

О. ВІЛІНСЬКИЙ.

Інженер, Професор Української Господарської Академії в Ч. С. Р.

Розрахунок парових котлів.



1925
ПОДЄБРАДИ

Видання „Видавничого Т-ва при Укр. Госп. Академії в Ч.С.Р.“

Накладом Укр. Госп. Акад. та „Вид. Т-ва при У.Г.А.“

О. ВІЛІНСЬКИЙ.

Інженер, Професор Української Господарської Академії в Ч. С. Р.

Розрахунок парових котлів.

1925
ПОДБРАДИ

Видання „Видавничого Т-ва при Укр. Госп. Академії в Ч.С.Р.“

Накладом Укр. Госп. Акад. та „Вид. Т-ва при У.Г.А.“

I. ВОДЯНА ПАРА

Пара це є газувате тіло, яке витворюється з течі при додаванні їй тепла, або зменшенні її тиснення, і яке при відтяганні тепла, або збільшенні тиснення переходить знов у течу.

Як що закрити з усіх боків посудину, що наповнена вщерть водою, будемо підогрівати, себто додавати тепло, при постійному тисненні, то при досягненні якоїсь певної температури вода починає кипіти, починає витворюватися пара. Коли б одну з стінок замінили на тлок, то цей останній почав би підійматися угору. Температура пари буде однакова з температурою води, що ще залишилася, і навіть не буде побільшуватись аж поки ця вода залишається. Ця температура пари не залежить від кількості доданого тепла, але від тиснення у той спосіб, що кожному тисненню пари відповідає своя власна температура. Така пара називається **д о с и т н о ю** парою і характеризується тим, що в обсяг, в якому вміщається доситна пара, при постійному тисненню та температурі, не можна вставити ні одної зайвої частини пари.

Доситна пара звичайно перемішана з дрібнесенькими частинками води. Тому її ще звуть **в о х к о ю**. Ця вохкість може зникнути при дальшому нагріванню, може зникнути, коли уся вода перейде в пару. Така пара зветься **с у х о ю д о с и т н о ю**.

Коли кількість тепла, що додається, переходить ту межу, яка потрібна на випаровування усієї течі, то зайве тепло утворює т.зв. **п е р е г р і т у п а р у**. З цього моменту це зайве тепло, при постійному тисненню, йде виключно на підвищення температури та обсягу пари. З цього можна зробити висновок, що при одному й тому самому тисненню, температура

Проф. О. Вільноський.- Розрахунок парових котлів.

перегрітої пари може бути різна, але ця температура завжди вища температури доситної пари того самого тиснення.

Вживання перегрітої пари дає багато користи. По-перше, перегріта пара може передавати тепло не конденсуючись, і тому можна уникнути значних страт пари. По-друге, перегріта пара має значно більший обсяг, ніж доситна, тому можна ощадити пару.

2. ТИСНЕННЯ ТА ТЕМПЕРАТУРА ДОСИТНОЇ ПАРИ .

Напруження газів та пари вимірюється тим тисненням, яке витворюють вони на стінки посудини. Це тиснення міряється або в м/м стовпа води / $W.S.$ / , або в сантим. стовпа живого срібла / $Q.S.$ / , або в атмосферах.

У техніці під атмосферою / at / розуміють тиснення 1 клгр. на площу 1 см². Це відповідає атмосферному тисненню 73.56 $Q.S.$ / 0° C. / , або тисненню стовпа води 10 м. $W.S.$.

$$1 at = 1 \text{ kg/cm}^2 = 73,56 \text{ } Q.S. = 10 \text{ m. } W.S. = 1,0333 \text{ atm. } at$$

Коли ми вимірюємо тиснення, починаючи з абсолютного вакуума / 0 $cm \text{ } Q.S.$ / , то тоді маємо абсолютне тиснення, коли ж брати під увагу тиснення повітря, так як це показує манометр, то маємо манометричне тиснення, яке ми надалі називатимемо просто тисненням. Для практичного вжитку різницю поміж цими двома тисненнями беруть = $1 at$.

Температура доситної пари, як це було в'ясовано вище, залежить від тиснення.

Нижче приводиться таблиця доситної пари, по $W. Schiele$, з якої для кожного тиснення можна взяти температуру, а також інші дані для пари.

[illegible]

[illegible]

3. КІЛЬКІСТЬ ТЕПЛА, ПОТРІБНОГО ДЛЯ УТВОРЕННЯ ВОДЯНОЇ ПАРИ.

А. Суха доситна пара.

Загальна кількість тепла, необхідна для перетворення одного кілограма води, температури 0°C , у пару темпер. t° , тиснення p , виносить

$$A = q + r \text{ cal},$$

де q - тепло течі, себ-то та кількість тепла, яка потрібна, щоб нагріти 1 клгрм. води температури 0°C . до температури $t^{\circ}\text{C}$ кипіння води /відповідно тисненню p /, а r - тепло випаровування, себ-то та кількість тепла, яка потрібна, щоб 1 клгрм. води температури $t^{\circ}\text{C}$ перетворити в пару тиснення p і температури $t^{\circ}\text{C}$.

$$q = C_m \cdot t \text{ cal},$$

де C_m - середнє питоме тепло води, по-між температурами 0° та t° . Для практики можна прийняти $C_m = 1$, тому $q = t \text{ cal}$.

Коли треба знати для q більш точну величину, то значіння його беруть з парових таблиць.

Тепло випаровування r складається з двох частин:

а/ з осередженого тепла випаровування, яке потрібне для того, щоб перемогти притягаючі сили, що існують по-між частинками води, себ-то дати зосередню працю вироблення пари. Визначимо його через S .

б/ зоколишнього тепла випаровування, яке потрібне на працю побільшення обсягу при витворенні пари ; воно рівне $A p u$,

де A - механічний еквівалент тепла $/\frac{1}{427}/$,
 p - тиснення і u - побільшення обсягу від початкового v до останнього v .

Тому загальна кількість тепла, необхідна для витворення з одного кілограма води /температури $t^{\circ}\text{C}$ /пари тиснення p та температури $t^{\circ}\text{C}$, виносить: $A = q + r + A_{\text{ри}}$.

Зрозуміло, що коли один кілограм такої пари сконденсується у воду температури 0° , то A калорій тепла зробиться вільним і може бути вжите.

Усі члени цього останнього виразу, а також питомий обсяг пари та питомий тягар можна брати з парових таблиць.

В. Вохка доситна пара.

Як-що пара має в собі, наприклад, 10% вохкості, то для витворення 1 клгрм. такої пари потрібно на $\frac{r \cdot w}{100} \text{ cal.}$

менше тепла, ніж це було для витворення сухої пари, тому загальна кількість тепла для витворення 1 клгрм. вохкої доситної пари виносить:

$$A_s = A - \frac{r \cdot w}{100} = q + (1 - \frac{w}{100})r \text{ cal.}$$

Коли ми визначимо $1 - \frac{w}{100}$ через x , себ-то прийнемо, що 1 клгрм. пари складається з x кілограм. сухої пари та $(1-x)$ кілограм. вохкості, тоді матимемо:

$$A_s = q + r \cdot x.$$

С. Перегріта пара.

Перегрів пари починається лише тоді, коли вона зробиться зовсім сухою, себ-то коли їй передано A калорій тепла. Далі, щоб перегріти 1 клгрм. пари до температури t' , потрібно дати йому ще $C_{pm}(t' - t)$ калорій тепла, де C_{pm} - буде середнє питоме тепло перегрітої пари при постійному тисненню в межах температур t та t' , а t - температура доситної пари, даного тиснення.

Тому загальна кількість тепла в даному випадку виносить: $A' = A + C_{pm}(t' - t).$

Вартості для C_p раніш приймали незалежно від тиснення та температури рівними 0.48, але досвіди *Knoblauch'a* та *Raisch'a* довели неправдивість цього твердження, а тому зараз вартості для C_p можна взяти з таблиці II.

Д. Приклади.

I. Треба підогріти 300 куб. метр. води температури 10° до температури 25° . Скільки кілограм пари тиснення 7 at потрібно для того?

Тепло течі 300 куб. метр. води, температури 10°C , виносить

$$300 \cdot 1000 \cdot 10 = 3000000 \text{ калор.}$$

Як що ми витратимо x кілограм. пари, тиснення 7 at / абсолютних 8 /, то загальне тепло цієї кількості пари буде виносить:

$$x \cdot \lambda = x \cdot 660,9 \text{ cal.}$$

При змішуванні пара конденсується і ми одержимо $(300000 + x)$ клгрм. води, температури 20°C , себ-то з теплом течі $(300000 + x) \cdot 20 \text{ cal.}$

Коли ми не звернемо уваги на побічні втрати тепла, то можемо скласти рівняння:

$$3000000 + 660,9 \cdot x = (300000 + x) \cdot 20$$

$$x = \frac{6000000 - 3000000}{660,9 - 20}; \quad x = 4680 \approx 5000 \text{ кг. пар.}$$

2. Один кілограм пари, тиснення одна at абс., змішуванням в конденсаторі з водою, температури 15° , треба перетворити у воду. Скільки кілограмів води потрібно для того, коли вода в конденсаторі повинна бути температури 40°C ?

У одному кілограмі пари абсолютного тиснення 1 at мається $\lambda = 638,2$ кал. загального тепла, а в x кілограмах охолоджуючої води, температури 15°C , тепло течії виносить $15 \cdot x$ калорій. Після конденсації одержимо $(1 + x)$ кілограм води, температури 40°C , тепло течії якої виноситиме

$$(1 + x) \cdot 40 \text{ cal.}$$

Т а б л и ц я ІІ.
Середнє питоме тепло перегрітої пари. C_p

p аб. атм.	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
t макс. до кипіння	99,1	111,95	142,9	158,1	169,6	179,1	187,1	194,1	200,4	206,1	211,4
$t' = 120^\circ$	0,486	0,499	0,525	0,551	0,578	0,605	0,633	0,663	0,694	0,726	0,759
140°	0,481	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
160°	0,478	0,494	-	-	-	-	-	-	-	-	-
180°	0,476	0,490	0,517	-	-	-	-	-	-	-	-
200°	0,474	0,487	0,512	0,538	0,569	-	-	-	-	-	-
220°	0,473	0,485	0,507	0,530	0,556	0,584	0,615	0,653	0,657	0,692	0,723
240°	0,473	0,483	0,503	0,524	0,546	0,570	0,596	0,625	0,631	0,659	0,689
260°	0,472	0,481	0,500	0,519	0,539	0,559	0,581	0,605	0,611	0,635	0,658
280°	0,472	0,480	0,496	0,515	0,533	0,551	0,570	0,590	0,597	0,617	0,636
300°	0,473	0,480	0,495	0,510	0,524	0,539	0,555	0,570	0,585	0,603	0,619
320°	0,473	0,480	0,494	0,508	0,521	0,535	0,548	0,563	0,577	0,592	0,607
340°	0,474	0,481	0,493	0,507	0,518	0,532	0,545	0,557	0,570	0,583	0,597
360°	0,474	0,481	0,494	0,506	0,516	0,529	0,540	0,552	0,565	0,576	0,588
380°	0,475	0,482	0,494	0,505	0,515	0,527	0,538	0,548	0,560	0,570	0,581
400°	-	0,483	0,494	0,505	0,514	-	-	-	-	-	-
450°	-	0,485	0,495	0,505	0,513	-	-	-	-	-	-

Коли не звертати уваги на де-які втрати тепла, то можна скласти рівняння:

$$638.2 + 15x = (1+x) \cdot 40$$

$$x = \frac{638.2 - 40}{25} \approx 24 \text{ kg.}$$

На практиці беруть охолоджуючої води на 1 кг пари 25-30 *kg*.

3. Що годину вводиться до котла 800 *kg* води температури 15° C за допомогою інжектора. Температура води через інжектор підвищується до 60° C. Тиснення в котлі по манометру 8 *at*. Скільки витрачається *kg* пари на працю інжектора?

Вода має приблизне тепло течії

$$800 \cdot 15 = 12000 \text{ cal.}$$

Інжектор додає кожним *kg* пари абсолютного тиснення 9 *at* загальне тепло $1 = 661,5 \text{ cal}$, а $x \text{ kg}$ пари тепло

$$661,5 \cdot x \text{ cal.}$$

При змішуванні пара конденсується і загалом матимемо $(800 + x) \text{ kg}$ води, температури 60° C, тепло течії якої приблизно виносить:

$$(800 + x) \cdot 60 \text{ cal.}$$

Не звертаючи уваги на втрати тепла, можемо скласти таке рівняння:

$$12000 + 661,5 \cdot x = (800 + x) \cdot 60$$

$$x = \frac{48000 - 12000}{661,5 - 60} = 59,8 \approx 60 \text{ kg.}$$

4. Паровий котел має обсяг води 22,5 куб. метр., обсяг пари - 7,5 куб. метр. Тиснення пари по манометру 12 *at*.

а/ Скільки звільниться тепла, як-що тиснення пари упаде раптово до 11,5 *at*?

б/ Скільки куб. метр. пари витвориться з води, як-що при тисненні пари в 11 *at* нагле зіснуття стінки котла доведе тиснення в котлі до атмосферного?

а/ При абсолютному тисненні 13 *at* обсяг води важить:

$$\frac{22,5}{6} = \frac{22,5 \cdot 1000}{1,1419} = 19704 \text{ kg.}$$

а обсяг пари

$$7,5\% = 7,5 \times 6,477 = \approx 46 \text{ кг}$$

Через спад абсолютного тиснення пари з 13 *at* до 12,5 *at* витвориться з 1 клгрм. води

$$q_{13} - q_{12,5} = 193,4 - 191,6 = 1,8 \text{ cal тепла,}$$

а з 1 клгрм. пари

$$A_{13} - A_{12,5} = 667,5 - 667,1 = 0,4 \text{ cal тепла.}$$

Тому з всього обсягу води витвориться

$$19704 \times 1,8 = 35467 \text{ cal тепла,}$$

Відсиля бачимо, яке велике значіння має обсяг води, яко регулятор тиснення. Коли тиснення пари спадає, то звільняється велика кількість тепла, яка знову йде на витворення пари і на підвищення тиснення. Тому то в котлах з великим обсягом води ніколи не буває тривалого зниження тиснення, вони самі його регулюють.

б/ Тепло течії води при абсолютному тисненню в 13 *at*, виносить 193,4 кал., а при абсолютному тисненню 1 *at* 99,1 кал. Тому витвориться з усього обсягу води

$$19704 / 193,4 - 99,1 = 1858087 \text{ кал. тепла.}$$

Те тепло перетворить частину води у пару. Потрібне для цього тепло течії q вже знаходиться у воді, тому залишається додати ще тепло випаровування $r = 539,1 \text{ cal}$ на кожний клгрм. води. Таким чином буде витворено:

$$1858087 : 539,1 = 3447 \text{ клгр. пари,}$$

або $3447 \cdot 2\% = 3447 \times 1,721 = 5932 \text{ куб. метри}$ пари, себ-то обсяг цієї пари у 5932 : на 30 = ≈ 200 разів більший од самого обсягу котла.

Це є небезпека великого обсягу води котла, яка може у де-яких випадках знищити всі вигоди його як регулятора тиснення.

5. У паровий котел подається вода підогріта: в підогрівачі зужитою паром з 100° С до 45° С, потім в підогрівачі-димними газами до 100°. З котла, де маєтсья пара з вохкістю в 12%, тиснення 11 *at*, переходить до перегрівача, де вона підогрівається до 300°.

Яку теплову участь приймають у витворенню перегрітої пари:

1 підогрівач, 2 підогрівач, котел та перегрівач?

Тепло течії води, що входить в перший підогрівач виносить

$$Q_0 = 10 \text{ кал.};$$

теж саме для другого підогрівача

$$Q_1 = 45 \text{ кал.},$$

для котла

$$Q_2 = 100 \text{ кал.}.$$

Для витворення 1 клгрм. перегрітої пари нам у нашому усталенню треба мати

$$\lambda' = \lambda - Q_0 + C_{p_m}(t' - t) \text{ cal. тмга,}$$

де λ для абсол. тиснення 12 ат = 666,4;
 $C_{p_m} = 0,539$ / для 12 ат, та $t' = 300^\circ$; $t = 187,1$ /;
 $t' = 300^\circ$

$$\lambda' = 666,4 - 10 + 0,539[350 - 187,1]$$

$$\lambda' = 744 \text{ кал.}$$

Ця кількість тепла передає у:
 1/ першому підогрівачу-

$$Q_1 = Q_1 - Q_0 = 45 - 10 = \underline{35 \text{ кал.}}, \text{ або } /100 \times 35/ : 744 = 4,7\%;$$

2/ другому підогрівачу-

$$Q_2 = Q_2 - Q_1 = 100 - 45 = \underline{55 \text{ кал.}}, \text{ або } /100 \times 55/ : 744 = 7,4\%;$$

$$3/ \text{ у котлі- } Q_3 = Q - Q_2 + x\lambda =$$

$$= 189,5 - 100 - 0,9 \cdot 476,9 = \underline{519 \text{ кал.}},$$

$$\text{або } /100 \cdot 519/ : 744 = 69,7\%;$$

$$4/ \text{ у перегрівачі- } Q_4 = (1-x)\lambda + C_{p_m}(t' - t) =$$

$$= 0,1 \cdot 476,9 + 0,539[350 -$$

$$- 187,1] = \underline{135 \text{ кал.}}, \text{ або } [100 \times 135] : 744 = \underline{18,2\%}$$

$$\underline{\underline{744 \text{ кал.}}}$$

$$\underline{\underline{100\%}}$$

У останньому виразі для Q_4 , $(1-x)\lambda$ визначає ту кількість тепла, яка потрібна на висусшення пари, а $C_{p_m}(t' - t)$ - ту кількість тепла, яка потрібна для самого перегріву.

ПАЛИВО ТА ГОРІННЯ ЙОГО.

Що торкається самого палива, то це є предмет окремого курсу "Технології палива", тому зупинятися над цим не будемо. Дамо тільки ті формули, з якими прийдеться мати діло у дальшому розрахунку парового котла.

Теплоздатністю палива називається та кількість тепла в калоріях, яка одержується, як-що спалити 1 клгрм. палива.

Ця величина знаходиться за допомогою окремих пристроїв, т.зв. калориметрів, про які вже говорилося і в курсі фізики і в курсі технології палива.

Союз германських інженерів дає формулу, яка досить точно цю величину установлює.

Як-що склад палива в % його вари / на 1 клгрм. / виносить: вуглеця $C\%$, кисня $O\%$, водня $H\%$, сірки $S\%$ та води $W\%$, то теплоздатність палива W^0 буде :

$$W^0 = 8100C + 29000\left(H - \frac{O}{8}\right) + 2500S - 600W.$$

Теоретично для спалення 1 клгрм. палива, складові частини якого такі самі, як зазначено вище, необхідно повітря:

$$L_{min}/kg = \frac{2,67C + 8H - O + S}{0,23} kg, \text{ або}$$

$$L_{min}/m^3 = \frac{2,67C + 8H - O + S}{0,23 \times 1,29} m^3 (0^\circ C, 76 \text{ cm}).$$

Практично подається більше повітря, ніж його треба теоретично, бо инакше повного спалення палива не буде. Як-що подається практично $L m^3 (kg)$ повітря, то відношення $m = \frac{L}{L_{min}}$

покаже в скільки разів більше подається повітря, ніж того потрібно теоретично.

Для доброго обслуговування процесу спалювання, для твердого палива $m = 1,5$ до 2 , а для плинного палива $m = 1,15$ - $1,4$.

Можна обрахунком знайти m , при якому працює паливник, як-що зробити аналіз димних газів у заслонки /прилад Орса / на їх складові частини. Коли димні гази складаються з $(CO_2)\%$ - чотириокису вуглеця, та $(O)\%$ - кисня /ці проценти беруться по обсягу/, то при умові, що весь вуглець палива переходить в чотириокис вуглеця, вартість m виносить:

$$m = \frac{21}{21 - 79 \frac{O}{100 - (CO_2 + O)}}.$$

При спаленні 1 кг. палива витворюється димних газів по вазі $G_g = (1 + m \cdot L_{min} \cdot kg)$, а по обсягу $G_v = (1 + m \cdot L_{min} \cdot m^3) m^3$.

В паливнику мається середня температура t_g , яку можна вирахувати на підставі таких міркувань.

Паливо та повітря увіходять до паливника з температурою t_a котлярні. Ті гази, що витворюються з них, підігріваються теплом, яке дає паливо при своєму спаленні, себ то теплотдатністю палива. Теоретично маємо для нагрівання $(1 + m \cdot L_{min}) kg$ газів - W^0 кал. тепла. Практично уся та кількість тепла не буде витрачена на корисне підігрівання газів, але тільки частина його η_1 ; крім того, де-яка частина тепла тратиться через охолодження стінок котла, які лежать поблизу паливника.

Таким чином в нашому розпорядженні є така кількість тепла $\eta_1 \cdot W^0 - \alpha \cdot \eta_1 \cdot W^0 = \eta_1 \cdot (1 - \alpha) W^0 cal$.

З другого боку $(1 + m \cdot L_{min}) kg$ газів повинні бути нагріті з температури t_a до t_g , на що потрібно $(1 + m \cdot L_{min}) \cdot C_p (t_g - t_a) cal$.

Таким чином $(1 + m \cdot L_{min}) \cdot C_p (t_g - t_a) = \eta_1 \cdot (1 - \alpha) W^0$,

відкіля $t_g = t_a + \frac{\eta_1 \cdot (1 - \alpha) \cdot W^0}{(1 + m \cdot L_{min}) C_p}$.

В цій формулі

$$\eta_1 = 0,87 - 0,95$$

$$C_p = 0,24 \text{ - як для повітря,}$$

так і для димних газів; показчик α залежить від положення паливника відносно котла, а саме-при паливниках:

зосередніх...- $\alpha = 0,25-0,3$
 нижніх.....- $\alpha = 0,2-0,25$
 передніх.....- $\alpha = 0,1-0,15$

3. ПЕРЕДАЧА ТЕПЛА.

Тепло, яке витворюється у паливнику, може бути передане котлу випромінюванням та дотиком, а потім вже воно розповсюджується дальшою передачею.

а/ В и п р о м і н ю в а н н я.
 Так як і світло, тепло розповсюджується теж випромінюванням, себ-то нагріте тіло розповсюжує у всіх напрямках прості проміні тепла. Якщо проміні тепла попадуть на тіла, то ці тіла будуть тим більше нагріватись, чим менше вони здібні пропускати крізь себе тепло.

По *Стерфану* кількість тепла, яку розповсюжує одиниця поверхні тіла в одиницю часу, виносить: $Q_s = c \cdot T^4$,

де T - абсолютна температура тіла, а c - число/постійна випромінювання/, яке залежить від гатунку тіла та стану його поверхні. Це число є мірилом здібності тіла висилати проміння тепла.

Випромінювання до T_1° нагрітої поверхні, площею $F \text{ m}^2$ на оточуючу її або рівнобіжну до неї поверхню, температура якої виносить T_2° виносить у годину по рівнянню *Стерфан - Больцман*:

$$Q_s = c \cdot F \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \text{ cal/h.}$$

Для постійної випромінювання c мається такий вираз:

$$c = \frac{1}{\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} - \frac{1}{c}}, \text{ де}$$

c в $\text{cal/h/}^\circ\text{C}$ - постійна випромінювання для

c_2 в $\text{cal}/\text{h}/^\circ\text{C}$ — тіла, що передає тепло;
 — постійна випромінювання для
 тіла, що одержує тепло;
 c в $\text{cal}/\text{h}/^\circ\text{C}$ — постійна випромінювання для
 абсолютно чорного тіла.

Wamaler дає такі значіння для c :

для абсолютно чорного тіла.....	4,61
" сажі лампової.....	4,44
" заліза матового.....	4,40
" чавуна необробленого.....	4,48
" вапна білого, не гладкого....	4,30
" латуні матової.....	1,30
" міді слабо шліфованої.....	0,79

Для вугілля /жевріючого/ можна взяти ту
 саму вартість, що й для сажі.

б/ Д о т и к.

Коли газів дотикаються до стінок котла, то
 тепло газів передається через ці стінки во-
 ді. При температурах газів t_1° , води в котлі t_2° ,
 через плоску поверхню $F \text{ м}^2$ у годину буде пе-
 редано Q_g калорій тепла, а саме $Q_g = \kappa \cdot F(t_1 - t_2) \text{ cal/h}$.

κ - це є загальний показчик передачі тепла,
 він визначає яка кількість тепла передається
 одному кв. метрові поверхні у годину при різ-
 ниці температур 10°C .

Для плоских стінок $\frac{1}{\kappa} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \sum \frac{e}{\lambda}$,

де a_1 і a_2 показчики тієї кількості тепла, яку
 вбирає /видає/ один метр.кв. поверхні у го-
 дину при різниці температур 10°C . Коли б ми
 мали багато шарів, то треба було б узяти під
 увагу показчики вбирання та видачі тепла для
 всіх цих шарів, але, по перше, ці шари щільно
 прилягають один до одного, тому таку стінку
 можна без великої помилки прийняти суцільною,
 по друге - значіння для тих показчиків будуть
 великі і тому на остаточне значіння $\frac{1}{\kappa}$ во-
 ни мають незначний вплив.

e - це товща кожного окремого шару в
 метрах.

λ - це показчик проходу тепла через
 стінку, та кількість тепла, яка проходить через

стінку даного матеріалу, є 1 м^2 поверхні, при товщі її в 1 метр, в годину, при різниці температур в 1° .

Точні цифри для k установити досить трудно, бо вони залежать від температур, питомого тепла, здібності пропускати тепло, швидкості віддаючого або відбираючого тепло медіума. Можна дати тільки приблизні цифри для можливості вираховування k .

Для показників α :

1/по-між гарячими газами та стінкою котла

15 - 25 кал./ $\text{м}^2/\text{с}^\circ$;

2/по-між стінкою котла та киплячою рідиною, при поземній поверхні нагріву,

1200 кал./ $\text{м}^2/\text{с}^\circ$;

3/по-між стінкою котла та киплячою водою, при доземній поверхні нагріву,

до 6000 кал./ $\text{м}^2/\text{с}^\circ$.

Показник проходу тепла λ може бути прийнятий такий:

для заліза.....40 - 60

" міді.....260 - 340

" латуні.....70 - 90

" попелу..... - 0,06

" котельного ка-

міння..... I - 3, сансі..... 0,03

" накипу з масла - 0,1

Для стінки, що складається з трьох шарів,

маємо: $\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2}$

Тоді через 1 кв. м. стінки у годину проходить

$$Q_g = k(t_1 - t_2) \text{ cal.}$$

Температура тієї поверхні стінки, що звернена до гарячих газів, буде: $t_{g_1} = t_1 - \frac{Q_g}{\alpha}$.

Температура у тому місці, де сходяться перший та другий шари $t' = t_{w_1} - Q_g \frac{e_1}{\lambda_1}$, -

де сходяться другий та третій шари: $t'' = t' - Q_g \frac{e_2}{\lambda_2}$,

і нарешті температура стінки, оберненої до води

$$t_{w_2} = t_2 + \frac{Q_g}{\alpha}$$

Проф. Вілінський. - Розрахунок парових котлів.

П р и к л а д. Коли прийняти температуру гарячих газів $t_1 = 1000^\circ$, температуру води $t_2 = 190^\circ$ С., показники $\alpha_1 = 20$, $\alpha_2 = 5000$, та взяти товщину залізної стінки [чистої, $\lambda = 50$], то одержимо $\kappa = 19.8$ й $Q_0 = 16000 \text{ cal.}$

Коли взяти:

- 2/ з осередка на стінці котельний камінь, товщиною 6м/м,
- 3/ крім того з осередка накип масла в 0,5 м/м,
- 4/ зокола крім того шар сажі 1 м/м,
- 5/ та шар попелу 3 м/м,

то одержимо таку таблицю передачі тепла:

1.....	16000.
2.....	15100.
3.....	13800.
4.....	10800.
5.....	4800.

Ззагалі на практиці, в залежності від температури гарячих газів та їх швидкості, для κ беруть значіння від 10 до 30 .-

Кількість тепла, що передається через ℓ метрів довгу трубу, при тих самих значіннях, виносить /рис. 1/ :

$$Q_0 = 2\pi \ell \kappa (t_1 - t_2),$$

$$\frac{1}{\kappa} = \frac{1}{\alpha_1 r_i} + \frac{1}{\alpha_2 r_a} + \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{r_a}{r_i} + \frac{1}{\lambda_a} \ln \frac{r_a}{r_i}$$

температури стінок:

$$t_1 - t_{w_i} = \frac{\kappa}{\alpha_1 a_1} (t_1 - t_2)$$

$$t_{w_i} - t = \frac{\kappa}{\lambda_i} \ln \frac{r_a}{r_i} (t_1 - t_2)$$

$$t_{w_a} - t_2 = \frac{\kappa}{\alpha_2 a_2} (t_1 - t_2)$$

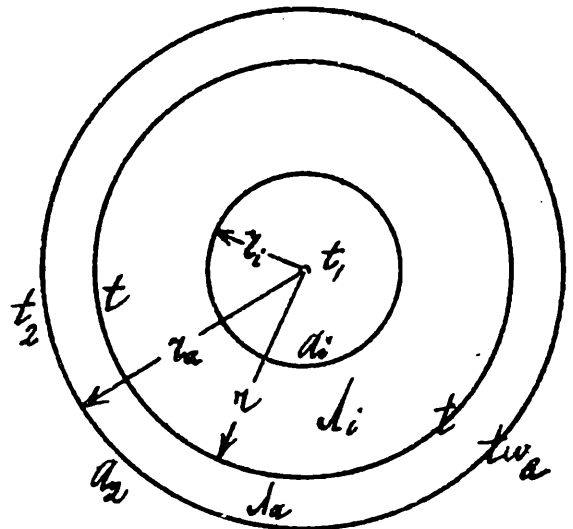


Рис. 1.

Як-що температура медіумів, що віддають та відбирають тепло, міняється впродовж поверхні нагріву, то $Q_6 = k \cdot F \cdot \theta_m = k \cdot F \cdot \frac{\theta_1 - \theta_2}{\ln \frac{\theta_1}{\theta_2}}$,

де θ_m - середня, θ_1 - початкова, а θ_2 - кінцева різниця температур гарячих газів та води, причому θ_1 більше θ_2 .

П р и к л а д. На підогрівачі газу охоложуються з 450° до 150° , вода входить з температурою 40° , а виходить при 120° . Скільки передається тепла при а/однаковому напрямі просування газів та води, б/при протилежному. Треба довести k до 10.

$$a) Q_6 = 10 \cdot F \cdot \frac{(450-40) - (150-120)}{2,3 \cdot \lg \frac{410}{30}} = \sim 1550 F$$

$$б) Q_6 = 10 \cdot F \cdot \frac{(450-120) - (150-40)}{2,3 \cdot \lg \frac{330}{110}} = \sim 2000 F$$

Це показує, що при протилежному напрямку руху газів та води поверхня нагріву пристрою виносить $\sim 78\%$ поверхні нагріву пристрою з однаковим напрямком, економність в коштах мінімум 20% .

ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ДОТИК РАЗОМ.

У цьому випадкові загальна кількість тепла, переданого за годину, виносить:

$$Q = Q_r + Q_6 = C \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_m}{100} \right)^4 \right] + a_1 (t_1 - t_{m1}),$$

а загальний показник передачі тепла $k = \frac{Q}{t_1 - t_2}$;

температури стінок можна знайти з формул:

$$t_{m1} = t_2 + \frac{Q}{a_2} + Q \sum \frac{e}{\lambda} \quad \text{і} \quad t_{m2} = \frac{Q}{a_2} + t_2.$$

Як-що прийняти значіння для: $t_2 = 200^\circ$, $a = 20$, $a_2 = 1200$, $e = 0,02$, $\lambda = 50$ і $C = 4,2$, - то одержимо наступну таблицю, яка показує вплив на передачу тепла випромінювання та дотику:

$t_2 = t_1$	Q_2	Q_1	Q_2/Q_1	K
1200	15000	186400	1/12,4	201
1100	14200	141100	1/9,9	173
1000	13100	104200	1/8	147
900	11800	74700	1/6,3	124
800	10560	51900	1/5	104

ДАЛЬША ПЕРЕДАЧА

Ті частинки медіума, що вбирають тепло, які лежать поблизу поверхні нагріву, завдяки нагріву будуть легші од частин, що знаходяться у віддаленню, тому вони мають нахил підніматися, а на їхнє місце приходять холодніші. Таким чином виникає пересування часток у такому випадку води, при чому холодніші частки посуваються в напрямі до поверхні нагріву, а тепліші у протилежному. Виникає течія води, виникає коловорот води у котлі. Це з'явище дуже корисне для кращої передачі тепла, а тому треба домагатися побільшення цього коловороту у паровому котлі.

Швидкість руху води у такому коловороті:

$$v = \chi \sqrt[3]{\frac{h \cdot \gamma}{f}},$$

де χ - число, залежне від загальних перешкод на шляху коловороту, h - віддалення /по висоті/ безпосередньої поверхні нагріву від дзеркала води, γ - обсяг пари, що дає щогодини котел, f - постійне поперечне січення коловороту.

$$\gamma_p = \frac{Q}{(1 - q_0) \chi}$$

IV. П Р А Ц Я К О Т Л А.

РОЗМІРИ ПРАЦІ.

А. П р а ц я п а л ь н и к о в о ї г р а т н и ц і.

Головна складова частина всіх пальників є пальна ґратниця, на якій спалюється тверде паливо. Працю такого пальника міряють н а в а н т а ж е н н я м ґратниці. Під цим навантаженням розуміють відношення кількості спаленого за годину палива $\frac{Q}{\text{год.}}$ до площі пальної ґратниці $\frac{F}{\text{м}^2}$, або кількість спаленого у годину палива на 1 квад. метр. ґратниці $\frac{Q}{F}$. Навантаження ґратниці треба зміняти у котла, коли змінюється кількість пари, що вимагається від котла. Розміри навантаження ґратниці залежать від самого палива (розміри його кусків, стану, вогню, попелу та жухелі) та від розміру тягу в коміні.

При натуральному тягу в коміні, навантаження ґратниці $\frac{Q}{F}$ / виводит для:

коксу.....	70 - 80
каміного вугілля, бід-	
ного газами.....	70 - 90
каміного вугілля, ба-	
гатого газами.....	90 - 120
брикетів з бурого ву-	
гілью.....	120 - 180
бурого вугілля, нім....	170 - 250
бурого вуг. чеськ....	120 - 180
торфу.....	120 - 200
дерева.....	120 - 180

При штучному тягу навантаження пальної ґратниці можна довести до 500 кґрм. на кв. метр. у годину.

В. П р а ц я п о в е р х н і н а г р і в у.

Поверхнею нагріву називається та частина поверхні котла, яка одночасно торкається з середини води, а зокола-гарячих газів. Для котлів сухоходу для поверхні нагріву береться та частина поверхні котла, яка обернена до гарячих газів, а для морських котлів навпаки, та частина, яка обернена до води. Ті ж частини поверхні котла, які й ogrіваються гарячими газами, але з другого боку мають не воду, а пару, - в обрахунок поверхні нагріву котла не входять.

Праця поверхні нагріву котла залежить від розмірів проходу тепла. Вона залежить від гарячих газів /їх кількості, температури, швидкості та, більш або менш від хвилястості їх руху/, потім від матеріалу котла, та чистоти стінок котла і нарешті від розмірів циркуляції води в котлі. Мірилом праці поверхні нагріву котла може бути середнє напруження поверхні нагріву. Середнє напруження поверхні нагріву, це відношення кількості випарованої за годину пари / $\frac{Q}{H}$ / до розмірів поверхні нагріву котла / $H m^2$ /, або та кількість пари, що випаровується за годину з 1 кв. м. поверхні нагріву / $\frac{Q}{H}$ /.

Напруження поверхні нагріву котла стосується з умовами від котла. Воно не може перейти межі, залежної від системи котла, бо тоді пара буде більш вохкою.

Середні цифри для $\frac{Q}{H}$ подані нижче:

	п р а ц я	
	нормальна	збільшена
Батарейні котли....	17	22 ¹⁾
Котли корнвалійські	20	25
" ланкаширські..	22	30 ¹⁾
" комбіновані..	16	20 ¹⁾
" дутчасіі.....	14	20 ¹⁾
" локомобільні	14	18
" паротягові....	18 ¹⁾	40
" водоруркові...	18 ¹⁾	26 ¹⁾

1) котли з перегрівачами пари.

Котли водоруркові стоячі.....	24 ¹⁾ - 30 ¹⁾
Морські котли дуд- чаті.....	- 28
Морські котли водо- руркові.....	22 - 36 ¹⁾
Стоячі котли.....	14 - 20 ¹⁾

ВАРТІСТЬ ПРАЦІ.

А. Показчик випаровування.

Для уявлення про працю палива в паровім котлі маємо показчик випаровування d , який дає скільки кілограмів пари одержується при допомозі 1 клгрм. палива, $d = \frac{Q}{B}$

Цей показчик d /загальний/ стосується до кількості пари, що витворена в певнім котлі, себ-то при даній температурі та тисненні, доситної або перегрітої, то такий показчик не може служити для порівняння праць різного гатунку палива. Для цього знаходять скільки нормальної пари / абсолютного тиску 1 ат / може дати 1 клгрм. палива. Такий показчик d' зветься чистим. Нормальна пара має $\lambda = 638$, тому кількість нормальної пари Q' можна знайти з виразу $Q \cdot \lambda_k = Q' \cdot 638$,

де λ_k - загальне тепло, необхідне для випаровування 1 клгрм. пари даного для котла тиснення. Відціля переходимо до

$$d' = \frac{Q'}{B} = \frac{Q \cdot \lambda_k}{B \cdot 638} = d \cdot \frac{\lambda_k}{638}.$$

/про середнє значіння для d див. табл. на слід. стор./

Середні значіння для d .

Паливо	γ	d - кратне витарів. для $A_k =$		
		600	650	700
1. Дерево/сухе/	3000	2-32	18-30	17-28
2. Торф/сухий/	2400	16-26	15-24	14-22
3. Бурій вугіль чеський.....	4500	3-5	28-46	25-42
4. Брикети з ч. з.....	4800	32-52	30-48	27-45
5. Кам'яний ву- гіль.....	6000	5-7	46-64	43-6
6. - " -	6800	56-79	52-73	48-68
7. - " -	7300	60-89	66-82	52-77
8. Брикети з кам. вуг.....	6900	57-84	53-77	49-72
9. Кокс.....	6300	52-76	49-71	45-68
10. Антрацит....	7500	7-9	64-87	60-81
11. Мазут, нафта.	10000	10-15	92-124	86-114
12. Газ.,	850 (1m³)	085-1	078-091	073-085
13. Газ з кокс. груб/ ..	4500 (1m³)	45-53	41-49	38-45

Б. Показчики вартостей.

Коли у котлі спалюється B клгр. палива, теплотворча здібність якого виносить γ кал., то теоретично що години паливо дає тепла

$B \cdot \gamma \text{ cal.};$

з цього тепла витворилося Q кілограм. пари, на випаровування якої треба тепла

$Q(A_k - t_0) \text{ cal.},$

де t_0 - температура води, що подається до котла.

Відношення тієї кількості тепла, що пішло на випаровування пари, до кількості тепла, яке теоретично може витворити паливо, називається показником вартості котла.

Тому:

$$\eta = \frac{Q(A_k - t_0)}{\gamma B} = d \cdot \frac{A_k - t_0}{\gamma} = d' \cdot \frac{638}{\gamma}$$

Показчик вартості котла складається з двох показників: з показника вартості паливника / η_1 / та показника вартості поверхні нагріву / η_2 /.

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2$$

Показчик η_1 , як було сказано раніш, рівний 0,87 - 0,95, в залежності від паливника. Таким робом у паливнику мінімум губиться 5% тепла.

Ці втрати складаються з таких:

1/ Через те, що частина палива випадає через ґратницю неспаленою / 2 - 3% /.

Як-що перемішати добре попіл та все що випало до попелюшника, взяти одну вагову одиницю цієї мішанини, спалити її, і коли при цьому одержимо u % тепла, то втрата від A кггрм. попелу та решток винесе:

$$\eta'_2 = u \cdot \frac{A}{9} \cdot \frac{8100}{W} \% \text{ від } W.$$

Як-що при спалюванні паганого гатунку палива / з a % попелу / в рештаках витворюється кокс, коли теплова вартість попелу та решток W'_2 , кількість неспаленого в рештаках виносить u %, то маємо на годину $\frac{a}{100} \cdot \frac{9}{100}$ кілограм. того, що не може згоріти, і $\frac{u}{100-u} \cdot \frac{a}{100}$ неспаленого, тоді втрата винесе:

$$\eta'_2 = \frac{100 \cdot a}{100-u} \cdot \frac{W'_2}{W} \% \text{ від } W.$$

2/ Через неспалені гази - двоокис вуглеця та вуглеводи - звичайно 1-2%, у виключних випадках до 7%.

3/ Через сумішок сажі до димних газів / у середньому 1-2% /.

З того тепла, що в дійсності одержуємо у паливнику, частина йде на випаровування води. Ту другу частину дає η_2 - показник вартості поверхні нагріву котла.

η_2 для котлів без підогрівача та перегрівача виносить 0,50 - 0,75. $\eta_2 = \frac{t_2 - t_1}{t_2 - t}$.
І тут маємо втрати мінімум 25%.

4/ Через втрату тепла, яке виноситься через комін з димними газами; втрати коміна.

Як що спроби дають, що в димних газах мається CO_2 % по обсягу / чотириокису вуглеця,

коли приймемо температуру в котлярні t_a , а температуру димних газів /у коміні/ t_s , то ця втрата по *Siegentz* виносить:

$$\eta_k = 0,65 \frac{t_s - t_a}{CO_2} \% \text{ від } \eta \text{ для кам. вуг.}$$

$$\eta_k = 0,75 \frac{t_s - t_a}{CO_2} \% \text{ від } \eta \text{ для бурого вуг. середньої вмістості.}$$

5/ Втрата через проходження тепла через обмуровку котла та щилини її - найчастіше менш 10%.

Загальний показник вартості котла η при добрій обслузі буває 0,6 до 0,7. Побільшенню η до 0,85 сприяють механічні паливниці, підогрівачі води та перегрівачі пари.

ДОСЛІДЖУВАННЯ ПРАЦІ КОТЛА.

Об'єктами досліджування праці котлів бувають паливо, повітря, необхідне для спалювання, гарячі гази, вода для котла, а також одержана пара.

Задовольняються взагалі де-якими процесами досліджування, а саме:

- п а л и в о - вага спаленого палива, та решток, а також теплотворча здатність /калориметром/;
- п о в і т р я - температура при вході до паливника;
- в о д а - кількість та температури перед підогрівачем та перед котлом;
- г а р я ч і г а з и - температура у борові та кількість CO_2 та CO .
- п а р а - тиснення, температура за перегрівачем.

Користуючись середніми висновками цих досліджень, вираховують показники випаровування / d, d' / , навантаження ґратниці / B/A / , напруження поверхні нагріву котла / Q/H / та загальний показник вартості котла. Тоді складається баланс праці котла, де повинно бути

зазначено, яка частина тепла палива використана: в підогрівачі, котлі і перегрівачі, та яка частина тепла палива загублена: через неспалення решток, через втрати димаря, та речта втрат, — себ-то загальна втрата через неспалені гази, сажу димних газів, та через випромінювання.

Досліджування котлів робляться для кожного нового котла та після кожного великого ремонту котла, в ~~спорудженнях~~ сталих такі дослідження дуже корисні, коли міняють гатунки палива, та взагалі коли бажано проконтролювати самий процес спалення.

У. П А Л И В Н И К И.

Величиною пальною ґратниці називається повна поверхня, на якій вміщаються усі рушта разом з щілинами для повітря. Це повна площа A_m^2 пальної ґратниці, а сума площ усіх щілин для повітря зветься вільною площею $A_v m^2$.

Якщо по даній нам кількості пари $D \text{ kg}$ на годину ми виберемо в залежності від гатунку палива показник випаровування d , то тоді знайдемо кількість палива, потрібного на годину по формулі: $B = \frac{D}{d} \text{ kg}$.

Навантаження ґратниці паливом вибраного гатунку B/R дає нам кількість кілограмів палива, що спалюється на 1 кв. метр площі ґратниці, тому

$$R = \frac{B}{\left(\frac{B}{R}\right)} m^2$$

Влучний вибір цифри для $\frac{B}{R}$ має багате значіння для праці котла. Як-що через який час буде вимагатися більше пари від котла та до того ще почнуть уживати гірше паливо, то праця котла стане у дуже ненормальні для нього умови. Тому, коли передбачається можливість побільшення праці котла, то необхідно для $\frac{B}{R}$ брати максимальні значіння; мінімальні значіння можна брати тільки тоді, коли котел буде

значний час працювати слабо; взагалі для $\frac{R}{K}$ треба вибрати середні цифри.

Коли знаємо R_{m^2} , то треба знайти вільну площу ґратниці R_x .

Саме призначення цієї площі вимагає, щоб вона була як найбільша, бо тільки при цій умові необхідна кількість повітря легко пройде крізь шар палива і сприятиме повному спаленню. Це все вимагає, щоб ширину шпар для повітря робити як найбільшими, а ширину самих руштів як найменшою. Але це останнє неможливе, бо на руштах лежить важкий шар палива, коли ж рушта будуть тонкі, себ то слабкі, то пальна ґратниця провалиться під вагою самого палива. З другого боку, занадто широкі шпари для повітря сприятимуть спаданню дрібних кавалків палива, які стратяться для процесу спалювання; до того ж перемішування повітря з димними газами не буде досконалим.

Тому, в залежності від гатунку палива, беруть:

$$R_x = / 0,2 - 0,5 / R \quad \text{для плоских та похилих}$$

$$= / 0,6 - 0,7 / R \quad \text{скідчатих палив-ників.}$$

Середня швидкість руху повітря у шпарах руштів береться:

$$V = 0,75 - 1,5 \text{ м/сек. при натуральному тягу,}$$

$$4,0 \text{ м/сек. при штучному тягу.}$$

При розрахунку R_x не треба виключно спиратися на V , бо часто одержується при цьому замала площа R_x , що при зміні гатунку палива, або заливття руштів жужеллю, дуже некорисно впливає на працю котлів.

П л а с к а ґ р а т н и ц я.

Для доброго обслуговування такої ґратниці вона повинна бути уміщена не нижче 600м/м, та не вище 800 сантим. від підлоги, довжина її не повинна виносити більше як 2 м., а ширина для кожних дверець її - 1м.

В пальних рурах ґратниця уміщується по-

середині їх, часто навіть на 100 м/м нижче, але ніколи вище.

Пальна ґратниця похиляється з початку на кінець на 100 м/м на кожні 2 метр. довжини /1:20/. При пальниках під котлами віддалення пальної ґратниці від нижньої стінки котла виносить 600 - 800 м/м. Такий самий розмір роблять для віддалення стелі склепіння до пальної ґратниці при пальниках перед котлом.

Дверці пальників ординарні мають виміри 300 - 450 м/м ширини та 220 - 350 м/м висоти; подвійні дверці ці розміри мають 450 - 600 м/м, 350 - 400 м/м.

Р у ш т и. Матеріал: чавун, залізо, сталь; найчастіше чавун. Розміри пооодиноких рушт залежать від гатунку палива, його розмірів та здібности жужелитися.

Товщина рушт зверху / d / та ширина шпар для повітря / s / виносить в м/м. -

	дрібне паливо	розс. паливо	перемішане з дрібн. кусками	сильно жужелюче
d	5 - 6	8-10	10-13	13-20
s	2 - 6	5-8	8-10	10-15

Товщина рушт внизу виносить $\frac{3}{4} d$ м/м. Висота рушт $h \approx 12 d$, а для рушт у пальній рурі $h \leq 100$ м/м. Довжина рушт $\ell \approx 60 d$

$$1000 \text{ м/м} > \ell > 300 \text{ м/м.}$$

Віддалення рушту від стінки, до якої він притуляється, не менше $\ell/50$, а віддалення рушт між собою /коли їх кілька рядів/ $\ell/25$.

В о г н е в и й п о р і г. Матеріал - вогнетривала цегла на шамотній глині. Розміри - висота та ширина 300 м/м.

К а н а л и д и м о в і. Площу перекрою каналів треба по можливості розраховувати так, щоб швидкість руху гарячих газів у них

при натуральному тягові була 3 - 4, найвище 6 м. в секунду. Беручи під увагу ці цифри, при трьох каналах мурованих, при навантаженні пальної ґратниці 70 - 120 клгрм. вуглю - на годину, січення останнього каналу та борову

$$f = \frac{R}{4} m^2$$

для другого каналу $[1,25 - 1,5] f m^2$ і для першого каналу $[1,5 - 1,75] f m^2$. Винятком із цього будуть такі місця, наприклад, над палим порогом, де гази повинні добре перемішатися, так само як і перекрій рурок при дудчатім котлі. В таких місцях треба передбачати зуження перекрою каналу до $(\frac{1}{8} - \frac{1}{8}) R$. З другого боку в таких місцях, де гази змінюють напрям, треба побільшити перекрій каналу. В дуже багатьох випадках перекрої каналів підлягають ще іншим вимогам, як, наприклад, щоб у них можна було влазити для чистки.

Швидкість руху газів можна вирахувати з виразу: $c \cdot f \cdot 3600 = B \cdot G$,

де f - площа перекрою каналу, B - кількість палива, що спалюється на годину, та G - кількість димних газів за той самий час.

Коли $\frac{f}{R}$ визначити через a , себ-то $f = aR$, то

$$c = \frac{B \cdot G}{R \cdot 3600a} m/sec.$$

Найвище місце каналу повинно знаходитися на 100м/м нижче найнижчого рівня води у котлі. Поверхні нагріву котла, яка незмивається водою, можуть торкатися димні гази тільки у тому випадку, як-що поверхня нагріву, яка перед тим змита вже була гарячими газами, виносить 20R при натуральному та 40R при штучному тязі.

Загальну довжину димових каналів, з огляду на все спадаючу температуру газів, не варто робити довшою за 55 м.

Т я г т а д и м а р .

Натуральний тяг. Необхідний для процесу спалення тяг викликає димар. Разом з тим димар виносить димні гази високо у повітря, щоб вони були найменш шкідливими для оточення.

Тяг у коміні виникає через рух гарячих газів у-гору, себ-то через різницю ваги стовпа газів та стовпа повітря однакових розмірів. Це-статичний рух. При висмоктуванні вітром може бути дійсний тяг у коміні більшим за статичний, але при зворотньому напрямі вітру дійсний тяг, навпаки, може бути й меншим за статичний.

Розмір тягу - це різниця тиснення повітря та газів у коміні, виміряна у м/м. стовпа води, себ-то клгр/метр². Для виміру тягу найпростіше користуватися шклянкою руркою, форми , наполовину наповненою водою, з колінами коло 100м/м. Один кінець рури залишається відкритим, а другий за допомогою гумової та залізних рурок вводиться у те місце каналу, де бажають зміряти тяг.

Статичний тяг у основи коміну буде рівний:

$$\chi = \frac{\frac{\pi d^2}{4} \cdot h (\gamma_a - \gamma_s)}{\frac{\pi d^2}{4}} = h (\gamma_a - \gamma_s) \text{ mm } H_2O,$$

де d - це середній осередній поперечник коміну, h - його висота в метр., γ_a - питомий тягар зоколишнього повітря при абсолютній його температурі T_a , γ_s - питомий тягар газів при середній абсолютній температурі в коміні T_s . Як-що постійну газів для димних газів

візьмем рівною як для повітря $R = 29,27$, - то по рівнянню для газів маємо:

$$P \cdot v = R \cdot T, \text{ або } P = \gamma \cdot R \cdot T, \text{ або } \gamma = \frac{P}{R \cdot T}.$$

Тоді для 0° та 76 сантим. стану барометра

$$\gamma = \frac{76 \cdot 13,6 \cdot 0,001 \cdot 10000}{29,27 \cdot 273} = \frac{10330}{29,27 \cdot 273}.$$

По закону *Gay-Lussac's*

$$\gamma_a : \gamma = 273 : T_a; \quad \gamma_s : \gamma = 273 : T_s$$

і, нарешті,

$$\chi = h \frac{10330}{29,27} \left(\frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_s} \right).$$

Цей тяг можна виміряти у основи коміна при спущеній заслонці. Він йде, з одного боку, на переборення перешкод руху від попелюшника до коміна, з другого боку, - на переборювання

тертя газів об стінки коміна та, нарешті, на витворення швидкості газів, з якою вони виходять з отвору коміна.

Корисний тяг $\mathcal{L}_n$ - це буде та частина $\mathcal{L}$, яка використана, буде на посування газів до основи коміна. Його можна для середніх обставин вирахувати приблизно, як-що для поборювання перешкод руху газів у коміні та витворення необхідної швидкості виходу газів з коміна ужити буде частина висоти коміна коло $6d$ м. По *Reiche*

$$\mathcal{L}_n = (h - 6d) \frac{10330}{29,27} \left(\frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_r} \right) \text{ mm } ^\circ \text{C}.$$

Перекрій коміна вираховується так: середня швидкість руху газів у коміні не повинна бути менше 4 м/сек. Як-що на годину спалюється

P кілограм палива, які утворюють $P \cdot V_m^3$ газів при 0° , температура в коміні хай виносить t° , то перекрій коміна винесе:

$$F = \frac{P \cdot V_r (273 + t)}{3600 \cdot c \cdot 273} \text{ m}^3.$$

Для розрахунку можна прийняти для V_r такі цифри:

для коксу та кам. вуг.	 15 м. ³
- чес. бурого вуг. та брикет.	12 м. ³
- земл. бур. вуг. торфу та	
дерева.....	 8 м. ³

та для t :
як що нема підогрівача води 250-300°
" " мається..... 180-200°

Коміни з поперечником меншим за 600 м/м взагалі не уживаються.

Висота коміна з досвідів приймається

$$h = \begin{matrix} 1,25 - 30/d \\ = 20d \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{при } d \leq 2,5 \text{ м.} \\ \text{" } d > 2,5 \text{ м.} \end{matrix}$$

З багатого числа приблизних формул для вирахування висоти коміна можна уживати таку:

$$h = [\alpha d + 5 + 0,05 (l - 30)] \cdot \frac{700 - t_r}{200 + t_r} + \beta,$$

де такі значіння:

α = 15-20, в залежності від перешкод руху ві газів в каналах.

l_m - повна довжина каналів усіх приєднаних до коміна котелів, до основи коміна.

$\gamma = 5\text{м.}$, як-що маєється підогрівач води
 $= 0\text{м.}$ " " не має

h - рахується в метрах, починаючи від рівня пальної ґратниці до вихідного отвору коміна, найменше значіння для h приймається 16 м.

П р и к л а д. Треба розрахувати комін для системи 5 котлів, що дають що години 4500 клгм. пари тиснення 9 ат. Спалюється кам'яний вугіль $W = 6800$, $L = 10,5 \text{ кг}$. Показчик випарювання для наших даних виносить

$$d = \frac{5,2 + 7,3}{2} = \frac{12,5}{2} = \approx 6,5.$$

Тоді $B_s = \frac{Q}{d} = \frac{4500}{6,5} = \approx 700 \text{ кг.}$

то для одного котла $B = \frac{B_s}{5} = \frac{700}{5} = 140 \text{ кг.}$

Для δ приймаємо 80 клгр., тоді

$$R = \frac{B}{\delta} = \frac{140}{80} = 1,75 \text{ м}^2$$

для кожного котла.

Останній димовий канал для кожного котла матиме перекрій

$$f_s = \frac{R}{4} = \frac{1,75}{4} = 0,4375 \approx 0,45 \text{ м}^2$$

Спільний канал до димаря для усіх 5-ти котлів
 $5f = 5 \times 0,45 = 2,25 \text{ кв. м.}$

Перший димовий канал

$$f_1 = 1,5 - 1,75 / f_s = 0,675 - 0,79 = \approx 0,7 \text{ кв. м.}$$

$$L = 10,5 \text{ клгрм.}; m = 2; G = 1 + 2 \cdot 10,5 = 22 \text{ клгм.}$$

$$V = \frac{22}{1,26} \approx 17,5 \text{ м}^3 \text{ при } 0^\circ$$

$$B_s = 700; t_g = 300; c = 4 \text{ м.}$$

$$F = \frac{B_s \cdot V (273 + t_g)}{3000 \cdot c \cdot 273} = \frac{700 \cdot 17,5 \cdot 573}{3000 \cdot 4 \cdot 273} = 2,14 \text{ м}^2$$

Висота.

$$h = \left[a \cdot d + 5 + 0,05(l - 20) \right] \frac{700 - t_g}{200 + t_g} + \beta;$$

$$d = 1,66 \approx 1,7 \text{ м.}$$

$$\begin{matrix} a = 20 \\ l = 200 \text{ м} \\ \beta = 0 \end{matrix} \quad h = \left[20 \cdot 1,7 + 5 + 0,05(200 - 20) \right] \frac{700 - 300}{200 + 300} = 38,4; \quad h = 40 \text{ м.}$$

Проф. О. Вілнський. - Розрахунок парових котлів.

К о м і н и з ц е г л и. Раніш коміни з цегли робилися з цоколем - квадратного або восьмикутного перерізу, - висотою $1/7$ h . Тепер за для великого опіру вітру, цоколь викидається, а комін має однакову форму до основи. Площа основи - по більшості квадрат, має боком $1/8$ h . Основа кладеться з цегли або каміння, при слабкому ж ґрунті під нього кладуть шар бетону завтовшки 1 метр. Розміри основи залежать від ваги коміна. В частині коміна, яка належить основі, робляться отвори: для сполучення з димовими каналами /не більше 2-х/ та ще один отвір, для очистки коміна від золи та сажі; цей останній отвір закладається цеглою.

Тепер коміни виключно робляться круглої форми, бо ця форма, в порівнянні з іншими, дає найменший опір вітру. По висоті комін розбивається на частини /приблизно по 5 метрів/, стінки яких, починаючи з верху, потовщуються на 20 сантим. Найвища частина коміна має товщину в залежності від висоти, починаючи з 14 сантим. Коміни кладуться з спеціальної легованої цегли, що дає можливість отримати правильну його форму. Коміни кладуться на цементі. Дуже бажано з середини коміна мати, приблизно на $1/4$ висоти його, футеровку з вогнетривалої цегли, яка не може бути зв'язана з кладкою коміна. Ця футеровка зберігає комін від впливу гарячих газів. Кожний комін повинен мати захист від блискавки та сходи.

Спроби з комінами бетонними ще не привели до добрих наслідків. Бетон не дуже добре витримує високу температуру.

Залізні коміни роблять з бляхи товщиною од 3-х мм до 7 мм. Вони нютьються з барабанів, завдовжки 1 м., які мають трохи конічний вигляд і насажуються один на один, верхній на нижній. Такий спосіб насадки барабанів не затримує краплі дощу, що падають зокола, а з другого боку не перешкоджає своїми рантами рухові димних газів. Для утримання коміна у рівновазі, а також для опору вітрові, коміни мають три або чотири залізних тяги з дроту, що закріплені на дві третини його висоти.

Основа робиться з цегли, на якій закріплюється чавунна рама, до якої вже приєднується самий комін.

Коміни паровиків роблять складними, висотою 3 - 4 метри, поперечником - 300-400 мм.

Цегляні коміни ставлять спеціальні фірми, які й дають кожний раз обрахунок витрибулості самого коміна. Через це на тому не будемо зупинятися. Що торкається тягів для залізних комінів, то вони вираховуються по формулах, які даються в курсі опору матеріалів, тут само лише спосіб обрахунку самої сили опору тих тяг.

Тиск вітру на комін вираховується по формулі

$$Q = \frac{q}{10000} \cdot n \cdot F \text{ кг},$$

q - питоме тиснення вітру, яке по законах виносить 150 клгрм m^2 .

n - число, яке залежить від форми коміну, для круглот / найбільш уживаної для залізних / $n = 2/3$.

F - в кв. сантм. - це мет тої площі коміна, на яку ділає вітер, на площу прямокутника напрямку його.

Як що висота коміна буде H сантм., а зовнішній поперечник d_a см, то формула прийме такий вигляд

$$Q = \frac{150}{10000} \cdot \frac{2}{3} \cdot F = \frac{F}{100} = \frac{H \cdot d_a}{100} \text{ кг}.$$

ГОЛОВНІ ВИМІРИ КОТЛІВ.

Розміри поверхні нагріву залежать виключно від типу котла, тому данні для цього треба дати для кожного типу окремо.

Коли буде скінчений теоретичний обрахунок поверхні нагріву, то після викреслення самого котла, треба перевірити по розмірах чи дійсно котел матиме потребу поверхню нагріву, і коли цього нема, то змінити деякі вибрані виміри

А. В а л ь ц е в и й к о т е л.

Поверхня нагріву вальцевого котла в кв. метр.

$$H = 0,55 \pi D L$$

де D -поперечник котла, а L -його довжина в метрах.

Поперечник котла $D = 0,8 - 1,5 \text{ м.}$

довжина котла $L = (5-8) D,$

але найбільше 10 метрів, і ні в якому разі не більше 12 метрів.

Що торкається самої конструкції такого котла, то деякі зауваження мають слушність і для інших типів, тому ми на цьому трохи зупинимся, хоч тип вальцевого котла належить історії, тепер він майже не вживається.

Окремі барабани котла треба сполучати по між собою так, щоб димні гази, при своєму русі, не ударялися б о кромки аркушів заліза.

Той аркуш заліза, або нижня частина того барабана, що знаходиться над пальником, повинні бути грубшими за решту аркушів заліза; крім того, над паливником не може бути ніякого натового шва, сполучення аркушів заліза або барабанів. Як-що не можна уникнути сполучення аркушів барабанів, то шви повинні бути закриті шамотовою обкладкою.

Все це вимагається тому, що вогонь палива може пошкодити натовий шов, саме сполучення може ослабнути, і котел почне текти, що дуже некорисно для праці котла.

Б. Б а т а р е й н и й к о т е л.

Цей тип котлів, як відомо, складається з верхніх та нижніх котлів.

При поверхнях нагріву до 100 кв. м. вистарчає два верхніх та два нижніх котли, до 160 кв. м. - два верхніх та чотири нижніх, а до 300 кв. м. - три верхніх та дев'ять нижніх котлів. Зрозуміло, що для кожного

окремого випадку можуть бути й інші комбінації кількості котлів.

Поверхня нагріву батарейного котла виносить:

$$H = x(0,55Dx + d\lambda)\pi L \text{ (м}^2\text{)},$$

де: число x виносить:

а/ для звичайного паливника.....0,85-0,9.

б/ " паливника типу Тенбрінг. 0,92-0,98

D - поперечник верхнього котла в метрах,

x - кількість верхніх котлів,

d - поперечник нижнього котла в метрах,

λ - кількість нижніх котлів,

L - довжина котла в метрах.

Що торкається даних практики, то уживаються такі розміри:

$$D = 0,8 \div 1,5 \text{ м.}$$

$$d = 0,8 \text{ м, не менше } 0,6 \text{ м.}$$

$$L = 1/8 \div 10/8 \text{ м, не більше } 11 \text{ м.}$$

Штуцери, що сполучають котли між собою, мають поперечник 0,4 ÷ 0,5 метр., висота їх що-найменше 0,4 м. При тройному ряді котлів віддалення по між середніми та нижніми котлами робиться що-найменше 0,35 м.

Водяне дзеркало лежить на віддаленню від верхнього канту верхнього котла.

С. Котли з пальними

рурами.

І. Корнвалійський котел.

Головні розміри котла можна вибрати двома шляхами, - або прийняти поперечник, а тоді знайти поверхню нагріву, або по даній поверхні нагріву знайти поперечники.

а/ Для гладких пальних рур маємо:

$$D = 1,4 \quad 1,5 \quad 1,6 \quad 1,7 \text{ метр.}$$

$$H_1 = 4,6 \quad 4,9 \quad 5,2 \quad 5,6 \text{ кв. метр.,}$$

де H_1 - це поверхня нагріву котла, що відповідає одному метрові довжини котла.

Поперечник пальної рури

$d = 0,5 D$, при чому не менше 0,6 м., бо инакше пальну ґратницю не можна зробити зручних вимірів.

Довжина котла $L = (3 \div 5) D$.

б/ Для хвилястих пальних рур

$D =$	1,2	1,3	2,0	2,1	2,2	м.
$H_1 =$	5,6	6,25	6,8	7,3	7,8	8,3
						8,9 м ²

Поперечник пальної рури:

$$d = D - 0,85 \text{ м.}$$

$$D = 0,9 \text{ м.}$$

$$D = 0,95 \text{ м.}$$

$$d_a = d + 0,1$$

для $D = 1,6 \div 1,8 \text{ м.}$

" $= 1,9 \div 2,0 \text{ м.}$

" $= 2,1 \div 2,2 \text{ м.}$

Довжина котла

$$L = (3 \div 5) D, \text{ але не більше 11 м.}$$

Поперечник котла можна знайти ще з такого виразу: $D = (0,25 \div 0,26) \sqrt{H}$,

але не менше 1,4 м. Як-що поперечник виходить менше, то не треба вживати цього типу котла.

Віддалення осередків пальної рури та котла, в поземому та доземому напрямках, робиться 0,1 м,

але ніколи не менше за 0,125 м.

Віддалення верхньої точки пальної рури від водного дзеркала виносить

$$(0,1 D + 0,01) \text{ м.}, \text{ але не менше } 0,15 \text{ м.}$$

2. Ланкаширський котел.

Маємо такий вираз:

$D =$	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	
$H_1 =$	6,8	7,3	7,8	8,3	8,8	9,4			для гладких
	7,1	7,6	8,1	8,6	9,2	9,7			пальн. рур

$D = 1,8 \quad 1,9 \quad 2,0 \quad 2,1 \quad 2,2 \quad 2,3 \quad 2,4 \quad 2,5$
 $H_1 = - \quad 8,2 \quad 8,4 \quad 8,5 \quad 8,9 \quad 9,4 \quad 10 \quad 10,5 \quad 11 \quad 11,5$

} для хвостових пальних рур.

$d = 0,5 D - (0,3 \div 0,25) m$, але не більше 0,9 м.
 $d_1 = d$, але не менше 0,7 м.
 $d_2 = d_1 + 0,1 m$

$L = (3 \div 5) D$, але не більше II м.
 $D = (0,22 \div 0,24) \sqrt{H}$

Віддалення осередків пальних рур та котла в довгому напрямку $(0,1 D - 0,07) m$.

Віддалення осередків пальних рур між собою в довгому напрямку $0,5 D - (0,06 \div 0,075) m$.

Багато мати віддалення між стінками пальних рур не менше 0,16 метра, навіть до 0,28 м., віддалення ж стінок котла та пальних рур у найвузшому місці не може бути меншим 0,14 м.

Дзеркало водне повинно знаходитися над найвищою точкою пальних рур на віддаленню $0,1 D + 0,02 m$,

але не менше як 0,175 м.

Котли з пальними рурами на практиці будуються:

з однією пальною трубою $25 \div 50$ кв.м. поверхні нагріву.

здвома пальними рурами $50 \div 100$ кв. м. поверхні нагріву.

При будові рурок Галовая розміри цих рурок можна прийняти такі:

при $d = 0,7$	0,75	0,8	0,85	0,95
більшій... $d_2 = 0,27$	0,27	0,305	0,305	0,305
менший поперечника $d_3 = 0,14$	0,14	0,15	0,15	0,15
поверхня нагріву кожної рури. $H_2 = 0,325$	0,43	0,47	0,5	0,55

Товщина стінки рурок виносить 9 - 15 м/м.

С. Д у т ч а т и й к о т е л.

Для вибору головних розмірів котла можна користуватися таким виразом

де n - кількість, а L_2 - довжина рурок, d - їх поперечник.

На практиці вибирають

$$L = 1,25 \div 2,0 \text{ м.}$$

$L = 1/40 \div 50/d$, але ніколи не більше 5 м. Зовнішній поперечник рурок $d_2 = d + s$,

де d - приймається $70 \div 102$ м/м, а товщина стінок s

$$s = 3 \div 4 \text{ м/м. для звичайних рур,}$$

$$s = 6 \div 10 \text{ м/м " анкерних рур.}$$

Рурки розміщуються або в доземних рядах, або в шахматовому порядку. Віддалення по-між стінками окремих рурок не можна робити меншим 25 м/м.

Рідко будують такі котли більше як на 125 кв. м. поверхні нагріву, тиснення вищого за 10 атм.

Д. К о м б і н о в а н і с и с т е м и.

Загального правила для цих систем привести не можна. При розрахунках треба триматися більш-менш даних для типових котлів і для кожного окремого випадку комбінувати їх.

Е. В о д о р у р к о в і к о т л и.

При розрахунку поверхні нагріву можна уживати вираз для поверхні нагріву дутчастого котла, але з такими змінами:

а/в де-яких системах збірник пари не обмивається димними газами, - тоді не можна включати його в підрахунок поверхні нагріву; де збірник пари частково обмивається димними газами, там треба взяти під увагу частину його поверхні;

- б/ у підрахунку поверхні нагріву водяних рурок треба брати не осередній їх поперечник, а зоколишній;
- в/ поверхню нагріву камер котла можна взяти за 4% поверхні нагріву, що приходить-ся на всі рурки.

В де-яких котлах мається до 400 водних рурок, в 4-х до 5 поземих рядах. Доземе віддалення осередків рурок робиться $0,15 \div 0,17$ м., поземе ж - $0,13 \div 0,15$ м. Зоколишній поперечник рурок беруть $76 \div 102$ м/м., по більшості вживають його 95 м/м. Нижні ряди мають 87 м/м, а верхні $88,5$ м/м. Довжина рурок взагалі виносить 5 метрів.

Водяна камера, при одному збірнику пари, робиться шириною $1,2 \div 4$ метри; при двох збірниках - до 7 метрів. Площа камерної шиї му-сить бути так сконструйована, щоб вона була най-менше $1/8$ суми площ перекроїв усіх рурок.

Збірник пари лежить поземо, або трохи нахилено назад. Для котлів з поверхнею нагріву до 250 кв. метр. беруть один збірник з поперечником $0,7 \div 1,8$ метрів, та довжиною $5 \div 7$ м.; для котлів з більшою поверхнею нагріву /до 500 кв. метрів/ береться два збірники з поперечником $1 \div 1,5$ метра.

МІЦНІСТЬ КОТЛІВ.

а. Циліндрична частина котлів.

Як що визначити через

δ - товщину аркушів заліза /стінок котла/ в сантм;

d - внутрішній поперечник котла;

p - максимальне тиснення пари по манометру;

G - показчик ступня безпечности проти розриву;

K_z - міцність матеріалу в кілограмах на один квадрат. сантм.;

φ - показчик вартости нютового шва, себ-то відношення міцності нютового шва до міцності цілого аркуша заліза,

то маємо два вирази:

а/ коли праця пари хоче розірвати котел на дві частини, при тисненню пари на стінки. Яка сила хоче виконати цю працю? Площа /рис. 2/, на яку тисне пара, зметується на певному площу, як чоти-рокутник з боками d та l , і вино-

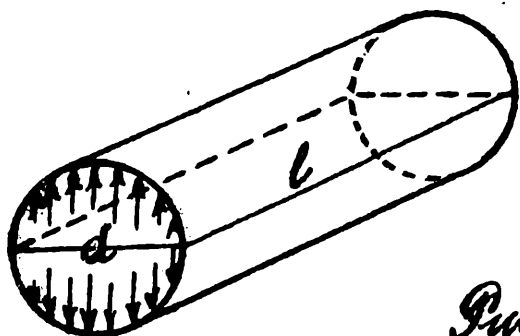


Рис. 2.

сить $d \cdot l$.

Тому повна сила тиснення виносить

$$P = d \cdot l \cdot p.$$

Проти цієї сили маємо площу заліза $2 \cdot s \cdot l$, яка боронить стінку від розриву, а повну силу $2 \cdot s \cdot l \cdot \frac{\kappa_2}{\sigma}$.

Тому, щоби стінка не розірвалася, повинно бути рівенство

$$2 \cdot s \cdot l \cdot \frac{\kappa_2}{\sigma} = d \cdot l \cdot p,$$

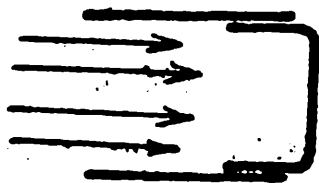
відкіля

$$s = \frac{d \cdot p \cdot \sigma}{2 \kappa_2} \quad (1).$$

б/ пара тисне на днище і хоче його відірвати від котла /рис. 3/. Сила тиснення тоді вино-

$$\text{сить } \frac{\pi d^2}{4} p = P$$

Рис. 3.



Цьому навпаки маємо внутрішню силу матеріяла, яка ділає на площі можливого розриву $\pi d s$, а сила

виносить $\pi d s \cdot \frac{\kappa_2}{\sigma}$,

тому, щоби не було розриву, треба мати рівенство

$$\frac{\pi d^2}{4} p = \pi d s \cdot \frac{\kappa_2}{\sigma},$$

відкіля

$$s = \frac{d p \sigma}{4 \kappa_2} \quad (2).$$

Зсходить, що для одного й того самого котла

можна робити товщину стінки у одному напрямку два рази тоншу, ніж у другому. На практиці беруть для усього котла одну товщину стінки, яку вираховують по формулі

$$S = \frac{d \cdot p \cdot \phi}{2 K_2 \phi} + 0.1 \text{ (см.)}$$

Стінок тонших за 7 м/м. ніколи не вживають. В цій формулі треба взяти:

$K_2 = 3300$	kg/cm	для звичайного заліза		
3600	"	литого	"	34-41% міцн.
4000	"	"	"	40-47% "
4400	"	"	"	44-51% "

для ручного

н ю т у в а н н я

$\phi = 4,75$

4,25

4,35

ного

$\phi = 4,50$

4,00

4,10

— для швів без накладки або з одною накладкою;
— для швів з подвійною накладкою;
— для швів з подвійною накладкою, при чому одна накладка має подвійний шов, а друга — одинарний.

Отвори для нютів бажано не пробивати, а точити; коли ж пробивання не можна уникнути, то треба тоді пробивати менші отвори, а потім досверлити їх до потрібного розміру.

б. Пальні рури з зверхнім тисненням.

Визначимо, —

S — товщину стінки в сантм.;

d — зосередній поперечник циліндричної пальної рури; при коничній рурі це буде середній поперечник, при хвилястих рурах — найменший зосередній поперечник в сантиметрах;

p — максимальне тиснення пари клгрм/кв.снтм.;

ϕ — довжина пальної рури в сантм.;

$a = 100$ для шва без накладок }
 80 " " в накладках } для лежачих
 ми, або звареного } рур;

$a = 70$ для шва без накладок }
 50 " " з накладками } для стоячих
 або звареного } рур.

Тоді товщину стінки можна вираховувати по формулі

$$S_1 = \frac{p \cdot d}{2400} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{a \cdot l}{p \cdot l + d}} \right) + 0,2 \text{ см.}$$

Хвилясті та ребристі рури можна вираховувати по формулі

$$S_1 = \frac{p \cdot d}{200} + 0,2 \text{ см.}$$

S_1 також не може бути менше 7 мм.

ДНИЩА.

Такі днища повинні мати зокола закріплення. В кожному справочникові є таблиці таких днищ, що випускають великі фабрики. Радимо підбирати такі днища з цих таблиць.

Для плоских днищ для котлів сухоходу

Ваш дає таку формулу

$$S_2 = \frac{1}{99} \left[d'_2 - r \left(1 + \frac{2r}{d'_2} \right) \right] / \sqrt{p},$$

де S_2 - товщина стінки у см.;

p - максимальне тиснення пари;

r - луч закріплення борта днища в см.;

d'_2 - осередній поперечник днища в см..

Для вигнутого днища

$$S = \frac{R \cdot p}{2\alpha_2},$$

де R - луч кулі, частину поверхні якої уявляє днище; а решта визначень попередня.

НЮТОВІ ШВИ.

Визначимо через

- s - товщину стінки в см.;
- δ - товщину накладки в см.;
- ρ - товщину нюта в см.;
- t - крок нюта в см., віддалення середини двох сусідніх нютів;
- l - віддалення шерегу нют у ранті стінки;
- e - віддалення шерегів нют одного від другого при кількох швах;
- ϕ - показчик міцності нютового шва, відношення міцності нютового шва до міцності цілої стінки;
- n - кількість перекроїв нют на один крок;
- M_g - опір сковзанню, сила в кілограмах, якою навантажено 1 кв. санм. перекроєм нюту.

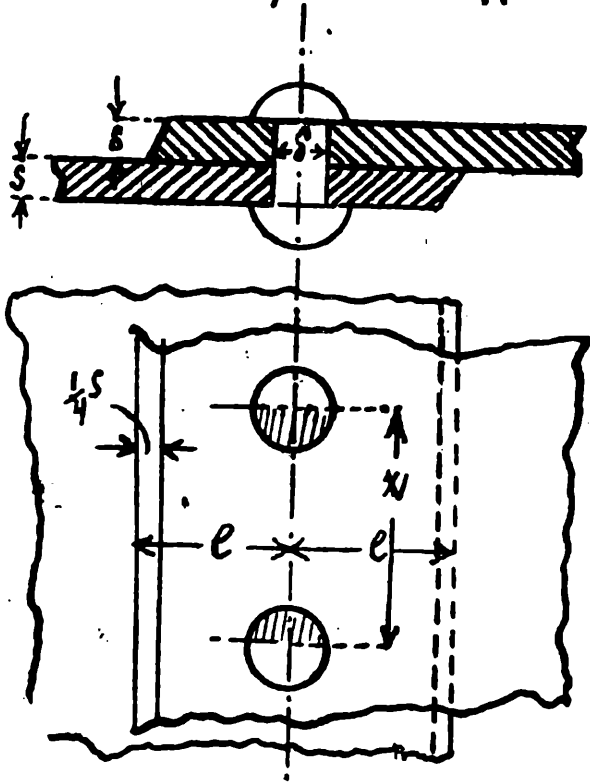
Взагалі

$$\phi = \frac{t - \rho}{t}.$$

а, Шов без накладок.

Можна вживати такі формули: $\rho = \sqrt{5s} - 0,4 \text{ см. або}$
 $\rho = s + 0,8 \text{ см.}; \quad l = 1,5\rho.$

I/ Шов одношереговий. /рис.4/



$$t = 2\rho + 0,8 \text{ см.}$$

$$\phi = 0,56$$

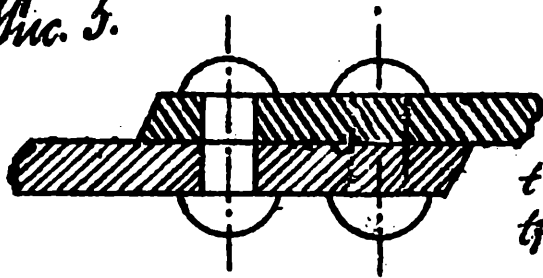
$$n = 1$$

$$M_g = 600 \div 700 \text{ кг.}$$

Рис. 4.

2/ Шов двоящереговой /рис. 5 і 6 /

Рис. 5.



$$t = 2,6\delta + 1,5 \text{ см.}$$

$$t_s = 2,6\delta + 1 \text{ см.}$$

$$e_1 = 0,6t$$

$$e' = 0,8t$$

$$\varphi = 0,70$$

$$\varphi_1 = 0,67$$

$$n = 2$$

$$\gamma_g = 550$$

$$\div 650 \text{ кг.}$$

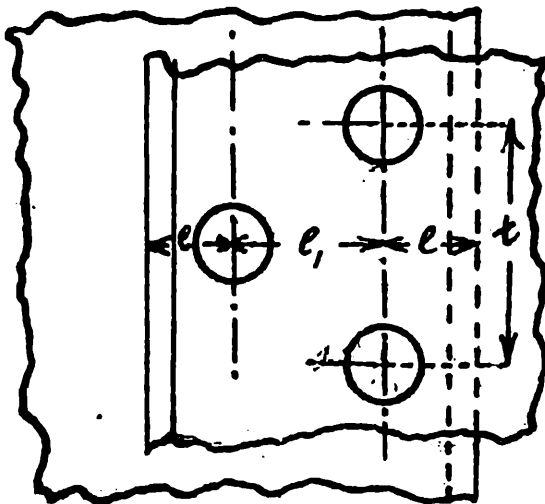
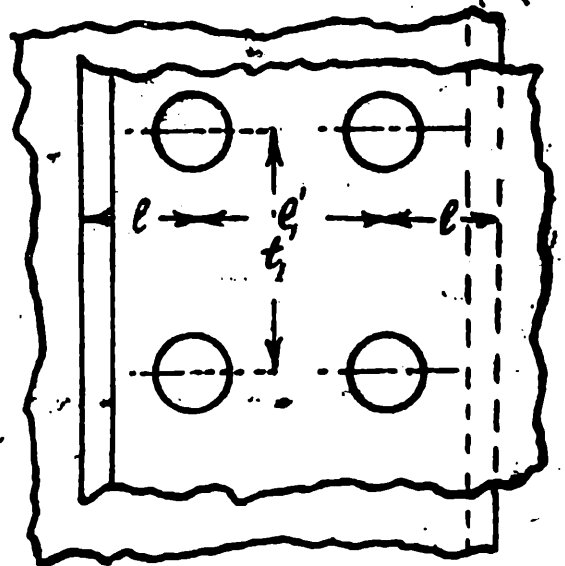
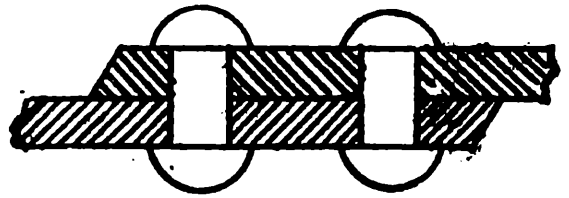
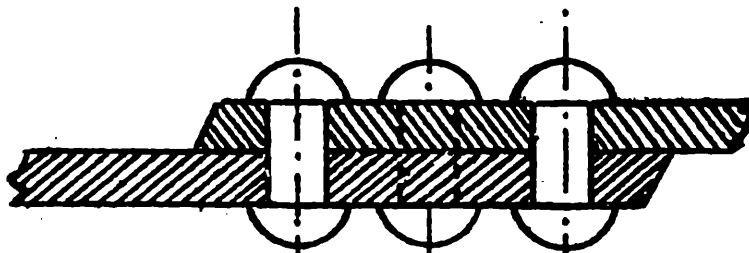


Рис. 6.



3/ Шов трищереговой /рис. 7 /

Рис. 7.

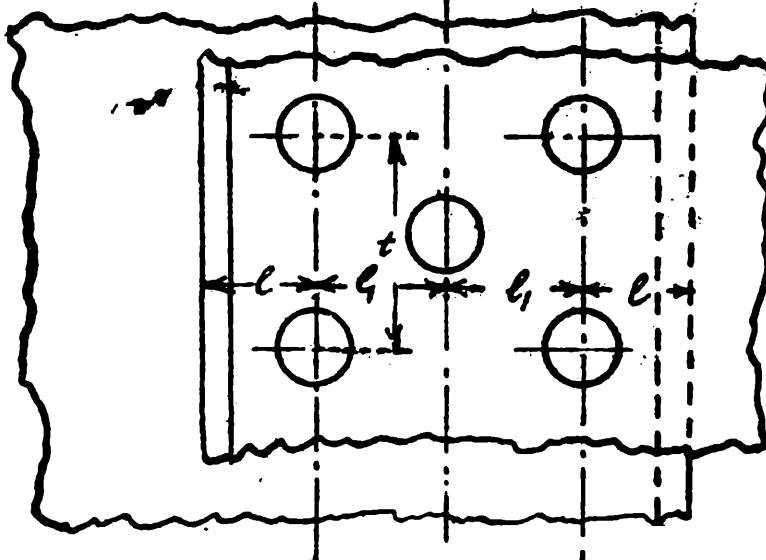


$$t = 3\delta + 2,2 \text{ см.}$$

$$e_1 = 0,5t$$

$$\varphi = 0,75$$

$$n = 3$$

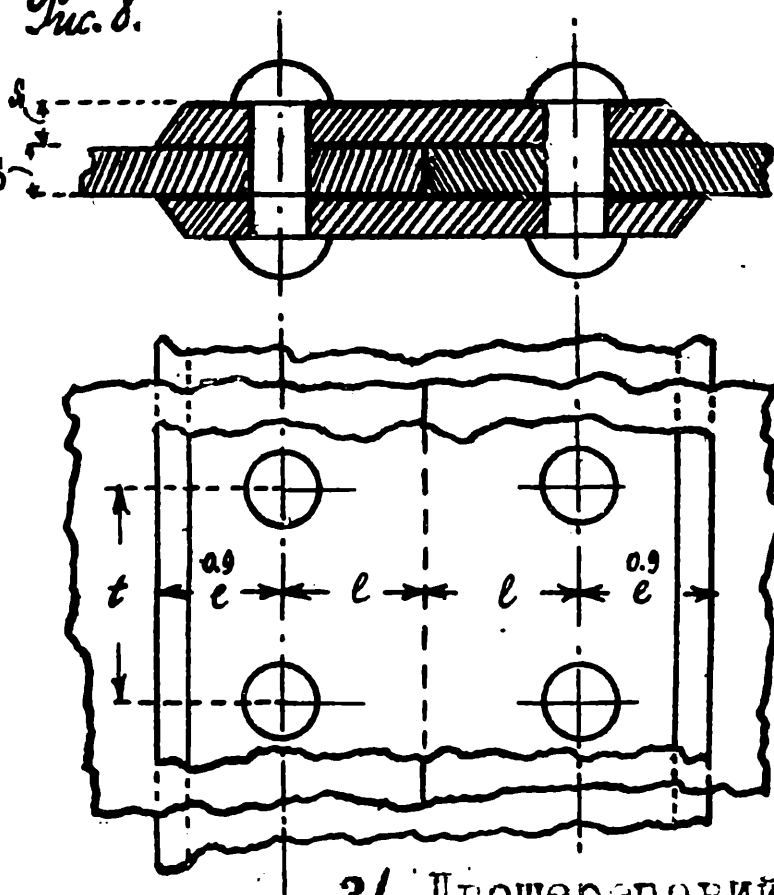


$$\gamma_g = 500 \div 600 \text{ кг.}$$

Б/ ШВН 3 подвійними накладками.

I/ Одношереговий шов. /рис. 8 /.

Рис. 8.



$$\delta = \sqrt{5s} - 0,5 \text{ см.},$$

$$\text{або } \delta = s + 0,7 \text{ см.}$$

$$t = 2,6 \delta + 1 \text{ см.}$$

$$s_1 = \frac{2}{3} s.$$

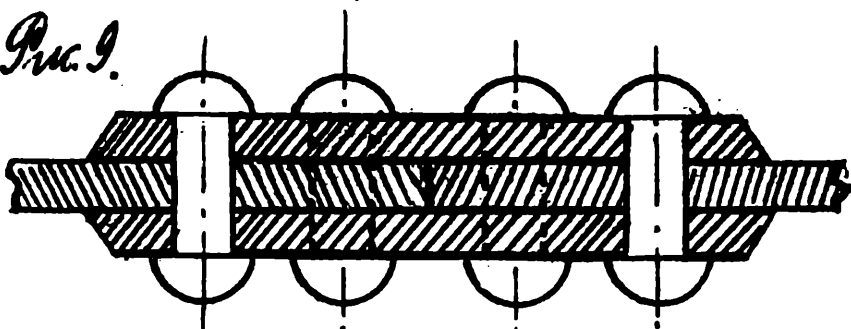
$$\varphi = 0,67$$

$$n = 2$$

$$W_g = 500 \div 600 \text{ кг.}$$

2/ Двошереговий шов. (рис. 9).

Рис. 9.



$$\delta = \sqrt{5s} - 0,6 \text{ см.},$$

$$\text{або } \delta = s + 0,6 \text{ см.}$$

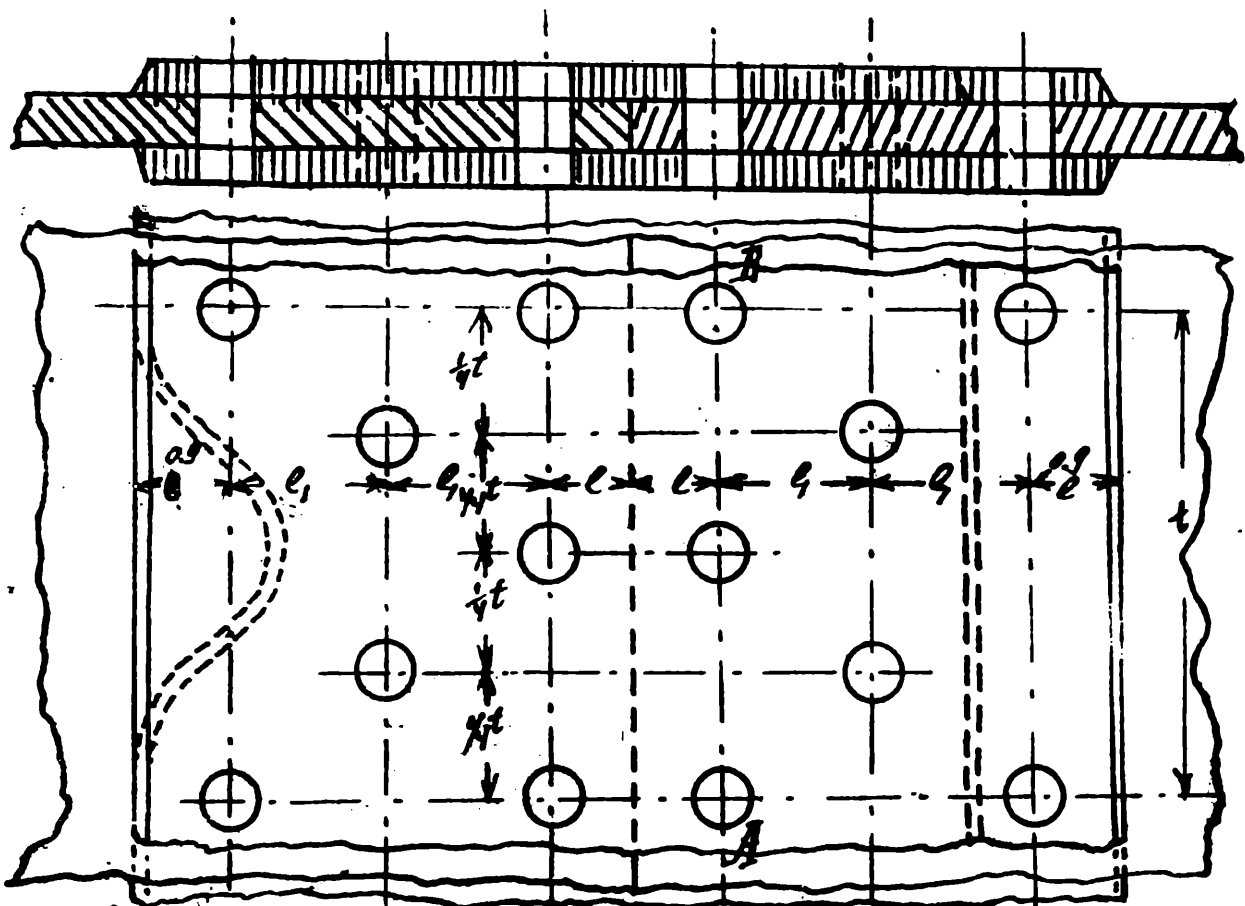
$$t = 3,5 \delta + 1,5 \text{ см.}$$

$$e_1 = 0,5 t.$$

$$s_1 = \frac{2}{3} s$$

$$n = 4$$

$$W_g = 475 \div 575 \text{ кг.}$$



$$s = \sqrt{5s} - 0,7 \text{ см, або } s = s + 0,5 \text{ см; } t = 6s + 2 \text{ см; } l = \frac{1}{3} t.$$

Як що перекрій обох накладок по шеругу нютів AB /рис. 10/ в 1,25 рази більше перекрою заліза по зоколишньому шеругу, то

$$s_1 = \frac{6,25s + 25s}{8s + 4},$$

$$\text{при } s = 2,2 \text{ см, } s_1 = 0,75s$$

$$3,5 \text{ см, } s_1 = 0,78s$$

взагалі вистарчить

$$s_1 = 0,8s$$

далі:

$$n = 10$$

$$e = 0,85$$

$$\frac{W}{g} = 450 \div 550 \text{ клгрм.}$$

При дуже широких накладках /більших за 16 s / не можна добре підчеканити заліза, тому тут вживають або зменшення накладки вирізами /ліва крапкована частина рис. 10/, або верхню накладку роблять на два шви, а нижню на три /права крапкована частина рис. 10/. Перший спосіб дорогий, бо треба спеціально випрацьовувати верхню накладку, при другому ж способі маємо $n=9$, замість 10; це останнє не має великого впливу.

с. Розрахунок нютів.

Розрахунок нютів провадиться в такому порядку: спочатку визначають, по формулі $S = \frac{d \cdot p \cdot \sigma}{2 \cdot k \cdot \sigma \cdot \eta \cdot \eta_1}$ товщину заліза σ , тоді вибирають гатунки шва і визначають ρ , $\frac{\pi \cdot d^2}{4}$, t ; потім перевіряють чи дійсне навантаження шва буде відповідати вибраному.

Навантаження шва вираховується по формулах:

для подовжнього шва $Q = \frac{d \cdot t \cdot p}{2 \cdot n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}}$

" поперечного " $Q = \frac{d \cdot t \cdot p}{4 \cdot n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}}$

Як-що обрахунок покаже, що $Q > W_s$, то треба змінити або σ , або вибраний гатунки шва та перевірити наново.

РОЗРАХУНОК ПЕРЕГРІВАЧА.

Як що визначимо через:

- F_{m^2} - поверхню перегрівача, звернену до гарячих газів;
- D_{kg} - кількість пари на годину;
- w - вагу у % вохкості пари в котлі;
- q - тепло випаровування при даному тисненню;
- t° - температуру пари в котлі;
- t'° - температуру пари перегрітої;
- C_{pm} - середнє нитоме тепло перегрітої пари при температурах поміж t і t' .
- t_c° - температуру газів перед входом до перегрівача;
- t_a° - температуру газів при виході з перегрівача;
- k - показчик передачі тепла поверхнею перегрівача;
- θ_m° - середню різницю температур гарячих газів та пари;

- $V_{\text{кг}}$ - кількість спаленого за годину палива;
 $G_{\text{кг}}$ - кількість газів, що витворив 1 клгр. палива;
 C_p - середнє питоме тепло гарячих газів;
 η - показчик вартости для передачі тепла гарячими газами на поверхню перегрівача, -

тоді потрібна поверхня перегрівача вираховується так:

Спочатку треба в перегрівачі випарувати воду, що принесла з собою пара з котла, на що на кожний кілограм пари треба витратити

$$\frac{w}{100} \cdot r \text{ cal.}$$

Потім пару треба перегріти, на що витрачається

$$C_{pm} (t' - t) \text{ cal.}$$

Виходе, що усього перегрівач пари мусить постачити тепла

$$Q \left[\frac{w}{100} \cdot r + C_{pm} (t' - t) \right] \text{ cal.}$$

Через 1 кв. м. поверхні перегрівача передається щогодини K калорій тепла, при 1° різниці температур, а при θ_m різниці передається $K \cdot \theta_m$ калорій, всього перегрівач передасть

$$K' \cdot k \cdot \theta_m \text{ cal.}$$

Це все тепло йде на нагрів пари, тому

$$K' \cdot k \cdot \theta_m = Q \left[\frac{w}{100} \cdot r + C_{pm} (t' - t) \right],$$

відкіля

$$K' = Q \frac{\frac{w}{100} \cdot r + C_{pm} (t' - t)}{k \cdot \theta_m}.$$

Значіння для w можна вставити такі:

$w = 2 \div 3\%$	для котл. з пальними рурами;
$3 \div 5\%$	" камерн. водорурн. котлів;
$4 \div 6\%$	" водорурн. сторчов. котлів;
$10 \div 15\%$	при форсованій праці котлів.

Значіння для K можна прийняти:

а/ для перегрівачів у димових ходах:

$K = 12 \div 13$	кал. для напруження пов. н. 15 ÷ 18 клгр.
$13 \div 15$	" " " " 18 ÷ 20 "
$15 \div 18$	" " " " 20 ÷ 25 "
$18 \div 20$	" " " " 25 ÷ 30 "

б/ Для перегрівачів центральних

$$k = 20 \div 25 \text{ кал.}$$

Для θ_m можна взяти вираз
$$\theta_m = \frac{t_c + t_a}{2} - \frac{t' + t}{2}.$$

При вживанні цього виразу можуть бути корисними такі практичні дані:

а. Для перегрівачів у димових ходах t_c можна взяти, в залежності від довжини каналів до перегрівача, а також вимог котла, а саме-

t_c 450 ÷ 600°C. для котлів з пальними рур.,
550 ÷ 700°C. " подвійних котлів;
500 ÷ 600°C. " водорурн. камерн. котлів;
400 ÷ 550°C. " " сторч. котлів.

Понеже тепло, що передано гарячими газами, при їх переході через перегрівач, себ-то при пониженні їх температури з t_c до t_a , після вирахування втрати випромінювання, все забірається протікаючою парою, то можна написати

$$\eta \cdot B \cdot G \cdot C_{pg} (t_c - t_a) = Q \left[\frac{\omega}{100} \tau + C_{pm} (t' - t) \right],$$

відкіля
$$t_a = t_c - \frac{Q \frac{\omega}{100} \tau + C_{pm} (t' - t)}{\eta \cdot G \cdot C_{pg}}.$$

Втрати на випромінювання виносять коло 5%, тому η можна взяти рівним 0,95, а значіння для C_{pg} можна у середньому взяти 0,24.

б. При центральних перегрівачах можна взяти

$$t_c = 900^\circ; \quad t_a = 350^\circ.$$

Витрата палива за годину при центральних перегрівачах виносить

$$B = Q \frac{\frac{\omega}{100} \tau + C_{pm} (t' - t)}{\eta \cdot G \cdot C_{pg} (t_c - t_a)}.$$

Тут відповідно втрати при випромінюванні в 10%, для η треба взяти значіння 0,9, а Q вирахувати для такої кількості повітря, щоб температура спалення була 900°C.

Січення рур перегрівача треба розраховувати так, щоб пара, при тисненнях нижче 10 атм., мала спад напруження Δp не більше 0,25 атм.,

а для більшого тиснення - не більше 0,3 атм.

Як що визначити через :

- $\gamma \text{ kg/m}^3$ -питому вагу гарячої пари, при середній температурі $t_m = \frac{t + t'}{2}$;
- $l \text{ m}$ -довжини шляху пари в перегрівачі;
- $d \text{ m}$ -поперечник/у середині/ рур перегрівача;
- $f \text{ m}^2$ -загальне січення рур, якими одночасно тече пара;
- $S_m \text{ m/sec}$ -швидкість ходу пари;
- $v \text{ m}^3/\text{kg}$ -питомий обсяг пари при температурі t_m ;

то по *Gutermuth* та *Eberle*

$$\Delta p = \frac{10,5}{10^8} \cdot \gamma \cdot \frac{l}{d} S_m^2,$$

далі

$$S_m = \frac{Q \cdot v}{3600 f}.$$

Роблять так, що спочатку з загального рівняння для перегрітої пари вираховують v і $\gamma = \frac{1}{v}$. Це рівняння, по *R. Linde*, як що абсолютне тиснення пари написати в кілограм/м², буде таке:

$$pv = 47,1 (273 + t_m) - 0,016 \cdot p.$$

Потім з першого рівняння *Gutermuth* та *Eberle*, вибравши d , знаходять S_m , в другого рівняння f , а зрештою-потрібну кількість рур.

Подані вище межі спаду напруження пари можна зодержати тоді, як що січення рури візьмемо настільки великим, щоби швидкість при вході пари при перегрівачах у димових каналах виносила 9 ÷ 12 м; а в центральних- 15 ÷ 20 м.

РОЗРАХУНОК ПІДОГРІВАЧА.

А. Підогрівач з ужитими газами.

Як що-
 t_g -температура газів на початку підогрів.

- $t_3^{\circ}\text{C}$ - температура газів на кінці підогр.;
 $t_0^{\circ}\text{C}$ - " " при вході в " "
 $t_0'^{\circ}\text{C}$ - " " виході з " "
 $D \text{ kg}$ - кількість потрібн. на годину води;
 $H_v \text{ m}^2$ - поверхня нагріву підогрівача;
 $K_v \text{ cal}$ - показчик передачі тепла, себ-то та
 кількість тепла, що передається від
 газів воді, на 1 кв. метр. поверхні
 підогрівача за годину, при 10 різни-
 ці температур газів та води, -

то можна приблизно вирахувати ту середню різницю температур газів та води, що маєтсья на поверхні підогрівача, а саме:

$$\Delta = \frac{t_2 + t_3}{2} - \frac{t_0 + t_0'}{2}$$

Для нагріву $D \text{ kg}$ води з температури t_0 до температури t_0' потрібно
 $D(t_0' - t_0) \text{ cal.}$

Через поверхню підогрівача що години переда-
ється

$$H_v \cdot K_v \cdot \Delta \text{ cal.}$$

Тому $H_v \cdot K_v \cdot \Delta = D(t_0' - t_0)$

Відкіля $H_v = \frac{D(t_0' - t_0)}{K_v \cdot \Delta}$

Показчик передачі тепла залежить від кількості газів, яка що години переходить через підогрівач, а також від здібності стінок, через які передається тепло газів воді. Для обрахунку можна взяти:

а/ для чавунних рур, які старано обтрушуються від сажі

$$K_v = 10.$$

б/ для залізних рур, під умовою, що вони обслуговуються чистою водою з конденсатора,

$$K_v = 15.$$

Величину підогрівача треба обрахувати так, щоб гази не охолоджувалися нижче тої температури, яка потрібна для тягу в коміні. Тому для t_3 не беруть менше 200° .

Можна вирахувати температуру води, до якої її можна підогріти, а саме:

$$\eta \cdot B (1 + m L_{\text{г}}) C_p (t_2 - t_3) = Q (t_0' - t_0) \quad 54$$

Тут маємо такі значіння: для $\eta = 0,8 \div 0,9$ показника вартости підогрівача, який залежить від втрат на випромінювання, для $B, m, L_{\text{г}}, C_p$ - попередні.

В середньому, не звертаючи уваги на га-
тунок палива, можна прийняти, що

$$\frac{t_2 - t_3}{t_0' - t_0} = \frac{Q}{\eta \cdot B (1 + m L_{\text{г}}) C_p} \approx 2,$$

себ-то прийняти, що при охолодженню газів на 2° , нагрів води відбудеться на 1° .

Б. П і д о г р і в а ч п а р о в и и.

Поверхня нагріву буде

$$H_v = \frac{Q}{k \cdot \Delta},$$

де Q визначає кількість тепла, що потрібна на нагрів води, що входить в підогрівач, з температури t_0 до температури t_0' . Ту кількість води треба вирахувати так, щоб взяті були під увагу більш часті перерви подачі. Вона буде, як-що прийняти що подача триває що години 60- χ хв.,

$$\text{Тому маємо } H_v = \frac{Q' (t_0' - t_0)}{k \cdot \Delta}, \quad Q' = Q \cdot \frac{60}{\chi}$$

По *Hausbrandt* можна взяти для k

$$k = 750 \sqrt{S_d + S_d' \cdot \sqrt{0,007} + S_w},$$

як що рури підогрівача зроблені з міді або латуні, при залізних рурах 0,85 частину цього значіння.

В цьому виразі маємо такі визначення:

S_d м/сек - швидкість, з якою пара входить до підогрівача. З огляду на пере-
шкоду беруть $S_d = 7 \div 12$ м., але щоб підняти передачу тепла $S_d = 20$ м.

S_d' м/сек - швидкість пари при виході з підогрівача. Можна при більших швидкостях взяти $S_d' = 0,75 S_d$.

S_w м/сек - швидкість проходу води. Як-що вода омиває рури, то беруть

$$S_w = 0,001 \div 0,004;$$

коли вода тече через рури

$$S_w = 0,01 \div 0,03;$$

у найновіших устаткуваннях навіть

$$S_w = 0,1 \text{ м.}$$

Значіння для k тоді знаходяться в межах
700 ÷ 1000 кал.

Середня різниця температур пари та води

$$\Delta = t_d - \frac{t_0 + t'_0}{2},$$

як-що припустити, що температура пари t_d у підогрівачі залишається приблизно однаковою.

Практично роблять поверхню підогрівача рівною 1/12 ÷ 1/15 поверхні нагріву котла, а обсяг води його 1/4 ÷ 1/10 потрібної щогодини кількості води.

А Р М А Т У Р А.

А. П и т а т е л ь н и й в е н т и л ь.

Визначимо через:

D_g - кількість пари на годину при добрій праці котла;

$C_{шв}$ - швидкість води у вентилі;

$d_{вт}$ - поперечник вентиля.

Як що візьмемо піднесення вентиля невеликим, для того щоб він не скоро випрацьовувався, не більше 0,15 d , крім того припустимо, що уся кількість води, потрібна щогодини, подається до котла на протязі пів години, то матимемо

$$\frac{\pi d}{100} \cdot \frac{0,15 d}{100} \cdot 10 c = \frac{D}{30 \cdot 60}$$

$$\frac{\pi d^2}{4} \frac{4 \cdot 0,15 \cdot 10 c}{10000} = \frac{D}{1800}$$

Відкіля

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{D}{1,08 c} = \infty \frac{D}{c}.$$

Для C можна взяти, збільшуючи з розмірами котла,
 $C = 0,5 \div 0,8 \text{ м.}$

Б. Паровий вентиль.

Визначимо через

$Q_{\text{кг}}$ - кількість пари, що при добрій праці котла що години проходить через вентиль;

$C \text{ м/сек}$ - швидкість пари;

$\gamma, \text{ кг/м}^3$ - вага пари при найбільшому тисненню в котлі;

$d_{\text{мм}}$ - поперечник вентиля.

З огляду на нерівне користування паром, треба брати для обрахунку не менше як подвійну кількість пари, або краще, щоб одержати рівні числа, з 2,16 Q кілограм. пари на годину, тоді матимемо

$$\frac{\pi d^2}{4 \cdot 1.000.000} \cdot C = \frac{2,16 Q}{\gamma \cdot 3600}$$

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{600 Q}{\gamma \cdot C}$$

Для C звичайно беруть $20 \div 30 \text{ м.}$, а при дуже довгому руроводі $10 \div 15 \text{ м.}$

В. Клапан безпечности.

Визначимо через

$F_{\text{мм}^2}$ - повне січення клапана безпечности котла;

$H_{\text{м}^2}$ - поверхню нагріву котла;

$P_{\text{ат}}$ - максимальне тиснення пари по манометру;

$\gamma, \text{ м}^3/\text{кг}$ - питомий обсяг пари тиснення P .

Тоді можна прийняти, що

$$F = 15 \cdot H \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot \gamma}{P}}$$

Як-що

$$\frac{F \cdot P}{100} > 600,$$

то треба F поділити на два клапани безпечності. Взагалі бажано робити два клапани тоді, коли поперечник їх більше 100 м/м.

Ті клапани, що досі ставилися, можуть бути корисними як сигнали небезпеки, бо при наглому випадкові вони не в стані випустити потрібну кількість пари. Такі клапани, що підходять під ці умови, повинні високо підніматися, щоб утворити отвір, рівний січенню клапана. Це піднесення повинно бути не менше $\frac{d}{4}$.

Поперечник таких клапанів можна брати меншим, стосуючись до виразу $F_h = 5 \cdot H \sqrt{\frac{1000 \cdot v_s}{p}}$.

ВАРТІСТЬ ПАРИ.

Вартість пари є мірилом раціональності праці котла й складається:

I. З відсоткування та погашення капіталу, витраченого на усталення, а також коштів на ремонт.

По *Weinling's* можна прийняти:
для відсоткування 4% від всього капіталу; для амортизації 4% від вартості котла, разом з арматурою, 1,5% від вартості обмуровки, коміна, будови, але без землі-грунту.

На ремонт :

	зменшена праця	добра праця	побільшена праця.
вальцеві котли.....	2 ÷ 2,5%	3 ÷ 3,5%	5 ÷ 6%
котли з пальн. рур.	1,5 ÷ 2%	2,5 ÷ 3%	4,5 ÷ 5%
дугчасті та комбін.	2 ÷ 2,5%	3 ÷ 4%	6 ÷ 6,5%
водорурко- ві котли.	2 ÷ 3%	3,5 ÷ 4,5%	6 ÷ 7%

2. З платні паляча, разом з витратами на матеріали для чистки котла.

3. З вартості палива франко-котел, а також з коштів на воду та витрат на очистку її.

Визначимо через:

K - вартість 100 кльгрм. палива франко-паровична, а також й води, що випарована цими 100 кльгрм. палива та необхідних виробів на очистку води;

K_1 - ціну котла з усією арматурою, підогрівачем, перегрівачем, фрактом та монтажем;

K_2 - ціну обмуровки котла та будинку паровичної;

K_3 - ціну коміну.

K_4 - щоденну платню палячу, разом з коштами матеріалів для очистки;

z - кількість робочих для котла днів, при чому праця провадиться щодня m години.

Тоді для однієї години праці котла маємо:

видатки на (при $a\%$) відсоткування усього витраченого капіталу

$$\frac{a(K_1 + K_2 + K_3)}{100 \cdot z \cdot m};$$

видатки на (при $b_1\%$) амортизацію капіталу K_1 , та при $b_2\%$ капіталу $K_2 + K_3$

$$\frac{b_1 K_1 + b_2 (K_2 + K_3)}{100 \cdot z \cdot m};$$

видатки на кошти ремонту, $c\%$ на капітал

$$\frac{c(K_1 + K_2)}{100 \cdot z \cdot m};$$

видатки на паляча та матеріали для очистки

$$\frac{K_4}{m};$$

Видатки на паливо, як-що на годину його йде $\frac{K}{100}$;

видатки на втрати, що виникають від остановки праці котла, через випромінювання. Досвіди Магдебурського Товариства по догляду парових котлів дають, що ці витрати для кожної години праці котла та 1 кв. м. поверхні

нагріву котла приблизно виносять $1/12$ килгрм. палива. Кожна перерва в праці котла може рахуватися як $3,24$ год. праці котла. При $2m$ годинах праці на рік, та при n разів перерви праці, при чому ці перерви винесуть $2,24$ днів, або $2,24$ год., для одного року маємо годин втрат

$$365,24 - 2m - 2,24n + 3,24n.$$

При $H m^2$ поверхні нагріву для однієї години праці ці видатки виносять

$$\frac{H}{12} (365,24 - 2m - 2,24n + 3,24n) \frac{K}{100 \cdot 2m} = (365 - \frac{2m}{24} - 2,24 + 3n) \frac{2 \cdot H \cdot K}{100 \cdot 2 \cdot m}.$$

Як-що котел дає що години D кілогрм. пари, то 100 килгрм. пари коштують

$$P = \frac{a(K_1 + K_2 + K_3) + b_1 K_1 + b_2(K_2 + K_3) + c(K_1 + K_2)}{2 \cdot m \cdot D} + \frac{100 \cdot K_4}{m \cdot D} + \frac{B \cdot K}{D} + (365 - \frac{2m}{24} - 2,24 + 3n) \frac{2 \cdot H \cdot K}{D \cdot 2 \cdot m}.$$

П р и к л а д р о з р а х у н к у.

Котел з двома пальними рурами з перегрівачем.

Витрата пари $D = 1800$ килгрм., яку треба перегріти до $t' = 300^\circ$; тиснення по манометру в 10 атм. Паливо: камінний вугіль з $W = 7500$ кал., $L = 9,2$ кілогрм. / теоретично/, при $m = 1,8$.

Показчик вартости паливника $\eta_1 = 0,85$, поверхні нагріву - $\eta_2 = 0,80$.

Підогрів води у підогрівачу до температури $t_0 = 75^\circ$.

Поверхня нагріву H
Як що напруження поверхні нагріву $\frac{D}{H} = 18 \text{ kg}$,
то $H = \frac{1800}{18} = 100 \text{ m}^2$

Площа пальної ґратниці.

Для одержання 1 килгрм. перегрітої пари взагалі треба витратити тепла $q' = q + C_p(t' - t)$

Для нашого випадку буде

$$\lambda' = \lambda + c_{pm}(t' - t) - t_0.$$

Підставляємо значіння для λ та t при абсолютному тисненню 11 атмосфер., а також значіння при змінах температур з t до $t' = 300$ при тисненню II атмосфер., маємо

$$\lambda' = 665 - 0,53/300 - 183/-75 = \approx 652 \text{ кал.}$$

Тоді показчик випаровування

$$\frac{Q}{B} = d = \frac{\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot W}{\lambda'} = \frac{0,85 \cdot 0,80 \cdot 7500}{652} = 7,8$$

а необхідна кількість палива на годину

$$B = \frac{Q}{d} = \frac{1800}{7,8} = \approx 230 \text{ kg.}$$

З огляду на можливість уживання багатого газу та легко запалюючогося вугілля, приймаємо напруження ґратниці $\frac{B}{R} = 90 \text{ kg;}$ тоді одержимо

$$R = \frac{230}{90} = \approx 2,6 \text{ m}^2.$$

Поверхня нагріву перегрівача.

Поверхня нагріву перегрівача буде

$$K' = Q \cdot \frac{\frac{w}{100} \cdot r + c_{pm}(t' - t)}{k \cdot \theta_m},$$

де середня різниця температур по між гарячими газами та паром

$$\theta_m = \frac{t_e + t_a}{2} - \frac{t' + t}{2}.$$

Температура газів при виході з перегрівача вираховується з виразу

$$t_a = t_e - \frac{Q}{B} \frac{\frac{w}{100} \cdot r + c_{pm}(t' - t)}{\eta \cdot G \cdot c_{pm}}.$$

Прийmemo температуру газів при вході до перегрівача $t_e = 550^\circ$, відсоток вогкості пари

$w = 2\%$ та показчик праці перегрівача $\eta = 0,95$, кількість газів на I клгрм. палива

$$G = 1 + mL = 1 + 18,92 = \approx 17,6 \text{ kg,}$$

то маємо

$$t_a = 550 - 7.8 \frac{0.02 \times 480 + 0.53(300 - 183)}{0.95 \times 176 \times 0.24} = \approx 410.$$

тоді $\theta_m = \frac{550 + 410}{2} - \frac{300 + 183}{2} = \approx 238;$

а $\mathcal{H}' = 1800 \cdot \frac{0.02 \cdot 480 + 0.53(300 - 183)}{13 \cdot 238} = 42 \text{ m}^2,$

де взято для k значіння 13.

Головні розміри котла.

У котлі влаштована буде хвиляста пальна рура, то можемо вибрати $d = 10,22 \div 0,23/\sqrt{\mathcal{H}}$, то тоді буде

$$d = 0.22 \sqrt{\mathcal{H}} = 0.22 \sqrt{100} = 2.2 \text{ m.}$$

Поперечник пальної рури

$$d_{\parallel} = \frac{d}{2} - 0.25 = \frac{2.2}{2} - 0.25 = 0.85 \text{ m.}$$

То буде внутрішній поперечник хвилястої рури, поверхня нагріву цієї рури буде досить велика, а тому довжина котла досить коротка.

Довжина пальникової ґратниці

$$l_r = \frac{2.6}{2 \cdot 0.85} = 1.53 \approx 1.5 \text{ m.}$$

Довжина вогневого порогу $l_f = 0.3 \text{ m.}$

Довжина пальникової ґратниці та вогневого порогу буде $l_r' = l_r + l_f = 1.5 + 0.3 = 1.8 \text{ m.}$

Через обмуровку губиться при обрахунку поверхні нагріву така довжина:

$$0.38 - 0.12 = 0.5 \text{ m.}$$

Найнижчий рівень дзеркала води нормально знаходиться на височині $\frac{d}{4} = 550 \text{ м/м}$ над серединою котла, тому обмір котла, що входить в обрахунок поверхні нагріву котла, вимосить 0,64 всього кола.

Тоді повна поверхня нагріву котла скла-

дається 3:

1. поверхня нагріву самого котла

$$\begin{aligned} \mathcal{H}_m &= 0.64.d.\pi(L-0.5) = 0.64.22.\pi.L - 0.64.22.\pi.0.5 = \\ &= 4.42L - 2.21. \end{aligned}$$

2. поверхня нагріву пальної рури

Поверхня нагріву хвилястої рури рівняється 1,14 поверхні нагріву гладкої рури, поперечника рівного середньому поперечникові хвилястої рури; цей середній поперечник для нашого випадку буде

$$d' = \frac{850 + 950}{2} = 900 \text{ мм.},$$

тому поверхня нагріву пальних рур буде

$$\begin{aligned} \mathcal{H}_f &= 2d' \pi \cdot 1.14L - d' \pi \cdot 1.14l' = 2.09.\pi.1.14L - \\ &- 0.9\pi.1.14.18 = 6.48L - 5.83. \end{aligned}$$

Днища не входять в обрахунок поверхні нагріву. Тоді маємо:

$$\mathcal{H} = 100 = \mathcal{H}_m + \mathcal{H}_f.$$

$$100 = 4.42L - 2.21 + 6.48L - 5.83 = 10.9L - 8.$$

$$10.9L = 108; \quad L = \frac{108}{10.9} = 9.9 \text{ м} \approx 10 \text{ м.}$$

Розрахунок на міцність.

$\mathcal{H}_s =$ Котельні стінки. Матеріал: лите залізо 3600 клгрм/см.кв. Прийmemo подвійний машиновий шов з накладками.

Товщина стінки:

$$\begin{aligned} s &= \frac{d.p.\sigma}{2K.s.p} + 0.1 = \frac{220.10.4}{2.3600.0.75} + 0.1 = 163 + 0.1 = \\ &= 1.73 \approx 1.75 \text{ см.} \end{aligned}$$

Товщина нюта

$$\begin{aligned} s &= \sqrt{53} = 0.6 \text{ см} = \sqrt{5.175} - 0.6 = 2.96 - 0.6; \\ &= 2.4 \text{ см.} \end{aligned}$$

Січення нюта $\frac{\delta^2 \pi}{4} = 4.52 \text{ cm}^2$

Віддалення нютів виносить

$$t_2 = 3.5 \delta + 1.5 \text{ cm} = 8.4 + 1.5 = \approx 10 \text{ cm.}$$

Тоді на 1 кв. сантим. площі нютів приходить ся сила тертя

$$Q = \frac{d \cdot t_2 \cdot p}{2n \cdot \frac{\delta^2 \pi}{4}} = \frac{220 \cdot 10 \cdot 10}{2 \cdot 4 \cdot 4.52} = \approx 600 \text{ kg.}$$

Допускаєма сила знаходиться в межах 450 ÷ 575 клгрм., тому треба перевірити та побільшити поперечник нюта. Візьмемо

$$\delta = 2.5;$$

тоді t_2 маємо 10.25 см., $\frac{\delta^2 \pi}{4} = 4.9 \text{ cm}^2$

$$Q = \frac{220 \cdot 10 \cdot 10.25}{2 \cdot 4 \cdot 4.9} = 575 \text{ kg.}$$

Виходить, що треба прийняти

$$\delta = 2.5 \text{ cm.}$$

$$t_2 = 10.25 \text{ cm.}$$

Далі віддалення нютових рядів між собою

$$e_1 = 0.5 t_2 = 0.5 \cdot 10.25 = 5.13 \approx 5.10 \text{ cm.}$$

Віддалення нюта від краю листа

$$e = 1.5 \delta = 1.5 \cdot 2.5 = 3.75 = 3.8 \text{ cm} = \approx 4 \text{ cm.}$$

Товщина накладки

$$S_0 = \frac{2}{3} S = \frac{2}{3} \cdot 1.75 = 1.17 = 1.2 \text{ cm.}$$

Пальна рура. Матеріал залізо, гатунок той самий, що й для котла.

Товщина стінки для хвилястої рури S_1 виносить

$$S_1 = \frac{p \cdot d_1}{1200} + 0.2 \text{ cm.},$$

тому

$$S_1 = \frac{10 \cdot 85}{1200} + 0.2 \text{ cm} = 0.7 + 0.2 = 0.9$$

прийmemo

$$S_1 = 1.0 \text{ cm.}$$

Товщина нюта

$$\delta = S_1 + 0.8 = 1.0 + 0.8 = 1.8 \approx 2.0 \text{ cm.}$$

Крок нюта

$$t_1 = 2\delta + 0.8 = 2 \cdot 2 + 0.8 = 4.8 \text{ cm.}$$

Віддалення краю аркуша

$$e = 158 = 15.2 = 3.0 \text{ см.}$$

Днище. Матеріал той самий, що й раніш. Товщина стінки, та взагалі треба взяти з табл., а саме; днище з $R = 3000 \text{ м/м}$, $s = 20 \div 25 \text{ м/м.}$, $d_1 = 850 \text{ м/м.}$, та треба перевірити товщину стінки.

$$s_2 = \frac{p \cdot R}{2 \cdot k_2} = \frac{10 \cdot 300}{2 \cdot 650} = 2.3.$$

Тому товщину стінки можна взяти 2,4 см.

Збірник пари. Матеріал той самий. Поперечник прийемо $d_2 = 0,8 \text{ м}$, висоту також 0,8 м..

Товщина стінки

$$s_3 = \frac{d_1 \cdot p \cdot \sigma}{2 \cdot k_2 \cdot \varphi} + 0.1 = \frac{80 \cdot 10 \cdot 45}{2 \cdot 3600 \cdot 0.56} + 0.1 = 0.9 + 0.1$$

Товщина нюта

$$s_3 = 1.0 \text{ см.}$$

$$\delta = s_3 + 0.8 \text{ см.} = 1.8 \text{ см.}$$

крок нютів

$$t_1 = 2\delta + 0.8 = 2 \cdot 1.8 + 0.8 = 4.4 \text{ см.}$$

віддалення краю аркуша

$$e = 158 = 2.7 \text{ см.}$$

На 1 сантим. квадр. січення нютів приходить ся сили:

$$Q = \frac{d_1 \cdot t_1 \cdot p}{2 \cdot n \cdot \frac{\pi^2}{4}} = \frac{80 \cdot 44 \cdot 10}{2 \cdot 1 \cdot 2.54} = 693 \text{ кг.}$$

Допускається $Q = 600 \div 700 \text{ клгрм/кв.сантм.}$

Днище збірника. Луч вигнуття днища по таблиці $R = 900 \text{ см.}$

Товщина стінки

$$s_4 = \frac{p \cdot R}{2 \cdot k_2} = \frac{10 \cdot 90}{2 \cdot 650} = \frac{900}{1300} = 0.7 \text{ см,}$$

але з огляду на можливість краще поставити арматуру візьмемо

$$s_4 = 1,2 \text{ см.}$$

Укріплення стінки в отворі котла.
Стінка котла розрахована при $\varphi = 0,75$, тоді

$$2 \cdot b \cdot c = a \cdot \varphi \cdot s.$$

Візьмемо $c = 2,0$ см.,
отвір $a = 30$ см., тоді
маємо

$$2 \cdot b \cdot 20 = 300 \cdot 0,75 \cdot 17,5$$

$$b = 90,77 \text{ см.}$$

Через послаблення стінки через отвір нюту,
мусить бути

$$b = 90,77 + 25 = 115,77 \approx 115 \text{ м/м.}$$

Кількість нютів у половині кільця буде:

$$n = \frac{d \cdot a \cdot p}{1000 \cdot \frac{\pi^2 \pi}{4}} = \frac{220 \cdot 30 \cdot 10}{1000 \cdot 4,9} = \approx 13 \text{ нютів.}$$

e можна взяти $= 40$ м/м; $e_1 = 30$ м/м.

Укріплення отвору в днище збірника. Візьмемо
тут $a = 40$ см., для товщини укріплення візь-
мемо $c = 1,5$ см, тому

$$2 \cdot b \cdot c = a \cdot s$$

$$2 \cdot b \cdot 15 = 400,7$$

$$b = 93 \text{ мм} \approx 90 \text{ мм.}$$

Товщину нюту треба взяти по прийнятій $s_y = 1,2$
см, тому

$$s = 1,2 + 0,8 = 2 \text{ см}$$

Тому ширина покріплення буде

$$b = 90 + 20 = 110 \text{ м/м.}$$

Тоді потрібна кількість нютів у половині за-
кріплення

$$n = \frac{R \cdot p \cdot a}{2 \cdot 500 \cdot \frac{\pi^2 \pi}{4}} = \frac{90 \cdot 10 \cdot 40}{1000 \cdot 3,14} = 11 \text{ шт.}$$

Довжина барабанів котла. Довжина котла є 10м.
Тому довжина віддалення від першого до остан-
нього кінця виносить, бо $e = 4$ см.,

$$L' = 10000 - 80 = 9920 \text{ м/м.}$$

Якщо взяти шість барабанів, маємо довжину од-
ного з них- $9920 : 6 = 1654 \text{ м/м.}$

Проф. О. Вілінський. Розрахунок парових котлів

а разом з рантами

$$1654 + 30 = 1734 \text{ м/м.}$$

Довжина аркуша виносить для більшого барабана

$$\pi(d+s) = \pi(2200+17,5) = 6963 \text{ м.}$$

а меншого барабана

$$\pi(d-s) = \pi(2200-17,5) = 6852 \text{ м.}$$

Як що вартість великих аркушів дуже висока, то треба подивитися чи вигідніше чи доплата за розмір, чи зайвий натований шов.

Довжина аркуша заліза повна для обробки виносить:

а/ для великих барабанів

$$6963 + 51 + 2,40 = 7014 \text{ м/м.}$$

б/ для менших барабанів

$$6852 + 51 + 2,40 = 6904 \text{ м/м.}$$

Пальні рури. По таблиці для днища маємо $y = 490 \text{ м/м.}$, $x = 60 \text{ м/м.}$ потім приймемо, що пальна рура виходить з котла на $\delta = 30 \text{ м/м.}$, а зодня частина потребує на своє закріплення 66 м/м. , то повна довжина пальної рури буде

$$L_f = 10000 + 2,40 + 490 + 30 + 60 + 66 = 10566 \text{ м/м.}$$

$$L_f = 10570 \text{ м/м.}$$

себ-то δ не 30, а 34 м/м.

Виберемо сім барабанів, довжина кожного виносе

$$10570 : 7 = 1510 \text{ м/м.}$$

Арматура. Клапан безпечности. Маємо

$$F = 15 \cdot H \sqrt{\frac{1000 \cdot v_s}{p}} = 15 \cdot 100 \sqrt{\frac{1000 \cdot 0,1815}{10}} = 1500 \cdot 4,26 = 6390 \text{ мм}^2,$$

тому $\frac{F_p}{100} = \frac{6390 \cdot 10}{100} = 639 > 600,$

треба взяти два клапани

$$F : 2 = 3195 \text{ м/м.},$$

тому

$$d \approx 64 \text{ м/м.}, \text{ візьмемо } d = 65 \text{ м/м.}$$

Паровий вентиль. Кількість пари на годину при добрій праці котла виходить

$$D = 25.H = 25.100 = 2500 \text{ кг.}$$

Якщо за c взяти 25 м., одержимо

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{600.D}{\gamma_s \cdot c} = \frac{600.2500}{5.51 \cdot 25} = 10900 \text{ мм.}$$

$$d = 118 \text{ м/м.}, \text{ приймаємо } d = 120 \text{ м/м.}$$

Водний вентиль. При $c = 0,5$ маємо -

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{D}{c} = \frac{2500}{0.5} = 5000 \text{ мм.}$$

$$d = 79 \text{ м/м.}, \text{ візьмемо } 80 \text{ м/м.}$$

Випускний вентиль. Візьмемо поперечник рівний поперечникові водного вентиля, а саме

$$d = 80 \text{ м/м.}$$

Розподілення поверхні нагріву перегрівача. Віддалення стінок обмуровки котла /поперечне/ хай виносить 2610 м/м., але в камері перегрівача вони поширені на $2.130 = 260$ м/м., так-що ширина камери перегрівача виносить $2610 + 260 = 2870$ м/м. Як-що приймемо ширину димних каналів, що ведуть гази до перегрівача, за 405 м/м., площа цього каналу буде

$$\frac{R}{3.5} = \frac{2.6}{3.5} \approx 0.75 \text{ м}^2,$$

а висота їх /два канали/

$$\frac{0.75}{2 \cdot 0.405} \approx 0.93 \text{ м} = 930 \text{ мм.}$$

Глибина камери перегрівача буде на 130 м/м. більше, то площа січення цієї камери виносить

$$/930 + 130 /.2870 = 1060.2870.$$

Коли взяти віддалення середини рурки перері-
вача до стінки коло 80 м/м., то з 2870 треба
відкинути спочатку $2 \times 80 = 160$, то залишається
 $2870 - 160 = 2710$ м/м. Як що m буде кількість
прямих частин змієвика, та як-що окремі частини
мають між собою віддалення 200 м/м., то буде

$$(m - 1 + \frac{1}{2}) 200 = (m - \frac{1}{2}) 200 = 2710$$

$$m = \frac{2710 + 100}{200} = 14.05$$

Візьмемо 14 рядів рур. Тоді віддалення зо-
колишньої рури від стінки буде

$$\frac{1}{2} [2870 - (14 - \frac{1}{2}) 200] = 85 \text{ мм}$$

Фасонні частини /дуги/ мають лучем
100 м/м. Як-що віддалення середини рури до
стінки в фасонній частині буде 80 м/м., то
прямі частини рурок мають довжину

$$1060 - 2 \times 80 - 2 \cdot 100 = 700 \text{ м/м.}$$

Виходить, що повна довжина рурок винесе:
в простій їх частині $14 \times 97 = 1358 \text{ м.}$

" фасонних частинах $13 \cdot \frac{\pi \cdot 0.2}{2} = 4.08 \text{ м}$

на кінцях

$$2 \cdot 0.18 = 0.36 \text{ м.}$$

$$14.24 \text{ м.}$$

Як-що поперечник рурок приймемо 44 м/м., то
одна рурка має поверхню нарізу

$$\pi \cdot 0.044 \cdot 14.24 = 1.96 \text{ м}^2$$

Потрібна частина змієвика буде

$$\pi = \frac{42}{1.96} = \approx 22.$$

oooooooooooo

З М І С Т .

Стор.

Водяна пара	I
Тиснення та температура доситної пари.	2
Кількість тепла, потрібного для утво- рення водяної пари.....	6
Суха доситна пара.....	6
Вохка доситна пара.....	7
Перегріта пара.....	7
Приклади.....	8
Паливо та горіння його.....	13
Передача тепла	15
Випромінювання.....	15
Дотик.....	16
Випромінювання й дотик разом.	19
Дальша передача.....	20
Праця котла.....	21
Розміри праці. А. Праця пальни- кової гратниці....	21
В. Праця поверх- ні нагріву.....	22
Вартість праці. А. Показчик випаровування.....	23
В. Показчик вартостей.....	24
Досліджування праці котла....	26
Паливники.....	27
Пласка гратниця.....	28
Тяг та димар.....	30
Головні виміри котлів.....	35
Вальцевий котел.....	36
Батарейний котел.....	36
Котли з пальними рурами.....	37
Дутчатий котел.....	40
Комбіновані системи.....	40
Водоруркові котли.....	40
Міцність котлів.....	41
Циліндричні часті котлів.....	41
Пальні рури з верхн. тисненням	43

Днища.....	44
Нютові шви.....	45
Шви без накладок.....	45
Шви з двойними наклад- ками.....	47
Розрахунок нютів.....	49
Розрахунок перегрівачів.....	49
Перегрівач у димових ходах.....	50
Перегрівачі центральні	51
Розрахунок підогрівачів.....	52
Підогрівач з ужитими газами.....	52
Підогрівач паровий...	54
Арматура. А. Питательний вентиль	55
Б. Паровий вентиль..	56
В. Клапан безпеки.	56
Вартість пари.....	57
Приклад розрахунку.....	59

---00000000---

