр. | Назив дела | 1 Лимарско-котларски | 2 Заваривачки | 3 Стругарско фрезер. | 4 Браварски | 5 Ковачки | 6 Монтажа | Укупно |
|----------|---------------------------------------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|----------------|--------------|----------------|------------|
| 1 | Горњи добош | — | — | — | — | — | — | — |
| 2 | Плашт горњег добоша | 100 | 20 | 25 | 5 | — | — | 150 |
| 3 | Данце | 5 | 20 | — | — | 200 | — | 220 |
| 4 | Прстен отвора на добошу | 5 | 3 | — | 2 | — | 2 | 12 |
| 5 | Поклопац отвора на добошу | — | 2 | 2 | 8 | — | 2 | 14 |
| 6 | Затезач поклопца | — | 2 | — | 3 | — | 1 | 6 |
| 7 | Увртањ | 1 | — | 2 | — | — | — | 3 |
| 8 | Матица | — | — | — | — | — | — | — |
| 9 | Корито за напајање | 10 | — | — | 5 | — | 5 | 20 |
| 10 | Држач корита за напајање | — | 1 | — | 5 | — | — | 6 |
| 11 | Сепарациони лим | 12 | — | — | 8 | — | 5 | 25 |
| 12 | Држач сепарационог лима | — | 3 | — | 6 | — | 3 | 12 |
| 13 | Парни цевни наставак | — | 2 | — | 2 | — | 1 | 5 |
| 14 | Цевни наставак за напајање | — | 1 | — | 1 | — | 0,5 | 2,5 |
| 15 | Цевни наставак за вентил сигурности | — | 2 | — | — | — | — | — |
| 16 | Прирубници за парни цевни наставак | — | 3 | 3 | 2 | — | 3 | 11 |
| 17 | „ цевни наставак за напајање | — | 1 | 1 | 1 | — | 0,5 | 3,5 |
| 18 | Прирубници за цевни наставак за вентил сигурности | — | 2 | 2 | 2 | — | 1 | 7 |
| 19 | Цевни наставак за водомерно стакло | — | 3 | 3 | 3 | — | 2 | 11 |
| 20 | „ водомерног стакла | — | 2 | 1 | 1 | — | 1 | 5 |
| 21 | Прирубници водомерног стакла | — | 4 | 4 | 2 | — | 2 | 12 |
| 22 | Уметак цеви за водомерно стакло | — | — | — | 1 | — | — | 1 |
| 23 | Чеп Р 1* | — | — | — | — | — | — | — |
| 24 | Прирубници цеви за водомерно стакло | — | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 25 | Цевни наставак за термометар | — | 0,5 | 0,5 | 0,5 | — | 0,5 | 2 |
| 26 | Чеп | — | 2 | 2 | — | — | — | 2 |
| 27 | Цев хладњака паре | 10 | 2 | — | — | — | 2 | 14 |
| 28 | Ребра хладњака паре | — | 50 | 30 | — | — | 20 | 100 |
| 29 | Доњи добош | — | — | — | — | — | — | — |
| 30 | Плашт доњег добоша | 100 | 20 | 25 | 5 | — | — | 150 |
| 31 | Данце | — | 20 | — | — | 200 | — | 220 |
| 32 | Прстен отвора на добошу | 5 | 3 | — | 2 | 2 | — | 12 |
| 33 | Поклопац | — | 2 | 2 | 8 | — | 2 | 14 |
| 34 | Затезач поклопца | — | 2 | — | 3 | — | 1 | 6 |
| 35 | Увртањ | 1 | — | 1 | — | — | — | 2 |
| 36 | Матица | — | — | — | — | — | — | — |
| 37 | Парни цевни наставак за продувавање | — | 0,5 | — | 0,5 | — | 0,5 | 1,5 |
| 38 | Прирубници за цевне наставке за продување | — | 1 | 1 | 1 | — | 0,5 | 3,5 |
| 39 | Водогрејна цев | 570 | 150 | — | — | — | 70 | 790 |
| 40 | Прегрејач паре | — | — | — | — | — | — | — |
| 41 | Цев прегрејача паре | 135 | 20 | — | — | — | 10 | 165 |
| 42 | Колектор | — | 5 | 10 | 10 | — | 5 | 30 |
| 43 | Отстојник | — | 6 | — | 5 | — | 5 | 16 |
| 44 | Носач прегрејача | — | — | — | 1 | — | — | 1 |
| 45 | Економајзер | — | — | — | — | — | — | — |
| 46 | Безшавна цев | — | — | — | 15 | — | — | 15 |
| 47 | Ребро | — | 500 | 100 | 100 | — | 50 | 750 |
| 48 | Прирубници | — | 1 | 2 | 1 | — | 1 | 5 |
| 49 | Спојни лук | — | — | — | — | — | — | — |
| 50 | Чеп | — | — | — | — | — | ливце ливце | 300 120 |
| 51 | Крајња растојна плоча | — | — | 15 | 10 | — | — | 25 |
| 52 | Средња | — | — | 15 | 10 | — | — | 25 |
| 53 | Рам економајзера | — | 10 | — | 10 | — | 5 | 25 |
| 54 | Носач | — | — | — | — | — | 2 | 2 |
| 55 | Поклопац | — | 5 | — | 15 | — | 5 | 25 |
| 56 | Загрејач ваздуха | — | — | — | — | — | — | — |
| 57 | Цев загрејача ваздуха | 40 | 20 | — | 10 | — | 5 | 75 |
| 58 | Сабирник | 5 | 3 | — | 2 | — | 2 | 12 |
| 59 | Преградна плоча | — | — | — | 1 | — | 1 | 2 |
| 60 | Оквир | — | 4 | — | 6 | — | 2 | 12 |
| 61 | Колектор бочних екрана | — | 10 | 5 | 5 | — | — | 20 |
| 62 | Поклопац чеоног отвора за чишћење | — | — | 2 | 2 | — | — | 4 |
| 63 | Завртањ са навртком | — | — | — | — | — | — | — |
| 64 | Прирубници за чеони отвор за чишћење | — | 1 | 2 | 1 | — | — | 4 |
| 65 | Цевни наставак за бочни отвор за чишћење | — | 10 | — | 10 | — | 4 | 24 |

| Ред. бр. | Назив дела | 1 Лимарско-котларски | 2 Заваривачки | 3 Стругарско-фрезер. | 4 Браварски | 5 Ковачки | 6 Монтажа | Укупно |
|----------|-------------------------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|----------------|-----------------------|--------------|--------|
| 66 | Чеп за бочни отвор за чишћење | | | 10 | | | | 10 |
| 67 | Колектор фронтал. екрана | | 5 | 2,5 | 2,5 | | | 10 |
| 68 | Поклопац бочног отвора за чишћ. | | | 2 | | | | 4 |
| 69 | Прирубници | | 1 | 2 | 2 | | | 5 |
| 70 | Цевни наставка за отворе за чишћење | | 7 | | 5 | | 2 | 14 |
| 71 | Чеп за отворе за чишћење | | | 3 | | | | 3 |
| 72 | Завртањ са навртком | — | — | — | — | — | — | — |
| 73 | Циркулациона цев | 10 | 2 | | | | 2 | 14 |
| 74 | Носач бочних екранс. колектора | | 6 | | 4 | | | 10 |
| 75 | Подвезе носача | | 20 | | 15 | | 5 | 40 |
| 76 | Оклоп котла | — | — | — | — | — | — | — |
| 77 | Лим за оклоп котла | | 60 | | 80 | | 30 | 170 |
| 78 | Пљоснато гвозђе за ивичење плоче | | 50 | | 30 | | 20 | 100 |
| 79 | Завртањ за спајање плоча | | | | | | 50 | 50 |
| 80 | Постоље оклопа котла | | 12 | | 4 | | 4 | 20 |
| УКУПНО | | 1004 | 1071 | 276 | 437,5 | 402 $\frac{400}{420}$ | 337,5 | 3948 |

ОБРАЗЛОЖЕЊЕ КОНСТРУКЦИЈЕ СА ТЕХНИЧКИМ ОПИСОМ МЛИНА ЧЕКИЋАРА МАЛОГ КАПАЦИТЕТА

Идеју за овај предлог дала је постојећа конструкција млина чекићара малог капацитета примењеног у СССР-у, а описаног у часопису.

Предложена конструкција разликује се од наведене у следећем:

Ударна тела имају две радне стране те се по истрошењу једне ударна тела могу окренути на другу радну страну.

Између носача (ручица) ударних тела предвиђени су отстојници који спречавају међусобно ударање појединих ударних тела.

Поред аксијалних сепарационих лимова предвиђени су и радијални. Очекује се да ће се овим знатно побољшати сепарациони ефекат.

Капацитет и потребна снага

Капацитет млина може се одредити апроксимативно по следећем, у пракси уведенем обрасцу:

$$G = 45 F \cdot K \cdot R_{70}^{1.2} \text{ kg/h}$$

где је

F = пројекција тела које ствара ротор при обртању у m^2

K = коефицијент млевења

R_{70} = остатак на сити од 4900 рупа у %

За приказани млин горње вредности би износиле:

$$F = \frac{0,414^2 \times P}{4} = 0,145 \text{ m}^2$$

$K = 1$ Усвојена је ова вредност, пошто коефицијент који карактерише поједине угљеве у смислу млевења, за наше угљеве није одређиван.

$R_{70} = 30\%$ Ова вредност је усвојена сразмерно велика обзиром да је млин намењен првенствено испитивању лигнита.

$$G = 45,0,145,1,30^{1.2} = 386$$

$$G = 386 \text{ kg/h}$$

Стварни капацитет биће по свој прилици за боље услове већи од овога, што се може закључити на основу тога што се коефицијент K за стране угљеве креће од 1—2. Колики ће он бити за поједине наше угљеве моћи ће експериментално да се одреди.

Горњи образац важи за дробљен угаљ крупноће 0—10 mm, а ово је баш крупноћа отпадака сепарације који се из економских разлога код нас препоручује за индустријска ложишта.

Осим тога на капацитет млина утичу температура ваздуха, проценат влаге у гориву, структура угља итд.

Коефицијентом K могу сви ови утицаји да буду обухваћени.

За овај млин може се потребна снага одредити по следећем обрасцу:

$$N_e = \alpha \cdot F$$

где је α бројни коефицијент који се предвиђа да ће за овај млин износити 30—40

$$N_e = 3,45 F = 34,5 \times 0,145 = 5$$

$$N_e = 5 \text{ KW (четворополни електро-мотор)}$$

Вредност коефицијента α не одговара за млинове нормалног капацитета, за које се он креће од 60—100. Узрок овоме треба тражити у разликама специфичне продукције ротора овога и нормалних млинова.

Технички опис

Материјал за израду млина углавном је онај који се у земљи производи.

Сам млин израђен је у виду лименог шахта са аксијалним доводом ваздуха. Радна површина је од лима, пошто се млин предвиђа за опитне сврхе.

Ударна тела су израђена од два међусобно вarena угаоника. Ударних тела има 15 распоређених шаховски. Обзиром на капацитет и сврху млина није предвиђено водено хлађење осовине.

Осовина је смештена на два куглична лежишта. Предвиђа се да се кућице ових лежишта хладе водом. Осовина је директно спојена са електро-мотором $N = 5 \text{ K W}$ $n = 14500/\text{mm}$.

Доњи часови су одређени на бази средње квалификованог радника и под условом да се располаже потребним браварским машинама.

АПРОКСИМАТИВНИ БРОЈ ПОТРЕБНИХ РАДНИХ САТИ ЗА ИЗРАДУ МЛИНА

| | |
|-----------------------|------------------------|
| Браварски | 85 |
| Ковачки | 15 |
| Заваривачки | 25 |
| Стругарски и фрезачки | 51 |
| Монтажа | 24 |
| Укупно | 200 |
| додатак 10% | 20 |
| | 220 радних сати |

Табела бр. 21

ОСНОВНИ ПОДАЦИ ИСПИТИВАЊА

| Назив | Ознака | Температура ваздуха и број опита | | | | | |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | 200° C | | 250° C | | 300° C | |
| | | 1 | 4 | 2 | 5 | 3 | 6 |
| Трајање опита | Z | 5,00 | 5,08 | 5,15 | 5,12 | 4,95 | 3,4 |
| Гориво | | | | | | | |
| Врста горива | | | | | | | |
| Порекло | | | | | | | |
| Влажан сирови угаљ | | | | | | | |
| Влага % | W _p | 54,5 | 56,68 | 56,55 | 56,96 | 55,73 | 55,77 |
| Пепео у односу на суву масу | A _c | 7,5 | 14,96 | 14,47 | 16,90 | 14,00 | 15,44 |
| Садржај волатила у односу на горућу масу | V _r | 52,26 | 59,81 | 59,68 | 57,79 | 60,26 | 57,45 |
| Топлотна моћ горива H _i kcal/kg | Q _h ^p | 2223 | 2154 | 2205 | 2063 | 2232 | 2207 |
| Температура горива °C | t _m | 21,70 | 24,10 | 25,30 | 23,00 | 24,40 | 24,00 |
| Прах на излазу из шахта | | | | | | | |
| Влажност % | W _c ^p | 31,24 | 27,90 | 36,89 | 31,24 | 32,56 | 27,20 |
| Пунни остатак на сити бр. 30 | R ₃₀ | 4,08 | 8,88 | 4,60 | 3,20 | 8,80 | 5,20 |
| Исто на сити 70% у процентима | R ₇₀ | 40,56 | 51,84 | 39,80 | 42,48 | 53,84 | 46,20 |
| Рад млина | | | | | | | |
| Произукција kg/h | B | 279 | 257 | 323 | 299 | 364 | 344 |
| Произукција сведена на ротор m/m ³ h | B/F | 1,93 | 1,78 | 2,22 | 2,07 | 2,52 | 2,38 |
| Температура ваздуха °C | t _m | 194 | 206 | 247 | 254 | 306 | 307 |
| Температура ваздуха после млина °C | t _m ¹ | 38 | 52 | 49 | 48 | 58 | 66 |
| Притисак ваздуха испред млина mm WS | S _m | 21,3 | 25,8 | 25,1 | 38,7 | 35,5 | 31,7 |
| Притисак ваздуха у шахту mm WS | S ₃ | 2,0 | 1,8 | 1,6 | 2,0 | 2,1 | 1,8 |
| Специфични утрошак електроенергије KWh/t | m | 13,0 | 14,9 | 11,7 | 12,9 | 10,4 | 10,9 |
| Губитак топлоте услед непотпуног хемиског сагоревања % | g _a | 5,52 | 3,21 | 5,15 | 3,37 | 3,95 | 13,85 |
| Губитак топлоте услед непотпуног механ. сагоревања % | g _a | 1,38 | 0,65 | 0,9 | 0,8 | 0,69 | 7,47 |

СПЕЦИФИКАЦИЈА МАТЕРИЈАЛА ЗА МЛИН ЧЕКИЋАР

| Ред. бр. | Ком. | Назив дела | Материјал | | Тежина | Укупна тежина | |
|----------|------|--------------------------------|--------------------------|------------------------|------------|---------------|-------|
| | | | Ознака - димензија | Дужина | | | |
| 1 | 2 | Носач млина | st. 37.12 | UNP 10 | 1200 | 12,72 | 25,44 |
| 2 | 8 | Завртањ | st. 38.13 | 3/4" M 20 50 Din 601 | — | 0,25 | 2 |
| 3 | 8 | Подлошка | st. 38.13 | 3/4" Ø 20 Din 125 | — | 0,040 | 0,320 |
| 4 | 8 | Навршка | st. 38.13 | 3/4" M 20 Din 555 | — | 0,075 | 0,600 |
| 5 | 2 | Носач лежаја | st. 37.12 | 100 × 10 | 800 | 6,24 | 12,48 |
| 6 | 2 | Бочни лим носача | st. 37.22s | ≠ 10 | 400 × 180 | 57,6 | 115,2 |
| 7 | 1 | Омотач кутије | st. 42.22 | ≠ 6 | 465 × 1800 | 40,20 | 40,20 |
| 8 | 2 | Бочна страница кутије | st. 42.22 | ≠ 6 | 535 × 750 | 19,3 | 36,6 |
| 9 | 1 | Угаоник кутије | st. 37.12 | L 40 × 40 × 6 | 1800 | 6,4 | 6,4 |
| 10 | 1 | Рам кутије | st. 37.12 | L 40 × 40 × 6 | 2020 | 7,1 | 7,1 |
| 11 | 17 | Завртањ | st. 38.13 | 3/8" M 10 × 50 Din 601 | — | 0,050 | 0,850 |
| 12 | 17 | Подлошка | st. 38.13 | 3/8" Ø 10 Din 125 | — | 0,010 | 0,170 |
| 13 | 17 | Навртка | st. 38.13 | 3/8" M 10 Din 555 | — | 0,012 | 0,204 |
| 14 | 2 | Наслони угаоник кутије | st. 37.12 | L 40 × 40 × 6 | 535 | 1,9 | 3,8 |
| 15 | 2 | Сепарациони лим (краћи) | st. 37.22s | ≠ 3 | 180 × 80 | 0,35 | 0,70 |
| 16 | 2 | Сепарациони лим (дужи) | st. 37.22s | ≠ 3 | 500 × 120 | 1,44 | 2,88 |
| 17 | 1 | Доњи лим | st. 37.22s | ≠ 3 | 590 × 472 | 6,70 | 6,70 |
| 18 | 21 | Завртањ | st. 38.13 | 3/8" M 10 × 30 | — | 0,040 | 0,81 |
| 19 | 21 | Подлошка | st. 38.13 | 3/8" Ø 10 | — | 0,010 | 0,210 |
| 20 | 21 | Навртка | st. 38.13 | 3/8" M 10 | — | 0,012 | 0,250 |
| 21 | 2 | Подупирач | st. 37.22s | ≠ 5 | 140 × 475 | 2,65 | 5,3 |
| 22 | 1 | Бочни поклопац | st. 37.22s | ≠ 6 | 400 × 400 | 7,7 | 7,7 |
| 23 | 2 | Ручица | st. 37.12 | Ø 12 | 250 | 0,225 | 0,450 |
| 24 | 12 | Завртањ | st. 38.13 | 3/8" M 10 30 Din 601 | — | 0,040 | 0,48 |
| 25 | 12 | Подлошка | st. 38.13 | 3/8" Ø 10 Din 125 | — | 0,010 | 0,120 |
| 26 | 12 | Навртка са ручицом | st. 38.13 | 3/8" M 10 Din 555 | — | 0,012 | 0,144 |
| 27 | 2 | Горњи лим кутије за ваздух | st. 37.22s | ≠ 2 | 160 × 500 | 1,28 | 2,56 |
| 28 | 2 | Бочни лим кутије за ваздух | st. 37.22s | ≠ 2 | 200 × 500 | 1,6 | 3,2 |
| 29 | 2 | Преградни лим кутије за ваздух | st. 37.22s | ≠ 2 | 170 × 500 | 1,36 | 2,72 |
| 30 | 2 | Доњи лим кутије за ваздух | st. 37.22s | ≠ 2 | 160 × 500 | 1,28 | 2,56 |
| 31 | 2 | Држач заптивки | st. 37.12 | 30 × 12 | 250 | 0,70 | 1,40 |
| 32 | 2 | Заптивка | графитирано азб. конопца | 20 × 20 | 200 | — | — |
| 33 | 2 | Поклопац заптивке | st. 37.12 | Ø 80 | 35 | 1,40 | 2,80 |
| 34 | 8 | Завртањ поклопаца заптивке | st. 38.13 | 1/4" M Σ 30 Din 601 | — | 0,015 | 0,120 |
| 35 | 2 | Лежај | — | — | — | — | — |
| 36 | 4 | Завртањ лежаја | st. 38.13 | 5/8" M 16 60 Din 601 | — | 0,160 | 0,640 |
| 37 | 4 | Подлошка | st. 38.13 | 5/8" Ø 16 Din 125 | — | 0,030 | 0,120 |
| 38 | 4 | Навртка | st. 38.13 | 5/8" M 16 Din 555 | — | 0,045 | 0,180 |
| 39 | 1 | Осовина млина | st. 60.11 | Ø 50 | 1200 | 18,50 | 18,50 |
| 40 | 1 | Клин осовине лима | st. 50.11 | 20 × 20 | 350 | 1,1 | 1,1 |
| 41 | 30 | Ударно тело | st. 42.12 | L 60 × 40 × 7 | 155 | 0,8 | 2,4 |
| 42 | 15 | Носач ударног тела (ручкр) | st. 60.11 | Ø 50 | 150 | 2,3 | 34,00 |
| 43 | 15 | Подлошка (Гравер) | st. за опруге | 1 Ø 24 Din 127 | — | 0,080 | 1,2 |
| 44 | 15 | Навртка | st. C. 45,61 | 1 M 24 Din 555 | — | 0,170 | 2,55 |
| 45 | 2 | Крајња плоча ударних тела | st. 37.12 | Ø 180 | 70 | 14 | 28 |
| 46 | 4 | Средња плоча ударних тела | st. 37.12 | Ø 180 | 40 | 8 | 32 |
| 47 | 15 | Отстојник ударних тела | st. C. 45.61 | отковак | — | — | — |
| 48 | 6 | Осовина ударних тела | st. 60.11 | Ø 22 | 400 | 1,2 | 7,2 |
| 49 | 12 | Подлошка | st. 38.13 | 3/4" Ø 20 Din 125 | — | 0,040 | 0,480 |
| 50 | 12 | Навртка | st. 38.13 | 3/4" M 20 Din 555 | — | 0,075 | 0,900 |
| 51 | 5 | Мањи аксијални отстојник | st. 37.12 | Ø 70 | — | 1,060 | 5,300 |

Укупна тежина сировог материјала

427,038

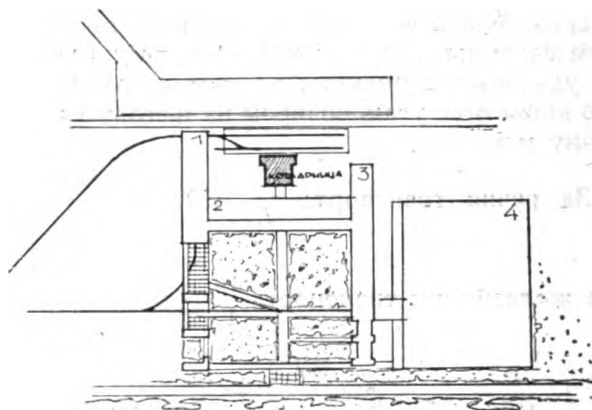
АРХИТЕКТУРА КОТЛАРНИЦА

Проблем пројектовања котларница са архитектонске тачке гледишта поставља се вишеструко. Решавање диспозиције у овом проблему је чиста функција намене, врсте, типа и природе постројења. Намена је најважнија одлика, па према томе да ли је котларница саставни део неке индустрије, или је самостална уз неку електричну централу, или пак служи као градска или реонска топлана, решења ће бити различита како машинска тако и архитектонска. Ништа се не може уопштити за све врсте котларница и говорећи о њима могу се изнети само основни руководећи принципи градње. У даљем излагању изнећемо те основне принципе пројектовања оваквих постројења.

Локација котларница

Основни је услов локације, ма какве намене и капацитета била котларница, да је објекат непосредно повезан са саобраћајницом, којом се врши довоз горива. Ова веза постиже се најчепће и најприродније одвојком железничког колосека, који се гради специјално за потребе котларница. Ако су у питању постројења индустрије, случај је олакшан тиме што су оне у већини због потреба осталог снабдевања повезане са железничким саобраћајем. Када је неко мало локално предузеће ван саобраћајнице, тада се довод угља врши другим транспортним средством (камионима, колима, жичаром и сл.), те значи да се овде мора остварити веза са најближом теретном саобраћајницом. Уколико се предузеће, односно котларница налази на воденим путевима, којима се може вршити снабдевање, онда је она непосредно постављена уз ту везу, на истоварном каналу, као код железнице на одвојку. Могућност стварања пристаништа је засебан хидротехнички проблем, чије ће решавање зависити од обалских услова. Код типова ве-

ћих котларница, нарочито самосталних, морају бити обезбеђене обе везе са извором горива. Код мањих није економичан довоз водом због скупих истоварних уређаја. Пре него што се прихвати решење довоза воденим путем потребно је најозбиљније просту-



Сл. 120. — Положај котларнице у једном текстилном предузећу

1. магацин сировина
2. перионица
3. предионица
4. ткачница

дирати економичност експлоатације обзиром на велике инвестиције потребне за изградњу уређаја као што су мосни кранови, дизалице, хоризонталне траке преноснице, скрепери, Полинг уређаји, естакаде, елеватори и остали. Погрешно је претпоставити да је довољна само могућност снабдевања угљем преко воденог пута, да се лети могу нагомилати велике залихе горива довољних за постројење и преко зиме, онда када воденим путевима буде онемогућен сваки саобраћај због смржњавања. Али, због квалитета наших угљева, њихове мале калоричне моћи, ове залихе за котларнице велике дневне потрошње угља, биле би огромне и врло непо-

десне за лагеровање. Та немогућност и неизводљивост лагеровања намеће постављање везе и са сувоземним довозом преко железничке мреже. Навешћемо неколико негативних страна великог ускладиштавања:

1) непотребно заузимање земљишта;
2) велике инвестиције за манипулативни уређај и повећање експлоатационих трошкова;

3) поскупљивање манипулације и погоршање сортимана угља услед тога што већи проценат угља долази у котларницу преко неколико транспортних уређаја (ситни се);

4) велико инвестирање платних средстава у угаљ;

5) погоршање квалитета угља дужим стајањем;

6) тешкоће одржавања безбедности великих наслага.

Одређивање рентабилитета коришћења извесне врсте угљева за посматрану локацију може се одредити помоћу следећих емпиријских образаца, који су састављени према нашим садашњим приликама. Они дају границу удаљености рудника из кога је рационално користити угаљ обзиром на његову калоричну моћ.

$$\text{За речни транспорт: } \frac{H_i}{L} \geq 20$$

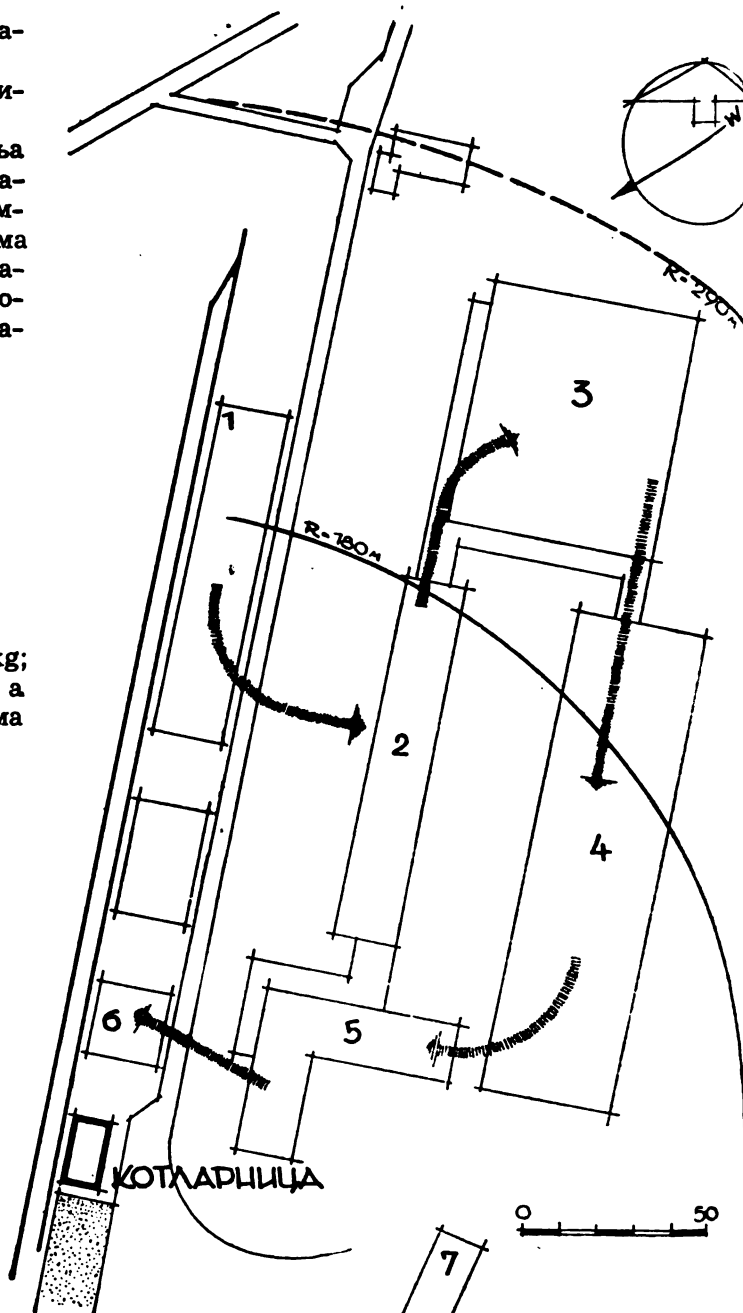
$$\text{За железнички транспорт: } \frac{H_i}{L} \geq 50$$

$$\frac{p}{H_i L} \leq \frac{1}{2 \times 10^8} \text{ или } \frac{H_i L}{p} \geq 2 \times 10^8$$

где је H_i доња топлотна моћ горива у kg cal/kg ;
 L удаљеност котларнице од рудника у km , а
 p је цена угља франко рудник у динарима по тони.

Код одређивања општег положаја, избора места за велике котларнице, треба мислити на економичност и рентабилност употребе врсте горива, како због његових калоричних квалитета, тако и због поменутог транспорта, те је разумљиво да ће горе изнешени подаци неоспорно утицати на ситуирање постројења.

Због монтажних радова као и због радова приликом ревизије котлова исто се тако мора постићи директна веза са железницом, што је нарочито важно код електричних централа, тачније за турбинске сале. Постоји још један разлог, а то је, да је постројењу



Сл. 121. — Комплекс текстилне индустрије — првобитна диспозиција

1. магацин сировина
2. фарбара
3. преднионица
4. ткачница
5. дорада
6. магацин финалног продукта

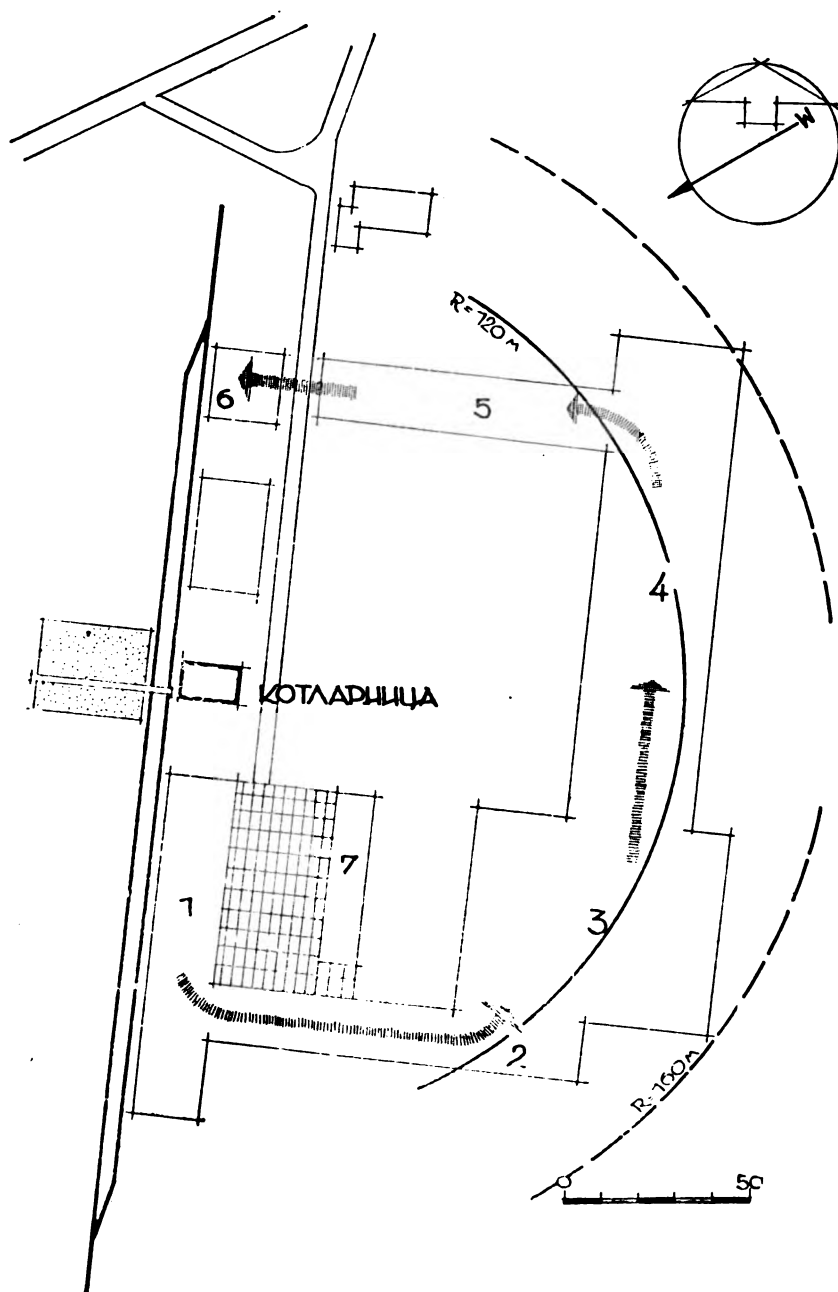
потребна употреба железничког саобраћаја и због директног довоза угља и одвођења шљаке.

Постројења мањих капацитета никада нису самостална, већ су редовно саставни део каквог индустриског предузећа. У овим случајевима проблем диспозиција је сложенији. Потребно је задовољити два услова: да је на комуникацији непосредно и да је блиска радионичним просторима који су највећи потрошачи паре. Као правило које задовољава економске и термотехничке услове може се усвојити да котларница буде на саобраћајном огранку, али у односу на потрошаче њен положај треба да је одређен једначином

$$L = f \left(\frac{1}{t, d} \right)$$

тј. да је отстојање (L) између котларнице и великих потрошача, који стално раде, што мање, а мањи потрошачи који краће време раде, могу бити удаљенији (t време рада потрошача, d капацитет потрошача). Ове услове је доста тешко обезбедити код реконструкције старих предузећа као и њихове доградње. Код пројектовања то је лако решљив задатак, само се о њему мора много водити рачуна због могућности рационалније експлоатације и веће правилности производног процеса.

Ситуациони планови претстављају диспозицију једне текстилне индустрије. Прва скица израђена је од стране једног пројектантског бироа, чији пројектанти нису били довољно упознати са проблематиком изград-



Сл. 122. — Комплекс текстилне индустрије — предложена нова диспозиција

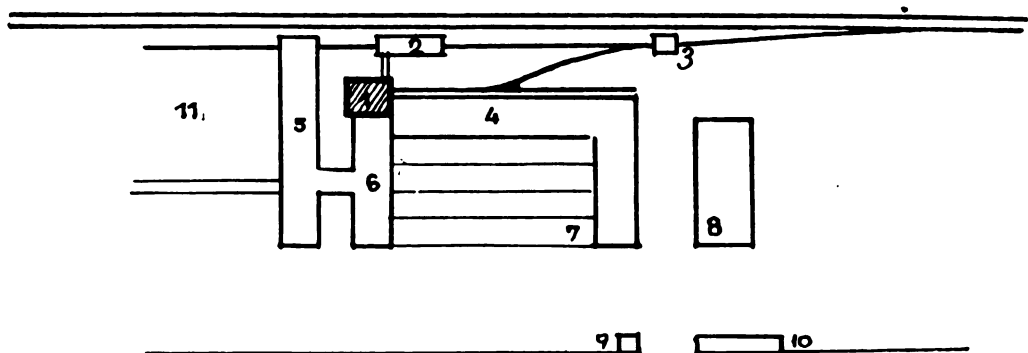
1. магацин сировина
2. фарбара
3. предионица
4. ткачница
5. дорада
6. магацин финалног продукта
7. помоћна радионица

ње индустријских котларница. Диспонирањем појединих радионичних објеката пројектант је у главним цртама задовољио примарни технолошки процес производње текстилне материје. Котларница је бачена у крај предузећа чиме је добила удаљен положај од главних потрошача паре, како за фабрикацију тако и за грејање. Другим решењем предложена је нова диспозиција која ће у потпуности задовољити потребе котларнице па и целог тока производње текстилане. Задржани су исти елементи објекта само је извршена прегрупација. Котларница је добила централни положај а складиште је бачено ван уског круга индустриског комплекса. Осим тога, треба нагласити да је прегрупација радионичких објеката исто тако побољшала ситуацију и са технолошке тачке гледишта. Процес се одвија у једној смеру без враћања и постигнута је потпуна континуитетност. (Испрекидани кругови претстављају максимално удаљење објеката који троше пару за грејање, док пуни кругови означавају то исто удаљење објеката који изискују пару за фабрикацију).

Приликом постављања котларнице у индустрији важна је њена изолованост од осталих објеката постројења. Изолација је прво потребна због обезбеђења против пожара, затим издвајање због нечистоће (угаљ, шљака, дим и остали продукти сагоревања); због вибрација, евентуалних експлозија и најзад из естетско-архитектонских разлога. Данашњом се градњом тежи за стварањем хигијенских, естетских и пријатно паркираних индустријских комплекса, те је разумљиво да би наслаге избачене шљаке и залихе горива поред котларница реметиле општу архитектонско-урбанистичку концепцију добро пројектованог предузећа. Тешко је извести изолацију а да се у исти мах задовоље услови

економског и енергетског карактера. Због тога у ситуационим плановима, нарочито лаке индустрије, врло често срећемо решења у којима је котларница постављена на крају предузећа, далеко од главних потрошача паре. Пројектом треба наћи солуцију задовољавања свих услова диспонирања котларничког постројења.

Добрим и правилним постављањем великих самосталних котларница, било да су оне саставни део електричних централа, или да служе производњи топлоте за загревање насеља, руководиће углавном основне потребе намење. Избор места великих самосталних котларница значајан је урбанистички детаљ. Топлане, због бољег послуживања насеља, не смеју бити удаљене од објеката којима служе. Њихово опстајање међутим у непосредној близини станбених зона готово је немогуће. Разбацавање летећег пепела и димних гасова у не малом радиусу онемогућују правилно ситуирање са технолошког гледишта. Због овога у модернијим решењима прихваћена је концепција високоградњи котларница без димњака са електрофилтрима, квалитетним горивима као и хидрауличним одвођењем шљаке и пепела. Иако електрофилтар, као пречистач продукта сагоревања који иду у ваздух, не отстрањује ову незгоду у потпуности, ипак је то најефикаснији начин и средство приближавања оваквих постројења насељима. При употреби нисковредних горива са великим процентом пепела, нарочито код сагоревања у виду угљеног праха, појавила би се и поред електрофилтра знатна количина летећег пепела која би засипала блиску околину. Ради овога, код горива богатих пепелом морају се применити котлови са више канала, чија сама конструкција задржава изванредан део пепела у котлу

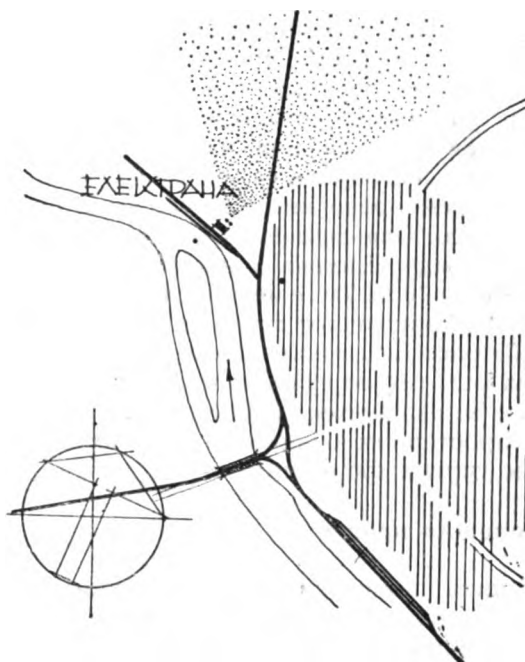


Сл. 123. — Положај котларнице у блок решењу предузећа 1. котларница, 2. силоси за гориво, 3. вага, 4. управљачница, 5. и 6. радионица, 7. шед радионица, 8. специјалне радионице, 9. портирница, 10. потребе радионишта, 11. складиште сировине

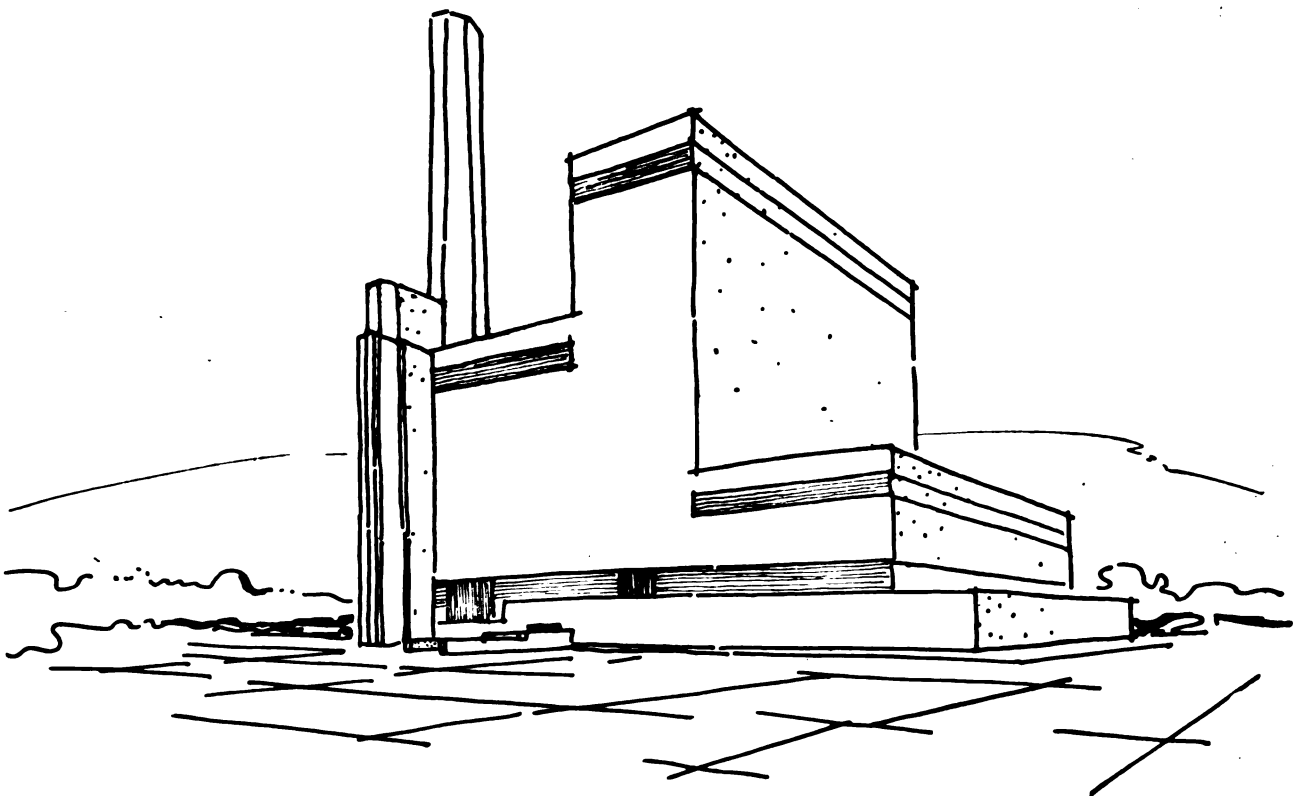
услед центрифугирања на превојима пута продуката сагоревања од ложишта до излашка из котла. Значи да је у овом случају високоградња беспредметна и неефикасна, те се ублажавање незгоде расипања летећих састојака постиже изградњом високих димњака. Све би ово важило и за котларнице индустрија непосредно изграђених у насељима, односно градовима.

Код котларница уз насеља, велику улогу ће играти правац сталног ветра. У већ постојећим станбеним јединицама тешко је правилно поставити котларницу ако није при разради урбанистичког решења вођено рачуна о резервацији терена за котларничка постројења, ако се при тој резервацији није мислило на правац доминантног ветра, правац пружања зоне засипане прахом из димњака котларнице. Јасно је да је оптимални положај када се правац ветра пружа у смеру од насеља ка постројењу, у смеру где је поменута зона разастирања прашине и гасова на супротној страни насељу, и његовом даљем перспективном изграђивању.

У просторном обликовању нових градова, топлане и централе претстављају значајан фактор. Модерним концепцијама дошло се



Сл. 124. — Положај градске топлане обзиром на доминантан ветар (зона разастирања продуката сагоревања је осенчена)



Сл. 125. — Електрана са високим котларничким трактом

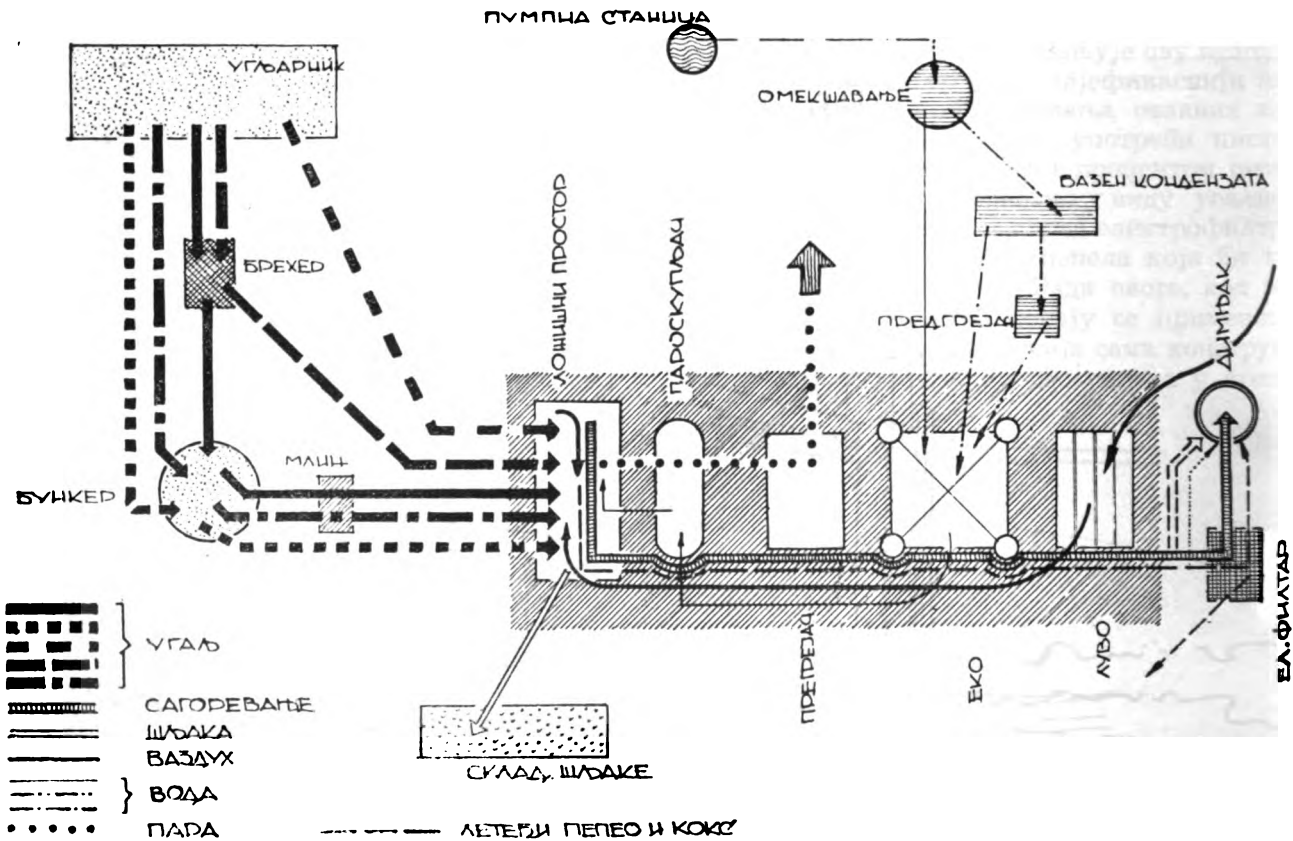
до решења, која данас најбоље одговарају новим условима технике и производње с једне стране, и потреба с друге. То су у питању котларнице са вертикалним котловима, котловима са минималним бројем канала, који су уствари негде сведени на један а највише два; затим постројења са механизованим опслуживањем преко високих силоса и бункера за угаљ. Ова решења изискују необично високе зграде. Њихова се висина обично креће од 40 до 70 m. То се не сме заборавити приликом урбанистичког планирања јер ће својим обликом котларница конкурисати димензијама осталих објеката и монументима града, док ће она истовремено одлично користити у просторном обликовању нових станбених и других формација.

Технолошки процес

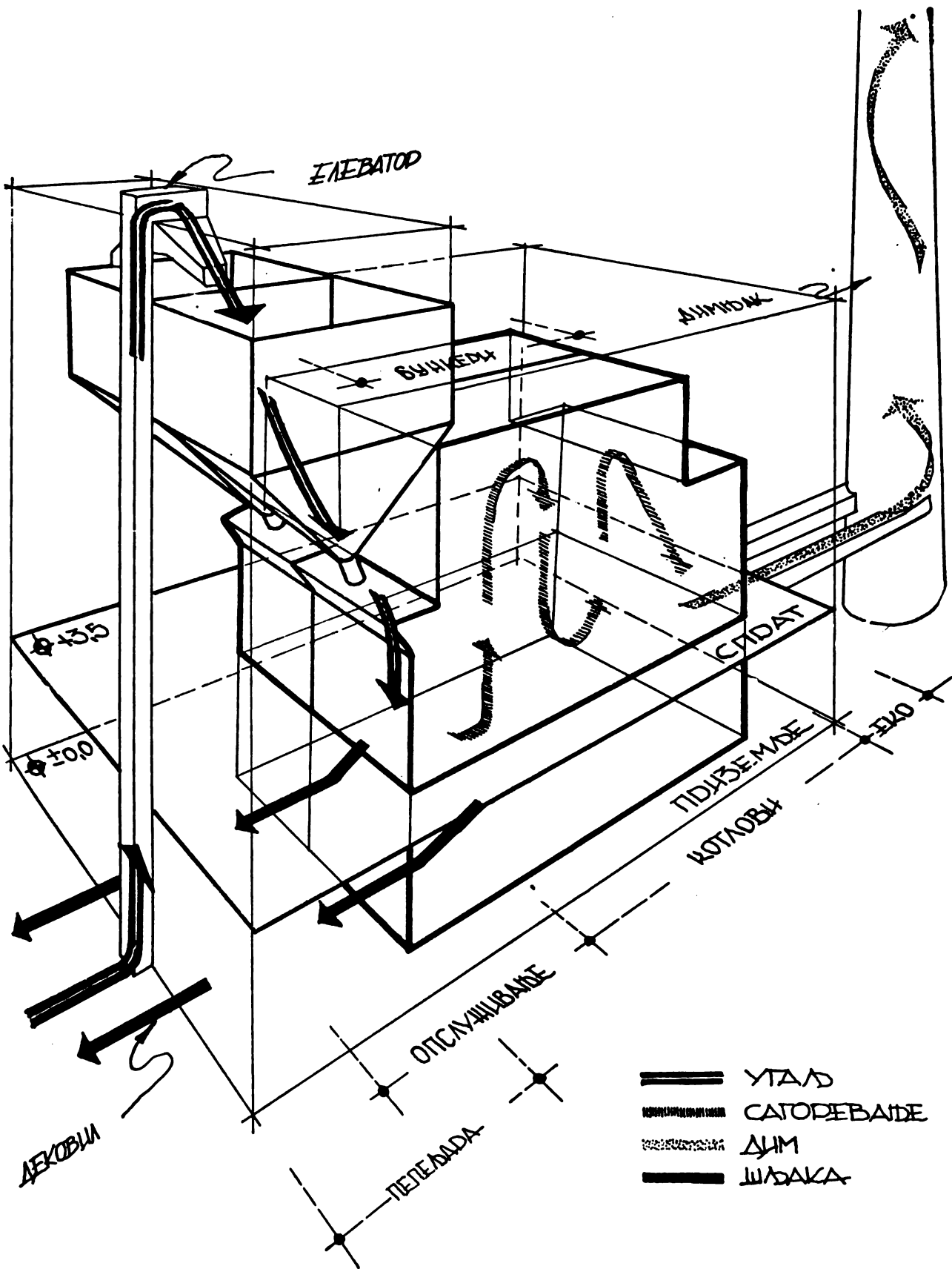
Општа архитектонска диспозиција котларница може на први поглед изгледати да је сасвим проста. Код мањих објеката, са котловима минималне продукционе моћи, поставка зграде стварно и не претставља ни-

какав проблем, нити тешкоћу у пројектовању. Код постројења средњег и великог капацитета решење је далеко сложеније јер ово нису уобичајене индустријске зграде познатих процеса производње и једноставне линије графорада. Технолошки процес, руководећи фактор пројекта, мења се у сваком типу; свака врста има свој ток производње и своје конструктивне особине пресудне по архитектуру котларнице.

При индустријској производњи могу се разликовати графорад и ток технолошког процеса. Под графорадом сматрамо шематски приказ начина производње, односно редоследа фаза рада. Ток технолошког процеса, или ток производње био би линијски претстављен рад. За разлику од појма графорада ова је линија везана положајем производних места уклопљених у извештај грађевински систем, а то значи да су током технолошког процеса фазе производње утврђене по свом положају, правцу и смеру кретања. Са производно енергетске и економске тачке гледишта, линија технолошког процеса мора бити упрошћена и што приближнија



Сл. 126. — Графорад котларнице



Сл. 127. — Технолошки процес мањег котларничког постројења

правој линији, чиме би се задовољио услов да се трансформација и пренос енергије од фазе до фазе врши најкраћим путем. Из овога ће увек резултирати једноставност архитектонског објекта који уоквирује производњу у грађевински облик, тј. облик који је функција технолошког процеса. Уколико постоје секундарне фазе у производњи, споредне и помоћне радње, тежња је да њихова линија процеса буде што краћа и да се она оформи или у виду нормалног прикључка, огранка главној линији или у виду придодатих затворених кружних линија. Нарочито повољног одраза ова особина има у процесу где се врши механички транспорт материјала од радног места до наредног радног места и производног тела, места трансформације. По теорији транспорта у процесу најеконичнији систем прикључака био би овај други „прстенаци“ јер би он са главним системом представљао концепцију цикличних релација где је коефицијент искоришћења транспортних средстава и радника максималан. Једино се код котларничких постројења системом праволинијског тока главног технолошког процеса скраћују путеви материјала а особином праве линије упрошћавају се средства транспорта. Истовремено, правилно постављен производни процес директно ће утицати на снижење производне цене финалног продукта.

Обзиром на врсту производње у котларницама топлотно-енергетска шема претстављала би графорад исте. Ова шема објашњава све фазе рада и степене трансформације од довоза до финалног продукта у виду топлоте, а условљена је избором горива, једним од најважнијих параметара за усвајање типа котла и уређаја за снабдевање и допрему горива. Прелаз са топлотно енергетске шеме на постављање тока технолошког процеса врши се по истом правилу које важи за опште случајеве планирања индустрије. Постављањем производног тока, одређивањем линије технолошког процеса, уствари је постављена идејна тј. програмска скица, како машинска тако и архитектонска. Самим тим извршене су следеће радње: ситуирање постројења, постављање главних димензија и намена простора, одређивање оријентације, избор грађевинске конструктивне врсте и најзад уклопљавање у једну просторну целину па донекле и основно постављање спољног обликовања.

Треба напоменути да ће велики утицај на решење тога процеса одиграти у оваквим и сличним постројењима избор транспортних средстава помоћу којих ће се уствари кретати и ломити линија производње.

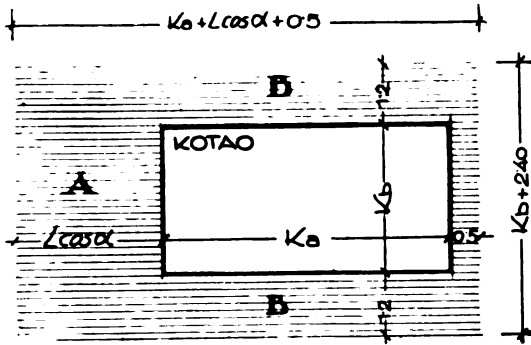
Ако анализирамо појам тока технолошког процеса, видећемо да он није дефинисан само током производње већ да има још две компоненте: линија транспорта, односно кретање материјала, и кретање људства у току рада. Линија транспорта мора се у потпуности поклопити са технолошким процесом, јер су преносници ти који га каналишу, док ће се линија људства кретати доста независно, а само ће се у извесном случају временски, периодично, поклапати. Главна је тежња да архитектура у свом пројектовању усмери правце кретања радништва тако да они ниуколико не ометају производњу, да не иду на уштрб линије технолошког процеса. Значи да на архитектонско-грађевинско пројектовање утичу све три линије заједно (ток производње, линија транспорта, кретање људства) или боље речено, једна резултујућа и то не геометрички већ векторски. Што се тиче линије која одређује и обележава унутрашњи процес по производним телима — трансформација енергије горива у топлоту кроз котлао — она ће мање утицати на склоп зграде и то никад директно, већ преко габарита инсталација које она одређује и димензионише. Не треба схватити да се габарит радног тела ствара само линијом тока производње већ да је он у директној зависности од његовог капацитета, чињенице која је много важнија по димензију објекта. Ток ће пре одредити облик.

При пројектовању термоелектрана први је уочио значај поставке праволинијског технолошког процеса познати пројектант и теоретичар ових постројења Клингенберг. И поред великог напретка у изградњи његова поставка суштински није ни до данас измењена.

Главни простори зграде

Димензионирање главног простора котларнице, котловске сале, врши се као и код свих зграда индустрије на основу габарита машина, у овом случају котла и припадајућих машинских постројења. За решење није толико важан чист габарит котла него његова увећана површина просторима за опслуживање, одржавање и оправку, такозвани радни габарит. Чист габарит игра важну улогу при избору и постављању конструкције, при одређивању распона и ритма носача.

Димензионирајући котловску салу руковођени смо поменути потребним радним простором, јер се он може у једној својој осовини удвостручити услед обостраног потстицања ватре или извлачења цеви из котла због репаратуре и ревизије. Сликом је приказан случај котлова са цевима у секцији где је



Сл. 128 — Одређивање радног габарита котла (L дужина водогрејне цеви, α нагиб исте, А фронт опслуживања, В бочни манипулативни простор)

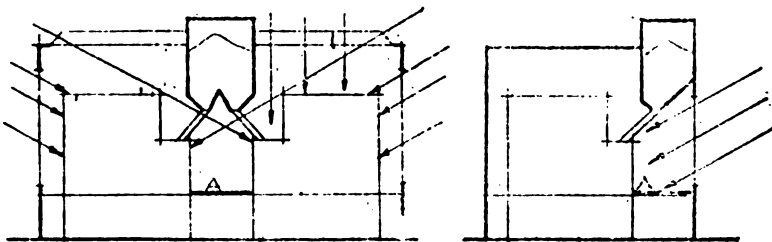
простор испред котла чиста функција дужине водогрејне цеви и њеног угла нагиба (α), који је најчешћи око 15° . Ова величина може се смањити ако се предвиди извлачење цеви кроз прозор зграде или ако се скида испуна фронталног зида. У том би случају зграда морала бити скелетна. Треба напоменути да има секционих котлова којима се цеви извлаче и са задње стране, што значи да би при употреби таквих котлова требало водити рачуна о димензионарању задњег котловског простора.

Приликом давања осветљења главном котларничком простору примарни значај имају радна места код котла. Сматра се да је главном радном месту потребно 75 лукса. Због непрекидног рада у котларницама, дневно и ноћно вештачко осветљење по интензивирању су уједначени, тј. имају подједнак број луксова. Природна је појава да код примене природне вентилације котловске сале прозорски отвори буду двоструко, па некад и више, димензионисани него што то изискује прорачун осветљења. Осим тога, код димензионисања и постављања прозора и врата због осветљења, постоји опасност да због њиховог положаја (код котлова са ручним ложењем) не дође до могућности стварања недозвољене промаје приликом отварања врата ложишта. Нарочиту тешкоћу при решавању дневног о-

светљења има сала такозваног дворедног система. Како се котлови у овом случају постављају чело у чело, и како је стварни главни радни простор у тако добивеном средњем ходнику, то ће се прибећи додатном осветљењу преко лантерни, уколико нису изнад овог дела зграде постављени бункери за угљ. Препоручљиво је да се ова диспозиција са два паралелна низа котлова и средњим ходником потпуно одбаца, ако у конкретним случајевима пристану енергетски конструктори постројења.

Дневно осветљење котловске сале зависи на првом месту од правилне оријентације зграде. Котларнички фронт опслуживања, у случајевима где је постројење једноредно, добиће најповољнију светлост када буде изложен северном небу. Тиме смо ослобођени проблема отклањања упада сунчевих зракова кроз велике стаклене површине. Пуно осунчавање предложишног фронта неприхватљиво је, јер и поред правилно решене климатизације котловске сале температура је необично висока, те као таква атмосфера код котлова врло рђаво утиче на радне способности човека. Интересантно је ради оријентације напоменути да се температура на озидима котла креће од 30 до 60°C . У постројењима са високим једноканалним котловима ова незгода је доста ублажена. Главни радни простор налази се на висини од 6 m, рачунајући од пода приземља — места изласка шљаке из котла. Максимална загрејана зона котловске облоге (60°C) налази се на висини од 5 до 20 m изнад фронта галерије за опслуживање. Котлови троканалног система стварају много неповољније услове рада због одавања топлоте са котловске облоге, јер су они много нижи, па су и те загрејане зоне ближе радним местима.

Котловске сале, нарочито код типова котларница без механизованог опслуживања ложишта врло су загушљиве и опасне за радништво због своје штетне атмосфере пуне гасова развијених при сагоревању угља. Мања решења имају пуну могућност природне вентилације преко лантерних кровних одвода, жалузина и кроз прозоре. Велике котларнице, армирано-бетонских или челичних конструкција, огромних простора, са већим бро-



Сл. 129. — Услови осветљења дворедне и једноредне котларнице (А фронт опслуживања)

јем котлова, имају посебан начин решавања пречишћавања ваздуха у котловској сали. За овакве просторе природна вентилација је недовољна, те борба противу велике топлоте, сумпорних гасова, угљеног монооксида и прашине решава се путем уређаја за механичко проветравање, влажење и пречишћавање ваздуха.

Утицај на циркулацију ваздуха у котларници има постављање усисне цеви за загрејач ваздуха (Луво). Постоје две концепције: горње постављање усисне цеви при врху агрегата и доње при дну котларнице. Горње решење је погодније у термичком смислу, али згодно је само за једноканалне конструкције котлова где су загрејачи ваздуха на знатној висини; друго решење усисавања при дну је за котлове хоризонтално развијене. Незгода код другог решења је та што се ваздух разређује у котларници због доњег усисавања те се тиме спушта нивелета слоја топлот и загађеног ваздуха, што значи да ће фронт опслуживања бити угроженији. Истовремено ово решење усисавања ваздуха у Луво из доње хладне зоне поставља теже услове у погледу материјала за грађење истог, јер се влага усисаног хладног ваздуха кондензује у загрејачу и постоји могућност изазивања решења димних гасова. Циркулација ваздуха у котловској сали проузрокована радом Лувоа мора бити узимана у обзир при решавању аерације котларнице.

Инсталације за климатизацију и вентилација простора, могу се у салама сасвим камуфлирати. Многобројне цеви већих пресека за довод и одвод ваздуха, као и остали припадајући делови ове инсталације, имају своје засебне затворене просторе, како се не би мешале са примарним котларничким уређајем. Код великих постројења где су инсталације за регулисање атмосферских прилика по угроженим просторима велике и компликоване, пројектом се предвиђају све нужне просторије и канали у довољној мери.

Досадашњи начин унутрашње обраде котларница преживео је и застарео, те га треба изменити. Котловске зидне облоге, површина гломазних размера, увек су досада обрађиване у архитектури тамне опеке, а у много случајева та се опека редовно премазивала затворено црвеном бојом. Оваквом обрадом добијају се утисци мрачних и непријатних ентеријера, те се новим унутрашњим решавањем тежи да се у овом, једном од најтежих радних простора у индустрији, створи ведрија обрада, лакше и пријатније унутрашње архитектуре, која ће својим срећније изабраним грађевинским материјалом пружити радном простору хигијенскије и соци-

јалније подобности него што су оне данас. Код мањих типова котларница где су опслуживања котлова ручна, избор начина обраде ентеријера није једноставан ни лак. Самим тим што рад није механизован значи да решење није добро. Котларнице већих капацитета обавезно имају механизовано опслуживање. Допрема и убацивање горива врши се преко високих бункера или пнеуматиком (код котлова са централним млевењем угља, индивидуалним са бункером за прах и код пнеуматског убацивача). Овако аутоматизовано постројење даје одличне могућности за стварање чистог и ведрога хигијенског простора, простора одговарајућег данашњим савременим архитектонским захтевима и стремљењима. Поред осталих предности у погледу рационалне експлоатације радне снаге и топлотне енергије, тотална механизација рада у погонима омогућује и хигијенску заштиту радника и рада. Котловска сала заједно са котловима може да има исти онај већ конвенционални примерно чист и светао изглед који срећемо по турбинским салама. Арматура котлова обојена светлим бојама или метализирана, подови обрађени у керамици, светли зидови, велики прозорски отвори и томе слично.

Споредни простори котларнице

Због природе самог посла у котларници, тешког и прљавог погона, озбиљно се поставља питање решавања хигијенске заштите и безусловног давања просторија за хигијенско-санитарне потребе. Ту се подразумевају гардеробе радника, тушеви, купатила, умиваоници, клозети као и простори за одмор радника у кратким прекидима у току рада. Наши нормативи за овакве случајеве предвиђају просторије „доручковаонице“, које би се у овом случају могле заједно решавати са поменутих просторима за одмор. Код самосталних котларница већег капацитета предвиђају се амбулантне просторије за евентуалне несрећне случајеве, које немају праву намену амбуланти, већ само прихватни карактер до даљег транспорта. За котларнице мање продукционе моћи, за оне које су саставни део индустријских постројења ови су простори укључени у склоп целокупног комплекса, тако да могу бити уз прву најближу радионичну зграду.

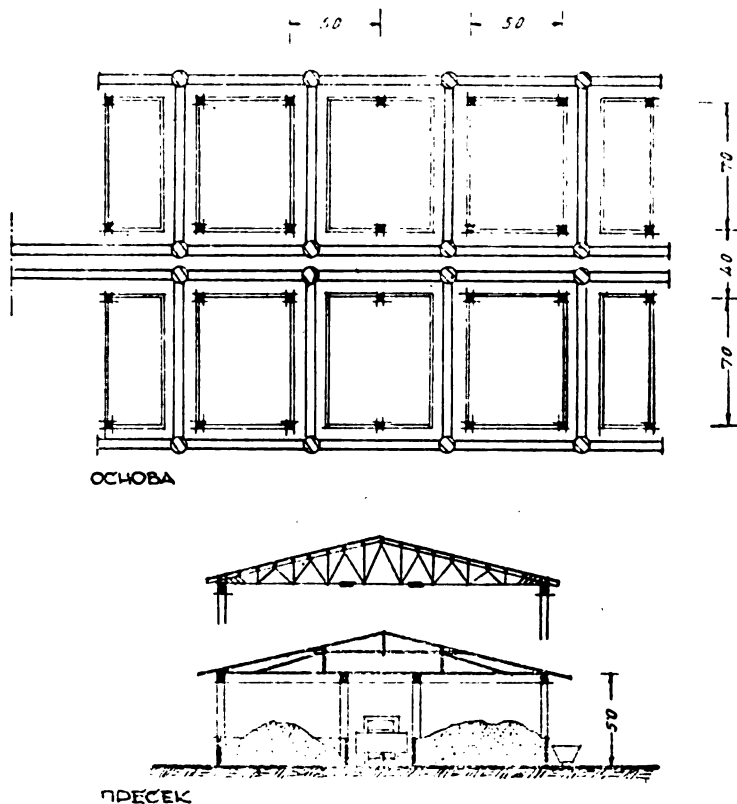
У остале споредне просторе код већих котларница убрајају се радионице, гараже, управна служба, простори ватрогасне службе, дробилице угља и млинови за угаљ. Дро-

билице и млинови својом функцијом у уствари саставни део главног технолошког процеса производње, те се код неких случајева постављају и у склопу главног котларничког објекта. Међу осталим споредним објектима могу се набројати и затворене депоније угља. Оваква складишта подижу се само ако то захтева природа угља, теренски услови, урбанистичко решење и сл.

Сви набројани делови могу се уклопити у зграду котларнице сем пожарног депоа и складишта угља, који су увек изоловани. Управна зграда, приручна радионица за мање репаратуре и гаража моторних возила решавају се према главној згради уклопљено, анексно или сасвим подвојено. Њих је доста тешко конструктивно уклопити у котларничку зграду; нарочито канцеларије управе због разнородности карактера простора, величине и неподударна конструктивних елемената са распонима и трактovima главне зграде. Ситуирање зграде за дробилу угља (брехер) произилази из избора горива, транспорта и начина сагоревања. Њено је место у већини случајева поред самог складишта. Ови споредни простори постројења нарочито се истичу и намећу својом потребом код већих типова котларница. Код постројења мањег капацитета та, по технолошком процесу секундарна радна места и складишта, као што је већ речено и за просторије хигијенско-санитарне службе, биће заједничка са целокупним индустријским склопом коме котларница припада.

Детаљнији подаци о врстама депоније угља и шљаке, о начину њиховог лагеровања добијају се од стручњака за калоричну енергетику. Врста и особине угљева условиће да ли ће депонија бити отворена или затворена, да ли ће се угљем лагеровати „на ледници“ или ће бити смештен у бетонска корита. У сваком случају начин лагеровања горива у бетонским коритима, тј. ниским силосима је најбољи и најчистији, јер је њиме избегнуто разношење угља по околном тлу. Ускладиштавање се врши на мање квадратуре а веће висине.

Положај зграде затвореног угљарника одређен је саобраћајним комуникацијама, а сама зграда зависи од решења допреме и отпреме горива. Избор транспортних средстава утиче на рад у складишту, те због тога и на склоп и облик зграде. На конструкцију нарочито утиче начин и могућност лагеровања конкретно изабране врсте угља. Сви се угљеви не ускладиштавају на исту висину, те према томе и врста угља одиграће пресудну улогу на склоп оваквог објекта. При про-

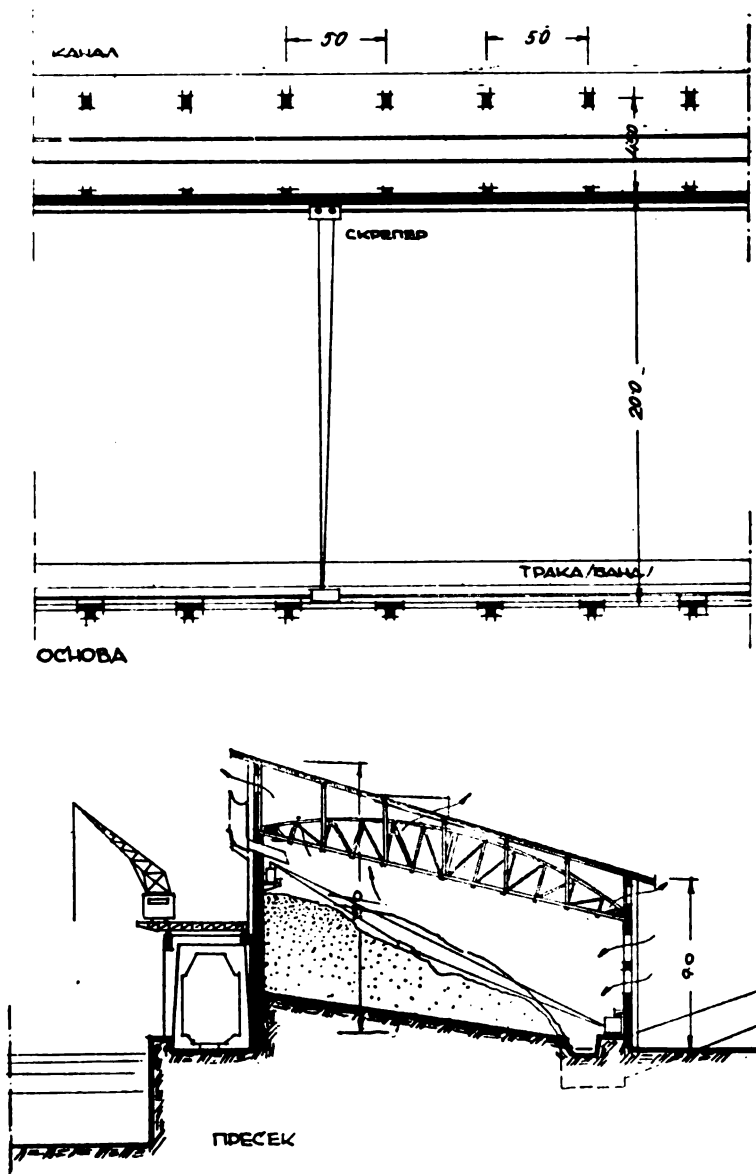


Сл. 130 — Полуотворено складиште угља

јектовању затворених складишта треба водити рачуна о бочним притисцима угља на зидове, као и на обезбеђење носача, односно места за транспортна средства манипулације. Због опасности појављивања пожара, зграде затворених депонија имају пуну природну могућност проветравања преко читавог система вентилационих отвора. Осим овога нужно је да угљем има промају због сушења, али разумљиво само уколико то његова природа захтева. Конструкција зграде одабира се према врсти горива и потребној квадратури и кубатури за ускладиштавање. Примером је дата једна обична настрешница ношена стубовима од опеке. Преко отворених бетонских корита постављена је нормална кровна конструкција која служи само за заштиту од атмосферских дејстава. Пошто се сматра да овакво складиште одговара постројењима мање продукционе моћи то је као једина аутоматизација предвиђен дековилски сплет. На оваквом складишту могуће је на 35 m^2 лагеровати 20 тона угља. За покривач се обично узима кровна лепенка или салонит. Постављање дековилске мреже врши се на основу максималног ручног домета лопатом.

За велика складишта граде се читаве хале са унутрашњим механизованим погоном. Због рада постројења за манипулисање угљем непожељни су средњи носачи, те ће се простори пресвести одговарајућим конструкцијама — било бетонским било дашчано решеткастим. Овде би се могао успешно применити начин пресвођавања великих простора танким армирано-бетонским сводовима, такозваним љускастим, мембранастим конструкцијама. Зграде због механизованог опслуживања имају издужене правоугаонике за основе, што значи да би од танких сводова био нарочито употребљив полуобличасти или свод хиперболичног параболоида.

Скицирани објекат претставља складиште већег затвореног типа са потпуном механизацијом рада. Распон је пресведен дашчаном решеткастом конструкцијом, под је под нагибом према каналу са хоризонталном траком преносницом. Бочни зидови су местимично ојачани пиластрима због парирања бочних потисака масе угља. Спољна дизалица истоварује угљак и баца га у косе олукe одговарајућег пресека и пада одређеног коефицијентом котрљања угља. Овим олуком гориво клизи и упада у складиште кроз низ отвора постављених целом дужином објекта. Дизалица је предвиђена са конзолним препустом да би могла истоваривати и шлеп и



Сл. 131. — Затворено складиште угља

железнички вагон. У складишту је постављен скрепер бочно према дужини зграде. Он се креће по вођицама у подужном смислу и свлачи угаљ у канал. У каналу се угаљ води хоризонталном траком преносницом до шахта одакле се естакадом диже у дробилицу, или уколико ње нема, директно у котларнички бункер. Шематски је на слици приказан начин проветравања складишне хале. Решењем је предвиђено да се на 20 m^2 лагерује око 45 тона угља.

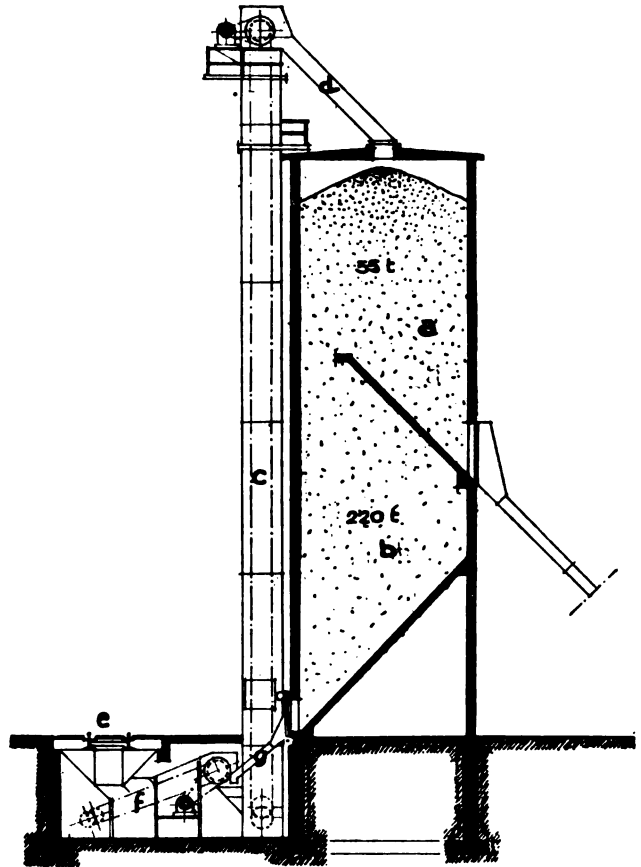
Осим овог начина ускладиштавања горива у затвореним халама постоји још могућност по систему вертикалних силоса. Ово би нарочито било погодно на теренима где нема довољно расположивог слободног простора за хоризонтално лагеровање. Цртеж претставља модификацију америчког вертикалног силоса капацитета 275 тона. Угаљ се из железничких вагона просипа у прихватно окно елеватора постављеног непосредно уз силос. Из силоса гориво може директно да клизи у котларницу из хелије „а“; док хелија „б“ служи као главни простор за лагеровање. Овако решен силос са две хелије омогућује повремено мешање угља које се врши због опасности пожара. Из хелије „б“, преко левка „г“ угаљ пада у прихватни шахт елеватора и поново се издиже у горњу зону силоса.

Начин ускладиштавања угља по затвореним складиштима подесан је из неколико разлога: потпуно се спречава непотребно растурање, отстрањује се летење угљеног праха по околини, омогућује се у извесним случајевима природно сушење, заштићен је угаљ од атмосферилуја, спречава се нагло сушење и најзад из естетских разлога уже и даље околине. Нагло сушење је необично непогодно за наше угљеве јер се они тако распадају и губе од своје употребљивости.

Код великих котловских постројења тежња је у последње време да се котларница са свим припадајућим споредним деловима (радионицама, гардеробама, купатилима, канцелариским просторијама, гаражама) реши у једној згради. Издвајање ових простора из ма каквих разлога увек је онемогућено здравим конструктивним и економским схватањима.

Комуникације и ток материјала

Код већих типова котларница постоји опречност у решавању двеју врста комуникација: ток угља и материјала, и комуницирање радништва током производње. Потреб-

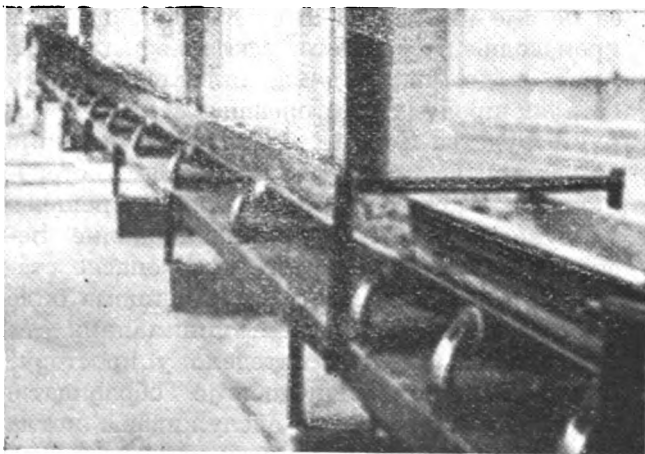


Сл. 132 — Силос — затворено складиште угља
а) примарни бункер, б) секундарни бункер, в), елеватор, д) пуњење, е) истовар, ф) тракасти транспортер, г) одвод секундарног бункера

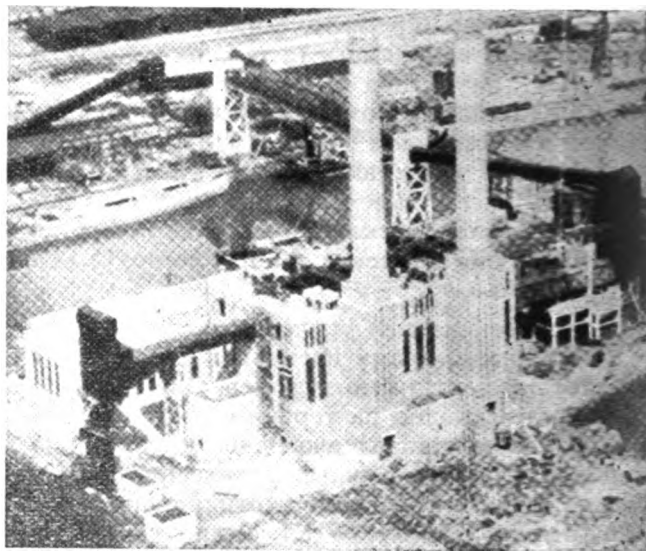
но је да људство има најправилнију комуникацију због нормалног и лаког опслуживања, као и због веће личне сигурности. При томе се не сме нимало да штети технолошки ток производње због изнетог усклађивања путева угља, воде, паре, дима, шљаке, пепела и осталих продуката сагоревања с једне стране, и људства с друге. Главна комуникација за радништво по вертикали и овде је степениште и лифт. Код нових великих решења потпуно се избегавају традиционалне неспретне, стрме и због тога врло опасне степенице. Оне су досада у котларницама биле обично од гвозденог лима минималних димензија, јер се тиме штедело у простору. Степеништа треба подобније обрађивати. Она не служе само за опслуживање котла (изузев котловских који су саставни део арматуре агрегата), него и за изласке из зграде при евентуалним несрећама. Због те

могућности котларница мора бити снабдевана довољним бројем улазних и излазних отвора, степеништима и свим осталим удобним средствима хоризонталног и вертикалног саобраћаја. Наши прописи Правилника бив. Министарства рада предвиђају да свака котларница мора имати излазе на супротним странама. За рад на самом котлу служе такозване галерије, но оне са својим приступима припадају самој конструкцији котла, а не згради, те их овде и не можемо третирати.

Циркулација угља и свих продуката сагоревања данас је механизована. Испитујући разне начине транспорта током ове разраде питања градњи котларница, дошло се до извесних закључака. У котларницама (не само у уском смислу те речи него и ван ње) постоје две врсте транспорта: тешки и лаки. Тешки би био ван зграде, док га у већим решењима има и у згради. Под лаким транспортом треба подразумевати сав онај механизовани пренос горива и продуката сагоревања, њихова допрема до зграде као и отпрема ван зграде до складишта. У нашим би се приликама у врсту тешког транспорта могао узети у обзир железнички и водени. За лаки, интерни, тј. локални саобраћај, код мањих котларница уврстио би се у дековилски вагонет било са доњом било са горњом шином, као и мала једносмислена жичара. Код великих би се постројења могли навести: дизаличне корпе, елеватори, хоризонтални тракасти транспортери (бандови), косе непрекидне траке (естакаде), скрепери и пнеуматичке цеви. Последње средство служило би само у случају пнеуматичког убацавања аеро праха у ложиште, транспорта праха код централизованог млевења и хидрауличног и пнеуматског избацавања шљаке у базен. Елеватори имају ту незгоду што због



Сл. 133. — Коритасти хоризонтални тракасти транспортер



Сл. 134 — Пример како теренски услови компликују транспортни систем (истоварна станица и складиште угља на једној страни канала, термоелектрана на другој обали)

свог вертикалног кретања не дозвољавају пуну прегледност и могућност брзог уклањања квара. Кидање система вертикалног ланца проузрокује загушивање елеваторског шахта и доста дугу оправку. Зато је боље помоћи се косом траком, која својом стрмином (18 до 25°, што зависи од степена влажности и крупноће угља) дозвољава много бржи начин оправке. Дизалична корпа представља исто тако једно од ефикасних средстава за пренос по вертикали. Овај систем издизања угља у бункере над котловима мора бити допуњен дековилским вагонетима, због дозирања дизаличне корпе. Гориво се вагонетима довлачи са складишта и изручује у прихватна окна дизаличне корпе. Ако је то потребно, у окну се може поставити и дробилица за угљ. Примена овог транспортног средства нарочито је погодна код средњих капацитета котларница, које раде са несортираним угљем.

Приликом димензионисања бункера за угљ треба имати у виду застоје на допремним уређајима, те их изградити са таквом запремином која ће онемогућити ма какав застој у лежању у времену оправке транспортног средства. У овоме се не претерује, јер код наших угљева мале калоричне вредности ти би бункери обзиром на сатну потрошњу појединих агрегата морали бити огромни. Минимум угља по светским стандардима у јавним електранама који треба обезбедити котлу у бункеру је залиха за двадесетчетворочасовни рад. Гледишта у погледу димензије бункера

се размимоилазе. Према подацима из литературе она се крећу у широким границама. Као пресудне чињенице по облик и величину бункера можемо навести: сврху котларнице, калоричну моћ горива, сигурност уређаја за допрему, капацитет овог уређаја, постојање резервног, и уопште избор начина допреме и припреме горива до ложишта.

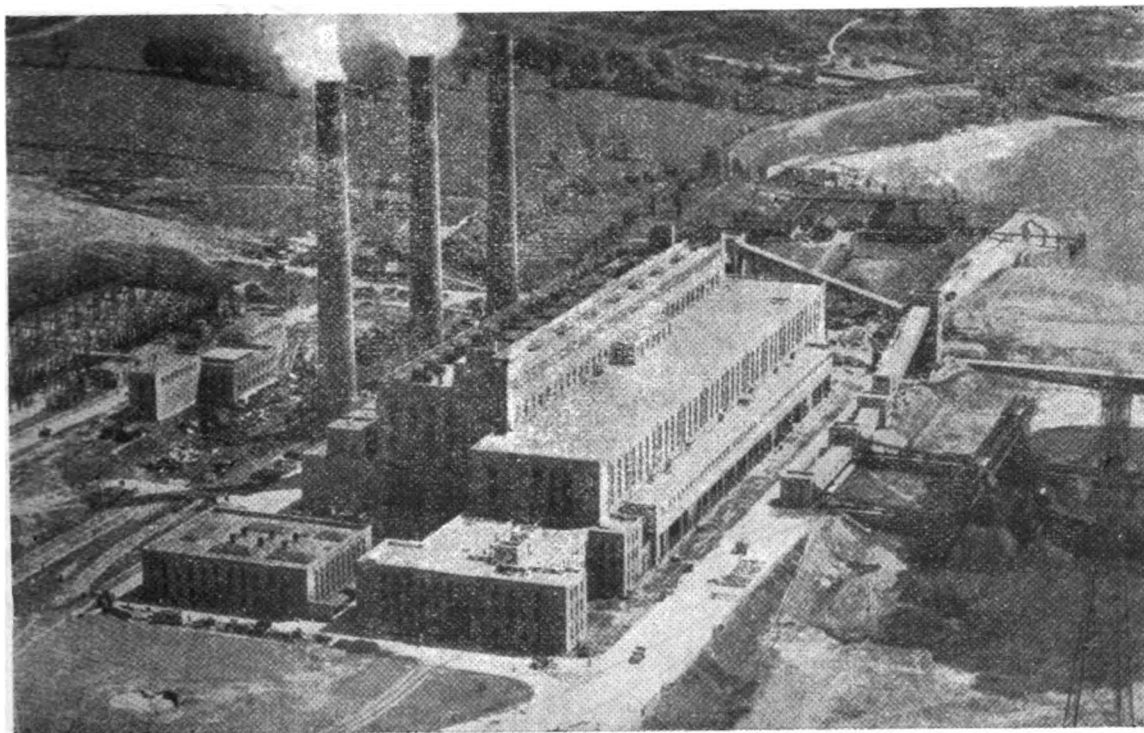
Бункери могу бити изведени на неколико начина, било по свом положају било врсти конструкције. Најчешћи облик ћелије бункера је паралелопипедан са доњим конусним излазним делом. Нагиб страница конуса зависи од врсте употребљеног горива, његове влажности, сортимана и којефицијента трења. Другим речима разни угљеви захтевају разне нагибе. Наш лигнит на пример изискује нагиб страница од око 50° према хоризонталу. Уколико осовина бункера из било каквих разлога не буде у основи ложишног отвора, а да би се излазни део конуса довео у поменуту осовину, приступиће се изградњи бункера са доњим конусом који ће имати четири странице разних нагиба. Разумљиво да ово важи само за четворостране изврнуте пирамиде а не за праве конусе. Ако је доњи део изграђен у облику пуног конуса, онда би он у овом случају био кос (изврнута коса купа). Да би се одредио нагиб ивице сусти-

цања страница изврнуте пирамиде можемо се служити следећим обрасцем

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\operatorname{tg}^2 \alpha} + \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \beta}}}$$

где су α и β углови нагиба страница¹. Уколико је запремина бункера велика, и ако његова хоризонтална пројекција буде квадрат или правоугаоник већи од 4 до 5 метара, онда се његов доњи део гради са два излазна отвора да се не би губио простор због великог угла нагиба конуса. Доњи излазни део може се градити од лима, потпуно независно од материјала у коме је изграђен главни паралелопипедни део. Иначе, најчешће се употребљава армирани бетон за бункере а каткад и дрво. Бункери у дрвету се раде само ако су ван зграде. При конструкцији бункера потребно је водити рачуна о још једној важној ствари. Код угљева са процентом влаге изнад 35% у ћелији се постављају преграде, како би се оптерећење преносило на зидове и да би се конусно дно статички олакшало.

1) Машиностројение, т. XIII, стр. 103.



Сл. 135 — Комбинација неколико уређаја за допрему горива (мосни кран, хоризонталне траке преноснице и естакада)

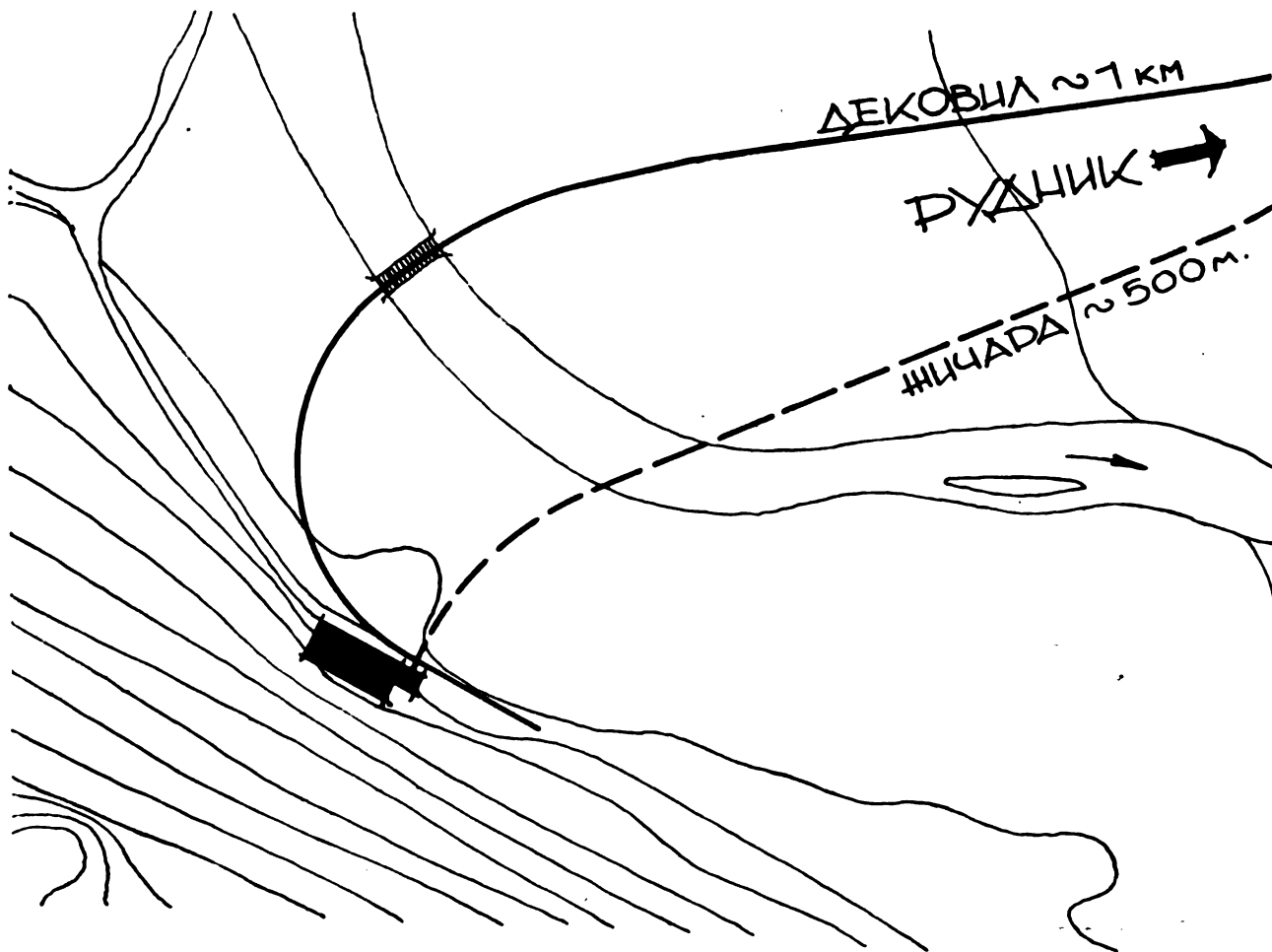
Код котларница великих електрана које употребљавају за гориво угаљ са знатним процентом влажности, поставља се питање онемогућавања смржњавања угља у бункерима. То би се једино могло извести постављањем млазница за удување паре, која треба да спречи ову појаву.

Због ове функције, код система ложења где се гориво директно из бункера уводи у котло, бункери морају бити на висини изнад ложишног отвора. Постоји неколико начина ношења ових малих силоса. Најједноставнији је начин да се поставе на засебан армирано-бетонски носећи скелет, на своје високо постоље. Уколико је пресвођавање котловског простора решено оквирном конструкцијом, онда постоји и могућност да се бункери обесе о риглу рама. Ако статички проанализирамо ова два начина ношења бункера закључићемо да је први начин економичнији и повољнији. Први је разлог да сви тешко статички оптерећени делови зграде треба да су потпуно издвојени, а други је тај, што већ

скупу рамовску конструкцију још поскупљујемо оптерећавањем горње рамовске греде

Најзад, потребно је да се напомену још две ствари: сваки бункер мора имати отвор за „царање“; и бункери за угљени прах морају бити херметички затворени како угаљ не би био изложен паљењу.

У разради опште ситуације постројења, код решавања складишта угља и одређивања места за истовар шљаке, посебно се решавају комуникације избором транспортних средстава. Главна мисао о ситуирању складишта треба да је што лакше и боље обезбеђење економичног истовара и манипулације угља на складишту, кратког преноса од истовара и складишта до котларнице. При решавању овог задатка теренски услови ће, поред осталих имати изванредан значај. У скицираној диспозицији једне мале електране на брдском и шумовитом терену показује се да је довоз угља жичаром много повољнији од дековилског, јер се пут од рудника до електране скраћује на половину (рудник је

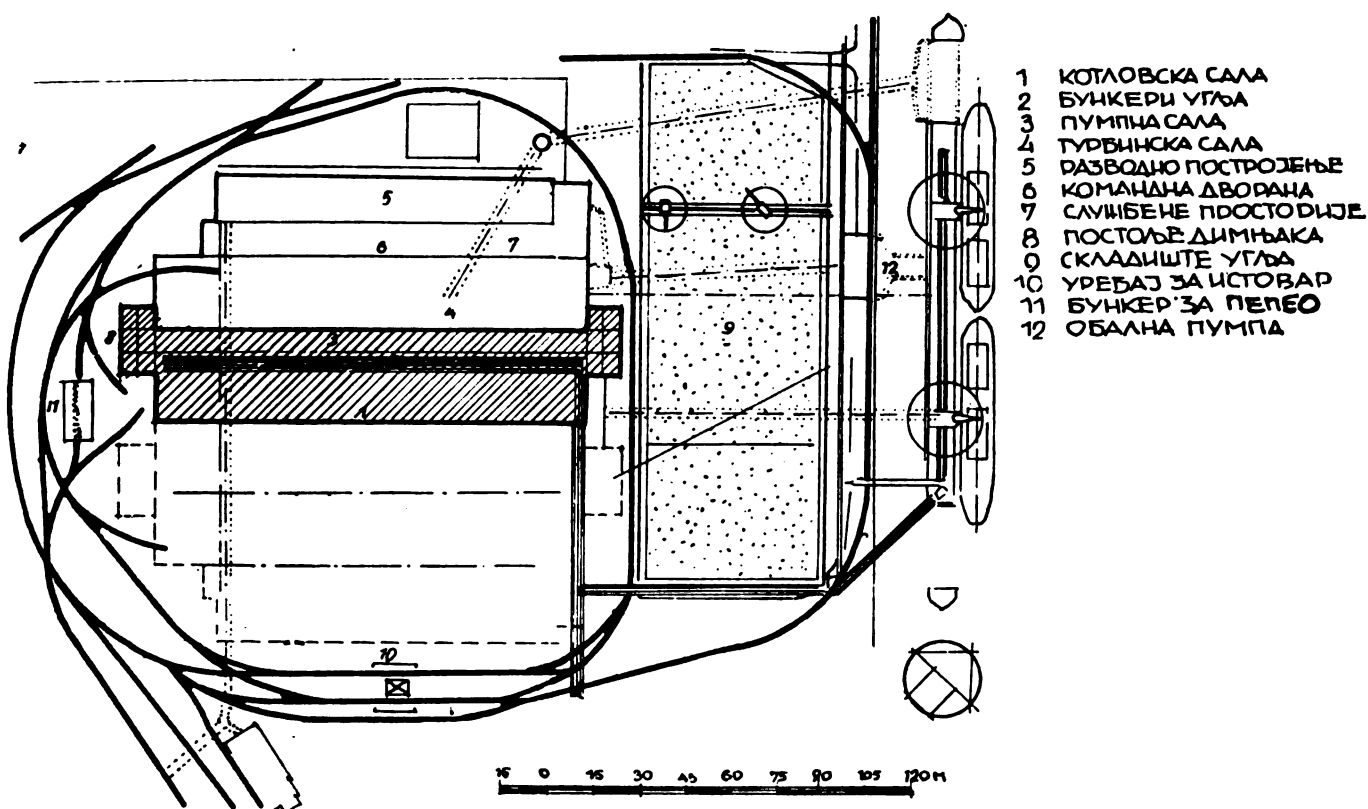


Сл. 136 — Мала електрана у брдским крајевима

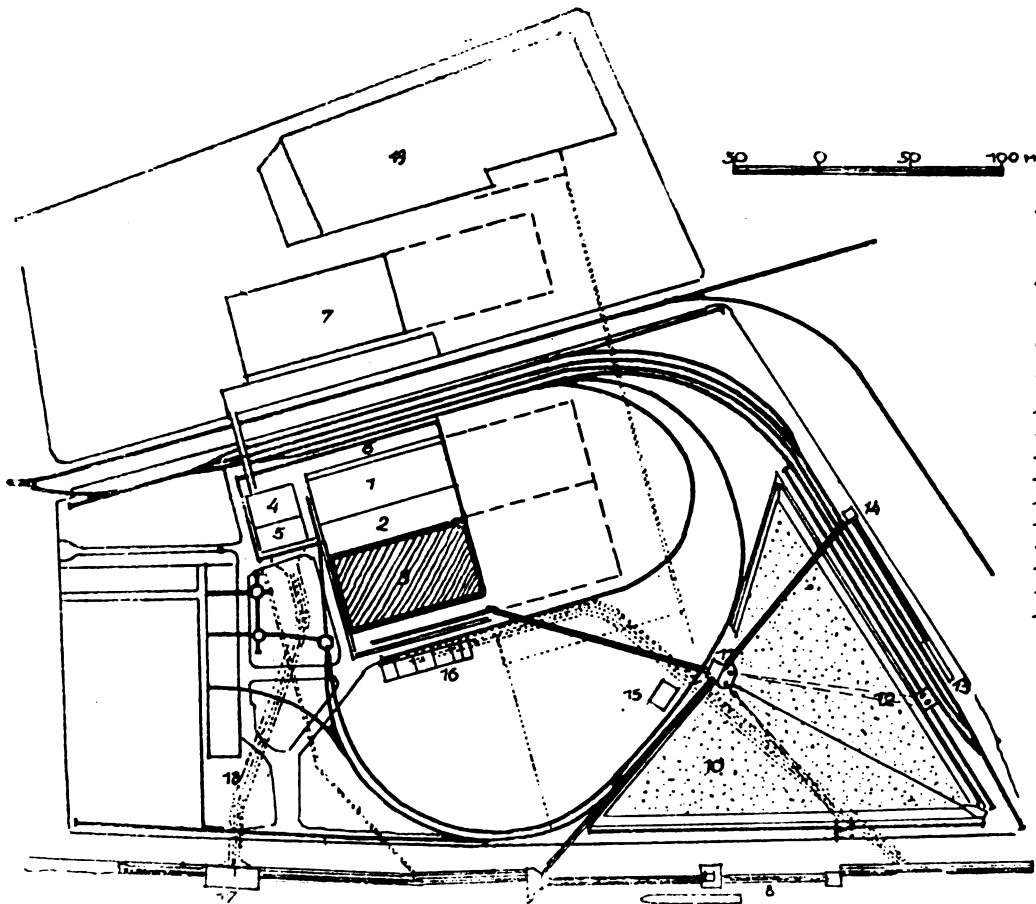
у непосредној близини). Осим тога, жичара омогућује директно убацивање угља у дрвене силосе поред котларнице, који у овом случају имају улогу прихватног складишта. Када би се узео у обзир дековил, морало би се ускладиштавање решити на неки други начин, а осим тога елеватор би се појавио као нужно средство за издизање горива у котао. Испитивањем је утврђено да инвестиције за жичару нису веће од трошкова изградње дековила (жичара је на једном ужету, потпорни стубови шумска стабла). Решење допреме путем жичаре даје још ту предност што је сигурност у експлоатацији већа јер се избегава ометање саобраћаја при снежним наносима.

Код погона велике продукционе моћи рад на складиштима је тотално механизован постављањем кранова разне врсте, скрепера и осталих преносних уређаја. (Види засебно поглавље о уређајима за допрему угља и одвод пепела и шљаке). Избор начина транспорта на складишту угља и његовог тока у производњи, диктован је удаљеношћу депонија од котларнице, односно дробнице за угаљ, уколико је она процесом предвиђена.

Даћемо два примера великих изведених котларничких постројења за јавне електране. Прва диспозиција претставља велико лондонско постројење Батерси. При решавању допреме горива пројектанти су углавном употребили три транспортна средства: конзолне дизалице за истовар из шлепова, хоризонталне траке преноснице, естакаде и мошни кран. За суви довоз горива и одвођење пепела дат је читав сплет железничких путева. Овом комбинацијом разних преносних средстава омогућено је блиско ситуирање складишта самој котларници. Други пример претставља париску централу Ариги. Благодаря расположивом облику терена за градњу, за складиште угља морао се употребити троугласти облик. Пошто се на оваком облику није могао применити неки од осталих транспортних уређаја за манипулацију, пројектанти су решили питање скрепером. Постоје два начина довоза горива — железницом и шлеповима. Преко истоварних косих равни и претоварних торњева угаљ се скрепером разастире по троугластом складишту капацитета 80.000 тона. Омогућено је и директно убацивање горива из допремних средстава у котларницу.

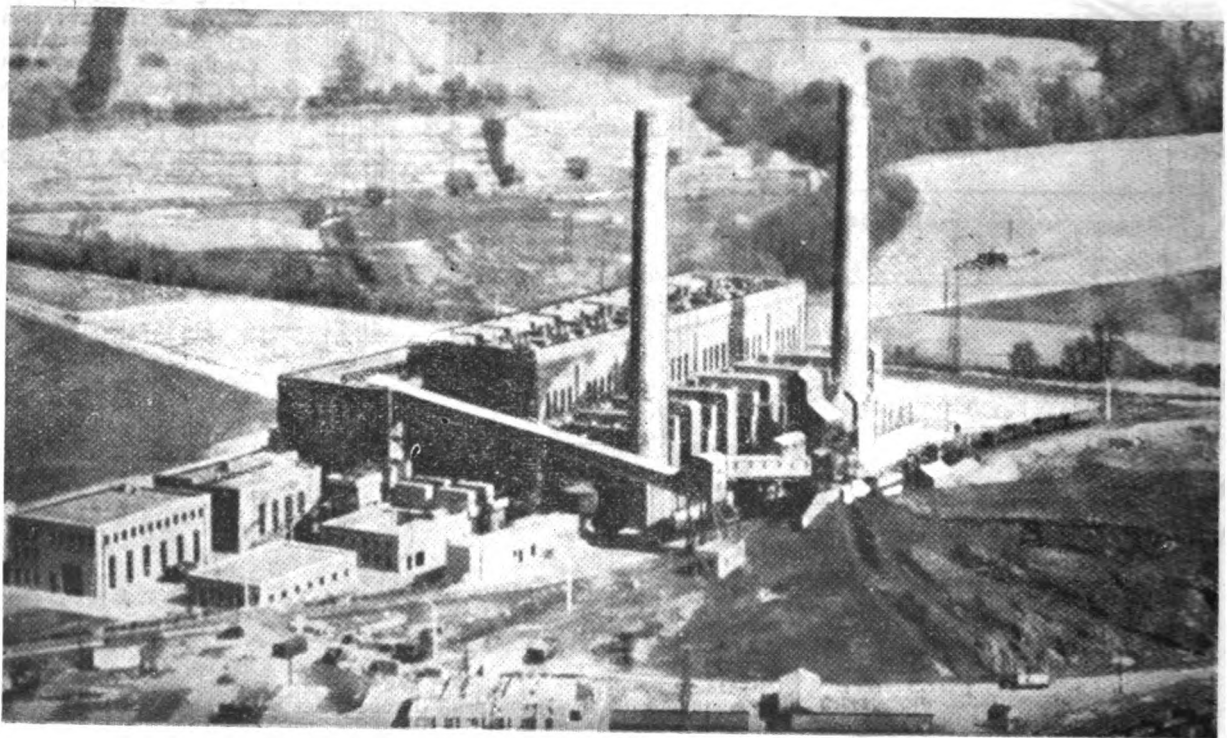


Сл. 137 — Диспозиција лондонске електране Батерси

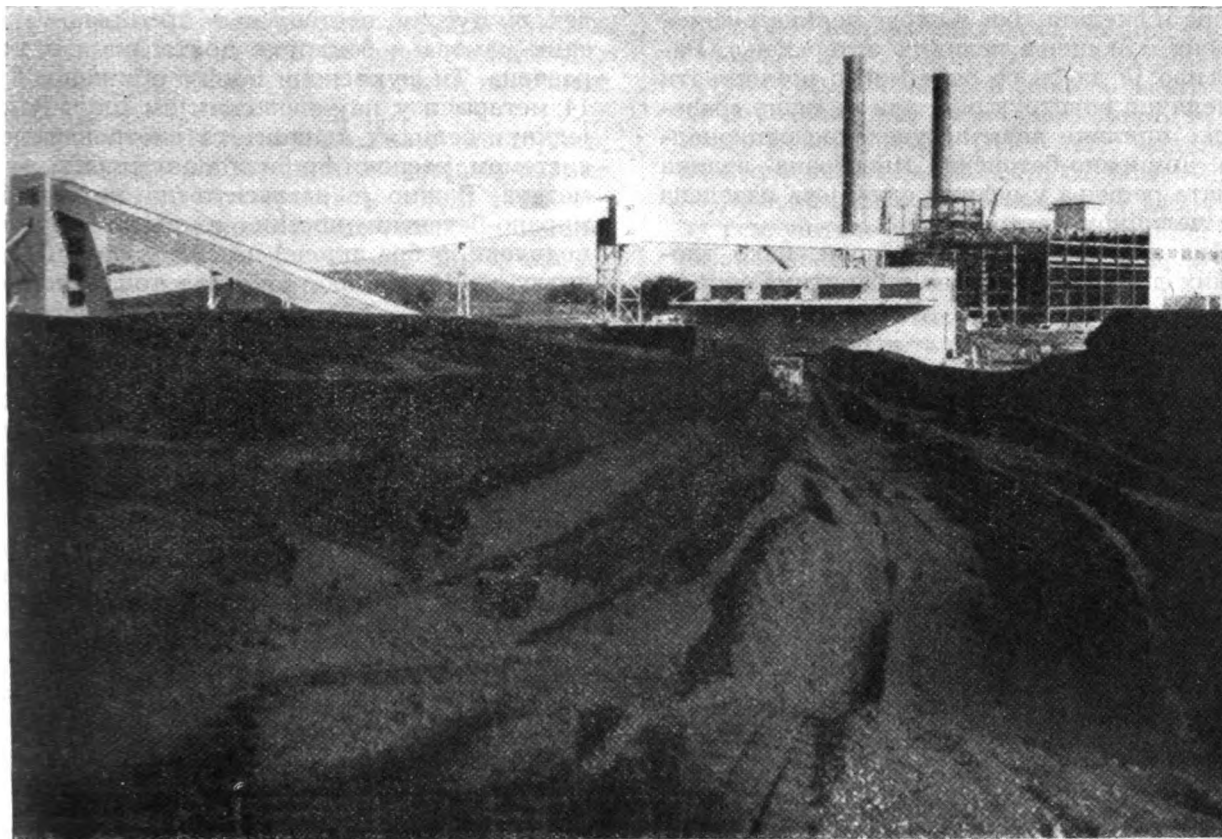


- 1 МАШИНСКА САЛА
- 2 ПУМПНА САЛА
- 3 КОТЛОВСКА САЛА
- 4 ПУМПЕ
- 5 ФИЛТРИ
- 6 ТРАНСФОРМАТОРИ
- 7 РАЗВОД
- 8 ИСТОВАРНА КОСА РАВАН
- 9 ПРЕТОВАРНИ ТОРАЊ
- 10 СКЛАДИШТЕ УГЉА
- 11 ТАЦИКА ЗА РАСПОДЕЛУ УГЉА
- 12 СКРЕПЕР
- 13 ПРИЈЕМНО СКЛАДИШТЕ
- 14 ПРЕТОВАРНА ТАЦИКА
- 15 ЗГРАДА ПОГОНА
- 16 ЈАМА ЗА ШЉАКУ
- 17 ПУМПНА СТАНИЦА
- 18 ВОДОВИ ВОДЕ
- 19 СКЛАДИШТЕ ПЕПЕЛА

Сл. 138 — Диспозиција париске електране Ариги



Сл. 139 — Скреперско складиште



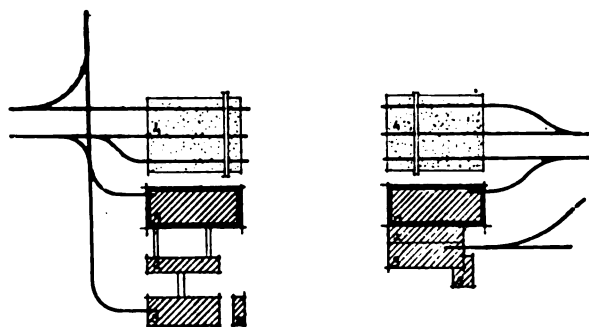
Сл. 140. — Булдозерско складиште

Конструкција котларнице

Избор врсте конструкције је између осталог зависан од избора котлова, посредно преко свих примарних инсталација и њихових капацитета. Димензије котлова и начин њиховог опслуживања дају тип грађевинских конструктивних елемената. Склоп зграда котлова мање продукционе моћи је обичан и једноставан. Код већих постројења, онда када су оне уз електрану, избор конструкције ће произићи из типа решења — да ли је оно блок или павиљонско. С енергетске тачке гледишта логично је да се у већини случајева опредељујемо за диспозицију у блоку а не да се поједина одељења издвајају као напр.: турбо сала, акумулатори топлоте, пумпна сала, трансформатори и слично. Треба напоменути чињеницу која се јавља као последица, а уједно и као предност блок решења, да је линија тока процеса производње краћа, те су стога мањи топлотни и електрични губици (краћи пароводи, каблови и др.). С друге стране изградња по блок

систему претставља за пројектанта архитекту у поређењу са павиљонским решењем извесно отежање у спољном обликовању и унутрашњој диспозицији.

Зграде котларница са агрегатима великог капацитета нормално су армирано-бетонских



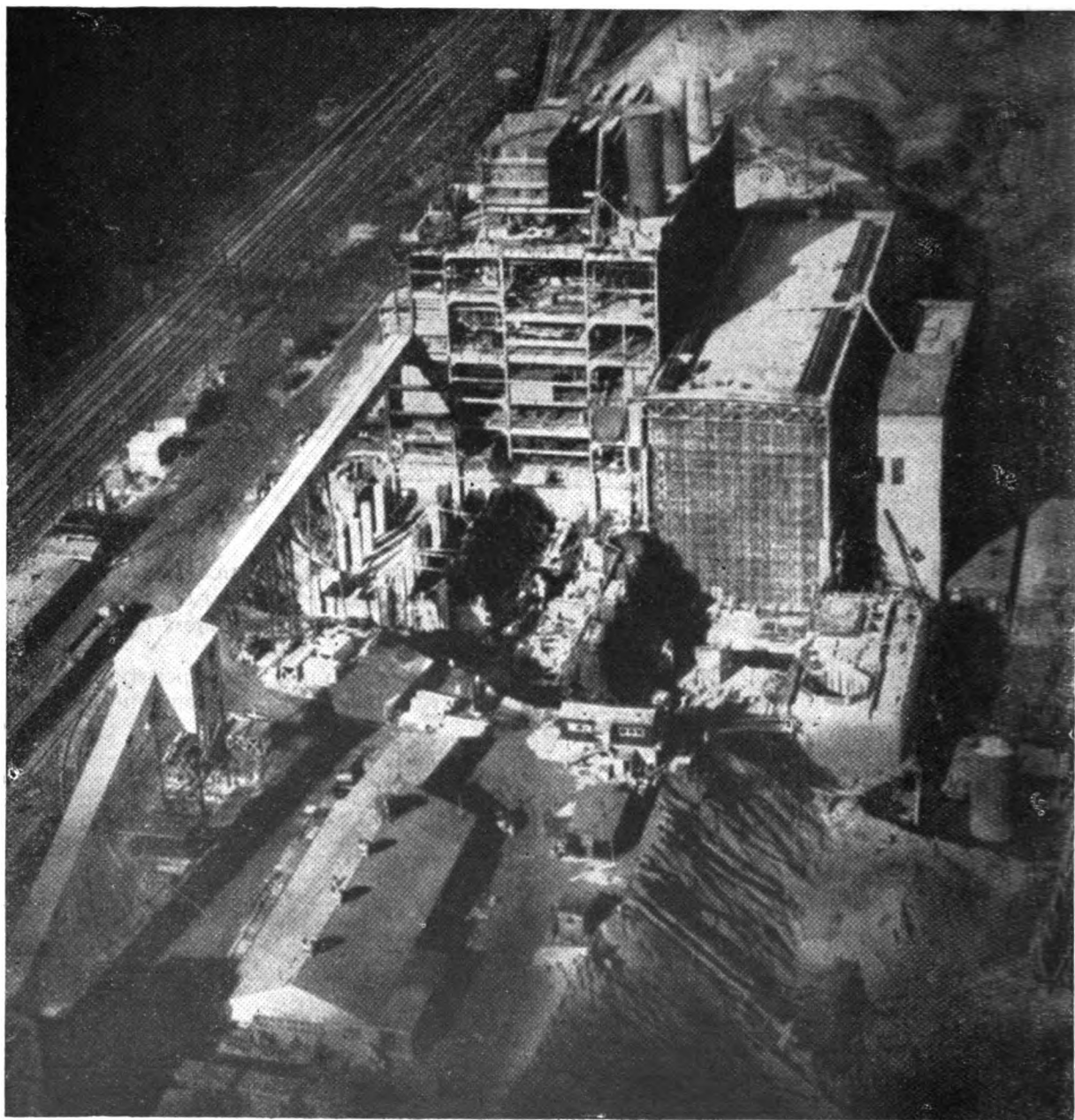
Сл. 141. — Павиљонски и блок систем термоелектране

1. котларница
2. пумпе
3. турбине
4. складиште угља
5. управа

оквира и скелета због њихове велике висине, распона и ношења великих оптерећења. Разумљиво је да би се овде могло помишљати на челичне конструкције, али за наше грађевинске прилике доћи ће увек као рационалнија армирано-бетонска. Инострана велика позната решења у већини случајева изведена су у челичном материјалу.

Код великих погона котлови, иако гломазних димензија, својим габаритима још у-

век омогућују постављање армирано-бетонских рамова и бондрука доста рационалних распона. Ти се распони крећу обично од 8 до 14 метара, а у најнеповољнијем случају код јединки великих капацитета са троканалним системом, распони ће бити максимални до 25 метара. Важно је нагласити да ниједан армирано-бетонски носећи елемент (стубови, подвлаке, ребра, плоче) не смеју бити ближи котлу од 15 cm због штетног топлотног деј-



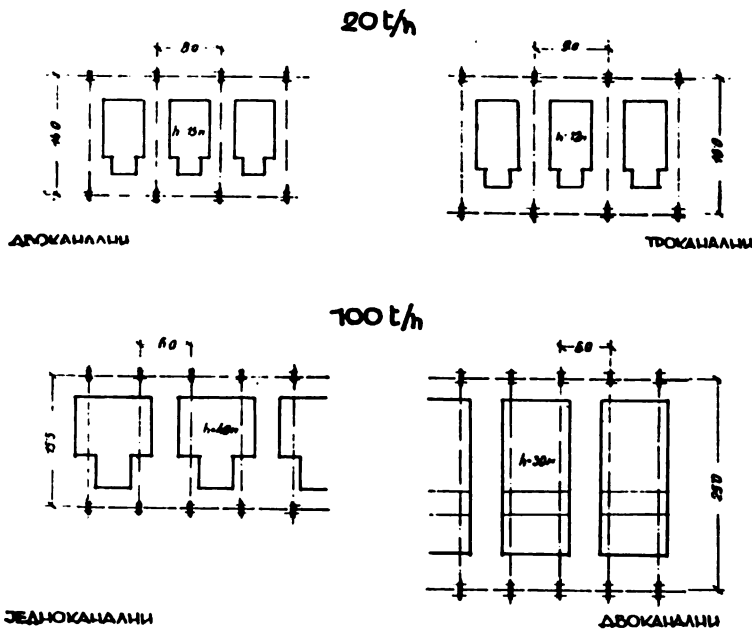
Сл. 142. — Велика термоелектрана у градњи. Изразита вишеструка и вишеспратна челична оквирна конструкција котловске сале. (Прва два агрегата пуштена у погон, трећи у изградњи)

ства на конституцију армирано-бетонске масе. Изузетак се може и овде чинити ако су у питању хладне зоне додирне површине котла.

Досадашњим упоређивањем постојећих изграђених котларничких постројења велике продукционе моћи (узета у обзир само решења модерних котларница велике специфичне продукције) дошло се до закључка да правилно и рационално пројектовање и изграђена зграда одузима 30% целокупних инвестиција до стављања у погон. Према томе, јасно је што се сада избегавају решења са котловима, који ће својом димензијом наметнути изградњу котловске сале са огромним и нерационалним распонима армирано-бетонских оквира. Применом оваквих котлова дошло би се у опасност да инвестиције за зграду буду несразмерне према укупној цени коштања грађења целокупног постројења. Скицом је показано како избор врсте котла утиче на распон грађевинско-конструктивног елемента. У разматрање су узета два случаја. У првом реду шематски је приказан

случајеви код јединки са минималним бројем канала. Једноканални котлао ће дати најмањи могући распон носача, па иако је нешто виши од вишеканалног, биће економичнији у погледу конструкције. Осим тога, видели смо да и ово повишење конструкције код примене једноканалног котла има своју добру страну сем уштеде у изграђеној површини и добијања повољнијих распона, и то да је практично смањена висина димњака. Ако се посматра шема ритма и распона конструкције, опажа се да је ритам носача у подужном правцу исто тако повољнији него код постројења са вишеканалним котловима. Самим тим, нарочито код приказаног котла од 100 t/h, први случајеви имају предност и због краћих повезујућих подужних подвлака, серклажа и армирано-бетонских греда за ношење кровне конструкције (сл. 143).

Скелетни армирано-бетонски систем је врло ретко употребљив у котларницама великих капацитета. Распоред котлова, а нарочито велика висина котловске сале, (због вертикалних агрегата и висећих бункера),

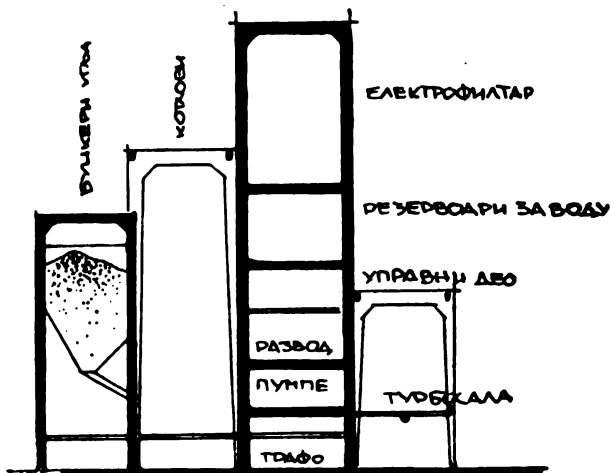


Сл. 143. — Конструктивни распони котларнице произашли из облика и капацитета котла

агрегат капацитета 20 t/h са два канала и са три канала. У доњем реду то исто је приказано са котловима капацитета од 100 t/h само у алтернацији од једног и два канала. Види се да су по рационалност пресвођавања простора котловске сале увек повољнији

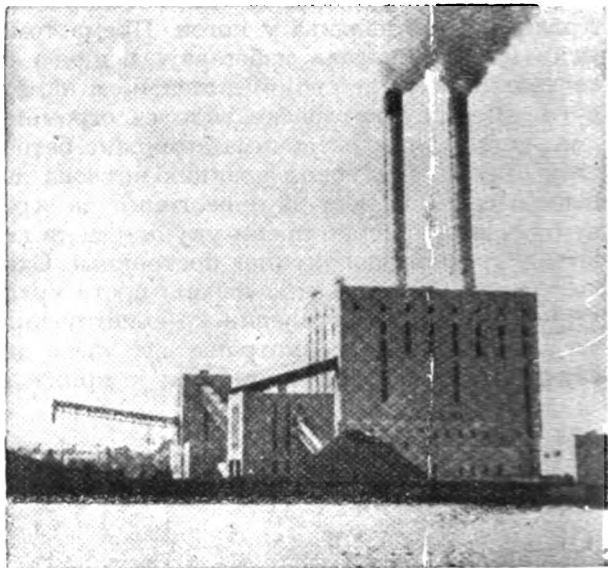
намећу увек решење конструкције помоћу оквира, пошто је и код најнижег котла великог капацитета пређена дозвољена граница виткости стуба, а серклажи не могу бити скоро нигде кроз котловски простор постављени.

Да би конструкцију зграде ослободили што више, сва котловска и припадајућа јој инсталација је на засебним темељима, на свом потпуно засебном носећем елементу. То се нарочито односи на бункере за угаљ, димњаке (уколико су они предвиђени да буду на згради) и електрофилтре. Овим издвајањем конструкција, такозваних тешких скло-

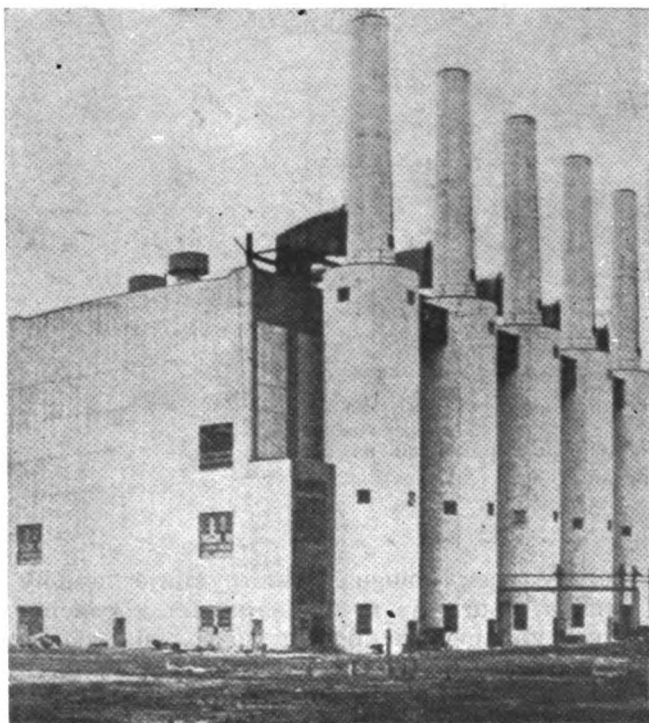


Сл. 144. — Пуно извучени трактови су статички тешко оптерећени

пова, не само да се растерећује остали склоп главног котловског простора, него се обезбеђује и правилно слегање сваког конструктивног дела за себе. За бункере се уобичава скелетни систем као и за све теже инсталације: пумпе, резервоари за воду, разводи, електрофилтри и димњаци. Уколико се овај део из неких других разлога гради у оквирном систему, он ипак мора бити јасно издвојен од осталих конструкција, које служе



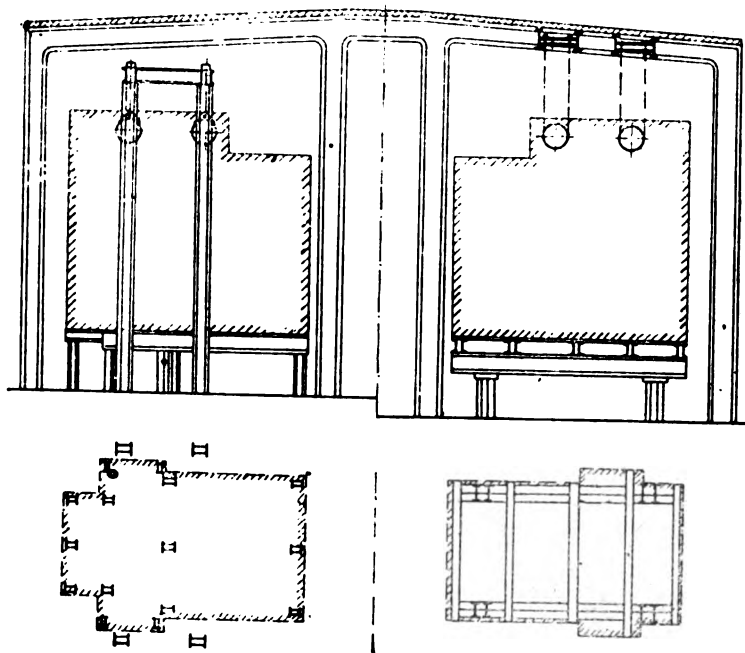
Сл. 146. — Високи лимени димњаци постављени на конструкцију зграде



Сл. 145. — Силоси за угаљ као постоља димњака

уствари само за затварање простора и ношење међусpratних и таваничних конструкција са нормалним корисним оптерећењем. Значи да поред нормалних попречних дилатација треба да постоје и подужне, које ће делити поједине конструкције трактова у засебне елементе.

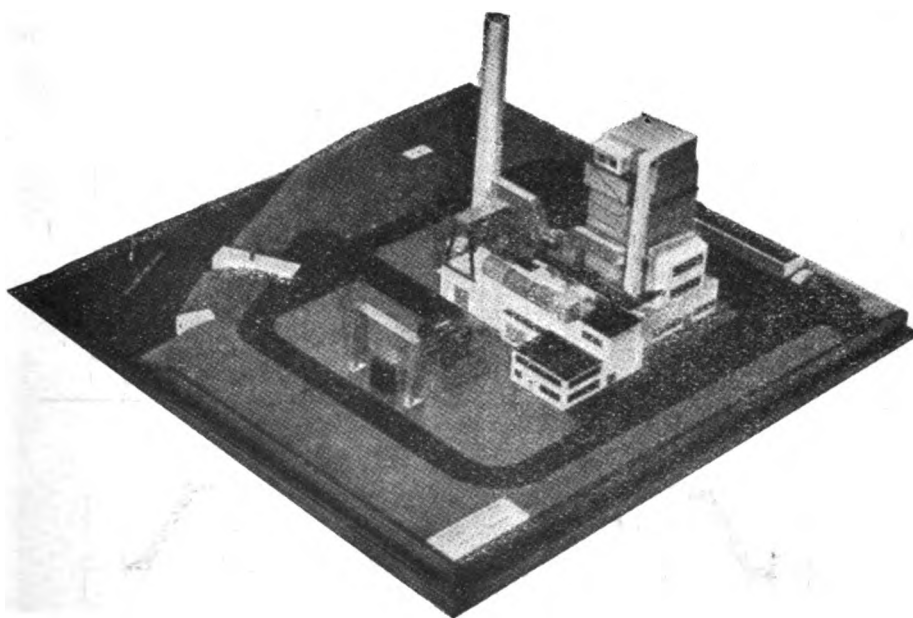
Конструкција зграде може се решавати и заједно са инсталацијом. Котларница Скенектеди (САД) има тако решену зграду котловске сале да су конструкција зграде и инсталација постројења стопљени у једно. Уствари кров над котларницом ношен је котловским озидом. Овим се ваљда начином хтело да се што више уштеди на инвестицијам за зграду, само са тако постављеном рационалношћу отишло се у крајност. Конструкција претставља велику тешкоћу за радове на репаратури котлова, а нарочиту опасност за зграду при експлозији — евентуалној — ма и једног од котлова. Супротно овом случају постоји концепција где је један део котла (добоши и цевни систем) обешен о горње конструктивне носеће елементе згра-



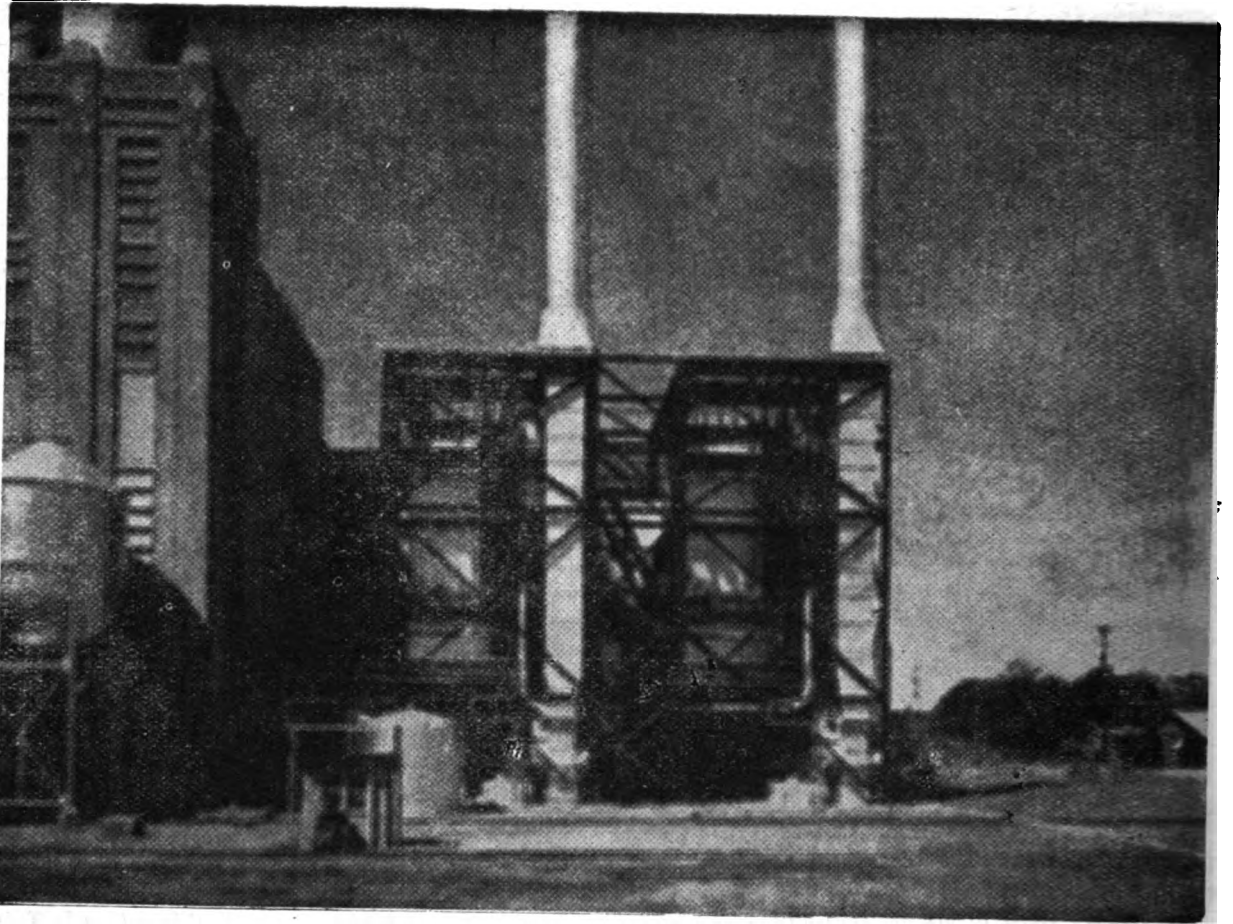
Сл. 147 — Котао фундиран независно од зграде и добоши котла обешени о горњу греду котларничког оквира

де. У Клингенберговој централи да би се растеретио челични костур котла, обешени су поменути делови о риглу челичног рама котловске сале, што врло неповољно утиче на статичко оптерећење конструкције зграде, њено слегање и фундарање. Као и у претходном случају, овде исто тако могу евен-

туалне експлозије довести зграду у питање. Најзад постоји и још један начин изградње, а то су такозвани полуотворени типови. Котлови се постављају на слободном терену док се команде и остале инсталације (пумпе и турбине) ситуирају у затворене или полуотворене просторе непосредно уз котлове.



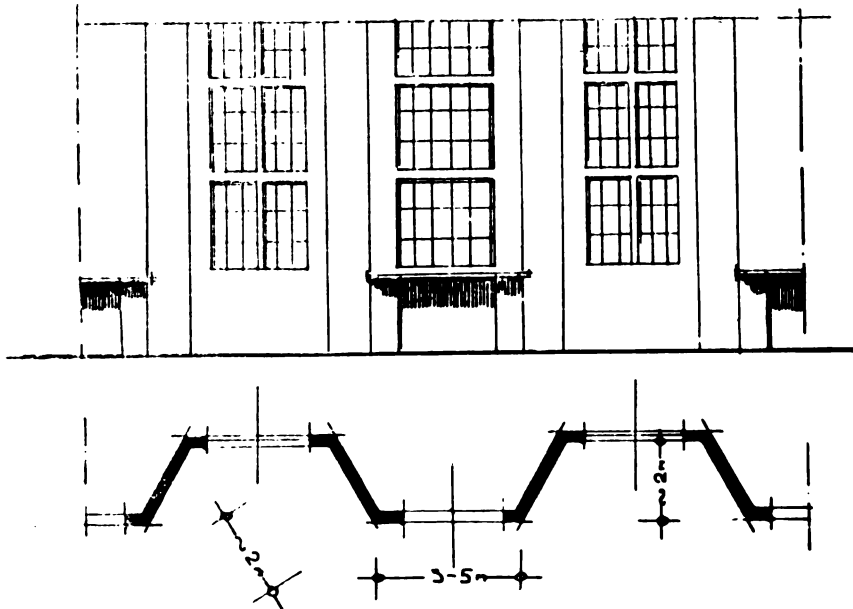
Сл. 148. — Макета полуотворене котларнице



Сл. 149. — Отворена котларница

Тако је једно ново постројење изграђено у Тексасу (САД) где су климатски и атмосферски услови дозволили ову рационалну изградњу.

Као и код свих великих објеката, при пројектовању котларничких зграда треба предвидети обезбеђење великих зидних платна изложених бочном нападу ветра. То

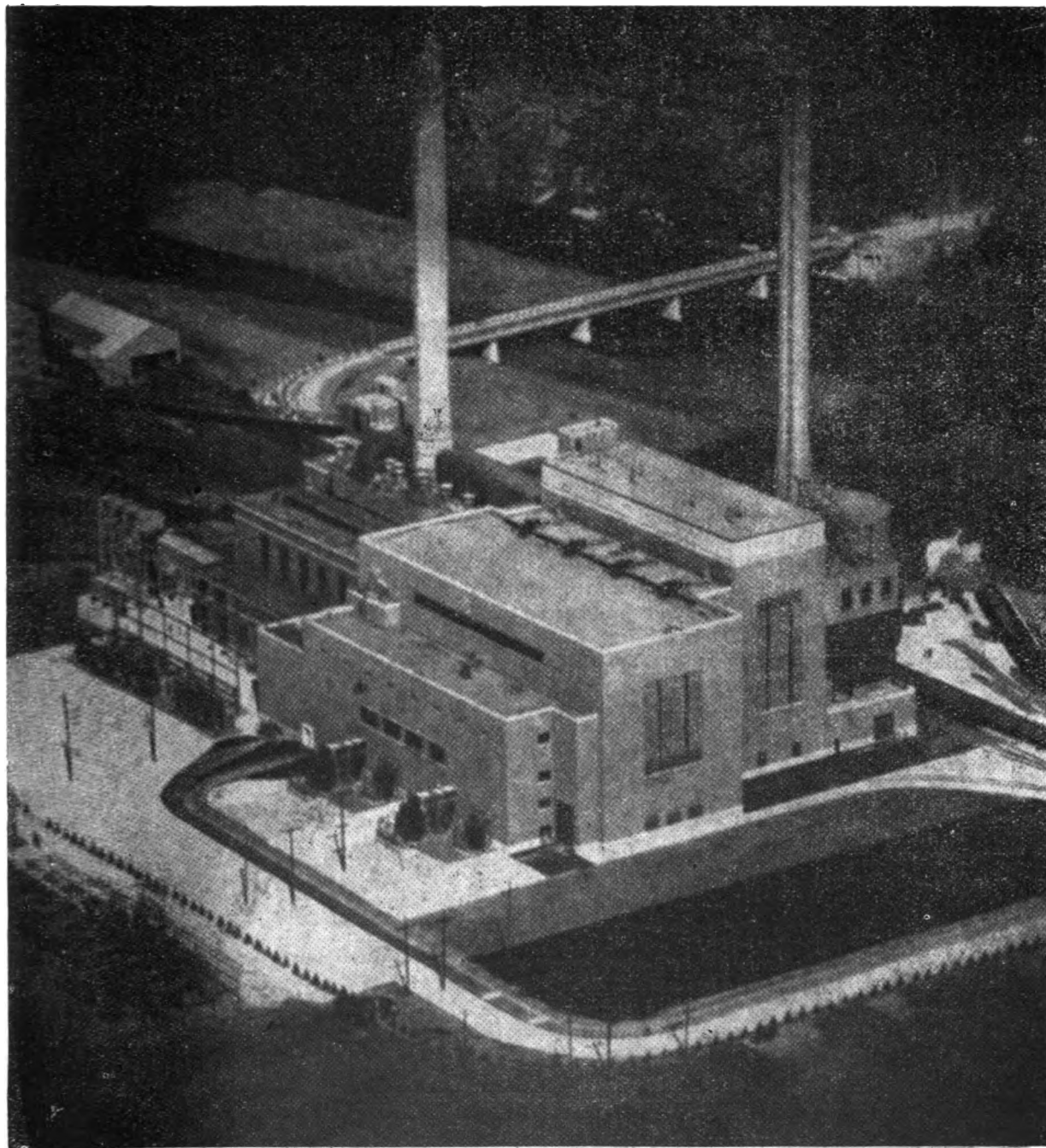


Сл. 150. — Укрупњење зидних платна

се јавља код свих котларница, без обзира на њихову величину, јер је главна карактеристика основног простора висина и велика површина обимних зидова, као и непостајање попречних који би парирали тај притисак. У својој књизи „Архитектура електричних централа“ арх. Антипов предлаже једно врло интересно решење овог проблема. Изградњом зидних платна на начин приказан скицом, избегавају се појачања и укру-

ћења зидова пиластрима, или неком другом армирано-бетонском конструкцијом, једино уграђеном због дејства ветра. Можда би се овако изграђен зид могао згодно искористити приликом фасадирања објекта (сл. 150).

Велики конструктивни проблем код изградње котларница је темељање зграде. Градња великих котларница као самосталних постројења доста је отежана тиме што се оне обично постављају на приобалним теренима



Сл. 151. — Котларница покривена пуном масивном плочом

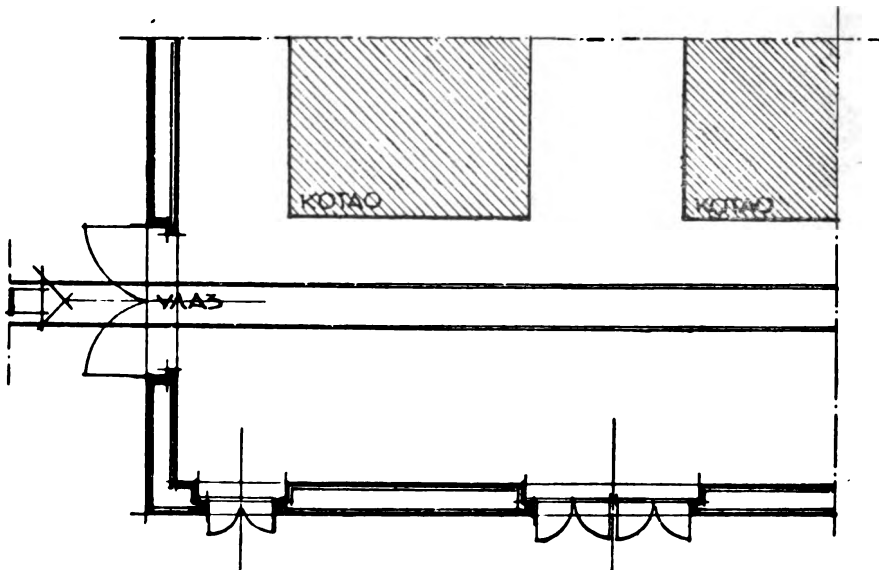
због снабдевања угљем и коришћења проточног система. Овакви су терени јако неподесни за фундарање услед своје мале носивости и несигурности тла, изузев стеновитих области што је доста велика реткост. Код обичних нормалних индустријских зграда, инвестиције за изградњу темеља износе отприлике око 10% укупних инвестиција, док би овде, када је случај са темељањем на несигурној обали, тај проценат могао прећи и 30. За фундарање Београдске електричне централе изграђене на самој обали Дунава, уграђено је у тло 665 шипова система Франки са укупно 7.150 m³ бетона, док је за целу зграду утрошено 10.000 m³ бетона и 560 тона челичног материјала за конструкције. Сасвим је природно што се питање фундарања котларница уз реку и истоварне канале сматра проблемом који се мора испитивати од случаја до случаја понаособ, приликом пројектовања и разраде студије диспозиције постројења. Избор терена може исто тако утицати на решење котларнице, да ли ће она бити са високим котловима или ће бити ниско грађена.

Покривање зграде врши се лако кровном конструкцијом и покривачем. Уколико су у питању постројења малог капацитета, распон котловског простора намеће пресвођавање лако дашчаном решеткастом конструкцијом. Овај начин пресвођавања великих простора наћи ће нарочито пуну примену тамо где нису дозвољени никакви ослонци кровним везачима, сем крајњим. Досад се то решавало тешким комбинованим вешаљкама, гломазним дрвеним решеткама, гвозденим конструкцијама или армирано-бетонским подвлакама великог пресека, чак и код зграда чије висине нису изискивале попречно ра-

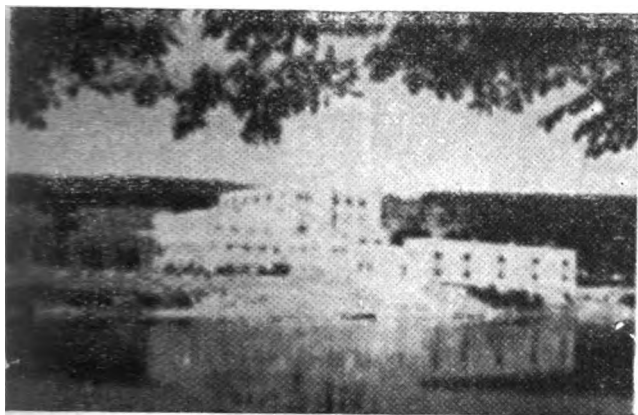
мовско укрућење. Новим начином пресвођавања простора дашчаном (кованом или лепљеном) решеткастом кровном конструкцијом могу се затворити простори и преко 20 m распона па и више, без икаквих средњих ослонаца. При употреби лепљених дашчаних конструкција треба подробно испитати утицај температуре котловске сале на везивни материјал, но оне иначе нису код нас много у употреби.

Ако су котлови са великом воденом запремином врло је опасно покривање котларнице армирано-бетонским плочама, које би у случају експлозије агрегата услед своје монолитности са целокупним склопом довели у питање зграду. Код савремених котлова са малом воденом запремином долазе у обзир све врсте покривања. Пошто котловским просторијама није потребна никаква кровна термичка изолација, то ће у будућности пуну примену да нађу мембранасте конструкције танких сводова, јер се помоћу њих могу затварати простори великих распона без употребе средњих потпора. Најзад важно је напоменути да се код ових постројења због евентуалних несрећа (експлозија и пожара) морају сва врата и прозори на котларници отварати у поље а никако унутра. Такозвана шибетир врата треба сасвим избегавати. Начин отварања „у поље“ погодан је због свог правца при експлозијама, јер се њиме смањују притисци на зидове, а у случају несреће омогућују брзи изласци из простора. За брз и безбедан излаз из котловске сале предвиђа се и излазно спољно степениште.

* * *



Сл. 152. Правац отварања врата и прозора

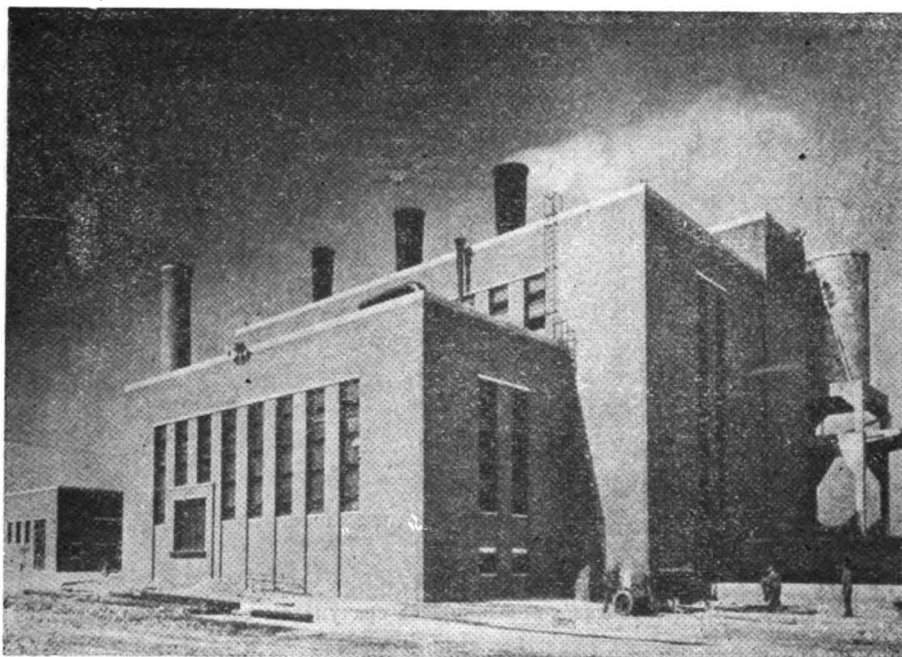


Сл. 153. — Архитектура електране добро укомповане у пејзаж

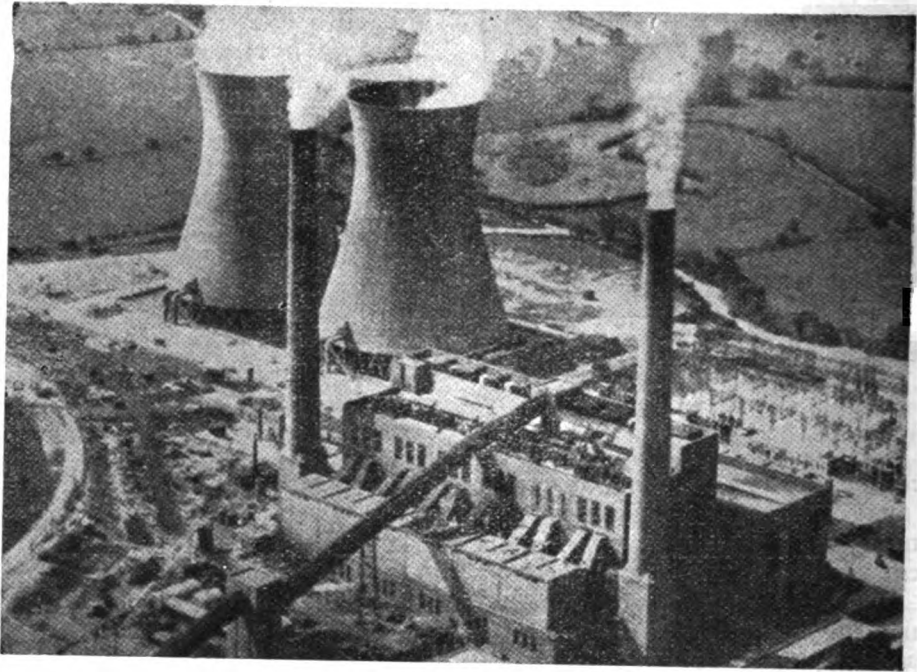
Што се тиче обликовања и обраде фасада котларница и овде важи правило да оне морају бити функционална решења унутрашње машинске диспозиције. Са опште архитектонске тачке гледишта обрада котларница великих капацитета, нарочито оних са вертикалним котловима, врло је захвалан рад. Они често могу бити, као монументи строгости и озбиљности своје функције, врло добан материјал који ће истовремено за опште компоновање насеља значити много. Код случајева где се котларница истиче у насељу, као при њеном постављању срачуната доминанта, она има великог утицаја на

замисао и облик композиције. Због тога мора увек постојати узајамно разумевање и обострано пружање уступака пројектаната и машинских и архитектонских, како би се из пројекта извукло што више, а којим би се јединим путем дошло до доброг решења где су пуно изражени логичност, функционални ефекти и рационалност, елементи битног значаја за једну плански успело компоновану целину.

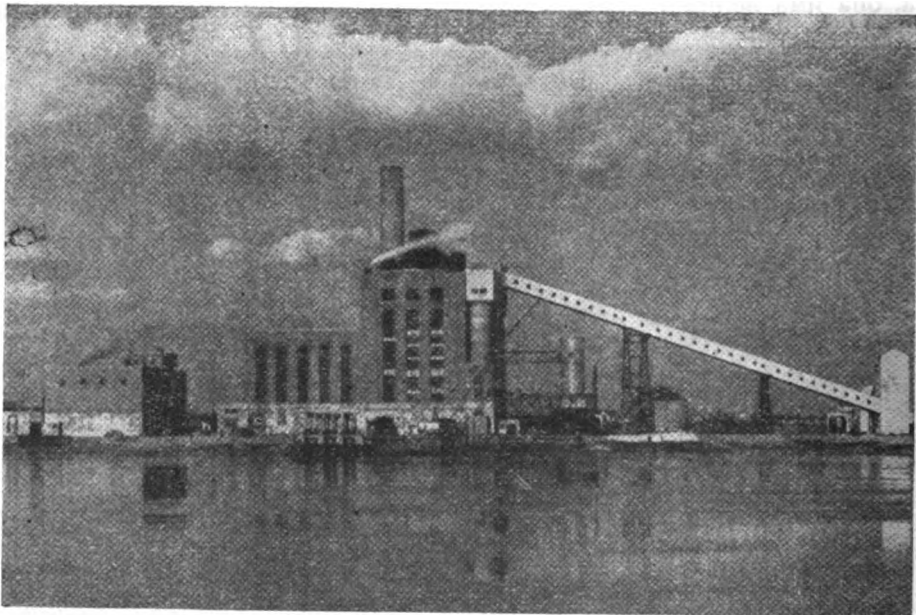
Данас се велика пажња обраћа обради детаља, иако се овде ради о архитектури крупних маса. Ово се чини из тога разлога што на нашим постројењима детаљи могу имати доста великог утицаја на општи архитектонски израз објекта; што ти детаљи својим обликом и положајем падају одмах у очи, што они нису малих димензија. То су у питању димњаци, њихова постоља, понеки од транспортних уређаја и високе армирано-бетонске хладњаче, који својим изгледима и формама учествују као компоненте опште архитектонске обликовне композиције. Напоменућемо два интересантно обрађена димњака великих новијих решења. Немачка централа Беваг има врло импозантне димњаке обрађене путем касетирања, а лондонска централа Батерси одликује се духовито решеним постољима, чија се другостепена пластика протеже кроз целу прву трећину висине. Овако обрађени димњаци толико складно учествују у општој архитектури објекта, да су они данас својом формом постали готово символ својих електрана (сл. 158).



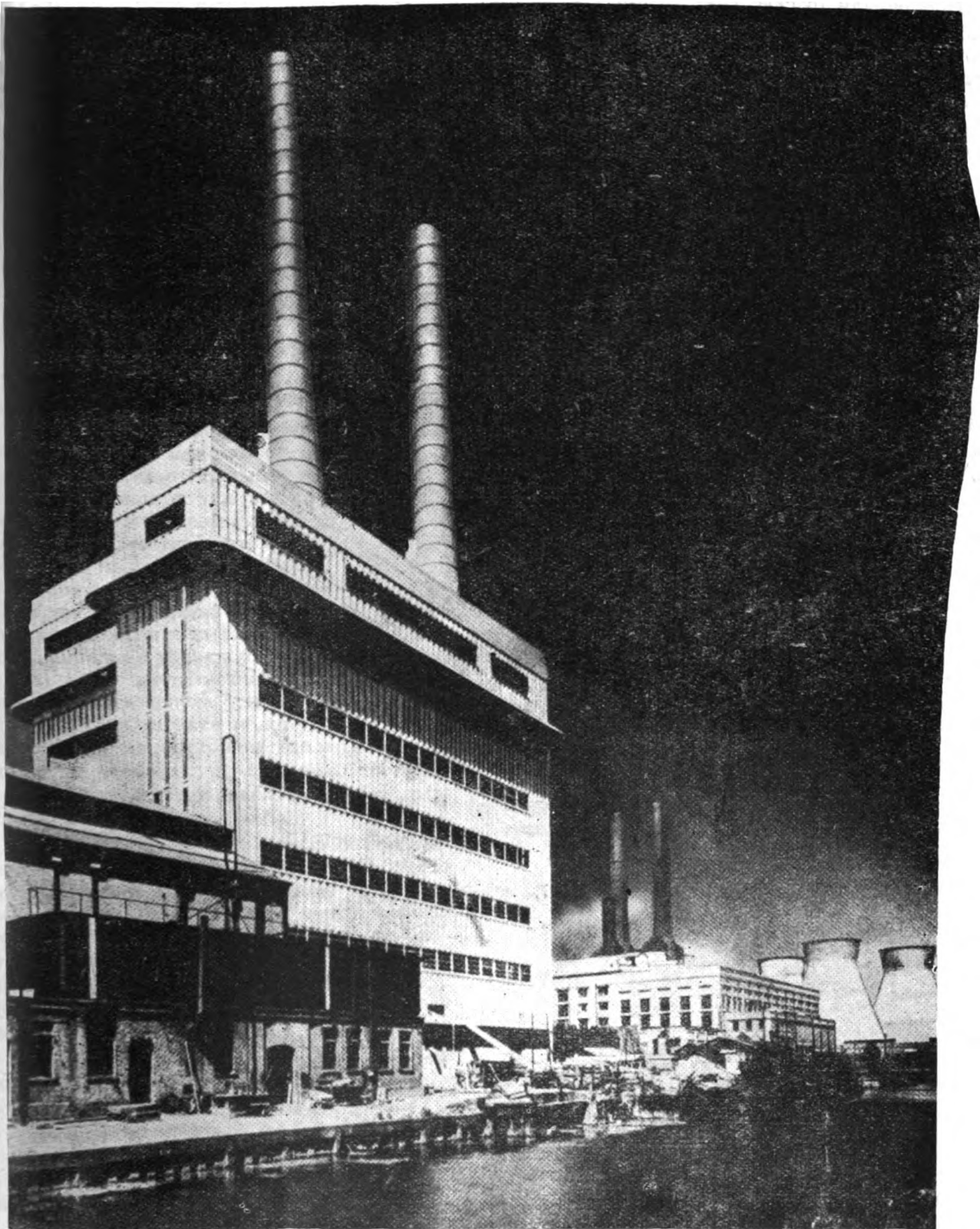
Сл. 154. — Архитектура једне индустријске термоелектране



Сл. 155. — Котларница са кружним системом расхлађивања воде



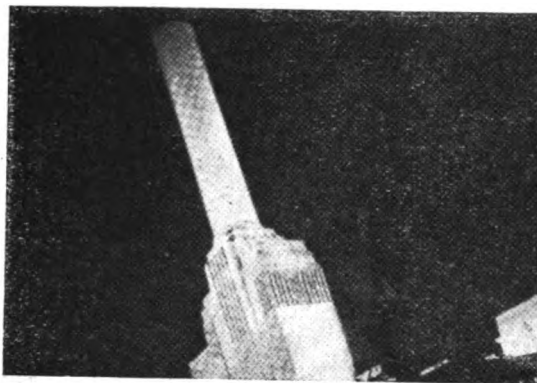
Сл. 156. — Архитектонска композиција са срачунатим ефектом естакаде



Сл. 157. — Савремена архитектура котларнице

При обради фасаде саме зграде, када су у питању велика зидна платна, нарочито она испред бункерских одељења, правилан избор другостепене пластике показаће се као читав проблем усклађивања неуравнотежености и непропорционалности релативно малих отвора према огромним зидним површинама. Она је та која ће олакшати велике површине, и ублажити извесну монументалност наметнуту функционално добивеном расподелом

маса. Другостепена пластика и избор грађевинског материјала фасада морају својим карактером јасно изразити и подвући особинормалног озбиљног индустриског изгледа који би у многим случајевима могао бити близак граници када ће објекат својим спољним изгледом доћи у опасност да добије обележје монументалне зграде, и у том би случају промашио своју архитектуру.



Сл. 158. — Димњак електране Батра

ДОПРЕМА ГОРИВА, ОДВОЂЕЊЕ ПЕПЕЛА, ШЉАКЕ И ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ДИМНИХ ГАСОВА

Предмет овога рада су у првом реду котларнице које као гориво користе угаљ, те се разматрају допрема угља, одвођење љаке и пепела, као и пречишћавање димних гасова ради отстрањивања летећих састојака. Код наших угљева озбиљност овога проблема је наглашена што су, углавном, са економске тачке гледишта, интересантни угљеви ниске калоричне вредности, са великим процентом пепела, или влаге, а често са једним и другим. Велика специфична потрошња угља и његов лош квалитет захтева јако имензионисање уређаја за допрему у односу а тону паре инсталисаног капацитета. Велики проценат пепела у гориву отежава одвођење пепела, шљаке и летећих састојака. Јако је проблем отстрањивања истога са грејних површина.

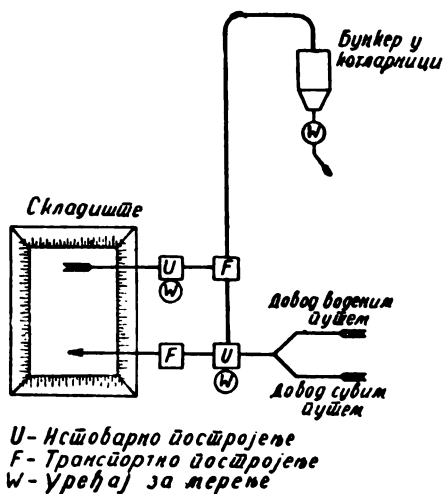
Још увек у свету као произвођачи електричне енергије имају приоритетно место термоелектране. Најчешће гориво за термоелектране је угаљ, и то све чешће лошије врсте угљева. Савремено постављање проблема састоји се у градњи котлова према расположивим лошијим врстама угљева, а не у израђу горива према котловским постројењима.

Економски интереси постављају пројектантима као задатак коришћење лошијих врста угљева, по квалитету и сортману, у котловским постројењима. Ово доводи до повећања специфичне потрошње горива, као и до повећања укупно потребне количине, што повећава компликованост уређаја за допрему припрему горива, пошто исти треба да задовоље већи број тежих услова. Шема допреме горива у котларнице не може се типски решавати, јер велики број основних елемената

за транспорт може бити примењен у разним комбинацијама а према условима постављеног случаја. Према томе, пројектовање уређаја за снабдевање горивом своди се на решавање проблема од случаја до случаја, а као најбитнији фактори који чине основу пројекта су: погонско-технички, месни и економски услови.

Било којим путем да се приступа решавању пројекта допреме горива, исти треба да задовољи приложену принципијелну шему, која претставља технолошки процес допреме горива у котларницу или термоелектрану.

Као и код свих технолошких процеса и овде је тенденција да су путеви материјала што краћи, праволинијски, да се не укрштају и да су без претоварних чворова. Као што се види из шеме, свако решење мора да задовољи три услова: да се гориво може достављати до потрошача директно са истовар-



Сл. 159. — Технолошка шема допреме угља

ног места или преко складишта и да се мери при истовару и пре улаза у ложиште котла.

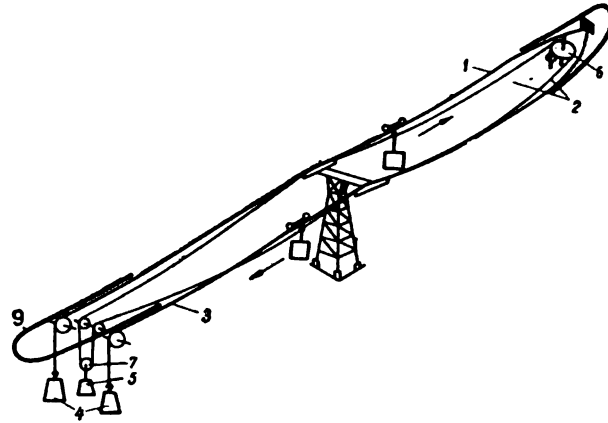
При избору основних елемената за допрему горива мора се пројектант руководити могућностима израде поменутих елемената у домаћој индустрији. Решења треба да буду што једноставнија, како би се могла реализовати са што простијим елементима који су лаки за производњу, једноставни за руковање, а јефтини за одржавање. Као што је речено, услед великог броја средстава за транспорт и великог броја могућих комбинација, решења транспортних уређаја не могу бити типизирана, нити се могу уопштавати. У сваком поједином случају биће изабрани одговарајући елементи и повезани у најцелисходније решење.

У општем случају може се извршити подела на фазе рада механизације допреме угља у котларницу. Ове фазе су следеће:

- 1) превоз угља од рудника до подручја потрошача;
- 2) истовар на подручје потрошача;
- 3) транспортовање од места истовара до складишта;
- 4) лагеровање угља;
- 5) транспорт са складишта до котларнице;
- 6) лагеровање у котларници;
- 7) транспорт до ложишта;
- 8) непосредан транспорт: истоварно место — котларница.

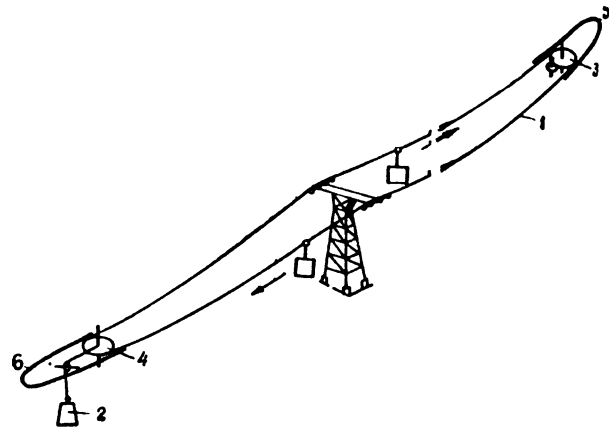
Превоз угља од рудника до подручја потрошача

Избор средстава за транспорт угља од рудника до места потрошње зависи од међусобног положаја рудника и објекта, капацитета објекта, расположивих транспортних средстава, положаја објекта и рудника у односу на жељезничке пруге и водене путеве, као и положаја котларнице у односу на потрошаче (топлане). Као најповољније средство за транспорт угља је водени пут и жељезничка пруга. У изузетним случајевима, а нарочито код мањих капацитета, долази у обзир коришћење друмског транспорта. Довоз жичаром, нарочито на кратким растојањима (1—15 km), погодан је код објеката који су одвојени од рудника неповољним теренским условима. При употреби жичаре у оваквом случају избегавају се: велики успони, инвестиције за изградњу скувих саобраћајница, као и експропријације земљишта за трасирање истих. Жичаре могу бити и двојичне и једнојичне. Једнојичне, код којих је исто уже носеће и вучно, раде се за капа-



Сл. 160. — Жичара са два ужета

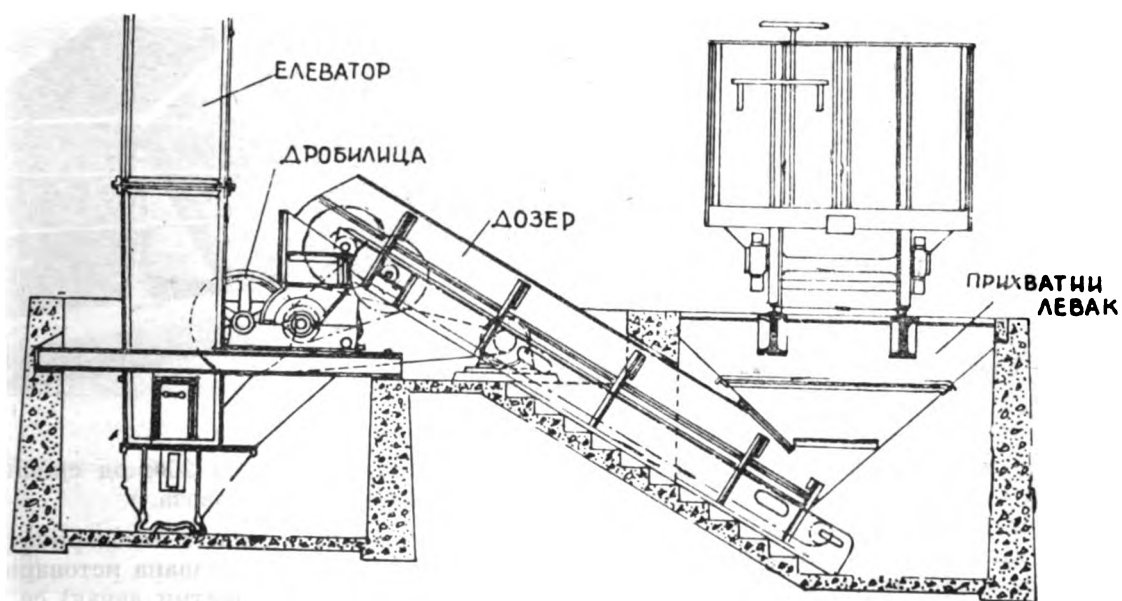
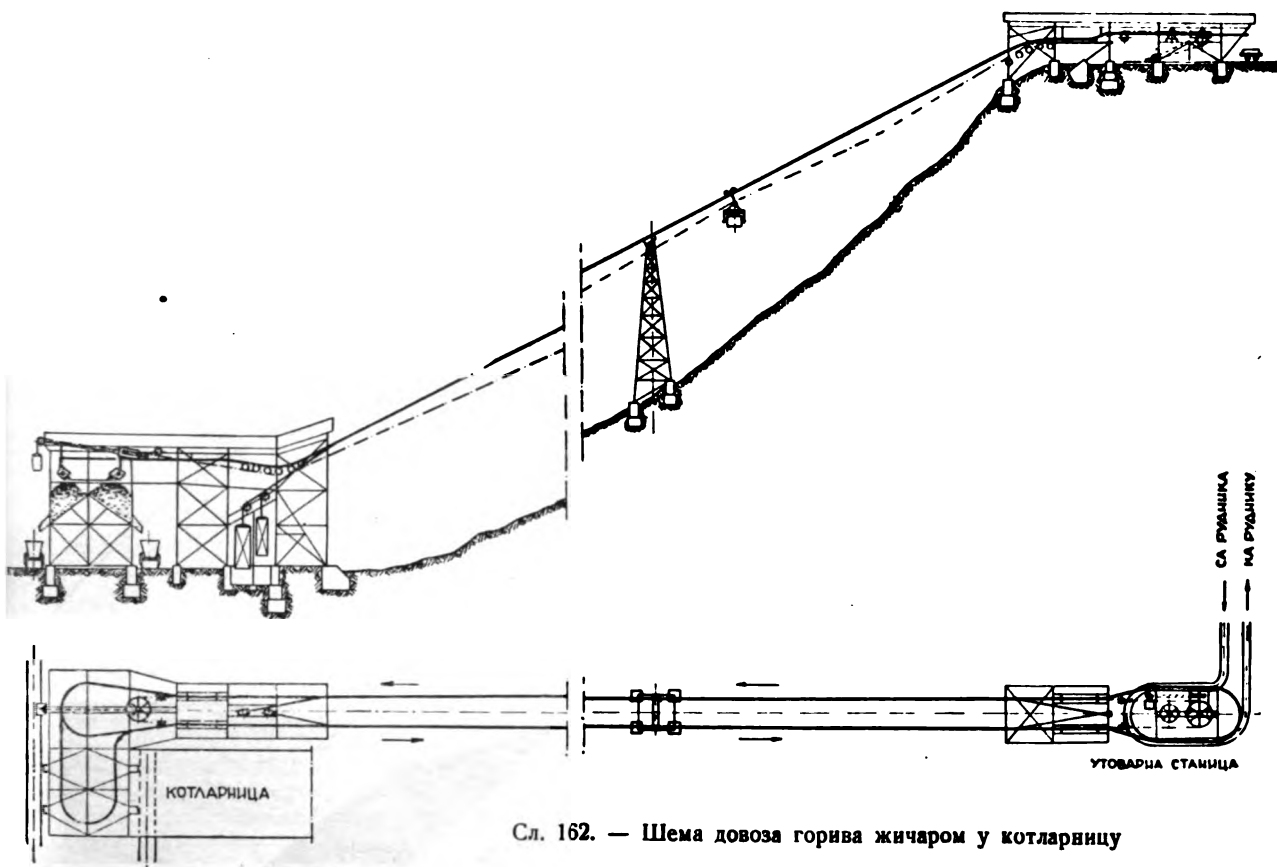
- 1) носеће уже, 2) вучно уже, 3) контра уже,
- 4) контра тегови носећег ужета 5) контра тег вучног ужета, 6) погонска машина, 7) котур контра тег, 8) и 9) висеће шине за утовар и истовар



Сл. 161. — Жичара са једним ужетом

- 1) бескрајно уже, 2) контра тег, 3) погонска машина, 4) затежући котур, 5) и 6) висеће шине за утовар и истовар

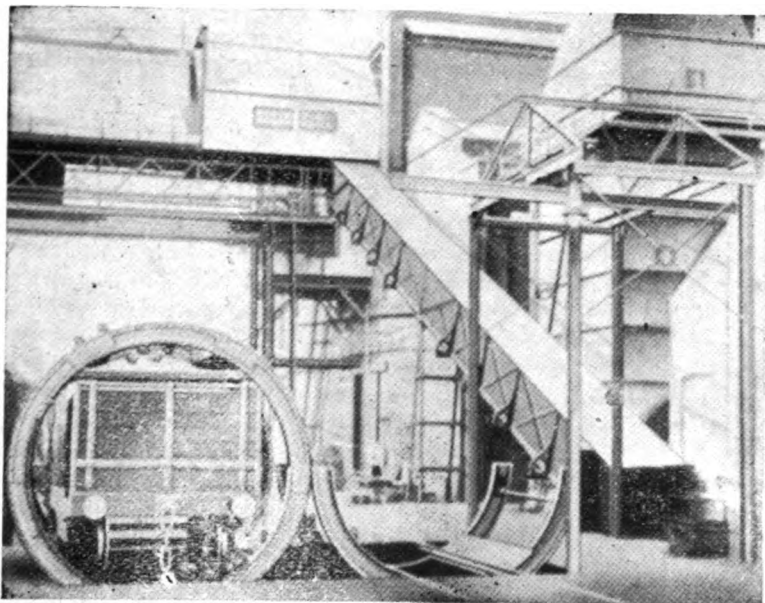
цитете од 5 t/h (до овог капацитета су економичне), те се могу користити само за објекте мањег капацитета. Нешто опширније о жичарама биће речи приликом приказа једне термоелектране у близини рудника на брдском терену. Као друга транспортна средства могу се поменути: обични, отворени вагони, вагони са коритастим дном, са седластим, косим дном и дном за извлачење; камиони са сандуком за извртање; вагонети различитих димензија и колосека са мотором или прежном вучом; шлепови и дереглије.



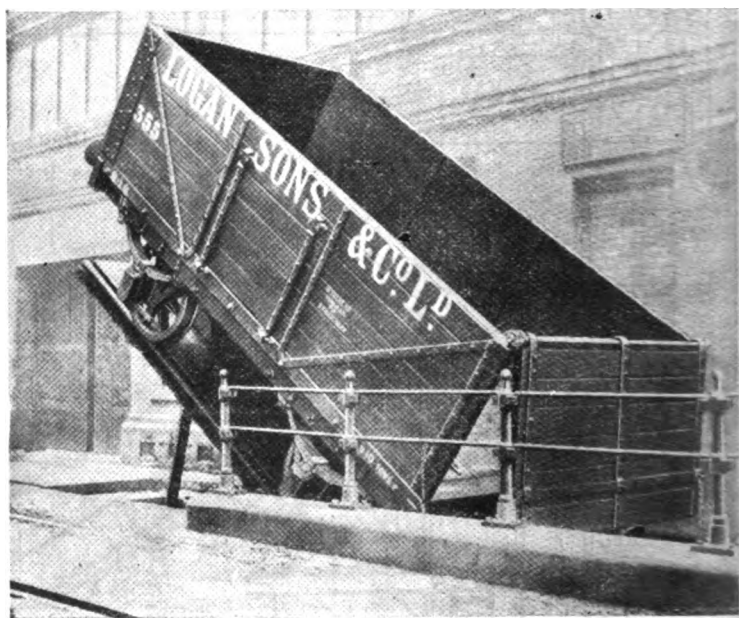
Истовар на подручју потрошача

Са опште тачке гледишта истоварна средства треба да задовоље услов што краћег задржавања превозног средства, стога капацитет

истоварних уређаја треба да буде што оптималнији, пошто она раде углавном периодично, како би се време истовара svelo на рационални минимум.



Сл. 164. — Попречни превртач вагона



Сл. 165. — Уздужни превртач вагона

Истоварна средства могу се поделити према начину довожења угља; превозно средство утиче на облик истоварне механизације. Исто тако подела истоварних средстава може се извршити и према величини објекта у чијем је склопу. На облик и врсту истоварних средстава утиче и врста, а нарочито сортиман и чврстина угља.

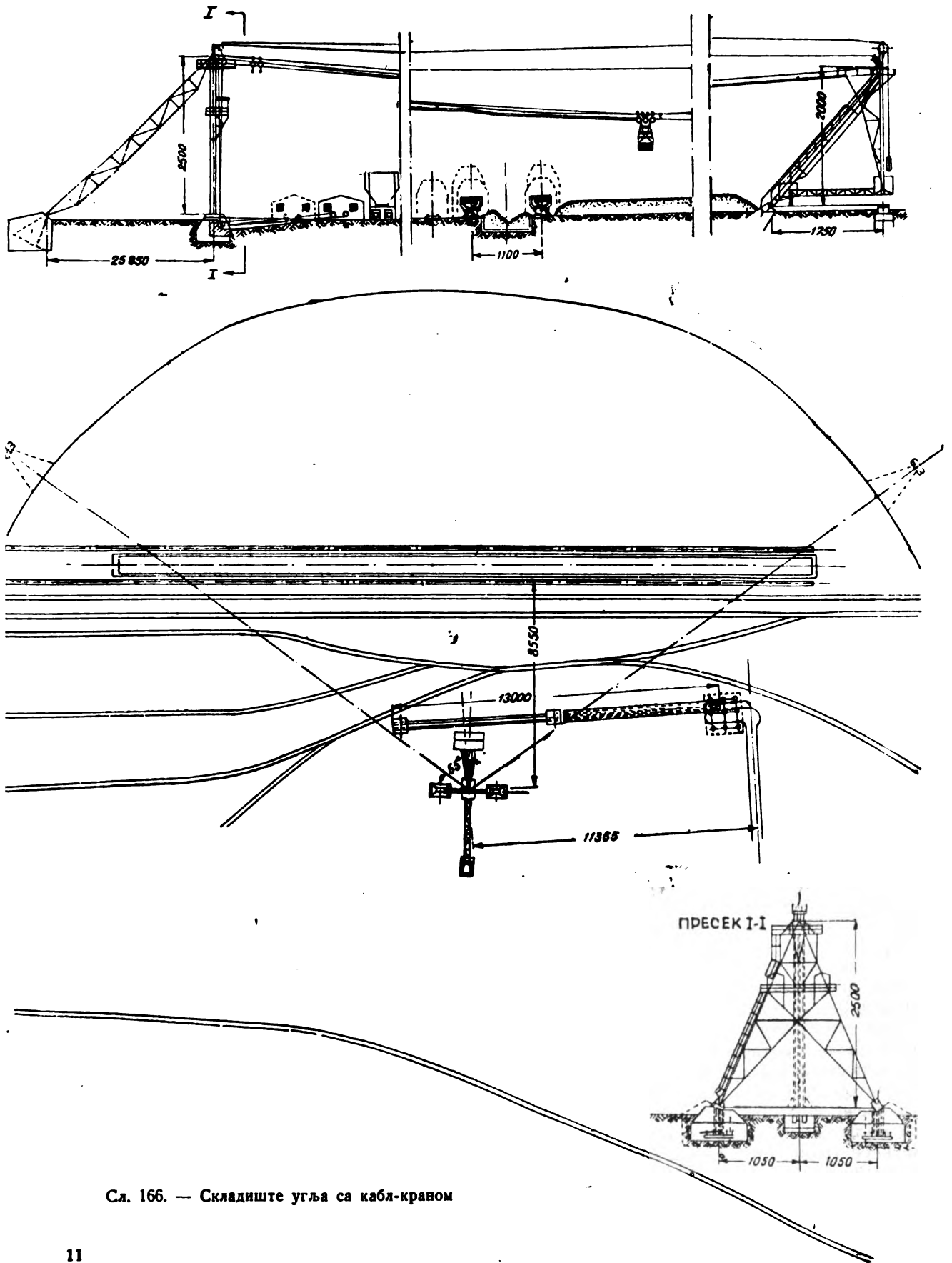
Фронт и систем истовара треба димензионисати тако да пуни вагони немају веће задржавање од два и по сата на месту истовара. Капацитет истоварног постројења мора

се предвидети већи за 20% од средње пропустне моћи линије довоза.¹⁾

Као основни елеменат истоварног уређаја најчешће се јавља такозвана истоварна јама. Истоварна јама (прихватни левак) се састоји из левкастог корита, које је покривено заштитном решетком²⁾. Средство којим се угљ

¹⁾ Kotelni ustanovki, том II (Rodatis, страна 440)

²⁾ Величином отвора на рашетки регулише се крупноћа угља који се доводи на транспортер



Сл. 166. — Складиште угља са кабл-краном

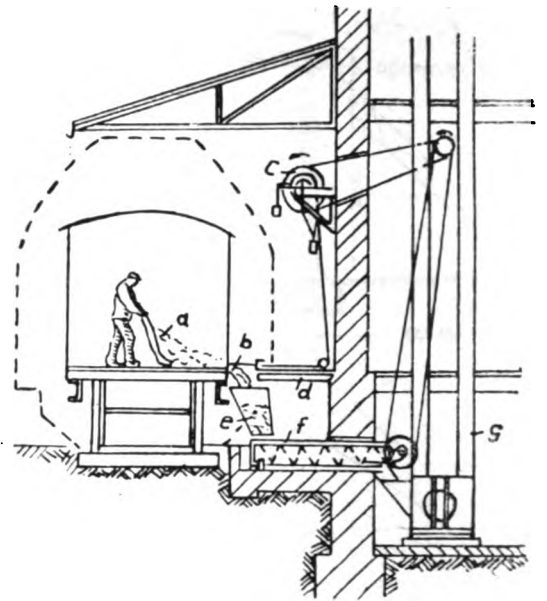
довози стаје поред (вагонети превртачи) или на средину те јаме (вагони са покретним, косим дном и страницама за подизање). Истоварна јама је само посредно средство које напаја даље транспортне уређаје. Ако би се довоз вршио вагонетима за извртање, вагонима са покретним дном, коритастим или седластим дном, камионима са сандуком за извртање или сличним средствима, истовар је врло брз и једноставан, а своди се на изручивање угља из превозног средства у истоварну јаму или прихватни бункер. Слично средство овоме, али скопчано са скупим уређајима, те долази у обзир за веће термоелектране, је превртач вагона. Превртање или извртање вагона врши се по дужи или крањој осовини, а угаљ се из вагона и у овом случају изручује у истоварну јаму. Капацитет овог уређаја је врло велики — за истовар вагона од 20 t потребно је око 5 минута.

Истовар вагона помоћу захватача (грајфера) ограничен је у погледу капацитета, јер је величина захватача одређена габаритом вагона и не прелази $2,25 \text{ m}^3$. Код капацитета истовара преко 50 t/h није препоручљива примена захватача. Мане захватача биле би следеће: уситњавање сортираних угљева, оштећивање вагона, као и услов да се довоз врши плитким вагонима. Предности захватача су: може се по жељи хватати одређени део угља, што је нарочито важно при манипулисању на складишту са лакозапаливим угљевима.

Као једна врста истовара помоћу захватача је истовар кабл-краном. Кабл-кран са захватачем обично служи не само за истовар већ и за опслуживање складишта. Кабл-кран долази у обзир код постројења већег капацитета. За постројења средњег капацитета примењују се нарочито покретни елеватори са кофама и тањирастим додавачима, како за истовар из вагона тако и за истовар из шлепова. Пнеуматско истоваривање долази у обзир само код угљева ситног сортимана.

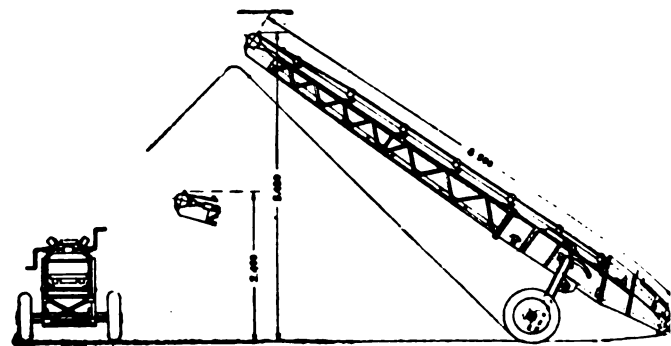
На сличном принципу као скрепер ради и механичка лопата, која такође служи за механизацију истовара из вагона. Она се примењује код полумеханизованих истоварних уређаја, а рентабилна је код мањих и средњих постројења. За руковање механичком лопатом довољан је један радник, она обавља посао за отприлике пет радника.

Код малих капацитета корисно служе покретне косе траке, које се постављају поред вагона и у чије се левкове ручно или помоћу механичке лопате избацује угаљ из вагона. У овом случају складиште се поставља дуж пруге, а покретна трака служи за премошћавање отстојања од пруге до складишта, те је фронт истовара покретан.

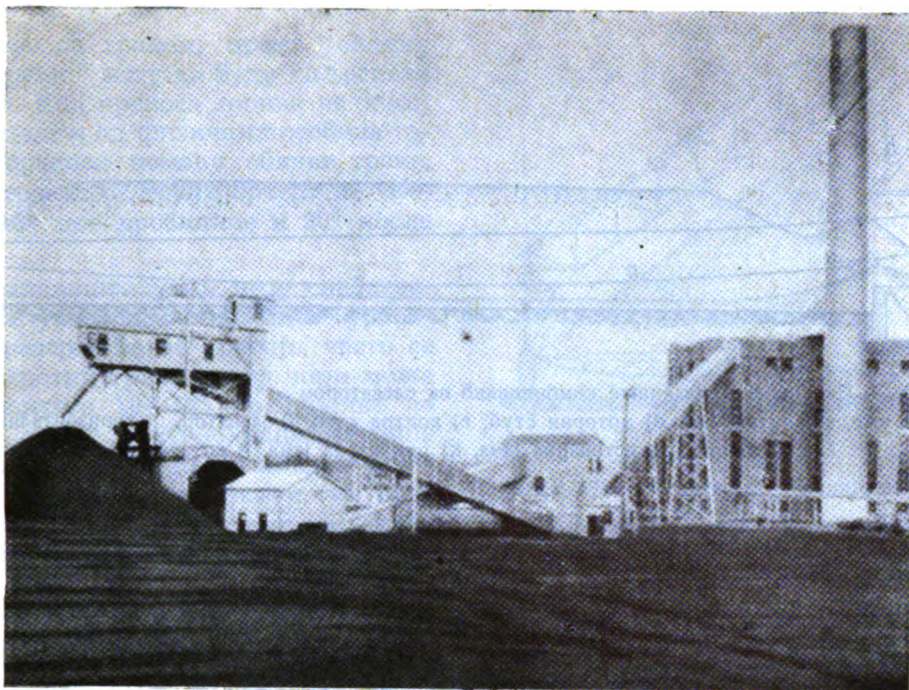


Сл. 167. — Механичка лопата

а) лопата, б) вучно уже, с) погонска машина, д) котурача, е) прихватни левак, ф) пужасти транспортер, г) слеватор



Сл. 168. — Покретна коса трака



Сл. 169. — Комбинација транспортних уређаја за једну ТЕ

Транспортовање од места истовара до складишта

Могућности извршења транспорта од места истовара до складишта су врло разнолике и углавном зависе од врсте горива, његовог сортимана, капацитета постројења, типа котларнице, њене намене, као и специфичних месних услова, који знатно утичу на избор концепције. Приликом решавања овог детаља транспортних уређаја за допрему угља, такође важи то да је типизирање врло тешко извести, те да се сваки пут тај детаљ мора посебно решавати.

Од низа могућих средстава за извршење овог дела транспорта наводе се најкарактеристичнији, и за наше прилике најприхватљивији уређаји.

Код уређаја и направа за снабдевање угљем мора се у основи разликовати:¹⁾

I. Захватни транспорт.

а) Стално радећи, као што су лопатасти гребачи, лопатасти багери, гребаци транспорттери.

б) Повремено радећи, као што је захватач, скрепер и њихове модификације.

II. Непрекидан или континуалан транспорт, као што су транспорттери са тракама,

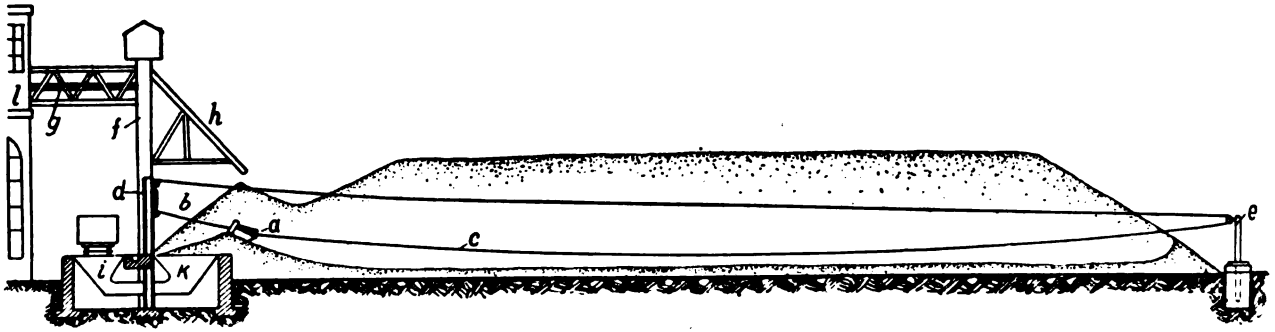
пужеви, транспортер са покретним кофицама, ланчани транспортер (редлер) итд.

Сем горе наведене поделе, транспортни уређаји деле се и на уређаје за хоризонталан и вертикалан транспорт. За транспорт од места истовара до складишта углавном долазе у обзир средства за хоризонталан транспорт. Средства вертикалног транспорта примењују се овде само у изузетним случајевима. На пример у случају када се истоварно место и складиште налазе на једној страни колосека, а котларница на другој, прикладно је америчко решење Jeffrey код кога елеватор подиже угљем и додаје га скреперу, а са друге стране додаје га хоризонталној траци за одвод у котларницу.

Као први елеменат низа средстава за транспорт од истоварног левка до складишта долази у обзир дозер. Та направа ради обично по принципу сталнорадећих захватних уређаја. Примена дозера је широка и он се употребљава за пуњење транспортних трака, покретних кофица, ланчаних транспорттера и то на разним тачкама шеме допреме горива.

Најтипичнији претставник хоризонталног транспорта је тракасти транспортер. Слика 171 даје образац за прорачун капацитета приближно потребне снаге за погон у вези са дужином и капацитетом трака. Дати табеларни преглед састављен је према подацима водеће котловске фирме В & W.

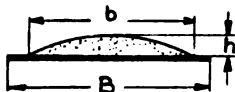
¹⁾ Bekohlungsanlagen von Grosskraftwerken Ing. H. Eickemeyer — Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen, 1940, свеска 8.



Сл. 170. — Скреперско складиште комбиновано са елеватором

а) кашика, б) вучно уже, с) контра уже, д) моторни стуб, е) контра стуб, ф) елеватор, г) хоризонтална трака, х) одвој за складиште, и) истоварна јама, к) прихватна јама, л) котларница

РАВНЕ ТРАКЕ



КАПАЦИТЕТ $Q \text{ t/h}$
 $= F \cdot \gamma \cdot v \cdot 3600$

ИЛИ
 $(0,9 B - 0,05)^2 \cdot 200 \cdot v \cdot \gamma$

$F = \frac{2}{3} b h \text{ (m}^2\text{)}$

$b = 0,9 B$

$h = \frac{1}{12} b \text{ (m)}$

$v = 1,3 \text{ m/sec}$

$\gamma = \text{ЗАПРВИНСКА ТЕЖИНА УГЉА} = 0,8$

| ШИРИНА ТРАКЕ B (m) | КАПАЦИТЕТ t/h | ПРИБЛИЖНО ПОТРЕБНО СИЛА У KW ПРИ ОТСТОЈАЊУ ОСОВИНЕ (m) | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------|--------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| 0,3 | 10 | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,8 | 2 | 2,2 | 2,5 | 2,7 |
| 0,35 | 15 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,8 | 2 | 2,2 | 2,5 | 2,7 | 3 |
| 0,40 | 20 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,8 | 2 | 2,2 | 2,5 | 2,7 | 3 | 3,5 |
| 0,45 | 25 | 1,3 | 1,5 | 1,8 | 2 | 2,2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 |
| 0,50 | 30 | 1,5 | 1,8 | 2 | 2,2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| 0,55 | 40 | 1,8 | 2 | 2,2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 |
| 0,60 | 50 | 2 | 2,2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 |
| 0,70 | 70 | 2,2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 6 | 7 | 7,5 |
| 0,80 | 90 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0,90 | 120 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1,00 | 150 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 |

УДУБЉЕНЕ ТРАКЕ:

КАПАЦИТЕТ УДУБЉЕНЕ ТРАКЕ ЈЕ ДУГЛО ВЕЋИ СА КАПАЦИТЕТА РАВНЕ ТРАКЕ

| ШИРИНА ТРАКЕ B (m) | КАПАЦИТЕТ t/h | ПРИБЛИЖНО ПОТРЕБНО СИЛА У KW ПРИ ОТСТОЈАЊУ ОСОВИНЕ (m) | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------|--------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| 0,3 | 20 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2 | 2,2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 |
| 0,35 | 30 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2 | 2,2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 |
| 0,40 | 40 | 1,6 | 1,8 | 2 | 2,2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| 0,45 | 50 | 1,8 | 2 | 2,2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 |
| 0,50 | 60 | 2 | 2,2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 6 | 7 |
| 0,55 | 80 | 2,2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 0,60 | 100 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0,70 | 140 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 0,80 | 180 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 |
| 0,90 | 240 | 4 | 4,5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 |
| 1,00 | 300 | 4,5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 | 16 |

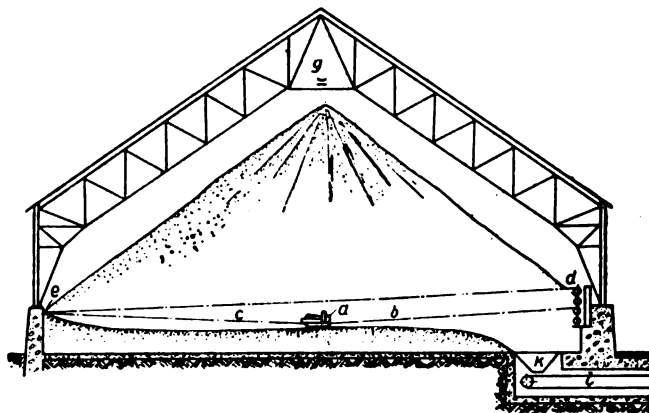
КОД УЗДИГНУТИХ ТРАНСПОРТНИХ ТРАКА ПОВЕЋАВА СЕ ПОТРЕБНА СИЛА У KW ЗА РАД ДИЗАЊА $N_d = \frac{Q \cdot H}{367}$ ГДЕ ЈЕ Q - КАПАЦИТЕТ, H - ВИСИНА ДИЗАЊА У МЕТРИМА.

Сл. 171. — Тракасти транспортер

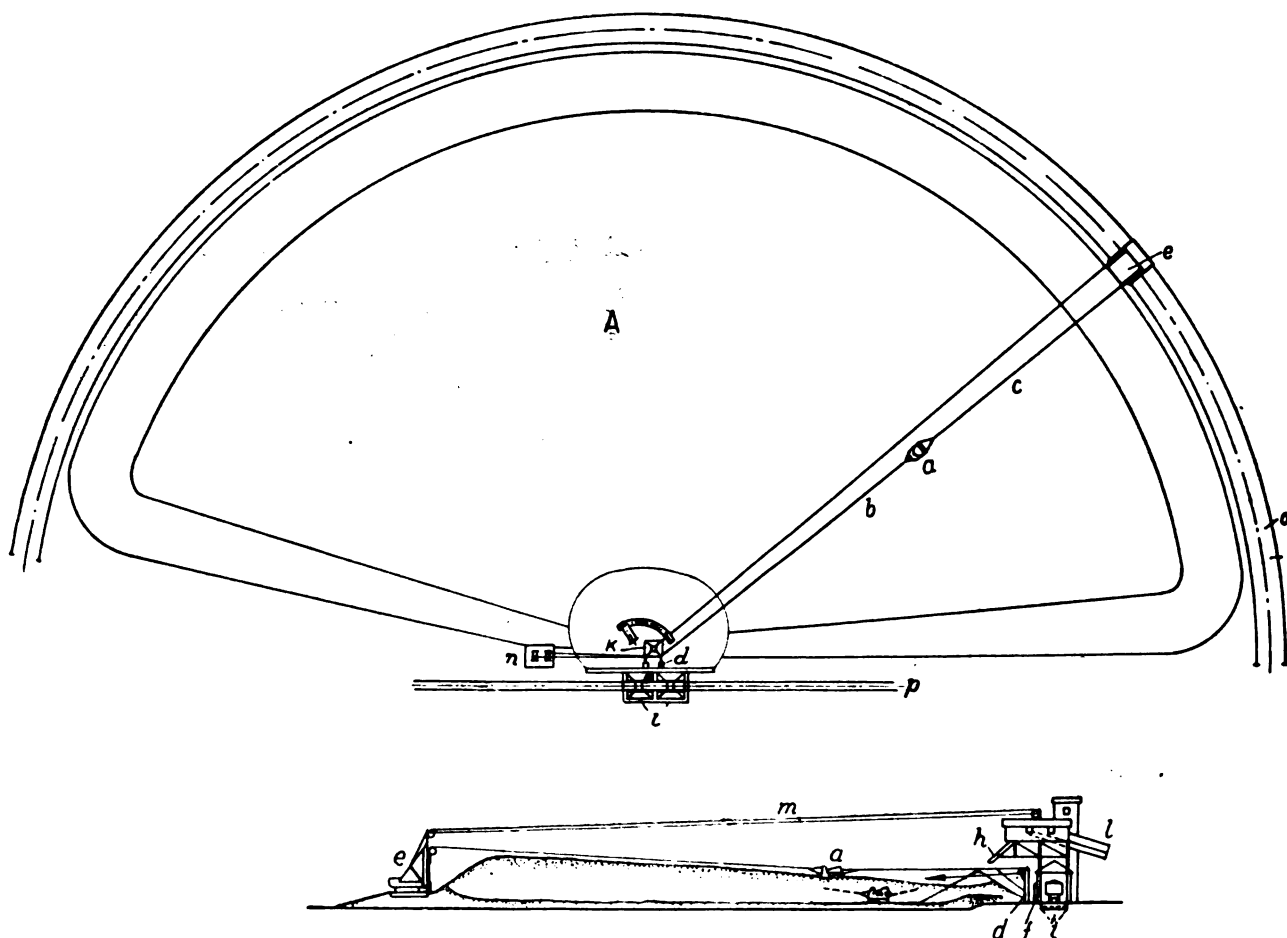
Транспортери са траком, према облику који се даје траци, могу да буду пљоснати или коритасти. Код преноса горива на косој равни, у зависности од физичких особина горива, које се преноси помоћу обичне траке, угао пењања тракастог транспортера не треба да пређе 18° пре дробилице и 20° после дробилице.

Уколико складиште угља није снабдевно са сталним утоварно-истоварним уређајем, а и као резерва за те уређаје, често се примењује покретни транспортер, који може да буде капацитета 10—125 t/h, дужине до 15 m, висине до 10 m. Комбинацијом више оваквих транспортера може се линија транспорта у знатној мери продужити, тј. исти се могу применити за транспорт од места истовара до складишта и поред извесне удаљености.

Скрепери се све чешће примењују у технички напредним земљама. У прилогу је да-то неколико шема скреперског уређаја за



Сл. 172. — Затворено складиште угља са скрепером
а) кашика, б) вучно уже, с) контра уже, д) моторни торањ, е) контра торањ, г) хоризонтална доводна трака, к) прихватна јама, л) хоризонтална одводна трака



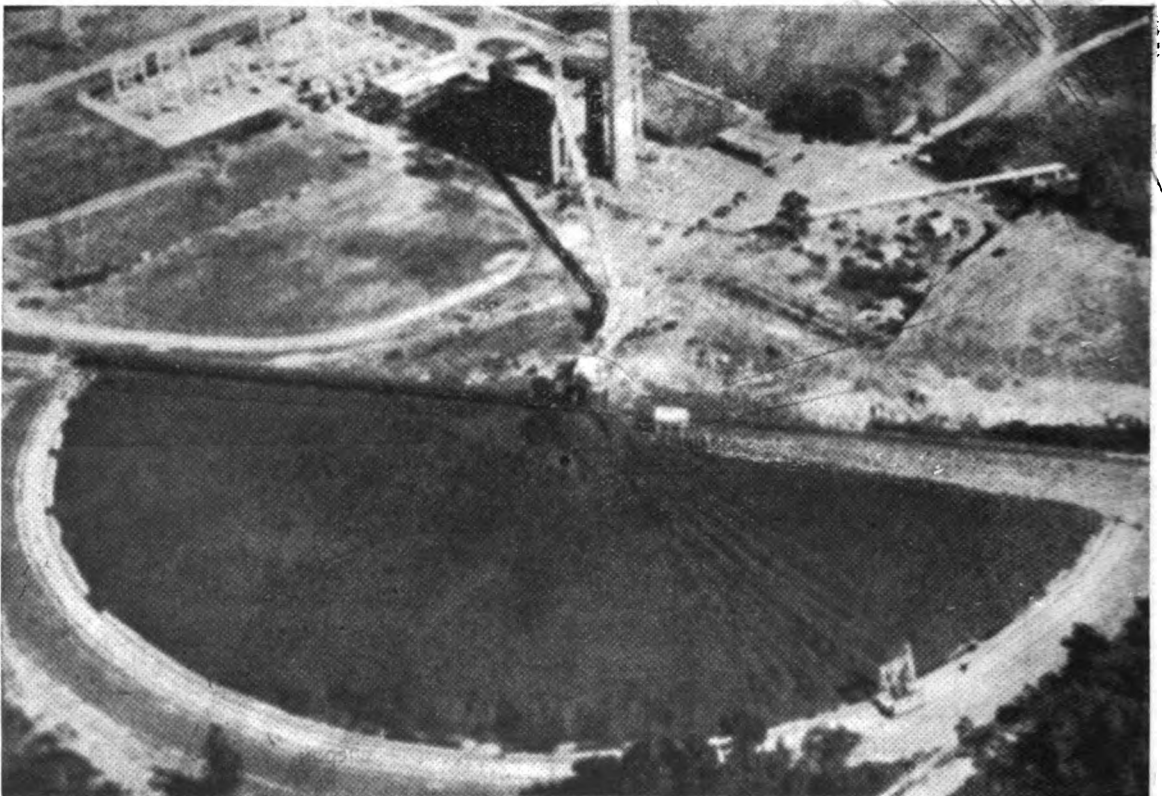
Сл. 173. — Сегментно складиште угља са скрепером
а) кашика, б) вучно уже, с) контра уже, д) моторни стуб, е) контра торањ, ф) елеватор, и) истоварне јама, к) прихватна јама, м) електрични кабл, н) погонска машина, о) колосек контра торња, р) довозни колосек, л) одвод за котларницу А — складиште



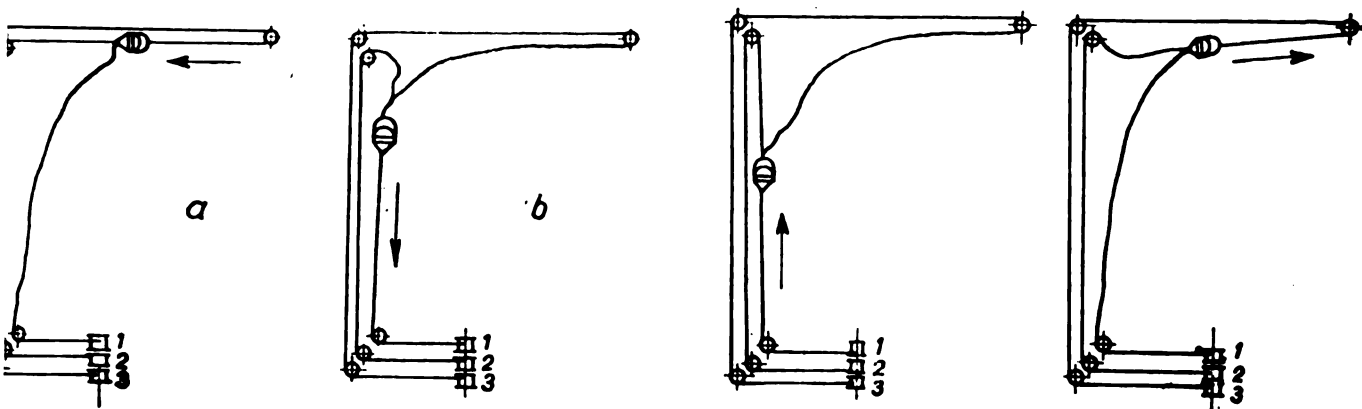
Сл. 174. — Ситуација скреперског складишта са затезачима

складишта угља (слика 170, 172, 173, 174 и 176) затворено скреперско складиште, сегментно, отворено скреперско складиште, правоугаono отворено скреперско складиште, складиште у облику слова Г, као и номограм и дијаграм на основу којих се могу брзо, а са довољно тачности, одредити најкарактеристичнији подаци потребни за идејно пројектовање (сл. 178, 179 и 180).

Скреперски уређај се састоји из следећих основних елемената: погонска машина са два добоша, машински торањ, контра-торањ, вучно и контра-уже, кашика скрепера. Приликом кретања кашике скрепера са отвором напред она захвата извесну запремину угља и вуче је ка месту истовара или у супротном смеру кретања ка складишту. Приликом извлачења, кашика скрепера вучена контра-



Сл. 175. — Изглед сегментног скреперског складишта (у позадини се види ТЕ)



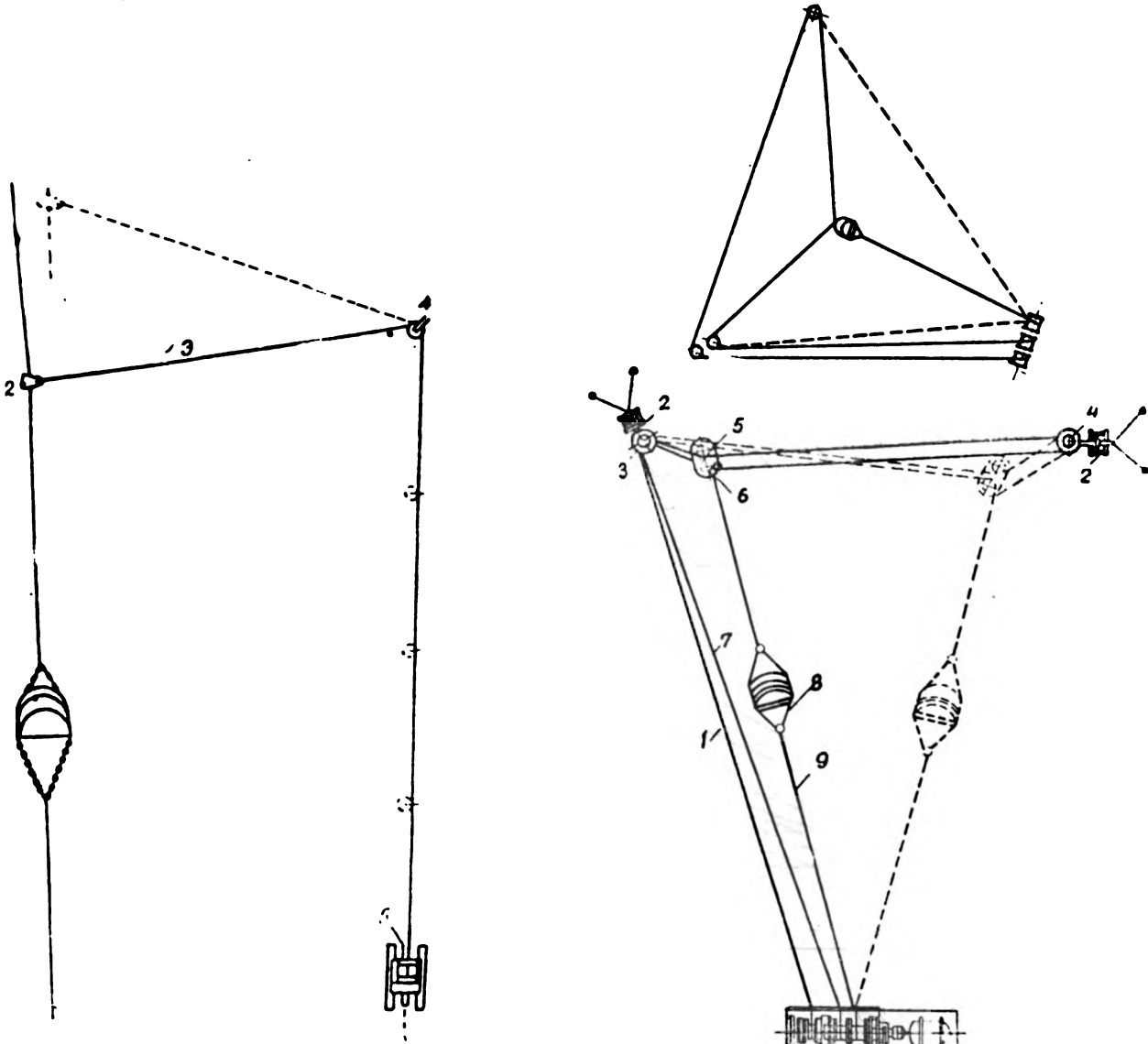
Сл. 176. — Шеме скреперских складишта неправилног облика

ни ход скрепера. Добош е скрепер, добош 3 попуше, добош 1 периодично затеже уже,

б) Пуни ход скрепера под углом Добош 1 вуче скрепер, добоши 2 и 3 попуштају уже,

с) Празан ход управно. Добош 2 вуче, добош 1 попушта а добош 3 периодично намотава уже,

д) Празан ход попречно. Добош 3 вуче а добоши 1 и 2 попуштају уже



Сл. 177. — Шеме тродобошних скрепера за затезачима.

Слика лево — скрепер са уређајем за скретање

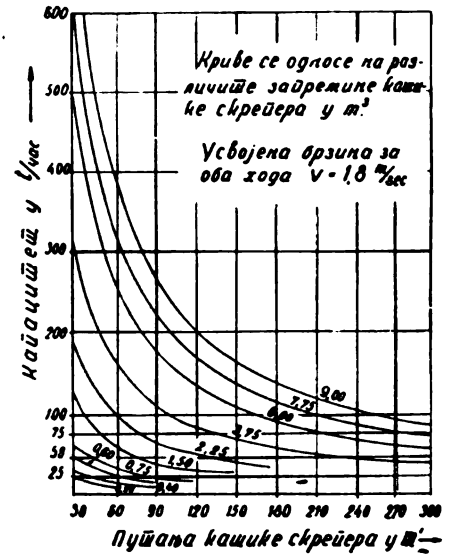
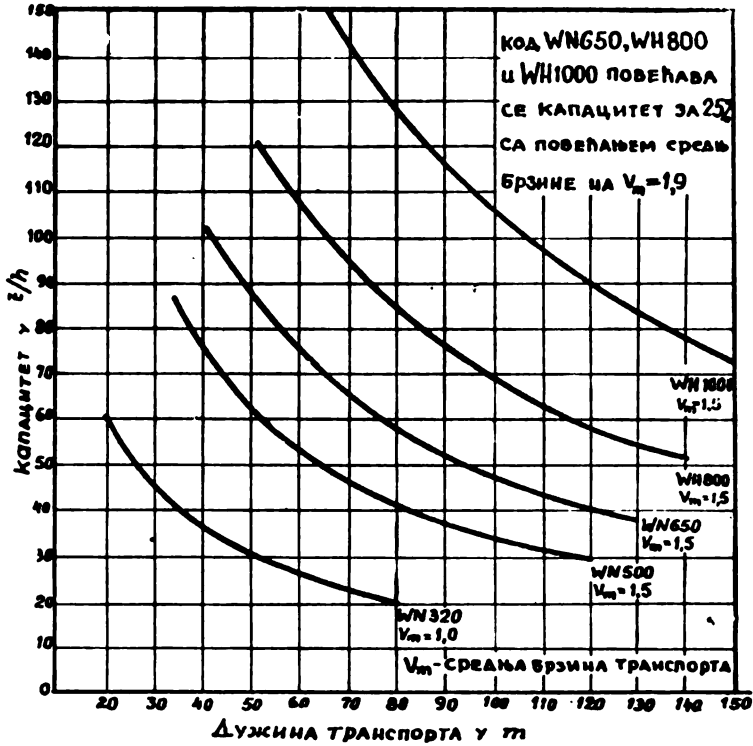
1) Контра уже, 2) уређај за скретање корпе, 3) скретно уже, 4) котурача, 5) машина за скретање са ручним погоном

Слика десно — скрепер са помоћним ужетом

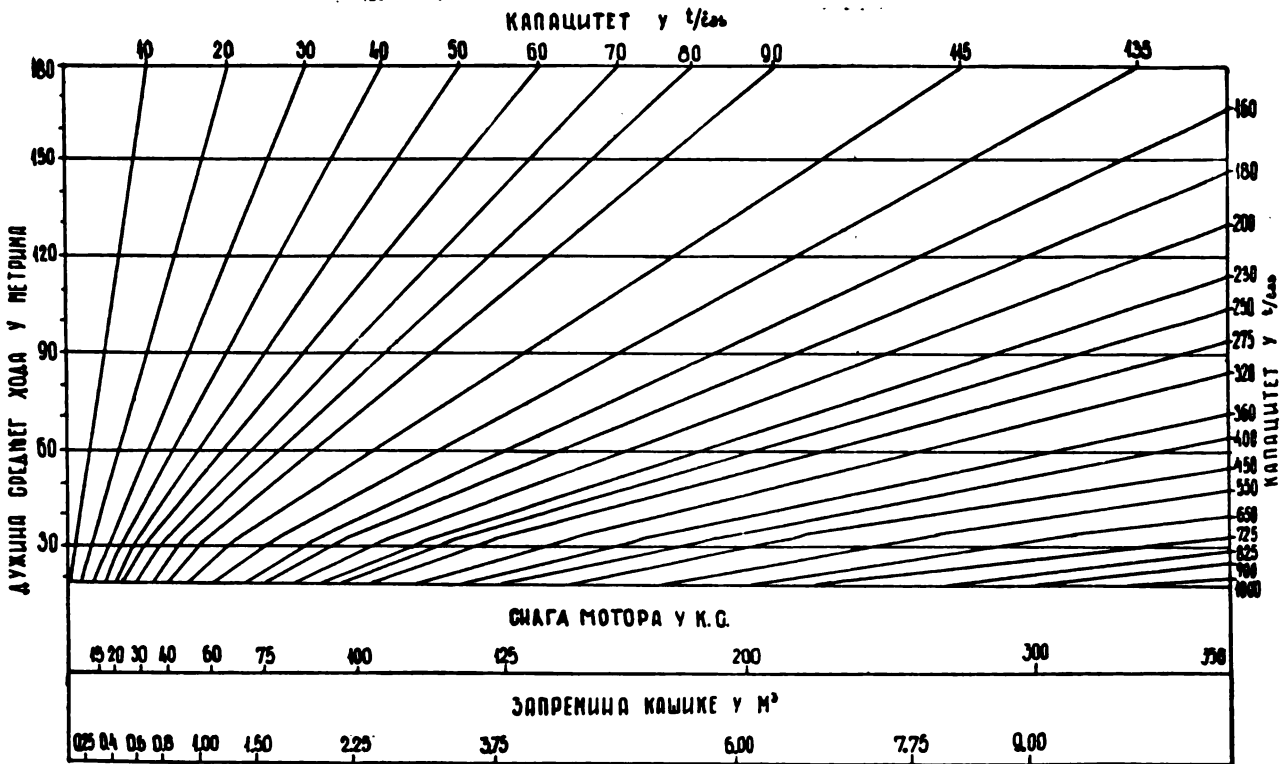
1) Помоћно уже, 2) леви стуб, 3) помоћни блок, 4) помоћни блок, 5) задњи блок, 6) задњи блок, 7) контра уже

8) Скреперска корпа, 9) Вучно уже

Слика горе — тродобошни скрепер са затезачима



Сл. 178. — Дијаграм за одређивање капацитета скрепера



Сл. 179. — Номограм за одређивање јачине мотора и кашике код прорачуна скрепера

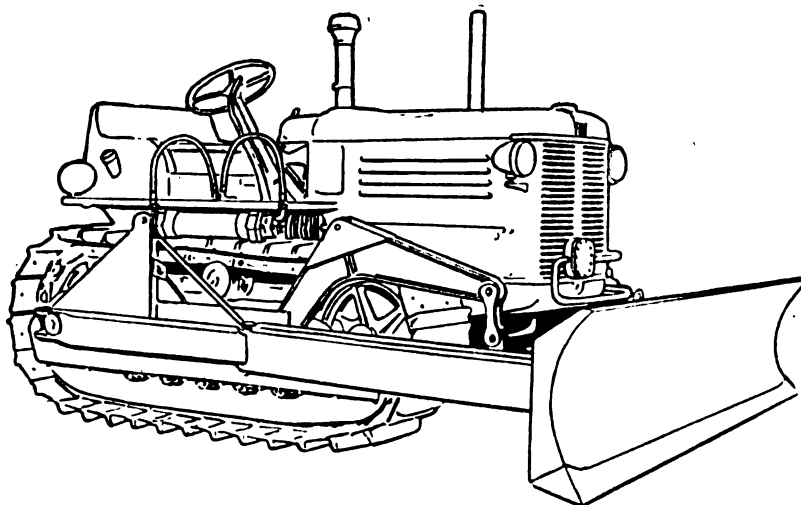
| НАЗИВ | WN | WN | WN | WN | WN |
|----------------------------------------------------|------|------|-----------|-----------|-----------|
| | 320 | 500 | 650 | 800 | 1000 |
| Дозвољено затезање у ужету . . . kg | 1450 | 2200 | 3100 | 4400 | 6500 |
| Брзина пуног ужета m/sec | 1,0 | 1,25 | 1,2 1,5 | 1,2 1,5 | 1,2 1,5 |
| брзина празног ужета m/sec | 1,0 | 1,7 | 1,8 2,25 | 1,8 2,25 | 1,8 2,25 |
| Дозвољена снага мотора PS | 27 | 50 | 65 80 | 100 120 | 140 170 |
| Норм. бр. обрта мотора 0/Min | 1000 | 1000 | 1000 1500 | 1000 1500 | 1000 1500 |
| Пречник добоша mm | 320 | 500 | 650 | 800 | 900 |
| Дужина добоша mm | 150 | 275 | 400 | 550 | 650 |
| Нормални пречник ужета mm | 13 | 18 | 20 | 24 | 28 |
| Дужина ужета намот. на. бубњу . . . m | 95 | 145 | 210 | 300 | 450 |
| Дужина са електромотором mm | 1530 | 2115 | 2110 | 3350 | 4150 |
| Ширина са електромотором mm | 855 | 1170 | 1855 | 2550 | 2700 |
| Висина са електромотором mm | 650 | 860 | 990 | 1350 | 1680 |
| Тежина без мотора kg | 690 | 1315 | 2650 | 4900 | 7200 |
| Запремина кашике скрепера m ³ | 0,55 | 0,95 | 1,3 | 1,9 | 2,8 |

Сл. 180. — Главне димензије скрепера Demag

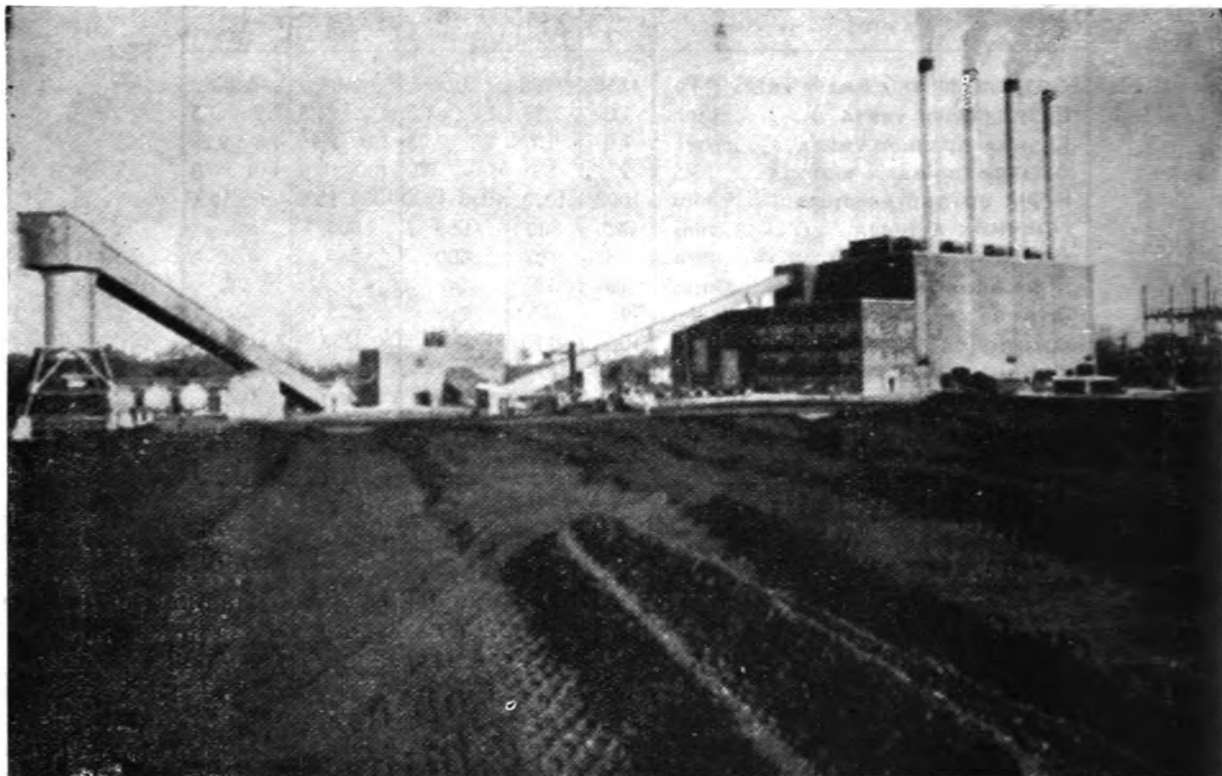
ужетом клизи по угљу и врши празан ход. Запремине кашике скрепера за нормалне величине крећу се од 0,25—5 m³, а код мамутских до 9 m³. Економичне радне путање скрепера крећу се у границама од 80—150 m. Брзина кретања кашике износи при радном ходу 1,2—2,4 m/sec, а при празном ходу 1,8—3 m/sec. Скреперски уређај је једноставан за руковање, његова изградња није скупа, у погону је сигуран. Лоше стране скреперских постројења би биле: дробљење механиких угљева (при сагоревању угља у виду праха то има и своје позитивне особине), немогућност примене скреперских уређаја уколико колосоци пресецају складиште горива, тешкоће приликом уклањања места жаришта на складиштима са угљевима који подлежу самопаљењу, непрактичност примене на складиштима са више врста угљева.

Слично скреперској манипулацији са горивом на складишту угља је примена булдозера. Булдозер има све одлике и мане скрепера, с том разликом да је у експлоатацији много еластичнији. Утрошак енергије је још већи но код скрепера, те му је то мана као и скреперима (булдозер примењује енергију течног горива које је скупље но електрична енергија). Примена булдозера нарочито је погодна код објеката који се етапно граде, јер приликом изградње булдозер се користи једновремено за земљане радове, као и за допрему угља делу постројења који је у погону.

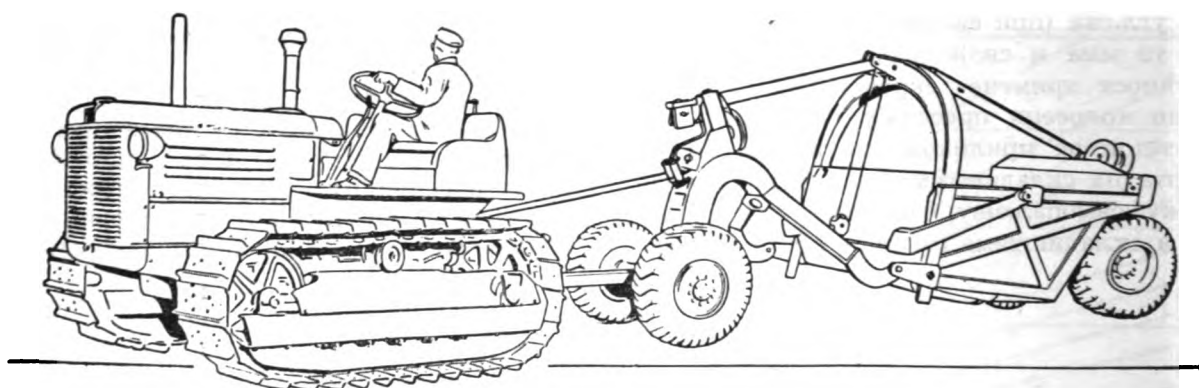
Вишеструко коришћење утоварно-истоварних средстава може се применити у предузећима где се уређаји за допрему угља предимензионишу, те могу једновремено служити за манипулацију са сировинама, полуфабрикатама и финалним продуктима.



Сл. 181. — Булдозер



Сл. 182. — Булдозерско складиште угља



Сл. 183. — Трактор гусеничар у комбинацији са скрепером.

Облик и врста складишта је у функцији целокупног комплекса постројења, ситуације истога, потребне залихе угља, квалитета и особина предвиђеног угља, техничких могућности механизације складишта, технолошког процеса, као и теренских и урбанистичких услова.

Основна подела складишта може се извршити на: отворена, затворена и силосна. По облику складишта могу бити: правоугао-

на, сегментна, округла, као и разних неправилних облика диктованих расположивим тереном.

Принципијелно за индустријске котларнице складиште треба да има капацитет од 6% целокупне годишње потрошње горива.¹⁾ У земљама са планском привредом он се

¹⁾ Dipl. ing. O. Knabner. Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen, März 1930

граничава на тај проценат, док се у капиталистичким земљама, нарочито за јавне електричне централе, резерва повећава на 5%. Обично у овим земљама 6% чине погонску резерву, а 9% резерву која се добавља у оба године када су цене угља најниже. У ваком случају резерва угља претставља финансијски и технички баласт. Лагеровање изискује већу манипулацију са угљем, што неповољно утиче на сортиман. Стајањем количина угљева губи у калоричној моћи. Угљеви који су подложни распадању и сапопаљењу, не могу се дуго држати на складишту, те долази готово редовно до двоструке манипулације приликом превртања истога. Утрошак енергије за претовар, вредност амортизација земљишта, вишак инвестиција за механизацију складишта, као и резерва угља која претставља инвестирани новац, утичу неповољно на цену произведене паре—односно поскупљују исту. Све се ово кривује ради сигурности у погону, односно ради отклањања незгода које би биле прозороковане евентуалним застојем у превозу.

Обично, приликом равномерне допреме горива до котларнице, отприлике 15—20% од купне количине горива пролази кроз складиште, а осталих 80—85% иде непосредно у котловске бункере саме котларнице. Капацитет складишта за различита енергетска постројења варира од 15 дана до 2—3 месеца резерве у угљу. У неким случајевима овај капацитет чини 5—6 месечно па и већу резерву, напр. приликом сезонског добијања ресета или код транспорта воденим путем који се преко зиме замрзава. По своме карактеру складишта горива чине велику разлику. При одржавању горива на складишту битну улогу чине физичко-хемијске особине горива и атмосферске прилике.

Као основне мере за спречавање самопаљења на складиштима, а такође и као мере за отклањање насталог самопаљења могу се извести следеће: ограничавање висине слоја угља на метар и по (за немеханизована складишта), набијање слојева угља у циљу спречавања продирања ваздуха.

Опрема складишта мора да омогући транспортно-претоварне радове на сваком месту складишта.

Према искуству, а по провери, дају се следећи обрасци за капацитет складишта:

$$Q = \gamma (P_1 - P_2) h$$

Q — капацитет складишта у тонама (t)

P_1 — бруто површина основе складишта метрима квадратним (m^2).

P_2 — површина комуникације у метрима квадратним (m^2)

$P_1 - P_2$ — нето површина складишта у метрима квадратним (m^2)

h — средња висина слоја горива у метрима (m)

γ — запреминска тежина угља у тонама по метру кубном (t/m^3)

$$P = \frac{a D_1 (i_s - i_a)}{1000 \eta_k H_i}$$

где је

a — број радних сати за које се предвиђа резерва

$$B_1 = \frac{D_1 (i_s - i_a)}{\eta_k H_i}$$

B_1 — средња сатна потрошња угља у kg/h

D_1 — средња потреба паре kg/h

$i_s - i_a$ — разлика средњих топло садржаја воде и паре у $kcal/kg$

η_k — средњи степен искоришћења котла у %

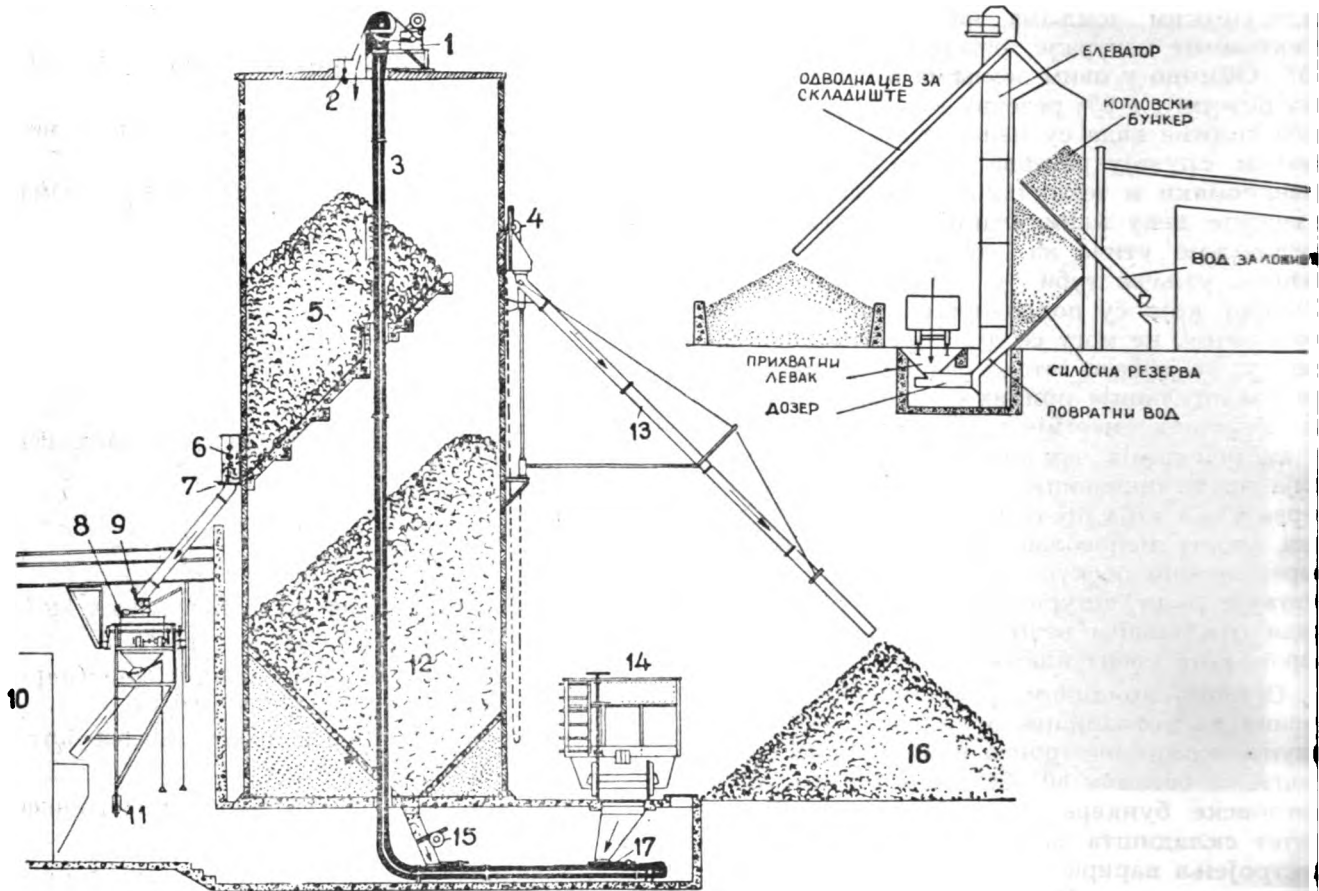
H_i — средња доња калоричка моћ горива у $kcal/kg$

Из овако добијене нето површине, решавањем од случаја до случаја, а у зависности од механизације и облика складишта, добија се бруто основа складишта (потребна површина складишта).

Често се примењују и силосна складишта која имају предности у погледу потребне површине, у случају довоза viseћом шином или жичаром, у погледу заштите од дејства атмосферилеја и честе могућности избегавања висећих котловских бункера. Примена силосних складишта не искључује могућност комбинације са отвореним складиштем.

Транспорт од складишта до котларнице

Хоризонтални део транспорта обухваћен је у побројаним средствима под тачком „Транспортовање од места истовара до места складишта“. Вертикални и коси транспорт, који је варијанта било вертикалног, било хоризонталног, дотакнут је у истом поглављу. Најтипичнији претставних вертикалног транспорта је елеватор, чија је скица и шема прорачуна дата у прилогу, а израђена је према подацима фирме B & W (сл. 185).



Сл. 184. — Шеме комбинованог отвореног и силосног, складишта

1) погон елеватора, 2) аутоматски затварач, 3) елеватор на принципу редлера, 4) затварач са којим се рукује из појножја силоса, 5) котловски бункер у силосу, 6) аутоматски отварач, 7) клизајући затварач, 8) покретни левак, 9) затварач, 10) котлови, 11) скала ваге, 12) резерва угља у силосу, 13) покретна цев за избацивање угља на отворено складиште, 14) вагонет за довоз угља, 15) затварач за испуштање угља из силоса, 16) отворено складиште угља, 17) клизајући затварач за испуштање угља из истоварног левка на елеватор

Кофичасти конвејери, који служе истовремено за хоризонталан и вертикалан транспорт, врло су подесни и сигурни за рад, али услед гломазности уређаја захтевају велики утрошак материјала као и знатан утрошак снаге за погон. Услед велике цене коштања, овај тип преносника није наишао на широку примену. Шема уређаја са конвејером дата је на слици 186.

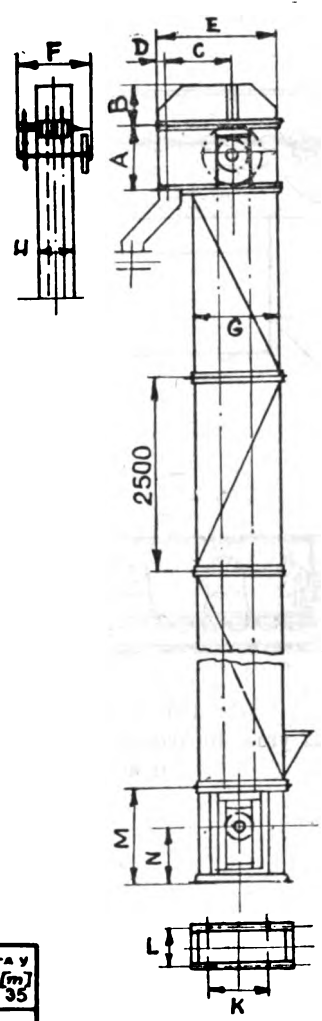
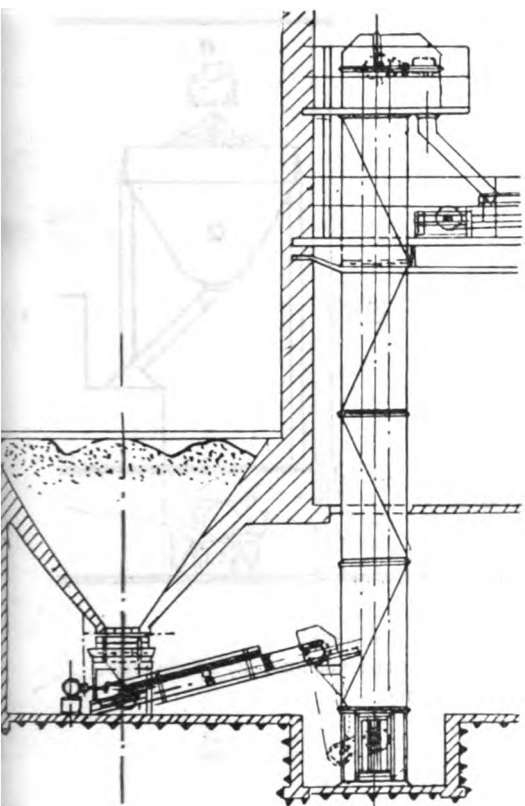
Широку примену за несортирана горива имају дизаличне корпе. Њихов рад је периодичан и не зависи од сортимана угља. Јасну слику о конструкцији даје приложена скица са главним димензијама дизаличне корпе производње фирме Jeffrey.

Примена обичних дизалица помоћу лифтова, врши се онда када се до висећих бункера долази са вагонетом. Исто тако вагонетом се може доћи до висећег бункера помоћу које се равни преко које се челичним ужетом до-

влаче вагонети. Помоћу извртача садржина вагонета изручује се у бункер.

Уколико је неопходно потребно применити коси пренос под углом већим од 20 степени (што је граница за тракасте транспортере), и уколико су у питању велики комади угља, примењују се плочасти транспортери. Брзина кретања плочастих транспортера је 0,35—0,75 m/sec, а максимални нагиб 30—40 степени. Капацитет може да достигне 500t/h, док је максимална дужина транспортера 80—120 m.

Развод горива изнад висећих бункера врши се код елеватора непосредно помоћу гађа, помоћу покретних трака, или помоћу непокретних трака са покретним колицима, док се код кофичастих конвејера развод врши извртањем кофа на одређеном месту. Поред допреме горива у висеће бункере, исти конвејери могу служити и за одвоз шљаке.



ОДНОЦИ О КАПАЦИТЕТУ

| Капацитет Q, т/ч | Закреп кофици i [Литар] | Брзина кофици v [m/sec] | Отстојања кофици a [m] | Ширина кофици [mm] | Приближно потребна снага у код висине димензија [m] | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| 2,5 | 1 | 0,7 | 0,6 | 200 | 1 | 1,5 | 1,7 | 2 | 2,5 | 3 | 4 |
| 5 | 2 | 0,7 | 0,6 | 250 | 1,5 | 1,7 | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 5 |
| 7,5 | 3 | 0,7 | 0,6 | 300 | 1,7 | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 10 | 3 | 0,7 | 0,5 | 300 | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 15 | 5 | 0,7 | 0,5 | 300 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7,5 |
| 20 | 5 | 0,7 | 0,4 | 300 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7,5 | 8 |
| 25 | 7,5 | 0,7 | 0,5 | 400 | 3 | 5 | 6 | 7 | 7,5 | 8 | 9 |
| 30 | 7,5 | 0,7 | 0,4 | 400 | 5 | 6 | 7 | 7,5 | 8 | 9 | 10 |
| 40 | 13 | 0,7 | 0,5 | 500 | 6 | 7 | 7,5 | 8 | 9 | 10 | 12 |
| 50 | 15,5 | 0,7 | 0,5 | 600 | 7 | 7,5 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 |
| 60 | 18,5 | 0,7 | 0,5 | 700 | 7,5 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 | 16 |

КАПАЦИТЕТ Q т/ч = 3,6 φ · δ · v

φ = степен пуњења

δ = запреминска тежина угља = 0,8

i = запремина кофици [Литар]

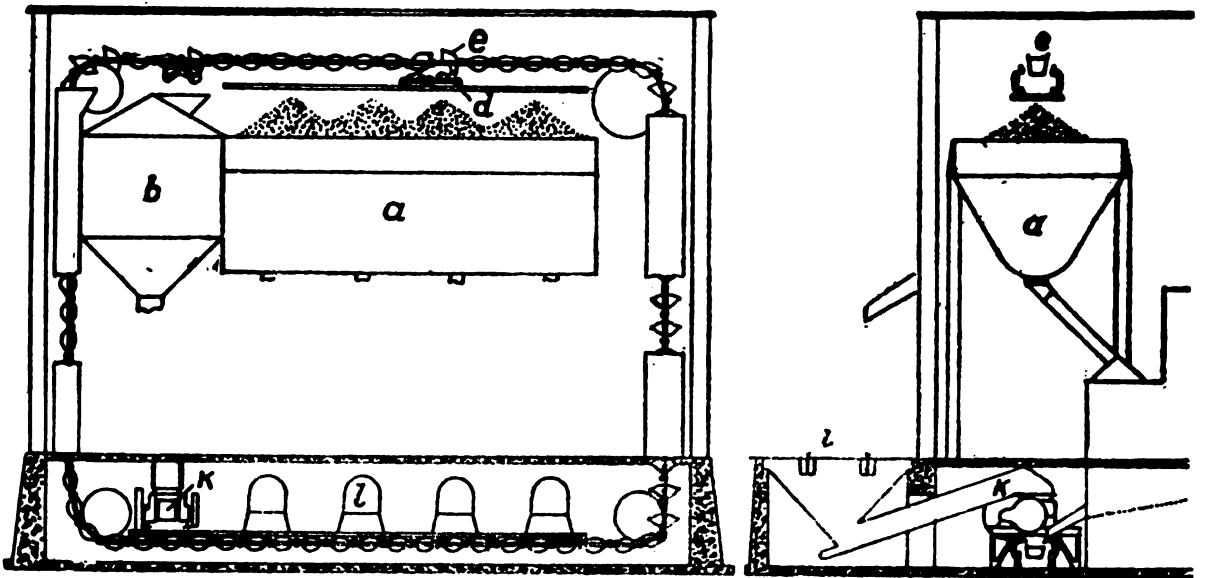
a = отстојање кофици [m]

v = брзина [m/sec]

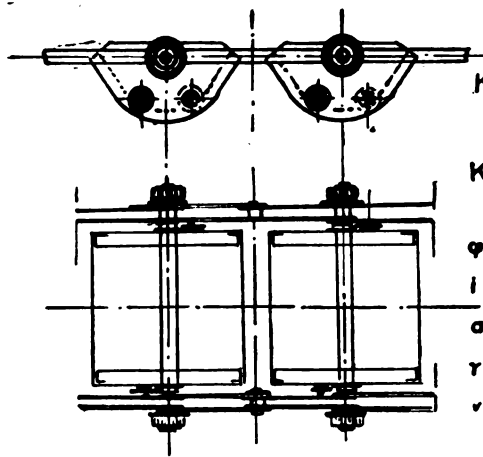
ГЛАВНЕ ДИМЕНЗИЈЕ

| Капацитет Q т/ч | ГЛАВА | | | | | | ОКЛОП | | НОЖИЦЕ | | | |
|--------------------|-------|-----|------|-----|------|------|-------|-----|--------|-----|------|-----|
| | A | B | C | D | E | F | G | H | K | L | M | N |
| 2,5 | 780 | 500 | 725 | 120 | 1295 | 950 | 900 | 300 | 700 | 400 | 1270 | 750 |
| 5 | 780 | 550 | 850 | 140 | 1540 | 1050 | 1100 | 400 | 900 | 500 | 1270 | 750 |
| 7,5 | 780 | 550 | 850 | 140 | 1540 | 1050 | 1100 | 400 | 900 | 500 | 1270 | 750 |
| 10 | 780 | 550 | 850 | 140 | 1540 | 1050 | 1100 | 400 | 900 | 500 | 1270 | 750 |
| 15 | 780 | 600 | 900 | 140 | 1640 | 1050 | 1200 | 400 | 900 | 500 | 1270 | 750 |
| 20 | 780 | 600 | 900 | 140 | 1640 | 1050 | 1200 | 400 | 900 | 500 | 1270 | 750 |
| 25 | 780 | 600 | 935 | 175 | 1710 | 1150 | 1200 | 500 | 900 | 500 | 1300 | 775 |
| 30 | 780 | 600 | 935 | 175 | 1710 | 1150 | 1200 | 500 | 900 | 600 | 1300 | 775 |
| 40 | 800 | 600 | 1010 | 200 | 1860 | 1250 | 1300 | 600 | 1000 | 700 | 1500 | 800 |
| 50 | 800 | 600 | 1010 | 200 | 1860 | 1350 | 1300 | 700 | 1000 | 800 | 1500 | 800 |
| 60 | 800 | 600 | 1010 | 200 | 1860 | 1450 | 1300 | 800 | 1000 | 900 | 1500 | 800 |

Сл. 185. — Капацитет и главне димензије елеватора за угљ



Сл. 186. — Комбиновани кофичасти конвејер за угаљ и шљаку
 а) бункер за угаљ, б) бункер за шљаку, е) кофица, д) уређај за превртање кофица, к) дробилница,
 л) ветоварна јама, и) отвори за испуштање шљаке



КАПАЦИТЕТ И ГЛАВНЕ ДИМЕНЗИЈЕ
 КОФИЧАСТИХ КОНВЕЈЕРА

$$Q = \frac{t}{h} \cdot 3,6 \cdot \varphi \cdot \frac{i}{\sigma} \cdot \gamma \cdot v$$

$\varphi = \text{свободан њуњета} = 0,8$

$i = \text{запремина кофице у литрима}$

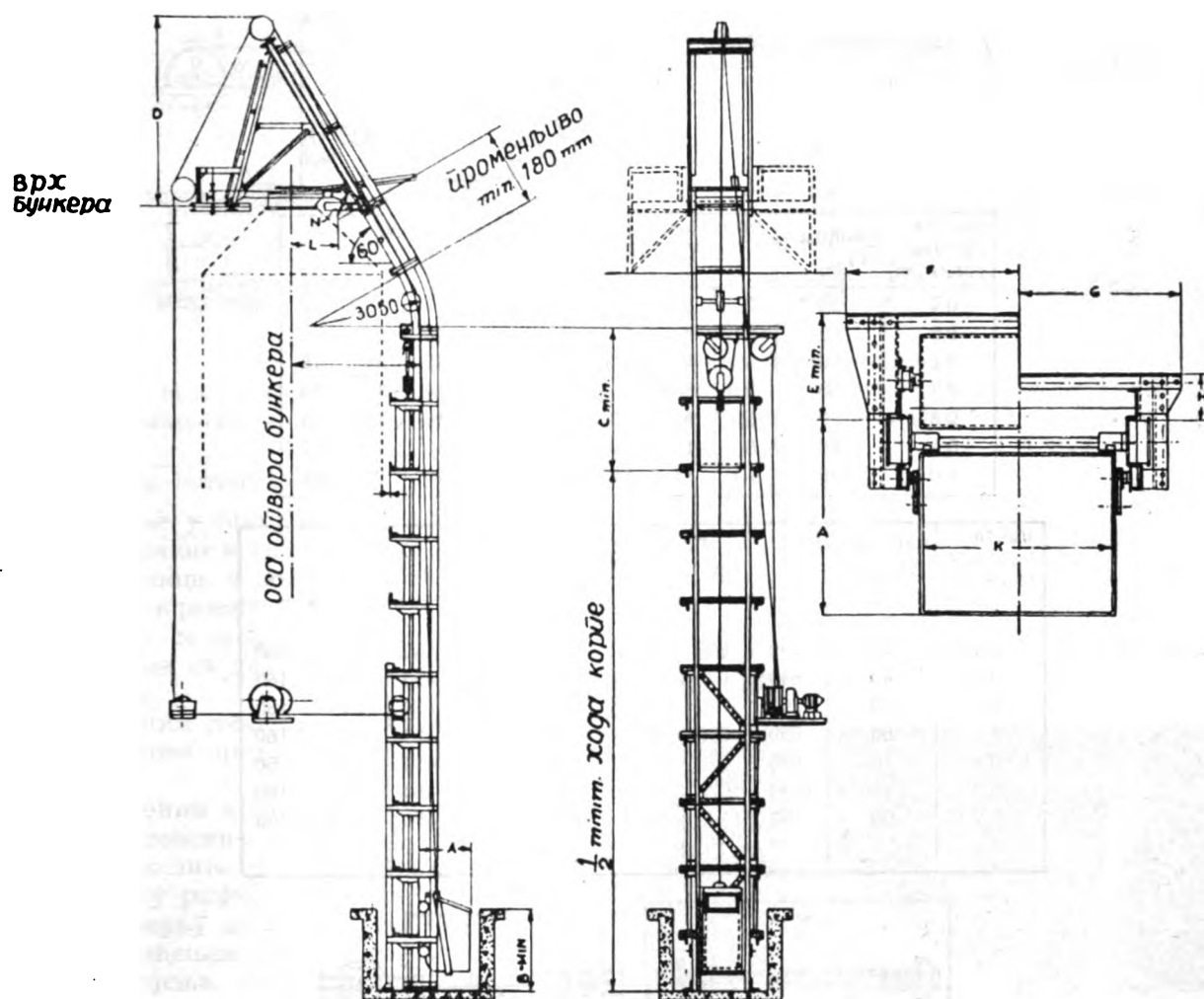
$\sigma = \text{одстојање кофица у м}$

$\gamma = \text{запреминска тежина} = 0,8$

$v = \text{брзина у м/сек} = 0,15$

| капацитет l/h | запремина кофице у литрима | ширина кофице mm | дужина кофице mm | висина кофице mm | размак вођица mm | корак ламца mm | отстајање кофица mm | полупреци кривине mm | брзиник носача точка mm |
|------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 8 - 10 | 10 | 300 | 300 | 150 | 520 | 350 | 350 | 900 | 120 |
| 15 - 20 | 20 | 450 | 300 | 200 | 670 | 350 | 350 | 900 | 120 |
| 25 - 30 | 50 | 600 | 600 | 250 | 850 | 350 | 700 | 1050 | 120 |
| 40 - 50 | 100 | 800 | 600 | 300 | 1050 | 350 | 700 | 1050 | 120 |
| 60 - 80 | 150 | 1000 | 600 | 350 | 1250 | 350 | 700 | 1050 | 120 |

Сл. 187. — Капацитет и главне димензије кофичастих конвејера

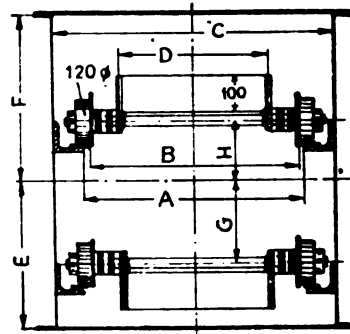


Мере у mm

| запремина корпе у m ³ | A | B | C | D | E | F | G | H | J | K | L | M | N | P |
|-------------------------------------|------|------|------|------|-----|------|------|-----|------|------|------|-----|-----|------|
| 0,775 | 1066 | 1220 | 3050 | 4775 | 475 | 786 | 825 | 305 | 1035 | 925 | 1335 | 330 | 686 | 2335 |
| 1,2 | 1180 | 1525 | 3810 | 4775 | 475 | 786 | 825 | 305 | 1035 | 925 | 1335 | 330 | 686 | 2335 |
| 1,7 | 1220 | 1725 | 3350 | 6285 | 725 | 1170 | 1105 | 330 | 1500 | 1320 | 1250 | 325 | 840 | 2450 |
| 2,3 | 1335 | 2030 | 3960 | 5285 | 725 | 1170 | 1105 | 330 | 1500 | 1320 | 1250 | 325 | 840 | 2450 |
| 2,8 | 1435 | 2030 | 4900 | 6100 | 725 | 1170 | 1105 | 330 | 1500 | 1320 | 1525 | 325 | 840 | 2740 |

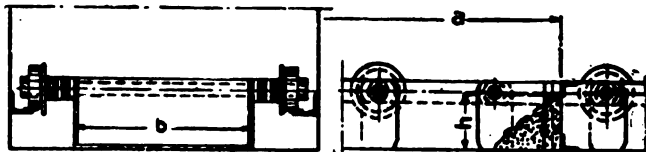
Сл. 188. -- Корпа за дизање

$Q \text{ t/h} = f \cdot \gamma \cdot v \cdot 3600$
 $f = D \cdot 0,1 \text{ (m}^2\text{)}$
 $\gamma = \text{ЗАПРЕМИНСКА ТЕЖИНА} = 0,8$
 $v = 0,3 \text{ m/sek}$



| ЧИСТА ШИРИНА ТРАКЕ (m) | КАПАЦИТЕТ t/h | ПРИВЛИЖНО ПОТРЕБНА СИЛА У KW ПРИ ОТСТОЈАЊУ ОСОВИНА [m] | | | | | | | |
|------------------------|---------------|--------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|----|------|----|
| | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| 0,4 | 30 | 2 | 3 | 4,5 | 6 | 1,5 | 9 | 10,5 | 12 |
| 0,5 | 40 | 2,5 | 3,5 | 5 | 6,5 | 8 | 10 | 12 | 14 |
| 0,6 | 50 | 3 | 4 | 6,5 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| 0,7 | 60 | 3,5 | 6,5 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| 0,8 | 70 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| 0,9 | 80 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 |
| 1,0 | 90 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 |

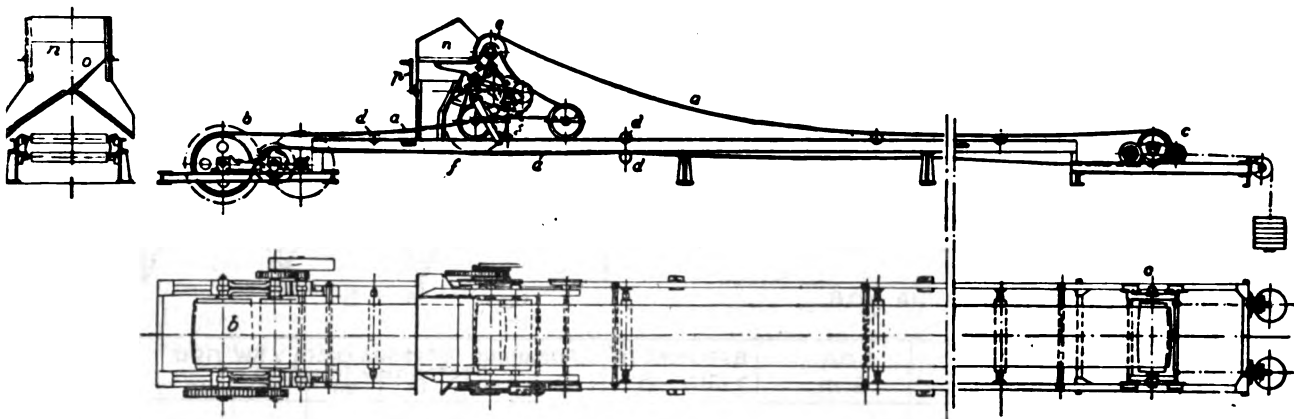
| ЧИСТА ШИРИНА ТРАКЕ | КАПАЦИТЕТ t/h | ГЛАВНЕ ДИМЕНЗИЈЕ | | | | | | | |
|--------------------|---------------|------------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| | | A | B | C | D | E | F | G | H |
| 0,4 | 30 | 590 | 570 | 752 | 400 | 400 | 450 | 225 | 160 |
| 0,5 | 40 | 690 | 670 | 852 | 500 | 400 | 450 | 225 | 160 |
| 0,6 | 50 | 790 | 770 | 952 | 600 | 400 | 450 | 225 | 160 |
| 0,7 | 60 | 890 | 870 | 1052 | 700 | 400 | 450 | 225 | 160 |
| 0,8 | 70 | 990 | 970 | 1152 | 800 | 400 | 450 | 225 | 160 |
| 0,9 | 80 | 1090 | 1070 | 1252 | 900 | 400 | 450 | 225 | 160 |
| 1,0 | 90 | 1190 | 1170 | 1352 | 1000 | 400 | 450 | 225 | 160 |



$Q \text{ t/h} = 3,6 \cdot \frac{1}{a} \cdot \gamma \cdot v$
 $i = \text{ЗАПРЕМИНА ЕЛЕМЕНТА У ЛИТРИМА}$
 $a = \text{РАСТОЈАЊЕ ПРЕЧАГА}$
 $\gamma = \text{ЗАПРЕМИНСКА ТЕЖИНА}$
 $v = 0,5 \text{ m/sec}$

| ШИРИНА ЕЛЕМЕН. b mm. | ВИСИНА ПРЕЧАГА h mm. | ЗАПРЕМИНА НА ЕЛЕМ. γ litrim. | КАПАЦИТЕТ ПРИ ОПТЕРЕЋЕЊУ ЕЛЕМЕНТА | | |
|----------------------|----------------------|------------------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | | | a=0,4 m | a=0,5 m | a=0,6 m |
| 250 | 80 | 2,5 | 9 | 7 | 6 |
| 300 | 90 | 3,6 | 13 | 10 | 9 |
| 350 | 100 | 5,5 | 20 | 16 | 13 |
| 400 | 110 | 7,4 | 27 | 21 | 18 |
| 450 | 120 | 10 | 36 | 29 | 24 |
| 500 | 130 | 13 | 47 | 38 | 31 |
| 600 | 140 | 18 | 65 | 52 | 43 |

Сл. 189. — Плочасти транспортер са прецагама (капацитет и главне димензије)



Сл. 190. — Тракасти транспортер са истоварним колицима

а) гумена трака, б) погонски добош, с) затезни добош, д) потпорни ваљак, е) истоварни добош, ф) вођица колица, г) левак-гаће — на колицима, о) затварач за усмеравање угља из левка, р) ручица затварача

Лагеровање у котларници

Лагеровање у самој котларници врши се:

а) за немеханизовано и ручно ложење на оду котларнице, а поред места ложача,

б) у проширеним котловским левковима у случају да се допрема врши са дизаличким уређајима са два или три степена слојде кретања,

в) у висећим лименим бункерима,

г) у висећим армирано-бетонским бункерима,

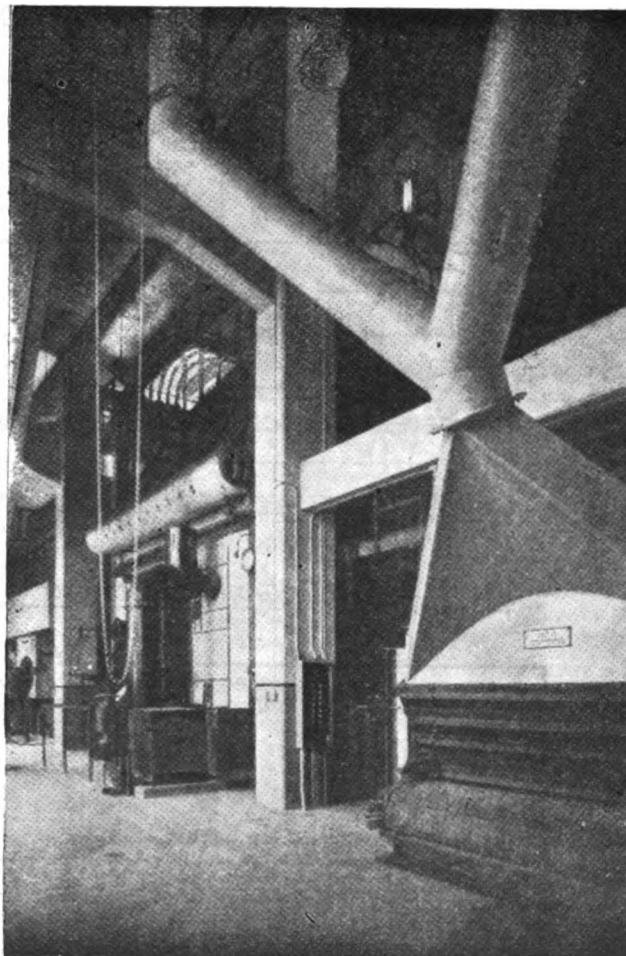
д) у висећим комбинованим бункерима армирано-бетонски-лимени). У погледу капацитета, као што је споменуто, подаци у литератури су разнолики. Исти подаци крећу се за резерву од 4—48 часова рада под гуним оптерећењем. На ове вредности утиче врха постројења, сигурност уређаја за допрему горива и степен резерве истог уређаја.

Транспорт до ложишта

Одвод горива из висећих бункера у котловски левак (односи се на случај сагоревања у слоју) или у млинове, врши се помоћу косих цеви гравитацијом преко дозера и аутоматских вага, код већих постројења, а код мањих директно. Отвори бункера треба да су оријентисани према средини ложишта, уколико је ложиште велике ширине, треба применити више увода, како се код ложења у слоју не би добијао дебео слој горива на средини решетке. За ово постоје разни уређаји за равномерну расподелу слоја.

Уколико положај котла у односу на бункер (код ситних горива) или шема припремања горива, захтева кретање горива по хоризонталу, на краћем отстојању користе се пужасти и ланчasti транспортери. Шема, начин прорачуна и главне карактеристике пужастог и ланчастог транспортера дати су према подацима фирме В & W на слици 192 и 193.

Сл. 191. — Један од начина за равномерно убацивање горива на широке решетке



КАПАЦИТЕТ И ГЛАВНЕ ДИМЕНЗИЈЕ.

КАПАЦИТЕТ $Q \text{ t/h} = 60 \cdot f \cdot s \cdot n \cdot \gamma$

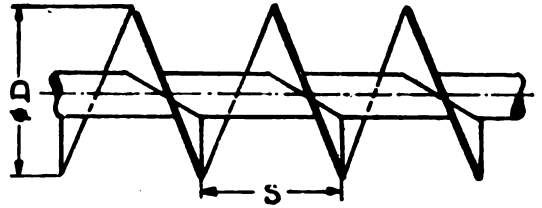
f = ПРЕСЕК ПУЊЕЊА У $\text{m}^2 = D^2 \frac{\pi}{4} \cdot \varphi$

φ = СТЕПЕН ПУЊЕЊА = $\frac{1}{3} \Delta 0 \frac{1}{35}$

s = ХОД ПУЖА У $\text{m} = 0,8D$

n = БРОЈ ОБРТА У min

γ = ЗАПРЕМИНСКА ТЕЖИНА = 0,8

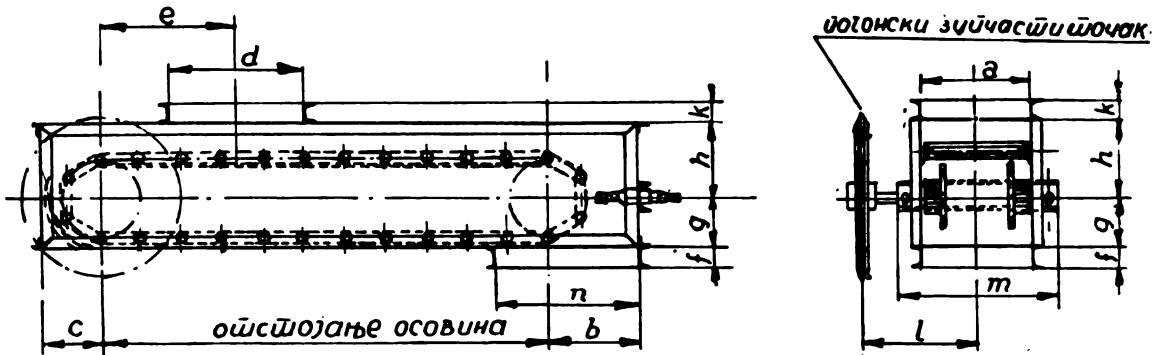


| КАПАЦИТЕТ $Q \text{ t/h}$ | ПРЕЧНИК ПУЖА $D \text{ m}$ | ХОД $S \text{ m}$ | БРОЈ ОБРТА У min n | ПРИВАЈНО ПОТРЕБНА СИЛА У kW ПРИ ОТСТАЈАЊУ (метара) | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----|------|----|-----|-----|----|
| | | | | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| 6 | 0,20 | 0,16 | 65 | 1,2 | 2 | 2,75 | 4 | 5,5 | 7,5 | 10 |
| 9 | 0,25 | 0,20 | 55 | 1,5 | 2,5 | 3,5 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| 13 | 0,30 | 0,24 | 48 | 1 | 3,5 | 5 | 7 | 10 | 13 | 17 |
| 23 | 0,40 | 0,32 | 36 | 2,5 | 4,5 | 7 | 10 | 13 | 18 | 22 |
| 36 | 0,50 | 0,40 | 30 | 4 | 7 | 10 | 13 | 20 | 27 | 33 |
| 50 | 0,60 | 0,48 | 25 | 5 | 9 | 13 | 20 | 27 | 35 | 45 |
| 70 | 0,70 | 0,56 | 21 | 5,5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| 90 | 0,80 | 0,64 | 18 | 6,5 | 12 | 18 | 24 | 35 | 48 | 60 |

Сл. 192. — Пужаста транспортер

ГЛАВНЕ ДИМЕНЗИЈЕ

| чиста ширина кориша a | b | c | d | e | f | g | h | k | l | m | n |
|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 200 | 325 | 250 | 450 | 525 | 100 | 189 | | 100 | 280 | 470 | 500 |
| 225 | 325 | 250 | 500 | 550 | 100 | 189 | | 100 | 275 | 495 | 500 |
| 290 | 325 | 250 | 500 | 550 | 100 | 189 | | 100 | 305 | 560 | 500 |
| 400 | 470 | 350 | 700 | 750 | 100 | 270 | | 100 | 395 | 660 | 750 |
| 540 | 475 | 350 | 700 | 750 | 100 | 270 | | 100 | 460 | 800 | 800 |



ПОДАЦИ О КАПАЦИТЕТУ

| чиста ширина кориша | највећа брзина ланица m/sec | средња висина слоја mm | приближно потребна сила мотора kW | највећи копацитет t/h |
|------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|
| 200 | 0,2 | 125 | 1,5 | 13,5 |
| 225 | 0,2 | 125 | 1,5 | 15 |
| 290 | 0,2 | 125 | 2 | 20 |
| 400 | 0,3 | 150 | 2 | 50 |
| 540 | 0,3 | 150 | 2,5 | 65 |

Сл. 193. — Ланчasti транспортер — напајач

На ток угља од бункера до ложишта утиче начин ложења, као и то да ли се угаљ претходно суши или је довољно само сушење у ложишту. Код угљеног праха, умногме ће утицати на компликованост и дужину путање систем централног, индивидуалног или Кремеровог начина млевења угља. Применом бункера за сирови угаљ и за прах, линија кретања угља знатно се продужава и компликује, а с тим и утрошак паразитне енергије повећава. Поред незгодних страна ове концепције имају и предности које су спомену-те у приказу T—E Lurch.

Непосредни транспорт: истоварно место котларница

На почетку излагања, када је било говора о процесу допреме угља на складиште, подвучено је као услов да се допрема може вршити преко складишта, а и непосредно, тј. од истоварног места у котларницу.

Пошто су детаљно описани елементи који улазе у склоп уређаја за допрему горива од истоварног места преко складишта у котларницу, овде се напомиње да углавном иста горе наведена средства долазе у обзир и за директан транспорт.

Одвођење шљаке и пепела са пречишћавањем димних гасова

У котловским постројењима појављују се шљака и пепео на три места у карактеристичним облицима:

- 1) шљака и пепео у левковима
- 2) шљака и пепео на грејним површинама
- 3) летећи састојци у продуктима сагоревања.

У вези са начином ложења (слој, суви и течни режим угљеног праха, циклонско ложење), сортиманом угља, капацитетом и оптерећењем котловске јединице, као и процентом пепела и његовим особинама у гориву, врши се избор начина отклањања пепела и шљаке.

Тако, например, код старих неоптерећених ложишта са ложењем у слоју углавном се поставља питање одвођења пепела и шљаке из пепељаре.

Код најновијих, форсираних ложишта са сагоревањем у слоју постаје актуелно и отклањање летећег пепела (до 30% од укупне количине пепела може да буде у виду летећег пепела).

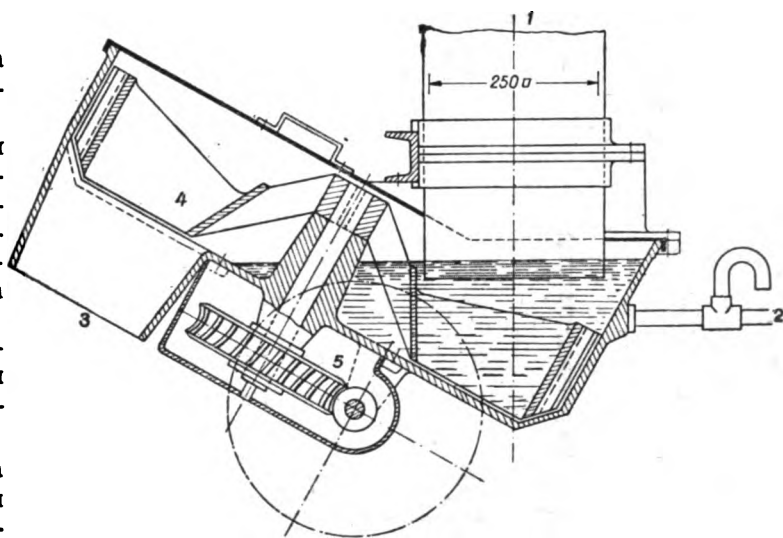
Код сувог режима угљеног праха однос летећег пепела према ономе који се таложи је 30 према 70, тојест обрнуто но при ложе-

њу у слоју. Код угљеног праха са течним режимом овај се однос побољшава у корист пепела који остаје у ложишту, док је код циклонског ложења стање слично нефорсираним ложиштима са сагоревањем у слоју.

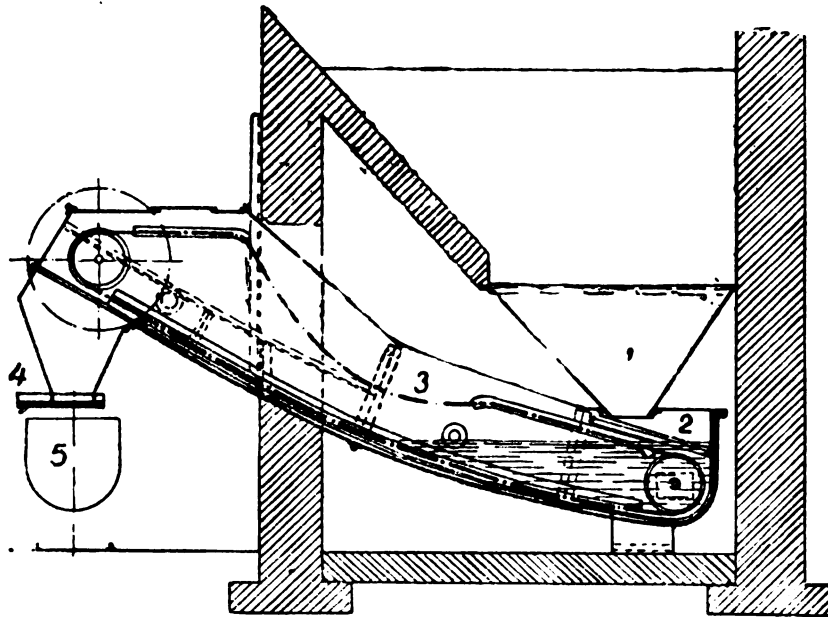
1) Одвођење пепела и шљаке из левкова.

Као најпримитивније средство за одвођење пепела и шљаке служи ручно чишћење „ватре“ и пепељаре помоћу чакље и одвожења колицима. Са развојем конструкција котлова и повећањем њиховог капацитета тај је начин скоро сасвим отпао. Механизовањем ложишта аутоматизовано је довођење шљаке и пепела у левкове. Одвођење пепела и шљаке из левкова сада је углавном механизовано.

Као најпримитивнији начин (код котлова мањег капацитета) примењује се испуштање садржине левка помоћу нарочитих направа (засун, лептирасти затварач, хидраулични и пнеуматички затварач) непосредно у вагонет за одвожење. Сем обичних затварача постоје и комбинације затварача са дробилицама, уређајима за гашење и пуњење вагонета. Као типични уређаји ове врсте дати су на приложеним цртежима Schwabach-ов и K S G-ов. Често се примењује и скреперски уређај за ову сврху. Принцип рада скрепера дат је на приложеној шеми. Постоје такође и различите варијанте скреперског одвођења шљаке и пепела које базирају на сличним принципима.

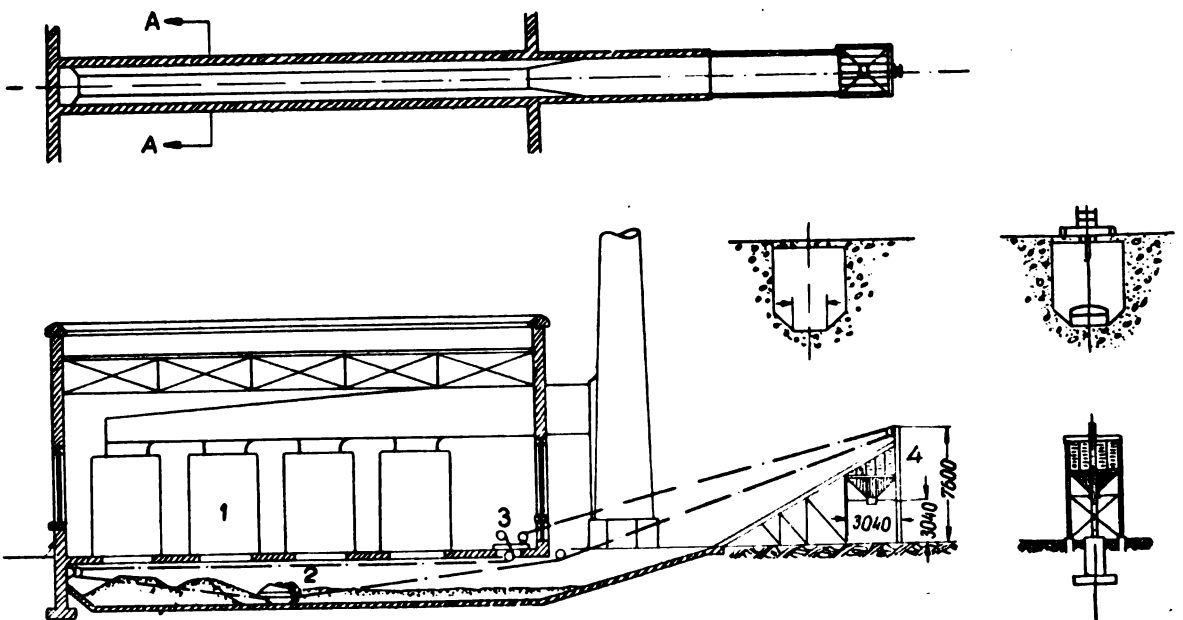


Сл. 194. — „Schwabach“ уређај за отстрањивање шљаке
1) веза са левком за шљаку, 2) прикључак за воду
3) излаз мешавине воде, пепела и шљаке, 4) ротациона, пера, 5) пужасти преносник



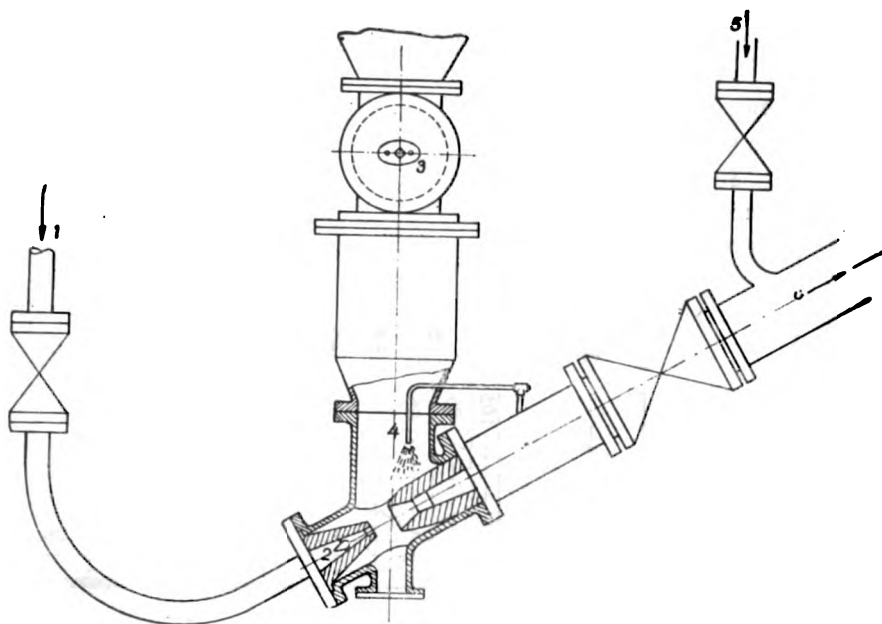
Сл. 195. — Уређај за отстрањивање шљаке са бескрајним ланцем, систем К.С.Г.

- 1) левак за шљаку, 2) корито за шљаку и пепео, 3) бескрајни ланац са гребачима, 4) отварач за испуштање, 5) вагонет



Сл. 196. — Отстрањивање шљаке и пепела помоћу скрепера

- 1) котлови, 2) кашика скрепера, 3) погонска машина скрепера, 4) резервоар за шљаку и пепео



Сл. 197. — Уређај за пнеуматско одвођење шљакe

1) прикључак воде под притиском, 2) вентил са куглицом, 3) веза са левком за пепео, 4) повратни вод, 5) прикључак компримираног ваздуха, 6) вод за пепео

Као најсавршеније средство за одвођење шљакe и пепела може се рачунати да је хидраулични (у отвореном каналу, ниског и високог притиска) и пнеуматички начин. Принцип рада пнеуматичког уређаја јасно се види у приложеној скици.

2) Одвођење пепела са грејних површина.

На грејне површене хвата се искључиво летећи пепео који се или таложи у виду праха или се налепљује на грејне површине.

Као најефикаснија мера за отстрањивање летећег пепела је уствари правилан избор начина ложења и димензионисање котловског агрегата. Облик котловског агрегата, као и распоред температура и грејних површина умногоме утичу на хватање и таложење летећег пепела. Отстрањивање већ постојећег летећег пепела из гасног потока врши се центрифугирањем на превојима пута поменутог потока, где се постављају левкови за таложење, а који се прикључују на постојећи систем одвођења шљакe и пепела. Летећи пепео који се наталожи на грејне површине отстрањује се помоћу дувача пепела, а онај који се залепи на разне друге начине (топљењем помоћу покретних или додатних пламењака, механичко одваљивање или друго).

3) Летећи састојци у продуктима сагоревања.

Све чешћом применом лошијих врста горива, нарочито оних са великим процентом пепела, постаје неопходно пречишћавање

продуката сагоревања. Ови се пречишћавају ради отстрањивања штетних гасовитих састојака, као и уопште летећих делова.

Пречишћавање продуката сагоревања врши се углавном из два разлога: хигијенског и економског.

У првом случају врши се пречишћавање продуката сагоревања од штетних гасова и летећих делова, док се у другом летећи делови хватају ради кокса који се рециркулише понова у ложиште.

За одређивање количине наталожених летећих делова може се са успехом применити графичка метода В & W приложена у скици. Помоћу ње, при датој висини димњака, познатим атмосферским условима, сортиману летећих делова — одређује се дебљина и површина слоја таложења (приказани пример важи за димњак висине 100 метара, уколико је друга висина димњака, Е-даљина расипања добија се множењем фактором $H_1 \times W_1$ (360) према постављеним хигијенским условима може се реципрочним путем из истог графика одредити потребна висина димњака.

За пречишћавање продуката сагоревања углавном постоје три основна начина:

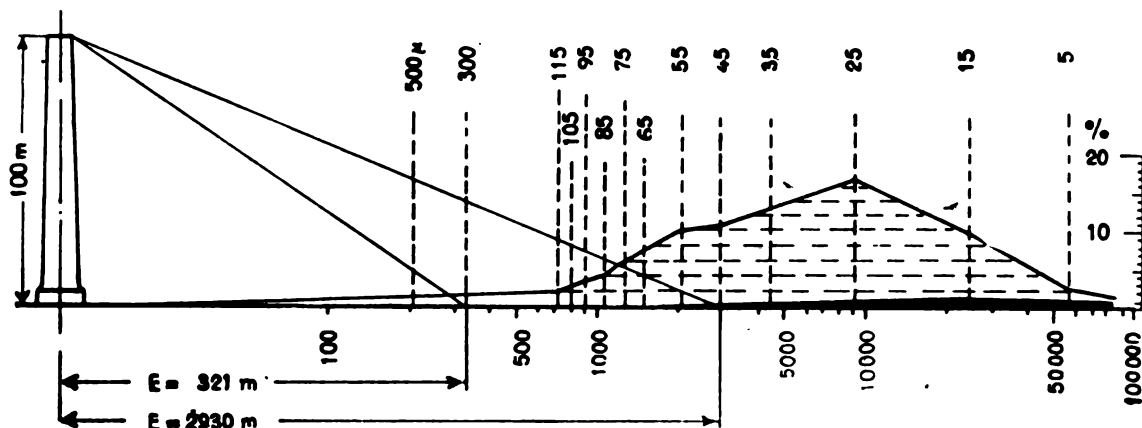
а) Суви начин пречишћавања, који у већини случајева искоришћује центрифугалну силу или губитак брзине (циклони, преградни лимови и друго). У прилогу су шематски показани разни суви пречистачи.

САСТАВ ЛЕТЕЊИХ ДЕЛОВА :

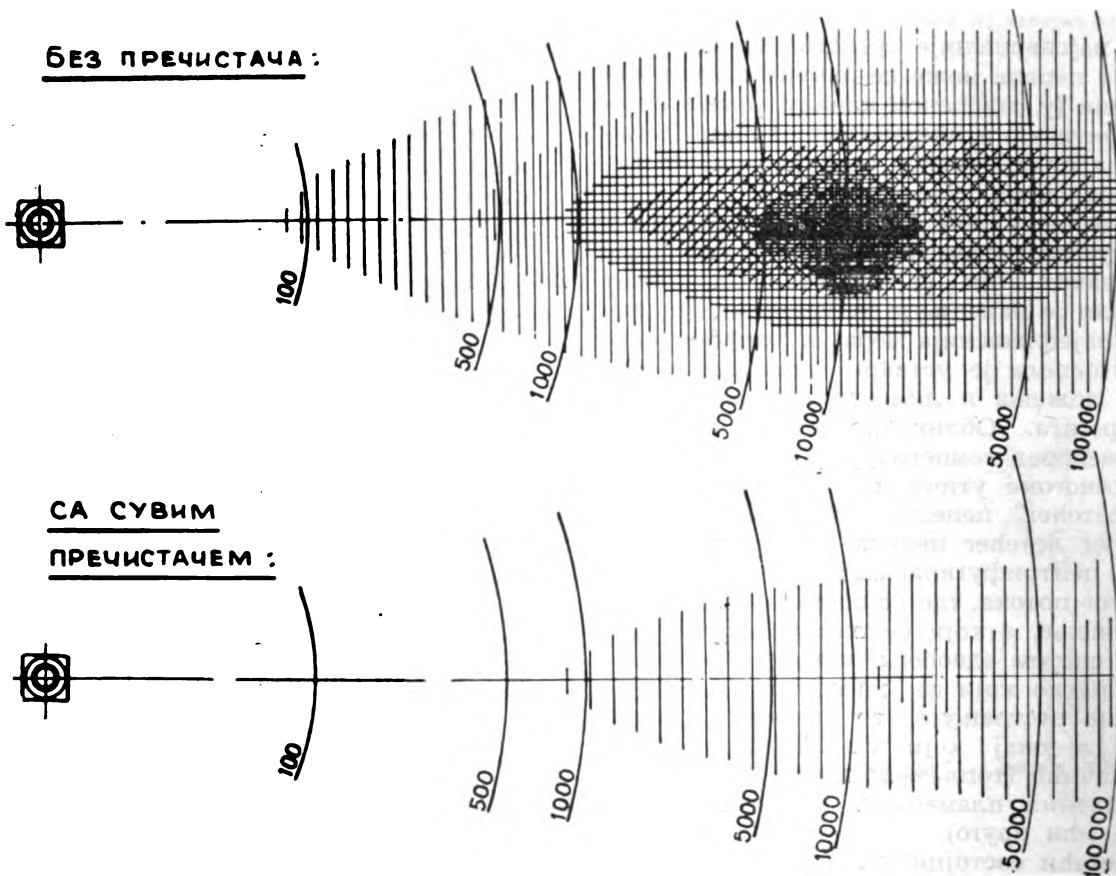
| | |
|---------------------|----------------------|
| 0 - 10 μ = 2% | 40 - 50 μ = 11% |
| 10 - 20 μ = 10% | 50 - 60 μ = 10% |
| 20 - 30 μ = 17% | ПРЕКО 60 μ = 37% |
| 30 - 40 μ = 13% | СПЕЦ. ТЕЖИНА = 2,13 |

АТМОСФЕРСКО СТАЊЕ :

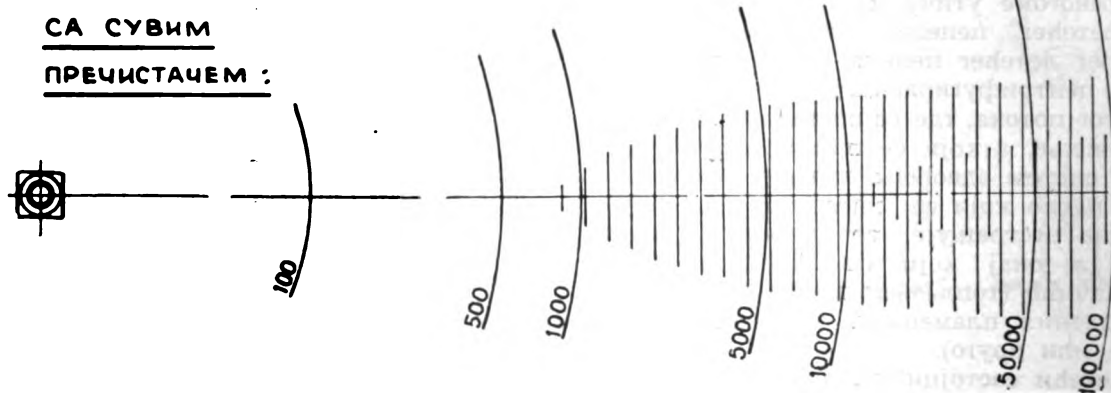
ТЕМПЕРАТУРА 20° C
 БАРОМЕТАРСКИ ПРИТИСАК... 360 mm
 БРЗИНА ВЕТРА 3,6 m/s



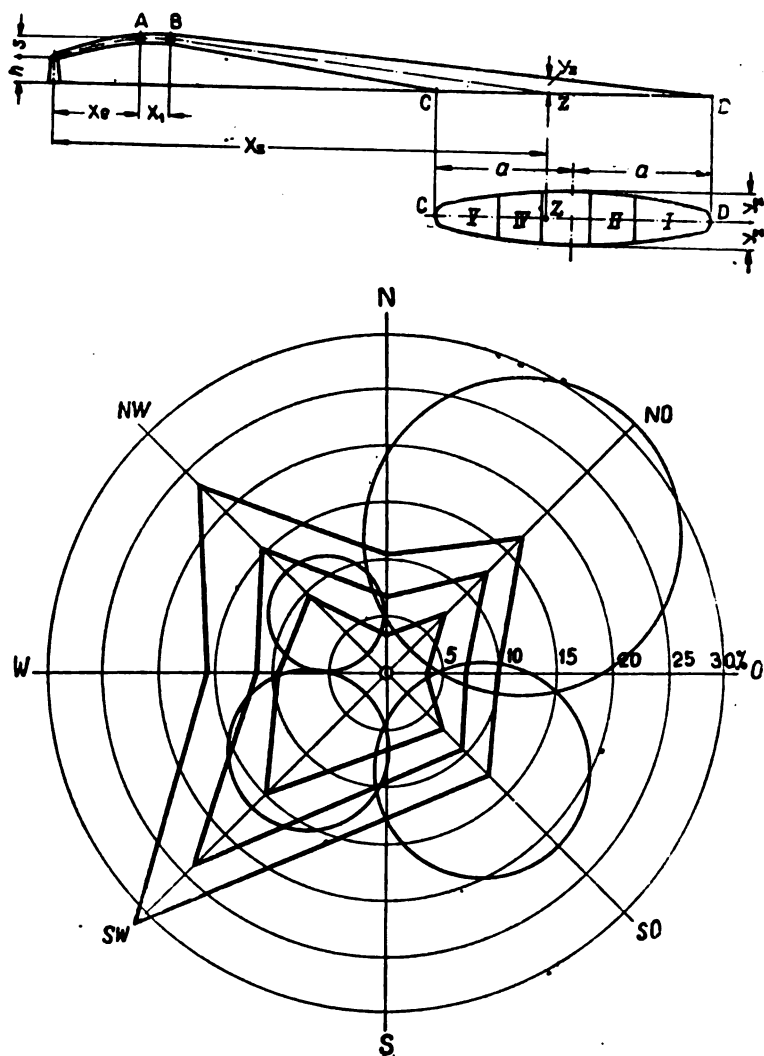
БЕЗ ПРЕЧИСТАЧА :



**СА СУВИМ
ПРЕЧИСТАЧЕМ :**



Сл. 198. — Графичко претстављање распрострања летењих делова из продуката сагоревања (B & W)



Сл. 199. — Дијаграм засипања по Kolbe-у

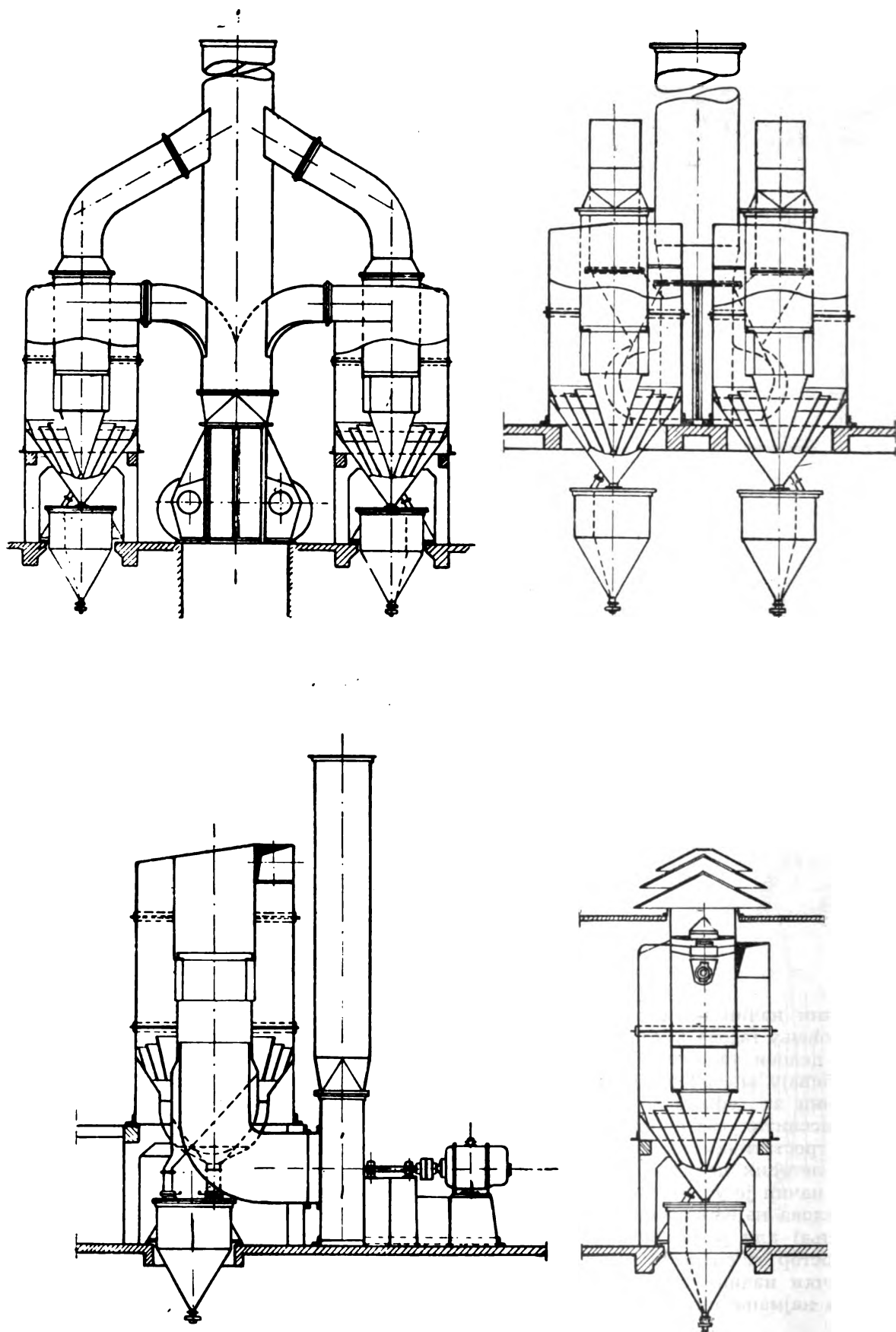
б) Влажни начин пречишћавања састоји се у спровођењу гасова кроз воду, при чему се летећи делови таложе, а гасни састојци ($\text{H}_2\text{S}, \text{SO}_3$) бивају апсорбовани од воде. То је једини начин за ефикасно отстрањивање штетних гасовитих састојака.

в) Електростатички начин састоји се у таложењу летећих делића у електрофилтрима. Тај начин је у погледу отстрањивања летећих делова најефикаснији (достиге 97% искоришћења) али је врло скуп и захтева велики простор за смештај.

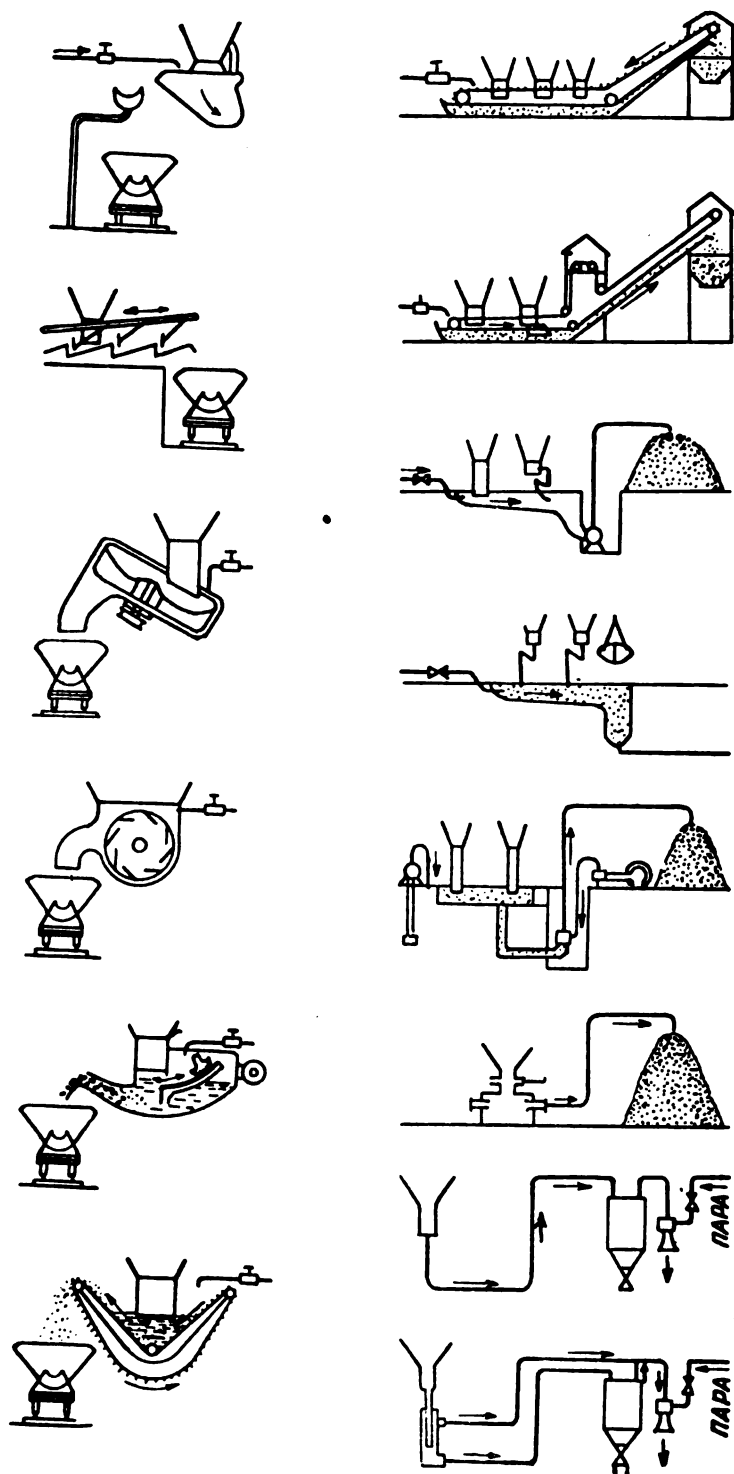
Механички начин отстрањивања пепела претставља најмање инвестиција, али и даје

најлошији ефекат. Влажни начин отстрањивања ефикасан је, нарочито у погледу штетних гасовитих састојака, али му је недостатак велико трошење материјала од кога су израђени уређаји.

Отстрањена шљака и пепео, нарочито уколико су у питању велики капацитети и угљеви са великим процентом пепела, претставља изванредан проблем у погледу лагеровања. Као најпростији начин може се применити обично лагеровање у гомилама, евентуално овлаженим водом. Као савршинији начини лагеровања шљаке били би базени, дренажни резервоари и силоси.

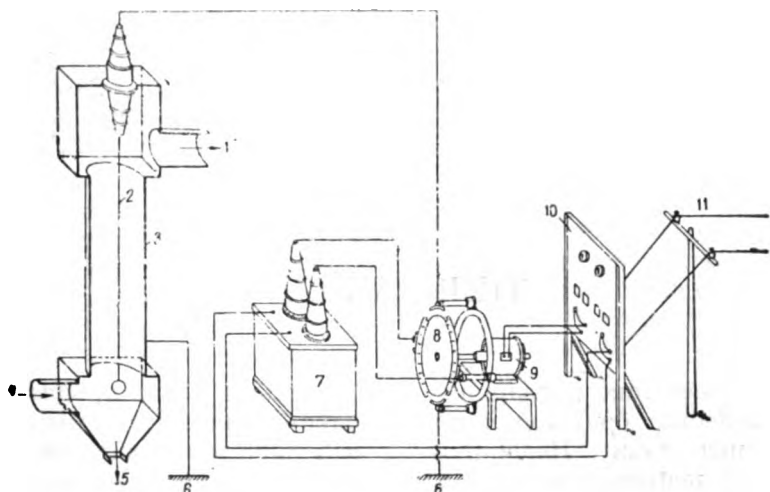


Сл. 200. — Суви чистачи димних гасова



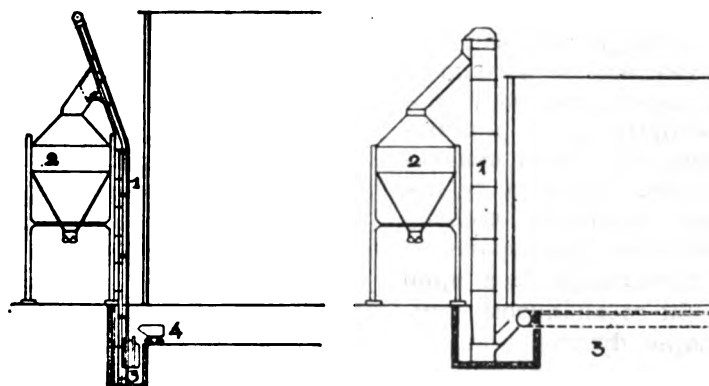
Сл. 201. Шеме одвојења шљаке и пепела по Коље-у (уз табелу бр. 22)
 Лево одозго на доле бр.: 1, 2, 3, 4, 5, и 6
 Десно одозго на доле бр.: 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 и 14

| бр. котларнице | Отпремање из левак | Тип уређаја | Начин рада | Макс. малва под притиском | Потрошња по тони шљаке или пепела | | Примена уређаја | | Начин ложења | Карактер А | НАПОМЕНА |
|----------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------------------|--------------------|---------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| | | | | | енер. КWh/т | воде т ³ /т | капил. котла D ₁ (t) h | А у % ₀ | | | |
| 1. | вагонет или трака | водено корито | полумеха-нички | 400 | људска радна снага | 0,15—0,30 | 20 | 40 | слој | независно од карактера | непотребна дробилница |
| 2. | вагонет или трака | кашијаст | полумеха-нички | 300 | 0,50—2,50 и људска снага | 0,12—0,25 | 25 | 50 | слој и (прах) | независно од карактера | непотребна дробилница |
| 3. | вагонет или трака | Schwabach | полумеха.нички | 200 | 0,40—0,80 и људска снага | 0,10—0,20 | 50 | 30 | слој и (прах) | независно од карактера | непотребна дробилница |
| 4. | вагонет или трака | Wagner | полумеха-нички | 100 | 0,45—0,75 | 0,10—0,25 | 50 | 25 | слој и (прах) | независно од карактера | дробилница потребна само ако су комади преко 100 тт |
| 5. | вагонет или трака | Martin | полумеха-нички | 150 | 0,35—0,80 | 0,20—0,50 | 80 | 30 | слој и прах | независно од карактера | дробилница потребна само ако су комади преко 150 тт |
| 6. | вагонет или трака | гребенасти транспортер | полумеха-нички | 250 | 0,5—1,0 | 0,20—0,60 | 100 | 40 | слој и прах | независно од карактера | непотребна дробилница |
| 7. | гребенасти транспортер | гребенасти транспортер | механички | 300 | 0,6—1,2 | 0,30—0,80 | укупно 200 | 50 | слој и прах | независно од карактера | непотребна дробилница може се употребити за више котлова |
| 8. | скрепер | скреперски | механички | неограничена | 0,7—2 | 0,15—0,30 | 400 | 50 | слој и прах | независно од карактера | непотребна дробилница може се употребити за више котлова |
| 9. | батарском пумпом | хидраул. ниског прит. са баг. пум. | хид. нис. притиска | 80 | 3—8 | 30—50 | преко 100 | независ. | прах и (слој) | независно од карактера | дробилница потребна ако су комади већи од 80 тт |
| 10. | батарском пумпом | хидраул. ниског прит. са захват. | хидраул. — механички | 100 | 2,5—7,5 | 20—30 | преко 100 | независ. | прах и (слој) | независно од карактера | дробилница потребна ако су комади већи од 100 тт |
| 11. | мамут пумпа | хидр. ниског прит. са мамут пумпом | хидр. ниског притиска | 200 | 4—6 | 10—15 | преко 100 | независ. | прах и (слој) | независно од карактера | дробилница непотребна |
| 12. | вода под прит. | хидраул. вис. притиска | хидраулично | 50 | 2—5 | 5—10 | преко 50 | 30 | прах и (слој) | не подноси нерастворљиву у води | дробилница потребна ако су комади преко 50 тт |
| 13. | пнеуматиком | пнеуматски | са комприм. ваздухом | 20 | преко 50 kg/l | 0,10—0,30 | преко 100 | 20 | прах | растресита | потребна дробилница ако су комади већи од 20 тт парни дувач |
| 14. | пнеуматиком | пнеуматски | са комприм. ваздухом | 20 | преко 50 kg/l | 0,10—0,30 | преко 100 | 20 | прах | растресита | потребна дробилница ако су комади већи од 20 тт парни дувач |



Сл. 202. — Шема електростатичког пречиштача гасова

1. одвода пречишћеног гаса
2. електрода за варничење
3. електрода за таложење
4. улаз непречишћеног гаса
5. прашина
6. уземљење
7. трансформатор високог напона
8. исправљач високог напона
9. синхронни мотор
10. контролна плоча
11. електрични довод



Сл. 203. — Шеме одвођења шљаке у силосу

- Леви цртеж:
1. војнице дизаличне корпе
 2. бункер за шљаку
 3. дизалична корпа
 4. вагонет за шљаку
- Десни цртеж:
1. елеватор
 2. бункер за шљаку
 3. трака за довод шљаке у елеватор

ТИПИЗАЦИЈА

Посматрајући низ изведених котларничких објеката као и извештај број пројеката уочавају се знатни недостаци. Недостаци углавном проистичу из неправилног избора горива, котлова и њиховог распореда; лоше постављеног технолошког процеса, неправилног снабдевања угљем и одвода шљаке и пепела; због недовољног или сувишног економисања простором, нерационалног односа типа и врсте конструкције зграде према врсти котла, неправилног постављања зграде у односу на потрошача и на довоз горива, као и због погрешно решене локације. Разумљиво је, како већи број постојећих постројења датира градњом још од пре двадесет година, што код истих наилазимо на старе принципе који се и данас упорно провлаче кроз градњу.

Да би се сви поменути недостаци отклонили код нових градњи, да би се створио нов рационалнији и економичнији правац модернијих техничких схватања у изградњи топлотних постројења, неоспорно да је потребно извршити типизацију како машинску тако и архитектонску. Не треба схватити да је ово једини разлог, напротив ту постоји читав низ осталих чињеница, које су можда по степену важности равноправне и које говоре у прилог типизацији. Већ први поменути разлог могао би се анализом рашчланити на своје утицајне факторе: рационалније коришћење расположивих горива, боље економисање топлотом, целисходније искоришћење машинских постројења, правилно попуњавање електричне мреже; а са грађевинско-архитектонске стране у прошћавање и уједначење конструкција, оптимално искоришћење изграђене кубатуре и квадратуре, њихов правилан однос и најзад скраћење времена градње — и самог пројектовања, тј. ублажавања неслагања и колизије градње и монтаже. Познато је да

је један од већих проблема код градњи армирано-бетонских котларница извођење паралелног монтирања са градњом.

У погледу пројектовања рад ће бити умногоступно упростио, нарочито када се има у виду да је планирање и пројектовање котларница и термоелектрана ужа специјалност. Значи да њихово пројектовање после извршене типизације неће више изискивати строгог познаваоца, уског стручњака за пројектанта, већ ће овај рад бити омогућен свим машинским и архитектонским пројектантима општег техничког знања.

Типизацију котларница са архитектонског гледишта не треба схватити униформним решавањем, него је треба разумети извесном врстом норматива за одређивање конструкција, изграђених величина, једном већ проученог односа зграде према постројењу. Код стварања грађевинског програма, касније детаљно диспонирања постројења зграда избегле би се типизацијом све грешке које би се доцније у погону показале, а које су при типизацији детаљно проучене и испитане и као такве отклоњене. Ове незгоде показују се увек у погону пројектованог индустриског постројења када пројектант недовољно упућен и необавештен од специјалиста изведе пројект.

Са архитектонско-грађевинског гледишта можда је највећа предност типизације примена градње монтажним елементима. Да би се дошло до облика, димензије и рационалног монтажног елемента, мора се претходно извршити велика студија на нормирању, а што претставља посебан рад. Оваква врста градње префабрикованим елементима у потпуности би решила проблем паралелне градње са монтажом постројења, као и убрзање тока изградње. Код монолитно изливеног скелета и армирано-бетонских оквира, оплата горњег строја (покривне конструкције) онемогућује паралелну градњу а истовремено захтева

купе покретне скеле, значи решавање још едног проблема. Код нас у термоелектрани Југовинил“, изведена је слична конструкција без армирано-бетонских оквира. Таваница над котловском салом није ливена на лицу места, нити је са стубовима монолитна, већ е распон пресведен монтажним армирано-бетонским решеткама дужине око 12 метара.

Ради потпуне архитектонско-грађевинске типизације неопходно је извршити стандардизацију продукције котлова у односу на гориво и капацитет, тј. створити најрентабилније јединке у погледу капацитета и најфикасније конструкције у односу на домаће гориво. Овај би рад за собом повукао типизацију горива и воде, а разумљиво стандардизовање притисака, температуре и капацитета.

Нормирање котларница неминувано изискује и типизацију транспортних средстава које долазе у обзир код оваквих постројења: истоварни уређај, уређај манипулације на складиштима угља, шљаке и пепела и преносници горива. Специфичност горива и зграде, нарочито њене конструкције, у зависности су од примењених преносних уређаја, а и технолошки процес, односно његов ток одређен је избором транспортних средстава. Код правилног решавања архитектонског, машинског и енергетског основни је принцип постављања логичног праволинијског тока производње, уствари избора одговарајућих преносних уређаја који треба да услове поклапање енергетске шеме са њеним током и у равни и у простору.

Поставља се прво и основно питање на основу чега треба код котларница вршити типизацију. Самим тим што је изградња сложена из два проблема, машинско-термичког и архитектонско-грађевинског постоји много разнородних услова по којима би се могао извршити овај рад. Као базу требало би узети ону која је за наше прилике од битне важности. Ако се типизација сматра неком функцијом многих независно променљивих, немогуће је узети сваку понаособ, нити пак узети све скупа. Пожељно би било да се изаберу из овог низа фактора они који би били најважнији по привреду и помоћу којих би проблем био решен.

Набројаћемо неколико утицајних чинилаца: квалитет горива, тип и конструкција котла, капацитет котла и котларнице, висока или ниска градња, врста грађевинске конструкције, теренски услови и намена котларнице.

За нашу привреду од нарочитог је интереса коришћење нисковредних горива, а то су лигнити са великим процентом влаге и

мрки угљеви са великим процентом лако-топљивог пепела, као и отпаци из сепарација бољих угљева. Сагоревање ових горива код агрегата већег капацитета неоспорно је рентабилно у виду угљеног праха; за прво са евентуалним претходним сушењем и млиновима, за друго гориво и агрегате великог капацитета у виду угљеног праха са течном шљаком и циклонским ложиштем, а за треће гориво сагоревање у слоју са пузећом решетком (модифицирана KSG) за мање и средње капацитете. За велике капацитете треће гориво може се користити и као прах са чврстом шљаком. Примена првог и другог горива код котлова малог и средњег капацитета даје најповољније резултате при сагоревању на механичким решеткама (каскадна, степенаста и мехничка са пнеуматским убацивачима). Као карактеристично за наведена горива је њихова ниска калорична моћ, према томе утрошак велике количине горива за производњу паре. Ове особине повлаче за собом отежавајућу последицу за грађевинску конструкцију што наше котларнице морају имати према осталим просторима несразмерне кубатуре бункера за угаљ. То отежава склоп, поскупљује га и чини велику сметњу при решавању светлосних проблема главног радног простора. У новије време се због тога решавају бункери на мањим висинама. У случају примене влажног, или лигнита са претходним сушењем, потреба сушаре и дво-струких бункера такође изискују несразмерно повишене кубатуре и квадратуре зграде, као и компликовање система транспортних средстава.

Друго гориво има исти недостатак у погледу специфичне потрошње, али се ситуација побољшава тиме што се на кубатури котларнице постиже уштеда применом ложишта са течном шљаком, или примена циклонског ложишта. Овај угаљ са великим процентом пепела има при сагоревању у праху и велику количину летећег пепела, који директно утиче на њено ситуирање, због расипања димних гасова и осталих продуката сагоревања из димњака. Оваква решења изискују конструкцију котлова који су хоризонтално јаче развијени (због центрифугирања) као и примену гломазних и скупих електрофилтара. Ово је јасан пример како може врста горива, њене особине и калорична моћ да утичу на облик зграде. Треба тежити отклањању пепела у самом ложишту а не отстрањивању из излазних гасова. Нарочито се ово поставља код котларница великих капацитета где у већини случајева избор пада на ложење угљеним прахом. Код овог начина ложења проценат лете-

ћег пепела према пепелу који остаје у ложишту неповољнији је но код сагоревања у слоју. Стога је код тих котлова од нарочитог значаја стављање на дневни ред испитивања примене течне шљаке и циклонских ложишта. Увођењем овог начина одвођења шљаке и ложења потпуно би отпали електрофилтри, док би гранулована течна шљака нашла ширу примену у грађевинарству но што је данас.

Отпадак сепарације ефикасно се може применити код малих капацитета као комбиновано сагоревање (прах + сагоревање у слоју); код средњих капацитета са ланчаном решетком обрнутог смера кретања убацивачем, или са ланчаним решеткама специјалне конструкције за ситно гориво (бродска модификација) са нормалним смером обртања; а код великих капацитета у виду угљеног праха са Кремеровим млином без дробилице. Употреба овог горива обзиром на његов утицај на зграду најприближнија је примени угљева са већом калоричном моћи. Наша горива могу се користити за разне капацитете и врсте котлова на различите начине. Јасно је да врста горива преко котла и начина сагоревања утиче мање или више на котловску зграду, али како су ови утицаји различити то гориво не може бити објективна, једина одлучујућа база при доношењу типизације у нашим приликама.

На тип котла утиче поред врсте горива, капацитета, радног притиска и температуре и сам начин произвођења паре. Притисак, температура и процес произвођења паре утичу на облик котла — самим тим преко њега на зграду. Гориво и капацитети не би се могли овде третирати, јер је о гориву већ изнешено а о капацитету се мора засебно размишљати пошто он има већи утицај као самостални чинилац него преко типа котла. Постоји функционалност и оквирна граница до које се капацитети извесних типова могу израђивати. Значи да само у неким случајевима посматрања утицаја типа котла на нормирање котларнице може се заједно са котлом узети у обзир и капацитет. То се дешава код котлова малог капацитета, што значи да у овом случају може служити као база и тип заједно с капацитетом.

Утицајни фактори грађевинско-архитектонске природе чине засебну групу која се мора уско повезати са машинским и термичким. Ниједна од архитектонских полазних тачака се не сме узимати као искључива и самостална база, већ треба тражити решење које ће задовољавајући прву групу услова поклопити се са одговарајућим грађевинским захтевима. Врста грађевинске конструкције,

начин градње, да ли је она висока или ниска произићиће из услова замишљеног машинског постројења. Основна је ствар код разграничавања типа од типа наћи најадекватнију конструкцију која ће својом врстом дати јасно обележје својој групи.

Теренски услови одиграће улогу само од случаја до случаја, они ће мењати основни тип стварајући варијанту, која ће се више одражавати у општој диспозицији и локацији целокупног постројења него на самој згради. Теренске прилике могу нарочито утицати на врсту темељања зграде, те према томе и на њену конструкцију, али у крајњој линији не мењајући основни тип. Котларничко постројење ће својим географским положајем добијати различна диспозициона решења због расхлађивања воде: проточна вода или хладњача (килтурм). Прихваћени систем расхлађивања воде утиче и на спољну композицију котларничког комплекса. Приликом архитектонског планирања и композиције постројења потребно је много водити рачуна о усклађивању великих маса хладњача и самог објекта.

Испитујући могућност полазне тачке за једну привремену — прелазну типизацију, дошло се до закључка да би се она код нас под данашњим условима, могла спровести само ослањајући се на оне заједничке машинске, термичке и архитектонске услове, који ће најефикасније разграничити тип од типа и најбоље дати основне јединке. Те базе нормирања биле у првом реду капацитет, конструкција и намена, а сви би се остали услови садржали у њима. Узимајући за базу при типизирању котларница поменуте особине, покушали смо да извршимо поделу и разврставање по групама и типовима, ослањајући се углавном на стање, потребе и могућности наше индустрије. Приступајући послу на овај начин, подела, групација, односно разврставање основних типова као и рад на утврђивању најподеснијих облика, капацитета, енергетских шеми, конструкција и др., извршена је овако:

- I група: тип 1.
тип 2.
- II група: тип 3, тип 3а
тип 4, тип 4а, тип 4б.
- III група: тип 5.
- IV група: тип 6, тип 6а
тип 7, тип 7а и тип 7б.

Типови котларница I групе раде са котловима најмањег капацитета (вертикални и лежећи котлови). Котларнице ове врсте користе се искључиво као произвођачи паре а не и електричне енергије, те су обично у

склопу мањих индустријских предузећа. Задатак им је да дају засићену пару ниског притиска за фабрикацију и грејање просторија. Ако су у склопу већих индустријских предузећа оне служе само за грејање. I група је подељена на два типа према конструкцији котлова најмањег капацитета: 1. тип за вертикалне котлове са једном пламеном цевом, грејним цевима или водогрејним цевима и 2. тип за лежеће котлове (Ланкаширски, Корнвалски и комбиновани). Зграде ове групе одликују се обичном конструкцијом пуних зидова од опеке са нормалним кровом.

Котларнице сврстане у II групу користе котлове малог капацитета са водогрејним цевима. Извесни случајеви захтеваће и котловог средњег капацитета, нарочито кад је у питању електрана и угљени прах. Оне се граде као и I група, или у саставу привремених електрана на великим градилиштима, и најзад као термоцентралне средњих индустријских предузећа лаке индустрије. Некада се оне могу применити и као резервне кондензационе термоелектране већих индустријских постројења. У погледу конструкције зграде могу бити обичног зиданог склопа (до типа 4) или комбиноване са армирано-бетонским скелетом. Ова група увек има безусловно бар једну армирано-бетонску међуспратну конструкцију, највише две (типа 4 а и 4 б). Распони су нормални — статички повољни.

Наредна III група може се назвати прелазном групом. Оне најчешће служе као котларнице градског даљинског грејања, или као котларнице средњих топлана и кондензационих термоелектрана за већа индустријска постројења лаке и тешке индустрије. Зграде овог типа су изразите комбинације скелетне и оквирне армирано-бетонске конструкције са испунама од опека или каквих сличних грађевинских материјала. Ови објекти као и претходни имају две међуспратне конструкције.

Последњом IV групом обухваћене су котларнице специјалних конструкција за велике јавне топлане и кондензационе термоелектране. За њих се употребљавају котлови великог капацитета, средњег, високог и највишег притиска. Углавном је ложење угљеним прахом. У већини случајева постоје специјални уређаји за издвајање летећег пепела и кокса. Ове би котларнице претежно имале вештачку промају са лименим димњацима на крову. Како овакве врсте котларница нису никад самосталне, већ у саставу општег постројења топлана и термоелектрана, то су у шематској разради морале бити третиране заједно са електраном, мада задатак ове типизације то не би био. Пошто су ови случа-

јеви како је већ раније речено специјални, то је и рад сведен само на изношење неколико примера, те о некој строгој типизацији не би могло бити речи.

За све типове узети су котлови који у нашој земљи постоје у погону, производе се, или се могу благодарити простој конструкцији производити (случај 3-ег типа). Изузетак чине котлови у IV групи којих засада нема код нас. И поред тога они су обрађивани јер претстављају последњу реч и смер у развоју градње котлова. Други котлови који би дошли у обзир за овај тип, нису узети при решавању котларница, јер сматрамо да је овај материјал данас код нас доста третиран и појмови су рашчишћени. Приказане могућности са котловима велике специфичне продукције, високог радног притиска и прегрејаности изнели смо ради упознавања са новим материјалом и новим техничким схватањима у изградњи и експлоатацији котларница.

Све поменуте особине на основу којих је предложена типизација могле би се претставити табеларно, да би преглед био што јаснији и потпунији (види стр. 192).

Природно је било да се при изналажењу типова зграда котларница утврди основни елеменат и да се он узме као јединка типа. Овај начин пројектовања путем елемената је општепознат као врло згодан пут у нормирању и типизацији, и уопште у пројектовању, нарочито обзиром на постављање проблема монтажне изградње. Детаљном анализом свих могућих комбинација са разним котловима установљено је да није могуће доћи ни до каквог елемента (ни површинског ни просторног), из јединог разлога што се код нас употребљавају котлови различитих система и фабрикација. Овако нормирање без стандардних котлова помоћу елемената могло би се извршити бар по групама, тј. да свака група има свој одређени елемент. Како ми данас још не производимо котлове у задовољавајућој мери, то и није могуће вршити стриктну типизацију, пошто смо упућени на увоз разноликих конструкција. При разради сваког типа ипак је понаособ утврђен основни елеменат, одређен радним габаритима котла који ће умногоме допринети стварању норматива. Предвиђање подтипова вршено је низањем основних елемената све до извесне границе докле задовољава изабрана грађевинска конструкција за дотични тип. У II-ој групи код 4-ог типа а и б низањем основних елемената прешла се граница одређене врсте градње, тако да котларница већ од три агрегата па на више својом грађевинском конструкцијом припада наредној III-ој гру-

ТАБЕЛА БР. 23

| Когларница | | МАШИНСКО ЕНЕРГЕТСКИ ПОДАЦИ | | | | | | АРХИТЕКТОНСКО ГРАЂЕВИНСКИ ПОДАЦИ | | | | |
|------------|-----|---------------------------------|-------------------------------|-----------|----------------------|--------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Група | Тип | Кота о | О п и с | Rk atū | t _e °C | Капацитету 10 ⁴ kcal/h | С кел- теп е | Једно или дворедна | Висока или ниска град. | Конструкција | $\frac{m^2}{10^4 kcal/h}$ | $\frac{m^3}{10^4 kcal/h}$ |
| I | 1 | Вертикални | Грејне и водо- грејне цеви | 10 | | 0·2—0·6 | — | Једноред. и дворед. | Ниска | Обична зидана са дрв. кровом | 0·7—0·4 | 3·36—3·12 |
| | 2 | Лежећи | Пламена цев | 15 | 320 | 0·8—2·4 | — | Једноред. | — · — | · · · · · | 1·29—0·93 | 4·87—5·6 |
| | 3 | DKV; VVD, KAZ KRŠ и VVD mod. | водогреј. цеви транспортни | 15 | 350 | 5·2—30 | — | — · — | — · — | Обична зидана са дрв. кровом бетон. таваница над подрумом | 0·56— 0·137 | 2·4—0·81 |
| II | 3а | — · — | — · — | 20 | 400 | 11·2—60 | Тец Кец | Дворедна | — · — | · · · · · | 0·44— 0·107 | 2·08—0·66 |
| | 4 | Garbe, B & W | Стрме водо- грејне цеви | 25 | 380 | 4—5·6 | — | Једноред. | — · — | Обична зидана са дрв. кровом армир. бет. међуспр. конструкција | 0·76—0·68 | 4·1—4·35 |
| | 4а | B & W | Секциони | 12 35 | 300 400 | 5·6—45 | Кец Тец | — · — | — · — | Обична комбинована са скелетном за ношење спрата и бунк. | 0·74—0·28 | 5·36—1·15 |
| | 4б | B & W | Секциони ви- соке продук. | 27 60 | 425 450 | 18·8—31·4 | Кец Тец | — · — | — · — | · · · · · | 0·26—0·24 | 2·14—2·50 |
| III | 5 | Borsig | Озрачени | 64 | 480 | 120 | Тец | — · — | — · — | Комбинована оквирна и скелетна конструкција — арм. бет. | 0·116 | 1·11 · |
| | 6 | Löffel | Једноканални | 135 | 500 | 100 | Тец | Дворедна | Висока | Арм. бетонска оквирна и скелетна висока конструкција | 0·076 | 2·1 |
| IV | 6а | Venson | — · — | 135 | 500 | 300 | Тец | Једноред. | — · — | · · · · · | 0·054 | 1·50 |
| | 7 | SCH—H | — · — | 125 | 500 | 330 | Тец | Дворедна | — · — | · · · · · | 0·054 | 1·96 |
| | 7а | SCH—H | — · — | 125 | 500 | 330 | Тец | Једноред. | — · — | · · · · · | 0·119 | 3·09 |
| | 7б | VTI | Двокоморни | 110 | 520 | 330 | Тец | — · — | — · — | · · · · · | 0·053 | 1·11 |

У рубрици „Капацитет“ прва количина је min. а друга max. У другим рубрикама где су дата два податка или вредности, први се односи на min. а други на max. Капацитета котларнице.

пи, а по капацитету, намени и машинској инсталацији остаје у својој. Конструктивни разлог који тражи промену групе је тај, што поменута котларница својим распонима изискује армирано-бетонске оквире. Простор се помоћу скелетне конструкције не може пресвести, али се у крајњем случају овај проблем може решити постављањем дашчано решеткастих кровних везача, што би их и даље задржало у свом основном типу.

При изналажењу форми, нарочито конструкција за котларничке зграде, вођено је на првом месту рачуна о рационалности као и могућности извођења при данашњим грађевинским приликама. У неким случајевима, и то само у IV-ој групи специјалних постројења, можда пројектовани конструктивни елементи и не одговарају у потпуности

данашњим стремљењима, али су они после испитивања разних могућности ипак постављени као једино могући. То се мора оправдати и разумети пошто оваква постројења сама по себи претстављају нарочита решења, и решења која се не јављају често.

У приложеним скицама изложен је сваки тип засебно са шематском претставом конструкција и инсталација. Разради основног елемента додат је извештај број диспозиционих шема, варијантних решења, мање-више у облику технолошких шема. Усто, код мањих типова (1-ог, 2-ог, 3-ег, 3-ег а, 4-ог, 4-ог а, и 4-ог б) дате су табеларно сређене димензије зграда произашле из избора разних капацитета. Код група и типова где су могуће комбинације са кондензационим термоелектранама и топланама, и ови су случајеви приказани.

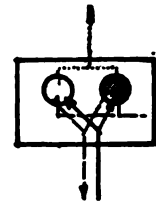
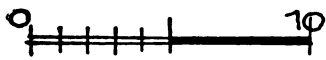
ПРВИ ТИП

Као што је напоменуто, котларница 1-ог типа служи искључиво као произвођач топлоте у виду паре, а налази се у склопу малих индустријских постројења. Произведена пара употребљава се у оном облику као што је изашла из котла (ређе преко редуцир вентила) за технолошке сврхе, или загревање просторија. Котларница је опремљена вертикалним котловима са грејним, водогрејним, филдовим или ређе само пламеним цевима. Котао има најчешће фиксну равну решетку за ручно ложење. У случају примене горива са већом количином пепела, згодне су решетке са осцилирајућим штаповима, помоћу којих се у току рада врши отстрањивање пепела и ломљење шљаке. За ове котлове погодна су горива веће калоричне моћи, услед конструктивне тешкоће смештаја великих ложишних простора за нишковредна горива. Притисак котлова иде од 2 до највише 10 атмосфера. Пара је засићена, употреба прегрејача је врло ретка, исто тако и економијер се не употребљава. Напајање мањих котлова врши се ињекторима, а осталих клипним и електричним центрифугалним пумпама. Услед просте конструкције и непостојања репних огрејних површина сте-

пен искоришћења није велики (50 до 60%). Капацитет се креће од 10 до 60×10^4 kcal/h. Одлика ових котлова је да су прости по конструкцији и да се монтажа врло лако спроводи пошто немају озиди. Њихова изолација је по типу изоловања цеви.

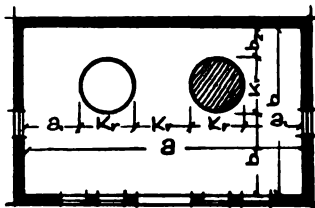
У зависности од капацитета котларнице и калоричне моћи употребљеног горива добија се сатна потрошња угља, а према њој се одређује и начин допремања горива од складишта до котларнице. У већини случајева допрема се врши колицима са једним точком, код већих капацитета, нарочито код дворедних концепција долази у обзир довођење угља вагонетима, било по тлу било по висећој шини. У котларници се на фронту котлова држи извесна количина горива са које ложач, ако је ручно ложење, лопатом убацује угаљ у ложиште. Аутоматизација ложења може се спровести у извесној мери на тај начин, што ће се уместо врата поставити проширени левкови који се пуне из вагонета са горњом шином. Из ових проширених левкова убацивање горива врши се катапултним или неким другим уређајем. Механизовање убацивања горива може се спровести и пнеуматским убацивачем. Ова кон-

1. тип

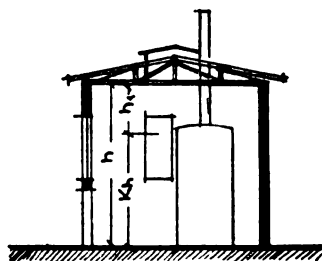


— УГАЉ
 - - - - - ИЛИ ГАС
 - - - - - ВОДА
 ······ ПАРА

ОСНОВА



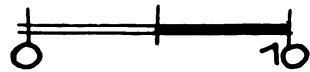
ПРЕСЕК



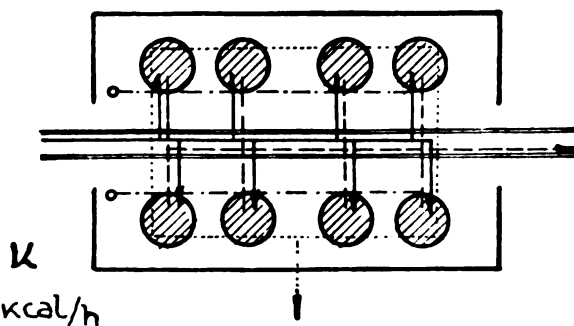
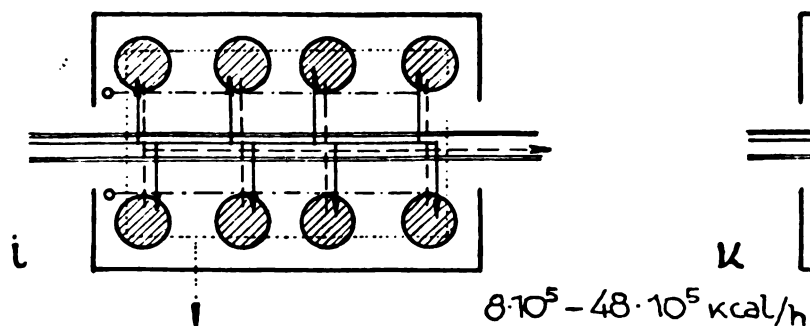
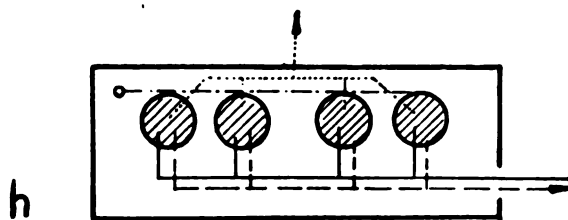
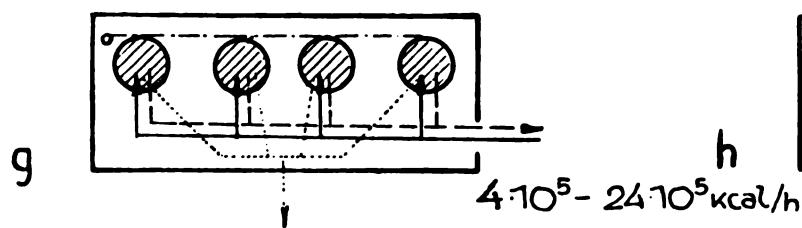
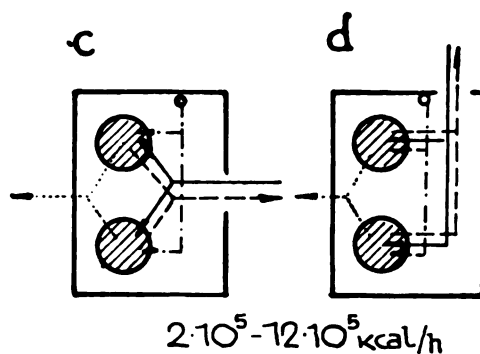
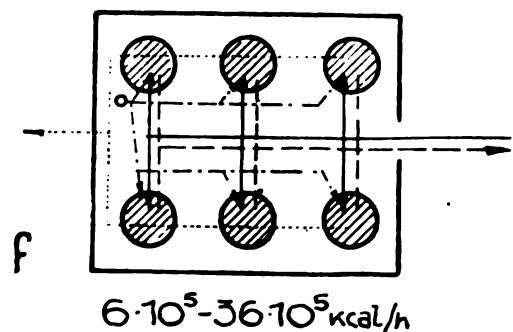
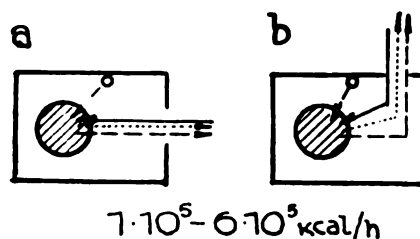
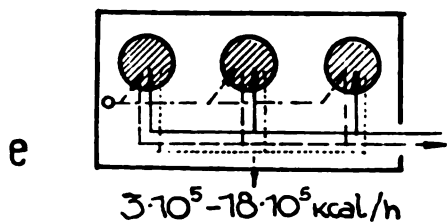
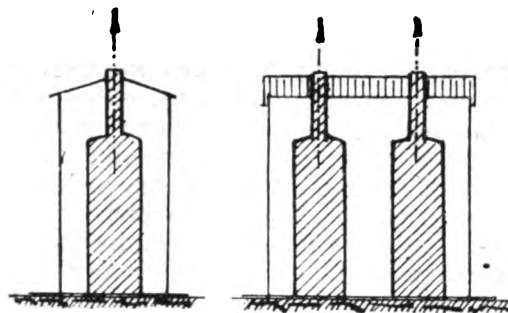
| | КАПАЦИТЕТ У КСАЛ/Ч БАЗА ИСП. ПАДА У H _н = 4,500 cal | | | | | | |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 2 10·10 ⁴ | 2·15 10 ⁴ | 2·20 10 ⁴ | 2·25 10 ⁴ | 2·30 10 ⁴ | 2·50 10 ⁴ | 2·60 10 ⁴ |
| A _к | 2x10 | 2x15 | 2x20 | 2x25 | 2x30 | 2x50 | 2x60 |
| K _г | 1.0 | 1.10 | 1.20 | 1.30 | 1.50 | 1.80 | 2.0 |
| K _н | 3.0 | 3.30 | 3.6 | 4.0 | 4.5 | 5.5 | 6.0 |
| a ₁ | 0.5 | 0.55 | 0.6 | 0.65 | 0.75 | 0.9 | 1.0 |
| a | 4.0 | 4.40 | 4.8 | 5.2 | 6.0 | 7.2 | 8.0 |
| b ₁ | 2.0 | 2.2 | 2.5 | 2.7 | 2.8 | 2.9 | 3.0 |
| b ₂ | 0.5 | 0.55 | 0.6 | 0.65 | 0.75 | 0.9 | 1.0 |
| b | 3.5 | 3.85 | 4.3 | 4.65 | 5.05 | 5.60 | 6.0 |
| h ₁ | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.80 |
| h | 4.8 | 5.10 | 5.40 | 5.80 | 6.3 | 7.3 | 7.8 |
| m ² /10 ⁴ Kcal/h | 0.7 | 0.55 | 0.51 | 0.48 | 0.50 | 0.4 | 0.4 |
| m ³ /10 ⁴ Kcal/h | 3.36 | 2.82 | 2.70 | 2.80 | 3.18 | 2.95 | 3.0 |

ГРАЂЕВИНСКА ПОВРШНА м² 73

1.ТИП



ДИСПОЗИЦИОНЕ ШЕМЕ



————— УГАЉ
 - - - - - ШИПАКА

..... ДИМ

----- ВОДА
 - - - - - ПАРА

цепција је погодна код решавања допреме дековила по тлу. У том случају котларница мора имати подрум испред котлова у који ће се изручавати угаљ из вагонета, и из кога ће пнеуматиком гориво бити убацivano у ложишни простор. Са економске стране механизација ових котларница није логична, јер инсталације транспорта нису у инвестиционом погледу пропорционалне са примарном котловском инсталацијом, те би у великој мери амортизационе квоте оптерећивале производну цену паре.

Отклањање шљаке врши се ручно при чишћењу ватре, као и избацивање пепела из пепоника. Једина прихватљива делимична механизација је коришћење осцилујућих штапова. Из намене којој ове котларнице служе, произлази да се котлови напајају у пуној мери, или делимично кондензатом произведене паре. Према томе омекшавање воде не претставља проблем. Уколико примена кондензата није могућа, конструкција котла дозвољава употребу тврде воде. Предгревање свеже воде, када се не врши напајање ињектором, може се вршити неким простијим предгрејачем. Из саме конструкције котла следи, као најприроднији начин, да се путем лименог димњака постављеног на тело котла одведу продукти сагоревања. Услед малих отпора у котлу ретко је потребна велика вуча, те је довољан поменути димњак са природном промајом. Коришћење зиданих димњака компликовано је извођењем прикључка. Специјални уређаји за хватање пепела и летећег кокса нису уобичајени, већ

се могу употребити најпростији циклони или искрохватачи.

Једноставност технолошког процеса и мали габарити инсталација резултирају у архитектонском решењу као обичне просторије правоугаоног облика. При одређивању димензија, као и код свих индустријских зграда, руковођено је захтевима најмање потребног простора за опслуживање. Са три стране котлу је дато отстојање од зидова минимално потребног за пролаз човека и ситуирање пумпи, а четврта предња страна је проширена због опслуживања и поменутог унутрашњег лагеровања горива. Зграда је озидана обичним зидом од опеке, а само код котларница капацитета $2 \times 30 \times 10^4$ и већих, због дужине зидних платна, потребно је предвидети ојачавајуће пиластре за укрућење и парирање бочним притисцима ветра. Кровна конструкција је нормална: било система распињаче, вешалке или неке просте и лаке дашчане решетке. Вентилација природна, преко прозора и кровних лантерни.

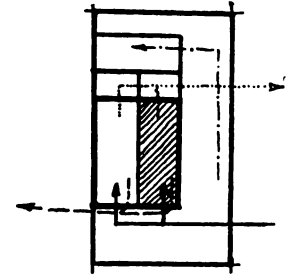
Уз типско решење дата су варијантна која су по одликама свог типа, како машинским тако и архитектонским, истоветна, само се усвојена основна јединка умножава до извесне мере. Број ових елемената условљен је колебањем оптерећења, а често произлази и из проширења постојеће котларнице. Ток технолошког процеса низањем основних јединки не мења се, он и даље остаје праволинијски, једноставан и оријентисан само у зависности од врсте допреме горива и положаја потрошача.

ДРУГИ ТИП

Котларнице овог типа у саставу су индустрије и дају пару за потребе фабријације и грејања. У старијим концепцијама ова постројења била су у склопу и електричних централа са клипним машинама. Услед особине котлова ове конструкције да су добри акумулатори топлоте, они се првенствено примењују у мањим индустријама, где је дијаграм парног оптерећења неравномеран и са великим скоковима, а где би засебни акумулатори топлоте били нерентабилни.

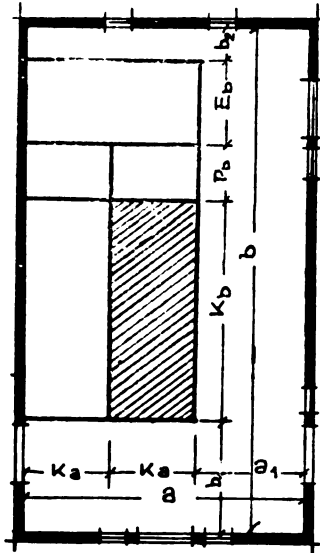
Котлови за ову врсту котларнице најчешће су Ланкаширски и Корнвалски, ређе комбиновани и бродског типа. У погледу висине притиска ограничена су на 15 атм. За веће притиске нагло би се повећали производни трошкови услед повећања дебљине лима. Пара може бити засићена или у мањој мери прегрејана, већ како то захтевају технолошки услови целокупног индустријског постројења. Коришћење топлоте добијене из котлова може се вршити у облику

2. ТИП

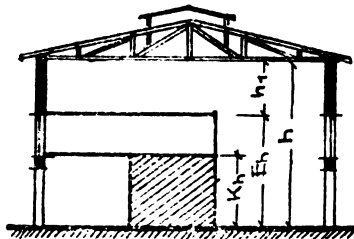


————— УГАД
 - - - - - ШИДАКА
 ······· ПАРА
 - - - - - ВОДА

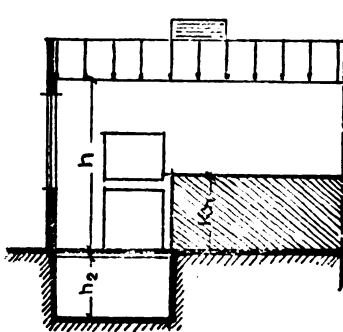
ОСНОВА



ПРЕСЕК а



ПРЕСЕК б



| ТИП КОТЛА | КАПАЦИТЕТ В КСАЛ/Ч, БАЗА НОДМ. РАДА И УТААН: 4500-46 | | | |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| | 2-40-10 ⁴ | 2-65-10 ⁴ | 2-90-10 ⁴ | 2-120-10 ⁴ |
| | ПАЛКА ПЛАМ. УБВ | ПАЛКАС ПЛАМ. УБВ | ДВЕ ПАЛКАС ПЛАМ. УБВ | ПЛАМЕ- НЕ УБВ |
| Ак | 35 | 55 | 75 | 100 |
| Кв | 2,94 | 3,25 | 3,40 | 3,90 |
| Кб | 8.27 | 8.60 | 9.00 | 10.00 |
| Кв | 1.98 | 2.25 | 2.30 | 2.40 |
| Рб | - | - | 1.80 | 2.00 |
| Еб | - | - | - | 2.00 |
| Ев | - | - | - | 4.00 |
| а ₁ | 25 | 30 | 3.5 | 4.0 |
| а | 8.38 | 9.5 | 10.3 | 11.8 |
| б ₁ | 3.0 | 3.25 | 3.5 | 4.0 |
| б ₂ | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| б | 12.75 | 12.85 | 15.3 | 19.0 |
| h ₁ | 1.8 | 1.80 | 2.0 | 2.20 |
| h ₂ | - | - | 2.0 | 2.20 |
| h | 3.78 | 4.05 | 4.3 | 6.0 |
| m ² /10 ⁴ kcal/h | 1.29 | 0.94 | 0.87 | 0.93 |
| m ³ /10 ⁴ kcal/h | 4.87 | 3.80 | 3.75 | 5.6 |

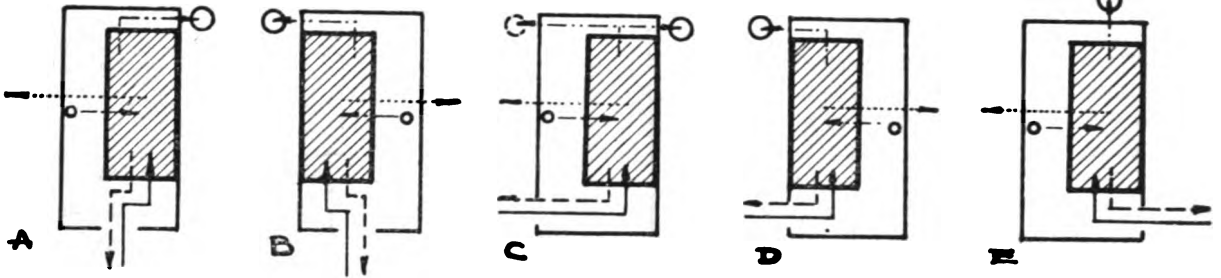
ГРАДЕВИНСКА ПОВРШНА № 202

2. тип

ДИСПОЗИЦИОНЕ ШЕМЕ

- УГАЉ
- - - ШЛАКА
- ВОДА
- ⋯ ПАРА
- · - · - ДИМ

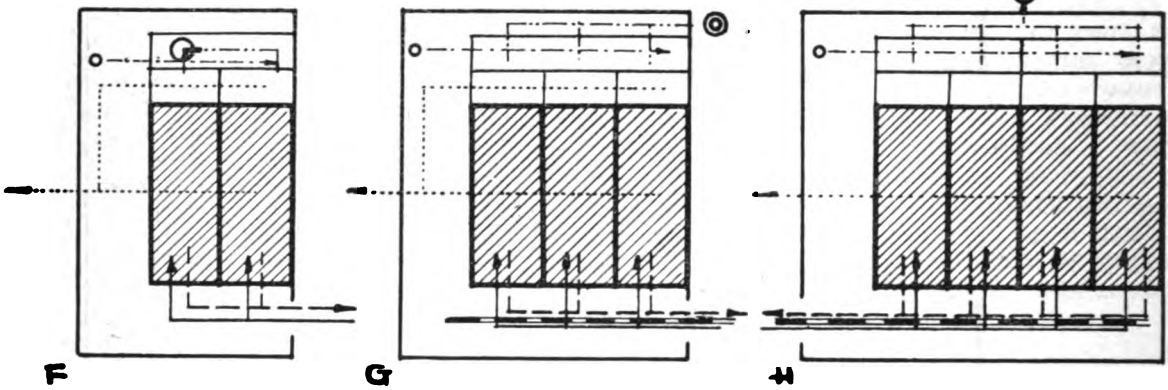
$4 \cdot 10^5 - 12 \cdot 10^5 \text{ kcal/h}$



$18 - 24 \cdot 10^5 \text{ kcal/h}$

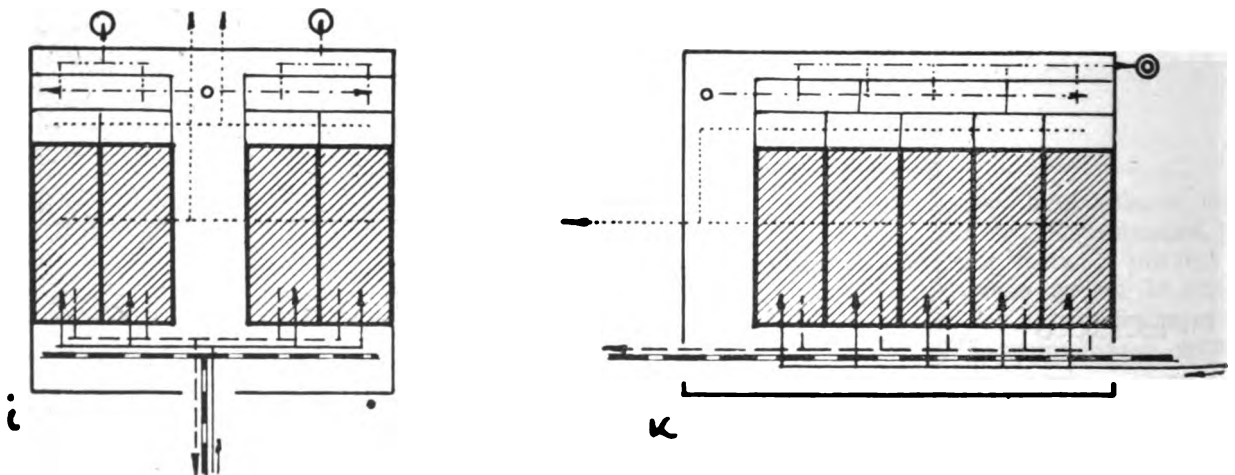
$24 - 36 \cdot 10^5 \text{ kcal/h}$

$32 - 48 \cdot 10^5 \text{ kcal/h}$



$32 - 48 \cdot 10^5 \text{ kcal/h}$

$40 - 60 \cdot 10^5 \text{ kcal/h}$



© ЗИДАВИ ДИПРАК

○ ЛЮПЕВИ ДИПРАК

паре или у другом трансформираном облику. Капацитет ових котлова иде од 40 до 120×10^4 kcal/h. Већи агрегати нису оправдани из истог разлога као и виши притисци.

Сагоревање горива у овим котловима врши се на равним решеткама у унутрашњем ложишту, нагнутих у полупредложишту, степенастим у предложишту, помоћу убацивача или аутоматске решетке са пужем. За котлове са предложиштем као нецелисходне конструкције за грађење нових није вршена типизација.¹⁾ Нисковредна горива нису погодна за котлове овог типа.

Помоћу клипних или центрифугалних пумпи вода тврдоће највише 6^0 NT преко економајзера напаја котлове.

¹⁾ Због данашње шире примене лигнита намеће се потреба реконструкције ових котлова увођењем степенастих решетки. Примена угљеног праха код ових котлова нема интереса за нашу привреду.

Проблем снабдевања горивом и механизација ложења чешћи су но код 1-ог типа, нарочито код старих котларница где је велики број агрегата. Одвођење шљаке није механизовано. Код већег броја котлова постављају се зидани димњаци средње висине, обично потпомогнути доњом а не сишућом промајом. Уређаји за отклањање летећег пепела и кокса нису у употреби. Код мањег броја агрегата може се применити лимени димњак на засебном постољу, а код економајзера са глатким цевима. Његов озид служи као постоље. У погледу постављања димњака код случајева са већим бројем котлова треба водити рачуна о аеродинамичним својствима.

Архитектонско грађевинске особине овога типа биће посматране заједно са наредним 3-ћим типовима, јер имају углавном сличне особине.

ТРЕЋИ ТИП

У примени котларница ових типова и групе било је речи о објашњавању поделе на групе. Треба само нагласити да трећи тип улази у обзир за самосталне котларнице а трећи а тип код котларнице у саставу мањих и привремених електрана.

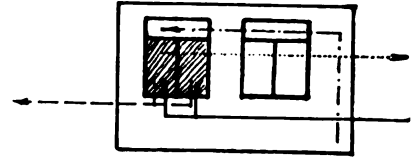
Због ове особине привремености изабрани су котлови монтажног и транспортног типа. То су агрегати малог и средњег капацитета, модерне концепције са малим бројем простих елемената и са широким могућностима усавршавања и рационалније експлоатације. Обично су то котлови са два или три бубња и стрмим водогрејним цевима. Решетке и ложишни простори тако су конструисани, да могу сагоревати нисковредна горива чије је искоришћавање за нашу привреду необично актуелно. Они поседују добре стране великих котлова. Знатан део топлоте предаје се зрачењем. Лаки су, компактни и брзо се могу монтирати. Капацитет се креће од 130 до 750×10^4 kcal/h. Притисци су од 6 до 20 атм. Температура од 240 до 400 0 C. По свом облику ложишта котао VVD може се лако преградити на ложење са угљеним прахом по принципу Кремера. Корисно је

увођење механичког или пнеуматског убацивања угља, ради побољшања степена искоришћења и аутоматизације. Као гранични степен искоришћење модифицираног котла VVD био би око 78%

Ове конструкције не захтевају нарочито припремљену воду. У самим бубњевима постоје уређаји за издвајање каменца, таложене муља и унутрашње омекшавање. Пошто се користи гориво са великим процентом пепела и како се примењују димњаци мале висине, треба обратити пажњу на спречавање и хватање летећих састојака продуката сагоревања. Код овог типа и код најмање јединке потребно је остварити механизацију ложења и допреме горива.

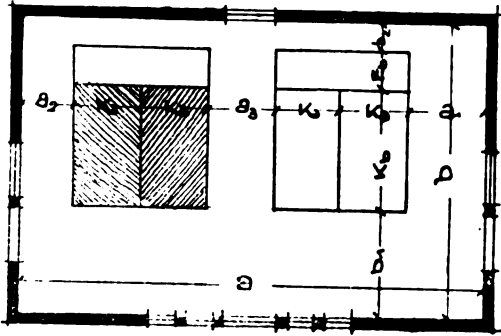
Од типова I-ве групе ове котларнице се у конструктивном погледу много не разликују. И код њих је програм једноставан осим код типа 3а где је он увећан захтивима за одржавање хитијене радника и погона. Код досадашњих случајева нису узимане у обзир просторије за ову службу, јер се те потребе решавају у склопу предузећа коме котларница припада. Нелогично је да се код

3. ТИП



————— УГЛАВ
 - - - - - ШАКА
 ······· ПАРА
 ———— ВОДА

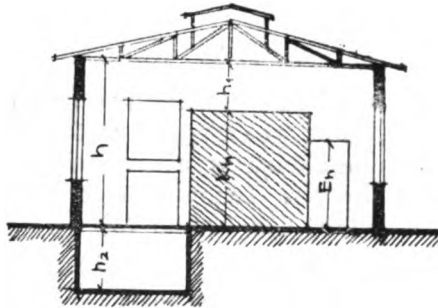
ОСНОВА



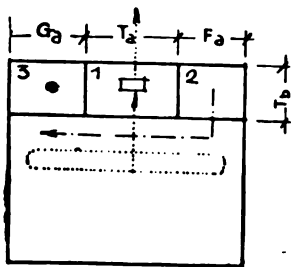
| тип котла | КАПАЦИТЕТ У КСАЛ/Н БАЗА НОРМАНА ПАРА И УГЛАВ $h_1 = 4500 \text{ KCAI/KG}$ | | | | |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------------------|
| | DKV | KRS | VVD | KaZ | VVD _н |
| Ак | 124 | 200 | 200 | ? | 250 |
| Ka | 3.6 | 4.5 | 4.0 | 4.80 | 4.0 |
| Kb | 4.2 | 5.2 | 5.2 | 3.5 | 6.0 |
| Kh | 3.6 | 4.8 | 5.3 | 5.35 | 5.5 |
| Eh | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.00 | 4.5 |
| г | 3.6 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| г _е | 2.0 | 2.40 | 2.2 | 2.5 | 2.2 |
| г _з | 2.4 | 3.1 | 2.8 | 3.2 | 2.8 |
| г | 22.4 | 27.5 | 25 | 28.9 | 25.0 |
| b ₁ | 3.6 | 3.8 | 4.2 | 4.2 | 4.5 |
| b ₂ | 1.0 | 1.0 | 1.2 | 1.2 | 1.5 |
| b | 8.8 | 10.0 | 10.6 | 8.9 | 12.0 |
| h ₁ | 1.8 | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.8 |
| h ₂ | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.4 |
| h | 5.4 | 6.60 | 7.1 | 7.15 | 7.3 |
| м ² /10 ³ КСАЛ/Н | 0.56 | 0.36 | 0.19 | ? | 0.137 |
| м ³ /10 ³ КСАЛ/Н | 2.4 | 1.94 | 1.07 | ? | 0.81 |

ГРАЂЕВИНСКА ПОВРШНА м² 270

ПРЕСЕК Б



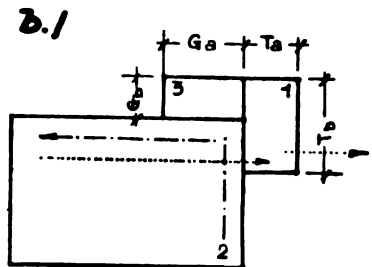
КОМБИНАЦИЈА СА ЕЛ.ЦЕНТРАЛОМ



а/

1 ТУРБИНСКА САЛА
 2 ФИЛАТАР, АКУМУЛАТОР,
 ПРЕГРЕЈАК, ПУМПЕ И
 КОНДЕНЗАТ
 ———— ВОДА
 ······· ПАРА
 - - - - - 3 ГАРДЕРОБЕ, ИС.ТУШ

ГРАЂ. ПОВРШНА м² 343

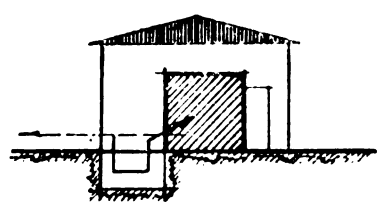


б/

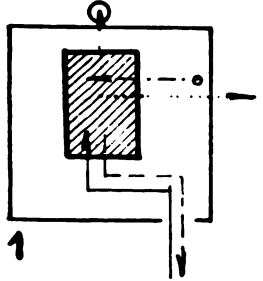
ГРАЂ. ПОВРШНА м² 323

3. ТИП

ДИСПОЗИЦИОННЕ ШЕМЕ

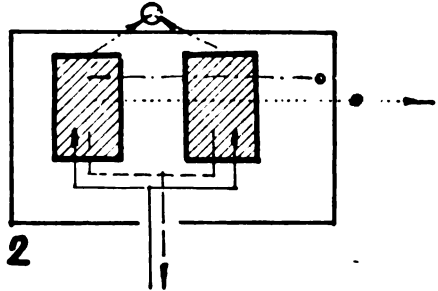


13-50 · 10⁵ kcal/h



1

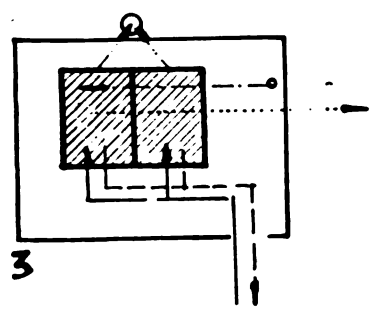
26-100 · 10⁵ kcal/h



2

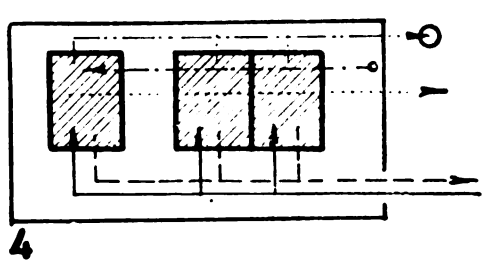
УГАЉ
ШЛАКА
ВОДА
ПАРА
ДИМ

26-100 · 10⁵ kcal/h



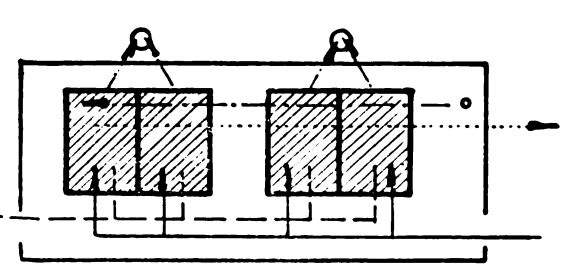
3

59-150 · 10⁵ kcal/h



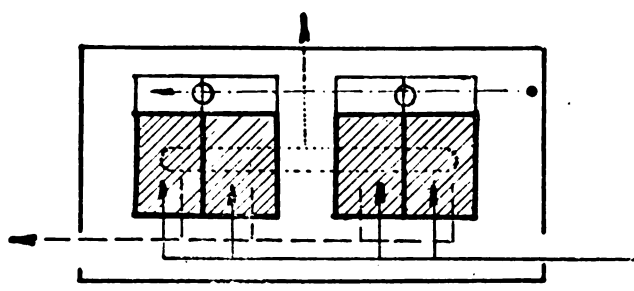
4

52-200 · 10⁵ kcal/h



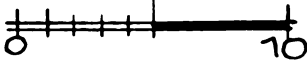
5

52-300 · 10⁵ kcal/h

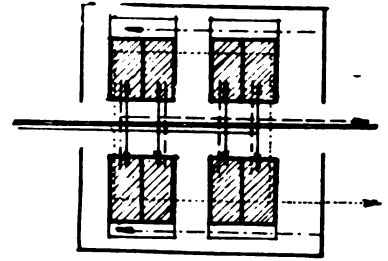


6

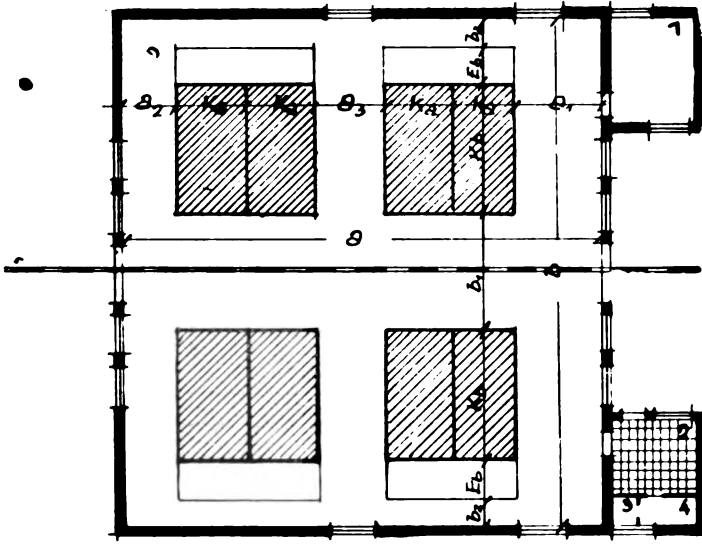
3. ТИП



(A)

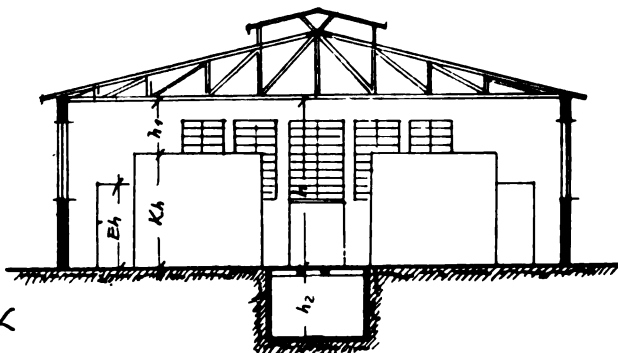


— УГАО
 - - - ШИДАКА
 - - - ВОДА
 - - - ПИ...



ОСНОВА

| | НАПРАВИТЕТ НА БАЗИ НОРМА- | | | | |
|-------------------|------------------------------|-------|-------|------|--------------------|
| | НЕ ПАРЪ И УГАО И, 4500ккал/ч | | | | |
| | 8140W | 285W | 8525W | — | PER-V |
| | DKY | KPS | VVD | KAZ | VVD _{max} |
| Ак | 124 | 200 | 200 | ? | 250 |
| Ка | 3.6 | 4.5 | 4.0 | 4.80 | 4.0 |
| Кб | 4.2 | 5.2 | 5.2 | 3.5 | 4.2 |
| Кв | 3.6 | 4.8 | 5.3 | 5.35 | 5.5 |
| Ев | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.0 | 4.5 |
| Еб | 1.8 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.8 |
| а ₁ | 3.6 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| а ₂ | 2.0 | 2.4 | 2.2 | 2.5 | 2.2 |
| а ₃ | 2.4 | 3.1 | 2.8 | 3.2 | 2.8 |
| 8 | 22.4 | 27.5 | 25 | 28.9 | 25 |
| б ₁ | 4.3 | 4.56 | 5.0 | 5.0 | 5.4 |
| б ₂ | 1.0 | 1.0 | 1.2 | 1.2 | 1.5 |
| б | 18.3 | 20.96 | 21.8 | 18.4 | 20.4 |
| h ₁ | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 |
| h ₂ | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.4 |
| h | 5.4 | 0.6 | 7.1 | 7.15 | 7.3 |
| м ² /ч | 0.44 | 0.30 | 0.16 | — | 0.107 |
| м ² /ч | 2.08 | 1.77 | 0.98 | — | 0.660 |



ПРЕСЕК

РАЗВИШЕНА ГРАБ ПОВР № 480

Сл. 210. - 1. погонска кабина, 2. гардероба 3. клозети 4. туш и умиваоник

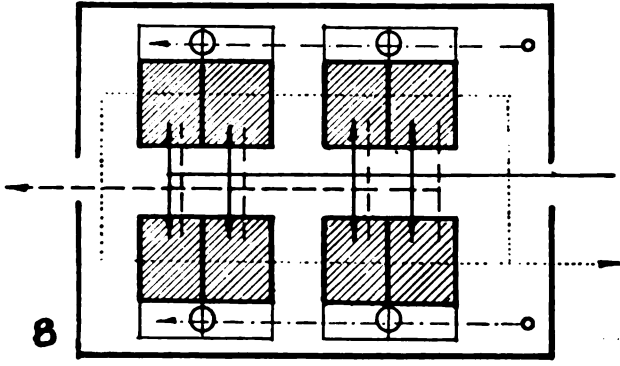
3. ТИП

ДИСПОЗИЦИОНЕ ШЕМЕ

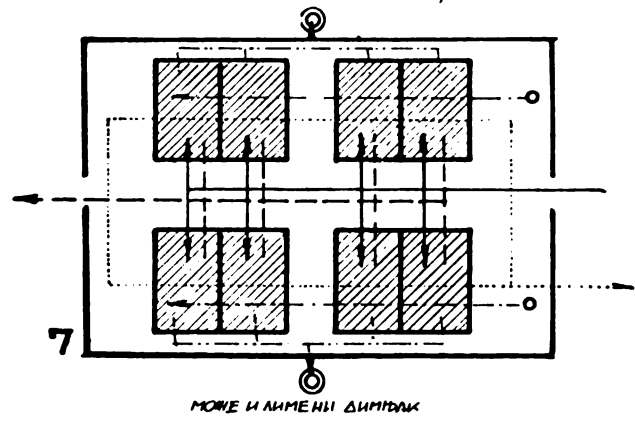
| | |
|--|--------|
| | УГЛО |
| | Ш/ДАКА |
| | ВОДА |
| | ПАДА |
| | ДИМ |
| | KW |

A

$104 - 600 \cdot 10^5 \text{ kcal/h}$



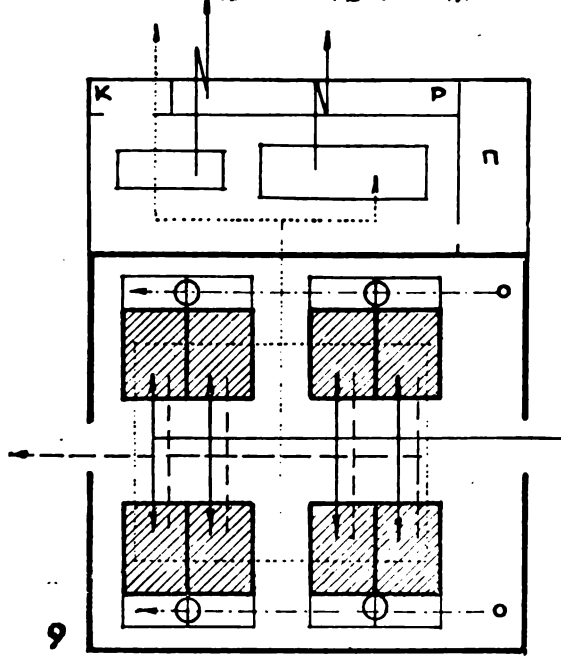
$104 - 400 \cdot 10^5 \text{ kcal/h}$



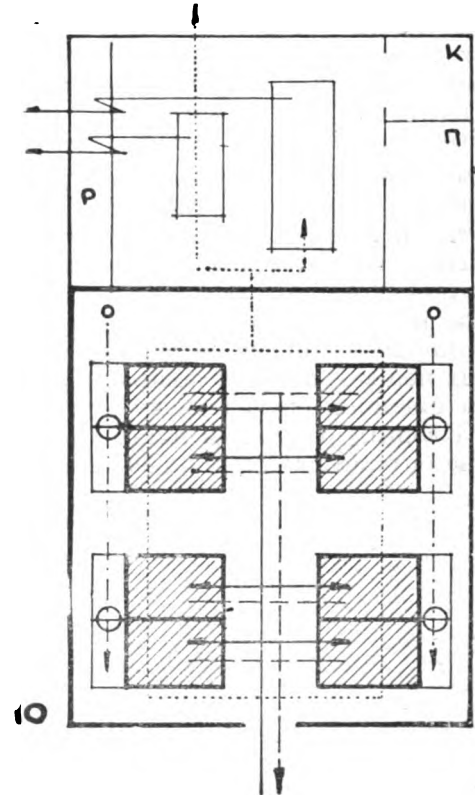
КОМБИНАЦИЈА С А ЕЛЕКТРАНОМ

$104 - 600 \cdot 10^5 \text{ kcal/h}$
 $1700 - 10.000 \text{ KW}$

К КОМАНДНА КАБИНА
 Р ЕЛЕКТРИЧНИ РАЗВОД
 П ПРЕДРЕЈАЧИ И ПРЕЧИСТАЧИ



$104 - 600 \cdot 10^5 \text{ kcal/h}$
 $1700 - 10.000 \text{ KW}$



мањих типова дају простори гардероба, умиваоника и осталих хигијенско-санитарних уређаја, као и посебне погонске кабине (канцеларија пословође) кад у њима ради незнатан број људи, а у непосредној близини, у првој радионичкој згради, постоје већ сви поменути простори са одговарајућим инсталацијама. Код типа 3а, који је третиран као самостална јединка, и када је у склопу електране, дати су ови простори као неопходни. Ту је поступио према нашим прописима Правилника и решена су следећа одељења: гардеробе за радништво, тоалети, туш и умиваоник као и погонска кабина, која је у директној вези са главним радним простором — котловском салом. Све ове нузпросторије решаване су само шематски да би се испитале потребне изграђене површине, односно њихове приближне димензије. Ради што бољег и чистијег решења главног простора погонска канцеларија и просторије за радништво постављени су у виду анекса. Овако решење је и једино могуће јер су ове просторије у односу на главни радни простор сасвим различите својом сврхом, наменом, димензијом и конструктивном врстом. При димензионисању котларнице предвиђене су потребне површине пода за пумпе да се не би стварало засебно одељење. Поред тога резервисане су и површине за резервоаре, редукцирвентиле, парне колекторе, предгрејаче и контролне инструменте. Код већих комбинација 2-ог типа као и код свих варијаната 3-ег и 3-ег а типа обезбеђена је проточност главне комуникације за довод горива и одвоз шљаке, што показује упрошћавање и свођење тока технолошког процеса на праву линију. Овако решење биће можда некад измењено услед теренских прилика конкретног градилишта.

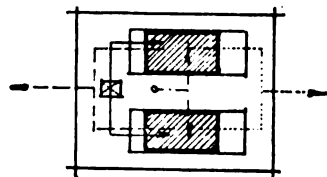
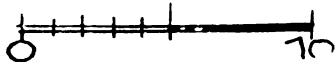
Карактеристична заједничка грађевинска особина свих поменутих типова је подрум испред фронта котлова који служи за вентилаторе или аутомате за убацивање горива у ложишни простор. Како преко овог дела иде пруга за довоз горива, то је таваница армирано-бетонска са ојачавајућим ребрима за ношење шина дековила. Димензионишући статички ову бетонску конструкцију треба водити рачуна да шина прима континуивно оптерећење од око 800 kg/m^1 . Пред-

виђени подрумски простори нису повезани са котларничким нормалним степеништем већ се у њих силази кроз обично окно преко „димничарских“ гвоздених степеница. Нормална комуникација између ових двеју просторија не постоји током процеса рада. Напомиње се да подрумски простор не служи за рад људи.

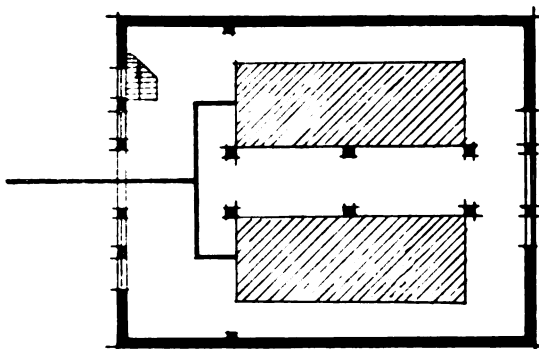
Зидови су и овде нормалне структуре са ојачавајућим пиластрима и серклажима за паралисање бочних притисака. Распони по краћој страни код сва три типа крећу се од 8,80 до 20,40 m те се и они могу решавати дрвеним кровним конструкцијама. За велике распоне 3-њих типова (нарочито кад су котларнице дворедне) мора се увек употребити дашчана решеткаста конструкција а никако неко друго решење са тешким крововима греда пуног пресека или чак армирано-бетонским, обзиром на њихов карактер привремености. Разумљиво је да ће код оваквих случајева бити употребљена за покривач кровна терисана хартија. Вентилација је предвиђена природна, путем прозора и жалузиских отвора на лантернама.

Само у случају типа 3 а локација котларнице је одређена диспонирањем електране пошто је њен саставни део. Остали типови као самостална котларничка постројења у склопу индустрија имају специфичне захтеве у погледу свог ситуирања. Основни је услов да су у централном положају према главним потрошачима паре, а на блиској вези са довозом горива. (О овом ситуирању види поглавље општих напомена ложирања котларнице). Велику пажњу при избору места треба обратити на знатне количине летећег пепела из димњака, пошто је већ речено да је једна од карактеристика ових типова кратак димњак и непостојање скупих уређаја за спречавање разастрирања димних гасова и осталих продуката сагоревања. Нарочито је потребно предвидети одбрану стаклених површина од наслага пепела и гаражи, уколико се котларница налази у склопу неке индустрије са зградама претежно хоризонталне конструкције, односно шед крововима. Значи да је теза решавања шеда са вертикалним стакленим површинама зубца у овом случају потпуно оправдана и сасвим прихватљива.

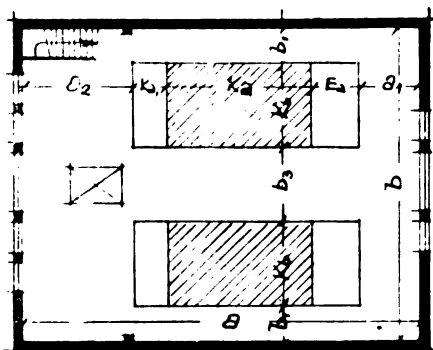
4. ТИП



————— УГАЉ
 - - - - - ШЛАКА
 - - - - - ВОДА
 ······ ПАРА



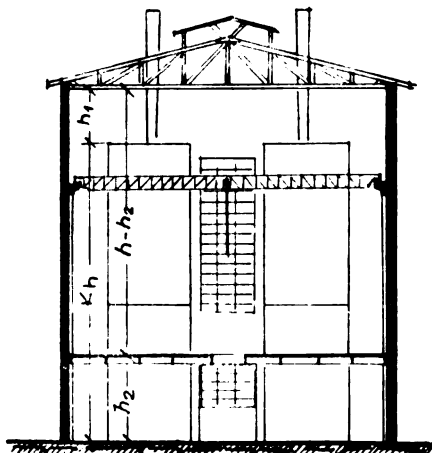
ОСНОВА



СПДАТ

| | ПОПЛУНЕТИ У КОЈИ ВЕЉА | | |
|-----------------|----------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | КОЈИ ПАРНА ПУСКОМ 4500 $\frac{m^3}{h}$ | | |
| | ТАРБЕ | ТАРБЕ | СЕКЦИЈА |
| | 2 200 10 ³ | 2 400 10 ³ | 2 280 10 ³ |
| A _k | 100 | 200 | 150 |
| K _a | 5.0 | 6.0 | 7.0 |
| K _{a1} | 1.2 | 1.4 | 1.8 |
| K _b | 3.0 | 3.6 | 3.2 |
| K _h | 9.0 | 10.0 | 11.0 |
| E _a | 1.8 | 2.0 | 1.8 |
| E _h | 7.0 | 8.0 | 9.0 |
| h ₁ | 1.8 | 1.8 | 1.80 |
| h ₂ | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| h | 10.8 | 11.80 | 12.80 |
| ∅ ₁ | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| ∅ ₂ | 4.0 | 4.2 | 4.5 |
| ∅ | 14.0 | 15.0 | 16.8 |
| b ₁ | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| b ₃ | 2.4 | 2.9 | 2.6 |
| b | 10.8 | 12.5 | 11.4 |
| $\frac{m^2}{h}$ | 0.76 | 0.5 | 0.68 |
| $\frac{m^2}{h}$ | 4.1 | 2.95 | 4.35 |

$$b_2 = \min 0.75 K_b$$



ПРЕСЕК

РАЗВИЈЕНА ПДАБ. ПОВР m^2 354

ЧЕТВРТИ ТИП

Предвиђене котларнице 4-ог типа, као и 4 а и 4 б типа, су најраспрострањеније због врсте употребљених котлова, те су стога овде најошпирније и разрађене. Употреба ових котлова биће актуелна још дуже време како због изградње ове врсте у нашој данашњој индустрији, тако и због великог броја постојећих котлова у погону. Често се приступа реконструкцији ових агрегата ради примене домаћег горива и повећања капацитета. Котлови ове конструкције налазе широку примену и задовољавају разнолике услове фабрикације и погона уопште. Од котлова малог капацитета, који су заступљени у 4-том типу преко секционих котлова типа а до котлова средњег капацитета високе продуктивности са угљеним прахом типа б, постоји велики број случајева који се могу подвести у ову групу.

4-ти тип користи Гарбеове котлове са два, три или четири добоша и стрмим водогрејним цевима, као и секционе котлове малог капацитета. Ти агрегати у модерној техници не претстављају нарочит интерес, али пројектант може са њима рачунати јер на њих најчешће наилазимо у нашој лакој индустрији. Они су обично мањег капацитета 200 до 280×10^4 kcal/h, имају ланчасту решетку и подешени су за гориво средње калоричне моћи. Услед малог капацитета и релативно доброг горива, сатна потрошња није велика, те стога није прихватљива изградња неекономичних армирано-бетонских бункера за угаљ. Уместо бункера проширују се улазни левкови на котлу, тако да они могу примити до два вагонета (сва 1.500 kg), што претставља количину довољну за сат и по рада. У овом случају оптерећење крана, постављеног за довоз, тј. издизање угља до котла, неће бити велико. Један радни циклус крана обавља се сваких 22 минута.

Као нормална опрема котла предвиђа се прегрејач паре до 350°C , економајзер са улазном температуром минимум 60°C , а излазном максимум 150°C . Радни притисак је до 25 атм. У зависности од броја ходника у котлу, може се лимени димњак користити и

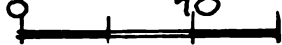
поставити на озид економајзера, или ће се изградити са засебним постољем, или целим зиданим димњаком.

Изношење шљаке врши се помоћу вагонета који се креће у нивоу терена. Вагонет подилази под котао, из конуса за пепео у шљаку пуни се, и истим путем одвози на складиште шљаке. За котлове овог типа потребно је вршити у извесној мери припремање воде услед великог броја стрмих цеву које су тешко приступачне гребачима. Којефицијент искоришћења котлова не прелази 75%.

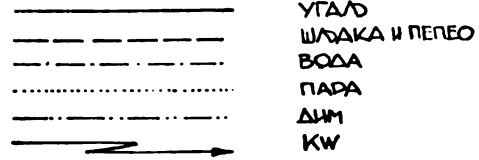
У типу 4 а употребљени су секциони котлови и ређе котлови са воденим коморама. Они могу бити са два, три или четири канала, од чега зависи смер истицања продуката сагоревања, а што има одлучујући утицај на избор решења димњака. Капацитети се крећу у границама од 280 до 2.250×10^4 kcal/h, радни притисци од 12 до 13 атм. а прегрејаност од 300 до 400°C . Решетке су код постојећих котлова ланчаног типа погодне само за добро сортирано гориво од 15 до 30 mm. Код нових котлова као и код модернизованих, наилази се на степенасте механичке, каскадне и разне друге стокере погодне за коришћење нисковредних угљева и отпадака сепарације бољих горива. Осетљивост ових котлова према води за напајање није велика. Недостатак акумулационе способности надокнађује се еластичношћу у погону. Степен искоришћења код већих јединица пење се до 78%.

Механизација рада опслуживања котла извршена је потпуно. Гориво помоћу елеватора преко бункера и котловских левкова, ређе аутоматских вага и дозера, доспева до котла. Уместо елеватора може се употребити и неко друго средство за пренос по вертикали, као например дизалична корпа или естакада. Одвођење шљаке истоветно је са претходним типом а код већих јединица може бити преко влажних млинова, или чак хидраулично са ниским притиском. Повећањем висине и запремине ложисних простора, као и изменом сводова, могу се ложиста

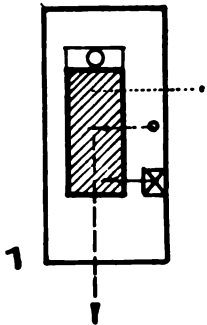
4. ТИП



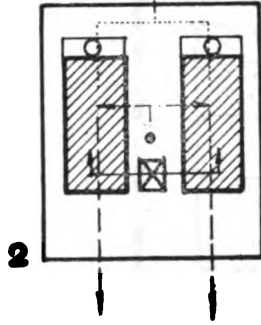
ДИСПОЗИЦИОННЕ ШЕМЕ



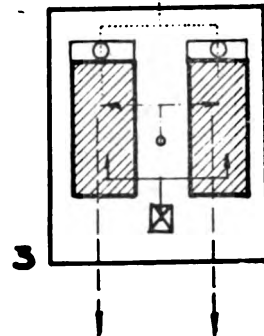
20 - 40 · 10⁵ kcal/h



40 - 80 · 10⁵ kcal/h

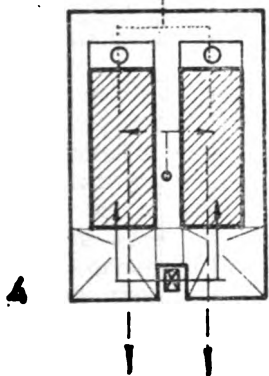


40 - 120 · 10⁵ kcal/h

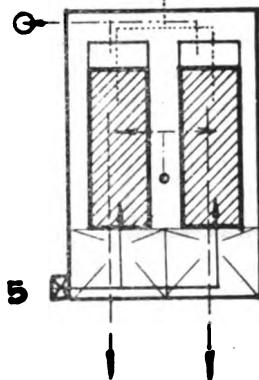


A

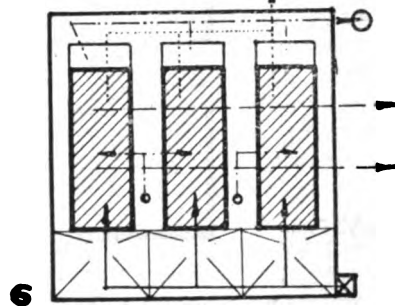
56 - 450 · 10⁵ kcal/h



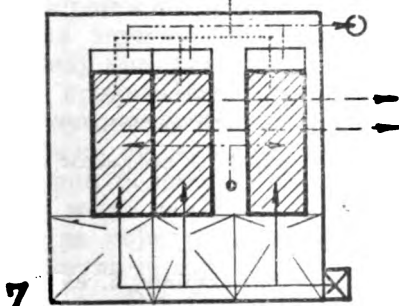
56 - 450 · 10⁵ kcal/h



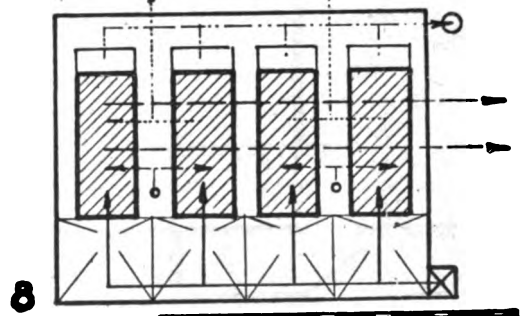
84 - 675 · 10⁵ kcal/h



84 - 675 · 10⁵ kcal/h

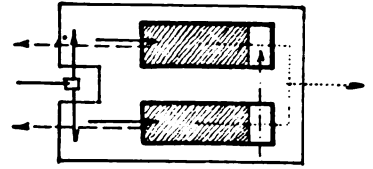
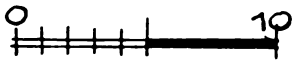


112 - 900 · 10⁵ kcal/h



Сл. 231

4. ТИП



— УТАО ШИПАКА
 - - - - - ПРАВА
 ······ ПРАВА
 BOBA

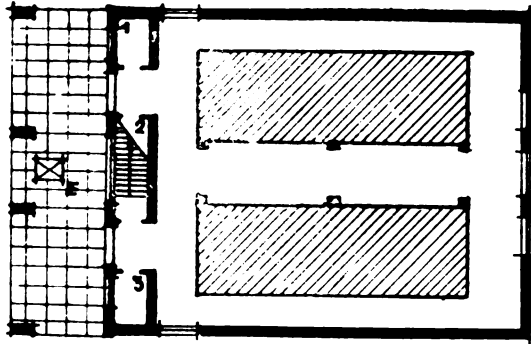
СЕНЦИОНИ КОТОВИ СА БО
 ДОПУШТАЈУ ЦЕВИ

КАНАЛИТЕ У КАМБАЗА
 НОБРИКАС 2076 А СМ
 2.278 И СЕО 10 2.2750

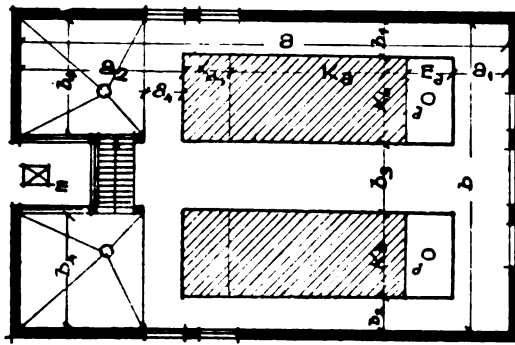
| | 150 | 300 | 600 |
|------------|------|------|-------|
| K_a | 7.0 | 7.5 | 8.0 |
| K_{a1} | 1.8 | 2.0 | 2.20 |
| K_b | 3.2 | 4.2 | 5.0 |
| K_h | 11.0 | 12.0 | 13.0 |
| E_a | 1.8 | 2.0 | 2.2 |
| E_h | 9.0 | 9.5 | 10.0 |
| h_1 | 1.8 | 1.8 | 1.80 |
| h_2 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| h_3 | 6.0 | 6.5 | 7.0 |
| h_4 | 1.6 | 2.0 | 2.4 |
| h_5 | 3.0 | 4.7 | 7.0 |
| h_6 | 1.8 | 2.0 | 2.2 |
| h_p | 2.0 | 2.1 | 2.2 |
| h | 12.8 | 13.8 | 14.8 |
| δ_1 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| δ_2 | 6.0 | 5.0 | 6.2 |
| δ_4 | 1.6 | 0* | 0* |
| δ | 186 | 18.5 | 20.6 |
| b_1 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| b_2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| b_3 | 2.6 | 3.2 | 3.75 |
| b_4 | 4.40 | 5.8 | 6.7 |
| b | 11.4 | 14.0 | 15.48 |
| m_1 | 0.74 | 0.34 | 0.28 |
| m_2 | 5.36 | 2.46 | 1.15 |

КОТОВИ
 ДИМЕНЗИЈЕ СТРАЖЕ

ОСНОВА



СПРАТ



* КОТОВИ СА ФУНКЦИОМ ЛАНИ ДЕВЕТКОМ

$$V = \frac{D_1(i_2 - i_3)}{H_1 \cdot \eta_n \cdot 0.75} 24$$

$$D_3 = \text{mm } 0.75 K_b$$

$$\delta_4 = 1.1 K_b + b_1$$

$$\alpha = \text{УТАО НАПИБА ЦЕВИ}$$

$$\beta = 30^\circ$$

$$L = \text{ДУЖИНА ЦЕВИ}$$

$$V = 24 V_0 \text{ ЗАПРЕМИНА БУНКЕРА}$$

$$h_3 = x \cdot \tan \alpha + h$$

$$h_4 = x \cdot \tan \beta$$

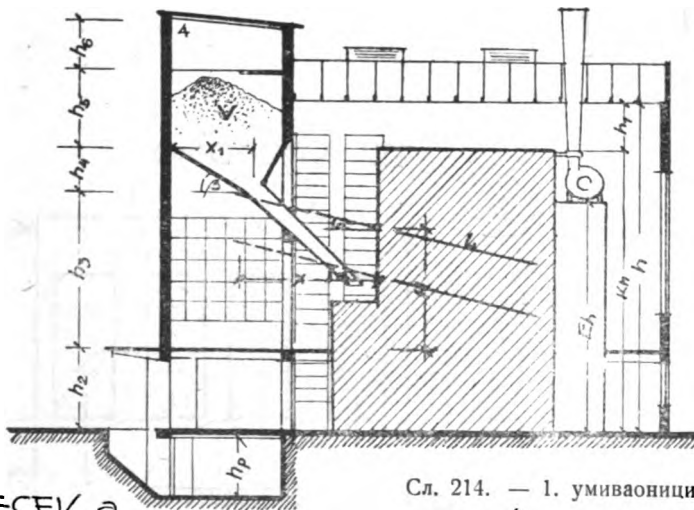
$$\delta_2^{\text{min}} = L \cos \alpha - K_{\delta_1}$$

$$\delta_4 = 1.50 - 1.80 \text{ m.}$$

$$h_5 = \frac{V}{F}; F: \text{ПОВРШИНА БУНКЕРА}$$

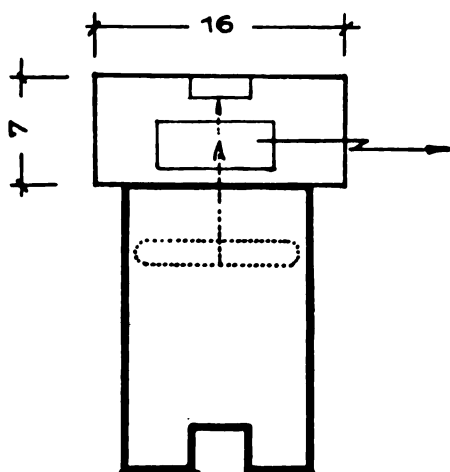
РАЗДВОЈЕНА ПРАДЕВ ПОВРШИНА № 514

ПРЕСЕК а

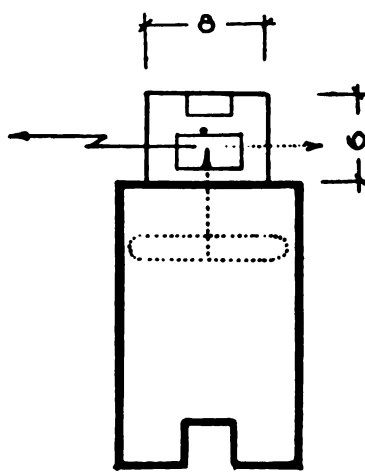


Сл. 214. — 1. умиваоници и туш, 2. гардероба, 3. клозети, Е. елеватор, 4. трака за развођење угла

К.Е.Ц.

740 м² РАЗВ.ГРАД.ПОВРШИНЕ

Т.Е.Ц.

РАЗВ.ГРАД.ПОВРШИНЕ м² 610

Сл. 215. — Котларница типа 4а у комбинацији са електраном

старих секционих котлова за висококвалитетна горива користити и за лошије врсте угља. Примена лигнита и мрког угља с великим процентом пепела може се обезбедити каскадном или косом механичком решетком.

Решење димњака у зависности је од броја канала, типа економајзера и процента лежећег пепела у гориву, а истовремено и од геренских услова и општих принципа ситуирања котларница. Повећање капацитета може се постићи убацивањем проширених репних огревних површина, повећањем квадратуре решетке, интензивирањем довода ваздуха путем зона, увођењем загрејача секундарног ваздуха, као и повећањем потребне количине воде и појачањем њене циркулације; затим постављањем ложишног екрана и циркулационих цеви. На овај начин може се продукција једног старог котла саввим удвостручити.

Котларнице наредне врсте б овог типа ређе су самосталне, оне су у склопу индустријских термоелектрана средњег капацитета. Овај тип котларница се примењује за котлове средњег капацитета са угљеним прахом по принципу Кремера.

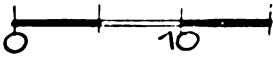
Котлови су секциони код којих је додирна огревна површина смањена а озрачена у знатној мери повећана, нарочито у случају код котла који ради са угљеним прахом. Склоп котла је сав у знаку савремених конструкција. Има свега један добош који је

попречно постављен,¹⁾ ложиште је јако екранисано, гради се обично са два канала те се услед тога Еко и Луво постављају у продужењу другог ходника. Цеви из секције се ваде позади котла, те се у том случају димњак не може поставити на озид економајзера. Капацитет котла је толики да се може успешно користити аутоматско регулисање као и хидраулично одвођење шљаке и пепела. Он се креће у границама од 1.800 до 3.140×10^4 kcal/h. У погледу воде ови котлови, нарочито који су веће специфичне продукције, захтевају у извесној мери омекшану воду (до 2° NT). Специфична продукција креће се од 35 до 60 kg/m²/h, те тако ови котлови спадају у групу агрегата високе специфичне продукције. Радни притисак достиже до 60 атм, а прегрејаност до 450° C.

Манипулација са горивом уколико је сагоревање на решетки иста је као у претходном типу, а у случају угљеног праха сирови угаљ се из бункера преко аутоматске ваге и дозера доводи у Кремеров млин са чекићима. Из млина струјом загрејаног ваздуха убацује се гориво у ложишни простор. Код употребе угљеног праха котлови раде са гранулованом шљаком, те се оптерећење ложишног простора креће од 120 до 180 kcal/m³/h. Као котлови средњег капацитета

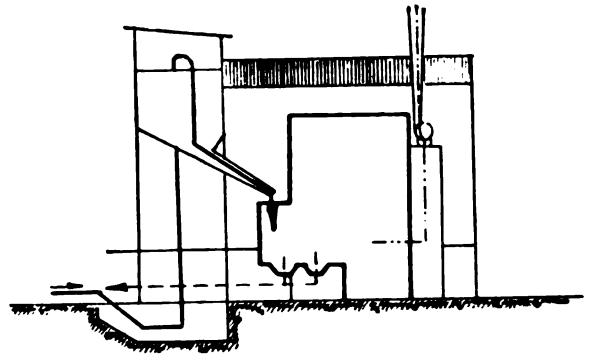
¹⁾ Ради могућности остварења већих грејних површина. На овај начин добија се боља циркулација воде и сувља пара. Каоа добија већу ширину

4. ТИП

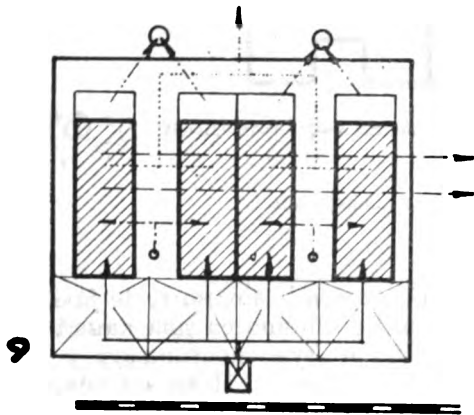


ДИСПОЗИЦИОНЕ ШЕМЕ

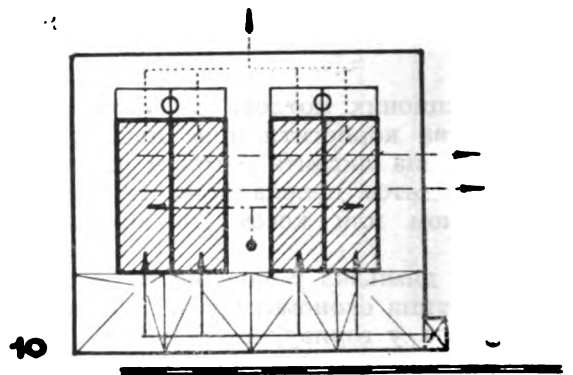
- УГАЉ
- - - ШЛАКА И ПЕПЕО
- · · · · ВОДА
- · · · · ПАРА
- - - ДИМ
- КВ



$112-900 \cdot 10^5 \text{ kcal/h}$

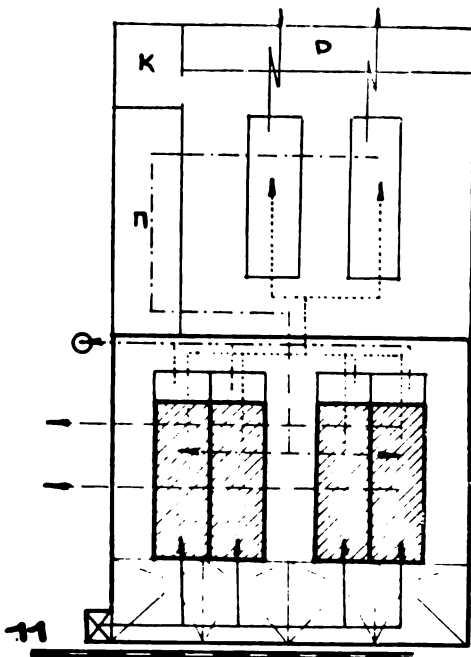


$112-900 \cdot 10^5 \text{ kcal/h}$

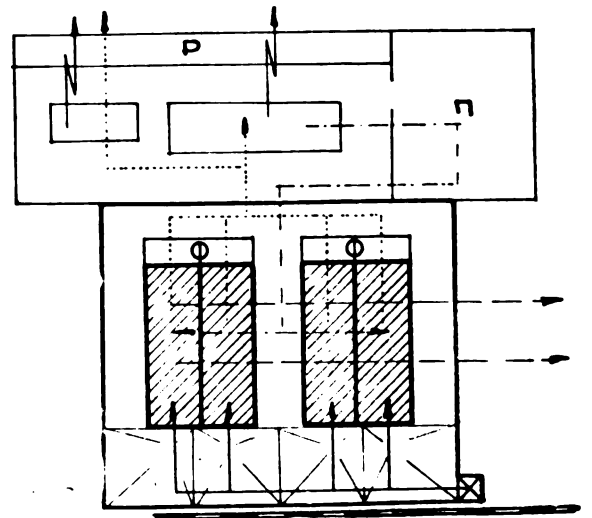


КОМБИНАЦИЈА СА ЕЛЕКТРАНОМ

$112-900 \cdot 10^5 \text{ kcal/h}$
2200 - 25000 Kw



$112-900 \cdot 10^5 \text{ kcal/h}$
2500 - 20 000 Kw



а угљеним прахом погодни су за коришћење отпадака суве сепарације наших бољих прких угљева. Примена млевеног лигнита од ових котлова претставља тешкоћу услед домазности инсталације за претходно сушење, и при директном убацивању оваквог горива, тешкоћу због потребне високе температуре примарног ваздуха. Сушење се може вршити до извесног процента влажности у Кремеровом млину додавањем гасова из южишног простора. Само млевање лигнита захтева модифицирање ударних тела у млину чекићару (Селтерсови ножеви или глодалице).

Услед већих капацитета, а нарочито при коришћењу угљеног праха, количина летелих састојака захтева ефикасно издвајање истих из продуката сагоревања. То се врши да би се задовољили хигијенски услови околине и насеља у чијој се близини ови објекти обично и постављају. У случају усвојених електрофилтара као најефикаснијег средства, предвиђа се њихово постављење ван зграде. Ово се врши ради уштеде простора котларничке зграде, ради њеног појевтињавања због растерећења конструкције. Електрофилтар постављен ван зграде може послужити као постоље лименом димњаку са ветачком промајом. Зидани димњаци долазе у обзир јер отпор котлова није велики и може се избећи механичко извлачење. Одржавање и експлоатација котлова ове врсте је једноставна а што је важно не тражи високо квалификовано особље. Енергетско повезивање котлова може се изводити по топлотним шемама као код великих термоцентрала.

Руководећи принципи постављања котларница ових типова, мисли се на тип 4, 4а и 4б, исти су као и код других. При решавању диспозиције нарочиту важност има правац сталног ветра, правац пружања зоне разастирања састојака продуката сагоревања из димњака, и постојећи урбанистички прописи и захтеви. Уколико је разастирање пепела и осталих продуката непожељно по блиску околину, прибећи ће се конусном лименом димњаку са јаким електрофилтром. При резервацији терена за градњу ових котларница, ако су оне предвиђене за индустријска постројења, треба имати у виду велику површину за лагеровање угља. Кад се узме у обзир велика сатна потрошња горива ових котлова, као и мала калорична моћ наших угљева; површине депонија су доста велике. Сатна потрошња котларнице типа 4б са два агрегата износи до 9 тона са угљем од 4.500 kcal/kg. Значи да би нормалан терен за ускладиштавање месечне залихе горива био око 3.600 m², што одговара коли-

чини угља од 5.300 тона, рачунајући максималну висину лагеровања 2 m. Самим тим, општом диспозицијом мора се обухватити и решавање механизоване манипулације на складишту. Код оволиких депонија у обзир за транспортна средства долазе већ и „виши“ уређаји, уколико смо досадашњим излагањем сматрали дековилски вагонет и колицица обичним. То су вагонети механизованог погона, елеватори и „Полинг“ уређаји (захватачи са командном кућицом на уздигнутој шини и бескрајна трака са превртљивим кофама). Рачунајући да је дековилском вагонету потребно бар 10 минута за утовар, а за истовар и туру 5 минута, односно 15 минута за један радни циклус, долази се до закључка да код котлова потрошње В₁ веће од 3.600 kg/h дековилска допрема није рационална, већ се мора прибећи широкој механизацији. Као прелазни тип транспортног средства за угаљ од складишта до котларнице, између дековила и „Полинг“ уређаја био би нормални скрепер. Код ових котларница када су у склопу индустријских постројења уобичава се употреба полузатворене депоније да се велике насlage, велике у односу на целокупни терен комплекса, не би разастирале и стварале нехигијенске и неестетске средине.

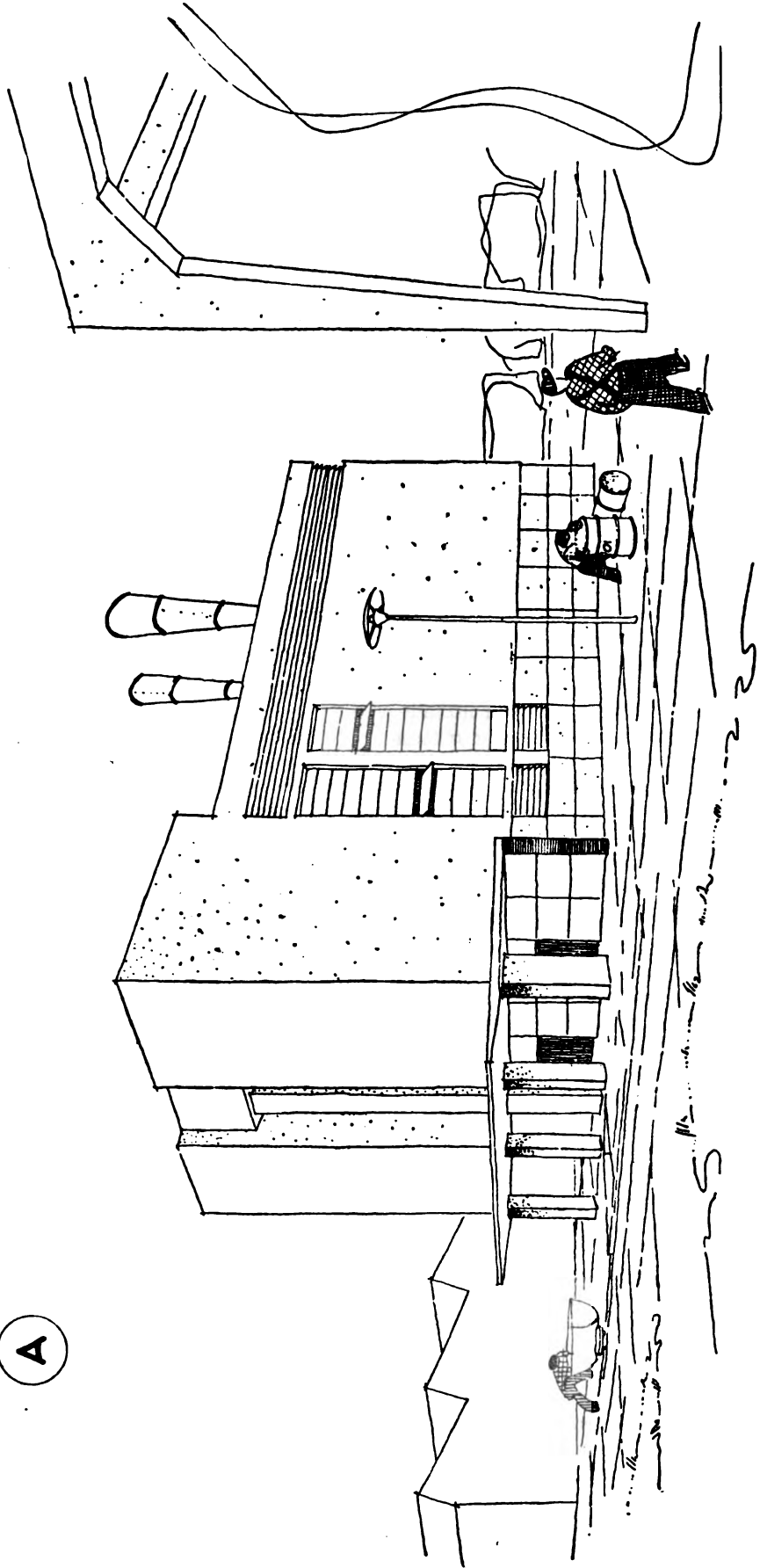
Пошто се потребне количине залихе горива код типова 3а, 4, 4а, и 4б крећу од 760 до 5.300 тона то је разумљиво да су депоније уско повезане са железничком саобраћајницом преко свог или већ постојећег индустријског прикључка.¹⁾

Унутрашњом диспозицијом сва три последња типа су слична а нарочито 4а и 4б. Главна одлика ових котларница су две етаже. Због досадашњих недостатака извлачења шљаке са коте испод нивелете терена, у предвиђеним постројењима катао (углавном пепелара) издиже се, те је тиме добивено нормално приземље и спрат. На спрату је главни манипулативни простор опслуживања котла, а приземље служи само за извлачење шљаке и пепела. Овим је избегнута тешкоћа скопчана са механизацијом извлачења шљаке из подрума. Осим тога у оваквом решењу хигијенски услови рада су кудикамо бољи. На спрату се налазе поред котлова и инструменти за топлотну и општу контролу, а у приземљу су још и пумпе, између и иза котлова, као и вентилатори за доњу промају. Код типа 4 нису предвиђене просторије за гардеробе, умиваонике, клозете због намене ове врсте котларница, док су ти про-

¹⁾ Горњи рачун потрошње угља изведен је на бази номиналног оптерећења од 24 часа и 25 дана у месецу.

4. ТИП

А



Сл. 217. — Изглед котларнице

тори у осталим подтипovima диспонирали у приземљу. Ово је учињено стога јер типови 4а и 4б претстављају јединке самосталнијег карактера.

Код случаја 4 довод горива врши се преко крана са 2 или 3 степена слободe кретања, како је у скици и варијантама назначено. Сатна потрошња креће се од 1.200 до 1.800 г. У опису котла 4 речено је да ће за радни циклус крана бити расположивог времена 22 минута. Угаљ долази вагонетом у приземље, кроз отвор на међуспратној конструкцији, вагонет бива издизан краном одвајајући корпу од постоља, а затим се претура у левак котла. Истим путем враћа се натраг. Међутим како котлови предвиђени за тип 4а и 4б имају много већу сатну потрошњу угља, то би време расположиво за један радни циклус крана код котла средњег капацитета било исувише кратко, а отвор би на међуспратној конструкцији био стално отворен. Тиме је спратни простор потпуно хигијенски угрожен од утицаја приземља где се шири прашина и гасови при одвођењу шљакe и довођењу угља. Због тога код два последња типа узет је други начин опслуживања ложишта. Преко елеватора угаљ се издиже у бункере над котловима а одатле слободним падом у котао. Зато код ових случајева постоји и подрум, боље речено шахт потребан за рад елеватора.

Резервоари за кондензат, уређај за припремање воде, предгрејачи, испаривачи, измењивачи топлоте и пумпе за напајање, значи све припадајуће инсталације код котларница електрана, предвиђају се у уском склопу електране, а не у котларници. Оне се постављају у тешкој скелетној конструкцији (види диспозиционе шеме типа 4б). У неким варијантама ова постројења су избачена из тешких скелетних конструкција и ситуирана су у засебном пумпном одељењу.

Нарочито интересантан податак је начин димензионисања простора испред и иза секционих котлова, као и одређивање висине најниже тачке бункера. Код типа 4а цеви из секције су под нагибом од 15 до 17° према хоризонталу. Њихово извлачење приликом оправке условљава ширину преткотловског простора. Ширина овог фронта је у функцији од дужине цеви и косинуса угла нагиба, а у неким случајевима где је решетка за вађење, и од њене дужине (у скици 4а кота а). Висина бункера зависиће од потребне резерве горива а његова најнижа кота одређена је тангенсом угла нагиба цеви и дужине истог. Кад је у питању 4б тип онда ће нагиб и дужина цеви утицати само на простор иза котла, пошто се са те стране оне и ваде.

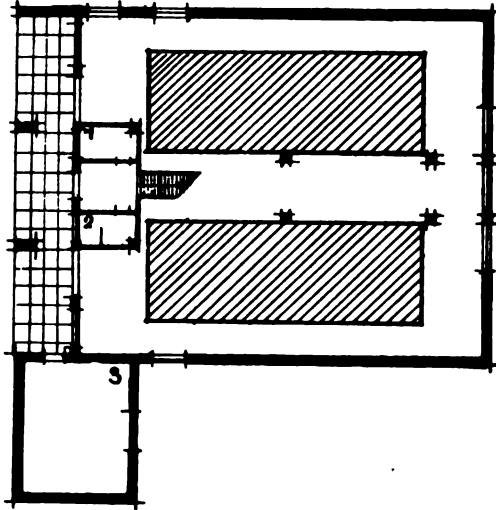
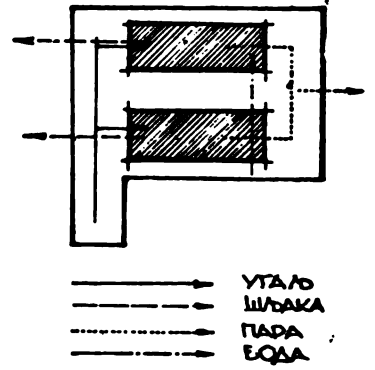
По конструкцији ове су котларнице разврстане у две групе: једна би група била са-

мо тип 4 и његове варијанте, а друга група 4а и 4б са својим варијантама. Котларничке зграде прве групе су обично зидани објекти опеком са појачавајућим пиластрима противу извијања а истовремено и за ношење крана за довод угља. Међуспратна конструкција је армирано-бетонска ребраста плоча изливена преко стубова приземља. Код типова 4а и 4б зграда је по конструкцији подељена јасно на два дела: обично зидани и тешко оптерећени армирано-бетонски скелет бункерима. Ове две конструкције су неповезане и слежу свака за себе. При одређивању распона скелета и његовог статичког димензионисања, главну улогу игра количина потребне залихе горива као и сопствена тежина бункера. Зидани део котларнице има све особине зграде типа 4, као и међуспратну конструкцију, осим у случајевима где се решетка извлачи и где се због великог оптерећења извучене решетке (720 kg/m^2) мора уместо обичне плоче са ребрима да угради крстато-армирана таваница, или неки слични систем за ношење великих континуивних оптерећења. Последњи тип има и нешто већу висину од претходних котларница те се зидови његове зграде морају укрутити и системом серклажа.

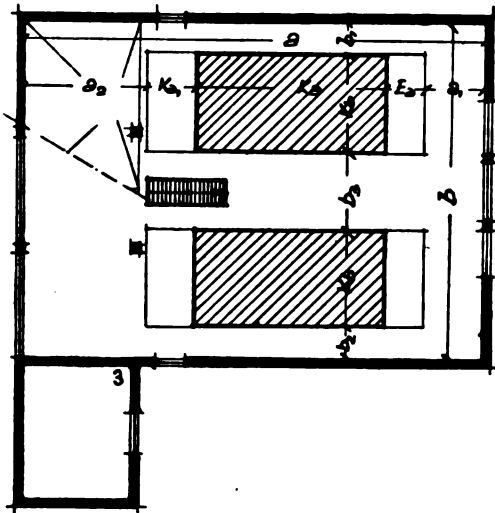
У погледу спољног обликовања зграде котларница из целе друге групе, само би 4а и 4б тип пружио изванредан материјал за подобну архитектонску обраду. Први типови претстављају прости примери зграда безначајне архитектонске вредности, често сретане код мањих индустрија, док последње две врсте благодарећи облику са високим скелетом, јасним функционалним одразом технолошког процеса, могу у склопу предузећа претстављати занимљив детаљ, а због своје висине и добар завршетак или средишњу доминанту плански компонованог постројења.

Диспозиционим шемама четвртних типова приказане су варијанте основних решења. Као и у типовима 3 и 3а, и овде је умножавањем и низањем јединке као архитектонског пројектног елемента створен читав преглед разних могућности комбинација. Приказани случајеви у зависности су од броја котловских агрегата, односа ефективних према шпиц јединкама и резервним агрегатима; затим од радних комбинација зависних од дијаграма парног оптерећења, уређаја за допрему, њиховог ситуирања, као и начина одвођења продуката сагоревања. При решавању како основних тако и варијантних типова, код котларница које су способне да уђу у комбинацију са електраном (3а, 4а и 4б) постоји пуна могућност лаког прикључка згради електране преко задњих зидова котларнице, сем у случају 4б где је ова веза изведена преко предње стране. У

4. ТИП (В)

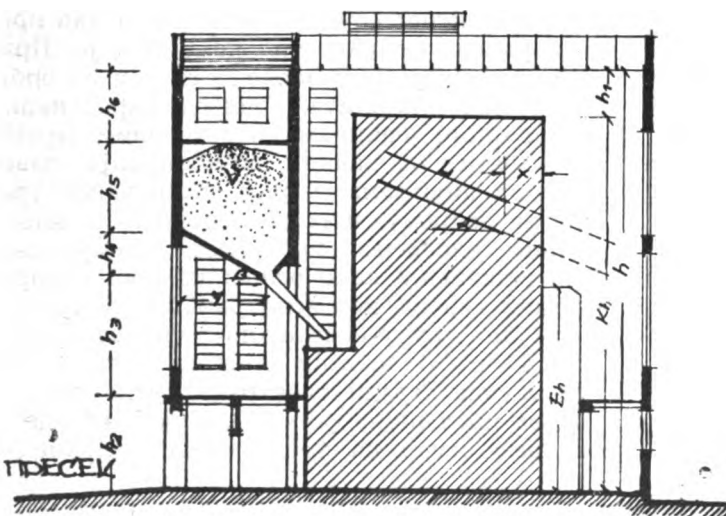


ОСНОВА



СПРАТ

| | КРИВИНАТ И КОЛ. БАЗА КОРИ ПАНА И УГАЛ АСО | | |
|--------------------|----------------------------------------------|-------|-------|
| | 2.940 | 2.180 | 2.150 |
| A _к | 250 | 335 | 369 |
| K _а | 7 | 8,5 | 10 |
| K _б | 2 | 2,5 | 3 |
| K _в | 3,8 | 4,5 | 5 |
| K _н | 14 | 16 | 18 |
| E _а | 1,5 | 1,8 | 2 |
| E _н | 8 | 9,5 | 11 |
| h ₁ | 18 | 18 | 18 |
| h ₂ | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| h ₃ | 4,3 | 4,5 | 4,5 |
| h ₄ | 1,8 | 1,8 | 1,8 |
| h ₅ | 3,4 | 5,8 | 7,0 |
| h _с | 2,8 | 3,0 | 3,0 |
| h _р | 2,0 | 2,1 | 2,2 |
| h | 15,8 | 17,8 | 19,8 |
| a ₁ | 2,4 | 2,7 | 3,0 |
| a ₂ | 4,6 | 4,6 | 4,6 |
| a | 17,5 | 20,3 | 22,6 |
| b ₁ | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| b ₂ | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| b ₃ | 3,0 | 3,5 | 4,0 |
| b | 13 | 14,9 | 18,1 |
| m ² /10 | 0,267 | 0,26 | 0,24 |
| m ² /10 | 2,14 | 2,43 | 2,50 |

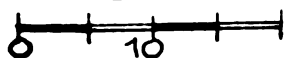


- D₃ = мин 0,75 K_б
- α = УГОЛ НАГИБА УЕДИ
- β = 50°
- L = ДУМИКА УЕДИ
- V = ЗАПРЕДНА СУМЕРКА
- h₄ = ytg β
- a = L cos α - (E_а + x)
- a₂ = 4 m
- h₅ = √F : F ПОДРБИНА СУМЕРКА

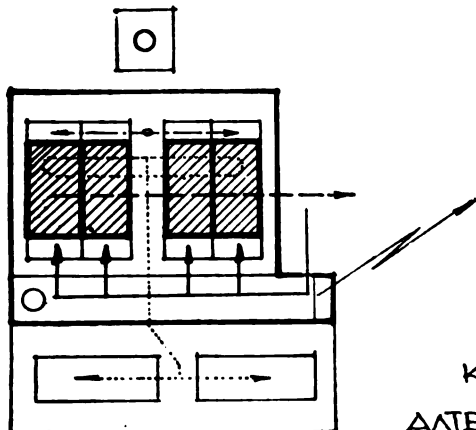
РАЗВИДЕНА ГРАДЕВ ПОВРШИНА M² 500

Сл. — 218 1. Гардероба, 2. клозет и умиваоник, 3. окво елеватора

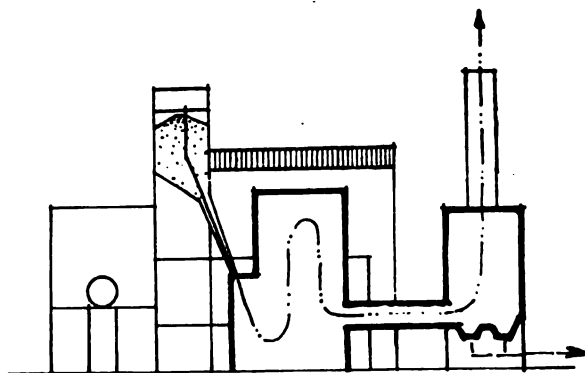
4. ТИП



ДИСПОЗИЦИОНЕ ШЕМЕ

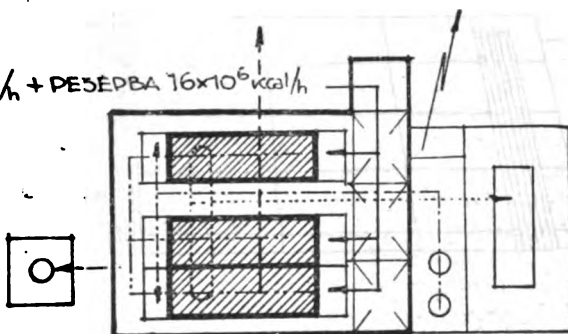


- УГАЉ
- ШЉАКА
- - - - - * ВОДА
- ПАРА
- ПРОД САГОРЕВАЊА
- Kwh



КЕЦ. $64 \times 10^6 \text{ kcal/h}$ + 15 000 Kwh
 АЛТЕРНАТИВА СА ПУМПАМА ПОД БУНКЕРИМА

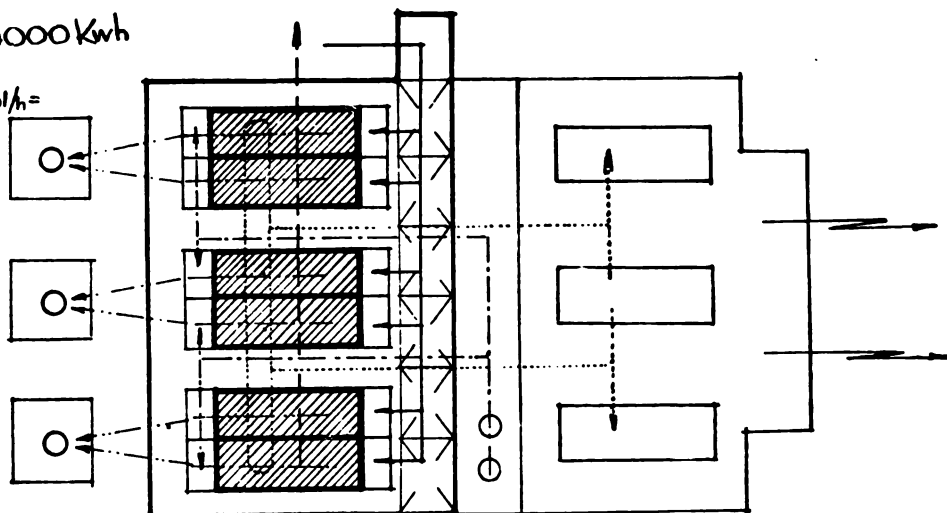
КЕЦ и ТЕЦ $32 \times 10^6 \text{ kcal/h}$ + РЕЗЕРВА $16 \times 10^6 \text{ kcal/h}$
 5000 Kwh + $12 \times 10^6 \text{ kcal/h}$



КЕЦ $96 \cdot 10^6 \text{ kcal/h} = 24000 \text{ Kwh}$

КЕЦ и ТЕЦ $96 \times 10^6 \text{ kcal/h} =$
 $= 32 \cdot 10^6 \text{ kcal/h} + 16000 \text{ Kwh}$

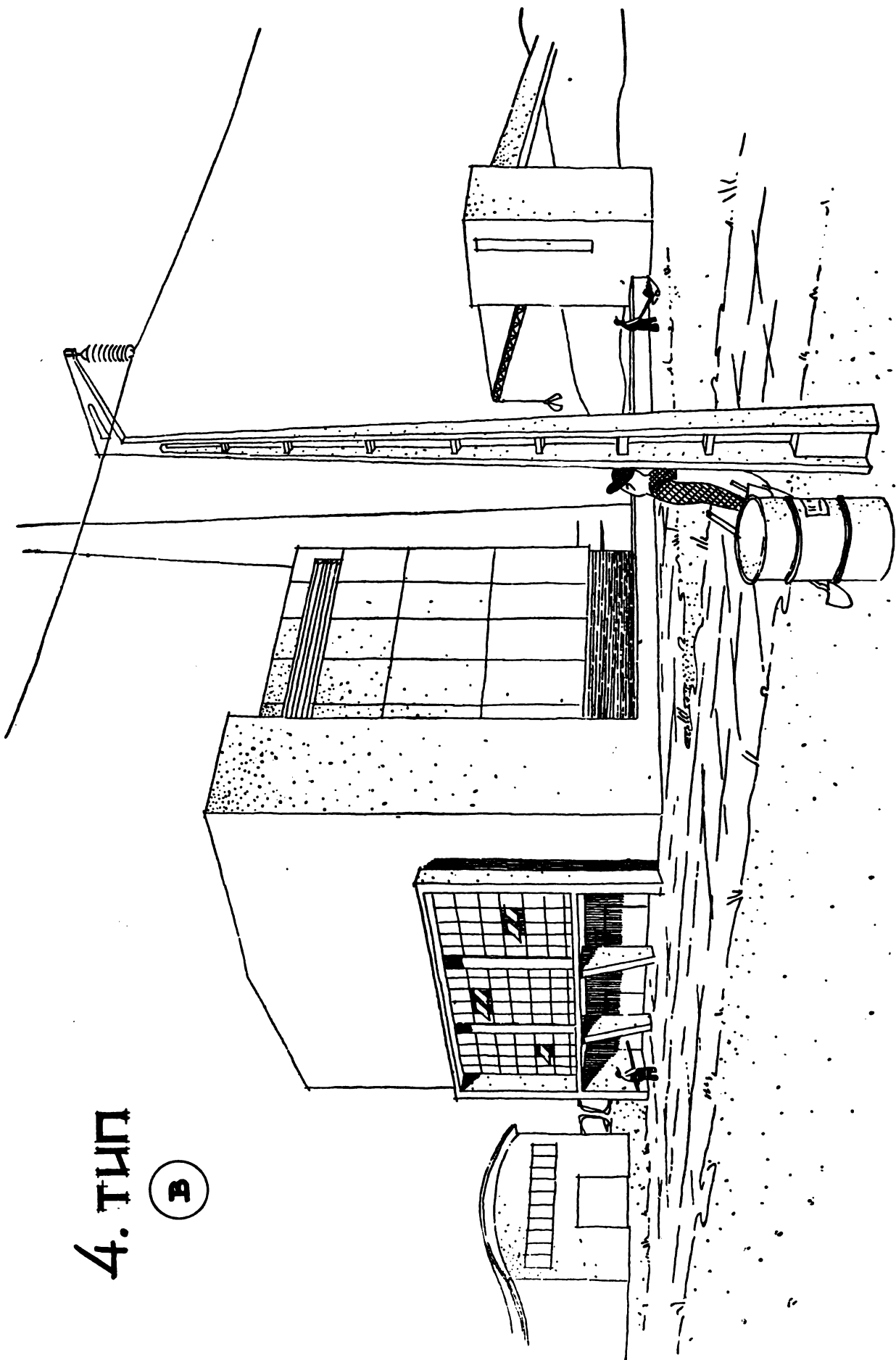
ТЕЦ $64 \times 10^6 \text{ kcal/h} =$
 $= 64 \cdot 10^6 \text{ kcal/h} +$
 $+ 10 \cdot 000 \text{ Kwh}$



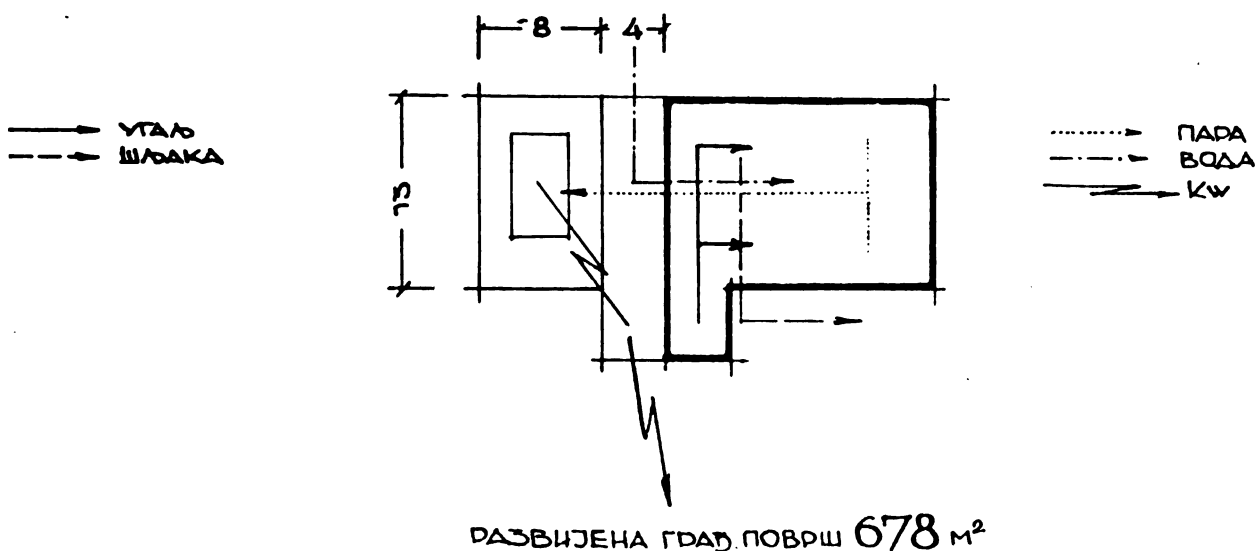
Сл. 219

4. ТИП

В



Сл. — 220 Изглед котларнице



Сл. 221. — Котларница типа 46 у комбинацији са електраном

алтернацији са пумпама испод бункера она је и једино могућа. Постоји један изузетак при решавању већих котларница, постројења са већим бројем агрегата где се мора, односно може отпустити од пројектовања утврђеним основним елементом. То би било код котлова који дозвољавају у свом низању приљубљивање у групе по два котла, али само код оних котлова који немају лепљиви летећи pepeo, те је мање потребно чишћење ложишног простора. Овакав положај захтева класификацију котлова по странама погонских уређаја — левак и дешњак.

*
* *

Уз сваки од типова прве и друге групе дата је по једна табела за димензионисање зграде котларнице. Она је на бази димензије котла која резултира из типа котла, а функција је капацитета. Котао је у табели и дат као индиректни фактор димензије. Осим датих општих димензија котларнице изнете су и површине и кубатуре зграда у функцији капацитета, тј. при грађевинском планирању лако би се овим табелама налазила потребна величина изграђене површине за изврстан предвиђен степен продукционе моћи. Овим табелирањем је само начет проблем, док истовремено постоји маса случајева и њихових комбинација, узимајући у обзир само приложене варијанте. Значи да би ово био само пут разраде једне типизације.

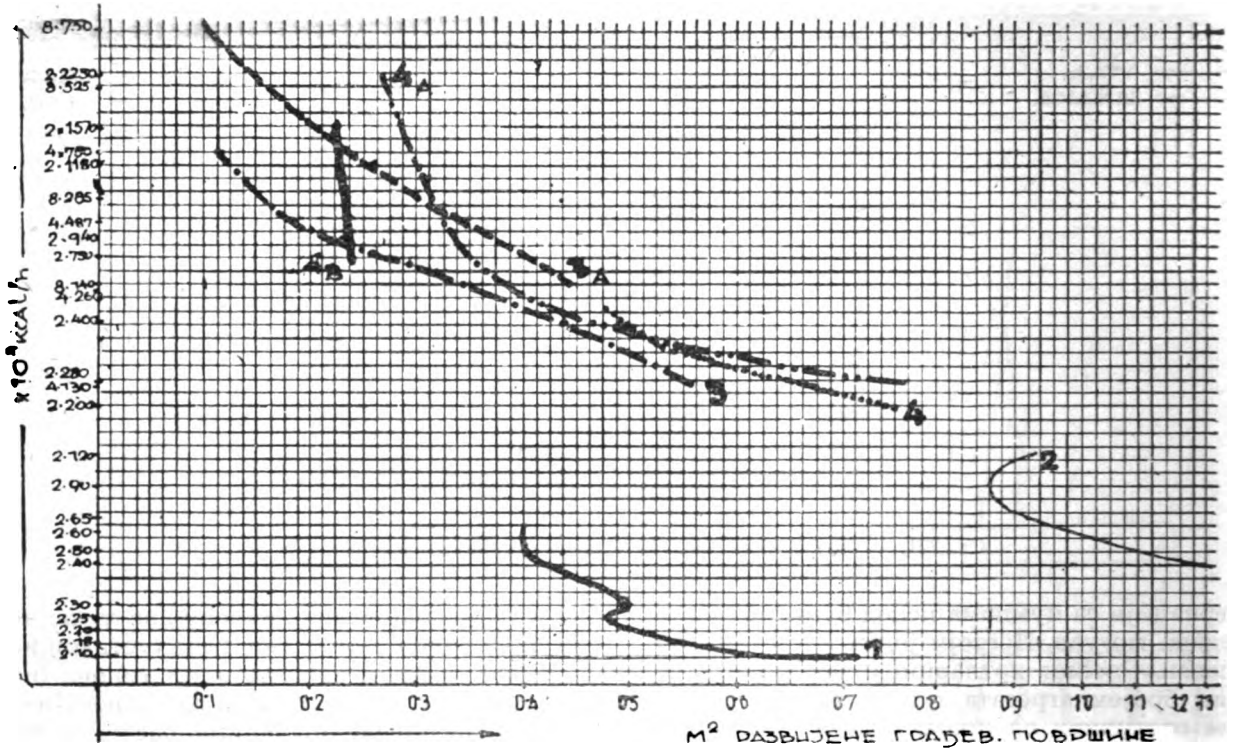
Упоредјујући резултат добивене у последња два реда табела I и II групе дошло је до дијаграма поређења грађевинских количина у зависности од капацитета. Крива вредности типа 2-ог показује се далеко ван зоне рационалних решења, док су остале криве сем 1-ог типа сконцентрисане на једно место. Значи

да је варирање велико између две групе: прва би била група 1-ог и 2-ог типа (уствари наша I група), а друга свих осталих типова (наша II група). Код 2-ог типа рационалност изграђене грађевинске површине расте са повећањем капацитета, али само до $2 \times 92 \times 10^4$ kcal/h, што је и превојна тачка. Са даљим повећањем капацитета рационалност опада. То се исто дешава и у изграђеној кубатури зграде само много енергичније. Нешто рационалнији по овом дијаграму био би тип 1. У погледу квадратуре важи исти закон променљивости, а код кубатуре је крива много несталнија, са више инфлексција. За типове 3 и 4, криве су континуалније и правилнијег облика. Као најрационалнији издваја се тип 3 а, па онда 4 б, док је међу овима, логично, најнерационалнији 4 а. То се дешава због његових котлова малог капацитета несразмерног према димензији зграде.

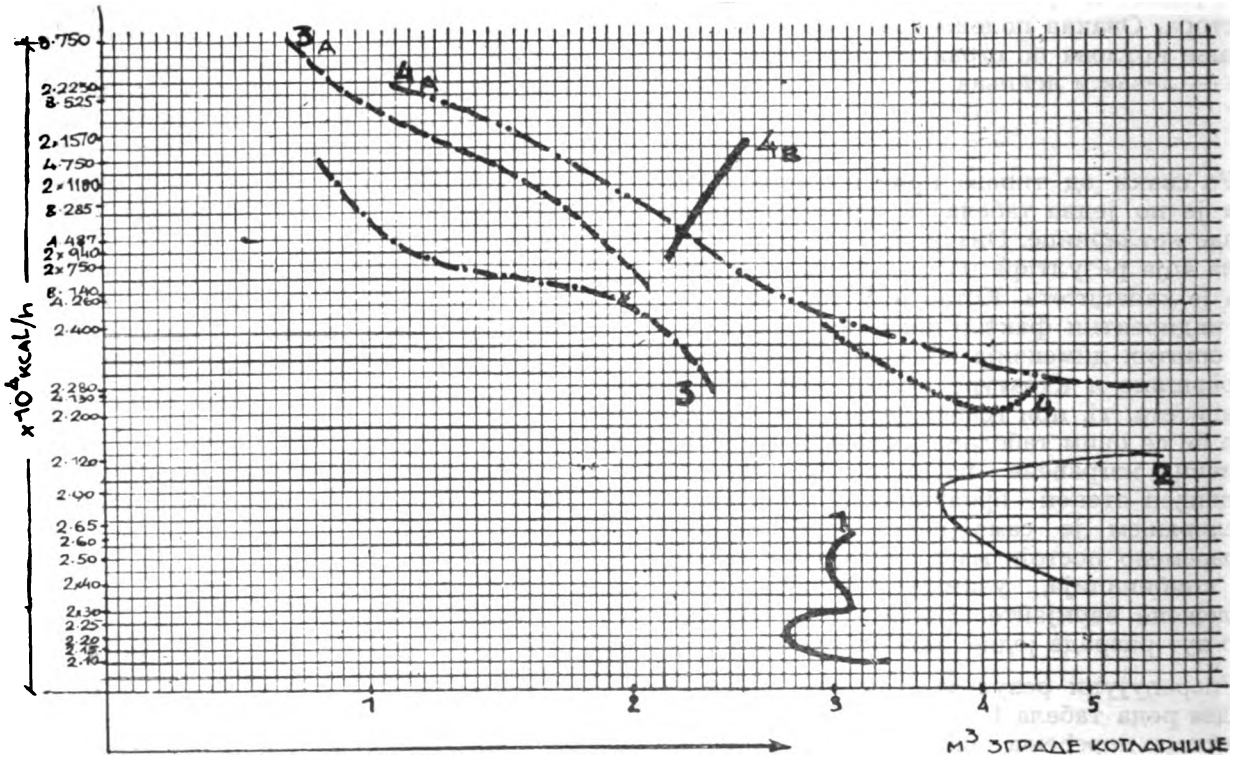
Као закључак горњег разматрања установило би се, да је изградња котларница 2 типа нерационална са грађевинско-архитектонске стране, што значи да би се исте увек могле заменити одговарајућим типом по капацитету. Ако би се графиком претставила промена, односно ток којефицијената искоришћења котла од типа до типа, добиле би се релативно паралелне праве са перманентним успоном. Значи, да би оне уствари само утицале на положај кривих у односу на координатни систем рационалности, тј. сада би једначина криве могла изгледати:

$$y = f(x) + \eta_k$$

где је η_k константа променљиве праве облика $y = m(x) + b$.



Сл. 222. — Дијаграм $\text{m}^2/10^4 \text{ kcal/h}$



Сл. 223. — Дијаграм $\text{m}^3/10^4 \text{ kcal/h}$

ПЕТИ ТИП

За централне топлане већег капацитета служи обично овај тип. У склопу могу да буду и турбинска постројења са противпритиском. О намени овог типа речено је у општем излагању типизације.

Котлови су већином јединке средње величине и средњег радног притиска, а индустријског су типа. У погледу броја агрегата не усвајају се концепције веће од пет. Загоревање у котлу може бити на решетки или у облику угљеног праха, најчешће у Кремеровом систему, или у случају где простор не дозвољава, решење је као код заредног типа 6. Сама конструкција котла може бити по угледу на котлове високе продукције са водогрејним цевима и секцијама, или често озрачени котлови. Гранични којефицијент искоришћења, у случају примене доброг горива може бити 90%. Уређај за снабдевање горивом, у зависности од квалитета горива, треба да буде сведен на што мању пројекциону површину и да не излази из габарита котларнице, јер типом предвиђене топлане нису на слободним теренима него су саставни део станбених комплекса. Исти је разлог руководио код постављања уређаја за отклањање летећег пепела и кокса најјачег дејства, као примене горива са малим садржајем пепела, код избегавања слободних димњака, као и решавања спољног архитектонског обликовања. Одвођење пепела и шљаке предвиђено је искључиво хидраулично како се из ње не би распростирала прашина.

Као вода за напајање служи кондензат из даљинског грејања, који се путем разних предгрејача предгрева до потребне температуре. Производња тече следећим током: уколико су примењене турбине са противпритиском, пара високог притиска пролазећи кроз њих, смањи на рачун произведене електричне енергије притисак и температуру, односно топлотни садржај; ова пара ниског притиска одлази даље у противструјне апарате уколико је водено грејање, или директно ако је оно парно. У случају да не постоје турбине горњи се циљ постиже разним измењивачима топлоте.

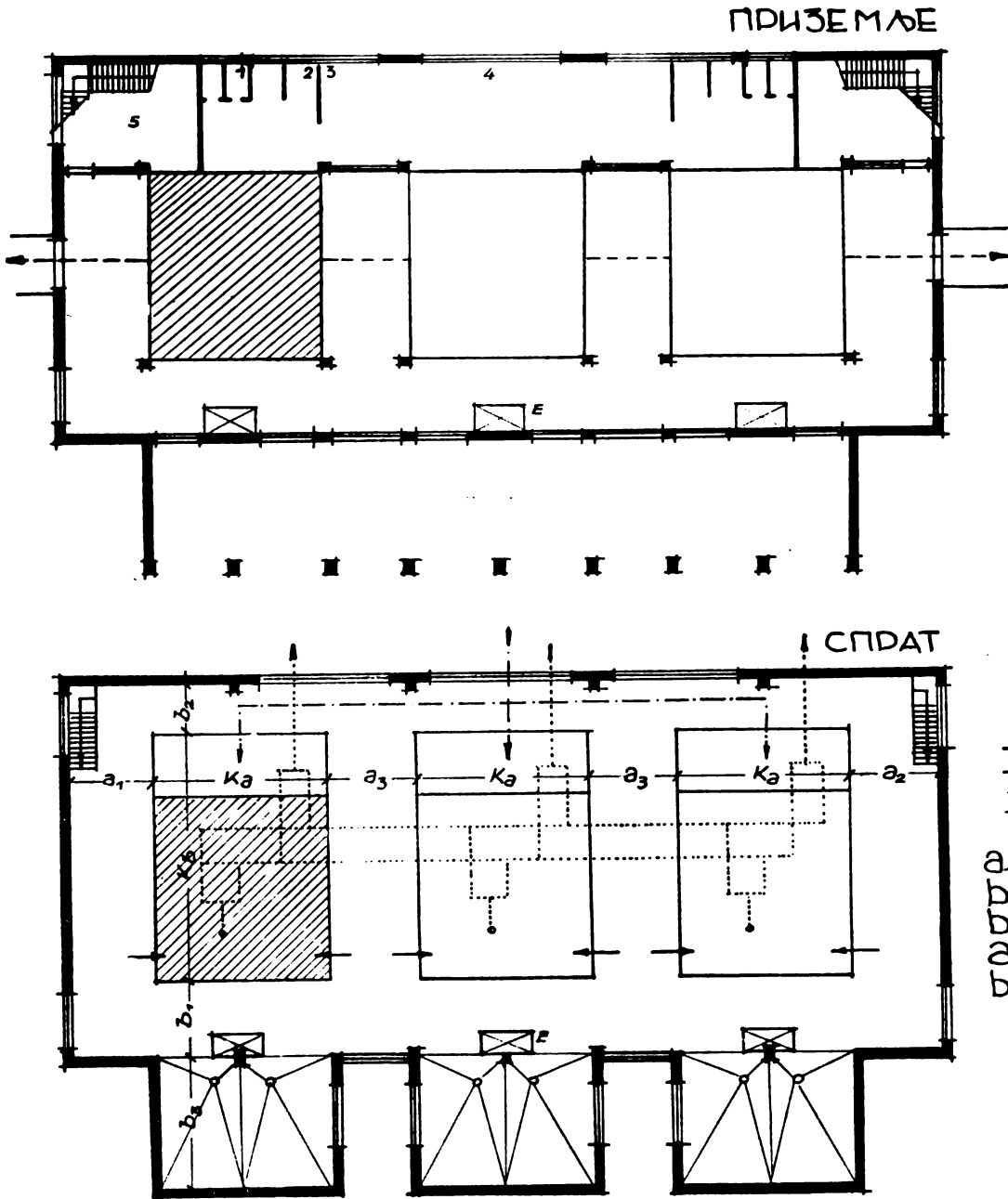
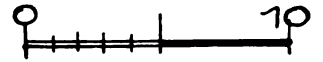
Како су ова постројења због своје намене уског градског карактера, то ће се она

ситуирати по основним принципима строге изолације. Код котларница овога типа складиште угља мора бити затворено. Расположиви терен одредиће да ли ће ова депонија бити решена хоризонталном конструкцијом или путем силаже. Силоси, уколико дозволи природа самог угља овај начин лагеровања, били би врло погодни, јер заузимају малу основу. Положај самог постројења био би идеалан да је централан према потрошачима, али ће други услови (транспорт, урбанистичке резервације и др.) у већини случајева утицати на ситуирање и мењати теоретски подобан положај.

Унутрашња манипулација угљем и начин опслуживања ложишта исти је као и код типова 4а и 4б. Приземље за рад са шљаком и млиновима за угаљ, спрат као главни фронт опслуживања. Приземљу су придодати простори за потребе радништва. Угаљ се кроз трем убацује у шахт, одакле се елеватором издиже у бункере; затим слободним падом угаљ силази у млинове, и најзад угљени прах бива пнеуматички убациван у катао и ложишни простор. Другим речима, оваком потпуном механизацијом рада постигнути су идеално чисти простори у котларници са свима хигијенским подобностима. Људство које ради у погону током процеса не види угаљ, и зато није изложено штетним утицајима угљене прашине и сумпорних гасова из процеса производње.

Као новина код ових врста у конструкцији је оквир. Ово би био најмањи капацитет који изискује оквирну армирано-бетонску конструкцију. Предњи део котларнице у коме су смештени бункери за угаљ и елеватори, обрађен је конструктивно у скелетном систему, исто онако као код претходних типова. Котловска сала морала је добити оквирну конструкцију због пресвођења великог распона, пошто габарати котлова, увећани површинама за опслуживање, нису дозволили рационалније распоне да би се овај део зграде могао изградити у неком скромнијем грађевинском елементу. Електрофилтри постављени су хоризонтално на крову рамовског дела зграде, како не би статички преоптеретили скелетни део. Осим тога њихов

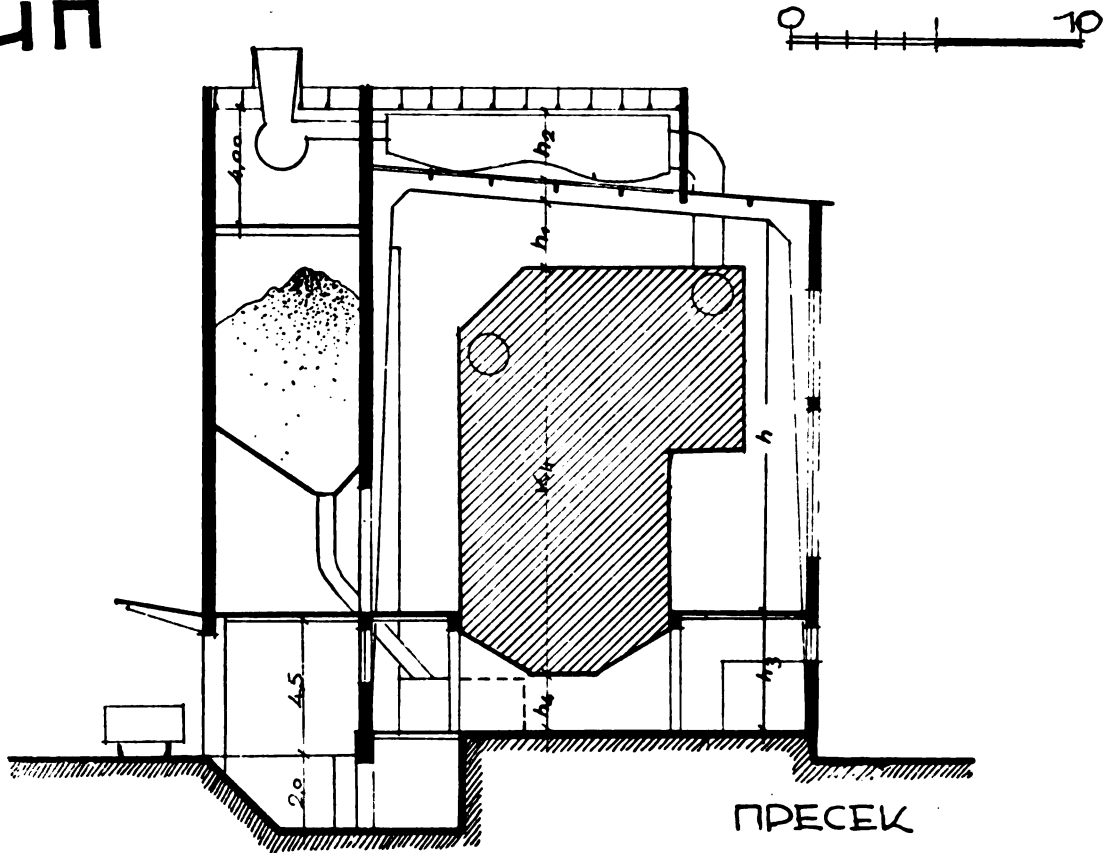
5. тип



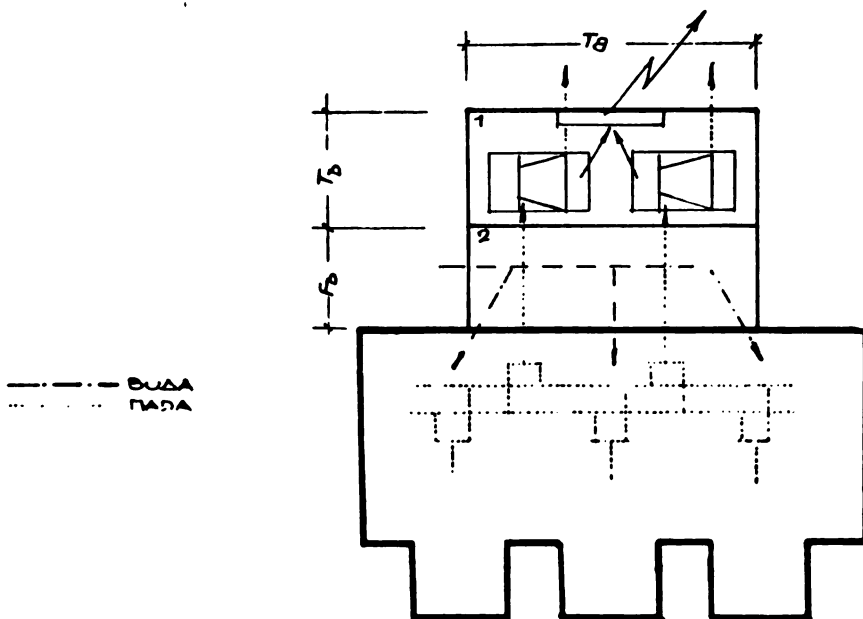
1400 м² РАЗВИЈЕНЕ ГРАЂЕВИНСКЕ ПОВРШИНЕ

Сл. 224. — 1. клозет, 2. тушеви, 3. гардеробе, 4. предгрејачи, 5. улаз, Е. елеватор

5. тип

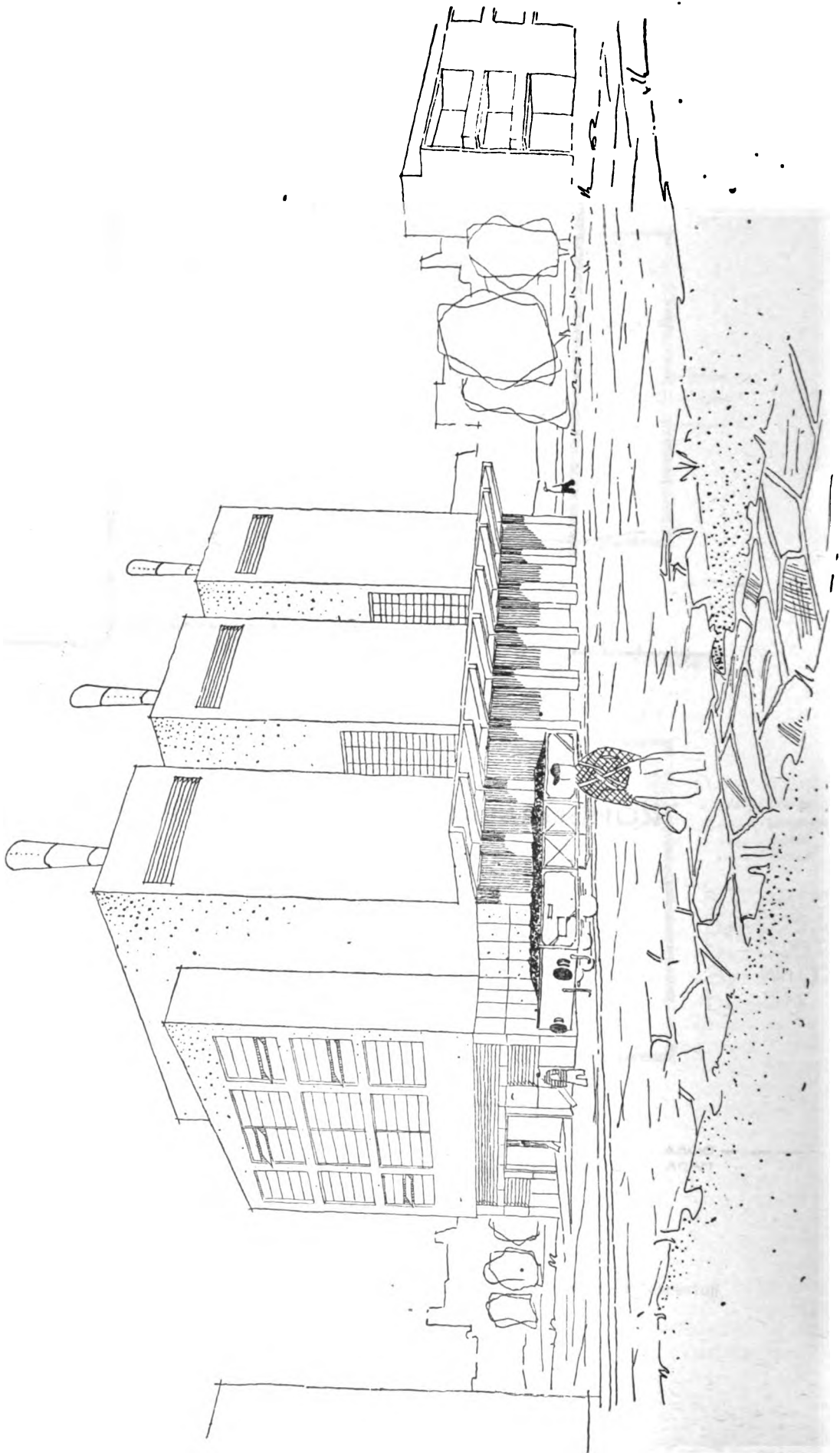


КОМБИНАЦИЈА СА ЕЛ. ЦЕНТРАЛОМ



Сл. 225. — 1. турбинска сала, 2. одељење пумпи

5. ТИП



Сл. 226. --- Изглед топлине

редњи положај над бункерима, изискивао и вертикалне електрофилтре што би знало велико поскупљење и повишење скетног дела. Повећање изграђене кубатуре бог електрофилтра дато је само над котлоима, за сваки филтар засебно, тако да је у пољном изгледу добивено у неку руку чепљасто решење диспозиције маса. За оквир-у конструкцију котловске сале предвиђени у оквири на два зглоба како би својим сукавањем у приземљу дали више простора. Кљештени оквир, својом непроменљивом имензијом од пода до ригле (горње греде), изискивао би проширење приземља и спрата а можда око 60 сантиметара на обе стране юпречног пресека. Начин избора врсте оквира требао би да се статички провери, да се испита да ли се ово мишљење слаже и са националношћу у статичком погледу.

Како је ширина електрофилтра истоветна а котлом, то су постављена два излаза за продукте сагоревања, који су својим обухват-

ним положајем дозволили оквиру да се пружа осовином котла. Тиме је постигнуто да ритам оквира у подужном смислу буде доста рационалан. У случајевима да се не може овако постављати оквир преко котла, нарочита је тешкоћа одредити се за отстојања носача, јер ће габарити и котловска отстојања или дати много ситан ритам, или неуједначени ритам некономских растојања.

Задње зидно платно котловске сале решено је са могућношћу призиђивања пумпне сале и комбинације са термоелектраном. Што се тиче спољног обликовања и архитектонске обраде, потребно је једино нагласити да се архитектура оваквих постројења мора што више прилагођавати станбеном комплексу коме припада. Велики проблем пружиће питање изградње затворених депонија угља, нарочито хоризонталне конструкције. Код повољнијег решења ускладиштавања путем силоса, слагалишта ове врсте могла би се захвално решити и уклопити у општу архитектуру насеља.

ШЕСТИ ТИП

Поставило би се питање откуда у овој типизацији изведени и пројектовани страни примери. Да интервал по капацитету не би био велики између 5-ог и 7-ог типа, убачена су ова два примера као специјалне конструкције и постројења намењена уствари градским електранама. Оба објекта су необично типична за поменути врсту, добро пројектована, нарочито тип 6. Како се од 5-ог типа више не може спроводити строга типизација већ се мора ићи од случаја до случаја, то смо у даљем излагању изградњи котларница морали само низати примере из којих би се могло извући неко опште правило, принципи пројектовања. Да ови принципи не би били засновани само на нашим искуствима, које без мало немамо јер се постројења ове врсте код нас нису изграђивала, то смо били принуђени да изнесемо и ова два инострана случаја (тип 6 и тип 6а), која су стварана од искусних пројектаната из средине велике традиције грађења сличних постројења.

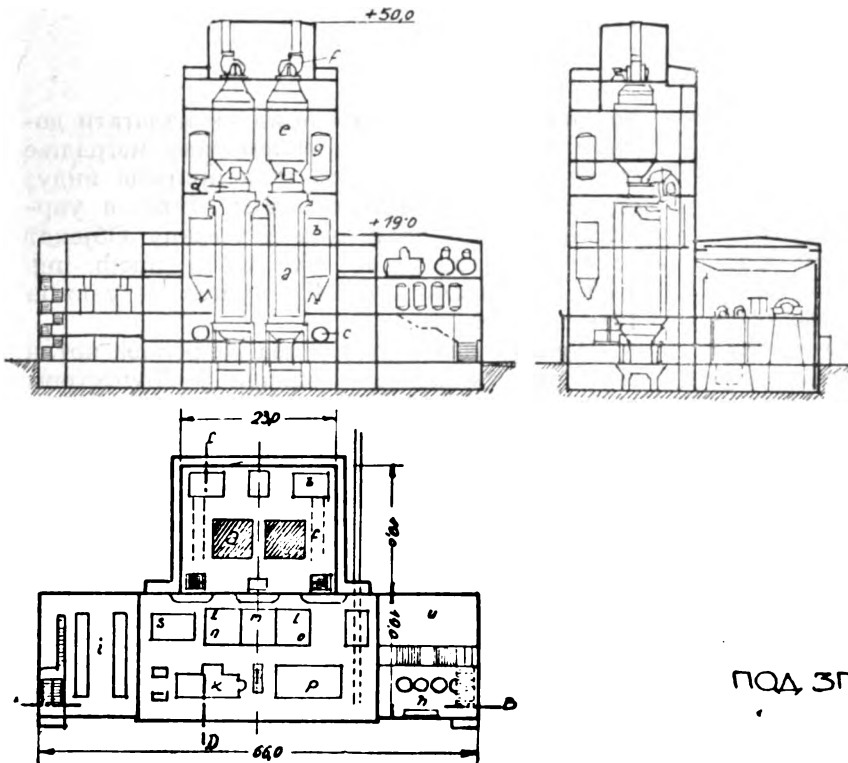
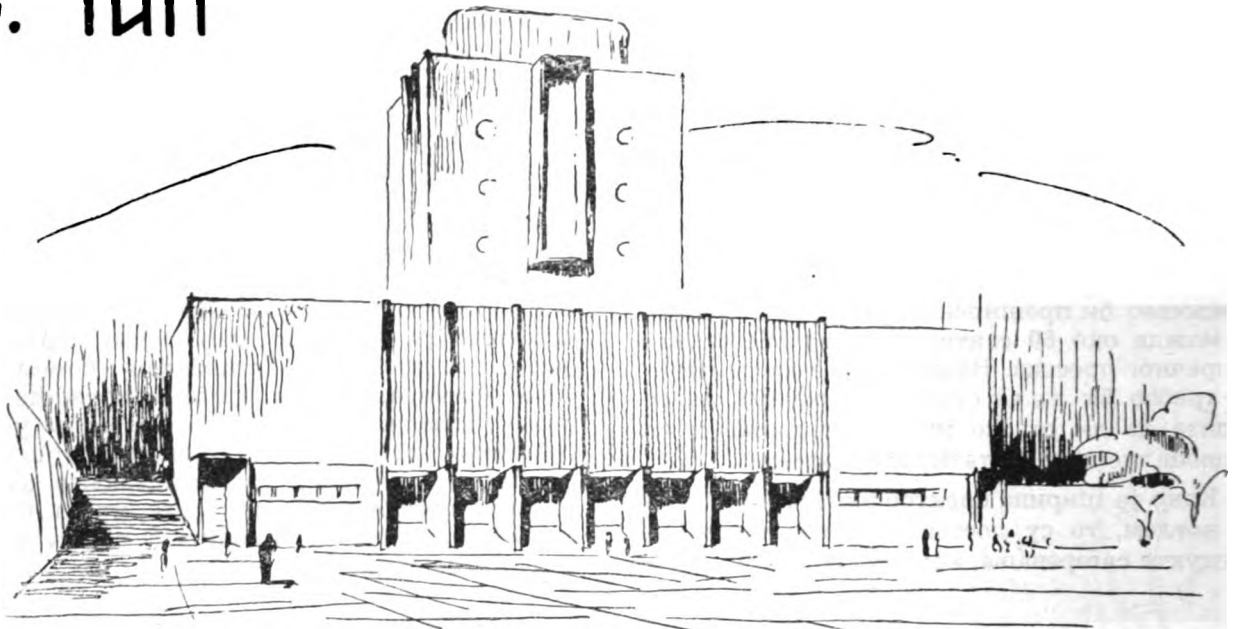
Котларнице ових капацитета не можемо посматрати као самосталне пошто су оне увек саставни део топлана и кондензационих термоелектрана. Због тога, као што је већ

речено на почетку, ми ћемо их излагати додирујући донекле и проблематику изградње електрана. Котларница која припада индустријској централи средњег типа, а увршћена у тип 6, подигнута је у граду. Објекат су пројектовали ing. Хенки и проф. ing. arch. Фаренкамп 1933/34, а пуштен је у погон 1936 године.

Пара се производи у два Лефелова котла са једним каналом и одлази у Љунгстром турбину од 15.000 KW, која има одвод на 30 атм и излаз из турбине са 5,5 атм (противпритисак). Око 67% произведене паре са притиском од 5,5 атмосфера троши се у фабријационе сврхе, остатак паре мањим делом од 30 атм, а већим са 5,5 атм троши се преко помоћних турбина за прегревање воде. Пумпе за напајање и циркулационе пумпе, као и помоћни агрегат, на парни су погон те на тај начин је омогућено предгревање воде за напајање у више ступњева, као код чисто кондензационих постројења, иако је главна турбина на принципу противпритиска.

Постројење ради са угљеним прахом од каменог угља са малим процентом пепела. Централно млевање постављено је у засебној

6. ТИП



ПОД ЗГРАДОМ М² 1790

Сл. 227. — а. котлови; б. бункери за угаљ, с. цевоводи, д. реген. загрејач ваздуха, е. електрофилтар ф. експаустор, г. резервоар за кондензат, h. пречистач воде, i. разводна плоча, к, р. турбине, l. циркулационе пумпе, т. пумпе за воду, п, о пумпе за воду, v, s. предгрејач воде, и. канцеларија

гради на отстојању око 300 m од котларнице. Ова концепција изабрана је због тога што је постројење налази у граду те би складиште угља заузимало велику површину. Репењем је предвиђено да се угљ уклатиштава даље од централе и да се ту меље, а његово транспортовање врши се у виду аеропраха (типичан пример пнеуматског преноса). Евентуална примена Кремерових млинова захтевала би транспорт крупног или помљеног угља на растојању од 300 m што би било нерентабилније, а нарочито скопчано са већом прашином и буком него при пнеуматском преносу. Систем млевења је централни, а млинови су са куглама.

Котларница има два једноканална агрегата система Лефел, капацитета по 60 t/h. Котловски притисак је 135 атм а радни на глазу у турбину 130 атм, прегрејаност на излазу из прегрејача је 500°C. Температура воде за напајање је висока и износи 210°C. Загревање ваздуха се врши у Љунгстромовом ротационом загрејачу ваздуха на 380°C. Гориљке су смештене у угловима тако да се добија хеликоидално кретање у ложишном простору паралелолипедног облика са квадратном основом. Запреминско оптерећење ложишног простора креће се у границама од 170.000 до 220.000 kcal/m³h. Загрејач ваздуха узима топао ваздух из горњег дела котларнице; пошто је котлао вертикалан, компактни ротациони загрејач ваздуха постављен је на врху котла, те му је и са конструктивне стране најзгодније да сише ваздух из горњег дела котларнице. Изнад Луво-а постављен је вертикални електрофилтар са степеном дејства 98%. Наводимо неколико интересантних података у вези са овим електрофилтром. Грађевински трошкови електрофилтра износе 5% од укупних грађевинских трошкова. То претставља извесно поскупљење зграде. Простор који заузима електрофилтар износи 30 m³ по тони произведене паре, док је укупна кубатура котларнице 204 m³ t/h. Видимо да је постављање електрофилтра на објекту ове величине, који је изведен као високоградња нерентабилно, али у прилог његовог постављања иде то да он замењује димњак од 120 m и да се објекат једино на тај начин може прилагодити условима градске архитектуре.

Вентилација котларнице се врши на тај начин, што Луво сише загрејан ваздух из горњих зона котларнице и турбинске сале, док је у доњем делу котларнице смештен

уређај за убацивање ваздуха расхлађиваног хладном водом која улази у процес.

Ентеријер постројења је прикладан, котлови су преко изолације превучени метализираним лимом, цевоводи су постваљени у нарочитим ходницима и окнима, све команде су приступачне а арматура је спретно камуфлирана, те су тиме избегнуте уобичајене стрчеће форме. Котларница има осам етажа тако да се сваком делу котла може лако прићи. Одвођење шљаке је хидраулично са високим притиском. Сваки котлао има свој електрофилтар иза кога се налазе посебни експаустори на вентилаторској платформи.

Канцеларије, просторије за радништво (гардеробе, купатила, умиваонице, клозети и др.) одвојени су у засебном делу а имају уређај за климатизацију.

Турбинска сала је заједно са пумпном салом. Железнички крак долази до монтажног отвора турбосале пролазећи непосредно поред котларнице, тако да може опслуживати и млин. У левом крилу зграде налази се дворана за топлотну и електричну контролу, а у десном крилу уређај за припремање воде.

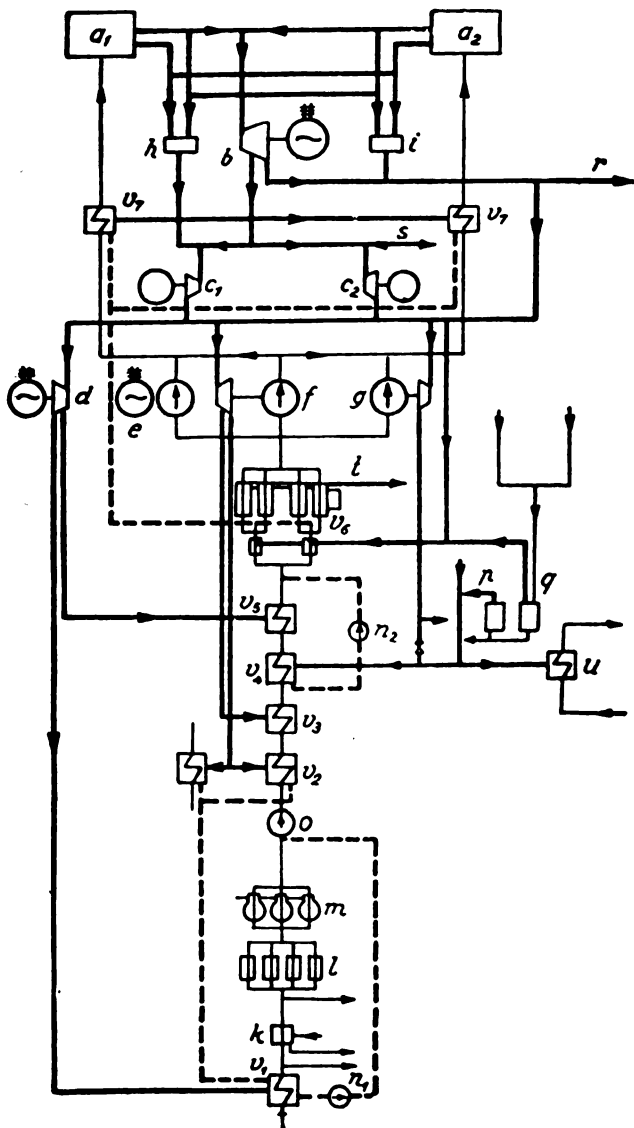
Постројење је пројектовано да ради паралелно са државном мрежом, те нису предвиђени агрегати за стављање у покрет. У турбосали резервисано је место за још једну турбину. Предгревање воде врши се у шест ступњева. Кондензатори турбина од пумпи за напајање су истовремено и предгрејачи.

Изведени објект се унеколико разликује по својој архитектури од свог идејног пројекта. На изведеном објекту одбачени су неукусни кружни отвори на котловској кули, и главна осветљавајућа површина фронта опслуживања је измењена. Док је идејним пројектом ова површина имала јасну артикулацију по вертикали, дотле је изведени објекат добио овај отвор неутралног и донекле неодређеног изгледа. Може се рећи да је пројектант у потпуности успео у обликовању ове зграде, јасно ценећи границу монументалности и индустријске функционалности.

Топлотни биланс. Са горивом 7.000 kcal/kg и пепелом до 10% котлови дају средњи експлоатациони степен искоришћења η_k 83,5. При гутању турбине са противпритиском од 5,4 kg/kwh специфична потрошња на бази угља биће око 1.450 kcal/kwh. Ако би постројење радило као кондензационо, утросак би био 2.700 kcal/kwh.

Главне карактеристике постројења:

N_e — 15.000 kw
 D_1 — 2 x 60 k/h
 P_k — 135/130 атм
 t_s — 500°C
 t_a — 210°C
 t_l — 380°C
 Q/V_R — 17 — 22 x 10⁴ kg cal/m³h
 Q/N_e — 1.450 kg cal/kwh



Сл. 228. — Топлотна шема

a_1, a_2 . котлови Лефлер

b . главна турбина Љунгстром

c_1, c_2 . циркулационе пумпе

d . помоћна турбина,

e . пумпа за напајање,

f . пумпа са турбинским погоном

g . резервна пумпа,

h . уређај за гушење паре од 100 на 30 атмосфера

i . уређај за гушење паре од 100 на 5,5 атмосфера

k . предгрејач воде

l . пермутит апарат

m . отстрањивач гасова

n . пумпа за кондензат

o . пумпа за предгрејаче

p . скупљач паре из заптивача

q . испаривач продувавања

r . одвод паре од 5,5 атмосфера

s одвод паре од 30 атмосфера

t пара за ваздушне пумпе

u грејање просторија

v_1 . предгрејач воде до 30°C

v_2 . предгрејач воде до 40°C

v_3 . предгрејач воде до 60°C

v_4 . предгрејач воде до 90°C

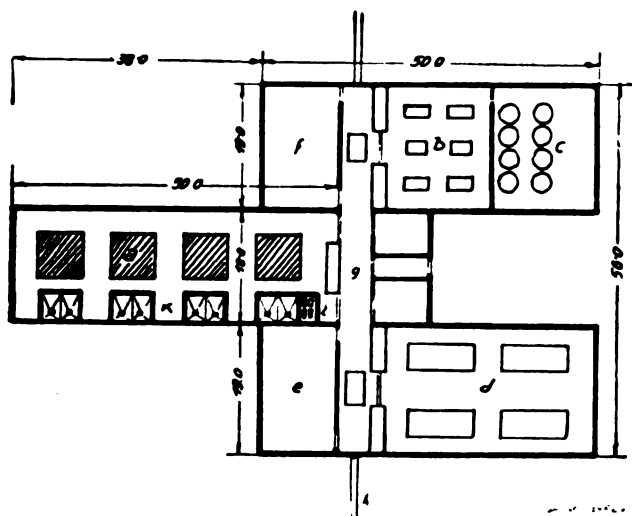
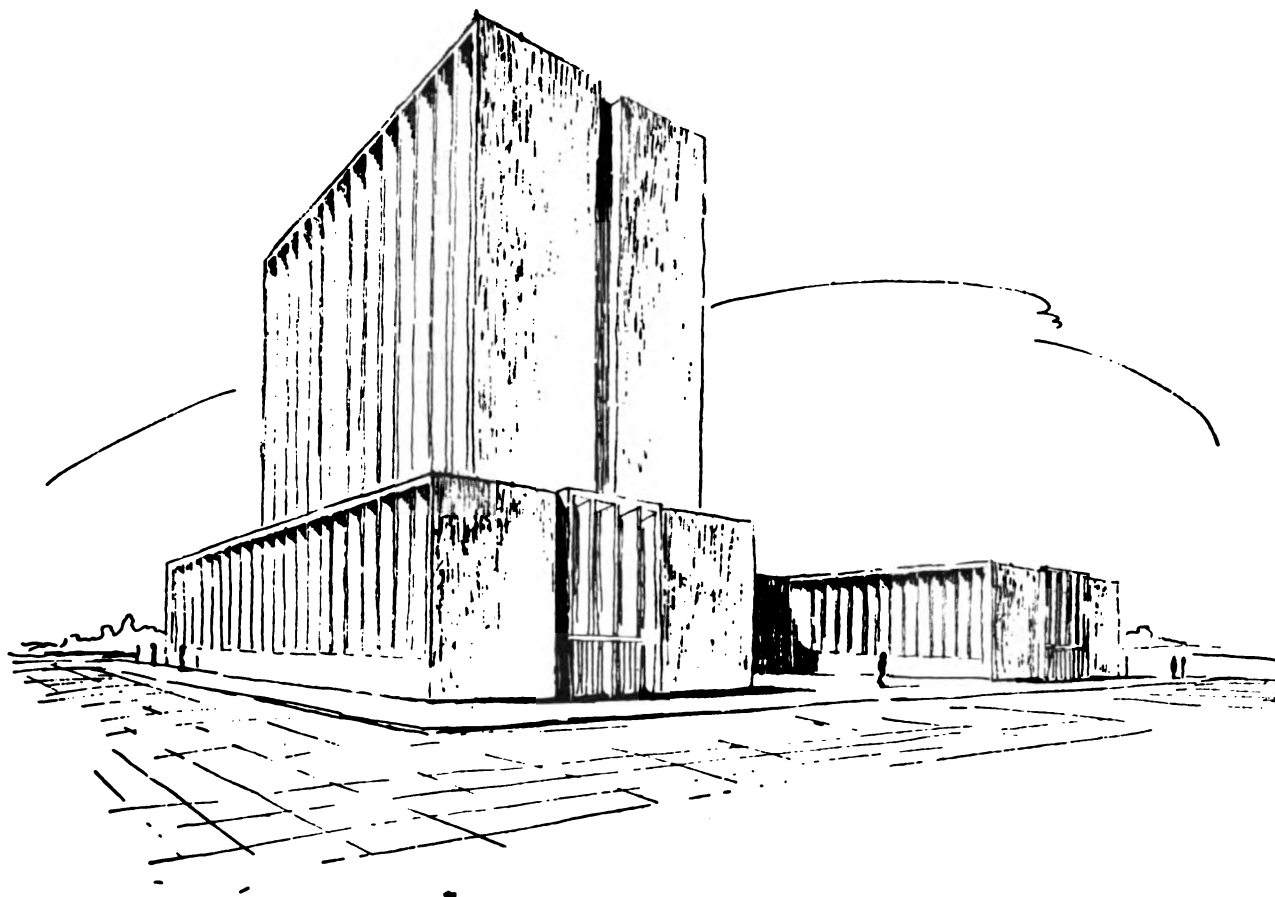
v_5 . предгрејач воде до 125°C

v_6 . предгрејач воде до 155°C

v_7 . предгрејач воде до 210°C

6 ТИП

А

ПОДЗГРАДОМ $m^2 3'000$

Сл. 229. — а. котлови, б. пумпе и предгрејач, с. омекшавање воде, д. парне турбине, е. расклопни уређај, ф. постројење за сопствену потребу, г. комунације, х. колосек, и. шахт за угаљ, к. бункер за угаљ

ШЕСТИ а ТИП

Овај тип претстављао би у неку руку варијанту, специјалне конструкције као и претходни. Тип 6 и 6а разликује се по врсти предвиђених котлова. Док је у претходном био Лефелов, овде је предвиђен Бенсонов високог притиска 130 атм и прегрејаности 500°C (пројектанти су исти).

Котларница има четири котла са једним каналом, једноредног типа, капацитета по 90 t/h. Централни део зграде је котловска сала са бункерима и електрофилтрима, изведен по принципу високоградње. Симетрично се са обе стране развијају крила за потребе електране. Допрема угља врши се железничком пругом кроз тунел који сече попречно котларнички део. Оваква допрема без спољњег лагеровања изискује стално присуство железничке композиције, јер је специфична потрошња велика (50 t/h). С друге стране и поред свих предвиђених уређаја за обезбашење и вентилацију истоварног ходника, и поред механичких средстава за истовар, овакав начин допреме претставља у добром решењу зграде велики минус. Шљака се вероватно одводи хидрауличним путем. Изнад овог истоварног ходника на нивоу фронта опслуживања, налази се топлотна и електроконтрола.

Конструкција зграде може да се наслути са њеног спољног изгледа, јер је основа дата врло шематски. Рекло би се да је котларнички део у армирано-бетонским оквирима велике висине. Бункери за угљ или висе на горњој греди оквира или су ослоњени на конзоле из стубова оквира. Ниска крила такође пројектована у оквирној конструкцији. Распоред, односно конструктивни систем етажа није познат. Код овог, уствари варијантног решења са појачаним капацитетом типа 6, треба замерити пројектанту због архитектонског обликовања. Уколико је он успео у претходном пројекту, толико је код ове електране промашио претенциозном монументалном архитектуром. Ово може истовремено служити за пример до које се границе сме ићи са композицијом, а да се не погрешити и да се уместо једне озбиљне функционалне индустријске архитектуре не постигне изглед својствен јавним, друштвеним монументалним објектима. Ова се грешка могла избећи избором неке срећније другостепене пластике а да се провобитна диспозиција масе задржи, пошто она одговара добро постављеном машинско-енергетском технолошком процесу.¹⁾

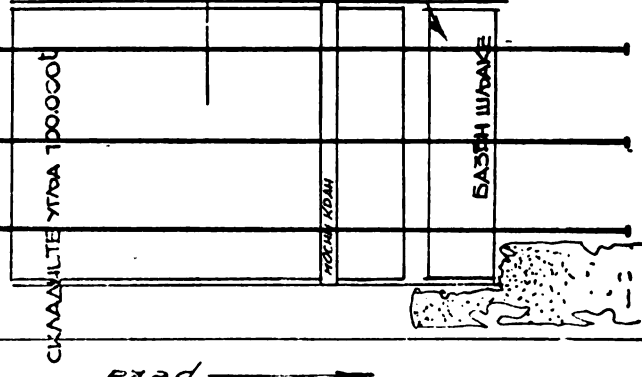
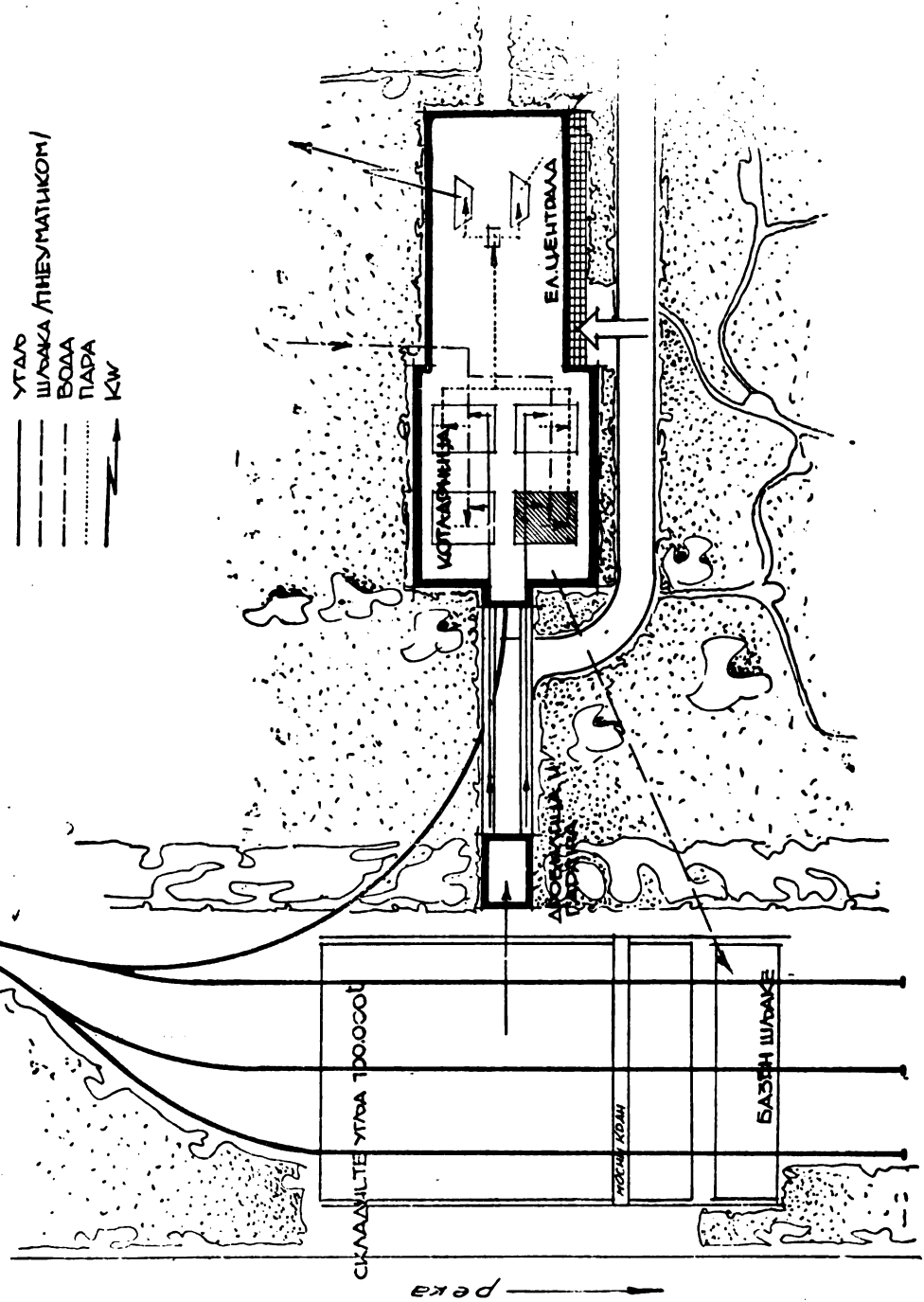
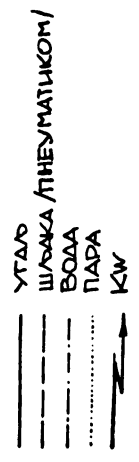
¹⁾ Технички подаци узети су из часописа VDI, 1937.

СЕДМИ И СЕДМИ а) ТИП

Анализирајући тип, описивања оба случаја вршиће се истовремено и паралелно, јер оба имају главну заједничку карактеристику да су исте намене, приближно сличних капацитета, да су у једном конструктивном мешовитом систему, изграђени по блок систему, и да оба припадају електранама. У разрази шематских пројеката седмих типова морали су објекти бити обухваћени у целини, заједно са електранама. Ово је учињено што котларнице оволиких капацитета нису самосталне, већ су увек саставни део топлане или кондензационе термоелектране, па је разумљиво што нису потпуно издвојено посматране.

У типу 7 и 7а примењени су котлови система Шмит-Хартман са једним каналом и јако екранисаним ложипним простором. Додирна грејна површина сведена је на мали број водогрејних цеви које одлазе у добош примарног система. Он ради са 160 атм. Добош секундарног система налази се изнад примарног, ван котловске облоге. На котлу је предвиђено накнадно прегревање паре, како би се избегла незгодна страна примене високих притисака залажењем криве промене стања у област влажности. Изнад међупрегрејача налази се редовни прегрејач са јаком развијеном површином, а изнад овога змијаста економајзер са глатким цевима. На

7. ТИП
ДИСПОЗИЦИЯ



— пера —

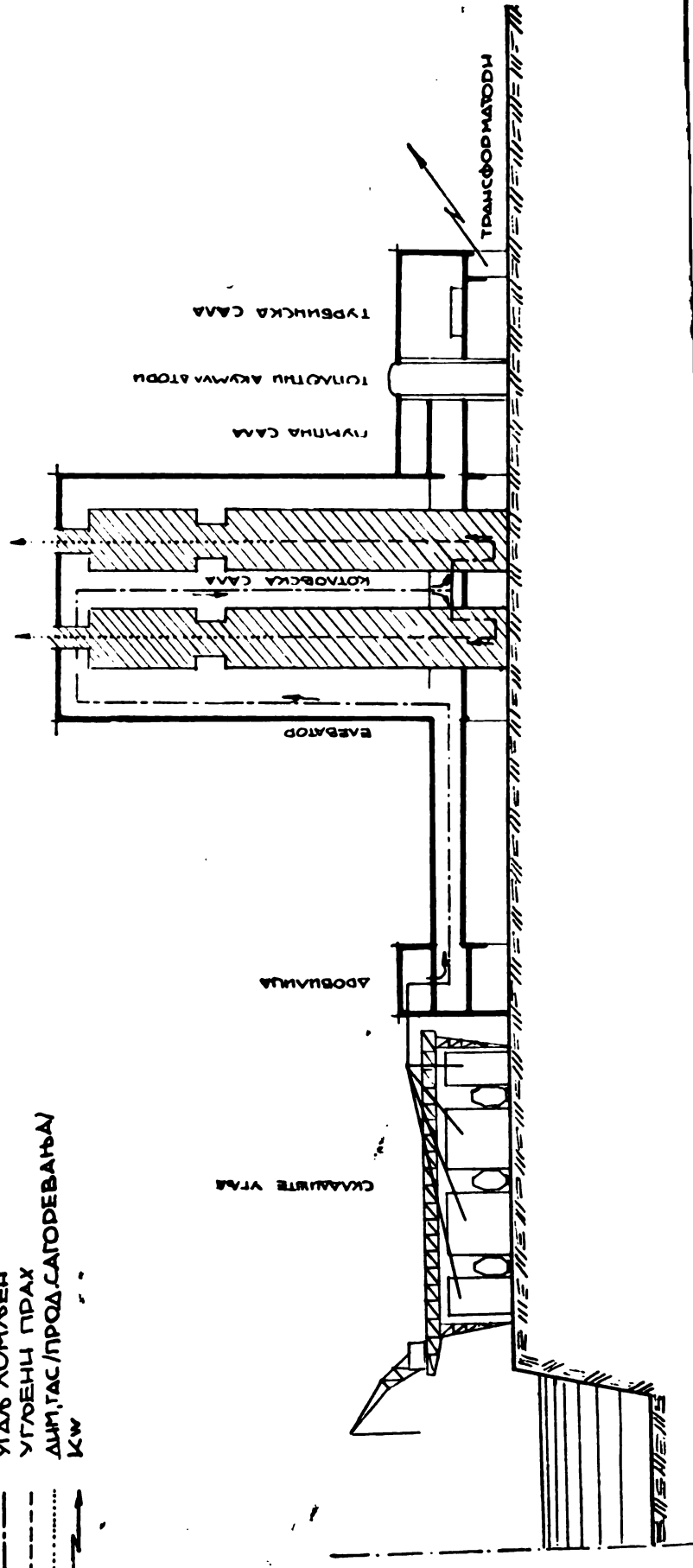
Ст. 230

7. ТИП



ТОШ ПРОИЗВОДИТЕ

- КОМАДИ УГЛА
- УГЛА ЛОМЛЕН
- - - УГЛЕНИ ПРАХ
- ДИМ, ГАС / ПРОД. САГОДЕВАЊА
- КВ



врху је постављен Љунгстромов ротациони загрејач ваздуха. Капацитет котла је 100 t/h, радни притсак 125 атм, прегрејаност 500°C а степен искоришћења иде до 85%. Котао ради са угљеним прахом помоћу два Кремеров млина. Пошто је котао једноканални и како ради са чврстом шљаком, он није погодан за горива са већим процентом пепела. У овом случају као гранична вредност може се сматрати $A=20\%$. У погледу процента влаге у гориву ова конструкција нема никаквих недостатака; са повећањем η_k потребно је повећање прегрејаности и количине примарног ваздуха. Карактеристика овог котла је мала површина коју запрема под собом, што је уствари последица његовог једноканалног система. Његова конструкција је једноставна, потпуно обложена и витка. Он нема убицајене арматуре и цевовода слободних у простору, већ је све утопљено у оклоп агрегата.

Нормалан довоз угља предвиђен је воденим путем. Помоћу захватача на мосном крају врши се истовар из шлепа и железничких вагона, истим средством угаљ се лагерује у отворена бетонска корита или преко хоризонталних трака преносница директно убацује у дробилицу. Здробљен угаљ преко траке преноснице и косе траке (естакаде) преноси се до котловске сале, даље се елеватором и бескрајним тракама разноси по бункерима. Из бункера преко аутоматске ваге и дозера гориво слободним падом долази у Кремеров млин. Из млина помоћу струје топлог ваздуха угаљ бива убациван у ложишни простор у виду праха.

Бункери су по кубатури замашни услед тога што је предвиђено да котлови раде са горивом испод 4.000 kcal/kg, а како би се задовољио раније поменути услов у погледу резерве. Они су димензионисани на основу потребе за двадесетчетворчасовни рад. Димензионисање складишта угља извршено је на бази угља потребног за рад при пуном оптерећењу од 25 дана. Као и обично код великих инсталација, и овде је примењен хидраулични начин отклањања шљаке и пепела. Шљака се излазећи из котла расхлађује водом, меље, и у облику каше под великим притиском одводи у базен за шљаку, који је постављен код типа 7 непосредно поред складишта угља. Значи да се утовар шљаке врши истим краном који опслужује и угљарник. У типу 7а базен је постављен одвојено са својом засебном Волф-овом дизалицом.

Пумпна станица је предвиђена на обали, одакле се вода за котлове шаље преко уређаја за припремање воде, а вода за кондензацију директно у кондензаторе. Пошто изврши своју функцију у кондензатору, вода по-

ново отиче у реку — такозвани проточни систем. Припремљена вода помоћу центрифугалних пумпи, покретаних парном турбином, напаја котао. Већина кондензата се прикупља, јер је котларница предвиђена поред кондензационог дела електричне централе, и за турбине са противпритиском. Оне дају пару за даљинско грејање. Кондензат са додатком припремљене воде преко више ступњева предгревања одлази у економијазер и котао.

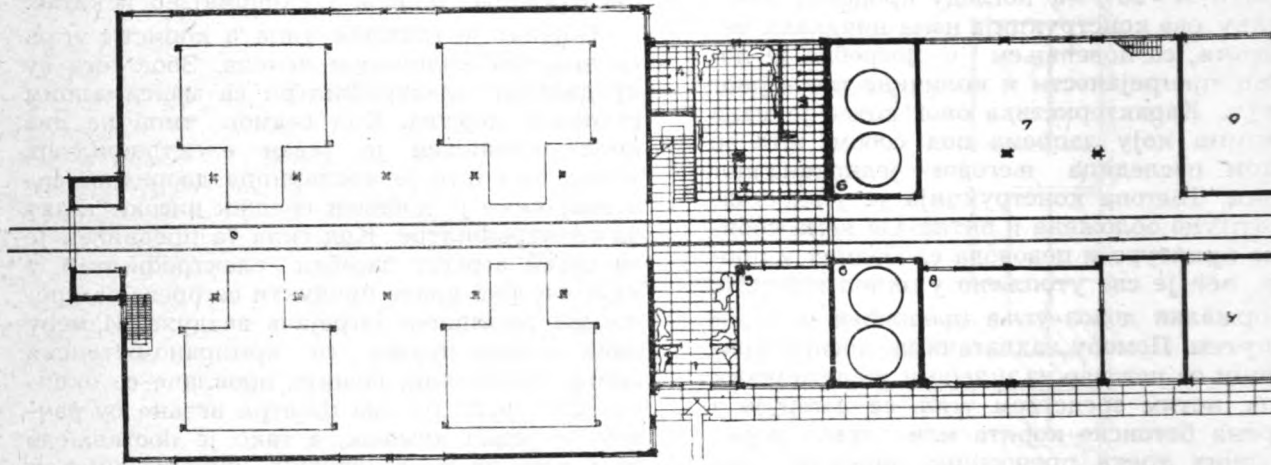
Објекат је градског типа а користи угаљ са знатном количином пепела. Због тога су предвиђени електрофилтри са максималним степеном дејства. Код седмог типа на два котла постављен је један електрофилтар, услед тога што је котларница дворедног система, чиме је добивен средњи високи тракт за електрофилтре. Код типа 7а предвиђен је за сваки агрегат засебан електрофилтар, у који засебно улазе производи сагоревања преко два ротациона загрејача ваздуха. Између ових водова пружа се армирано-бетонски оквир зграде или, јасније, провлаче се оквири. Две групе по два филтра везане су рачвом за један димњак, а тако је постављено због тога да би се кратки лимени димњак заједно са својом капотажом ослањао директно на оквир.

Оба типа котларнице су у склопу термоелектране пројектованих на речној обали, један директно а други на истоварном каналу. Осим ове везе са извором горива постављени су прикључци са железничким саобраћајем због зимског довода горива као и због монтажних радова. Пошто је дата могућност директног улажења вагона у зграду, висина приземља је издигнута на 6 метара од коте нивелете железничке шине..

Дробилица за угаљ постављена је централно према складишту угља како би се скратио ход кранског моста. У типу 7а није потребно уопште покретање кранског моста, пошто је убацивање угља у дробилицу изведено хоризонталном траком преносницом паралелном са вођицом моста, постављеном на домашају дизаличне конзоле. Оваквом диспозицијом омогућено је крану да без ходања моста, ма у којој тачки складишта био, брзо и спретно додаје угаљ дробилици. Код типа 7 услед праволинијски постављеног тока горива у процесу производње, складиште је постављено у челу правца пружања постројења, док је у типу 7а депонија паралелна са котларницом. Ломљење правца кретања угља врши се код дробилица. Предвиђена су два степена дробљења.

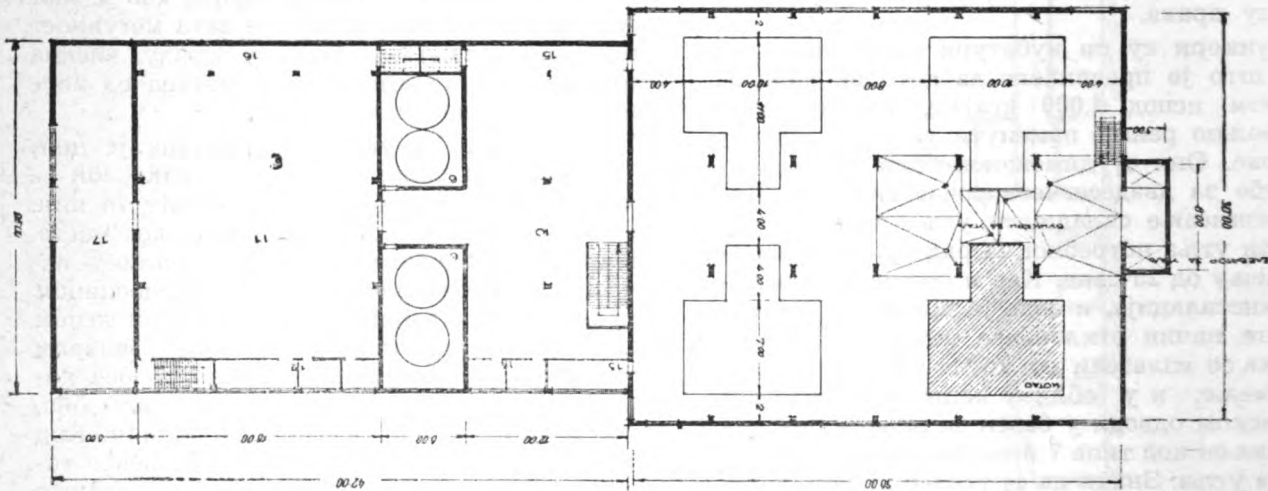
Оба случаја са грађевинске стране решена су у блок систему. У типу 7 главној маси котларнице придодата је централа у подуж-

7.тип



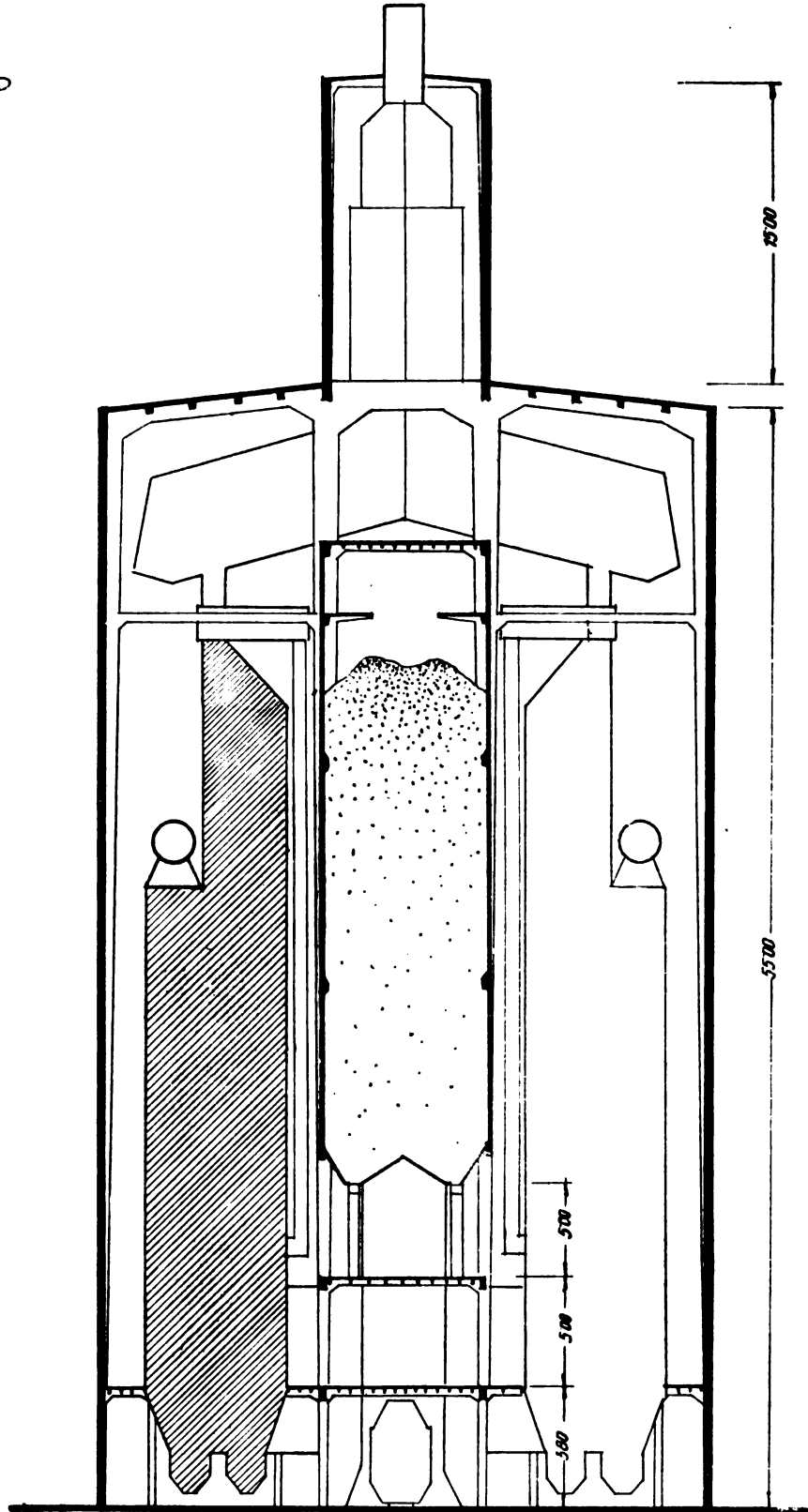
под зградом м² 2245

Сл. 232. — Приземље: 1. улаз, 2. гардеробе, 3. тушеви, 4. клозет, 5. главна погонска канцеларија, 6. акумулатори топлоте, 7. приземље турбинске сале, 8. радионица, 9. трансформатори



Сл. 233. — Спрат: 10. сала са пумпама, 11. турбинска сала, 12. погонска кабина, 13. погонска канцеларија конице, 14. погонска канцеларија пумпне сале, 15. контролна плоча котларнице, 16. контролна турбинске сале, 6. акумулатори топлоте, 17. разводни уређај, на другом спрату је општа контрола

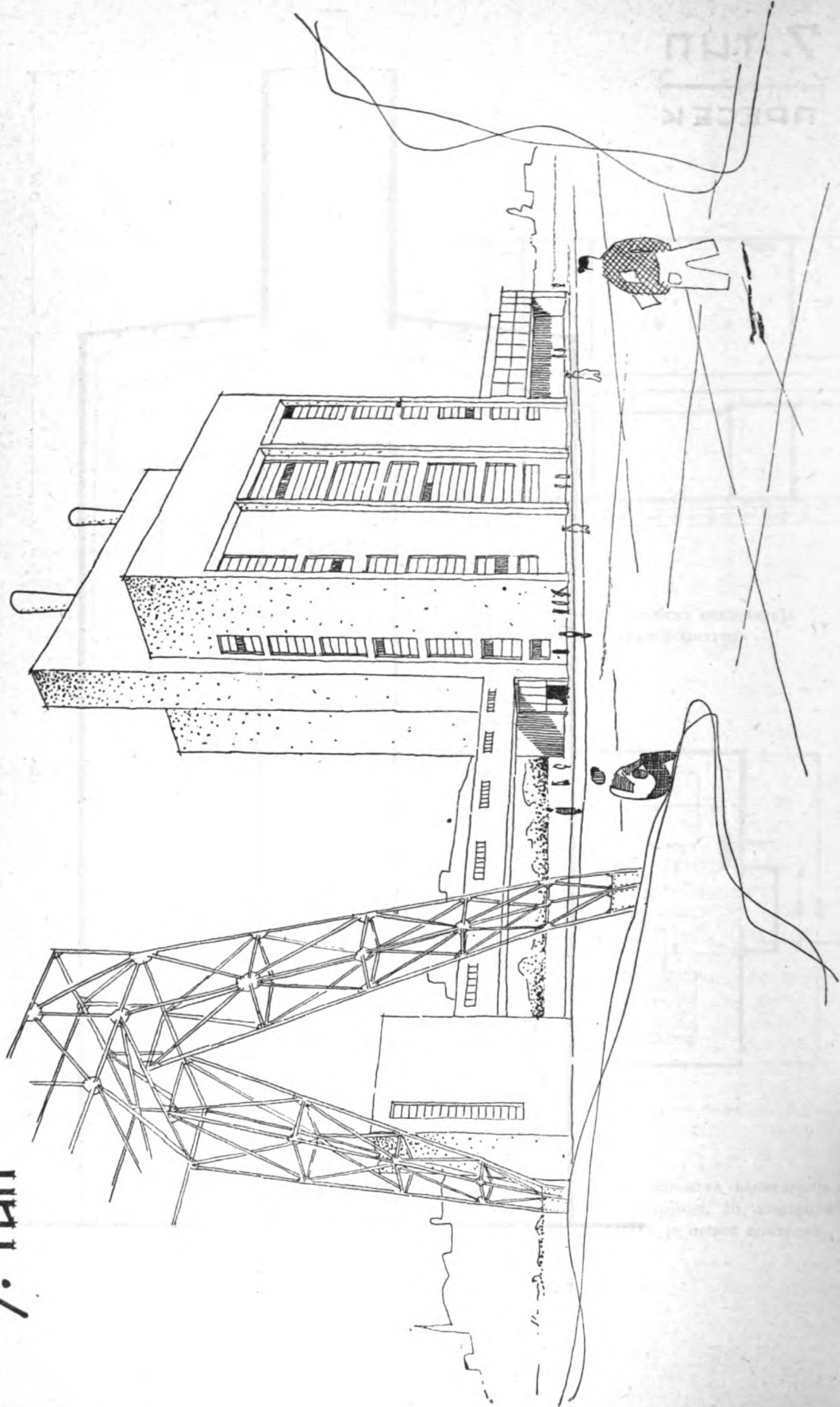
7. ТИП
ПРЕСЕК



ПОВРШИНА ПРЕСЕКА № 1770

Сл. 234

7. 7. 7. 7.



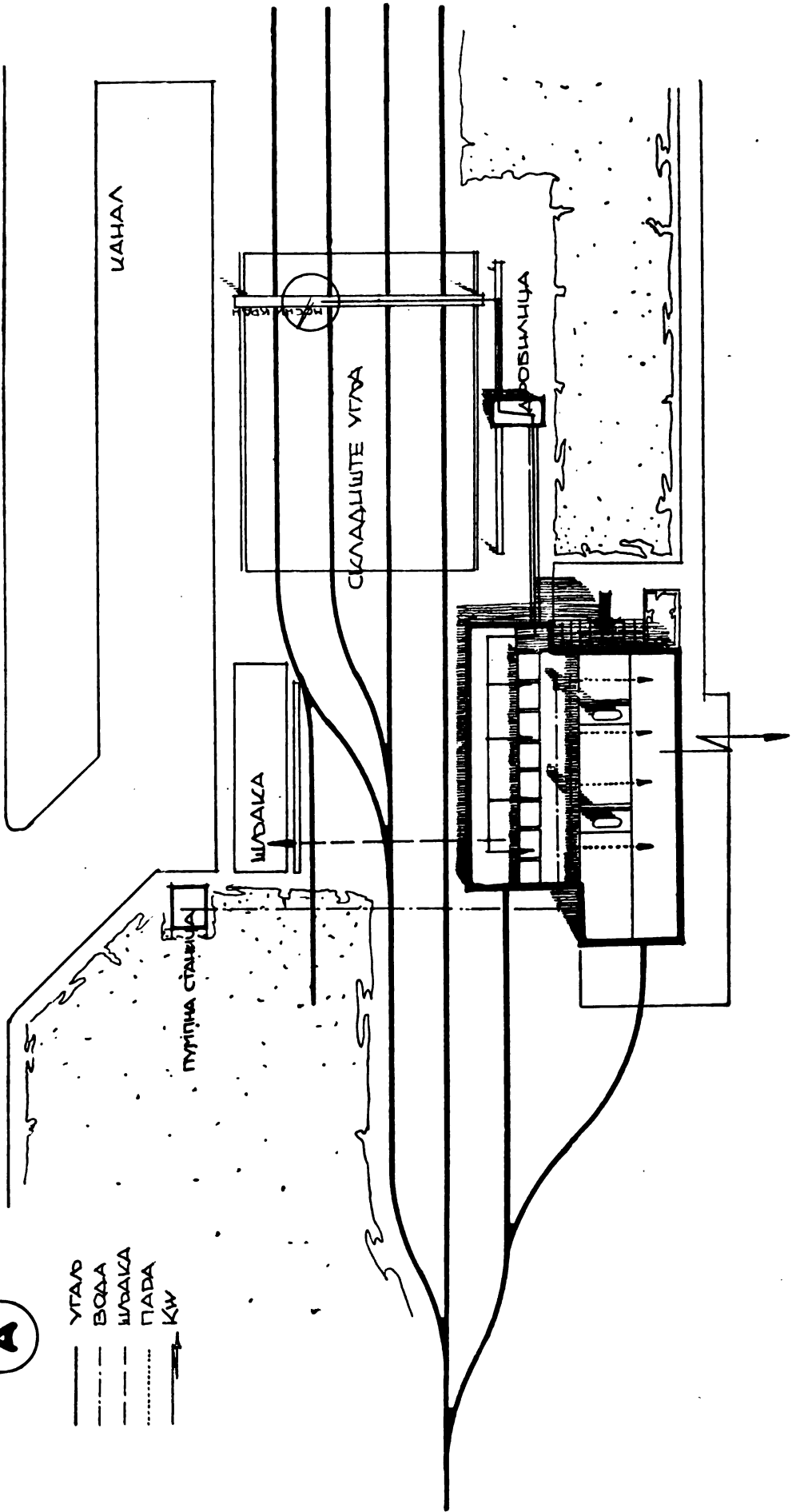
UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

7. ТИП
0 10 20 30 40 50 М

ДИСПОЗИЦИЈА

(A)

- УГАЛО
- - - ВОДА
- - - ШОБАКА
- ПАДА
- КИ

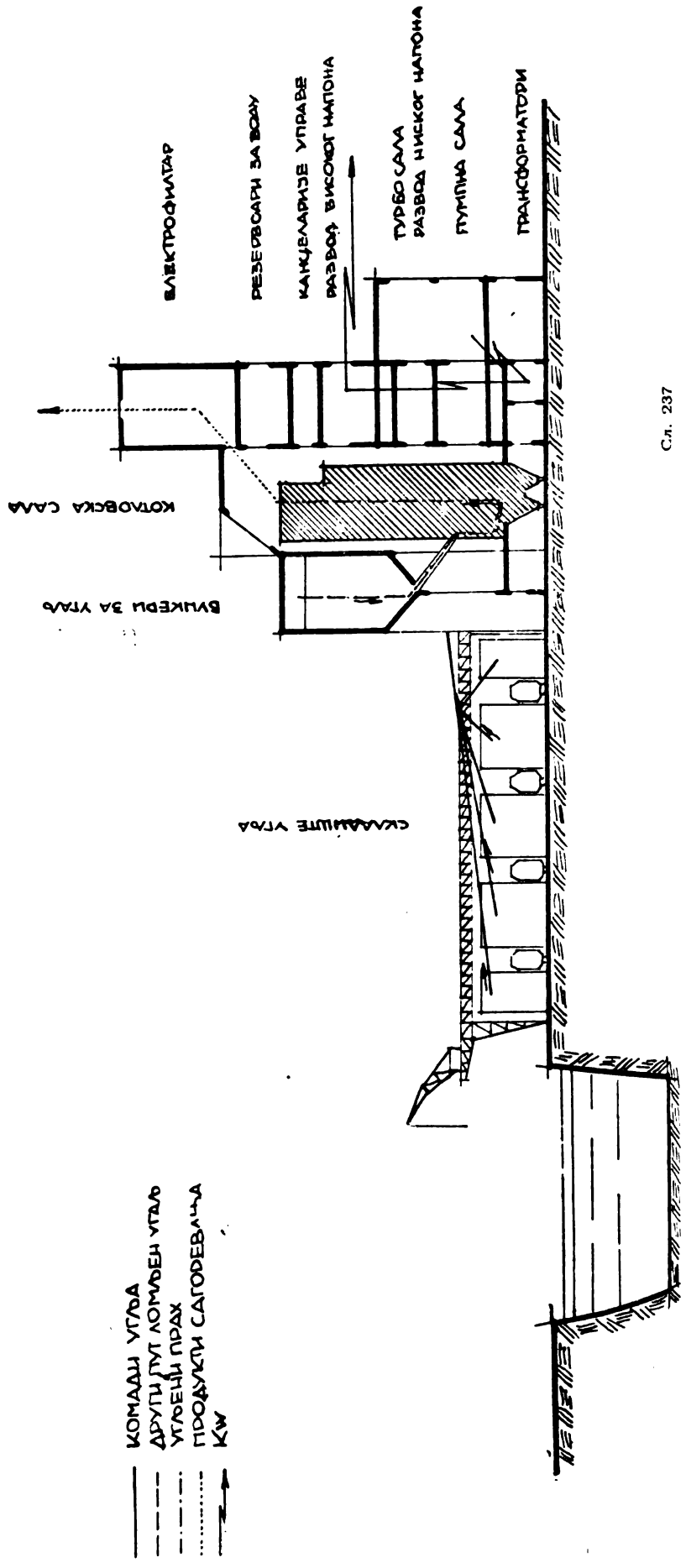


7 ТИП А



ТОК ПРОИЗВОДИ

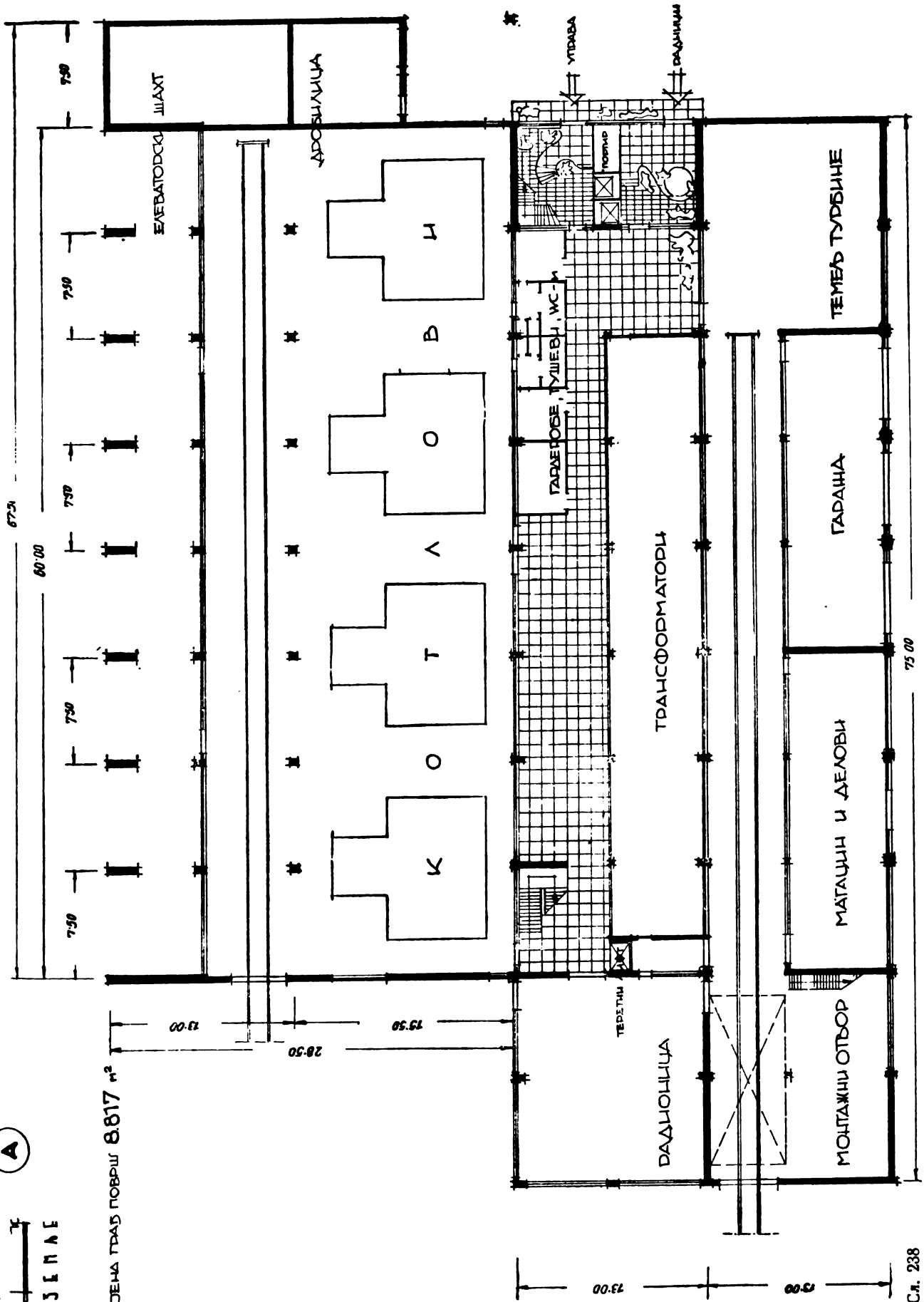
- КОМАДИ УГЛА
- - - ДРУГИ ЛУК ЛОМБЕН УГЛА
- · · УГЛЕНИ ПРАХ
- · · · · ПРОДУКТИ САГОРЕВАЊА
- KW



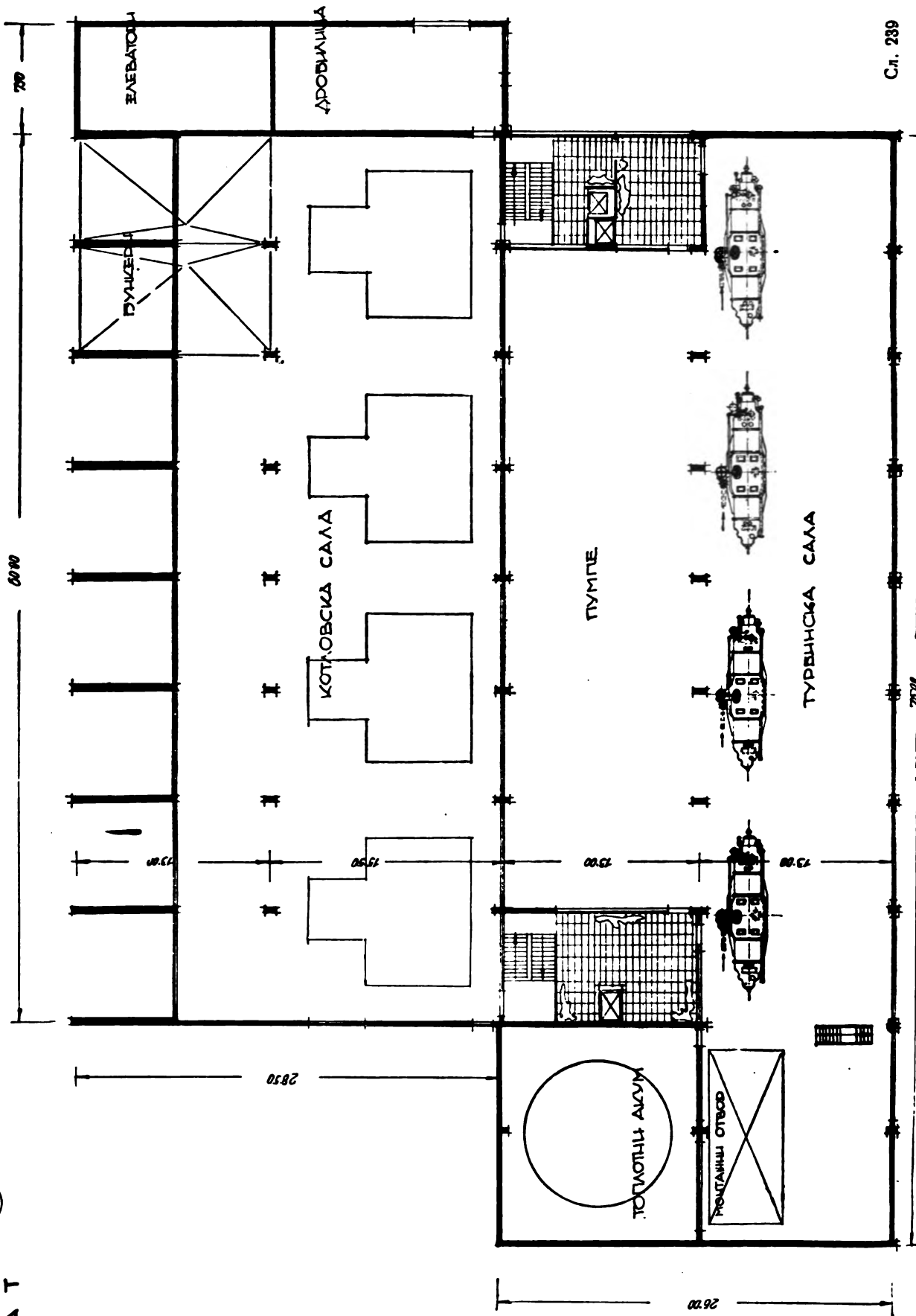
7. ТИП
ИДИЈЕНАЕ

А

РАЗВИЈЕНА ГРАД ПОВРШ 8.617 м²



7. ТИП
СПРАТ

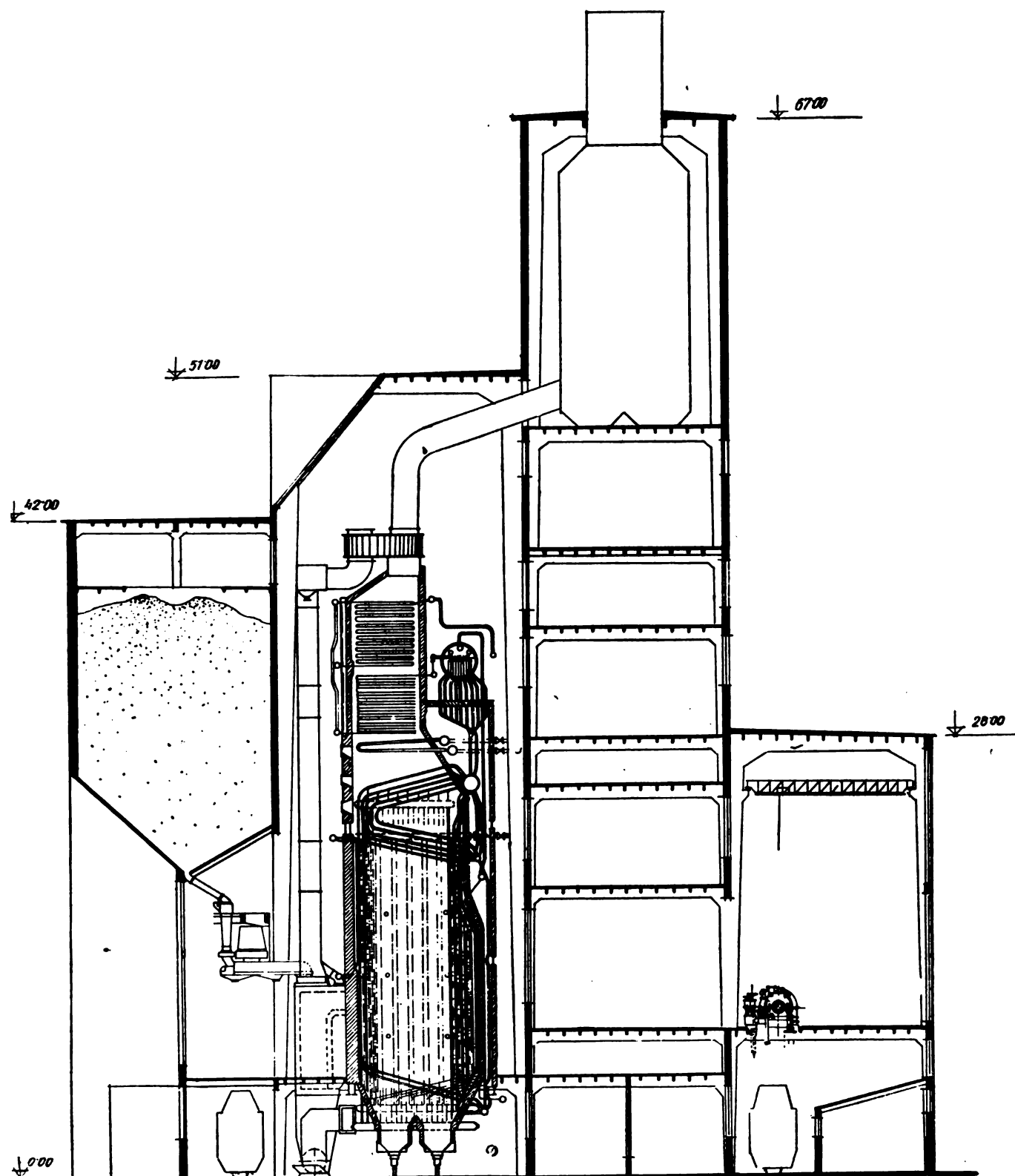


7 ТИП
 П Р Е С Е К

А

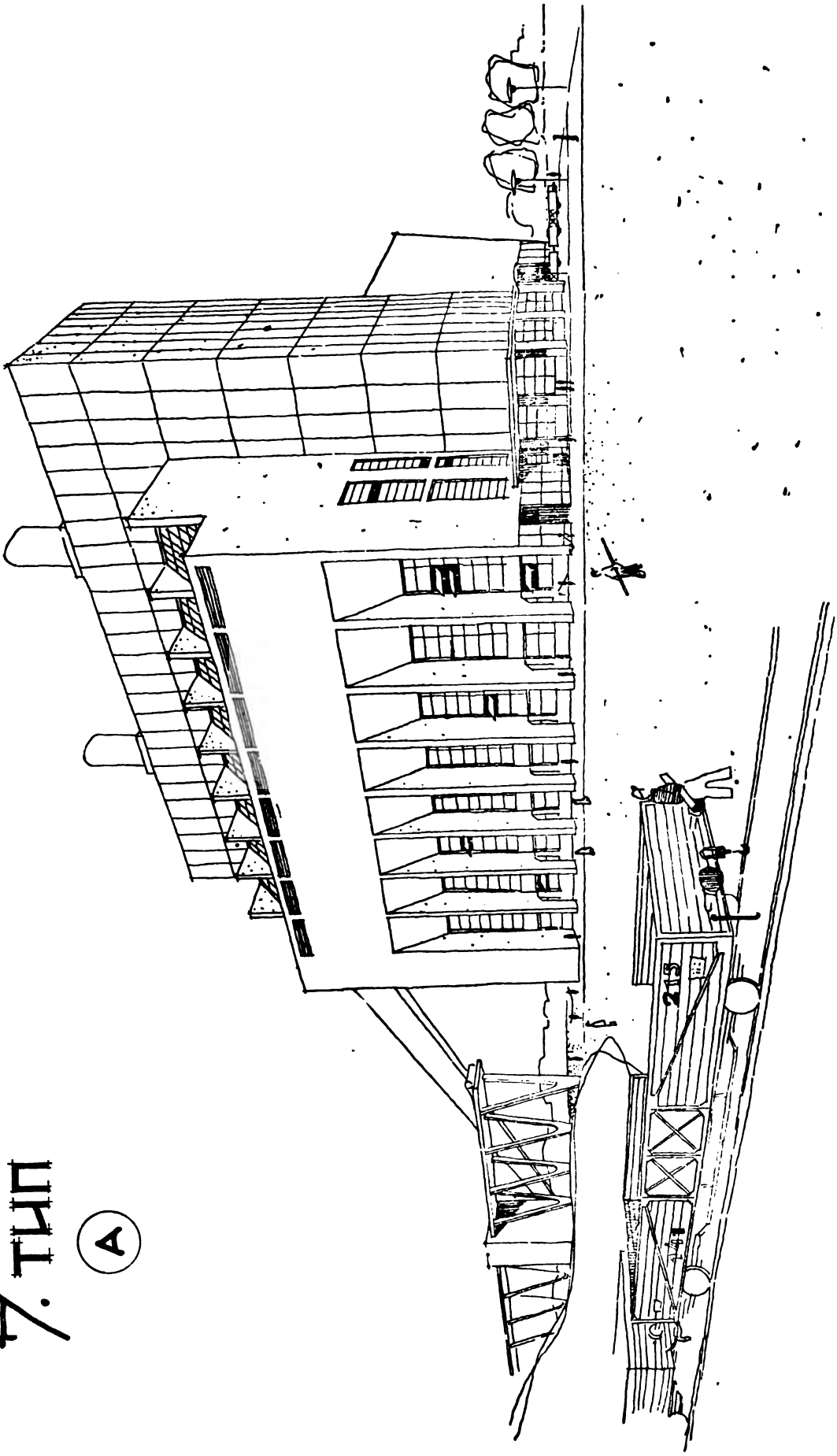
Сл. 240

ПОВРШИНА ПРЕСЕКА М² 2580,00



7. ТИП

А



Сл. 241. — Изглед термосектресе према котларници

иом правцу док је код другог типа она приубљена анексно, паралелно са осталим деиом зграде. Овај начин решавања опште дипозиције произишао је из линије технолошког процеса. У првом случају производња се креће по праволинијској путањи смера од еке преко складишта, кроз дробилицу, кроз котларницу и најзад средином тракта електричне централе. Код другог, типа 7а, овај процес има карактер паралелности са сувим и воденим саобраћајницама. (Види диспозиционе шеме).

Котловске сале имају углавном две етаке. Приземље служи за отстрањивање шљасе, за млинове, пумпе за напајање, предгрејаче и циркулационе пумпе (сем другог случаја где су ова задња постројења пребачена у статички тешко оптерећени део зграде, тј. у вишеспратном оквиру који носи електрофилтре, резервоаре и димњаке). Спрат првенствено служи као галерија опслуживања котлова, а евентуално се ту постављају и дозери. Простори погонских канцеларија и простори за потребе радништва уклопљени су у део електране. У приземљу типа 7 омогућена је проточност железничке пруге ради приласка композиције за монтаже и репарационе радове, како у електрани тако и у котларници.

Конструкција зграде је армирано-бетонска. Котларнички део седмог типа је у тробродном оквиру, чији је средњи брод надвишен и употребљен за ношење бункера, електрофилтра и димњака. Тешко добивени услови осветљења на главном радном простору могли би се успешно отклонити лангерним отворима, али је то у нашем случају неизводљиво пошто су у простор изнад средње добивеног ходника (између два реда котлова) постављени бункери угља. То је општи недостатак свих дворедних котларница. У другом типу зграда је комбинована из два система: оквирног за котловску салу и скелетног за предњи део те просторије који носи бункере. У предњем распону скелета фронт зграде је повучен, тако да елементи који носе бункер остају ван котларнице све до базе бункера. Ово је учињено не само због уштеде у простору него и због тога да би се добила већа динамика у предњој фасади. Да тај зид са отворима није увучен у други план, био би

добивен тежак утисак притиска пуне горње масе бункера на прозоре. Побољшање осветљења котловске сале изведено је закошавањем прозора при врху котларнице, што је оставило за последицу да предњи углови оквира у простору буду слободни. Ови високо постављени закошени отвори омогућују пуну природну вентилацију главног простора а у фасадирању су допринели да се истакне занимљив мотив ритма. Као што је речено пумпе, резервоари, електрофилтри и димњаци постављени су у тешко оптерећени вишеспратни оквир, у коме се поред ових налазе и друга постројења електране. Овим начином издвајања делова зграде у јасно подељене конструктивне трактове по интензитету статичког оптерећења, учињено је да сваки део независно од себе може да слеже и да своје статичке утицаје не преноси на суседне склопове. Најнеоптерећенија конструкција је уствари армирано-бетонски оквир котловске сале који служи једино за њено пресвођавање.

Према изложеним описима типа 7 и 7а може се закључити да је са архитектонске тачке гледишта једноредни систем изградње котларнице много повољнији, тј. да дворедни систем типа 7 треба избегавати. У овој типизацији за тип 7 нарочито је предвиђена дворедна котларница да би се могао што јасније подвући њен велики недостатак обзиром на архитектонско-грађевински склоп објекта.

Фасаде оба решења јасно оцртавају првостепенем пластиком унутрашњу диспозицију, а вертикалном артикулацијом маса наглашавају висину инсталације и вертикалност пружања технолошког процеса, јер се он овде углавном одиграва у вертикалној равни (у оба смера). Употреба електрофилтра са кратким димњацима извукла је средњу масу као главну доминанту, док је распоред котлова придодео овој вертикали било бочно обострано (тип 7) било једнострано, масе котловских сала. Могуће је да се основна решења спољних изгледа могу варијантом мењати избором нове другостепенне пластике, и уопште другом обрадом фасаде, што би од нарочите користи било код типа 7, односно чиме би се изглед овог објекта приближио више индустријском карактеру.

СЕДМИ 6 ТИП

Ове котларнице су такође саставни део великих термоелектрана, и као такве имају исту намену као и постројења претходних случајева. Ради поређења узет је систем котлова са течном шљаком, истог капацитета и сличних карактеристика претходним.

Котлови су вертикални са једним и по каналом. Ложење се врши угљеним прахом у млиновима са куглама. У комори за топљење, где је температура преко 1.500°C , и калорично оптерећење запремине преко $300.000 \text{ kcal/m}^3\text{h}$, пепео се из горива претвара у течну стању, и као такав отиче из котла. Продукти сагоревања улазе у другу комору (f), која је обложена отвореним екранима. Ту се углавном и врши предаја топлоте. У хоризонталном делу, полуканалу, постављен је прегрејач. У другом вертикалном делу постоји нормални и испаравајући економајзер, а на излазу ротациони загрејач ваздуха. Предност овог система рада са течном шљаком повољан је за наше угљеве, који често имају велики проценат пепела са ниском тачком топљења. Убацавањем хоризонталног полуканала добивена су два прелома која дејствују центрифугирајући на летећи пепео и кокс. У том делу постоје конуси за одвођење истих. Капацитет котла је 100 t/h , радни притисак 110 атм , прегрејаност 520°C , док искоришћење иде до 90% .

Из бункера, преко аутоматских вага и дозера, гориво улази у млинове са куглама. Из њих у комору за топљење. Отклањање шљакке, као што је наведено, на принципу је течне шљакке која се при излазу из котла, пошто се изврши гранулација, на исти начин као код типа 7 и 7а одводи напоље.

За овај случај предвиђене су две варијанте: термоелектрана на реци са коришћењем проточног система расхладне воде и термоелектрана на терену, обично рударском, где је оскудица воде те је примењен кружни систем са хладњачама. У погледу воде за напајање котлова ток је исти као и код прва два случаја овог типа — у зависности је од тога да ли је топлана или кондензациона термоелектрана, колико се кондензата враћа

те се према томе припрема мања или већа количина воде.

Сваки котло има свој електрофилтар са лименим димњаком. Он је постављен хоризонтално због снижења висине зграде на минимум, а степен дејства ће бити у зависности од места градње. Хоризонтални електрофилтар има ту предност што је у овом положају ефикаснији нарочито за угљеве са већим процентом пепела. Речено је да његово дејство зависи од места градње, што уствари значи да његов капацитет мора бити снажнији ако је постројење у близини насеља.

Диспозиција инсталације типа 7б пројектована је алтернативно. Једна је по ситуирању идентична типу 7а а друга је обрађена према изабраном брдовитом терену без воде и према другим допремним средствима. У другој алтернативи угаљ се из сепарације доводи жичаром до складишта горива. Оно је предвиђено да буде у виду четири армирано-бетонска цилиндра елиптичног пресека. Нагиб цилиндра условљен је којефицијентом трења угља (око 30°). Под армирано-бетонских цилиндара за ускладиштавање угља може бити обрађен рељефно по шах систему. Овај начин обраде пода потребан је да се не би притисак целокупне масе угља провео директно на излазно дно цилиндра, него да се ово оптерећење равномерно подели и на подну површину. Осим тога кроз шупљине рељефног пода могу се провести пароводи ради спречавања смржњавања угља.

Из поменутих цилиндара унутрашњи скрепер свлачи угаљ на хоризонталну траку преко које се сабира на другу траку преносницу, постављену према првој под 90° . Њом се одводи у котловску салу, где трећа трака прихвата гориво и разноси га по бункерима. Постоје још два пута горива: директно из сепарације жичаром преко дозера и косог левка (корита), ситуираног између два средња цилиндра, и из отвореног складишта путем скрепера и бесконачне траке испред цилиндра. Најзад, предвиђена је и трећа могућност директног довоза преко железничке мреже. У том случају угаљ се помоћу елеватора издиже на закошену мосну траку (види

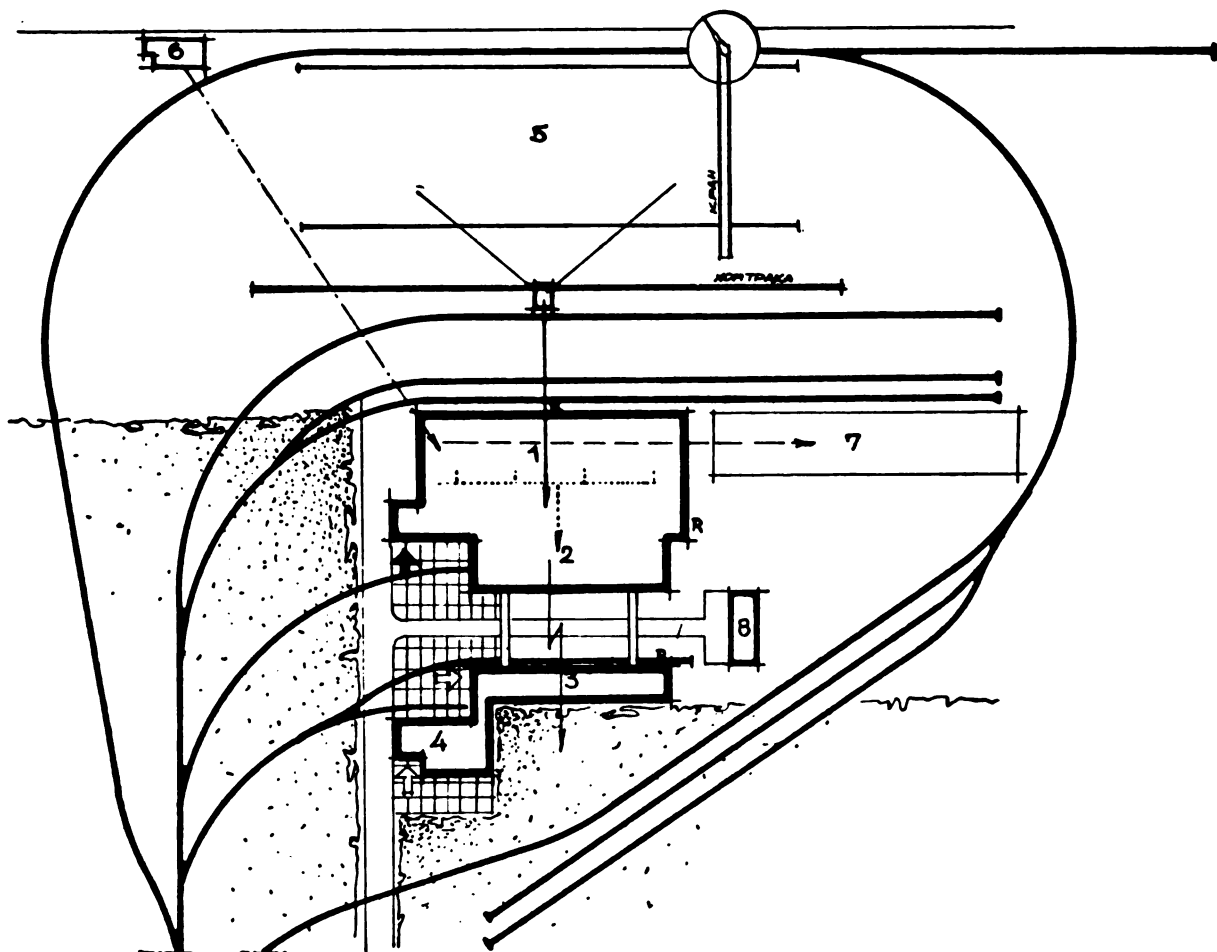
7. ТИП

В

→ УГЉ
 - - - ШЉАКА
 : : : ВОДА
 ····· ПАРА
 <-> КИВ

I АЛТЕРНАТИВА

К А Н А Л



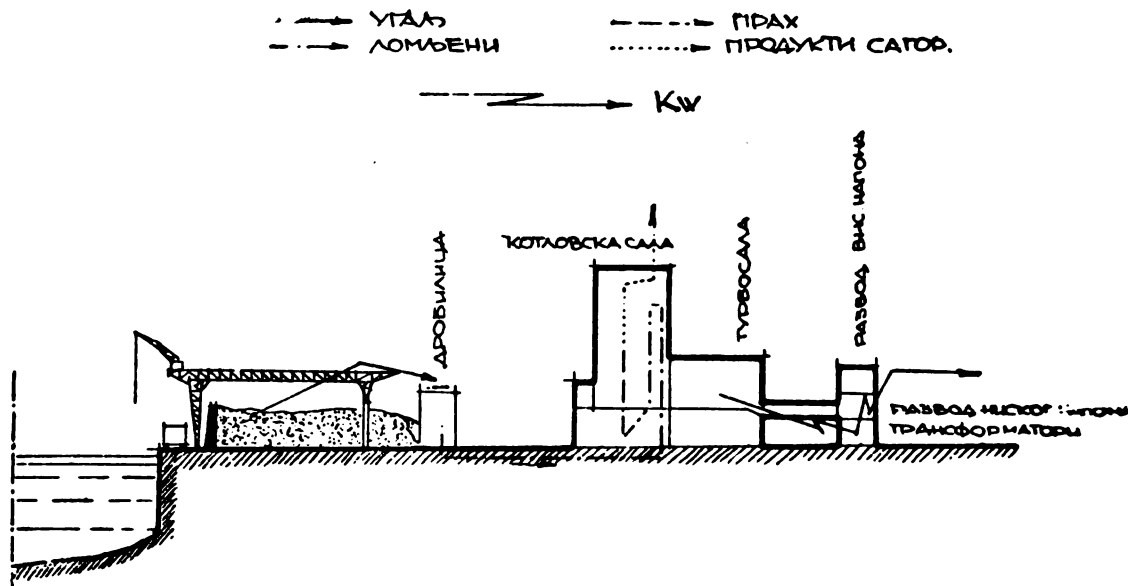
Сл. 242. — Диспозиција електране уз канал на равном терену

- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| 1. котларница | 5. складиште угља |
| 2. турбосала | 6. пумпа за воду |
| 3. трафо и развод | 7. базен за шљаку |
| 4. радионица и управа | 8. гаража и пожарни депо |

диспозициону шему). Ова последња веза са железничком саобраћајницом постављена је и због монтажних и репаратурних радова.

Зграда постројења решена је у полу блок систему. У главном делу налази се котловска сала са турбосалом док су разводи и трансформатори са просторијама управе издвоје-

ни у засебну зграду. Зграде су повезане са два мосна ходника. Ово издвајање је учињено ради бољег осветљавања турбинске сале. Главни простор котларнице решен је по једноредном систему, а изграђен у армирано-бетонском скелету. За разлику од предњих типова, габарити пројектованог двокоморног



Сл. 243. — Ток производње

котла дозвољавају постављање скелетног система доста економичних распона. Благодаря рећи облику агрегата, бункери за угаљ налазе се изнад самог котла. Овде није могао бити јасно разграничен тешко оптерећен део од мање оптерећеног. Галерија опслуживања придодата је дуж предње стране котлова у висини две етаже, а потпуно независно од главног скелетног склопа. Пошто сваки котло има свој засебан електрофилтар, низ филтара није обухваћен једним простором, већ свака јединка има засебно изграђену кубатуру, што са задње фасаде даје згради унеколико чешљасту диспозицију маса.

У погледу архитектонског обликовања, овај тип је можда нешто подобнији од прет-

ходног због своје разуђене основе. Између два дела зграде, спојених мосним ходницима добијен је један пријатан простор уоквирен великим стакленим површинама турбинске сале и зграде развода. Овај се простор шири у предњем делу између симетрично постављених крила и делује као неки прилазни простор, нека приступна платформа — што уствари и јесте. У просторној композицији добивена је динамична слика уравнотежених облика, чистог функционалног решења индустриског карактера. Скелетни систем котловске сале није дозволио велику слободу у решењу обраде главне фасаде, те с те стране можда и није извучено све што би се од пројекта могло добити у погледу архитектонског формирања.

*

*

*

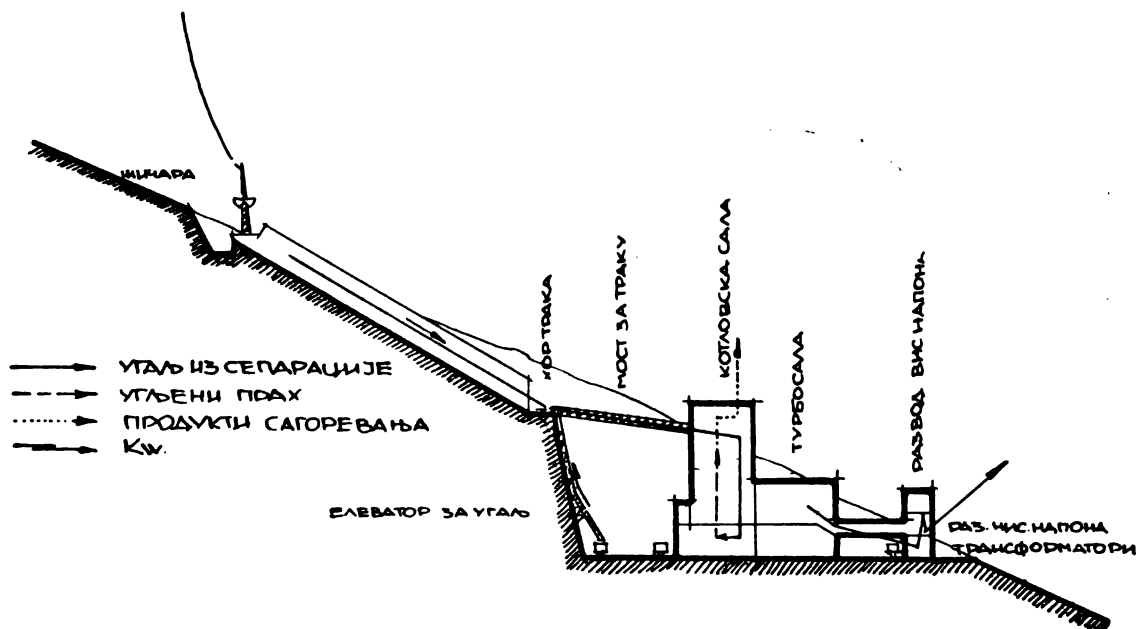
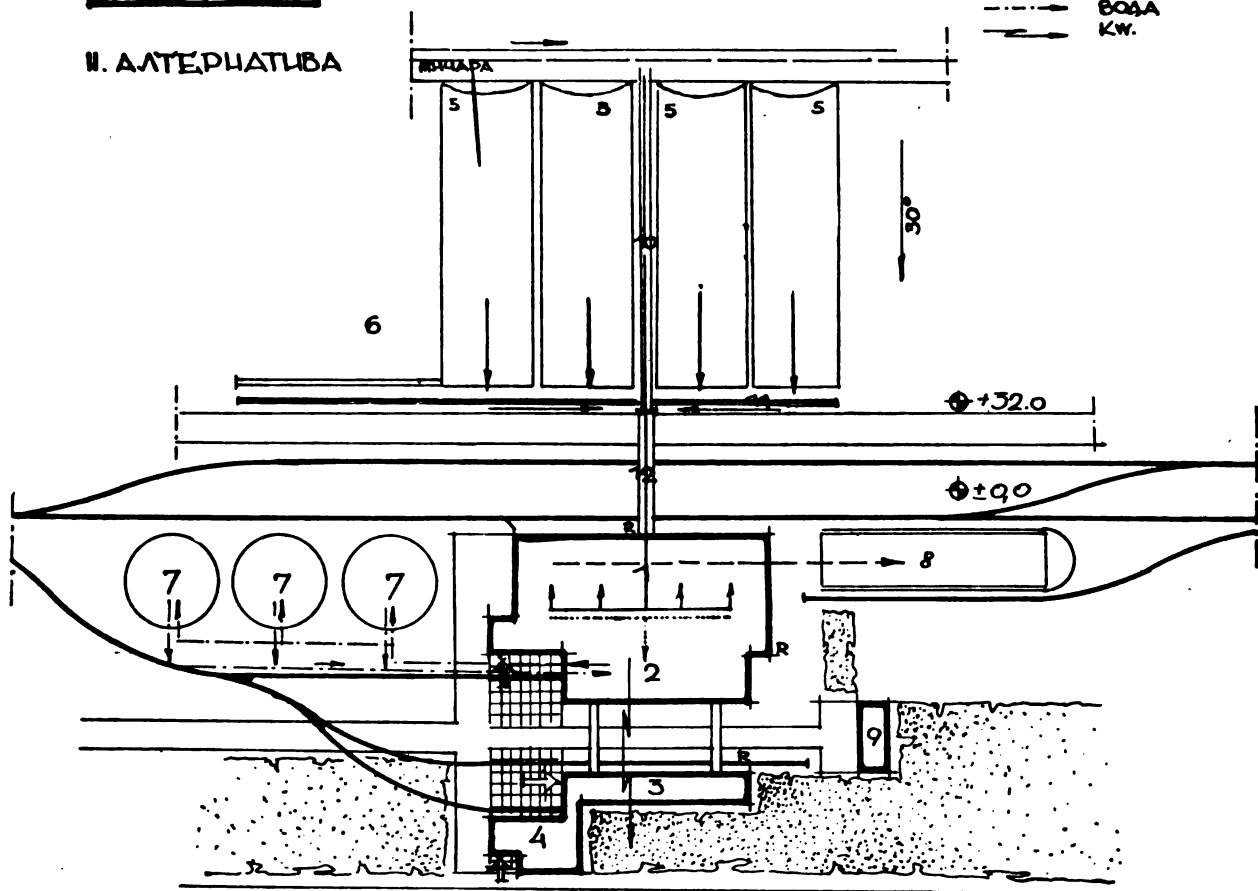
Да би се оцртао однос главних грађевинских карактеристика у погледу изграђене површине и кубатуре појединих типова, изграђена је шема упоређивања седмих типова. Велика разлика међу њима у количинским вредностима градње настала је услед разних концепција. У типу 7 и 7а узет је котло исте конструкције и капацитета, док је начин из-

градње котларнице, као што је и у њиховим описима изнешено, различит: дворедни и једноредни систем. Трећи подтип обрађен је са котловима истог капацитета али друге конструкције. Грађевински склопови приближно су на сва три места исти, високоградња у армирано-бетонским оквирима и скелетима. Они се разликују још по једној особини.

7. ТИП

В

II. АЛТЕРНАТИВА



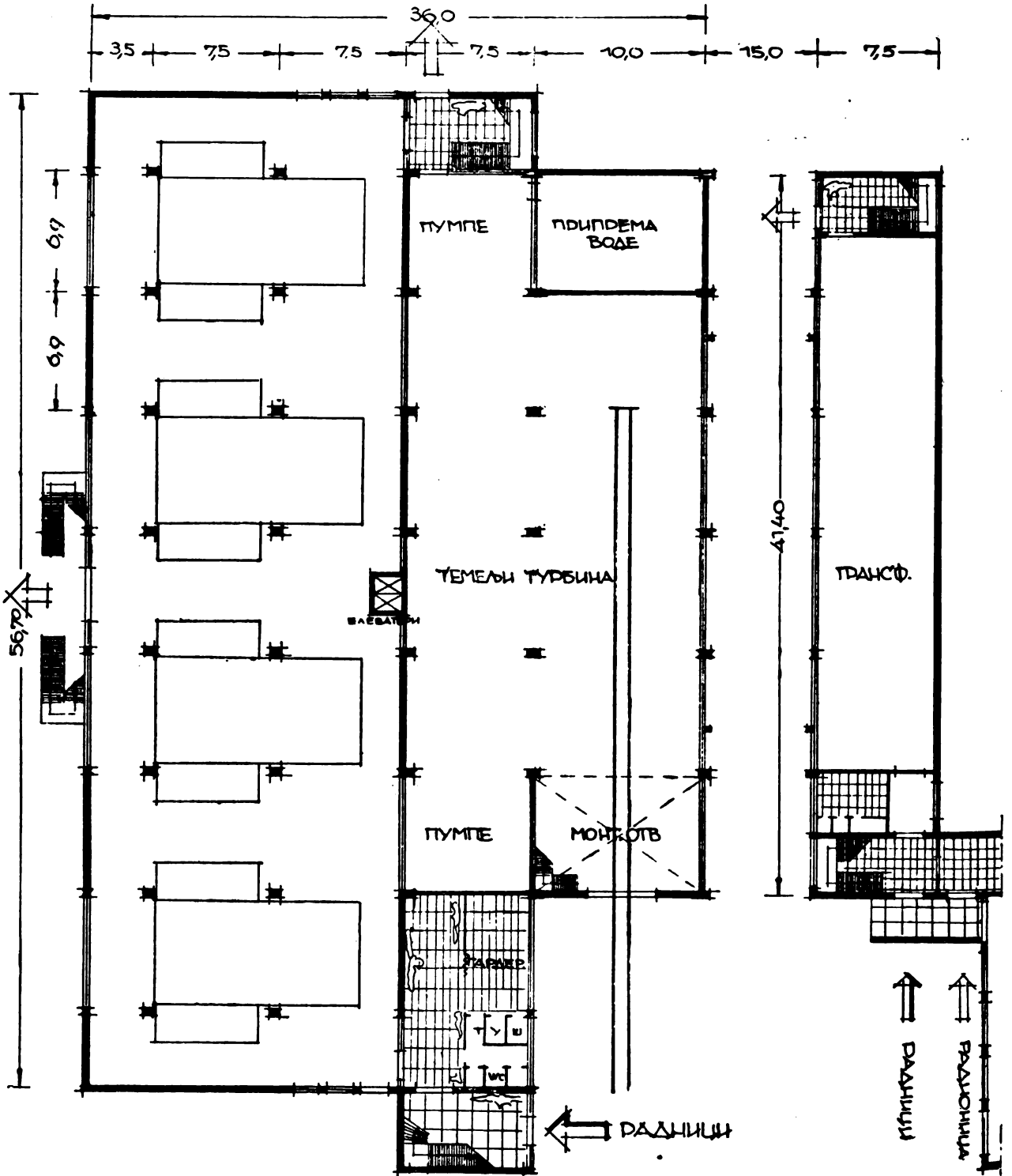
Сл. 244. — Диспозиција термоелектране у брдовитом терену

1. котларница, 2. турбосала, 3. развод и трафо, 4. радионица и управа, 5. цилиндри за угаљ, 6. отворено складиште,
7. акумулатори топлоте, 8. базен за шљаку, 9. гаража и пожарни депо, 10. олука за угаљ, 11. трака за угаљ,
12. мост за траку

7. ТИП

ПРИЗЕМЛЕ

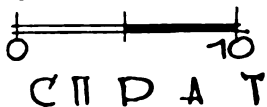
В



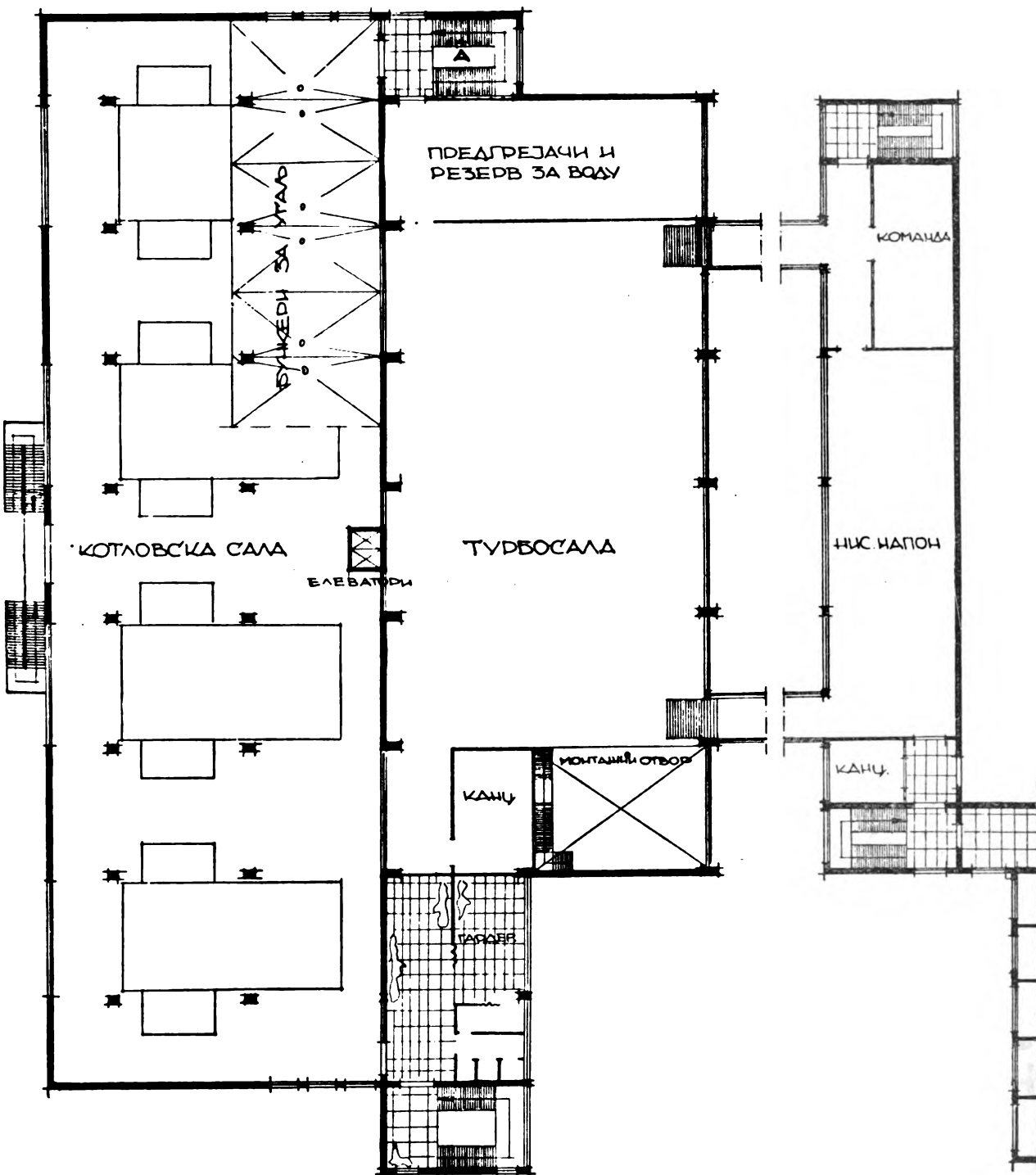
Сл. 245

7. ТИП

РАЗВИЈЕНА ГРАЂЕВ. ПОВР. 4730 м²



В

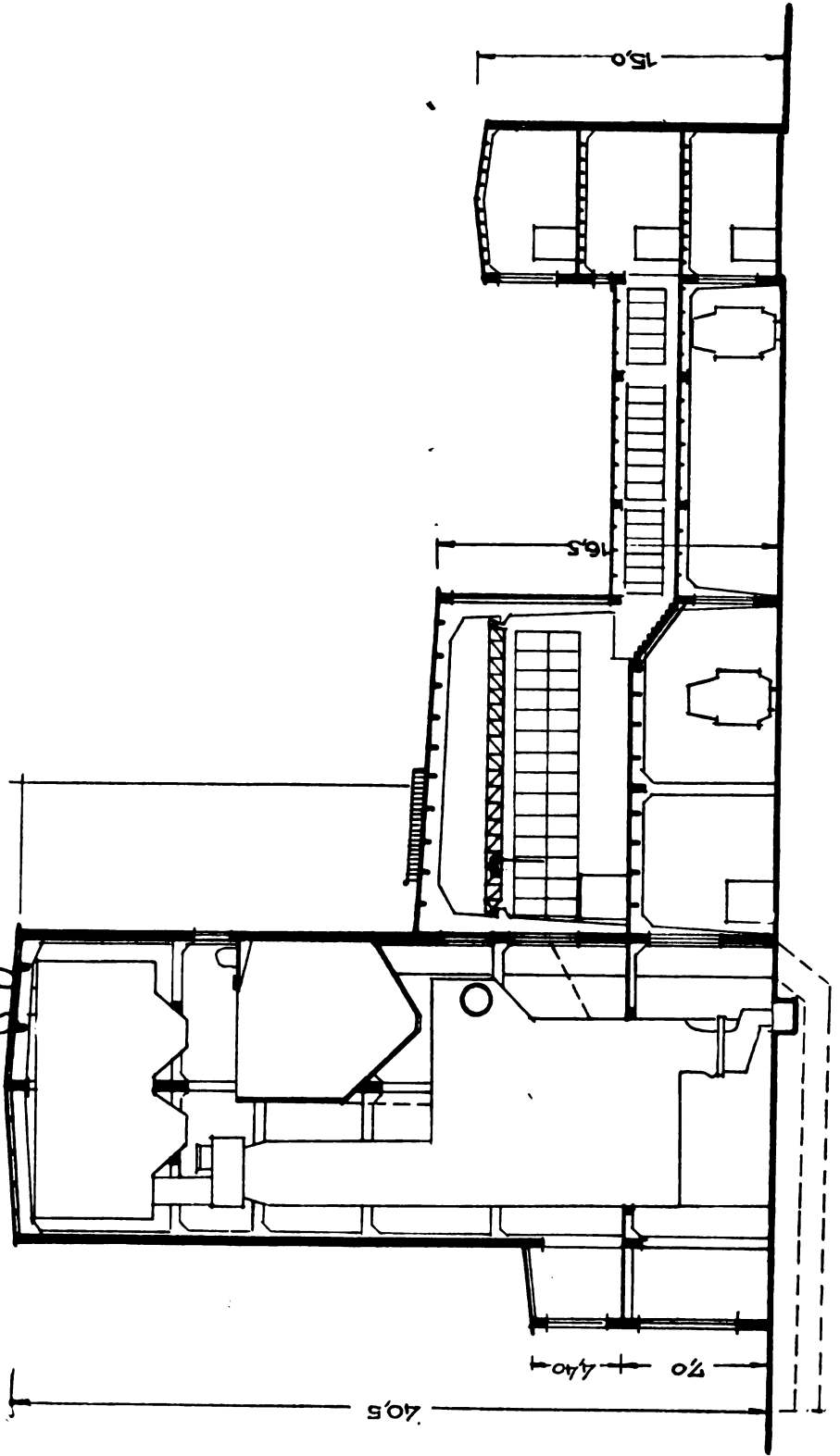


Сл. 246

7. ТИП
ПРЕСЕК

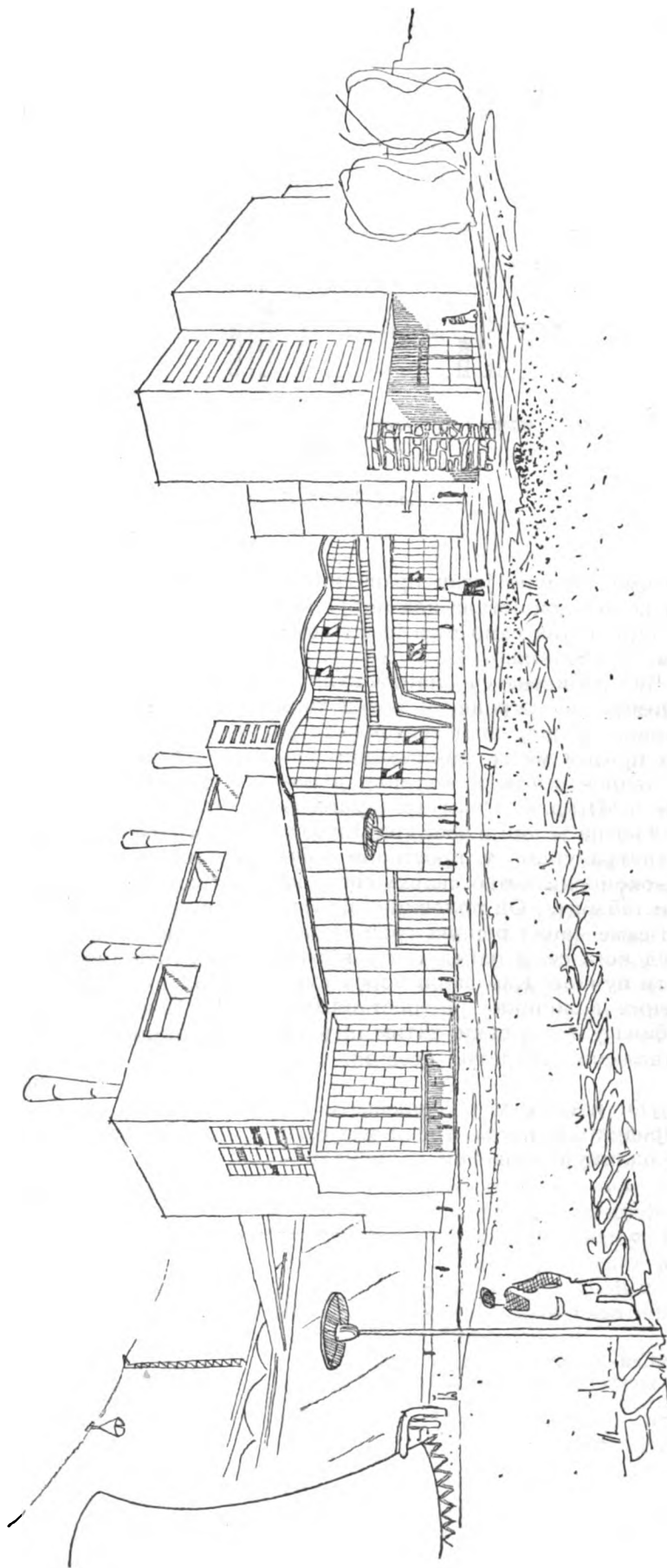
ПОВРШНА ПРЕСЕКА 1362 м².

В

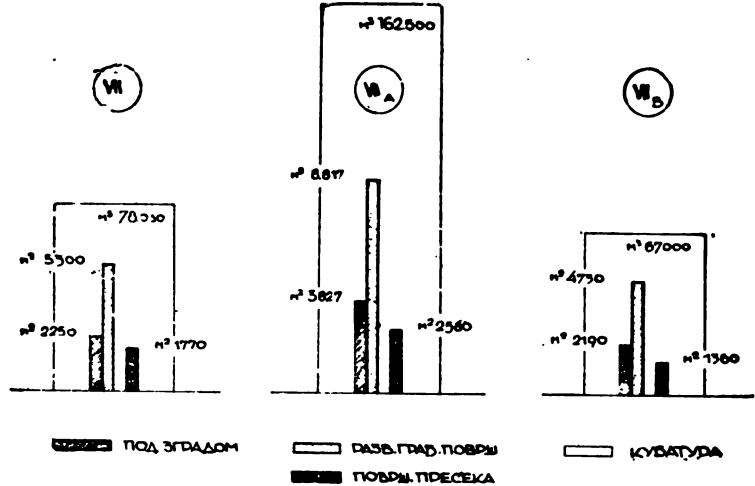


7. тип

В



Сл. 248. — Изглед електране друге алтернативе. Варијантно покривање турбинске сале танким сводовима.



Сл. 249 Упоредивање седмих типова

Први подтип има потпуно јасан праволинијски ток производње док остала два имају такође праволинијски ток само што је он ломљен под правим угловима.

Код типа 76 добивене су најповољније, минималне димензије зграде и поред тога што је котларница једноредног система. То је омогућено на провом месту примењеним типом котла са течном шљаком, код кога је карактеристика m^3/D_1 мала. Осим тога уштеда у простору добивена је још и због тога што су запремине бункера ушле у просторни габарит котла. Двокоморни котао својом висином мења основни габарит. Од половине па навише постоји само канал репних грејних површина, поред кога се, а изнад самог котла, могао уградити бункер. Као даљи узрок смањењу наведених величина је постављање пумпи и турбина у истој сали, затим што су турбине постављене паралелно осовини котлова.

Посматрајући изградњу у зависности од капацитета продукције котла, трећи тип се и са ове тачке одликује највећом рационално-

шћу. Ево како изгледа однос изграђене површине и кубатуре изражене у функцији од $kcal/h \times 10^4$:

| | $m^2/10^4 \times kcal/h$ | $m^3/10^4 \times kcal/h$ |
|--------|--------------------------|--------------------------|
| тип 7 | 0,054 | 1,96 |
| тип 7а | 0,119 | 3,09 |
| тип 76 | 0,053 | 1,11 |

Ако упоредимо ове вредности са вредностима иностраних изведених објеката типа 6 и 6а, добићемо резултат да је тип 76 по својој изграђеној површини и запремини бољи од њих, када се ове вредности узму у разматрање пропорционално, тј. у функцији капацитета постројења. Осим тога тип 76 је рационалнији од њих по економичнијим конструктивним системима малих распона, према томе статички много повољнијих.

Површине и кубатуре типова 6 и 6а у функцији од $kcal/h \times 10^4$:

| | $m^2/10^4 \times kcal/h$ | $m^3/10^4 \times kcal/h$ |
|--------|--------------------------|--------------------------|
| тип 6 | 0,076 | 2,10 |
| тип 6а | 0,052 | 1,50 |

ПРИКАЗИ КОТЛАРНИЦА

ПРИКАЗ 1

Ова електрична централа налази се у центру града на обали реке. Предвиђени план је 400.000 KW. Од тога је досада израђена половина. Котларница је са шест грегата капацитета од по 140 t/h, радног притиска 45 атм, а прегрејаности 400°C. Два котла су резервна а четири радна, од којих по два долазе на турбину од 67.000 kw.

Објекат је постављен и изграђен водећи ачуна о његовом перспективном удвостручавању. Издужени блок зграде постављен је правно на водену саобраћајницу и складиште угља, мада се довоз горива из складишта до бункера не врши како би се по положају очекивало, него са стране, лемећи прац кретања угљу три пута. Конструкција граде је у челичном оквирном склопу са испуном од опеке. У челу и зачељу тракта котларнице налазе се куле за ношење високих имњака, а у исте су смештени влажни циклони за хватање пепела и издвајање сумпорних гасова. И поред тога што је сагоревање у слоју, нарочита пажња је обрађена пречишћавању продуката сагоревања због положаја постројења према околини.

Довод угља врши се углавном воденим путем. Из шлепа се истоварује гориво помоћу конзолног крана са захватачем (грајфејом), а угљак бива бачен на транспортну траку преко које, и преко претоварне станице може да се води на складиште, у котларницу

и у вагоне. Сувоземним путем довоз се врши помоћу жељезнице, а вагони се истоварују уређајем за превртање. Мосни кран капацитета 240 t/h са две конзолне дизалице служи за рад на правоугаоном складишту, чији је капацитет 75.000 тона. (види сл. 137)

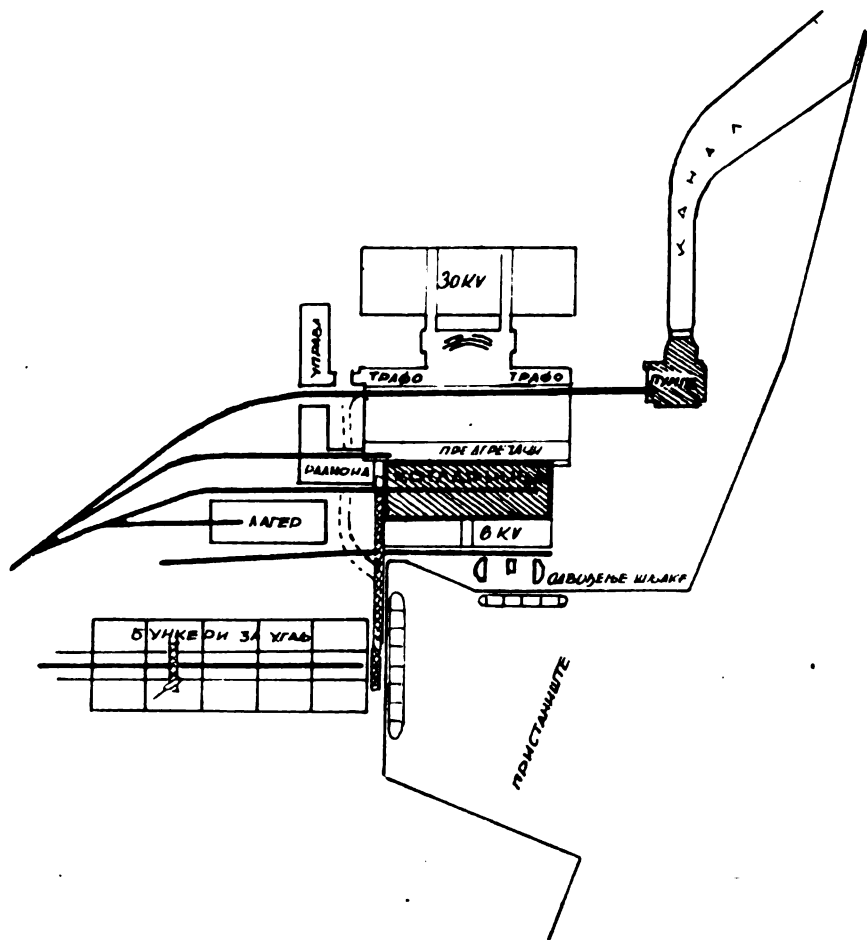
Шљака и пепео се хидрауличним путем из котларнице одводе у дренажне бункере, из којих се вода враћа у реку по пречишћавању, а пепео се вагонима одвози. Потребна вода за кондензацију узима се из реке, а загрејана се враћа у њу (проточни систем).

Према планираном плафону инсталација котларнице има централни положај, али постизање плафона се не врши нормалним проширавањем изграђеног дела већ формалним удвостручавањем, како је овде једино могуће учинити. Овим начином биће изграђене две турбинске и пумпне сале и два разводна одељења, а котларница ће бити дворедна.

Постројење се не одликује једноставношћу праволинијског система технолошког процеса, ни у садашњем изграђеном облику ни у будућем удвостручавању. Са архитектонске тачке гледишта објекат је релативно доста интересантан, јер својим спољашњим облицима показује нова схватања у изградњи модерних електрана.

(Технички подаци узети из књиге арх. Антипова и инж. Раките: „Архитектура електричних централа“).

ПРИКАЗ 2



Сл. 250. — Немачка електрана Беваг — Ситуација

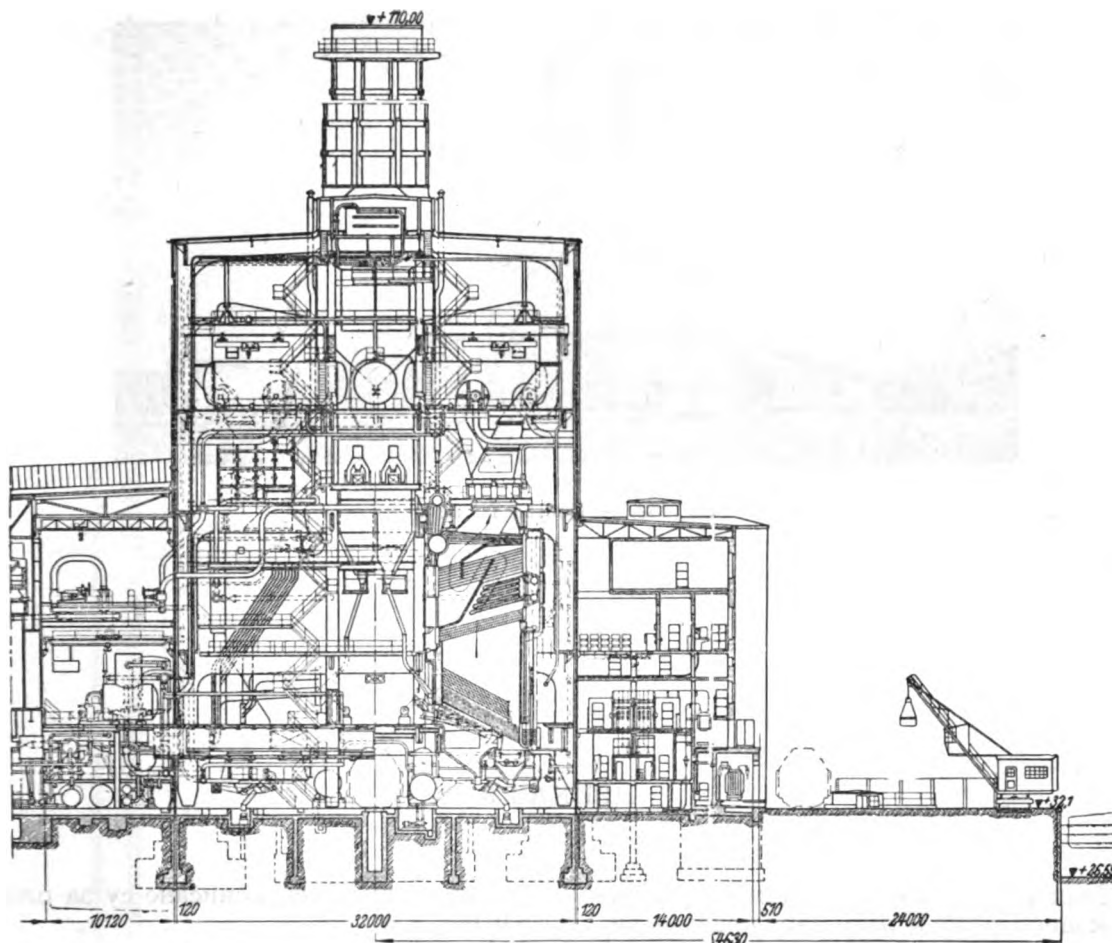
Изнета електрана служи за покривање врхова у оптерећењу. Градског је типа, ситуирана на реци, на нарочито изграђеном пристанишном заливу. Капацитет јој је 228.000 KW добивен помоћу шест котла и шест турбина везаних у блоку. Два котла су резервна.

Котларница има осам агрегата са подеоним коморама. Сагоревање је у слоју на Тајлоровим решеткама. Радни притисак је 32 атм, а прегрејаност 450°C . Огревна површина котла је 2.400 m^2 а капацитет 150 t/h .

Пошто је ово такозвана „шпиц централа“ није предвиђено њено проширење. Изграђена је у блоку са дворедном котларницом. Однос котлова према турбинама је „Т“, а котларница и машинска сала су паралелне. Зграда разводног постројења постављена је одвојено од главног блока и спојена је мо-

сним ходницима преко електричне контроле са машинском салом.

Конструкција котларнице је челични оквирни систем, делимично статички оптерећен армирано-бетонским димњацима висине 110 m, унутрашњег пречника 6 m. Димњак је не-обично интересантно изграђен у армирано-бетонској квадратној решетки чија су поља испуњена неком врстом лаког камена отпорног према гасовима и киселинама у виду касета. Два димњака, које има целокупно постројење, делимично су ослоњени на челичне рамове зграде, а већим делом преко четири ослоњачке тачке преносе јаке концентрисане терете у четири челична стуба, фундирана у терену. Са архитектонске тачке гледишта начин изградње димњака какав је овде примењен претставља новину.



Сл. 251. — Пресек ТЕ Бевар

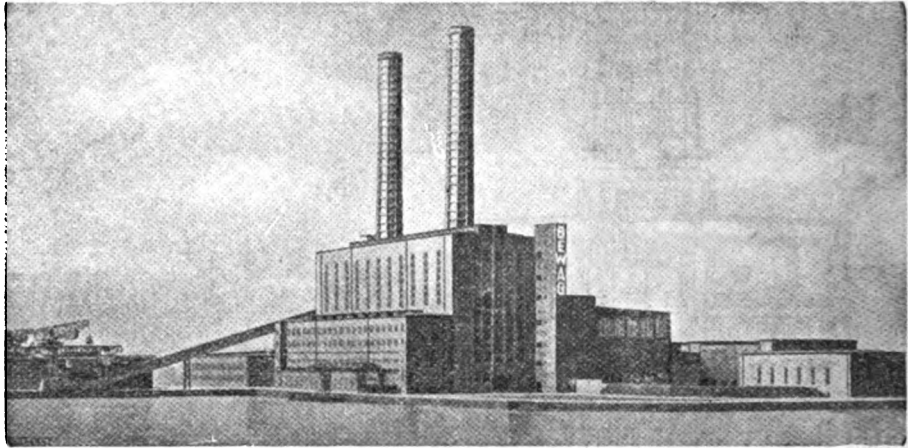
Пошто је сагоревање у слоју и како је виша димњака врло велика, није предвиђено специјално пречишћавање продуката сагоревања, јер их димњак разастире у великом радиусу по неизграђеном терену. Пепео и шљака овлажени и самлевени одводе се помоћу рака преносница у базене, одакле се захваћачима утоварују у транспортна средства.

Снабдевање горивом врши се сувим и воденим путем. Складиште код овог постројења изграђено је у виду армирано-бетонских творенех хелија. Висина хелије је 10 m, а ве су здружене у један блок. Овај блок пречен је средњим комуникативним ходником ојим пролази железничка пруга. Она је у односу на пристанишну обалу, где се истоварује шлеп, нормална, тј. у челу ње је постављен конзолни кран. Изнад поменутих бетонских хелија, по двама подужним странама

комуникативног пролаза манипулише малим краном за истовар железничких вагона. Чеоно грајфер дизалица, са нешто већим дометом, истоварује шлепове, а може и отпремати гориво преко косе траке директно у котларницу. Како се из шлепа пуне хелије складишта не види се. Кран над шлепом може пунити само прве две хелије а остале може преко неких хоризонталних бесконачних преносница. Капацитет складишта је 30.000 t, односно то представља резерву за 210 сати при пуном оптерећењу постројења.

Диспозиција постројења окарактерисана је једноставношћу и праволинијском особином јасно постављеног производног тока. Ово је проузроковало нарочито упрошћеност система транспортера за разлику од ранијег решења.

(Технички подаци узети из VDI бр. 34/930).



Сл. 252. — Изглед ТЕ Беваг

ПРИКАЗ 3

Ова електрична централа служи за напајање државне мреже и ради паралелно са више великих постројења. Пуштена је у погон 1927.

Дајемо мало опширнији опис електране, мада је стара преко 20 година, јер она претставља прекретницу у грађењу термичких централа. Пројектанти овог објекта су познати стручњаци д-р арх. Клингенберг и д-р инж. Минцингер, творци теорије праволинијског тока производње електричне енергије. За Европу је пуштање овог објекта у погон значило потпуну победу Клингенбергове теорије. Објекат је у дугом времену старог света био највећи и најинтересантнији. Као решење он је и данас пажња многих студија.

Површина земљишта коју заузима цео објекат оноси 198.200 m² од тога је под зградама 20.716 m². Капацитет прве етапе изградње је 270.000 KW. Постоји могућност удвостручења до 540.000 KW. Повећање капацитета се врши доградњом истог објекта као што је првобитни (слика у огледу), на тај начин што би се добиле још две котларнице, још једна просторија за пумпе, а турбинска сала и просторија за циркулационе пумпе само би се проширили у склопу првобитних. Складиште угља, довоз угља, снабдевање водом и кон-

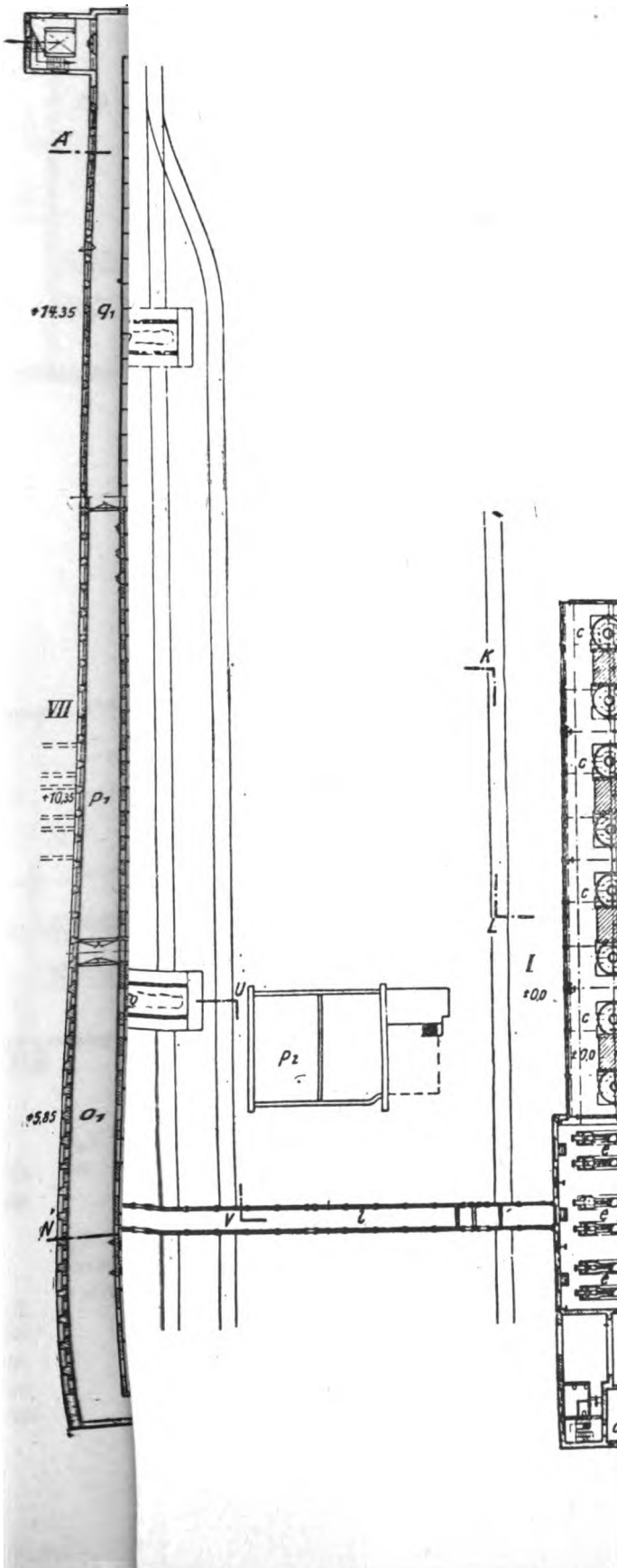
тролна сала димензионисане су за плафон од 540.000 KW.

У котларници је постављено шеснаест котлова, Стирлинг-Ханомег са стрмим водо грејним цевима и три добоша. Ложење ј угљеним прахом.

Главне карактеристике котла:

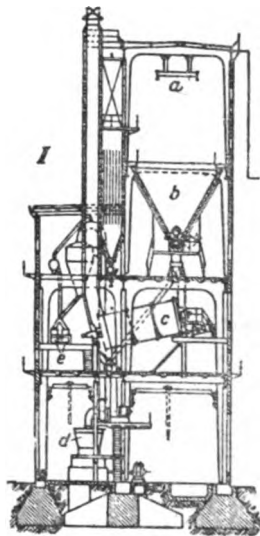
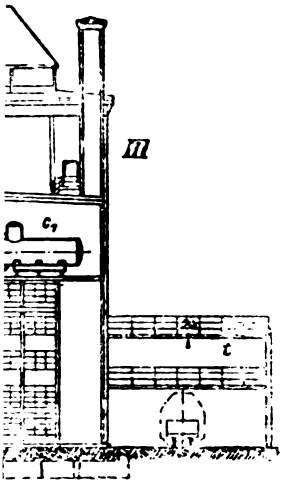
$$\begin{aligned}
 P_k &= 35 \text{ атм} \\
 t_s &= 410^\circ \text{ C} \\
 t_a &= 140^\circ \text{ C} \\
 t_l &= 150^\circ \text{ C} \\
 A_k &= 1.800 \text{ m}^2 \\
 D_1 &= 80 \text{ t/h} \\
 D_1/A_k &= 45 \text{ kg/m}^2 \text{ h.}
 \end{aligned}$$

Котлови су са вертикалном артикулацијом. Ложишни простор је екранисан са три стране. Плафон чини први ред водогрејних цеви а под гранулациона решетка. Прегрејач је гроздаст, економизер је са добошима. За грејач је са кутијама. Еко и Луво постављени су изнад котла, а изнад ових ексхаустори и лимени димњак висине 70 m. За два котла служи један димњак. Ексхаустори су на крову котларнице на висини од 34 m. Котлов високе конструкције први су форсирани од пројектанти, али су они нашли пре примену

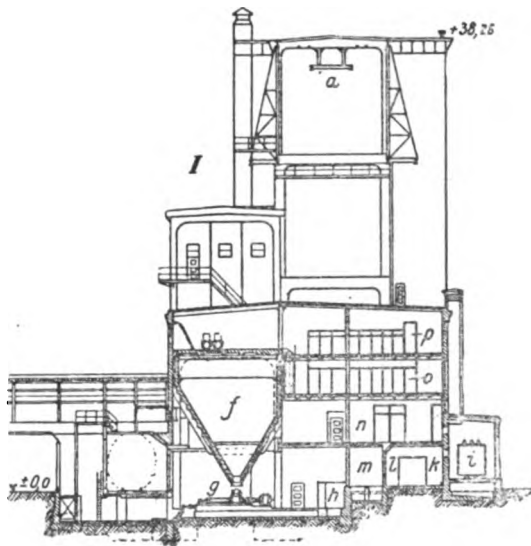
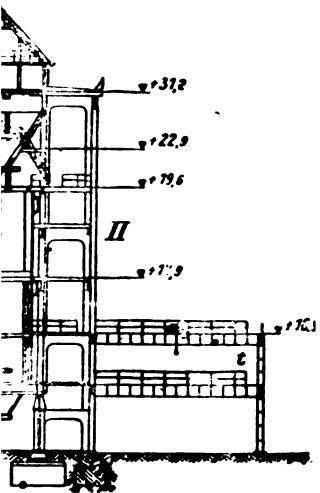




000 1
турб
е.
ну в
хлзл
е ш
тларн
двој



ла, 4. пумпе и рада, 9. довод мосни ходник



шту право-
0 тона раз-
а. Угаљ се
ију за цен-
а силосе за
ушаре које
и. Млевење
има. Угаљ
оди у бун-
безбеђен и
помоћу спе-
се истова-

групе кон-
) KW. Сва-
са одводом
ревање во-
опне турби-
ск Кертиса
их елемена-
елемената.
енератор од
т су две ре-
наге 44.000

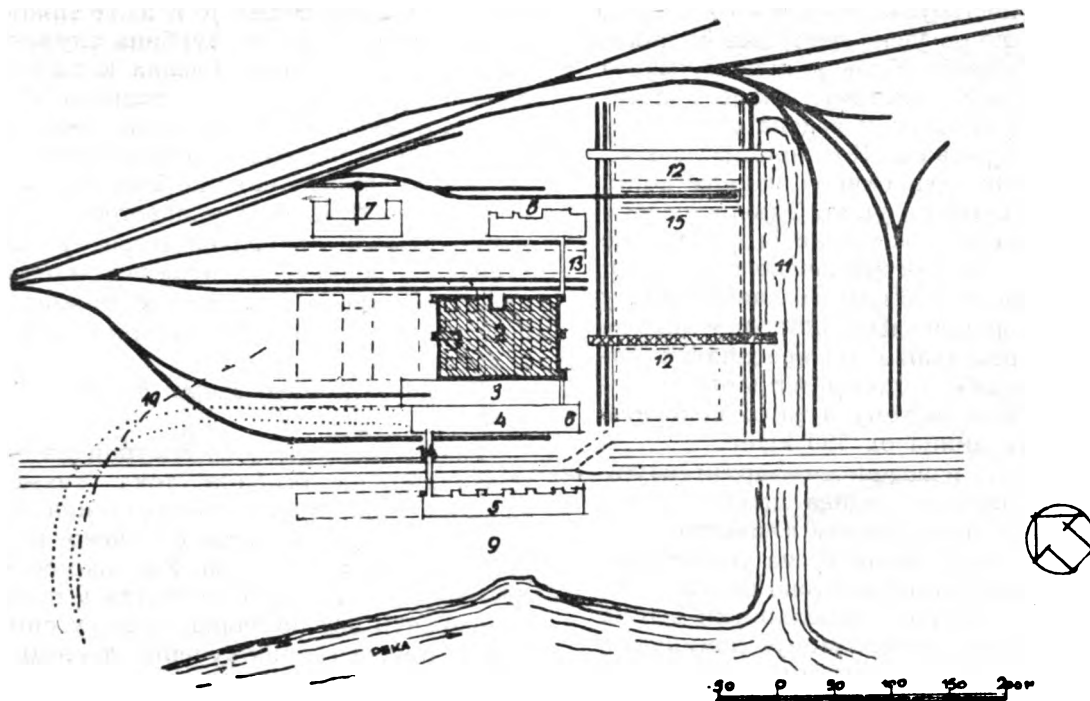
но а за пре-
не постоје

s₁) вод за везу са разводним постројењем од 30 KV, s₂) канал за каблове за мерење и контролу;

VII. Разводно постројење од 30 KV:

t₁) подрум: изводи каблова, ц₁) приземље: каблови за укључиваче, v₁) први спрат: реактори, w₁) други спрат: уљани укључивачи, x₁) трећи спрат: сабирне шине и укључивачи,

000 KVA
турбину,
е.
ну воду,
хлађење
е шине.
ларницу
дворана'



д. 255. Електрана „Клингенберг“ — Ситуација — 1. котловска сала, 2. предгрејачи, 3. машинска сала, 4. пумпе и трансформатори, 5. развод 30.000, 6. сушење и млевење угља, 7. радионица и магацин, 8. управна зграда, 9. довод циркулационе воде, 10. канал за одвод топле воде, 11. канал за довод горива, 12. мосни кран, 13. мосни ходник за каблове, цеви и аеро прах, 14. мосни ходник, 15. складиште угља

технички напреднијој Америци но у Европи. За сваку турбинску јединицу долази по пет котловских агрегата; као резерва при пуном капацитету централе остаје само по један котло. По предлогу д-р Минцингера добоши котлова су обешени о челичну оквирну конструкцију зграде, а нису постављени на кола. Овим се вероватно хтело да се добијуштеде у димензионисању решетке озида котла, али истовремено се изгубило на рационалности оквирне конструкције котловске сале, која је и онако сувише оптерећена другим инсталацијама. На овај рам директно се преноси оптерећење лимених димњака, односно њихових малих оквирних постоља. Тежина димњачке конструкције износи 120 тона по једном димњаку. Поред овог оптерећења сваки поједини челични оквир котловске сале прима реакције бункерских постројења по 163 тоне.

Поред поменутих котлова у котларници се налазе и котлови Штајнмилер Рота као и Бапкок и Вилкокс, приближно истих капацитета, сличне конструкције и карактеристика.

Довоз горива се углавном врши воденим путем и објекат има свој истоварни канал. Помоћу два мостовска крана, капацитета по 140 t/h истоварује се угаљ из шлепа помоћу

захватача и по отвореном складишту правоугаоног облика, капацитета 220.000 тона разноси се помоћу трака преносница. Угаљ се може директно водити и у просторију за централно млевење. Овај објекат има силосе за угаљ капацитета 1.920 тона, и сушаре које раде са паром из одвода турбина. Млевење се врши помоћу млинова са клатнима. Угаљ се пнеуматски као аеро прах одводи у бункере котларнице. Довоз угља је обезбеђен и сувим саобраћајницама; врши се помоћу специјалних вагона од 50 тона, који се истоварују захватачем мосног крана.

Постројење располаже са три групе кондензационих турбина од по 90.000 KW. Сваку групу чини по једна турбина са одводом од 10.000 KW, која служи за предгревање воде за напајање и једне четворооклопне турбине од 80.000 KW. Први оклоп је диск Кертиса са два ступња брзине и 14 акционих елемената, други оклоп су 16 акционих елемената. Ова два оклопа покрећу електрогенератор од 44.000 KVA. Трећи и четврти оклоп су две реакционе турбине са генератором снаге 44.000 KVA.

Одвојење пепела је хидраулично а за прецишћавање продуката сагоревања не постоје нарочити ефикасни уређаји.

Целокупно постројење изграђено је у блок систему са необично јасно наглашеном доминантом зграде управе. Блок је конструисан у челичном оквирном систему, док је у армирано-бетонском скелету изведена само зграда електричног развода. Котларница је конструисана помоћу два оквира између којих су постављени бункери угља. Оквири су двоспратни на два зглоба. Како је осветљење због дворедног система котловске сале недовољно, то је оно потпомогнуто лантернама у којима се истовремено налазе и жалузије за природно проветравање. Из непознатих разлога зграда управе је такође изграђена у челичном скелетном систему и то са корисним оптерећењем таваница од 750 kg/m^2 .

Фасаде објекта изведене су у архитектури опеке немалтерисаних зидова, пошто је испуна изведена у првокласном клинкеру. Она по својој вредности, мисли се на спољну архитектуру, не претставља готово ништа осим управне зграде. Овај је канцелариски део за целу архитектонску композицију доминанта, која је осим своје масе још више наглашена вертикалном артикулацијом другостепене пластике.

Карактеристика линије тока технолошког процеса је следећа: од складишта до млинова права линија; помоћу великог фиксног конзолног крана са захватачем угаљ се убацује у силосе испред млинова. У згради за млинове врши се скретање тока производње за 90° . Две дворедне котларнице дају пару турбинама са противпритиском, пумпама за напајање и трима турбинама за предгрејаче које се налазе у просторији између котлар-

ница. Ток производње је и даље праволинијски. Излазна пара из турбина служи за два степена предгревања. Главна количина паре одлази преко прстенастог развода у три наведена главна агрегата, а из ових назад у резервоар кондензата преко кондензатора. Испред турбинске сале која са котларницама чини слово П, налази се простор за циркулационе пумпе, трансформаторе, развод сопствене потрошње и централну контролу. У одвојеној згради, мосним ходником везаној са главном, налази се расклопни уређај високог напона.

Хлађење кондензатора је проточном водом.

Главна одлика овог постројења била би праволинијска особина тока технолошког процеса, која је за собом оставила пуно одраза на правилно архитектонско решавање овог великог постројења. Уколико се у неким фазама производње није могла у потпуности задовољити ова поставка, тада су сви секундарни процеси прикључени главном у виду кратког нормалног прикључка на главни ток. Као што смо видели има и два смера производног тока, и то у просторији прстенастог развода где се пара враћа назад у резервоар кондензата.

Једина ствар, коју би могли окарактерисати као изванредан недостатак у овом изведеном пројекту, је дворедни систем изградње котларница са којим се не слажемо из архитектонских, статичких и конструктивних разлога.

(Технички подаци узети из VDI бр. 53 од 1927).

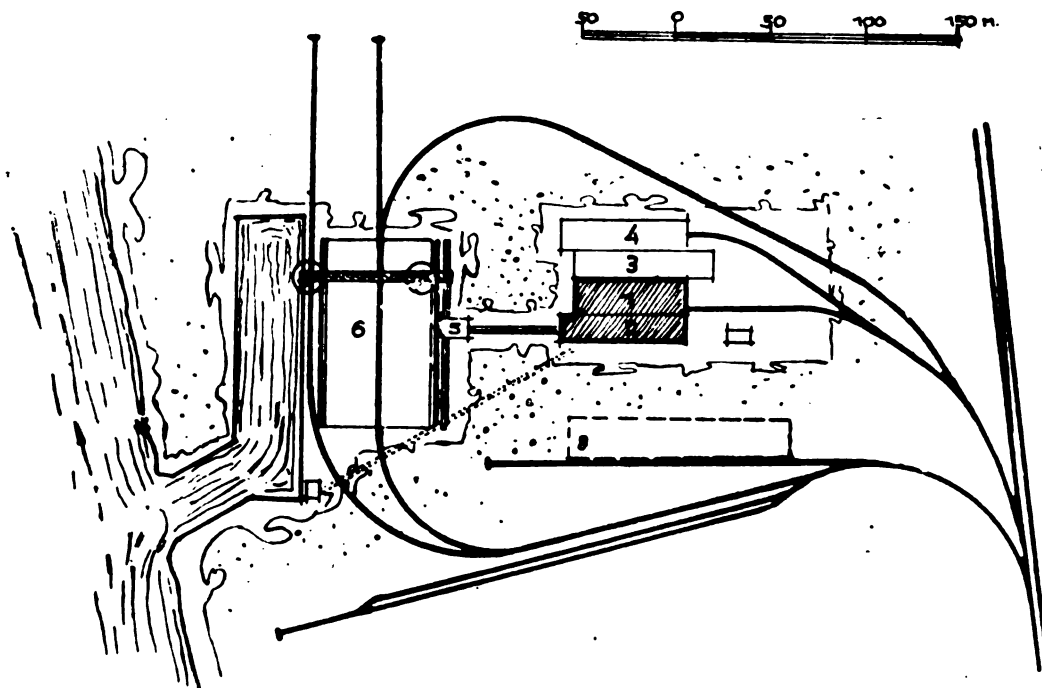
ПРИКАЗ 4

Шема овог случаја претставља идејну скицу диспозиције једне термоелектране аутора снаге 50.000 KW и $215 \times 10^6 \text{ kcal/h}$.

Постројење је ситуирано на реци уз истоварни канал. Електрана је постављена својом дужином осовином управно на обалу истоварног канала ради потпуног задовољења принципа праволинијског система у току технолошког процеса.

Капацитет од 400 t/h постиже се преко четири Шмит Хартманова једноканална ко-

тла. Гориво ниске калоричне вредности до 4.500 kcal/kg довози се сувим и воденим путем. Мосни кран са препустом (због шлепа), истоварује оба довозна средства и разастире угаљ по складишту а може га и директно преко трака преносница убацивати у уређај за дробљење — брехер. Одатле косим бандом (естакадом) и вертикалним елеватором одлази у бункере котларнице. Складиште је са две подужне стране обзидано због просипања угља преко шина вођица мосног крана. Ба-



Сл. 256. — Диспозиција електране

1. котловска сала, 2. бункери за угља, 3. пумпе, разводи, трансформатори, канцеларије, електрофилтри и резервоари за воду (по спратовима), 4. турбо сала, 5. дробилаца, 6. складиште угља, 7. пумпа за напајање, 8. складиште шљаке

вен за шљаку, која се избацује из котларнице хидрауличним путем, ситуиран је на гранку суве саобраћајнице, а за рад на њему предвиђен је Волфов кран. Раскладна вода за кондензацију је проточног система.

Објекат је изграђен по принципу високоградњи у армирано-бетонском мешовитом конструктивном систему скелета и оквира, јасно одељених један од другог по интензите-

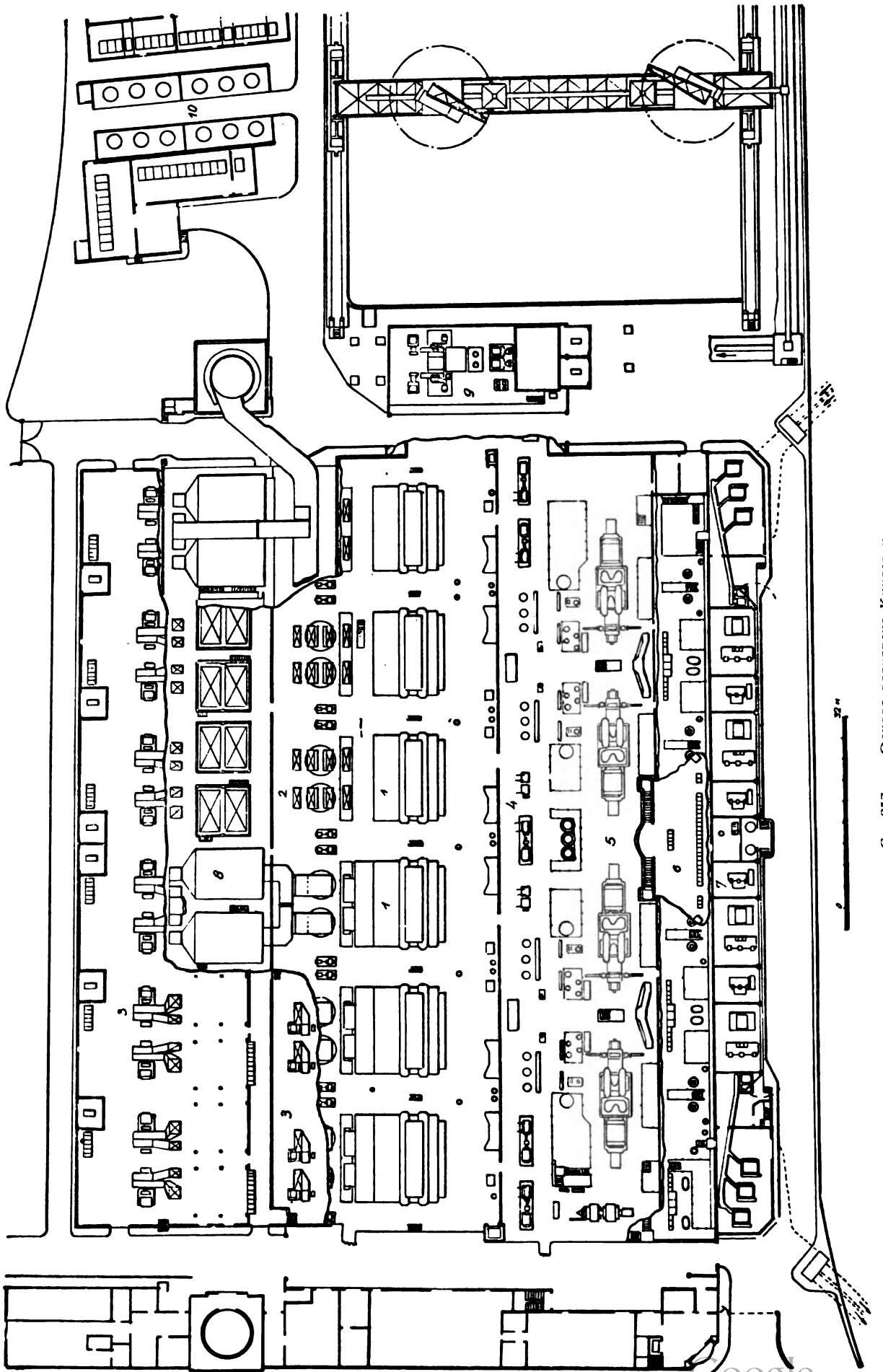
ту статичког оптерећења. Постројење је замишљено у т.зв. блок систему. Евентуално проширење инсталације замишљено је у правцу супротном од реке све до удвостручења. Преко овог низања основних јединица, објекат би имао исувише издужен облик па према томе и некорисно дугу линију производње (дуг пут угља), као и фронт опслуживања.

ПРИКАЗ 5

Први део ове електране пуштен је у погон 27. X. 1949, тј. један турбогенератор од 30 MW, док је централа предвиђена за четири јединице укупне снаге 120 MW. Објекат је предвиђен углавном за напајање државне мреже. Пројекти су израђени још пре рата, а изградња је почела тек 1944 године. Електрична централа градског типа подигнута је на обали реке и заузима површину од око 6,5 хектара. У техничком погледу, примењена су сва савремена средства да би се за-

довољио услов хигијенско-заштитних мера, које се постављају градским централама. Кингстонска електрана је један од првих типских објеката ове врсте, а пројектована је и изграђена тако да најмање шест месеци у години ради са пуним оптерећењем у две смене.

Котларница је једноредна са шест једнаких агрегата са стрним цевима типа Стирлинг, са три добоша.



С.л. 257. — Основа электростанции Кингстон

Главне карактеристике котлова су следеће:

| | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| продукција паре | 120 t/h |
| притисак паре | 45 атм |
| прегрејаност паре | 450°C |
| температура воде при улазу у Еко . | 170°C |
| температура воде при излазу из Еко | 220°C |
| температура гасова испред Еко . . . | 510°C |
| температура гасова иза Еко | 230°C |
| температура гасова испред Луво . . | 150°C |
| температура загрејаног ваздуха . . . | 150°C |
| степен искоришћења | 81,24% |
| доња топлотна моћ горива | 5.560 kcal/kg |
| потрошња горива | 16.000 kg/h |
| садржај пепела | 20% |
| укупна влага | 10% |
| грејна површина котла | 1.160 m ² |
| грејна површина прегрејача | 900 m ² |
| грејна површина Еко | 3.800 m ² |
| грејна површина Луво | 4.500 m ² |
| површина решетке | 87 m ² |
| килограмско оптерећење решетке . . | 183 kg/m ² h |
| топлотно оптерећење решетке | 1,020.000 kcal/m ² h |
| запремина ложишног простора | 333 m ³ |
| калориско оптерећење лож. простора | 267.000 kcal/m ² h |
| оптерећење грејне површине | 103,5 kg/m ² h |
| топлотно оптерећење греј. површине | 62.000 kcal/m ² h |
| специфична потрошња на бази угља | 3.140 kcal/kg |

Карактеристике турбина:

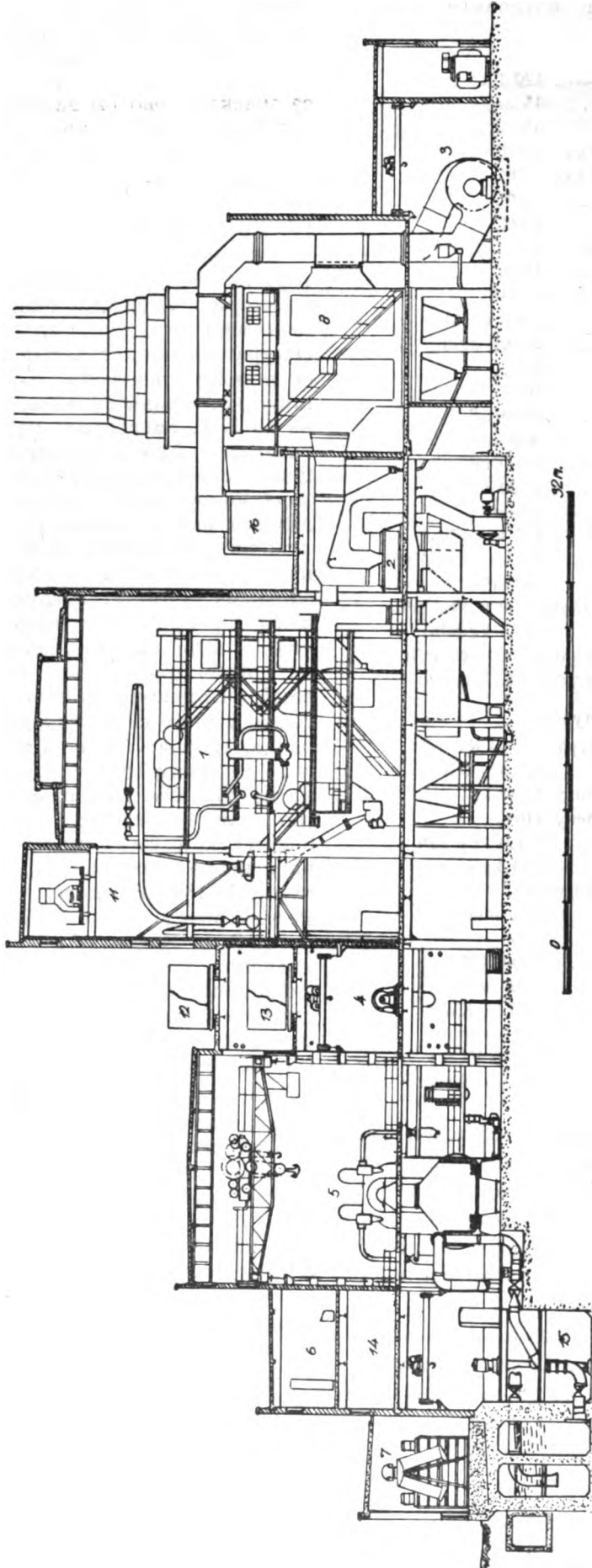
| | |
|---------------------------------------|---------------|
| максимална стална снага једне турб. | 30.000 KW |
| укупна максимална стална снага . . | 120.000 KW |
| притисак паре на улазу у турбину | 42 атм |
| прегрејаност паре на улазу у турбину | 440°C |
| утошак топлоте на бази паре | 2.560 kcal/kg |
| утошак паре | 4,14 kg/kwh |
| улазна температура расхладне воде | 15°C |
| вакум | 0,05 mm |
| топлотно искоришћење турбина . . . | 33,6% |
| помоћни агрегат | 3,000 KW |
| број обртаја | 3.000 o/min |
| утошак паре | 4,83 kg/KWh |
| број обртаја главних турбина | 3.000 o/min |
| напон електрогенератора | 11.500 V |
| фактор снаге | cos φ = 0,85 |

Ложишни простор котлова обложен је Бајлеовим плочицама, услед високе температуре која влада у ложишту; према томе могу се користити само угљеви са високом тачком топљења шљаке и пепела. Предност Бајлеових ложишта је да се могу примењивати горива са базичном и киселом шљаком а да при томе не долази до пропадања озида. Код обичних, шамотом озиданих ложишта мора се примењивати гориво са истом шљаком — базичном или киселом, да би озид био за-

штићен од дејства шљаке и да не би дошло до нагризања истог. Ложиште је екранисано унутрашњим екранима у циљу повећавања температуре сагоревања. Ланчана решетка са зонским доводом ваздуха снабдевана је са два колекторска мотора од по 66 KW за довод загрејаног ваздуха. Према оптерећењу котла регулише се број обртаја електромотора и на тај начин повећава се или смањује количина ваздуха.

На сваком котлу постоје по два ексхаустора са електромоторима од 260 KW. Ексхаустори и Љунгстромови загрејачи ваздуха смештени су у нижој згради иза котларнице. Одстрањивање летећег пепела и кокса врши се помоћу електрофилтра. За целу котларницу монтирана су 12 електрофилтра напомена 50 KW, смештених иза Луво. Пречишћавање продуката сагоревања врши се и помоћу циклонских колектора, као и пужастих улазних комора код ексхаустора. Улаз гасова у димњак је тангенцијалан, како би се ови изложени центрифугалној сили и четврти пут пречишћавали. Оволика велика пажња обрађена је пречишћавању продуката сагоревања, јер су котлови пројектовани за рад са угљем, који садржи велики проценат пепела; док би други узрок био опасност угрожавања хигијенских услова живота становника града, у чијој се непосредној близини налази ово постројење. За напајање котлова предвиђено је седам пумпи, које троше за погон свака по 330 KW. Пет пумпи имају електропогон, а две су резервне и раде са парним турбинама, које се аутоматски укључују у случају квара електромотора. Капацитет сваке пумпе је 137 m³/h воде, температура до 70°C. Регулисање котлова је аутоматизовано помоћу уређаја Хаган. Аутоматизацијом је обухваћено снабдевање горивом, ваздухом, брзина решетке, депресија, температура паре, дуваљке чађи, Еко и Луво. Суштина аутоматског регулатора Хаган је мерење оптерећења котлова у вези са променом притиска паре.

Аутоматизација Хаган функционише на следећи начин: од главног регулатора притиска преноси се притисак на релеје постављене на контролним плочама за котлове, тако да се регулисање може вршити и ручно са даљине. Од првог релеја пнеуматски се делује на релеје са два мотора за регулисање брзине ланчане решетке. Код последњих релеја омогућено је регулисање ваздуха и горива. Главни регулатор притиска истовремено делује на вентилатор за форсирани рад. Исто тако аутоматски се мења корак лопатице ексхаустора, паралелно са радом вентилатора за форсирање.



Сл. 258. — Пресек електране Кингстон

1. котло, 2. загрејач ваздуха, 3. вентилатор, 4. пумпа, 5. турбина, 6. контролна плоча, 7. трансформатор, 8. електрофилтар, 9. резервоар неомекшане воде, 10. резервоар неомекшане воде, 11. резервоар неомекшане воде, 12. резервоар неомекшане воде, 13. резервоар неомекшане воде, 14. кабловско одељење, 15. циркулациона пумпа, 16. димни канал

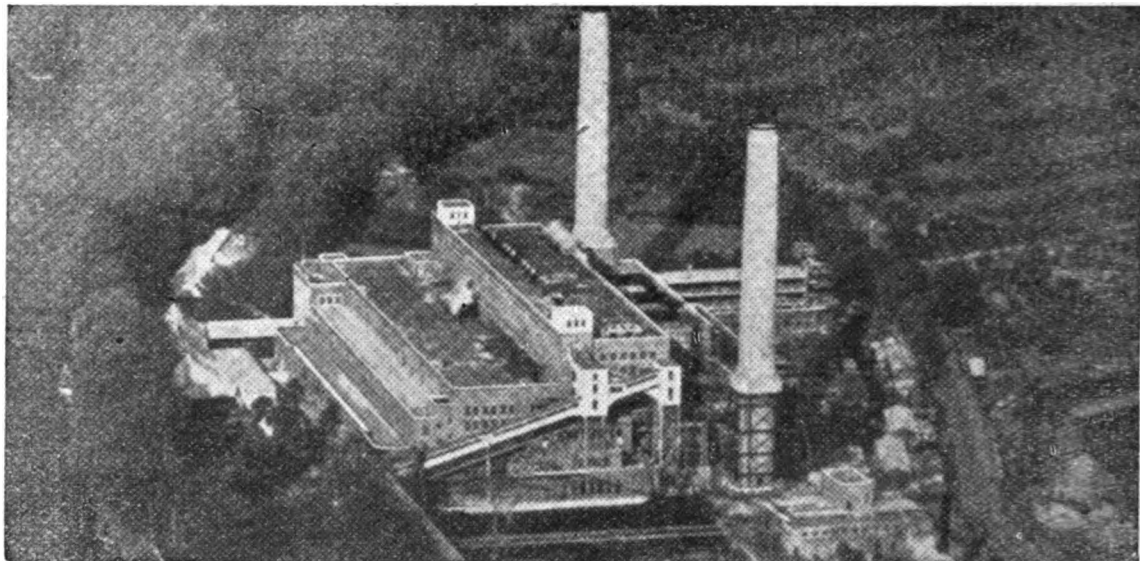
Контрола прегрејаности паре врши се помоћу термостата који делује на регулаторе температуре паре. На сличан начин контролише се и температура ваздуха у Луво. Термостат делује на клапне за регулисање ваздуха. Поред аутоматске контроле наведених радњи, оне се могу обавити и ручно са контролне плоче. Једном котлу одговара једна контролна плоча, које су постављене наспрам котлова на фронталној платформи, а одвојене су од котлова широком комуникацијом. На контролним плочама постоје: манометри, вакуметри, галваноскопи, апарати за мерење количине паре и утрошка ваздуха, аутоматски анализатор гаса, регистратор густине продуката сагоревања, бленде за воду за напајање, даљинско водемерно стакло на светлосном принципу, инструменти за контролу хватања летећег пепела на грејним површинама и т. сл. У пулту плоче смештене су команде и мењачи брзина. Да би се избегле сенке на инструментима и да би видљивост била што боља, плоче су осветљене флуоресцентним цевима.

Пара се прстенастим разводом одводи у два ресивера, из којих се разводи по турбинама и помоћним уређајима. Свакој турбини одговара по један котлао, а постоје и два резервна котла. Оволика резерва је дата због лошег квалитета горива. Однос осовина котлова и турбина је у облику Т, а осовине котларнице и машинске сале су паралелне. Отварање свих вентила врши се помоћу сервоелектричних уређаја, којима се командује са контролне турбинске плоче. Турбине су распоређене по дужој осовини, две и две окренуте страном улаза паре једна према другој. Турбине су двооклопне; из оклопа високог притиска постоји један одвод паре за последњи ступањ предгревања и за централни испаривач; на ниском притиску су одводи за остале предгрејаче и испариваче. Кондензатори турбина су дупли, подешени за довод воде са две стране. Двоструки систем парних ејектора одстрањује ваздух из кондензатора, а кондензат ослобођен ваздуха одводи се помоћу две вертикалне пумпе од по 37 KW. Стални ниво у кондензатору одржава се помоћу пловака и на тај начин постигнут је равномернији рад пумпе за напајање котлова. Свака турбина има електронску нараву која региструје ексцентричност ротора високог притиска и релативну дилатацију ротора и статора. Регулација турбине је у вези и са вакумом, у случају смањења вакуума затварају се доводни парни вентили, а са наглим његовим опадањем одваја се електрогенератор од збирних шина те се довод паре потпуно затвара.

Главна и помоћна екситаторка везане су на осовину турбине. Хлађење генератора се врши ваздухом помоћу вентилатора, који се налазе на осовини електрогенератора.

У турбинској сали налазе се две контролне плоче са неопходним инструментима и командама за рад турбина. Између две турбине, на месту довода паре постављене су плоче из три дела. На централном делу налази се електронски уређај за мерење ексцентричности и дилатације. Свако крило плоче састоји се из три дела, значи шест поља. За сваки кондензатор, електрогенератор и турбину намењено је по једно поље. Мерење температуре на доводу и елементима високог притиска врши се за сваку тачку посебним инструментом. Мерење на осталим местима врши се помоћу два показивача са више прикључака. Ниске температуре мере се електричним отпором, а високе термоелементима.

Дневна потрошња угља при нормалном раду је од 1.000 до 1.200 тона. Довоз горива је воденим путем. Истовар шлепова се врши помоћу кабл крана са корпом капацитета 5,5 тона. Једна операција кабл крана траје 78 sec, па је његов просечни капацитет истовара до 250 t/h. Од кабл крана, угаљ после аутоматске ваге одлази тракама на складиште угља или право у бункере котларнице. Траке преноснице пресецају пут који раздваја складиште од пристаништа, а подупрте су лучном конструкцијом. Тракама се угаљ разводи по складишту или транспортује до котларнице удаљене око 500 m. Истоварна инсталација је смештена у зграду, све су траке у затвореним ходницима који се у току зиме загревавају да се угаљ на њима не би смрзавао. Брзина трака креће се до 125 m/min, а капацитет до 250 t/h. Транспортни мост распо- на 67 m комплетан тежи 350 тона. На мосту се налазе два конзолна крана са захватачима, левкови и тракасти преносници. Сваки крај моста има по четири колица на по четири точка, која се крећу по шинама нормалног профила. Покретање ових колица врши се помоћу синхронизованих мотора, како не би дошло до извијања мостовске конструкције. Задатак мосног крана је разношење угља по складишту као и његово прикупљање за отпрему до котларнице. Капацитет мосног крана са две конзолне дизалице је исто тако 250 t/h. Складиште угља је правоугаоно, његов под је бетонирани и издугнут на 2,80 m изнад нивоа терена; овичено је потпорним зидовима из разумљивих статичких разлога. Капацитет скаладишта је 30.000 t при висини лагровања од 8,5 m. Угаљ се одавде помоћу шест трака преносница транспортује у бун-



Сл. 259. — Поглед из ваздуха на електрану Кингстон

кере котларнице, где се гориво скида са трака помоћу покретних колица са „гаћама“. Из бункера, преко дозера, аутоматских вага и косих канала угаљ се доводи у левак котла и пада на решетку.

Код употребљеног горива дневна количина пепела и шљаке износи око 200 t. Из конуса за шљаку и пепео, као и из таложника на ексхаустору, електрофилтру и димњаку отпадни сагоревања одводе се водом високог притиска у просторију млевења шљаке. По извршеном млевењу каша се пумпа у дренажне бункере испод којих се директно товари на камионе. Омогућено је и транспортовање тракама до шлепова. Вода из дренажних бункера враћа се у систем високог притиска који троши 195 KW, док пумпе за кашу троше 165 KW.

Пумпе за расхладну воду су вертикалне са моторима 150 KW. Има их осам. Помоћни агрегат од 3.000 KW има засебну циркулациону пумпу за расхладну воду. Расхлађивање се врши проточним системом. На југу централе узима се хладна вода док се на северу испушта топла (смер реке југ—север). Усисне корпе су покретне због лаког отстрањивања нечистоће.

Електрана је изграђена са плафонским капацитетом и проширење није предвиђено. Зграда је обрађена у блоку а конструкција јој је челична. Неколико трактова (турбинска сала, пумпна сала, котловска сала) приљубљени су један уз други паралелно, тако да се осветљење постиже денивелисањем висина појединих трактова. Доминантни тракт је простор котловске сале са бункерима за

угаљ, затим други по висини био би тракт турбо сале, а остали су задржани на релативно малим висинама. Од главног блока издвојене су само зграде за развод и млевење шљаке. Приземље северног дела зграде чине складишта техничког материјала и помоћне радионице. Ове просторије су од осталих делова централе одвојене тунелом, који служи за главну комуникацију. Изнад пролаза, складишта и радионице, налазе се тридесет канцелариских просторија. Два шестнаестоугаона армирано-бетонска димњака висине 75 m, пречника 5,40 m, постављена су са стране, нешто мало истурено напред. На источном делу објекта су ниже зграде за електрофилтре, Луво и ексхаусторе. На западном делу налази се ниски анекс трансформатора. Котларница и турбинска сала имају своје засебне контролне плоче; електро и топлотна контрола су заједничке и смештене су испред турбо сале у средину. Поред и испод ње, решени су разводи соптвене потрошње и кабловске просторије. Кроз цео блок се провлачи платформа која по свим одељењима има исту висину.

Изграђен објекат је доста вешто укомпанован у приобални пошумљени терен, и архитектура објекта својим колором сасвим одговара средини у коју је зграда постављена. Фасаде су у црвеном клинкеру са местимично добро постављеним светлим зидним платнима, перфорираним прозорским окнима.

У општим цртама за ову би се електрану могло рећи да је инспирисана старијим добро испробаним концепцијама, да је нарочи-

то много вођено рачуна о сигурности у погону, да су у великој мери испуњени хигијенски услови рада као и то да су добро задовољени услови које захтева урбанистичко решење у погледу њеног положаја. Међутим,

мора се нагласити да њена економичност, притисак и прегрејаност у знатној мери изостају иза осталих савремених централа света. (Технички подаци узети из „The Engineer“ бр. 4840 и 4841 од 1948).

ПРИКАЗ 6

Приказани објект служи првенствено за давање електричне енергије граду, а истовремено и за снабдевање индустрије даљинском топлотном енергијом. Напомињемо да је изграђен у центру града.

Капацитет електране је једна кондензациона турбина нормалне снаге 25.000 KW а максималне трајне снаге 31.250 KW. Хлађење генератора врши се помоћу водоника. Две турбине са противпритиском од 4.000 и две по 2.500 KW имају генераторе хлађене ваздухом. Предвиђено је место за још једну кондензациону турбину од 25.000 KW.

У котларници су постављена два једноканална вертикална котла капацитета по 98 t/h, притиска 65 атмосфера и прегрејаности паре од 480°C. Ложење котла је угљеним прахом. Угаљ се меље у млиновима са куглама. Котао је са две коморе, тј. са течном шљаком. Прва комора обложена хромним плочицама са покривеним екранима, функционише као комора за топљење. Друга комора са отвореним екранима обавља главни део преноса топлоте. Котао је са једним попречним добошем и подеоним коморама. Загрејач ваздуха је ротациони, система Љунгстром. Сваки агрегат има свој засебан електрофилтар и кратак конични лимени димњак. Карактеристике грејних површина су следеће:

Ак — 262 m² Ае — 630 m²

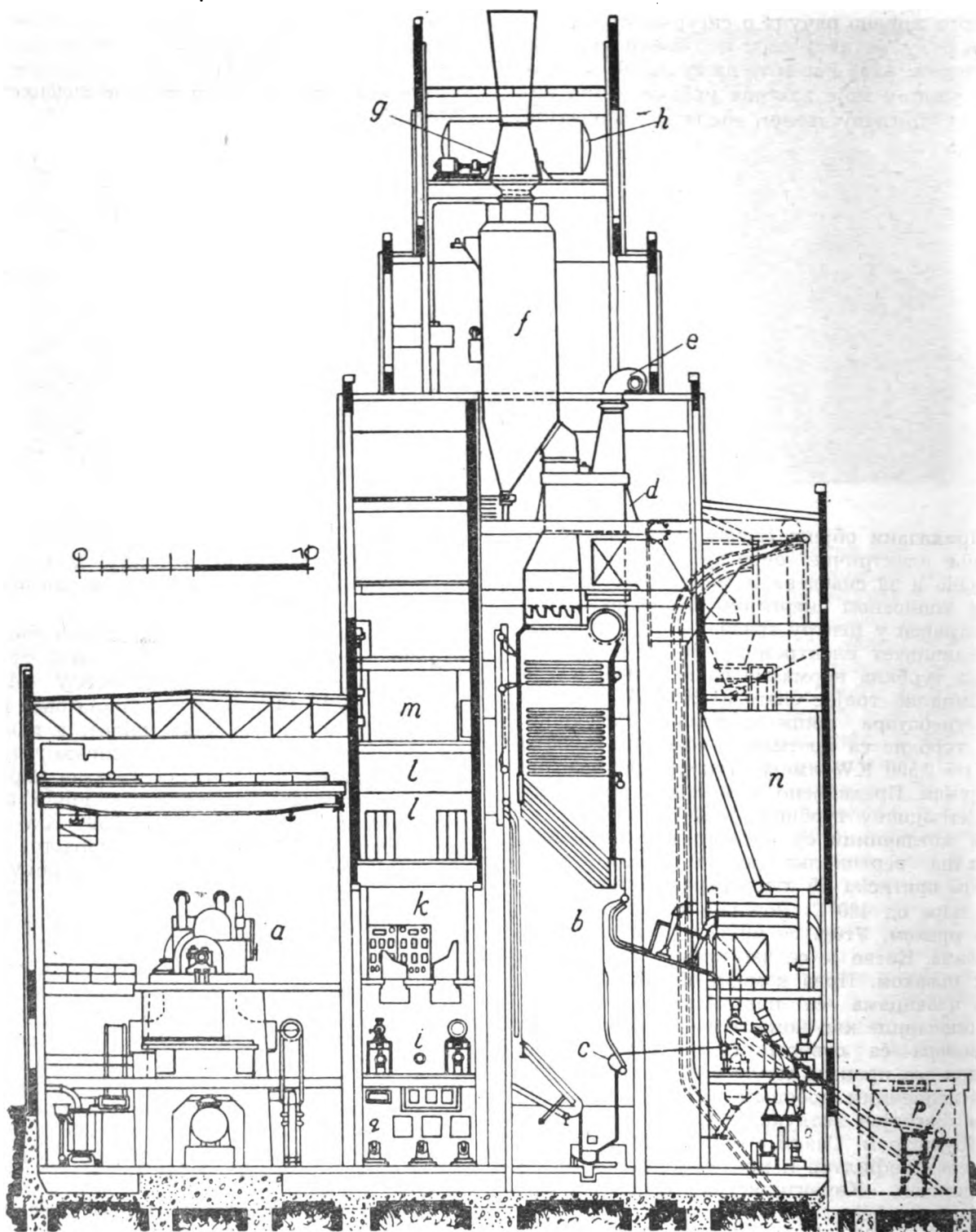
As — 649 m² А1 — 3.975 m²

Лагеровање угља и шљаке није нам познато, јер се исто не види из скице којом располажемо.

Један котао служи за снабдевање кондензационе турбине док други даје пару турбини са противпритиском од 4.000 KW. Излаз из турбине је 14 атмосфера; пара овог притиска одлази у измењивач топлоте и као пара од 12 атмосфера иде у даљинско грејање високог притиска. Остатак излазне паре од агрегата са 4.000 KW одлази у други агрегат са противпритиском од 2500 KW који има излаз од 0,7 атмосфера, а пара тог притиска користи се у даљинском грејању ниског притиска. (сл. 260).

Према цртежу закључује се да је зграда у челичном скелету а турбо сала у челичним оквирима. Испуна скелета од опеке. Главни део објекта, котларнички тракт висок је 50 m због вертикалног котла и горе постављених електрофилтра са кратким димњацима. По пресеку се закључује да је простор одлично искоришћен, а правилност логично постављеног тога технолошког процеса изазвала је добру унутрашњу диспозицију, која је могла бити остварена због примене вештачке вуче.

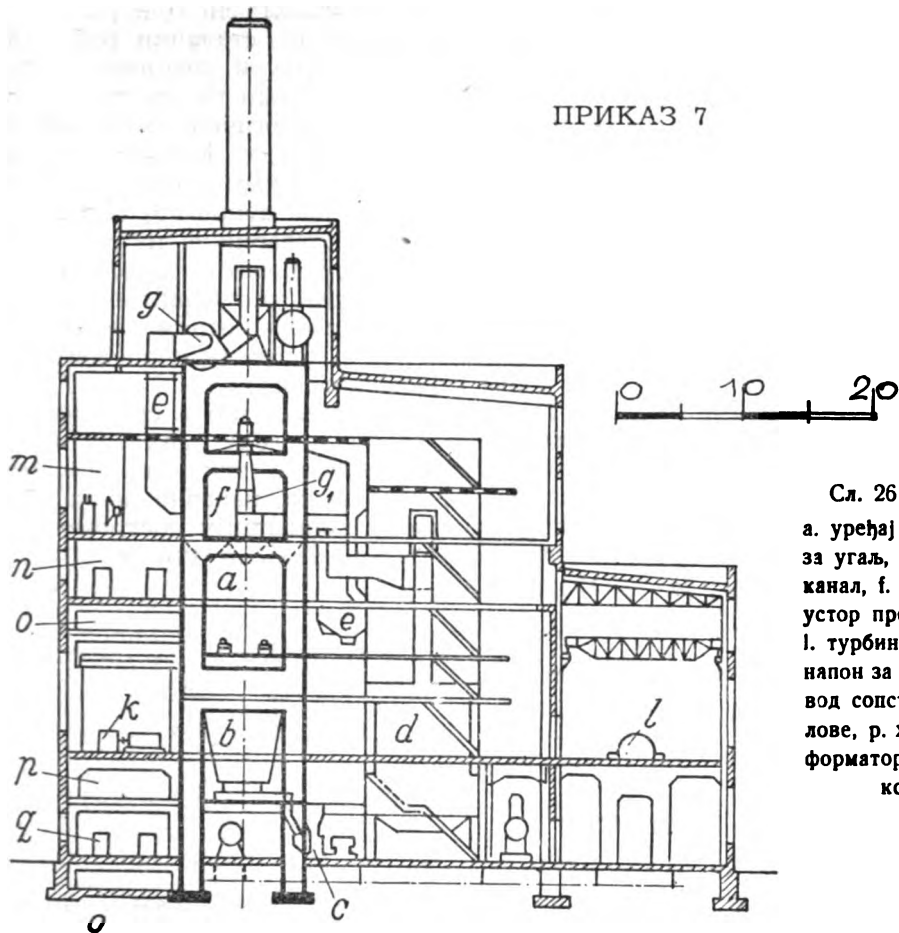
(Технички подаци узети из „Pauer“ бр. 83 од 1939).



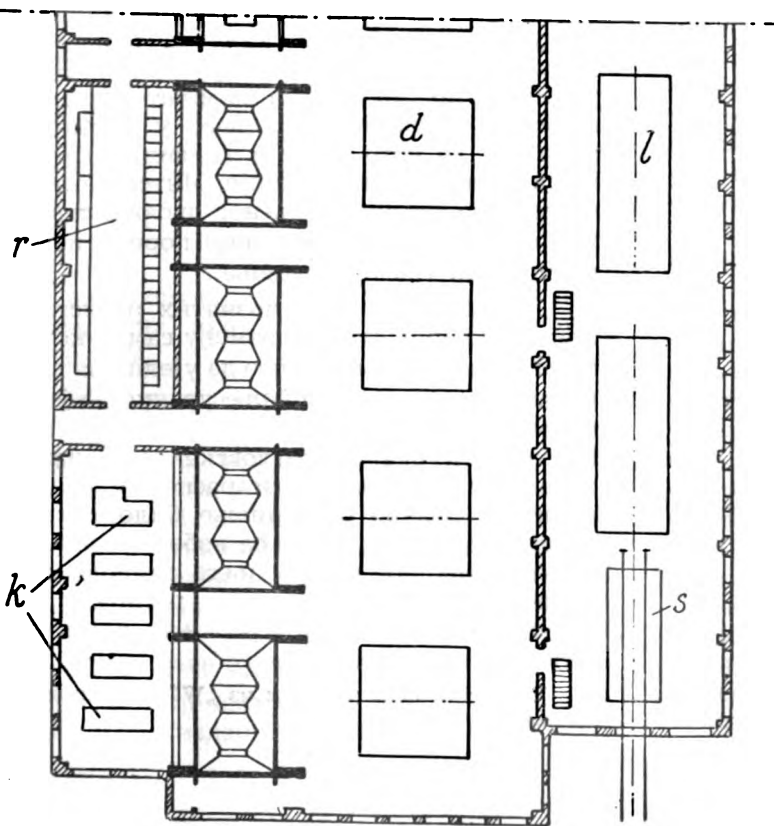
Сл. 260. — Пресек термоелектране (уз приказ 6.)

а. кондензациона турбина, б. двокоморни котло са једним каналом, с. комора за шљаку, д. ротациони Луво, е. вентилатор за хладан ваздух, ф. електрофилтар, г. ексаустор, h. резервоар за топлу воду, и. предгрејачи, к. контролна сала, л. разводне хелије, м. сабирне шине, n. бункер за угља (800 t), о. млин, р. простор за дробилице, q. пумпе

ПРИКАЗ 7



Сл. 261. — Основа и пресек електране
 а. уређај са снабдевање угљем, б. бункери
 за угљем, с. млин за угљем, д. котло, е. димни
 канал, ф. електрофилтар, г. циклон, h. ексха-
 устор пред димњаком, к. нумпа за напајање,
 i. турбина са противпритиском, m. високи
 напон за електро-филтар, n. електрични раз-
 вод сопствене потрошње, o. ходник за каб-
 лове, p. ходник за цевне водове, q. транс-
 форматори и развод, v. електро и топлотна
 команда, s. отвор за монтажу



Ова термоелектрана снаге 50.000 KW има котларницу са четири котла капацитета по 125 t/h, радног притиска 125 атмосфера и прегрејаности 500°C. Ложење котлова је угљеним прахом.

Сврха постројења може бити двојака; да ради као прикључна централа, тј. ради побољшања економичности једне постојеће старе КЕЦ. У том случају постављају се овакве ТЕЦ високог притиска са турбинама претходницама за турбине ниског притиска старе кондензационе електране. Друга могућност сврхе овог постројења је да ради као топлана, тј. да турбине раде са противпритиском и да дају главни производат, топлотну енергију.

По скици би се закључило да је тежња била да се изгради постројење на што мањој основи, те је тако и могло једино да се деси овако збијено постројење, нарочито кад се посматра део са електрофилтрима чији је

ток процеса доста изломљен. Централни армирано-бетонски скелет, статички тешко оптерећен, није по кубатури довољно искоришћен а нарочито у етажи где су траке преноснице за угаљ. Нелогично је ситуирање трансформатора, развода високог напона, сопствене потрошње, као и електро и топлотне контроле на супротној страни од турбинске сале и котларнице, на отстојању од око 80 m. То се вероватно догодило због неправилног решења котларнице чији је простор испред котлова потпуно замрачен, јер котловска сала прима једино осветљење са задње стране котлова.

Пројекат постројења може се окарактерисати као лош у погледу архитектонског решења и постављања тока технолошког процеса. То исто важи, наравно, и за целокупну машинску концепцију постројења

(Технички подаци узети из VDI бр. 31—32 од 1942).

ПРИКАЗ 8

Шематски цртеж претставља кондензациону електрану. По њему би се могло закључити да котларница има пет Бенсонових котлова, од којих су четири радна а један резерван. Њихова снага је 150 t/h, радни притисак 115 атмосфера и прегрејаност 500°C. Ложење је са угљеним прахом помоћу Кремерових млинова. Загрејач ваздуха је ротациони. Вертикалан електрофилтар постављен је са резервоарима за воду, вентилаторском платформом и димњаком у засебан оквирни тракт, потпуно отворен према котловској сали. Димњаци су лимени.

Турбинска сала има две турбине претходнице и четири кондензационе. Капацитет електране је 150.000 KW. Осовине котлова и турбине постављене су једна према другој у формацији Т, а осовине трактова зграде су паралелне. Сваком котлу одговара по једна кондензациона турбина, а на два котла постављена је једна турбина претходница. После претходнице, пара одлази у испаривач, акумулатор топлоте и накнадни прегрејач, који чине целину са Бенсоновим котлом. Ово је урађено због тога што поменути котлови захтевају потпуно равномерно оптерећење.

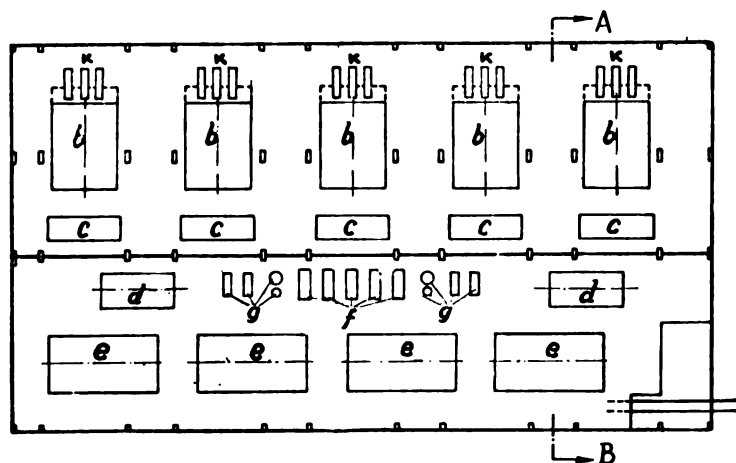
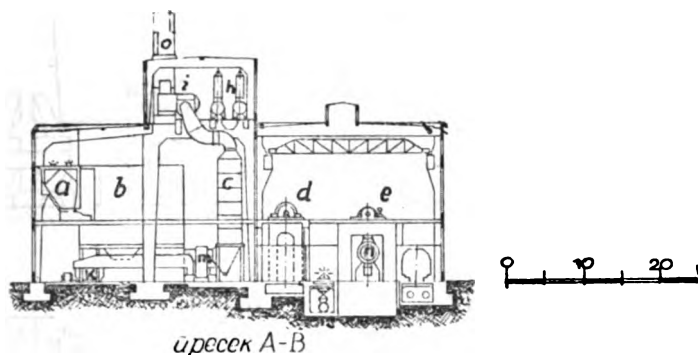
У објекту не постоји уобичајено издвојена пумпна сала, већ је турбинска нешто ја-

че димензионисана, те су у њој и смештене пумпе.

Са грађевинске стране решење претставља уствари тробродну халу са једном убаченом међуспратном конструкцијом. Диспозиција је проста и јасна са много боље задовољеним условима рада него у претходном приказу. То исто важи и за машинско енергетско решење инсталација. Интересантно је да се и поред употребљеног двоканалног котла и лименог димњака није пореметио праволинијски ток производње.

Пројектант је из непознатих разлога поставио оквирне стубове између самих котлова те на тај начин није успео да уједначи њихов ритам. Мислимо да би боље урадио да је стубове дао иза котлова, чиме би заиста повећао распон оквира котловске сале, али би зато добио много ужи распон у средњем тракту. Овакво би решење било статички много повољније јер би се избегао тешко оптерећени оквир, док би њега заменио армирано-бетонски скелет малих распона. Скелет би примио сва оптерећења димњака и резервоара за воду.

(Технички подаци узети из „Wärmewirtschaft“ од 1940).



Сл. 262. — Основа и пресек електране

а. бункер за угаљ, б. Бенсонов котлао, с. електрофилтар, д. турбина претходница, е. главна турбина, ф. пумпа за напајање, г. припрема воде, h. резервоар за воду, и. ексхаустор, к. млинови за угаљ, т. ротациони Луво, п. кондензатор, о. димњак

ПРИКАЗ 9

У овом случају имамо две кондензационе електране, прва снаге 150.000 KW, друга 100.000 KW.

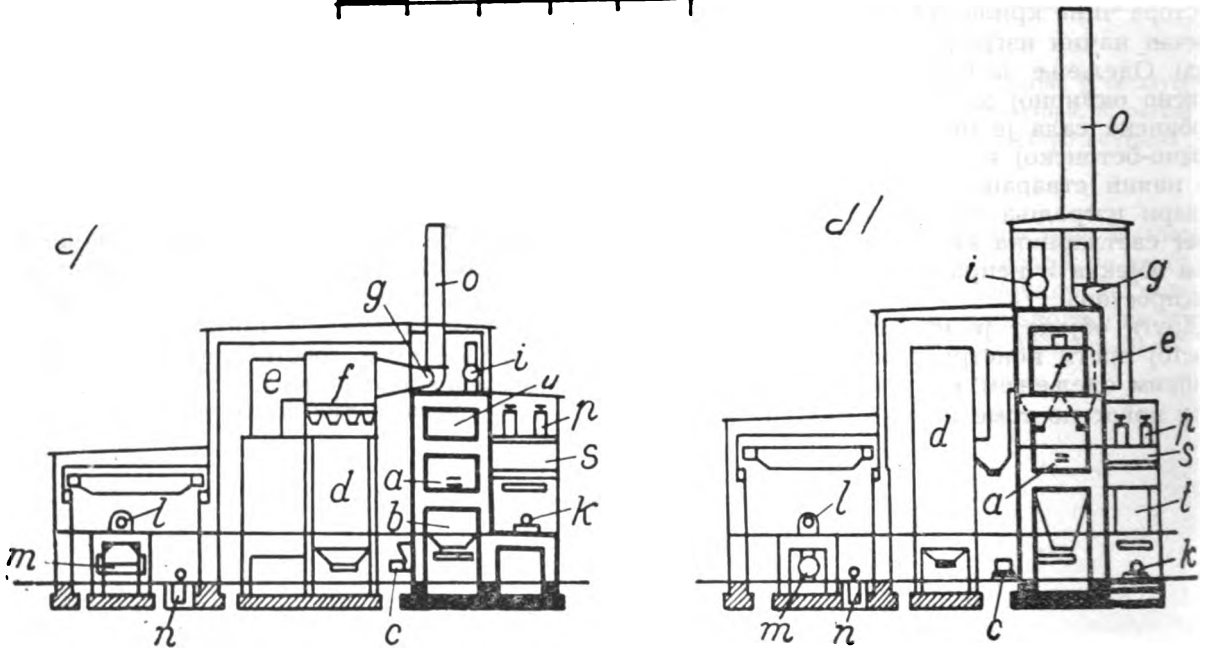
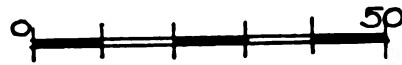
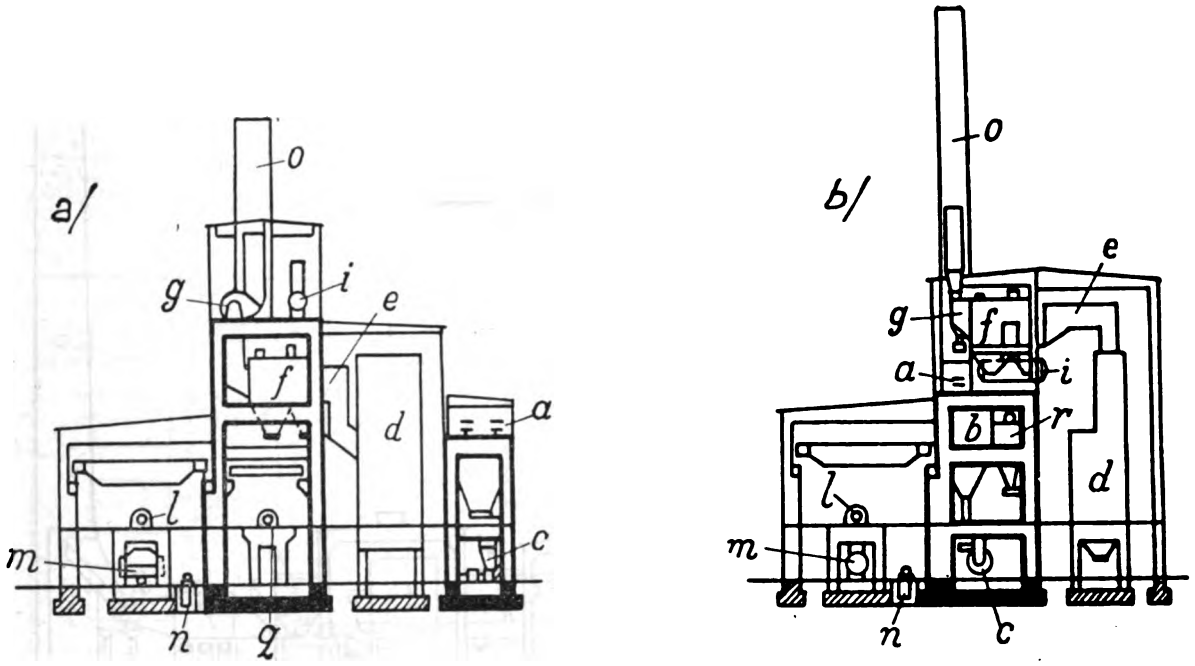
У котларници првог решења налазе се шест котлова по 125 t/h, притиска 80 атмосфера а прегрејаности 500°C, са ложењем угљеним прахом. Агрегати су двоканални — облик слова П. За сваки котлао постављен је по један вертикални електрофилтар, а на три котла долази један зидани димњак.

Три кондензационе турбине од по 50.000 KW постављене су попречно на осовине котлова. Спрезање котлова и турбина је 2 : 1.

Објекат није изграђен у блок систему, већ је електрана издвојена од котларнице а спо-

јена само комуникативним ходницима. Овим се добило средње затворено двориште где су изграђени високи зидани димњаци. То је био једини начин да се задовољи правилан производни ток, односно једино решење да се постигне његово једносмислено кретање.

Други случај има шест котлова капацитета 80 t/h, радног притиска 80 атмосфера и прегрејаности 500°C. Они су двоканални са сагоревањем у слоју. Издвајање летећег пепела и кокса врши се помоћу циклона. Једини зидани димњак служи за све котлове, због чега компликовани прикључци са рачвама и коленима претстављају минус услед аеродинамичке неповољности.



Сл. 265. — Пресеци електрана (пуно извучени делови су статички тешко оптерећени)
 а. траке за угљ, в. бункер, с. млин, д. котло, е. димни канал, ф. електрофилтар, г. ексхаустор, и. резервоар за волу,
 к. пумпа за напајање, л. турбине м. кондензатор, н. канал за расхладну воду, о. димњак, р. разводно постројење,
 қ. турбина претходница, s. под за каблове, u. под за цеви

су хоризонтални и положени, односно уклопљени у скелетни део за димњак. У централном делу поред њих смештени су резервоари за воду, ексхаустори, пумпе за напајање, разводно постројење електрофилтра, централна термичка и електроконтрола. Односно осовина котлова и турбина, односно њихових осовина је облику Т. Ток технолошког процеса је праволинијски.

Коришћење запремине је потпуно задовољавајуће. Знатан део кубатуре као код велике постројења за угљени прах заузимају електрофилтри. Према томе, у грађевинском погледу од одличне користи би били мали механички издвајачи летећег пепела и то би се постигло смањењем m^3/KW . Тиме би се знатно растеретила конструкција. Још једна незгода у овом решењу би била та што су турбине претходнице смештене у централном делу (статички тешко оптерећеном) на сопственим фундаментима, значи још једној засебној носећој конструкцији.

б) У другом приказу постоји само једна конструкција за ношење тешких елемената инсталације, у коју су смештени: ексхаустори, хоризонтални електрофилтри, бункери за прах, за сиров угаљ, млинови са ваљцима, резервоари за воду, а на исти се ослањају и димњаци. У оквирној конструкцији котларнице ситуирани су једноканални котлови, док се у центру овог простора налазе топлотна и електрична контрола као и разводно постројење за сопствену потрошњу. С друге стране скелетног дела зграде постављена је турбинска сала са агрегатима по дужој осовини.

Постоји могућност да се турбинска сала сагради иза котларнице, и да су пројектанти овако поступили постигли би правилније решење тока производње, али по цену лошијег осветљења котларнице.

с) Код овако изграђеног постројења примењени су котлови са три канала. У степенастом, да га тако назовемо, скелету смештени су: димњаци, резервоари за воду, вентилатори, ексхаустори и бункери за угаљ. Електрофилтри су ослоњени на јак котловски скелет челичне конструкције. Код решења

видимо потпуно супротну ствар од тезе доктора Минцингера, који предлаже и који је извео код „Клингенбергове“ електране тако инсталацију, при чему се потпуно растерећује челична решетка озидна котла. (У помешној централи добоши котла су обешени о челичне оквири зграде котларнице). Над „степеном“ армирано-бетонског оптерећеног скелета налази се простор у коме су смештене пумпе за напајање, трансформатори за ниски напон, разводно постројење и централна контролна сала.

У погледу технолошког процеса није остварена класична права линија којој се увек тежи, али је збијеношћу решења постигнута уштеда на дужини каблова и вода.

Зграда ове електране, односно пројекат, има велики недостатак правилног архитектонског решења због непостојања директног осветљења котловског простора, галерије опслуживања котлова.

д) У последњем случају овог приказа такође је употребљен један конструктивни елемент за ношење најтежих инсталација, само што је он једноставнијег облика— без степена. У том делу зграде диспонирани су вентилатори, ексхаустори, резервоари за воду са припремом, разводно постројење високог напона за електрофилтар, хоризонтални електрофилтри, трансформатори за сопствену потрошњу, бункери за угаљ, и млинови. У прислоњеном делу зграде смештене су пумпе за напајање са фундаментима који чине целину са скелетом, развод високог напона и општа контрола.

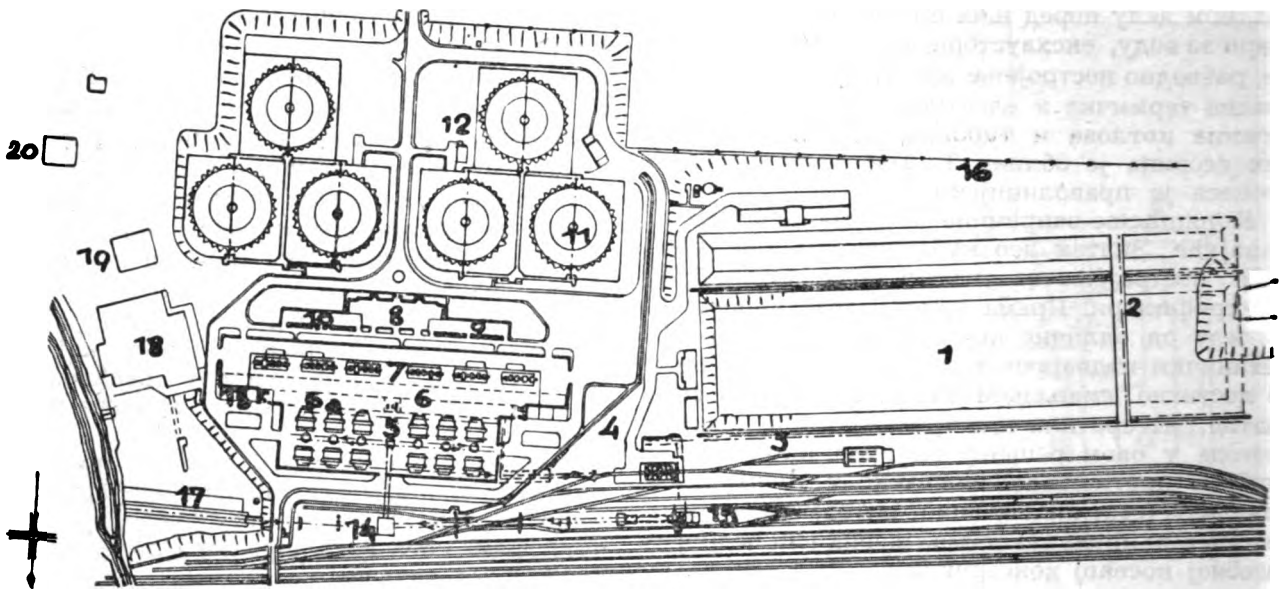
Услед сконцентрисаности битних делова електране, прегледност је добра, а та особина не иде на штету приступачности појединим одељењима. У изведеном објекту турбинска сала је наслоњена на котларницу, но она се могла наслонити и на део са пумпном салом. Изведено решење је боље у технолошком погледу, али би ово друго дало више могућности правилног осветљавања котловске сале.

(Технички подаци узети из VDI бр. 31—32 од 1942).

ПРИКАЗ 12

Ова електрична централа (у Волзалу) је чисто кондензациона, и служи за давање електричне енергије државној мрежи и снабде-

вању града у чијој се близини налази. То је једна од 38 нових електричних централа, које се предвиђају планом електрификације



Сл. 266. — Диспозиција електране „Волзал“

1. складиште угља, 2. мосни кран, 3. тракасти транспортер, 4. транспортер за шљаку, 5. котларница, 6. пумпна сала, 6а. развод сопствене потрошње, 7. турбинска сала, 8. контролна сала, 9. развод 1.500 MVA, 10. развод 500 MVA, 11. хладњача за воду, 12. пумпна станица, 13. трансформатори, 14. разводна кула за угља, 15. уређај за истовар за нагињање вагона, 16. зелени заштитни појас, 17. пристаниште, 18. стара електрана, 19. стари електроразвод, 20. стара трафо подстанци

ове земље, у временском периоду од 1947 до 1952 године. План електрификације састоји се у повећању инсталираног капацитета за 9.474.450 KW подизањем нових објеката и проширењем старих. Ово повећање износи 77% од капацитета у 1945 години, а досада је већ пуштено у погон 875.000 KW. Пројекти су почели да се раде 1944 године (пројектант Л. Ф. Цефри) а радови на изградњи почели су у априлу 1946. Први електрогенератор је пуштен у погон септембра 1949 године, а досада раде три агрегата, тј. 90.000 KW. Предвиђа се да ће четврти агрегат бити у погону почетком 1950, а два последња у току 1952.

Постројење је израђено у такозваном блок систему. Са архитектонске тачке гледишта оно не преставља неко значајније решење. Из приказа се види да је начин градње доста конвенционалан, данас већ застарео. Код ове концепције дошле су све рђаве грађевинске последице прихваћеног система дворедне котларнице. Котловска сала добија осветљење тамо где није потребно, а фронт опслуживања и контролна табла котларнице остављени су без икаквог осветљења и природне вентилације простора.

Централа је у челичној скелетној конструкцији, покривена равном плочом. Испуне

су од опеке. Земљиште на коме је подигнута, заузима око 60 хектара. Налази се између канала и старе централе са источне стране. Главне пруге са северне стране, зеленила са јужне стране и огранка канала са западне стране. Приликом изградње били су потребни огромни земљани радови. Зграде су постављене на армирано-бетонским плочама због врло тешких услова носивости тла.

Нисмо располагали основама овог пројекта, те се не можемо упуштати у неку ширу архитектонску анализу решења.

Котлови су израђени од фирме Бапкок и Вилкокс, секциони, са једним попречним добошем који је високо постављен. Решетка је ланчана са зонским доводом ваздуха — конструкције на којој се може сагоревати ситно гориво (1 до 5 mm). Котао је вертикално артикулисан и грађен у облику слова П, са једним каналом за грејне површине. Ложишни простор је са свих страна екранисан, тако да површина екрана износи 29% од огревне површине. Предњи свод је мало избочен, а задњи је јако избачен. Довод секундарног ваздуха предвиђен је на фронталном и задњем зиду. Прегревање паре се врши у 2 степена у хоризонталним прегрејачима. Регулисање температуре прегревања је аутоматско по-

моћу уређаја „Кент“. Економијазер је јако развијен, ребрасти Гринов. Изнад котлова на вентилаторској платформи постављена су на сваки котлао по два ексаутора, који директно сишу продукте сагоревања из помоћног канала и одводе их у лимени димњак. Појед ексаутора на истој платформи су вентилатори за примарни ваздух, који је у извесној мери загрејан јер се узима из горњег дела котларнице. (Постоји гледиште да овако постављање вентилатора не користи, јер услед депресије коју изазива вентилатор, свеж ваздух придлази више од горе, те се исти сише незагрејан). Секундарни ваздух се одводи помоћу два засебна вентилатора. Вентилатори, осим ових за секундарни ваздух, имају хидраулични преносник са могућношћу регулисања броја обртаја, док се секундарни ваздух регулише гушењем. Команде за промају су даљинске хидрауличне, система Локид, и смештене су на контролној плочи, постављеној у централном делу котларнице, испод бункера за угаљ.

Преглед карактеристика котлова:

| | |
|-----------------------------------------------|---------------------------------|
| максимална продукција паре | = 82 t/h |
| нормална продукција паре | = 68 t/h |
| радни притисак паре | = 45 атм |
| топл. садржај паре | = 759 kcal/kg |
| температура прегрејане паре | = 470°C |
| температура воде на улазу у Еко | = 170°C |
| температура воде на излазу | = 230°C |
| температура кључања воде | = 255°C |
| температура ваздуха | = 40°C |
| огревна површина котла | = 615 m ² |
| огревна површина екрана | = 153 m ² |
| огревна површина прегрејача | = 1150 m ² |
| огревна површина економијазера | = 1930 m ² |
| површина решетке | = 61,3 m ² |
| запремина ложишта | = 182 m ³ |
| килограмско оптерећење решетке | = 158 kg/m ² h |
| калориско оптерећење решетке | = 790.000 kcal/m ² h |
| калориско оптерећење ложишта | = 267.000 kcal/m ³ h |
| калориско оптерећење гр. површине | = 28.500 kcal/m ² h |
| доња топлотна моћ горива | = 5.000 kcal/kg |
| степен искоришћења при економичном оптерећењу | = 83% |
| средњи степен искоришћења | = 81,5% |
| потрошња горива | = 9,680 kg/h |
| испарење | = 7 kg/kg |
| специфична продукција | = 111 kg/m ² h |
| карактеристика Ак/Аг | = 10 |
| карактеристика Vr/D ₁ | = 2,68 m ³ /th |

Као карактеристично код овога котла можемо подвући високо специфичну продукцију и поред тога што нема загрејача ваздуха. Ову продукцију омогућује високо прегревање воде и јако развијени кључајући економијазер, услед чега није дошло до великог калориског оптерећења грејне површине. Из истог разлога је и однос V_2/D_1 мали (рад

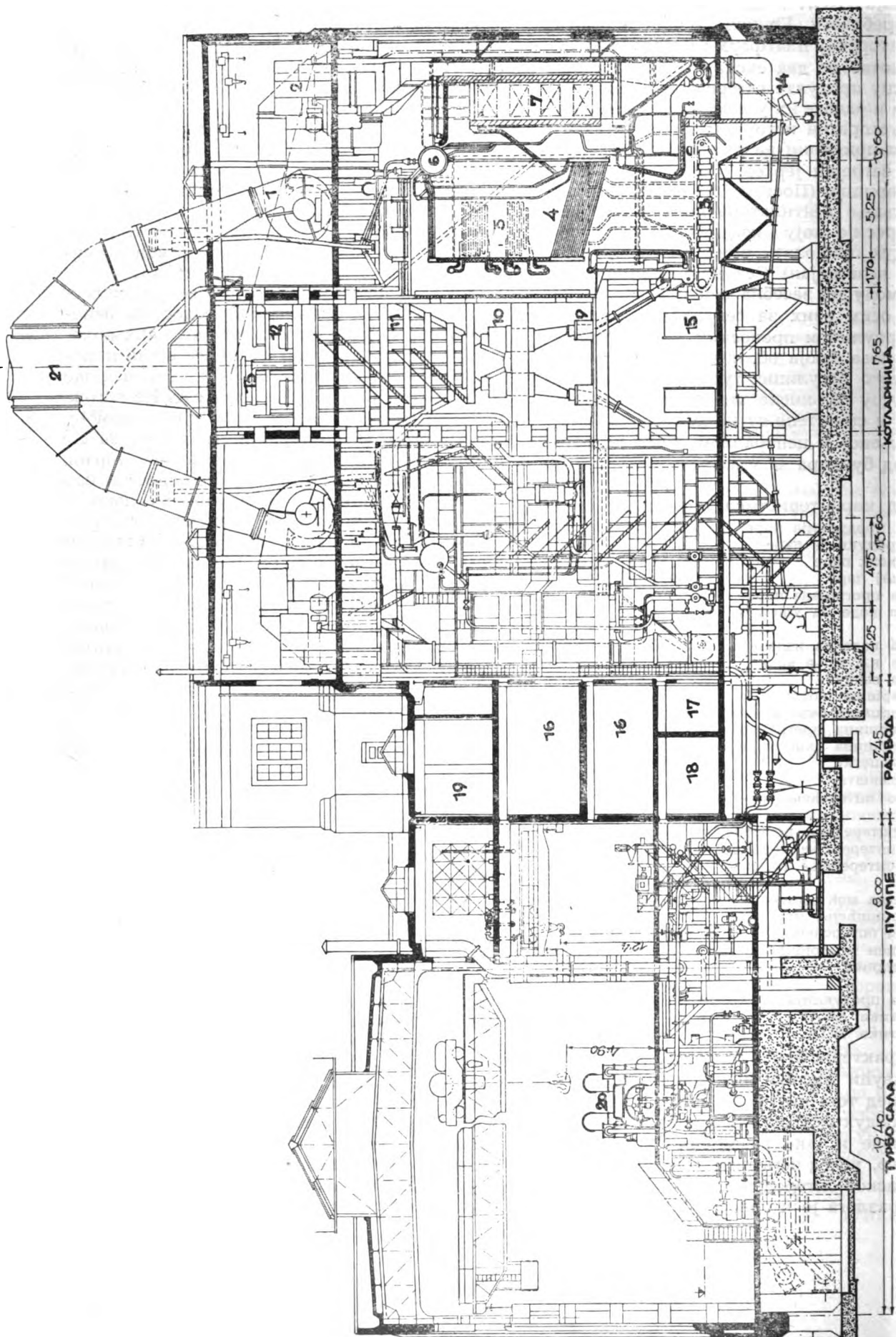
површине Ак је у границама $i_2' - i_1 = 668 - 255 = 413$ kcal/kg).

Укупан број котлова је 12, сви истог капацитета. Они су постављени у два реда, тако да имамо дворедну котларницу са централним ненадвишеним делом, јер су бункери за угаљ мале запремине. Котлови су у осовинском погледу постављени према турбинама у Т, а осовине котларнице и турбинске сале су паралелне. Технолошки процео је логичан и одељења се нижу једна за другим по току производње. У току угаља постоји непотребно враћање које је проузроковано ситуацијом терена и положајем канала.

Главни довоз угаља је предвиђен железницом. Дужина ранжирних колосека износи 6,4 km. Недељна пропусна моћ ових колосека је 8.000 t. Истовар вагона се врши помоћу два бочна извртача, од којих сваки може да истовари по 100 t за један сат. Из вагона угаљ се сипа у левкове, из којих помоћу плочастог транспортера и трака од 94 cm ширине одлази у главни разводни торањ. Угаљ се даље помоћу две траке односи изнад бункера, са којих се скида помоћу покретних колича Капацитет копненог довоза је 200 t/h. Воденим путем врши се довоз шлеповима, који се истоварују помоћу два крана капацитета 90 t/h и помоћу две траке ширине 760 mm угаљ иде у торањ. Из вагона угаљ се може односити и на отворено складиште удаљено 350 m од превртача. Капацитет овог складишта је 135.000 t. Димензије су му $6 \times 110 \times 79$ m. На складишту је инсталиран покретан мосни кран са захватачем на конзолној дизалици. Уздуж складишта је покретни левак, који се пуни помоћу захватача који равномерно расподељује гориво по тракама.

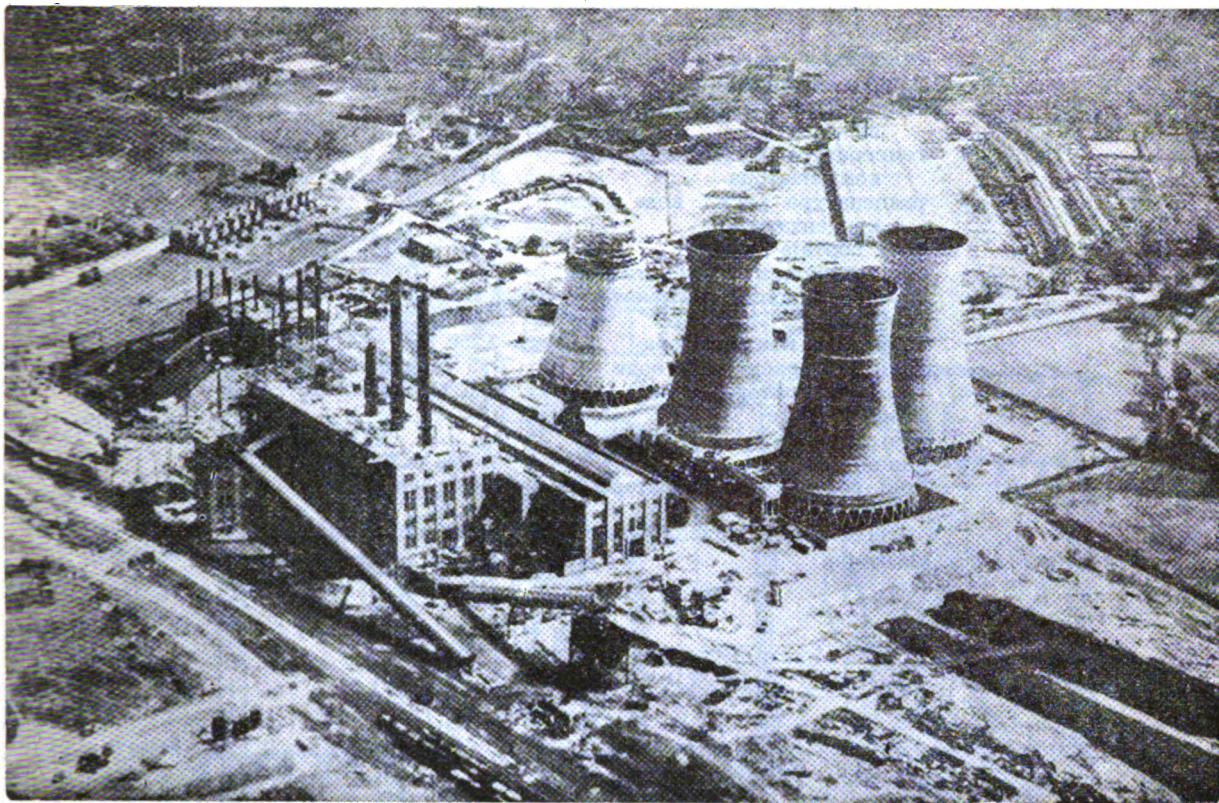
Проблему отклањања шљаке, пепела, летећег пепела и кокса као и пречишћавању продуката, мада се објекат налази у близини града, није посвећена нарочита пажња. Једино је могуће да гориво не садржи велики проценат пепела и да релативно мала калориска моћ долази услед већег процента влаге. Издвајање пепела се врши углавном под дејством центрифугалне силе на оштрим превојима (пет места промене правца за 90° и једна промена смера, тј. за 180°).

Шљака се отстрањује из ложишта помоћу система лопатица, а пепео хидраулично, па после гашења и млевења заједно преко транспортера који се налази испод сваког ложишта, сви производи се одвозе изван котларнице. Две траке транспортују пепео и шљаку до силоса капацитета 688 t, а из овога се вагонима за извртање одвози до терена који се насипа.



Сл. 267 — Пресек електране „Волзал“

- 1. ексхаустор
- 2. вентилатор за примарни воздух
- 3. ланчана решетка
- 4. водогрејна цева — секција
- 5. прегрејач паре
- 6. добош
- 7. економизер
- 8. вентилатор за секундарни воздух
- 9. дозери за угљ
- 10. аутоматска вага
- 11. бункер за угљ
- 12. тркасти транспортер
- 13. покретни колица за скидање угља са траке
- 14. одвод шљак
- 15. контролна плоча



Сл. 268 — Изглед из ваздуха Т Е „Волзал“

Снабдевање водом се врши из канала који је на доста нижој коти, те допрема воде претставља знатан губитак енергије, услед чега није примењен проточни систем, већ кружни за расхладну воду. Хлађење воде се врши у шест армирано-бетонских кула капацитета по $7.300 \text{ m}^3/\text{h}$, пречника основе $\varnothing 50 \text{ m}$, грла $\varnothing 27 \text{ m}$, а врха $\varnothing 30,48 \text{ m}$. Висина им је по 120 m . Тежина торња (празног) је 2.700 t . Терен на коме је централа подигнута има слабу носивост услед некадашњих подземних рудника, те су стога торњеви темељани на бунарима чиме је добивено оптерећење тла свега $1,04 \text{ kg/cm}^2$. Један од торњева фундиран је на шиповима.

Додатна вода за напајање котлова доводи се такође из канала, омекшава Пермутит уређајима на тврдоћу 0, отстрањују се гасови, таложни и дестилише помоћу испаривача. Капацитет испаривача је $6,8 \text{ m}^3/\text{h}$ дестилата температуре 10°C . Постоје резервоари сирове додатне воде, таложни резервоари кондензата.

Услед слабе носивости тла, нису могли да се употребе зидани димњаци, већ су постављени лимени, по један за два близна котла. Висина димњака од нивоа терена износи 83 m , што значи да им је дужина $48,5 \text{ m}$.

Ови димњаци, унутрашњег пречника $\varnothing 3,65$ обложени су изнутра слојем битумена и базичном опеком везаном базичним цементним везујућим материјалом. Опеке леже на угаоним прстеновима од ливеног гвожђа. Као примедбу би ставили, са аеродинамичке тачке гледишта, нелогичну везу прикључка за димњак. Он је постављен на ливену плочу коју носи централни статички тешко оптерећени скелетни део, а за његово укружење изгледа да истовремено служе поменути прикључни канали близних котлова.

Шест двооклопних турбина, постављених по дужи осовини у групама по две, имају довод паре један према другом. Оклоп високог притиска има 22 реакциона елемента, а оклоп ниског притиска се састоји из два дела реакционих елемената са доводом паре у средину. Пошто су два излаза, постоје два кондензатора. Плоче са инструментима се налазе на зиду према пумпној сали. Хлађење генератора врши се ваздухом, који циркулише помоћу два вентилатора наглављена на ротору. Ваздух се хлади главном проточном водом. Екситаторке су директно везане за осовину ротора. Постоји и једна самостална резервна екситаторка.

Преглед карактеристика парних турбина.

| | |
|--------------------------------------------|---------------------------|
| ефективна снага | = 30.000 KW |
| улазни притисак | = 42 атм |
| температура прегрејане паре на улазу | = 4550С |
| температура расхл. воде пре кондензатора | = 21°С |
| температура расхл. воде после кондензатора | = 48,50С |
| број обртаја турбине | = 3.000 o/min |
| број акционих елемената | = 22 |
| број реакционих елемената | = 2 × 7 |
| вакум | = 0,02 kg/cm ² |
| површина кондензатора | = 3.250 m ² |
| количина расхладне воде | = 125 m ³ /min |
| снага генератора | = 37,5 MVA |
| фактор снаге | = 0,8 |
| број периода | = 50 |
| напон | = 33—36 KV |
| број обртаја Л. генератора | = 3.000 o/min |

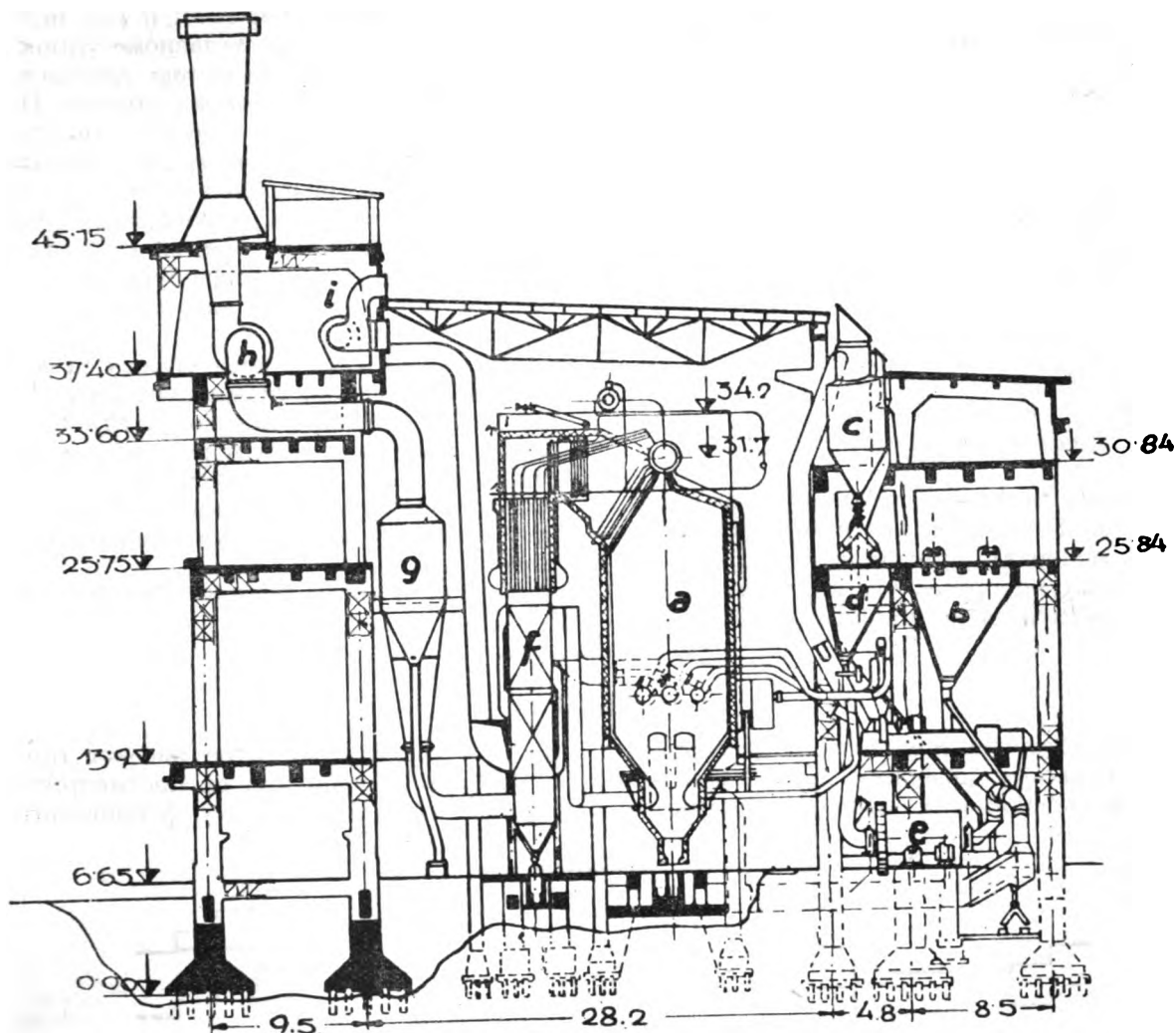
(Технички подаци узети из „Engineering“ бр. 4367/1949).

ПРИКАЗ 13

Показан је дограђени део котларнице (једно котловско место), приликом проширења термо-електричне централе. Монтажа котловског постројења вршена је паралелно са грађевинским радовима на проширењу котларнице. Котао (а) ради са угљеним прахом, тип ТП-200-1, капацитета $D_1 = 160^2/200$ t/h. Ради примене угља са великим процентом влажности употребљено је претходно сушење праха. Из бункера (b) за сирови угаљ, угаљ се спушта слободним падом у два млина са куглама (e). Довод угља у бункер за сирови угаљ је нормалног типа тј. помоћу тракастих транспортера. Прах из млина пнеуматским путем преко сушаре (c) одлази у бункер за прах (d), а из овога помоћу пумпе преко аутоматске ваге и сепаратора у горилке котла. Види се колико је компликован пут угља у случају постављања сушаре за претходно сушење. У Кремеровим млиновима постоји могућност да се користе мрки угљеви са великим процентом влажности на тај начин, што се повећава температура ваздуха, додају гасови из ложишта и продужава пут угља кроз део млина намењен сушењу. У погледу коришћења влажног лигнита у Кремеровим млиновима нису постиг-

нути задовољавајући резултати, те се у том случају намеће као најсигурније решење претходно сушење сировог угља, као што је и у изнешеном случају. Уколико се примени Кремеров млин за влажан лигнит (преко 50% W), угаљ се мора у сировом стању сушити, што је уосталом једино и могуће. Овим претходним сушењем природног угља, поред отклањања тешкоћа при сагоревању добитак је и у смањењу утрошка снаге за млевање, смањењу абања ударних тела и повећању капацитета млина. У погледу сушења је ефикасније сушење праха но сировог угља, док сушење праха компликује инсталацију пошто је неопходно постављање бункера за прах.

Систем претходног сушења праха изазвао је потребу за још једним одељењем које износи 50% бункерског одељења. Котао је у облику слова П са јако екранисаним ложиштем. Горилке се налазе, шест на броју, на бочним зидовима ложишта. Додирну грејну површину чини сноп цеви, који полази од добоша малог пречника, смештеног на крају ложишног простора. Прегрејач је гроздаст, израђен у два степена. Економијзер је кључајући и јако развијен. Загрејач ваздуха, у



Сл. 269 — Пресек доградње котларнице

а. котло, б. бункер сировог угља, с. циклон иза цевасте сушаре, д. бункер угљеног праха, е. млин, ф. накнадне грејне површине, г. циклон за пречишћавање димних гасова, х. ексхаустор, и. вентилатор за Луво

облику кутије добија ваздух помоћу два дво-струка вентилатора (i) постављена на вентилаторској платформи. Ови вентилатори могу према потреби да сишу ваздух споља или из котларнице. Иза загрејача ваздуха после прелома од 180° долази четвороступни циклон (g). Циклон је постављен на независном носећем постољу. На вентилаторској платформи налазе се два ексхаустора (h), који директно сишу продукте сагоревања и одводе их преко лименог димњака висине 14 m, пречника 4 m. Димњак са својом основном плочом, која је постављена директно на покривач вентилаторске просторије, тежи 26 t. Испод вентилаторске платформе налази се ходник за пролаз водова за продукте сагоревања. Просторије испред овога су вероват-

но разводи сопствене потрошње ниског напона, термичка и евентуално електрична контрола, пумпе за напајање и уређај за припремање воде. Овај део зграде одговара раније помињаним тешко статички оптерећеним скелетима. Бункерско одељење је исто урађено у двобродном вишеспратном оквиру. Котларница уствари нема своју засебну конструкцију, него се армирано-бетонска плоча подупрta гвозденим решетком ослања на два рамовска одељења. Међуспратне конструкције и покривачи вентилаторског и бункерског одељења су монолитне армирано-бетонске плоче. Испуна оквира је од опека. Ради оријентације даћемо неколико карактеристичних грађевинских и тежинских података:

| | |
|-------------------------------------------|-----------------------|
| кубатура зграде | 43.000 m ³ |
| кубатура армираног бетона за оквире . . . | 3.000 m ³ |
| кубатура испуна | 900 m ³ |
| загрејач ваздуха | 11,0 t |
| сковомајзер | 35,8 t |
| прегрејач паре | 21,0 t |
| екрани | 32,4 t |
| цеви додирне грејне површине | 18,0 t |
| котловски добош | 22,0 t |
| пароскупљач | 8,2 t |
| челична конструкција скелета котла . . . | 180,0 t |
| плафон котловског скелета | 23,0 t |
| остале металне конструкције | 85,3 t |
| цевоводи котла | 15,2 t |
| озид котла | 20,1 t |
| Укупна тежина котла | 571,0 t |

Из горњег се види да тежина једног котла продукције 160/200 t/h претставља озбиљан проблем за израду фундамента.

Посматрајући пресек ове котларнице, можемо приметити да је прилично компликова-

на, да су водови замршени и без неког нарочитог реда, чему је углавном узрок претходно сушење праха и његово постављање у самој котларници. Котлови облика П, који иначе заузимају мало простора по дужини, у овом случају услед незграпно постављеног циклона изазвали су распон котларнице до 28,2 метра. Ситуација је побољшана тиме, што котларница великог распона нема своје оквире, већ користи оквире бункерског и вентилаторског одељења као ослоњце за своју кровну конструкцију.

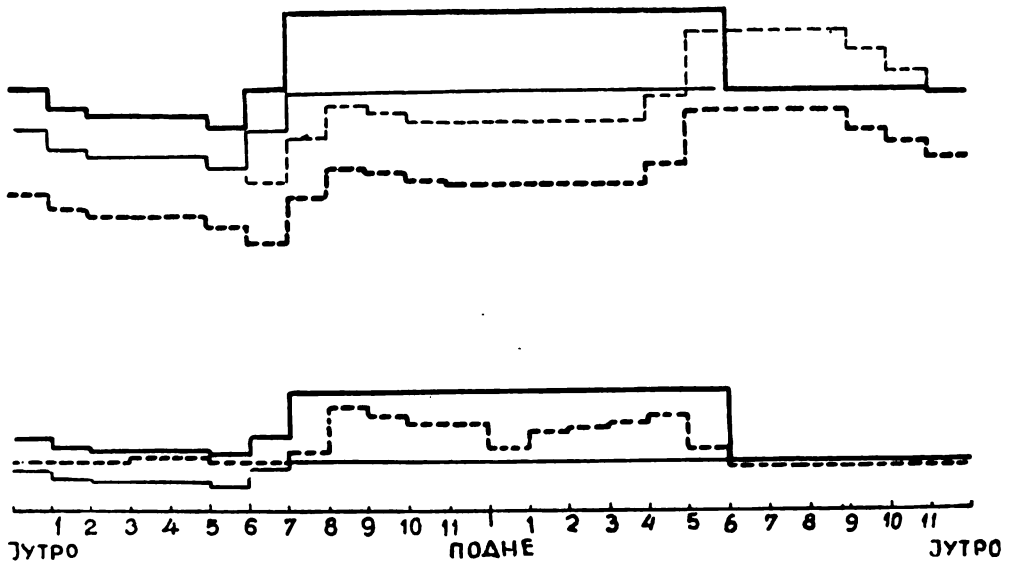
У погледу коришћења угљева са великим процентом влажности мишљења су подељена: да ли се исти може користити без претходног сушења или се мора прибећи овој врсти сушења. Примена претходног сушења не би претстављала технички прогрес, јер значи враћање елементима централизованог млевења.

(Технички подаци узети из „Електростанциј“ — 1947).

ПРИКАЗ 14

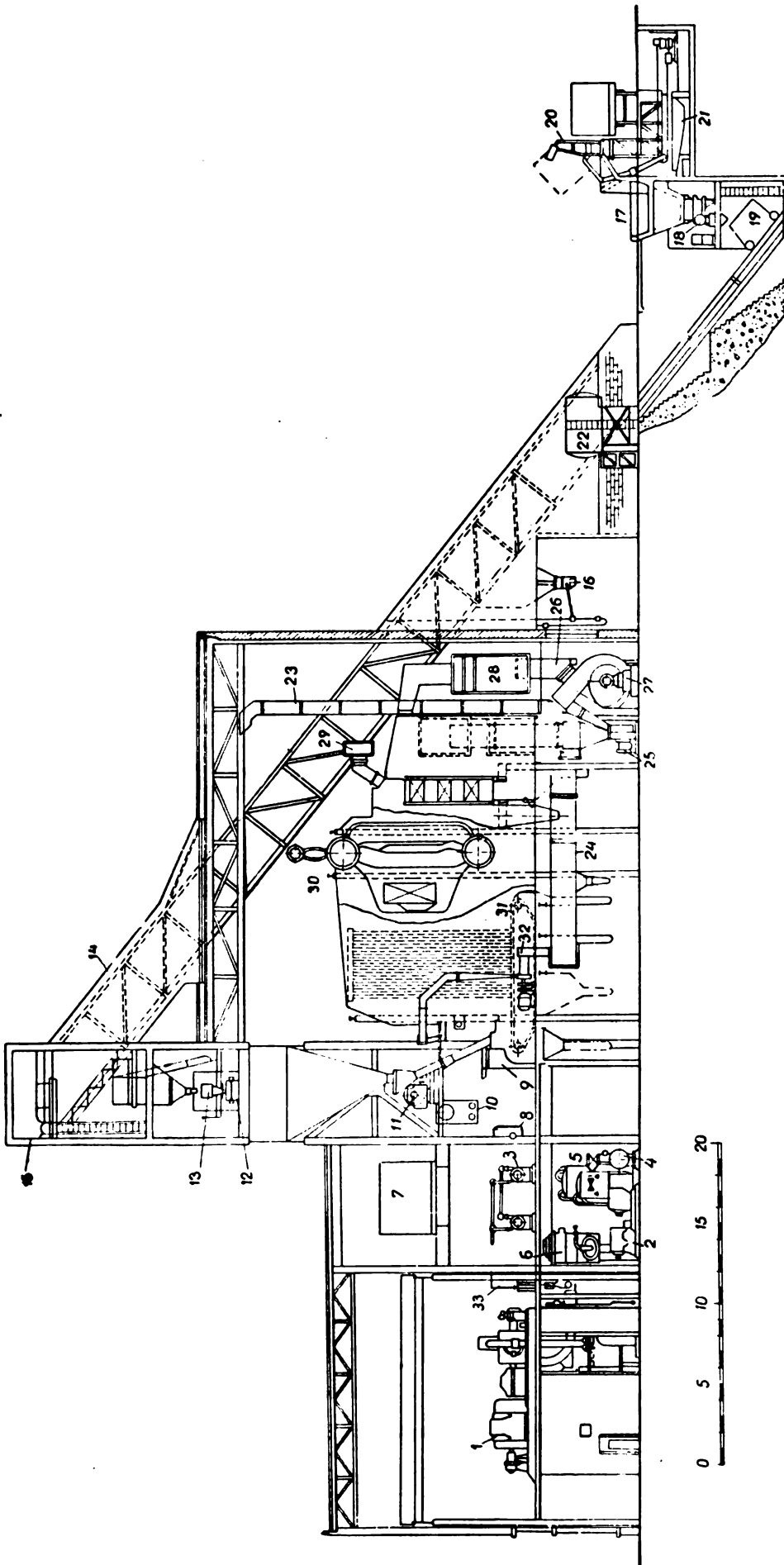
Ова индустријска термоелектрана снабдева једну енглеску фабрику линолеума топлотном и електричном енергијом. Делимич-

но се топлотни пад паре високог притиска прерађује у турбинама са противпритиском. Из њих се пара одводи у фабрикацију, то-



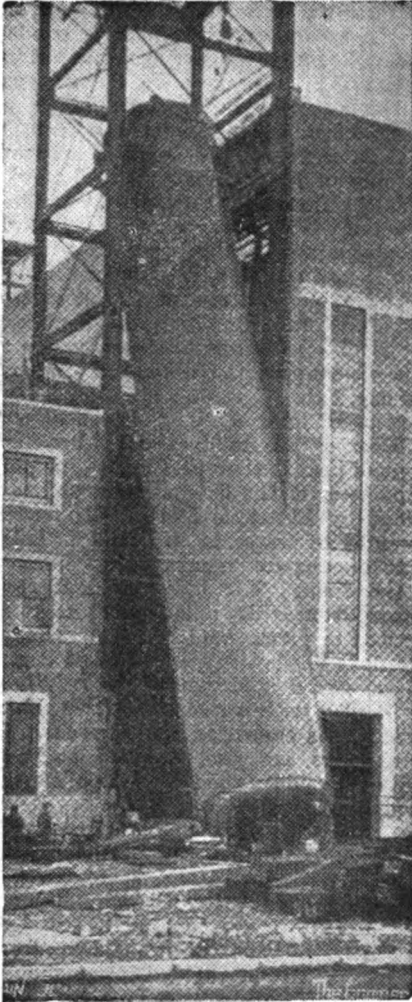
Сл. 270 — Крива зимског оптерећења топлане „Luna Mills“

- — — — Потребна пара за фабрикацију
- и загревање воде за напајање
- — — — Потребна пара за фабрикацију и загревање воде за напајање при притиску излаза из турбине са протупритиском од 8,4 atü
- Укупно парно оптерећење укључујући кондензационе јединице
- — — — Потребна електричне енергије за фабрикацију
- Електрична енергије произведена турбинама са противпритиском
- Укупна производња електричне енергије (произведена помоћу кондензационих турбина и турбина са против притиском)



Сл. 271 — Пресек термо-електране

1. турбогенератор, 2. електро пумпа за напајање котлова, 3. циркулациона пумпа за акумулаторе топлоте, 4. парни колектор, 5. уређај за припремање воде, 6. одгазивач, 7. резервоар за воду за напајање, 8. контролник за прегревање паре, 9. котловска контролна плоча, 10. сигнални манометар, 11. дизалица за шљаку, 12. резерзбилни транспортер, 13. дозер, 14. естакада, 15. надбункерска кула, 16. левак за транспорт на складиште, 17. истоварна јама, 18. осцилујући дозер, 19. дизалична корпа, 20. извртач, 21. мосна вага, 22. резервоар за киселине, 23. усјсна цев за Луво, 24. вод за доњу промају, 25. вентилатор за доњу промају, 26. одвод из експаустора, 27. експаустор, 28. димни канал, 29. помоћни димни канал, 30. котло са два добоша, 31. ланчана решетка, 32. вентилатор за секундарни ваздух, 33. контролна плоча за турбине



Сл. 272 — Топлотни акумулатор ТЕ „Luna Mills“ у монтажи

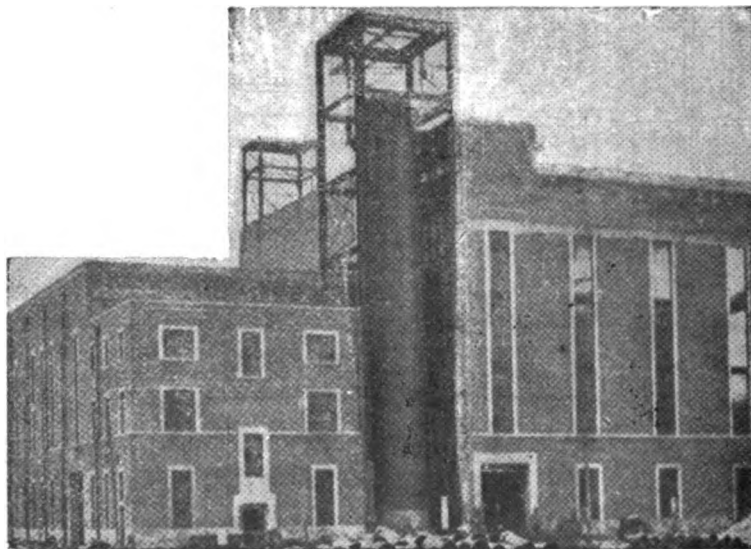
плотне акумулаторе и кондензационе турбине ниског притиска. Овим спрегом омогућено је покривање у широким границама колебаљиве потребе електричне и топлотне енергије, при променљивом односу потребе електричне према топлотној енергији.

Котларница је једноредна; осовине котлова су паралелне са осовинама турбина, а такође и осовине котларнице и турбинске сале. Технолошки процес је праволинијски. Ток производње паре и електричне енергије супротан су смера услед централног положаја бункера за угљ. У сваком случају пут горива и паре би био краћи да су котлови и viseћи бункери, значи цела котларница, окренути за 180° . У овом би случају била децентрализована команда, што би повећало трошкове особља за овако релативно малу термоелектрану.

Котларницу чине четири стрмоцевна котла са два добоша. Сви зидови ложишта су екранисани, сводови су viseћи, решетка је ланчана за ситно гориво са зонским доводом ваздуха, економајзери су ребрасти, а загрејачи ваздуха су ливени. Од контролних инструмената, смештених на плочи у котларници, најважнији су: алармни уређаји за минимално и максимално стање воде, даљинско водомерно стакло, манометар, пирометри и анализатор продуката сагоревања.

Главне карактеристике котлова:

P_k —44,7 атм
 D_1 —18.15 t/h
 t_s —400°C
 t_a —162,5°C
 η_k —85%
 H_1 —6.60 kcal/kg



Сл. 273 — Уграђени топлотни акумулатор ТЕ „Luna Mills“

A_r —11 m²
 A_k —280 m²
 A_e —296 m²
 A_l —354 m²
 A_s —220 m²

$A_n + A_s + A_e + A_l$ —1.150 m²

потребна снага за екстаустор 54 KS

потребна снага за доњу промају 19 KS

потребна снага за секундарни ваздух 12,5 KS

t_g —150°C

t_l —125°C

Q_1/V_r —283.000 kcal/m³h

У турбинској сали се налазе четири турбине, од којих су две са противпритиском а две кондензационе за рад са излазном паром из турбина са противпритиском. Притисак паре на излазу из турбина са противпритиском може се регулисати у границама од 4,2 до 8,35 атм.

Главне карактеристике турбина:

Турбине с противпритиском
 улазни притисак P_l —43,3 атм
 улазна температура t_l —388°C
 противпритисак —4,2 до 8,35 атм
 број обртаја n —3.000 о/min/турб. и генератора/
 N_l —3.000 Kw /за излаз 4,2 атм/
 N_l' —2.200 Kw /за излаз 8,35 атм/

напон

—6,6 KV

H_x —50

Кондензациона турбина

улазни притисак 4,2 до 8,35 атм

број окретаја турбине 6.500 о/min

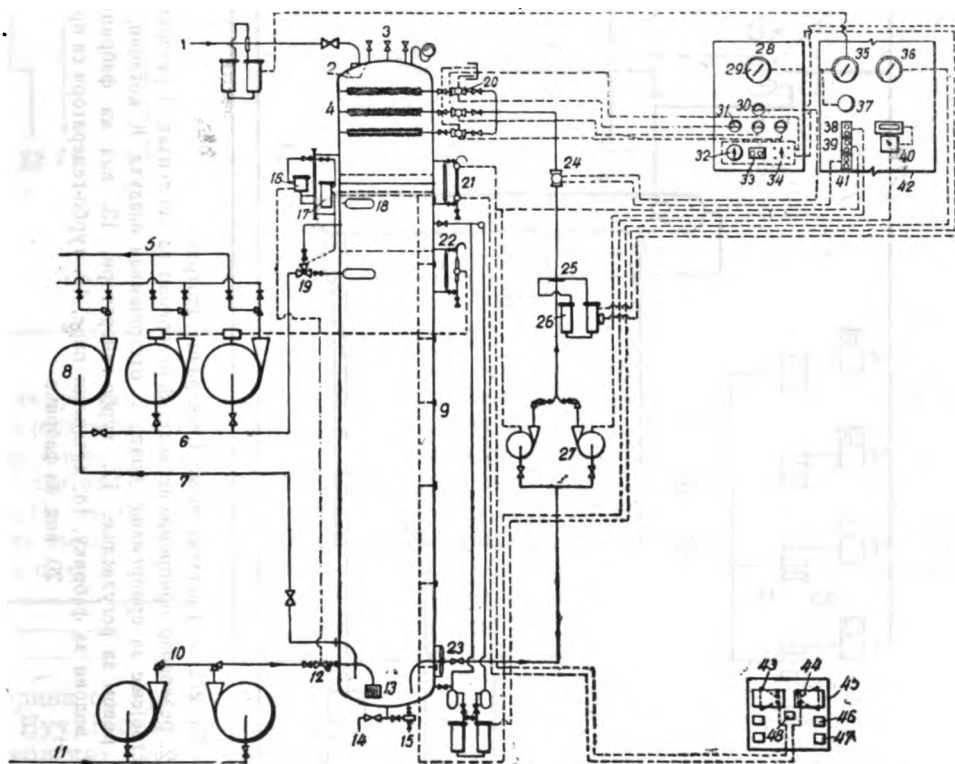
број окретаја генератора 1500 о/min

N_l —500 Kw /при улазном притиску

од 4,3 атм/

напон 6,6 KV

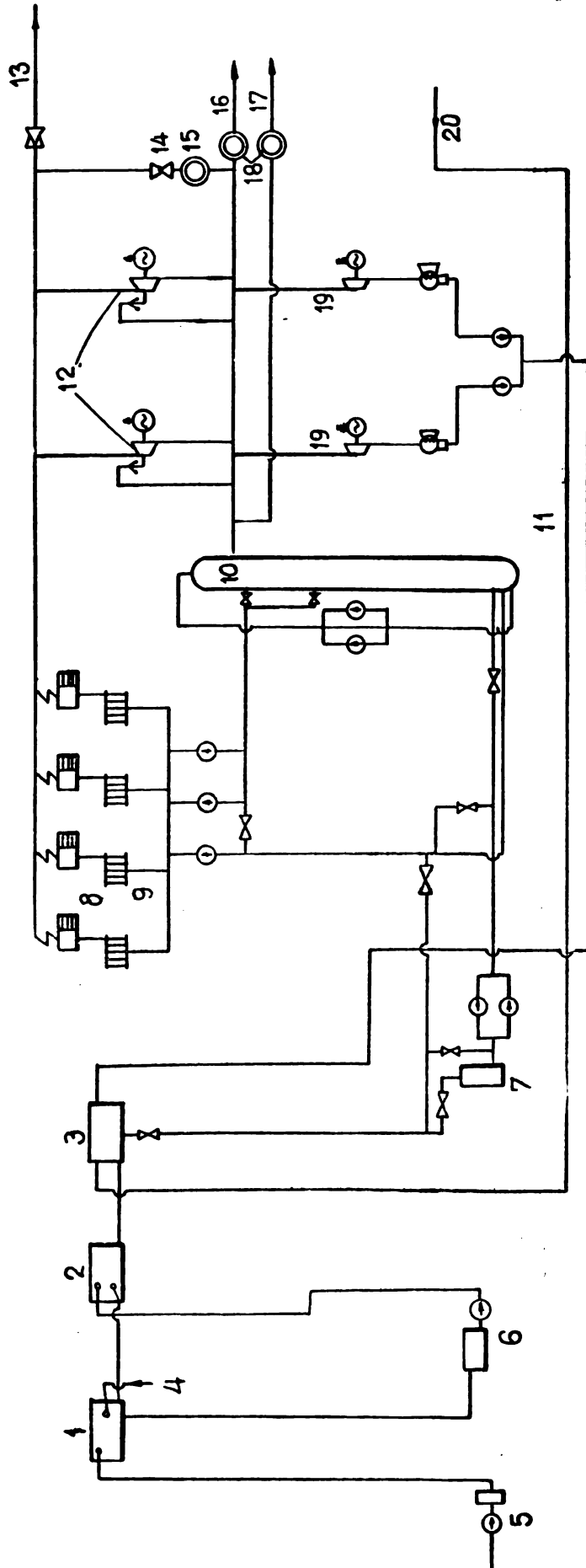
H_z —50



Сл. 274 — Шема топлотног акумулатора

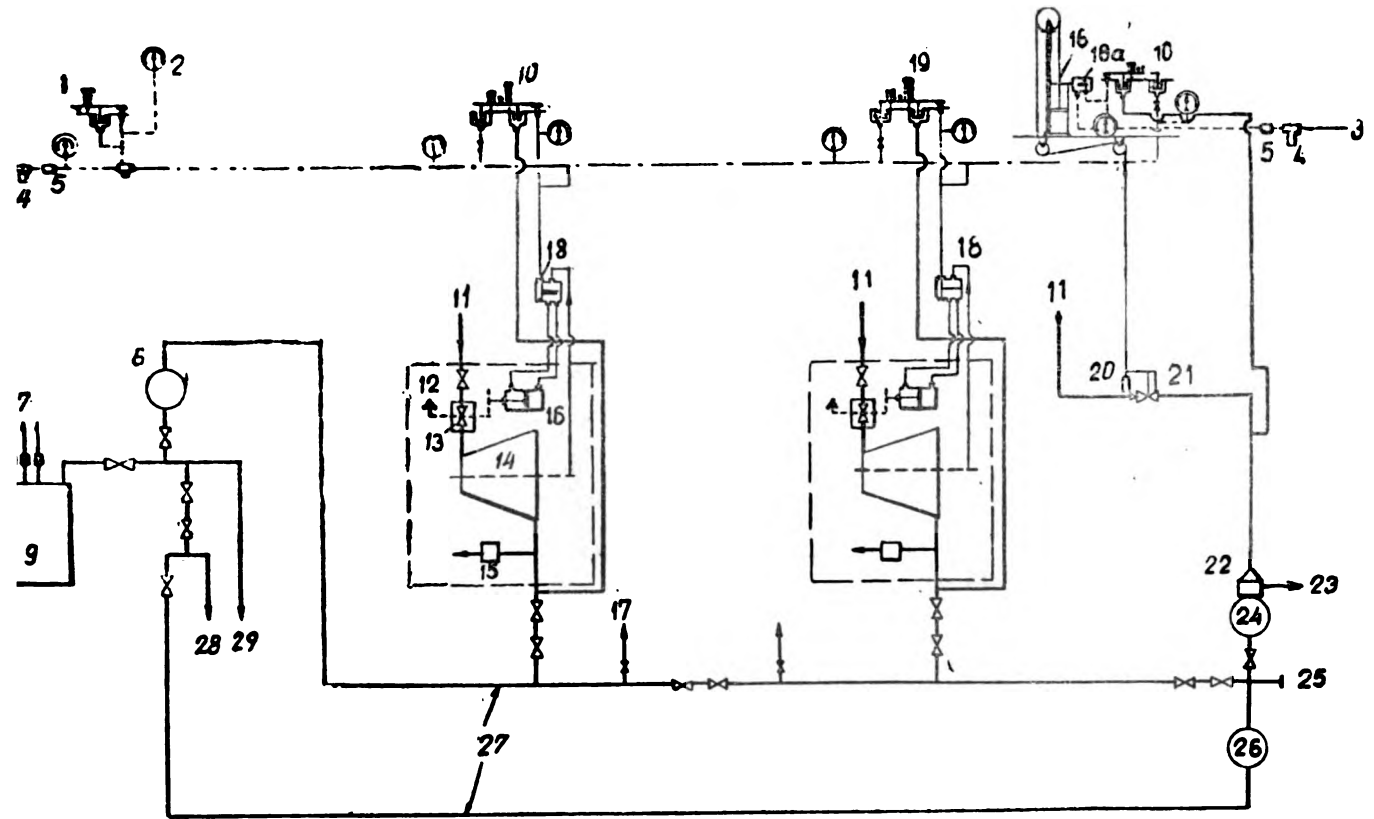
1. довод паре, 2. пригушена плоча, 3. вентили сигурности, 4. прстенасте прскалице, 5. вод топле воде ка котловима, 6. пумпе за напајање котлова, 7. брзо искључивање у случају опасности, 8. турбо пумпе за напајање, 10. пумпе за напајање акумулатора, 11. довод воде од отстрањивача ваздуха, 12. вентил за регулисање воде за напајање, 13. дифузиона корпа, 14. ка испусној славини, 15. пробна славина, 16. пловак који аутоматски регулише вентил за напајање (12), 17. пловак који регулише трокраки вентил за напајање (19), 19. трокраки аутоматски вентил, 20. регулациони вентил од четири инча за прскалице (моторни), 21. алармни регулатор нивоа воде, 22. регулатор напајања, 23. показивач нивоа воде, 24. моторни контролни вентил од шест инча, 26. манометар, 27. пумпе за циркулацију воде, 28. контролна плоча топлотног акумулатора, 29. показивач циркулације воде, 30. показивач положаја моторног вентила (24) моторни контролни вентил од 6 инча, 31. показивач положаја за моторне вентиле (20) за прскалице, 32. прекидач за аутоматско руковање жељеним вентилом помоћу контакта у облику дугмета (33), 33. контакт у облику дугмета за контролисање отварања жељеног вентила, 34. прекидач за пребацивање вентила на неаутоматски рад, 35. показивач тока паре (паромер), 36. мерач акумулисане топлоте који показује, 38. дугме за пуштање и заустављање бр. 1 за пумпу за циркулацију воде, 39. дугме за пуштање и заустављање бр. 2 за пумпу за циркулацију воде, 40. пирометар са више места за мерење који показује температуру воде на разним нивоима, 41. дугме за отварање и затварање којим се контролише контролни вентил (24) од 6 инча, 42. контролни пулт топлотног акумулатора, 43. Клаксонов аларм за високи ниво, 44. Клаксонов аларм за ниски ниво, 45. плоча за алармне уређаје за високи и ниски, 46. сигналне лампе за високи и ниски водостај, 47. прекидачи за искључивање Клаксонових аларма (43) и (44), 48. сигнална лампа за струју

— пара
 струја



Сл. 275 — Топлотна шема Електричне централе

1. резервоар неприпремљене воде, 2. резервоар за кондензат, 3. резервна веза са град-ским водоводом, 5. филтар, 6. постројење за припремање воде, 7. отстрањивач ваздуха, 8. котлови, 9. економизери, 10. и 11. топлотни акумулатор са нивоом за регулисање, 12. турбо-генератори, 13. вод ка фабрици, 14. пригушни вентил, 15. хладњак паре, 16. и 17. водови за фабрику, 18. хладњаци паре, 19. турбо-генератори са против притиском, 20. вод из фабрике



Сл. 276 — Шема контроле паре ниског притиска

1. главни реле за притисак, 2. регистратор датума, 3. радни ваздух притиска 0,35 atü, 4. филтар и прекидач, 5. редуциони вентил, 6. расхлађивач, 7. ка атмосфери, 8. вентили за растерећење, 9. топлотни акумулатор, 10. Диференцијални реле турбине бр. 1 и регулатор притиска, 11. од ресивера, 12. центрифугални регулатор, 13. вентили са млазницама, 14. турбина бр. 1, 15. вентили за растерећење, 16. серао мотор, 17. ка кондензационој турбини бр. 2, 18. вентил за испуштање уља из турбине, 18а. вентил за растерећење, 19. диференцијални реле за турбину бр. 4 и регулатор притиска, 20. проту тег, 21. редуциони вентил, 22. вентил за прекомерни притисак, 23. редуцир 300 x 100 шт, 24. споредна веза са хладњаком паре, 25. веза за будућа проширења, 26. хладњак паре, 27. главни прстенасти парни вод

———— пароводи — . — . — Радни ваздух за главни реле
 ————— уље за регулатор турбина
 - - - - - радни ваздух за редуциони вентил на според. воду

Довоз горива се врши железницом или камионима. Пут горива је следећи: вагони се мере на колској ваги носивости 80 t (21), вагон се истоварује подужим превртачем (за вагоне до 20 t) (20) капацитета 240 t/h; даље гориво иде кроз левак (17) са осцилирајућим дозером (18), потом преко дизаличне корпе (19) и помоћу косе равни (14) долази изнад бункера где се излучује у левак. Помоћу реверзибилног транспортера (12) одводи се угаљ у бункере. У случају да гориво одлази на складиште, садржај корпе се излучује у левак (16), а из њега вагонетом на отворено складиште. Одношење пепела и шљаке врши се помоћу вагонета носивости 500 kg до дренажног резервоара у који се материјал издиже помоћу дизалице.

Карактеристике уређаја за допрему угља и одвоз пепела и шљаке:

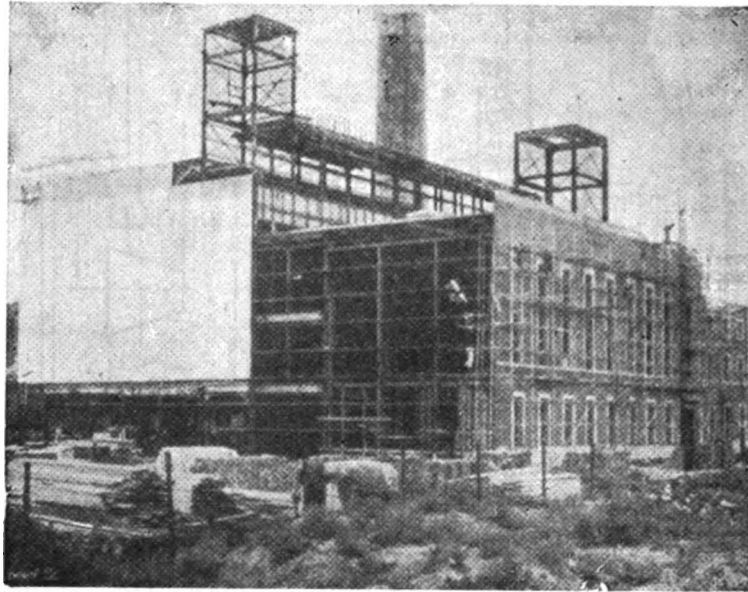
| | |
|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| капацитет уређаја | 40 t/h |
| распон шина дизаличне корпе | 457 mm |
| носивост дизаличне корпе | 1.170 kg |
| брзина дизаличне корпе | 62 m/min |
| капацитет извртача | 12 превртања за сат двадесет- тонских вагона |
| носивост ваге | 80 t |
| јачина мотора за извртач | 20 KS |
| јачина мотора за дизаличну корпу | 40 KS |
| пепео и шљака | |
| носивост вагонета | 508 kg |
| распон шина | 600 mm |
| брзина дизања вагонета | 22,8 m/min |
| јачина мотора за дизалицу | 15 KS |

Услед слабе носивости терена зграда је морала бити фундирана на армирано-бетонској плочи ношеној помоћу 451 комада шипова. Овако су фундирани сви тешки делови термоелектране (турбине и котлови), као и челична конструкција зграде. Испуна че-

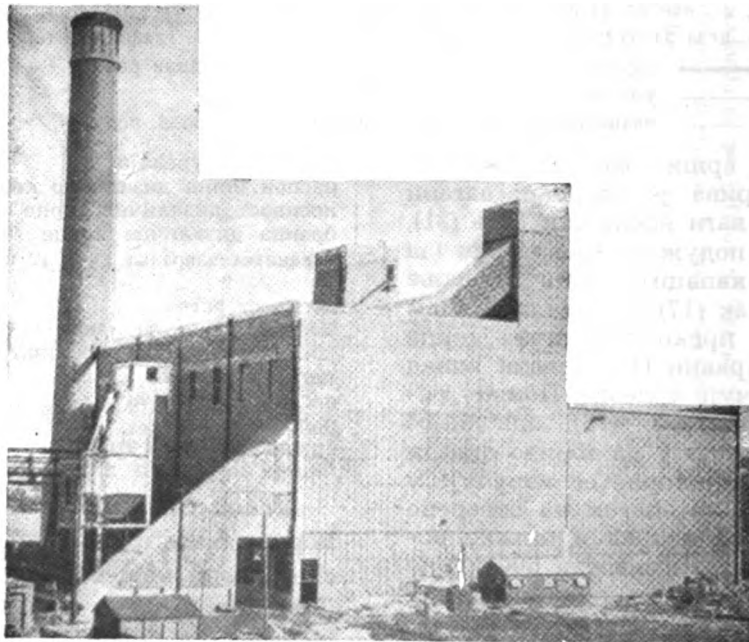
личне конструкције изведена је опеком а фасаде су обложене вештачким каменом. Објекат је доста безначајне архитектуре и не би

могао бити са те стране ни у ком случају неки узор.

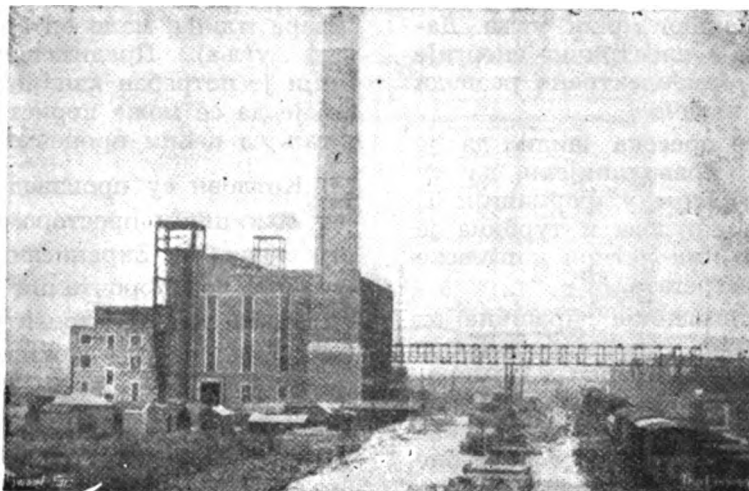
(Подаци узети из „The Engineer“ бр. 4885/1949.)



Сл. 277 — Топлана „Luna Mills“ у току градње



Сл. 278 — Изглед топлане „Luna Mills“

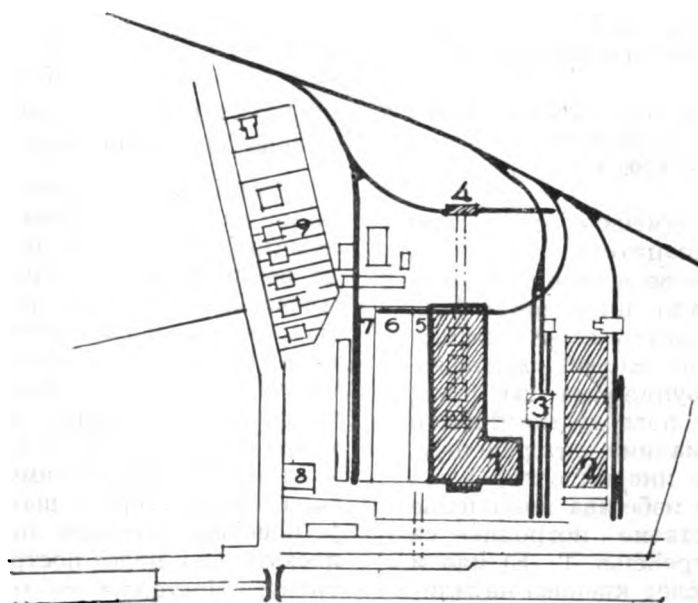


Сл. 279 — Изглед топлане „Luna Mills“

ПРИКАЗ 15

Термоцентрала се налази на обали реке Еско, у близини рудничког базена области Норд (Француска). Првобитна централа је служила за покривање локалних потреба

непосредне околине. На доношење одлуке о проширивању ове централе утицали су следећи моменти: довољна количина чисте и хладне воде реке Еско на томе месту као



Сл. 280 — Термоелектрана Лурш

1. котларница, 2. силос за угаљ, 3. истовар, 5. пумпе, 6. турбо сала, 7. развод, 9. станови

и близина рудника који даје велику количину отпадака сиромашног мрког угља. Данас се главна количина електричне енергије произведене у овој термоелектрани разводи далеководима до потрошача.

Из вертикалног се пресека види да је технолошки процес праволинијски, да су осовине котлова и турбина у формацији Т, координациони број котлова и турбина је два. Новограђени део има четири котловске јединице и два турбоагрегата.

Као гориво се примењује прашина од угља и муљ из влажне сепарације. Довоз угља је железницом, лагеровање у армирано-бетонским силосима. На овај скуп тип складишта пао је избор услед наклоности овог угља ка распадању, као и због потребне заштите од атмосферских талога. Истовар вагона се врши путем прихватне јаме из које се преноси подземним редлерима до котларнице. Подизање угља у силосе изводи се елеваторима а одвођење из силоса испуштањем у поменуте прихватне јаме. Као и из вагона, истим редлерима гориво се даље отпрема у котларницу. Постоје две независне линије допреме угља, те се по жељи може истовремено вршити манипулација са две врсте горива. Развод угља изнад бункера врши се помоћу херметички затворених уређаја, чиме је отклоњено подизање прашине у постројењу. Мешање угља се врши тек испред млинова, пошто сваки катао има два бункера за сирови угаљ.

Дајемо карактеристике складишта угља и транспортних уређаја:

силос за угаљ са више хелија 5.000 t
две линије за транспорт силос-котларница по 100 t=200 t
8 висећих бункера за сирови угаљ по 250 t=2.000 t
4 бункера за млевени угаљ по 150 t=600 t
капацитет старог складишта 8.000 t.

За млевање угља примењена су четири млина са куглама капацитета по 18 t/h. Услед тврдоће угља и потребе за финим млевењем (сиромашни угаљ) није могао бити примењен Кремеров систем са млиновима чекићарима. Код оваквог система млевења, полуиндивидуалног са бункерима за прах, постижу се предности у погледу могућности рада млинова под оптималним оптерећењем, рада млинова у периоду ниских оптерећења термоелектране (тако се избегава поклапање врхова оптерећења сопствене потрошње са врховима спољњег оптерећења Т—Е) као и већа сигурност у раду услед кварова на млиновима. Постоји могућност међусобног везивања свих бункера за сирови угаљ са појединим млиновима, тако да сви млинови не

морају радити ако раде сви котлови (случај квара млина, мало оптерећење, бољи квалитет угља). Предимензионисањем млинова чији је потребан капацитет 10 t/h, постигнуто је да се може користити и много лошији угаљ са већим процентом пепела.

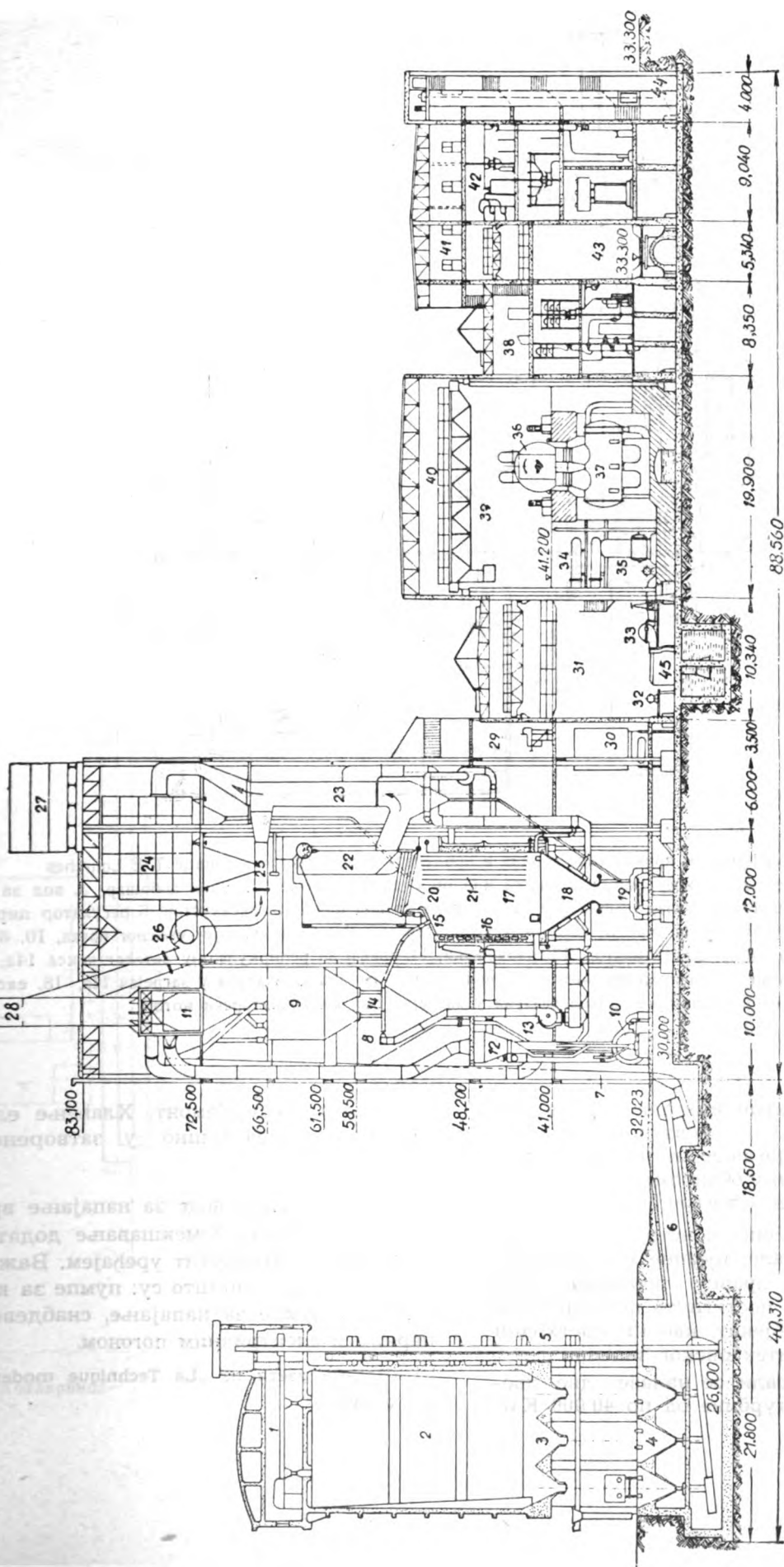
Котлови су производ Бапкок и Вилкокс, са ложишним простором за пламен у облику слова U. Екранисани су бочни и задњи зидови, док фронтални служе за паљење угља са малим процентом испарљивих делова. Запремина ложишног простора је велика како би се добило потребно време за сагоревање поменутог угља. Левак за шљак је екранисан и обложен Бајлеовим плочама. Регулација је аутоматска; напајање се врши аутоматиком Бајлеј, прегрејаност Аркаовом, контрола сагоревања (регулисање количине угља, ваздуха и притиска у ложишном простору) Бајлеовом.

Карактеристике котлова.

D_1 —45/92 t/h
 P_k —79 atm
 t_s —510°C
 t_a —190°C
 t_l —400°C
 Q_1/V_r —115.000 kcal/m³h
 η_k —85%

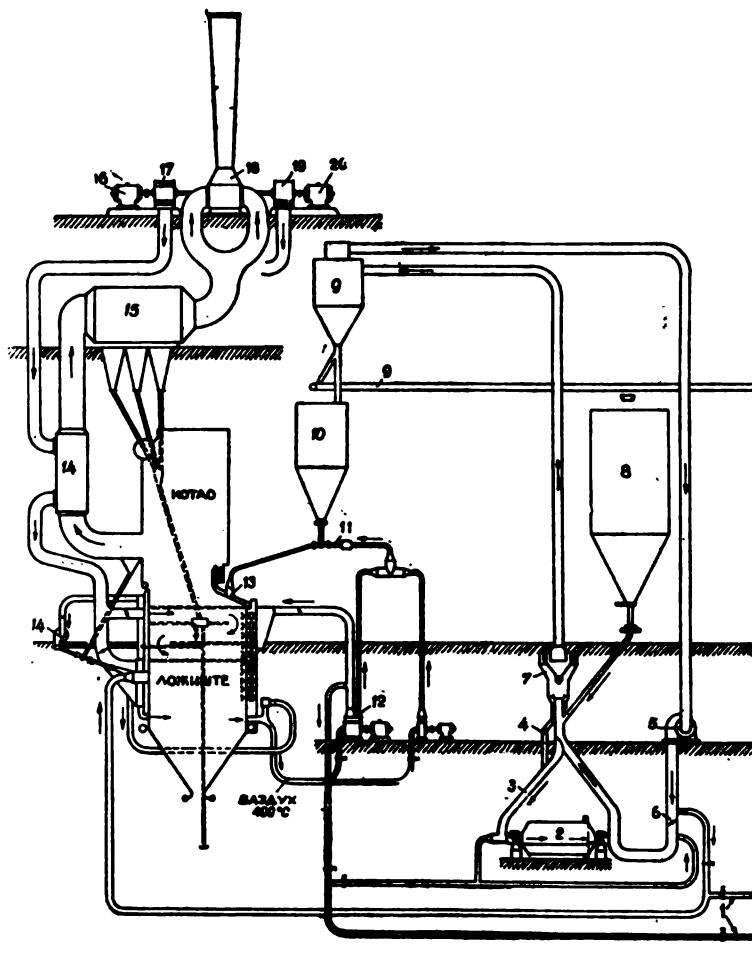
Издавање летећих делова врши се помоћу електрофилтра из кога се летећи кокс и пепео рециркулише кроз ложиште. Ово се може само у том случају чинити где не постоји велика опасност од абања грејних површина, пошто су брзине у ложишном простору због његове запремине мале.

Посматрајући пресек котларнице запажамо да је постројење у приличној мери компликовано, што је произашло из жеље да се применом полуиндивидуалног система млевења добије потребна финоћа праха, максимално искоришћење капацитета млинова, безбедност погона и уопште постизање високог степена термичког искоришћења постројења. Повећање основе и кубатуре котларнице резултат је удвојених бункера за угаљ и смештања у саму зграду електрофилтара, ексхаустора и вентилатора. Свакако да је повећање степена искоришћења изазвало поскупљење целог постројења ове термоелектране. Поставља се питање да ли је ово оправдано и економским степеном експлоатације. С друге стране видимо тенденцију у америчким пројектима ка што већем упро-



Сл. 281 — Пресек Т Е Лурш

1. редлер изнад силоса, 2. хелије силоса за угаљ, 3. отвор за испуштање угаља, 4. прихватна јама, 5. елеватор, 6. коса трака, 7. елеватор за угаљ у котларници, 8. бункер сировог угаља, 9. бункер угљеног праха, 10. млин са куглама, 11. ци-клон за издвајање крупног праха, 12. сеператор за издвајање крупног праха, 13. вентилатор за носећи ваздух, 14. до-зер за прах, 15. плавњак, 16. други степен загревања ваздуха, 17. ложични простор, 18. хладни левак за шљаку, 19. урађај за одвођење шљаке и пепела, 20. додирна грејна површина, 21. бочни екрани, 22. економизер, 23. загрејач ваздуха, 24. електрофилтар, 25. довод ваздуха у Луво, 26. ексхаустор и вентилатор за Луво, 27. резервоар за воду, 28. лимени димњак, 29. команда котларнице, 30. резервоар за кондензат, 31. пумпа сала 32. пумпа за напајање котлова, 33. циркулациона пумпа за кондензата, 34. предгрејачи, 35. испаривач, 36. парна турбина, 37. кондензатор, 38. електрична команда, 39. турбинска сала, 40. носни кран, 41. канцеларије, 42. развод 45 KV, 43. ходник, 44. дизалица, 45. усисна корпа



Сл. 282. — Шематски приказ тока горива и продуката сагоревања котларнице T E Lourches

1. Цевоводи за везивање пламењака једнога котла са млином суседног котла, 2. млин добшар, 3. вод за враћање крупног млива из млинског старатора, 4. прикључак сепаратора на вод под 3, 5. ексахустор, 6. регулатор циркулације у млину, 7. сепаратор, 8. бункер за сирови угља, 9. транспортер за међу-комуникацију угљеног праха, 10. бункер за угљени прах, 11. дистрибутор, 12. вентилатор, 13. пламењаци, 14. уређај за рецикулацију летећег кокса 14а, загрејач ваздуха, 15. електро-филтар, 16. асинхронни мотор, 17. вентилатор за довод ваздуха у загрејач 14а, 18. ексахустор, 19. вентилатор за довод ваздуха у загрејач 14а, 20. колекторски мотор

шћавању термоелектричних постројења, често чак и на штету μ . Вероватно да овај пут у Америци доводи до повољнијег економског степена искоришћења обзиром на привредну структуру и ступањ електрификације САД.

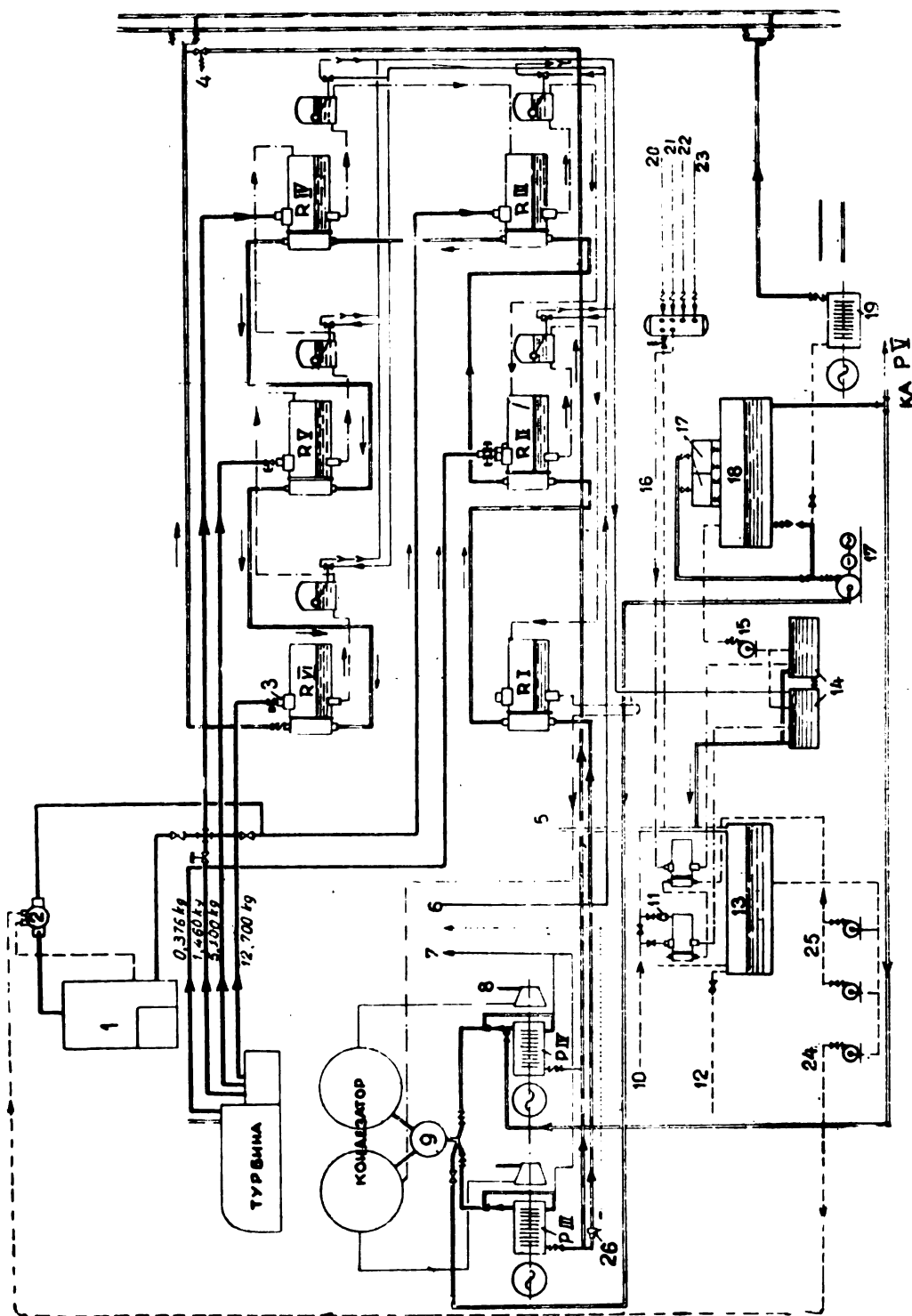
Зграда је у челичној конструкцији. Трактови котловске сале, пумпне и турбинске, приљубљени су по правцу пружања један уз други и тиме је постигнуто потпуно блок решење. Ни овај објекат, као ни претходни нису од неког архитектонског значаја.

У турбинској сали се налазе две дво-оклопне акциалне турбине од по 40.000 KW,

фабриката Рато-Жемент. Хлађење електрогенератора је ваздушно у затвореном циклусу.

Предгревање воде за напајање врши се у шест ступњева. Омекшавање додатне воде обавља се Пермутит уређајем. Важни помоћни уређаји, као што су: пумпе за кондензаторе и пумпе за напајање, снабдевене су парним и електричним погоном.

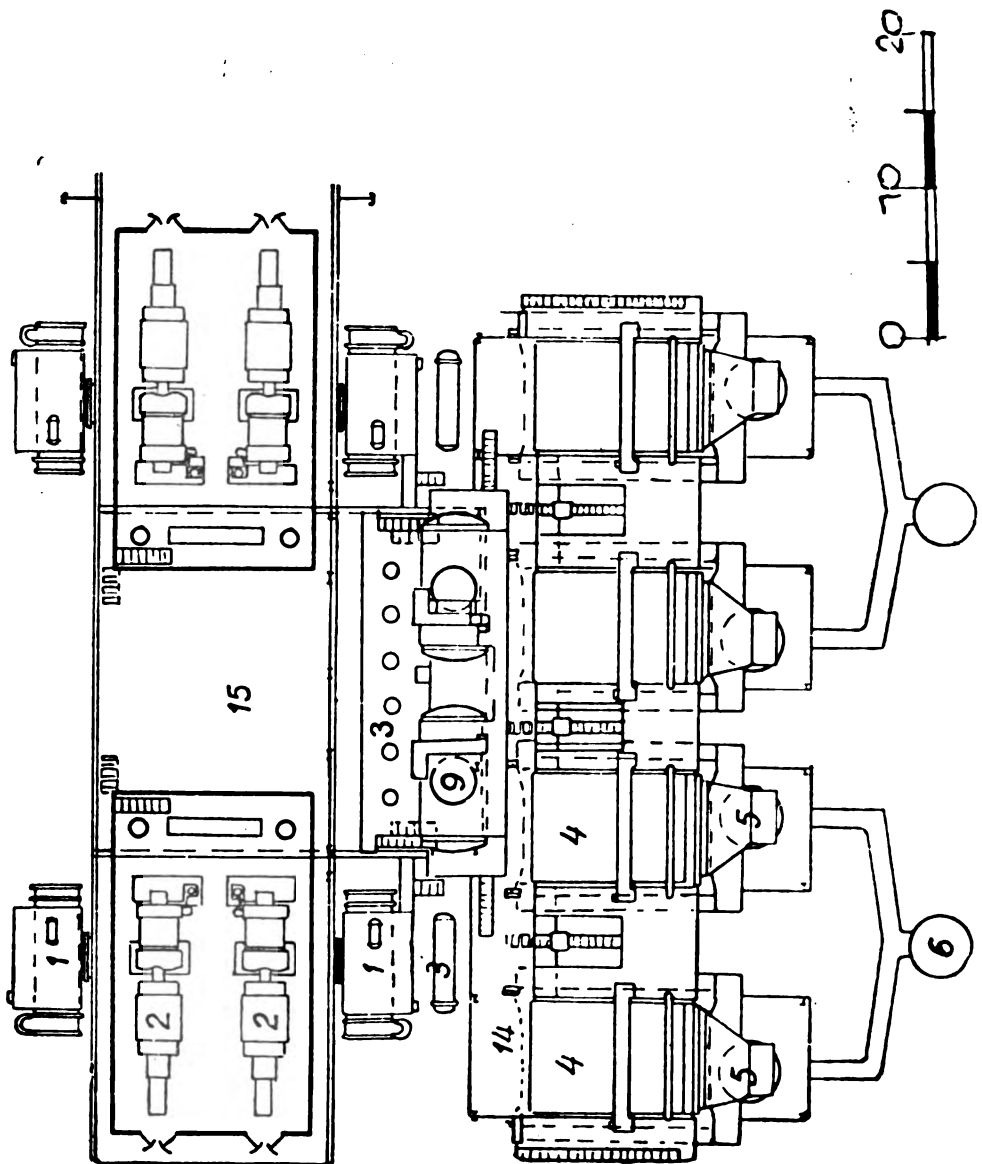
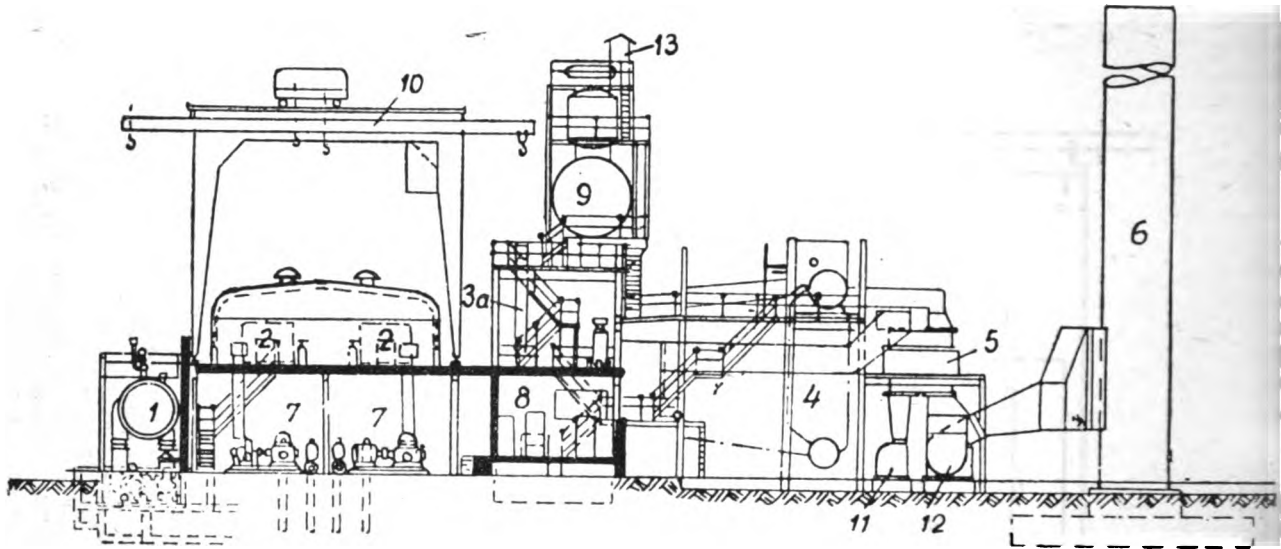
(Подаци узети из „La Technique moderne“ бр. 5 и 6/1949).



Сл. 283 — Топлотна шема предгревање воде

1. Кључајући испаривач, 2. загрејач пречишћене воде, 3. уљани вентил, 4. вентил за допуњавање, 5. одвод ваздуха, 6. повратни вод од разводника за пратисак, 7. вод ка разводнику за пратисак, 8. улаз паре у турбину за погон пумпе за допуњавање, 9. резервоар, 10. заустављајач, 11. вентилатор, 12. довод из пречистача, 13. резервоар за пречишћену воду, 14. резервоар за дестиловану воду, 15. пумпа за пражњење резервоара, 16. пара за продубавање, 17. градисани судови, 17а. помоћна пумпа, 18. резервоар за допуску воду, 19. допунска пумпа, 20. продубавање котла бр. IV, 21. продубавање турбине, 22. продубавање паре RII, 23. продубавање сабирника, 24. пумпа F 10 за напајање испаривача, 25. пумпе за расхлађивање паре, 26. изолациони вентил RI — расхлађивач паре RII — други ступањ предгревања воде RIII — трети ступањ предгревања воде RIV — четврти ступањ предгревања воде RV — пети ступањ предгревања воде RVI — шести ступањ предгревања воде RVII — пумпа за напајање бр. III RIV — пумпа за напајање бр. IV KAPY — вод ка пумпи за напајање бр. V — пуном линијом означена је одводна пара из турбине — испрекиданом линијом означена је вода за напајање

ПРИКАЗ 16



Слика 284

Сл. 284 — Полуотворена електрана

кондензатори
турбине
предгрејачи
котлови
Љунгстромови загрејачи ваздуха
димњак
просторија за помоћне уређаје
електро и топлотна команда
одгазивач
мосни кран
вентилатори за доњу промају
ексхаустори
стражарска кућа
место за ложача
непокривена платформа

Термоелектрана спада у групу отворених електричних централа, код којих су ађевински трошкови сведени на минимум. Итим начином изграђене термоелектране американци називају „Kilowatt hour factory“.

Постројење је подигнуто у безводној области западног Тексаса, на тексаској и тикокеанској железници. Услед недостатка воде примењен је циркулациони систем расхлађивања кондензатора са кулама. Отворени начин изградње могао је бити усвојен услед повољних атмосферских прилика јер је просечан годишњи водени талог 38 см.

Термоелектрана служи за снабдевање електроенергијом оближњих извора нафте и природних гаса. Као гориво служи нафта и земљан гас. Уље се лагерије у два резервоара запремине 1,112.849 литара. Постројење је редвиђено за четири котла и четири турбине, постављене у облику слова Т. За сваки котла постоји лимени димњак обложено изнутра опеком.

Турбине су ограђене бетонским зидовима а покривене челичном плочом која се може отварати. Кондензатори су постављени са стране поред турбина тако да је смањена висина турбинског подеста (јефттиније постоље турбина). Изнад турбина је постављен мосни кран којим се користе турбине, пошто се изнад њих отвори челични покривач.

Из основе видимо један нов распоред турбина; оне су у односу према котловима, као што је речено, у Т, а међусобно су паралелне, што нема неких предности по технолошки процес. Вероватно да је ово учињено због лакшег покривања турбина.

Као што је већ раније напоменуто, котларница је потпуно отворена а предузета је заштита котлова против корозије. У зграду су једино затворена одељења контроле, пумпе и турбогенератора. Котловска облога је лим.

Карактеристике котлова:

D_1 —67 t/h
 P_k —45 atü
 t_g —441°C
 A_k —1.006 m²
 A_{ekr} —107 m²
 A_s —296 m²
 A_l —1.875 m²
 V_R —171 m³
 Q_1/V_R —294.590 kcal/m³h

топлотно опт. пројекције екрана — 359.076 kcal/m³h
котлови су фабриације — Combustion Engineering Co
Карактеристике турбина:

| турбина | генератор |
|-------------------------|------------|
| N_e —11.500/12.650 KW | 15.625 KVA |
| P_i —42 atü | cos φ—0,8 |
| t_t —440°C | 13.200 V |
| n —3.000 o/min | H_z —60 |

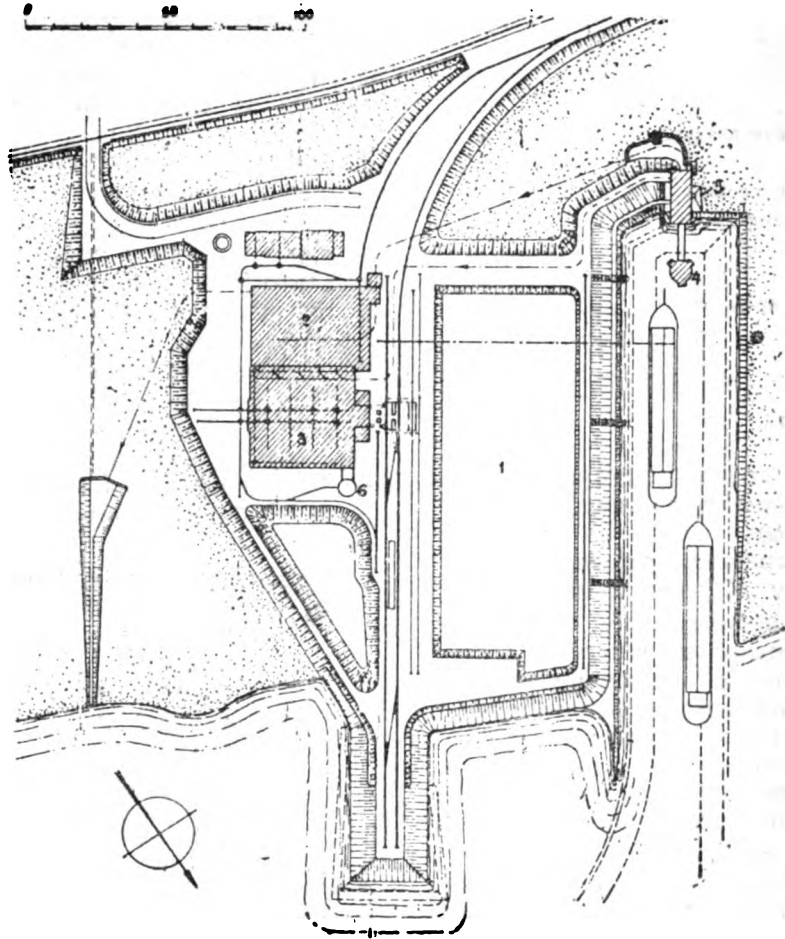
(Подаци узети из „Power“ октобар 1948).

ПРИКАЗ 17

Приказом дајемо кратак преглед Београдске термоелектране пројектоване и изграђене од стране швајцарског електричног и зобраћајног друштва „Снага и светлост“ у азелу. Градња је трајала од јула 1930 до септембра 1931.

Објекат је подигнут на обали Дунава због превоза горива воденим путем и велике потребне количине расхладне воде. Напомиње-

мо да има доста нелогичности у подизању ове термоелектране обзиром да је косточачки лигнит на отстојању од преко 50 километара. Свакако да је исправније касније решење постављањем нове термоелектране у непосредној близини рудника. Правац и смер тока сировина је у овом случају паралелан са током Дунава, док је ток производње енергије управан на исти.



Сл. 285 — Ситуација Т Е Београа

1. Складиште угља, 2. турбо сала, 3. котларница, 4. пумпна станица, 5. филтри за воду, 6. димњак

Истоварни канал је постављен попречно на Дунав. Истовар угља из шлепова врши се помоћу мосног крана, распона 60 метара, а укупне дужине са препустима 108 m. Носивост моста је 6,8 t, располаже једним захва-тачем, који служи за истовар из шлепа и вагона. Гориво се при истовару из шлепа убацује у покретна колица запремине 15 m³, или директно на отворено складиште капа-цитета 38.000 t. Задатак покретних коли-ца је отклањање покретања моста ради уба-цивања горива у прихватни шахт дробили-це. Из колица се над дробилицом испушта угља кроз њихово покретно дно. Две тесте-расте дробилице капацитета по 40 t/h раде са једним ступњем дробљења уситњавајући равни лигнит на величину коцке. Дробили-це су спојене попречном траком да би свака од њих могла да напаја прву или другу ли-нију допремања у висеће бункере.

Линије допремања угља састоје се ризонталних трака, аутоматске вап елеватора и две надбункерске траке цивање у бункере врши се помоћу п покретним колицима. Из четири висе-мирано-бетонска бункера укупне зап-2.600 m³ угља одлази преко аутоматски га у левак котла. Два резервна бунк-600 m³, празне се у прихватно окно тора, помоћу којих се гориво доводи ј не бункере. Резерва угља на отвореном дишту довољна је за шест недеља ра нормалним оптерећењем, а резерва у б рима довољна је за 36 сати рада под и оптерећењем (29 сати резерве радни-кера, 7 сати резерве помоћних бункера).

Котларница је дворедна са осам кот од којих су шест од Ак=350 m², два А Ак=440 m². Осовине турбина и котлова и котларнице и турбинске сале парал



11

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

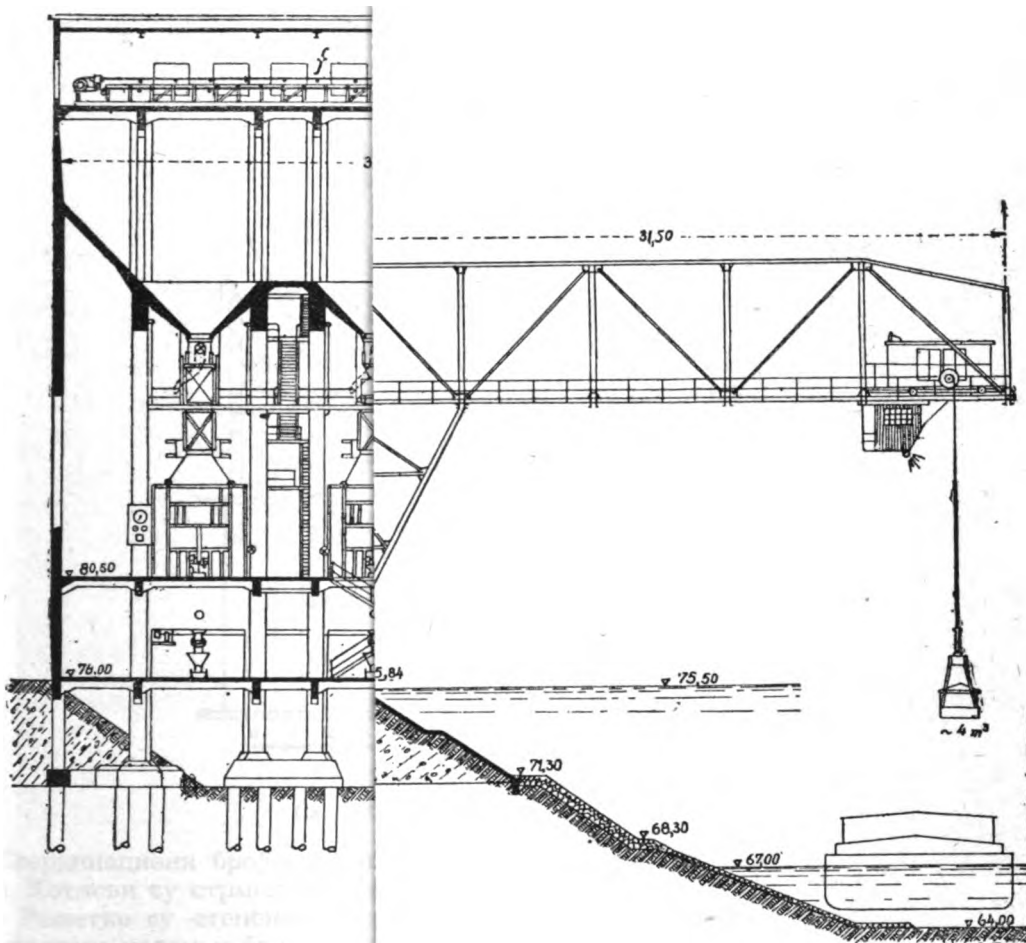
1

1

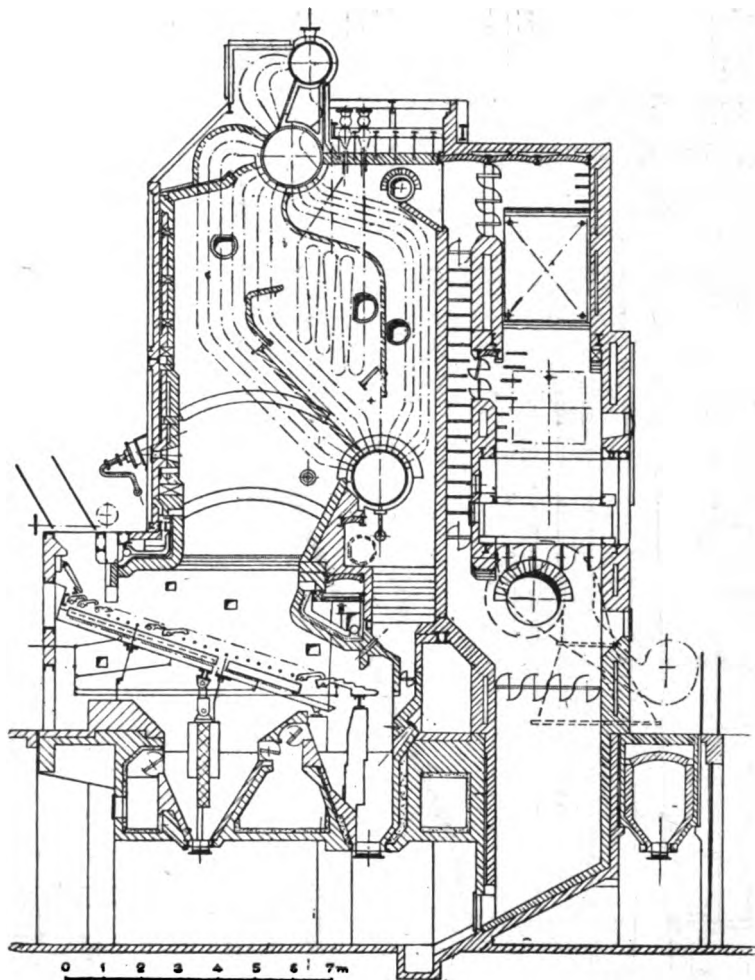
1

1

1



мље-
водо-
акло,
и пи-
те је-



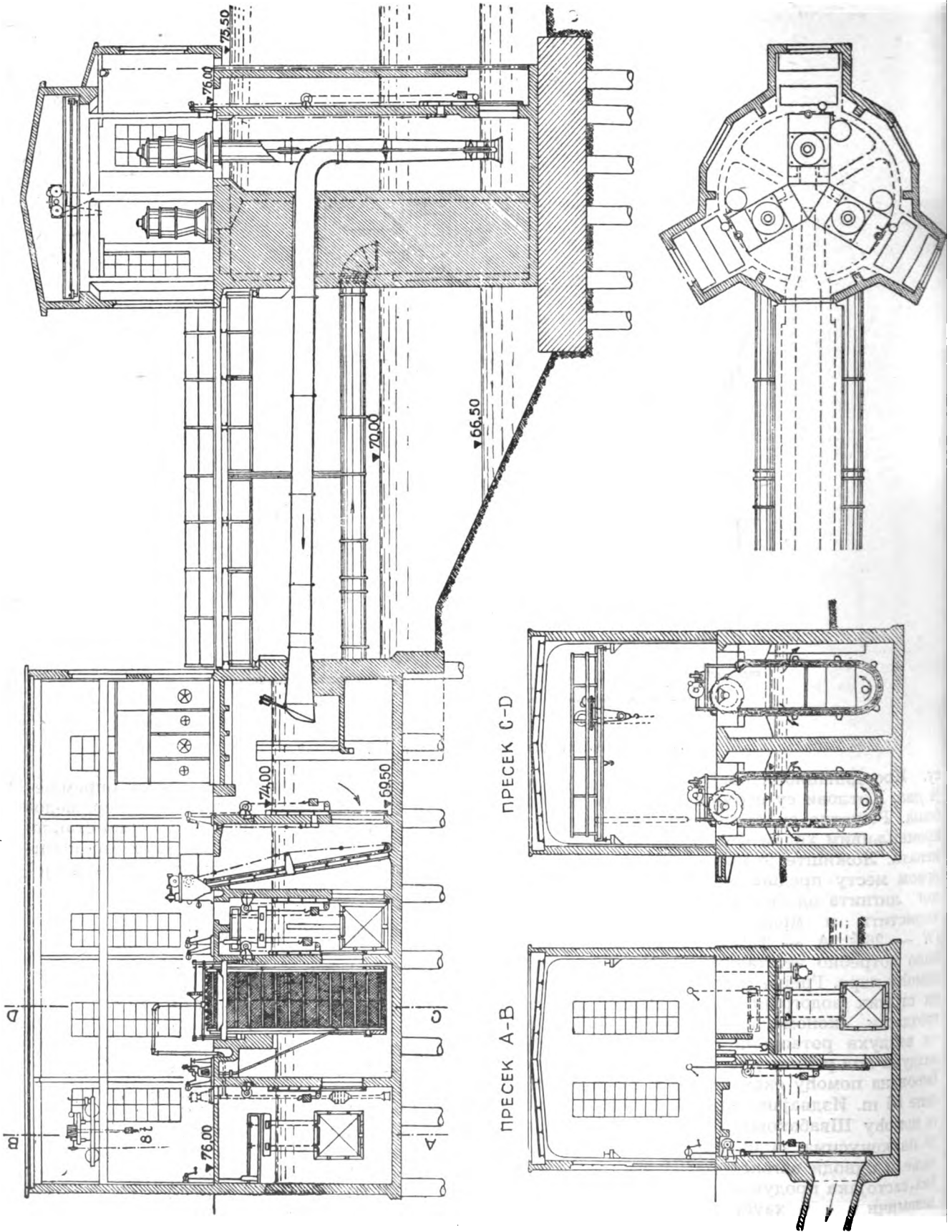
Сл. 288 — Стрмоцевни котло Sulzer T E Београд

у. Координациони број котлова и турбина је два. Котлови су стрмоцевни са по два добоша. Решетке су степенасте механичке са променљивим ходом и брзином кретања елемената. Ложиште је неекранисано, јер је на првом месту предвиђена примена костолачког лигнита од око 2.000 kcal/kg. Може се користити и мрки угаљ од 3.500 kcal/kg. (W — 26%, А — 12%), у коме би случају било потребно вештачко хлађење решетке помоћу паре. Грејне површине чине два снопа стрмих водогрејних цеви. Прегрејачи су гроздасти, економајзери ребрасти а загрејачи ваздуха ротациони (Јбунгстром). Довод ваздуха под решетку је зонски. Вуча је комбинована помоћу ексаустора и димњака висине 85 m. Издвајање шљаке и пепела врши се помоћу Швабахових багера који се налазе на конусима за шљаку; шљака се даље меље и одводи вагонетима. Издвајање летелих састојака продуката сагоревања врши се делимично у ексаусторима и проширеним димним каналима (коморе за таложење). Контролни инструменти су постављени на пло-

чама поред котлова. Ове плоче су опремљене следећим инструментима: паромер, водомер, манометар, даљинско водомерно стакло, показивач CO_2 и $\text{CO} + \text{H}_2$, термометар и пирометар. Постоје шест мањих и две веће јединице.

Карактеристике котлова:

| | |
|-------------------------------------------|------------------------|
| фирма—Sulzer | Sulzer |
| P_k —35 atü | 35 atü |
| A_k —350 m ² | 500 m ² |
| A_R —19 m ² | 22,8 m ² |
| A_s | 315,0 m ² |
| A_e —450 m ² | 594 m ² |
| A_l | 1365,0 m ² |
| t_s —425°C | 425°C |
| t_a —125°C | 105°C |
| t_k | 190°C |
| t_l —170°C | 170°C |
| t_g —160°C | 117,5°C |
| D_1 norm—16,5 t/h | 25 t/h |
| D_1 max—19 t/h | 30 t/h |
| D_1 norm/ A_k —48 kg/m ² h | 50 kg/m ² h |



| | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| D_{1max}/A_R —56kg/m ² h | 60 kg/m ² h |
| η_k —88% | 86,01% |
| H_t —2.000 kcal/kg | 2347 kcal/kg |
| A —18% | |
| W —40% | |
| a —4.000 kcal/KWh | |
| $\frac{B_1}{A_R}$ | 364 kg/m ² h |

У турбинској сали налазе се пет турбо-агрегата, три од по 6.000 KW, један од 13.000 KW и једна помоћна турбина од 540 KVA са генератором ниског напона.

Карактеристике турбина:

| | |
|------------------|---------------------|
| турбина BBC | генератор BBC |
| P_t —30 atm | N_e —6.400 KW |
| t_t —400°C | $\cos \varphi$ —0,8 |
| двоцилиндрична | V —6.600 |
| кондензационе | N_z —50 |
| n —3.000 o/min | n —3.000 o/min |
| | ваздушно хлађење |

Између котларнице и турбинске сале налази се пумпно одељење. У овом одељењу су смештени уређаји за сода-креч поступак омекшавања воде за напајање, два резервоара средњег притиска запремине од по 15 m³ за кондензат, дестилатор за додатну воду, четири пумпе за напајање котлова, од којих су три са електричним погоном а једна са турбинским, и четири пумпе за раскладну воду са електричним и турбинским погоном.

Електрични развод, електрична команда, контрола и трансформатори налазе се у згради испред турбинске сале.

Пумпна станица се налази на крају истоварног канала а ради са три двоструке пропелерне пумпе које су распоређене у виду звезде. Висина дизања пумпи је 7,75 m, капацитет 1.500 l/sec и 700 l/sec. Пречишћавање воде од грубог наноса и лишња врши се помоћу специјалних елипса.

Карактеристично је за ову грађевину да је фундирана под врло тешким условима. Због приобалног терена зграда је морала бити постављена на око 600 шипова типа Франки. У односу према целокупним инвестицијама за грађење Београдске централе, инвестиције за темеље износе око 70 процената. (За целокупну зграду утрошено је нешто око 10.000 m³ бетона док је само на шипове бачено 7.000 m³). Зграда је изграђена у мешовитом конструктивном систему. Извесни делови су армирано-бетонски, а већи део склопа је у челичној конструкцији. Армирани бетон употребљен је само за ношење бункера, за бункере, за међусpratне конструкције, за фундаменте тешких инсталација и сл. Она је изграђена по блок систему са паралелним низањем конструктивних трактова котларнице и турбинске сале. За године у којима је грађена, централа је претстављала врло модерно архитектонско решење, а може се рећи да она ни данас не претставља застарелост, како у погледу машинске диспозиције тако и у погледу своје архитектуре.

(Подаци узети из „Schweizer Bauzeitung“ бр. 19/1934).

ПРИКАЗ 18

Овим приказом дат је опис ТЕ Stourport „В“. Ова централа је подигнута и пуштена у погон септембра 1950 године. Она претставља проширење истоимене централе „А“.

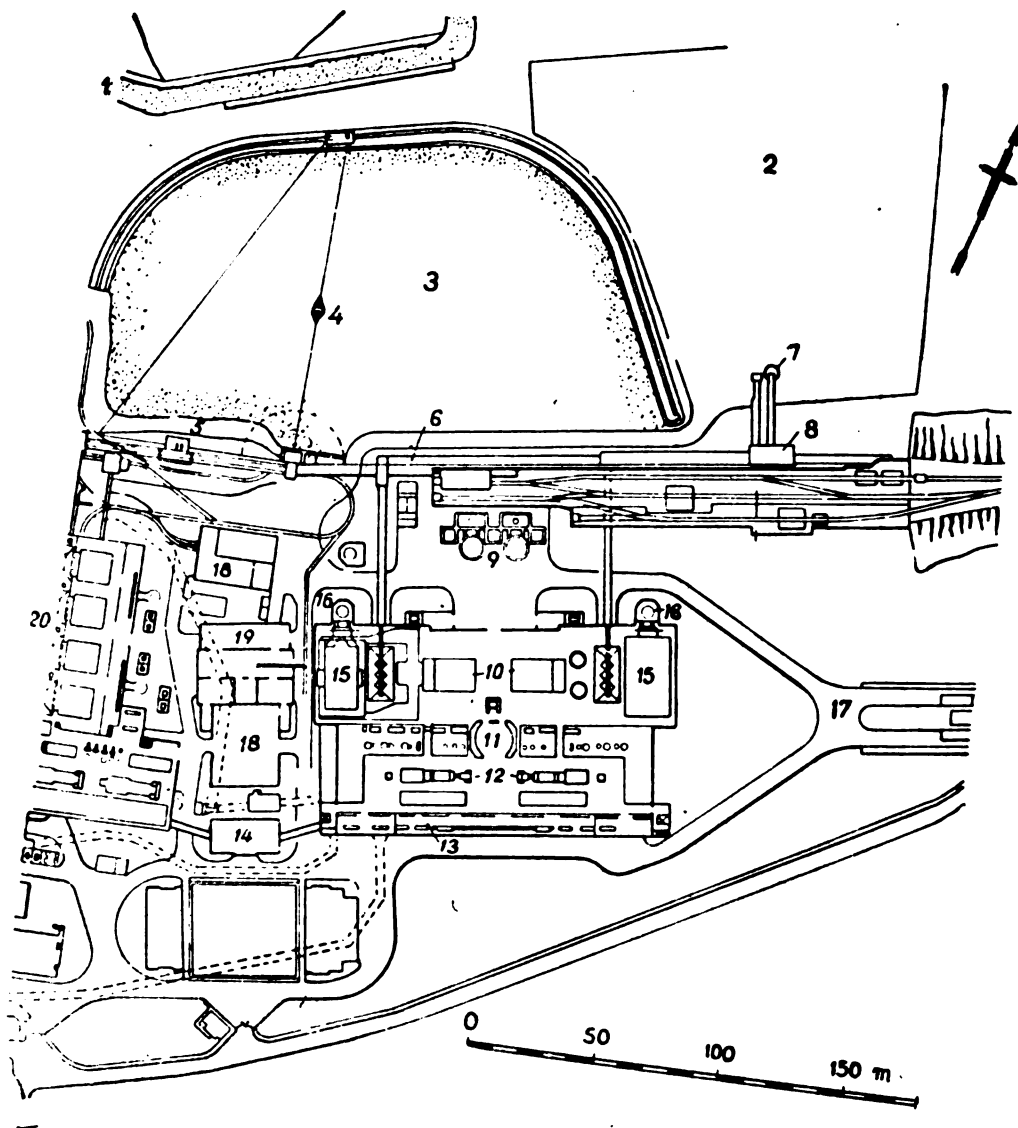
Још 1943 године отпочето је са израдом пројекта за централу „В“, тј. за њену прву половину, док се завршавање друге половине ове централе предвиђа за 1953 годину. Пуштањем у погон друге половине централе „В“ укупан капацитет Мидландске ТЕ биће 300.000 KW, што износи 10 пута више од првобитног капацитета централе „А“.

Централа „В“ подигнута је источно уз централу „А“. Простор између ове две централе заузимају помоћне радионице, складишта и блок канцелариске зграде. Централа лежи на сливу реке Северн и њене притоке Стоур. Приземље зграде је издигнуто због водолавног терена.

Услед близине река централа располаже довољном количином воде за турбинске кондензаторе.

Довоз угља се врши железницом, помоћу индустријског огранка.

У више погледа постројење ове ТЕ претставља новину у односу на енглеску



Сл. 290 — Ситуациони план електране Staurport „B“

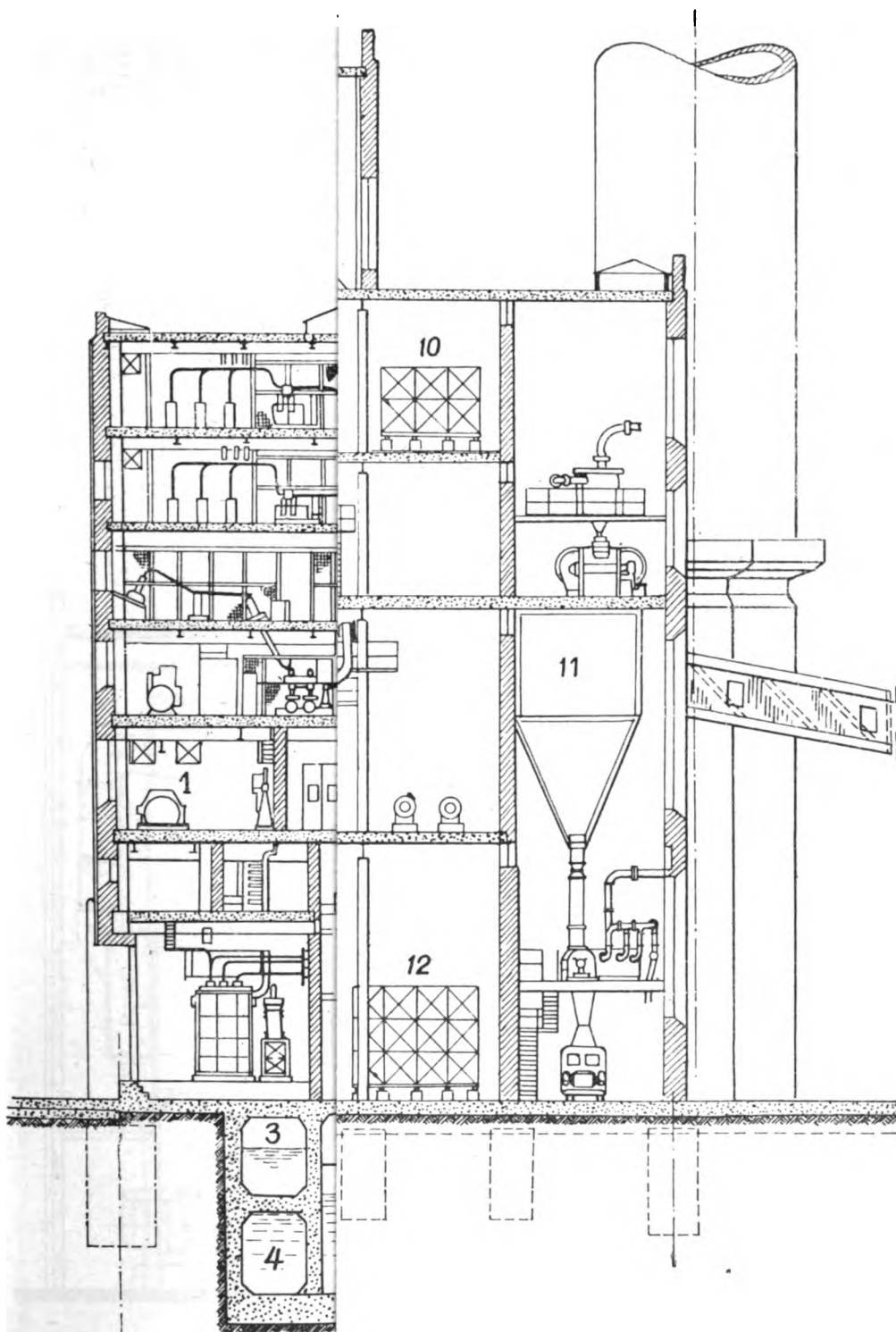
1. река Staur, 2. ново складиште угља, 3. старо складиште угља, 4. скрепер за складиште угља, 5. погонска машина скрепера, 6. транспортери за угаљ, 7. транспортери за угаљ, 8. зграда за дробилице, 9. отворени бункери за пепео, 10. котларница, 11. централна електрична и термичка контрола, 12. турбо-генератори, 13. зграда за разводно постројење, 14. управна зграда, 15. електро-филтри, 16. димњаци, 17. вратарница, 18. складиште, 19. радионице, 20. електрана „А“

технику грађења котлова. Тако је на пример после рата био нормиран притисак од 63 atü за јединице од 60 MW. Централа „B“ има снагу 60 MW а притисак 87,5 atü и прегрејаност 565°C. Друго отступање од уобичајене праксе је прихватање концепције ло-

жишта са течном шљаком. Ово је уједно прва термо-електрана у Енглеској код које су сви котлови са течном шљаком.

За загревање канцелариских просторија примењене су термопумпе.

Главна зграда је изграђена од челичних оквира, местимично комбинованим са челич-



е при-
ње се-
на ко-

нтрале
клади-
арива-
Укуп-
100.000
варног
е бун-
у ко-
транс-
ој ли-
ауто-
ршење

и од-
10 т/ч

улаци-
једног
залич-
нкера
делова
ођење
убитно
из тих
е.

ши се
офил-
ра ви-
су од

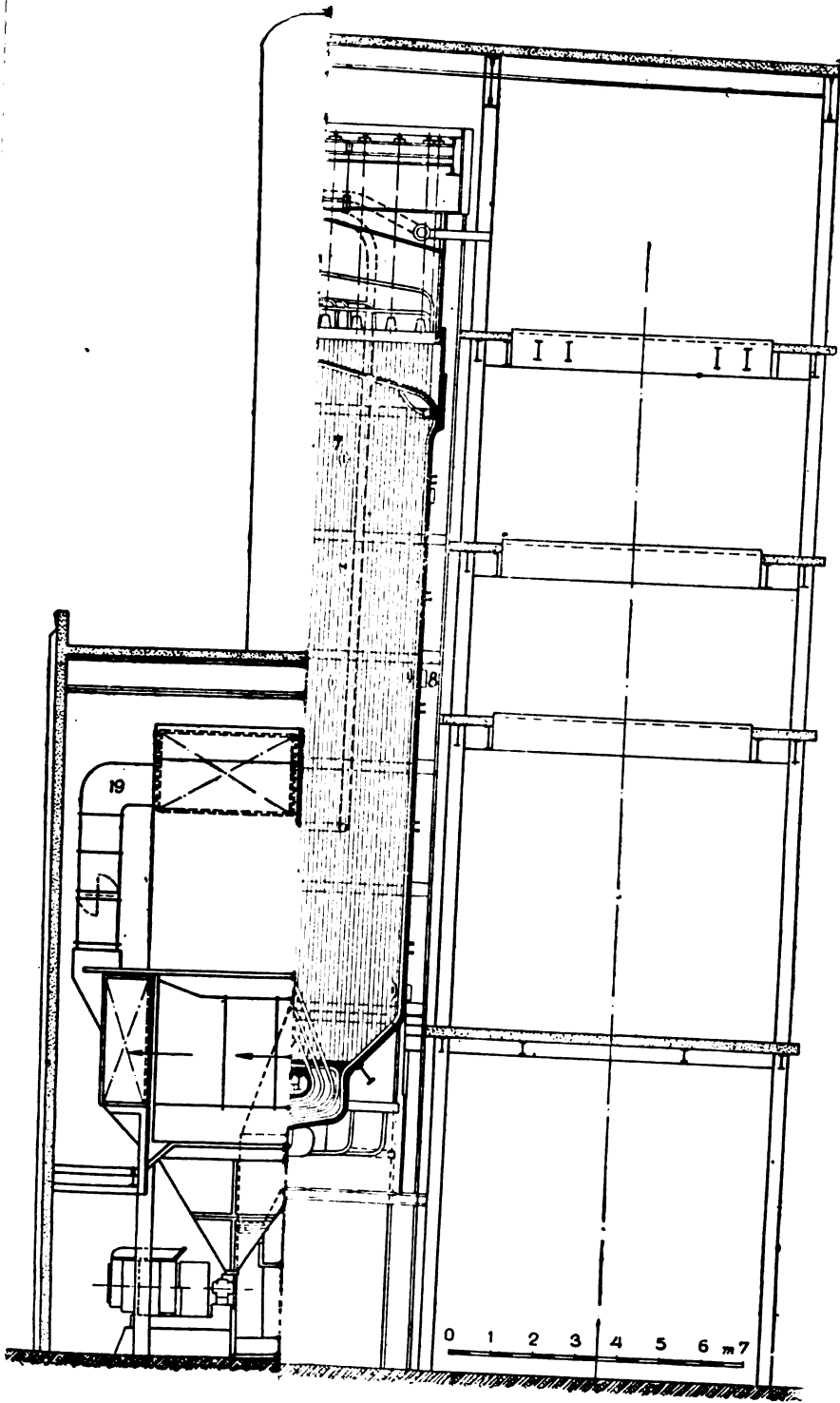
виђене
напа-
а пум-
у ре-

томат-
љен је
ролно
ђу ко-
а пло-
у сме-
т дру-
виђени
елек-
стали-
нтрол-
и сиг-
се не
алар-
врши
регре-

чни и
т. На
главни

1. река S
скрепера
10. котла
јење, 14.

технику
мер пос
атѿ за ;
има сна
грејано
чајене 1



е при-
ње се-
на ко-

нтрале
клади-
арива-
Укуп-
100.000
варног
е бун-
у ко-
транс-
ној ли-
ауто-
ршење

и и од-
10 1/h

улаци-
једног
гзалич-
ункера
делова
вођење
обитно
из тих
ре.

иши се
рофил-
ара ви-
и су од

виђене
а напа-
та пум-
а у ре-

утомат-
љен је
итролно
еђу ко-
за пло-
ду сме-
от дру-
виђени
у елек-
нстали-
онтрол-
ни сиг-
с се не
г алар-
е врши
прегре-

тчни и
ут. На
главни

1. река
скрепа
10. ко
јење,

техн
мер г
атү з
има с
греја
чајен

ним скелетом. Површина основе зграде износи 124×80 метара. Дужина турбинске сале је 107 метара. Површине зидова и таванице обложене су материјалом за пригушивање звука. Ова облога је алуминизирана ради бољег расипања светлости. Висина котларнице износи 37 метара, рачунајући од темеља до подкровља.

Постављање котлова није обично, тј. котлови су постављени у распореду „сијамских близнака“. Осовине котлова и турбина паралелне су. Бункери за угаљ су постављени ниско, раздвојени један од другог.

Технолошки процес је праволинијски са извесним рачвањем пута довожења угља.

Централа „В“ је предвиђена за два котла следећих карактеристика:

| | |
|---------------------------|-----------------------------------------|
| D_1 —238 t/h | a_d —250 m ² |
| p_k —90 atü | A_I —270 m ² |
| t_s —565°C | A_{II} —410 m ² |
| t_a —240°C | A_k —1170 m ² |
| t_{ae} —306°C | A_{sI} —1400 m ² |
| A_o —240 m ² | A_{sII} —465 m ² |
| | A_s —1865 m ² |
| | A_e —2240 m ² |
| | $A_{I.I}$ —1640 m ² |
| | $A_{I.II}$ —13800 m ² |
| | A_I —15440 m ² |
| | Q_1/V_R —188000 Kcal/m ³ h |

Котлови су двокоморни са течним одвођењем шљаке. Примарна комора је изолована плочама са хромном рудом. Дно примарне коморе је хлађено воденим цевима, а одвођење шљаке је континуално. Котао има два добоша са једним међудобошем. Циркулација воде је природна. Добоши су варени са данцима од кованог челика. Пламењаци су цевастог типа (В & W), осам на броју, постављени на плафону примарне коморе. Заштићени екрани примарне коморе имају корак од 150 mm. Расхладна комора се састоји од незаштићених екрана спољњег пречника 82,5 mm. Шљака се са дна примарне коморе одводи у суд за грануловање који ради са водом.

Прегрејач паре је висећег типа израђен у два ступња, са регулатором температуре између ступњева. Елементи регулатора температуре паре смештени су у горњем добошу котла. Економајзер је једноступни, израђен у три дела од змијастих челичних цеви. Загрејач ваздуха је цеваст, у два ступња.

Дувачи пепела су конструкције В & W, раде електрично помоћу засићене паре. Шест покретних дувача служе за чишћење цеви на бочним зидовима секундарне коморе, девет дувача за чишћење задњег зида секун-

дарне коморе; шест дувача за чишћење примарног прегрејача и четири за чишћење секундарног прегрејача и главног снона котловских цеви.

Да би се задовољиле потребе централе „В“, постављено је поред постојећег складишта угља и ново складиште са истоваривачем вагона и дробиличним уређајем. Укупни капацитет оба складишта износи 100.000 тона. Угаљ се може директно са истоварног места слати у котларницу (котловске бункере), или на складиште а са овога у котларницу. Капацитет главне линије транспортера угља износи 120 t/h. На главној линији допреме угља постоји уређај за аутоматско издвајање узорака угља за вршење анализе.

На излазу из бункера угаљ се мери и односи косим транспортером капацитета 10 t/h у четири В & W млина типа Е.

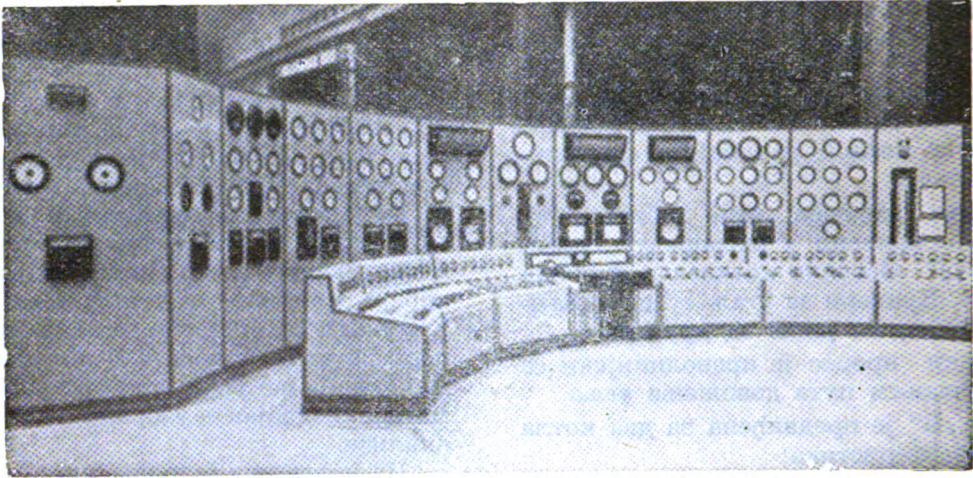
Одвођење шљаке и пепела из гранулационог суда врши се хидраулично преко једног канала у сливни шахт, одакле се дизаличним корпом подиже у два отворена бункера од по 100 тона. Прикупљање летећих делова из левкова врши се пнеуматски, а одвођење прашине се врши хидраулички, првобитно у помоћне резервоаре за прашину а из тих се одводи у поменуте стотонске бункере.

Пречишћавање излазних гасова врши се помоћу електрофилтера. Иза електрофилтера постављени су димњаци од 65 метара висине, пречника 3,9 метара. Димњаци су од опеке.

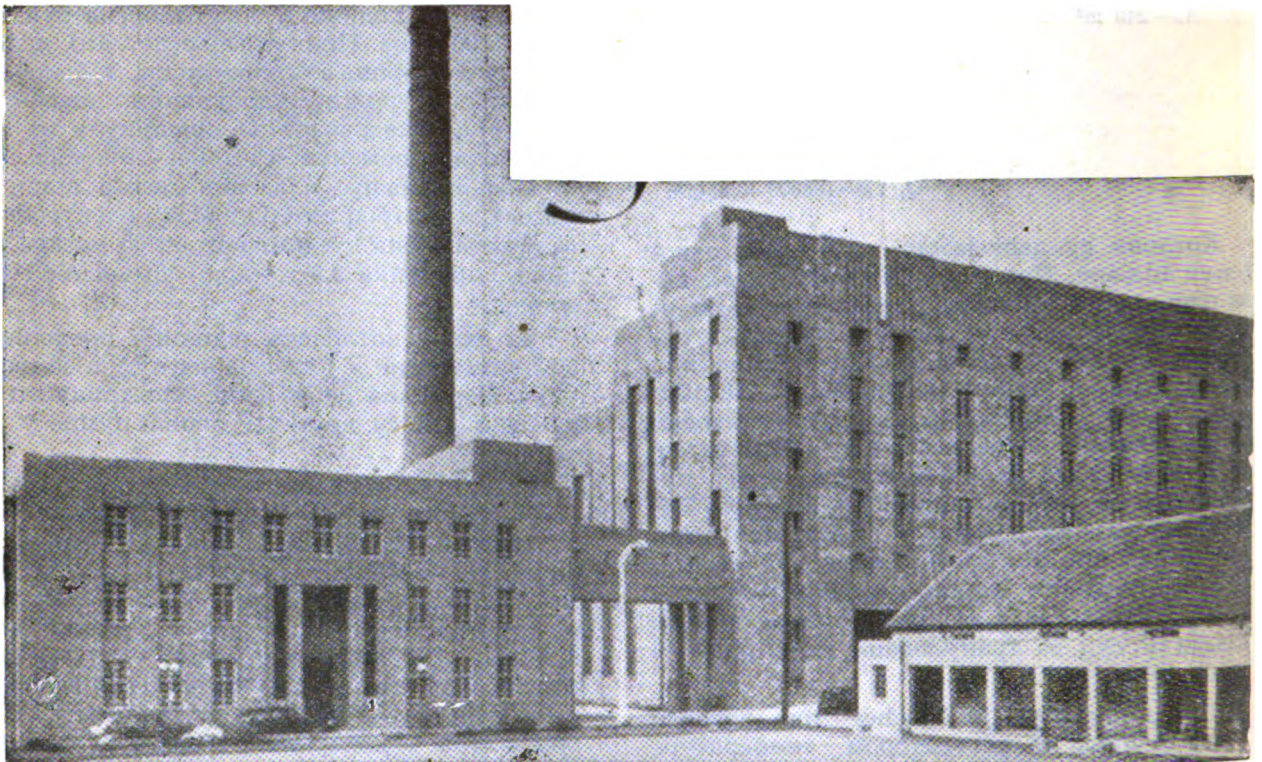
За сваку котловску јединицу предвиђене су две моторне и једна парна пумпа за напајање. Нормално је да једна електрична пумпа ради док су друга и парна пумпа у резерви.

Контрола сагоревања је потпуно аутоматска и контролни уређај за њу постављен је на главној контролној плочи. Контролно одељење налази се на простору између котларнице и турбинске сале. Контролна плоча и командни пулт, за сваку јединицу смештени су у облику лука једно насупрот другог. У одељењу за високи напон предвиђени су пречистачи који раде на принципу електрофилтера. У контролној дворани је инсталирана опрема за климатизацију. На контролним плочама предвиђени су светлосни сигнални уређаји, који су у дејству док се не отклони узрок светлосном и звучном аларму. Контрола довода горива у млинове врши се у вези са температуром на излазу прегрејача и са оптерећењем турбина.

Турбо генератори су троцилиндрични и раде са три хиљаде обртаја на минут. На истој осовини са турбином везани су главни



Сл. 293 — Изглед централне контролне плоче (команда за котлове и турбине)



Сл. 294 — Изглед електране Staurport „B“

и помоћни генератори за произвођење електричне енергије за помоћне уређаје.

Максимална трајна снага главног генератора је 55,5 MW, 11 KV, $\cos \varphi$ 0,8, а снага помоћних генератора 4,5 MW, 3,3 KV, $\cos \varphi$ 0,7.

Стање паре на улазу у турбину је 87 atü. 510°C. Кондензатори су близни са кондензационом површином од 4.400 m². Циркулација воде у кондензаторима обавља се помоћу две вертикалне циркулационе пумпе, капацитетом од по 100.000 l/min са висином дизања

до 10 метара. Пумпе покрећу електромотори од по 315 KS. Две циркулационе пумпе за хладњаке за уље умају капацитет од по 560.000 l/h са висином дизања од 20 метара.

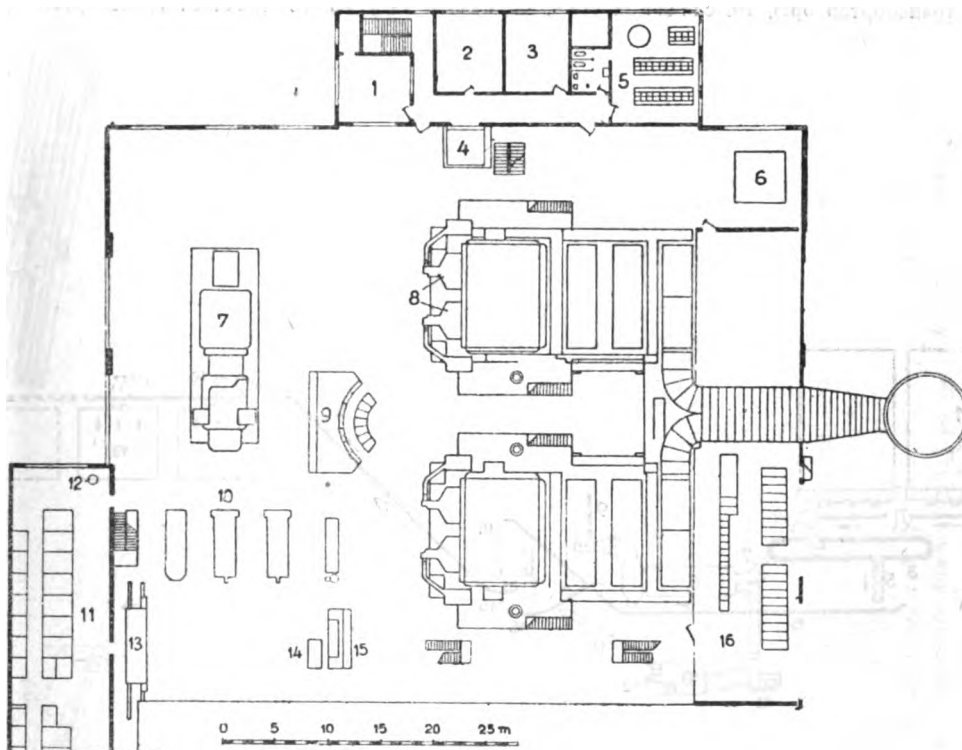
Главни електрогенератори имају водично хлађење.
(Технички подаци узети из The Engineer № 4940 29 IX. 1950).

ПРИКАЗ 19

Термоелектрана, индустриског типа Dow Chemical, Midland, Mich. има два котла капацитета 180 t/h, сваки са два циклонска ложишта. Детаљи ових котлова дати су у по-

глављу „Прикази котлова разних конструкција“.

Турбина од 30.000 KW је са противпритиском и има два одвода, један на 30 ат, дру-

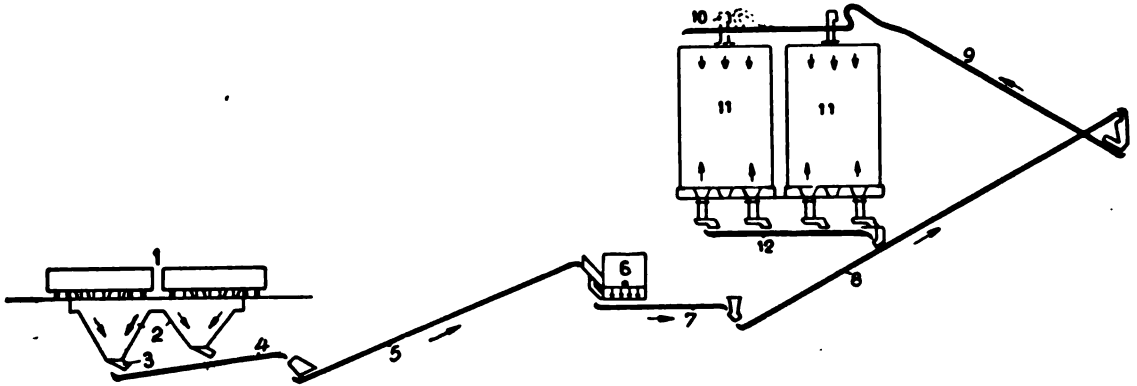


Сл. 295 — Основа електране Dow Chemical, Midland, Mich.

1. набавно одељење, 2. складиште, 3. трпезарија, 4. лифт и дизалица, 5. гардероба, 6. монтажни отвор, 7. турбо-генератор од 30.000 KW, 8. циклони (предложишта), 9. главна контролна плоча, 10. пумпе за напајање котлова, 11. просторија за електрични развод, 12. отвор за вентилацију, 13. разводна плоча, 14. центрифуга за уље, 15. лабораториски сто, 16. просторија за пуштање постројења у погон

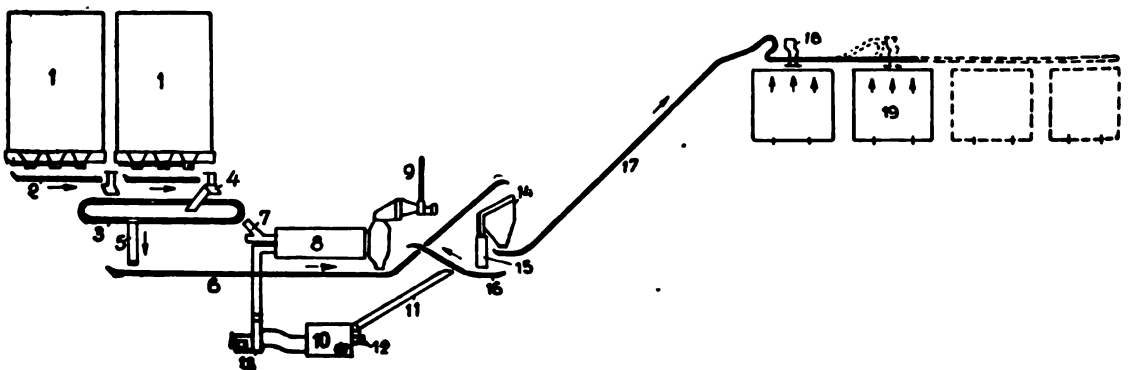
ги на 8,2 atü, а излаз из турбине 1,75 atü. Излазна пара из турбине служи за фабриционе потребе предузећа. Пара се одводи у фабрикацију преко редуцирне станице.

Из приложене основе ове топлане види се да су котлови и турбина смештени у једној просторији. Осовине котлова и турбине у односу су слова „Т“.



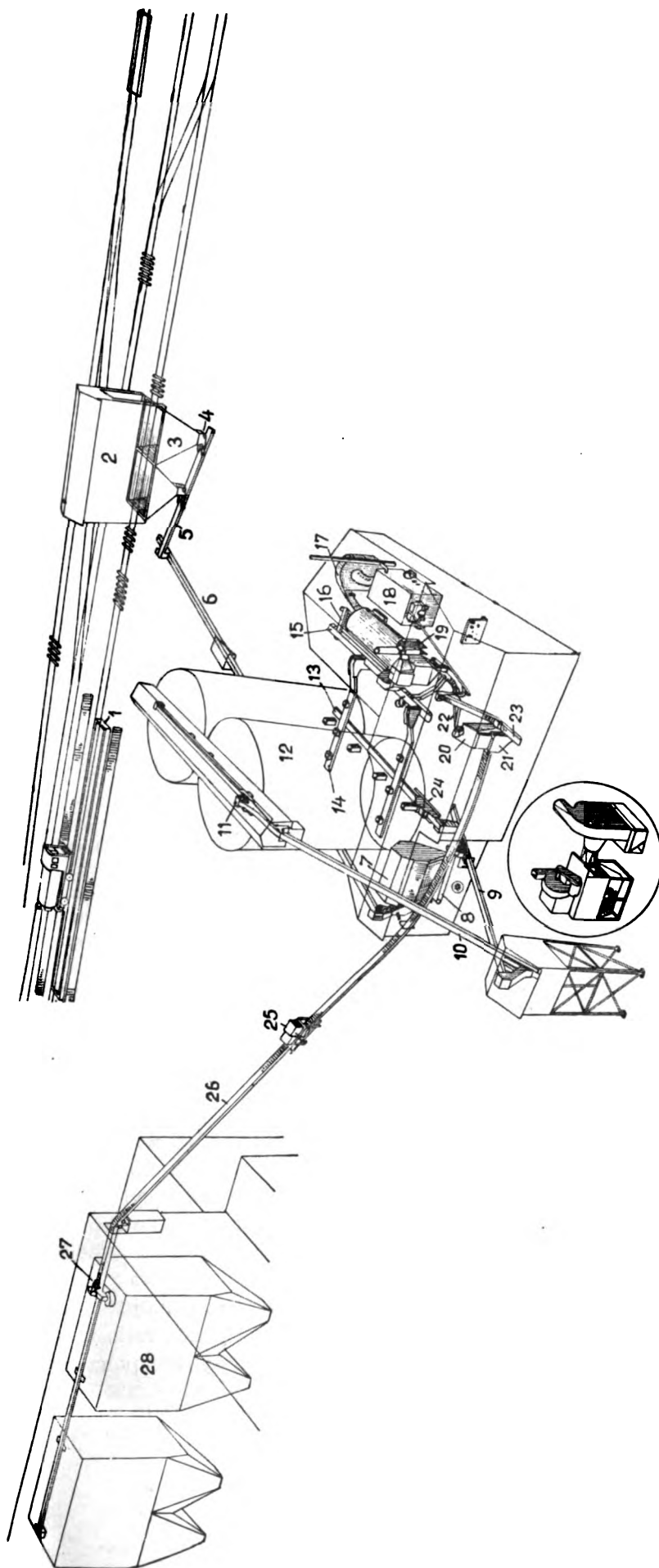
Сл. 296 — Шема допреме угља (од вагона до силоса за угљ)

1. вагони за довоз угља, 2. истоварни левкови, 3. реципрочни напајачи, 4. тракасти транспортер бр.1, 5. тракасти транспортер бр.2, 6. Бредфордска дробилница, 7. тракасти транспортер бр.3, 8. тракасти транспортер бр.4, 9. тракасти транспортер бр.5, 10. скидач за угљ, 11. силоси за угљ, 12. тракасти транспортер бр.6



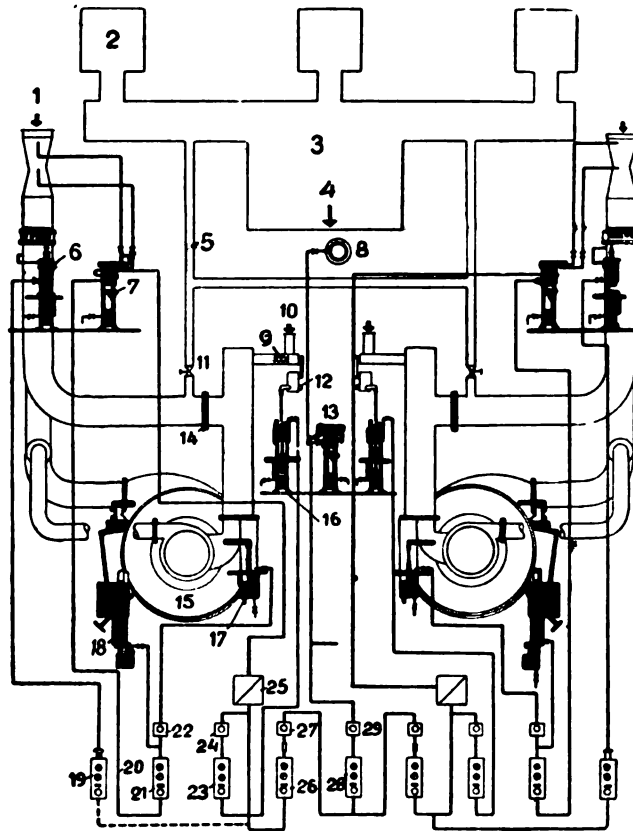
Сл. 297 — Шема допреме угља (од силоса до котловских бункера)

1. силоси, 2. плочасти транспортер 7 и 8, 3. транспортер бр. 9 за довод у доњи део сушаре, 4. отвор за пуњење транспортера, 5. отвор за пражњење транспортера, 6. помоћни транспортер бр. 10, 7. пужасти напајач, 8. сушар, 9. експаустор за сушару, 10. ложиште сушаре, 11. пуж за стокер, 12. погон стокера, 13. вентилатор за сушару (за довод ваздуха у сушару), 14. вибрирајуће сито, 15. дробилница, 16. транспортер бр. 11, 17. тракасти транспортер бр. 12, 18. скидач угља са тракастог транспортера, 19. котловски бункери



Сл. 298 — Перспективна шема допреме угља

1. Јаме за откривање угља, 2. истоварна станица, 3. истоварни левкови, 4. реципрчни напајач, 5. тракасти транспортер бр.1, 6. тракасти транспортер бр.2, 7. Брадфордска дробилница, 8. тракасти транспортер бр.3, 9. тракасти транспортер бр.4, 10. тракасти транспортер бр.5, 11. склади угља, 12. силиоси за угља, 13. тракасти транспортер бр.6, 14. плочасти транспортери бр.7 и 8, 15. транспортер бр.9, 16. пужасти напајач сушаре, 17. вентилатор за убацивање ваздуха у сушару, 18. ложнице сушаре са стокером, 19. екстрактор за сушару, 20. вибрационо сито, 21. дробилница за фино дробљење, 22. транспортер бр. 10., 23. транспортер бр. 11, 24. реципрчни напајач транспортера бр. 5, 25. аутоматска вага, 26. тракасти транспортер бр. 12, 27. склади угља, 28. котловски бункери за угља



Сл. 299 — Шематска претстава контролног уређаја сагоревања

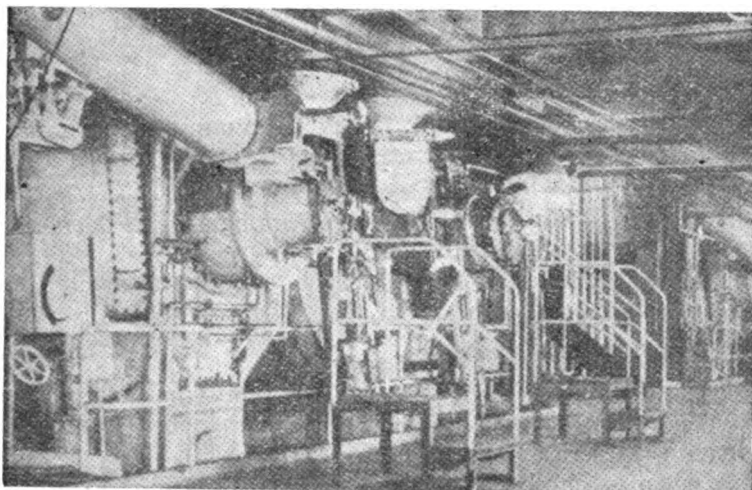
1. вод од загрејача ваздуха, 2. вентилатор за стварање притиска, 3. сабирна комора, 4. вод ка загрејачима ваздуха, 5. вод за регулисање температуре, 6. регулатор количине ваздуха, 7. регулатор притиска у воду, 8. главни парни колектор, 9. пужасти напајач за угља, 10. довод од бункера, 11. отвор за удубавање, 12. погон напајача, 13. главни регулатор, 14. диафрагма, 15. циклонско ложиште, 16. регулатор напајања угља, 17. регулатор примарног ваздуха, 18. регулатор секундарног ваздуха, 19. ручни укључивач ваздуха (контакт-тастер), 20. главни вод за ваздух, 21. укључивач примарног односно секундарног ваздуха, 22. регулатор односа примарног и секундарног ваздуха, 23. тастер за укључивање угља, 24. регулатор односа ваздуха и угља, 25. квадратни модулатор, 26. тастер за укључивање циклона, 27. укључивање котла

Ови генератори паре (котлови) раде са 100% допунске воде, стога је потребно припремање целокупне воде која се доводи у котлау.

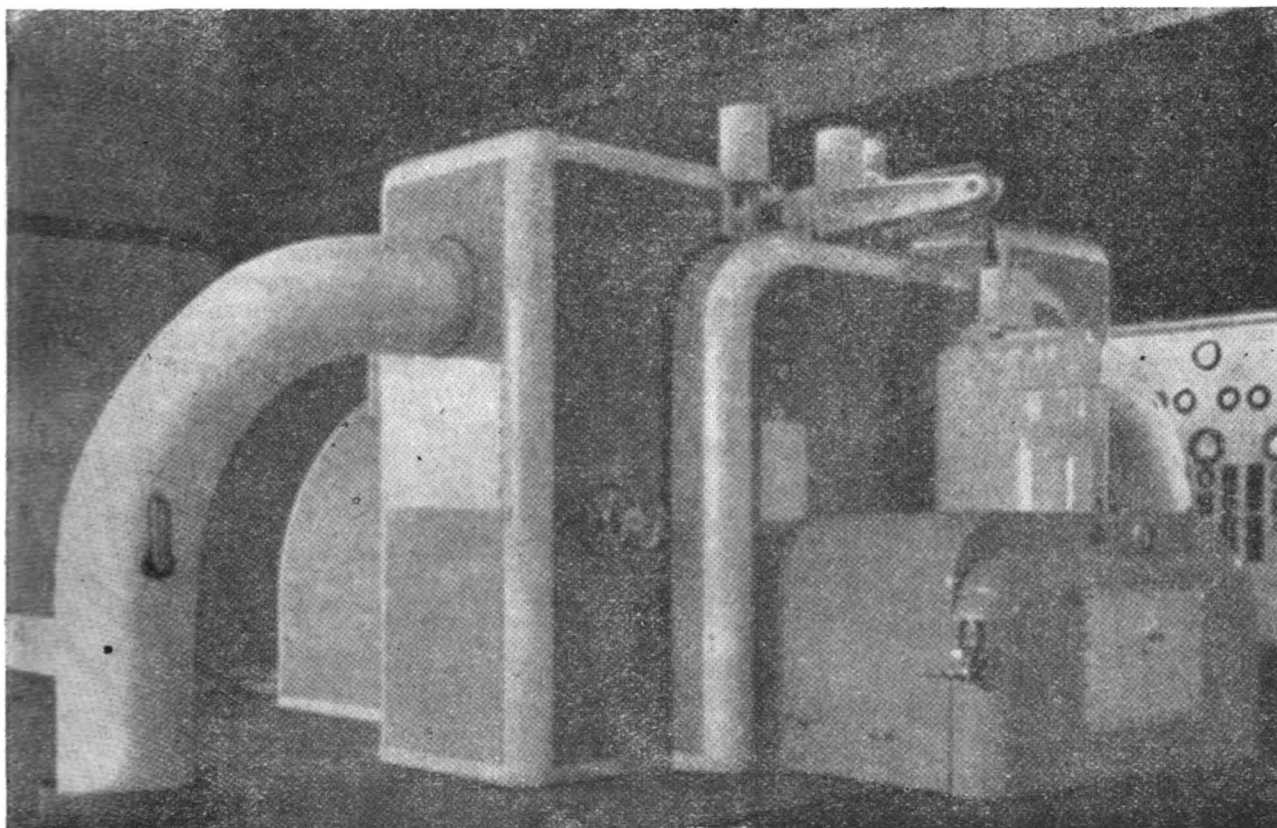
Из датих шема за допрему горива види се да испред истоварне зграде постоје коморе за открављивање евентуално замрзнутог угља у вагонима. Са истоварне станице угља одлази кроз први ступањ дробљења у силосе за угља, а из ових у сушару која ради са својим посебним ложиштем. Из сушаре угља преко другог ступња дробљења одлази у ко-

тловске бункере. Према томе у котловским бункерима се налази потпуно припремљен угља за сагоревање (осушен и дробљен на потребну крупноћу). Као што се из шеме види не постоји могућност директног одвођења угља са истоварног места у котловске бункере. На ово решење пројектанти су се вероватно одлучили услед тога, да би се силосима обезбедио континуитет рада сушаре.

(Технички подаци узети из Power, March 1949, August 1950).



Сл. 300 — Изглед циклонских предложишта



Сл. 301 — Изглед турбо-генератора 30.000 KW са против притиском

ПРИКАЗ 20

Средином 1950 год. пуштена је у погон термоелектрична централа у близини Даблина код Портарлингтона у Ирској. Гориво је тресет.

Електрична централа има три парна котла и два турбогенератора од по 12.500 KW. Годишња производња електричне енергије је око 90 милиона KWH, а потрошња тресета 120.000 тона. Специфична потрошња топлотне енергије износи 4400 kcal/KWh, тј. 1,332 kg тресета за произведени киловат час, на бази сувог тресета $H_i = 3.300 \text{ kcal/kg}$.

Електрична централа је подигнута на северној обали реке Варгов у непосредној близини од варошице Портарлингтон (400 m) Земљиште које заузима ова електрична централа је величине 12 хектара. Зграда котларнице, пумпна и турбинска сала израђене су у блоку и у њима су смештене и административне просторије. Конструктивни склоп је челични. На десној страни зграде подигнут је хладњак воде висине 71,5 m. Иза зграде налази се складиште тресета, капацитета 40.000 тона, површине 10.000 m². За манипулацију тресета на складишту служи један носни кран, носивости 8 тона. Тресет се вади механичким путем из мочвари Clonsast (површине 1600 хектара), која се налази око 5 km од централе. Превоз тресета се врши колосеком од 912 mm, челичним вагонетима носивости 5 тона. За вучу вагонета служи једна дизел и три парне локомотиве, које се ложе тресетом. Поред тога до централе је доведен и огранак нормалног колосека. Приликом вађења проценат влаге тресета је око 95. Тресет се суши природно и на тај начин

му се смањује влага на 30—50 %. Осушен тресет постаје много тврђи и не апсорбује више влагу.

Анализа суве беспепелне масе тресета је:

| | |
|----------|--------|
| угљеник | 53—63% |
| водоник | 5,5—6% |
| кисеоник | 30—41% |

Приближна анализа тресета обично варира у следећим границама:

| | |
|------------------|--------|
| чврсти угљеник | 30—40% |
| испарљиви делови | 55—70% |
| пепео | 2—10% |

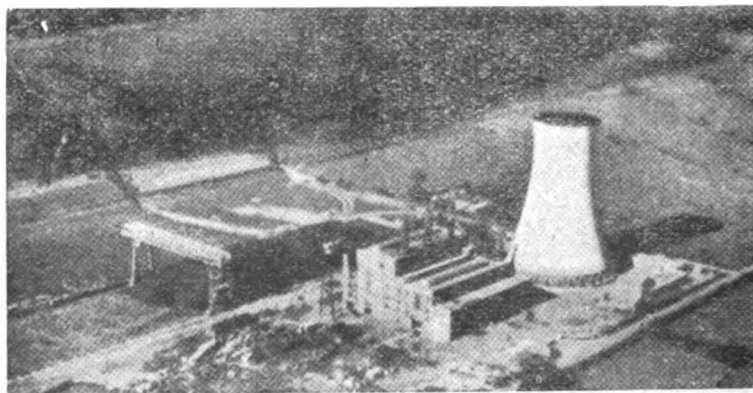
Калорична вредност сувог беспепелног тресета $H_i = 2400—2770 \text{ kcal/kg}$.

Калорична вредност тресета са 30% влаге $H_f = 1562 \text{ kcal/kg}$.

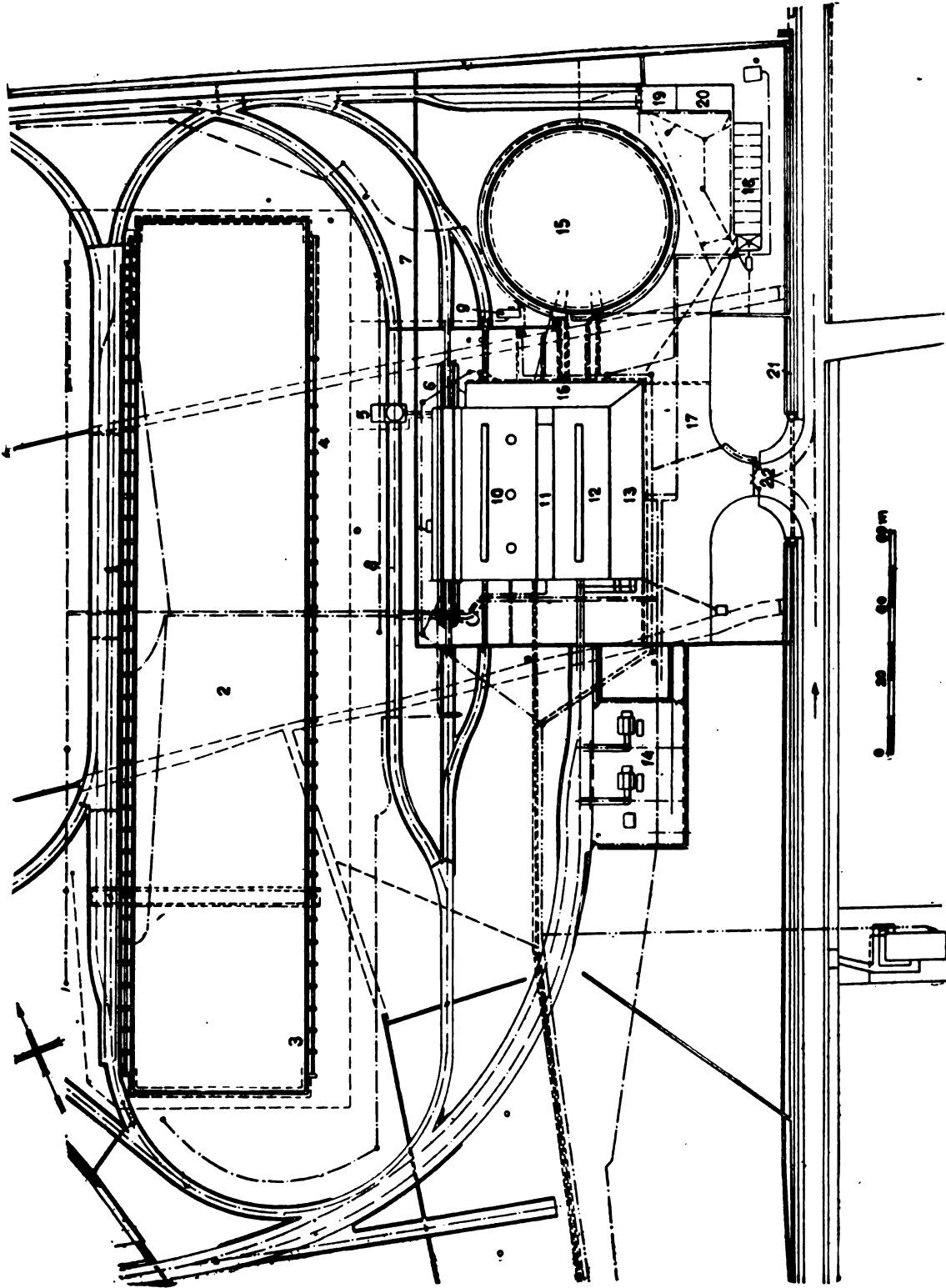
Запреминска тежина $\gamma = 0,358 \text{ t/m}^3$

Из ових података види се да је тресет као гориво умногоме сличан дрвету.

При довозу тресета у централу, он се прво мери на аутоматској колској ваги и узимају се узорци за анализе. Са ваге гориво одлази или директно у котловске бункере, или у ограђено отворено складиште. Уколико гориво одлази у складиште, помоћу носног крана подиже се сандук вагонета и изручује на жељено место складишта. Довоз угља у котловске бункере врши се на тај начин што се вагонети довозе испред котларнице (на ситуацији означено бројем 6), одакле се помоћу два конзолна крана, смештена на крову, подижу сандуци вагонета изнад



Сл. 302.— Изглед TE Portarlinton из птичијег лета



20 Котларнице

Сл. 303 — Ситуациони план Т Е Portlington, за тресет

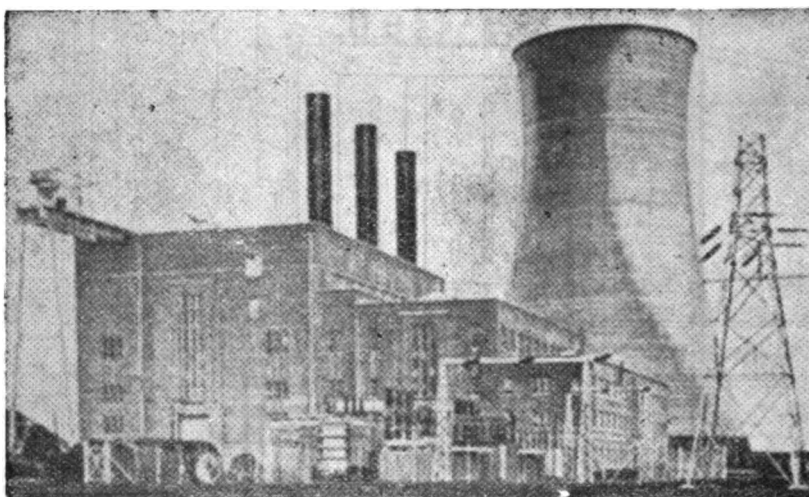
1. колосек 912 мм., 2. складиште угља, 3. ограда складишта, 4. шина носног крана, 5. силос за пелео, 6. колска вага, 7. оград., 8. подземни кабл, 9. зграда за хлорисање воде, 10. котларница, 11. одељење за помоћне уређаје, 12. турбинска сала, 13. одељење електричног развода, 14. трансформатори, 15. кула за хлађење воде, 16. канцеларије, 17. дворниште, 18. гараже, 19. боксови за локомотиве, 20. складиште угља, 21. ограда 22. улаз

бункера. Нагињањем сандука аутоматски се отвара једна страница која је на шаркама и садржај вагонета се изручује у висеће котловске бункере. Постоје три лимена бункера капацитета од по 300 тона.

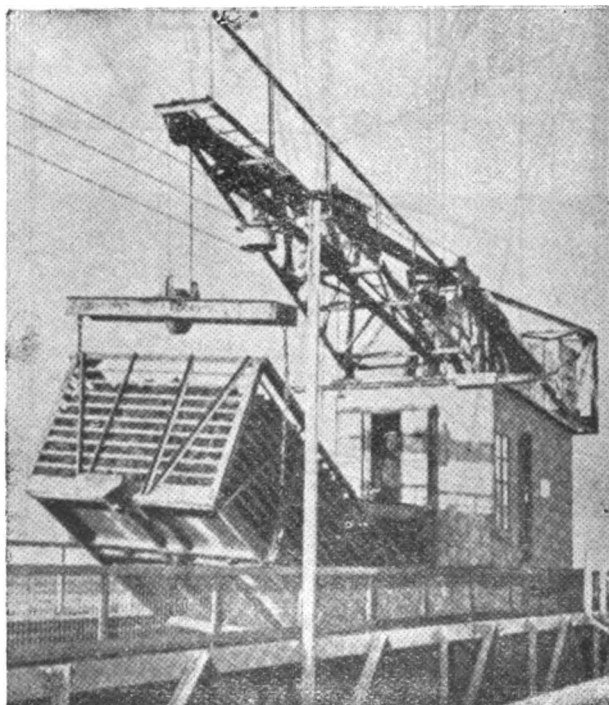
Котларница је једноредна, са три В & W котла стандардног типа (СТМ). Котлови имају претсушару, неку врсту модификације Макаријевог преложишта. Сушење се врши помоћу загрејаног ваздуха и на тај начин се смањује влажност тресега на 15%. Решетка је двострука (близна), ланчана са зонским доводом ваздуха, иста као за сагоревање угља. Ложиште није екранисано, котао је секциони са попречним добошем. Екомојазер је челични варени, а загрејач ваздуха цеваст.

Карактеристике котлова

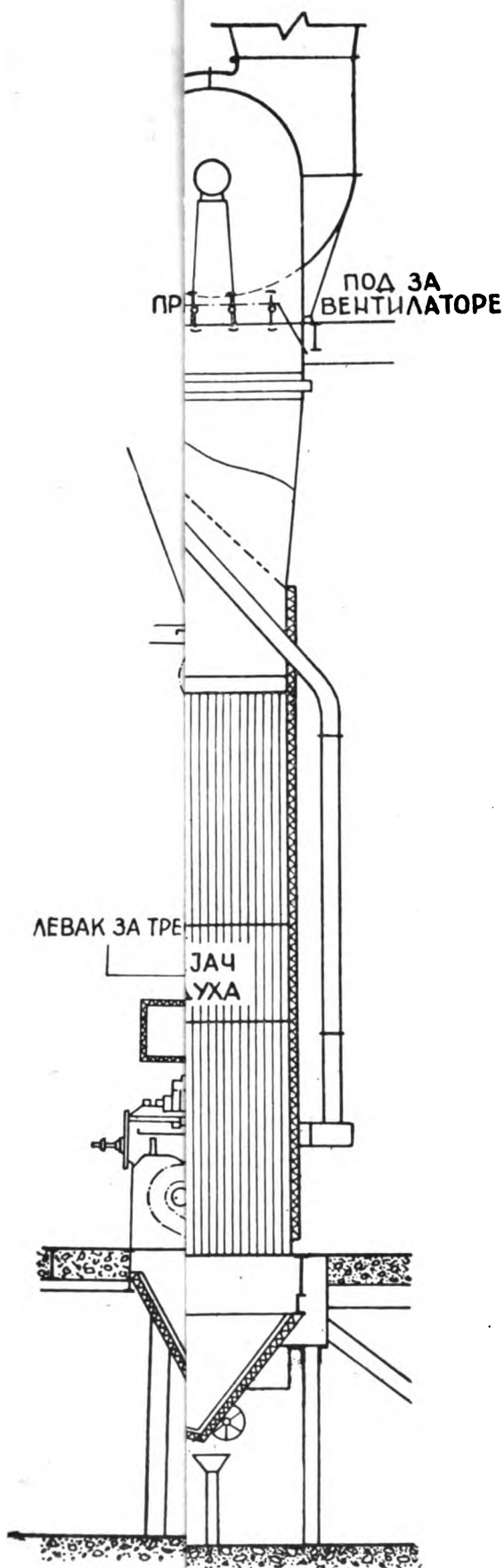
| | |
|----------------------------------------------|-------------------------------|
| Нормална продукција | $D_1 = 56,5 \text{ t/h}$ |
| Максимална продукција | $D_2 = 68 \text{ t/h}$ |
| „ „ на бизи | |
| „ „ једног сата | $D_3 = 74 \text{ t/h}$ |
| Радни притисак (на излазу из прегреј.) | $p_k = 30 \text{ atü}$ |
| Прегрејаност паре | $t_s = 440^\circ\text{C}$ |
| Грејна равнина | $A_k = 985 \text{ m}^2$ |
| Површина прегрејача | $A_s = 540 \text{ m}^2$ |
| Површина решетке ($8,85 \times 6,70 = 54$) | $A_R = 54 \text{ m}^2$ |
| „ екомојазера | $A_E = 770 \text{ m}^2$ |
| „ загрејача ваздуха | $A_L = 3000 \text{ m}^2$ |
| Температура воде на улазу у ЕКО | $t_{ei} = 135^\circ\text{C}$ |
| „ „ на излазу из ЕКО | $t_{aus} = 230^\circ\text{C}$ |
| „ гасова испред ЕКО | $t = 470^\circ\text{C}$ |
| „ „ иза ЕКО | $g_i = 280^\circ\text{C}$ |
| „ „ загрејача ваздуха | $t_{gs} = 175^\circ\text{C}$ |
| „ загрејаног ваздуха | $t_L = 190^\circ\text{C}$ |



Сл. 304 — Изглед Т Е Portarlinton са јужне стране



Сл. 305 — Конзолни кран за подизање тресега у котловске бункере



плочи су
за елек-
оре и ре-

воју кон-

ге 15.600
, $n=3000$

урбина је
резервни.
лику сло-
ња елек-
енергет-
на.

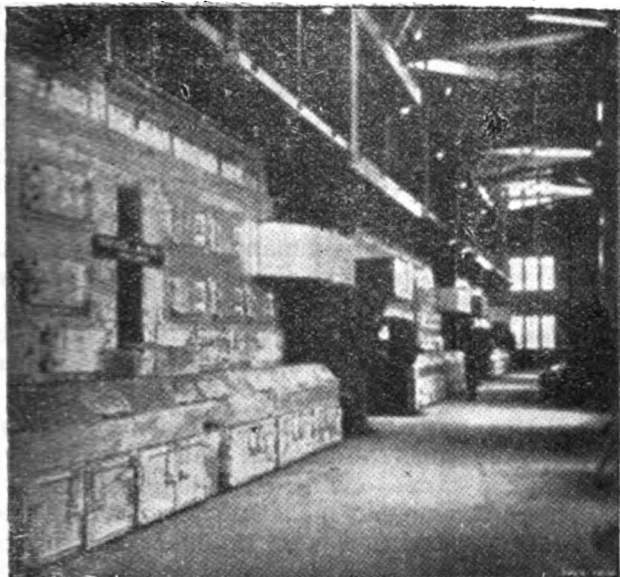
а што ко-
једно од
еској.

use Review.

извођења
ераде мр-
и налази.
нергије у

бункера.
отвара ј
садржај
ловске €
капацит

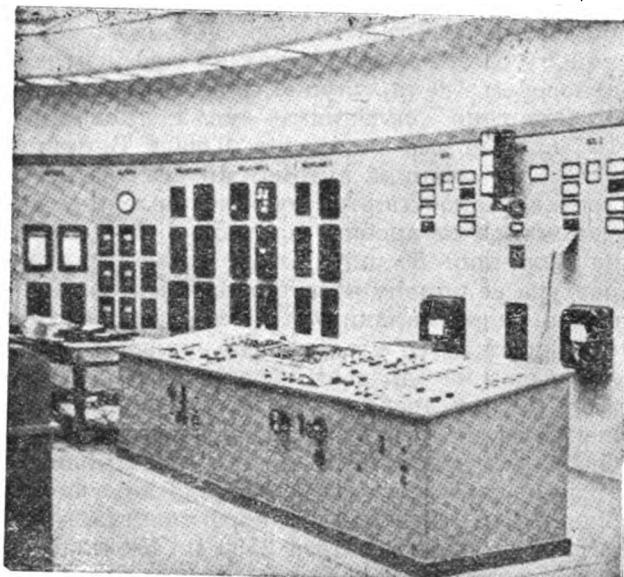
Котле
котла ст
ју прет
је Мака
врши по
чин се с
шетка је
ским до
ње угља
секцион
је челич
васт.



Сл. 307 — Фронтални изглед котлова са платформе за послуживање

За напајање котлова предвиђене су три пумпе, две са електричним погоном, а једна са парном турбином, са противпритиском. снага турбина и електромотора је по 240 KW. Капацитет сваке пумпе је $513 \text{ m}^3/\text{h}$. Предгревање воде за напајање врши се рецикулацијом воде из котловског добоша. За доњу промају служе два вентилатора са моторима од по 75 KW, $n=970 \text{ o/min}$. За секундарни ваздух који се убацује на фронталном и задњем зиду ложишта, служе вентилатори са моторима од по 33 KW, $n=1440 \text{ o/min}$. За сваки котло предвиђен је по један ексаутор, са мотором од 240 KW, $n=735 \text{ o/min}$.

Контрола је централизована на једној плочи за сва три котла. На овој плочи налазе се пирометри за мерење температуре паре, воде, гасова и ваздуха. На истој плочи налази се и регистратор притиска на разним местима у котлу. На њој је инструменат за мерење процента CO_2 , који ради на принци-



Сл. 308 — Изглед контролне сале

пу хемиске апсорпције гасова. На плочи су и прекидачи, осигурачи и аутомати за електромоторе који покрећу вентилаторе и решетку.

Свака турбина има поред себе своју контролну плочу.

Турбине су реакционе Stal, снаге 15.600 KW, са генераторима од 12.500 KW, $n=3000 \text{ o/min}$, $\cos \varphi = 0,7$, $\text{Hz}=50$.

Координациони број котлова и турбина је један, с тим што је један котло резервни. распоред котлова и турбина је у облику слова Т. Технолошки процес произвођења електричне енергије је праволиниски, а енергетска шема постројења је једноставна.

Постројење је интересантно стога што користи нисковредно гориво; то је једно од првих постројења ове врсте у Енглеској.

(Технички подаци узети из *Boiler House Review*, june, 1950, бр. 6)

ПРИКАЗ 21

Термоелектрана „Puentes de Garcia Rodriguez“ у Шпанији пуштена је у погон 15. IX. 1949 г. Објекат се налази у провинцији Сoguna на реци Еume удаљен 76 km од града Сoguna и 42 km од железничке пруге.

Централа је подигнута ради произвођења електричне енергије за потребе прераде мрког угља, на чијем се налазишту и налази. Осим тога централа даје вишак енергије у државну мрежу.

Налазиште угља је у непосредној близини централе. Угаљ се вади дневним копом помоћу багера и транспортује се до централе колосеком 1,0 m, укупне дужине 5,3 km.

Отворено складиште угља, површине 100×25 m има капацитет 20.000 t. Вагони са угљем из рудника аутоматски се вагају и празне. Како угаљ са рудника долази у комадима, он се дроби у претходној дробилици на величини 80 mm. Овако здробљен угаљ растура се помоћу косе траке на мосном крану по целом складишту. Исто тако постоји могућност да се угаљ после првог ступња дробљења не одлазећи на складиште, доводи у четири дробилице другог ступња дробљења, где се уситњава на величину 35 mm. Овако уситљени угаљ преко две челичне траке и два елеватора доспева до котловских бункера. Котловских бункера за угаљ има пет, укупног капацитета 2300 t. Уколико се угаљ узима са скаладишта пут је следећи: помоћу захватача на мосном крану угаљ се убацује у силос причвршћен на мосту крана, а из овога преко траке дотура у дробилице другог ступња. Карактеристика примењеног мосног крана је смањено кретање захватача, и самог моста, применом косе траке за растурање угља по складишту, и хоризонталне траке за дотурање угља дробилицама другог степена из силоса на мосном крану.

Вода за целокупну потребу постројења узима се из реке Еуме. У ову сврху река је зајажена тако да се добило језеро запремине око 56.000 m³.

Расположиви угаљ је следећег састава:

| | |
|------------------|--------------|
| сагорљиви делови | 25% |
| влага | 45% |
| пепео | 17% |
| сумпор | 3% |
| Hi | 2200 kcal/kg |

Према овом гориву и условима експлоатације фирма Sulzer пројектовала је котлове за угљени прах. Котлови су у облику слова П са једним добошем, два гасна канала, са екранисањем свих зидова ложишта.

Четири млина са ударним телима служе за млевање наведеног мрког угља. Сушење угља се врши у самим млиновима помоћу рециркулисаних гасова из ложишта. Двоструки померљиви пламењаци постављени су угловима. Постоје такође и пламењаци за течно гориво, који служе за потпаљивање и евентуално додатно ложење.

Додирну грејну површину чини сноп стрмих цеви са великим кораком на излазу из првог канала. Јако хлађено ложиште ради са ниском температуром услед промен-

љиве тачке топљења пепела, те се тиме спречава лепљење шљаке на додирну грејну површину.

У хоризонталном спојном делу између првог и другог канала налази се троделни прегрејач паре. Температура прегревања паре регулише се хладњаком уграђеним у добош.

У другом гасном каналу смештен је економајзер и загрејач ваздуха. Загрејач ваздуха је из два дела између којих је смештен економајзер; примарни дводелни загрејач ваздуха је кутијаста а секундарни је цеваста.

После загрејача ваздуха гасови поново скрећу на горе, пролазећи кроз циклоне и два ексаутора одлазе у лимени димњак.

Шљака и пепео из левкова ложишта доспевају у сабирни канал. Из овог канала они се испирају водом и одводе у корита за смештај поред складишта угља.

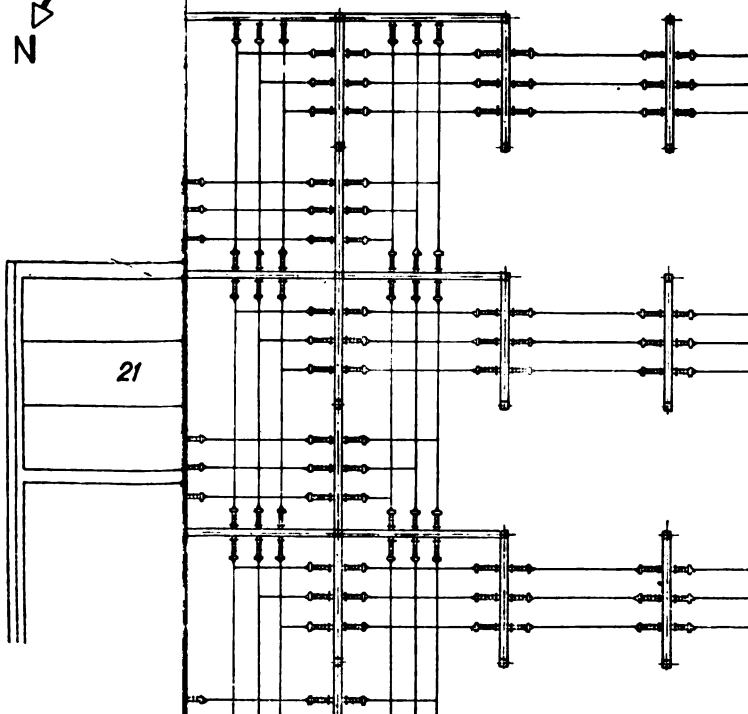
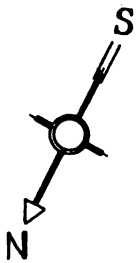
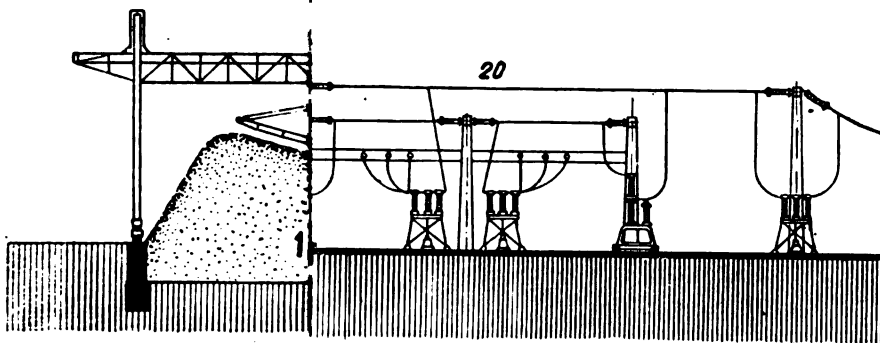
Карактеристике примењених котлова су следеће:

| димензија | оптерећење нормално | оптерећење максимално |
|---------------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| продукција паре t/h | 56 | 72 |
| радни притисак atü | 39 | 39 |
| температура паре на излазу из прегрејача °C | 450 | 450 |
| температура воде за напајање °C | 140 | 140 |
| степен искоришћења % | 86 | 85 |

Диспозиција постројења је једноставна, ток производње је праволиниски. Котларница је једноредна, координациони број котлова и турбина је један. Положај турбина у односу на котлове је у облику слова Т. За сада су уграђена два агрегата, а предвиђено је проширење до четири.

Из приложене топлотне шеме види се да су за свака два котла предвиђене три пумпе за напајање. Две пумпе су са електричним погоном и свака има капацитет 112 t/h при притиску 51 atü и $n=2950$ o/min. Свака од ових пумпи може снабдевати оба котла при нормалном оптерећењу. Трећа, резервна пумпа гоњена је парном турбином са противпритиском. Ова пумпа има капацитет 224 t/h те је у стању да замени прве две пумпе. Предгрејавање воде врши се у два ступња: први ступањ помоћу излазне паре из кондензаторског ејектора турбине а други ступањ помоћу излазне паре турбине за погон, пумпе за напајање и другог одвода из главне турбине. Испаривач додатне воде ради помоћу одузимања из главне турбине.

Резервоар сирове воде у исто време је и одгазивач. Карактеристично је да код ове



ајање са
иззатори,

и вели-
и тур-
тичним
главног
изгнута

дела
главном
еличне
вучу и

реше-
оелек-
единих
то за-
произ-
их на-
а обра-

Rund-

1. Складиште угља, 8. елеватори, 9. развод угља над котловским бујем, 17. турбогенератори, 18. електрична просторија електричне контроле

Нал
ни цен
помоћу
колосеј

Отв

100 X
угљем
празне.
мадима
на вел
растура
ну по
могућна
дробље
ди у чи
љења,
Овако
траке и
бункери
пет, ук
угаљ у
помоћу
убацује
а из ов
другог
мосног
и самог
рање у
траке з
степен

Вода

узиа се
зајажен
око 56.0

Расп

сагс

вла

пеп

сум

Ні

Прем

атације

лове за

слова П

ла, са €

Чети

за млев

угља се

циркули

померља

вима. I

гориво,

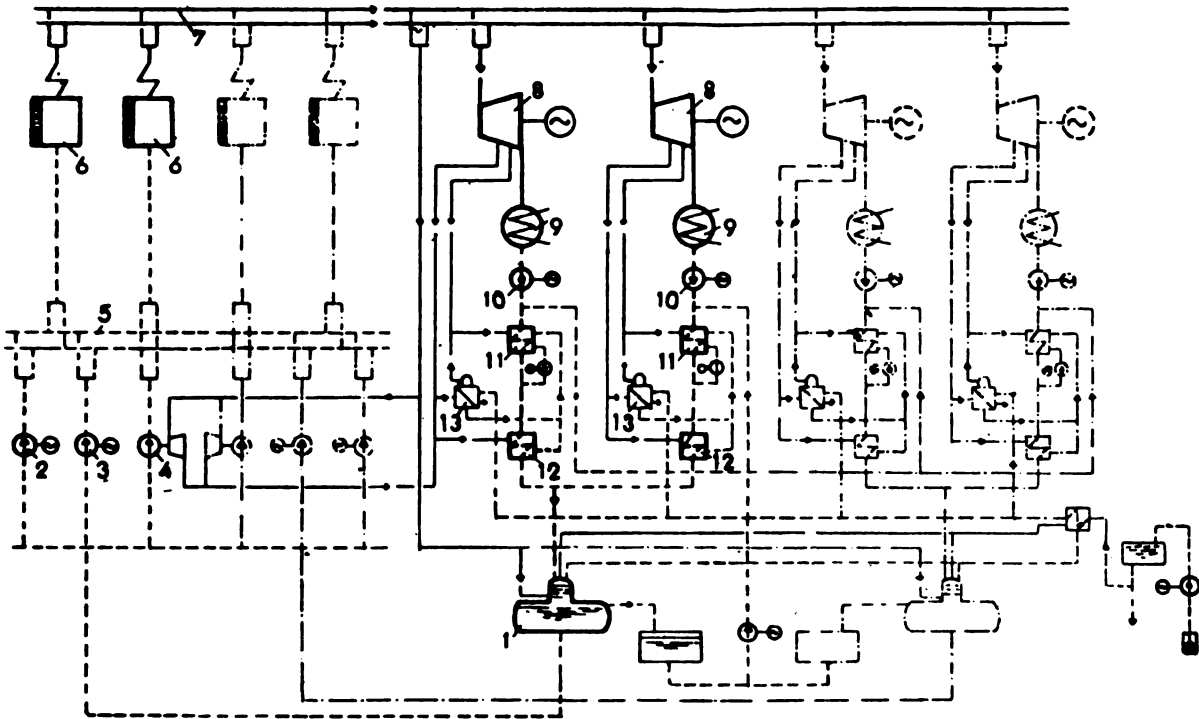
туално

Доди

стрмих

из прво

ди са н



Сл. 310 — Топлотна шема постројеља Т Е „Puentes de Garcia Rodriguez“

1. Резервоар воде за напајање 2, и 3. пумпе за напајање са електричним погоном, 4. резервна пумпа за напајање са турбинским погоном, 5. сабирни водови воде за напајање, 6. парни котлоа, 7. пароводи, 8. парне турбине, 9. кондензатори, 10. пумпе за кондензат, 11. први предгрејач, 12. други предгрејач, 13. испаривач

централе није предвиђено припремање воде пошто је вода из реке Еуме веома мека.

Ток воде и паре очигледан је из приложене шеме. Знатна пажња је обрађена аутоматизацији регулисања котла. Аутоматски се регулишу: напајање, температура прегревања, вакум у ложишту, притисак паре у одгазивачу. Изведена инсталација ради на принципу уљне регулације.

Турбине су кондензационе са проточним хлађењем кондензатора фабриката Escher Wyss AG. Снага турбина је 16.000 KW. На четкицама генератора при $n = 30.000 \text{ } \omega/\text{min}$. Стање паре испред турбине је $p_1 = 35 \text{ atü}$ $t_1 = 435$. Турбине су једнооклопне са два одвода паре. Генератори су са ваздушним хлађењем, снаге 20000 KVA при $\cos. \varphi 0,8$ и раде са напонем 6.500 V, $H_2 - 50$.

Трансформатори су на отвореном простору и дају високи напон од 132 KV.

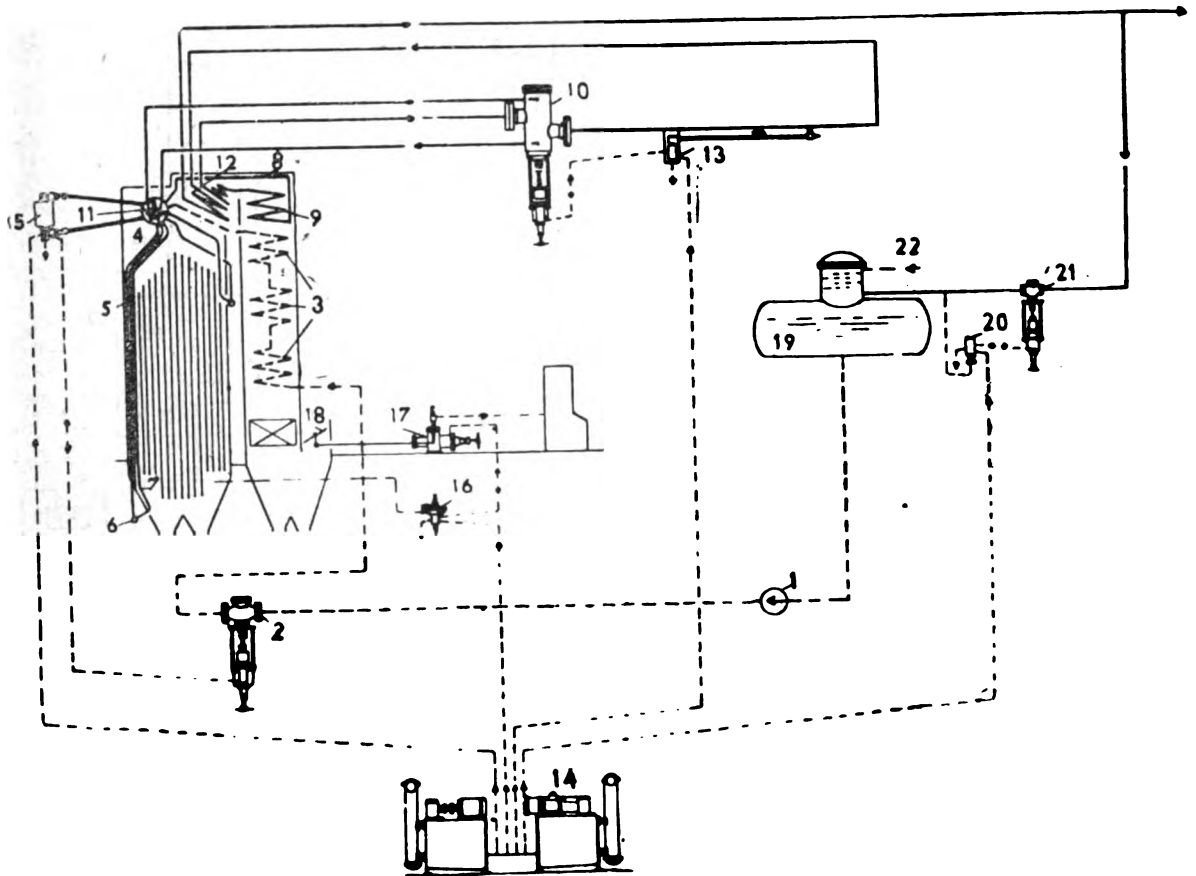
Зграда је решена у паралелним армирано-бетонским трактovima. То је изразита комбинација скелетног система са оквирним,

како се то обично и чини у зградама великих термоелектрана. Котловска сала и турбинско одељење премошћени су челичним кровним решеткама. Вентилација главног радног простора котловске сале постигнута је преко кровне лантерне.

Армирано-бетонски скелет задњег дела котловске сале, супротно према главном фронту опслуживања, носи тешке челичне димњаке и постројења за вештачку вучу и пречишћавање продуката сагоревања.

Са чисто архитектонског гледишта решење претставља сасвим нормалну термоелектрану са тривијалним низањем појединих одељења једно уз друго, онако како то захтева поставка праволинијског тока производње. Спољно обликовање нема неких нарочитих квалитета осим интересантна обрада калканских отвора котловске сале.

(Технички подаци узети из Technische Rundschau Sulzer бр, 3, 1950).



Сл. 311 — Шема тока воде и паре са регулацијом за ТЕ „Puentes de Garcia Rodruguez“

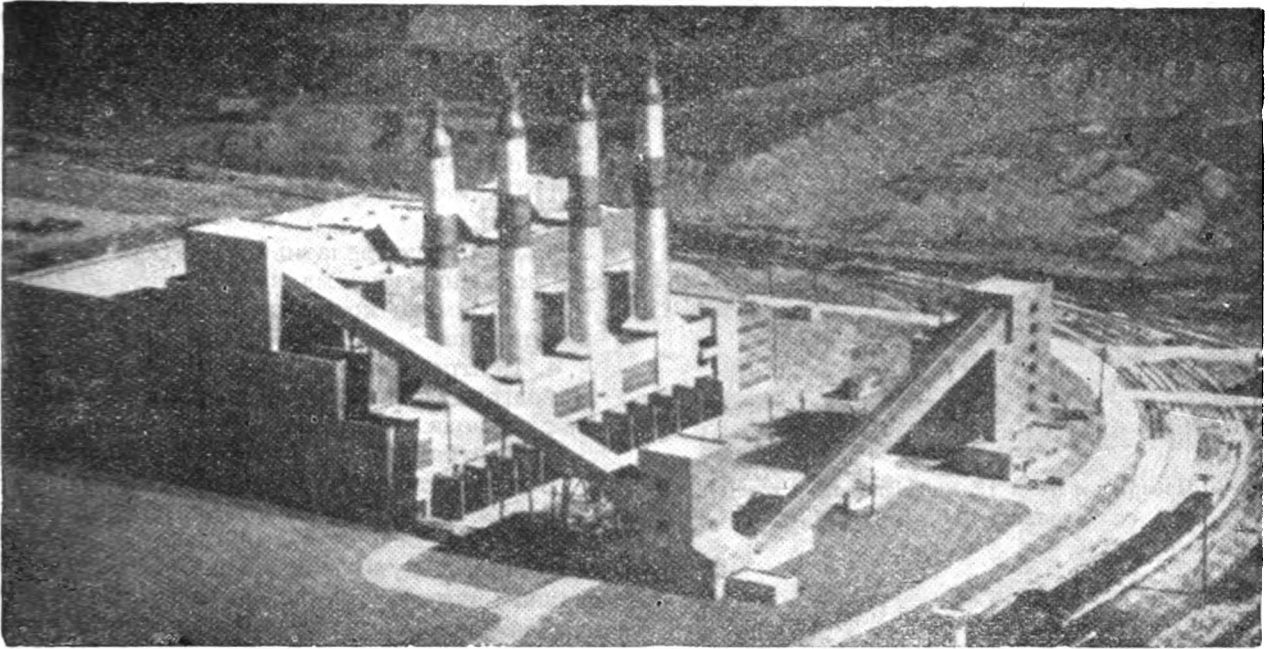
1. пумпе за напајање, 2. вентил за напајање, 3. економајзер, 4. котловски добош, 5. цеви са циркулацијом на доле,
6. доњи колектор, 7. цеви са циркулацијом на горе, 8. плафонске расхладне цеви, 9. примарни прегрејач паре, 10. тро-крака славина, 11. хладњак паре, 12. секундарни прегрејач паре, 13. термостат, 14. централни развод уља за регулисање,
15. регулатор нивоа воде, 16. диференцијални манометар са релеом за регулисање промаје, 17. серво мотор димног пригушивача, 18. димни пригушивач, 19. резервоар воде за напајање, 20. реле за регулисање притиска на одгасивачу,
21. регулациони вентил довода паре у одгасивач, 22. повратак кондензата

ПРИКАЗ 22

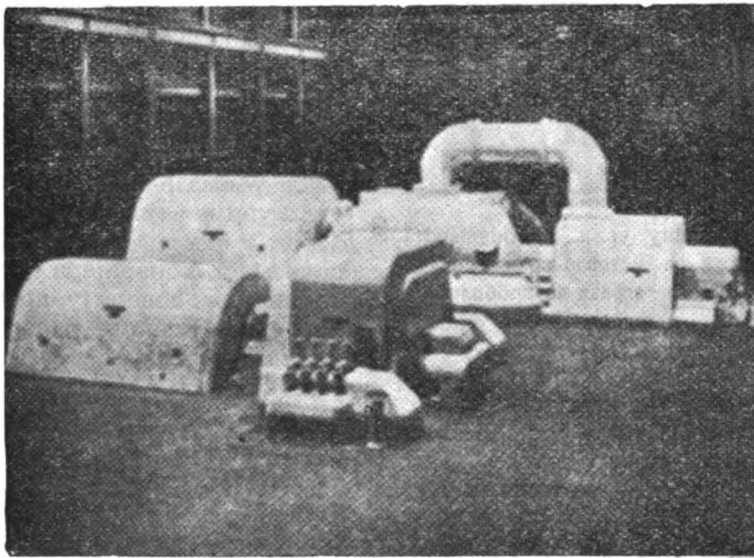
Ово је ТЕ Ridgeland са котловима са циклонским предложиштима. Објекат је подигнут на пловном санитарном каналу Чикага. Из овог канала се добија расхладна вода за кондензаторе турбина. Угаљ се из централног

Illinois-а доводи до централе железницом или шлеповима.

Крајњи капацитет централе ће износити 600000 KW. Осам котлова са циклонским предложиштима, капацитета од по 330 t/h



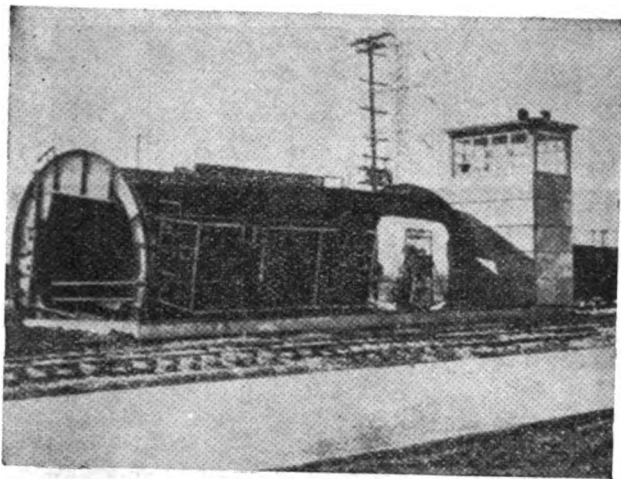
Сл. 312 — Спољни изглед термоелектране Ridgeland



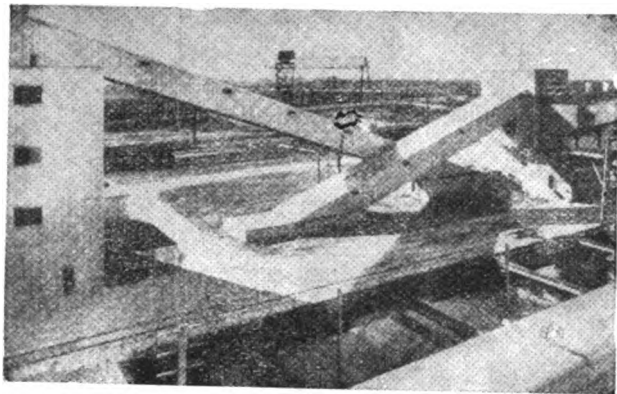
Сл. 313. — Изглед компаунд турбине од 150.000 kw Т Е Ridgeland

паре снабдевају четири компаунд турбинска агрегата од по 150.000 KW. Први део централе који је у току изградње чине четири котла и два турбоагрегата. Припремни радови за изградњу отпочели су августа 1947 године. Прва јединица са одговарајућа два котла пуштена је у погон 29 октобра 1950 године. Друга, која је у изградњи, исте снаге, биће

пуштена 1951 године. Трећа јединица, чија је изградња одобрена, моћи ће да се изгради тек пошто се зграда прошири. Предвиђа се да ће трећа јединица бити пуштена у погон 1953 год. Остале јединице ће бити веће, са по шест циклона. ($D_1 = 500 \text{ t/h}$, $p_k = 128 \text{ atü}$, $t_s = -565,6 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_s = -537,8 \text{ }^\circ\text{C}$.)



Сл. 314 — Превртач вагона TE Ridgeland за истовар вагона од 100 t



Сл. 315 — Изглед уређаја за допрему угља TE Ridgeland У позадини се види мосни кран за истовар из шлепова, а у предњем плану истоварно место, зграда за дробилице и део силоса за угљ

Основом постројења се не располаже, а из приложене фотографије објекта може се закључити да је исти изграђен у блоку, да је котларница једноредна, да се котловски бункери за угљ налазе између котларнице и турбинске сале и да је распоред турбина и котлова паралелан. Координациони број котлова према турбинама је 2, за изграђени део, а за будуће је 1, односно блок систем. Паралелан распоред котлова и турбина могуће је било остварити при координационом броју два, на тај начин што су код компаунд турбине блокови и високог и средњег са ниским притиском постављени међу собом паралелно. Једном котлу по заузимању површине одговара високи притисак турбине са својим електрогенератором, а другом котлу одговара средњи притисак са ниским притиском и одговарајућим електрогенератором.

Процес произвођења паре и електричне енергије је праволиниски али су смерови супротно оријентисани. Ово је изазвано постављањем бункера за угљ између котлова и турбина.

Као карактеристике и новине код ове ТЕ могу се навести следеће тачке:

1. Примена алуминијума у конструкцији зграде.
2. Димњаци, релативно кратки, са великим излазним брзиманама.
3. Примена котла са циклонским предложиштима.
4. Централизована контрола котлова, турбоагрегата, помоћних уређаја и електричног развода.
5. Централна контрола за руковањем уређајем за допрему угља.

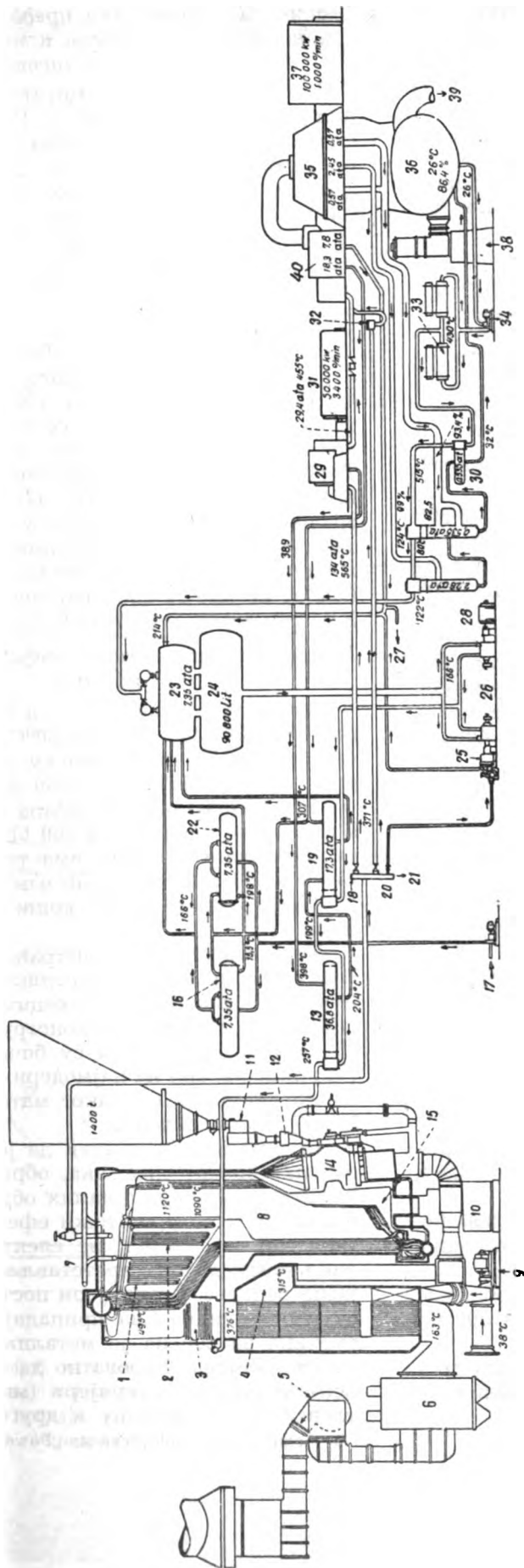
Довоз угља врши се железницом или шлеповима. Вагони од 100 тона истоварују се помоћу уздужног извртача. Процес превртача вагона траје 95 секунди. Истовар из шлепова врши се помоћу захватача (грајфера) од 7,5 тона који је постављен на порталној дизалици. Отворено складиште угља капацитета 325.000 тона, које опслужује мосни кран распона 82 m, може да прими угљ доведен шлепом или вагонима. Дробљење угља врши се у два ступња; вагона на превртач врши се помоћу моторног у првом ступњу угљ се доводи на комаде од 3 m/m, а у другом ступњу помоћу дробилице са чекићима на 0,85 m/m. Са складишта се угљ узима захватачем (грајфером) или булдогером и односи до левка у нивоу терена изнад подземног конвојера. Даље се угљ помоћу конвојера доводи у дробилице и преноси у котловске бункере капацитета од по 1400 тона, или се шаље у силосе за припремљени угљ.

Предвиђа се да ће специфична потрошња топлотне енергије код ове централе износити око 2570 kcal/KWh, а да ће искоришћење котлова бити 87,5% при укупном утрошку снаге за помоћне уређаје од 7%.

Поред поменутог угља као гориво за котлове може се користити и природан гас или мешавина гаса и угља, и то при оптерећењу котлова као комбиновано ложење а при ниском оптерећењу као самостално гориво.

Шљака се после гранулације и млевења одводи хидраулично са ниским притиском до једнога шахта ван централе из кога се помоћу захватача подиже у силосе, а из ових се одводи вагонима или камионима.

Конструкција примењених котлова види се из цртежа на слици бр. 40. Сваки котло



Сл. 316 — Топлотна шема Т Е Ridgeland (котлови са цикловским предложишима) 1. примарни прегрејач паре, 2. секундарни прегрејач паре, 3. економизер, 4. загрејач ваздуха, 5. ексклаустер, 6. електрофилтар, 7. регулатор прегрејаности паре, 8. секундарна комора — расхладна, 9. вентилатор за доњу промају, 10. гранулициони суд, 11. вага за угаљ, 12. напач за угаљ, 13. предгрејач бр.5, 14. цикловско предложиште, 15. примарна комора — топлона, 16. испаривач, 17. вод од уређаја за припремање горива, 18. вод ка јединици бр.1, 19. предгрејач бр.4, 20. главни парни сабирник, 21. вод за будуће јединице бр.3 и 4, 22. испаривач, 23. одгазивач који служи и као предгрејач, 24. резервоар за воду, 25. турбински погон пумпе за напајање котла, 26. пумпе за напајање котла, 27. вод ка уређају за припремање воде, 28. Електро мотор за покретање пумпе за напајање котла, 29. турбина високог притиска, 30. дренажни хладњак, 31. електрогенератор турбине високог притиска, 32. пригушни вентил, 33. ејектор, 34. пумпа за кондензат 35. турбина ниског притиска, 36. кондензатор, 37. електрогенератор турбине средњег и ниског притиска, 38. прикључак за доводни, канал 39. прикључак за одводни канал, 40. турбина средњег притиска

има четири циклонска предложашта. За пречишћавање излазних гасова постављени су електрофилтри који дозвољавају око 6 грама летећих делова по кубном метру гаса. Висина димњака износи свега 65 m, услед тога што се централа налази око 3 km од аеродрома. Димњаци имају на врху нарочите млазнице. Брзина гасова на излазу из њих је око 36 m/s (при пуном оптерећењу котла).

Главне карактеристике котловз

| | |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Нормална продукција паре | $D_1 = 330 \text{ t/h}$ |
| Максимална продукција паре | $D_1 = 350 \text{ t/h}$ |
| Радни притисак | $p_k = 133 \text{ atü}$ |
| Температура прегрејане паре | $t_s = 565,6^\circ\text{C}$ |
| Грејна површина котла | $A_k = 2060 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина прегрејача паре | $A_s = 4150 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина економизера | $A_E = 1300 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина загрејача ваздуха | $A_L = 14300 \text{ m}^2$ |
| Запремина ложишног простора | $V_R = 1030 \text{ m}^3$ |
| Топлотно оптерећење запремине ложишног простора | $\frac{Q_1}{V_R} = 237.000 \text{ kcal/m}^3\text{h}$ |

Два ексаустора капацитета по 5.500 m^3/min . са притиском око 400 mm W.S при температури гаса од 180°C . Погон ексаустора врши се моторима од по 1500 KW, $n = 800 \text{ o/min}$., 450 v, три фазе, $\text{Hz} = 60$.

Два вентилатора за доњу промају капацитета по 3200 m^3/min ., са притиском 1500 mm WS при нормалној температури улазног ваздуха. Погон вентилатора врши се моторима од по 1000 KW, $n = 1700 \text{ o/min}$., 4000 v три фазе, $\text{Hz} = 60$.

Дувачи чађи раде са компримованим ваздухом од 35 atü.

Главне карактеристике уређаја за допремање угља

Мосни кран распона 86 m, капацитета 800 t/h, са захватачем од 7,5 t.

Витло за привлачење шлепова са брзином привлачења 6 m/min ., максимална вуча 11,3 t, мотор за покретање од 7,46 KW.

Један истоваривач по складишту.

Утоваривач шлепова (складиште ове централе снабдева угљем и друге објекте).

Превртач вагона од 100 t.

Витло за привлачење вагона, брзина привлачења 12 m/min ., максимална вуча 12,5 t, мотор за покретање 22,7 KW.

Тракасти конвојери, капацитета 800 t/h, брзина кретања 152 m/min ., ширина траке 1480 mm.

Две дробилице за први ступањ дробљења, Брадфорске са чекићима, капацитета 500 t/h дробе угља на величину 3,2 mm.

Четири дробилице за други ступањ дробљења капацитета 250 t/h дробе на величину 0,85 mm.

Две колске ваге.

Главне карактеристике уређаја за одвођење шљаке, летећег пепела и пречишћавање излазних гасова

Електрофилтар капацитета 11.000 m^3/min при температури гасова од 180°C , са коефицијентом корисног дејства од 80%.

Одвођење наталожених летећих делова из левкова врши се аутоматски помоћу хидро-млазног система капацитета 15 t/h.

Одвођење шљаке врши се помоћу хидро-млазног система капацитета 50 t/h. Кран за вађење пепела и шљаке из шахта са захватачем од 2,5 m^3 .

Главне карактеристике турбо генератора

Компаунд турбина снаге 150.000 KW са притиском паре на улазу 126 atü, и прегрејаношћу $565,6^\circ\text{C}$ састоји се из турбине високог притиска са 14 елемената, $n = 3600 \text{ o/min}$. Турбина покрете електрогенератор од 50.000 KW при $\cos. \phi = 0,85$, kv, $\text{Hz} = 60$. Турбин-средњег и ниског притиска, у два оклопа, везане су за једну осовину, имају 37 елемената и раде као тандем компаунд, $n = 1800 \text{ o/min}$. Оне су везане за електрогенератор од 100.000 KW при $\cos. \phi = 0,85$, 13,8, kv, $\text{Hz} = 60$.

Главне карактеристике уређаја за напајање котлова

Две пумпе за напајање са 10 ступњева капацитета 360 t/h, воде од 60°C . Радни притисак пумпи 170 atü. Пумпе су покретане моторима од 2,500 KW, $n = 3550 \text{ o/min}$.

Једна хоризонтална пумпа за напајање са 9 ступњева, капацитета 360 t/h, воде од 60°C , са притиском 170 atü, има турбински погон снаге 2,500 KW, $n = 3550 \text{ o/min}$.

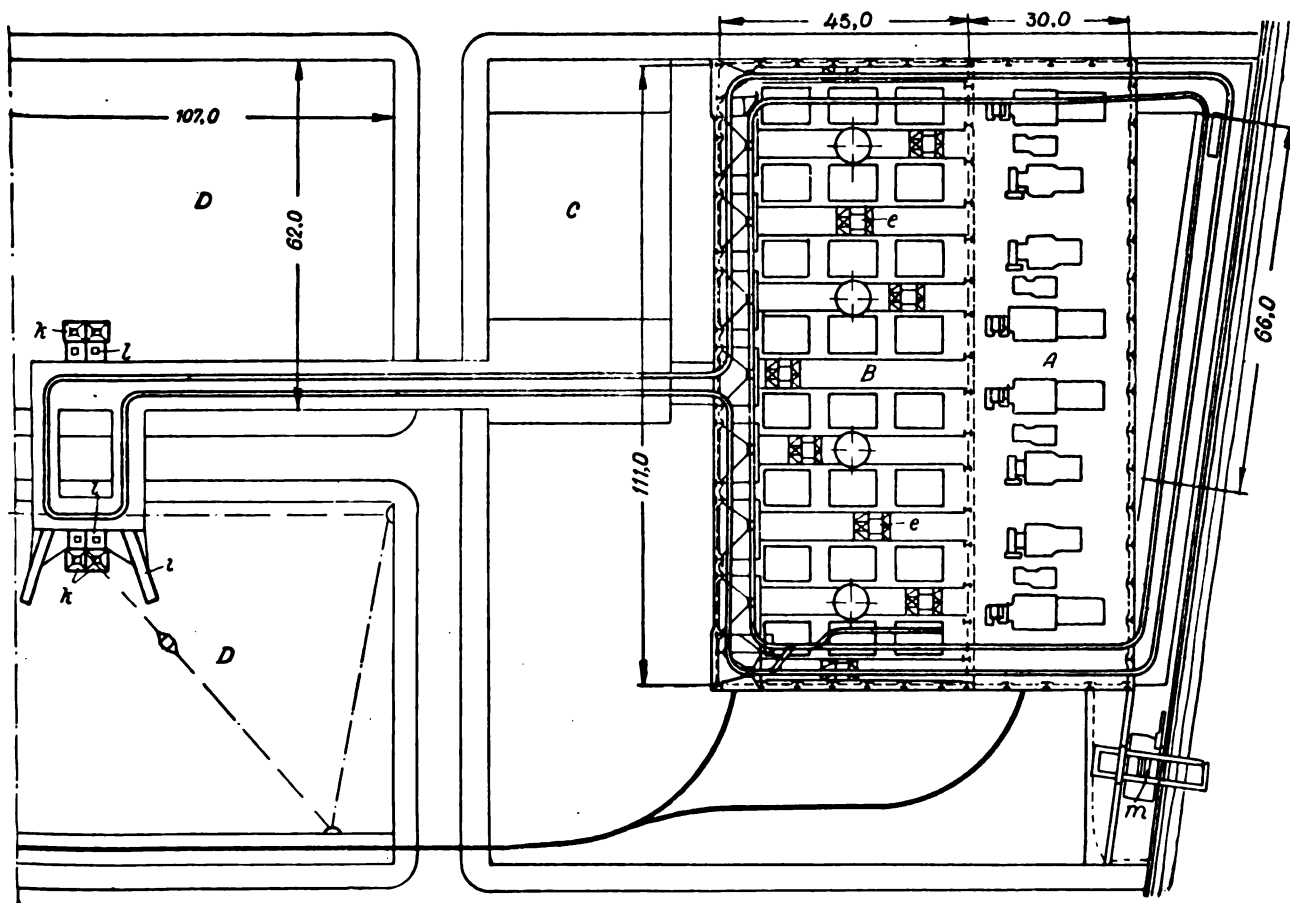
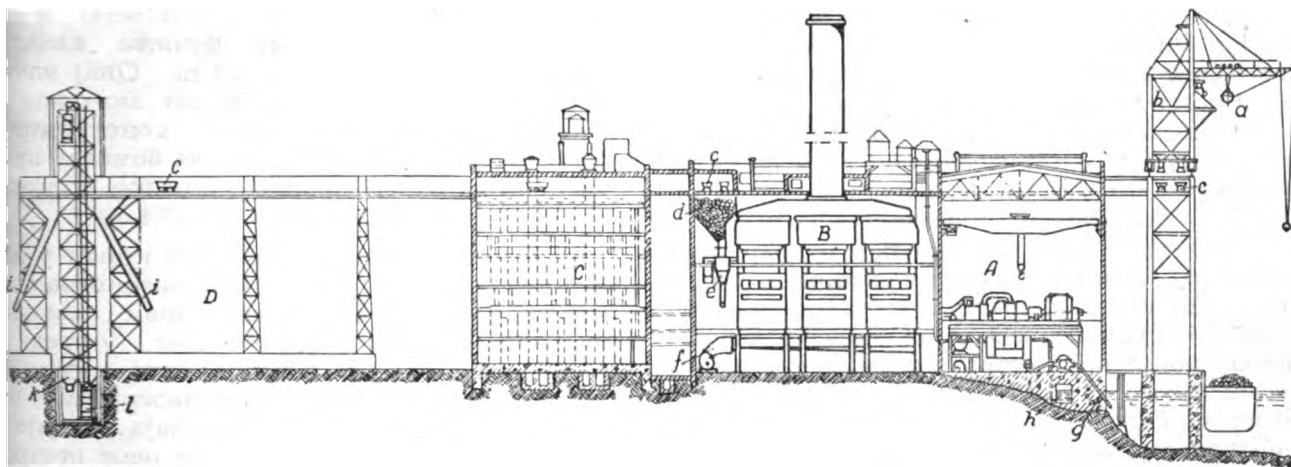
Предгревање воде врши се у пет ступњева.

Термоелектрана је изграђена у блок систему са паралелним трактовима. Нисмо располагали основама и пресецима да би могли описати грађевински конструктивни склоп. Познато је само то да су бочни зидови котларнице рађени на најмодернији начин градње са испунама од лаког материјала у алуминијумском склопу.

Вредно је напоменути да је врло интересантна обрада димњака, обрада на коју се ретко наилази код осталих објеката. Употребљени су и колористички ефекти. Посматрајући спољни изглед ове електране може се закључити да она претставља врло чисто и јасно решење. Ентеријери постројења рађени су једноставно. Сва припадајућа арматура турбина затворена је металним кутијама и светло обојена. Вероватно да су слично рађени и остали ентеријери (мисли се на котловску салу, пумпну и друге).

(Технички подаци узети из „Power, Април 1950)

ПРИКАЗ БР. 23



Сл. 317 — Т Е Helt Gate — основа и пресек

А. турбинска сала, В. котларница, С. разводно постројење, Д. складиште угља, а. захватач за угља, б. прихватни левак за угља код крана, с. горња пруга, д. сабирни бункер — главни котловски бункер, е. покретни бункер са вагом, ф. вентилатор за доњу промају, г. довод раскладне воде, х. одвод раскладне воде, и. цеви за истовар угља на складиште, к. истоварни левак, л. дизалица за вагоне са угљем, м. мосни кран за пепео и шљаку

Овај објекат, TE Hell Gate, мада стар, приказује се јер се он сматра првим крупнијим кораком у изградњи термоелектричних постројења у Северној Америци. Подигнут је на Ест Риверу код Њујорка 1921. Прва етапа изградње износила је 150.000 KW, док је плафон истог постројења 300.000 KW.

Довоз горива је воденим путем. Истовар шлепа врши се грајфером; он га убацује у бункер на крану. Одатле, помоћу вагонета на високо постављеним шинама (на коти 30 m над тереном), гориво се одвози у бункере котларнице. Вагонети се вуку челичним ужетом у бескрајном ланцу. Из котларничког бункера врши се расподела угља по котловима помичним левковима са аутоматском вагом. Уколико се угаљ из шлепа односи на отворено складиште иза котларнице, онда се он транспортује истим оним вагонетима на високо постављеним шинама до нарочитих левкова, који га изручују на терен. По складишту се разастире скрепетром са две покретне тачке. Са складишта гориво се на следећи начин допрема до котларнице: скрепером до прихватног шахта са левковима за пуњење вагонета, лифтом се издиже на коту 30 t/h изнад терена и поменутим горњим шинама до котларничких бункера. Капацитет уређаја за допрему угља је 250 t, а складишта 100.000 t.

Отстрањивање пепела врши се водом са ниским притиском (испирање канала водом) до шахта, одакле се утоварује у шлепове порталним краном. Издвајање летећег пепела врши се центрифугалним издвајачима. Овај продукт сагоревања одводи се пнеуматски до главног канала за одвод шљаке и пепела.

Котларница има 24 котла сврстана у три реда тако да су по шест везани на један димњак. Грејна површина агрегата је 1760 m². Опремљени су са близним Тајлоровим решеткама. Имају подеоне коморе са три гасна канала. Немају економајзере. Конструкција котла вертикално је артикулисана.

Конструкција зграде је решена челичним, необично тешко статички оптерећеним ок-

вирима. Овако велико оптерећење произа је из тога што су сви котлови (добов цевни систем) постављени на конструктивни систем зграде. То је исто учињено и ексаусторима, сабирним димним каналама и димњацима висине 50 m. Овај на постављања димњака на објекат захтева специјално ојачање челичне конструкције како би она успешно парирала бочним и тисцима ветра. (Површина димњака изложена притиску ветра износи $4 \times 384 \text{ m}^2$).

Објекат је значајан као први корак у њој градњи котларница типа високоград. Вероватно да се овде јавио први основни узрок изградње по висини због уштеде градским теренима. Касније, овај начин сугерирао котловским конструкторима склоп котлова и помоћних уређаја развијено по вертикали, што се већ и код овог постројења довољно примећује. Услед старијег типа котла, вертикална артикулација није гла бити у потпуности спроведена; кота подеоним коморама и неекранисаним лоштем не може се извести са једним каналом.

Капацитет је поставио механизацију неминовну, која је склопљена из толико зних транспортних елемената да се не би гла сматрала целисходном. Угаљ има претовара од довозног сретства до места трошње-котла; уколико не иде преко складишта. Ако се са складишта употребљава риво онда постоји десет претоварних места што у ствари значи да при овом систему није била могућа аутоматизација транспорта.

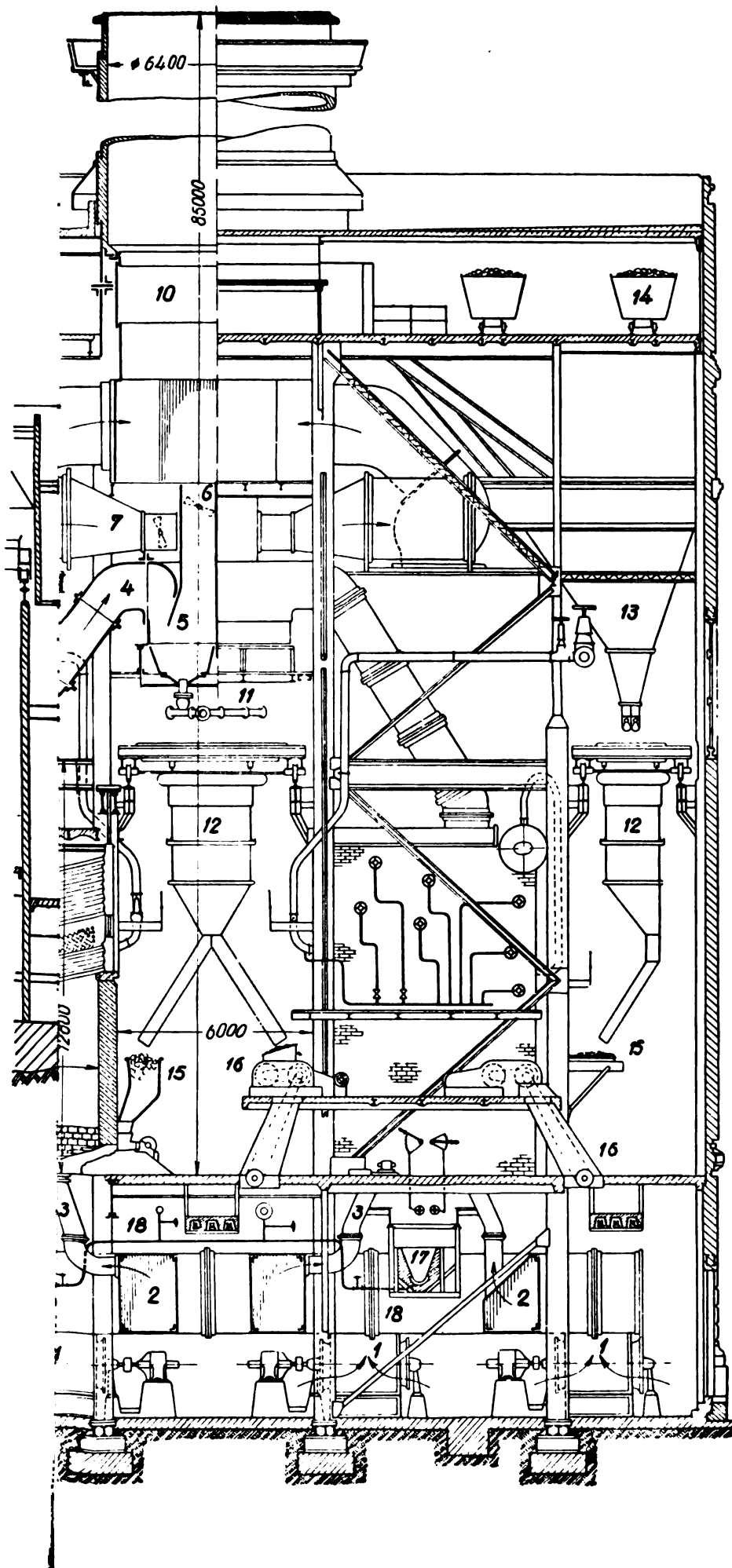
Са архитектонског гледишта објекат је све оне квалитете, позитивне и негативне индустријских објеката грађених одмах по завршетку првог Светског рата. Треба наменити да су у овој котларници вршена и питања са разним новим котловским конструкцијама, т.ј. да она за Америку има и онај значај који има за Европу Клингенбергова електрана у Немачкој.

(Технички подаци узети из Bau grosser Elektrizitätswerke од Клингенберга и из Kesselanlagen für Großkraftwerke од Dr. Минцигерга)

ПРИКАЗ БР. 24

Приказана је индустријска котларница за једно предузеће за израду синтетичких боја и фармацеутских производа. Наместо старих

В & W котлова $D_1 = 6,8 \text{ t/h}$, $p = 13 \text{ atü}$, постављена су два нова котла следећих карактеристика:



не зашти-
Свод за
од за до-
њих екра-
за сагоре-
врши се
ју две вр-
по слоје-

арници је
а котлар-
При про-
и постав-
м са јед-
ритиском
површине
ћају, како
у случају
ком. Сада
ности по-
а потребе

челичног
д котлар-
је анекс,
мање воде

зграда је
Парсенова
другог чи-
и на гор-
бетонском
ада. Дим-
плова, ви-
снови од

пнеумат-
за ситан
максимал-
10%. Пне
на капак
котлов-
анспортер
зина овог
за угља
00 t угља
воструки,
слојеви-
парације
роличном
кокс има
l/kg.

и се по-
ду и по-
у и пе-
Угаше-
0 mm од-
даље од-

Овај об
казује се
кораком у
стројења :
на Ест Ри
изградње
фон истог

Довоз
шлепа вр
бункер на
високо по
над терен
тларнице.
том у бес
бункера в
вима пом
вагом. Уко
отворено с
он трансп
високо по
левкова, к
дишту се
кретне та
следећи на
пером до
пуњење ва
30 t/h изн
нама до к
уређаја за
100.000 t.

Отстра
ниским пр
до шахта,
порталним
ла врши
Овај прод
ски до гле
пела.

Котла
реда тако
димњак. Г
Опремљен
шеткама.]
канала. Н
котла вер
Констр
необично

Приказ
једно пре
и фармац

| | |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| вбрикат | Foster Wheeler |
| тип котла | дводобошни, стрмоцевни са потпуно екранисаним ложиштем |
| максимална продукција паре | $D_1' = 25,40 \text{ t/h}$ |
| рејна продукција | $D_1' = 20,40 \text{ t/h}$ |
| економична | $D_1'' = 15,40 \text{ t/h}$ |
| водни притисак на излазу из добоша | $p_k = 50 \text{ atü}$ |
| водни притисак на излазу из прегрејача | $p_k' = 45 \text{ atü}$ |
| температура прегрејане паре | $t_s = 343, 30^\circ\text{C}$ |
| рејна површина котла | $A_k = 600 \text{ m}^2$ |
| зрачена површина крана | $A_o = 135 \text{ m}^2$ |
| садашња површина прегрејача паре | $A_s = 66,5 \text{ m}^2$ |
| температура прегрејане паре при повећаној површини прегрејача | $t_s' = 415,55^\circ\text{C}$ |
| повећана површина прегрејача паре | $A_s' = 230 \text{ m}^2$ |
| запремина ложишног простора | $V_R = 94,5 \text{ m}^3$ |
| специфично топлотно оптерећење запреминског ложишног простора | $\frac{Q_1}{V_R} = 175\,000 \text{ kcal/m}^3\text{h}$ при трајном оптерећењу |
| површина решетке | $A_R = 17,7 \text{ m}^2$ |
| тежинско оптерећење решетке | $\frac{B_1}{A_R} = 138 \text{ kg/m}^2\text{h}$ |
| калориско оптерећење решетке | $\frac{Q_1}{A_R} = 830\,000 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ |
| коэффициент | $\frac{A_k}{A_R} = 34$ |
| продукција решетке на бази трајног оптерећења | $\frac{D_1'}{A_R} = 1,15 \text{ t/m}^2\text{h}$ |
| температура воде за напајање | 70°C |
| температура загрејаног ваздуха | 140°C |
| топnota калорична моћ примењеног горива | $H_i = 6\,000 \text{ kcal/kg}$ |
| редњи степен искористишења котла | $\eta_k = 84\%$ |
| убитак у излазним гасовима | 12% |
| убитак у несагорелом гориву | 2% |
| убитак услед зрачења | 2% |

Према природи процеса производње у предузећу за коју је постављена ова котларница, котлови раде непрекидно.

Ложишни простор котлова екранисан је бочним, фронталним, задњим и плафонским екранима. Бочни екрани нападају се из доњег добоша преко расхладних греда, а фронтални екрани нападају се спољним циркулационим цевима којима су везана са горњим добошем. Фронтални екрани преко једног колектора настављају се у плафонске екране. Задњи екрани се нападају из доњег добоша.

Бочни екрани су до извесне висине заштићени ливеним плочама „Близард“. Свод за палење није екранисан. Задњи свод за догоревање хлађен је наставком задњих екрана. Решетка је ланчана подешена за сагоревање ситног горива. Довод горива врши се преко два бункера, јер се примењују две врсте горива; мешање горива се врши по слојевима.

Садашњи број котлова у котларници је 2, предвиђа се могућност проширења котларнице и додавања још седам котлова. При проширењу котларнице предвиђа се и постављање турбине са против притиском са једним одводом од $10,5 \text{ atü}$ и против притиском $2,15 \text{ atü}$. Постоји могућност да се површине прегрејача паре на котловима повећају, како би се повећала температура паре у случају примене турбине са против притиском. Сада се производи пара мале прегрејаности пошто се она примењује директно за потребе фабрикације.

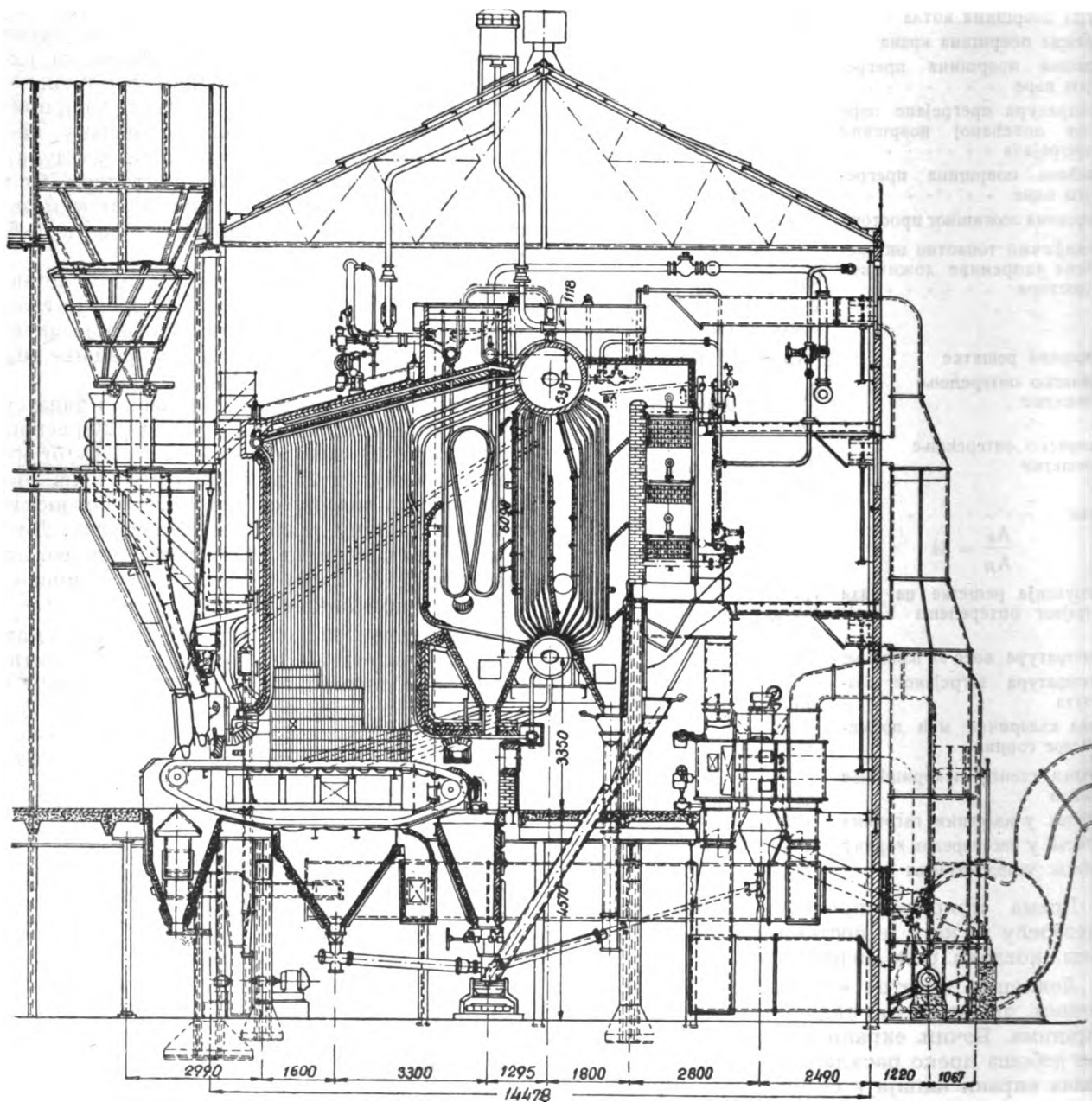
Зграда котларнице изграђена од челичног скелета са испуном од опеке. Поред котларнице на северном крају постављен је анекс, у коме је смештен уређај за припремање воде и пумпе за напајање котлова.

Услед слабе носивости терена зграда је подигнута на шиповима. По два Ларсенова шипа типа 4В, заварена једно иза другог чине дужину од 25 m , побијају се и на горњем делу спајају се армирано бетонском плочом, на коју је постављена зграда. Димњак је постављен на 16 сличних шипова, висина му је 55 m са пречником у основи од $3,05 \text{ m}$ и пречником ушћа $2,28 \text{ m}$.

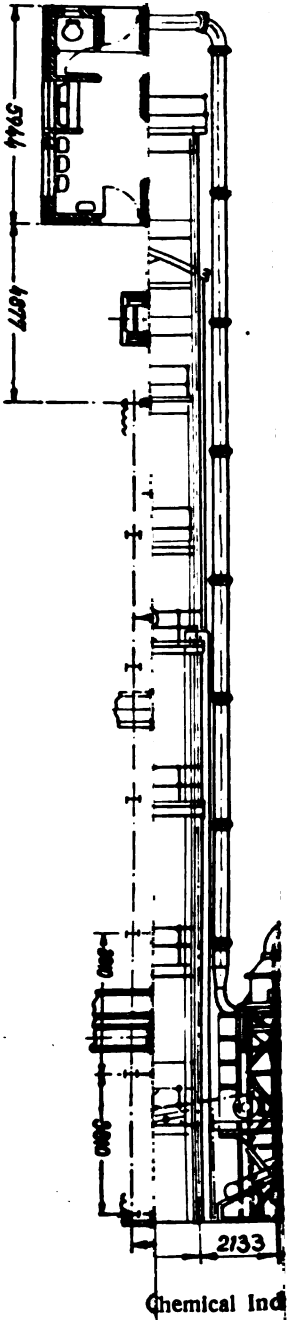
Постројење за допрему угља је пнеуматско, капацитета 35 t/h предвиђено за ситан угљ мале специфичне тежине и максималне крупноће 5 mm , а влажности до 10% . Пнеуматски уређај може се повећати на капацитет од 70 t/h . За развод угља над котловским бункерима служи тракасти транспортер ширине 500 mm и дужине 37 m . Брзина овог транспортера је 105 m/min . Бункери за угљ су дводелни и имају капацитет за 100 t угља и 50 t кокса. Излази из бункера су двоструки, како би се вршило мешање угља по слојевима. Примењени угљ је отпадак сепарације угља Scottish Pearls са доњом кароличном моћи $H = 6\,240 \text{ kcal/kg}$. Примљени кокс има доњу калоричну моћ $H = 5\,100 \text{ kcal/kg}$.

Одвођење пепела и шљаке врши се помоћу транспортера потопљеног у воду и постављеног испод левкова за шљаку и пепео. Капацитет овог уређаја је 5 t/h . Угашени пепео се помоћу косих трака од 600 mm одводи у бункере од 40 t , из којих се даље одводи помоћу вагона.

Предвиђена је потпуна аутоматизација и контрола свих операција код овог котловског постројења.

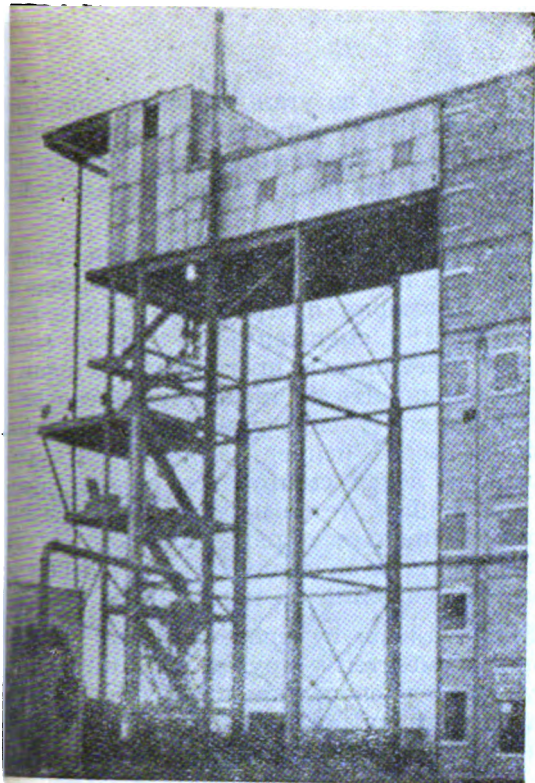


Сл. 319 — Пресек котларнице предузећа Imperijal Chemical Industries Ltd.

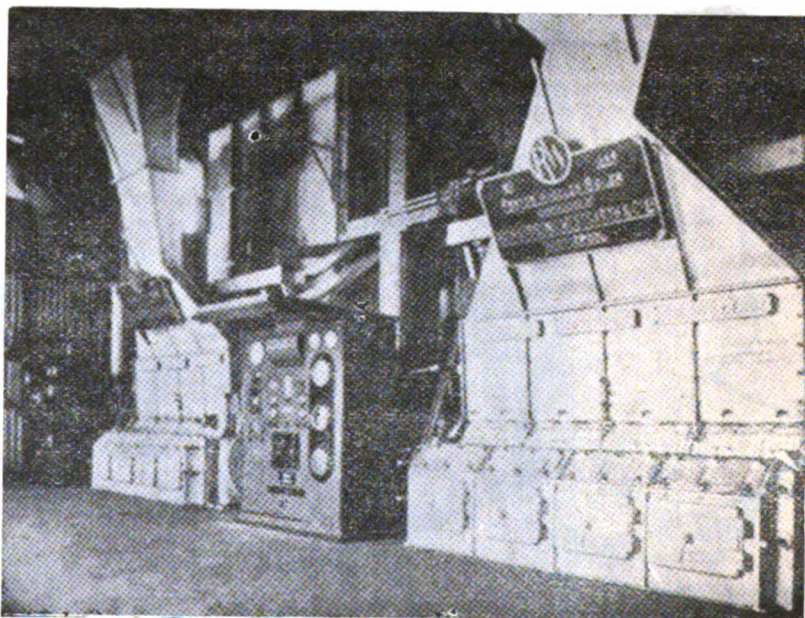


Chemical Ind

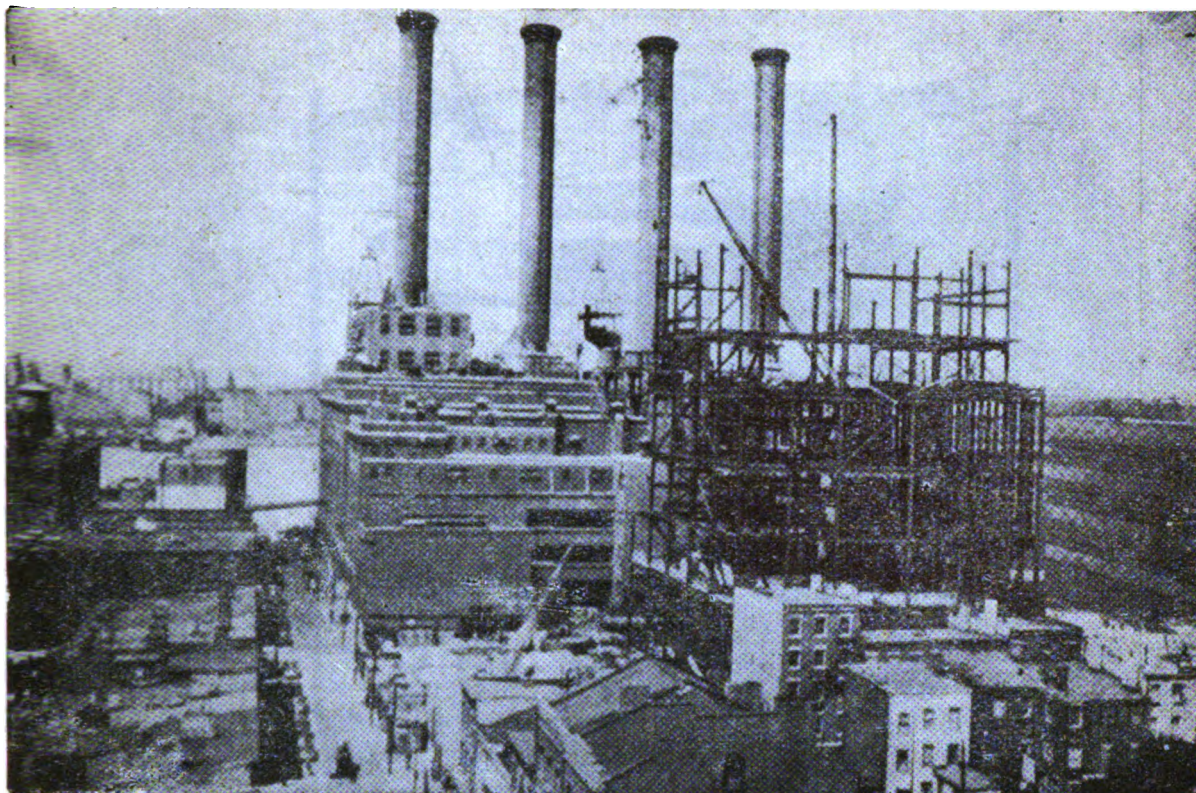
THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS



Сл. 322 — Изглед пнеуматског уређаја за истовар угља за котловско постројење предузећа Imperial Chemical Industries Ltd.



Сл. 323 — Изглед котлова и контролне плоче у котларници предузећа Imperial Chemical Industries Ltd.



Сл. 325 — Изглед Т Е Hudson Avenue Station; у предњем плану види се Annex у изградњи

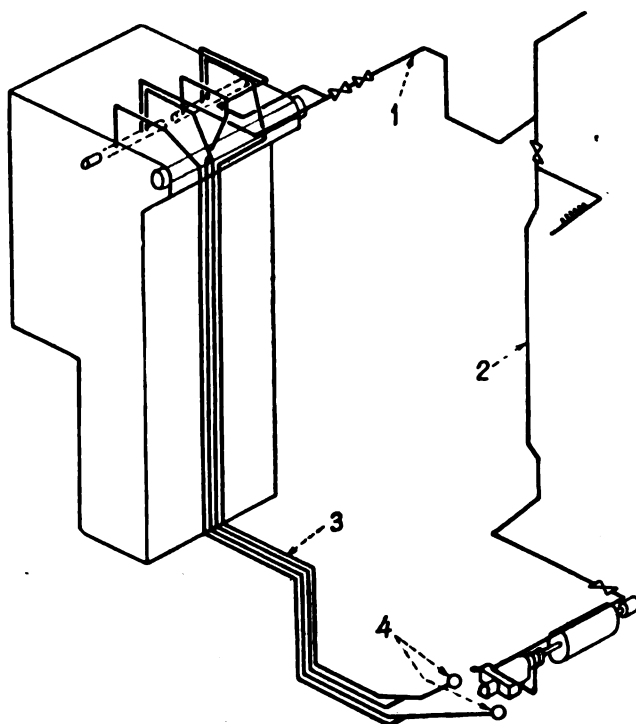
Млинове покрећу електро мотори од по 110 KW, 440 V. Млинске вентилаторе покрећу мотори исте снаге. Два вентилатора за доњу промају, капацитета $5650 \text{ m}^3/\text{min}$, 275 mm W S, покрећу електро мотори од по 330 KW, 440 V, $n = 900 \text{ o/min}$.

Два ексхаустора капацитета по $10.000 \text{ m}^3/\text{min}$ гаса температуре 148°C , 415 mm W S покрећу електро мотори од по 880 KW, 440 V, $n = 600 \text{ o/min}$.

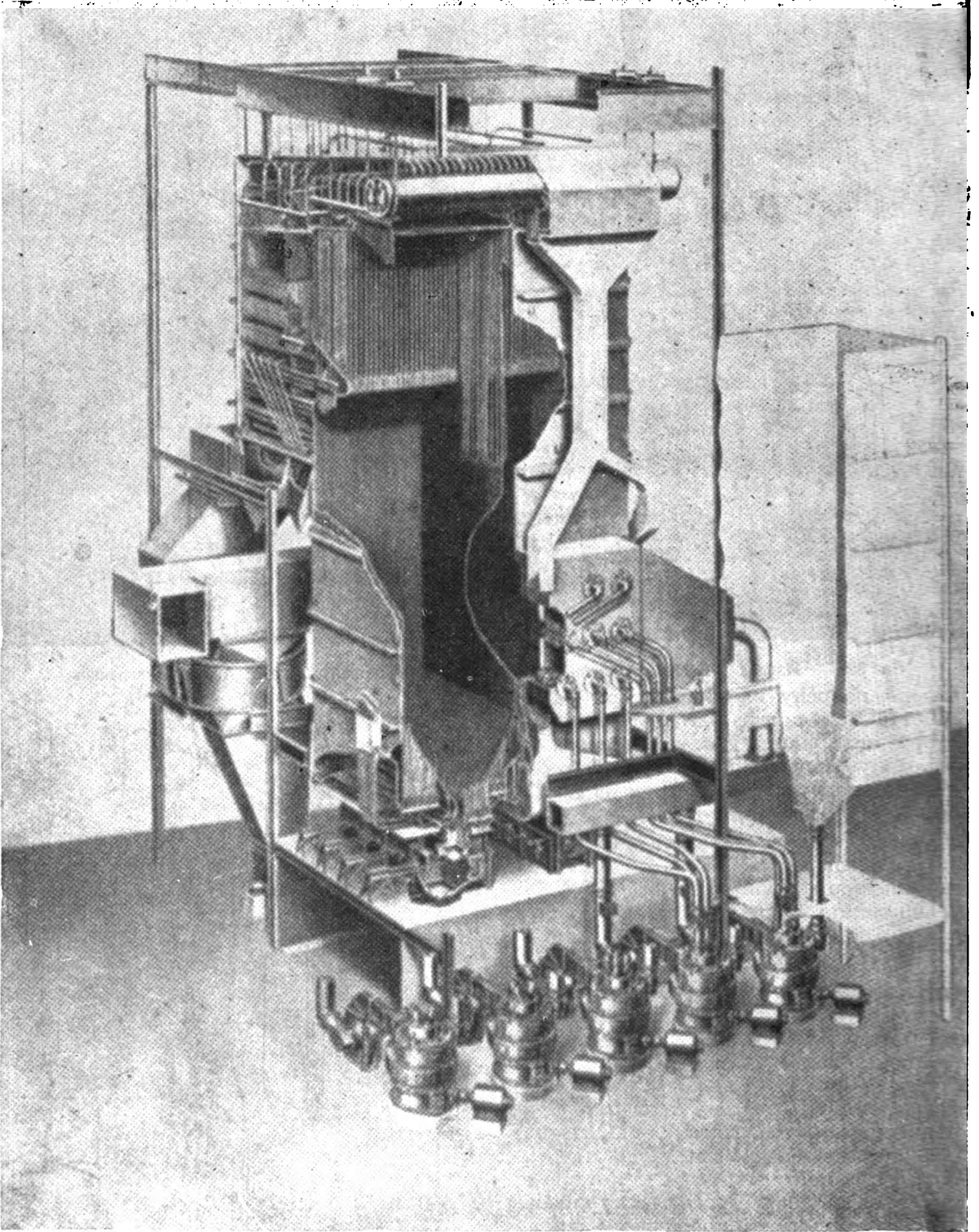
За допрему угља искоришћено је постојеће истоварно постројење на источној реци. Угаљ се из шлепова истоварује дизаличним постројењем и разводи у силосна складишта помоћу система електричних колица. За потребе Annex-а подигнут је још један силос поред оних који служе за стару централу. Од силоса угаљ се доводи у котловске бункере тракастим транспортером, ширина траке је 965 mm, дужина 158 m, капацитет 600 t/h . Угаљ, пре него што дође у котловске бункере, пролази кроз Бранфордску дробилу (грубо дробљење) и дробилу чекићар (фино дробљење).

Капацитет котловских бункера је 4.000 t. Бункери за угаљ су при дну обложени нерђајућим челичним лимом како би се спречило лепљење угља и стварање сводова. Две

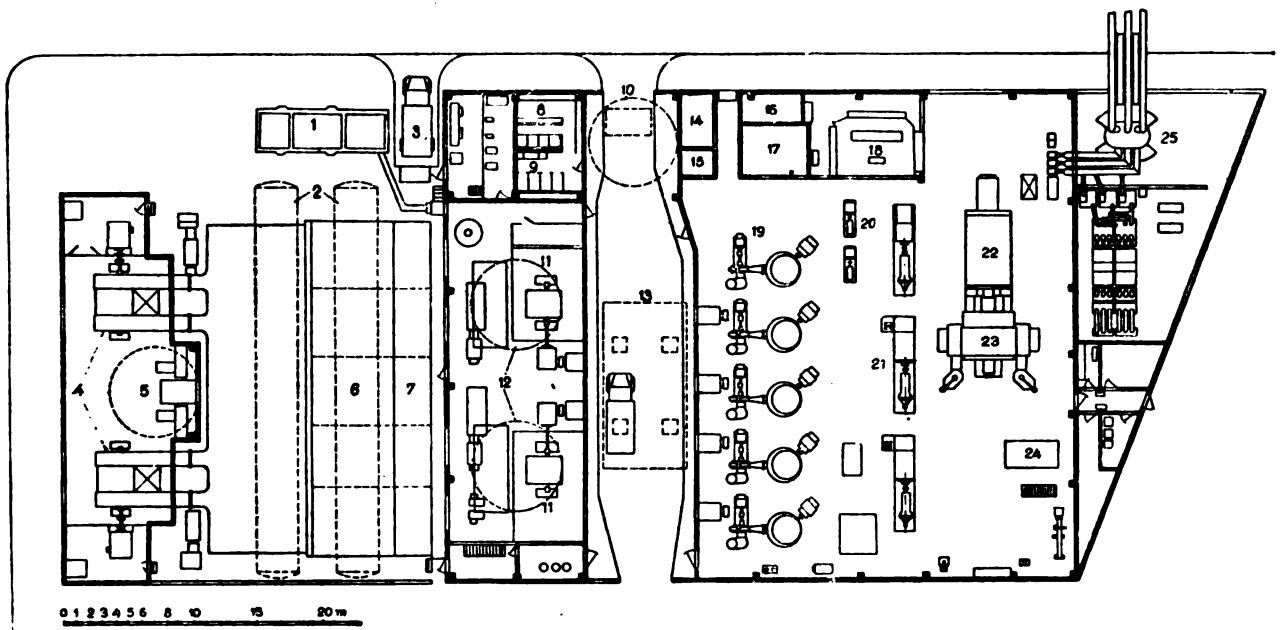
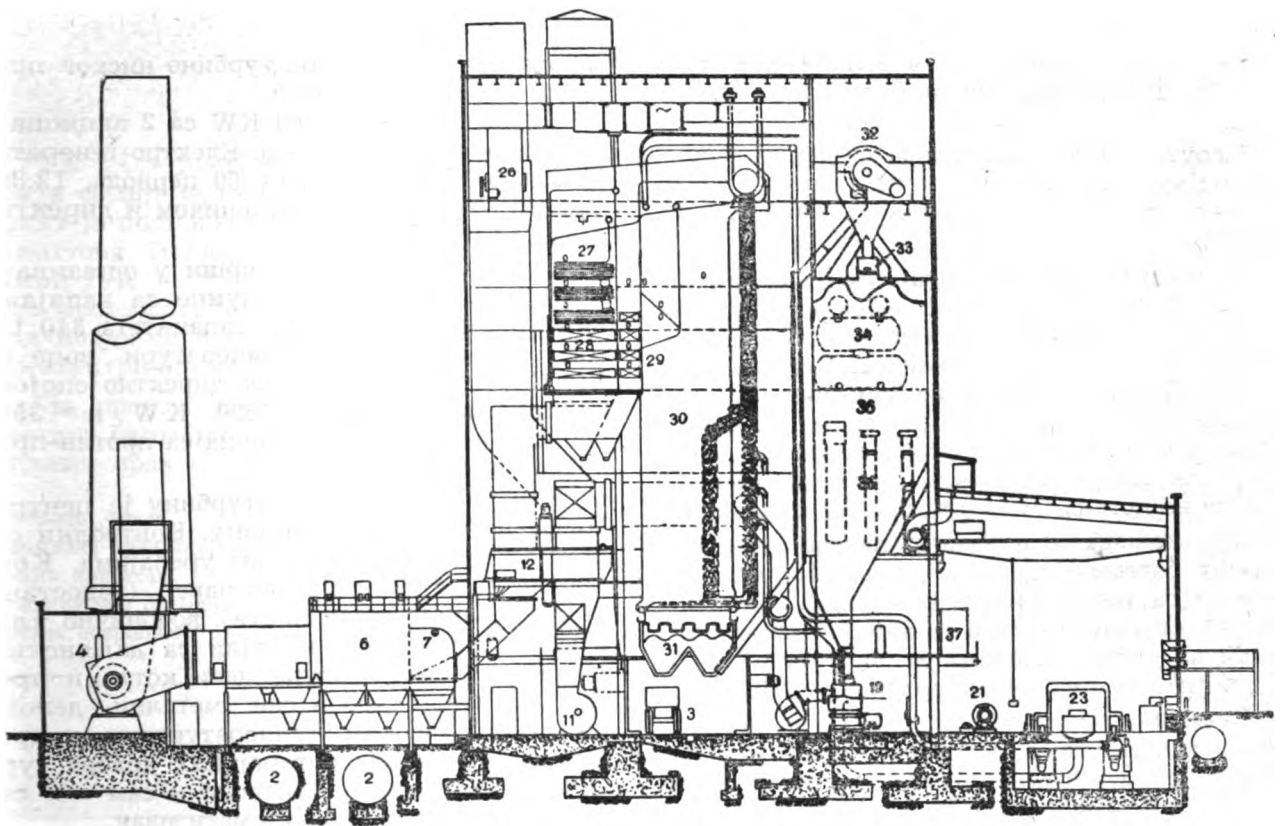
21 Котларнице



Сл. 326 — Шема водова котла у дограђеном делу Т Е Hudson Avenue Station 1. вод за брзо пуштање у погон, 2. одводна линија, 3. главни парни водови, 4. прикључци на парни оклоп



Сл. 327 — Изглед котла у дограђеном делу Т Е Hudson Avenue Station



Сл. 328 — Основа и пресек дограђеног дела Т Е Hudson Avenue Station

1. јама за пепео, 2. резервоари за уље, 3. моторна колица за пепео и шљаку, 4. ексхаустори, 5. димњак, 6. електрофилтар, 7. механички пречистачи гасова — мултициклони, 8. и 9. гардеробе, 10. силос за пепео, 11. вентилатори за доњу промају, 12. загрејачи ваздуха, 13. котловски левак за пепео, 14. степениште, 15. лифт, 16. приручна радионица, 17. остава, 18. контролна дворана, 19. млинови за утаљ, 20. пумпе за кондензат, 21. пумпе за напајање котлова, 22. електрогенератор, 23. турбина са против-притиском, 24. резервоар за уље, 25. трансформатор 27/13 KV, 26. вентилатор, 27. прегрејач паре, 28. економијзер, 29. споредни пролаз за гасове (by-pass), 30. ложишни простор, 31. левак за пепео, 32. дробилница-чекићар, 33. трака за довод угља (надбункерска) у котловски бункер, 34. одгазивач, 35. предгрејачи за воду за напајање, 36. бункер за угља, 37. развод сопствене потрошње

стране сваког бункера су вертикалне, а излази су постављени свега 3 m изнад млинова.

Мазут за ложење котлова се доноси бродовима цистернама и лагерије у шест подземних резервоара укупног капацитета 3785 t.

Пепео и шљака испуштају се из четвороструког главног котловског левка помоћу хидрауличног отварача директно у моторна колица. Два левка за таложење летећих делова на другом гасном каналу везана су са главним левком. Летећи делови из осталих левкова и пречистача гасова односе се помоћу вакуума у заједнички силос запремине 160 m³ из кога се одвозе моторним колицима.

Пречишћавање излазних гасова врши се помоћу батерије од 1212 циклона и електро филтра са пет паралелних секција. Степен дејства електро филтра је 85%, а целог постројења 97%. Капацитет пречистача је 53.500 m³/min гаса температуре 132,22°C.

Челична рамовска конструкција зграде Аппех-а лежи на бетонским стопама. Испуна рамова је од глатких црвених клинкер опека. На овој згради постоје само вентилациони отвори, те је осветљење вештачко. На тај начин је постигнута звучна изолација и уштеда на застакљивању. Пригушивачи звука су предвиђени и на вентилационим отворима. Ови отвори су израђени од алуминиумских жалюзина. Унутрашњост је обрађена са челиком глатким опекама и бетоном попрсканим шљунком. Аппех је спојен са старом централом помоћу моста који премошћује улицу. Преко моста се спроводи угаљ, пара, вода и електрична енергија.

Парна турбина је са противпритиском са одводом од 28 atü и излазом 19 atü. Пара из

одвода и излаза напаја турбине ниског притиска у старој централли.

Турбина је од 60.000 KW са 2 акциона и 14 реакционих елемената. Електро генератор је 75.000 KVA, 3 фазе, 60 периода, 13.800 V, 3600 o/min., хлађен водоником и директно везан са турбином.

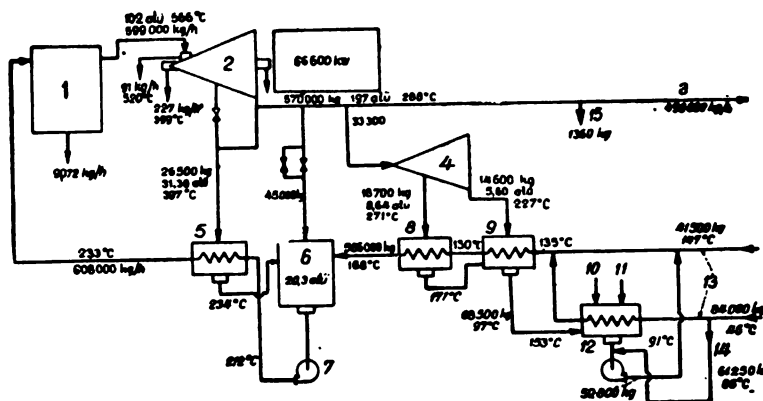
Предгревање воде се врши у одгазивачу и три предгрејача. Три пумпе за напајање котла имају 9 ступњева, капацитета 340 th, раде са 140 atü при температури воде од 210°C. Две пумпе покрећу директно спојени електро мотори од по 1500 KW, n = 3585 o/min, а једну пумпу турбина са противпритиском исте снаге.

Контрола за котло и турбину је централизована у једну просторију. Контролни систем је везан са алармним уређајима. Контролисана је прегрејаност паре, (водостање се контролише телевизиски), водонично хлађење, дувачи чађи, вентили са даљинским руковањем, температуре цеви котла и предгрејача паре, као и сви метални делови изложени високом температурским напрезањима, вибрације ротирајућих делова турбине, подмазивање. Контрола и сам ток сагоревања је потпуно аутоматизован.

При пројектовању овога постројења тежило се да сви помоћни уређаји буду постављени на истом нивоу (приземљу) ради прегледности. Распоред машина је нормалан; довод угља је бочни са бункерима између котларнице и турбинске сале. Пречистачи гасова су на слободном простору између зиданог димњака и котларнице.

Пројекти за овај објекат завршени су 1948 год. Грађевински радови су отпочели априла 1949, монтажа котла је отпочела јануара 1951 год, а турбине марта 1951 год.

(Технички подаци узети из „Power“ — новембар 1950



Сл. 329 — Топлотна шема постројења T E Hudson Avenue Station

1. Котло, 2. турбина, 3. вод за турбину, 4. пумпа за напајање котла са турбинским погоном, 5. предгрејач високог притиска, 6. одгазивач, 7. пумпа за напајање котла, 8. предгрејач средњег притиска, 9. предгрејач ниског притиска, 10, 11. и 12. предгрејач са прикључцима, 13. вод за кондензат, 14. огранак од вода за кондензат, 15. огранак од главног вода за турбину

ПРИКАЗ БР. 26

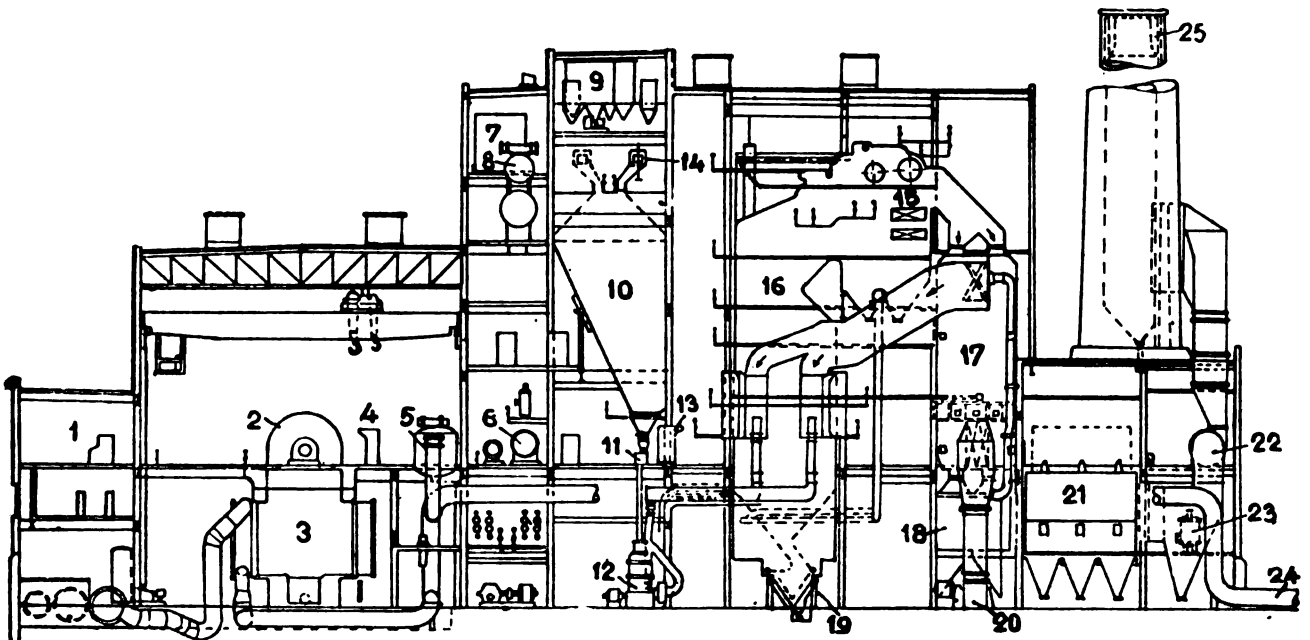
ТЕ „С“ претставља типско решење објекта са пет јединица од по 80.000 К.В. Објекат је постављен на реци Потомак код Вашингтона. Прве две јединице пуштене су у погон 1949 и 1950 год. Јединице су међу собом прстенасто повезане, што чини изузетак код нових објеката у америчкој градњи термо-електричних постројења.

За производњу паре сваком турбо генератору одговара један озрачени котлоу за угљени прах следећих карактеристика:

| | |
|-----------------------------|---------------------------|
| фабрикат котла | С. Е. |
| нормална продукција паре | $D_1 = 362 \text{ t/h}$ |
| радни притисак | $p_k = 62 \text{ atü}$ |
| температура прегрејане паре | $t_s = 520^\circ\text{C}$ |
| грејна површина | $A_k = 3380 \text{ m}^2$ |

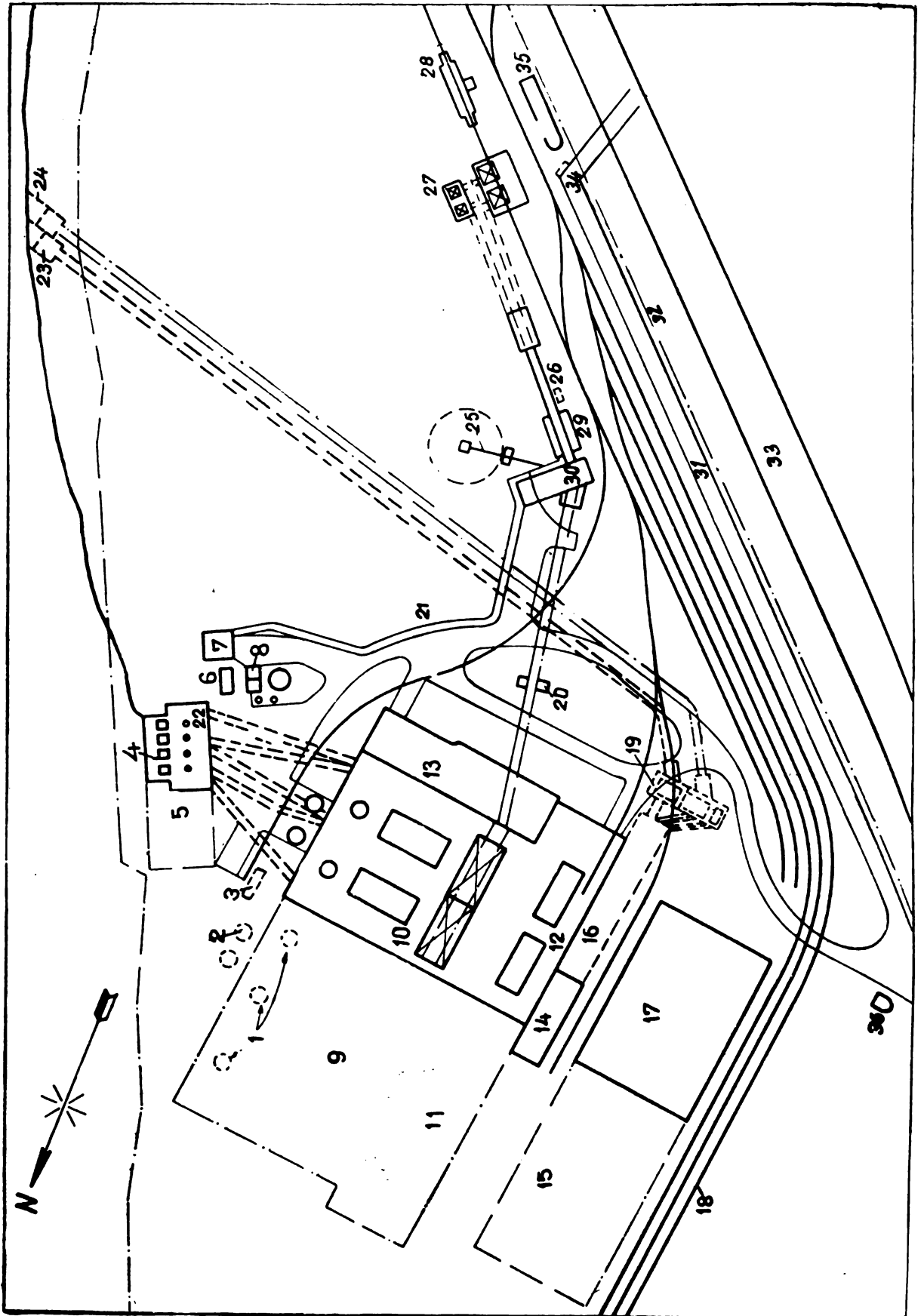
| | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| прегрејач паре са три ступња | $A_{s'} = 1140 \text{ m}^2$ |
| | $A_{s''} = 1140 \text{ m}^2$ |
| | $A_{s'''} = 435 \text{ m}^2$ |
| дводелни ребрасти економајзер | $A_E = 1640 \text{ m}^2$ |
| дводелни цевасти загревач ваздуха | $A_L = 11.800 \text{ m}^2$ |

Сваки котлоу има четири млина из којих се угаљ убацује преко сепаратора и 16 пламењака у ложишни простор. Четири пумпе за мазут служе за потпалу котла и за рад под преоптерећењем. Аутоматизована је контрола сагоревања и врши се надзор над регулисањем притиска паре, промаје у ложишту, довода ваздуха и тока паре. Приликом малог оптерећења искључује се из рада један загрејач ваздуха стим да се гасови пуштају да пролазе само кроз један загрејач. На овај начин повећава се брзина протока и побољшава коефицијенат прелаза топлоте.



Сл. 330 — Пресек Т Е „С“

1. Одељење електричне контроле, 2. главна турбина од 80.000 КВ, 3. кондензатор, 4. контролна плоча за турбину, 5. предгрејачи, 6. испаривач, 7. резервоар за дестиловану воду, 8. одгазивач, 9. сабирник за прашину, 10. бункер за угаљ, 11. додавач за угаљ, 12. млин за угаљ, 13. котловска контролна плоча, 14. трака изнад бункера за довод угља, 15. економајзер, 16. котлоу, 17. загрејач ваздуха, 18. механички хватач летећих честица, 19. ложишни левак, 20. вентилатор за доњу промају, 21. електрофилтар, 22. ексаустори, 23. резервоар за продување, 24. вод за циркулациону воду, 25. димњак са дифузором на ушћу

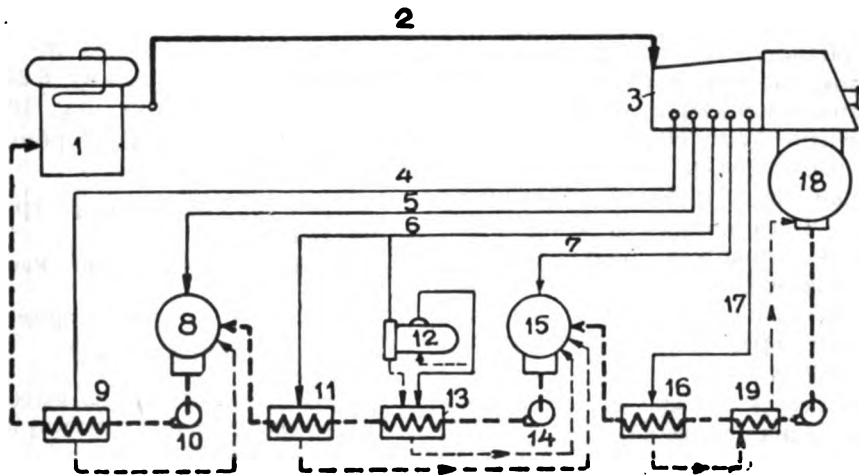


Сл. 331 — Ситуација Т Е типа „С“

1. Будући димњаци
2. будући силоси за пепео
3. резервоари уља за потпалу
4. заштитна решетка
5. будућа пумпна станица и заштитна решетка
6. контрола хлорисања воде
7. складиште хаора
8. хемиска обрада и складиште
9. будућа котларница
10. постојећа котларница
11. будућа турбинска сала
12. постојећа турбинска сала
13. зграда за канцеларије
14. контролна сала
15. будућа потстаница
16. тунел за циркулациону расхладну воду
17. потстаница
18. индустриски колосек
19. затворени шахт за циркулациону воду
20. кула
21. потпорни ѕид
22. пумпна станица
23. отвор за избацивање воде
24. будући отвор за избацивање воде
25. тракасти транспортер
26. резервоар за Diesel уље
27. левкови за претовар угља
28. вагонска вага
29. гаража за булдозер
30. зграда за дробилнице
31. асфалтни друм
32. индустриски колосек
33. главна жељезничка пруга
34. шахт за мерач воде
35. вратарница на главном улазу
36. вратарница бр. 1

Угаљ се доводи помоћу индустријских колосека преко аутоматске колске ваге. Истоварна станица има капацитет за сто вагона. Истовар вагона врши се помоћу превртача. Садржина вагона се изручује у истоварни левак са два излаза. Нарочити хранитељ и две косе траке одводе угаљ из истоварног левка у левак дробилнице. Између левка и дробилнице постоји кратка хоризонтална трака која доводи угаљ у левак за дозирање, на коме се налази уређај за узимање узорака за анализу угља. Одавде угаљ одлази у три шахта. Из једног шахта помоћу траке угаљ се одводи на складиште. Манипулација на отвореном складишту врши се помоћу булдозера. Друга два шахта везана су косим тракама за котларницу, и преко хоризонталне надбункерске траке са котловским бункерима. У котларници су постављени челични котловски бункери капацитета 1200 t. Дуж целе линије кретања угља постављени су скупљачи прашине. Прашина се скупља и доводи у сабирник изнад котловског бункера, из кога се пнеуматски пребацује у котловски бункер.

Услед непосредне близине насеља обрађена је нарочита пажња на отклањање летелих делова. После загрејача ваздуха продукти сагоревања пролазе кроз механички издвајач и електрофилтар. Од загрејача ваздуха до експаустора продукти сагоревања пролазе кроз четири паралелна канала. Гасови



Сл. 332 — Топлотна шема Т Е типа „С“

- | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. котло (D₁ = 360 t/h) 2. вод за пару (p_k = 60 atü, t = 496° C) 3. турбина од 80.000 KW 4. одвод из турбине 23 atü 5. одвод из турбине 12 atü 6. одвод из турбине 4,7 atü 7. одвод из турбине 0,126 atü 8. одгазивач који служи и као предгрејач 9. трећи ступањ предгревања воде | <ol style="list-style-type: none"> 10. пумпе за напајање котлова 11. девети ступањ предгревања воде 12. и 13. испаривачи 14. помоћна пумпа 15. дванаести ступањ предгревања воде 16. четрнаести ступањ предгревања воде 17. одвод из турбине 0,042 atü 18. кондензатор са притиском 345 mm H₂O 19. дренажни хладњак |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

се могу усмерити кроз три канала, тако да се наизменично један канал може чистити без прекида у раду. Шљака се одводи из главног котловског левка у сувом стању. Одвођење шљаке помоћу вакуума је полуаутоматско. Уређај за одвођење чврсте шљаке састоји се из следећих делова: силос, уређај за влажење, истоваривач, ексхаустор, транспортни водови и вентили. На систему одвођења пепела и шљаке постоје 33 аутоматски контролисаних места.

Турбина је једно-оклопна са нормалном снагом од 80.000 KW а максималном 93.755

KW. Улазни притисак је 60 atü, а прегрејаност 500°C, број обртаја турбине је 1800. Турбина има пет одвода, од којих се напајају три затворена и три отворена прегрејача воде и један испаривач.

Електро-генератор је 13.800 V, трофазни са 60 периода $\cos\varphi = 0,8$. Генератор се хлади водоником. Хлађење турбинског кондензатора је проточно водом из реке Потомак.

Шема постројења је нормална са бочним доводом угља и бункером између турбинске сале и котларнице.

(Технички податци узети из „Power“ — октобар 1948)

ПРИКАЗ БР. 27

ТЕ „Р“ претставља типско решење са главном карактеристиком да може да прими нагла преоптерећења. Објекат је предвиђен да ради паралелно са сплетом хидроцентраља које снабдевају област Сан Франциска електричном енергијом. Централа ради повремено са малим оптерећењем, а може, према захтеву да постигне пуну снагу у року од двадесет до тридесет секунда. За овај тежак услов изабрана су у извесној мери специјална решења. Тако на пример координациони број 2 више задовољава овај услов но блок систем. Релативно високи притисак, седам уљних пламењака са односом оптерећења 20:1 служе у сврху испуњавања услова наглог преоптерећења.

Плафон централе је 215.000 KW. Сада је у изградњи само једна јединица.

Котлови су озрачени са нормалном продукцијом паре од 215 t/h, а максималном 234 t/h. Котлови су смештени на отвореном простору са једном настрешницом. Ложачка платформа је затворена услед климатских услова који владају у том крају. Да би се спречили удари од земљотреса, котловски темељи су израђени у облику армирано бетонске решетке. Зграда је отпорна на потресе, сеизмолошки фактор је 0,2 G.

Радни притисак котла је 97 atü, прегрејаност паре 515°C. Грејна површина котла износи 792 m². Прегрејач паре је висећи, дводелни, површине 150 m². Економизер је челични површине 635 m². Цевасти загрејач ваздуха има површину 6.246 m².

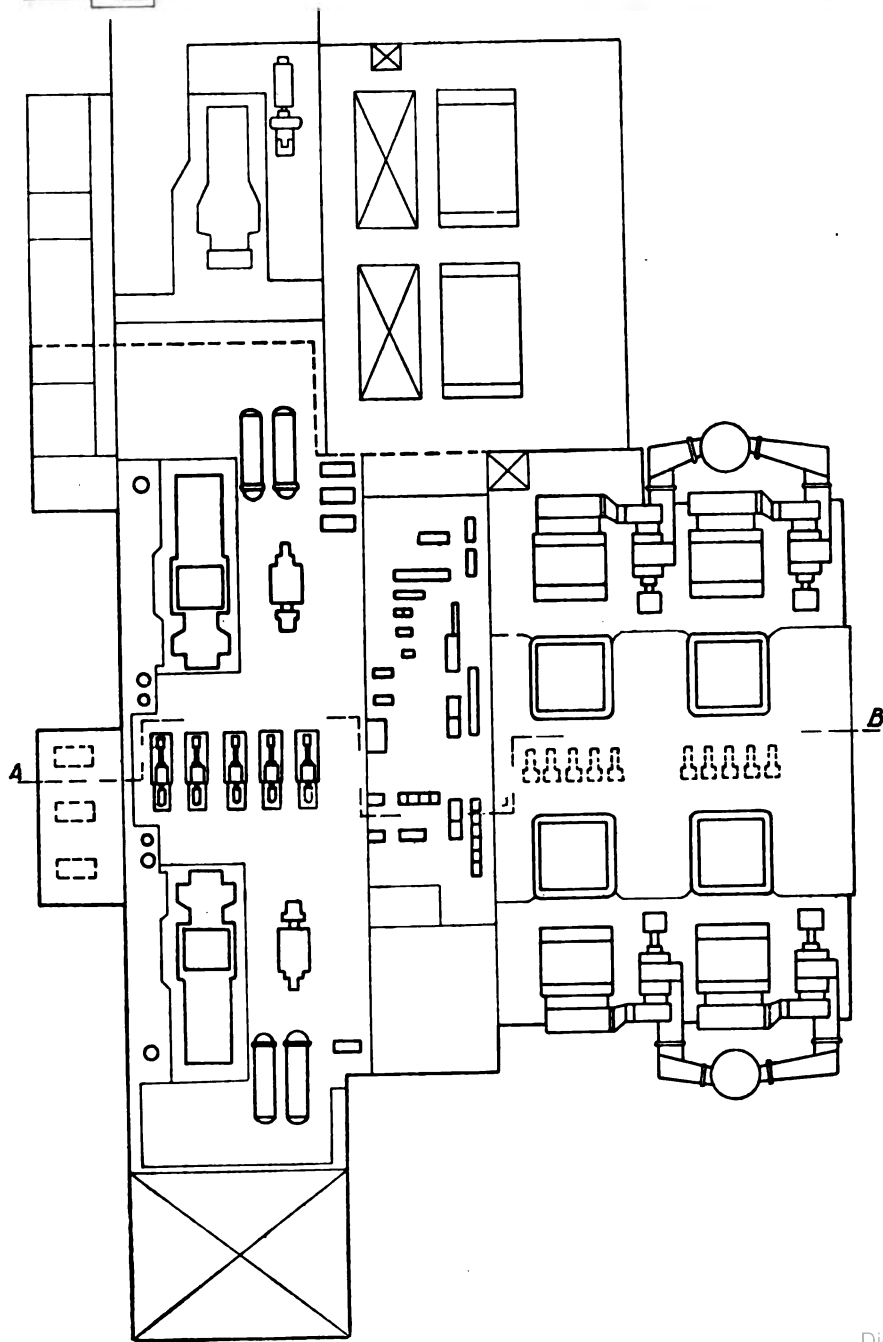
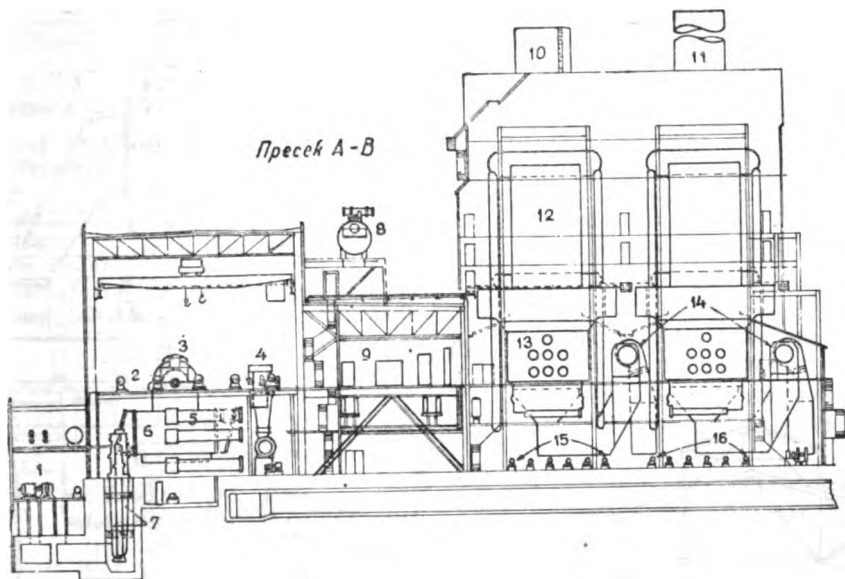
Турбо-генератор од 100.000 KW, 3.600 o/min., 91 atü, 510°C. Турбина има пет одвода паре.

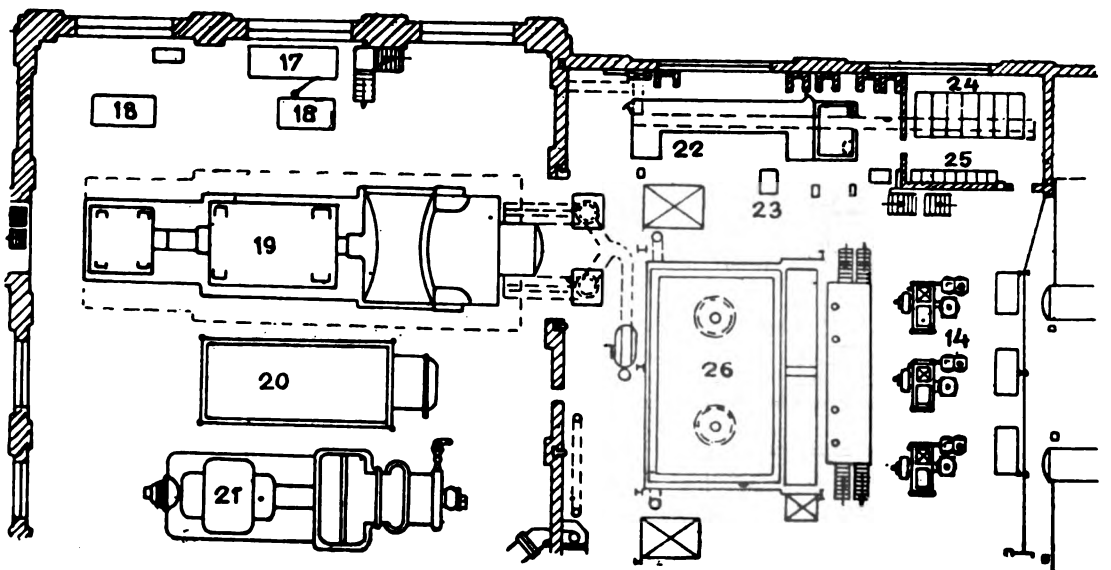
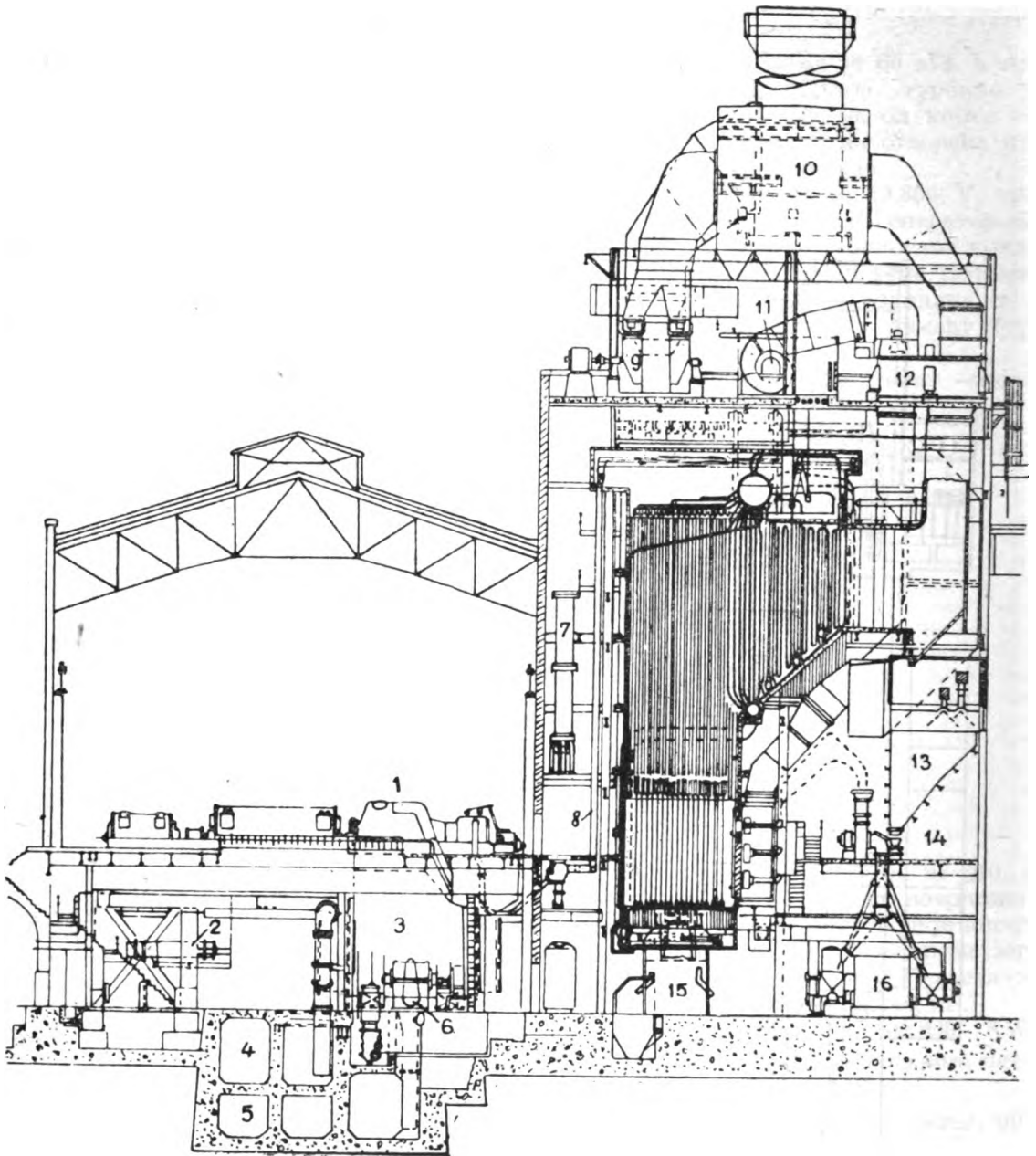
Електро-генератор је трофазни, 60 периода, 13.800 V.

(Технички податци узети из „Power“ — октобар 1948)

Сл. 333 — Основа и пресек Т Е типа „Р“

1. пумпе за расхладну воду
2. пумпа
3. турбогенератор бр. 2 од 100.000 KW
4. помоћна турбина за сопствену потрошњу од 7.500 KW
5. предгрејачи воде
6. главни кондензатор
7. циркулационе пумпе за расхладну воду кондензатора главне и помоћне турбине
8. одгазивач
9. контролна дворана
10. резервоар за воду
11. димњак
12. котло бр. 4
13. пламењаци
14. вентилатори за доњу промају
15. и 16. пумпе за мазут





ПРИКАЗ БР. 28

Д. 334 — Основа и пресек Т Е Essex — јединица бр. 1

1. турбогенератор од 100.000 К W
2. хладњак кондензата
3. кондензатор
4. одводни канал
5. доводни канал
6. циркулациона пумпа
7. предгрејач високог притиска за воду за напајање
8. главни вод паре високог притиска
9. ексхаустори
10. електрофијатар
11. вентилатори за доњу промају
12. загрејач ваздуха
13. бункер за угаљ
14. напајач за угаљ
15. левак за пепео и шљаку
16. млин за угаљ
17. екситаторка
18. резервне екситаторке
19. јединица бр. 1 (турбинска)
20. резервоар за воду
21. јединица бр. 2 (турбинска)
22. контролна плоча
23. телефонска говорница
24. хелије од 2.400 V
25. хелије од 220 V
26. котао бр. 1

Њујоршкој ТЕ „Essex“ додата је нова јединица од 100.000 KW., такозвана јединица бр. „1“. У старој котларници постављен је турбо-генератор а котларница је саграђена нова.

Озрачени котао има ложиште преграђено на два дела, двоструко озраченим екранима.

Главне карактеристике котла:

| | |
|------------------------------------|---------------------------|
| фабрикат | Babcock & Wilcox |
| максимална продукција | $D_1 = 408 \text{ t/h}$ |
| радни притисак | $P_k = 105 \text{ atü}$ |
| температура прегрејане паре | $t_s = 538^\circ\text{C}$ |
| грејна површина котла | $A_k = 1976 \text{ m}^2$ |
| запремина ложишта | $V_R = 1342 \text{ m}^3$ |
| површина прегрејача паре | $A_s = 2924 \text{ m}^2$ |
| површина економајзера | $A_E = 1580 \text{ m}^2$ |
| два Љунгстромова загрејача ваздуха | $A_L = 9785 \text{ m}^2$ |
| три млина са куглама капацитета по | $Q = 17 \text{ t/h}$ |

Котао и турбина везани су у блоку једноставним водом.

Турбина је тандем компаунд машина са једносмерним током у турбини високог притиска, и двосмерним током у турбини ниског притиска. На турбину директно је везан главни електерогенератор хлађен водоником од 95000 KW. и помоћни генератор хлађен ваздухом од 7,500 KW. Максимална снага ове јединице је 118.000 KW., а број обртаја 3600. Овај број обрта је гранични с обзиром на лопатице од 575 mm.

Карактеристика ове инсталације је централно командно постројење из кога се управља котлом, турбином, електро-генератором.

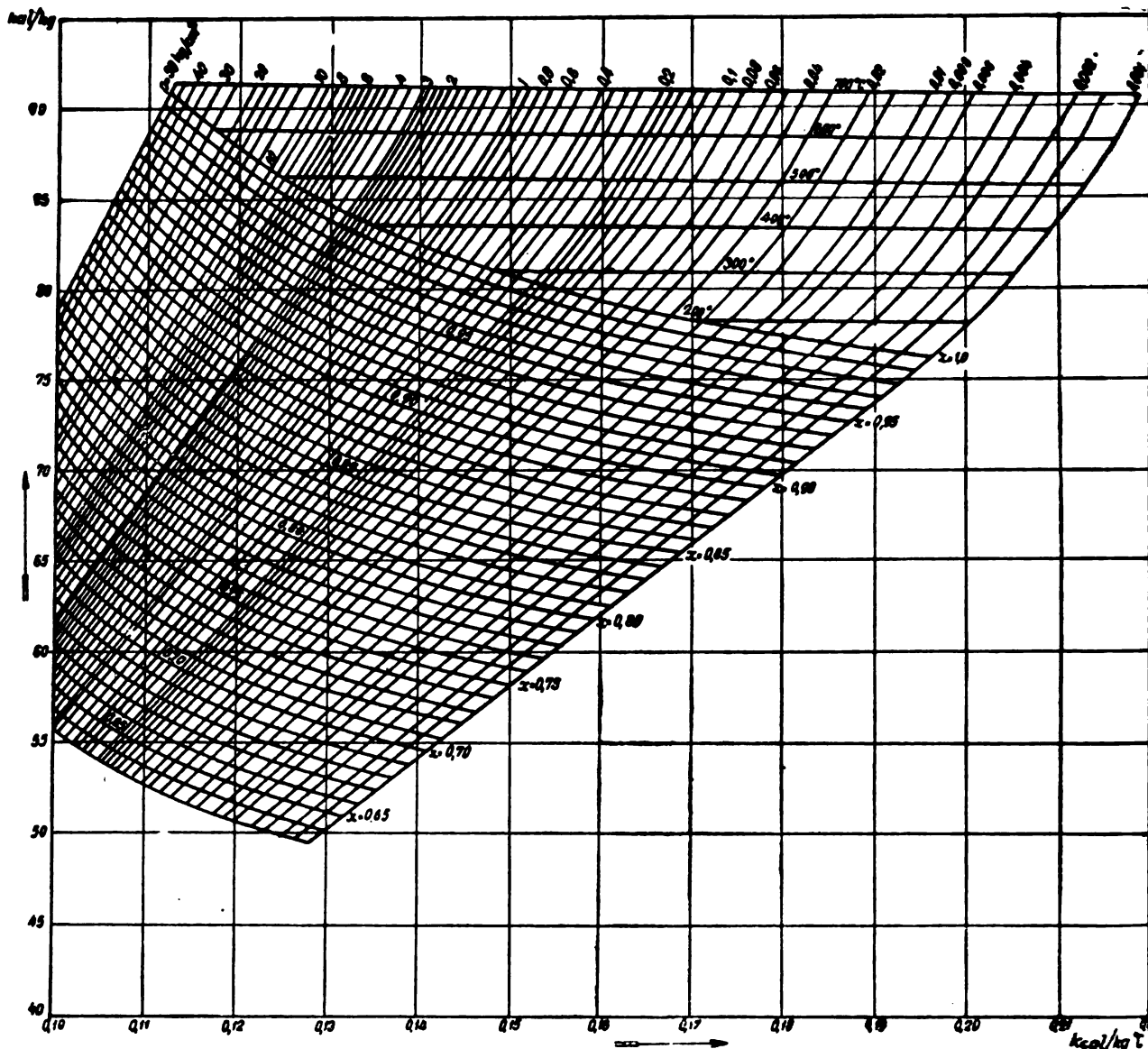
(Технички подаци узети из „Power“ — октобар 1948)

ПРИКАЗ БР. 29

ТЕ Schenectady припада групи потпуно отворених постројења. Применом бинарног процеса поставља се услов да постројење буде отвореног типа.

У циљу приближавања Carnot-овом процесу Dr Emmet је предложио 1913 год. примену бинарног процеса код постројења за произвођење електричне енергије. Од тога доба General Electric Co. усавршавала је овај процес и изградила неколико ТЕ на овом принципу. Радни медијум је жива и вода, тј.

живина и водена пара. Искоришћено је својство живе, висока температура кључања, мали топлотни садржај и специфична топлота, као и висока температура засићења ($r = 72 \text{ kcal/kg}$, $C = 0,035 \text{ kcal/kg}$, температура кључања 500°C на притиску 8,3 ата, температура засићења 357°C при 1 ата). Бинарним процесом постиже се повећање укупног коефициента искоришћења постројења на 38%, а смањује специфична потрошња топлоте на 2.150 kcal/KWh .



Сл. 335 — I-S дијаграм за живу

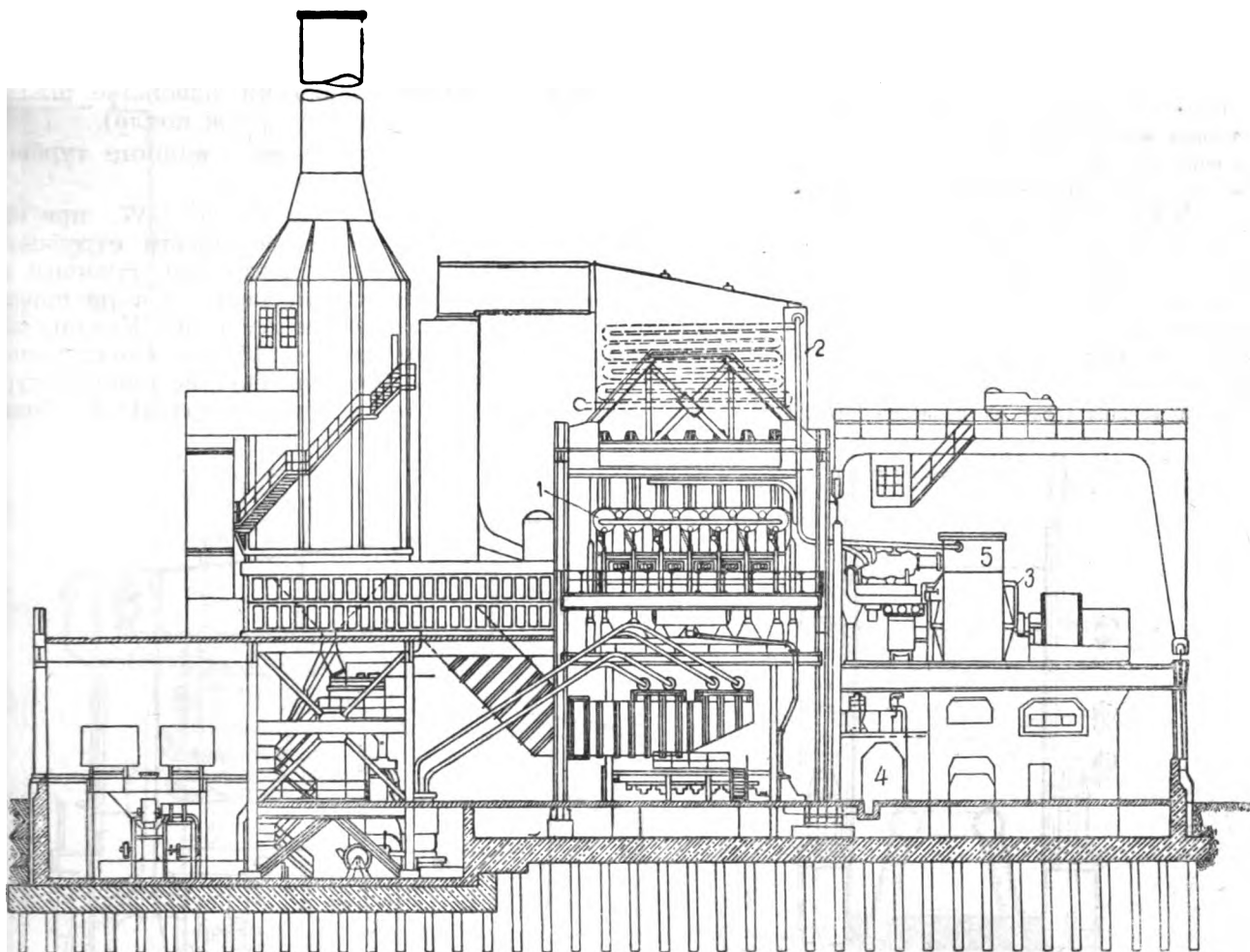
Једна од највећих потешкоћа при раду са живом је разарајуће дејство живе на челични котловски материјал. Ова потешкоћа са успехом се отклања додавањем магнезијума и титана живи (Smith & Thomson 1942 год.).

Прва бинарна постројења дограђивана су на постојећа постројења у виду турбина претходница. Данас се она граде као потпуно самостална постројења. По најновијим подацима специфична потрошња живе у бинарном процесу смањена је на $31,8 \text{ kg/KWh}$

ТЕ Schenectady подигнута је 1933 год. у држави New York, САД. Постојење се састоји од две котловске и две турбинске јединице. Комбиновани котлови за производњу живине и водене паре напајају живину

турбину од 20.000 KW и парну турбину 6.555 KW. Постоје две турбинске јединице по 20.000 KW за живину пару и две турбинске јединице од по 6.000 KW за водену пару. Парне турбине су са противпритиском 15,8 ата и одају пару за индустријске потребе.

Котао за живину пару састоји се из 7 добоша од којих су два крајња добоша спољњег пречника 960 mm, а унутрашњег 760 mm. Пет средњих добоша имају по 440 ком. Филдових цеви дужине 1.680 mm са спољњег пречником 79,5 mm. Два крајња добоша имају по 220 Филдових цеви. Цеви су израђене од угљеничног челика и превучене и лоризираним алуминијумом, што повећава њихову отпорност према температури.



Сл. 336 — Пресек Т Е Schenectady

1. котло за испаривање живе, 2. прегрејач за водену пару, 3. живина турбина, 4. пумпа за течну живу, 5. кондензатор-испаривач

Ложиште је екранисано живиним и воденим екранима (види приложену шему).

Главне карактеристике котлова ТЕ Schenectady:

Марка котла General Electric Co

| | |
|----------------------------------------|----------------------------|
| Капацитет котла | $D_1 = 950 \text{ t/h}$ |
| Радни притисак живе у котлу | $p_k = 9 \text{ ат}$ |
| Температура засићене живине паре | $t_s = 515^\circ\text{C}$ |
| Број добоша котла | 7 ком. |
| Број Филдових цеви | 2.640 ком. |
| Дужина Филдових цеви | 1.700 mm |
| Спољни пречник Филдових цеви | 79,5 mm |
| Укупна грејна површина котла | $A_k = 930 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина живиног економјазера | $A_e = 775 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина живиних екрана | $A_o = 150 \text{ m}^2$ |
| Засина живиних екрана | 3.600 mm |
| Пречник живиних екрана | 22/32 mm |
| Грејна површина прегрејача водене паре | $A_s' = 2.780 \text{ m}^2$ |
| Грејна површина водених екрана | $A_o' = 110 \text{ m}^2$ |

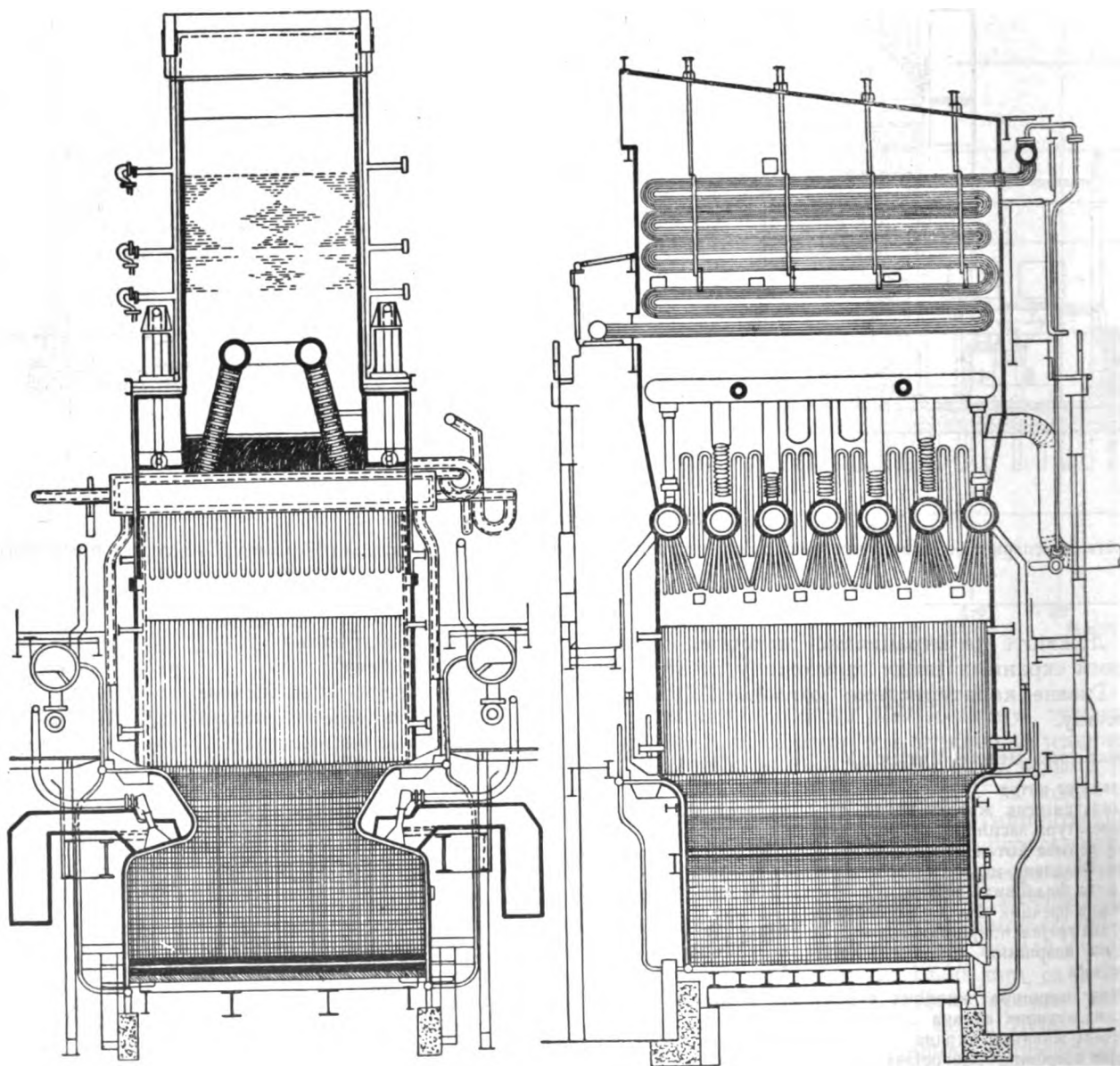
| | |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| производња водених екрана | $D_2 = 50 \text{ t/h}$ |
| притисак водене паре | $p_k = 30,5 \text{ ата}$ |
| температура прегрејане водене паре | $t_s' = 405^\circ\text{C}$ |
| грејна површина загрејача ваздуха | $A_L = 1.435 \text{ m}^2$ |
| запремина ложишног простора | $V_R = 530 \text{ m}^3$ |
| температура гасова на излазу из ложишта | $T_1 = 1.300^\circ\text{C}$ |
| температура гасова испред живиног економјазера | $T_2 = 850^\circ\text{C}$ |
| температура гасова испред прегрејача паре | $T_3 = 620^\circ\text{C}$ |
| температура гасова испред загрејача ваздуха | $T_4 = 380^\circ\text{C}$ |
| температура гасова на излазу из котла | $T_5 = 160^\circ\text{C}$ |
| примењени угаљ | $H_i = 6.500 \text{ kcal/kg}$ |
| сатна потрошња горива | $B_i = 20 \text{ t/h}$ |
| топлотно оптерећење ложишног простора | $\frac{Q_1}{V_R} = 175 - 190 \times 10^3 \text{ kcal/m}^3\text{h}$ |
| кофицијент корисног дејства котла | $\eta_k = 86\%$ |

| | |
|----------------------------------------------------------|------------|
| тежина котла по t произведене живине паре у kg | 403 |
| тежина живиног пуњења у t | 136 |
| тежина живиног пуњења по t произведене живине паре, у kg | 143 |
| пречник живиног добоша | 760/960 mm |
| тежина добоша | 213 t |
| тежина испаравајућих цеви | 95 t |
| тежина живиног економизера | 25 t |
| тежина живиних екрана | 50 t |
| тежина прегрејача паре | 130 t |
| тежина водених екрана | 243 t |
| тежина загрејача ваздуха | 160 t |
| тежина арматуре и опреме | 13,3 t |
| тежина озида | 17,9 t |
| укупна тежина котла са пуњењем | 1.242 t |

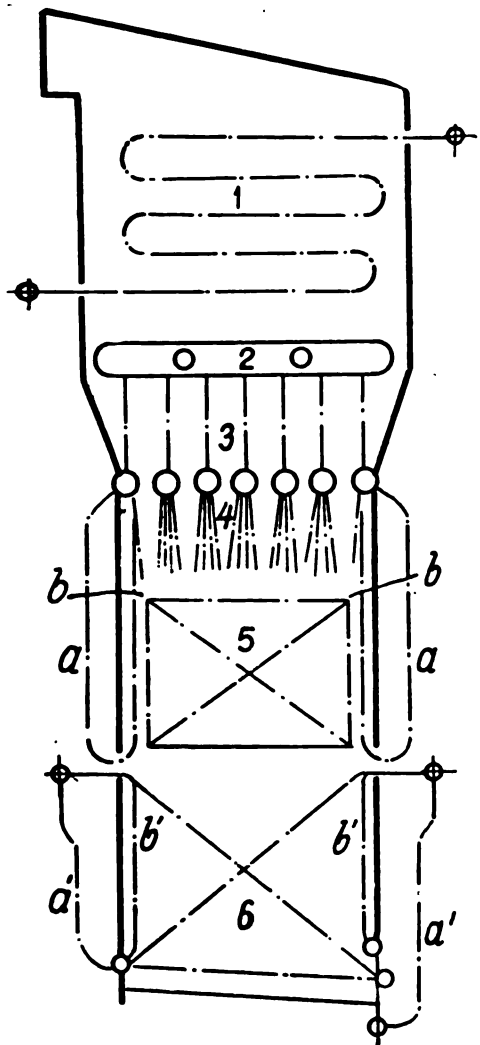
Котао је са двојним ложиштем а ложен је угљеним прахом. Доњи део ложишног простора обложен је Бајлеовим плочама пламењаци су плафонски, одвођење шљака у течном стању (види цртеж котла).

Главне карактеристике живине турбине термоелектране Schenectady:

Снага турбине је 20.000 KW при 900 o/min. Турбина је са двосмерним струјањем паре. Довод паре је централни, гранање се врши у супротним смеровима и пара пролази кроз пет акционих ступњева. Укупна тежина турбине износи 115 t, а електрогенератора 88,8 t. Притисак паре на улазу у турбину је 8,75 atü а температура 515°C. Снага



Сл. 337 — Пресеци котла за живину пару у T E Schenectady



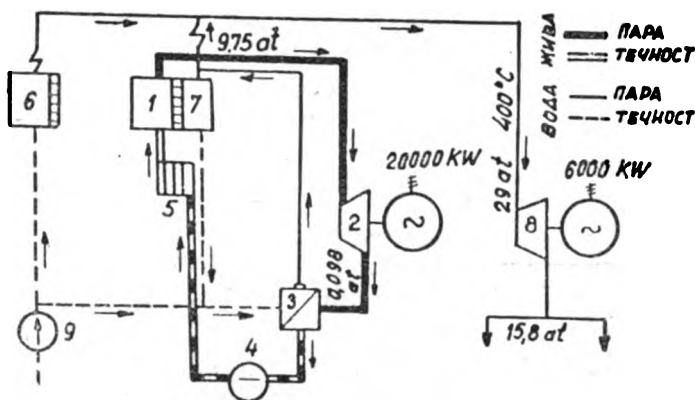
Сл. 338 — Шема прикључака живиних и водених екрана у котлу за живину пару у Т Е Schenectady

1. прегрејач
2. сабирник за живину пару
3. добоши котла за живу
4. цеви за испаравање живиног котла
5. екрани за живу: а) спусне цеви б) цеви за подизање
6. екрани за воду: а) спусне цеви б) цеви за подизање (парне цеви)

турбине се регулише притиском паре у котлу, променом количине горива. Регулисање броја обртаја турбине врши се помоћу аутоматског и ручног пригушивача. На самој турбини постављена су два кондензатора испаривача.

Топлотна шема постројења Schenectady:

Поред описаног котла за произвођење водене и живине паре (1), постоји и засебан котлао за произвођење водене паре (6). Живина пара из котла одлази у турбину (2), па



Сл. 339 — Топлотна шема бинарног постројења Т Е Schenectady

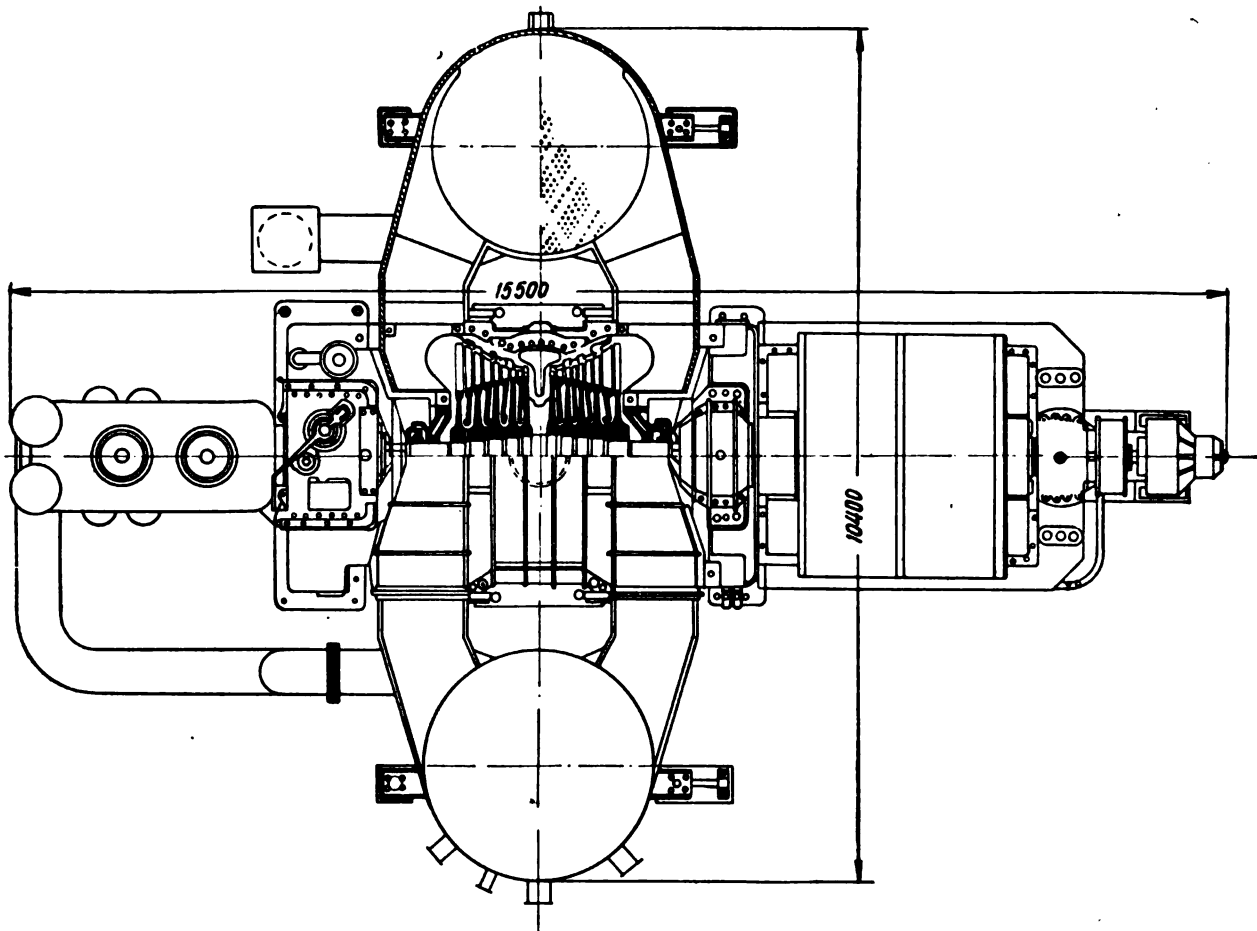
1. котлао зв живу
2. турбина за живу од 20.000 К W
3. кондензатор-испаривач
4. напојна пумпа за живу
5. економајзер за живу
6. парни котлао за воду
7. ложишни екрани за воду генератору живине паре
8. турбина за водену пару од 6.000 К W
9. напојна пумпа за котлао са водом

пошто изврши рад са притиском од 0,098 ата, одлази у испаритеље (3). Капацитет свакога испаритеља је 110 t/h водене паре притиска 31,5 ата. Кондензована жива из испаритеља преко пумпе за напајање (4) и живиног економајзера (5) одлази поново у живин котлао (1). Испарена вода из испаритеља (3) одлази, преко прегрејача паре на котлу (1), у парну турбину (8). Парна турбина ради са притиском 29 ат и 400°C прегрејаности. Из водене пумпе (9) за напајање парног котла вода одлази у котлао (6) и у испаритељ — кондензатор. Из котла (6) после прегревања вода одлази у парну турбину. На исти овај вод прикључује се водена пара из водених екрана (7) живиног котла.

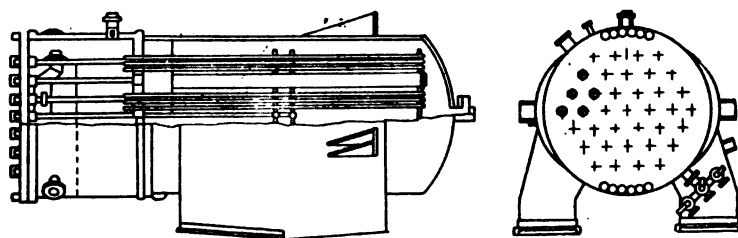
Преглед експлоатационих карактеристика бинарног постројења Schenectady:

Schenectady

| | |
|------------------------------------------------------|--------|
| оптерећење живине турбине у KW | 12.500 |
| број обртаја турбине у мин. | 900 |
| притисак живине паре у ата испред турбине | 6,6 |
| оптерећење парне турбине у KW | 4.100 |
| број обртаја парне турбине у мин. | 3.600 |
| притисци водене паре у кондензатору-испаритељу у ата | 31 |
| испред турбине | 26 |
| иза турбине | 6,6 |
| температура воде за напајање у °C | 127 |

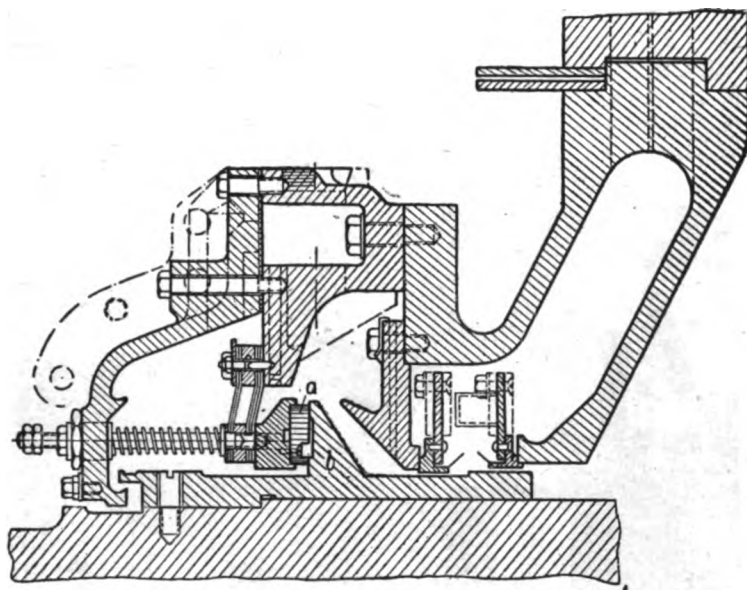


Сл. 340 — Турбина за живину пару са кондензатором-испаривачем у Т Е Schenectady



Сл. 341 — Кондензатор-испаривач за турбину у Т Е Schenectady

| | | | |
|----------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------|-----|
| капацитет испаритеља у t/h водене паре | 86,5 | испред загрејача ваздуха | 405 |
| притисак живе у напојном воду ата | 21 | иза загрејача ваздуха | 270 |
| притисак живине паре у котлу у ата | 7 | температура ваздуха на излазу из загрејача ваздуха | 300 |
| притисак водене паре у екранима у живином котлу у ата | 31 | вакуум у mm WS | 9 |
| продукција водених екрана живиног котла t/h | 36,6 | у ложишту | 25 |
| температура гасова у °C | | у првом гасном каналу | 35 |
| | | иза котла | 135 |
| | | у ексхаустору | |



Сл. 342 — Заптивање вратила турбине за живу у T E Schenectady
а. бакелитни прстен, б., наглавак на вратилу турбине

Ради смањења опасности коју изазива рад са живином паром, ово постројење је изграђено потпуно отворено. Фундирање је извршено на шиповима, који су повезани армираном бетонском плочом. Затворене просторије су постављене испод вертикалног електрофилтра, у пепељари котларнице и у простору испод турбине. Кондензатор испаритељ није смештен као што се то нормално ради испод турбине, већ је постављен изнад турбине.

Постигнута уштеда смањењем грађевинских трошкова паралише се трошковима изолације постројења, која је потребна услед поднебља под којим се налази термоелектрана.

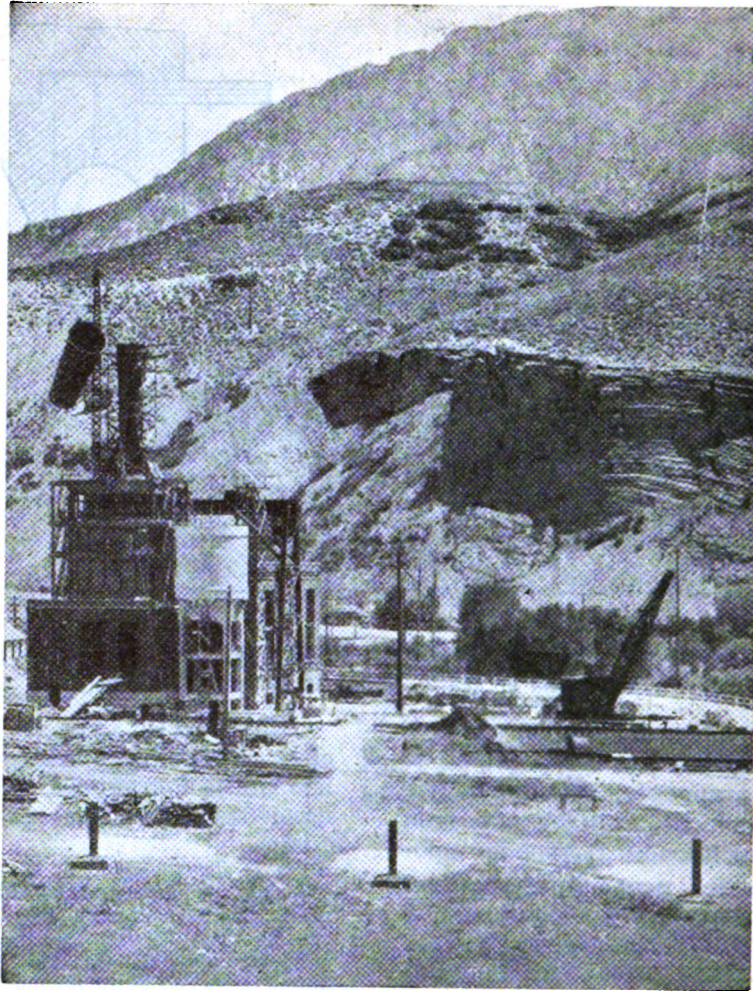
1) Литература А. Н. Ложкин и А. А. Каваев: Бинарне установки. The Institution of Mechanical Engineers, Journal & Proceedings (Journal June 1949 and Proceeding 1949, vol 160, № 1; Power plant Schenectady, „Engineering“ 1935, vol. 641; The power plant Schenectady desing „General Electric Review“, 1933; Hauptangaben über Binäranlagen „Die Wärme“, №. 11 — 1939 Transactions of the A. S. M. E. 1942

ПРИКАЗ БР. 30

Објект TE Utah Power & Licht Company је подигнут на висини од 1.500 m у области сланих језера на реци Прово у близини града Олмстед. Централа ради паралелно са мрежом хидроцентрали компаније Utah Power, те служи као допунска централа за исту мрежу.

Мада се налази у области са неповољним климатским условима, централа је изграђена као полуотворени објекат. Турбинска сала има висину свега 5,2 m. Портални кран налази се споља изнад турбинске сале и ради преко отвора на таваници. У котларници је затворен само доњи део око решетке и

пепељаре, тако да су ложачи заштићени од временских непогода. Сама конструкција котла је под ведрим небом. Котао је заштићен челичном нерђајућом облогом. На четири стуба око котла постављена је вентилаторска платформа на којој је лимени конични димњак висине 20 m. Пречник димњака у грлу је 1,52 m, а на ушћу је 3,35 m. Двојни ексхаустор, капацитета 5.800 m³/min. при притиску од 210 mm WS и температури гасова од 346°C, служи за вештачку вучу. Знатна пажња је поклоњена електромотору за ексхаустор, који је постављен на отворе-



Сл. 343 — Изглед Т Е у изградњи (Utah Power & Light Company)

ном простору и треба да ради често под врло тешким временским условима. Цела отворена конструкција рачуната је за брзину ветра од 150 km/h.

Полуотвореним системом изградње желела се постићи уштеда грађевинског материјала, чију цену у овом случају нарочито повећавају трошкови превоза. Уштеда на грађевинском материјалу знатно је умањена трошковима насталим услед специјално изведених радова. Од обичних, затворених постројења овде се нарочито разликује начин изолације. У погледу изолације обрађена је пажња на водомерна стакла и хладне водове, који су постављени поред топлих водова и заједно изоловани, тако да би се спречило смрзавање хладних водова.

Главне карактеристике котла:

| | |
|-----------------|----------------|
| фирма | С. Е. |
| година градње | 1935 |
| производња паре | $D_1 = 90$ t/h |
| радни притисак | $p_k = 30$ atü |

температура прегрејане паре
 грејна површина котла
 грејна површина прегрејача
 површина решетке
 запремина ложишног простора
 калориско оптерећење ложишног простора
 производња решетке
 однос

$t_s = 400$ °C
 $A_k = 1750$ m²
 $A_s = 360$ m²
 $A_r = 38,4$ m²
 $V_r = 167$ m³
 $\frac{Q_1}{V_r} = 430.000$ kcal/m³h
 $D_1/A_r = 2,35$ t/hm²
 $A_k/A_r = 45$

Анализа примењеног угља

$C_{fix} = 44 - 49\%$
 и. д. = 40 — 41%
 $W = 5 - 7,7\%$
 $A = 5,6 - 7,3\%$
 $H_i = 7,160$ kcal/kg
 $t_{i.s.} = 1027 - 1063$ °C

Котао је строцељни са 3 добоша и 3 снопа цеви. Задњи сноп цеви замењује економизер. Прегрејач је висећег типа. Ложиште је екранисано са свих страна. Сводови су обложени исто тако екранима. Задњи свод је јако развијен услед примене угља са великим процентом С. Довод секундарног ва-

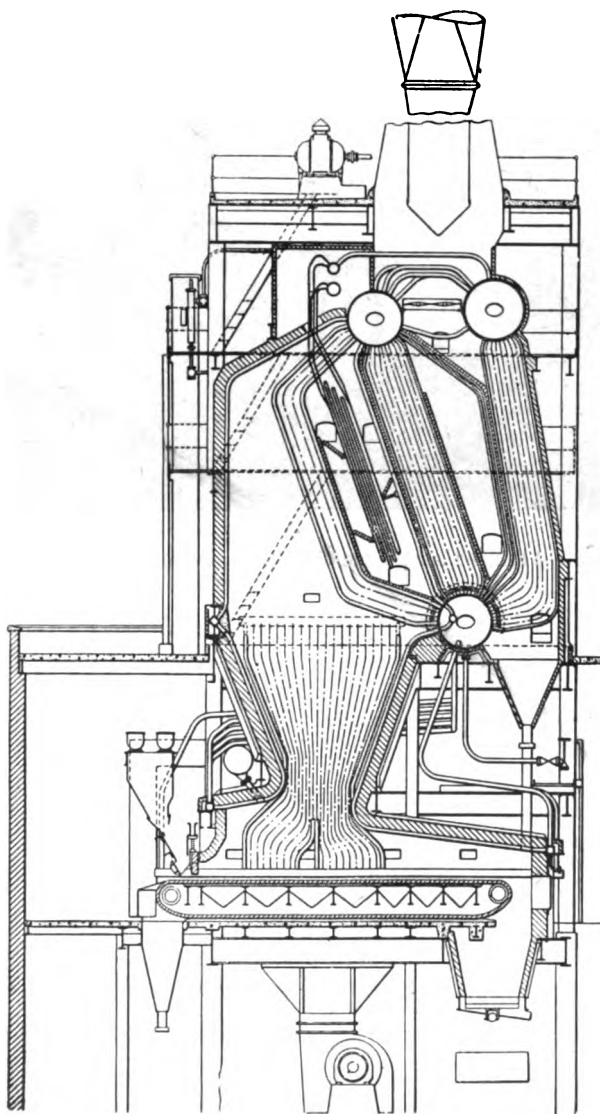
духа је на предњем своду који служи за юђење продуката дестилације. Целокупна конструкција котла је једноставна, без накнадних грејних површина. Решетка је ланчана са задњим конусом за шљаку и предњим а пепео. Примарни ваздух се доводи незагрејан кроз зоне, а секундарни хлади предњи део решетке и на тај начин се у извесној мери загрева.

Вентилатор за секундарни ваздух има капацитет од 250 m³/min при притиску од 120 mm WS, а вентилатор за доњу промају 2.500 m³/min при притиску од 100 mm WS.

Шема постројења

Постројење се састоји из једног котла и парне турбине снаге 18.750 KW са три одвода за предгревање воде. Котао и турбина су постављени по систему „блока“ са паралелним односом осовина. Котловска и турбинска контрола су централизоване и налазе се у згради. Електрични развод је отворен.

Складиште угља је отворено, капацитета 7.500 t. Манипулација угља на складишту врши се скрепером. Из прихватне јаме скрепера угаљ се подиже брзоходним елеватором у силос, који је постављен са стране котларнице. Из силоса се угаљ помоћу пужа-



Сл. 344 — Тродобитни Stirling котао са ланчаном решетком за T E Utah Power & Light Company

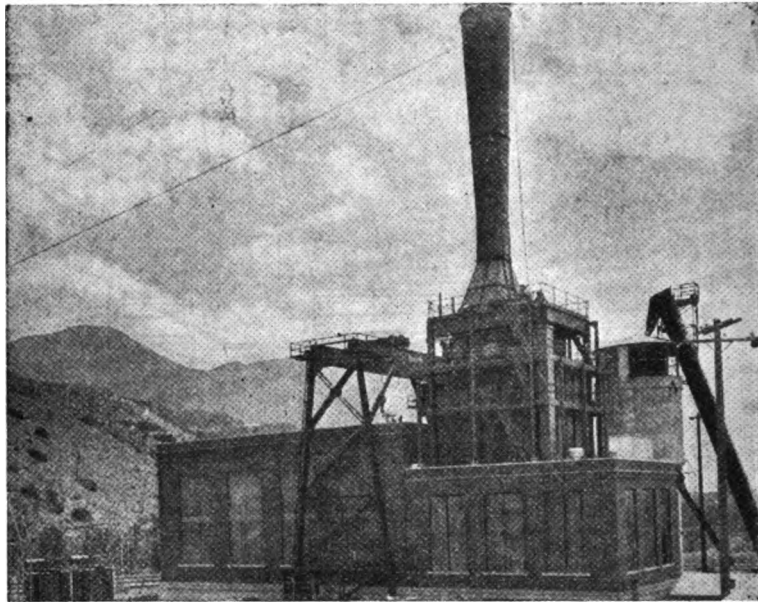
стог транспортера доводи у котловски левак кубатуре 13,75 m³.

Систем хлађења кондензатора турбине је проточни. Раскладна вода се узима из реке Прово. Вода за напајање се добија такође из ове реке и припрема се по зеолитном поступку.

Из описане шеме види се да је технолошки процес постројења врло једноставан. Поред тога избором једноставне конструкције котла умереног притиска и температуре паре, једноставношћу распореда, избегава-

њем рекулперације топлоте, полуотворено конструкцијом и системом једне јединице сведени су инвестициони трошкови на мању меру. Истовремено обезбеђена је релативно ниска потрошња топлотне енергије за произвођење електричне енергије и максималну сигурност. С обзиром на сврху објекта и његову величину, усвојена конструкција је целисходна.

(Технички податци узети из „Combustion“, св. 8, бр. август 1936)



Сл. 345 — Изглед завршене Т Е (Utah Power & Light Company)

ЛЕД КАРАКТ

И К Е

| Е капацитет 1000 KW | систем р хлађива воје | Димњак | Полож. одн. котла према турб. | ВЕЛИЧИНА ОБЈЕКТА | | | m ² /10 ⁶ ·Kcal/h | m ³ /10 ⁶ ·Kcal/h |
|---------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| | | | | m ² под зградом | m ² развијено | m ³ | | |
| 2×67 | проточни | зидани на постољима | ⊥ | 4900 | 10000 | — | 8,96 | — |
| 6×38 | " | етон на постољу | ⊥ | — | — | — | — | — |
| 3×90 | " | челични на згради | ⊥ | 8250 | 17200 | — | 13,2 | — |
| 35×15 | " | кратки челични | ⊥ | 2170 | 5200 | 81000 | 8,05 | 300 |
| 4×30 | " | зидани на постољу | ⊥ | 9800 | 21000 | 245000 | 21 | 523 |
| 31,5 | " | кратки челич. | ⊥ | — | — | — | — | — |
| — | " | зидани на згради | ⊥ | 2280 | 6460 | 89600 | 7 | 275 |
| 150 | " | лимени на згради | ⊥ | 2520 | 5040 | 57960 | 5,15 | 118 |
| 3×50 | " | зидани | ⊥ | 2800 | 5600 | 78400 | 5,75 | 161 |
| 4×25 | " | " | ⊥ | 2625 | 5250 | 65625 | 8,40 | 210 |
| | | " | ⊥ | — | — | — | — | — |
| | | " | ⊥ | — | — | — | — | — |
| | | кратак лимени | ⊥ | — | — | — | — | — |
| | | лимени на згради | ⊥ | — | — | — | — | — |
| | | " | ⊥ | — | — | — | — | — |
| | | " | ⊥ | — | — | — | — | — |
| 6×30 | кружни | лимени на згради | ⊥ | — | — | — | — | — |
| — | — | лимени на згради | ⊥ | — | — | 43000 | — | 330 |
| 2×2,2 2×0,5 | проточни | зидани | | — | — | — | — | — |
| 2×40 | " | лимени на згради | ⊥ | — | — | — | — | — |
| 4× 12,65 | кружни | лимени | ⊥ | 1000 | — | 4700 | 5,7 | 27 |
| 32,7 | проточни | зидани на земљи | | 1531 | 4593 | 45930 | 16,25 | 490 |
| 2×55 | " | зидани од опеке | | 4200 | 8400 | 126000 | 13,50 | 408 |
| 30 | — | — | ⊥ | 2290 | 4580 | 77800 | 9,10 | 311 |
| 3× 12,5 | кружни | лимени на згради | ⊥ | 1875 | 9560 | 33500 | 17 | 305 |
| 2×16 | проточни | челични на згради | ⊥ | 1180 | 3192 | 35400 | 16 | 485 |
| 4×150 | " | зидани на згради | ⊥ | — | — | — | — | — |
| 300 | " | челични на згради | | 4950 | 9900 | 173250 | — | — |
| — | — | димњак на типovima | — | 723 | 1620 | 12000 | 20,2 | 340 |
| 60 | — | зидани димњак | ⊥ | 1440 | 2880 | 66920 | 3,3 | 155 |
| 80 | проточни | зидани на згради | ⊥ | 1500 | 3000 | 52500 | 3 | 103 |
| 100 | " | зидани на земљи | | 3500 | 7000 | — | 11,7 | — |
| 118 | " | на згради | ⊥ | 900 | 1800 | 38900 | 3,16 | 136 |
| 20 | испаривач | лимени на постољу | | — | — | — | — | — |
| 18,75 | проточни | лимени | | — | — | — | — | — |

ПРИЛОГ ПРОБЛЕМУ УТИЦАЈА НА ОБЛИК КОТЛА И КОТЛАРНИЦЕ

Посматрајући „Табеларни преглед приказаних котларница“ долази се до закључка да постоји извесна законитост у изградњи котларница. Детаљном анализом ове табеле уочио се низ чинилаца који директно утичу на решења. У поглављу о типизацији дат је покушај изналажења извесних законитости за правилно пројектовање и изградња котларница.

Пре детаљније анализе различитих утицаја на облик котла и котларнице споменуће се утицај времена у коме су котлао и котларница изграђени.

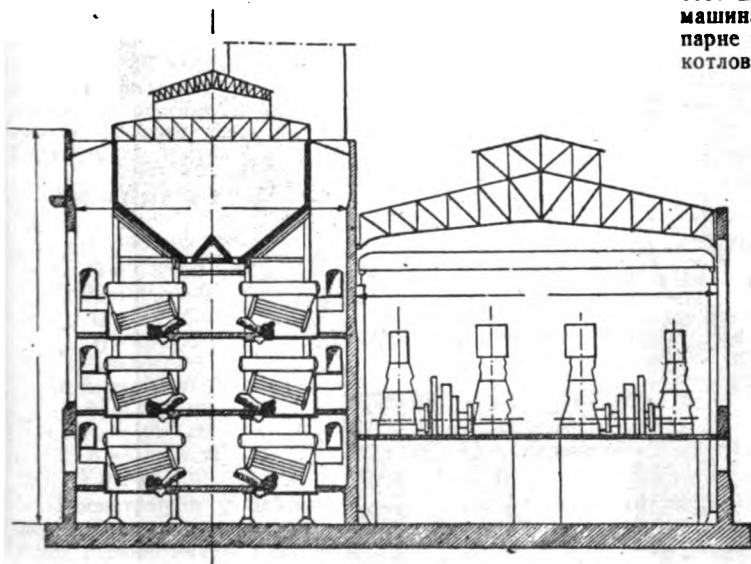
Упоредјујући два објекта, који су подигнути пре пола века, са савременим објектима, види се да је учињен велики напредак у изградњи котловских постројења.

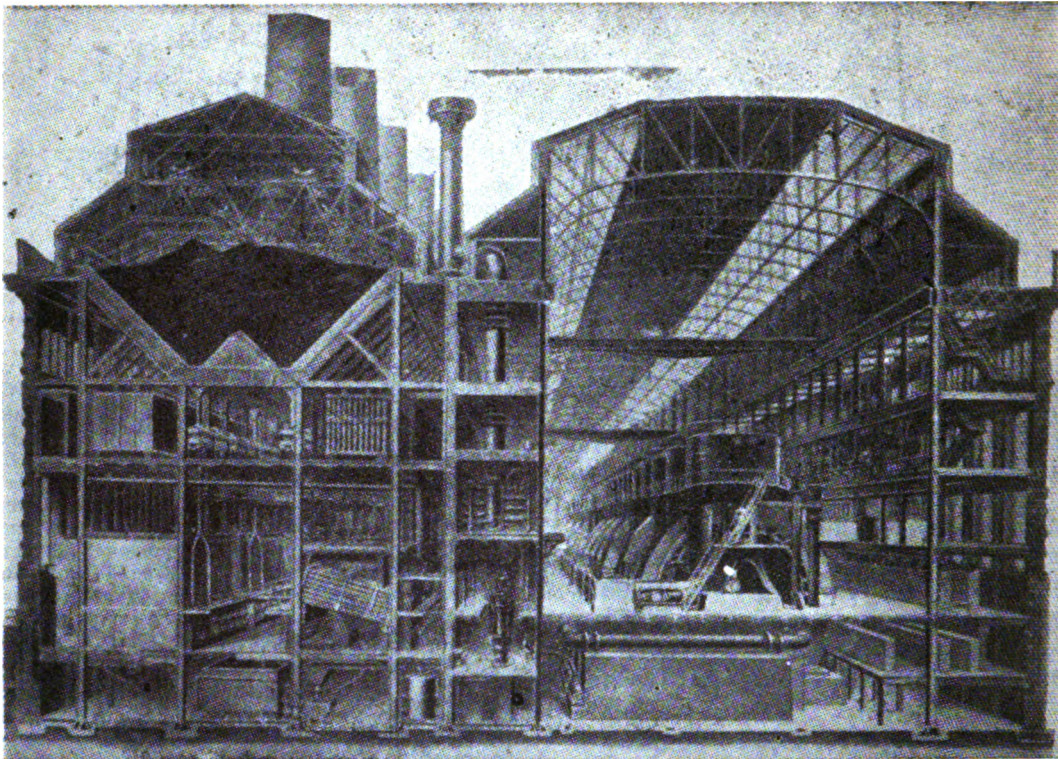
На слици 346 дата је шема ТЕ у 96-тој улици, Њујорк.⁽¹⁾ Ова ТЕ је подигнута 1898 са инсталисаном снагом од 30.000 KW. Услед малог капацитета котлова ($D_1 = 3 \text{ t/h}$, $p_k = 11,5 \text{ atü}$, $A_k = 230 \text{ m}^2$), укупан број котлова је износио 87 комада. Пошто је ТЕ градскога типа, ради уштеде на површини за изградњу, котларница је подигнута на три спрата. За давашње појмове, ово је решење несрећно, како у погледу грађевинских инвестиција, тако и у погледу могућности примене једноставног решења допреме горива, одвођења продуката сагоревања, пепела и шљаке. У прошлом веку, свакако да је овај објекат претстављао узoran пример на пољу изградње ТЕ.

Неколико година касније, 1905 године, подигнута је у 59-тој улици, Њујорк, ТЕ инсталисане снаге око 50 000 KW⁽²⁾. Котларница ове ТЕ је на два спрата, а има 72 тродобовна котла са водогрејним цевима. Машински парк се састоји из девет главних вертикалних компаунд парних машина по 5000 KW. Машине су смештене у низу, а директно спојени електро генератори ($n = 75 \text{ o/min}$) налазе се између цилиндара високог (пречник цилиндра $\varnothing 1080 \text{ mm}$) и ниског притиска ($\varnothing 2180 \text{ mm}$). Поред ових машина постоје две парне машине по 250 KW и две парне турбине по 1250 KW. Координациони број између котлова и главних машина је 6 (сл. 346 а).

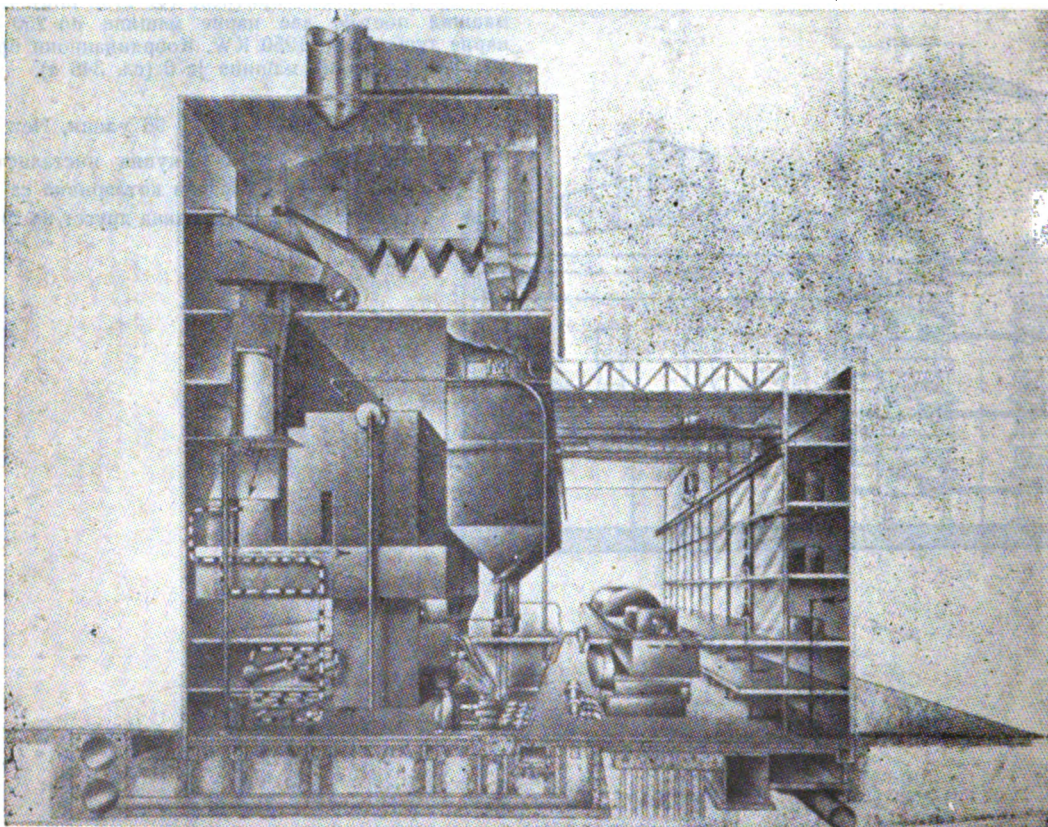
Сл. 346 — Т Е у 96 улици, New York.

Саграђена 1898. Укупна инсталисана снага 30.000 KW. Дворедна котларница са котловима постављеним један изнад другог на три етажа (1





Сл. 346а — Т Е у 59 улици, New York. Саграђена 1905. Инсталирана снага старог постројења 50.000 KW m^2



Сл. 346б — Нова јединица од 50.000 KW у Т Е у 59 улици, New York. Потребна изграђена површина 0,06 m^2/KW

Зграда је подигнута у стилу француске ренесансе са фасадом обрађеном теракотом и опеком гранитно светле боје.

Слична стилска зграда некадашње машинске сале налази се у текстилној индустрији „Октобарска слобода“ Београд — Карабурма.

Карактеристике котлова:

$$\begin{aligned} D_1 &= 8 \text{ t/h} \\ p_k &= 14,8 \text{ atü} \\ t_s &= \text{нема прегрејача паре} \\ A_k &= 565 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Карактеристична је велика дебелина добошних лимова; за добоше пречника 1066,8 mm употребљен је лим од угљеничког челика дебелине 17,5 mm.

Већ код ових котлова и котларнице примећују се извесне савремене тежње, као напр. котлови су подигнути тако да је олакшано одношење пепела и шљаке, повећана је висина ложишног простора, примењени су вентилатори за доњу промају (један вентилатор на сваких 6 котлова), који добијају погон од парних машина преко трансмисије.

Допрема угља врши се речним путем. Транспорт угља од реке Худсон до котларнице врши се помоћу покретног елеватора (иза кога је дробилница и аутоматска вага) и низа тракастих транспортера. Из висећих котловских бункера угаљ се спушта помоћу цеви на ложачке платформе, са којих се врши ручно ложење.

Пепео и шљака се одводе помоћу вагонета носивости 2 t са покретним дном и страницама. Вуча вагонета се врши помоћу електро-акумулаторске локомotive.

На другом спрату котларнице налазе се економјазери за воду, а изнад саме зграде су пет димњака висине око 70 m.

Данас је ова ТЕ проширена доградњом новог дела са три турбине по 35.000 KW и једном од 50.000 KW (сл. 346 б). Стари део је модернизован, остало је 64 котла у које су уграђени прегрејачи паре и аутоматски стокери, а 10 котлова се ложе мазутом. Иза цилиндара високих притисака пет главних парних машина, постављене су вертикалне парне турбине ниског притиска, тако да је снага сваке од ових јединица повећана на 7500 KW.

Карактеристике новог котловског постројења:

| Фирма | B&W |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|
| $D = 273/300 \text{ t/h}$ | $D_1 = 23 \text{ t/mh}$ |
| $p_k = 90,5 \text{ atü}$ | b |
| $t_s = 510 \text{ }^\circ\text{C}$ | $\frac{V_R}{D_1} = 3,6 \text{ m}^3/\text{th}$ |
| $t_l = 315 \text{ }^\circ\text{C}$ | D_1 |
| $A_0 = 647 \text{ m}^2$ | $\eta_k = 88\%$ |
| $A_k = 497 \text{ m}^2$ | габарит = $26,5 \times 16 \times 11,7$ |
| $A_s = 2840 \text{ m}^2$ | $\frac{V}{D_1} = 16,7 \text{ m}^3/\text{th}$ |
| $A_e = 1650 \text{ m}^2$ | |
| $A_l = 18300 \text{ m}^2$ | |
| $V_R = 980 \text{ m}^3$ | |

Посматрајући у целисти ово постројење види се развој технике грађења ТЕ у току 50 година. Док са једне стране имамо котлове и парне машине у нешто измењеном стању но што су изгледале пре 50 година, са друге стране имамо најмодерније котловско и турбинско постројење.

Ново котловско постројење користи као гориво спрасени угаљ или мазут. Гранична потрошња топлоте износи 2360 kcal/KWh

Од великог броја чинилаца подвучен је утицај горива на облик, величину и конструкцију котла и котларнице као и целокупног котларничког постројења.

Уочавајући важност горива и његов утицај на светску привреду, ОУН је преко своје Економске комисије за Европу, Комитет за угаљ, узела у разматрање могућност интернационалне класификације угљева⁽³⁾. Мада је цела ствар у зачетку, могу се сагледати велике користи од евентуалног спровођења типизације угља, засада најраспрострањенијег горива за котлове. У овом случају дошло би се до уочљивије законитости, јер би утицај горива на котлао и котларницу био изразитији и у већој мери одлучујући. Типизацијом горива уопште, дошло би се до могућности јаснијег диференцирања утицаја горива и уочавања последица тога утицаја на постројење.

Типизација горива олакшала би решење тешког проблема типизације котлова. Тежисте овога проблема је у унификацији ложишта, према врстама горива.⁽⁴⁾ Нема довољно техничке подлоге веровању да ће се доћи до универзалног котловског ложишта; техника ложишта иде ка типизирању ложишта за поједине групе горива. На овај начин би се утицај горива на облик котла и котларнице у знатној мери поједноставило, тј. број компонената би се смањило.

Велика разноврсност угљева отежава уопште решавање проблема типизације котлова. На пример, једни угљеви траже дуже време за сагоревање, те и мању вредност односа Q_1/V_R , односно већа ложишта, док други угљеви изазивају обрнуту ситуацију. Горива са већим процентом пепела или ложијим врстама пепела у погледу температуре топљења, хемиског састава и еродивног дејства захтевају ниже Q_1/V_R , други распоред кључајућих цеви, прегрејача паре, економјазера и загрејача ваздуха, отежавајући примену озрачених прегрејача паре као и коришћење високих температура у ложишту, но угљеви са мањим процентом пепела или пепелом бољег квалитета. Конструкција котла би се тешко могла прилагодити најнеповољнијим горивима, јер тада би котлао био сувише скуп и тиме би био промашен један од главних циљева типизације. Даље, не може се уградити у исти габарит котлао за прах и слој, поред тога, долазе диференцирања у вези са параметрима паре (t_s, p_k), воде (t_a), затим у зависности од тога да ли ће се уградити или не међупрегрејач, као и од других услова који отежавају типизирање котлова.⁽⁵⁾

Сада већ постоји нормирање извесних котловских делова, што доводи до уштеде у раду на конструисању. Нормирани су извесни габарити, као на пример за Еко и Луво. Притисци се ограничавају на 40, 80, 125 atü, капацитети на 20, 32, 40, 80, 125, 160, 200, 320, 400,

600 t/h⁽⁶⁾. У Немачкој се покушава са нормирањем угљева, за камене H_i — 5000 kcal/kg, а мрке угљеве H_i — 1800 kcal/kg.

Многи елементи се усвајају и унифицирају, као на пример: двоступни висећи прегрејачи за високе прегрејаности, цевне заштитне мреже испред озрачених прегрејача, вешање прегрејача паре о сопствене цеви или о цеви економајзера, као и друге конструктивне појединости.

Квалитет и врста горива, нарочито угља, имаће утицаја на катао, котларницу и котларничко постројење у следећим тачкама:

1. Зависност инсталсаног капацитета котларнице од капацитета рудника угља.⁽⁷⁾

При планирању котларница за ТЕ на рудницама треба водити рачуна о садашњем и будућем капацитету рудника. Уколико се предвиђа ложење отпатком сепарације, треба ускладити капацитет котларнице према расположивој количини отпатка сепарације.

Капацитет рудника угља, нарочито ако није у питању дневни коп, опада са проширењем мреже ископа, нарочито услед повећања транспорта и изградње поткопа (силажење на веће дубине, веће дужине поткопа).

При одређивању величине капацитета котларница треба водити рачуна и о превојној тачки у капацитету рудника. Опадање капацитета рудника услед разгранатости не би смело да настане пре но што је котларница амортизована.

Сличан је случај и при раду са отпацама угља, чија количина зависи од околности које немају везе са радом котларнице. Капацитет котларнице треба одредити водећи рачуна о количини енергије која се може угљем или отпадним угљем произвести и о предвиђеном годишњем коришћењу котлова.

Годишња количина топлотне енергије из B (t/god) угља доње калоричне моћи H_i (kcal/kg) је:

$$A = B \cdot H_i \quad (Q = A)$$

од ове количине енергије која је расположива у угљу може се искористити

$$Q = \frac{1000 \cdot B \cdot H_i \cdot t}{D_1 I}$$

где је:

t (h/god) = број радних сати у години

I (kcal/kg) = специфична потрошња топлоте за производњу 1 kg. паре.

2. Транспортна средства за превоз горива до котларнице⁽⁸⁾.

У вези са агрегатним стањем горива (гасовито, течна, чврсто) биће одређен и начин

транспорта до објекта котларнице. Гасовита горива транспортују се гасоводима или у компримованом стању у боцама, течна у цистернама, а чврста у шлеповима и вагонима разног типа.

На конструкцију вагона за транспорт угља директно утиче сортиман, чврстоћа и проценат влаге угља. За транспорт равнот угља неће бити погодни вагони са више малих левкова за истовар; у овом случају боље одговарају вагони са косим или седластим дном и покретним страницама. За угљеве мање чврстоће конструкција вагона треба да омогући примену континуалних истоварних средстава, а уколико је истовар испуштањем, висина падања не сме да буде велика. Ова примедба има значаја за ложење у слоју, уколико је конструкција решетке таква да захтева сортиран угаљ. Ако је проценат влаге велики, а постројење се налази у области ниских температура, конструкција вагона треба да омогући примену једног од начина загревања — топлења замрзнутог угља.

3. Истоварна средства⁽⁹⁾

Као што је поменуто, најинтересантније гориво за котловска постројења је угаљ. Стога ће се у већини тачака на њега обраћати највећа пажња. У зависности од сортимана, влажности и чврстоће угља с једне стране, а с друге стране, од транспортног средства и капацитета постројења зависиће начин истовара.

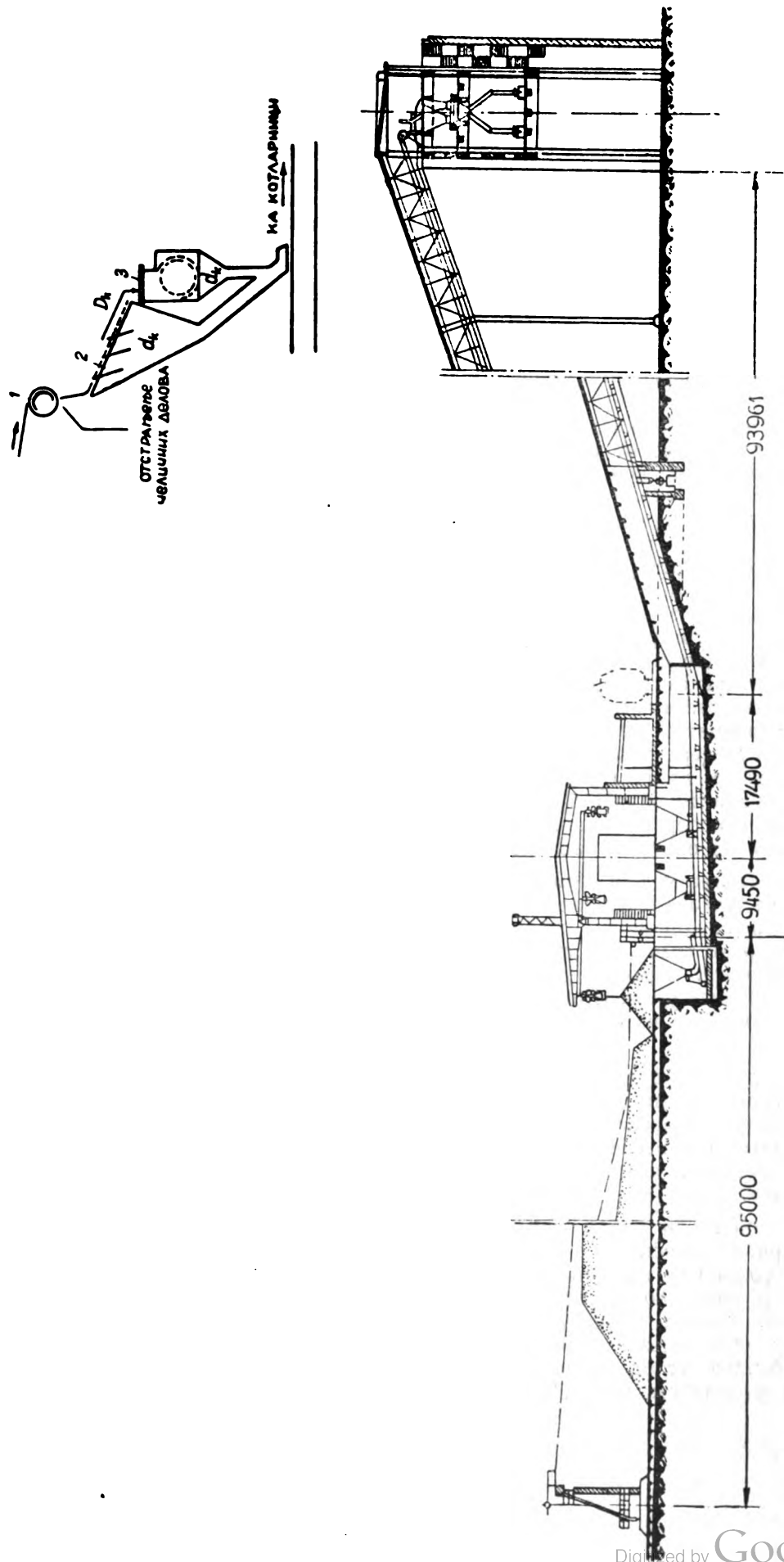
Најчешће се за истовар угља који се превози железничким путем примењују вагони са дном у облику левка и отварањима. Ови се вагони, уколико је угаљ ситан и влажан, са примесама земље, истоварују помоћу тресалица, чији капацитет, при нормалним условима рада, износи 6—8 вагона на сат, тј. 300—350 t/h. Тресалица је обично обешена о једну покретну дизалицу, која се поставља над вагоном и спушта ка њему кад он дође над истоварни левак. Тресалица ради на следећи начин: осовина вибратора тресалице, крећући се горе доле, изазива јаче ударе о зидове кола. Удари вибратора о бочне стране вагона преносе се на странице левкова, те се на тај начин изазива потребно дејство за истресање и истовар угља. За истовар досада пројектованих вагона са левковима потребан је рад 3 човека од 3/4 до 1 сат, док модерна тресалица истовари исти вагон за 10—15 минута.

На сл. 347 дата је диспозиција покривеног истоварног места са захватачима, складишта са скреперском манипулацијом и једноступног дробиличног постројења које се снабдева траком на естакади.

Сл. 347 — Диспозиција покривеног истоварног места са захватачима, складишта са скрепером и једноступне дробилнице која се снабдева траком на естакади ($10/2$)

У лесном углу горе види се шема једноступне дробилнице

1. магнетски сепаратор, 2. сито, 3. дробилница, Дк. део угља који пролази преко сита у дробилцу, дк. део угља који пропада кроз сито и не пролази кроз дробилцу ($12/1$)



Сортирани угаљ, например, не сме се истоваривати захватачем, јер му се квари сортиман.

Уколико се угаљ у вагонима замрзне, примењују се јаме за открављивање (просторије у којима се вагони излажу интензивном загревању).

Укупна потрошња снаге за манипулацију угљем креће се од 0,2 до 1,25 KWh/t, тј. просечно 0,7 KWh/t.

4. Тип складишта и манипулација на њему⁽¹⁰⁾

У зависности од квалитета угља биће извршен избор типа складишта. Угљеви који подлежу утицају атмосферилуја постављају се у затворена складишта разних типова или под воду.

Код отворених складишта манипулација угља у последње време све чешће се изводи булдожерима, и то код постројења средњег и великог капацитета. Булдожери и скрепери могу да раде по лошем терену и да дуже време не изазивају трошкове оправки, те њихова употреба постаје скоро искључива за манипулацију ситног угља на складиштима. Они носе и утоварују до 1000 kg/m³. Овај начин збијеног товарења не само да повећава капацитет складишта једне одређене површине, већ у поређењу са растресеним ускладиштавањем ограничава и смањује опасност од самопаљења. Капацитет булдожера и булдожера који вуку скрепере зависи од акционог радијуса; сматра се да је булдожер економичан на растојањима до 60 m, а булдожер са скрепером или скрепер на конопцима на растојањима већим од овога, тј. до око 200 m.

Манипулација угљем помоћу скрепера не задовољава услове сагоревања у слоју сортираних угљева који немају чврсту структуру. На транспортне траке, као средства унутрашњег транспорта, најмање утицаја имају квалитет и сортиман угља. (Крупан сортиман код малих капацитета изискује широке и гломазне траке).

На избор транспортних средстава уопште, поред капацитета, диспозиције постројења и намене објекта највећег утицаја има сортиман, квалитет и извесне особине угља, као што је чврстоћа, влажност и наклоност ка самопаљењу.

Поред овога на избор средстава за допрему горива утицаће нарочито систем сагоревања. Уколико се сагоревање врши у слоју, потребно је пажљиво поступање са сортираним угљем. Оваква манипулација је корисна у погледу одржавања капацитета котла, смањења губитака услед пропадања кроз решетку и у летећем коксу. Неодговарајућа

средстава за допрему потпомажу декласирање угља, што изазива неправилну расподелу крупних и ситних комада угља на решетки, а последица овога је неравномеран довод ваздуха и неравномерно и у крајњој линији повећано непотпуно сагоревање. Нешто се лакши услови постављају уређају за допрему угља код ложишта са убацивачима. Код овог система сагоревања врши се у извесној мери сепарација горива, тј. побољшава му се сортиман. При лету кроз ложишни простор најситније честице сагоре тако да до решетке доспева мање ситнежи. Поред овога и појава лепљења угља и стварања блокова који ометају правилну расподелу ваздуха код ложишта са убацивачем је умањена, јер лепљиве катранске материје на површини комадића угља сагоре, уколико и сама честица услед својих димензија односно недовољног времена задржавања у лету не сагори.

Уколико се у једном ложишту за сагоревање у слоју примењују различитије врсте угљева (по квалитету, сортиману и специфичним особинама), уколико се тежи услови постављају уређају за допрему горива.

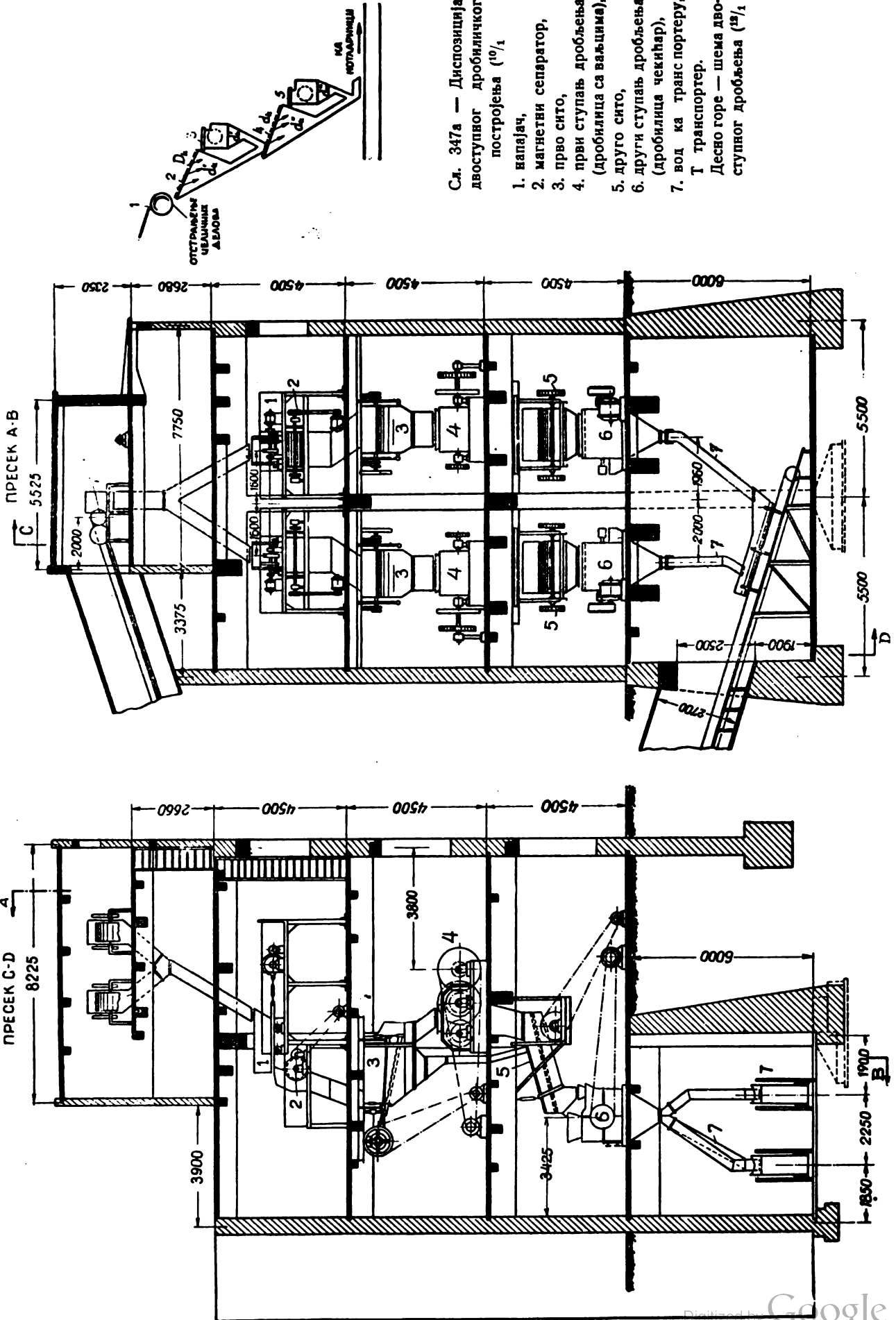
Код уређаја за допрему горива ложишту са угљеним прахом услови су много блажи.

5. Висина ускладиштавања⁽¹¹⁾

Висина ускладиштавања је функција квалитета угља и преко површине складишта индиректно утиче на величину котларничког комплекса. Од квалитета угља у многоме зависи да ли ће складиште бити отвореног или затвореног типа. Наклоност угља ка самопаљењу изискује специјалне мере у погледу одржавања угља на складишту. Овим се ограничава висина слоја и доводи у питање држање угља у силосима. Велики проценат грубе влаге захтева, уколико је предвиђено природно сушење, покривено складиште са добром вентилацијом. Најпростији начин природног сушења је распростирање угља у танке слојеве на покривеној површини.

Тако се појављују складишта разних врста по облику и конструкцији: потпуно отворено, отворено са бетонским коритом, полуотворено и затворено, ниско или високо (приземне хале и ћелиско ускладиштавање-силоси).

Висина ускладиштавања највише утиче на избор и врсту конструкције складишта и то због појаве великих бочних притисака. Ови притисци у многоме утичу на инвестиције за зграду складишта. Поред тога на ово утиче и течљивост угља која зависи од сортимана, влажности, рапавости и лепљивости спољних површина (већа је код ситних и влажних угљева).



6. Соршман, чврстина и влажност угља утичу на ширину и положај дробилице (12)

Сортиман и чврстина угља утичу на број и тип дробилица, а влажност и на њихов положај. Код шема сушења угља крупноћа угља и тип сушаре одређују потребу и положај дробилице. Крупан угаљ чврсте структуре претходно ће се дробити, па сушити у цевастој сушари, док ће се ситнији, лако ломљиви угаљ, сушити у сушари бубњари без претходног дробљења. Горива која изискују више ступњева дробљења (било због своје структуре или сортимана) нарочито ће утицати на општу просторну архитектонску композицију комплекса, јер ће дробилице и транспортна средства кроз слободан простор бити најкарактеристичнији елементи функционалног угиска. Њихова појава обично компликује и ломилнију тока производње. Овај фактор преко шема дробљења директно утиче на величине изграђеног објекта, тј. на карактеристике $m^2/kcal$ и $m^3/kcal$ (сл. 347а).

На саму конструкцију дробилице највише утиче крупноћа и чврстина угља. Тако нпр. за крупан равни угаљ у првом ступњу дробљења примењује се дробилица са чељустима.

7. Утицај соршмана на главне димензије Трансјоршних средстава. (13)

Главне димензије и карактеристике транспортних средстава у знатној мери зависе од крупноће угља. Ако је угаљ крупнији, елеватори, конвојери, траке итд. биће гломазнији и спороходнији. Ово доводи често до нерационалних решења и до немогућности примене извесних врста транспортних средстава. При ситном сортиману елементи транспортних средстава биће мањи (на пример кофице елеватора и ширина траке) те ће моћи да се ради са знатно већим брзинама; при претпоставци да су брзине исте као и код транспортера за крупан угаљ, капацитети ће бити већи услед већег коефицијента пуњења (мање просипање и боље попуњавање радног пресека). Ово доводи до могућности изградње транспортних средстава мањих по димензијама, а већих по капацитету и јевтинијих у погледу инвестиција.

Сама топлотна моћ горива утиче на димензионасање уређаја за допрему, јер опадањем калоричне моћи расте потрошња и обрнуто.

8. Утицај соршмана и квалитета угља на избор решетки.

Поред експлоатационих услова који се постављају котловском постројењу, сортиман и квалитет угља утичу на врсту решетки. С друге стране од конструкције решетки и квалитета угља зависи могућност њеног оптерећења ($B_1/A_R, Q_1/A_R$). У зависности од овог

специфичног оптерећења решетки, времена потребног за сагоревање и процента испарљивих делова, облика ложишта, система виорења и релативних брзина, добија ложиште одговарајућу висину. Висина ложишта утиче на артикулацију котла, а од ове зависи облик и артикулација котларнице, као и тип усвојених грађевинских конструктивних елемената.

Из овога се види да поред осталих наведених момената угаљ преко конструкције решетки и величине $Q_1/A_R, B_1/A_R$, које одређују површину решетки, при одређеној величини Q_1/V_R , утиче на облик и величину ложишта, а преко овога и на облик и величину котла и зграде котларнице.

Артикулација котла (у све три димензије), изазвана горивом, изискује одговарајући тип конструктивног склопа зграде (ниска или висока градња), армирани бетон или челик, скелет или оквир.

Утицај квалитета угља на артикулацију котла преко решетки види се из следећих односа:

Величине $a = \frac{B_1}{A_R}$ и $b = \frac{B_1 H_1}{A_R} = \frac{Q_1}{A_R}$ зависе од

квалитета угља (топлотне моћи, сортимана, структуре, процента и квалитета пепела, процента влаге, процента испарљивих делова и особина кокса) и од услова експлоатације котла.

За дати угаљ и њему одговарајућу решетку под одређеним условима конструкције и експлоатације (одређени a, b и q) запремина ложишног простора ће бити:

$$q = \frac{Q_1}{V_R}$$

$$V_R = A_R \cdot H = \frac{Q_1}{q} = \frac{b}{q} \cdot A_R = c \cdot A_R \cdot \dots \dots \dots (1)$$

При горњим условима $\frac{b}{q} = \text{const.}$ види се да запремина ложишта зависи само од површине решетки и да је ова у овом случају функција капацитета котла.

Полазећи од услова да $A_R = \text{const.}$, а да се квалитет угља мења, тј. да су b и q променљиве вредности, добија се да је запремина ложишног простора

$$V_R = A_R \cdot H = c_1 \cdot \frac{b}{q} \dots \dots \dots (2)$$

где је $A_R = \text{const.}$ $H = \frac{b}{q}$ променљива вредност, зависна од квалитета угља и конструктивно-експлоатационих услова.

Из једначина 1) и 2) види се да квалитет угља, капацитет котла и конструктивно експлоатациони услови одређују артикулацију ложишта, те донекле и котла.

На овом месту се подвлачи да систем ложења има великог утицаја на облик ложишта и котла (слој, угљени прах и циклонско ложење). Међутим, систем ложења је обично последица врсте горива, те се у много случајева утицај система ложења може свести на утицај горива.

9. Процент влаге у гориву одређује начин његовог припремења⁽¹⁴⁾

Ако је у питању гориво са великим процентом влаге, оно се већ у првом ступњу дробљења подвргава делимичном сушењу, како би се даље дробљење извршило лакше. Процент влаге утиче на то да ли ће се применити претходно сушење. Постројење за претходно сушење умногоме повећава кубатуру котларнице, а често се ова постројења постављају у одвојеним зградама. Појава сушаре компликује енергетску шему „технолошки ток“ производње и зграду као последицу наведеног. Процент влаге утиче на избор типа млина, а унеколико и на шему млевења, која, као једна од фаза производње, исто тако утиче на зграду. Процент влаге утиче на капацитет млина и утрошак снаге за млевење. Смањивањем капацитета повећава се габарит потребан за млин, а кроз то може доћи и до утицаја на промену величине зграде или бар на прегледност и удобност у згради.

10. Врста угља и квалитет пепела утичу на избор типа млина и шеме млевења⁽¹⁵⁾

На усвајање конструкције млина највише утиче чврстоћа угља и пепела. Утицај влаге на избор млина може се унеколико парализовати претходним сушењем, док се ова два фактора не могу отклонити претходним мерама. Поред наведеног на шему млевења утичу и друге особине угља, као и услови које поставља когао и његова експлоатација. Шема млевења, која је, као што се види, у знатној мери последица горива, утиче на облик и величину зграде котларнице. Код индивидуалног начина млевења није потребан специјалан простор за млинове, док је код централизованог начина обично потребна читава засебна зграда или бар анекс котларнице. Међубункерски систем обично се смешта у бункерски део зграде котларнице, те захтева постављање више бункера, што смањује прегледност на ложачкој платформи (сл. 348). Овакво решење мења и основну конструктивну концепцију зграде котларнице, употпуњујући њен склоп одговарајућим системом за примање нових статичких оптерећења и утицаја.

11. Утицај горива на систем ложења (сортиман, влага, пепео)⁽¹⁶⁾

Ситно гориво, уколико нису у питању најмањи капацитети, предодређује систем угљеног праха.

Код ситног горива при сагоревању у виду угљеног праха отпада претходна дробилица, или уопште дробилица, док се претходно сушење може вршити услед великог процента влаге у цевастим сушарама које заузимају мање простора но сушаре бубњаре (сл. 348).

У сушарама-бубњарама врши се једновремено сушење и дробљење крупнијег угља мекане структуре. Избегавањем дробилице и сушаре-бубњаре, или само ове последње, добија се у котларничком простору. Поред утицаја на кубатуру и распоред архитектонских маса, примена ситног угља за ложење у виду угљеног праха има и економског утицаја на изградњу и експлоатацију котларничког постројења, услед смањења утрошка енергије за припремање и млевење. И нето потрошња топлоте по произведеном KWh биће тада мања.

Крупно влажно гориво код малих капацитета најбоље се искоришћује на степенастим решеткама. Степенаста решетка услед малих вредности односа а и б изазива тенденцију ка хоризонталној артикулацији котла, стварајући услед свог когосг положаја велики мртви простор у габариту котла, што повећава висину котла. Код ових котлова неповољна је карактеристика

$$\frac{D_t}{V_R} \left(\frac{t}{m^3h} \right)$$

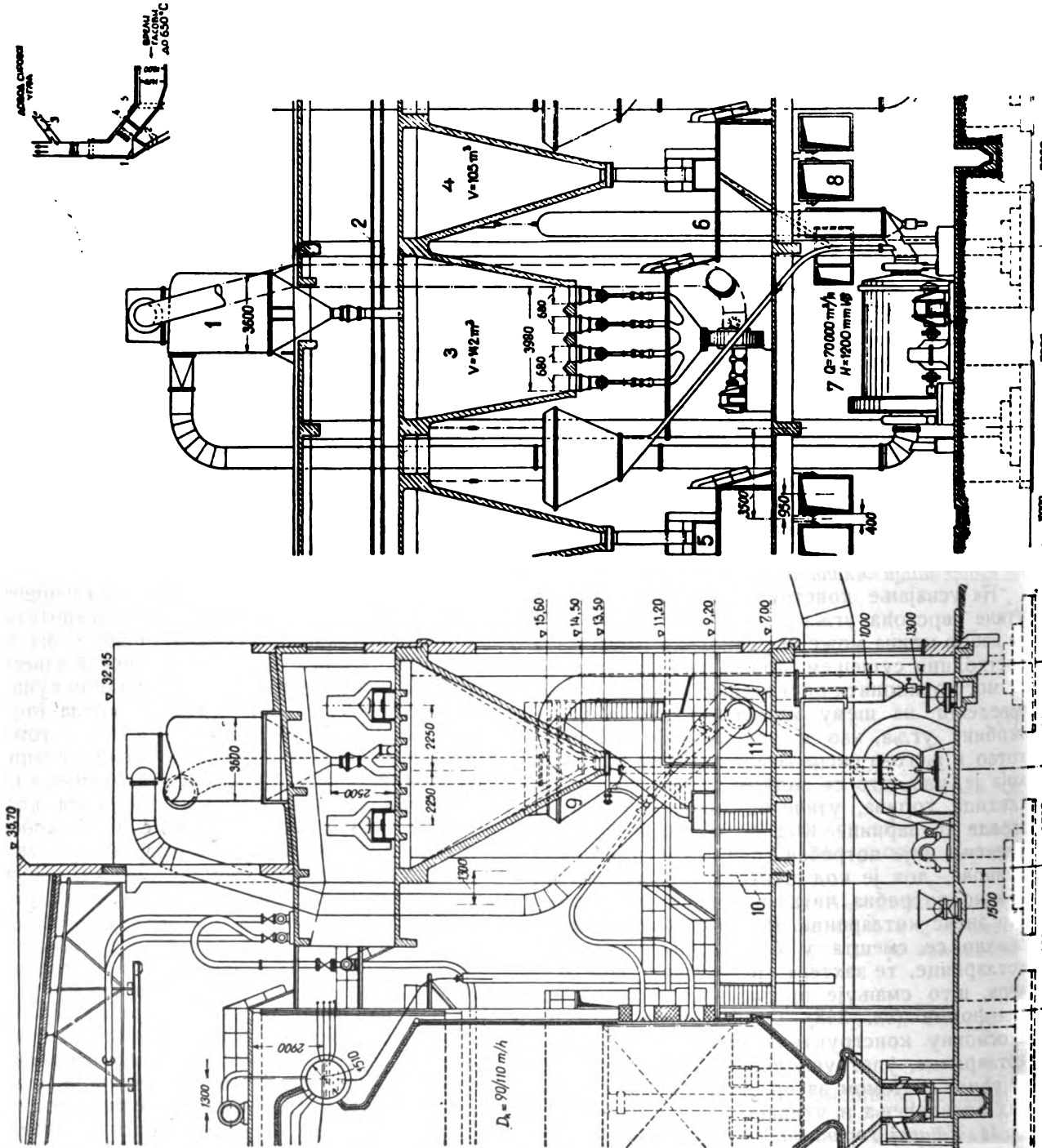
У случају влажног горива, код сагоревања у слоју, где услед недовољних капацитета не долази у обзир претходно сушење, из економских разлога и услед наклоности извесних угљева ка распадању, при претходном сушењу примењују се сушаре у склопу котла (ложиште Макаријева, сушара B&W са топлим ваздухом, сушара ТРК са рецикулацијом ложишних гасова). Овакав начин сушења проузрокује извесно повећање габарита котла, што у већини случајева само смањује простор за послуживање испред котла. Ако је сушара у склопу са степенастом решетком, она изазива знатно повишење положаја отвора за улаз угља у когао, што отежава примену концепције висећих бункера за угаљ, услед велике висине бункерског дела котларнице (високо постављени бункери поскупљују котларницу). Овако постављени бункери изискују високе стубове код којих се повећава оптерећење на извијање, те се стога мора прибећи скупљим скелетним или другим конструкцијама. Високо постављени бункери ломе силу ету котларнице, јер се бункерски део котларнице поставља више но онај над котловима.

Сл. 348 — Диспозиција млевења угља по међу-бункерском систему ($1\frac{1}{2}$)

1. циклонски издвајач праха,
2. тракасти транспортер,
3. бункер за угљени прах,
4. бункер за сирови угаљ,
5. аутоматска вага,
6. цевна сушара,
7. млин добошар са ку-глама,
8. гасоводи,
9. сепаратор млина,
10. командна плоча,
11. вентилатор млина

У горњем углу горе дата је шема цевне сушаре.

1. таложни левак,
2. и 3. лептир-вентили,
4. заптивач,
5. вешаљке



Велики проценат лако топљивог пепела даје преимућство течном режиму над сувим. Течни режим услед веће вредности односа q смањује запремину ложишта, равно дно ложишта смањује потребну висину зграде за смештај котла, или при истој висини котла оставља испод дна котла слободан простор за смештај помоћних уређаја. Ова особина котлова са течним режимом користи се да се повећање капацитета котларнице постиже на тај начин што се у истој котларници, без промена на згради, место котлова са сувим режимом постављају котлови са течним режимом, који су габаритно исти, али већег капацитета.

Слој или прах утичу на облик и величину ложишног простора, а као што је раније поминуто, ложишни простор преко котла одређује склоп и облик грађевине. Осим тога систем ложења угљеним прахом изискиваће сасвим други начин манипулације горивом. Поставка тока технолошког процеса производње — решење допрених уређаја који уствари каналишу тај ток производње, биће код оваквог система ложења нешто другачији. Значи, архитектонско-грађевинска концепција котларничког постројења добиће нове одређујуће захтеве. У овом случају треба имати у виду и све чиниоце који ће се појавити као последица ложења угљеним прахом (начин пречишћавања продуката сагоревања, отстрањивање пепела и друго).

12. *Процена ш испарљивих делова преко вредности односа q утиче на величину ложишног простора* (17)

Код горива са малим процентом испарљивих делова, ако је сагоревање у слоју, главни део топлоте из горива ослобађа се на решетки. За сагоревање на решетки, потребно време за сагоревање C_{fix} постиже се површином исте, односно спорим кретањем горива или решетке, а не запремином ложишног простора. Познато је да при сагоревању квалитетних угљева са великим процентом C_{fix} нису потребне велике запремине ложишног простора (напр. котлови старе конструкције који су били предвиђени за оваква горива). Мали проценат испарљивих делова има довољно времена да потпуно сагори у релативно малој запремини ложишног простора.

При сагоревању у слоју горива са великим процентом испарљивих делова, већи део топлоте ослобађа се у ложишном простору, те је за остварење времена потребног за сагоревање гасовитих продуката потребна већа запремина, као и друге мере, напр. виорење, довод секундарног ваздуха итд. (процес сагоревања се претежно своди на гасну фазу). Из овога се може закључити да и проценат испарљивих делова изазива вертикалну арти-

кулацију котла (потребна површина решетке се смањује, а висина ложишта повећава).

Под претпоставком да су за два горива величине a и b исте, гориво се разликује само по проценту испарљивих делова), добиће се код сагоревања у слоју разне висине ложишта. Ово би било објашњење зашто савремени котлови са сагоревањем у слоју имају високе ложишне просторе, а старије конструкције ниске.

Код ложишта за угљени прах случај је обрнут. Док за велики проценат C_{fix} у слоју има довољно времена за сагоревање, у ложишту за прах честица се у њему задржава кратко време, те њена трајекторија и запремина ложишта треба својом дужином и величином да обезбеде потребно време за сагоревање. Код великих процената испарљивих делова честице C_{fix} имају већу специфичну површину, те је време за сагоревање мање (у овом случају се потребно време за сагоревање скраћује и услед тога јер се сагоревање своди на реакције волумена). Смањење ложишног простора може се постићи повећањем релативних брзина честица угљеног праха према честицама ваздуха.

Може се закључити да је код угљеног праха потребна већа запремина ложишног простора но при сагоревању у слоју. При сагоревању у слоју за сагоревање C_{fix} потребно је много мање простора но за сагоревање истога у виду праха и у лебдећем стању (ложишта са убацивачима). Ако се изврши упоређење времена потребног за сагоревање код два горива са истим процентом испарљивих делова (и остале карактеристике горива су исте), с тим да једно гориво сагорева у праху, а друго у слоју, запремине за сагоревање испарљивих делова у слоју и праху биће исте, док ће се код праха појавити вишак запремине у односу на слој за потребну запреминску разлику за сагоревање C_{fix} у слоју и у виду летећег праха.

При сагоревању у лебдећем стању и код циклонског сагоревања, запремине се приближују запреминама за слој, па чак су и мање. Ово се може објаснити на тај начин што се код ових начина сагоревања трајекторије горућих делова C_{fix} -а не подударују са трајекторијама ваздуха (велике релативне брзине). Тако се код процеса Сцикла-Розинек и код циклонског сагоревања C_{fix} локализује на мање запремине но што је то случај код угљеног праха, где се трајекторије испарљивих делова и C_{fix} -а приближно поклапају. Код циклонског ложишта отступање трајекторије крупнијих честица C_{fix} -а настаје услед успоравајућег дејства филма шљаке, тј. ове честице сагоревају на самом филму услијане шљаке и крећу

се приближно брзином шљаке. Постизавање већих вредности односа q код циклонског ложишта приписује се не само дејству концентрованог сагоревања у компримованом ваздуху са великом брзином и дејством оплакивања, него и побољшаним условима за сагоревање (интензивно мешање, високе температуре услед малог вишка ваздуха, каталитичко дејство филма течне шљаке).

13. Ушицај особина пепела на величину и облик ложишног простора⁽¹⁸⁾

Производња водене паре у котловима са ложиштима за сагоревање угља стоји пред све озбиљнијим проблемом коришћења угљева ложијих квалитета (велики проценат влаге и лако топљивог пепела). Из немачких података се види да је калорична моћ угљева који се примењују у котловским ложиштима за последњих 30 година опала за 20%, тј. године 1910 средња доња калорична моћ камених угљева је била $H_i = 7000$ kcal/kg, а данас је $H_i = 5600$ kcal/kg. Не назиру се неке техничке могућности да би се угљеви са великим процентом лако топљивог пепела могли неком врстом припремања ослободити тог великог процента пепела или да би се бар ефикасно могло отклонити, односно ублажити, својство лаке топљивости.

Данашња техника котловских ложишта решава овај проблем применом топионих комора, те на тај начин, везујући већи проценат пепела из горива за ову комору, смањује концентрацију летећег пепела у продуктима сагоревања и смањује негативна дејства летећег пепела на грејне површине. Применом циклонских ложишта отишло се даље у решавању овога проблема. Код циклонског ложишта не само да је проценат везивања пепела за комору много већи но код топионе коморе, већ је и досадашњи баласт (велика количина лако топљивог пепела) искоришћен у позитивне сврхе, тј. као катализатор при сагоревљу и као средство које продужује време задржавања крупних честица у ложишту, омогућујући једновремено интензивно дејство оплакивања као последице великих релативних брзина.

Температура омекшавања пепела одређује температуру на крају ложишта. Ова температура је од утицаја и на формирање додирне грејне површине. Последица овога је поред осталог и то што, ако су у питању високе прегрејаности паре, један део прегрејача мора бити озрачен. У зависности од врсте угља и особина пепела, продукције и експлоатационих услова, конструктору котла поставља се задатак да одреди температуру на крају ложишта, оптерећење ложишта, смештај и димензионисање расхладних површина у ложишту.

Температура на крају ложишта, одређена температуром омекшавања пепела, зависи од степена хлађења ложишта, док је потребни степен хлађења у зависности од расположиве површине зидова ложишта. Потребне површине зидова за смештај расхладне површине одређују запремину и облик котловског ложишта.

Ing. R. Jantscha уводи појмове: фактор облика

$$f = \frac{P}{V} = \frac{4ah + 2a^2}{a^2h} \left(\frac{m^2}{m^3} \right) \dots \dots \dots (1)$$

фактор узаности ложишта

$$n = \frac{h}{a} \left(\frac{m}{m} \right) \dots \dots \dots (2)$$

где је

- $P (m^2)$ = површина зидова ложишта
- $V (m^3)$ = запремина ложишта
- $a (m)$ = ширина ложишта
- $h (m)$ = висина ложишта

Из израза (2) $h = an$ замењујући у изразу (1) добија се

$$f = \frac{P}{V} = \frac{4a \cdot an \cdot 2a^2}{a^2 \cdot an} = \frac{4n + 2}{an} \left(\frac{m^2}{m^3} \right) \dots \dots (3)$$

Увршћујући разне вредности за a и n , добијају се одговарајуће вредности за f . Вредност a се израчунава из

$$v = a^2 h = a^3 n$$

$$a = \sqrt[3]{\frac{v}{n}}$$

Ако се у ложиште постави средњи цевни зид (двоструко озрачени екрани), израз (3) ће добити облик:

$$f = 4ah + 2a^2 + (2ah) = \frac{4n + 2 + (2a^2n)}{an}$$

Пример ложишта $V_R = 1400 m^3$. Ако је облик ложишта коцка $n = 1$, фактор облика ће бити, ако постоји цевни зид, $f = 0,7$. Да би се постигло исто f без цевног зида, морало би се узети $n = 6$. Да би се постигло $f = 0,7$, без цевног зида и без повећања n , требало би смањити запремину коцке ложишта на $V = 600 m^3$, што би изазвало за непромењену продукцију повећање $\frac{Q_1}{V_R}$ и t_{12} .

Може се извести закључак да је f уствари однос расхладне површине ложишта према његовој запремини.

Увођењем двоструко озрачених екрана повећава се f , $\frac{Q_1}{V_R}$ и D_1 без повећања запремине ложишта и температуре на крају ложишта.

Open-pass систем има поред горњих предности и ту што се брзина струјања гасова повећава.

Уколико се повећава продукција паре котла а Q_1/V_R , t_R и f остају непромењени, мора се повећавати n , тј. висина котла. Убацавањем цевног зида или применом система Open-pass смањује се висина, тј. остаје непромењена као и f .

Да би се снизиле температуре t_0 које расту повећањем Q_1/V_R мора се повећати f .

Пример ложишта $V_R = 1400 \text{ m}^3$ за $Q_1/V_R = 150.000 \text{ kcal/m}^3\text{h}$, $f = 0,7$. Повећањем Q_1/V_R на $215.000 \text{ kcal/m}^3\text{h}$ мора се f повећати на јединицу. Без средњег цевног зида $f = 1$ добија се за $n = 14$, а са зидом $n = 4$. Из овога се види колики је утицај цевног зида на висину котла и на његову запремину.

Увођењем нових фактора:

$$\text{фактор запремине} \quad — \quad f' = \frac{V_R}{p} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right)$$

$$\text{фактор висине} \quad — \quad n' = \frac{n}{ab} \left(\frac{\text{m}}{\text{m}^2} \right)$$

$$\text{фактор пљоснатости} \quad — \quad r = \frac{a}{b} h \left(\frac{\text{m}^2}{\text{m}} \right)$$

добиће се још очигледнија и потпунија слика везе свих димензија котла са температуром омекшавања пепела, степеном хлађења ложишта, оптерећењем ложишног простора и продукцијом.

У прилогу су дате две табеле: табела Ing. R. Jantscha и табела састављена на бази новоуведених фактора (Табела бр. 25 и 26).

14. Процент пепела одређује распоред грејних површина⁽¹⁹⁾

При сагоревању у виду угљеног праха са сувим режимом, главни део пепела пролази кроз грејне површине одлазећи са продукцијом сагоревања ка излазу из котла. Велика концентрација летећих честица у продукцији сагоревања изазива еродивно дејство на грејне површине и ограничава брзину струјања гасова кроз грејне површине. Да би се смањило абајуће дејство летећих делова, повећава се корак цеви у конвективном снопу и на тај начин погоршавају услови предаје топлоте услед смањења брзине гасова (повећањем корака цеви у конвективним површинама повећава се њихов габарит, а у крајњој линији и габарит котла).

Код течног режима већи проценат пепела у гориву везује се у ложишту и из њега одводи не пролазећи кроз грејне површине.

У овом случају концентрација летећих честица у димним гасовима мања је, те се могу применити збијеније грејне површине (додирна, Ваво, Луво, Љунгстром) брзина гасова се може повећати услед смањеног абајућег дејства, како услед смањене концентрације, тако и услед правилнијег облика честица летећег пепела.

Резултат овога је смањење габарита котла и побољшање услова предаје топлоте. Применом Љунгстромовог загрејача ваздуха постиже се нарочита уштеда у габариту котловског агрегата.

Применом течног режима процес сагоревања угљева са великим процентом пепела приближује се процесу сагоревања идеалних горива (гасовитих и течних). Овим се може објаснити примена сагоревања под притиском код циклонских ложишта за горива са великим процентом испарљивих делова. Мала концентрација летећих честица (велики проценат везивања шљаке у ложишту и потпуно сагоревање летећег кокса) омогућује велике брзине гасова, које се добијају код сагоревања под притиском.

Котао специјалне конструкције „Velox“ може да користи само идеална горива, јер код њега није решено питање везивања шљаке у ложишту, те би услед великих брзина гасова са којима ради дошло до брзог трошења грејних површина.

15. Утицај температуре ваздуха за сагоревање на габарит котла⁽²⁰⁾

Гориво, углавном његова влажност, калорична моћ, температура паљења, температура топљења пепела и систем сагоревања, затим степен озрачености ложишта и топлотна шема, одређује висину загревања ваздуха. Пошто се код савремених котлова загрејач ваздуха ставља обично на крај агрегата, то је углавном његова површина, па и габарит, пропорционална са вишином загревања ваздуха. Извесна отступања настају повећањем температуре испред загрејача ваздуха и то ако се он поставља пре економајзера, или када се ради са гасовима који имају малу концентрацију летећих честица. У случају мале концентрације летећих честица у продукцији сагоревања примењују се загрејачи ваздуха специјалне конструкције (збијени Луво од цеви малог пречника или профилисаних цеви, ротациони Луво Љунгстрома, који ради са великим брзинама гасова).

Утицај величине загрејача ваздуха на габарит котла види се из доње Рамзинове табеле (Табела бр. 27).

| ОБЛИК ЛОЖИШТА | Карактеристике облика ложишта | Запремина ложишта V_R [m ³] | Димензије | | | Фактор узавоности $n = \frac{h}{b}$ (m) | Фактор облика $f = \frac{A_z}{V_R} \left(\frac{m^2}{m^3} \right)$ | Фактор пљоснатости $r = \frac{a}{h} \left(\frac{m}{m} \right)$ | Фактор висине $n' = \frac{h}{b} \left(\frac{m}{m^2} \right)$ | Фактор запремине $f' = \frac{V_R}{A_z} \left(\frac{m^3}{m^2} \right)$ |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|-------|-------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| | | | a [m] | b [m] | h [m] | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| I. Једноставно ложиште | | | | | | | | | | |
| | | 100 | | | | | | | | |
| | | $V_R = a^3$ | $A_z = 6a^2 = 6 V_R \frac{2}{3}$ | | | | $f = 6 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 1. Коцка | a · a · a | 100 | 4,64 | 4,64 | 4,64 | 1 | 1,29 | 4,64 | 0,216 | 0,775 |
| | | $V_R = 2a^3$ | $A_z = 10a^2 = 6,3 V_R \frac{2}{3}$ | | | | $f = 6,3 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 2. Паралелопипед са квадратном основ. | a · a · 2a | 100 | 3,67 | 3,67 | 7,34 | 2 | 1,36 | 7,34 | 0,545 | 0,735 |
| | | $V_R = 1,33a^3$ | $A_z = 8a^2 = 6,6 V_R \frac{2}{3}$ | | | | $f = 6,6 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 3. Паралелопипед са правоугаоном основ. | a · $\frac{a}{1,5}$ · 2a | 100 | 4,22 | 2,80 | 8,44 | 3 | 1,42 | 12,45 | 0,710 | 0,705 |
| | | $V_R = a^3$ | $A_z = 7a^2 = 7 V_R \frac{2}{3}$ | | | | $f = 7 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 4. Паралелопипед са правоугаоном основ. | a · $\frac{a}{2}$ · 2a | 100 | 4,64 | 2,32 | 9,28 | 4 | 1,51 | 18,55 | 0,863 | 0,662 |
| II. Ложиште са дво-струку овраченим екранима | | | | | | | | | | |
| | | 100 | | | | | | | | |
| | | $V_R = a^3$ | $A_z = 8a^2 = 8 V_R \frac{2}{3}$ | | | | $f = 8 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 1. Коцка | a · a · a | 100 | 4,64 | 4,64 | 4,64 | 1 | 1,72 | 4,64 | 0,216 | 0,582 |
| | | $V_R = 2a^3$ | $A_z = 14a^2 = 8,83 V_R \frac{2}{3}$ | | | | $f = 8,83 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 2. Паралелопипед са квадратном основ. | a · a · 2a | 100 | 3,67 | 3,67 | 7,34 | 2 | 1,92 | 7,34 | 0,545 | 0,522 |
| | | $V_R = 1,33a^3$ | $A_z = 10,65a^2 = 8,8 V_R \frac{2}{3}$ | | | | $f = 8,8 V_R^{-\frac{1}{2}}$ | | | |
| 3. Паралелопипед са правоугаоном основ. | a · $\frac{a}{1,5}$ · 2a | 100 | 4,22 | 2,80 | 8,44 | 3 | 1,895 | 12,65 | 0,710 | 0,528 |
| | | $V_R = a^3$ | $A_z = 9a^2 = 9 V_R \frac{2}{3}$ | | | | $f = 9 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 4. Паралелопипед са правоугаоном основ. | a · $\frac{a}{2}$ · 2a | 100 | 4,64 | 2,32 | 9,28 | 4 | 1,94 | 18,55 | 0,863 | 0,517 |
| III. Ореп-расе | | | | | | | | | | |
| | | 100 | | | | | | | | |
| | | $V_R = a^3$ | $A_z = 8a^2 = 8 V_R \frac{2}{3}$ | | | | $f = 8 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 1. Коцка | a · a · a | 100 | 4,64 | 4,64 | 4,64 | 1 | 1,72 | 4,64 | 0,216 | 0,582 |
| | | $V_R = 2a^3$ | $A_z = 14a^2 = 8,83 V_R \frac{2}{3}$ | | | | $f = 8,83 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 2. Паралелопипед са квадратном основ. | a · a · 2a | 100 | 3,67 | 3,67 | 7,34 | 2 | 1,92 | 7,34 | 0,545 | 0,522 |
| | | $V_R = 1,33a^3$ | $A_z = 12a^2 = 9,9 V_R \frac{2}{3}$ | | | | $f = 9,9 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 3. Паралелопипед са правоугаоном основ. | a · $\frac{a}{1,5}$ · 2a | 100 | 4,22 | 2,80 | 8,44 | 3 | 2,13 | 12,65 | 0,710 | 0,480 |
| | | $V_R = a^3$ | $A_z = 11a^2 = 11 V_R \frac{2}{3}$ | | | | $f = 11 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 4. Паралелопипед са правоугаоном основ. | a · $\frac{a}{2}$ · 2a | 100 | 4,64 | 2,32 | 9,28 | 4 | 2,37 | 18,55 | 0,863 | 0,422 |

| Потрошња горива $B_1 = \frac{VR50}{q_F}$ [t/h] | Ослобођена топлота у ложишту $Q_1 = B_1 \cdot iF_0$ (kcal 10 ⁶ /h) | Запреминско оптерећење ложишта $\frac{Q_1}{VR}$ [kcal/m ³ h] | Оптерећење пресека ложишта $\frac{Q_1}{p}$ (kcal/m ² h) | Дужина пута гасова H [m] | Брзина гасова V (m/s) | Производња паре $D_1 = D_{sp} B_1$ [t/h] | Производња по ширини $\frac{D_1}{a}$ (t/min) | Време задржавања гасова у ложишту $t = \frac{H}{V}$ [s] |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| $B_1 = \frac{A_z 50}{q_F} = \frac{VR50}{q_F}$ | | $\frac{Q_1}{VR} = \frac{B_1 iF_0}{VR}$ | | | | | | |
| $B_1 = 0,168 VR^{\frac{2}{3}}$ 3,6 | 15,6 | $\frac{Q_1}{VR} = 0,725 VR^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 156.000 | 725.000 | 4,64 | 1,45 | $D_1 = 0,865 VR^{\frac{2}{3}}$ 18,5 | $\frac{D_1}{a} = 0,865 VR^{\frac{1}{3}}$ 4,00 | 3,20 |
| $B_1 = 0,176 VR^{\frac{2}{3}}$ 3,8 | 16,45 | $\frac{Q_1}{VR} = 0,76 VR^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 164.500 | 1230000 | 7,34 | 2,35 | $D_1 = 0,905 VR^{\frac{2}{3}}$ 19,6 | $\frac{D_1}{a} = 0,905 \cdot 2 VR^{\frac{1}{3}}$ 5,34 | 3,14 |
| $B_1 = 0,184 VR^{\frac{2}{3}}$ 3,97 | 17,20 | $\frac{Q_1}{VR} = 0,8 VR^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 172.000 | 1460000 | 8,44 | 2,81 | $D_1 = 0,95 VR^{\frac{2}{3}}$ 20,4 | $\frac{D_1}{a} = 0,95 \cdot 1,33 VR^{\frac{1}{3}}$ 4,75 | 3,00 |
| $B_1 = 0,196 VR^{\frac{2}{3}}$ 4,21 | 17,80 | $\frac{Q_1}{VR} = 0,85 VR^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 178.000 | 1650000 | 9,28 | 3,38 | $D_1 = 1,01 VR^{\frac{2}{3}}$ 21,6 | $\frac{D_1}{a} = 1,01 VR^{\frac{1}{3}}$ 4,64 | 2,75 |
| $B_1 = 0,223 VR^{\frac{2}{3}}$ 4,8 | 20,80 | $\frac{Q_1}{VR} = 0,97 VR^{-\frac{1}{3}}$ 208.000 | 970.000 | 4,64 | 1,93 | $D_1 = 1,15 VR^{\frac{2}{3}}$ 24,7 | $\frac{D_1}{a} = 1,15 VR^{\frac{1}{3}}$ 5,32 | 2,40 |
| $B_1 = 0,247 VR^{\frac{2}{3}}$ 5,37 | 23,20 | $\frac{Q_1}{VR} = 1,07 VR^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 232.000 | 1730000 | 7,34 | 3,47 | $D_1 = 1,27 VR^{\frac{2}{3}}$ 27,7 | $\frac{D_1}{a} = 1,27 \cdot 2 VR^{\frac{1}{3}}$ 7,55 | 2,12 |
| $B_1 = 0,246 VR^{\frac{2}{3}}$ 5,3 | 23,00 | $\frac{Q_1}{VR} = 1,065 VR^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 230.000 | 1950000 | 8,44 | 3,90 | $D_1 = 1,26 VR^{\frac{2}{3}}$ 27,3 | $\frac{D_1}{a} = 1,26 \cdot 1,33 VR^{\frac{1}{3}}$ 6,46 | 2,16 |
| $B_1 = 0,251 VR^{\frac{2}{3}}$ 5,4 | 23,40 | $\frac{Q_1}{VR} = 1,09 VR^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 234.000 | 2270000 | 9,28 | 4,35 | $D_1 = 1,29 VR^{\frac{2}{3}}$ 27,9 | $\frac{D_1}{a} = 1,29 VR^{\frac{1}{3}}$ 6,00 | 2,14 |
| $B_1 = 0,233 VR^{\frac{2}{3}}$ 4,8 | 20,80 | $\frac{Q_1}{VR} = 0,97 VR^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 208.000 | 1950000 | 9,28 | 3,90 | $D_1 = 1,15 VR^{\frac{2}{3}}$ 24,7 | $\frac{D_1}{a} = 1,15 \cdot VR^{\frac{1}{3}}$ 5,32 | 2,39 |
| $B_1 = 0,247 VR^{\frac{2}{3}}$ 5,37 | 23,20 | $\frac{Q_1}{VR} = 1,07 VR^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 232.000 | 3470000 | 14,68 | 6,90 | $D_1 = 1,27 VR^{\frac{2}{3}}$ 27,7 | $\frac{D_1}{a} = 1,27 \cdot 2 VR^{\frac{1}{3}}$ 7,55 | 2,13 |
| $B_1 = 0,277 VR^{\frac{2}{3}}$ 5,94 | 25,70 | $\frac{Q_1}{VR} = 1,2 VR^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 257.000 | 4850000 | 16,88 | 8,70 | $D_1 = 1,425 VR^{\frac{2}{3}}$ 30,6 | $\frac{D_1}{a} = 1,425 \cdot 1,33 VR^{\frac{1}{3}}$ 7,25 | 1,94 |
| $B_1 = 0,307 VR^{\frac{2}{3}}$ 6,6 | 28,60 | $\frac{Q_1}{VR} = 1,33 VR^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 286.000 | 5300000 | 18,56 | 10,80 | $D_1 = 1,59 VR^{\frac{2}{3}}$ 34,0 | $\frac{D_1}{a} = 1,59 VR^{\frac{1}{3}}$ 7,35 | 1,72 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|-----------------------------------------------------|--------------------------|-----------------|------|------|----------------------------------------|---|----------------------------|-------|-------|-------|
| I. Једноставно ложнице | | | | | | | | | | |
| | | 200 | | | | | | | | |
| | | $V_R = a^3$ | | | $A_z = 6a^2 = 6 V_R \frac{2}{3}$ | | $f = 6 V_R \frac{1}{3}$ | | | |
| 1. Коцка | a · a · a | 200 | 5,84 | 5,84 | 5,84 | 1 | 1,025 | 5,84 | 0,171 | 0,975 |
| | | $V_R = 2a^3$ | | | $A_z = 10a^2 = 6,3 V_R \frac{2}{3}$ | | $f = 6,3 V_R \frac{1}{3}$ | | | |
| 2. Паралелопипед са квадратном основ. | a · a · 2a | 200 | 4,64 | 4,64 | 9,28 | 2 | 1,08 | 9,28 | 0,431 | 0,928 |
| | | $V_R = 1,33a^3$ | | | $A_z = 8a^2 = 6,6 V_R \frac{2}{3}$ | | $f = 6,6 V_R \frac{1}{3}$ | | | |
| 3. Паралелопипед са правоугаоном основ. | a · $\frac{a}{1,5}$ · 2a | 200 | 5,30 | 3,54 | 10,60 | 3 | 1,13 | 15,9 | 0,568 | 0,885 |
| | | $V_R = a^3$ | | | $A_z = 7a^2 = 7 V_R \frac{2}{3}$ | | $f = 7 V_R \frac{1}{3}$ | | | |
| 4. Паралелопипед са правоугаоном основ. | a · $\frac{a}{2}$ · 2a | 200 | 5,84 | 2,92 | 11,68 | 4 | 1,20 | 21,20 | 0,782 | 0,833 |
| II. Ложнице са дво-струко обраченим екранима | | | | | | | | | | |
| | | 200 | | | | | | | | |
| | | $V_R = a^3$ | | | $A_z = 8a^2 = 8 V_R \frac{2}{3}$ | | $f = 8 V_R \frac{1}{8}$ | | | |
| 1. Коцка | a · a · a | 200 | 5,84 | 5,84 | 5,84 | 1 | 1,37 | 5,84 | 0,171 | 0,73 |
| | | $V_R = 2a^3$ | | | $A_z = 14a^2 = 8,83 V_R \frac{2}{3}$ | | $f = 8,83 V_R \frac{1}{3}$ | | | |
| 2. Паралелопипед са квадратном основ. | a · a · 2a | 200 | 4,64 | 4,64 | 9,28 | 2 | 1,505 | 9,28 | 0,431 | 0,665 |
| | | $V_R = 1,33a^3$ | | | $A_z = 10,65a^2 = 8,8 V_R \frac{2}{3}$ | | $f = 8,8 V_R \frac{1}{3}$ | | | |
| 3. Паралелопипед са правоугаоном основ. | a · $\frac{a}{1,5}$ · 2a | 200 | 5,30 | 3,54 | 10,60 | 3 | 1,51 | 15,90 | 0,568 | 0,662 |
| | | $V_R = a^3$ | | | $A_z = 9a^2 = 9 V_R \frac{2}{3}$ | | $f = 9 V_R \frac{1}{3}$ | | | |
| 4. Паралелопипед са правоугаоном основ. | a · $\frac{a}{2}$ · 2a | 200 | 5,84 | 2,92 | 11,68 | 4 | 1,54 | 21,20 | 0,782 | 0,65 |
| III. Ореп-раз | | | | | | | | | | |
| | | 200 | | | | | | | | |
| | | $V_R = a^3$ | | | $A_z = 8a^2 = 8 V_R \frac{2}{3}$ | | $f = 8 V_R \frac{1}{3}$ | | | |
| 1. Коцка | a · a · a | 200 | 5,84 | 5,84 | 5,84 | 1 | 1,37 | 5,84 | 0,171 | 0,73 |
| | | $V_R = 2a^3$ | | | $A_z = 14a^2 = 8,83 V_R \frac{2}{3}$ | | $f = 8,83 V_R \frac{1}{3}$ | | | |
| 2. Паралелопипед са квадратном основ. | a · a · 2a | 200 | 4,64 | 4,64 | 9,28 | 2 | 1,505 | 9,28 | 0,431 | 0,665 |
| | | $V_R = 1,33a^3$ | | | $A_z = 12a^2 = 9,9 V_R \frac{2}{3}$ | | $f = 9,9 V_R \frac{1}{3}$ | | | |
| 3. Паралелопипед са правоугаоном основ. | a · $\frac{a}{1,5}$ · 2a | 200 | 5,30 | 3,54 | 10,60 | 3 | 1,70 | 15,90 | 0,568 | 0,588 |
| | | $V_R = a^3$ | | | $A_z = 11a^2 = 11 V_R \frac{2}{3}$ | | $f = 11 V_R \frac{1}{3}$ | | | |
| 4. Паралелопипед са правоугаоном основ. | a · $\frac{a}{2}$ · 2a | 200 | 5,84 | 2,92 | 11,68 | 4 | 1,89 | 21,20 | 0,782 | 0,53 |

| 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|----------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------|---------|-------|------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------|------|
| $B_1 = 0,168 V_R \frac{2}{3}$ 5,72 | 24,70 | $\frac{Q_1}{V_R} = 0,725 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 123.500 | 7250000 | 5,84 | 1,45 | $D_1 = 0,865 V_R \frac{2}{3}$ 29,4 | $\frac{D_1}{a} = 0,865 V_R \frac{1}{3}$ 4,96 | 4,03 |
| $B_1 = 0,176 V_R \frac{2}{3}$ 6,02 | 26,00 | $\frac{Q_1}{V_R} = 0,76 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 130.000 | 1230000 | 9,28 | 2,35 | $D_1 = 0,905 V_R \frac{2}{3}$ 31,0 | $\frac{D_1}{a} = 0,905 \cdot 2 V_R \frac{1}{3}$ 6,68 | 3,95 |
| $B_1 = 0,184 V_R \frac{2}{3}$ 6,32 | 27,30 | $\frac{Q_1}{V_R} = 0,8 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 136.500 | 1460000 | 10,6 | 2,81 | $D_1 = 0,95 V_R \frac{2}{3}$ 32,5 | $\frac{D_1}{a} = 0,95 \cdot 1,33 V_R \frac{1}{3}$ 6,13 | 3,78 |
| $B_1 = 0,196 V_R \frac{2}{3}$ 6,7 | 29,00 | $\frac{Q_1}{V_R} = 0,85 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 145.000 | 1650000 | 11,68 | 3,38 | $D_1 = 1,01 V_R \frac{2}{3}$ 34,5 | $\frac{D_1}{a} = 1,01 V_R \frac{2}{3}$ 5,92 | 3,45 |
| $B_1 = 0,223 V_R \frac{2}{3}$ 7,65 | 33,00 | $\frac{Q_1}{V_R} = 0,97 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 165.000 | 970.000 | 5,84 | 1,93 | $D_1 = 1,15 V_R \frac{2}{3}$ 39,4 | $\frac{D_1}{a} = 1,10 V_R \frac{1}{3}$ 6,75 | 3,04 |
| $B_1 = 0,247 V_R \frac{2}{3}$ 8,4 | 36,40 | $\frac{Q_1}{V_R} = 1,07 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 182.000 | 1730000 | 9,28 | 3,47 | $D_1 = 1,27 V_R \frac{2}{3}$ 43,2 | $\frac{D_1}{a} = 1,27 \cdot 2 V_R \frac{1}{3}$ 9,30 | 2,67 |
| $B_1 = 0,246 V_R \frac{2}{3}$ 8,45 | 36,50 | $\frac{Q_1}{V_R} = 1,065 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 182.500 | 1950000 | 10,60 | 3,90 | $D_1 = 1,26 V_R \frac{2}{3}$ 43,5 | $\frac{D_1}{a} = 1,26 \cdot 1,33 V_R \frac{2}{3}$ 8,22 | 2,72 |
| $B_1 = 0,251 V_R \frac{2}{3}$ 8,6 | 37,20 | $\frac{Q_1}{V_R} = 1,09 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 186.000 | 2270000 | 11,68 | 4,35 | $D_1 = 1,29 V_R \frac{2}{3}$ 44,3 | $\frac{D_1}{a} = 1,29 \cdot V_R \frac{2}{3}$ 7,60 | 2,68 |
| $B_1 = 0,233 V_R \frac{2}{3}$ 7,65 | 33,0 | $\frac{Q_1}{V_R} = 0,97 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 165.000 | 1950000 | 11,68 | 3,90 | $D_1 = 1,15 V_R \frac{2}{3}$ 39,40 | $\frac{D_1}{a} = 1,15 V_R \frac{1}{3}$ 6,75 | 3,00 |
| $B_1 = 0,247 V_R \frac{2}{3}$ 8,40 | 36,4 | $\frac{Q_1}{V_R} = 1,07 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 182.000 | 3470000 | 18,56 | 6,90 | $D_1 = 1,27 V_R \frac{2}{3}$ 43,20 | $\frac{D_1}{a} = 1,27 V_R \frac{1}{3}$ 9,30 | 2,68 |
| $B_1 = 0,277 V_R \frac{2}{3}$ 9,50 | 41,1 | $\frac{Q_1}{V_R} = 1,2 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 205.500 | 4350000 | 21,20 | 8,7 | $D_1 = 1,425 V_R \frac{2}{3}$ 48,90 | $\frac{D_1}{a} = 1,425 \cdot 1,33 V_R \frac{2}{3}$ 9,25 | 2,44 |
| $B_1 = 0,307 V_R \frac{2}{3}$ 10,55 | 45,7 | $\frac{Q_1}{V_R} = 1,33 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 228.500 | 5300000 | 23,36 | 10,8 | $D_1 = 1,59 V_R \frac{2}{3}$ 54,20 | $\frac{D_1}{a} = 1,59 V_R \frac{1}{3}$ 9,28 | 2,25 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------|------|------|--------------------------------------------------|---|-------------------------------|-------|--------|-------|
| I. Једноставно ложиште | | | | | | | | | | |
| | | 600 | | | | | | | | |
| | | $V_R = a^3$ | | | $A_z = 6a^2 = 6 V_R \sqrt[3]{\frac{2}{3}}$ | | $f = 6 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 1. Коцка | $a \cdot a \cdot a$ | 600 | 8,44 | 8,44 | 8,44 | 1 | 0,71 | 8,44 | 0,1285 | 1,41 |
| | | $V_R = 2a^3$ | | | $A_z = 10a^2 = 6,3 V_R \sqrt[3]{\frac{2}{3}}$ | | $f = 6,3 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 2. Паралелоипед са квадратном основ. | $a \cdot a \cdot 2a$ | 600 | 6,70 | 6,70 | 13,40 | 2 | 0,746 | 13,40 | 0,298 | 1,36 |
| | | $V_R = 1,33a^3$ | | | $A_z = 8a^2 = 6,6 V_R \sqrt[3]{\frac{2}{3}}$ | | $f = 6,6 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 3. Паралелоипед са правоугаоном основ. | $a \cdot \frac{a}{1,5} \cdot 2a$ | 600 | 7,68 | 5,10 | 15,36 | 3 | 0,78 | 23,04 | 0,391 | 1,28 |
| | | $V_R = a^3$ | | | $A_z = 7a^2 = 7 V_R \sqrt[3]{\frac{2}{3}}$ | | $f = 7 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 4. Паралелоипед са правоугаоном основ. | $a \cdot \frac{a}{2} \cdot 2a$ | 600 | 8,44 | 4,22 | 16,88 | 4 | 0,825 | 33,76 | 0,473 | 1,21 |
| II. Ложиште са дво- струко окреченим екранима | | | | | | | | | | |
| | | 600 | | | | | | | | |
| | | $V_R = a^3$ | | | $A_z = 8a^2 = 8 V_R \sqrt[3]{\frac{2}{3}}$ | | $f = 8 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 1. Коцка | $a \cdot a \cdot a$ | 600 | 8,44 | 8,44 | 8,44 | 1 | 0,95 | 8,44 | 0,285 | 1,05 |
| | | $V_R = 2a^3$ | | | $A_z = 14a^2 = 8,83 V_R \sqrt[3]{\frac{2}{3}}$ | | $f = 8,83 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 2. Паралелоипед са квадратном основ. | $a \cdot a \cdot 2a$ | 600 | 6,70 | 6,70 | 13,40 | 2 | 1,04 | 13,40 | 0,298 | 0,96 |
| | | $V_R = 1,33a^3$ | | | $A_z = 10,65a^2 = 8,8 V_R \sqrt[3]{\frac{2}{3}}$ | | $f = 8,8 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 3. Паралелоипед са правоугаоном основ. | $a \cdot \frac{a}{1,5} \cdot 2a$ | 600 | 7,68 | 5,10 | 15,36 | 3 | 1,04 | 23,04 | 0,391 | 0,96 |
| | | $V_R = a^3$ | | | $A_z = 9a^2 = 9 V_R \sqrt[3]{\frac{2}{3}}$ | | $f = 9 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 4. Паралелоипед са правоугаоном основ. | $a \cdot \frac{a}{2} \cdot 2a$ | 600 | 8,44 | 4,22 | 16,88 | 4 | 1,07 | 33,76 | 0,473 | 0,935 |
| III. Open-pass | | | | | | | | | | |
| | | 600 | | | | | | | | |
| | | $V_R = a^3$ | | | $A_z = 8a^2 = 8 V_R \sqrt[3]{\frac{2}{3}}$ | | $f = 8 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 1. Коцка | $a \cdot a \cdot a$ | 600 | 8,44 | 8,44 | 8,44 | 1 | 0,95 | 8,44 | 0,1285 | 1,05 |
| | | $V_R = 2a^3$ | | | $A_z = 14a^2 = 8,83 V_R \sqrt[3]{\frac{2}{3}}$ | | $f = 8,83 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 2. Паралелоипед са квадратном основ. | $a \cdot a \cdot 2a$ | 600 | 6,70 | 6,70 | 13,40 | 2 | 1,04 | 13,40 | 0,298 | 0,96 |
| | | $V_R = 1,33a^3$ | | | $A_z = 12a^2 = 9,9 V_R \sqrt[3]{\frac{2}{3}}$ | | $f = 9,9 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 3. Паралелоипед са правоугаоном основ. | $a \cdot \frac{a}{1,5} \cdot 2a$ | 600 | 7,68 | 5,10 | 15,36 | 3 | 1,17 | 23,04 | 0,391 | 0,855 |
| | | $V_R = a^3$ | | | $A_z = 11a^2 = 11 V_R \sqrt[3]{\frac{2}{3}}$ | | $f = 11 V_R^{-\frac{1}{3}}$ | | | |
| 4. Паралелоипед са правоугаоном основ. | $a \cdot \frac{a}{2} \cdot 2a$ | 600 | 8,44 | 4,22 | 16,88 | 4 | 1,30 | 33,76 | 0,473 | 0,77 |

| 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|----------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------|---------|-------|-------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------|
| $B_1 = 0,168 V_R \frac{2}{3}$ 11,90 | 51,5 | $\frac{Q_1}{V_R} = 0,725 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 86.000 | 725.000 | 8,44 | 1,45 | $D_1 = 0,865 V_R \frac{2}{3}$ 61,30 | $\frac{D_1}{a} = 0,865 V_R \frac{1}{3}$ 7,25 | 5,80 |
| $B_1 = 0,176 V_R \frac{2}{3}$ 12,50 | 54,0 | $\frac{Q_1}{V_R} = 0,76 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 90.000 | 1230000 | 13,40 | 2,35 | $D_1 = 0,905 V_R \frac{2}{3}$ 64,50 | $\frac{D_1}{a} = 0,905 \cdot 2 V_R \frac{1}{3}$ 9,62 | 5,82 |
| $B_1 = 0,184 V_R \frac{2}{3}$ 13,10 | 57,0 | $\frac{Q_1}{V_R} = 0,8 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 95.000 | 1460000 | 15,36 | 2,81 | $D_1 = 0,95 V_R \frac{2}{3}$ 67,50 | $\frac{D_1}{a} = 0,95 \cdot 1,33 V_R \frac{1}{3}$ 8,68 | 5,46 |
| $B_1 = 0,196 V_R \frac{2}{3}$ 13,90 | 60,1 | $\frac{Q_1}{V_R} = 0,85 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 100.000 | 1650000 | 16,88 | 3,38 | $D_1 = 1,01 V_R \frac{2}{3}$ 71,50 | $\frac{D_1}{a} = 1,01 V_R \frac{1}{3}$ 8,45 | 5,00 |
| $B_1 = 0,223 V_R \frac{2}{3}$ 16,00 | 69,1 | $\frac{Q_1}{V_R} = 0,97 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 115.000 | 970.000 | 8,44 | 1,93 | $D_1 = 1,15 V_R \frac{2}{3}$ 82,30 | $\frac{D_1}{a} = 1,15 V_R \frac{1}{3}$ 9,76 | 4,38 |
| $B_1 = 0,247 V_R \frac{2}{3}$ 17,40 | 75,3 | $\frac{Q_1}{V_R} = 1,07 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 125.000 | 1730000 | 13,10 | 3,47 | $D_1 = 1,27 V_R \frac{2}{3}$ 90,00 | $\frac{D_1}{a} = 1,27 \cdot 2 V_R \frac{1}{3}$ 13,45 | 4,87 |
| $B_1 = 0,246 V_R \frac{2}{3}$ 17,40 | 75,3 | $\frac{Q_1}{V_R} = 1,065 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 125.000 | 1950000 | 15,36 | 3,90 | $D_1 = 1,26 V_R \frac{2}{3}$ 90,00 | $\frac{D_1}{a} = 1,26 \cdot 1,33 V_R \frac{1}{3}$ 11,70 | 3,94 |
| $B_1 = 0,251 V_R \frac{2}{3}$ 18,00 | 78,0 | $\frac{Q_1}{V_R} = 1,09 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 130.000 | 2270000 | 16,88 | 4,35 | $D_1 = 1,29 V_R \frac{2}{3}$ 93,00 | $\frac{D_1}{a} = 1,29 \cdot V_R \frac{2}{3}$ 11,05 | 3,87 |
| $B_1 = 0,233 V_R \frac{2}{3}$ 16,00 | 69,1 | $\frac{Q_1}{V_R} = 0,97 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 115.000 | 1950000 | 16,88 | 3,90 | $D_1 = 1,15 V_R \frac{2}{3}$ 82,30 | $\frac{D_1}{a} = 1,15 V_R \frac{1}{3}$ 9,76 | 4,32 |
| $B_1 = 0,247 V_R \frac{2}{3}$ 17,40 | 75,3 | $\frac{Q_1}{V_R} = 1,07 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 125.000 | 3470000 | 26,80 | 6,90 | $D_1 = 1,27 V_R \frac{2}{3}$ 90,00 | $\frac{D_1}{a} = 1,27 \cdot 2 V_R \frac{1}{3}$ 13,45 | 3,87 |
| $B_1 = 0,277 V_R \frac{2}{3}$ 19,60 | 85,0 | $\frac{Q_1}{V_R} = 1,2 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 141.000 | 4350000 | 30,80 | 8,70 | $D_1 = 1,425 V_R \frac{2}{3}$ 101,00 | $\frac{D_1}{a} = 1,425 \cdot 1,33 V_R \frac{1}{3}$ 13,20 | 3,55 |
| $B_1 = 0,307 V_R \frac{2}{3}$ 21,8 | 94,5 | $\frac{Q_1}{V_R} = 1,33 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 157.000 | 5300000 | 33,80 | 10,80 | $D_1 = 1,59 V_R \frac{2}{3}$ 112,00 | $\frac{D_1}{a} = 1,59 \cdot V_R \frac{1}{3}$ 13,30 | 3,14 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------|-------|-------|----------------------------------------|---|--------------------------|-------|-------|------|
| I. Једноставно ложиште | | | | | | | | | | |
| | | 1200 | | | | | | | | |
| | | $V_R = a^3$ | | | $A_z = 6a^2 = 6 \sqrt[3]{V_R^2}$ | | $f = 6 \sqrt[3]{V_R}$ | | | |
| 1. Коцка | a · a · a | 1200 | 10,60 | 10,60 | 10,60 | 1 | 0,565 | 10,6 | 0,094 | 1,77 |
| | | $V_R = 2a^3$ | | | $A_z = 10a^2 = 6,3 \sqrt[3]{V_R^2}$ | | $f = 6,3 \sqrt[3]{V_R}$ | | | |
| 2. Паралелопипед са квадратном основ. | a · a · 2a | 1200 | 8,44 | 8,44 | 16,88 | 2 | 0,594 | 16,88 | 0,237 | 1,68 |
| | | $V_R = 1,33a^3$ | | | $A_z = 8a^2 = 6,6 \sqrt[3]{V_R^2}$ | | $f = 6,6 \sqrt[3]{V_R}$ | | | |
| 3. Паралелопипед са правоугаоном основ. | a · $\frac{a}{1,5}$ · 2a | 1200 | 9,08 | 6,04 | 18,16 | 3 | 0,66 | 27,24 | 0,33 | 1,51 |
| | | $V_R = a^3$ | | | $A_z = 7a^2 = 7 \sqrt[3]{V_R^2}$ | | $f = 7 \sqrt[3]{V_R}$ | | | |
| 4. Паралелопипед са правоугаоном основ. | a · $\frac{a}{2}$ · 2a | 1200 | 10,60 | 5,30 | 21,20 | 4 | 0,66 | 42,4 | 0,377 | 1,51 |
| II. Ложиште са дво- струко овраченим екранима | | | | | | | | | | |
| | | 1200 | | | | | | | | |
| | | $V_R = a^3$ | | | $A_z = 8a^2 = 8 \sqrt[3]{V_R^2}$ | | $f = 8 \sqrt[3]{V_R}$ | | | |
| 1. Коцка | a · a · a | 1200 | 10,60 | 10,60 | 10,60 | 1 | 0,752 | 10,6 | 0,094 | 1,33 |
| | | $V_R = 2a^3$ | | | $A_z = 14a^2 = 8,83 \sqrt[3]{V_R^2}$ | | $f = 8,83 \sqrt[3]{V_R}$ | | | |
| 2. Паралелопипед са квадратном основ. | a · a · 2a | 1200 | 8,44 | 8,44 | 16,88 | 2 | 0,83 | 16,88 | 0,237 | 1,21 |
| | | $V_R = 1,33a^3$ | | | $A_z = 10,65a^2 = 8,8 \sqrt[3]{V_R^2}$ | | $f = 8,8 \sqrt[3]{V_R}$ | | | |
| 3. Паралелопипед са правоугаоном основ. | a · $\frac{a}{1,5}$ · 2a | 1200 | 9,08 | 6,04 | 18,16 | 3 | 0,88 | 27,24 | 0,33 | 1,14 |
| | | $V_R = a^3$ | | | $A_z = 9a^2 = 9 \sqrt[3]{V_R^2}$ | | $f = 9 \sqrt[3]{V_R}$ | | | |
| 4. Паралелопипед са правоугаоном основ. | a · $\frac{a}{2}$ · 2a | 1200 | 10,60 | 5,30 | 21,20 | 4 | 0,85 | 42,4 | 0,377 | 1,18 |
| III. Ореп-пасс | | | | | | | | | | |
| | | 1200 | | | | | | | | |
| | | $V_R = a^3$ | | | $A_z = 8a^2 = 8 \sqrt[3]{V_R^2}$ | | $f = 8 \sqrt[3]{V_R}$ | | | |
| 1. Коцка | a · a · a | 1200 | 10,60 | 10,60 | 10,60 | 1 | 0,752 | 10,6 | 0,094 | 1,33 |
| | | $V_R = 2a^3$ | | | $A_z = 14a^2 = 8,83 \sqrt[3]{V_R^2}$ | | $f = 8,83 \sqrt[3]{V_R}$ | | | |
| 2. Паралелопипед са квадратном основ. | a · a · 2a | 1200 | 8,44 | 8,44 | 16,88 | 2 | 0,83 | 16,88 | 0,237 | 1,21 |
| | | $V_R = 1,33a^3$ | | | $A_z = 12a^2 = 9,9 \sqrt[3]{V_R^2}$ | | $f = 9,9 \sqrt[3]{V_R}$ | | | |
| 3. Паралелопипед са правоугаоном основ. | a · $\frac{a}{1,5}$ · 2a | 1200 | 9,08 | 6,04 | 18,16 | 3 | 0,99 | 27,24 | 0,33 | 1,01 |
| | | $V_R = a^3$ | | | $A_z = 11a^2 = 11 \sqrt[3]{V_R^2}$ | | $f = 11 \sqrt[3]{V_R}$ | | | |
| 4. Паралелопипед са правоугаоном основ. | a · $\frac{a}{2}$ · 2a | 1200 | 10,60 | 5,30 | 21,20 | 4 | 1,04 | 42,4 | 0,377 | 0,96 |

| 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|----------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------|---------|-------|-------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------|
| $i_1 = 0,168 V_R \frac{2}{3}$ 18,90 | 82,0 | $\frac{Q_1}{V_R} = 0,725 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 68.200 | 725.000 | 10,60 | 1,45 | $D_1 = 0,865 V_R \frac{2}{3}$ 97,00 | $\frac{D_1}{a} = 0,865 V_R \frac{1}{3}$ 9,15 | 7,32 |
| $i_1 = 0,176 V_R \frac{2}{3}$ 19,90 | 86,0 | $\frac{Q_1}{V_R} = 0,76 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 71.500 | 1230000 | 16,90 | 2,35 | $D_1 = 0,905 V_R \frac{2}{3}$ 102,00 | $\frac{D_1}{a} = 0,905 \cdot 2 V_R \frac{1}{3}$ 12,10 | 7,20 |
| $i_1 = 0,184 V_R \frac{2}{3}$ 22,10 | 96,0 | $\frac{Q_1}{V_R} = 0,8 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 80.000 | 1460000 | 18,20 | 2,81 | $D_1 = 0,95 V_R \frac{2}{3}$ 114,00 | $\frac{D_1}{a} = 0,95 \cdot 1,33 V_R \frac{1}{3}$ 11,67 | 6,48 |
| $i_1 = 0,196 V_R \frac{2}{3}$ 22,10 | 96,0 | $\frac{Q_1}{V_R} = 0,85 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 80.000 | 1650000 | 21,20 | 3,38 | $D_1 = 1,01 V_R \frac{2}{3}$ 114,00 | $\frac{D_1}{a} = 1,01 V_R \frac{1}{3}$ 10,77 | 6,28 |
| $i_1 = 0,223 V_R \frac{2}{3}$ 25,20 | 109 | $\frac{Q_1}{V_R} = 0,97 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 91.000 | 970.000 | 10,60 | 1,93 | $D_1 = 1,15 V_R \frac{2}{3}$ 129,00 | $\frac{D_1}{a} = 1,15 V_R \frac{1}{3}$ 12,20 | 5,48 |
| $i_1 = 0,247 V_R \frac{2}{3}$ 27,80 | 120 | $\frac{Q_1}{V_R} = 1,07 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 100.000 | 1730000 | 16,90 | 3,47 | $D_1 = 1,27 V_R \frac{2}{3}$ 143,00 | $\frac{D_1}{a} = 1,27 \cdot 2 V_R \frac{1}{3}$ 17,00 | 4,88 |
| $i_1 = 0,246 V_R \frac{2}{3}$ 29,50 | 127 | $\frac{Q_1}{V_R} = 1,065 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 105.500 | 1950000 | 18,20 | 3,90 | $D_1 = 1,26 V_R \frac{2}{3}$ 152,00 | $\frac{D_1}{a} = 1,26 \cdot 1,33 V_R \frac{1}{3}$ 15,60 | 4,66 |
| $i_1 = 0,251 V_R \frac{2}{3}$ 28,50 | 123 | $\frac{Q_1}{V_R} = 1,09 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 102.500 | 2270000 | 21,20 | 4,35 | $D_1 = 1,29 V_R \frac{2}{3}$ 147,00 | $\frac{D_1}{a} = 1,29 V_R \frac{1}{3}$ 13,90 | 4,87 |
| $i_1 = 0,233 V_R \frac{2}{3}$ 25,20 | 109 | $\frac{Q_1}{V_R} = 0,97 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 91.000 | 1950000 | 21,20 | 3,90 | $D_1 = 1,15 V_R \frac{2}{3}$ 129,00 | $\frac{D_1}{a} = 1,15 \cdot V_R \frac{1}{3}$ 12,18 | 5,44 |
| $i_1 = 0,247 V_R \frac{2}{3}$ 27,80 | 120 | $\frac{Q_1}{V_R} = 1,07 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 100.000 | 3470000 | 33,80 | 6,90 | $D_1 = 1,27 V_R \frac{2}{3}$ 143,00 | $\frac{D_1}{a} = 1,27 \cdot 2 V_R \frac{1}{3}$ 17,00 | 4,90 |
| $i_1 = 0,277 V_R \frac{2}{3}$ 33,10 | 143 | $\frac{Q_1}{V_R} = 1,2 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 119.000 | 4850000 | 36,40 | 8,70 | $D_1 = 1,425 V_R \frac{2}{3}$ 170,00 | $\frac{D_1}{a} = 1,425 \cdot 1,33 V_R \frac{1}{3}$ 18,75 | 4,17 |
| $i_1 = 0,307 V_R \frac{2}{3}$ 34,10 | 147 | $\frac{Q_1}{V_R} = 1,33 V_R^{-\frac{1}{3}} \cdot 10^6$ 123.000 | 5300000 | 42,40 | 10,80 | $D_1 = 1,59 V_R \frac{2}{3}$ 175,00 | $\frac{D_1}{a} = 1,59 V_R \frac{1}{3}$ 16,55 | 3,93 |

Карактеристике замишљеног котла за поређење:

| усвојено | израчунато |
|-----------------------------------------|----------------------------------|
| $P_k = 100 \text{ ata}$ | $G = 6,2 \text{ Nm}^3/\text{kg}$ |
| $t_s = 509^\circ \text{ C}$ | $i_{F0} = 4330 \text{ kcal/kg}$ |
| $t_a = 100^\circ \text{ C}$ | $q_F = 1790 \text{ kcal/kg}$ |
| $t_l = 200^\circ \text{ C}$ | $\sigma = 0,412$ |
| $t_F = 1100^\circ \text{ C}$ | $D_{sp} = 5,16 \text{ kg/kg}$ |
| $\eta_k = 0,92$ | |
| $H_l = 4000 \text{ kcal/kg}$ | |
| $\lambda = 1,2$ | |
| $q = 50.000 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}$ | |

ЗАКЉУЧАК. — На основу горње табеле, мењањем облика и запремине ложишта дошло се до следећих закључака

I. При непромењеној запремини ложишта (V_R) и температури на крају ложишта остаје и σ непромењена (Променом температуре на крају ложишта при непромењеној продукцији мења се σ).

1. Количина усвојене топлоте у ложишту под условом I расте у управној сразмери са f
2. Продукција паре (D_1) под условом I расте у правој сразмери са f
3. Запреминско оптерећење ложишта $\frac{Q_1}{V_R}$ у зависности је од f
4. Брзина струјања гасова у зависности је од f
5. Крива фактора облика у зависности је од односа $\frac{a}{b} = x$

a) Обично ложиште $f = C \frac{2x+3}{x^{\frac{1}{2}}}$ (минимум $x = \frac{3}{4} < 1$)

b) Ложиште са двоструко озраченим екранима $f = C \frac{2x+5}{x^{\frac{1}{2}}}$ (минимум $x = \frac{5}{4} = 1,25$)

c) Орп-пас $f = C \frac{4x+3}{x^{\frac{1}{2}}}$ (минимум $x = \frac{3}{8} < 1$)

6. Крива фактора облика у зависности од односа $\frac{h}{a} = y$

a) $f = \frac{C}{y^{\frac{1}{2}} x^{\frac{1}{2}}} [1 + y(x+1)]$

b) $f = \frac{C}{y^{\frac{1}{2}} x^{\frac{1}{2}}} [1 + y(2+x)]$

c) $f = \frac{C}{y^{\frac{1}{2}} x^{\frac{1}{2}}} [1 + y(2x+1)]$

II. Промена запремине при $\sigma = \text{const}$.

1. При промени запремине (V_R) под условом II, f се мења по закону $f = \text{const } V_R^{-\frac{1}{2}}$, тј. повећањем (V_R) опада f
2. Продукција паре при услову II понаша се по закону $D_1 = \text{const } V_R^{\frac{1}{2}}$
3. Запреминско оптерећење ложишта при услову II понаша се по закону $\frac{Q_1}{V_R} = \text{const } V_R^{-\frac{1}{2}}$
4. Оптерећење пресека ложишта и брзина струјања при услову II независни су од запремине V_R

Табела бр. 26 (18)

| 1 | ВРСТА КОТЛА | Немачки озрачени котао | Средњи цевни зид | Озрачена комора | | |
|----|------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------|------------------|-----------|---------|
| | | | | изнад ложишта | двострука | |
| 2 | О з н а к а | | Springd. | High. Br. | Open-pass | |
| 3 | Производња паре | t/h | 80—135 | 225—425 | 140—250 | 160—280 |
| 4 | Оптерећење ложишта | $\frac{10^6 \text{ kcal}}{\text{m}^2 \text{ h}}$ | 150—190 | 155 | 200 | 265 |
| 5 | Фактор облика | m^2/m^3 | 0,8 | 0,64 | 0,77 | 1,2 |
| 6 | Оптерећење попречног пресека | $\frac{10^6 \text{ kcal}}{\text{m}^2 \text{ h}}$ | 2 | 2—3 | 3,1 | (13,6) |
| 7 | Дужина пута | m | 10 | 20 | 16,5 | 30 |
| 8 | Производња по ширини | t/mh | 15—20 | 25—33 | 22—32 | 25—43 |
| 9 | Уграђени простор | m^3/t | 26—17 | 19 | 15 | 11 |
| 10 | Оптерећење површине зидова ложишта | $\frac{10^6 \text{ kcal}}{\text{m}^2 \text{ h}}$ | 55—70 | 40 | 45 | 80 |

Табела бр. 27 (19/1)

Котао Рамзин 51. SP. 230/100

| | | |
|--------------------------|--------------|------|
| | m^3 | % |
| ложиште | 1315 | 68 |
| додирне грејне површине | 230 | 12 |
| цеваста загрејач ваздуха | 390 | 20,4 |
| укупно | 1935 | 100 |

Габарит котла дефинисан је димензијама ложишта и загрејача ваздуха, који чине 88% купног габарита котловског агрегата. Превосињем котла Рамзин на течну шљаку ложиште се смањује на 250—300 m^3 , а постављањем бијеног загрејача ваздуха његова запремина зноси 60—100 m^3 . Додавањем циклона котлу амзина добија се повећање капацитета од 0 t/h при непромењеном габариту котла. На вај начин добија се крајње смањење габарита д 3—4 пута (види табелу бр. 28).

На сл. 349 и 350 дата су два једноцевна котла конструкције проф. Рамзина. Оба котла у двокоморна са течним одвођењем шљаке. Први котао је у облику положеног слова Г са Љунгстромовим загрејачем ваздуха, а други у облику слова U у нормалном положају са збијеним загрејачем ваздуха.

Концепције оба котла су као идејна решења врло интересантне и у погледу малог габарита.

Постављањем вертикалног циклонског пламењака на котао 65 SZ и Љунгстромовог загрејача ваздуха може се дубина котла у знатној мери смањити. Нешто мањи ефекат у погледу смањења габарита добија се постављањем хоризонталног циклона и Љунгстромовог загрејача ваздуха. Ова се последња концепција може остварити и природном циркулацијом воде ($20/2$).

16. Ушцај проценшта и кружноће лешећер Пейела на висину димњака (21)

Код данашњих котловских постројења функција високих димњака углавном се своди на расипање летећих честица на велика пространства. Потребна вуча код савремених котловских постројења не може се постићи висином димњака, јер је она ограничена економским и статичким узроцима. Према томе, високи димњаци служе да би испунили хигијенске услове околине котларнице, а у извесним случајевима да би отклонили штетно дејство летећих делова на процесе производње индустрије, за које су намењени или у чијој се близини налазе.

Једна од познатих чињеница је да је величина, место и облик димњака значајна архитектонска компонента котларничких објеката. Са друге стране, димњак и његов начин постављања изазивају нарочите конструктивне потешкоће, уколико нису димњаци слободно постављени на терену. Некада ће и овај начин бити отежан, имајући у виду да се котларничка постројења обично налазе на слабо носивим приобалним или рудничким теренима.

Табела бр. 28

| Отстрањивање шљаке | Са добо- шем-суви режим | Једноцевни Рамзин течни режим | | | | Једноц. Рамзин модиф. | Дименз |
|-------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------|-------|-------|-----------------------------|---------------------------------|
| | | 51 SP | Лаборат. VТI | 37 SP | 65 SZ | | |
| Тип котла | KO-UP | | | | | M 65 SZ | |
| 1. Оптерећење Q_1 примарне V_R коморе | | | 530 | 880 | 615 | 5000 | $10^6 \text{ kcalm}^3/\text{h}$ |
| УКУПНО | 140 | 125 | 230 | 380 | 280 | 520 | . |
| 2. Ширина | 11,1 | 10,9 | 10,9 | 7,1 | 8,8 | 8,8 | m |
| 3. Дубина | 15,9 | 15,9 | 15,2 | 11,0 | 15,1 | 15,1 | . |
| 4. Висина | 29,8 | 24,7 | 22,3 | 17,8 | 18,5 | 18,5 | . |
| 5. Површина основе | 177 | 174 | 167 | 79 | 133 | 133 | m^2 |
| 6. Запремина | 5280 | 4310 | 3720 | 1630 | 2470 | 2500 | m^3 |
| 7. Корелација | 100 | 82 | 70 | 31 | 47 | 25 | % |
| 8. Капацитет | 240 | 240 | 240 | 240 | 240 | 320 | t/h |

Заштита од дима и летећих делова постала је тешка и скупа услед повећања снаге централа, а нарочито због примене ложшта са угљеним прахом; то се питање за сада решава само од случаја до случаја, према месним приликама и специфичним условима.

Према томе да ли треба заштитити ближу или даљу околину, примењују се високи или ниски димњаци.

Основа и пресек котларнице су у тесној међусобној вези. Облик пресека на првом месту зависи од конструкције котла и начина одвођења продуката сагоревања, а ово последње је условљено мерама које се предузимају ради заштите околине од дејства гасова и летећих делова.

На количину износа утиче пре свега квалитет примењеног горива у смислу процента пепела, његове крупноће, температуре топљења и запреминске тежине. На количину износа утиче и начин сагоревања и проценат оптерећења, т. ј. степен форсирања котла.

При одређивању висине димњака треба водити рачуна о следећим моментима:

- хемијски састав димних гасова
- садржај летећег пепела и кокса у димним гасовима
- запреминска тежина летећег пепела и кокса и њихов сортиман
- количина гасова у зависности од капацитета инсталације, топлотне моћи горива и излазне температуре
- хигијенски услови који треба да буду задовољени у ближој и даљој околини ТЕ
- архитектонски момент

Ако продукти сагоревања садрже већу количину сумпор диоксида, треба се по могућству одлучити за високи димњак независно од процента износа (летећи кокс и летећи пепео), како би се настала сумпораст киселина одвела у више слојеве и тако распрострањено веће пространство (смањила концентрација); ово је важно нарочито када се у близини налазе насеља и вегетационој културе. Та је мера утолико актуелнија уколико је већи капацитет постројења и лошије гориво, а услед тога већи количина гасова. У тим случајевима усвајају се димњаци висине од преко 100 метара. Са статичке тачке гледишта изградња димњака до 150 m висине не представља нарочите тешкоће.

Ако је проценат сумпор диоксида у продуктима сагоревања незнатан, при одређивању висине димњака одлучујућу улогу игра проценат пепела и остали наведени услови. Да би се одредила количина летећег пепела и тони произведене паре, полази се од следећег:

Ако се означава са

D_1 (t/h) — сатна производња паре

H_1 (kcal/kg) — доња топлотна моћ горива

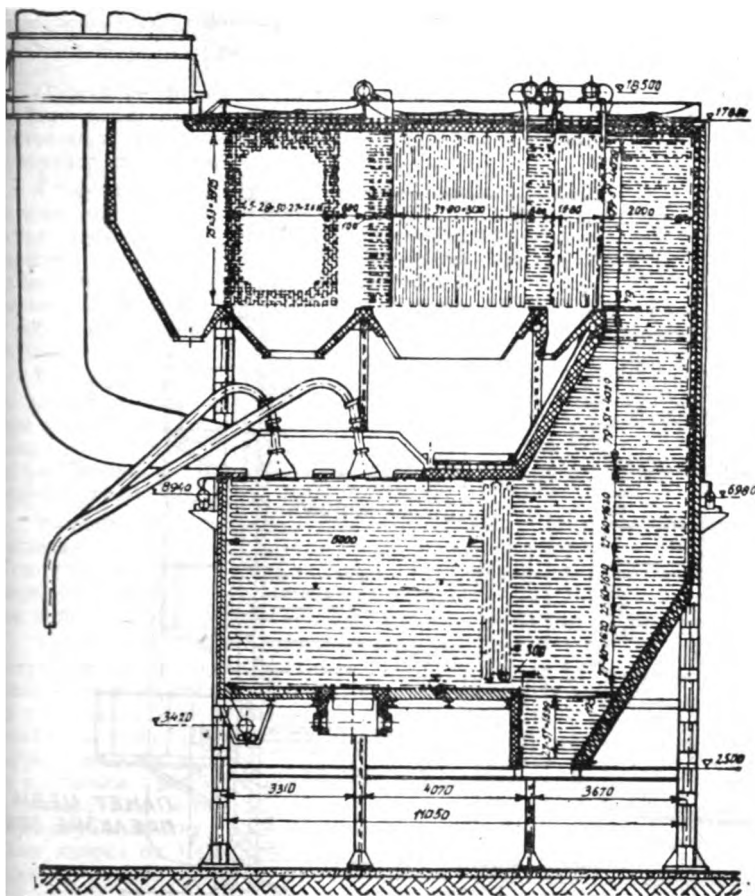
i_s (kcal/kg) — енталпија паре на излазу из прегрејача

i_a (kcal/kg) — енталпија воде за напајање

η_k — степен искоришћења котла

A (%) — садржај пепела у гориву

f (%) — садржај летећег пепела у односу на пепео у гориву



Сл. 349 — Идејни пројекат једноцевног котла Рамзина (37 SPP 240/140) $D_1=240$ t/h. Двокоморни котло у облику положеног слова U са течним одводом шљаке. Запремина примарне коморе $V'R=180\text{m}^3$, запремина секундарне коморе $V''R=220\text{m}^3$. Секундарна комора је јако екранисана зидним и двоструко озраченим екранима. Конвективне површине су збијене, загрејач ваздуха је Љунгстромов ($19/1$)

η (%) — степен дејства уређаја за пречишћавање гасова

Сатна потрошња горива износи

$$B_1 = \frac{D_1 (I_s - I_a)}{H_i \eta_k} \text{ (t/h)}$$

Количина летећег пепела у килограмима по тони произведене паре биће

$$F = \frac{f A (I_s - I_a)}{10 H_i \eta_k} \text{ (kg/t)}$$

Из примера који наводи Мусил усвојено је за $I_s=810$, а за $I_a=180$ kcal/kg, $\eta_k=0,84$. У овом случају количина летећег пепела износи:

$$F = 75 \frac{f A}{H_i} \text{ (kg/t)}$$

Код ложења угљеним прахом вредност f креће се од 5–85%, а код сагоревања у слоју само 15–35%.

Према фактору f види се да начин сагоревања (слој или прах) у многоме утиче на количину летећег пепела. Други фактор који одређује количину летећег пепела је сама калорична моћ горива H_i и садржај пепела A .

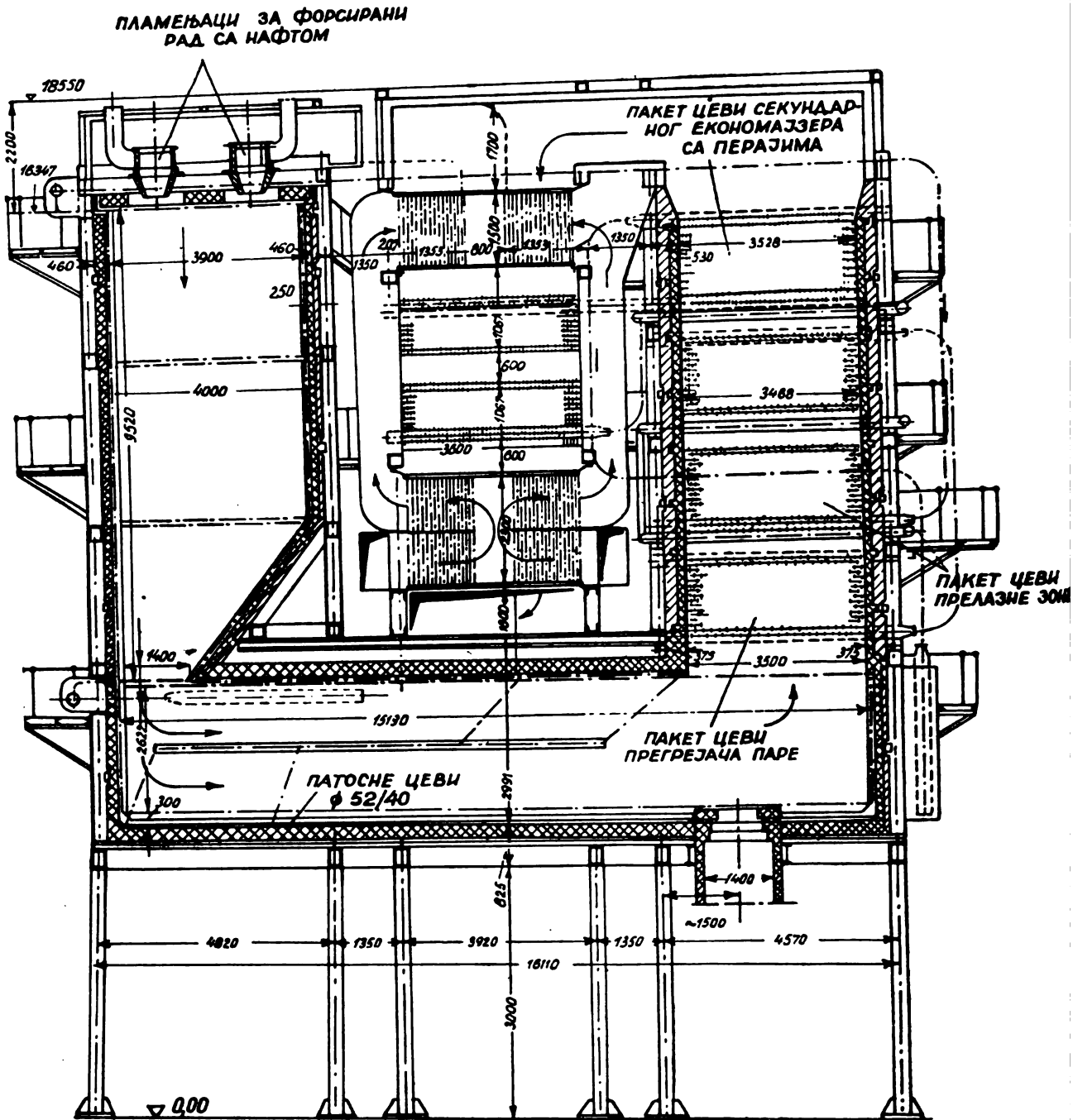
Из доле наведене таблице по Мусилу види се како I_s и A утичу на количину летећег пепела по тони произведене паре.

Табела бр. 29 ($21/8$)

| | Шлески каменни угаљ високог квалитета | Лужички мрки угаљ | Судетски угаљ (отпац) |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| H_i (kcal/kg) | 6900 | 2230 | 2820 |
| A (%) | 7,7 | 10,2 | 30,6 |
| F (kg/t) при $f=25\%$ за сагоревање у слоју | 2,1 | 8,6 | 20,0 |
| F (kg/t) при $f=80\%$ за угљени прах | 6,7 | 27,5 | 65,0 |

Из ове таблице види се да је при сагоревању високо квалитетног шлеског каменог угаља у слоју количина летећег пепела по тони паре 10 пута мања него код судетског угаља (при истим условима сагоревања). Код сагоревања у виду угљеног праха овај однос се не мења али су количине летећег пепела веће за онолико колико је и f за прах веће од f за слој.

Уграђивањем пречистача гасова са степеном дејства η може се количина летећег пепела (F) редуцирати на:



Сл. 350 — Једноцевни котлоу Рамзина (65 SZ 230/100) $D_1 = 240/h$. Двокоморни котлоу у облику слова U са течним одводом шљаке. Котлоу је опремљен хоризонталним мембранским сепаратором са степеном хватања 88 — 97%. (P_1)

$$\frac{100-\eta}{100} F \text{ (kg/t)}$$

Пошто се горња разматрања односе на тову прои-
веденне паре, логично је да се код великих котловских
остројења мора посветити већа пажња пречишћавању
родуката сагоревања но код мањих.

Објективнији критериј за мерење незгоде коју при-
ншава летећи пепео је његово таложење по квадратном
метру засипане површине у току извесног временског
ериода. На ово битно утичу димензије димњака, јер
д њих, поред система ложења, квалитета горива степена
орсирања, крупноће и запреминске тежине честица, као
јачине ветра, зависи количина таложења по квадратном
метру.

Таложење износа најинтезивније је у правцу ветра.
Ка одређивање даљине таложења Шуберт даје дијаграм
оји важи под извесним претпоставкама за висину дим-
њака од 100 м. Таложење за разне висине димњака и
за различитим отстојањима може се одредити и из при-
ложеног дијаграма фирме В&В.

У погледу расипања устрану од правца ветра не
асполаже се подацима који би имали теоретску подлогу.
Гао конуса ширења износа узима се углавном према
дободној оцени. Може се закључити да се конус дима
ве више шири са повећањем растојања од димњака.

Уколико се угради пречистач гасова, настаје нова
итуација, јер се дOMET повећава при истој висини дим-
њака, а густина таложења смањује, и то услед тога што
е у пречистачу задржавају првенствено крупне честице
етећих делова. Према томе применом пречистача сма-
њује се за дату околину потребна висина димњака. Ако
е постављен захтев, да максимална вредност таложења
по квадратном метру за један месец не сме да пређе
дређену величину, и ако се сматра, да је дозвољени
алог износа од 1000 kg/h код димњака од 100 м који
ади са постројењем за пречишћавање, онда би се у
ависности од висине димњака добили следећи потребни
тепени дејства пречистача, а под претпоставком да је
а висину димњака од 100 м узет средњи степен дејства
од 0,85 (по Мусил-у):

| | | | | |
|-------------------------------|-----|-----|----|------|
| Висине димњака у м | 140 | 100 | 60 | 40 |
| Степен дејства пречистача у % | 71 | 85 | 94 | 97.5 |

Ако би висини димњака од 100 м одговарао потребни
тепен дејства пречистача од 90%, тада би били одго-
варајући степени

| | | | | |
|--|----|----|----|------|
| | 80 | 90 | 96 | 98,3 |
|--|----|----|----|------|

Двај случај могао би да се односи на ТЕ у чијој се
околини налазе земљишта са културама велике вредности,
ако и на топлане у градовима. Ако се из архитектонских
разлога жели да се пепео код ових последњих избацује
у малој висини (случај котларнице високоградње без
димњака), мора се према оном што је напред речено
градити што бољи уређај за пречишћавање гасова, а
ако то није довољно, мора се изабрати гориво са што
мањим процентом пепела; у крајњем, случају замењује
се систем сагоревања угљеног праха системом сагоревања
у слоју. Поред тога мора се контролисати и величина
капацитета обзиром на систем сагоревања, висину изба-
цавања и потребу да се задовоље услови околине.

Код ТЕ на рудницима или ван насељених реона
случај је другачији. Уређаји за пречишћавање могу имати
мањи степен дејства, а висине димњака могу се кретати
у вредностима економичним са грађевинске тачке гледи-
шта (око 60м). Код овог објекта већа количина талог
у ужој околини није нарочито неповољна (али зато је
талог мањи у даљим зонама у којима можда леже насе-
љена места). Може се међутим догодити и такав случај,
да је на неком месту талог подношљив, али се поди-
цањем једног новог постројења и укрштањем домета
таложња граница подношљивости премаша. Ово пока-
зује да избор висине димњака и степен дејства пречи-
стача има утицај и при планирању збијене мреже ТЕ.

Пример.

Одредити најекономичније главне димензије димњака
и начин пречишћавања продуката сагоревања за све
четири јединице с обзиром на то да у реону од 1000—
2000т од ТЕ засипање буде минимално.

Састав летећих делова

| | | |
|--------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0—10 μ | — 10 % | $\gamma = 2,5 \text{ gr/cm}^3$ $t_i = 20^\circ\text{C}$ $p = 760 \text{ mm. Hg}$ $v = 3,2 \text{ m/sec}$ |
| 10—20 μ | — 20 % | |
| 20—30 μ | — 17 % | |
| 30—50 μ | — 23 % | |
| 50—70 μ | — 15 % | |
| 70—90 μ | — 10 % | |
| 90—100 μ | — 5 % | |

При прорачуну висине димњака коришћени су радови
Х. Колбе-а, Ф. Минцингера, Мусил-а и фирме В&В.

Према њиховим резултатима излази да је даљина,
до које се простире један делић одређене величине, у
линеарној зависности од брзине ветра, брзине пада чес-
тице и висине димњака.

Брзина гасова на излазу из димњака није унета у
рачун, јер је њен утицај знатно мањи од утицаја осталих
величина. Енергија кретања гасова из димњака брзо
опада и на извесној, релативно малој висини од врха
димњака, нестаје. Од тога момента делићи летећег праха
изложени су самосталном дејству ветра, земљине теже
и атмосферских појава (влага, киша, магла итд).

Избором висине димњака и врсте пречистача треба
да се добије минимално засипање у реону од 1000—2000т.
Ситније честице не прелазити горњу границу, крупније
не бити испод доње, а између њих падаће честице средње
величине. Величина домета дата је у метрима, а рачуната
је за највеће величине зрна у сваком реду, т. ј. за ве-
личине од 0—10 μ рачунат је дOMET за зрно од 10 μ .
У табели 30 дат је прорачун даљине лета честице у за-
висности од висине димњака, и за напред наведене
податке.

Из приложеног табеларног прорачуна види се да за
висину димњака од 60 м све честице мање од 35 μ па-
дају даље од 2000 м, а честице веће од 55 μ падају ис-
под 1000 м. Простор од 1000—2000 м засипаће честице
величине 35—55 μ , којих има око 20% од укупне коли-
чине летећих честица. Пошто су у питању 4 котла, са
 $V_1 = 4 \times 29.850 = 119.400 \text{ kg/h}$, количина пепела $A = 10,17\%$
 $= 0,1017 \times 119.400 = 12.140 \text{ kg/h}$.

Претпоставља се да ће количина летећег пепела
(циклонско ложење) износити максимум 10%.

$$a = 0,1 \times 12.140 = 1.214 \text{ kg/h.}$$

Количина летећег пепела која би падала у области
(прстену) 1000—2000 м

$$a_{1-2} = 0,2 \times 1.214 = 242,8 \text{ kg/h} = 5950 \text{ kg/24 h.}$$

Из овога се види да је ипак потребно вршити пре-
чишћавање димних гасова, те је узет пречистач мултици-
клонског типа.

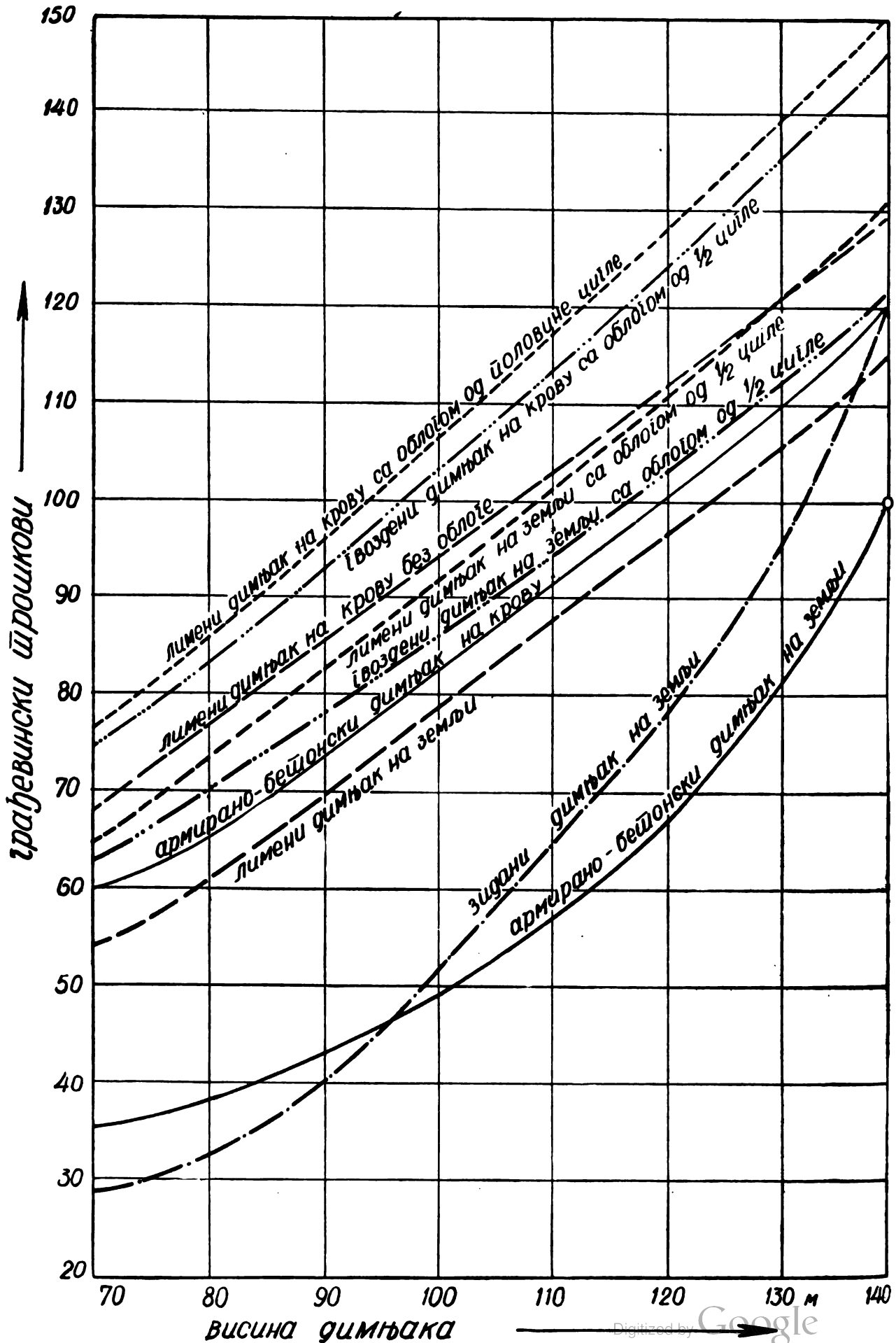
При одабирању пречистача руководило се следећим:

Честице су доста ситне, те би једнострукли циклонски
одвајач издвајао мали проценат летећих делова услед
велике дебљине протока. Употребом вишеструког пре-
чистача ток гасова се цепа на уже ламеле и омогућује
се боље отстрањивање летећих честица.

На основу дијаграма процентуалног отстрањивања
летећих делова у зависности од величина зрна одређује
се ефекат циклона који износи 98% за зрна величине
35 μ .

У прилогу су дате две Колбеове табеле. Прва, под
називом „Врсте одвајача летећег пепела“ може послу-
жити корисно при избору одвајача. Друга табела даје
податке о брзинама падања за одговарајуће пречнике
честица и о њиховим дOMETима за димњаке висине 40
и 50 м.

Приложена табела од С. Ј. Stairmand-а даје главне
димензије циклонских одвајача прашине разних типова
и податке о паду притиска у њима.



Сл. 351 — Грађевински трошкови за разне врсте димњака. Као база за поређење узет је димњак са пречником ушћа 7 m. При поређењу узети су у обзир трошкови изградње димних канала, фундамента димњака и евентуална појачања конструкције зграде за случајеве кад је димњак на њој (³²/₁)

Табела бр. 80

| и | % | B & W | | | X. Колбе | | | Ф. Минцингер | | |
|---------|----|----------------------------|-------|-------|----------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| | | висина димњака и дOMET у m | | | | | | | | |
| | | 50 | 60 | 70 | 50 | 60 | 70 | 50 | 60 | 70 |
| 0— 10 | 10 | 12500 | 15000 | 17500 | 21300 | 25600 | 29800 | 21400 | 25700 | 30000 |
| 10— 20 | 20 | 3900 | 4680 | 5460 | 6700 | 6800 | 8000 | 6000 | 7200 | 8400 |
| 20— 30 | 17 | 2280 | 2740 | 3200 | 2400 | 2880 | 3360 | 2850 | 3420 | 4000 |
| 30— 35 | 7 | 1670 | 2010 | 2340 | 1800 | 2160 | 2520 | 1850 | 2220 | 2590 |
| 35— 40 | | 1300 | 1560 | 1820 | 1380 | 1650 | 1930 | 1570 | 1880 | 2200 |
| 40— 45 | 16 | 1110 | 1330 | 1555 | 1060 | 1270 | 1480 | 1280 | 1535 | 1800 |
| 45— 50 | | 900 | 1080 | 1260 | 920 | 1100 | 1290 | 1065 | 1280 | 1490 |
| 50— 55 | | 780 | 935 | 1080 | 730 | 875 | 1012 | 855 | 1025 | 1700 |
| 50— 60 | 15 | 610 | 730 | 855 | 670 | 800 | 940 | 710 | 850 | 995 |
| 60— 70 | | 500 | 600 | 700 | 530 | 635 | 740 | 555 | 665 | 775 |
| 70— 90 | 10 | 360 | 430 | 500 | 355 | 425 | 500 | 336 | 608 | 470 |
| 90— 100 | 5 | 324 | 390 | 454 | 320 | 384 | 450 | 280 | 336 | 392 |

17. Ушцај на начин пречишћавања Продукта сагоревања. (22)

На количину летећих делова (пепео и кокс) највише утиче систем сагоревања. Смањење количине летећих делова може се извршити повећањем степена везивања шљаке у ложишту, потпуним сагоревањем, пречишћавањем продуката сагоревања, а ублажавањем штетног дејства ових делова врши се расипањем помоћу високих димњака. Неоспорно је да је најефикаснији начин везивање у самом ложишту тј. у том случају и не долази до појаве летећих делова и њиховог штетног дејства на материјал котла, предају топлоте и околинду котларнице. Применом система ложења, односно применом течне шљаке и циклонског ложишта, постиже се поред повећаног везивања и неоспорна уштеда на котларничком простору, углавном услед смањења V_R и уређаја за пречишћавање гасова. Применом средстава за пречишћавање (циклонски издвајачи прашине, мултициклони, влажни пречистачи, електрофилтри), уколико се иста стављају у котларницу, повећава се њена површина и запремина. Данас се тежи да се ова средства постављају ван котларнице или на крову котларнице на слободном простору.

У зависности од процента пепела у гориву, система сагоревања и постављених услова, примењују се и мере за спречавање, односно отклањање летећег пепела. Уколико је у питању гориво са великим процентом пепела

и систем сагоревања који не везује пепео у ложишту, а захтева се да околина буде заштићена од летећих делова, поред високог димњака потребно је поставити и ефикасне чистаче продуката сагоревања. Ефикасност средства за пречишћавање димних гасова је у зависности од крупноће летећих честица. За крупније честице летећих делова и тамо где стоји на расположењу висока вуча, ефикасни су и циклонски пречистачи. У случају ситних честица и недовољне вуче ефикасни су у највећој мери електрофилтри.

18. Процент и квалитет пепела као фактори који значајно утичу на избор система сагоревања.

Као што је у ранијим тачкама наглашено, на избор система сагоревања поред услова експлоатације и економских момената у великој мери утиче и проценат и квалитет пепела (температура омекшавања, топљења и течљивости, структура и тачка испаравања пепела).

Анализирајући из свих изнесених тачака компоненте појединих система сагоревања види се, да систем сагоревања утиче на облик котловске јединице, а преко ње и на облик и величину зграде котларнице.

Поред тог директног утицаја, гориво преко процента и квалитета пепела у многоме утиче и на уређаје за одвођење и ускладиштавање пепела.

Табела бр. 31

ВРСТЕ ОДВАЈАЧА ЛЕТЕЋЕГ ПЕПЕЛА (X Колбе) ^{21/1}

| | Запремање простора | Дозвољене брзине димних гасова m/sec | Пад притиска mm W.S. | Потрошња снаге | Укупни степен одвајања % | Употреба за |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| Одвајање пепела на бази теже | | | | | | |
| а) без нарочитих уграђивања | врло велико | < 1 | незнатан | — | умерен | мања по-постројења |
| б) са уграђеним деловима | нешто мање | < 2 | 1—3 | — | " | " |
| Блажни одвајачи | | | | | | |
| а) испирајући | мало | врло разнолика ¹⁾ | 15—40 | умерена ²⁾ | 80—95 | " |
| б) опнасти | изградња над димњаком | " ¹⁾ | " | " ²⁾ | врло високо | " |
| Центрифугални | | | | | | |
| а) једноструки | умерено | 12—16 | 50—100 | врло велика | 70—80 ³⁾ | ложење на решетци |
| б) вишеструки | " | ≈ 18 | 50—80 | " | 90 | " |
| с) многоструки | " | — | 50—70 | нешто мање | 95 | угљени прах |
| Фајфел-одвајач | " | — | —70 | прилично велика | 95 | велике котлове |
| Електрофилтер | велико | кам угаљ ⁵⁾ < 2 мрки угаљ ⁵⁾ < 4 | 6—12 | мала | до 97 ⁴⁾ | решетка и угљени прах |

1) Према врсти градње. — 2) Према врсти градње и потрошњи воде. — 3) Одговарајући губитак промаје и степен везивања пепела. — 4. За 2 до 6 sec задржавања у филтеру. — 5) Према температури и влажности гасова.

19. Ушицај горива на искоришћење основе кошларнице.

Уколико се располаже са лошим врстама угљева, а нарочито ако се ово гориво примењује на неодговарајућим решеткама, треба при пројектовању предвидети простор за царање између котлова. Овај међупростор онемогућује блиско постављање котлова (нарочито ако су котлови веће ширине) и повећава основну котларницу до 10%.

Као пример могу се узети два котла истог капацитета и исте конструкције, који се разликују по томе што је један предвиђен за лигнит $H_i = 2000 \text{ kcal/kg}$ ($W = 35\%$, $A = 25\%$), а

други за мрки угаљ $H_i = 4500 \text{ kcal/kg}$ ($W = 25\%$, $A = 15\%$). За случај лигнита примениће се степенаста решетка. Поред неправилног ложишта које се добија косим постављањем решетке, што изазива мртве просторе у габариту котла, биће потребно да се остави простор између котлова како би се могло вршити и бочво царање. У случају мрког угља примениће се ланчана решетка која не ствара толике мртве просторе у габариту и код горива наведеног квалитета не изискује царање; те је фронт опслуживања котла мањи. Према томе, при коришћењу оваквог горива на ланчаној решетки могу се по два котла поставити непосредно један поред другог (види поглавље о тип-

Табела бр. 82

ТАБЕЛАРНИ ПРЕГЛЕД ДОМЕТА ЧЕСТИЦА ПРИ ВИСИНАМА ДИМЊАКА
ОД 40 и 50 m И БРЗИНАМА ВЕТРА 1 И 3,6 m/sec (X. КОЛБЕ) (21/1)

| 1 | 2 | 3 | 4 | | | | 5 | | | | 6 | | | | 7 | | | |
|-------------|---------|------|---------------------------------------|--------|--------|--------|------|--|--|--|---|--|--|--|---|--|--|--|
| | | | Отстојање у метрима за висину димњака | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 40 m | | | | 50 m | | | | | | | | | | | |
| | | | Брзина ветра m/sec | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 3,6 | | 1 | | 3,6 | | | | | | | | | | | | |
| 0-0,037 | 0-2,5 | 8,0 | 108200 | 389000 | 135000 | 486000 | | | | | | | | | | | | |
| 0,037-0,147 | 2,5-5 | 20,6 | 27200 | 90000 | 34000 | 122000 | | | | | | | | | | | | |
| 0,147-0,33 | 5-7,5 | 10,5 | 12100 | 43600 | 15100 | 54500 | | | | | | | | | | | | |
| 0,33-0,60 | 7,5-10 | 9,2 | 6700 | 24000 | 8300 | 30000 | | | | | | | | | | | | |
| 0,60-1,33 | 10-15 | 12,0 | 3000 | 10800 | 3700 | 13000 | | | | | | | | | | | | |
| 1,33-2,42 | 15-20 | 8,4 | 1650 | 6000 | 2100 | 7400 | | | | | | | | | | | | |
| 2,42-3,75 | 20-25 | 5,0 | 1070 | 3850 | 1300 | 4800 | | | | | | | | | | | | |
| 3,75-5,45 | 25-30 | 3,6 | 730 | 2640 | 900 | 3300 | | | | | | | | | | | | |
| 5,45-9,2 | 30-40 | 5,0 | 430 | 1560 | 540 | 1950 | | | | | | | | | | | | |
| 9,2-19,3 | 40-60 | 6,4 | 200 | 750 | 260 | 930 | | | | | | | | | | | | |
| 19,3-40 | 60-100 | 7,0 | 100 | 360 | 125 | 450 | | | | | | | | | | | | |
| 40-80 | 100-200 | 4,3 | 50 | 180 | 60 | 225 | | | | | | | | | | | | |

зацији), те се смањује некорисна површина котларнице. Код првог котла није примењена механичка коса решетка, пошто су котлови који се упоређују релативно малог капацитета.

Да би се за ово поређење створила одговарајућа база, елиминисани су фактори који утичу на величину и артикулацију ложишта, тј. а, б, q. Вредности а и б мање су за степенасту но за ланчану решетку, и при истом q добило би се ниже ложиште. Међутим, како је q код случаја са лигнитом мање, то и поред већег A_R добиће се исто H у поређењу са случајем за мрки угаљ, код кога су а, б и q веће вредности, а A_R и V_R мање.

Наведена примедба о међупростору потребном за царање односи се на котлове мањег капацитета, где се примењују за лоша горива немеханизоване решетке, те долази у обзир царање.

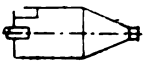

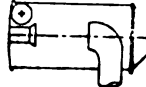
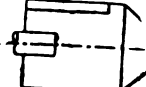
20. Горива која захтевају два степена трансформације (23)

Извесна горива, ради оспособљавања за сагоревање у котловском ложишту, захтевају два степена трансформације. Ово је скоро увек везано за промену величине објеката.

Ако је у питању трансформација помоћу нормалних гасогенератора, укупни габарит (гасогенераторско + котловско постројење) по-

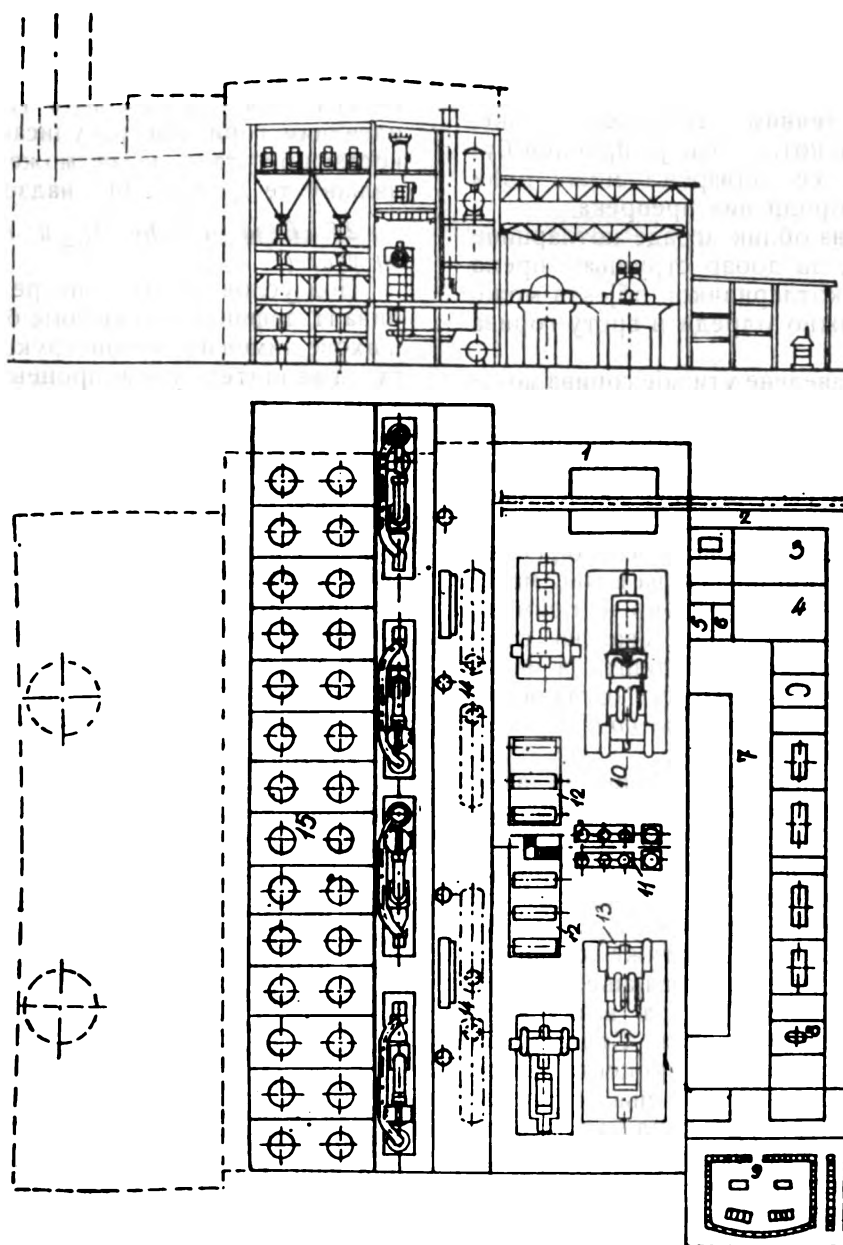
Табела бр. 33.

ПАД ПРИТИСКА У ЦИКЛОНСКИМ ИЗДАВАЈЧИМА (С. J. STAIRMAND) (%)

| Слика | Пречник (mm) | Висина цилиндр. дела (mm) | Висина коначног дела (mm) | Изазна цев | | Улазна цев | | Проток гаса m ³ /h на T °C | Улазна брзина гаса m/s | Темпе- ратура гаса T °C | Густина гаса kg/m ³ | Пад прит. у милиат | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------|----------|
| | | | | Пречник (mm) | Дужина (mm) | Висина (mm) | Ширина (mm) | | | | | Мерено | Раџунски |
|  | 610 | 1220 | 1220 | 305 | 917 | 152 | 76 | 1,260 | 305 | 25 | 0,9 | 14 ¹ | 11 |
| | 610 | 1220 | 1220 | 305 | 917 | 305 | 153 | 1,870 | 113 | 25 | 1,06 | 3,7 ¹ | 3,6 |
| | 1525 | 3048 | 3048 | 761 | 2280 | 917 | 381 | 16,400 | 131 | 110 | 0,82 | 7,4 ² | 4,7 |
| | 1525 | 3048 | 3048 | 761 | 2280 | 762 | 381 | 11,400 | 109 | 54 | 0,97 | 3,7 ² | 3,0 |
| | 917 | 1825 | 1825 | 458 | — | 468 | 228 | 4,880 | 128 | 26 | 1,2 | 8,0 ² | 6,5 |
| | 1220 | 2430 | 2430 | 610 | — | 917 | 305 | 14,950 | 149 | 26 | 1,2 | 11,0 ² | 10 |
| | 4375 | 5180 | 3810 | 1525 | 1825 | 3048 | 610 | 58,800 | 88 | 600 | 0,41 | 1,8 ² | 2,2 |
|  | 2745—3350 | 2890 | 3810 | 762 | 2242 | 1120 | 355 | 32,300 | 225 | 93 | 1,063 | 25 | 31 |
| | 2745—3350 | 2890 | 3810 | 762 | 2242 | 1120 | 355 | 24,600 | 171 | 93 | 1,082 | 18,5 | 18,2 |
| | 2745—3350 | 2890 | 3810 | 762 | 2242 | 1120 | 355 | 19,700 | 137 | 93 | 1,005 | 16,0 | 11,9 |
|  | 2030 | 4670 | 1140 | 1070 | 851 | — | — | 77,000 | 373 | 535 | 0,435 | 10 | 10 |
| | 2183 | 5870 | 1370 | 1296 | 838 | — | — | 93,500 | 469 | 500 | 0,455 | 16 | 17 |
| | 3241 | 7460 | 1672 | 4336 | 1045 | — | — | 155,000 | 503 | 486 | 0,464 | 15 | 20 |
| | 696 | 1140 | 407 | 356 | 305 | — | — | 6,400 | 243 | 20 | 1,2 | 16 | 15 |
| | 696 | 1140 | 407 | 356 | 305 | — | — | 8,000 | 305 | 20 | 1,2 | 26 | 23 |
| 696 | 1140 | 407 | 356 | 305 | — | — | 10,000 | 380 | 20 | 1,2 | 36 | 36 | |
|  | 729 | 1370 | — | 305 | 152 | 1066 | 76 | 3,000 | 10,3 | 20 | 1,2 | 12 | 11,4 |
| | 729 | 1370 | — | 305 | 152 | 1066 | 76 | 5,000 | 17,1 | 20 | 1,2 | 33 | 30,4 |
| | 729 | 1370 | — | 305 | 152 | 1066 | 76 | 6,200 | 21,4 | 20 | 1,2 | 51 | 47,1 |
| | 729 | 1370 | — | 305 | 152 | 1066 | 76 | 7,000 | 23,7 | 20 | 1,2 | 65 | 59,7 |

1) Садржи само поклопац са дугачким улазом

2) Садржи само поклопац



Сл. 352 — Т Е у којој се угаљ гасифицира а котлови ложе гасом

1. монтажни отвор, 2. колосек, 3. сопствена потрошња, 4. батерије, 5. просторија за киселину, 6. исправљач, 7. хладњаци и пумпе за уље, 8. пригушивачи, 9. контролна дворана, 10. турбина ниског притиска 30 MW, 11. предгрејачи и испаривачи, 12. пумпе за напајање, 13. исто као и под 10 (испред турбине ниског притиска налази се турбина високог притиска 25 MW), 14. акумулатори топлоте, 15. гасогенератори (25

већава се и поред тога што су габарити котлова за ложење гасом мањи (види слику 352).

При постојању циклонског ложишта горња шема није оправдана, јер се у самом циклону смањењем вишка ваздуха испод јединице може постићи делимични или потпуни гасогенераторски процес са течним одвођењем шлаке, а у склопу самога котла; ово је проблем будућности до чијег се остварења може доћи тек пошто се преброди низ препрека.

Утицај горива на облик зграде котларнице толико је изразит, да добар стручњак према спољњем изгледу котларничког објекта може мање-више приближно одредити врсту горива која се примењује.

Резимирајући наведене утицаје горива може се закључити да оно директно или индиректно има великог значаја по облик и величину котларничког објекта, и то како саме зграде котларнице, тако и свих осталих делова овог индустријског комплекса.

Угаљ ће својим карактеристикама директно утицати на решење комплекса, на начин манипулације на складишту, на избор и примену неког од транспортних средстава, на саму врсту, облик и величину складишта, а индиректно преко котла на зграду котларнице.

21. Веза између ШемјераШуре воде за напајање и горива ⁽²⁴⁾

Треба смањити површине загрејача воде уколико је у питању гориво са великим процентом влажности, како би се постигла виша температура ваздуха повећањем грејне површине загрејача ваздуха. Под претпоставком да се параметри паре не мењају, смањење површине загрејача воде постиже се повећањем температуре воде за напајање.

С друге стране температура ваздуха је ограничена топљивошћу пепела. Стога треба постићи компромис између процента влаге у гориву и коефицијента зрачења, температуре ваздуха, температуре топљења пепела и температуре воде за напајање. Раније се видело да сви ови чиниоци утичу на облик котловског агрегата; број и димензије канала утичу на артикулацију котла, а ова на облик и специфичност грађевинских елемената котларнице.

22. Веза између горива и помоћних уређаја котла.

Начин ложења, као последица врсте горива, утиче и на сопствену потрошњу и потребу постављања разних помоћних уређаја који имају утицаја на димензије зграде котларнице. Тако на пример извесне конструкције решетке траже много веће притиске ваздуха, те долазе у обзир вентилатори високог притиска и већи електромотори. Код других решетки потребна је знатно већа снага за њихов погон. У неким случајевима користи се рецикулација гасова

која изискује допунско постављање гасовода и вентилатора.

23 Гориво и даљинско управљање.

Даљинско управљање може се за сада спровести само при раду са нарочитим врстама горива—течно и гасовито. При раду са овим идеалним горивима регулисање је много једноставније, тако да се може спровести и на даљину те да буде без надзора човека.

24. Веза између H_1 и величине бункера за угаљ ⁽²⁵⁾

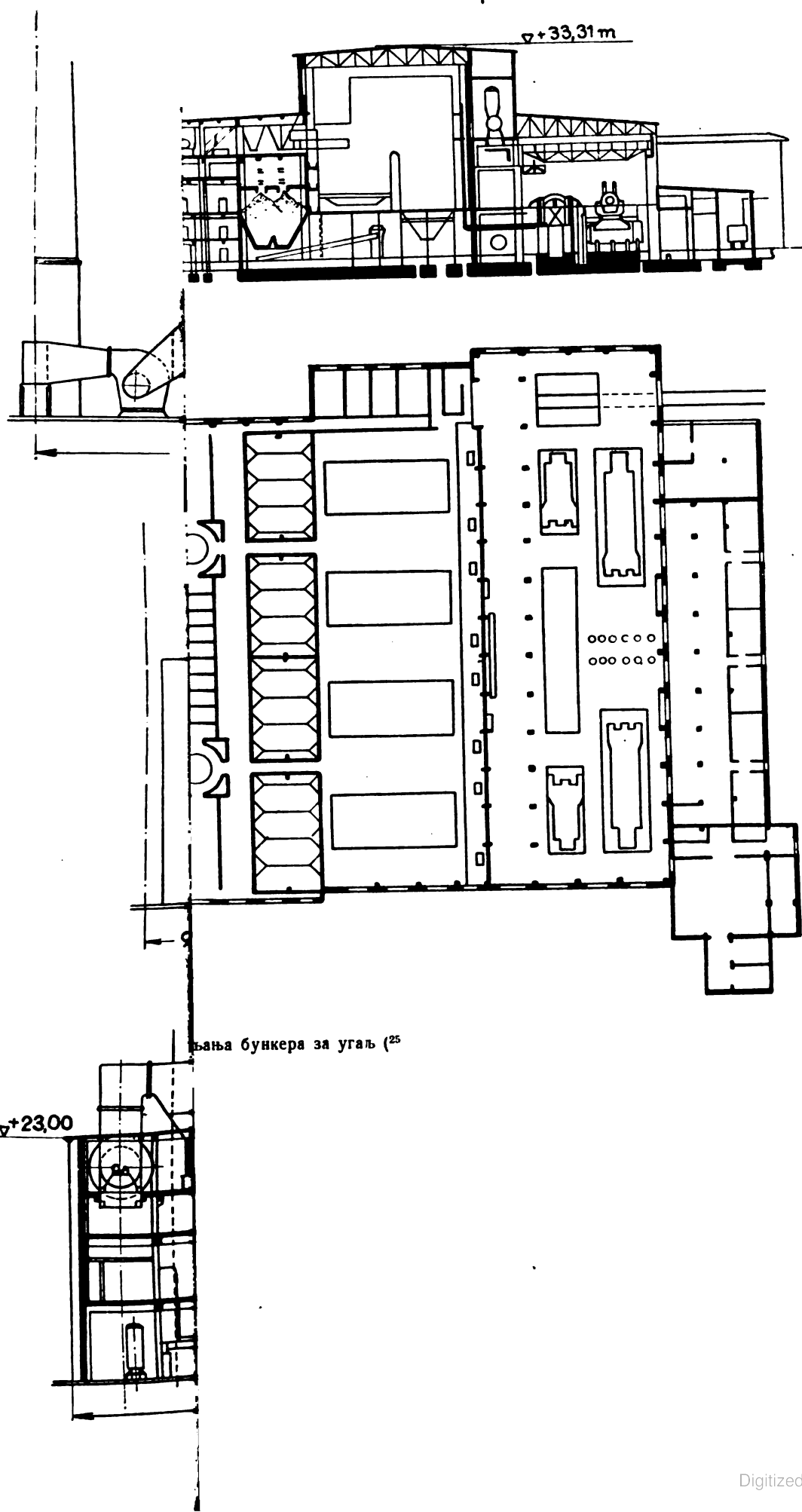
Под условом одређене резерве угља величина H_1 дефинише димензије бункера. Бункери, њихове димензије и конструкција у зависности су од квалитета угља, процента влаге и сортирана, те утичу на облик, величину и конструктивне елементе бункерског дела котларнице. Ствар је унеколико промењена код најновијих конструкција, где се бункери постављају на земљу (види слику 353). У овом случају услед хоризонталне артикулације омогућена је примена елемената нискоградње. Поред других предности, ниско постављени бункери, ако служе за влажна горива, могу за открављивање угља да користе загрејани прах из сепаратора млинова, конуса за пепео и издвајача прашине, и то без компликованих довода.

25. Врста горива (чврсто, течна или гасовито), одлучујући фактор при избору шема котларнице (отворени, полуотворени или затворени тип) ⁽²⁶⁾

Ако су у области где се подиже отворени или полуотворена котларница температуре ниске, у обзир долазе на првом месту гасовита и извесна течна горива и потпуно суви угљеви. Угаљ са великим процентом влаге подлеже смрзавању, те би стога за његово открављивање (односно лагровање у бункерима) били потребни уређаји који би трошили знатан део произведене топлоте (повећање паразитног утрошка). Код оваквих котларница, при наведеним климатским условима, долази у обзир коришћење угљева без грубе, а са највише 2—3% хигровлаге. Сличан би случај био и при коришћењу тешких горивих уља; потреба за већим предгревањем повећала би паразитну потрошњу и смањила економичност котларничког постројења.

Из овога се види да је врста горива у зависности од климе одлучујући фактор при опредељивању за отворен, полу-отворен или затворен тип котларнице.

На слици 354 види се једна ТЕ чији се котлови ложе гасовитим горивом. ^(26/16) Она је знатно мања од котларница које се ложе угљем. Велико смањење габарита котла, а нарочито ложишта, постигнуто је великим оптерећењем ложишног простора, збијеним конвективним



ларницу
гасовито

већава с
лова за .

При
шема ни
смањења
постићи
торски
а у складу
дућност
тек поц

Утиц
толико
спољње
мање-ви
која се

Рези
се закљ
тно има
котларн
котларн
индустр

Уга
утицате
пулациј
неког
врсту,
ректно

21. 1

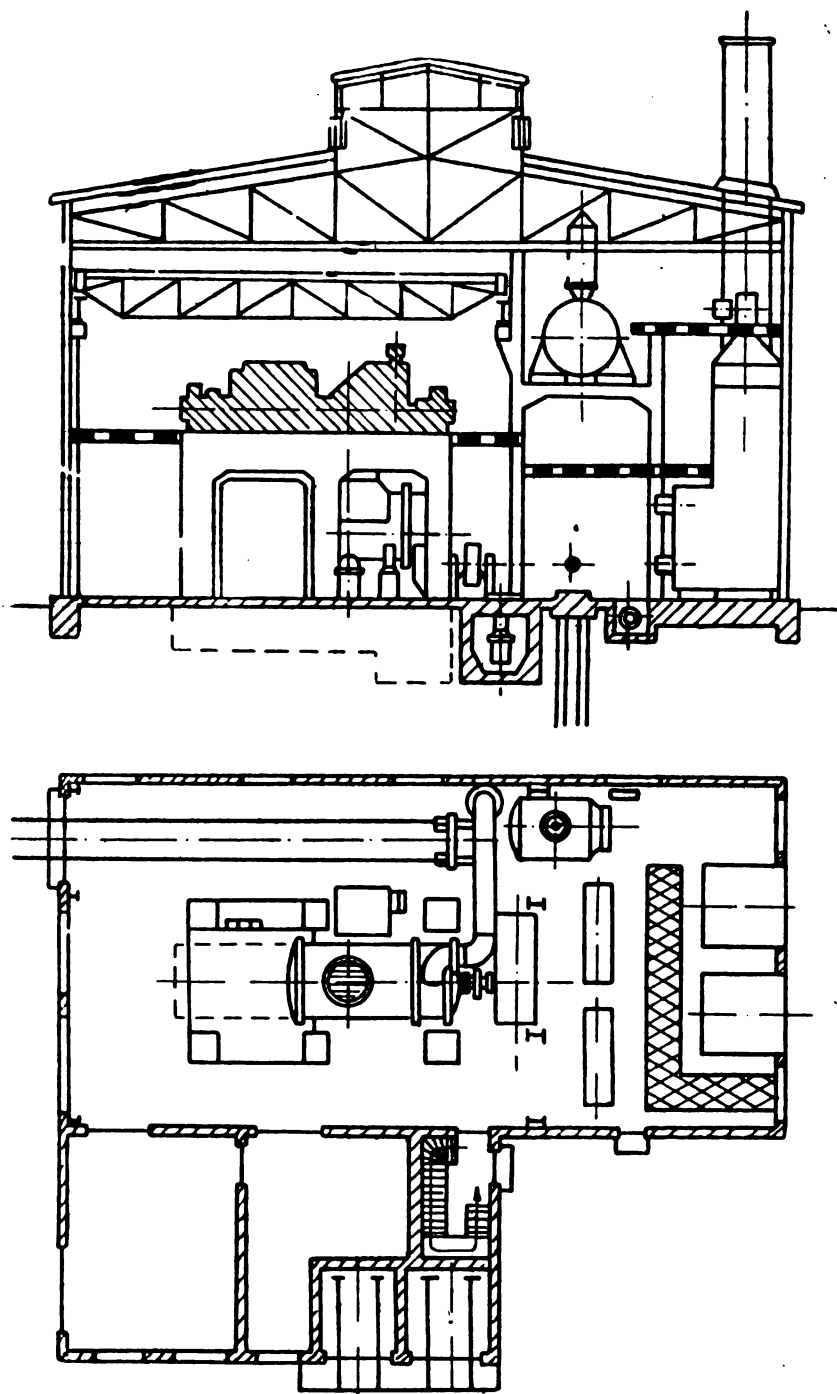
јање и 1

Трет
уколико
центом
темпера
шине з
да се
површи
ћањем

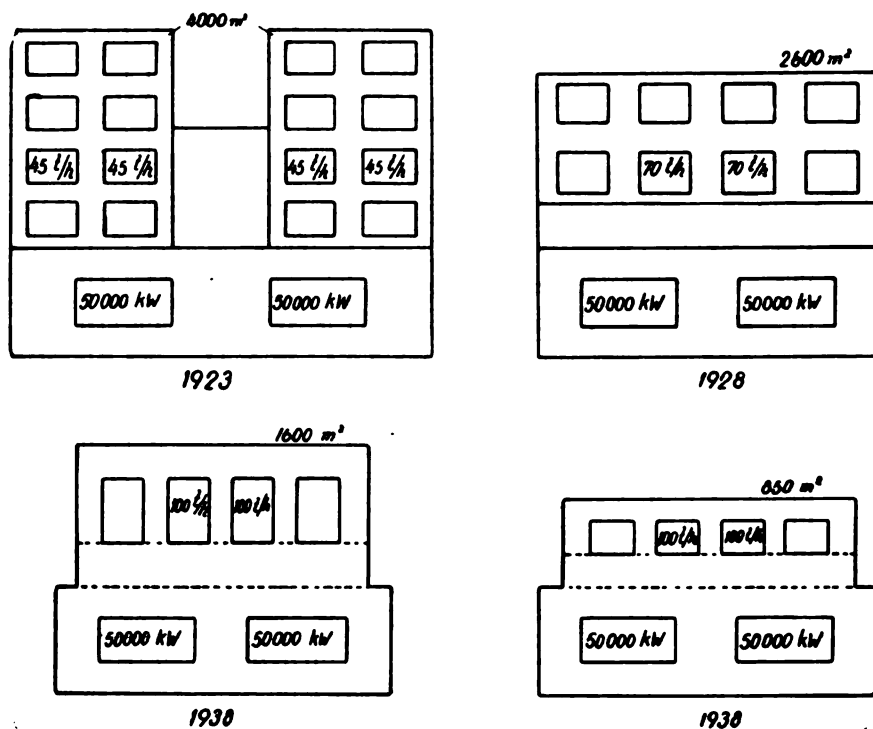
С д
огранич
постићи
у гори
туре в
и темп
видело
котлови
утичу
и специ
ларниц
22.

ћаја ко

Нач
утиче и
ставља
утицаја
наприм
много
обзир
електро
је знат
случаје



Сл. 354 — Т Е од 10 MW са Бенсоновим котлом ложеним гасом. Види си да је потребан простор за котларницу мањи но за турбинску салу благодарећи примењеном систему котла и примењеној врсти горива (идеално гасовито гориво омогућује велика топлотна оптерећења ложишног простора) ⁽²²⁾/₁₈



Сл. 355 — Потребна површина основе за Т Е од 100 MW године 1923, 1928, и 1938. Види се да је постигнута најчешћа уштеда на основи котларнице. Најмања основа (десно доле) предвиђена је за котлове ложене уљем. Координациони број између турбина и котлова био је осам 1923 године, четири 1928, два 1938 а данас често један. Паралелно са смањењем координационог броја повећава се капацитет котлова (²⁶/₁₆)

површинама (отсуство летећих делова које омогућава велике брзине гасова), као и тиме што је количина гасова која пролази кроз грејне површине мања (мањи вишак ваздуха, више температуре и већа енталпија гасова по јединици запремине, а нарочито по јединици тежине, углавном услед отсуства водене паре из влаге горива).

У прегледу смањења (сл. 355) потребних основа за ТЕ види се да је најмања основа (²⁶/₁₇) она, чији се котлови ложе течним горивом. Поред смањеног габарита котла за течни гориво уштеда у простору се постиже и тиме, што је простор за смештај течног горива (већа калорична моћ и запреминска тежина) и уређаја за припремање горива (млинови, сушаре, међубункери) мањи.

Отворена парна постројења примењују се већ одавно у жељезарама, рафинеријама, хемским постројењима и другој индустрији. Хидроцентрале су још пре 40 година почеле да примењују полуотворена постројења. Отворена потцентрала високог напона примењена је први пут 1910 године; овај покушај оцењен је у оно време као неуспео, међутим данас постоје већ стандардни типови оваквих потцентрала (²⁶/₃). Међу првим отвореним ТЕ била је ТЕ Скенектеди. Овај начин изградње распрострањен је нарочито у Америци, и то вероватно услед тога, што су наднице грађевинских радника високе.

Котларнице, турбо-сале и ТЕ могу се класифицирати на следећи начин:

Типови отворених котларница.

1) Потпуно отворена котларница. Нема никаквих заклона, долази у обзир у пределима са најповољнијим атмосферским приликама. Ове котларнице се обично примењују за провизорне ТЕ на градилиштима, у неопределеној позадини фронта и код обнове ратом опустошених крајева. (²⁶/₉)

звести

ставља
и само
затора
ишкова
ставља
за њу
на тур-

рбине.
и. Крај
и сви де-
ишите,
и) са

и тур-
иштима

Табеле
ицијенат
иловима,
епела и

Пример транспортног котла
и тип грејне површине

Котло
Водени зид
Прегрејач
Економијазер
Ефективна расхладна површина
лежишта

Слика

Ложишна опрема

Запремна ложишта
Површина решетке

ГОРИВО
РАД

Испаравање

Притисак:

Пројектовани
У добошу
На излазу из прегр.

Температура:

Напојне воде на улазу у јединицу
Напојне воде на улазу у котло
Пара
Ваздух на улазу у котло
Гас на изл. из ложишта
Гас на изл. из котла
Гас на изл. из економијазера,
Гас на изл. из грејача вазду

Вазд. притисци и промаје

Укупан губитак вазд. притисак
Укупан губитак промаје

Анализа димних гасова:

CO₂ при изл. из јединице
Вишак ваздуха на изласку
из јединице

Гориво као што је ложен
непосредна анализа

Влажност

Испарљиви делови

Чврст угљеник

Пепео

Температура топлења пепел

Последња анализа:

Угљеник

Водоник

Калорична моћ

Сагоревано гориво

Оптерећења:

Килограмско оптерећење
решетке

Запремне ложишта

Површине решетке

Расхладне површине ложишта

Коефицијенат корисног деј

* 79.0 — исправљ
(e) — означава от
(c) — ознака за от

За ове котларнице погодни су такозвани пакетни или транспортни котлови. У прилогу је дато 5 табела (²⁶/₁₀ из којих се детаљно виде карактеристике ових котлова*.

2) Отворена котларница са заштићеним ложачким местом. Заштита може бити провизорна или изграђена. Ако је изграђена, обично је део за ложача постављен између простора за кондензаторе и помоћне уређаје (под условом да је котларница у склопу ТЕ).

3) Отворена котларница код које се на продужени скелет котла поставља настрешница (армирано-бетонска, лимена или слична плоча) која штити виталне делове котла и ложачко место.

4) Отворена котларница код које су поред настрешнице описане у тач. 3 провизорно затворене и главне котловске галерије (лимом, салонитом и сличним лаким материјалом).

5) Котларница где је доњи део (пепељара) затворен, а горњи део котла незаштићен.

6) Котларнице код којих озид котла једновремено служи и као зид зграде.

Поред ових типова, који су најчешћи, могу се извести и друге комбинације.

Типови турбинских сала:

1) Отворена турбинска сала

а) Без кућишта изнад турбине. Турбина се поставља нормално на своје постоље, а од заштите постоји само плоча, као и обично, која одваја простор кондензатора од турбинске сала. У циљу смањења висине и трошкова темељења турбине и плоче, кондензатор се поставља са стране, а не испод турбине и плоче, и везује за њу помоћу колена. У овом случају, плоча је замишљена турбинска сала, а на њој се налази мосни крап.

б) Са кућиштем, обично монтажним, изнад турбине. Кућиште је најчешће лимено са покретним кровом. Крап дејствује кроз отворе на крову. При оправкама сви делови турбине сем ротора могу се сместити у кућиште.

2) Изграђена турбинска сала (нижа од нормалне) са покретним отворима на таваници за рад крапа.

Типови ТЕ:

1) ТЕ са отвореном котларницом и отвореном турбинском салом (турбинска сала може бити са кућиштима за турбине)

Табела бр. 35

КАРАКТЕРИСТИКЕ ПРОЈЕКТА ТРАНСПОРТНОГ КОТЛА ЗА НАФТИНА ПОЉА (²⁶/₁₀)

| | |
|--------------------------------------------------------|--------------|
| Тип котла | S. A. |
| Испаравање, (kg/h) | 7.950 |
| Притисак на излазу из прегрејача (kg/cm ²) | 24,5 |
| Пројектовани притисак (kg/cm ²) | 28 |
| Температура паре, (°C) | 232 |
| Гориво | природни гас |
| Коефицијент корисног дејства, % | 66 |
| Нето тежина главног пакета котла, (t) | 13 |

Табела бр. 36

ТРАНСПОРТНИ ПОДАЦИ ЗА СЕКЦИЈЕ ТРАНСПОРТНОГ КОТЛА (²⁶/₁₀)

| Пакет бр. | Садржина | тежина, kg | | димензије, у m |
|-----------|------------------------------------------------------------|------------|-------|------------------------|
| | | нето | брuto | |
| 1 | Котао, прегрејач, ложиште хлађено водом, економијер, оклоп | 29400 | 29500 | 3,141 × 3,381 × 6,680 |
| 2 | ексхаустор | 4130 | 5800 | 2,048 × 2,917 × 4,0204 |
| 3 | Разан фитинг, цевоводи, вентили, резервне цеви | 6350 | 9390 | 2,125 × 2,546 × 4,977 |
| 4 | Стокерски убацивач | 6350 | 7300 | 2,145 × 1,387 × 3,690 |
| 5 | Уређај за сагоревање дрвета | 6900 | 8010 | 2,125 × 1,311 × 3,690 |

Табела бр. 37

ВРЕМЕ МОНТАЖЕ ТРАНСПОРТНОГ КОТЛА (²⁶/₁₀)

| | Људски радни сати |
|--------------------------------|-------------------|
| Истовар и постављање на темеље | 112 |
| Завршно дотеривање | 35 |
| Рад фабричких радника | 64 |
| Зидарски радови | 141 |
| Цевни фитинг | 198 |
| Инсталирање стокера | 56 |
| Чишћење и обични радови | 32 |
| | <hr/> 641 |

* ²⁶/₁₀ - ²⁶/₁₄ Из приложених табела може се добити претстава о предностима ових котлова у погледу: лаког и јевтиног транспорта, брзе и једноставне монтаже мале тежине, повољне карактеристике V/D₁ котла и зграде, шире могућности прилагођавања разним врстама горива, збијености, доброј усклађености појединих елемената

котла, серијској производњи и широкој примени. Табеле истовремено показују и мане котла: нижи коефицијент корисног дејства, неприступачност извесним деловима, непотпуно решење проблема отстрањивања пепела и шљаке.

Табела бр. 88 (28/10)

Резултати осмочасовног испитивања

| | |
|----------------------------------------------------------------------|---------------|
| Проток паре, (kg/h) | 1550 |
| Притисак у добошу, (kg/cm ²) | 21,5 |
| Котловски притисак на излазу из прегрејача (kg/cm ²) | 21,4 |
| Температура паре, (°C) | 356 |
| Пројаја: | |
| Ложиште, у ивичима (mm WS) | -0,08 (-2,03) |
| Излаз из котла, у ивичима (mm WS) | -0,1 (-2,54) |
| Економајзер, у ивичима (mm WS) | -2,4 (-61,00) |
| Притисак у зонској кутији стокера, у ивичима (mm WS) | +1,4 (35,60) |
| Температура: | |
| Вода испред економајзера, (°C) | 91 |
| Вода иза економајзера, (°C) | 151 |
| Гас испред економајзера, (°C) | 336 |
| Гас иза економајзера, (°C) | 213 |
| Гас у димњаку, (°C) | 202 |
| Ваздух испред стокера, (°C) | 18,4 |
| СО ₂ на улазу у економајзер, % | 12,25 |
| Укупан ваздух на излазу из економајзера, % | 148 |
| Чврсти делови одношени паром, ppm | 3,5 |
| Чврсти делови у котловској води, ppm | 1250 |
| Еквивалентна влага у пари, % | 0,28 |
| Топлотни биланс: | |
| Количина топлоте апсорбована у јединици, % | 74,4 |
| Топлотни губитак у сувим гасовима, % | 8,88 |
| Топлотни губитак услед влажности горива, % | 3,44 |
| Топлотни губитак услед Н ₂ О из водоника, % | 4,32 |
| Топлотни губитак услед остатака сагоревања (непотпуно сагоревање), % | 2,62 |
| Топлотни губитак услед зрачења, % | 1,3 |
| Необрачунато (услед разлике), % | 5,04 |
| У к п н о | 100,00 |

2) ТЕ са отвореном котларницом (настрешница над котлом, кућиште над виталним деловима и затворене галерије) и изграђеном ниском турбинском салом са отворима на крову.

3) ТЕ са котларницом чији је доњи део затворен, а турбинска сала затворена нискога типа са отворима на крову или нормална затворена.

За сада постоје различита мишљења о корисности примене отвореног и полуотвореног типа котларница. Тежња за архитектонском вредношћу у многоме утиче на подвојеност мишљења. Отвореном типу се прилази са доста скепсе.

Са економске тачке гледишта постоје код пројектовања парних постројења два мишљења: да цена коштања није битна, већ је битно да постројење буде изграђено на најбољи начин, да има највећи могући капацитет, највећу сигурност у раду и да буде лепог и импозантног изгледа. Међутим, у последње време се повећава број оних који сматрају да би при избору постројења најважнији критеријум требало да буде општа економичност конструкције, тј. најнижа укупна цена коштања произведене енергије при задовољавајућем степену поузданости (28/1).

Овакво мишљење би било донекле у складу и са данашњим схватањима архитектуре, под условом да се овом архитектуром не иде у крајност и не пада у тзв. чист конструктивизам. Потпуно коришћење свих функционалних ефеката производних постројења треба да буде, једно од карактеристика нових схватања у пројек-

товању индустријских зграда; енергетска станица треба да буде спонтана целина која јасно указује на своју функцију. При доброј спољашњој обради, савремени котлови са осталим уређајима могу бити изведени тако, да стварно претстављају један естетски објекат и главни композицијски елемент архитектуре котларнице (груби нерђајући челични оклопи, лимена превлака изолације).

Недостаци и предности:

а) Недостаци:

1) Потешкоће у вези са одржавањем и експлоатацијом. Најчешћи приговор отвореним котларницама или уопште ТЕ јесу повећане тешкоће при експлоатацији и одржавању постројења (28/1).

Код отворених постројења људство и материјал изложени су дејству атмосферелија. За њих се израђују котлови, турбине и помоћни уређаји са грубим спољним оклопима, отпорним према разним атмосферским утицајима (28/1).

Постоје извесне тешкоће и код заштите ситног материјала (инструменти, финији електрични уређаји), нарочито код инструмената који садрже воду. Очигледно је, да ако се ови уређаји поставе напољу, при виским спољним температурама доћиће до смрзавања воде и њиховог квара. Овај проблем се решава централизованим инструмената у затворене просторије (28/1).

Све тешкоће у погледу заштите електромотора савладане су.

Што се тиче ложачког особља, отворено постројење је неповољно у дане временских непогода, али са друге стране у њему нема спарне атмосфере затворених котларница. Осим тога, код модерних постројења улога ложаца је донекле измењена; он је сада више механичар и руковалац котла, који стоји код контролне плоче и са тога места регулише његов рад. У нормалној експлоатацији кретање ложаца ван командног места сведено је на минимум, те је он само изузетно изложен временским непогодама (28/1).

2) Велике оправке. Лоше време може озбиљно да утиче на рад особља при вршењу непредвиђених већих оправки, продужујући њихово време трајања. Међутим овај вишак радних сати приближно се компензира са потребним радом на одржавању зграде код затворених котларница.

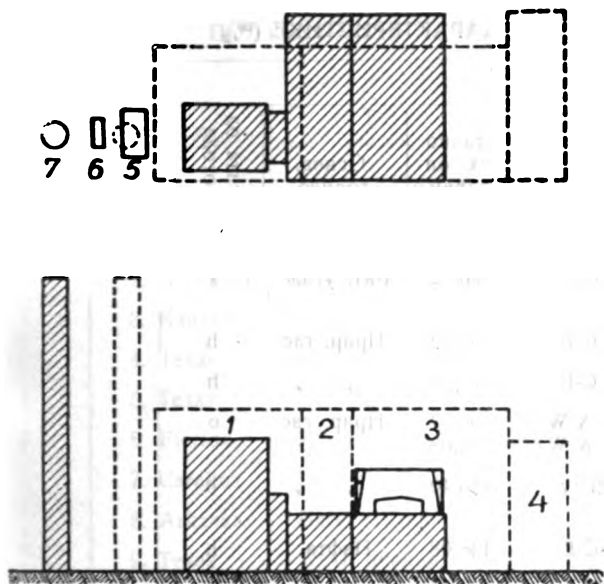
3) Монтажа на отвореном простору. Ни рад на монтажи под отвореним небом не може се схватити као апсолутни недостатак. Код савремене изградње ТЕ, монтажа котлова може се вршити паралелно са изградњом зграде и у том случају градитељи нису ни по чему у повољнијој ситуацији од оних на изградњи отвореног постројења. Недостатак је апсолутан једино ако се врши поређење са монтажом у потпуно завршеној згради затворене котларнице (28/1).

4) Скупља изолација. Код отворених постројења поред нешто веће дебљине изолације потребан је и бољи квалитет изолације и оплате. Ради смањења губитака и спречавања смрзавања водова, уобичајено је да се хладни и топли водови постављају једно поред другог у заједничком омоту (28/1).

б) Предности.

1) Уштеда на згради. Применом отворених ТЕ постижу се, према подацима из литературе, следеће уштеде: на кубатури 75%, на површини основе 50% (види слику 35б), на конструктивном челику заједно са челиком за арматуре 50% на самом конструктивном челику 75%. Уколико је затворено постројење у челичној конструкцији, а отворено са којим се поређење врши у армирано-бетонској, уштеда у конструктивном челику износи 90% (28/1).

На једном код нас изведеном пројекту затворене котларнице могло се постићи снижење цене објекта за најмање 25% да је објекат изведен као полуотворена котларница. Капацитет овог постројења је 12 т/ч нормалне



паре, а кубатура котларнице 4.500 m³ (тип 4А); код полуотвореног типа изграђени простор износио би свега 1000 m³. Овако велика уштеда настала би услед неповољне карактеристике V/D₂ примењених котлова ТРК. Отвореном изградњом ова карактеристика не би дошла до изражаја.

Велика уштеда на изграђеном простору могла би се постићи применом пакетних котлова, за које не постоји никаква препрека да се изграђују и код нас. Котларница затвореног типа са два пакетна котла капацитета 12 t/h нормалне паре имала би изграђену запремину 1170 m³ према горе наведеним 4500 m³.

Са економске тачке гледишта је корисније да буду отворене котларнице но турбинске сале, јер је на котларницама, услед њихове веће кубатуре, апсолутна уштеда већа.

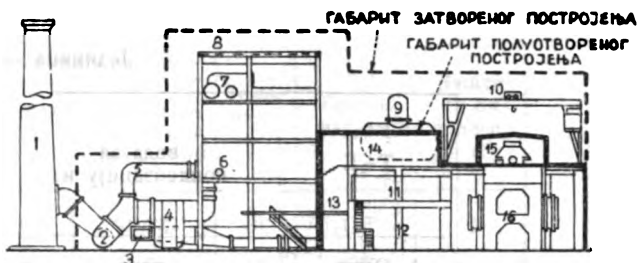
У прилогу су дате три табеле (26/3, бр. 39—41) које дају упоредне податке о уштедама постигнутим изградњом отворених ТЕ разног типа.

2) Уштеда на фундаментима. Код отворених постројења тежи помоћни уређаји постављају се обично на под и на коте ниже но код затворених. На овај начин се избегавају или скраћују високи стубови постоља. Сличан је случај и код плоче турбинске сале, која се поставља ниже, пошто се кондензатори постављају поред, а не испод турбина. (26/3)

3) Уштеда на димензијама вентилатора. Код отворених постројења вентилатори сишу хладнији ваздух веће специфичне тежине, те су и њихове димензије мање. (26/1)

4) Скраћено време изградње. Данас се паралелно са изградњом ТЕ може вршити и делимична монтажа котлова, те долази до извесних међусобних сметњи. Но и поред тога овим системом рада убрзава се изградња ТЕ у односу на стари начин, код кога се са монтажом почело тек по завршетку зграде. Код потпуно отворених постројења до ових међусобних сметњи не долази, док су код полуотворених оне сведене на мању меру. (26/3)

Изградња котларница масивно ливених армирано-бетонске конструкције траје дуже но котларница челичне конструкције, које су монтажног карактера, те је код првих време у коме се грађевински и монтажни радови поклапају дуже, односно међусобне сметње су веће. Код полуотворених конструкција време међусобних сметњи је сведено на минимум, нарочито за случајеве котларница под 2, 3 и 4 горе наведене поделе.



Сл. 356 — Поређење габарита Т Е отвореног типа са затвореним. (26/3)

Слика лево: 1. котларница,
2. одељење за пумпе,
3. турбинска сала,
4. електрични развод,
5. загрејач ваздуха,
6. ексхаустор,
7. димњак

Слика десно: 1. димњак,
2. ексхаустор,
3. вод за вентилатор принудне промаје,
4. загрејач ваздуха,
5. споредни пролаз,
6. доњи котловски добош,
7. горњи котловски добош,
8. настрешница над котлом,
9. одгазивач,
10. мосни кран,
11. канцеларије и електрични уређаји,
12. просторије за помоћне уређаје,
13. ложачка просторија,
14. контролна дворана,
15. кућиште за турбину,
16. простор за кондензатор

Примедба која се често среће у литератури да изградња отворених постројења може да буде отежана и продужена услед временских непогода не може се узети као потпуно оправдана, јер до истих тих сметњи може да дође и код затворених постројења, само не код монтаже, него код изградње зграде. (26/7)

Термички проблеми.

Утицај ниже спољне температуре ваздуха на температуру ложишта. Услед ниже температуре ваздуха који улази у ложиште котла без загрејача ваздуха добија се мешто нижа температура у ложишту. Ово снижење је пропорционално разлици температура ваздуха у затвореној и отвореној котларници. Код затворене инсталације губитак кроз зидове котла делимично се користи за загревање ваздуха за сагоревање, док код отворених инсталација то није случај. Услед овога двоструки оклоп за загревање ваздуха био би целесходнији код отворене но код затворене инсталације. Да би се дејство хладнијег ваздуха компензирало, логично би било да се повећа површина загрејача ваздуха. Ово међутим изазива снижење излазне температуре гасова и самог оклопа нападних грејних површина, те тиме стара погодније услове за корозију. (Температура зидова загрејача ваздуха приближава се тачки росе спољњег ваздуха). Ово повећање површине загрејача је и сувишно, јер се повећава прелаз топлоте, услед тога што је ваздух који улази у загрејач ваздуха хладнији, те је и Δt веће.

У погледу губитака топлоте одвођењем и зрачењем код отвореног постројења нема знатног отступања у односу на затворено. При постављању котла на отвореном простору, његове спољне површине изложене су интензивнијем одвођењу топлоте конвекцијом (услед дејства ветра настаје принудна конвекција). (26/1)

Табела бр. 39

ПОЛУОТВОРЕНЕ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ, ГЛАВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ (%)

Јединица — генератор паре

| T-E | вода за кондензацију из | Број и фабрикат | Стално макс. оптерећење t/h | Основ. гориво | Заштита од непогода (С) |
|----------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------------|---------------|-------------------------|
| 1. Orem | река | 1-C-E | 90,72 | Бит. угаљ | s |
| 2. South Omaha | (турбина са протурит) | 2-C-E | 90,72 | Прир. гас | h |
| 3. Riley | Кула за хлађење | 2-C-E | 72,58 | . . | h |
| 4. Mountain Creek | језеро | 2-B & W 1-B & W | 90,72 136,08 | Прир. гас | o |
| 5. Cablestreet | Кула за хлађење | 1 Riley | 113,40 | . . | h |
| 6. Miami Beach | Океан | 1-C-E | 136,08 | Нафта | h |
| 7. Cape Fear | Река | 1-Riley | 149,69 | Бит. угаљ | h |
| 8. Harvey Couch | Кула за хлађење | 1-C-E | 158,76 | Прир. гас | s |
| 9. West Junction | . . . | 2-Riley | 181,44 | . . | s |
| 10. Sterlington | Река | 1-C-E | 192,78 | . . | h |
| 11. Sarasota | Океан | 1-B & W | 90,72 | Нафта | o |
| 12. Riviera | . | 2-B & W | 113,40 | . | o |
| 13. Cecil Lyunch | Кула за хлађење | 1-C-E | 147,42 | Прир. гас | s |
| 14. Industrial Canal | Пловни канал | 1-F-W | 181,44 | . " | s |
| 15. Handley | Кула за хлађење | 2-B & W | 104,33 | . . | o |

Заштита од невремена за горњи део генератора паре означени су са:

o — отворен, има само кућиште осигурано од кише

s — отворен, са бетонском плочом изнад уређаја

h — кућиште или настрешница око бубњева или горњег дела уређаја

У прилогу је дат термички прорачун топлотних губитака кроз озид котла према методи *ing. Müller*-а. Ради упрошћавања прорачуна узети су најидеалнији услови, то јест претпостављено је да је средња спољна температура 15°, а унутрашња 25°C. Према *ing. Müller*-у губитак конвекцијом код котла на отвореном простору износи 295 kcal/m²h ($t_f = 1200^\circ\text{C}$, $t_a = 10^\circ\text{C}$), док исти тај губитак код котлова у затувореној котларници износи 280 kcal/m²h ($t_a = 30^\circ\text{C}$). Према томе разлика у губицима конвекцијом је 5,3%. Да би горњи губици били изједначени, *ing. Müller* наводи да треба повећати дебљину изолације код котлова на отвореном простору за око 16 mm.

У погледу зрачења код спољне инсталације услови су погоднији но код унутрашње, пошто су у првом случају у питању не само ниже температуре зида, него и ниже температуре околине, т. ј. температурска разлика је нижа. Ова околност надокнађује у извесној мери вишак губитака конвекцијом и смањује разлику укупног губитка услед зрачења и конвекције спољне површине

котла. Изједначење губитака може се постићи повећањем дебљине изолације (по *ing. Müller*-у довољно је 7,5 mm за наведени пример).

Ујоређење Шойлошних губиштака зрачењем и конвекцијом код кошла у затвореној и отвореној котларници

Посматра се ложиште и први део димног канала са одговарајућим температурама

$$t_{F1} = 1000^\circ\text{C} \quad t_{F2} = 800^\circ\text{C}$$

сматра се да су обложени истим зидовима следећег састава:

I ватростална опека ($\delta_1 = 250 \text{ mm}$) $\lambda_1 = 0,9 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$

II дијатомична опека ($\delta_2 = 150 \text{ mm}$) $\lambda_2 = 0,1 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$

III обична опека ($\delta_3 = 250 \text{ mm}$) $\lambda_3 = 0,6 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$

Табела бр. 40

ПОЛУОТВОРЕНЕ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ — ГЛАВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ (%)

| Место | Т-Е Назив | Почетак рада | Јединица-турбина генератор | | Темп паре °C | Број и фабриц. | Заштита од непогода (В) |
|---------------|------------------|--------------|----------------------------|----------------------------------------------|--------------|----------------|-------------------------|
| | | | Прибл. макс. нето кап. kw | Прит. паре испред турбине kg/cm ² | | | |
| 1. Utah | Orem | 1936 | 17.000 | 28,12 | 400 | 1-GE | l |
| 2. Nebraska | South Omaha | 1938 (A) | 6.000 | 31,64 | 400 | 1-GE | l |
| 3. Kansas | Riley | 1938 | 25000 | 45,70 | 440 | 1-West | l |
| 4. Texas | Mountain Creec | 1938-45 | 60000 | 45,70 | 440 | 1-AC | l |
| 5. Texas | Gable Street | 1938 | 25000 | 59,76 | 482 | 1-GE | l |
| 6. Florida | Miami Beach | 1942 | 30000 | 59,76 | 482 | 1-West | l |
| 7. Carolina | Cape Fear | 1942 | 60000 | 59,76 | 482 | 2-West | l |
| 8. Arkanzas | Harvey Couch | 1943 | 30000 | 45,70 | 410 | 1-GE | r |
| 9. Texas | West Junction | 1943-47 | 70000 | 59,76 | 482 | 2-GE | r |
| 10. Louisiana | Sterlington | 1943 | 40000 | 59,76 | 482 | 1-GE | e |
| 11. Florida | Sarasota | 1946 | 17000 | 59,76 | 482 | 1-GE | l |
| 12. Florida | Riviera | 1946 | 40000 | 59,76 | 482 | 1-West | l |
| 13. Arkanzas | Cecil Lyunch | 1946 | 30000 | 59,76 | 482 | 1-West | m |
| 14. Louisiana | Industrial Canal | 1947 | 35000 | 87,86 | 510 | 1-GE | m |
| 15. Texas | Handley | 1947 | 40000 | 59,76 | 482 | 1-West | m |
| | | | 525000 | | | 18 | |

(A) Турбина са протупритском која даје пару индустријским предузећима.

(B) Начин заштите турбина од невремена означен је са:

- г — отворена платформа и мосни кран, помично кућиште
- п — отворена платформа и мосни кран, зидани зидови и отвори на крову
- е — отворена платформа и постојећи унутрашњи кран са продуженим ходом, зидани зидови и отвори на крову
- l — мосни кран изнад ниског турбинског кућишта са отворима на крову
- і — уобичајена турбинска сала са унутрашњим краном

Узима се да се топлота унутрашњим зидовима предаје углавном зрачењем. При томе је само 20% зидне површине изложено зрачењу.

Коефицијенти прелаза топлоте за оба случаја износе:

1. $t_F = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ $\alpha_1 = C_{1/2} \cdot \beta \cdot 0,2 = 2,4 \cdot 65 \cdot 0,2 \approx 30 \text{ kcal/m}^2\text{h }^\circ\text{C}$ (коефицијент се узима по Merkel-u)

$$\beta = \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \frac{1}{T_1 - T_2} \left(\frac{\text{m}}{\text{h}} \right)$$

2. $t_F = 800 \text{ }^\circ\text{C}$ $\alpha_1 = C_{1/2} \cdot \beta \cdot 0,2 = 2,4 \cdot 40 \cdot 0,2 \approx 20 \text{ kcal/m}^2\text{h }^\circ\text{C}$

Ово је врло грубо приближавање, пошто нису узети у обзир детаљни услови сагоревања и облагања зидова екранима.

Коефицијенти прелаза топлоте од спољњег зида на околину:

а) случај смештаја у котларници (слободна конвекција) за претпостављену температуру спољњег зида од 90°C (средња вредност за оба случаја) по ten Bosch-u

$$\alpha_2 = \frac{\lambda}{H} \cdot 0,48 \sqrt[4]{G_r}; \quad G_r = \frac{g \cdot H^3 \cdot \theta}{\nu^2 \cdot T}$$

Усваја се висина зида 10 m температура у котларници $t_a = 25 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\theta = 90 - 25 = 65 \text{ }^\circ\text{C}$$

Табела бр. 41

| | Покривено постројење | Полуотворено постројење | Уштеда |
|------------------------------|----------------------|-------------------------|--------|
| Фундаменат | 80000 | 70000 | 10000 |
| Костур зграде | 150000 | 85000 | 65000 |
| Зидови | 45000 | 15000 | 30000 |
| Подови | 20000 | 15000 | 5000 |
| Кровови | 50000 | 15000 | 35000 |
| Врата и прозори | 25000 | 10000 | 15000 |
| Бојење и завршна обрада | 20000 | 10000 | 10000 |
| Опрема зграде | 70000 | 55000 | 15000 |
| Кран | 40000 | 50000 | -10000 |
| Заштита уређаја од непогода | | 15000 | -15000 |
| Материјал и радна снага | 500000 | 340000 | 160000 |
| Допунски и остали издаци 15% | 75000 | 50000 | 25000 |
| Укупна утрошена свота дол- | 575000 | 390000 | 185000 |
| Цена коштања у дол-по KW- | 19 | 13 | 6 |
| x — износи су у доларима | | | |

Величине које се односе на ваздух на 25 °C
 $v = 23 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; $\lambda = 0,026 \text{ kcal/m}^2\text{h} \text{ } ^\circ\text{C}$; $T \approx 300^\circ\text{K}$

$$G_r = \frac{9,81 \cdot 10^3 \cdot 65}{2,3^2 \cdot 10^{-12} \cdot 300} = 4 \cdot 10^{12}$$

$$\alpha_2 = \frac{0,026}{10} \cdot 0,48 \sqrt[4]{4 \cdot 10^{12}} = 2 \text{ kcal/m}^2\text{h} \text{ } ^\circ\text{C}$$

По подацима E. Müller-a ($\alpha_2/1$)
 $\alpha_2 = 4 - 6$

усваја се $\alpha_2 = 3 \text{ kcal/m}^2\text{h} \text{ } ^\circ\text{C}$

b) Случај спољне инсталације за брзину ветра од 2,5 m/s по Schack-у ($t_a' = 15^\circ\text{C}$)

$$\alpha_2' = 5 + 3,4 w = 5 + 3,4 \cdot 2,5 = 13,5 \text{ kcal/m}^2\text{h} \text{ } ^\circ\text{C}$$

При инсталацији котла у згради губи се следећа количина топлоте ($t_a = 25^\circ\text{C}$) по m^2 спољњег зида

$$q = \frac{t_F - t_a}{1/\alpha_1 + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \delta_3/\lambda_3 + 1/\alpha_2} \left[\text{kcal/m}^2\text{h} \right]$$

1) Зид ложишта ($t_F = 1000^\circ\text{C}$)

$$q = \frac{1000 - 25}{\frac{1}{30} + \frac{0,25}{0,9} + \frac{0,15}{0,1} + \frac{0,25}{0,6} + \frac{1}{3}} = \frac{975}{2,56} = 380 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

2) Зид димног канала ($t_F = 800^\circ\text{C}$)

$$q = \frac{800 - 25}{\frac{1}{20} + \frac{0,25}{0,9} + \frac{0,15}{0,1} + \frac{0,25}{0,6} + \frac{1}{3}} = 300 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

У случају инсталације ван зграде вишак топлотних губитака ће износити:

$$\frac{q'}{q} = \frac{\Sigma + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\Delta t}{q}}{\Sigma + \frac{1}{\alpha_2'}}$$

где је $\Sigma = \frac{1}{\alpha_1} + \Sigma \frac{\delta_i}{\lambda_i}$; $\Delta t = t_a - t_a' = 25 - 15 = 10^\circ\text{C}$

$$1) \dots \frac{q'}{q} = \frac{2,23 + \frac{1}{3} + \frac{10}{380}}{2,23 + 1/13,5} = \frac{2,59}{2,31} = 1,12 \dots 12\%$$

$$2) \dots \frac{q'}{q} = \frac{2,245 + \frac{1}{3} + \frac{10}{300}}{2,245 + 1/13,5} = \frac{2,61}{2,32} = 1,13 \dots 13\%$$

Потребно повећање дебљине изолације да би губици остали исти (за дијатомит)

$$\Delta \delta_2 = \lambda_2 \left(\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\Delta t}{q} - \frac{1}{\alpha_2'} \right) \left[\text{cm} \right]$$

$$1) \dots \Delta \delta_2 = 10 \left(\frac{1}{3} + \frac{10}{380} - \frac{1}{13,5} \right) = 2,85 \text{ cm}$$

$$2) \dots \Delta \delta_2 = 10 \left(\frac{1}{3} + \frac{10}{300} - \frac{1}{13,5} \right) = 2,90 \text{ cm}$$

Изналажење температура спољњег зида

а) унутарња инсталација ($t_a = 25^\circ\text{C}$)

1) $t_F = 1000^\circ\text{C}$

$$1) \frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2} = \frac{1}{30} + \frac{0,25}{0,9} + \frac{0,15}{0,1} + \frac{0,25}{0,6} + \frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{k} = 2,56 \text{ m}^2\text{h }^\circ\text{C/ kcal}$$

$$\Delta t = \frac{1/\alpha_1 + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \delta_3/\lambda_3}{1/k} \cdot (t_F - t_a) =$$

$$= \frac{2,227}{2,56} \times (1000 - 25) = 860^\circ\text{C}$$

$$t_z = 140^\circ\text{C} \quad T_z = 413^\circ\text{K}$$

2) $t_F = 800^\circ\text{C}$

$$\frac{1}{k} = 2,577 \text{ m}^2\text{h }^\circ\text{C/ kcal}$$

$$\Delta t = \frac{2,247}{2,577} (800 - 25) = 675^\circ\text{C}$$

$$t_z = 125^\circ\text{C} \\ T_z = 398^\circ\text{K}$$

б) спољна инсталација ($t'_a = 15^\circ\text{C}$)

1) $t_F = 1000^\circ\text{C}$

$$1/k = 2,313 \text{ m}^2\text{h }^\circ\text{C/ kcal}$$

$$\Delta t = \frac{2,227}{2,313} (1000 - 15) = 950^\circ\text{C}$$

$$t_z = 50^\circ\text{C} \\ T_z = 323^\circ\text{K}$$

2) $t_F = 800^\circ\text{C}$

$$\frac{1}{k} = 2,33 \text{ m}^2\text{h }^\circ\text{C/ kcal}$$

$$\Delta t = \frac{2,244}{2,33} (800 - 15) = 755^\circ\text{C}$$

$$t_z = 45^\circ\text{C} \\ T_z = 318^\circ\text{K}$$

Утицај зрачења на топлотне губитке.

Коефицијент прелаза топлоте зрачењем по Е. Müller-у ($^{26}/1$)

$$\rho = m (T_z^2 + T_a^2) \cdot (T_z + T_a) \\ m = 4,4 \cdot 10^{-8}$$

а) за унутрашњу инсталацију ($T_a = 298^\circ\text{K}$)

1) $t_F = 1000^\circ\text{C}$

$$\rho = 4,4 \cdot 10^{-8} (413^2 + 298^2) \cdot (413 + 298) = 8,12 \text{ kcal/m}^2\text{h }^\circ\text{C}$$

2) $t_F = 800^\circ\text{C}$

$$\rho = 4,4 \cdot 10^{-8} (398^2 + 298^2) \cdot (398 + 298) = 7,6 \text{ kcal/m}^2\text{h }^\circ\text{C}$$

б) спољна инсталација ($T_a = 288^\circ\text{C}$)

1) $t_F = 1000^\circ\text{C}$

$$\rho = 4,4 \cdot 10^{-8} (333^2 + 288^2) \cdot (333 + 288) = 5,0 \text{ kcal/m}^2\text{h }^\circ\text{C}$$

2) $t_F = 800^\circ\text{C}$

$$\rho = 4,4 \cdot 10^{-8} (328^2 + 283^2) \cdot (328 + 288) = 4,90 \text{ kcal/m}^2\text{h }^\circ\text{C}$$

Однос топлотних губитака спољне и унутрашње инсталације кад се пренос топлоте са спољњег зида врши зрачењем

$$\frac{q'}{q} = \frac{\Sigma + \frac{1}{\alpha_2 + \rho} + \frac{\Delta t}{q}}{\Sigma + \frac{1}{\alpha'_2 + \rho'}}$$

$$q = \frac{1}{\Sigma + \frac{1}{\alpha_2 + \rho}} (t_F - t_a)$$

1) $t_F = 1000^\circ\text{C}$

$$q = \frac{1}{2,227 + \frac{1}{3 + 8,12}} (1000 - 25) = 420 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

$$\frac{q'}{q} = \frac{2,227 + \frac{1}{3 + 8,12} + \frac{10}{420}}{2,227 + \frac{1}{13,5 + 5,0}} = 1,022 \text{ тј. } 2,5\%$$

$$\Delta \delta_2 = \lambda_2 \left(\frac{1}{\alpha_2 + \rho} + \frac{\Delta t}{q} - \frac{1}{\alpha'_2 + \rho'} \right) =$$

$$= 10 \left(\frac{1}{3 + 8,12} + \frac{10}{420} - \frac{1}{13,5 + 5,0} \right)$$

$$\Delta \delta_2 = 0,6 \text{ cm}$$

2) $t_F = 800^\circ\text{C}$

$$q = \frac{1}{2,247 + \frac{1}{3 + 7,6}} (800 - 25) = 330 \text{ kcal/h m}^2$$

$$\frac{q'}{q} = \frac{2,247 + \frac{1}{3 + 7,6} + \frac{10}{330}}{2,247 + \frac{1}{13,5 + 4,90}} = 1,03 \text{ тј. } 3\%$$

$$\Delta \delta_2 = \lambda_2 \left(\frac{1}{\alpha_2 + \rho} + \frac{\Delta t}{q} - \frac{1}{\alpha'_2 + \rho'} \right) =$$

$$= 10 \left(\frac{1}{3 + 7,6} + \frac{10}{330} - \frac{1}{13,5 + 4,90} \right)$$

$$\Delta \delta_2 = 0,70 \text{ cm.}$$

Закључак.

1) Губитак конвекцијом је већи код котла постављеног напољу, услед већих температурских разлика и постојања принудне конвекције.

2) Губитак зрачењем је код спољне инсталације мањи, јер су температуре спољних зидова и средине мање.

3) Разлика укупних губитака конвекцијом и зрачењем процентуално је мања но разлика губитака само конвекцијом. Ову укупну процентуалну разлику ефективно смањује мањи губитак услед зрачења, код отвореног постројења у односу на затворено постројење.

4) Изједначење губитака код отворених и затворених инсталација постиже се незнатним повећањем изолације.

5) Ако се у обзир узму само губитци конвекцијом, а не и губитци зрачењем, потребно повећање изолације је веће (последича тачака 1, 2 и 3).

6) Уколико се иде ка површинама котла са нижим температурама, апсолутни губитци топлоте се смањују, а процентуални губитци отворене према затвореној инсталацији повећавају се, јер се смањује наведено позитивно дејство губитка зрачењем услед смањења коефицијента прелаза зрачењем.

26. Ушцај горива на шойлошну шему котла⁽²⁷⁾

Код старих котлова котао је био сведен на добош и грејну површину у којима се вршило загревање и испаравање воде. Прегревањем паре, предгревањем воде и ваздуха (Vavo, Luvo), ствара се савремени котловски агрегат и појављује се погрѣба за топлотним шемама.

Још пре петнаест година видело се да је екранисање котловског ложишта корисно⁽²⁷⁾¹. Исто тако је закључено да су ефикасне веће јединице са следећим распоредом грејних површина у смеру кретања гасова: испаравајућа површина, површина прегрејача паре, загрејача воде и загрејача ваздуха. Код наших горива треба водити рачуна о томе да температура продуката сагоревања на прелазу између озрачене и додирне грејне површине (критична зона) не пређе 1050 до 1100 °C, јер су то температуре омекшавања пепела већине наших горива (угљеви).

Главни циљ постављања топлотне шеме је прилагођавање гориву и његова уштеда. Уштеда горива углавном се постиже повишењем параметара паре, што у основи мења распоред грејних површина агрегата. Даље, топлотном шемом се тежи да се постигне уштеда на материјалу за грађење котлова⁽²⁷⁾². Помоћу ње треба да се омогуће правилне конструктивне форме грејних површина и појединих елемената котла, и да се добију што веће температурске разлике радних медија, што мање грејне површине и што већа њихова оптерећења.

Најмања грејна површина се добија када се предаја топлоте врши по принципу супротног струјања. Међутим, овај принцип се не спроводи увек у котлу услед чисто конструктивних препрека, као и због тога што би дошло до топлотног преоптерећења материјала (нарочито озраченог прегрејача за високе прегрејаности).

Суштина проблема топлотне шеме је у питању редоследа постављања грејних површина у струји гасова и у одређивању међусобних односа величина појединих грејних површина, како би оне биле што мање. При прорачуну котла ради се са променљивим температурама два медија, вода-пара и гасови⁽²⁷⁾⁴.

У општем случају оптерећење грејне површине је:

$$\frac{Q}{A} = K \Delta t \text{ (kcal/m}^2 \text{ h)}$$

где је Q (kcal/h) — количина топлоте која се предаје води-пари.

A (m²) — грејна површина

Δt (°C) — температурска разлика радних медија

K (kcal/m² h °C) — коефицијент прелаза топлоте

Осим топлотно економских, идеална топлотна шема треба да задовољи и услове безбедности.

Облик котловског агрегата у вези је са топлотном шемом. Поред повишења параметара паре на топлотну шему утиче систем сагоревања (течна шљака, циклонско ложиште) и систем котла (једноцевни, котлови специјалне конструкције).

Тако на пример величина загрејача ваздуха и њихов број утичу на висину другог канала код котла у облику слова П.

Применом влажних горива коефицијент зрачења се смањује и према томе се јавља потреба за већим загревањем ваздуха. Количина топлоте предата зрачењем при сагоревању влажног горива смањује се, како се температура у ложишту не би спустила испод дозвољених граница (отсуство потребних услова за сагоревање). Смањењем количине топлоте предате зрачењем, повећава се расположива топлота која треба да се преда додирним грејним површинама. У овом случају корисно је применити загрејач ваздуха који у зони зрачења регенерише додиром примљену количину топлоте, тј. он прима топлоту додиром, али је са загрејаним ваздухом преноси у ложиште и ту повећава температуру ложишта, те на тај начин омогућује повећање коефицијента зрачења. Пове-

ћањем процента влаге у гориву повећава се и рад додирних грејних површина, а смањује рад озрачених. Ови закључци су изведени под претпоставком да се параметри паре не мењају. Повишењем параметара паре смањује се количина топлоте потребна за испаравање, те остаје већа количина топлоте за загревање ваздуха; овим се с друге стране омогућује повећање коефицијента зрачења. Како би се постигло што више загревање ваздуха, загрејач ваздуха се дели у два или више делова, од којих се један поставља испред економајзера (поступно загревање ваздуха врши се да би се избегле невоље великих температурских разлика једног јединственог система).

Поред параметара паре, експлоатационих услова система сагоревања, на топлотну шему котла утиче и примењена врста горива. С друге стране топлотна шема је у узрочној вези са обликом и величином котловског агрегата, те се стога може закључити да гориво и преко топлотне шеме утиче на облик и величину котла, а тиме и на котларницу.

Утицај рецикулације гасова на топлотну шему котла је очигледан услед смањења (Δt) које настаје код рецикулације. Услед овога при рецикулацији дошло би до повећања грејних површина (A) под претпоставком да коефицијент прелаза (K) остаје непромењен. Међутим, услед повећане брзине гасова повећава се и (K), што у извесној мери неутралише потребно повећање (A), услед смањеног (Δt) уз повећање отпора гасова (повећана је потрошња снаге, за вентилатор за гасове и за вентилатор за рецикулацију). Код котла без рецикулације може се са овим вишком снаге за вентилаторе постићи смањење грејних површина одговарајућим повећањем бр-

зине гасова. Из овога се закључује да рецикулација гасова није економична у погледу величине грејних површина, јер се при истој потрошњи снаге за вентилаторе код котла без рецикулације добијају мање грејне површине, а при истим грејним површинама мања је потрошња снаге за вентилаторе.

Табеларна разрада извршена је на основу следећег:

- 1) Вода се у Еко-у загрева до тачке кључања.
- 2) Сав ваздух загрева се на $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, $300\text{ }^{\circ}\text{C}$, $400\text{ }^{\circ}\text{C}$, $500\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 3) Претпостављало се да је једини губитак који катао има губитак кроз димњак.
- 4) Претпостављало се да је излазна температура гасова $t_g = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 5) Гориво I 7000 kcal/kg ($W = 0\%$), II 4000 kcal/kg ($W = 20\text{--}25\%$), III 2000 kcal/kg ($W = 50\%$).
- 6) Температура воде за напајање $t_a = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 7) Температура на крају ложишта $t_{F1} = 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 8) Прегревање за $200\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 9) Вишак ваздуха $\lambda = 1,2$ (константан кроз цео катао).
- 10) Продукција паре $D_1 = 100\text{ t/h}$.
- 11) Брзина паре у прегрејачу $v = 25\text{ m/sek}$.
- 12) Брзина гасова у конвективном делу $w = 10\text{ m/sek}$.

Табеларна разрада вршена је у циљу добијања података за шире упоређење и извођење општих закључака, те нису вршени детаљни прорачуни котлова.

Варијанта I

Гориво

$H_1 = 7000 \text{ kcal/kg}$

кофицијент вишка ваздуха

$\lambda = 1,2$

Теоретска количина ваздуха:

$L_{min} = 7,6 \text{ Nm}^3/\text{kg B}$

Количина продуката сагоревања и њихов састав:

$G_{CO_2} = 1,37 \text{ Nm}^3/\text{kg B}; \quad G_{N_2} = 7,22 \text{ Nm}^3/\text{kg B}; \quad G_{H_2O} = 0,5 \text{ Nm}^3/\text{kg B}$

$G_{O_2} = 0,31 \text{ Nm}^3/\text{kg B}; \quad \Sigma G = 9,4 \text{ Nm}^3/\text{kg B}$

За температуру излазних гасова од $t_{iz} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ губитак у димњаку и коеф. искор. котла:

$G_d = 6,7\%; \quad \eta_k = 93,3\%$

За температуру напојне воде од $t_d = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, температуре кључања, прегревања као и одговарајући топлосадржаји за равне притиске:

| P (ata) | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|-------------------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| t_k ($^\circ\text{C}$) | 99,1 | 179 | 197 | 223 | 252 | 278 | 309 | 329 | 340 | 355 | 372 |
| i_k ($\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$) | 638 | 663 | 666 | 669 | 669 | 664 | 651 | 637 | 625 | 602 | 547 |
| t_s ($^\circ\text{C}$) | 299 | 379 | 397 | 423 | 452 | 478 | 509 | 529 | 540 | 555 | 572 |
| i_s ($\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$) | 732 | 763 | 775 | 785 | 795 | 800 | 813 | 816 | 819 | 821 | 823 |

Продукција паре по kg горива у зависности од притиска и температуре прегревања у kg/kg B

$$D_{spec} = \frac{\eta_k \cdot H_1}{i_s - 100}$$

| P (ata) | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|-------------------------|------|-----|-----|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| D_{spec} (kgD/kgB) | 10,3 | 9,9 | 9,7 | 9,55 | 9,4 | 9,35 | 9,16 | 9,14 | 9,10 | 9,07 | 9,04 |

Подаци за i-t дијаграм за гориво $H_1 = 7000 \text{ kcal/kg}$

| t ($^\circ\text{C}$) | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 |
|------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| i ($\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$) | 511 | 627 | 957 | 1276 | 1620 | 1980 | 2340 | 2670 | 3080 | 3440 | 3840 |

Потребна количина топлоте за загревање ваздуха по kg горива (i_L) и теоретска температура ложишта у зависности од температуре загревања ваздуха:

| t_L ($^\circ\text{C}$) | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|-------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| $i_L = \lambda L_{min} \cdot C_p \cdot T_L$ | — | 280 | 560 | 860 | 1140 | 1430 |
| t_{F_0} ($^\circ\text{C}$) | 1830 | 1990 | 2060 | 2145 | 2220 | 2280 |
| i_{F_0} ($\frac{\text{kcal}}{\text{kg B}}$) | 7000 | 7280 | 7560 | 7860 | 8140 | 8430 |

(по Гуљиву дијаграм IV, IVa као и XIII)

За температуру на излазу из ложишта:

$t_{F_1} = 1100 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{и} \quad i_{F_1} = 3840 \text{ kcal/kg B}$

Топлота остављена у ложишту (топлота предана зрачењем) по kg горива у зависности од температуре загревања ваздуха.

$q_F = i_{F_0} - i_{F_1} \text{ (kcal/kg B)}$

| | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| t_L | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| q_F | 3160 | 3440 | 3720 | 4020 | 4300 | 4590 |

Топлота предана конвекцијом по kg горива

$$q_K = I_{F1} - I_{F12} = 3840 - 511 = 3330 \text{ kcal/kg B}$$

за температуру излазних гасова од $t_{12} = 150^\circ\text{C}$ и $I_{F12} = 511 \text{ kcal/kg}$

Потребна количина топлоте по kg горива за прегревање паре у зависности од притиска

$$q_S = (I_S - I_R) D_{sp} \text{ (kcal/kg B)}$$

| | | | | | | | | | | | |
|-------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
| q_S | 968 | 990 | 1060 | 1110 | 1190 | 1270 | 1490 | 1640 | 1760 | 1990 | 2500 |

Потребна количина топлоте за загревање ваздуха у зависности од температуре по kg горива:

$$q_L = I_L = \lambda \cdot L_{mm} \cdot C_{pm} \cdot t_L$$

| | | | | | | |
|-------|---|-----|-----|-----|------|------|
| t_L | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| q_L | — | 280 | 560 | 860 | 1140 | 1430 |

Потребна количина топлоте за загревање воде од улазне температуре $t_a = 100^\circ\text{C}$ до температуре кључања у ЕКО, у зависности од притиска а по kg горива:

$$q_E = (t' - 100) \cdot D_{sp} \text{ (kcal/kg B)}$$

| | | | | | | | | | | | |
|-------|------|-------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
| t' | 99,1 | 181,2 | 200 | 228 | 262 | 293 | 334 | 363 | 392 | 410 | 463 |
| q_E | — | 835 | 990 | 1240 | 1540 | 1810 | 2170 | 2410 | 2570 | 2830 | 3280 |

Потребна количина топлоте за испаравање у зависности од врхунског притиска, а по kg горива

$$q_I = (I_k - I') D_{sp} \text{ (kcal/kg B)}$$

| | | | | | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
| q_I | 5550 | 4870 | 4520 | 4220 | 3820 | 3470 | 2880 | 2510 | 2220 | 1740 | 760 |

Распоред температура

Топлосадржај гасова и њихова температура иза загрејача ваздуха, у зависности од температуре загревања ваздуха:

| | | | | | | |
|----------|-----|-----|------|------|------|------|
| t_L | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| I_I | 511 | 790 | 1070 | 1370 | 1650 | 1940 |
| t_{II} | 150 | 250 | 335 | 430 | 510 | 585 |

Топлосадржај гасова и њихова температура испред економајзера у зависности од притиска и температуре загревања ваздуха:

| | | | | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| t_L/p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
| 0 | 511 | 1346 | 1500 | 1750 | 2050 | 2320 | 2690 | 2920 | 3080 | 3340 | 3790 |
| | 150 | 425 | 465 | 540 | 620 | 695 | 805 | 850 | 900 | 975 | 1100 |
| 100 | 790 | 1625 | 1780 | 2030 | 2330 | 2600 | 2770 | 3200 | 3360 | 3620 | 4070 |
| | 250 | 500 | 545 | 605 | 700 | 780 | 870 | 935 | 980 | 1045 | |
| 200 | 1070 | 1905 | 2060 | 2310 | 2610 | 2880 | 3250 | 3480 | 3640 | 3900 | 4350 |
| | 335 | 580 | 620 | 690 | 785 | 850 | 945 | 1010 | 1050 | 1100 | |
| 300 | 1370 | 2205 | 2360 | 2610 | 2910 | 3180 | 3350 | 3780 | 3940 | 4200 | 4650 |
| | 430 | 655 | 705 | 785 | 860 | 925 | 1030 | 1100 | | | |
| 400 | 1650 | 2485 | 2640 | 2890 | 3190 | 3460 | 3830 | 4060 | 4220 | 4480 | 4930 |
| | 510 | 740 | 790 | 855 | 930 | 1010 | 1100 | | | | |
| 500 | 1940 | 2775 | 2930 | 3180 | 3480 | 3750 | 4120 | 4350 | 4510 | 4770 | 5220 |
| | 585 | 825 | 860 | 925 | 1015 | 1100 | | | | | |

Топлосдржај гасова и њихова температура испред прегрејача паре, у зависности од притиска и температуре загревања ваздуха:

| t _L /p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|--------------------|
| 0 | 1480 | 2535 | 2560 | 2860 | 3240 | 3590 | | | | | |
| | 460 | 700 | 770 | 846 | 940 | 1040 | | | | | |
| 100 | 1750 | 2615 | 2840 | 3140 | 3520 | 3840 | | | | | |
| | 550 | 785 | 850 | 915 | 1020 | 1100 | | | | | |
| 200 | 2040 | 2995 | 3120 | 3420 | 3800 | | | | | | |
| | 615 | 865 | 910 | 995 | 1100 | | | | | | Озрачени прегрејач |
| 300 | 2340 | 3195 | 3420 | 3720 | | | | | | | |
| | 700 | 915 | 995 | 1100 | | | | | | | |
| 400 | 2620 | 3475 | 3700 | | | | | | | | |
| | 785 | 1010 | 1100 | | | | | | | | |
| 500 | 2910 | 3765 | | | | | | | | | |
| | 855 | 1100 | | | | | | | | | |

Потребне површине

Загрејач ваздуха:

Загрејач је изведен као цевни; ширина цепова за ваздух 20 mm, за гасове 40 mm. Брзина кретања ваздуха и димних гасова w = 10 m/s

| t _L (°C) | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|------|------|------|
| t _m (°C) | 200 | 242 | 290 | 330 | 370 |
| $\Delta t_{m \log} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\lg \Delta t_1 / \Delta t_2}$ | 140 | 132 | 130 | 120 | 100 |
| k ($\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h } ^\circ\text{C}}$) | 14,5 | 13,6 | 12,5 | 11,2 | 10,4 |
| A ($\frac{\text{m}^2 \text{h}}{\text{kg B}}$) | 0,136 | 0,312 | 0,53 | 0,85 | 1,37 |

Количина топлоте која се предаје напојној води у озраченом делу економијера у kcal/kg B и потребна површина озраченог дела у m²h/kg B, као и температура до које се загрева вода у ковек. делу.

| t _L /p | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 | |
|-------------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| 100 | | | | | | 230 370 1,97.10 ⁻³ |
| | | | | | | 510 360 4,38.10 ⁻³ |
| 200 | Конвективни Еко | | | | | |
| | | | 100 335 0,85.10 ⁻³ | 360 340 3,0.10 ⁻³ | 810 340 7,0.10 ⁻³ | |
| 300 | | | 220 315 1,86.10 ⁻³ | 380 315 3, 2.10 ⁻³ | 640 310 5,4.10 ⁻³ | 1090 320 9,3.10 ⁻³ |
| | | 280 290 2,37.10 ⁻³ | 510 890 4, 35.10 ⁻³ | 670 290 5, 6.10 ⁻³ | 930 290 7,9.10 ⁻³ | 1380 300 11,6.10 ⁻³ |

$$A_{ES} = \frac{q_{ES}}{3,5 \left(\frac{T_1^4}{100} - \frac{T_2^4}{100} \right)}$$

$$T_1 = 1100 + 273 = 1373 \text{ [}^\circ\text{K]}$$

$$T_2 = t_{ES} + 20 + 273 \text{ [}^\circ\text{K]}$$

Потребне површине конвективних економијера у m²h/kg B. Пречник цеви Ø 90. mm. Брзина гасова 10 m/s
 $A = q_E / k \Delta t_{m \log}$ $k \approx \alpha \times 0,8$

| t_L/p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|---------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | / | 0,167 | 0,188 | 0,225 | 0,259 | 0,288 | 0,320 | 0,336 | 0,357 | 0,370 | 0,405 |
| 100 | / | 0,100 | 0,114 | 0,137 | 0,160 | 0,178 | 0,207 | 0,215 | 0,221 | 0,242 | 0,271 |
| 200 | / | 0,075 | 0,086 | 0,115 | 0,126 | 0,140 | 0,167 | 0,174 | 0,183 | 0,196 | 0,199 |
| 300 | / | 0,062 | 0,071 | 0,086 | 0,103 | 0,116 | 0,134 | 0,148 | 0,149 | 0,152 | 0,153 |
| 400 | / | 0,053 | 0,061 | 0,071 | 0,091 | 0,102 | 0,123 | 0,124 | 0,126 | 0,132 | 0,133 |
| 500 | / | 0,045 | 0,055 | 0,064 | 0,081 | 0,092 | 0,099 | 0,100 | 0,101 | 0,102 | 0,102 |

Количина топлоте која се предаје за прегревање паре у озраченом делу прегрејача, kcal/kg B, температура са којом пара улази у озрачени прегрејач и потребна површина озраченог прегрејача у m²/kg B

$$A_{Sz} = \frac{q_{sz}}{C_{1/11} \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4}$$

$$C_{1/11} = 3,5 \quad T_1 = 1373 \text{ [°K]}$$

$$T_2 = \frac{t_s - t_{sz}}{2} + 20 + 273 \text{ [°K]}$$

| t_L/p | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 | L_{Sz} | t_{sz} | A_{Sz} |
|---------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----|----------|----------|--------------------|
| 0 | | | | | 340 485 0,0031 | 720 415 0,0064 | 1000 395 0,0087 | 1490 370 0,0132 | | | | |
| 100 | Конвективни прегрејач | | | | 620 410 0,0055 | 1000 380 0,0085 | 1280 370 0,0112 | 1770 360 0,0156 | | | | |
| 200 | | | | 310 420 0,0027 | 900 370 0,0078 | 1280 340 0,0115 | 1560 350 0,0133 | | | 2500 | | |
| 300 | | | 260 400 0,0027 | 610 370 0,0053 | 1200 320 0,0100 | | | 1990 | | 572 | | 0,025 |
| 400 | | 160 390 0,0014 | 540 350 0,0046 | 890 330 0,0077 | 1490 509 | 1640 529 0,015 | 1760 540 0,017 | 555 0,019 | | | | |
| 500 | 150 370 0,0013 | 450 330 0,0038 | 830 300 0,0071 | 1190 290 0,011 | 1270 | 0,013 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | Озрачени прегрејач |

Потребна површина конвективног прегрејача у m²/kg B

| t_L/p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | t_{mlog} | k | A_{Sk} |
|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------|-----|--------------------|
| 0 | 95 27 0,327 | 275 37 0,097 | 320 49 0,067 | 365 49 0,062 | 425 50 0,047 | 480 50 0,046 | 565 51 0,040 | 605 51 0,030 | 625 51 0,024 | 675 51 0,014 | | | |
| 100 | 195 25 0,198 | 360 37 0,074 | 395 49 0,055 | 440 49 0,051 | 505 50 0,047 | 550 51 0,046 | 620 51 0,027 | 665 51 0,019 | 685 51 0,014 | 725 51 0,066 | | | |
| 200 | 270 25 0,144 | 440 37 0,061 | 460 49 0,047 | 520 49 0,043 | 585 50 0,040 | 620 51 0,019 | 685 51 0,017 | 725 51 0,010 | 735 51 0,005 | | | | |
| 300 | 360 24 0,112 | 500 36 0,055 | 550 49 0,039 | 620 49 0,036 | 655 50 0,028 | 680 51 0,019 | 745 51 0,008 | | | | | | |
| 400 | 445 24 0,091 | 590 36 0,046 | 645 49 0,034 | 670 49 0,029 | 715 51 0,023 | 740 51 0,010 | | | | | | | Озрачени прегрејач |
| 500 | 515 24 0,078 | 680 36 0,041 | 695 49 0,027 | 730 49 0,018 | 775 51 0,009 | | | | | | | | |

$$A_{Sk} = \frac{q_{Sk}}{k \Delta t_{mlog}} \quad k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 + \alpha_s} + \frac{1}{\alpha_2}} = 0,8$$

Претпоставља се да је прегрејач изведен од цеви $\varnothing 40$ mm поређаних у шаховском распореду. Дебљина слоја гасова је узета — $s=100$ mm. Брзина паре у цевима 25 m/s. Од 25 ата па навише занемарен је коефицијент α_2 .

Количина топлоте коју треба предати конвективној површини и потребна површина исте у $m^2h/kg B$.

| t_L/p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 2350 | 1670 | 1320 | 1020 | 620 | 270 |
| | 620 | 700 | 720 | 745 | 765 | 740 |
| | 0,097 | 0,060 | 0,046 | 0,034 | 0,020 | 0,008 |
| 100 | 1990 | 1310 | 960 | 660 | 260 | |
| | 690 | 750 | 765 | 785 | 810 | |
| | 0,072 | 0,048 | 0,031 | 0,020 | 0,008 | |
| 200 | 1720 | 1040 | 690 | 390 | | |
| | 725 | 795 | 800 | 825 | | |
| | 0,059 | 0,033 | 0,022 | 0,012 | | |
| 300 | 1375 | 695 | 345 | | | |
| | 770 | 825 | 845 | | | |
| | 0,045 | 0,021 | 0,010 | | | |
| 400 | 1045 | 375 | | | | |
| | 830 | 870 | | | | |
| | 0,032 | 0,011 | | | | |
| 500 | 780 | | | | | |
| | 870 | | | | | |
| | 0,022 | | | | | |

Нема озрачене површине

$$A_k = \frac{q_k}{k \cdot \Delta t_{mlog}} \quad k = 0,8 (\alpha_1 + \alpha_s)$$

Претпоставља се да је површина изведена од цеви $\varnothing 90$ mm са дебљином гасног слоја од 120 mm и брзином струјања гасова од 10 m/s.

Количина топлоте у kcal/kg B предана за испаравање воде у цевима екрана и потребна површина екрана у $10 m^2h/kg B$.

| t_L/p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 3160 | 3160 | 3160 | 3160 | 3160 | 3160 | 2880 | 2510 | 2220 | 1740 | 760 |
| | 0,255 | 0,255 | 0,258 | 0,258 | 0,259 | 0,259 | 0,239 | 0,267 | 0,184 | 0,145 | 0,064 |
| 100 | 3440 | 3440 | 3440 | 3440 | 3440 | 3440 | 2880 | 2510 | 2220 | 1740 | 660 |
| | 0,278 | 0,278 | 0,280 | 0,280 | 0,282 | 0,282 | 0,239 | 0,207 | 0,184 | 0,145 | 0,064 |
| 200 | 3720 | 3720 | 3720 | 3720 | 3720 | 3470 | 2880 | 2510 | 2220 | 1740 | 760 |
| | 0,300 | 0,300 | 0,302 | 0,302 | 0,302 | 0,284 | 0,239 | 0,207 | 0,184 | 0,145 | 0,064 |
| 300 | 4020 | 4020 | 4020 | 4020 | 3820 | 3470 | 2880 | 2510 | 2220 | 1740 | 760 |
| | 0,324 | 0,324 | 0,327 | 0,327 | 0,305 | 0,284 | 0,239 | 0,207 | 0,184 | 0,145 | 0,064 |
| 400 | 4300 | 4300 | 4300 | 4200 | 3820 | 3270 | 2880 | 2510 | 2220 | 1740 | 760 |
| | 0,347 | 0,348 | 0,348 | 0,334 | 0,305 | 0,284 | 0,239 | 0,207 | 0,184 | 0,145 | 0,064 |
| 500 | 4590 | 4590 | 4520 | 4220 | 3820 | 3470 | 2880 | 2510 | 2220 | 1740 | 760 |
| | 0,371 | 0,371 | 0,368 | 0,334 | 0,305 | 0,384 | 0,239 | 0,207 | 0,184 | 0,145 | 0,064 |

Све пута 10—1

$$A_o = \frac{q_s}{3,5 \left(\frac{T_1^4}{100} - \frac{T_2^4}{100} \right)} \quad (m^2h/kg B)$$

Озрачена површина и укупна грејна површина у $m^2h/kg B$

| t_L/p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 0,0255 | 0,0255 | 0,0258 | 0,0258 | 0,0259 | 0,0259 | 0,0270 | 0,0271 | 0,0271 | 0,0277 | 0,0314 |
| | 0,450 | 0,350 | 0,327 | 0,347 | 0,361 | 0,375 | 0,378 | 0,393 | 0,408 | 0,412 | 0,436 |
| 100 | 0,0278 | 0,0278 | 0,0280 | 0,0280 | 0,0282 | 0,0282 | 0,0294 | 0,0292 | 0,0301 | 0,0334 | 0,0334 |
| | 0,432 | 0,380 | 0,362 | 0,370 | 0,377 | 0,388 | 0,399 | 0,399 | 0,400 | 0,414 | 0,440 |
| 200 | 0,0300 | 0,0300 | 0,0302 | 0,0302 | 0,0302 | 0,0311 | 0,0337 | 0,0322 | 0,0317 | 0,0335 | 0,0358 |
| | 0,545 | 0,511 | 0,497 | 0,512 | 0,508 | 0,514 | 0,530 | 0,528 | 0,532 | 0,542 | 0,546 |
| 300 | 0,0324 | 0,0324 | 0,0327 | 0,0327 | 0,0328 | 0,0337 | 0,0339 | 0,0357 | 0,0363 | 0,0365 | 0,0384 |
| | 0,720 | 0,701 | 0,683 | 0,685 | 0,694 | 0,699 | 0,706 | 0,714 | 0,714 | 0,719 | 0,721 |
| 400 | 0,0348 | 0,0348 | 0,0348 | 0,0348 | 0,0351 | 0,0361 | 0,0369 | 0,0376 | 0,0386 | 0,0389 | 0,0407 |
| | 1,008 | 0,995 | 0,980 | 0,985 | 0,999 | 0,999 | 1,010 | 1,012 | 1,015 | 1,021 | 1,023 |
| 500 | 0,0371 | 0,0371 | 0,0381 | 0,0372 | 0,0376 | 0,0384 | 0,0393 | 0,0401 | 0,0410 | 0,0414 | 0,0530 |
| | 1,507 | 1,493 | 1,490 | 1,490 | 1,498 | 1,500 | 1,505 | 1,510 | 1,512 | 1,513 | 1,526 |

Варијанта II

Гориво

 $H_f = 4000 \text{ kcal/kg}$

кофицијент вишка ваздуха

 $\lambda = 1,2$

Теоретска количина ваздуха:

 $L_{\text{min}} = 4,5 \text{ Nm}^3/\text{kgB}$

количина продуката сагоревања и њихов састав:

 $G_{CO_2} = 0,84 \text{ Nm}^3/\text{kgB}$ $G_{N_2} = 4,3 \text{ Nm}^3/\text{kgB}$ $G_{H_2O} = 0,87 \text{ Nm}^3/\text{kg}$ $G_{O_2} = 0,19 \text{ Nm}^3/\text{kgB}$ $\Sigma G = 6,2 \text{ Nm}^3/\text{kgB}$ За температуру излазних гасова од $t_{iz} = 150^\circ \text{C}$

губитак у димњаку и коеф. искор. котла:

 $g_d = 8\%$ $\eta_k = 0,92$ За температуру напојне воде од $t_a = 100^\circ \text{C}$, температуре кључања, прегревања и одговарајући топлосдржаји на разне притиске су:

| p (ata) | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|------------------------------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| t_k ($^\circ\text{C}$) | 99,1 | 179 | 197 | 223 | 252 | 278 | 309 | 329 | 340 | 355 | 372 |
| i_k $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right]$ | 638 | 663 | 666 | 669 | 669 | 664 | 651 | 637 | 625 | 602 | 547 |
| t_s ($^\circ\text{C}$) | 299 | 379 | 397 | 423 | 452 | 478 | 509 | 529 | 540 | 555 | 572 |
| i_s $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right]$ | 732 | 763 | 775 | 785 | 795 | 800 | 813 | 816 | 819 | 821 | 823 |

Производња паре по kg горива у зависности од притиска и температуре прегревања у kg/kgB

$$D_{spec} = \frac{\eta_k \cdot H_I}{i_S - 100}$$

| p (ata) | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $D_{sp} \cdot$ [kg/kgB] | 5,81 | 5,54 | 5,45 | 5,38 | 5,29 | 5,26 | 5,15 | 5,13 | 5,11 | 5,09 | 5,07 |

Подаци за i-t дијаграм за гориво $H_I = 4000$ kcal/kg

| t (°C) | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| i (kcal) (kg) | 327 | 405 | 605 | 815 | 1028 | 1250 | 1485 | 1730 | 1480 | 2230 | 2540 |

Потребна количина топлоте за загревање ваздуха по kg горива (i_L), и теоретска температура ложишта у зависности од температуре загревања ваздуха:

| t_L (°C) | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| $i_L = L_{min} \cdot C_p t_L$ | — | 155 | 330 | 510 | 640 | 830 |
| t_{F_0} (°C) | 1650 | 1740 | 1790 | 1870 | 1910 | 1980 |
| i_{F_0} (kcal) (kgB) | 4000 | 4155 | 4330 | 4510 | 4640 | 4830 |

По Гулићу (дијагр. IV и IVa као и XIII)
За температуру на излазу из ложишта

$$t_{F_1} = 1100^\circ\text{C} \quad \text{и} \quad i_{F_1} = 2540 \text{ kcal/kgB}$$

Топлота остављена у ложишту (топлота предана зрачењем (по kg горива у зависности од температуре загревања ваздуха:

$$q_F = i_{F_0} - i_{F_1} \text{ [kcal/kgB]}$$

| t_L | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|
| q_F (kcal) (kg B) | 1460 | 1615 | 1790 | 1970 | 2100 | 2290 |

Топлота предана конвекцијом по kg горива

$$q_k = i_{F_1} - i_{F_{1z}} = 2540 - 435 = 2105 \text{ kcal/kg}$$

за температуру излазних гасова од $t_{1z} = 150$ °C и $i_{F_{1z}} = 435$ kcal/kg.

Потребна количина топлоте за прегревање паре по kg горива а за разне притиске

$$q_S = (i_S - i_k) \cdot D_{sp} \text{ [kcal/kg B]}$$

| p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| q_S (kcal) (kg B) | 548 | 554 | 595 | 624 | 666 | 713 | 835 | 918 | 990 | 1110 | 1400 |

Потребна количина топлоте за загревање ваздуха у зависности од температуре загревања по kg горива :

$$q_L = i_L - \lambda \cdot L_{min} \cdot C_{pn} \cdot t_L$$

| t_L | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|----------------------------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| $q_L \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right)$ | — | 155 | 330 | 510 | 640 | 830 |

Потребна количина топлоте за загревање воде од улазне температуре $t_a = 100^\circ\text{C}$ до температуре кључања у ЕКО, у зависности од притиска по kg горива

$$q_E = (i_k - 100) \cdot D_{Sp} \text{ [kcal/kg B]}$$

| p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|------------------------------------------------------|------|-------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| i_k | 99,1 | 181,2 | 200 | 228 | 262 | 293 | 334 | 363 | 382 | 410 | 463 |
| $q_E \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg B}} \right)$ | — | 453 | 545 | 690 | 855 | 1010 | 1205 | 1350 | 1440 | 1580 | 1840 |

Потребна количина топлоте за испаравање у зависности од притиска а по kg горива

$$q_I = (i_k - i_l) \cdot D_{Sp} \text{ [kcal/kg B]}$$

| p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| q_I | 3080 | 2670 | 2540 | 2380 | 2160 | 1950 | 1630 | 1400 | 1240 | 980 | 425 |

Распоред температура

Топлосадржај гасова и њихова температура испред загрејача ваздуха, у зависности од температуре загревања ваздуха:

| q_L | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| i_1 | 330 | 485 | 660 | 840 | 870 | 1160 |
| t_1 | 150 | 240 | 330 | 410 | 485 | 560 |

Топлосадржај гасова и њихова температура испред економијзера, у зависности од притиска и температуре загревања ваздуха:

| t_L/p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 330 | 780 | 875 | 1020 | 1185 | 1340 | 1535 | 1680 | 1770 | 1910 | 2170 |
| | 150 | 385 | 425 | 500 | 570 | 645 | 720 | 780 | 815 | 870 | 970 |
| 100 | 485 | 940 | 1030 | 1175 | 1340 | 1495 | 1690 | 1835 | 1925 | 2065 | 2325 |
| | 240 | 460 | 500 | 570 | 635 | 705 | 785 | 840 | 880 | 955 | 1030 |
| 200 | 660 | 1115 | 1195 | 1350 | 1515 | 1670 | 1865 | 2010 | 2100 | 2240 | 2500 |
| | 330 | 530 | 580 | 640 | 710 | 775 | 850 | 910 | 950 | 1000 | 1100 |
| 300 | 840 | 1295 | 1375 | 1530 | 1695 | 1850 | 2045 | 2190 | 2280 | 2420 | |
| | 410 | 620 | 650 | 715 | 780 | 845 | 920 | 980 | 1020 | 1065 | |
| 400 | 970 | 1425 | 1500 | 1660 | 1825 | 1980 | 2175 | 2320 | 2410 | 2540 | |
| | 485 | 675 | 705 | 770 | 830 | 900 | 975 | 1040 | 1065 | 1100 | |
| 500 | 1160 | 1615 | 1690 | 1850 | 2015 | 2170 | 2365 | 2510 | 2600 | | |
| | 560 | 755 | 785 | 840 | 915 | 975 | 1050 | 1100 | 1100 | | |

озрачени

Еко

Топлосадржај гасова и њихова температура испред прегрејача паре, у зависности од притиска и температуре загревања ваздуха:

| t_L/p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 | |
|---------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|-----|-----|--|
| 0 | 880 435 | 1330 630 | 1470 695 | 1645 760 | 1850 850 | 2050 930 | 2370 1070 | 2600 1100 | Озрачени прегрејач | | | |
| 100 | 1035 505 | 1490 700 | 1625 750 | 1800 835 | 2005 910 | 2210 990 | 2530 1100 | | | | | |
| 200 | 1210 580 | 1670 770 | 1740 830 | 1975 900 | 2170 975 | 2380 1035 | | | | | | |
| 300 | 1390 655 | 1850 850 | 1970 900 | 2155 970 | 2360 1025 | 2560 1100 | | | | | | |
| 400 | 1520 715 | 1980 900 | 2095 950 | 2285 1020 | 2490 1100 | | | | | | | |
| 500 | 1710 790 | 2170 975 | 2285 1020 | 2475 1100 | | | | | | | | |

Потребне површине

Загрејач ваздуха

Загрејач је изведен у облику цепог загрејача. Цепови 20 mm за ваздух и 40 mm за гасове. Брзина кретања ваздуха и димних гасова $w=10\text{m/s}$

| t_L (°C) | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|
| t_m (°C) | 195 | 240 | 280 | 320 | 355 |
| $\Delta t_{m \log} = \frac{\Delta t_1/\Delta t_2}{\log \Delta t_1/\Delta t_2}$ | 135 | 130 | 120 | 100 | 90 |
| $k \left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}} \right]$ | 14,5 | 13,7 | 12,5 | 11,7 | 10,8 |
| $A \left[\frac{\text{m}^2\text{h}}{\text{kgB}} \right]$ | 0,079 | 0,186 | 0,34 | 0,545 | 0,855 |

Количина топлоте која се апсорбује у озраченом делу економијзера у kcal/kgB; температура са којом вол улази у исти као и потребна површина у $\text{m}^2\text{h/kgB}$

$$A_{ES} = \frac{q_{ES}}{3,5 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}$$

| t_L/p | 130 | 150 | 180 | 220 |
|---------|--------------------------|-----|-----|----------------------|
| 300 | Чисто конвективни Еко | | | 140 360 0,0012 |
| 400 | | | | 270 350 0,0023 |
| 500 | | | | 200 340 0,0017 |
| | | | | 460 340 0,0029 |

Потребна површина конвективног економијзера у $\text{m}^2\text{h/kgB}$ за цеви $\varnothing 90$ mm, брзину протицања гасова 10m/s

$$A = q_E/k \cdot \Delta t_{m \log} \quad k \approx 0,8 \cdot \alpha_1$$

Потребна површина конвективног економизера у м²н/kgB за цева Ø 90mm, брзину протицања гасова 10 м/с

$$A = q_E/k \cdot \Delta t_{mlog} \quad k \approx 0,8 \cdot \alpha_1$$

| t _{L/p} | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 110 | 115 | 135 | 145 | 160 | 175 | 185 | 190 | 200 | 225 |
| | 40 | 39 | 88 | 37 | 36 | 36 | 35 | 35 | 34 | 34 |
| | 0,103 | 0,1219 | 0,1345 | 0,1595 | 0,1750 | 0,1920 | 0,2080 | 0,2165 | 0,2325 | 0,2415 |
| 100 | 200 | 210 | 230 | 245 | 260 | 270 | 285 | 300 | 315 | 335 |
| | 37 | 37 | 36 | 36 | 36 | 35 | 34 | 34 | 34 | 34 |
| | 0,0613 | 0,0702 | 0,0834 | 0,0968 | 0,1080 | 0,1275 | 0,1442 | 0,1410 | 0,1475 | 0,1620 |
| 200 | 285 | 300 | 315 | 330 | 345 | 355 | 375 | 385 | 400 | 420 |
| | 35 | 35 | 35 | 35 | 34 | 34 | 34 | 34 | 33 | 33 |
| | 0,0455 | 0,0520 | 0,0626 | 0,0740 | 0,0864 | 0,0998 | 0,160 | 0,1101 | 0,1200 | 0,1350 |
| 300 | 370 | 375 | 395 | 405 | 420 | 440 | 455 | 465 | 480 | 490 |
| | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 33 | 33 | 33 | 33 | 32 |
| | 0,0360 | 0,0429 | 0,0514 | 0,0620 | 0,0709 | 0,0830 | 0,0898 | 0,0938 | 0,1000 | 0,1083 |
| 400 | 440 | 445 | 465 | 480 | 490 | 520 | 530 | 540 | 545 | 540 |
| | 34 | 34 | 34 | 34 | 33 | 33 | 33 | 33 | 32 | 32 |
| | 0,0304 | 0,0361 | 0,0435 | 0,0523 | 0,0605 | 0,0702 | 0,0770 | 0,0808 | 0,0908 | 0,0910 |
| 500 | 515 | 520 | 530 | 555 | 565 | 585 | 595 | 595 | 595 | 585 |
| | 34 | 33 | 33 | 33 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| | 0,0258 | 0,0318 | 0,0395 | 0,0467 | 0,0558 | 0,0644 | 0,0708 | 0,0758 | 0,0725 | 0,0738 |

Количина топлоте која се предаје пари у озраченом делу прегрејача у kcal/kg B, температура са којом пара њега улази и његова површина у м²н/kg B

$$As_z = \frac{qs_z}{3,5 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}$$

| t _{L/p} | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|------------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | | | | | 220 | 480 | 1030 |
| | | | | | 475 | 430 | 385 |
| | | | | | 0,0020 | 0,0043 | 0,0090 |
| 100 | Чисто конвективни прегрејач | | | 220 | 380 | 630 | 1190 |
| | | | | 465 | 435 | 405 | 380 |
| | | | | 0,0020 | 0,0034 | 0,0051 | 0,0105 |
| 200 | | | 165 | 390 | 550 | 810 | |
| | | | 460 | 420 | 400 | 375 | |
| | | | 0,0015 | 0,0035 | 0,0049 | 0,0072 | |
| 300 | | | 350 | 570 | 730 | 990 | 1400 |
| | | | 410 | 380 | 370 | 360 | 372 |
| | | | 0,0031 | 0,0051 | 0,0065 | 0,0088 | 0,0124 |
| 400 | | 150 | 475 | 700 | 860 | | |
| | | 425 | 375 | 350 | 350 | | |
| | | 0,0014 | 0,0042 | 0,0062 | 0,0076 | | |
| 500 | 140 | 340 | 660 | 918 | 990 | 1110 | |
| | 410 | 370 | 330 | 329 | 340 | 350 | |
| | 0,0013 | 0,0033 | 0,0058 | 0,0081 | 0,0088 | 0,0098 | |

Потребна површина конвективног прегрејача у м²/кгВ (дате су и логаритамске разлике температура и коефицијенти прелаза топлоте)

$$A = \frac{q}{\Delta t_{mlog} \cdot k} \quad [m^2h/kg B] \quad k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 + \alpha_s} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot 0,8.$$

| t _L /p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 85 | 225 | 255 | 310 | 355 | 405 | 480 | 505 | 515 | 530 | 565 |
| | 27 | 37 | 45 | 47 | 47 | 50 | 52 | 52 | 52 | 53 | 54 |
| | 0,2385 | 0,0666 | 0,0528 | 0,0428 | 0,0399 | 0,0352 | 0,0334 | 0,0350 | 0,0288 | 0,0226 | 0,0108 |
| 100 | 170 | 300 | 325 | 375 | 420 | 465 | 535 | 535 | 550 | 570 | 590 |
| | 25 | 37 | 45 | 47 | 47 | 50 | 52 | 52 | 53 | 54 | 54 |
| | 0,1385 | 0,0500 | 0,0407 | 0,0354 | 0,0338 | 0,0307 | 0,0299 | 0,0252 | 0,0210 | 0,0157 | 0,0066 |
| 200 | 285 | 370 | 405 | 450 | 485 | 525 | 570 | 570 | 585 | 595 | |
| | 25 | 37 | 45 | 47 | 47 | 50 | 52 | 52 | 53 | 54 | |
| | 0,0770 | 0,0405 | 0,0326 | 0,0295 | 0,0291 | 0,0272 | 0,0228 | 0,0178 | 0,0151 | 0,0093 | |
| 300 | 355 | 455 | 475 | 530 | 550 | 600 | 600 | 600 | 620 | 625 | |
| | 24 | 37 | 45 | 47 | 48 | 50 | 53 | 53 | 54 | 54 | |
| | 0,0642 | 0,0330 | 0,0278 | 0,0251 | 0,0248 | 0,0238 | 0,0153 | 0,0110 | 0,0078 | 0,0035 | |
| 400 | 400 | 505 | 530 | 575 | 615 | 620 | 630 | 630 | 640 | | |
| | 24 | 37 | 45 | 47 | 48 | 50 | 53 | 53 | 54 | | |
| | 0,0570 | 0,0296 | 0,0249 | 0,0231 | 0,0225 | 0,0181 | 0,0107 | 0,0066 | 0,0038 | | |
| 500 | 475 | 585 | 605 | 650 | 655 | 660 | 665 | | | | |
| | 24 | 37 | 45 | 47 | 48 | 50 | 53 | | | | |
| | 0,0480 | 0,0266 | 0,0218 | 0,0204 | 0,0167 | 0,0113 | 0,0050 | | | | |

Чисто озрачени прегрејач

Цеви су пречника \varnothing 40 mm. Дебљина слоја гаса s=100 mm. Брзина паре 25 m/s, брзина гасова 10 m/s. Количина топлоте коју прима конвективна површина у kcal/kgB, средња логаритамска разлика температура и потребна површина

$$A_k = \frac{q_k}{k \cdot \Delta t_{mlog}} \left[\frac{m^2h}{kgB} \right] \quad k = 0,8(\alpha_1 + \alpha_s)$$

| t _L /p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| 0 | 1620 | 1210 | 1080 | 920 | 700 | 490 | 170 | |
| | 610 | 660 | 680 | 700 | 715 | 730 | 775 | |
| | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 47 | |
| | 0,0665 | 0,0448 | 0,0378 | 0,0306 | 0,0221 | 0,0149 | 0,0047 | |
| 100 | 1475 | 1065 | 935 | 775 | 555 | 345 | | |
| | 660 | 700 | 710 | 740 | 750 | 755 | | |
| | 40 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | | |
| | 0,0558 | 0,0364 | 0,0306 | 0,0238 | 0,0164 | 0,0099 | | |
| 200 | 1290 | 880 | 750 | 620 | 400 | 190 | | |
| | 710 | 745 | 755 | 785 | 790 | 790 | | |
| | 41 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | | |
| | 0,0443 | 0,0275 | 0,0226 | 0,0175 | 0,0110 | 0,0051 | | |
| 300 | 1110 | 700 | 570 | 440 | 220 | | | |
| | 755 | 780 | 795 | 815 | 815 | | | |
| | 42 | 44 | 45 | 46 | 47 | | | |
| | 0,0351 | 0,0204 | 0,0159 | 0,0117 | 0,0057 | | | |
| 400 | 980 | 570 | 440 | 310 | | | | |
| | 790 | 805 | 820 | 845 | | | | |
| | 43 | 45 | 46 | 47 | | | | |
| | 0,0289 | 0,0157 | 0,0106 | 0,0078 | | | | |
| 500 | 790 | 890 | 260 | | | | | |
| | 835 | 845 | 850 | | | | | |
| | 44 | 46 | 47 | | | | | |
| | 0,0215 | 0,0101 | 0,0065 | | | | | |

Нема конвективне површине

Површина је изведена од цевн \varnothing 90 mm са дебљином гасног слоја од $\delta = 120$ mm и бројем протисања кова $w = 10$ m/s.

Количина топлоте у kcal/kg B апсорбована у екранима и потребна површина екрана у m²/kg B

$$A_z = \frac{qz}{3,5 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}$$

| t_L/p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| 0 | 1460 0,0120 | 1460 0,0121 | 1460 0,0121 | 1460 0,0122 | 1460 0,0122 | 1460 0,0123 | 1460 0,0123 | | | | |
| 100 | 1615 0,0133 | 1615 0,0134 | 1615 0,0134 | 1615 0,0135 | 1615 0,0135 | 1615 0,136 | | | | | |
| 200 | 1790 0,0147 | 1790 0,0148 | 1790 0,0148 | 1790 0,0149 | 1790 0,0149 | 1790 0,0150 | | | | | |
| 300 | 1970 0,0161 | 1970 0,0163 | 1970 0,0163 | 1970 0,0164 | 1970 0,0164 | 1950 0,0163 | 1630 0,0135 | 1400 0,0119 | 1240 0,0130 | 980 0,0084 | 425 0,0037 |
| 400 | 2100 0,0172 | 2100 0,0173 | 2100 0,0173 | 2100 0,0175 | 2100 0,0180 | | | | | | |
| 500 | 2290 0,0188 | 2290 0,0189 | 2290 0,0189 | 2380 0,0199 | | | | | | | |

Варијанта III

Гориво
ефицијент вишка ваздуха
Теоретска количина ваздуха

$H_f = 2000$ kcal/kg
 $\lambda = 1,2$
 $L_{min} = 2,5$ Nm³/kgB

Количина продуката сагоревања и њихов састав:

$G_{CO_2} = 0,46$ Nm³/kgB; $G_{N_2} = 2,4$ Nm³/kgB; $G_{H_2O} = 0,9$ Nm³/kgB
 $G_{O_2} = 0,10$ Nm³/kgB; $\Sigma G = 3,86$ Nm³/kgB

За температуру излазних гасова од $t_{iz} = 150^\circ C$, губитак у димњаку и η_k је $\eta_d = 0,8$; $\eta_k = 0,904$.

За температуру напојне воде од $t_a = 100^\circ C$, температуре кључања, прегревања као и одговарајући топлосадр-
жи за разне притиске

| P (ata) | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|-----------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| t_k (°C) | 99,1 | 179 | 197 | 223 | 252 | 278 | 309 | 329 | 340 | 355 | 372 |
| i_k (kcal/kg) | 638 | 663 | 666 | 669 | 669 | 664 | 651 | 637 | 625 | 602 | 547 |
| t_s (°C) | 299 | 379 | 397 | 423 | 452 | 478 | 509 | 529 | 540 | 555 | 572 |
| i_s (kcal/kg) | 732 | 763 | 775 | 785 | 795 | 800 | 813 | 816 | 819 | 821 | 823 |

Производња pare по kg горива у зависности од притиска и температуре прегревања у kg/kgB

$$D_{Sp} = \frac{q_k \cdot H_f}{i_s - 100}$$

| p (ata) | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|----------------------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| D_{Sp} [kg/kgB] | 2,86 | 2,72 | 2,67 | 2,63 | 2,6 | 2,58 | 2,53 | 2,52 | 2,51 | 2,50 | 2,49 |

Подаци за i-t дијаграм за гориво $H_f = 2000$ kcal/kg

| t (°C) | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| i [kcal/kg] | 195 | 245 | 375 | 500 | 635 | 785 | 915 | 1065 | 1235 | 1390 | 1535 |

Потребна количина топлоте за загревање ваздуха по kg горива (i_L), и теоретска температура ложишта зависности од температуре загревања ваздуха

| t_L (°C) | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| $i_L = L_{min} \cdot C_p \cdot t_L$ | — | 90 | 190 | 290 | 390 | 480 |
| t_{F_0} (°C) | 1340 | 1440 | 1510 | 1580 | 1630 | 1700 |
| i_{F_0} (kcal/kg) | 2000 | 2090 | 2190 | 2290 | 2390 | 2480 |

по Гулићу (дијагр. IV и IVa као и XIII)

За температуру на излазу из ложишта

$$t_{F_1} = 1100^\circ\text{C} \text{ и } i_{F_1} = 1535 \text{ kcal/kgB}$$

топлота остављена у ложишту (топлота предана зрачењем), по kg горива у зависности од температуре загревања ваздуха

$$q_F = i_{F_0} - i_{F_1} \text{ [kcal/kgB]}$$

| t_L | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| q_F (kcal/kg) | 465 | 555 | 655 | 755 | 855 | 945 |

Топлота предана конвекцијом по kg горива у зависности од температуре загревања ваздуха

$$q_k = i_{F_1} - i_{F_{1z}} = 1535 - 195 = 1340 \text{ kcal/kg}$$

за температуру излазних гасова од $t_{1z} = 150$ °C и $i_{F_{1z}} = 195$ kcal/kg.

Потребна количина топлоте за прегревање pare у зависности од притиска по kg горива

$$q_S = (i_s - i_k) \cdot D_{Sp} \text{ [kcal/kg B]}$$

| p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| q_S | 269 | 272 | 281 | 305 | 328 | 352 | 409 | 451 | 486 | 550 | 690 |

Потребна количина топлоте за загревање ваздуха у зависности од температуре по kg горива

$$q_L = i_L = \lambda \cdot L_{min} \cdot C_{pm} \cdot t_L$$

| t_L | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|-------|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| q_L | — | 90 | 190 | 290 | 390 | 480 |

Потребна количина топлоте за загревање воде од улазне температуре $t_a=100^{\circ}\text{C}$ до температуре кључања у ЕКО, у зависности од притиска по kg горива

$$q_E = (t_k' - 100) \cdot D_{Sp} \text{ [kcal/kg B]}$$

| p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|--------|------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| t_k' | 99,1 | 181,2 | 200 | 228 | 262 | 293 | 334 | 363 | 382 | 410 | 463 |
| q_E | — | 222 | 267 | 337 | 421 | 498 | 592 | 663 | 710 | 775 | 905 |

Потребна количина топлоте за испаравање у зависности од притиска по kg горива

$$q_I = (t_k - t') \cdot D_{Sp} \text{ [kcal/kg B]}$$

| p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|-------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| q_I | 1540 | 1310 | 1240 | 1160 | 1060 | 960 | 800 | 690 | 610 | 480 | 210 |

Распоред температура

Топлосадржај гасова и њихова температура испред загрејача ваздуха у зависности од температуре загревања ваздуха

| t_L | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| t_1 | 195 | 285 | 385 | 485 | 585 | 675 |
| t_1 | 150 | 230 | 310 | 390 | 470 | 530 |

Топлосадржај гасова и њихова температура испред економијзера, у зависности од притиска и температуре загревања ваздуха

| t_L/p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|---------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 195 | 120 | 460 | 530 | 620 | 690 | 790 | 860 | 905 | 970 | 1100 |
| | 150 | 335 | 375 | 420 | 490 | 540 | 600 | 660 | 695 | 740 | 830 |
| 100 | 285 | 510 | 550 | 620 | 710 | 780 | 880 | 950 | 995 | 1060 | 1190 |
| | 230 | 405 | 435 | 490 | 555 | 595 | 670 | 730 | 760 | 800 | 870 |
| 200 | 385 | 610 | 650 | 720 | 810 | 880 | 980 | 1050 | 1095 | 1160 | 1290 |
| | 310 | 485 | 515 | 560 | 615 | 675 | 750 | 790 | 825 | 850 | 940 |
| 300 | 485 | 710 | 750 | 820 | 910 | 980 | 1080 | 1150 | 1195 | 1260 | 1390 |
| | 390 | 555 | 575 | 620 | 700 | 750 | 810 | 845 | 880 | 925 | 1000 |
| 400 | 585 | 810 | 850 | 920 | 1010 | 1080 | 1180 | 1250 | 1295 | 1360 | 1490 |
| | 470 | 615 | 655 | 705 | 770 | 810 | 865 | 920 | 945 | 980 | 1100 |
| 500 | 675 | 900 | 940 | 1010 | 1100 | 1170 | 1270 | 1340 | 1385 | 1450 | 1580 |
| | 530 | 690 | 720 | 770 | 825 | 860 | 935 | 965 | 1000 | 1040 | 1100 |

Топлосадржај гасова и њихова температура испред прегрејача паре у зависности од притиска и температуре загревања ваздуха

| t_L/p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|---------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 0 | 465 | 690 | 740 | 835 | 950 | 1040 | 1200 | 1310 | 1390 | 1520 | |
| | 380 | 540 | 575 | 630 | 725 | 780 | 875 | 940 | 1000 | 1100 | |
| 100 | 555 | 780 | 830 | 925 | 1040 | 1130 | 1290 | 1400 | 1480 | | |
| | 435 | 600 | 630 | 705 | 780 | 860 | 930 | 1005 | 1060 | | |
| 200 | 655 | 880 | 930 | 1025 | 1140 | 1230 | 1390 | 1500 | | | |
| | 515 | 655 | 710 | 770 | 865 | 900 | 1000 | 1100 | | | |
| 300 | 755 | 980 | 1030 | 1125 | 1240 | 1330 | 1490 | | | | |
| | 575 | 745 | 775 | 855 | 910 | 980 | 1070 | | | | |
| 400 | 855 | 1080 | 1130 | 1225 | 1340 | 1430 | | | | | |
| | 635 | 810 | 860 | 895 | 985 | 1025 | | | | | |
| 500 | 945 | 1170 | 1220 | 1315 | 1430 | 1520 | | | | | |
| | 720 | 880 | 890 | 970 | 1025 | 1100 | | | | | |

Озрачени прегрејач

Потребна површина

Загрејач ваздуха

Загрејач је изведен у облику цепног загрејача. Цевови 20 mm за ваздух и 40 mm за гас. Брзина кретања ваздуха и димних гасова $w = 10 \text{ m/s}$

| t_L (°C) | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|----------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| t_m (°C) | 190 | 230 | 290 | 310 | 340 |
| $t_{m \log} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\log t_1 / \Delta t_2}$ | 130 | 120 | 108 | 97 | 65 |
| k [kcal/m ² h °C] | 14,5 | 13,7 | 12,5 | 11,7 | 11,0 |
| A [m ² h/kgB] | 0,048 | 0,115 | 0,215 | 0,344 | 0,67 |

Потребна површина економијера у m²h/kgB

$$A = \frac{QE}{k \cdot \Delta t_{m \log}} \quad k \approx 0,8 \cdot \alpha_1$$

| t_L/p | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|---------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 0 | 95 40 0,0570 | 100 39 0,0685 | 110 38 0,0806 | 125 37 0,0912 | 130 36 0,1065 | 140 36 0,1175 | 150 35 0,1265 | 160 35 0,1275 | 170 34 0,0340 | 185 34 0,1460 |
| 100 | 175 37 0,0339 | 180 37 0,0401 | 190 36 0,0493 | 205 36 0,0570 | 215 36 0,0645 | 230 35 0,0740 | 245 34 0,0800 | 260 34 0,0810 | 265 34 0,0862 | 285 34 0,0935 |
| 200 | 255 35 0,0248 | 260 35 0,0294 | 270 35 0,0356 | 280 35 0,0430 | 295 34 0,0498 | 345 34 0,0555 | 320 34 0,0612 | 335 34 0,625 | 340 33 0,0693 | 360 33 0,0762 |
| 300 | 335 34 0,0193 | 340 34 0,0231 | 345 34 0,0288 | 355 34 0,0349 | 370 34 0,0398 | 385 33 0,0466 | 400 33 0,0503 | 410 33 0,0525 | 415 33 0,0569 | 435 32 0,0662 |
| 400 | 390 34 0,0166 | 405 34 0,0194 | 425 34 0,0233 | 430 34 0,0287 | 445 33 0,0339 | 455 33 0,0395 | 475 33 0,0424 | 490 33 0,0440 | 495 32 0,0490 | 515 32 0,0550 |
| 500 | 465 34 0,0149 | 475 33 0,0160 | 490 33 0,0208 | 495 33 0,0258 | 505 32 0,0300 | 525 32 0,0352 | 535 32 0,0388 | 550 32 0,0403 | 560 32 0,0432 | 575 32 0,0492 |

Цеви су $\varnothing 90 \text{ mm}$. Брзина протицања гасова 10 m/s.

Количина топлоте која се предаје пари у озраченом делу прегрејача у kcal/kgB, температура са којом пара у њега улази и његова површина у m²h/kgB

$$A = \frac{qs_2}{3,5 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}$$

| t_L/p | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|---------|-----------------------------|----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 0 | | | | | | | 250 450 0,0023 |
| 100 | | | | | | 70 515 0,0007 | 340 420 0,0030 |
| 200 | Чисто конвективни прегрејач | | | | 50 500 0,0005 | 170 460 0,0014 | 440 395 0,0039 |
| 300 | | | | 60 490 0,0005 | 150 460 0,0013 | 270 420 0,0024 | 540 380 0,0047 |
| 400 | | | 50 180 0,0004 | 160 435 0,0014 | 250 410 0,0023 | 370 385 0,0033 | 690 370 0,0061 |
| 500 | | | 140 425 0,0012 | 250 390 0,0022 | 340 375 0,0030 | 460 360 0,0041 | |

Чисто озрачени прегрејач

Потребне површине конвективног прегрејача у $m^2h/kg B$ (дате су и логаритамске разлике температура као и коефицијенти прелаза топлоте)

$$A_{sk} = \frac{q_{sk}}{\Delta t_{mlog} \cdot k} \quad (m^2h/kg B) \quad k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 + \alpha_s} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

| t_L/p | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|---------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 0 | 70 29 0,1325 | 160 39 0,0460 | 175 47 0,0342 | 210 49 0,0297 | 260 49 0,0257 | 280 52 0,0242 | 330 54 0,0228 | 380 54 0,0220 | 425 54 0,0208 | 465 55 0,0203 | 495 56 0,0159 |
| 100 | 135 27 0,0740 | 220 39 0,0335 | 230 47 0,0260 | 280 49 0,0222 | 315 52 0,0212 | 330 54 0,0205 | 380 54 0,0199 | 430 55 0,0195 | 465 55 0,0190 | 485 56 0,0177 | 520 56 0,0120 |
| 200 | 215 27 0,0464 | 280 39 0,0263 | 310 47 0,0193 | 340 41 0,0183 | 380 49 0,0176 | 405 52 0,0167 | 450 54 0,0166 | 520 54 0,0162 | 525 55 0,0146 | 525 56 0,0130 | 530 56 0,0084 |
| 300 | 280 26 0,0370 | 370 39 0,0199 | 380 47 0,0157 | 410 49 0,0152 | 450 50 0,0140 | 480 52 0,0140 | 530 55 0,0140 | 550 55 0,0130 | 550 56 0,0103 | 550 56 0,0091 | 585 56 0,0055 |
| 400 | 350 26 0,0296 | 430 39 0,0171 | 460 47 0,0130 | 480 49 0,0129 | 525 50 0,0120 | 535 52 0,0120 | 570 55 0,0115 | 580 55 0,0091 | 580 56 0,0066 | 585 56 0,0055 | |
| 500 | 420 26 0,0246 | 490 39 0,0150 | 500 47 0,0119 | 550 49 0,0113 | 575 50 0,0110 | 600 52 0,0110 | 610 55 0,0080 | 615 55 0,0060 | 620 56 0,0036 | 620 56 0,0026 | |

Озрачени прегрејач

Цеви су пречника $\varnothing 40$ mm. Дебљина слоја гаса $s=100$ mm. Брзина паре 25 m/s, брзина гасова 10 m/s.

Количина топлоте коју прима конвективна површина у kcal/kg В, средња логаритамска разлика температуре и потребна површина

$$A_k = \frac{q_k}{k \cdot \Delta t_{mlog}} \quad [m^2 h/kg B] \quad k=0,8 (\alpha_1 + \alpha_2)$$

| t _{L/p} | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 1075 | 845 | 775 | 695 | 595 | 495 | 335 | 225 | 145 |
| | 570 | 595 | 605 | 620 | 645 | 650 | 675 | 685 | 735 |
| | 0,0450 | 0,0331 | 0,0290 | 0,0250 | 0,0201 | 0,0162 | 0,0103 | 0,0067 | 0,0040 |
| 100 | 995 | 755 | 685 | 605 | 505 | 405 | 245 | 135 | 55 |
| | 610 | 640 | 650 | 680 | 685 | 685 | 705 | 730 | 740 |
| | 0,0390 | 0,0286 | 0,0234 | 0,0194 | 0,0154 | 0,0123 | 0,0071 | 0,0037 | 0,0015 |
| 200 | 895 | 655 | 585 | 505 | 405 | 305 | 145 | | |
| | 665 | 675 | 685 | 705 | 725 | 725 | 745 | | |
| | 0,0312 | 0,0216 | 0,0185 | 0,0152 | 0,0117 | 0,0086 | 0,0039 | | |
| 300 | 795 | 555 | 485 | 405 | 305 | 205 | 55 | | |
| | 705 | 725 | 730 | 750 | 755 | 760 | 775 | | |
| | 0,0252 | 0,0167 | 0,0142 | 0,0116 | 0,0084 | 0,0056 | 0,0014 | | |
| 400 | 695 | 455 | 385 | 305 | 205 | 115 | | | |
| | 750 | 780 | 785 | 790 | 795 | 795 | | | |
| | 0,0206 | 0,0124 | 0,0102 | 0,0080 | 0,0051 | 0,0029 | | | |
| 500 | 605 | 365 | 295 | 215 | 115 | | | | |
| | 790 | 805 | 810 | 825 | 825 | | | | |
| | 0,0167 | 0,0095 | 0,0074 | 0,0053 | 0,0028 | | | | |

Нема конвективне површине

Површина је изведена од цеви Ø 90 mm са дебелином гасног слоја од s=120 mm и брзином протицања гасова од 10 m/s.

Количина топлоте у kcal/kg В апсорбована у екранима и потребна површина екрана у m²h/kg В

$$A_z = \frac{q_z}{3,5 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}$$

| t _{L/p} | 1 | 10 | 15 | 25 | 42 | 64 | 100 | 130 | 150 | 180 | 220 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 465 | 465 | 465 | 465 | 465 | 465 | 465 | 465 | 465 | 465 | 465 |
| | 0,0039 | 0,0039 | 0,0039 | 0,0039 | 0,0039 | 0,0039 | 0,0039 | 0,0039 | 0,0039 | 0,0039 | 0,0039 |
| 100 | 555 | 555 | 555 | 555 | 555 | 555 | 555 | 555 | 555 | | |
| | 0,0064 | 0,0064 | 0,0064 | 0,0064 | 0,0064 | 0,0064 | 0,0064 | 0,0064 | 0,0064 | | |
| 200 | 655 | 655 | 655 | 655 | 655 | 655 | 655 | 655 | | | |
| | 0,0054 | 0,0054 | 0,0054 | 0,0054 | 0,0054 | 0,0054 | 0,0054 | 0,0054 | | | |
| 300 | 755 | 755 | 755 | 755 | 755 | 755 | 755 | 690 | 605 | 485 | 215 |
| | 0,0063 | 0,0063 | 0,0063 | 0,0063 | 0,0063 | 0,0063 | 0,0063 | 0,0058 | 0,0051 | 0,0041 | 0,0018 |
| 400 | 855 | 855 | 855 | 855 | 855 | 855 | 805 | | | | |
| | 0,0072 | 0,0072 | 0,0072 | 0,0072 | 0,0072 | 0,0072 | 0,0067 | | | | |
| 500 | 945 | 945 | 945 | 945 | 945 | 945 | | | | | |
| | 0,0079 | 0,0079 | 0,0079 | 0,0079 | 0,0079 | 0,0079 | | | | | |

Из приложене табеларне разраде топлотне шеме могу се извести следећи закључци:

1) Са порастом притиска расте количина топлоте, потребне за прегревање паре и загревање воде, а опада количина топлоте за испаравање.

2) Количина топлоте предата зрачењем расте са загревањем ваздуха, и обрнуто.

3) Код влажних горива опада проценат топлоте предате зрачењем. Услед тога је потребно јаче загревање ваздуха.

4) Повећањем притиска при истом гориву у зону зрачења улазе прво прегрејач паре, а затим Еко и Luvo, у циљу потрошње расположиве топлоте зрачења.

5) Види се да свакој промени параметара паре, горива и температуре ваздуха одговара друга топлотна шема котла.

6) Код високих параметара паре немогуће је применити чисто конвекционе прегрејаче из економских и топлотних разлога (гломазне површине услед мале температурске разлике).

7) Повећањем влаге унете у ложиште биланс скреће према већим оптерећењима додирних грејних површина.

8) При повећању прегрејаности паре температура гасова иза додирног прегрејача вагло опада, под претпоставком да пара долази прво у озрачени прегрејач. У том случају смањује се у додирном прегрејачу температурска разлика.

9) Понекад је могућа и таква топлотна шема код које ће цео прегрејач бити озрачен (случај када је прегрејач смештен у ложишту). Пошто је количина топлоте зрачења већа од топлоте прегревања паре, вишак се користи

за испаравање. Ова шема нема шире примене, јер је топлотно оптерећење материјала велико.

Код додирних прегрејача повећањем оптерећења долази до повећања прегрејаности, јер се коефицијенат зрачења релативно смањује, Δt се повећава и брзине гасова се повећавају услед повећане количине гасова. При смањењу оптерећења коефицијенат зрачења се релативно повећава, те се стога услед исте озрачене површине температура на крају ложишта смањује, количина топлоте која се конвекцијом предаје прегрејачу мања је, брзине гасова и температурске разлике су мање.

Код озрачених прегрејача стање је обрнуто: повећано оптерећење изазива смањење прегрејаности, а смањено оптерећење повећава прегрејаност. Услед овога су за регулисање температуре прегревања погодни озрачено-додирни прегрејачи.

Ако се жели да се избегне озрачени прегрејач паре, он се премешта у област нижих температура, а на његово раније место, изложено зрачењу, поставља се тзв. цевна завеса. Са цевном завесом и конвективним прегрејачем добиће се мањи ефекат у смислу смањења површина но са озраченим прегрејачем. Прираштај површине конвективног прегрејача услед смањеног (Δt) већи је него смањење испарне површине која настаје увођењем цевне завесе са повећаним (Δt).

10) Са порастом притиска и температуре прегрејаности расте осетљивост према регулисању температуре прегрејаности, јер се повећава количина топлоте потребне за прегревање.

Рециркулација ложишних гасова⁽²⁸⁾

Увод

Рециркулација гасова је од раније позната у металургији и у рафинеријама. Последњих година она се све чешће примењује и код котловских постројења. У почетку се са сумњом гледало на корисност рециркулације код котлова; уколико је она примењивана, проценат рециркулације је био веома мали. Данас велике котловске фирме примењују све чешће рециркулацију код ложишта са сагоревањем у слоју и у виду угљеног праха. Рециркулација се примењује из разних узрока — код малих јединица да би се смањиле потешкоће у вези са лепљењем шљаке, а код великих јединица (угљени прах) обично за сушење влажног горива. Опширније о особинама рециркулације биће говора у даљем тексту.

Општи погледи

Рециркулација се може применити код свих ложишта, и захтева само незнатне преградње. Постројење се састоји из усисног и потисног вода, неколико лептир-вентила и једног или више вентилатора. Већином се предвиђају два места за исисавање ложишних гасова; главно место нешто иза котла или прегрејача и једно помоћно место на месту виших температура. Пошто се количина исисаних гасова на оба места може по вољи регулисати, то се према погонским условима може регулисати по жељи количина и температура мешавине. Исто тако код места усиса може се помоћу једног лептир-вентила регулисати количина свеже усисаног ваздуха.

Теорија рецикулације

Однос рецикулисаних количина гаса V_r према укупној количини гаса на месту исисавања V_g зове се коефицијент рецикулације x . Количина V_g састоји се од гасова који су настали сагоревањем V_v , рецикулисана количина гаса V_r и количине лажног ваздуха V_f које вродире до места усиса. Коефицијент рецикулације имаће следећи облик: $(28/1, 28/2)$

$$\text{са лажним ваздухом } x = \frac{V_r}{V_v + V_r + V_f} = \frac{V_r}{V_g}$$

$$\text{без лажног ваздуха } x = \frac{V_r}{V_v + V_r} = \frac{V_r}{V_g}$$

Утицај на температуру ложишног простора види се из следећих израза:

$$t_{f1} = \frac{H_l}{V_v \times t_f} \text{ за обично ложење}$$

$$t_{f2} = \frac{H_l + t_l}{V_v \times t_f} \text{ за ложење са загрејаним ваздухом}$$

$$t_{f3} = \frac{H_l + t_g}{(V_v + V_r) \times t_f}$$

Основно је код рецикулације да се температура ложишног простора смањује, а загревањем ваздуха може се повећати. Од овога има отстапања, уколико је проценат рецикулисаног лажног ваздуха и слободног кисеоника већи. Рецикулисани лажни ваздух и слободни кисеоник у гасним каналима се загревају (у овом случају гасни канали играју улогу загрејача ваздуха), и долазе у ложишни простор, вршећи функцију загрејаног ваздуха. У случају рада без рецикулације, загрејани лажни ваздух и кисеоник повећавају губитке у излазним гасовима. При малом проценту мешавине и високој температури гасова који се рецикулишу, температура ложишног простора не мора уопште да отстапа од првобитне.

Рецикулисана количина CO_2 , пролазећи кроз решетку (ово није случај код котла R SK. 51. 5 7) ступа са угљеником у следећу реакцију:



Ова реакција ће се бар делимично обављати, и стога се температура око решетке интензивно снижује. На овај начин везана количина топлоте у ложишту поново се враћа обрнутим процесом.

Количина рецикулисаног лажног ваздуха и кисеоника смањује пошребан вишак ваздуха. На овај начин, рецикулацијом са великим x -ом омогућује се да се вишак O_2 у ложишту смањи и да се повећа проценат CO_2 чиме се смањује количина гасова V_v и према наведеној једначини добија се повећање температуре ложишног простора. Види се, дакле, да повећање процента CO_2 повећава температуру ложишног простора. Одговарајућим избором x -а, постављањем усисног места најчешће на две температуре, постоји могућност да се температура ложишног простора не смањи, чак и да се повећа, $(28/2)$ (напр. при сагоревању у слоју дрва или тресета).

Рецикулација се може корисно применити код котловских ложишта у следећим случајевима:

1. Ако је у питању рад са влажним горивом (случај котла R SK. 51. 5 8.).

Рецикулација гасова се код савремених котлова од најмањег до највећег капацитета примењује у циљу сушења горива.

Код котлова малог капацитета са „гвозденим ложацем“ рецикулисани гас, поред тога што служи као медијум за сушење, делимично замењује носећи ваздух који убацује ситно гориво у ложиште (процес сагоревања који је комбинација угљеног праха, сагоревања у лебдећем стању и сагоревања у слоју).

Код већих котловских јединица са угљеним прахом по индивидуалном систему млевења без мењубункера, рецикулисани гасови се примењују за сушење горива у мливу по затвореном процесу.

Код централног и индивидуалног система млевења рецикулисани се гасови примењују за претходно сушење (цевна свшара, млин добошар) по отвореном или затвореном процесу.

2. Код котлова у којима се велики део топлоте предаје зрачењем, знатнији пад температуре је неопходан. Стога се примењују мале вредности x -а, умањује се озрачена површина, предвиђа се рад сушаре по отвореном процесу (у овом случају то није рецикулација већ само сушење помоћу продуката сагоревања), узимају се гасови са високом температуром.

3. Код котлова код којих се велики део топлоте предаје спроводњем, напр. код котлова са водогрејним цевима и нехлађеним ложишним простором (код котлова SK 51. 5 7. и SK 51. 5 8., поделом ложишта у две коморе добивено је нехлађено ложиште и расхлађива комора). Рецикулацијом се повећава количина гасова која пролази кроз додирну грејну површину, а повећањем површине економајзера надикићају се евентуални пад температуре испред економајзера и смањује количина гасова који пролазе кроз економајзер.

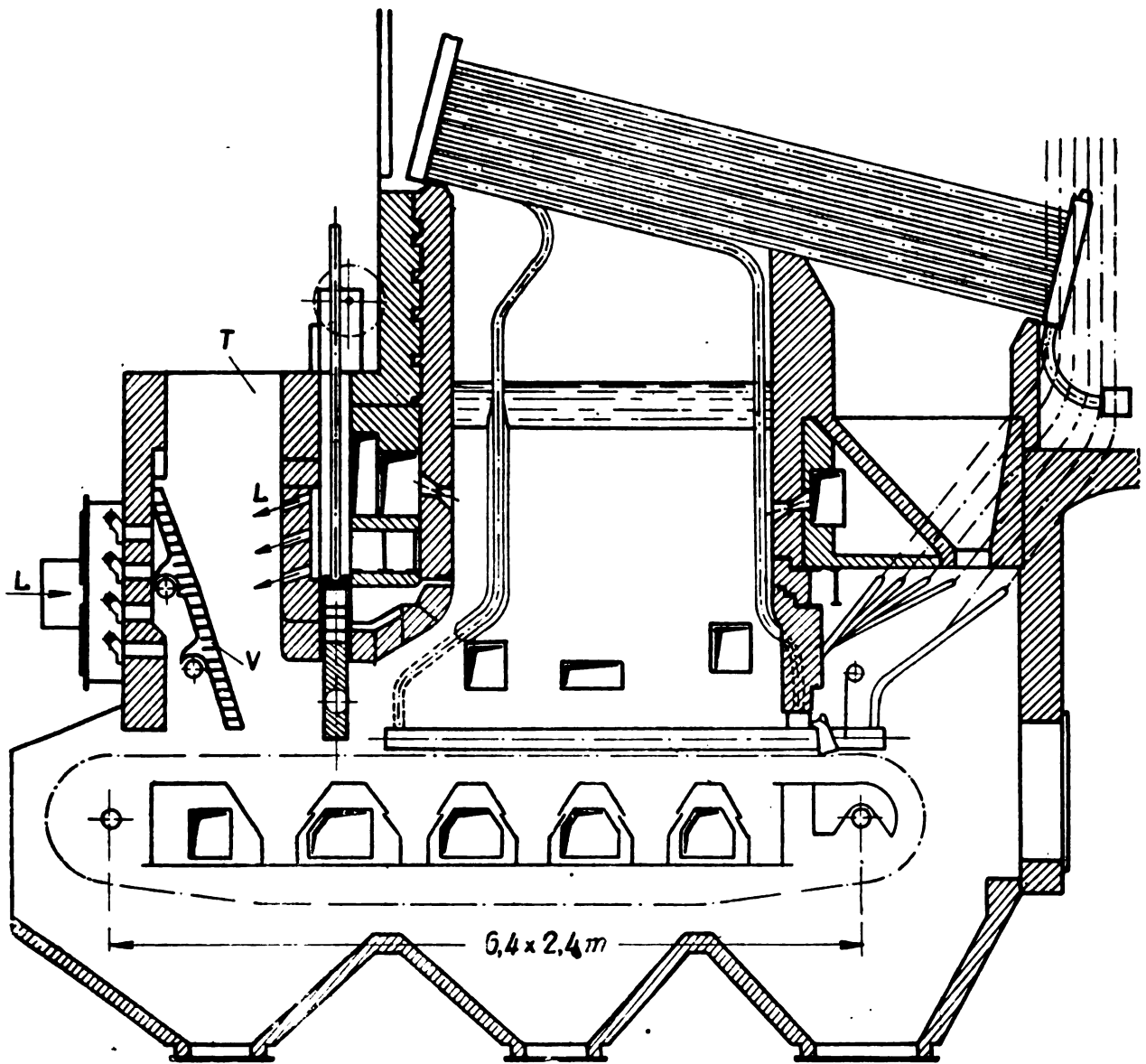
4. Рецикулација гасова се може примењивати и као средство за регулисање температуре прегрејаности паре. У сврху повећања температуре паре рецикулише се део гасова из ложишта кроз прегрејач, а у циљу хлађења узима се гас за рецикулацију из прегрејача, тј. из зоне нижих температура. Код озрачених прегрејача при смањеном D , хлађењем ложишта рецикулисаним гасовима смањује се релативно повећање σ и на тај начин одржава температура паре.

Како се код рецикулације извештај део несагорелих гасова поново враћа у ложиште и пролази кроз усисају средину, исти део има услова да потпуно сагори.

Смањење скоро свих губитака у ложишту и котлу изазива знатно повећање степена искоришћења и смањење утрошка горива.

Уштеда у гориву у извесним случајевима може бити око 10%, а нарочито када се примене јевтине врсте горива које нормално не би могле да буду сагорене. Овде је у питању не само повећање топлотног искоришћења већ и економског искоришћења које у извесним случајевима може да достигне 20%. Даља предност рецикулације је могућност знатног повећања капацитета котловског постројења. Повећањем коефицијента корисног дејства ложишта и котла могу се остварити већа оптерећења површине решетке. Повећањем брзине гасова повећава се коефицијент спроводљивости, $(28/4)$ а повећање процента CO_2 утиче на повећање коефицијента зрачења. Уколико се жели да повећа капацитет постројења, не сме се прибегавати великом x -у, како не би настало претерано снижење температуре ложишног простора и у вези с тим смањење предаје топлоте зрачењем. Уопште, може се нагласити да се све наведене предности не могу у једном истом случају објединити, јер су поједине у међусобној супротности. Проблеми се морају решавати од случаја до случаја у зависности од конструкције котла, квалитета и особине горива и сврхе која се жели рецикулацијом да постигне.

Загревање ваздуха, које често није било целесходно при сагоревању у слоју, помоћу процеса рецикулације моћи ће у много више случајева да буде ефикасно, јер



Сл. 357 — Ложиште котла В & W са сушаром за сушење тресета помоћу загрејаног ваздуха. L. довод загрејаног ваздуха у сушару, V. решетка, T. шахт сушаре ($2\frac{1}{2}$)

не његове предности доћи до пуног изражаја а мане ће бити ублажене.

Рециркулација гасова, као што се види из горњег излагања, може бити од велике економске и погонско-техничке користи.

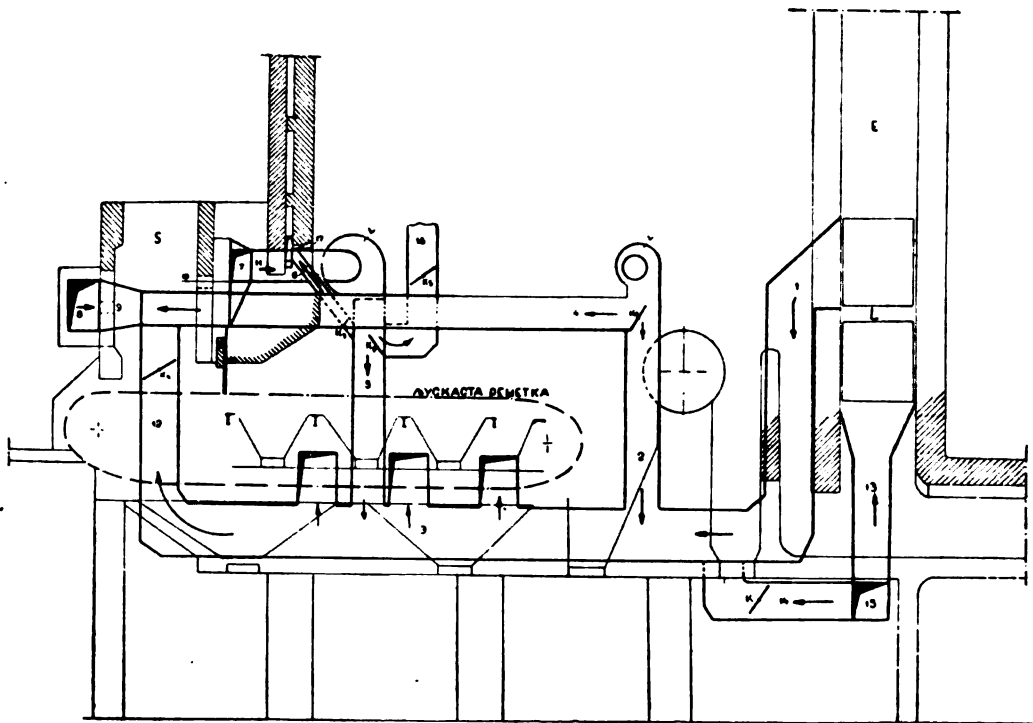
У случају котлова SK 51.57. и SK 51.58. рециркулисани гасови се не спроводе кроз решетку, јер се не жели снижење температуре у зони решетки, већ њено повећање. Код умерених процевата влаге, рециркулисани гасови се уводе као горњи ваздух у ложиште, а на тај начин омогућује стварање високих температура у уској зони решетки, а то помоћу горива које је у сушари осушено. У случају већег процента влажности, продукти сушења из сушаре убацују се у секундарну комору (расхладну комору ложишта), а у случају највећих процевата влажности затворени процес сушења постаје нееконичан те се прелази на рад са отвореним процесом.

5. Анализа предложене шеме сушења. У овој шеми широко се користи рециркулација гасова и то у следећим тачкама:

а) За сушење у сушари у склопу котла могу се користити рециркулисани гасови, загрејан ваздух или мешавина једног и другог, већ према условима и врсти примењеног горива.

б) Рециркулисани гасови могу се увести са доњом промајом у све зоне или само у зону сушења.

в) Продукти сушења могу се избацити у атмосферу (отворен процес сушења) или удувати у ложиште преко млазница за секундарни ваздух (затворен процес сушења). Постројење може да ради и комбиновано, тј. са отворено-затвореним процесом.



Сл. 358 — Предложена шема сушења лигнита помоћу загрејаног ваздуха и рециркулисаних гасова. S. јама сушари, E, место за економијазер, L. загрејач ваздуха, V₁. вентилатор за исисавање продукта сушења, V. вентилатор за рециркулацију гасова, k. лептир вентил за додавање хладног ваздуха у доњу промају, k₁. лептир вентил за спровођење рециркулисаних гасова у доњу промају или сушару, k₂. лептир вентил за спровођење продукта сушења у доњу промају или атмосферу, k₃. лептир вентил за спровођење продукта сушења у млазницу за секундарни ваздух, k₄. лептир вентил за спровођење загрејаног ваздуха у сушару, k₅. лептир вентил за регулисање количина продукта сушења која се избацује у атмосферу, 1. вод за загрејани ваздух, 2. вод за одвођење рециркулисаних гасова у доњу промају, 3. вод за доњу промају (загрејан ваздух, мешавина загрејаног или хладног ваздуха са рециркулисаним гасовима и производима сушења), 4. вод за рециркулисане гасове ка сушари, 5. вод за спровођење продукта сушења у доњу промају, 6. вод за спровођење продукта сушења у секундарни ваздух, 7. сабирник за исисавање продукта сушења, 8. разводник за сушару, 9. млазнице за удубавање сушењег медијума у сушару, 10. отвори за исисавање продукта сушења из сушаре, 12. вод за довођење загрејаног ваздуха у сушару, 13. довод хладног ваздуха у загрејач ваздуха, 14. довод хладног ваздуха у доњу промају, 15. вод од вентилатора који сише ваздух за загрејач ваздуха или хладан ваздух за доњу промају, 16. вод за избацавање продукта сушења у атмосферу (отворени процес сушења), 17. млазница за секундарни ваздух, служи и за убацивање продукта сушења у ложиште

Предности рецикулације

1. Утицај (чешће снижење) на температуру ложишног простора.
2. Повећање процента CO_2 у ложишним и излазним гасовима.
3. Искоришћење лажног ваздуха.
4. Спречавање лепљена шљаке на решетци — равнорнији довод ваздуха кроз слој горива уз мање отпоре.
5. Ситнозрна гранулација шљаке.
6. Смањење губитака услед непотпуног сагоревања у чађи.
7. Смањење губитака услед летећег кокса и несагорелих гасова.
8. Смањење излазних губитака (мање λ , већи % CO_2).
9. Смањење димљења (бездимно сагоревање).
10. Повећање коефицијента прелаза топлоте услед повећања брзине гасова (повећана количина гасова) и услед побољшања састава гаса (зрачење гасова).
11. Интензивније и равнорније хлађење решетке.
12. Повећање капацитета котла.
13. Побољшање услова зрачења услед већег процента CO_2 (и поред смањења t_f , количина прелате топлоте зрачењем услед тога често остаје иста).
14. Смањење трошкова у вези са одржавањем решетке.
15. Мање прљање котловских грејних површина и кавала, јер је количина летећег кокса смањена (пепела и чађи).
16. Већа вредност (грађевинска) фино гранулисаве шљаке.
17. Побољшање степена искоришћења постројења (термичко и економско).
18. Смањење потешкоћа у вези са засипањем околине летећим коксом (смањени трошкови за пречистаче).
19. Смањење могућности експлозије у гасним каналима услед повећања процента CO_2 .
20. Смањење лепљена шљаке у прелазним зонама.

Пример

Испитати могућност решења прелазне зоне помоћу рецикулације

Рецикулисани гасови уводе се на месту преклада ваздуха екрана расхладне коморе. На том месту гасови пре рецикулације имали су:

$$t_g = 1364 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$i_g = 3350 \text{ kcal/kg}$$

Исисавање гасова врши се испред загрејача ваздуха са:

$$t_R = 376 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$i_R = 830 \text{ kcal/kg}$$

Овде је претпостављена нижа температура услед расхладног дејства хемиског везивања топлоте при реакцији угљен-диоксида на угљеник.

При прорачуну су усвојене следеће ознаке:

G_R (Nm^3/h) — рецикулисана количина гасова

G_g . — количина гаса развијена из горива

G_m . — . мешавине

L' . — . лажног ваздуха

x % — коефицијент мешавине у односу на G_m

x' . — G_g

Коефицијент мешавина, тј. проценат рецикулисаних гасова усваја се $x = 10\%$.

$$x = \frac{G_R}{G_g + G_R + L'} \cdot 100\%$$

За случај генератора са циклонским ложиштем $L' = 0$

$$G_R = \frac{x}{100} \cdot G_g = \frac{x'}{100} \cdot G_g$$

$$x' = \frac{x}{100 - x} \cdot 100\%$$

$$x = \frac{G_R}{G_m}; \quad x = \frac{G_R}{G_g}$$

Употребом рецикулације настаје снижење температуре гасова и повећање гасног протока. Снижење температуре добија се услед ниже температуре рецикулисаних гасова и услед хемиског везивања топлоте путем реакције угљен-диоксида на угљеник, по обрасцу:



Уколико је процес савршенији, утолико ће овај ефекат бити потпунији. Брзина реакције и успостава хемиске равнотеже зависи од температуре на којој се одиграва процес, од трајања процеса и дебљине слоја.

Одређивање температуре мешавине за $x = 10\%$:

$$x = \frac{G_R}{G_m} \cdot 100 = \frac{G_R \cdot 100}{G_g + G_R} = 10\%$$

$$G_R \cdot 100 = 10 G_g + 10 G_R$$

$$10 G_g = 90 G_R$$

$$G_R = \frac{1}{9} G_g = \frac{1}{9} V_{RW} \cdot B_1 = \frac{6,371 \cdot 29850}{9} = 21,150 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$G_g = V_{RW} \cdot B_1 = 6,371 \cdot 29850 = 190,350 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$G_m = G_R + G_g = 21,150 + 190,350 = 211,500 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$x = \frac{G_R}{G_m} \cdot 100 = \frac{21150}{211500} \cdot 100 = 10\%$$

$$x' = \frac{G_R}{G_g} \cdot 100 = \frac{21150}{190350} \cdot 100 = 11,1\%$$

Стварна запремина продуката сагоревања на $t_R = -376 \text{ }^\circ\text{C}$ и $p_g = 1,022 \text{ ata}$ (овде је узет пад притиска кроз агрегат)

$$V'_{RW} = V_{RW} \frac{t_R + 273}{273 \cdot p_g} = 6,371 \frac{377 + 273}{273 \cdot 1,022} = 14,90 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Укупна запремина рецикулисаних гасова

$$V_R = V'_{RW} \cdot B_1 \cdot x' = 14,90 \cdot 29850 \cdot 0,111 = 49400 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_R = 823 \text{ m}^3/\text{min.}$$

Укупна количина топлоте мешавине

$$Q_m = Q_R + Q_g = x' \cdot i_R \cdot B_1 + i_g \cdot B_1 \text{ (kcal/h)}$$

Q_R — количина топлоте рецикулисаних гасова

Q_g — гасова на месту хлађења пре рецикулације

$$Q_m = 0,111 \cdot 830 \cdot 29850 + 3350 \cdot 29850 = 2,930,000 + 100,000,000$$

$$Q_m = 102,930,000 \text{ kcal/h}$$

Енталпија мешавине без утицаја хемиског везивања топлоте

$$i'_m = \frac{Q_m}{(1+x') \cdot B_1} = \frac{102,930.000}{1,111.29850} = 3102 \text{ kcal/kg}$$

Са утицајем потпуног хемиског везивања

$$i_{mh} = i'_m - b = 3102 + 102 = 3000 \text{ kcal/kg}$$

На основу ових вредности налази се у i - t дијаграму температура мешавине. Напомиње се да i - t дијаграм остаје исти, јер је и однос појединих гасова у гасним производима остао исти.

За случај где има просисавања, тј. где се коефицијент вишка ваздуха повећава, требало би правити други i - t дијаграм. У овом случају генератор ради под притиском тако да λ остаје константно, те се користи исти дијаграм.

За горње вредности енталпије добија се:

$$t'_{m1} = 1270 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{mh} = 1232 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Према условима под којим се одиграва процес хлађења, претпоставља се да ће бити делимичног везивања топлоте хем. путем, те је за прорачун узето:

$$t_m = 1250 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$i_m = 3043 \text{ kcal/kg}$$

добија се да је везивање топлоте хемиским путем остварено са 58%, тј. $e = 58\%$.

Ова температура мешавине је нижа за 70 °C од температуре течљивости шљаке. Узимањем већег процента рециркулисаних гасова, да би се добиле ниже температуре, захтевало би велике вентилаторе, а и ниске температуре изазвале би знатно повећање додатних грејних површина. Зато се задржава на коефицијенту рецикулације $x = 10\%$.

У току даљег расправљања о чиниоцима који утичу на облик и величину котла, котларнице и котларничког постројења, излагање ће се у извесним случајевима проширити и на целу ТЕ (у чијем је склопу обично котларница), као и на планирање и пројектовање котларнице и ТЕ. Према томе, неће се говорити о котларници као самосталном објекту, већ ће се у већини случајева котао и котларница посматрати као саставни део ТЕ. Ово је потребно ради тога, што котларница ређе постоји као самостални објекат, а на облик котла и котларнице и њихов пројекат у склопу ТЕ утичу многи елементи који су последица основног склопа ТЕ.

На облик и структуру котларничког постројења знатно утиче сврха којој се оно намењује, тј. да ли је котларница за индустријске ТЕ или за јавне ТЕ. Примарни задатак индустријске ТЕ је производња паре различитог притиска (или топле воде). Произведена електрична енергија на принципу против-притиска је уствари нузпродукат и може се применити за потребе индустрије којој посматра ТЕ служи, односно може давати енергију државној електричној мрежи. Несклад између потребе у топлотној и електричној енергији код једног предузећа уравнотежава се узимањем електричне енергије из спољне мреже; боље речено, потребе у разлици покривају се из јавне мреже или постављањем кондензационих агрегата у индустријску ТЕ. Ради бољег искоришћења постројења препоручљиво је да индустријска ТЕ ради паралелно са јавном мрежом. Ако при оваквом раду дође до наглог повећања потребне количине топлотне енергије за фабрикацију, а потрошња електричне енергије у предузећу

остане иста, вишак електричне енергије пушта се у јавну мрежу. У случају да се потреба за топлотном енергијом смањи, смањује се и одговарајућа количина електричне енергије, произведена на принципу против-притиска; уколико је потреба за електричном енергијом остала непромењена, разлика се попуњава из јавне мреже.

Код јавних ТЕ за ношење основног оптерећења, нарочито ако је оно равномерно, производња паре и електричне енергије решава се са мањим бројем великих котловских и турбинских јединица. Питање резерве код ових ТЕ, уколико раде у склопу јаке јавне мреже, не претставља нарочити проблем. Испадање из погона једне велике јединице нема нарочито тешких последица по целокупан рад електричног система великих мрежа.

Код индустријских ТЕ услови оптерећења толико су променљиви, како у електричном, тако и у топлотном погледу (напр. разлике између летњег и зимског оптерећења, дневног минимума и максимума), да се не могу задовољити малим бројем већих јединица. За самосталан и економичан рад (нарочито у термичком погледу) једне индустријске ТЕ потребан је већи број котловских и турбинских јединица. Индустријске ТЕ су и по капацитету у већој мери ограничене но јавне ТЕ (кондензационе). Логична последица овог ограничења, као и захтева за већим бројем јединица, је да су котловске и турбинске јединице знатно мањег капацитета.

Индустријској ТЕ се и у погледу резерве постављају много тежи услови но јавној ТЕ. Ако једна котловска јединица, која нема резерве (резервног котла или могућност оптерећења осталих котлова) испадне из по-

гона, настају тежке последице по рад индустријског предузећа која ТЕ снабдева. Даље, разлика између индустријске и јавне ТЕ је у томе, што индустријске ТЕ у већини случајева не раде са враћањем кондензата. Процент додатне воде код јавних ТЕ не прелази 10%, док код индустријских може често да достигне и свих 100%^(28/18), па се појављује проблем припремања воде који је нарочито важан за котлове савремене конструкције.

За индустријске ТЕ потребан је, услед специфичних услова, котао специјалне конструкције који се знатно разликује од котла за јавне ТЕ. Предност се најчешће даје котлу са добошем (већа акумулациона способност). Ради сигурности погона код већих индустријских ТЕ најбоље је применити међубункерски систем млевења, а код мањих Krüger-ов систем, који је за њих економичнији. Да би се регулисање температуре паре упростило, тежи се ка што широј примени комбинованих озрачено-додирних прегрејача, који су саморегулишући.

27. Утицај притиска и температуре паре^(30/1-30/5)

После Првог светског рата у Немачкој и у САД обрађала се нарочита пажња питању паре високог притиска. Доле приложена табела даје преглед примењених притисака код 85 индустријских ТЕ у САД; укупна снага ових ТЕ износи 836.000 KW⁽³⁴⁾.

Табела бр. 42

| Притисак паре на улазу у турбину at | Број турбина | Укупна снага KW |
|-------------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| 35—42 | 21 | 70.000 |
| 43—53 | 87 | 439.000 |
| 54—63 | 14 | 88.000 |
| 64—84 | 11 | 209.000 |
| преко 112 | 3 | 23.000 |

При избору притиска потребно је испитати следеће чиниоце:

а) економичност, која се добија упоређењем погонских и инвестиционих трошкова;

б) највиша дозвољена температура свеже паре;

в) стање излазне паре код турбина са против-притиском, а код кондензационих турбина највећа дозвољена влажност^(30/1).

Од температуре и притиска паре на улазу, стања излазне паре и степена искоришћења турбине зависи да ли ће се међупрегревање применити или не^(30/3, 30/4, 30/5).

Према подацима из литературе повећањем притиска од 40 на 60 at добија се уштеда у гориву од 5—6%^(30/2).

Високи притисак с једне стране изазива повећање трошкова за котловске цеви, парове и турбине, а с друге стране њиме се постижу уштеде услед тога што су потрошња горива, запремине паре и постројења за расхладну воду и кондензацију мањи. Данас преовлађује мишљење да се ови фактори приближно компензирају. Тако је Quirk^(32/3) израчунао да су трошкови погона у односу на исту ефективну снагу код постројења од 20 at и постројења од 100 at исти. Код индустријских ТЕ високи притисци су повољни, јер се повишењем притиска повећава и количина произведене електричне енергије, а тиме компензирају повећани инвестициони трошкови за уређаје високог притиска; при томе је умањена опасност од великог процента воде у пари.

Из једначине за укупан степен искоришћења термичког постројења види се да на њега утиче термички коефицијент, термички индичирани коефицијент и коефицијент механичког искоришћења турбине. Са термичког гледишта треба тежити ка вишим притисцима и температурама, јер то побољшава три поменуте основне величине, односно поправља се однос корисно добивене према уложеној количини топлоте. Повишењем параметара паре смањује се њена специфична потрошња. С друге стране побољшање термичког коефицијента турбине постиже се високим прегревањем воде за напајање, односно смањењем разлике између температуре и енталпије воде за напајање и излазне паре из турбине. Најидеалније би било кад би се котао напајао излазном паром из турбине, тј. кад се пара не би уопште кондензовала у кондензатору.

Да би производња електричне енергије помоћу топлотних машина била економична, треба постићи што нижу кондензациону тачку, што виши притисак и температуру паре, чиме се добија већи топлотни пад и мања потрошња паре.

28. Специфична потрошња топлоте и количина материја које круже у циклусу произвођења паре и електричне енергије; њихов утицај на величину и облик кошла, кошларнице ТЕ^(32/1, 32/2, 31/4, 33, 34).

Обично су трошкови производње, у којима као један од најважнијих фактора фигурише амортизација инвестиција, обрнуто пропорционални специфичној потрошњи топлоте. Стога се поставља питање да ли је смањење специфичне топлоте ефикасно, и у којим границама.

Специфична потрошња топлоте уско је везана за количину материја које круже у

процесу произвођења електричне енергије. У овом процесу учествују следеће материје: угљ (гориво), ваздух, вода за напајање, допунска вода, вода за хлађење, кондензат, пара, пепео са шљаком, димни гасови и летећи делови у њима. Посматрањем разних случајева у експлоатацији види се да потрошња горива расте брже но што се повећава специфична потрошња топлоте (узрок је неједнако опадање појединих коефицијената искоришћења)^{(22)/1}.

Ако се посматра обрнути случај, може се уопштити да се количина материја које круже смањује са потрошњом топлоте. Дакле, када се примене високи притисак и температура, међупрегревање и машина високог квалитета са најбољим степеном дејства, количина материја које круже смањује се више но специфична потрошња топлоте.

Смањење количине појединих материја може се постићи на следећи начин:

а) повећањем притиска смањује се запремина свеже паре;

б) запремина излазних гасова смањује се смањењем њихове излазне температуре и вишка ваздуха (незнатно смањење може се постићи када ложиште ради под притиском);

в) бољим економисањем са кондензатом смањује се количина додатне воде за напајање; ово се постиже најуспешније при раду са измењивачима топлоте;

г) повећањем брзина ваздуха и гасова, количине остају непромењене, али се смањује котловски агрегат (како услед повећаних коефицијената прелаза топлоте, тако и услед повећања протока, $Q = F \cdot v$).

Смањењем количине материја које круже по тежини и запремини, при истим брзинама струјања, добија се одговарајуће сразмерно

смањење пресека цевовода, паровода, канала, пресека турбина, ложишта, димних канала, димњака, постројења за допрему угља и одвођење шљакe и пепела и већине котловских и турбинских помоћних уређаја. Смањење пресека може се постићи и повећањем брзине протока, што изазива повећање отпора. Смањењем специфичне потрошње топлоте смањују се и сви наведени пресеци, односно смањује се један одговарајући еквивалентни пресек. Однос еквивалентног пресека према кривој специфичне потрошње топлоте могао би се установити када би се обухватили сви фактори који на ово утичу. Као даљи закључак и последица овога произилази да је потребан простор (специфично потребан простор $m^3/kcal$, $m^3/kcal$ или m^3/KWh , m^3/KWh) мањи, уколико је мања специфична потрошња топлоте. Зависност између специфичне потрошње топлоте и специфичних димензионалних карактеристика зграде није у једноставној управној сразмери, мада се еквивалентни пресек понаша по тој сразмери.

У циљу смањења специфичне потрошње топлоте, односно повећања степена искоришћења, морају се материје које круже водити дужом путањом; ово има негативан утицај у смислу смањења специфичних димензионалних карактеристика зграде термо-електричног постројења. Тако се код котлова ради бољег искоришћења топлоте продуката сагоревања повећавају накнадне грејне површине и на тај начин продужава путања гасова; ако су брзине непромењене, истовремено се повећава и габарит. Ово продужење путање, имајући у виду повећање η_k (односно смањење B_1) и брзине у крајњој линији ипак смањује габарит котла, али не у линеарном односу са променом количине материје која је у кружењу *

*^{(22)/1}—^{22)/16}

Код бинарног процеса путање радних медија су знатно дуже и сложеније (збир путева живе-живине паре и воде-водене паре) но путања радног медија при производњи електричне енергије помоћу водене паре. Услед тога бинарно постројење ће, поред тога што је компликованије, имати неповољнију карактеристику V/N .

Еквивалентна количина по тежини живе-живине паре, која је у оптицају код бинарног процеса, већа је услед мале енталпије но количина водене паре у оптицају код постројења са воденом паром. У погледу запремина овај се однос услед велике густине живине паре побољшава у корист бинарног процеса.

У прилог примени живе као радног медија иду следећа њена својства (предности живе као термо-динамичког флуида):^{(22)/1}

1) Висока тачка кључања. Тако напр. при притиску 10 ата жива кључа на 525°C, а вода на 179°C; при 21 ата жива кључа на 593°C, а вода на 213°C.

Услед овога се бинарним процесом може радни температурски интервал проширити и при знатно нижим притисцима радних медија.

Живином паром високог притиска може се произвести водена пара високог притиска (уместо кондензатора, који је код парне турбине главни извор топлотних губитака, код живине турбине постоји кондензатор-испаривач).

2) Мала специфична топлота. На температури 26,67°C специфична топлота живе је тринаести, а на 343°C шездесет и шести део специфичне топлоте воде. Услед овога код постројења са живом није потребно предгревање живе за напајање (регенеративни начин загревања), што доводи до извесног поједностављења постројења.

| Редни број | Општи подаци : | Hartford Electric Light Company T E South Meadow | | Public Service Electric and Gas Comp. T E Kearney | | General Electric Comp T E Schenectady | | Public Service Comp of New Hampshire T E Schiller | |
|------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| | | Старо постројење | Ново постројење | 1928 Hartford 10.000 за покривање врхова постојеће парне T E | 1949 Hartford 15.000 за покривање врхова постојеће парне T E | 1933 South Kearney N. I. 20.000 за покривање врхова постојеће парне T E | 1933 Schenectady N. Y. 20.000 за покривање врхова постојеће парне T E и за давање паре у индустриске сврхе | 1949 Pittsfield 7.500 за покривање врхова постојеће парне T E | 1949 Portsmouth N. H. 40.000 за основно оптерећење |
| 1. | Година пуштања T E у погон | | | | | | | | |
| 2. | Место где се T E налази | | | | | | | | |
| 3. | Инсталациона снага T E KW | | | | | | | | |
| 4. | Сврха T E | | | | | | | | |
| 5. | Гориво | | | | | | | | |
| 6. | Укупно произведено 1000 KW/h до 1. I. 1950 | | | | | | | | |
| 7. | Број часова рада до 1 I 1950 | | | | | | | | |
| 8. | Стање у ком се налази T E | | | | | | | | |
| | Конструктивни и погонски подаци : | | | | | | | | |
| 1. | Стање живине паре на улазу у турбину | | | | | | | | |
| | p_{1H} ata | 6,1 | 9,1 | 9,8 | 9,8 | 9,8 | 9,8 | 9,0 | 9,0 |
| | t_{1H} °C | 445 | 508 | 514 | 514 | 514 | 514 | 507 | 507 |
| 2. | Стање живине паре на изл. из добоша | | | | | | | | |
| | p'_{1H} ata | 7,0 | 10,2 | 10,9 | 10,9 | 10,9 | 10,9 | 10,0 | 10,0 |
| | t'_{1H} °C | 486 | 518 | 523 | 523 | 523 | 523 | 513 | 513 |
| 3. | Стање живине паре на изл. из турбине | | | | | | | | |
| | p'_{1H} ata | 0,098 | 0,105 | 0,091 | 0,091 | 0,091 | 0,087 | 0,097 | 0,178 |
| | t'_{1H} °C | 248 | 252 | 246 | 246 | 246 | 244 | 277 | 275 |
| 4. | Проток живине паре кроз турбину t/h | | | | | | | | |
| | t'_{1H} °C | 490 | 744 | 1000 | 1000 | 1000 | 975 | 449 | 449 |
| 5. | Број турбина са живином паром | | | | | | | | |
| | t'_{1H} °C | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 6. | Инст. снага турбине са живином паром | | | | | | | | |
| | t'_{1H} °C | 10.000 | 15.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 8.400 | 17.060 |
| 7. | Број котлова за живину пару | | | | | | | | |
| | t'_{1H} °C | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 8. | Пронзв. водене паре у постројењу са живом t/h | | | | | | | | |
| | t'_{1H} °C | 56 | 95 | 136 | 136 | 136 | 147 | 56,5 | 113 |
| 9. | Стање водене паре на изл. из прегр. | | | | | | | | |
| | p_{sw} ata | 28,1 | 28,1 | 26,7 | 26,7 | 26,7 | 10,2 | 45 | 43,3 |
| | t_{sw} °C | 371 | 508 | 398 | 398 | 398 | 398 | 440 | 440 |
| 10. | Снага турбина са воденом паром (KW) | | | | | | | | |
| | t_{sw} °C | 12.400 | 19.100 | 25.000 | 25.000 | 25.000 | Пара одл. у фабр. | Пара одл. у фабр. | 26.400 |
| 11. | Укупна снага T E KW | | | | | | | | |
| | t_{sw} °C | 22.400 | 34.100 | 45.000 | 45.000 | 45.000 | — | — | 43.000 |
| 12. | Сопствена потрошња KW | | | | | | | | |
| | t_{sw} °C | 600 | 900 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 1.750 | 900 | а. 1940 б. 1515 |
| 13. | Корисна снага KW | | | | | | | | |
| | t_{sw} °C | 21.800 | 33.200 | 43.300 | 43.300 | 43.300 | — | — | а. 41.520 б. 41.945 |
| 14. | Спец. потр. топлоте $\frac{kcal}{KWh}$ | | | | | | | | |
| | t_{sw} °C | 2680 | 2530 | 2630 | 2630 | 2630 | — | — | а. 2370 б. 2326 |
| 15. | Просечни фактор оптерећења | | | | | | | | |
| | t_{sw} °C | 57,3 | 82,8 | 86,7 | 86,7 | 86,7 | 44,2 | — | — |

Табела бр. 44 — УПОРЕЂЕЊЕ ТРИ ПРОЈЕКТА Т Е ^(85/7)

| Пр о ј е к т | A | B | C |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Стање свеже паре | 84 atü 525° C | 132 atü 252° C | 168 atü 800° C |
| Стање паре на улазу после међупрегревања | — | 16 ata 520° C | 3,5 ata 440° C |
| Вакум, ata | 0,04 | 0,04 | 0,04/1,1 |
| Број степена предгревања | 8 | 8 | 10 |
| Губици у % од убачене воде у кружном току % | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Степени искоришћења : | | | |
| 1. Керамички део машине претходнице | | | |
| а) пара % | — | — | 81,0 |
| б) димни гас, % | — | — | 78,5 |
| 2. Челични део машине претходнице % | 79,5 | 79,0 | 86,0 |
| 3. Кондензациони део машине, % | 83,5 | 86,4 | 88,0 |
| 4. Произвођач струје (механичко-електрични) % | 97,0 | 97,0 | 97,0 |
| 5. Произвођач паре, % | 90,0 | 90,0 | 90,0 |
| Сопствена потрошња (процењено), % | 6,5 | 7,3 | 7,0 |
| Користан рад на четкама генератора у kWh/1000 kg кондензата kWh | 351 | 418 | 591 |
| Теоретски потребна топлота kcal/KWh | 860 | 860 | 860 |
| Одведена топлота (укључујући топлоту расхладне воде) kcal/KWh | 1.470 | 1.330 | 970 |
| Остали губици kcal/KWh | 405 | 410 | 290 |
| Стварна специфична потрошња топлоте, kcal/KWh | 2.735 | 2.600 | 2.120 |
| Искоришћено % | 31,5 | 33,0 | 40,5 |
| Изгубљено % | 68,5 | 67,0 | 59,5 |

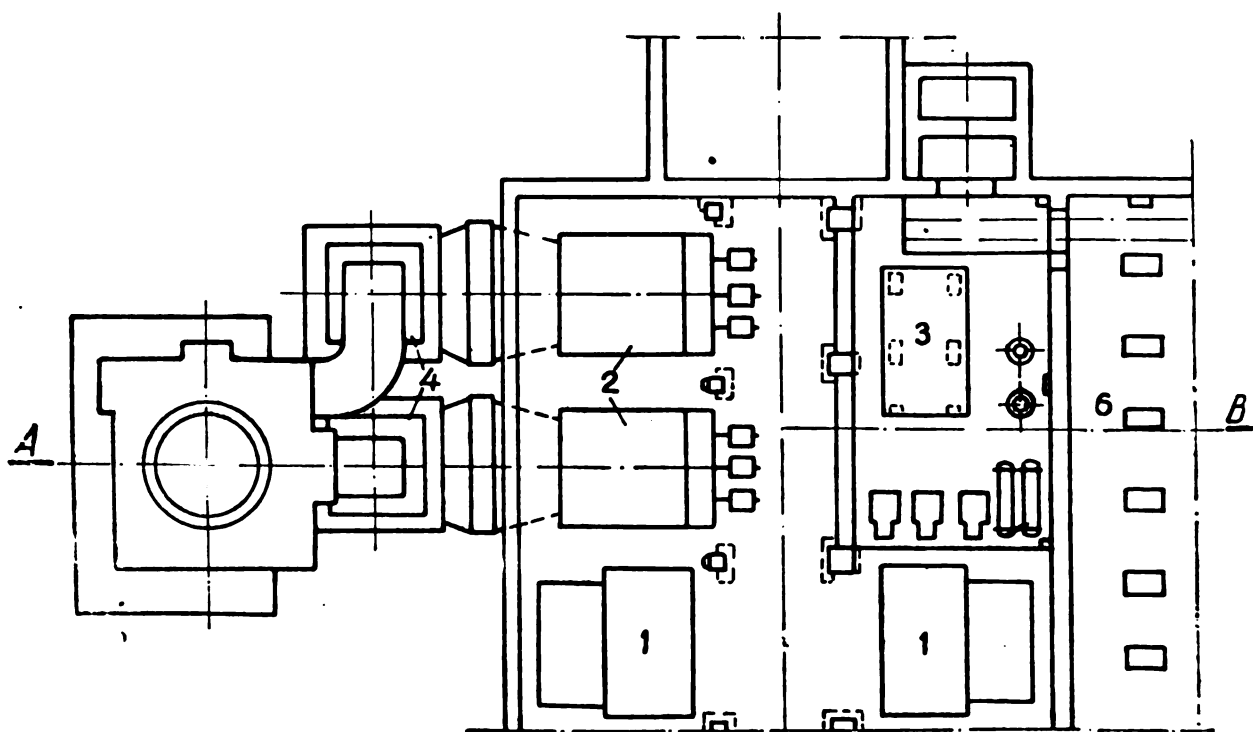
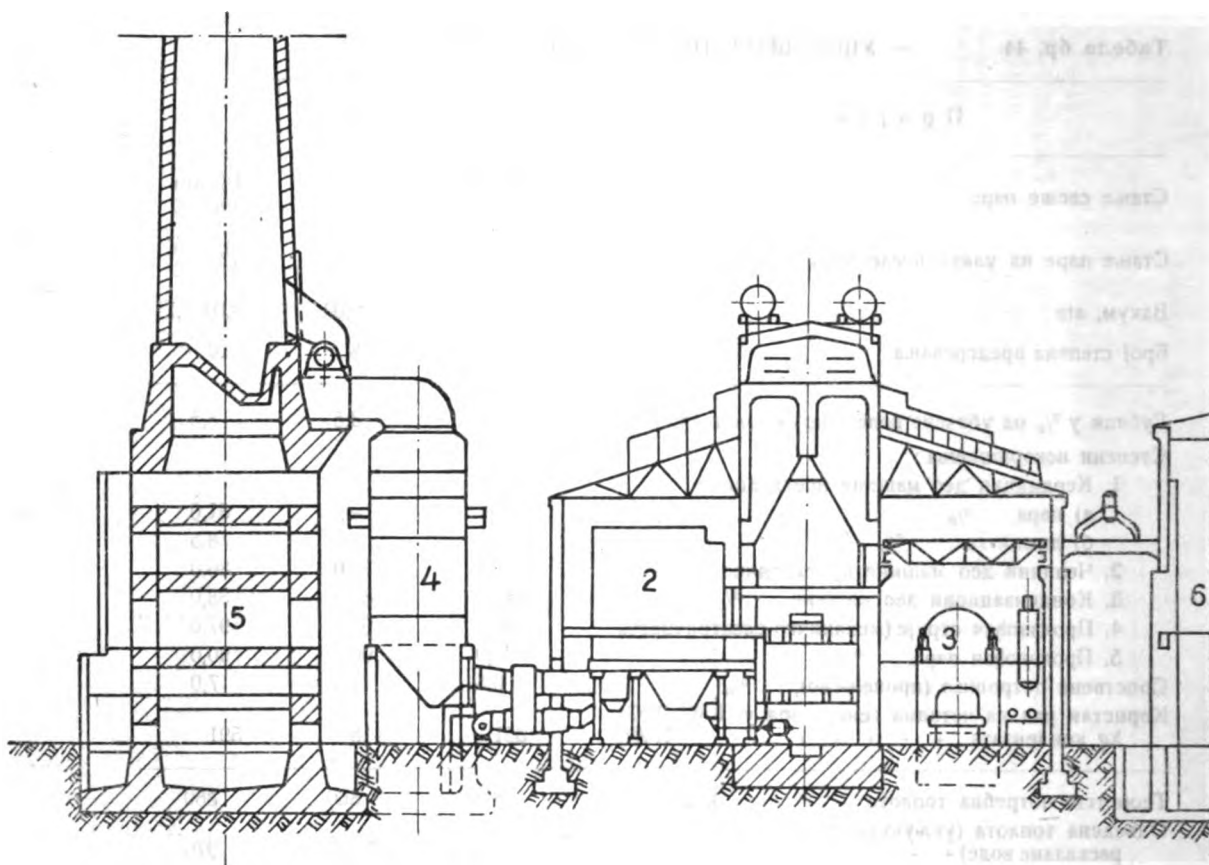
3) Велика густина живине паре при кондензационим притисцима смањује дужине излазних лопатица.

И поред ниске специфичне потрошње топлоте ова постројења се услед низа потешкоћа при раду (већина тешкоћа је последица недовољно усавршених конструкција) не примењују у ширем обиму. Из приложене табеле виде се карактеристике досада изведених постројења.

На табели бр. 44 виде се карактеристике једног пројекта интересантног у погледу ниске потрошње топлоте (kcal/KWh). ^(85/7) Постојење ради на принципу удвајања излазних гасова у воду и распрскавања воде у смеру супротном кретању гасова; на тај начин смањује се губитак у излазним гасовима, који је највећи губитак котловског постројења. Помоћу излазних гасова врши се загревање воде, а даље се ова топлота предаје измењувачима.

Овај процес је нарочито интересантан за лигните са великим процентом влаге и водоника, јер он омогућава искоришћење топлоте испаравања влажног горива и топлоте кондензовања воде из процеса сагоревања. Код овог процеса степен искоришћења може да буде и већи од 100% при рачувању на бази доње калоричне моћи. Код ових постројења долази у обзир процес сушења у склопу котла (у зависности од процента влаге у гориву вршиће се сушење загрејаним ваздухом или гасовима), и то по затвореном процесу, јер су производи сушења на вишој температури од излазних гасова.

Овај начин искоришћења топлоте излазних гасова из котла захтева гломазне и компликоване уређаје, али се њиме температуре излазних гасова од 40°С постижу са мање техничких тешкоћа но помоћу развијених напредних грејних површина.



Сл. 359 – Модернизовање Т Е у циљу смањења специфичне потрошње топлоте. На место старих котлова ниског притиска постављени су котлови високог притиска и турбине предходнице са против-притиском које напајају старе турбине ниског притиска

1. стари котлови ниског притиска, 2. нови котлови високог притиска, 3. турбина предходница, 4. електрофилтри,
5. електрични развод, контролна дворана и развод за сопствену потрошњу, 6. стара турбинска сала (турбине ниског притиска) ^{20/16}

29. Потрошња топлоте ^(28/16, 21/3, 31/4)

Цена произведене паре умногоме зависи од карактеристике оптерећења, тј. од искоришћења инсталсаног капацитета постројења. Треба разликовати основно оптерећење и врхове оптерећења.

Котларнице за јавне ТЕ, ако не служе за вошење основног оптерећења подлежу већим променама оптерећења но оне за индустријске ТЕ. Код индустријских ТЕ карактеристичан је однос између потребне количине паре за фабрикацију, грејање и производњу електричне енергије. Постављањем турбина са против-притиском потрошња топлоте се у поређењу са граничним случајевима кондензационих постројења смањује на половину и више, а у поређењу са обичним кондензационим постројењима на трећину до четвртине од топлоте која се троши у кондензационим уређајима. Специфична потрошња топлоте код постројења са против-притиском креће се од 1100—1300 kcal/KWh, док код кондензационих постројења ова потрошња у граничним случајевима износи преко 2500 kcal/KWh. ^(26/16) Разлика у потрошњи код јединица са против-притиском и кондензационих настаје углавном услед отклањања топлотног губитка у кондензатору тј. услед коришћења енталпије излазне паре за потребе фабрикације. Према томе код индустријских ТЕ треба тежити ка добијању што веће количине електричне енергије на принципу прорив-притиска, јер се на тај начин индиректно смањује цена паре за фабрикацију и грејање. Да би се покрила потреба једног предузећа у електричној енергији, при димензионисању котлова полази се од потребне количине топлотне енергије и њој се додаје количина топлоте за производњу електричне енергије. Ако се ради без измењивача топлоте, излазни притисак из турбине са против-притиском одређен је радним притиском потрошача топлоте и влажношћу паре, тако да се количина топлоте за произвођење електричне енергије може повећати повећавањем притиска и прегрејаности.

Треба тежити да капацитети котлова и стање паре задовоље следећи услов:

$$Q_k = Q_t + Q_p + Q_s \dots \dots \dots (1)$$

$$D_1 (i_s - i_a) = D_2 (i_s - i_t) + D_3 (i_t - i'_a)$$

где је

Q_k – продукција котла у (10^6 kcal/h)

Q_t – потребна количина топлоте за производњу електричне енергије (10^6 kcal/h)

Q_p – потребна количина топлоте за фабрикацију (10^6 kcal/h)

Q_s – потребна количина топлоте за помоћне уређаје (10^6 kcal/h)

D_1 – продукција котлова (t/h)

i_s – енталпија произведене паре (kcal/kg)

i_a – енталпија воде за напајање (kcal/kg)

D_2 – количина паре која прође кроз турбину (t/h)

i_t – енталпија паре на излазу из турбине (kcal/kg)

D_3 – потрошња паре за фабрикацију (t/h).

i'_a – енталпија паре или воде на излазу из фабрикације (kcal/kg)

Најповољнији је случај када се оствари $i'_a = i_t$, тј. затворени процес при коме се котлови напајају кондензатом из фабрикације, под претпоставком апстраховања топлотних губитака у спроводу кондензата.

30. Облик расположивог терена ^(31/3)

На облик основе котларнице утиче облик расположивог земљишта. Један од најчешћих узрока примене високоградње је мала расположива површина или висока цена земљишта, или истовремено и једно и друго. О осталим узроцима због којих се усваја високоградња (тип котла, врста горива, архитектонско-урбанистички моменти) било је говора раније.

Дворедне котларнице (са положајем у односу на турбинску салу у облику слова П, Т или II, са положајним односом турбина и котлова у облику Т или II, као и са разним координационим бројевима котлова и турбина, тј. 2, 3 или 4) захтевају земљиште приближно квадратног облика. Једноредне котларнице у склопу ТЕ имају, у зависности од конструкције котлова, координационог броја, положајног односа котлова и турбина, у блоку или раздвојене изградње, ниско или високоградње, конструкције и начина постављања пречистача продуката сагоревања, помоћних уређаја и димњака, мање или више издужен облик основе.

Осим тога, потребно је водити рачуна и о довозним комуникацијама (друм, жељезничка пруга, река итд.). Ови чиниоци нарочито утичу на положај складишта угља, помоћних радионица, магацина, канцеларија, социјалних установа, главног улаза итд.

31. Носивост и слегање терена ^(31/1)

Носивост терена зависи у првом реду од квалитета земљишта (стена, иловача, глина, песак, мочвар, подводан терен, приобални терен и терен у рударској области који се слеже).

Од носивости терена зависи начин темељења. Тако се напр. код земљишта са

малом носивошћу примењује темељење на шиповима или на бетонској плочи. Носивост терена утиче на то да ли ће се применити заједнички темељи за више машина, или ће они бити издвојени.

Носивост терена има донекле утицаја и на начин изградње ТЕ: високо-градња или ниско-градња, тешка или лака градња, у блоку или раздвојено.

32. Пројекшанши (³¹/₁, ³¹/₂)

У пројекту ТЕ учествују многобројни стручњаци, међу којима би били најважнији: погонски стручњак, пројектант топлотне шеме, стручњак за гориво, пројектант механизације допреме горива, пројектант дизалица, конструктор котлова, хемичар, конструктор турбина, пројектант електричног дела, пројектант мерних уређаја, грађевински инжењер и архитекта. У већини случајева постоји опасност да се један део постројења пројектује једнострано, ако способност, спрема и лично искуство пројектаната нису слични, тј. на истим нивоима. Услед тога долази до доминације једног од поменутих делова, тј. један део ће бити детаљно и добро разрађен, док ће други делови бити у извесној мери занемарени. Сви саставни делови пројекта морају се посматрати са једног заједничког становишта и довести у међусобни склад, тако да се добије максимум економичности, целисходности и погонске безбедности.

ТЕ је уствари машина за произвођење електричне енергије, чије поједине делове (котао, пумпа, турбина, електрични развод) треба градити и повезати тако, да чине једну органску целину.

Неопходно је да међу пројектантима постоји тесна сарадња и међусобни уступци.

33. Снага ТЕ (³¹/₃, ³¹/₄, ³¹/₅)

Према својој величини ТЕ могу имати битно различите облике изградње. Тако, код мањих постројења погодније је да се одељење за пумпе и помоћне уређаје не поставља између зграде котларнице и турбинске сале, већ се може поставити поред котларнице у виду анекса, или у самој котларници. Код мањих постројења обично је довољан један зидани димњак, што је економичнија концепција но више лимених димњака на котловима.

За пројектовање ТЕ меродаван је број котлова и турбина (координациони број), који може да буде различит, што зависи од сврхе ТЕ, од захтева у погледу погонских услова, дијаграма оптерећења и од захтева у смислу приправности.

34. Расположива количина воде (³¹/₆)

За кондензационе ТЕ, нарочито за она ни-

жег притиска са великом специфичном потрошњом паре, потребне су велике количине расхладне воде. Уколико стоји на расположењу довољна и стална количина воде одговарајућег квалитета (речна или нека друга површинска вода), примениће се проточни систем хлађења. Он је, у поређењу са повратним системом хлађења, простији и једноставнији за извођење, а по дејству ефикаснији, јер су код њега температуре улазне воде обично ниже.

Ако нема довољно воде, мора се усвојити систем повратног хлађења. Овај систем је везан за гломазне куле за ваздушно хлађење расхладне воде кондензатора. Куле хладњаче претстављају озбиљне грађевинске објекте, чије се кубатуре често приближавају кубатурама главних зграда ТЕ. Усклађивање ових кула у једну архитектонску целину са комплексом ТЕ није проблем за потцењивање.

При постављању хладњака треба водити рачуна о смеру сталних ветрова, како кондензат из хладњача не би био ношен на зграду ТЕ, а нарочито не на отворени електрични развод. Код проточног система хлађења треба водити рачуна о отстојању улаза и излаза воде, да не би дошло до препуњавања топле воде. При томе треба обезбедити могућност да се у главни резервоар може доводити топла вода, како би се спречило смрзавање.

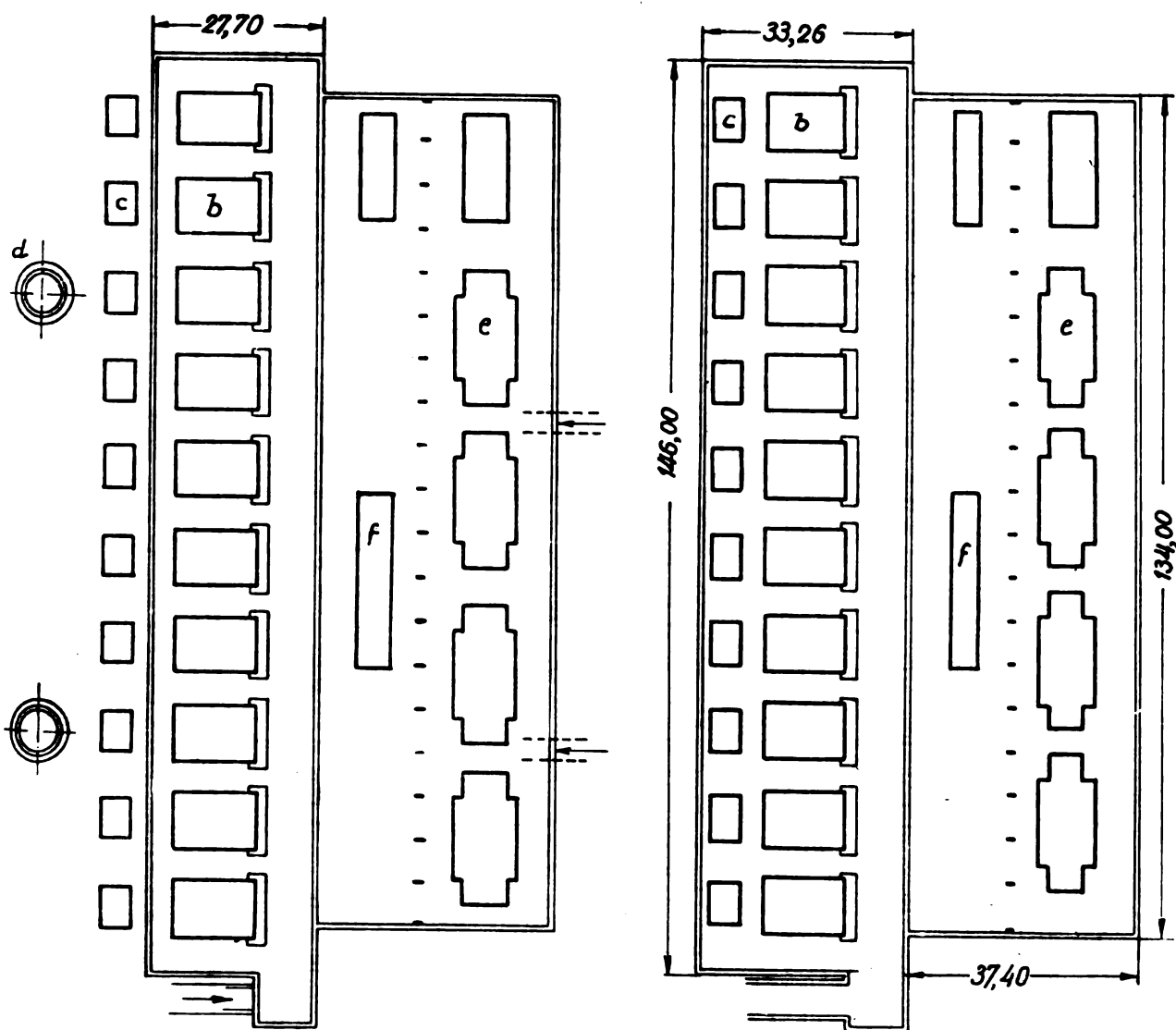
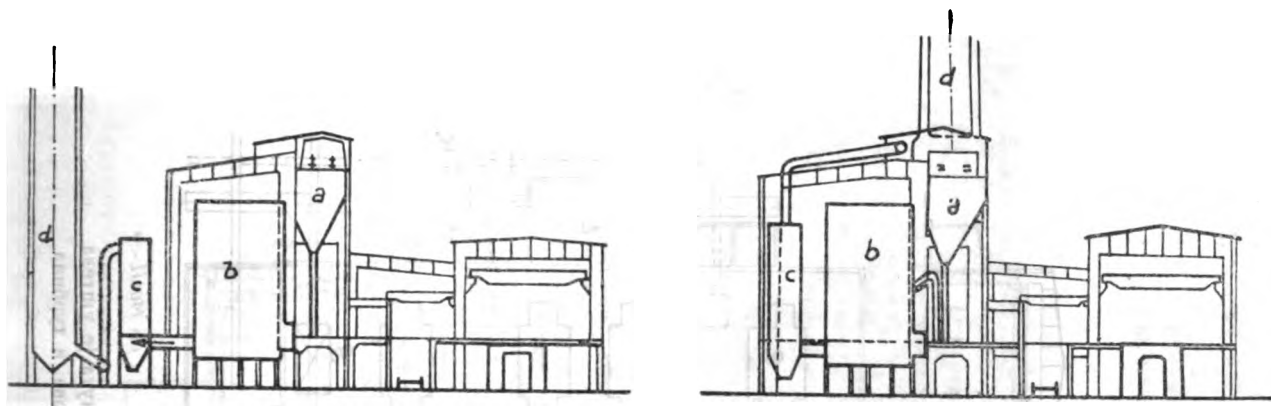
35. Могућност проширења (³¹/₇)

При планирању ТЕ треба увек водити рачуна о могућностима проширења објекта. Искуство показује да се потребе у капацитетима брзо повећавају и да постојеће прилике застаревају. Ово је један минус за ТЕ са архитектонског гледишта, јер потпуно завршена зграда (нарочито код изградње у блоку) претставља естетску целину.

Плафон изградње ТЕ често је ограничен расположивим количинама воде за хлађење и производним могућностима рудника из кога се снабдева горивом. Међутим, и поред ових ограничења, треба предвидети могућност мањих проширења, јер се често тек после стечених погонских искустава покаже да су она неопходна. Тако се код ТЕ са добро усклађеним капацитетима котлова и турбина може указати потреба за додавањем веће котловске резерве но што је предвиђено, јер је искуство показало, да се рад котлова примењене конструкције са расположивим горивом мора чешће обустављати због чишћења грејних површина од налепљене шљаке и ватложеног пепела.

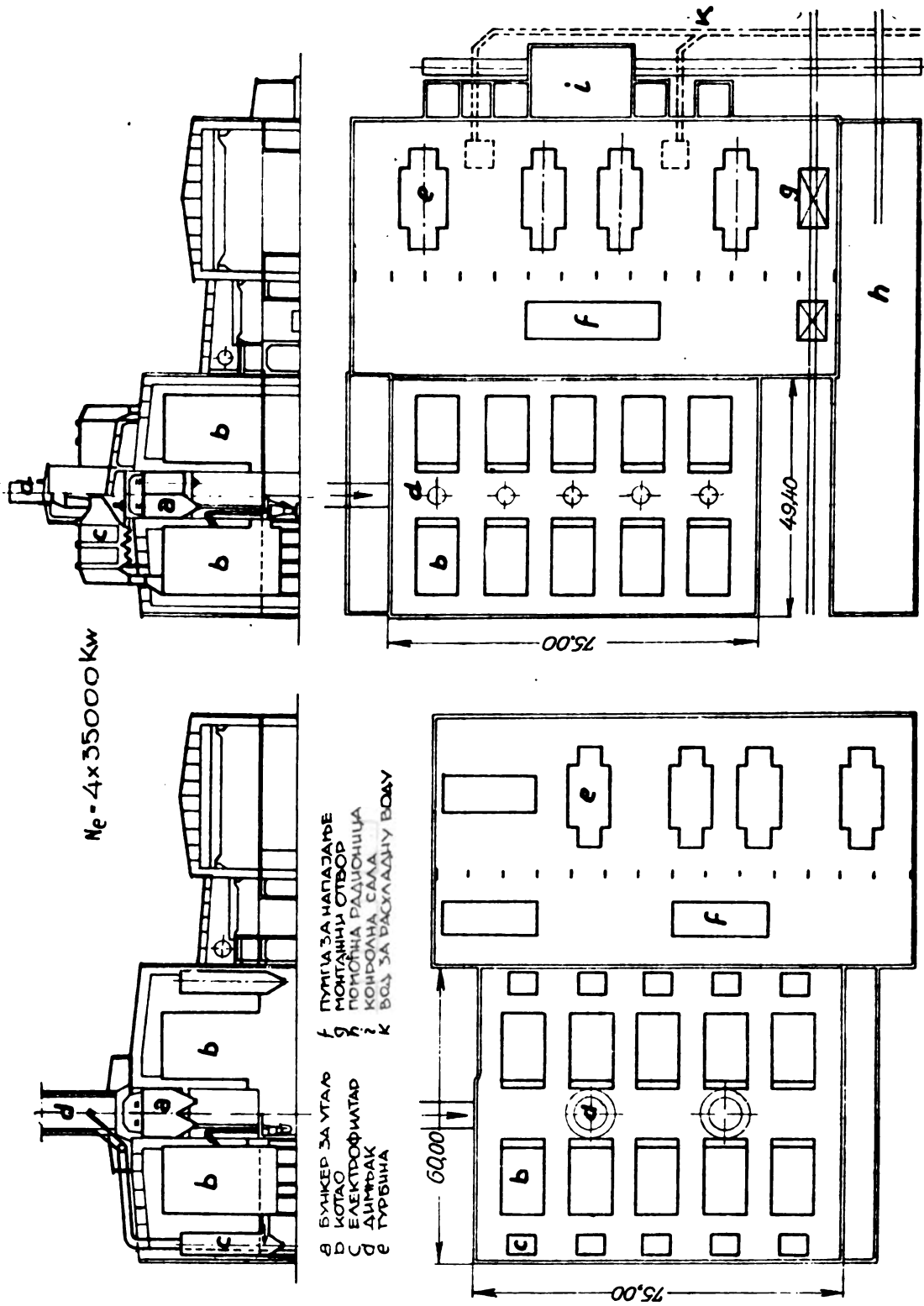
36. Сјрезање кошлова и Турбина (³¹/₈, ³¹/₉, ³¹/₁₀)

Однос дужих осовина зграде котларнице и зграде за турбине може бити паралелан



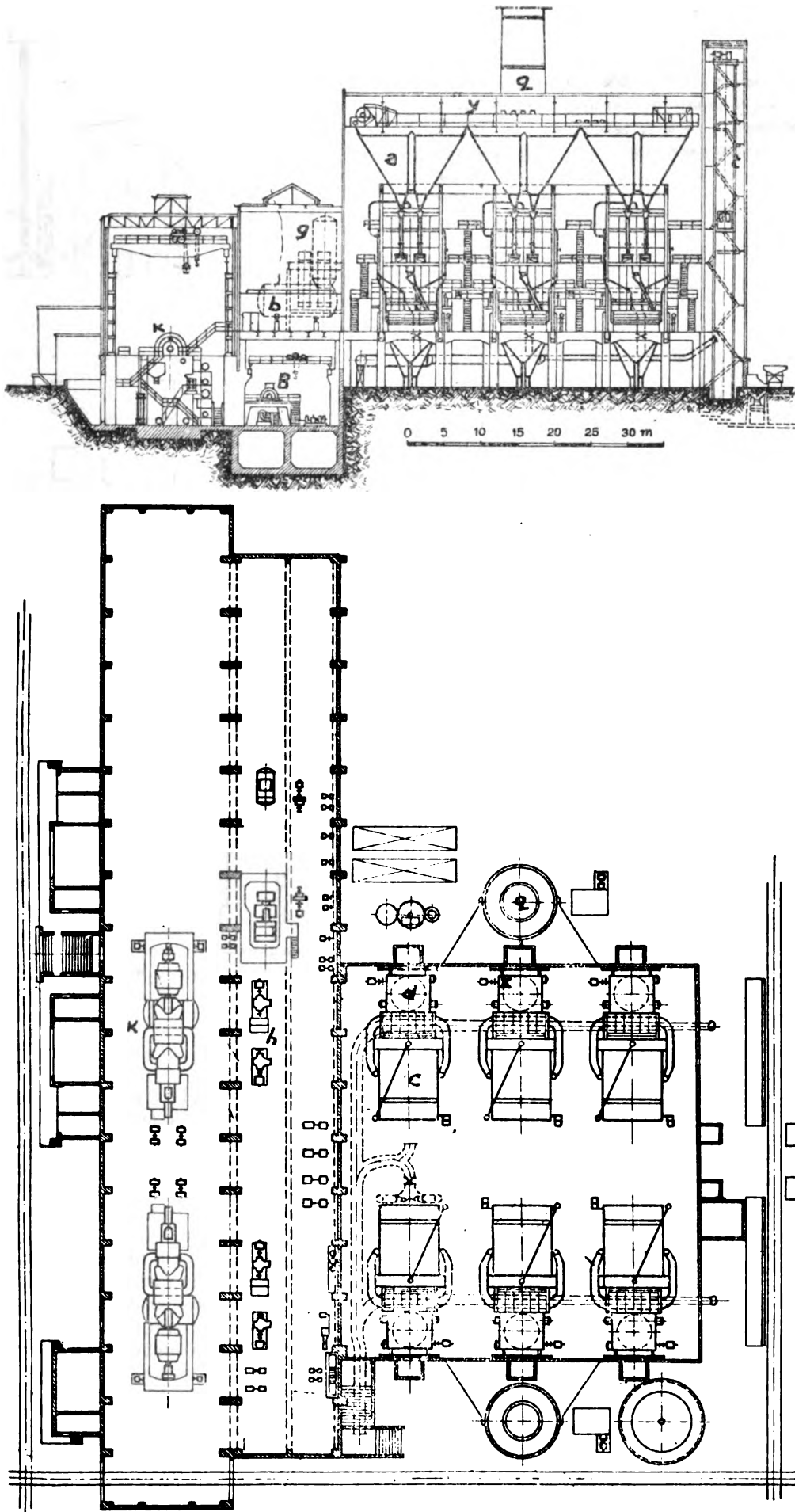
В/БУНКЕР ЗА УГАЉ - Б/КОТАО - С/ЕЛЕКТРОФИЛТАР - Д/ДИМЊАК - Е/ТУРБИ-
 ЦЕ - F/ГРУПЕ ЗА НАПАЈАЊЕ

Д. 360 — Т Е (140 MW) са једноредним котларницама. Паралелан распоред зграда котларнице и турбинске сале,
 Г распоред котлова и турбина са координационим бројем два уз два резервна котла. Постављање електро-филтра
 у зграду изазива повећање основе од 9,2%. (22)



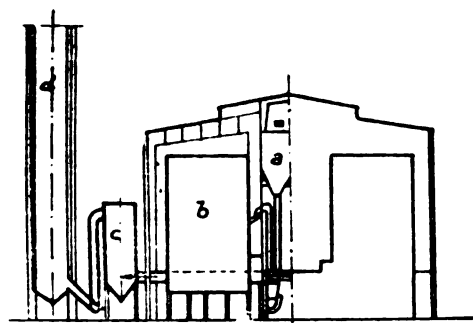
по Musil - y

Сл. 361 — Т Е (140 MW) са дворедним котларницама. Постављањем електро-филтара на кров постигнута је уштеда на основи котларнице за 10%. Међусобни положај зграда котларница и турбинских сала као и котлова и турбина је паралелан. Координатни бројеви су два уз резерву од два котла (ж)



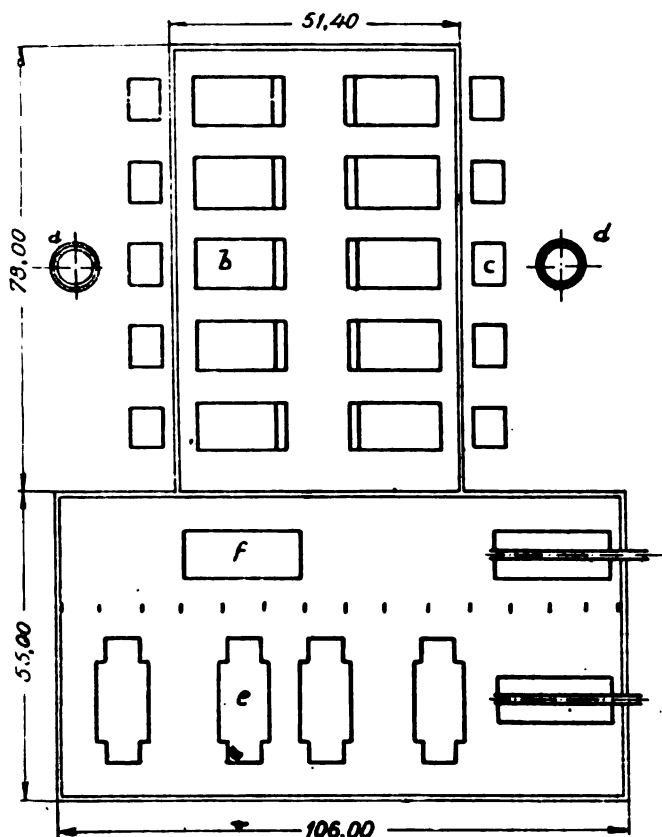
Сл. 362 — Т Е са дворедном котларницом и турбинском салом у распореду Т. Котлови и турбине су у паралелном распореду. Координациони број је три. Удвостручне капацитета Т Е постиже се продужењем турбинске сале и доградњом нове котларнице. У овом случају би распоред зграда био П.

а. бункер за угаљ, б. предгрејач, с. коџа, д. ексхаустор, ф. димњак, г. елеватор за угаљ, у. надбункерска трака, г. одгазивач, В. мосни к, ан у одељењу за пумпе, К. турбина, п. пумпа за напајање (25



- a БИШКЕР ЗА ВГАА
 б КОТЛО
 c ЕЛЕКТРОДИНАТОР
 d ДИМНИК
 e ТУРБИНА
 f ПУМПА

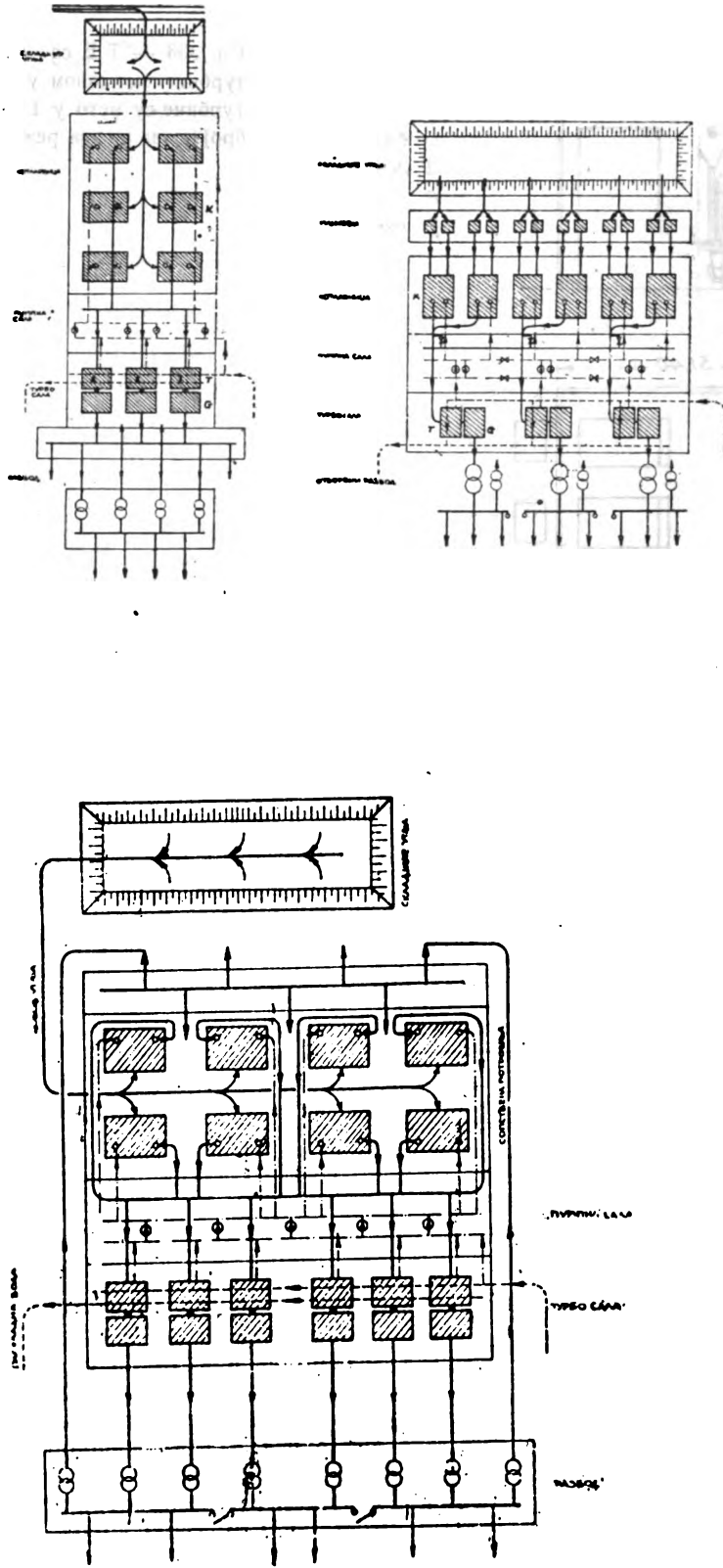
Сл. 363 — Т Е са дворедном котларницом и турбинском салом у распореду Г. Котлови и турбине су исто у Т распореду. Координациони број је два са два резервна котла за целу Т Е (28)



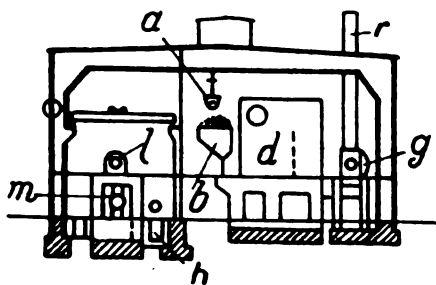
или у облику слова Т. Исти такав однос може бити између котлова и турбина.

У пројектовању ТЕ важан је и тзв. односи (координациони) број између котлова и турбина. У зависности од грађевинских услова и услова експлоатације, тај број се данас креће од 1—4. Код савремених постројења углавном се још примењују концепције код којих једној турбини одговарају два или један котло. Европа се углавном задржава на односном броју 2, а Америка, прелазећи на блок-систем, усваја односни број 1. Односни број 2 задовољава грађевинске захтеве, погонске

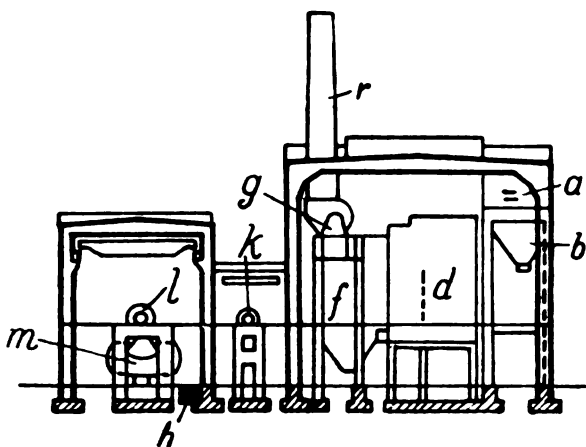
услове и услове у погледу капацитета. При односном броју 2 може се користити Т однос турбина и котлова са паралелним распоредом котларнице и турбинске сале. Сматра се да је овај начин постављања котлова и турбина, као и зграде котларнице и турбинске сале, најекономичнији. Ширина два котла са потребним међупростором приближно одговара дужини турбине високог притиска (при овоме узет је притисак $p_k = 100 \text{ atü}$ и $D_1/L = 15 \text{ t/hm}$). Овакав начин постављања при односном броју 1 могао би бити целисходан једино код котлова граничног капацитета чије ширине прелазе



Сл. 364 — Три различные шемы тока энергии крос Т В (28)



Сл. 365 — Слика горе: Т Е код које су котлови и турбине смештени у истој хали рамовске конструкције. а. вагонет на високој шини за довоз угља, б. лимени бункер за угља, д. котло, г. ексхаустор, г. лимени димњак, л. турбина, м. кондензатор, н. канал за расхладну воду.



Слика доле: Т Е код које су котлови смештени у једној а турбине у другој хали.

а. надбункерска трака, б. бункер за угља, д. котло, ф. електро-фиатар г. ексхаустор, г. димњак, к. пумпа за напајање, л. турбина, м. кондензатор, н. канал за расхладну воду (²¹/₈).

25 m, (у САД као гранични капацитет котла сматра се $D_1 = 600$ t/h, а у Европи $D_1 = 400$ t/h). Овим котловима одговарале би турбинске групе снаге 100—150.000 KW. Скраћивање турбине постиже се постављањем турбине претходнице или изградњом агрегата са више осовина. Паралелно постављање турбина и котлова одговара мањим капацитетима (око 10.000 KW), јер се код њих може лако остварити и односни број 1. У границама назначеног капацитета искоришћење површине турбинске сале је ефикасно и при паралелном постављању турбина и котлова. Повећањем капацитета овај начин постављања постаје неекономичан, пошто се повећава ширина једног, два или више котловских агрегата (у зависности од односног броја), а одговарајући простор у турбинској сали остаје неискоришћен. Зато се код већих капацитета при паралелном постављању усвајају турбине са више осовина, (уколико паралелна спрега задовољава погонске услове), или се на слободном простору између турбина смештају уређаји који нормално долазе у засебно тзв. „пумпно“ одељење.

37. Изградња у блоку или раздвојено. (²¹/₂, ²¹/₈)

Под изградњом у блоку подразумева се такво решење где су котларница и турбинска сала у једној грађевинској целини, насупрот раздвојеној изградњи, где међу њима постоји међупростор (сл. 263).

Процеси у једној ТЕ уско су повезани, како погонски тако и у погледу спрезања, те је стога раздвојени начин изградње штетан по процес ТЕ (сл. 364). Одвајањем котларнице и турбинске сале повећавају се трошкови изградње и погона, и отежава прегледност и команда. У слободном простору између зграда може евентуално пролазити улица или нека друга комуникација, (у том случају, ако је то једино решење, раздвојени начин изградње је оправдан), или се могу подићи димњаци и поставити вентилатори, уређаји за пречишћавање димних гасова или измењивачи топлоте. Котларница и турбинска зграда везују се међусобно прелазима, или, помоћу зграда за пумпе, за електрични развод, за канцелариску зграду итд.

Раздвојени начин изградње, уколико нису неопходни високи димњаци, може дати објекту ТЕ изглед репрезентативне грађевине и на тај начин прикрити функционалност.

38. Начин изградње у облику дворана или лаки и Шешки начин изградње (²¹/₃)

Механички и електрични део ТЕ заштићује се од мрза и других временских непогода најчешће постављањем машина и уређаја у једну (у случају мањих капацитета) или више дворана скелетне или рамовске конструкције. Тешке машине се постављају на сопствене фундаменте, који се изводе независно од фундамената зграде. Кровне конструкције се предвиђају за ношење само лаких терета.

Слика бр. 365 претставља разна грађевинска решења за ТЕ. На горњем цртежу дата је једна мања ТЕ која има заједничку дворану за котлове, турбине и помоћне уређаје. Доњи цртеж претставља ТЕ са посебним дворанама за котларницу и турбинску салу. Дворане су армирано-бетонске рамовске конструкције, а између њих је смештено одељење за пумпе са лаког кровном конструкцијом. Бункери за угаљ се делимично ослањају на независне челичне стубове, а са спољне стране ослоњени су на рамовску конструкцију котларнице. Кратак димњак у котларници постављен је на електрофилтру, који му служи као постоље.

На цртежу 264 десно дата је ТЕ са две дворане, једна за котларницу, а друга за турбинску салу, и са зградом за пумпе, између њих. Димњак са електрофилтром и вучним уређајем, као и бункери за угаљ, смештени су ван поменутих зграда на сопственим фундаментима. Незгодна страна ове концепције је укрштање димних канала са постројењем млинова и бункера за угаљ.

Сем овог лаког начина изградње по систему дворана, код кога су конструкције зграде неоптерећене, постоје и таква решења, код којих су дворане димензионисане на тај начин, да се димњаци, филтри и вентилатори постављају на кров или да се за конструкцију вешају тешки делови и бункери за угаљ. Ово продужује време (за армирано-бетонске конструкције) и повишује трошкове изградње. Начин изградње у облику дворана има предности ако се ради о челичној конструкцији. Армирано-бетонска конструкција (у већини случајева рамови) изискује велике количине цемента, бетонског гвожђа и дрвета за оплате; време изградње је у том случају дуже, јер се са монтажом машина може почети тек пошто су кровне конструкције стављене у оплату.

Економично решење изградње ТЕ треба тражити у изградњи у блоку. Напредак у изградњи претставља грађење у блоковима, од

којих је један изведен као тешка, а други као лака грађевинска конструкција (мисли се на делове блока). Највећи проблем у погледу оптерећења конструкције зграде претстављају димњаци на зградама и електрофилтри, а у погледу простора уопште пречистачи, а нарочито електрофилтри.

У тешком делу зграде треба сконцентрисати на једном фундаменту што је могуће више елемената котларнице, односно ТЕ. Обично се код котлова са једним каналом смештају у доњи грађевински део димњака електрофилтри, уређаји за вучу, резервоари за воду за напајање, бункери за угаљ и млинови. Тај масивни грађевински блок назива се „тешка изградња“ (сл 265) На тај начин може се само један део ТЕ извести у грађевинском смислу као тешка изградња. У близини електрофилтра треба предвидети место за његово разводно постројење високог напона. У овај тешки део зграде уграђују се заједничка топлотна и електрична команда, јер се он налази приближно на истом отстојању од котловских и турбинских постројења. Већи делови ТЕ са сопственим посебним фундаментима, као што су котлови и турбогенератори, требало би да се постављају у делове зграде лаке конструкције. При том треба ићи по принципу спајања фундамената мањих, лаких, кабастих елемената, чије место није строго фиксирано (подређени елементи — помоћни уређаји).

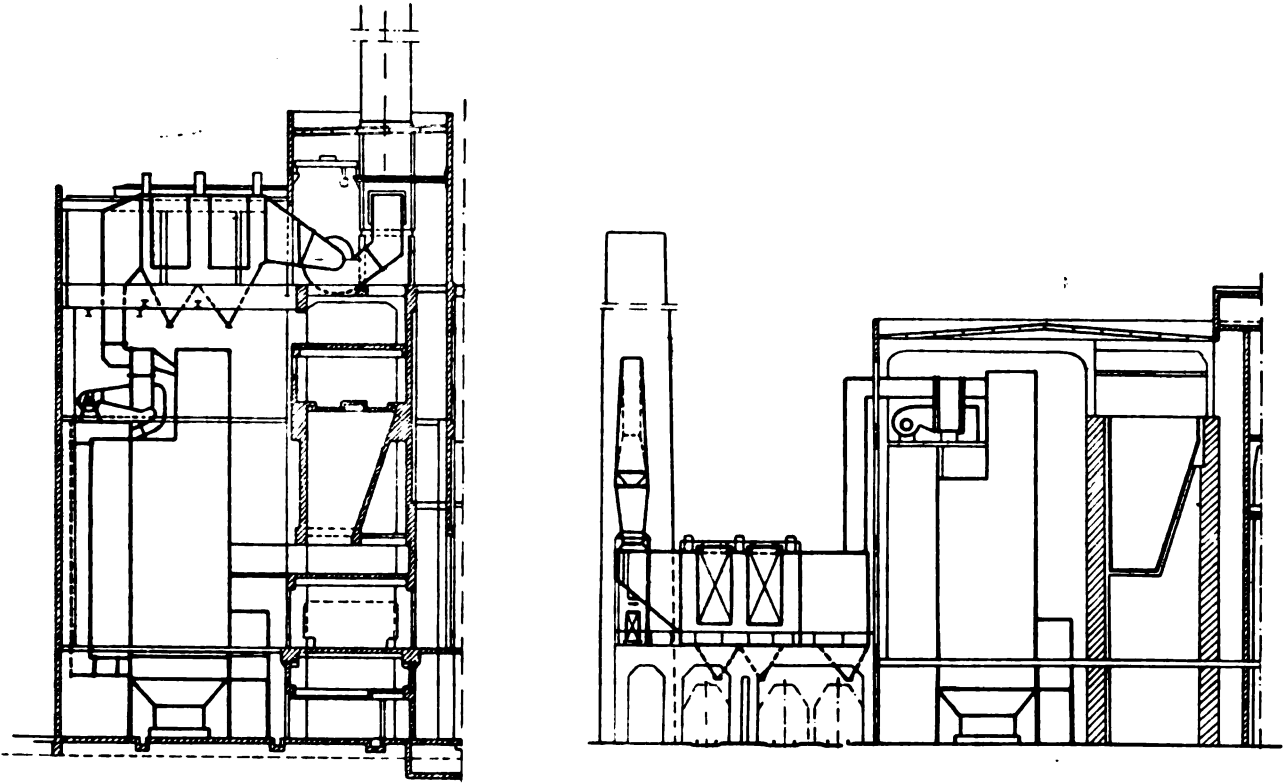
Из приложених цртежа разних изведених објеката виде се могућности распореда, број тешких и лаких конструкција, као и њихов међусобни положај.

39. Централна или децентрализована (²¹/₃)

Ради бољег прегледа целокупног погона и бољих могућности руковања са једног места, централизована контрола и команда претпостављају се децентрализованом, нарочито код великих објеката.

40. Проблем скраћивања дубине изградње (²¹/₃, ²¹/₄)

Скраћивање дубине изградње може се постићи следећим мерама: применом вертикално артикулисаних котлова, уколико гориво и други услови то дозвољавају. Уместо заданог димњака поставља се лимени или специјални зидани димњак на крову котларнице, а код мањих постројења на самом скелету котла. Пречистач димних гасова смешта се у котларницу или на њеном крову. Уређај за сопствену потрошњу поставља се у просторију са стране, у којој су смештене пумпе и предгрејачи. При оваквом решавању турбинска сала се може поставити иза котларнице, тако да се код фронта опслуживања добије више светлости и боља прегледност. Постављањем просторије за пумпе и помоћне уређаје између котлова,

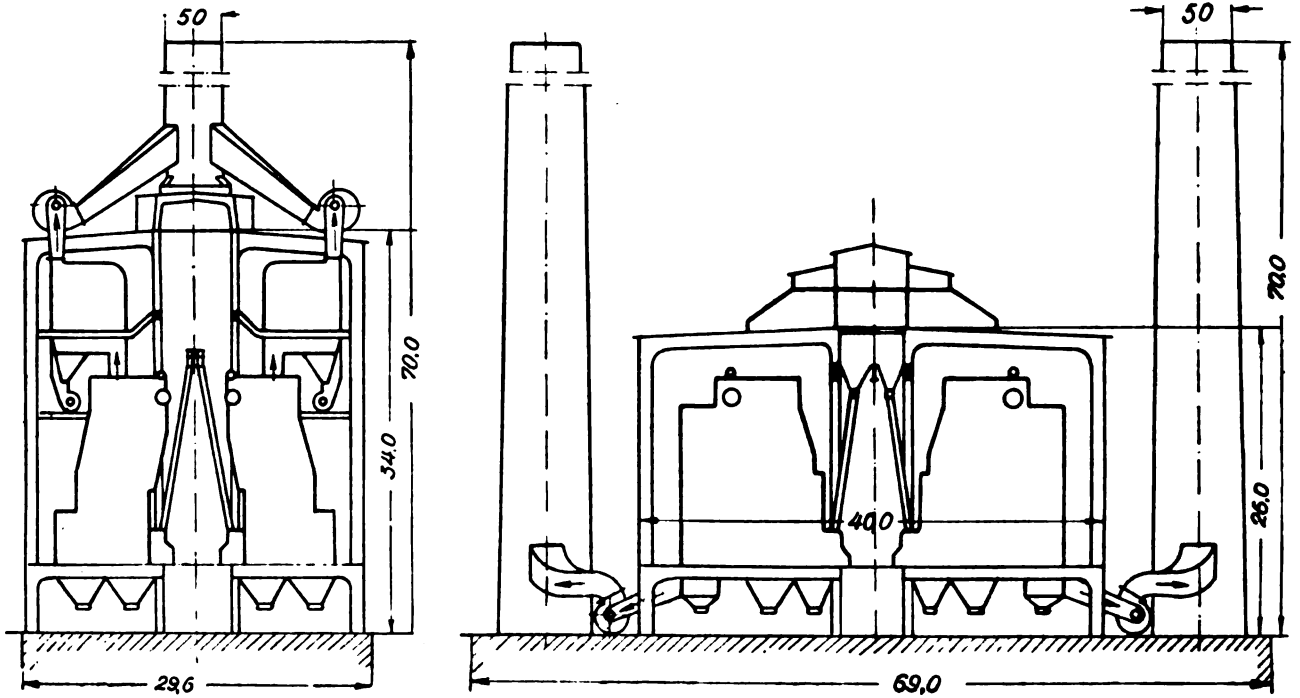


Сл. 366 — Утицај постављања електро-филтра и димњака на дубину изградње котларнице. Слика лево: вертикално артикулисани котло са електро-филтром и димњаком на крову изазива смањење потребне површине основе и извесно повећање висине и поскупљење конструкције зграде. Слика десно: исти котло са електро-филтром и димњаком на земљи ван зграде (28)

а не у посебној просторији иза котлова, повећава се дужина котларнице и тиме смањује дубина. Код овог решења, а нарочито при паралелном постављању турбина добија се котларница ширира од турбинске сале. У овом случају може се усвојити Т распоред котлова и турбина, а да турбинска сала не буде ширира од котларнице. У погледу проширења, код ове концепције треба у првој етапи изградње предвидети потребну површину одељења за пумпе и помоћне уређаје, које ће задовољити и плафон изградње.

У сврху смањења дубине прибегава се чак и постављању бункера за угаљ између котлова.

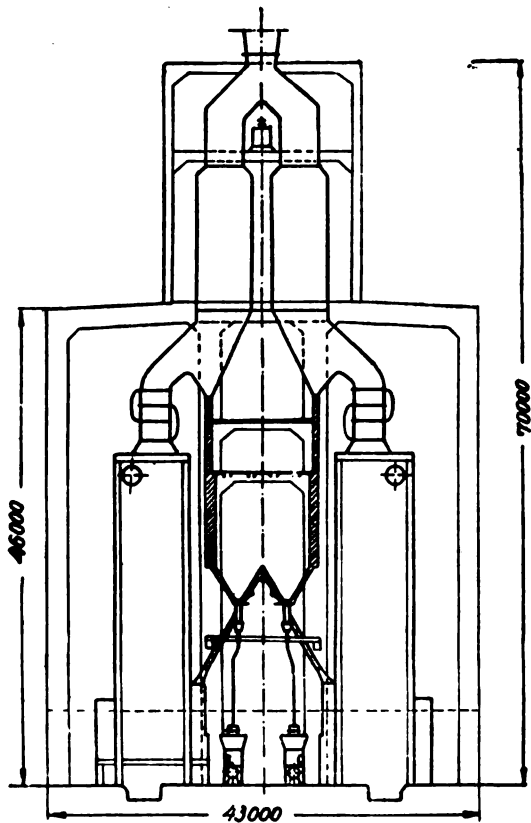
Ради смањења дубине изградње целог објекта може се применити изградња одвојене котларнице од турбинске сале. Котловска зграда чини један грађевински блок, док турбинска сала и разводно постројење чине други блок (пумпе за напајање и помоћни уређаји смештени су у котларници између група котлова).



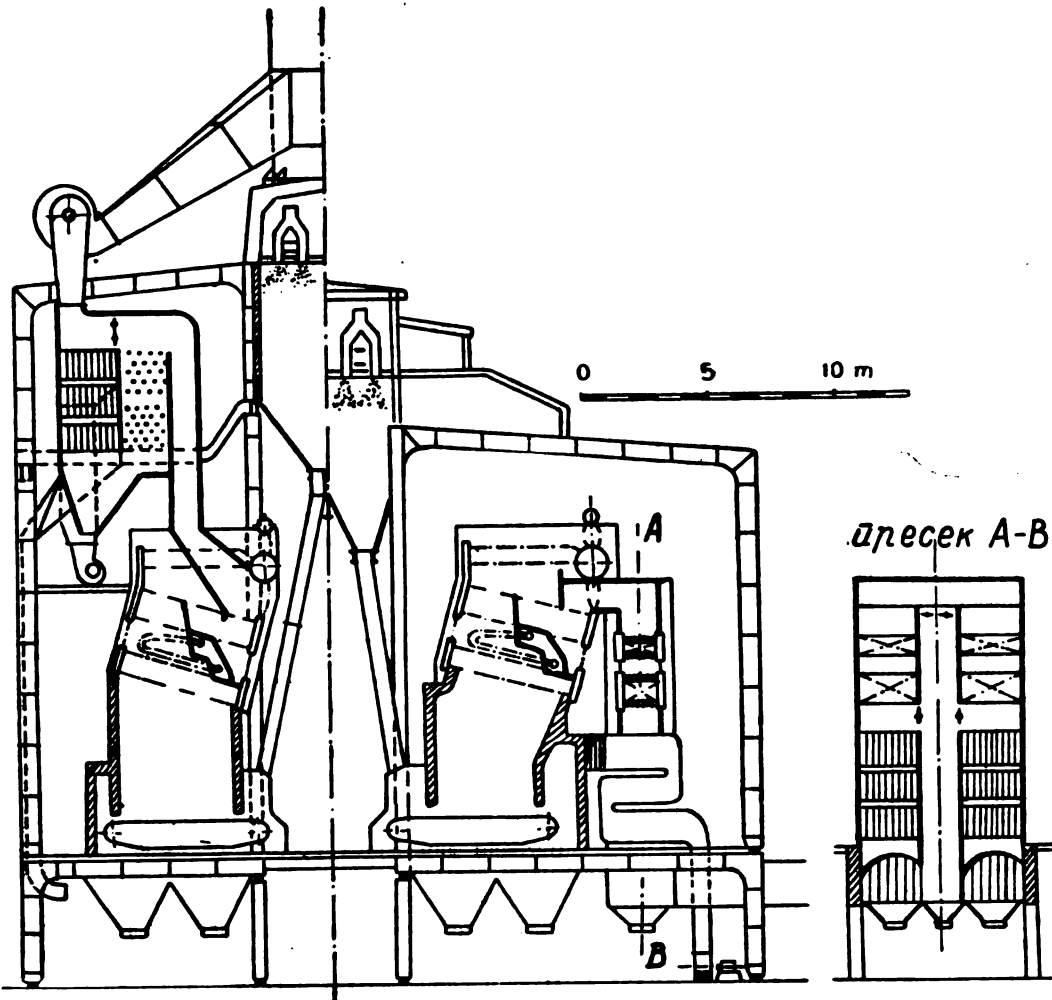
Сл. 367 — Упоређење дубине изградње две котларнице истог капацитета са истим бројем котлова.

Слика лево: вертикално артикулисани котлови са димњаком на крову.

Слика десно: хоризонтално артикулисани котлови са димњацима на земљи (2²/₁)



Сл. 368 — Дворедна котларница са једноканалним котловима и вертикалним електро-филтрима постављеним на крову зграде у затвореном простору. (2²)

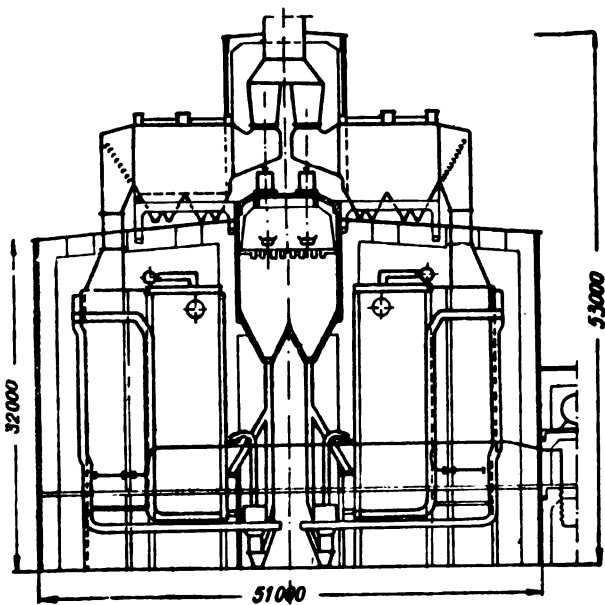


ВЕРТИКАЛНО РАЗБИЈЕН
КОТАО СА ТРЕЋИМ КА-
НАЛОМ ИЗНАД КОТЛА
У КОМЕ ЈЕ СМЕШТЕН
ЕКО И ЗУВО

ХОРИЗОНТАЛНО РАЗБИЈЕН
КОТАО СА ТРЕЋИМ КАНАЛОМ
ИЗА КОТЛА У КОМЕ ЈЕ СМЕШ-
ТЕН ЕКО И ЗУВО

пресек А-В

Сл. 369 — Поређење котларнице са вертикално артикулисаним котловима и димњаком на крову са котларницом са хоризонтално артикулисаним котловима и димњаком на земљи (23/1)



Сл. 370 — Дворедна котларница са котловима са једним и по каналом и хоризонталним електро-фильтром који су постављени на крову са лаком заштитом. У поређењу са Сл. 368 види се да је код ове котларнице рационалнији вертикални пресек (51×53<43×70) (23)

Општа грађевинско-архитектонска и енергетско-економска гледишта (^{21/3}, ²⁴, ^{25/21})

При одређивању локације за ТЕ треба водити рачуна о следећим условима:

а) добар прикључак на железнички и водени пут;
б) близина извора горива и добра комуникација са њим;

в) положај објекта према потрошачима електричне и топлотне енергије;

г) довољна количина јефтине воде за хлађење;

д) носивост терена, његова цена и облик;

ђ) могућност смештања пепела и шљаке;

е) мање осетљива околина према засипању;

Пројектовање ТЕ не може се у потпуности типизирати; у томе погледу се може дати већи или мањи број смерница, међу којима би најважније било следеће:

1) Задовољити услове локације.

2) Остварити у што је могуће већој мери праволиниски ток материјала и енергије.

3) Предвидети могућност проширења.

4) Водити рачуна о принципима стандардизације и о прописима који се крећу у том правцу. Усвајати притиске, температуре и снаге у оквиру постојећих норми. Потребно је да се грађевински елементи све више стандардизују (^{22/1}).

5) Искористити расположиво гориво; треба га оплеменили или мешати, уколико техника ложишта није савладала проблем сагоревања те врсте горива.

6) Цена капитала (интерес, порез, осигурање итд), висина инвестиција, трошкови погона и одржавања имају утицаја на пројекат ТЕ.

7) Прикључак на железничку пругу треба да имају: складиште угља, турбинска сала, трансформатори, магацини, складиште пепела), ако се транспорт врши вагонима.

8) При распоређивању зграда треба водити рачуна о остварењу правилног технолошког процеса.

9) Димензионисање складишта треба извршити у зависности од отстојања и сигурности рада снабдевача горивом.

Запремину, број и распоред котловских бункера треба одредити према капацитету постројења, жељеној резерви у гориву и сигурности средстава за допрему горива, као и према погонским условима који се постављају, конструкцији и диспозицији зграде и носивости терена.

10) Ако се усваја концепција котларнице високоградње без димњака, треба, услед мале висине ушћа димњака, водити рачуна о количини продуката сагоревања, јер је у неким случајевима укупна снага ТЕ знатно ограничена највећом количином гаса која је дозвољена с обзиром на осетљивост околине.

* А. У тер Linden (^{25/23}) мисли да је теориски могуће конструисати уређај за пречишћавање излазних гасова који би у потпуности заштитио околину котларнице од засипања, али да би ова инсталација у извесним случајевима била толико скупа да би њена примена била врло ретко оправдана. Стога се мора створити компромис између хигијенских и економских захтева и усвојити решење које даје одговарајућу заштиту околине при сношљивим инвестицијама и трошковима експлоатације. Овај аутор заступа гледиште да треба применити високе зидане димњаке, подвлачећи њихову предност у погледу надвисивања турбулентних зона у близини земље.

Према ауторовом мишљењу, а на бази постојећих подела, може се за наше прилике дати следећа класификација уређаја за пречишћавање излазних гасова:

1) За мања индустријска котловска постројења са једним котлом капацитета до $D_1 = 10$ t/h примењив је једноставан циклонски издвајач.

11) Од погонских услова зависи да ли ће се веза између котлова и турбина извести на „блок“ принципу или помоћу једне од постојећих шема ценовода. Међутим, често се пројектовање водова врши и према личним жељама и назорима.

12) Природна или вештачка вуча. У многим случајевима на избор вуче утиче положај ТЕ и захтеви околине. Данас се сматра као обавезна вештачка вуча, не узимајући у обзир мање котларнице. Код савремених котлова и највиши димњаци не би били довољни за савлађивање отпора. Да би се постигла економична вуча, ради се са комбинованом промајом, помоћу димњака и ексаутора. Висину димњака одређује количина дегтег пепела и SO_2 , у зависности од услова које поставља околина. Разлика између укупно потребне вуче и оне коју даје димњак усвојене висине покрива се вештачком вучом.

Осим горе изложеног у обзир се мора узети и економска страна природне или вештачке вуче, ниског или високог димњака. Ниски димњаци захтевају појачану вештачку вучу. Ако се апстрахује дејство димњака на коефицијенат уређаја за пречишћавање гасова, с једне стране се појављује смањење инвестиција, а с друге стране повећање потрошње енергије за постројење вештачке вуче.

Ниски димњаци могу се корисно употребити код постројења малог капацитета, која имају нефорсирана ложишта за сагоревање у слоју угља са малим процентом пепела, нарочито ако услови у погледу засипања околине нису строги. Код оваквог постројења рад са природном промајом захтевао би релативно висок димњак који претставља веће финансијско оптерећење но инвестиција за вучно постројење и његова потрошња електричне енергије (закључак изведен на бази постројења са два котла од $D_1 = 5$ t/h и зиданог димњака од $H = 65$ m).

Високим димњацима постиже се смањење не само уређаја за вештачку вучу, већ и потребног степена дејства уређаја за пречишћавање гасова.

13. При избору начина пречишћавања гасова треба водити рачуна о следећим чињеницама: *

Механички пречистачи, чији су системи многобројни, имају врло висок степен дејства издвајања крупних честица; али при малим величинама честица ов нагло опада, тако да је укупни степен дејства нижи но код електричних пречистача и течних издвајача где се добро издвајају и ситне честице.

Просечни отпори у појединим групама пречистача гасова су следећи: (^{21/3})

| | | |
|----------------------|---------------|---------------|
| механички пречистачи | 30 – 75 mm.WS | према систему |
| влажни издвајачи | 10 - 50 | • • • |
| електрофилтри | 3—10 | • • • |

2) За котловско постројење капацитета до $D_1 = 50$ t/h (два или више котлова) са сагоревањем угља у слоју, ако се оно не налази у самом граду, задовољавају два циклонска издвајача везана паралелно.

3) За котловска постројења капацитета до $D_1 = 100$ t/h са угљеним прахом у ређе насељеним областима може се применити мултициклонски пречистач гасова. Ако је насеље гушће примениће се сериски везани обични циклон са мултициклоном или комбинација циклона са мултициклоном (у једном склопу).

4) За велика котловска постројења у густо насељеним областима примењује се електрофилтар високог дејства или комбинација мултициклона са електрофилтром (сериска веза).

У свим наведеним случајевима високи димњак је неопходан ако треба заштитити од засипања најближу околину котларнице.

Код влажних издвајача мора се узимати у обзир велика потрошња воде и материјала. (²¹/₁)

На избор начина пречишћавања гасова утиче потребни степен дејства, карактер износа (у погледу круп-

ноће и облика), проценат пепела у гориву, висина димњака, капацитет котловског постројења, капацитет и снага уређаја за вештачку вучу и расположива финансијска средства.

Табела бр. 45

Упоредње потрошње енергије за помоћне уређаје у KWh/t угља код јединица са угљеним прахом и циклонских јединица (поређење се врши при нормалном оптерећењу) (¹⁸/₁)

| | Постројење № 1 | Постројење № 2 | Постројење № 3 | Јединица 20-А у ТЕ Calumet | Рачунато на јединицу 20-А ТЕ Calumet | | | |
|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| | | | | | 1143 mm WS излазни притисак на вентилатору за принудну промају | 889 mm WS излазни притисак на вентилатору за принудну промају | 1397 mm WS излазни притисак на вентилатору за принудну промају | 1143 mm WS излазни притисак на вентилатору за принудну промају |
| Ексхаустор | 10,0 | 10,8 | 13,2 | 16,0 | 10,6 | 10 | 0 | 0 |
| Вентилатор за принудну промају | 11,0 | 5,0 | 7,3 | 36,5 | 32,0 | 25,0 | 39,1 | 32,0 |
| Мљив и вентилатор или припремач | 16,0 | 19,3 | 21,2 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 |
| Укупно | 37,0 | 35,1 | 41,7 | 54,3 | 43,8 | 36,8 | 40,9 | 33,8 |

Табела бр. 46

Преглед везивања шљаке и оптерећења прашином јединице 20-А, Calumet ТЕ (¹⁸/₁)

| | |
|-------------------------------------------------------------------|-------------|
| Датум почетка опита | 30.X.1944 |
| Испитивање завршено | 30.III.1946 |
| Сагорено угља у t | 55838 |
| Процент пепела у угљу | 13,46 |
| Количина пепела у угљу у t | 7516,9 |
| Груба шљака, у t | 6670,1 |
| Влажност у шљаки, у % | 7,61 |
| Чиста шљака, у t | 6162,5 |
| Издвајање пепела у виду шљаке, у % | 82 |
| Нормално пражњење прашице кроз димњак, у % | 7,5 |
| Нормално пражњење прашице кроз димњак, $\frac{gr}{Nm^3}$ | 1,37 |
| Повећане пражњења прашице кроз димњак услед рада дувача чађи, у % | 2,5 |
| Смањене пепела са повећањем температуре од 750° C—1650° C, у % | 5,5 |
| Неурачунат пепео, у % | 2,5 |

ЗАКЉУЧАК

У овом поглављу изложен је мали број компонената од којих зависи облик котла и котларнице. Нарочита пажња је обрађена утицају горива, углавном угља. Првенствено су изложени једноставнији и очигледнији утицаји.

Са слике 371 види се да је у првом реду гориво узрок промене облика силуете котларнице. Гориво, пре свега, одређује облик ложишта, а pepeo из горива — тип пречистача гасова и димњака. Котао, пречистач и димњак су најутичајнији фактори за облик котларнице.

Поред утицаја горива поменут је још и извештан мали број фактора који утичу на облик котла, котларнице и целе ТЕ. На пример на габарит специјалних котлова (бродски котлови) велики утицај може имати прелаз са природне на принудну циркулацију⁽⁴²⁾. Принудна циркулација пружа више могућности да се облик прилагоди расположивом простору. Код стабилних котлова утицај врсте циркулације воде на габарит котла је незнатан или никакав услед доминантног утицаја ложишта (слика 372).

Утицај система сагоревања у вези са горивом подвучен је већ у неколико махова. Тенденција савремених система сагоревања је, поред осталог, интензивирање реакције сагоревања, скраћење пута честице горива, а продужавање времена задржавања честице горива у ложишту. Код угаоног ложења ово се постиже прстенастим пламеном.* На слици 373 дато је поређење котлова са угаоним ложењем са котловима са У пламеном. Тежиште смањења величине пресека је у смањењу ложишта. Из изложеног се види да је систем ложења изазвао ово смањење (постигнуто

веће $\frac{Q_1}{V_R}$)

Код котловских постројења су и данас трошкови горива, поред амортизације инвестиција, највећа ставка у анализи цене произведене паре. Услед овога је рационално сагоревање што јефтинијих угљева у некомпликованим и јефтним постројењима кључни и проблем при планирању и експлоатацији котларница. Знатан допринос за решавање овога проблема дала су циклонска ложишта.**

* Код угаоног ложења пламен се креће по хеликонди. Оне крупније честице горива које су изнад граничног зрна издвајају се из пламена и налепљују на филм течне шљакe, који покрива зидове ложишта. Кретање ових честица је приближно исто (по брзини и смеру) са отицањем шљакe низ зидове ложишта (брзина отицања највише зависи од вискозитета шљакe и температуре ложишта). Релативна брзина ваздуха према овим честицама је много већа но према оним које су у струји пламена (мала брзина отицања шљакe у супротном смеру од кретања пламена и ваздуха, који имају велику брзину). При избору висине постављања пламењака и њиховог угла (²⁵/₁₄ треба водити рачуна да издвојене честице на филму шљакe не дођу до дна, или боље речено до отвора за отицање, пре него што сагоре. Ситније честице угља које су испод граничног зрна остају ближе осовини ложишта, где су брзине струјања мање (тангенцијална, радијална и аксијална компонентна), те се оне и дуже задржавају у ложишту но сам прстенасти пламен (инертно језгро прстенастог пламена је под извесним вакуумом). Међу овим ситнијим честицама налазе се извесне крупније, неиздвојене честице, које могу изгубити брзину лебдења те ће доћи до њиховог пропадања, тј. кретања у супротном смеру од струје пламена, што изазива повећање релативних брзина.

Из овога се види да је код угаоног ложења корисно да угаљ буде грубље млевен но код осталих система ложења угљеним прахом.

Овај начин ложења је сличан циклонском ложењу код кога је издвајање интензивније услед већих брзина, мањег пречника циклона и већих честица угља, а сагоревање на филму шљакe интензивније услед виших температура у ложишту.

** Може се очекивати да ће циклонско ложиште будућности бити гасогенератор са гасификацијом угља у лебдећем стању, са течним одводом шљакe (²⁵/₁ и да ће се постићи још веће релативне брзине пулзационим сагоревањем (²⁵/₈ или вибрирањем главне масе ваздуха (постављање вибратора са $N_z = 90-130$ на доводу за секундарни ваздух).

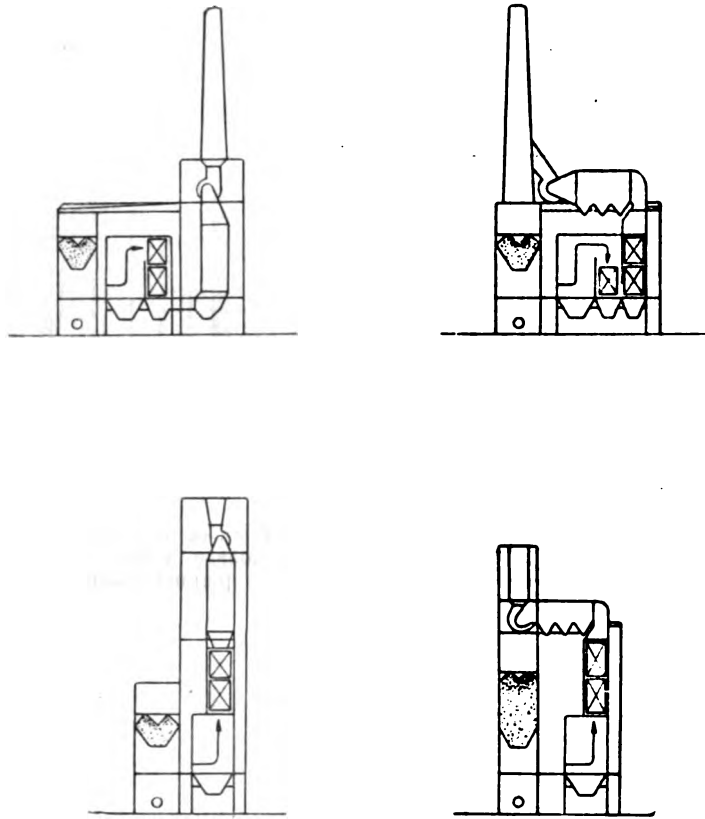
У погледу даљег повећања степена искоришћења може се очекивати да ће $\eta_k = 90\%$ бити експлоатациони степен искоришћења. Ово ће се постићи углавном снижењем температура излазних гасова, које се данас тешко постиже због високе тачке росе SO_2 и SO_3 и ниских температура зидова загрејача ваздуха. Услед овога долази до брзог зачепљивања и пропадања загрејача ваздуха од корозије (²⁵/₁₆, ²⁵/₂₁, ²⁵/₄₁, ²⁵/₄₄

У погледу облика самог котла вероватно да ће се тежити већим факторима облика (f) те ће се повећавати оптерећења Q_1 и тим даље смањивати габарит V_R

ложишта. Даље повећавање озрачености захтеваће ширу примену двоструко озрачених екрана и озрачених грејача. (²⁵/₈—²⁵/₁₃

Коришћењем горенаведеног данашњи гранични капацитети ће се прекорачити у блиској будућности помоћу вишециклонских котлова. (²⁵/₁₇.

За примену котлова са циклонским ложиштем у нашим ТЕ од 120 MW аутор сматра да би она била целисходна за угљеве из какањског базена и поред релативно малих капацитета котлова ($D \cong 120$ t/h) (²⁵/₄.



Сл. 371 — Утицај особина и квалитета угља на облик котларнице.

Слика лево горе: котларница са двоканалним котлом за углени прах, вертикалним електрофилтром и димњаком средње висине који је постављен на конструкцију зграде,

Ово решење се може применити за горива средњег квалитета (процент пепела мањи, а испарљивих делова већи), за сагоревање чијих честица нису потребне дугачке путање.

Вертикални електро-филтар може се применити за угљеве са мањим процентом пепела, у случају ако се не постављају строги услови у погледу засипања околине или уопште ако се од електрофилтра из било кога разлога не захтева велики степен издвајања (н.пр. код котлова са ложиштима у којима се велики проценат пепела везује). Вертикални електрофилтар дозвољава релативно велике брзине струјања гасова,

Мада код овог решења катао има повољну карактеристику $\frac{D_1}{V_R}$ добивено је неекономично решење у погледу кубатуре зграде. Применом система котла „ореп-pass“, електрофилтар би се могао поставити хоризонтално на кров зграде (као код слике десно горе), а димњак над тешким бункерским делом зграде.

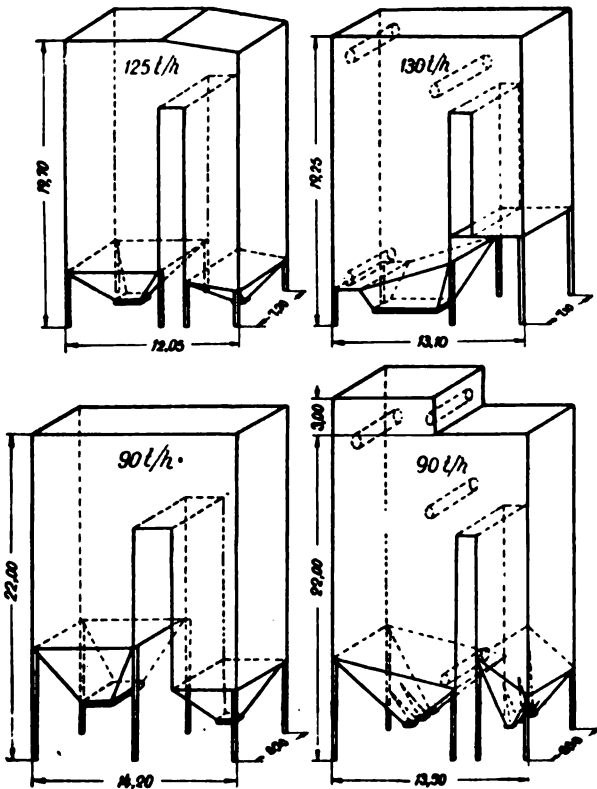
Слика десно горе: котларница са троканалним котлом за углени прах хоризонталним електрофилтром на крову зграде и вишим димњаком постављеним на тешкој конструкцији бункерског дела котларнице.

Хоризонтално артикулисани катао примењен је пошто је у питању гориво које захтева дужу путању (дуже време сагоревања). Ложиште је делимично и у другом каналу. Хоризонтални електрофилтар (дозвољене су мање брзине гасова) и виши димњак примењени су јер је потребан велики степен издвајања летећих честица (гориво са великим процентом пепела или мршава гориво код кога се појављује много летећег кокса⁴⁶, систем ложишта који везује мали проценат пепела, тј. суви режим угљеног праха, форсирано ложиште са сагоревањем у слоју или ложиште са убацивачем) и веће расипање (строжији услови у погледу засипања околине).

И поред тога што је катао са неповољнијом карактеристиком $\frac{D_1}{V_R}$ но први, постигнуто је боље искоришћење простора котларнице.

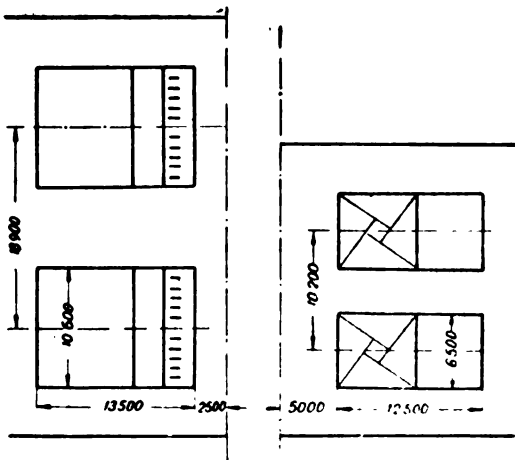
Слика лево доле: котларница високоградња без димњака. Једноканални вертикално артикулисани катао са вертикалним електрофилтром. Долази у обзир квалитативније гориво са малим процентом пепела⁴⁷.

Слика десно доле: котларница високоградња без димњака. Једноканални вертикално артикулисани катао са хоризонталним електрофилтером на крову (филтар може бити на слободном простору или у лакој кућишту). Ово решење захтева мању висину изградње и може се користити гориво лошијег квалитета но код предходног случаја.

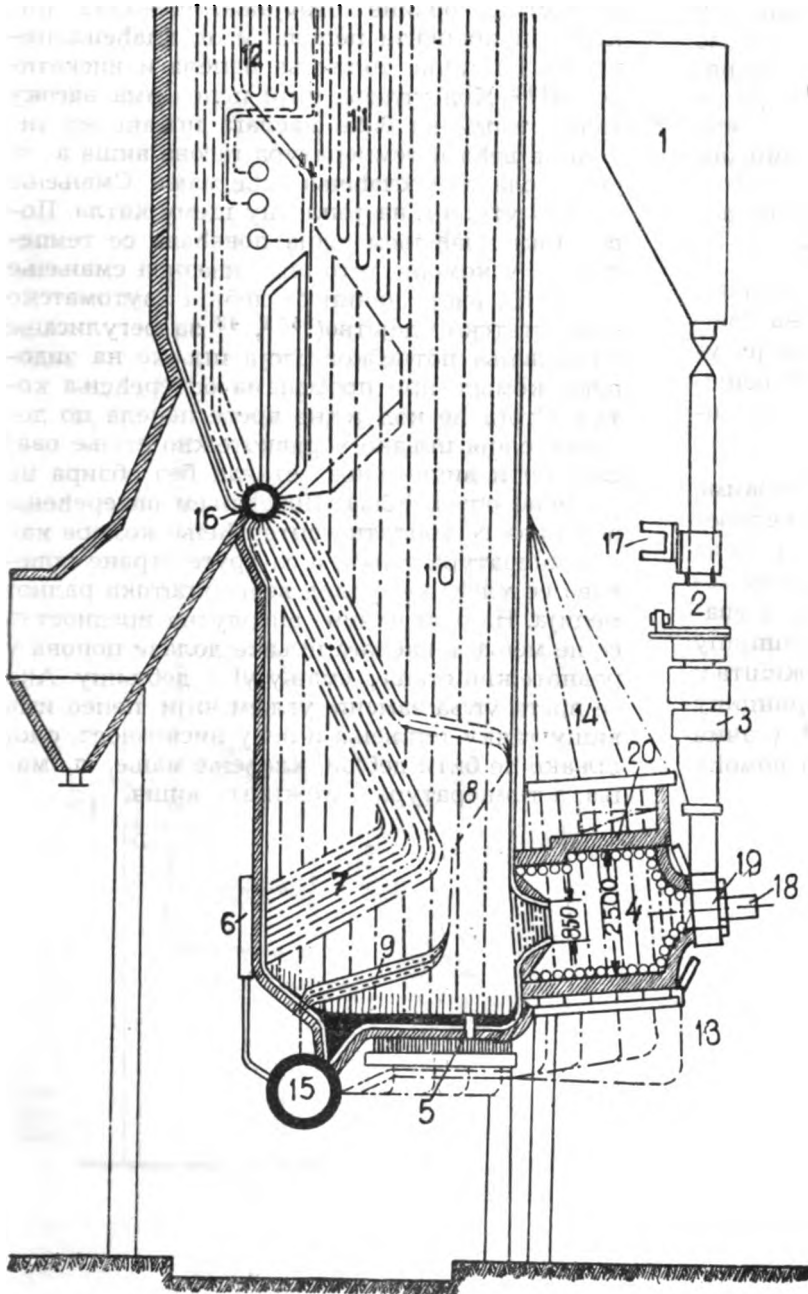


Сл. 372 — Поређење габарита котлова истог капацитета са природном и принудном циркулацијом воде (лево су котлови са принудном а десно са природном циркулацијом воде).

Види се да не постоји уочљива разлика у габаритима. Ово долази услед тога што у габариту котла преовлађује запремина ложишта. (48)



Сл. 373 — Поређење потребних основа за котло са ложиштем са U пламеном и са ложиштем са угаоним ложењем. Очигледна је разлика у величинама пресека ложишта у корист угаоног ложења. (48)



Сл. 374 — Ложиште циклонског котла ($D_1 = 70 t/h$) TE Calumet ⁽⁴⁸⁾

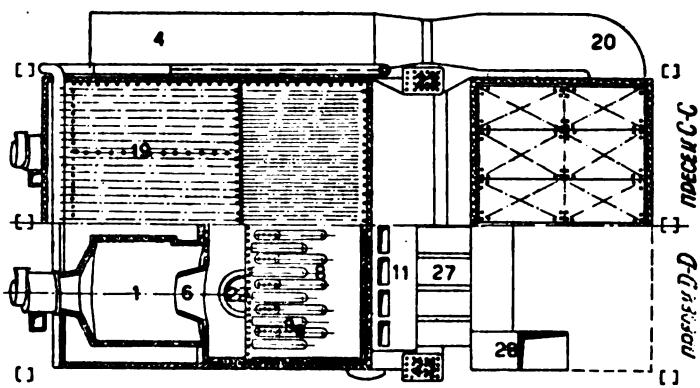
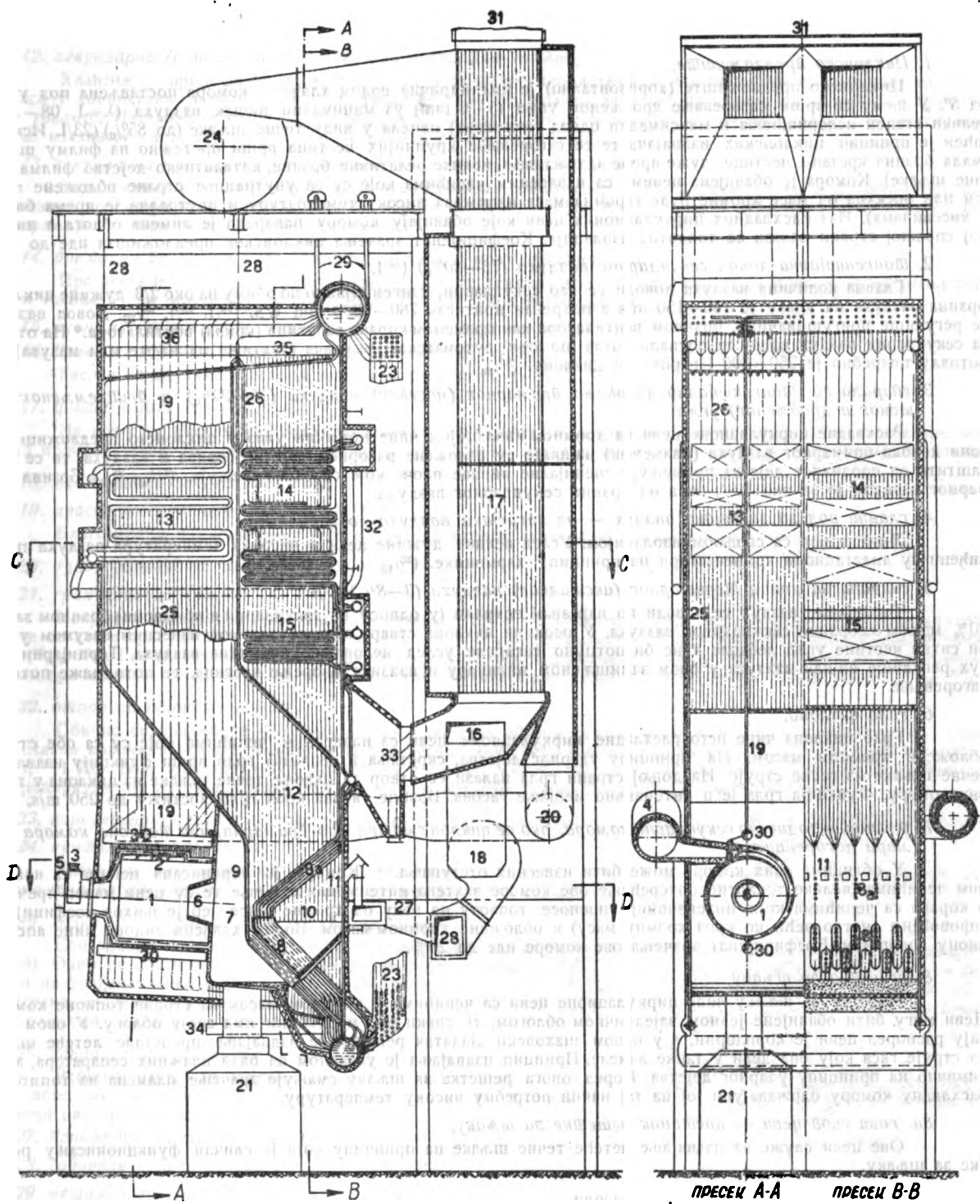
1. бункер за сирови угаљ,
2. дробилница у којој се врши и сушење угља,
3. додавач за угаљ,
4. циклонско пред-ложиште,
5. отвор за отакање шљаке из топлине коморе,
6. вертикални колектори,
7. сноп цеви.
8. свод за зрачење и скретање гасова,
9. решетка за шљаку,
10. расхладна комора,
11. секундарни прегрејач паре,
12. примарни прегрејач паре,
13. доводне цеви цевног система који обавија циклонско пред-ложиште,
14. одводне (подизне) цеви од цевног система циклонског пред-ложиште,
15. доњи добош,
16. међу добош,
17. прикључак за загрејани ваздух за сушење угља у дробилници,
18. довод терцијарног ваздуха,
19. довод примарног ваздуха,
20. довод секундарног ваздуха.

Потпуно решење овога проблема није постигнуто. Истина, данас се могу сагорети у котловском ложишту и најлошије (то су обично и најјефтиније) врсте угљева са коефициентом корисног дејства који није далеко од граничног. Међутим при овој тежњи да се к.к.д. повећа при сагоревању нисковредних угљева долази до знатне компликованости постројења и до његовог поскупљења, те и до повећања износа амортизације и до повећања трошкова послуживања и одржавања услед отежаних услова експлоатације. Тежиште проблема је у изналажењу компромисног решења код кога ће к.к.д. при сагоревању нисковредних угљева у релативно једноставној инсталацији бити задовољавајући.

Главне тешкоће у експлоатацији данашњих постројења су лепљење шљаке на грејне површине и засипање околине (ово је управно пропорционално са D_1). Баш у решењу овога и лежи главна предност циклонских ложишта.

Термодинамичка предност течног режима је неоспорна, док експлоатациона предност постоји само тада када се већи део пепела издвоји у виду течне шљаке већ у самом топлим делу ложишта. Ово везивање је у сваком случају ефикасније ако је на принципу циклонских издвајача (циклонска ложишта и донекле угаоно ложење) но на принципу влажног сепаратора Модова^(22/2, 35/34) (начин издвајања код двокоморног ложишта помоћу решетке за шљаку).

Особине пепела (спроводљивост слоја шљаке, температура топљења односно течљивости и вискозитет) су такође значајни за утицај горива на коефицијент зрачења циклонског предложишта (σ_c). Дебљина наслага шљаке на зидовима циклона зависи, поред степена издвајања честица, односно крупноће честица, брзине струјања, пречника циклона и процента пепела, и од хлађења циклона, од тачке топљења пепела и вискозитета.^(19/2) Код угљева чији пепео има високу тачку топљења биће наслага шљаке на зидовима већа и температура гасова виша а σ_c услед слабијег хлађења биће мања. Смањење σ_c има утицаја на топлотну шему котла. Повећаним хлађењем слоја повећава се температура у комори, што опет изазива смањење слоја. На овај начин се добија аутоматско термостатско дејство^(35/32, 43) за регулисање одржавања потребног слоја шљаке на зидовима коморе при променама оптерећења котла. Стога ће код једне врсте пепела по доласку слоја шљаке у равнотежно стање овај слој бити више-мање сталан без обзира на промене оптерећења. Повећањем оптерећења повећава се топлотно оптерећење коморе као и температура у њој, а са друге стране повећава се хлађење услед већег протока радног медија. На овај начин апсолутна вредност σ_c се не мења, а наслага шљаке долази понова у равнотежно стање, смањујући дебљину. Ако се врста угља замени угљем чији пепео има вишу тачку топљења и већу вискозност, слој шљаке ће бити дебели, хлађење мање, σ_c мања, а температура у ложишту виша.



Сл. 375 — Генератор паре (парни котло) В & W са два циклонска предложишта
 ($D_1 = 215 \text{ t/h}$, $p_k = 130 \text{ atü}$, $t_s = 538^\circ \text{ C}$, $t_a = 180^\circ \text{ C}$, $t_L = 300^\circ \text{ C}$)

1. *Циклонско Предложиште,*

Циклонско предложиште (хоризонтално) је цилиндрична водом хлађена комора постављена под углом од 5°. У њему се врши сагоревање дробљеног угља (5–6 mm) уз минимални вишак ваздуха ($\lambda = 1,08 - 1,1$), велики степен искоришћења и максимални одвод (везивање) пепела у виду течне шљаке (до 85%) (23/l. Искоришћен је принцип циклонских издвајача те се сагоревање крупнијих честица врши претежно на филму шљаке (мала брзина кретања честице, дуже време задржавања, велике релативне брзине, каталитичко дејство филма усиджане шљаке). Комора је обавијена цевима са навареним чепићима које су са унутрашње стране обложене набожем или опекама од масе хромне руде (хромна маса издржава високу температуру и неутрална је према базама и киселинама). Из расхладних циркулационих цеви које обавијају комору наварена је лимена облога а на њеној спољној страни налази се топлотна изолација. Коefицијент зрачења циклонског предложишта иде до 15%.

2. *Тангенцијални довод секундарног ваздуха (75–80%)* (18/1,

Главна количина ваздуха доводи се као секундарни, тангенцијално по обиму на око 2/3 дужине циклона. Брзина ваздуха на улазу је 100–150 m/s а потребан притисак 760–3000 mm WS. (18/1, 23/1, 25/12. Довод ваздуха се регулише пригушивачима, брзином вентилатора или променом корака лопатица (крила) вентилатора.* На отвору за секундарни ваздух врши се потпала котла помоћу аутоматског упаљача (буктиња од нафте или мазута). За потпалу потребно је 250–300 l горива по циклону. (25/16

3. *Спирала за Тангенцијално довођење Примарног (носећег) ваздуха (15–20%) и Припремљеног (сушеног и дробљеног) угља,*

Расхладне циркулационе цеви са хромном изолацијом чине конични улаз у циклонско предложиште, у зони довода примарног ваздуха (пламењак) највише су изложене разорном дејству горива и ваздуха, те се ради заштите од еродивног дејства примењују специјалне ливене плоче које се лако замењују. (25/15, 25/16. Брзина примарног ваздуха је за око 10% већа од брзине секундарног ваздуха.

4. *главни вод за загрејани ваздух — од загрејача ваздуха до циклона.*

Лимена цев са спољном изолацијом. Услед велике дужине цеви и високих температура ваздуха предвиђени су дилатациони компензатори на принципу хармонике. (25/15

5. *спирала за довод Терцијарног (аксијалног) ваздуха (3–8%)*, 18/1

Терцијарни ваздух се доводи по најмањој спирали (у односу на секундарни и примарни) брзином за око 20% мањом од брзине секундарног ваздуха. У осовини циклона ствара се цилиндар под извесним вакуумом у ком би ситне честице угља лебделе и не би потпуно сагореле услед недовољне количине ваздуха. Терцијарни ваздух регулише вишак ваздуха у овом замишљеном цилиндру и изазива виорење честица, те потпомаже потпуно сагоревање.

6. *грло циклона,*

Грло циклона чине исто расхладне циркулационе цеви са навареним чепићима које су са обе стране обложене хромном масом. На принципу ударног дејства, скретања и лепљења грло врши функцију издвајања течне шљаке из гасне струје. На доњој страни грла налази се отвор за цеђење течне шљаке из циклона у топлину комору. Функција грла је и интензивно мешање гасова. Брзине гасова кроз грло достижу до 250 m/s.

7. *Примарна (односно секундарна комора, ако се циклон смашра као Примарна) или Шоциона комора (комора догоревања),*

У облицима ових комора може бити извесних отступања.** Комора је екрансана цевима са навареним чепићима (велико топлотно оптерећење ове коморе захтева интензивно хлађење те су цеви малог пречника и корака са чепићима који интензивније преносе топлоту на воду од хромне масе јер је њихов коefицијент спровођења знатно већи но кроз хромну масу) и обложене хромном масом. Водом хлађени зидови чине апсорпциону површину. Коefицијент зрачења ове коморе иде до 20%.

8. *решетка за шљаку,*

Решетку за шљаку чине циркулационе цеви са чепићима и хромном масом са стране топлине коморе. Цеви могу бити обавијене једном заједничком облогом, тј. сваки ред по дубини има своју облогу. У овом случају распоред цеви је коридорни, а у првом шаховски. Задатак решетки је издвајање преостале летеће шљаке из струје гаса коју она дели у танке ламеле. Принцип издвајања је углавном на бази влажних сепаратора, а делимично на принципу ударног дејства. Поред овога решетка за шљаку смањује зрачење пламена из топлине у расхладну комору одржавајући јој на тај начин потребну високу температуру.

8а. *голи сной цеви — наштавак решетки за шљаку,*

Ове цеви служе за издвајање летеће течне шљаке на принципу који је сличан функционисању решетки за шљаку.

9. *свод за зрачење и скретање гасова,*

Ово је преградни цевни зид између топлине и расхладне коморе. Гасови великом брзином напуштају циклон кроз грло и ударају у овај свод мењајући нагло правац кретања, скрећући ка поду коморе, а затим на горе и пролазе кроз решетку за шљаку у расхладну комору. Ово нагло скретање и удар помаже издвајању капљица течне шљаке (центрифугално дејство, ударно дејство и оплакивање огледала шљаке у кориту) и доприноси бољем мешању гасова. Поред овога свод врши и топлотну изолацију коморе.**

10. *граница изолованог дела коморе; критична зона у погледу лепљења шљаке,*

Изолација је слична као у топлиној комори. Изоловани део потпомаже изолационо дејство решетки за шљаку смањујући расхладно дејство зрачења пламена из топлине коморе на пламен у расхладној комори.

11. *млазнице за удубавање рециркулисаних гасова; хладни гасови се рециркулишу ради смањења оштећења критичне зоне,* (25/27

Млазнице су постављене у визу на задњем зиду по ширини котла. Поред хлађења, оштри млазеви (око 50 m/s) врше и мешање гасова. (16/8

12. секундарна (односно Шерцијарна) или расхладна комора,

Хлађење се врши да би се честице пепела охладиле испод тачке омекшавања пре но што дођу са струјом гаса у конвективне површине. На тај начин се спречава њихово лепљење на цеви и омогућује боље преносе топлоте. Наталожене охлађене честице летећег пепела лакше се одувавају помоћу дувача, док налепљене честице изазивају сметње у раду и обично доводе до обуставе погона. (5/1)

13. секундарни Прегрејач Паре (лежећи, обешен о сопствене цеви),

Ради смањења топлотног оптерећења материјала цеви прегрејача (35/8 примењено је истосмерно струјање. Из улазног колектора излазе парне цеви на које се веша прегрејач. Корак цеви је већи како би дошло до већег изражаја зрачења гасова високе температуре.

14. Примарни Прегрејач Паре (лежећи, обешен о цеви економајзера),

Прегрејач је смештен у другом каналу где су температуре гасова ниже те је примењен супротни ток паре и гасова. Цеви прегрејача су обешене о одводне цеви економајзера.

15. економајзер (челични, змијаст, обешен о сопствене цеви),

16. Прикључак вентилашора за рецикулацију на месту одвода (одузимање гасова),

Гасови се одузимају испред загрејача ваздуха са $x=10\%$.

17. цевасти загрејач ваздуха,

На крају са ниским температурама метала**** елементи загрејача су краћи како би се лакше вршила замена пропалих цеви. (35/16 Карактеристично је да загрејач ваздуха заузима око 50% укупног габарита котла.

18. вентилашор за рецикулацију,

19. двоструко озрачени екрани, (18, 19/1, 19/2)

Благодарећи примени двоструко озрачених екрана добивен је фактор облика $f=1,1$.

20. одвод загрејаног ваздуха из загрејача,

21. гранулациони суд,

Усијана шљака отиче кроз отвор за отакање (22) у гранулациони суд, где је изложена млазу хладне воде те се стога гранулише у ситнозрну шљаку, чија је употребљивост већа од шљака осталих система сагоревања. (35/13, 35/21 Гранулациони суд је у почетку у експлоатацији циклонских котлова и уопште котлова са течном шљаком причинијавао знатне тешкоће услед своје конструктивне неусавршености и тешких радних услова. (35/15, 35/16

22. отвор за отакање шљаке,

Обично се примењује преливни систем одвођења шљаке из топионе коморе, како би се на дну ове одржала стална количина усијане шљаке, која у извесној мери игра улогу топлотног регулатора и стабилизатора. (6/1, 9/1, 14/1 Док се у циклону везује до 85%, у топионој комори се везује до даљих 5%, а уколико се примењује рецикулација летећих делова, укупан степен везивања шљаке може да достигне 93%. (35/4

23. циркулационе цеви (два снопа хладних спусних цеви Постављена су између котла и загрејача ваздуха),

24. вентилашор за ваздух,

Аксијални или радијални вентилатор високог притиска регулише се пригушивањем, електромотором са променљивим бројем обртаја или променом корака лопатница, односно крила.

25. зидни (Плочасти) екрани расхладне коморе,

Сви зидови коморе обложени су цевима са навареним плочицама (већа површина, те је веће расхладно дејство). Овим се постижу поред интензивног хлађења коморе и ниже температуре спољних зидова коморе те су губици на хлађење мањи поред знатно тањих зидова. Цеви су приварене на лимени оклоп, који је само са спољне стране изолован. Према томе цеви и оклоп чине један јединствени систем, чије је пројектовање отежано услед сложених дилатација и потребе заптивања. (35/28

26. цевна решетка између предње и задње коморе,

Решетка служи за прелаз гасова из предње у задњу комору. Испод решетке је корак цеви раван пречнику исте, тако да чине преградни зид (слично систему „Orp-pass“). Пролаз је добивен постављањем цеви у шаховски распоред са кораком по дубини већим од пречника цеви док је корак по ширини остао $s=0$

27. Прикључци од сабирника (28) за рецикулацију гасова на разводник испред млазница (11),

28. сабирник који је прикључен на вентилашоре за рецикулацију гасова (18),

29. вешалке за горњи добош,

Котао, тј. добош, екрани и оклоп обешени су о челичну ковструкцију зграде котларнице. (35/17

30. колектори расхладних цеви циклонског Предложиста,

Доњи колектор се напаја из доњег добоша. Вода пролази кроз цеви, које обавијају циклонско предложисте те га хлади и као мешавина пара-вода одлази у горњи колектор из кога преко двоструко озрачених екрана долази у горњи добош. У двоструко озраченим екранима може доћи до извесног прегревања смеше. Циркулација воде је природна,

31. излаз гасова из загрејача ваздуха — Прикључак на димњак,

32. регулашор Шемперишуре Прегрејане Паре,

33. Пригушивач испред загрејача ваздуха,

Овај пригушивач једновремено служи и као жалузни издвајач летећих честица.

- 34. доњи колектори бочних екрана (навајају се из доњег добоша),
- 35. горњи колектори бочних екрана (везани су са горњим добошем),
- 36. цеви које везују двоструко озрачене екране са горњим добошем,

Испод се виде прикључци преградног цевног зида на добош, изнад, прикључци предњег цевног зида, а са стране, прикључци колектора бочних цевних зидова.

• Saugzug und Unterwindgebläse
Dipl. Ing. Theo Helm, Frankenthal
BWK, Band 5, Heft 4, April 1953, Seite 124

Eignung der verschiedenen Gebläse-Bauarten für Dampferzeuger
Dipl. Ing. G. Weydanz, Erlangen
BWK, Band 4, Heft 8, Aug. 1952, Seite 263-266

Применом аксијалних и радијалних вентилатора са профилисаним лопатицама коефицијент корисног дејства се повећава од око 65% на око 85%.

Код савремених котлова услед наглог повећања капацитета однос потребне количине ваздуха према потребном притиску повећава се (не важи за котлове са хоризонталним циклонским предложиштем), што нас у прилог примени аксијалних вентилатора. Аксијални вентилатори са профилисаним крилима имају високи степен корисног дејства и криву корисног дејства благог нагиба.

Најбоља могућност регулисања вентилатора била би помоћу електромотора са идеалном променом броја обртаја. Колекторски мотор, помоћу кога би се ово могло донекле остварити, скуп је и суетљив у односу на кратко спојени мотор, који не задовољава постављени услов промене броја обртаја. Код радијалних вентилатора регулисање се често врши помоћу хидрауличне клизне спојнице (Voith-Slucclair). Ово регулисање и регулисање пригушивањем ефикасни су при максималним оптерећењима котла. У главном опсегу вентилатори раде са мањим к.к.д. претежно услед губитка од регулисача. Аеродинамички начин регулисања врши се променом правца струјања помоћу покретних спроводних лопатица или покретним лопатицама обртног кола. Овим начином регулисања, нарочито код аксијалних вентилатора, може се постићи висок к.к.д. у основној области котловског оптерећења (при максималном оптерећењу к.к.д. се нешто смањује). Већи трошкови коштања аксијалних вентилатора амортизују се за неколико година услед економичнијег погона. Код котлова са циклонским предложиштима абразивне лопатице не долази у обзир, јер већина раде само са прикључном промајом, а уколико имају ексхаусторе, они се постављају иза пречиштача гасова.

** (35/3, 35/4, 35/11, 35/11, 35/20, 35/30, 35/31, 35/32, 35/37, 44

Карактеристична су углавном два основна облика топлине коморе код система сагоревања са течним одводом шљаке. Плосната комора, код које су велике површине топлиног дна (корито за шљаку) и плафона на који се обично смештају пламењаци и издужена комора код које долазе до изражаја површине страница а дно и плафон су малих површина. Шљака у течном стању на топлино дну има сличне особине као гориво на решетки код сагоревања у слоју. Зрачењем дна повишава се температура пламена у комори. Извесни конструктори примењују ниске топлине коморе за угљеве са малим процентом испарљивих делова, са великим процентом испелата, високе температуре топљења, који даје „дугу“ шљаку. Високе коморе се обично примењују за угљеве са великим процентом испарљивих делова, са мањим процентом лако топљивог испелата који даје „кратку“ шљаку.

Код циклонских ложишта су чешће високе топлине коморе, јер се оне засада радије примењују за горива са већим процентом испарљивих делова, а температуре пламена су више у топиној комори циклонског ложишта но код обичног двокоморног ложишта (адачење пламена кроз грло циклона, мања количина шљаке по зидовима).

Котловска фирма VKW примењује двокоморно ложиште са две топлине коморе како би снижила минимално оптерећење при коме је рад ложишта стабилан. Фирма KSG из истог разлога изводи ложишта са више вертикалних циклона. Фирма Dütt изводи једнокоморно ложиште са топлином столом.

*** Свод чине цеви са кораком $S = \varnothing$ покривене хромном масом, тако да је постигнута зантивеност. Свод се поставља потпуно вертикално или под малим позитивним па чак и негативним углом према вертикали. Овај угао углавном утиче на ефекат развијања (мешање пламена који излази кроз грло циклона),

**** Данад се проблем повећања коефицијента корисног дејства парног котла претежно решава смањењем губитака у излазним гасовима, тј. снижењем излазне температуре гасова. Снижењу температуре излазних гасова стоји на путу висока тачка росе SO_2 и SO_3 . Последично овога је кородивно дејство сумпорасте а нарочито сумпорне киселине на елементе загрејача ваздуха.

Однос количина SO_2 и SO_3 које се стварају у ложишту при сагоревању сумпора из горива дат је обрасцем:

$$\frac{SO_2}{SO_3} = \sqrt{O_2 \cdot P \cdot K} \quad (36,37)$$

где је

- Q — садржај кисеоника
- P — укупан притисак
- K — константа равнотеже

Незгоде у вези са високим тачкама росења могу се ублажити најефикасније повишењем температура метала крајњих елемената загрејача ваздуха, без повишења излазне температуре гасова, следећим путем: ⁽³⁶⁾

1. минимализација хладног ваздуха
2. рецикулација загрејаног ваздуха
3. парно предгревање ваздуха
4. комбинаовано струјање
5. редуковање површине
6. минимализација економијазера
7. рецикулација гасова

***** (35/35, 35/37

Систем контроле код котлова са циклонским предложиштем је сличан контроли котлова са угљеним прахом. Услед врло интензивног процеса сагоревања при малом вдику ваздуха потреба је велика брзотелности осетљивост контролника који регулише однос количине горива и ваздуха. Оптерећење котла одређује се помоћу довода ваздуха у ложиште, а напајање угљем коригује се помоћу односа протока паре и ваздуха и помоћу анализе садржаја кисеоника у гасовима који излазе из ложишта. Узимање узорка гаса из ложишта, који су високе температуре, претставља знатне тешкоће.

Пригушивач испред загрејача ваздуха служи за аутоматско одржавање притиска у ложишту при разним оптерећењем котла. Пригушивач на вентилатору за принудну промају одржава сталан притисак у воду за ваздух. Регулисање температуре загрејача паре врши се помоћу убрзавања воде. Искоришћена је сразмера између котловског оптерећења и тока воде у млазницама за убрзавање воде.

Систем контроле сагоревања је подешен да одржава притисак паре на излазу из котла на жељеној висини помоћу контроле брзине напајача угља, притиска доње промаје на улазу у циклон и садржице кисеоника у ложишним гасовима.

ГЛАВНЕ ЦРТЕ ПРИБЛИЖНОГ ТЕРМИЧКОГ ПРОРАЧУНА ГЕНЕРАТОРА ПАРЕ СА ЦИКЛОНСКИМ ПРЕДЛОЖИШТИМА ($D_1 = 215$ t/h, $p_k = 130$ atü, $t_s = 538^\circ\text{C}$, $t_a = 180^\circ\text{C}$) (^{35/33}, ^{35/37})

Ознаке:

x_G (m) — пречник граничног зрна

$r_1 = 1,4$ m полупречник циклонског предложишта

$$S = \frac{D-d}{2} = 0,8 \text{ m}$$

$A = 0,1017$ садржај пепела у угљу

t_s (sec) — време издвајања зрна

$V_a = 17$ m³ запремина простора за издвајање

$M = 195 \frac{\text{m}^3}{\text{sec}}$ секундна запремина гасова у простору за издвајање на температури 1750°C (претпостављена стварна температура у циклону)

t_B (sec) — време сагоревања граничног зрна

$\gamma_A = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ запреминска тежина уситњеног угља

$C \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{K}^4} \right)$ — коефицијент зрачења

$T = 2018^\circ\text{K}$ стварна температура у циклонском предложишту

$\lambda = 1,1$ вишак ваздуха (непромењен кроз цео котао)

$v = 6,37 \frac{\text{Nm}^3}{\text{kg B}}$ запремина влажних продуката сагоревања при $\lambda = 1,1$

$L_{min} = 5,34 \frac{\text{Nm}^3}{\text{kg B}}$ минимална количина ваздуха

$Z = 0,847$. L_e . $Re^{0,15} \cong 0,9$ Ledinegg-ova карактеристика

$\gamma_L = 0,165 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ специфична тежина ваздуха на 1750°C

x_1 (m) — пречник неке честице

t_1 (sec) — време сагоревања горње (неке) честице

x_c (m) — пречник зрна чије је време сагоревања (t_c) једнако времену задржавања тога зрна у циклонском предложишту

$V_c = 21,2$ m³ запремина циклонског предложишта

t_c (sec) — време задржавања у циклонском предложишту

$A = 42,6$ m² површина циклona (површина грла није одбијена)

$\epsilon_{1,m} = 0,77$ ередњи емисиони однос пламена

T_e ($^\circ\text{K}$) — температура на излазу из циклонског предложишта

T_2 ($^\circ\text{K}$) — температура горњег слоја шљаке у циклонском предложишту

$R = 1,13$ m² површина отвора грла циклонског предложишта

$Z' = 0,50 \cdot 10^6$ утицај одзрачивања

$B = 14925 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$ потрошња угља у једном циклонском предложишту

$\xi \cong 0,9$ Ledinegg-og коефицијент

$a = 10,2\%$ проценат пепела у угљу

$t_s = 1200^\circ\text{C}$ температура топљења пепела

$c_1 = 0,19 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$ специфична топлота шљаке на 1150°C

$q = 100 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$ топлота топљења пепела

$i_{th} = i_{F0} = 5574 \frac{\text{kcal}}{\text{kg B}}$ топлотни садржај гасова у циклонском предложишту на теориској температури

$i'_{th} = i_{th} - a(c_1 t_s + q) = 5540 \frac{\text{kcal}}{\text{kg B}}$

$\lambda' = 1,5 \frac{\text{kcal}}{\text{mh } ^\circ\text{C}}$ топлотна спроводљивост течне шљаке

$G = \frac{a}{2} \cdot \frac{B}{A} \cdot \frac{1}{3600} = 10^{-2} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{sec}}$ количина шљаке по m² површине циклонског предложишта

VI

$L = 3,45$ m дужина циклонског предложишта

$\varphi = 100$ коефицијенат који зависи од карактера шљаке

$\gamma_s = 2800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ специфична тежина течне шљаке

$\alpha = 5^\circ$ нагиб циклонског предложишта

$m = 1,52 \sqrt[3]{\frac{G \cdot L}{\gamma_s^2 \cdot \sin \alpha}} = 2,06 \cdot 10^{-2}$ m дебљина слоја шљаке на зиду циклонског предложишта

$i'_e = \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg B}} \right)$ — топлотни садржај гасова на крају циклонског предложишта

t_e ($^\circ\text{C}$) — температура гасова на крају циклонског предложишта

t_2 ($^\circ\text{C}$) — температура зида (филма шљаке) у циклонском предложишту

$i_e = 4600 + 250 = 4850 \frac{\text{kcal}}{\text{kg B}}$ топлотни садржај гасова на крају циклонског предложишта са утицајем дисоцијације

$Q_c \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right)$ — количина топлоте предата циклонским предложиштима

$Q'_c \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right)$ — количина топлоте коју прими расхладна вода циклонских предложишта

$Q_o \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right)$ — количина топлоте која се изгуби са течном шљаком

$\eta_L = 0,988$ коефицијенат спољњег расхлађивања

δ_c ($^\circ/\circ$) — коефицијенат зрачења циклona

$V_d = 69$ m³ запремина топлине коморе

$A = 129$ m² површина зидова топлине коморе (пролази на решетки нису узети у обзир)

$R = 0,05$ m² површина отвора на решетки (површина преко које је топлина комора изложена одзрачивању)

$i_{ec} = 4850 \frac{\text{kcal}}{\text{kg B}}$ топлосадржај гасова на излазу из циклонског предложишта

$\epsilon_{1m} = 0,82$ средњи емисиони однос пламена

$\epsilon_2 = 0,8$

$C = 3,4 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ \text{K}^4}$ коефицијенат зрачења

$\xi \cong 0,8$ Ledinegg-ov коефицијенат

$\lambda' = 1,5 \frac{\text{kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}}$ топлотна спроводљивост течне шљаке

$A_1 = 40$ m² површина дна и доњег дела предњег зида топлине коморе

$A_2 = 89$ m² површина осталих зидова топлине коморе

$\varphi = 100$ коефицијенат који зависи од карактера шљаке

$\gamma_s = 3000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ специфична тежина течне шљаке у топлиној комори

$\alpha_1 = 45^\circ$ угао нагиба косих зидова топлине коморе

$\alpha_2 = 90^\circ$ угао вертикалних зидова топлине коморе

$L_1 = 5$ m дужина страница топлине коморе које су под углом

$L_2 = 5,5$ m дужина вертикалних страница топлине коморе

$G_1 = 10^{-2} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{sec}}$ количина шљаке на косим страницама

$G_2 = 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{sec}}$ количина шљаке на вертикалним страницама

$m_1 = 1,4 \cdot 10^{-2}$ m дебљина слоја шљаке на косим страницама

$m_2 = 0,3 \cdot 10^{-2}$ m дебљина слоја шљаке на осталим зидовима

$m = \frac{A}{\frac{A_1}{m_1} + \frac{A_2}{m_2}}$ (m) средња дебљина слоја шљаке на зидовима топлине коморе

t_e ($^\circ\text{C}$) — температура гасова на крају топлине коморе

t_2 ($^\circ\text{C}$) — средња температура горњег слоја шљаке

$l = 2,4$ m дужина цеви цевне решетке (решетка за шљаку)

$p = 10$ број редова цеви по дубини

$n_1 = 35$ број редова цеви по ширини — непарни

$n_2 = 34$ — парни

$w = 27,5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ брзина гасова кроз решетку

$\alpha_s = 65 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}}$ коефицијент прелаза топлоте од зрачења гасова

$\alpha_k = 60 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}}$ коефицијент прелаза топлоте конвекцијом

$\alpha = \alpha_1 + \alpha_k = 125 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}}$

$K = 0,9 \alpha = 110 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}}$ коефицијент прелаза топлоте на зид од хромне руде

t ($^\circ\text{C}$) — температура гасова иза решетке за шљаку

$A = 30 \text{ m}^2$ површина зида обложеног дела расхладне коморе

$V_z = 24 \text{ m}^3$ запремина обложеног дела расхладне коморе

Елементарна анализа угља: C — 56,03%, H — 4,40%, O + N — 23,48%, S — 0,72%, A — 10,17%, W — 5,20%, $H_i = 5070 \text{ kcal/kg}$, $t_1 = 1150^\circ\text{C}$, $t_2 = 1240^\circ\text{C}$, $t_3 = 1320^\circ\text{C}$.

Одређивање граничног зрна:

Из једначине (1) одређујемо x_G пошто претходно одредимо величине које су непознате:

$$r_1 - (r_1 - S)^4 = 12 (x_G^3 \sqrt{A})^2 \alpha (t_s - t_B) + \frac{4x_G^4(1-A)t_1\alpha}{x_1^2(1-\sqrt{A})} \dots \dots \dots (1)$$

$$t_s = \frac{V_s}{M} = 0,089 \text{ sec.}$$

$$t_B = \frac{36,8 \cdot 10^5 \cdot x_B^2 \gamma_k}{4T \left[0,14 + \frac{0,21(\lambda-1)L_{\min}}{v} \right] \cdot 2Z} = 0,37 \cdot 10^{-2} \text{ sec.} \quad (\text{за претпостављено } x_B = 0,035 \text{ mm})$$

$$\alpha = \frac{\gamma_L (u \cdot r_1)^2}{54 \cdot \gamma_L \cdot v} = 68 \cdot 10^8$$

$$\frac{x_1^2}{t_1} = \frac{x_G^2}{t_B} = 0,33 \cdot 10^{-6}$$

$$x_G^4 + 1,09 \cdot 10^{-8} \cdot x_G^2 - 0,268 \cdot 10^{-16} = 0$$

$$x_G = 0,0455 \text{ mm}$$

Губитак услед несагорелог:

$$t_c = \frac{V_c}{M} = 0,1085 \text{ sec.}$$

$$x_c = \sqrt{t_c \frac{x_1^2}{t_1}} = 1,9 \cdot 10^{-4}$$

$$x_c = 0,19 \text{ mm}$$

према томе је: $x_c > x_G$ тако да ће зрно x_c бити издвојено, а тим пре ће бити издвојена зрна већа од x_c која не би сагорела у простору циклона. Зрна мања од x_G не издвајају се али сагоре у простору јер им је $t_1 < t_c$. Из овог излази да не постоји губитак услед несагорелог:

Тојлошни биланс циклонског предложиста:

губитак услед несагорелог у шљаки
губитак услед летећег кокса
губитак услед несагорелих гасова

$$\begin{array}{r} u_s = 0,10\% \\ u_f = 0,70\% \\ u_u = 0,20\% \\ \hline u_F = 1,00\% \\ \eta_F = 99\% (0,99) \end{array}$$

Топлоћни биланс циклонског кошла:

| | |
|-------------------------------------|---------------------------|
| губитак у циклонском предложишту | $u_F = 1,0\%$ |
| губитак у излазним гасовима | $u_d = 6,1\%$ |
| губитак услед расхлађивања | $u_L = 1,2\%$ |
| губитак услед физичке топлоте шљаке | $u_p = 0,8\%$ |
| | <hr/> |
| | $u_k = 9,1\%$ |
| | $\eta_k = 90, \%$ (0,909) |

$$u_d = \frac{(i_d)_{160} - (i_d)_{20} \cdot 100}{H_i} = 6,1\%$$

$$u_p = \frac{(i_p)_{1360}}{H_i} \cdot 100 = 0,8\%$$

(претпоставља се да шљака напушта ложиште са температуром која је за 4.°C виша од тачке топљења — отицања. Топлотни садржај шљаке на 1360°C, $i_p = 392 \text{ kcal/kg}$ ($^{35}/_{18}$ У килограму горива има 0,1017 kg пепела, од тога 8—10% одлази са гасовима и излази из котла са нижом температуром, односно мањим топлотним садржајем. Због малог утицаја на коначни губитак, ово није узето у обзир, већ је рачунато да сав пепео одлази као шљака на 1360°C).

Температура на крају циклонског предложишта:

$$A.C \left[\xi \left(\frac{T_e}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \left\{ \left(\frac{1}{\epsilon_{1m}} - 1 \right) \frac{R}{A} + 1 \right\} \right] = B \left(i'_{th} - \frac{Z'R}{B} - c_p t_c \right) \cdot \dots \cdot (2)$$

$$B \left(i'_{th} - \frac{Z'R}{B} - i_c \right) = \frac{A \lambda'}{m} (t_2 - t_s)^{\frac{4}{3}} \cdot \dots \cdot (3)$$

$$C = \frac{1,15 \cdot 4,96}{\frac{1}{\epsilon_{1m}} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1} = 3,7 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{hK}^4}$$

1,15 - утицај конвекције

$$\epsilon_{1m} = 0,77$$

$$\epsilon_2 = 0,8$$

$$\xi \approx 0,9$$

$$i'_{th} = 5540 \text{ kcal/kg}$$

$$Z' = 0,5 \cdot 10^6$$

$$M = V_{1750} \frac{B_1}{2} = 95,10^3 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}}$$

$$m = 1,52 \sqrt[3]{\frac{G \cdot L \cdot \varphi}{\gamma_s^2 \sin \alpha}} = 2,06 \cdot 10^{-2}$$

Замењујући ове вредности у једначине (2) и (3) добија се:

$$0,9 \left(\frac{T_e}{100} \right)^4 - 1,01 \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 = 95 (5250 - i'_e)$$

$$\frac{(t_2 - 1200)^{\frac{4}{3}}}{19,6} = 4,82 (5250 - i'_e)$$

$$0,9 \left(\frac{T_e}{100} \right)^4 - 1,01 \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 = 19,6 (t_2 - 1200)^{\frac{4}{3}}$$

Графичким решавањем горњих једначина налази се да следеће температуре задовољавају једначине:

$$t_e = 1800^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 1620^\circ\text{C}$$

У једначинама (2) и (3) i'_e је топлосадржај који одговара те из i - t дијаграма.
Предата топлота циклонима:

$$Q_c = B_1 \left(i'_{th} - \frac{Z'R}{B_1} - i_e \right) = 20,0 \cdot 10^6 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$$\sigma_c \approx 11,8\%$$

Количина топлоте коју прима расхладна вода:

$$Q'_c = \eta_L Q_c = 18,4 \cdot 10^6 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Тошиона комора

Полази се од једначина (2) и (3)

$$AC \left[\xi \left(\frac{T_e}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = B_1 (i_{ec} - i_e)$$

$$\frac{A\lambda'}{m} (t_2 - t_e)^3 = B_1 (i_{ec} - i_e)$$

Коефицијент зрачења:

$$C = \frac{5,21}{\frac{1}{\epsilon_{1m}} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1} = 3,4 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ \text{K}^4}$$

Уношењем добивених вредности у једначине (2) и (3) добија се:

$$0,8 \left(\frac{T_e}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 = 68 (4850 - i_e)$$

$$\frac{(t_2 - 1200)^3}{(t_2 - 1200)^3} = 0,7 (4860 - i_e)$$

$$0,8 \left(\frac{T_e}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 = 97 (t_2 - 1200)^3$$

Графичким решавањем се добија да температуре

$$t_e = 1590^\circ \text{C}, \left(i_e = 4000 \frac{\text{kcal}}{\text{kgB}} \right), t_2 = 1300^\circ \text{C}$$

задовољавају горње једначине

Количина топлоте која се преда комори:

$$Q_d = (i_{ec} - i_e) B_1 = 25,4 \cdot 10^6 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Количина топлоте коју прими расхладна вода:

$$Q'_d = \eta_L \cdot Q_d = 25 \cdot 10^6 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

На решетку отпада следећа количина топлоте:

$$Q_h = \frac{R_g}{A} \cdot Q'_d = 3,1 \cdot 10^6 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Узима се да ово апсорбују прва три реда цеви

Цевна решетка (решетка за шљаку) седам редова цеви

Претпостављени пад температуре 80°C

Апсорбована топлота

$$Q_k = K \cdot A \cdot \Delta t_{m \log} = 5 \cdot 10^6 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Топлотни садржај гасова иза решетке

$$i = i_{cd} - \frac{Q}{B_1} = 3830 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

Овоме одговара температура иза решетке

$$t = 1510^\circ \text{C}$$

X

Укупна количина топлоте коју прими решетка:

$$Q = Q_R + Q_k = 8,1 \cdot 10^6 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Обложени део расхладне коморе

$$C = \frac{1,05 \cdot 4,96}{\frac{1}{\epsilon_{1m}} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1} = 3,3 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ \text{K}^4}$$

$$\epsilon_2 = 0,8$$

$$A' = 10 \text{ m}^2; A'' = 20 \text{ m}^2 \\ R' = 2 \text{ m}; R'' = 8 \text{ m}$$

$$E_{lm} = \frac{\epsilon'_m \cdot A' + \epsilon''_{1m} A''}{A} = 0,77$$

$$(i_{eR} - i_e) B_1 = A \cdot C \left[\left(\frac{T_e}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

Уз претпоставку $t_2 = 1000^\circ\text{C}$ добија се $\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 = 2,5 \cdot 10^4 \text{K}^4$

$$(3830 - i_e) 29850 = 30,3,3 \left[\left(\frac{T_e}{100} \right)^4 - 2,5 \cdot 10^4 \right]$$

одавде је

$$t_e = 1440^\circ\text{C}, i_e = 3630 \frac{\text{kcal}}{\text{kgB}}$$

Апсорбована топлота:

$$Q = (i_{eR} - i_e) B_1 = 6 \cdot 10^6 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Необложени део Шойионе коморе испред голе цевне решетки

$$C = \frac{5,21}{\frac{1}{\epsilon_{1m}} + \frac{1}{\epsilon_{2m}} - 1} = 2,3 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C}} \quad \begin{matrix} \epsilon_{1m} = 0,59 \\ \epsilon_{2m} = 0,67 \end{matrix}$$

$$AC \left[\left(\frac{T_e}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = B_1(i' - i_e)$$

$$T_2 = t_2 + 273 = 620^\circ\text{K}$$

$$55 \cdot 2,3 \left[\left(\frac{T_e}{100} \right)^4 - 0,15 \cdot 10^4 \right] = 29850 (3630 - i_e)$$

$$\left(\frac{T_e}{100} \right)^4 = 233 (3630 - i_e) + 0,15 \cdot 10^4$$

$$t_e = 1350^\circ\text{C}, i_e = 3330 \frac{\text{kcal}}{\text{kgB}}$$

$$Q = B_1(i_{e1} - i_e) = 9 \cdot 10^6 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

од овога гола решетка прима

$$Q_R = \frac{A_R}{A} Q = 3,2 \cdot 10^6 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Гола (необложена решетка)

Овде је узет у обзир прелаз топлоте конвекцијом и зрачењем гасова. Претпоставља се температурни пад од 40°C у четири реда цеви (прва два реда су обрачуната у претходном делу)

за·

$$\alpha_s = 28 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ h}^\circ \text{C}}$$

$$\alpha_k = 50 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ h}^\circ \text{C}}$$

$$k = 78 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ h}^\circ \text{C}}$$

$$A = 76 \text{ m}^2$$

биће количина предате топлоте:

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta t_{logm} = 5,1 \cdot 10^6 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

топлосадржај гасова на крају решетке

$$i_e = i_e' - \frac{Q}{B_t} = 3170 \text{ kcal/kg}$$

одговарајућа температура на крају решетке

$$t_e = 1300 \text{ }^\circ\text{C}$$

Даљи ток прорачуна биће сличав овоме. На пример за комору испред цевне завесе (двоструко озрачених екрана) узете су средња и бочне коморе и помоћу средњег S и методе Ledinegg—а одређена је температура (поступак као и претходни). У комори где има два пријемника топлоте, обрачунат је прво већи па мањи. Накнадне грејне површине обрачунате су по уобичајеној методи претпостављених падова температуре и распореда количина топлоте. На исти начин су обрачунати и екрани у каналу са накнадним грејним површинама.

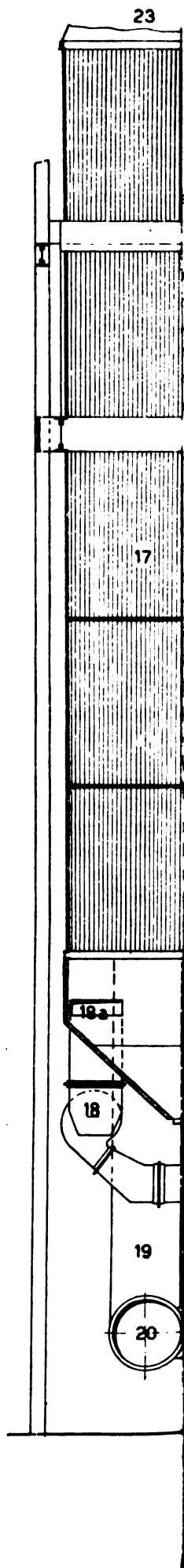
Распоред количина топлоте, температура и површина

| | Количина топлоте $\frac{Q \text{ (kcal)}}{h}$ | Температура иза $t \text{ (}^\circ\text{C)}$ | Површина m^2 |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------|
| циклон | 18.700.000 | 1.800 | 85,2 * |
| топлина комора | 25.400.000 | 1.590 | 129,0 * |
| обложена решетка | 5.000.000 | 1.510 | 182,0 |
| обложени део расхладне коморе | 6.000.000 | 1.440 | 30,0 * |
| необложени део испред голе решетке | 9.000.000 | 1.350 | 56,0 * |
| гола решетка | 5.100.000 | 1.300 | 76,0 |
| необложени део расхладне коморе без завесе | 13.500.000 | 1.140 | 118,0 * |
| део расхладне коморе са завесом, испред прегрејача паре | 12.500.000 | 970 | 264,0 * |
| део расхладне коморе са завесом иза прегрејача паре | 4.500.000 | 660 | 310,0 * |
| екрани у гасном пролазу | 1.000.000 | — | — |
| котловске површине | 100.700.000 | | |
| економијазер | 5.600.000 | 410 | 1080 |
| | 106.300.000 | | |
| секундарни прегрејач паре | 19.300.000 | 720 | 2050 |
| примарни прегрејач паре | 11.800.000 | 490 | 2550 |
| загрејач ваздуха | 15.700.000 | 160 | 9300 |
| | 153.100.000 | | |
| губици без расхлађивања | 13.300.000 | | |
| укупно развијена топлота | 166.400.000 | | |

* Цифре претстављају површине зидова а не површине цеви.

Примедбе уз Прорачун

1. Фактор облика посматраног ложишта је $f = \frac{A_R}{V_R} = \frac{1370}{1150} = 1,1$
2. Разлика у раду (функцији) циклонског ложишта као издвајача угља и обичног циклонског издвајача прашине је у следећем:
 - а) циклонско ложиште је издвајач чији носећи медиј ради са променљивом запремином (нагло загревање и повећање запремине ваздуха при улазу у циклонско ложиште), док обични издвајачи раде са мање-више непромењеном запремином (евентуално незнатно хлађење).
 - б) У току процеса издвајања честице мењају код циклонског ложишта своју тежину, запремину и рапавост површине. Код обичних циклонских издвајача то није случај.
 - в) На филм течне шлаке у циклону налепљују се издвојена зрна; тј. када је зрно издвојено постоји мања могућност да буде поново однесено накнадним струјањима, као што је то чешћи случај код обичних издвајача.
 - г) Код обичног циклонског издвајача гранично зрно је оно које у времену издвајања прође целу радијалну ширину активне зоне циклона; код циклонског ложишта честица мора да буде за толико већа колико у времену t_s изгуби на тежини услед сагоревања, тј. њена тежина треба да буде X_x и да задовољи услов да сагоревајући за време t_s не постане мања од тежине x_G која је равна граничном пречнику и тежини.
 - е) По извесном гледишту око честице која сагорева ствара се опна концентрисаног кисеоника. Ово може у незнатној мери да повећа тежину зрна и побољша степен издвајања.
3. У ложишту и у гасним каналима гасови су под притиском. Поред свих предности и недостатака који се у литератури овим ложиштима придају, (35/36, 30/4 на овом месту се скреће пажња да се повишењем притиска повишава температура рошења, те би било интересантно испитати да ли се и у којој мери повећавају тешкоће у вези са тим повишењем.
4. Усвојена излазна температура гасова $t_g = 160^\circ\text{C}$ није реална за данашње котлове овог капацитета (одговарајућа $t_g \approx 130^\circ\text{C}$).
5. При прорачуну није узето у обзир да се рециркулацијом гасова врши хлађење критичне зоне.



атор паре (парни когао) В & W сатри ци-
ожишта. ($D_1 = 340t/h$, $p_k = 150at_u$, $t_s = 565^\circ C$,

клонско Предложиште,
клонско Предложишта,
довод Примарног ваздуха и горива,
к Примарног ваздуха,
к горива у струју Примарног ваздуха,
а довод секундарног ваздуха,
довод секундарног ваздуха,
довод Шерцијарног ваздуха,
к за Шерцијарни ваздух од вода (огранка) за Примар-
од главног ваздушног вода за довод Примарног и
а,
она,
омера,
за шљаку.
рачење и скрешање гасова,
оловане коморе,
за удубавање хладних рециркулисаних гасова,
комора,
и (озрачени) Прегрејач Паре,
Прегрејач Паре (накнадно Прегревање Паре),
Прегрејач Паре,
пр,
агрејач ваздуха,
пр за рецикулацију гасова,
к вентилашора за рецикулацију гасова на месту
д за загрејани ваздух (вертикална магистрала),
д за загрејани ваздух (хоризонтална подужна ма-
они суд,
е циркулационе цеви,
агрејача ваздуха — Прикључак гасова за димњак,
вентилашора за ваздух (Принудна Промаја),
ни компензашор на хоризонталном појечном воду
Температуре Прегрејане Паре,
сепарашори Паре (издвајају влагу и чврсте честице)

BOILERS AND BOILER HOUSES

(Boilers, Architecture, Typification, Display and Influences)

Ing. Vojislav Djurić and Arch. Vojislav Damjanović

(Submitted at the Meeting on 9 II 1951)

This work consists of the following 7 chapters:

- 1) Display of boilers of various construction,
- 2) The reconstruction of boilers,
- 3) The Architecture of boiler houses,
- 4) Delivery of coal, ash handling and precipitation of flue gases,
- 5) Typification of boiler houses,
- 6) Display of boiler houses in Power Station, and
- 7) The influence of fuel on the form of boiler and boiler house.

The first chapter displays a series of modern types of boilers; boilers of small capacity of foreign construction which are given a special place, boilers manufactured in Yugoslavia as well as the those mostly used in boiler houses in this country. Further, a display of boilers of medium capacity with combustion in grates and in the form of pulverized coal. Among the boilers of large capacity of various constructions there are represented some from the USA, USSR, Great Britain and Germany. They are fired by the grate, by means of pulverized coal with granulated and molten slag; there are also boilers with the Szikla-Rosinek system of firing, or boilers with cyclone firing. The latter, being the most up to date, is given in detail.

The second chapter is of special interest for conditions in this country because a large number of imported boilers are designed for coal of high quality whereas the application of lignite of lower grades ($H_v = 2000$ kcal/kg) as well as brown coal ($H_v = 4000$ kcal/kg) is of greater interest to us. Twelve boilers with from one to ten different modifications of reconstructions are displayed. The aim of these reconstructions is to show the possibility of utilizing low grade coal, and increasing the capacity and efficiency of boilers.

The results of a test on one of the reconstructed boilers are summarized and given here. Technical work on some of these reconstructions is still in construction whereas work on the others is in progress. The rest of these reconstructions are treated from a purely theoretical and critical point of view and represent various possible solutions of these cases. The last example of boilers of large capacity is the author's conception. This construction is based on a combination of the Ramzin boiler and the boiler with cyclone firing with the application of air granulator for molten slag which is at the same time the primary air heater.

The third chapter comprises data about the location of boiler houses, dimension of boiler room with its auxiliary machine departments, lighting, ventilation, inner and external architecture of the boiler, coal bunkers etc. The technological process of steam production is explained as well as its basic principles. The question of the reinforced concrete

structural and frame construction and other building and architectural elements of boiler houses is also treated.

The fourth chapter is about the mechanisation of coal handling to the boiler house and boilers. All the different types beginning with the simplest to the most complicated method for mechanisation of coal delivery and ash handling are taken into consideration. A description of the construction of individual elements of this mechanisation as well as the way for defining their approximate dimensions, are also given. The choice of means for mechanisation as well as a certain number of layout plans for mechanical delivery and ash handling has been critically treated.

The question of filtering flue gases was only touched upon.

The fifth chapter comprises a suggestion for the typification of boiler houses. Firstly, certain principles of typification from the architectural and mechanical point of view are given. It shows the way for typification on the bases of fuel. The influence of fuel on the form of the boiler and the boiler house is given in detail. It is explained why typification on the bases of fuel is not applied.

The suggestion for the typification of boiler houses is given on the bases of the capacity and type of boilers as well as on the use of the boiler houses. The boiler houses are divided into four groups of which the first consists of two types, the second of five, the third of one, and the fourth of six types.

The first group comprises boilers of small capacity, and the boiler house is designed for heating or the production of steam for smaller industrial enterprises. The capacity of these boiler houses rates from 0,2 to $2,4 \times 10^6$ kcal/h with the following steam conditions $p_k = 10$ atm, $t_s = 280 - 320^\circ\text{C}$.

The second group comprises independent industrial boiler houses or smaller Power Stations with boilers of medium capacity. The capacity of these boiler houses varies from 5,2 to $\times 10^6$ kcal/h, with the steam conditions $p_k = 15 - 60$ atm, $t_s = 350 - 400^\circ\text{C}$.

The third group is a transitional type towards larger boiler houses. Boiler houses only serve as heating houses or boiler houses of Power Stations. The capacity rates from about 120×10^6 kcal/h with the steam conditions $p_k = 64$ atm, $t_s = 480^\circ\text{C}$.

Large public heating houses and Power Stations are classified in the fourth group. According to the purpose and type of boiler this group is divided into six classes. Four boilers of a hundred tons capacity each were taken as a basis for the first 5 types, whereas for the sixth type boilers with a capacity of two hundred tons each were applied. (The above mentioned author's conception of the Ramzin boiler with cyclone firing and firing for molten slag). The capacity rates from 100 to 750×10^6 kcal/h i. e. 25 to 250000 KWh with the steam $p_k = 100 - 170$ atm, $t_s = 500 - 567^\circ\text{C}$.

In addition to each type of boiler house there are also varying schemes.

The enclosed diagram gives a recapitulation of the basic characteristics for all the 14 types. The diagram 10^4 kcal/m²h and 10^4 kcal/m³h shows the constructional profitableness of individual types.

The sixth chapter gives a display of the existing boiler houses in the Power Stations, mostly from modern technical literature (USA, Great Britain, France, Germany and USSR). This collection may serve as material for completing the previous chapter while planning new boiler houses.

Seventh and the last chapter gives a serie faktors, which influence the form of boiler and boiler house as well as the whole Power Station.

Special attention is paid to the influence of coal as a most important boiler fuel when dealing with these factors.

In the annex at the end of this book author gives some data of view in regard to the possibilities of further improvements of cyclone firing boilers and the possibilities of their application in Yugoslavia.

In the annex at the end of this book the author gives some data of the thermo estimates concerning cyclone firing boiler which are based on the modern theories from foreign technical literature as well as on the author's own conceptions.

(The full Text published in: „Posebno izdanje Mašinskog instituta SAN“).

ЛИТЕРАТУРА ЗА ПОГЛАВЉЕ „ПРИКАЗИ КОТЛОВА“

1. Котловска постројења за електричне центре
W. F. Simonson
Engineer № 4928, 7 VII, 50
2. Entwicklungslinien im Dampfkesselbau
Ing. H. Paul VDI
ZVDJ, Bd 88, Heft 7/8 Februar 1948, Seite 89—98
3. Унификација парових котлов, 1947, страна 84—89, 93
Др проф. С. А. Корницки
4. К вопросу современного состояния жидкого шлакоудаления в США
Канд. техн. наук Б. И. Клячко
Известия ВТИ, № 4, 1947 страна 29—31
5. Некоторые итоги работ Орггрэс по жидкому шлакоудалению
Ing. Б. М. Соколов
Електрические/станции, № 4, 1949 страна 5—12
6. Стање и могућности развоја ложишта са топлином комором (прев)
Ing. Rammler
Braunkohle 1942 Bd. 16, 17, 18
7. Feuerungen mit flüssigem Schlackenabzug
Dr. Gumz
Feuerungstechnik, Mai 1940, Bd. 5, Seite 109—111
8. Dampfkraft 1949, Seite 335—337
Dr. F. Münzinger
9. Искуства са грађењем и погоном котлова са топлином комором
Ing. Heinrich
Mitteilungen des Verbundes der Grosskesselbesitzer, Mai 1948
10. Russische Erfahrungen mit flüssiger Schlackenabfuhr
Dipl. Ing. A. Niggemeyer
Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen, Bd. 21, Heft 12 Dezember 1940, Seite 259—261
11. Erfahrungen mit Schmelzkammern in der Tschechoslowakei
Ing. Rammler
Feuerungstechnik, Heft 1, 15 Januar 1937, Seite 8—15
12. Amerikanische Erfahrungen mit Schmelzkammern
Dr. Ing. F. Schulte VDI
Feuerungstechnik, Heft 1, 15 Januar 1937, Seite 14
13. Deutsche Erfahrungen mit Schmelzkammern
Ing. Kollbohm VDI
Feuerungstechnik, Heft 1, 15 Januar 1937, Seite 5—7
14. Grosse Kessel mit flüssigem Schlackenabzug
Ing. I. Čermak
Feuerungstechnik, Heft 21, 10 Oktober 1940, Seite 211
15. Amerikanische Hochdruckkessel
Ing. G. Kordes VDI
Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen, Januar 1937, Heft 1, Seite 7—10
16. Moderní kotle s tavicimi komorami v USA a u nas
Ing. I. Čermak
Strojnický Obzor, № 9, 1939 i № 1, 1943, str. 137—180, 1—28
17. Dampfkraft 1949
Dr. F. Münzinger
„Das Verhalten von Feuerungen“ — 6 Scikla Rozinek
Schwebergaser, Seite 314
18. The Horizontal Cyclone Burner
By A. E. Grunert, L. Skog and L. S. Wilcoxson
Transactions of The ASME, August 1947, pp. 613—634
19. Топочное устройство с высокой степенью улавливания жидкого шлака
Канд. техн. наук В. И. Клячко
Известия ВТИ, № 5, 1947, стр. 29—31
20. Improves on Pioneer Installation
Power, August 1950
21. Pioneer Industrial Cyclone Furnaces for Dow Chemical's 1250 Psig Boiler
Power, March 1949, pp. 72—75
22. Dampfkraft 1949, Seite 337—338
Dr. F. Münzinger
23. The Cyclone Furnace—Latest Thing in Coal Burning
By F. X. Gilg, Application Engineer, The Babcock & Wilcox Co,
Power Generation and Power Plant Engineering, April 1950, pp. 64—70
24. Dow's South Power Station—Last Word in Industrial Power
Power Engineering, September 1950, pp. 68—71
25. Cyclone Boilers at Michigan City Station
Power, October 1951
26. Der Bisherige Borsig-Kesselbau als Wegweiser Zukünftiger Entwicklung
Dipl. Ing. W. Seeberger
Borsig Mitteilungen, Februar 1935 (2 Ausgabe) № 4, Seite 1—15

ЛИТЕРАТУРА ЗА ПОГЛАВЉЕ „РЕКОНСТРУКЦИЈА КОТЛОВА“

1. Парни котлови, 1947
Проф. ing. В. Фармаковски
2. Парни котлови, II изд., 1930
Проф. ing. А. Косицки
3. Parni kotlovi, II izd, 1946
Prof. ing. dr. J. Havliček
4. Parni kotel, 1949
Ing. G. Gulič
5. Парни котлови, II изд., 1950 (у штампи)
Проф. ing. В. Фармаковски и ing. В. Бурин
6. Die Leistungssteigerung von Grossdampfkesseln, 1922
Dr. ing. F. Münzinger

7. Kesselanlagen für Grosskraftwerke, 1928
Dr. ing. Münzinger
8. Dampfkessel und Dampfmaschinen, 1922
Obering. F. Seufert
9. Billige Kessel, billiger Dampf, 1932
E. Praetorius
10. Ueber wärmetechnische Vorgänge der Kohlenstaubfeuerung, 1928
Dr. ing. Fritz Hinz
11. Rostfeuerungen, 1934
Prof. ing. W. Marcard, VDI
12. Kurzes Handbuch der Brennstoff- und Feuerungstechnik, 1942
Dr. ing. W. Gumz, VDI
13. Parni kotle, 1946
Prof. ing. Václav Krouza
14. Модернизация малометражных паровых котлов (1947)
Проф. М. А. Кондак, доц. Д. С. Шевцов, инж. И. С. Жвирко
15. Руководство для кочегара парового котла (1946г.)
С. Н. Шорин
16. Монтаж и эксплуатация котлов высокого давления
А. М. Лавров: эксплуатация котлов производительностью 11/13 т/час, 60 атм, 450°С на доведших каменных углях (1949г.)
17. Детали обмуровки (1948г.)
А. К. Сильяцкий
18. Der Wasserumlauf im Dampfkessel
Dr. ing. K. Cleve
Borsig-Mitteilungen, Febr. 1935 (2 Ausgabe), Nr. 4, Seite 34—39
19. Mechanische Rostfeuerungen (Wander- und Schürroste)
Ing. L. Schlegler
Borsig-Mitteilungen, Febr. 1935 (2 Ausgabe), Nr. 4, Seite 40—46
20. Die Krämer-Mühlenfeuerung Bauart Borsig
E. Rossbach
Borsig-Mitteilungen, Febr. 1935 (2 Ausgabe), Nr. 4, Seite 47—51
21. Die Krämer-Mühlenfeuerung Bauart Borsig
E. Rossbach
Borsig-Mitteilungen, Sonderdruck aus den Rheintal-Borsig-Mitteilungen, Nr. 4/1935
22. Umbau einer Kesselanlage auf Krämer-Mühlenfeuerung für Steinkohlen-Abfallbrennstoffe
Von abteilung „Kesselbau“ Werk Borsig
Borsig-Mitteilungen, Juni 1938, Nr. 7, Seite 36—43
23. Исследование работы шахтной мельницы малой производительности на влажном буром угле
Доц. Д. Г. Фаерштейн и инж. П. А. Горбашко
За экономию топлива, Nr. 9. 1948
24. Torffeuerungen
Dr. ing. F. Münzinger
Dampfkraft, Seite 319
25. Erfahrungen mit Krämer-Mühlenfeuerungen
Ing. E. R. Becker
Feuerungstechnik, Febr. 1938, Bd. 2, Seite 76—82
26. Сушка и размола высоковлажных топлив в шахтно-мельничных установках
Инж. А. П. Кондратов
За экономию топлива, Бр. 4, 1950
27. Determination of Moisture Content of Coal by Means of Pulverizer Heat Balance
T. J. Finnegan and H. L. Smith, Buffalo, N. Y.
Transactions of the ASME, August 1947, pp. 635—642
28. Первые итоги эксплуатации котлов ВТКБ 0,5/8 и испытание котла ВТКБ 0,7/8
Инж. З. Л. Берлин
За экономию топлива, 1949, Бр. 8, стр. 18—17
29. Установка воздухоподогревателей за котлами малой мощности
Канд техн. наук В. О. Фогель
За экономию топлива, 1948, Бр. 1, стр. 11—19
30. Neuzzeitliche Dampfkesselberechnung
Ing. H. Dorfmann
Arch. f. Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen, 13 Jahrg, Heft 2, Febr. 1932, Seite 47—50

ЛИТЕРАТУРА ЗА ПОГЛАВЉЕ „АРХИТЕКТУРА КОТЛАРНИЦА“

1. Электроприврета бр. 7 од 1949
2. La technique des travaux фебр. 1940
3. Epiteszet бр. 1—2 од 1949
4. Technique et l'architecture бр. 7—8 од 1950
5. The Architects' Journal бр. 2901 од 1950
6. RIBA Journal jan. 1949
7. Bauen + Wohnen бр. 9 од 1951
8. The Architectural Review бр. 629 од 1948
9. The Architects' Journal бр. 2946 од 1951
10. Werk бр. 8 од 1952
11. The Industrial Buildings
12. The Architectural Review бр. 635 од 1949
13. Grosse Elektrizitätswercke — Dr. Klingenberg
14. L'architecture d'aujourd'hui бр. 11 од 1936
15. L'architecture française бр. 85—86 од 1949
16. The Architectural Design бр. 4 од 1949
17. The Architects' Journal бр. 2839 од 1949
18. " " " " " 2840 " 1949
19. Progressive architecture нов. 1951

ЛИТЕРАТУРА ЗА ПОГЛАВЉЕ „ДОПРЕМА ГОРИВА, ОДВОЂЕЊЕ ПЕПЕЛА И ШЉАКЕ И ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ДИМНИХ ГАСОВА“

1. Kabelkranschauler
Dipl. Ing. M. Bruckmann, Leipzig
ZVDI Band 74, № 34, 23 August 1930, Seite 1175—1178
2. Postrojenje za istovarivanje uglja u zapadnom pristanistu grada Helzingsforsa
ZVDI Band 74, № 50, 13 Dezember 1930
3. Mechanische Entaschung von Industriekessekn
Obering. K. Adler
Die Wärme, 58 Jahrgang, 1935, № 9, 2 März, Seite 146—149
4. Eine staub- und geruchfreie Aschenbeseltigung für Stein- und Braunkohlenfeuerungen
Dipl. Ing. Konrad Weiss
Die Wärme, 57 Jahrg. № 15, 14 April 1934, Seite 235—238

5. Neuere Entschungsverfahren im Kesselhaus
Dipl. Ing. F. Schulte & Dipl. Ing. E. Tanner
Die Wärme, Jahrg. 56, № 21, 27 Mai 1933, Seite 332—335
6. Der wirtschaftliche Dampfkesselbetrieb, 1949
Seite 259, Entstaubungsanlagen
H. Kolbe
7. Der wirtschaftliche Dampfkesselbetrieb, 1949
Seite 235, Entstaubungsanlagen
H. Kolbe
8. Котельные установки, Том II, 1946
стр. 457, Очистка дымовых газов отлетучей золы
и серы
В. Н. Цыганков
9. Котельные установки, Том II, 1946
стр. 467, Золоудаление
В. Н. Цыганков
10. Electric Power Station, Volume one, 1947
T. H. Carr
Chapter V — Coal-Handling Plant, pp. 145—186
11. Electric Power Station, Volume one, 1947
T. H. Carr
Chapter VI, Ash-Handling Plant, pp. 186—209
12. Die Dampfkessel nebst ihren Zubehöerteilen und Hilfs-
einrichtungen, zweite Auflage, 1934
R. Spalckhaver und A. Rüster
Bekohlungsanlagen, S. 174—176
13. Die Dampfkessel nebst ihren Zubehöerteilen und Hilfs-
einrichtungen, zweite Auflage, 1934
R. Spalckhaver und A. Rüster
Die Entschungsanlagen, S. 176—177
14. Die Dampfkessel nebst ihren Zubehöerteilen und Hilfs-
einrichtungen, zweite Auflage, 1934
Einstaubungseinrichtungen, S. 177—179
15. Dampfkraft, dritte Auflage, 1949
F. Münzinger
Rauchgasreiniger, S. 483—486
16. Dampfkraft, dritte Auflage, 1949
F. Münzinger
Aschen- und Schlackenabfuhr, S. 488—492
17. Betriebskosten der Bekohlungsanlagen von
Dampfkesselanlagen
Dipl. Ing. H. Schlicke
Die Wärme, 56 Jahrg. № 21, 27 Mai 1933, Seite 329—331
18. Проспекти уређаја за допрему горива, манипулацију
пепела и шљаке и пречишћавања димних гасова
фирме Babcock & Wilcox

ЛИТЕРАТУРА ЗА ПОГЛАВЉЕ „ПРИЛОГ ПРОБЛЕМУ УТИЦАЈА НА ОБЛИК КОТЛА И КОТЛАРНИЦЕ“

1. Dampfkraft 1949, Seite 7
Dr. Friedrich Münzinger
2. 50 Years of Progress
Power, September pp. 71—77
3. Vers une classification internationale des charbons
A. Cassan et R. Martin
Chaleur et Industrie, № 294, Janvier 1950
4. Унификација парових котлов 1949, страна 48—53
Проф. др. инж. Корницкий
5. Dampfkraft 1949, Seite 421—425
Dr. Friedrich Münzinger
6. Dampfkessel-Druckstufen, Temperaturstufen,
Leistungsstufen
Deutsche Normen, April 1939 Din. 2901
7. Die Gesamtplanung von Dampfkraftwerken 1947,
Seite 74—75
Dr. Ing. Z. Musil
8. Котельные установки, том II, 1946 страна 440—443
Инж. В. Н. Цыганков
- 9/1 Die Wirtschaftliche Dampfkesselbetrieb 1949,
Seite 223—234
Ing. H. Kolbe
- 9/2 Entwurf einer Bekohlungsanlage
Dipl. Ing. H. Eickemeyer VDJ
Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen
Heft 10, Oktober 1940, Seite 213—217
- 9/3 Der Eigenbedarf von Dampfkesselanlagen
Ing. W. Ellrich
Vortraege 29 Hauptversammlung der Vereinigung
der Grosskesselbesitzer.
Salzburg 8 Juni 1939
- 9/4 Methode манипулисања угљем у данашњим ТЕ
Frank W. Lovett
Combustion, January 1951
- 9/5 Die Behandlung der Kohle im Kraftwerk von der
Anfuhr bis zur Brennstelle
Dipl. Ing. O. Knabner
Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen
Heft 3, März 1930, Seite 81—86
- 9/6 Renovation de la Centrale de Gennevilliers (La Ma-
nutation du Charbon)
Ing. A. Gage
La Technique Moderne № 21 et 22.1^{er} et 15 Novem-
bre 1947 page 349—356, 385—390
- 9/7 Modernization of a Coal-Discharging Depot
By G. T. Shoosmith, M. A., M. J., Mech. E.
The Institution of Mechanical Engineers. Journal and
Proceedings (Journal, September 1949 and Pro-
ceedings 1949, Vol. 160 № 2 pp. 154—174
- 9/8 Über die Verbreiterung der Brennstoffgrundlage bei
der Planung von Dampfkesselanlagen
Ober Ing. Dr. Wiedemann VDJ und Dipl. Ing. Len-
hardt VDJ
Die Wärme № 13, 30 März 1940, Seite 111—116
- 9/9 Technische und wirtschaftliche Grundlagen neuzeiti-
ger Kesselbekohlungen
Obering. Neumann
Die Wärme № 21, 27 Mai, Seite 325—328
- 9/10 Bekohlungsanlagen für kleinere und mittlere Dampf-
kessel
Dipl. Ing. H. Schlicke
Die Wärme № 26, 25 Juni 1932, Seite 444—446
- 10/1 Bekohlungsanlagen von Grosskraftwerken
Dipl. Ing. H. Eickemeyer VDJ
Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen,
Heft 8, August 1940, Seite 179—181
- 10/2 Котельные установки, том II, страна 443—450
Инж. В. Н. Цыганков
- 10/3 Saugluftförderanlagen für Kohle u. Verbrennungs-
rückstände
G. Klein
Die Wärme, № 29, 20 Juli 1935, Seite 460—461
- 10/4 Behandlung der Kohle vor der Verfeuerung
Ing. H. Werkmeister VDJ
BWK Band 4, Heft 4, April 1952, Seite 107
- 10/5 Fördermittel für kleine Industriekraftwerke
Dipl. Ing. H. Schlicke
Die Wärme, № 27, 7 Juli 1934, Seite 442—443
- 11/1 Lagerung von Braunkohlenschwellkoks
Ing. Rammler
Braunkohle, 1939, Seite 659—661 und 667—670

- 11/2 Lagerung von Gas und Gasflammkohlen
Ing. Fuchs
Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen,
Dezember 1938, Seite 309—311
- 12/1 Die Kohlenverwiegung im Dampfkesselanlagen
Dr. Ing. Karl Diehl VDJ
Die Wärme, № 45, 9 November 1935, Seite 735—741
- 12/2 Котельные установки, том I, 1941, страна 192—197
Инж. В. П. Ромадин
- 12/3 Stromtrockner
Dr. Ing. K. Kröll VDJ
ZVDJ № 13, Mai 1952, Seite 360—364
13. Betriebskosten der Bekohlungeinrichtungen von
Dampfkesselanlagen
Dipl. Ing. H. Schlicke
Die Wärme, № 1, Mai 1932, Seite 329—331
- 14/1 Котельные установки, том I, 1941, страна 197—220
Инж. В. П. Ромадин
- 14/2 Машиностроение, том 13, страна 102—122
- 15/1 Gegenwärtiger Entwicklungsstand der Kohlenmühle,
ihre Bauart und Verwendung in Abhängigkeit
von der Kohlenmalbarkeit
Ing. A. Seidl
- 15/2 Mahlverfahren
Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen,
Juli 1936
- 15/3 Weiterentwicklung der Schlagradmühle
Dipl. Ing. K. Jütte
BWK, Bd. 4, Heft 8, Seite 253—258
- 15/4 Исследование условий сушки бурых углей на
цепной решетке
А. П. Смирнов
Известия ВТИ, 1947, № 7
- 15/5 К вопросу подсушки топлива на тракте топливо-
поддачи
Н. М. Михайлов, канд. техн. наук
За экономию топлива, 1950, № 2
- 16/1 Специфична потрошња електричне енергије за
млевање средњеазиских угљева у постројењима
са Krämer-овим млиновима
Инж. Л. И. Куernerман
За економију топлива, № 8 1949
- 16/2 Шахтно-млинска ложишта индустријских предузећа
Инж. Е. А. Ницкевић
За економију топлива, № 2, 1948
- 16/3 Einfluss der Mahlfinheit auf den Wirkungsgrad bei
Mühlenfeuerung
Dipl. Ing. H. Presser, Dipl. Ing. Dümmler
Sonderabdruck aus „Glückauf“
- 16/4 Размол и сушка подмосковног угља в барабано-
шаровой мельнице
Канд. техн. наук Б. И. Либеров
Известия ВТИ, № 4, 1947, страна 14—24
- 16/5 Die Nasskoklenfeuerung
Dr. Ing. Werner Bole
Feuerungstechnik, Heft 2, 15 Februar 1937,
Seite 33—41
- 16/6 Сушка и размол високовлажних топлив в шахтно-
мельничних установках
Инж. А. П. Кондратов
За економију топлива, № 4, 1950
- 16/7 Determination of Moisture Content of Coal by Means
of Pulverizer Heat Balance
By T. J. Finnegan and H. Z. Smith
Transactions of The ASME, August 1947, pp. 635—642
- 16/8 Design Data for Overfire Jets
By R. B. Engdahl
Combustion- March 1946, pp. 47—51
17. Beziehungen zwischen Oelbrennern und Brennkam-
mern bei Schiffkesseln
Ing. W. H. Fritsch
Schiff und Hafen, 1952, Heft 6, Seite 207—212
18. Probleme im neuzeitlichen Kesselbau
Ing. R. Jantscha
Entwicklungslinien im Kessel und Feuerungsbau
Herausgegeben von der Vereinigung der Grosskes-
selbesitzer, 1949, Seite 1—10
- 19/1 Проблема полново шлакоулавливания в топке
Др техн. наук проф. Л. К. Рамзин
Известия ВТИ, № 3, Март 1947, страна 1—6
- 19/2 Вязкость котельных шлаков
Канд. техн. наук Е. А. Галиллеева
Известия ВТИ, № 3, Март 1947, стр. 21—28
- 19/3 Прямоточный котел с жидким шлакоулавливанием
и шлакоудалением
Канд. техн. наук М. П. Рачеев
Известия ВТИ, № 3, Март 1947, стр. 13—20
- 20/1 Изыскание новых профилей поверхности нагрева
для воздухоподогревателей
Канд. техн. наук А. В. Кузнецов, инж. С. И. Турлиин
Известия ВТИ, № 5, Май 1947, страна 1—10
- 20/2 Котлови II (рукопис)
Проф. В. Фармаковски, Инж. Бурин, Инж. Штава
- 20/3 Heat Transfer and Fluid Resistances in Ljungström
Regenerative — Type Air Preheaters
By Hilmer Karlsson and Sven Holm
Transactions of the ASME, January 1943, pp. 61—72
- 20/4 The Development of the Ljungström Steam Turbin
and Air Preheater
By Dr. Frederik Ljungström
The Institution of Mechanical Engineers, Sept. 1949,
pp. 218—223
- 21/1 Der Wirtschaftliche Dampfkesselbetrieb 1949,
Seite 237—259
Ing. H. Kolbe
- 21/2 Dampfkraft 1949, Seite 483—486
Dr. Friedrich Münzinger
- 21/3 Die Gesamtplanung von Dampfkraftwerken 1942,
Seite 169—180
Dr. Ing. L. Musil
- 21/4 Pressure drop in cyclone separators
By C. I. Stairmand
Engineering 21 Oktober 1949, Vol. 168, pp. 409—412
- 21/5 Wind-Tunnel Tests to Establish Stack Height for
Riverside Generating Station
By H. L. von Hohenleiten and E. F. Wolf
Transactions of the ASME, Oktober 42, Vol. 64,
№ 7, pp. 671—683
- 21/6 Котельные установки, Том II, 1946, стр. 457—467
В. Н. Цыганков
- 22/1 Проспекти фирме В & W
- 22/2 Двухкамерная топка с жидким шлакоудалением
Канд. техн. наук Н. Л. Ойвин, Инж. Г. А. Шейнин
Известия ВТИ, № 3, 1947, стр. 7—17
23. Die Gesamtplanung von Dampfkraftwerken 1948,
Seite 180—194
Dr. Ing. L. Musil
24. Physikalische und bauliche Probleme im Dampfes-
selbau
Dr. Ing. Prof. Otto Schöne VDI
Die Wärme, 1934, № 47, Seite 797—823
25. Die Gesamtplanung von Dampfkraftwerken 1948,
Seite 158
Dr. Ing. L. Musil
- 26/1 Les centrales „out-door“
E. Müller
Chaleur et Industrie II. 1950, pp. 33—39
- 26/2 Permian Basin
Power 1948

- 26/3 Semi-Outdoor Steam Plants
By P. E. Gourdon, W. F. Friend and L. Elliot
Combustion, April 1948, pp. 32—38
- 26/4 Semi-Outdoor Steam Plants Save Steel and Dollars
By Luis Elliot
Combystion July 1942, pp. 26—28
- 26/5 Araphoe, Mile High Central Station
R. F. Throne and P. E. Gourdon
Power, November 1951, pp. 102—106
- 26/6 Semi-Outdoor Steam Plant (Utah Power & Light Company) Combustion
- 26/7 The Greens Bayon Station of Houston Light and Power Co
By Luis Elliot
Power Generation — April 1950, pp. 54—58
- 26/8 Leon Greek: Low Cost Semi-Outdoor Station
By John H. Hochuli
Power, September 1950, pp. 94—97
- 26/9 New Packaged Steam Power Plants for China
By Mou-Hui King
CIE Journal, Vol. 4, 1946, p. 49
- 26/10 „Packaged“ Boilers
By Martin Frisch and H. H. Hemenway
Transactions of the ASME, April 1947, pp. 177—189
- 26/11 Mobil Power Plants for Service Abroad
Combustion Vol. 16, July 1944, p. 32
- 26/12 Package' Steam
Heat Engineering Vol. 21, 1946, p. 48
- 26/13 1000 Kilowatt Packaged Steam Power Plant
By Lester E. F. Wahrenburg
Heat Engineering, Vol. 21, 1946, p. 78
- 26/14 Package-Type' Power Plants
By H. H. Van Kennen and L. E. Wahrenburg
Mechanical Engineering Vol. 66, 1944, p. 581
- 26/15 Nauka o toplini, prvi dio, strana 409
Dr. Ing. Fran Bošnjaković
- 26/16 Einfluss der Energiebedarfs auf Planung und Gestaltung von Dampfkraftwerken
Dipl. Ing. K. Schröder VDI, Berlin
Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen, Oktober 1941, Bd. 22, Heft 10, Seite 205—210
- 26/17 Auswirkungen des Brennstoffs auf den Kraftwerksbau
Dipl. Ing. Schröder VDI Berlin
Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen, November 1941, Bd. 22, Heft 11, Seite 247—252
- 27/1 Темловая схема котельных агрегатов высокого давления
Др. техн. наук проф. С. Я. Корницкий
Известия В. Т. И., № 11, 1947
- 27/2 Ein Diagram zur Bestimmung der besten Heizflächenverteilung
Dr. Ing. W. Lenz
BWK, November 1952, Bd. 4, Heft 11, Seite 375—378
- 27/3 Die Ermittlung der Kesselheizfläche
Dr. Ing. I. Tobolla
Borsig—Mitteilungen, Februar 1935, № 4, Seite 15—24
- 28/1 Die Rauchgasrückführung nach dem Lutz-Verfahren und ihr Einfluss auf den Kessel und Feuerungsbetrieb
E. Prextorius
Die Wärme, № 19, 1935, Seite 295—301
- 28/2 Gasrückführung und Lufterhitzung
Dipl. Ing. Wilhelm Gumz
Feuerungstechnik — 15 October 1932, Heft 10
- 28/3 Рециркуляция димних гасова и њен значај за индустријске котларнице
Канд. техн. наук М. С. Маслеников
За економiju топлива, бр. 5, 1950. страна 19—23
- 28/4 Рециркуляция газов в котельных установках
Канд. техн. наук А. П. Кучугуренко
За економiju топлива, бр. 2, 1948
- 29/1 The Mercury-Vapor Process
By A.R. Smith and E.S. Thompson, Schenectady, N.Y.
Transactions of the ASME, October 1942, pp. 625—646
- 29/2 The Mercury-Vapor Cycle
By W. N. Oberly
Power Generation, March 1950, pp. 56—57
- 29/3 Mercury for the Generation of Light, Heat and Power
By H. N. Hackett, Schenectady, N. Y.
Transactions of the ASME, October 1942, pp. 647—656
- 29/4 Kraftherzeugung im Quecksilberkraftwerken
Von H. N. Hackett
Bericht Nr. 5 in der Sektion E3 zur IV Weltkraftkonferenz, London 1950
- 29/5 Modern Mercury Unit Power Plant Design
By H. N. Hackett and D. Douglas
ASME Meeting, May 1949
- 29/6 South Meadow-First Post-War Mercury Power Unit
By O. L. Wood
Power Generation, March 1950, pp. 62—67
- 29/7 Schiller Station, First Complete Mercury Unit Power Plant
By H. N. Hackett
Power Generation, March 1950, pp. 58—61
- 29/8 The Mercury Power Plant From South-Meadow, 1938, To Schiller, 1949
Power Generation, March 1950, pp. 54—55
- 29/9 Бинарне установке
А. Н. Ложкин, А. А. Канаев
1946 г.
- 29/10 The Mercury-Vapor Process
The Institution of Mechanical Engineers Vol. 160, No 1, 1949, pp. 77
- 29/11 The Possibilities of Mercury as a Working Substance for Binary-Fluid Turbines
By W. J. Kearton
Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers London, Nov. 16, 1923
- 29/12 Power from Mercury Vapor
By W. Le R. Emmet
Transactions of the AJEE
- 29/13 Experiences with the Mercury Boiler and Turbine
By S. Ferguson
Journal of the Franklin Institute, Vol. 220, No 6, Dec. 1935, pp. 687—717
- 29/14 Mercury Vapor for Central-Station Power
By W. Le R. Emmet
Mechanical Engineering, May 1941, pp. 351—356
- 29/15 A Mercury Propelled Cargo Ship
By W. Le Emmet
Transaction of the Society of Naval Architects and Marine Engineers, Vol. 48, 1940, pp. 371—379
- 29/16 Coordinated Production of Industrial Steam and Utility Power
By A. R. Smith
General Electric Review 35, 1933, 300
- 30/1 Najekonomičniji pritisak pare
Ing. P. Gilli
Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen, Februar 1930, Heft 2
- 30/2 Improvements in Thermal Efficiencies with Light Steam Pressures and Temperatures in Non-Reheating Plant
By K. Baumann
The Institution of Mechanical Engineers Proceedings, 1946, Vol. 155

- 30/3 **Die Zwischenüberhitzung in Dampfkraftanlagen**
Dr. Ing. Ferdinand Marguerre
BWK — Bd. 4, Heft 11, November 1952, Seite 361—365
- 30/4 **Operation and Performance of Modern Reheat Boilers**
P. R. Loughin and H. H. Poor
Transactions of the ASME, May 1952, pp. 529—535
- 30/5 **Some Design Factors Relating to Performance and Operation of Reheat Boilers**
H. H. Hemenway
Transactions of the ASME, May 1952, pp. 537—550
- 31/1 **Planung und Gestaltung von Dampfkraftwerken**
Oberl. Karl Schröder
ZVDI, Bd. 85, No. 41/42 — 18 Oktober 1941
- 31/2 **Planung und Gestaltung von Dampfwerken, Teil II: Ausführungsbeispiele und Nennwerte von Dampfwerken**
Oberl. Karl Schröder
ZVDI, Bd. 85, No. 49/50, 13 Dezember 1941
- 31/3 **Planung und Gestaltung von Dampfkraftwerken, Teil III: Auswirkung der Vorbedingungen auf den äusseren Aufbau von Dampfkraftwerken**
Oberl. Karl Schröder
ZVDI, Bd. 86, No. 31/32, 8 August 1942, Seite 473—480
- 31/4 **Planung und Gestaltung von Dampfkraftwerken, Teil IV: Wärmeverbrauch und Herstellkosten**
Oberl. Karl Schröder
ZVDI, Bd. 86, No. 33/34, 22 August 1942, Seite 511—518
- 31/5 **Industriekraftwerke, Teil I: Grundsätzliches (Wasserreinigung) Dampfkesselfragen**
Dr. Ing. E. Pfeleiderer
ZVDI — Bd. 86, No. 35/36, 5 Sept. 1942, Seite 529—534
- 31/6 **Industriekraftwerke, Teil II: Wärmeschaltbild/Gesamtanordnung**
Dr. Ing. E. Pfeleiderer
ZVDI, Bd. 86, No. 37/38, 19 September 1942, Seite 571—578
- 32/1 **Einfluss der Ausbildung der Kesselanlage auf die Baukosten grosser Elektrizitätswerke**
F. Münzinger
ZVDI, Bd. 74, No. 16, 19 April 1930, Seite 499—506
- 32/2 **Zur Entwicklung des amerikanischen Kraftwerkbaus**
R. Quack
BWK, Bd. 3, No. 7, Juli 1951, Seite 232—233
- 33/ **L'étude générale de centrales de force motrice à vapeur**
Revue Technique Sulzer, No. 1, 1946, p. 3—25
- 34/ **Bestrebungen im heutigen Dampfkraftwerksbau**
H. Goerke
ZVDI, Bd. 82, No. 14, 2 April 1938, Seite 389—396
- 35/1 **Strömung, Zündung und Verbrennung in den Feuerräumen neuzeitlicher Grossdampferzeuger**
Oberl. O. Rosahl
ZVDI, Bd. 93, No. 2, 11 Januar 1951
- 35/2 **Sonderheft „Staub“, Mitteilungen Ver. Grosskesselbesitzer Heft 23 (1953)**
Beiträge von Bachmair, Spangemacher, Rosahl, Schäff, Andritzky, Nass, Stratmann und Brückner
- 35/3 **Betriebserfahrungen mit der K. S. G. Wierbelfeuerung**
E. Blass
Mitteil. Ver. Grosskesselbesitzer, Heft 21/1952, Seite 271—276
- 35/4 **Zwei Jahre Entwicklungsarbeit am Zyklon**
W. Cautius
Mitteil. Ver. Grosskesselbesitzer, Heft. 21 (1952), Seite 234—237
- 35/5 **La combustion pulsatoire du charbon pulvérisé**
F. H. Reynst
Chaleur et Industrie, Volume 29 (1948), p. 203—206
- 35/6 **Gas aus nicht verkokungswürdigen Kohlen**
K. Fränckner
G. W. F. Band 93 (1952), Seite 537—547
- 35/7 **Neue Wege beim Kraftwerkbau?**
Dipl. Ing. R. Lotz
BWK, Bd. 5, No. 5, Mai 1953, Seite 157—160
- 35/8 **Werkstoff-Fragen in der Hochtemperatur- und Hochdrucktechnik**
E. Siebel
BWK, Bd. 4, Heft 4, April 1952, Seite 105
- 35/9 **Braunkohlenfeuerungen**
R. Kuhlmann
BWK, Bd. 4, Heft 4, April 1952, Seite 106
- 35/10 **Hochtemperatur-Dampferzeuger**
O. Rosahl
BWK, Bd. 5, No. 4, April 1953, Seite 111—112
- 35/11 **Steinkohlenfeuerungen**
Dr. Ing. W. Lenz
BWK, Bd. 5, No. 4, April 1953, Seite 113—114
- 35/12 **Braunkohlenfeuerungen**
Dipl. Ing. H. Lenkewitz
BWK, Bd. 5, No. 4, April 1953, Seite 114—115
- 35/13 **Aschen-Schlacken- und Staubverwertung**
Dipl. Ing. H. Erythropel
BWK, Bd. 5, No. 4, April 1953, Seite 115—116
- 35/14 **Regelung der Heissdampf Temperatur mit schwenkbaren Brennern**
O. Elwert
BWK, Bd. 5, Heft 3, März 1953, Seite 73—76
- 35/15 **Cyclone-Fired Pressurized Steam Generator**
M. Newkirk
Transactions of the ASME, February 1951, pp. 215—224
- 35 18 **Operating experiences with cyclone-fired steam generators**
V. L. Stone and I. L. Wade
Mechanical Engineering, May 1952, pp. 359—368
- 35/17 **Station design with cyclone-fired steam generators**
H. C. Schroeder and R. J. Strasser
Transactions of the ASME, May 1952, pp. 573—578
- 35/18 **Путеви искоришћавања топлоте шљаке која се избацује (прев.)**
Проф. Н. А. Семенко
За Економију топлива, № 11, 1950
- 35/19 **Cyclone furnace firing offers**
G. A. Watts
Electric Light and Power, July 1950, pp. 72—73
- 35/20 **Schmelzkammerkessel, Seite 51—57**
Dampferzeugung, Dampfkessel, Feuerungen, Wien 1952
M. Ledinegg
- 35/21 **Investigations into Cyclone Dust Collectors**
A. J. ter Linden
The Institution of Mechanical Engineers, Sept. 1949, Vol. 160, Nr. 2, pp. 233—251
- 35/22 **Der Zyklon als Staubabscheider**
Dipl. Ing. R. Nagel
BWK, Bd. 3, No. 10 Oktober 1951, 331—335
- 35/23 **Flow Pattern and Pressure Drop in Cyclone Dust Collectors**
C. B. Shepherd and C. E. Lapple
Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 31, Nr. 8, pp. 973—984
- 35/24 **A Graphical Method of Sizing Cyclone Dust Collectors**
Leonard Monroe
Heating and Ventilating, December 1950, str. 63—66

- 35/25 Reduction of pressure drop across cyclone dust collectors
F. B. Schneider
General Electric Review, Vol. 53, No. 2, February 1950, pp. 22—29
- 35/26 Centrifugal Dust Collectors
H. L. Muntgomery Larcombe
The Mining Magazine, Vol. 87, No. 6, Sept. 1947, pp. 137—148, Oktober 1947, pp. 208—217; November 1947, pp. 273—278, December 1947, pp. 346—347
- 35/27 Kolloquium über Zyklonabscheider
Dipl. Ing. H. Sauer
BWK, Bd. 5, Nr. 4, April 1953, Seite 139—140
- 35/28 Cyclone Dust Collectors for Boilers
A. J. ter Linden
Transactions of the ASME, April 1953, pp. 433—440
- 35/29 Одредњавање апсорбоване топлоте у комори за топлење шљаке (прев.)
Ing. Dr. R. Doležal, Ostrava
Strojnický obzor, 1949, br. 1
- 35/30 Schmelzkammer — Schmelztrichter und Granulierkessel
Prof. Dr. Ing. M. Ledinegg
BWK, Bd. 4, Heft 11, Seite 372—375, Nov. 1952
- 35/31 Entwicklung der Schnellfeuerung
Ing. O. Engler
BWK, Bd. 3 (1951), H. 1, S 3/8, Sonderabdruck
- 35/32 Die thermodynamischen und technischen Grundlagen der Schmelzfeuerung
Ing. R. Fehling
Feuerungstechnik, 25 Harg. Heft 1, 15 Januar 1937, S. 1—6
- 35/33 Theorie der Zyklonfeuerung
Prof. Dr. Ing. M. Ledinegg
ZVDI, Bd. 94, Nr. 28, 1 Oktober 1952, Seite 921—928
- 35/34 Наследование удавливания жидкогошлака в экспериментальной топочной камере
Кандидат техн. наук. Ю. Л. Маршак
ВТИ № 3, 1947, страна 18—26
- 35/35 Control of Boilers Fired by Solid Fuels in Suspension
Llewellyn Young
The Institution of Mechanical Engineers, Vol. 166, No. 1, 1952, pp. 91—111
- 35/36 Pressure Operation of Large Pulverized Coal-Fired Boilers on the American Gas and Electric System
G. W. Bice and W. M. Yeknik
Transactions of the ASME, May 1953, pp. 529—548
- 35/37 Котлови II (рукопис)
Проф. Фармаковски, Инж. Ђурић, Инж. Штава
Прорачун циклонских ложишта и котла
36. Air- Preheater Design as Affected by Fuel Characteristics
By Hilmer Karlsson and W.E. Hammond, Wellsville N.Y.
Transactions of The ASME, July 1953, pp. 711—722
37. Korrosionsursachen bei Luftvorwärmen
W. Gumz
Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen
Bd. 16, 1935, Seite 149—150
38. Kurzes Handbuch der Brennstoff- und Feuertechnik
Dr. Ing. W. Gumz
Zweite Ausgabe, Springer-Verlag 1952. Berlin—Göttingen—Heidelberg
39. Brennstoffschwefel und Rauchgastaupunkt
Dr. Ing. W. Gumz VDI, Essen
BWK, Band 5, Heft 8, Aug. 1953, Seite 264—269
40. Ergebnisse von Taupunktmessungen an Hochdruckkesseln
Dipl. Ing. F. Henning, Dr. H. Rögner
BWK, Band 5, Heft 8, Aug. 1953, Seite 269—272
41. Dampf
Babcock—Handbuch, Ausgabe 1950, Tafel 7 und 8
42. Schnelle Verbrennung fester Brennstoffe
Hans Fritsch, Hamburg
Techn. Mitteilungen des Wasserrohrkesselverbandes, Düsseldorf, 1951
43. Dampferzeugung (Dampfkessel, Feuerungen, Theorie, Konstruktion, Betrieb), 1952, Seite 203—211, 214—220
Dr. Ing. M. Ledinegg a. o. Prof. Wien
44. Schmelzfeuerungen
Dipl. Ing. O. Engler, VDI, Düsseldorf
BWK, Band 5, Heft 7, Juli 1953, Seite 225—229
45. Seals to Minimize Leakage at Higher Pressure
By B. A. Niemeier, Richmond VA
Transactions of the ASME, April 1953, pp. 369—379
46. Braunkohlenschwelkoks in Dampfkesselfeuerungen
E. Rammler
Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen, Bd. 18 (1937) Seite 331—335
47. The Swedish Power System—Västerås Steam Power Station
48. Dampfkraft 1949, Seite 337
Dr. Friedrich Münzinger
49. Stand des Kessel- und Feuerungsbaus
Dipl. Ing. Julius Krug, Berlin
Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen, Bd. 21, Heft 4, April 1940, Seite 71—74
50. Theorie der Wärmestrahlung im Dampfkesseln
Ledinegg
Dissertation Technische Hochschule Wien, 1933
51. Die Verbrennungstemperatur im Schmelzkammerfeuerung
Ledinegg
Die Wärme, 1943, № 20
52. Theorie der Feuerungen mit flüssigen Schlackenabzug
Ledinegg
Habilitationsschrift. Wien, 1944

