

21731

К. В. Кирш.

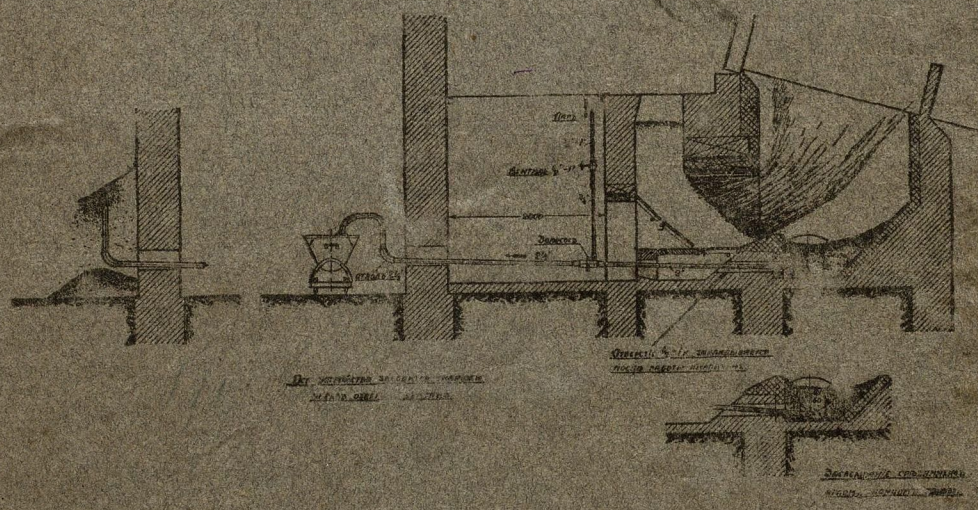
662.63
Кирш.
Дрова как топливо.

Дрова

КАК ТОПЛИВО.

СОДЕРЖАНИЕ:

- Берегите дрова, они сейчас — единственное массовое топливо России.
- I. Основные свойства древесины, как топлива.
- II. Процесс горения дров при ручн., период. загрузке.
- III. Шахтные топки.
- IV. Двухкатные топки для опилок и струбины.
- V. Сушка дров.
- VI. Некоторые формулы для подсчета процесса работы дровяной топки.
- Заключение.



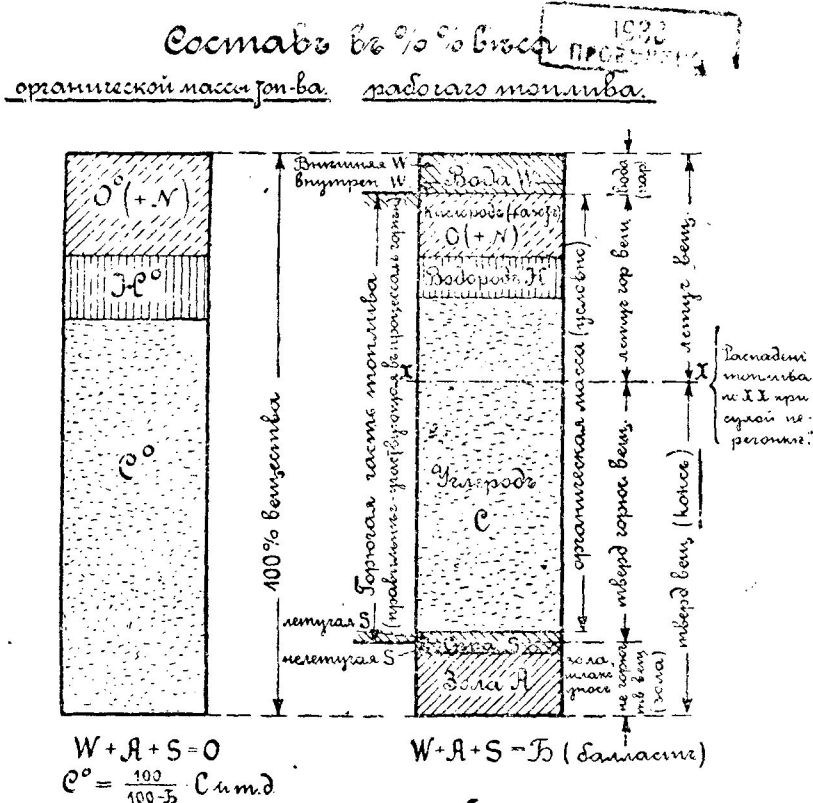
Фиг. 17. Паровое водоснабжение.

Москва.

Май, 1919 г.

Основныя свойства древесины, как топлива

Разсмотрение этих свойств удобнее всего приурочить к общей для всех топлив схеме их состава (фиг. 1.). Согласно этой схеме всякое топливо распадается на **рабочую, горючую часть**, представляющую соединения (химически весьма сложные) углерода (С), водорода (Н), кислорода (О), и азота (N) и органической (горючей) серы (Sr), и на **нерабочую часть — балласт** — из механически примешанных к первой части минеральных веществ — золы (А), в том числе и негорючей серы и воды (влаги W).



фиг. 1.

В виду малой теплотворности горючей части серы и ряда неудобств, вызываемых газообразными продуктами сгорания в дальнейшем использовании тепла их, а также твердыми остатками от серы в золе и шлаках — правильно всю серу топлива отнести к балласту наравне с золой и влагой.

Если этот балласт обозначить через $B = W + A + S$, а теплотворность горючей части топлива через $Q_{орг}$, то **теплотворность *) рабочего топлива $Q_{раб}$ с примесью $B\%$ балласта будет:**

$$Q_{раб} = \frac{100 - B}{100} Q_{орг} + 26 S - 6 W \dots \dots \dots (1)$$

*) Под теплотворностью (теплопроизводительностью) мы везде будем подразумевать низший предел, соответствующий общепринятому теперь допущению, что влага и химическая вода ($W + 9H$) уходят в виде парообразного продукта, а не жидкой воды, т.е. теплота испарения $6(W + 9H)$ является потерянной.

Для основной характеристики всякого топлива, как горючего вещества, необходимо, прежде всего, знать элементарный состав и другие характеристики горючей его части; для чего производятся соответствующие пересчеты при допущении $B = W + A + S = 0$. Получается показанная на левой стороне фиг. 1 схема.

Теплотворность этой органической части ($Q_{орг.}$) можно со сравнительно большой точностью определить в зависимости от элементарного состава топлива по эмпирической формуле Менделеева:

$$Q_{орг.} = 81 \cdot C + 300 \cdot H - 26 \cdot O - 6,9 \cdot N = 81 C + 246 \cdot H - 26 \cdot O \quad (2)$$

а так как: $C^0 + H^0 + O^0 = 100$ то:

$$Q_{орг.} = 107 \cdot C + 272 \cdot H - 2600 \quad (3)$$

Формула Менделеева ясно подчеркивает, между прочим, что, кроме вышеуказанного внешнего балласта „В“, в топливе имеется еще „внутренний балласт“—кислород (О), который также лишь понижает тепловую ценность топлива.

При нагревании без доступа воздуха (или ограниченном доступе его—сухой перегонке) топливо как-будто распадается на две части—летучую и твердую.

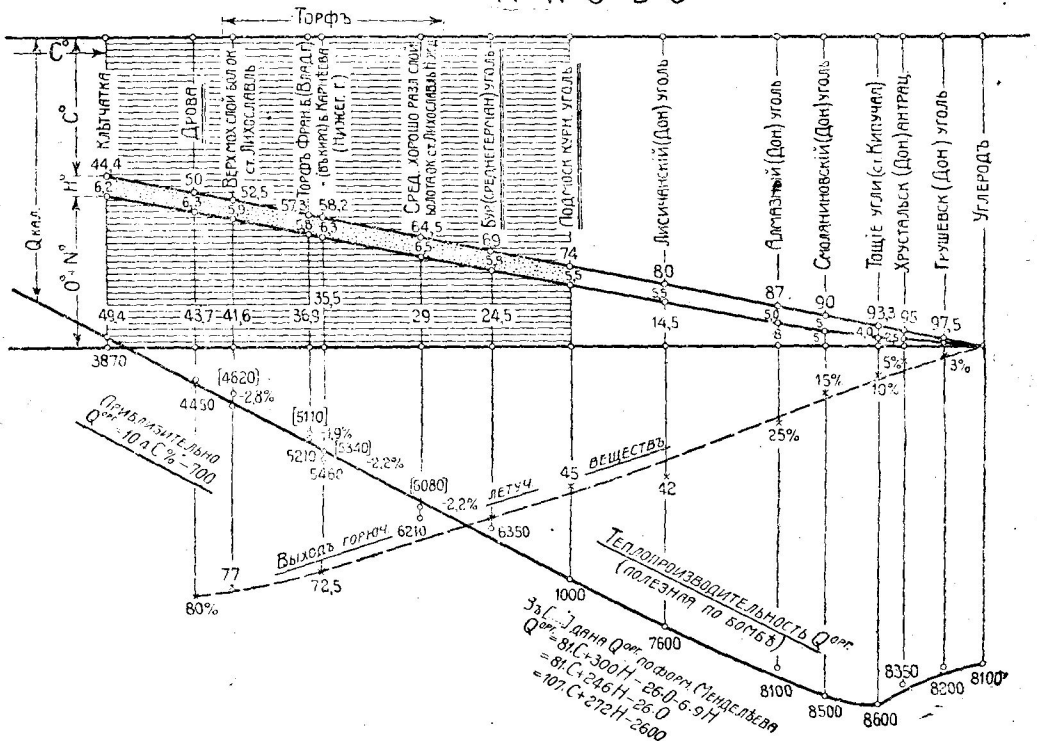
Испаряется вода (W), потом выделяются продукты С и Н—углеводороды, а также другие газы—продукты полного или частичного окисления С и Н топлива кислородом топлива же (H_2O, CO_2, CO), а также выделяются нейтральные газы—N. Остающаяся твердая часть топлива, или кокс, в свою очередь, распадается на горючую часть, состоящую из почти чистого углерода (С) и на минеральные примеси—шлаки и золу.

Выделившиеся летучие вещества состоят из водяного пара—влаги топлива и из других газообразных веществ, которые принято называть летучими горючими веществами.

Тепловой Комитет
при Политехническом О-ве

Органическая масса разных топливъ.

$$A = W = S = B = 0$$



фиг. 2.

Последнее название является условным, так как в этих летучих веществах, кроме испарившейся влаги топлива, содержится еще водяной пар—продукт соединения Н и О самого топлива, а также сухие негорючие газы (СО₂, N).

Количество, а также качество (состав) летучих веществ имеет громадное влияние на процесс окисления топлива и практического его сжигания в топках, а также на дальнейшее использование его тепла поверхностями нагрева.

Весьма существенным является также форма остающегося после сухой перегонки твердого остатка.

Разные виды топлива характеризуются разными значениями вышеупомянутых основных факторов, как это видно из диаграммы на фиг. 2. На ней по оси абсцисс отложено содержание С.

Постепенное изменение вещества, как топлива, от клетчатки до антрацита, характеризуется ростом С за счет уменьшения О при почти постоянном (до антрацитов) водороде Н. При этом, естественно (см. фиг. 2) быстро повышается теплотворность Q_{орг.}, которую в этих пределах (до С—90%) весьма точно можно выразить упрощенной формулой

$$Q_{орг.} = 104C^0 - 700 \dots \dots \dots (4)$$

По мере приближения к группе короткопламенных каменных углей и антрацитов, содержание Н начинает более резко падать и продолжающееся повышение С идет уже не только за счет падения О (внутреннего балласта), но и Н (т.-е. более ценного, чем С элемента). В виду этого, понятно, вначале замедляется рост теплотворности, а далее она начинает даже падать. Формула (4) в этих пределах (С > 90%) уже не применима.

Повышение содержания С сопровождается уменьшением выхода летучих, падающих от 80—85% при дровах до нескольких % при антрацитах.

Фиг. 2 указывает отчетливо и место древесины, как топлива, среди других видов его. Приведенный состав органической массы

$$C^0 = 50\%, H = 6,3\% \text{ и } O + N = 43,7\%,$$

является практически постоянным для всех пород древесины.

Ему соответствует теплотворность

$$Q_{орг.} = \text{ок. } 4440 \text{ кал.}$$

Следующая таблица дает полученные путем непосредственного определения разными исследователями характерные величины для органической массы разных пород дров.

ТАБЛИЦА I.

Порода	C	H	O + N [*]	Q _{орг.} по бомбе	Q _{орг.} по форм. Менделеева	Разница в %	CW = 0	CW = 25%	Вес 1 куб. метра возд. сух. массы (W = 15%) тон.
Дуб	50,0	6,05	43,95	4390	4400	+0,2%	240	320	0,76
Береза	49,4	6,3	44,3	4460	4400	-1,3%	210	280	0,66
Липа	49,4	6,8	43,8	—	—	—	—	—	0,49
Осина	50,3	6,3	43,4	4400	4490	+2,0%	160	215	0,515
Ива	50,3	6,27	43,43	4370	4480	+2,5%	—	—	0,49
Сосна	—	—	—	4560	—	—	170	230	0,54
Ель	49,6	6,40	44,0	4510	4450	-1,3%	150	205	0,49
Средн.	49,85	6,35	43,8	4450	4440	—	—	—	—

^{*}) Содержание азота (N) определяется в 0,7—1,0%.

$GW=0$ — вес 1 куб. саж. швырковых колот. дров хорошей укладки и абсолютно сухих ($W=0$), при чем принято условно, что сокращения объема (усадки) при дальнейшей сушке воздушно сухих дров не будет.

Цифры этой таблицы, в общем подтверждают правильность приведенных средних цифр и положение о практическом постоянстве состава. Лишь теплотворности отдельных пород разнятся резче, чем это можно было ожидать по элементарному составу. Так, Q для осины на $1\frac{1}{2}\%$ ниже, чем для березы, хотя по составу можно было ожидать обратного результата. Объясняется это, вероятно, разной группировкой элементов (С, Н и О), при чем можно допустить, что в осине большая часть водорода (чем в березе, напр.) связана кислородом, что соответственно уменьшает количество выделяемого при горении тепла.

Такое предположение дает объяснение также большой разнице в характере горения разных пород, обусловленном разным составом летучих веществ при количественном равенстве их (80—85%).

Береза, отчасти хвойные породы, дают весьма густое, богатое углеводородами и потому сильно теплоизлучающее пламя в противоположность, наприм. осине, горящей, сравнительно, прозрачным синеватым пламенем, очевидно, более богатым окисью углерода (СО).

В зависимости от меньшей горючести (меньшего химического сродства к кислороду), окиси углерода, чем углеводородов, соответствующие породы дров будут, очевидно, также разниться по своей горючести.

Качество летучих отражается также на размере получаемого пламени. Наприм., пламя сосны, березы, ели и ольхи находится приблизительно в отношении 100:75:70:50.

Необходимо еще отметить, что теплотворность дров еще может быть сильно уменьшена выщелачиванием их в воде, наприм., при сплаве. Так за 7 дней иногда наблюдается падение теплотворности на 9—10%.

Балласт (внешний) дров состоит из золы (А) и влаги (W), так как серы (S) в дровах нет. Золы в крупном стволе—0,7 до 2%, но в коре—она может доходить до 3—5% и благодаря отчасти, этому в мелких ветвях зольность доходит до 3—4%. В сплавных дровах, загрязненных илом и песком, приходится иногда встречать цифру до 4—6%. Зольность листьев доходит до 7%. (Все цифры при $W=0$).

Главной слагаемой балласта является влага (W)*. В растущем дереве влажность меняется от 45—60%. В тонких ветвях W доходит до 65%. Влажность—наименьшая осенью, наибольшая—в июне, июле. Для березы, дуба, она составляет по некоторым данным ок. 45%, для ели, сосны—ок. 55%.

Кроме того, влажность зависит от почвы, от условий роста и пр.

Однако, в свежесрубленном виде дрова, обычно, не сжигались, а после распиловки на швырок, длиной $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{4}$, $\frac{5}{4}$ редко $\frac{6}{4}$ арш., и расколки, дрова досушивались в течение 1—2 лет до влажности даже в 15% (для хвойн. пород) и 18% (для листв. пор.), т.-е. Qраб.—ок. 3500 к.

Во всяком случае, чаще всего под сухими дровами, пригодными для употребления, подразумевались раньше дрова с влажностью не более 25, редко 30%. Теплотворность таких дров доставляла 3100—2900 кал.

В настоящее время, да и в ближайшие годы, с такими дровами считаться уже не приходится, так как дровам не дают выстаиваться, и их готовят в такой форме, в какой сушка идет лишь весьма медленно. А именно, для упрощения заготовки, пилят дрова на брусья, длиной до 3 аршин, не раскалывают и не обезшкуривают их. Последние два обстоятельства весьма резко замедляют сушку. Что касается длинной пилки, то соответствующия наблюдения обнаруживают, что такое уменьшение относительного числа торцов не замедляет сушки.

*) Как во всяком топливе, она может быть и для дров подразделена на внешнюю (выделяемую из опилок при комнатной температуре и сухом воздухе в 2—3 дня) и внутреннюю, удаляемую сушкой опилок при темп. 105°. При исследовании пробы в виде опилок внутренней влаги остается обычно около 7—8% (по отношению к весу этой „воздушно сухой“ пробы).

Опыт показывает, что обезшкурное полено теряло из своей основной влаги (в августе—сентяб.) через 1 день—34%, через 2 дня—38%, через 4 дня—40% в то время, как нешкурное теряло соответственно через день лишь 0,4 и через 4 дня—лишь 1%, т. е. почти совершенно не высыхало. Крупная партия березовых дров, заготовленная в ноябре 1917 г. в виде 3 арш. нешкурных кругляков, сжигается в настоящее время, т. е. через 1½ года, в одной крупной котельной, при чем их влажность, по многочисленным определениям, колеблется около 42%; при этом пропилка в середине полена и рядом с торцем, дают опилки почти одной и той же влажности (значит торец почти не ускоряет сушки).

Повышает влажность дров сплав их и длительное лежание в воде. При этом органическая масса древесины, как было указано, может понизить, вследствие выщелачивания инкрустирующих веществ (лигнита), на 10—15 и более % свою теплотворность а влажность может оказаться даже выше природной. Теплового Комитету пришлось истекшей зимой встречаться в Петрограде с большими партиями дров с влажностью до 55—58% (Q_{раб.} = ок. 1400—1500 кал.), а в нижеприведенной таблице произведенных Теплокомом исследований дров одного крупного Казанского завода, цифры влажности доходят до 57,4% (Табл. II). Такие дрова при загрязнении их, кроме того, наносным илом и песком, могут дать зольность до 4—5%, что понизит их теплотворность до 1500 кал.

Вопрос о том, не представляет ли сжигание таких сырых дров слишком большие невыгоды с точки зрения общегосударственной и технико-экономической, мы разберем в дальнейшем, а пока отметим лишь, что фактически приходится и придется такие дрова сжигать, и при этом еще в виде 3 арш. неколотых брусьев диаметром от 10"—15", весом иногда до 6—8 пудов.

Следующая таблица дает еще весьма характерные данные, полученные от среднего исследования отобранных Теплокомом в Казани проб разных дров, корья (ивы) и сырой отдушины.

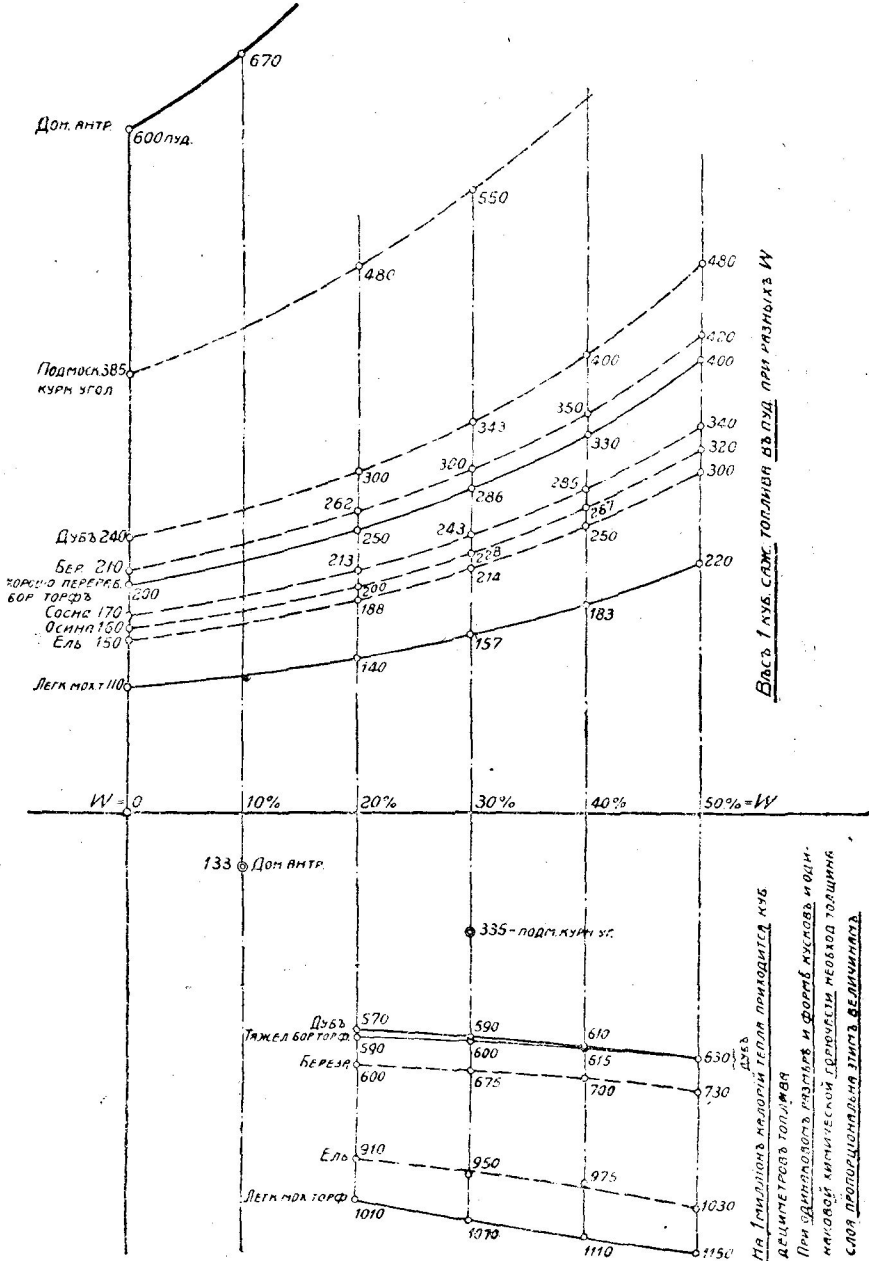
Таблица II.

Топливо	Органическая часть					Рабочее топливо					Примечания.
	С	H	С+H ₂ O	Выход лег. гор. вещ.	Q _{орг.}	W=O	W*)=W ₁ +W ₂	A _в	B=W+A	Q _{раб.}	
Дуб, φ=6½"	50,7	6,05	43,25	82%	4530	3,9	45% = 39,7+5,3	2,1	47,1	2130	
Бер., =6½"	49,3	6,1	44,6	87,5%	4590	1,4	50,4 = 46,5+3,9	0,70	51,1	1940	
Ол., =8½"	49,0	6,25	44,75	86,5%	4540	2,9	51,0 = 47,2+3,8	1,4	52,4	1855	
Ос., =8"	48,8	6,1	45,1	87%	4450	1,9	44 = 39,4+4,6	1,1	45,1	2180	
Сос., =7½"	50,2	6,0	43,8	85%	4740	3,2	57,4 = 53,6+3,8	1,4	58,8	1700	
Корье (Ива)	49,2	5,5	45,3	75%	4500	8,4	40,3 = 34,0+6,3	5,0	45,3	2230	Для дубления кожи.
Сыр. отдушины ...	49,4	5,7	44,9	75,5	4520	7,6	69,4 = 65,6+3,8	2,3	71,7	860	После дубления без отжима воды и без сушки.

*) W₁—внешняя влага, определенная сушкой опилок (из под пилы) в комнате при темп. 15—20°C до прекращения изменения веса, W₂—внутренняя влага, определенная досушкой при темп. 105°C. Внутренняя влага дается из лабораторной величиной W₂, отнесенной к весу подсушенной массы. Эту величину надо перечислить на основной вес по выражению $W_2 = \frac{W'_2(100 - W_1)}{100}$.

Относительное значение цифр этой таблицы подтверждает выводы, сделанные по данным таблицы I, но абсолютные цифры теплотворности, наприм. выше (приблизительно на 2%). Возможно, что тут сказываются разные методы исследования (перерыв в 15 – 20 л.). По накоплении большого количества опытных данных можно будет и этот вопрос выяснять.

Приведенная в последней строчке отдубина является отбросом кожевнного отброса и вместе с тем топливом.



Вась 1 куб. саж. топлива в пуд при разных W

На 1 миллион калорий тепла приходится куб. дециметров топлива
 При одинаковой влажности и форме кусков и одинаковой химической структуре необходим толщине слоя пропускать на этих величинах.

Теплотворность разных топлив.

Фиг. 4.

Связь между балластом дров и теплотворностью, составом рабочего топлива и пр. даны в графической форме на фиг. 3. Там же повторены соответствующие формулы.

Весьма важной характеристикой древесного топлива является вес, как единицы объема самой массы, колеблющейся, как это видно из таблицы I, от 0,49 и ниже до 0,76 для воздушно-сухой массы ($W=18\%$) разных пород, так и вес единицы объема (1 куб. сажени) уложенных поленьями в штабель дров.

Нормальной таксационной саженью Лесное Управление считало сажень, в которой плотной древесной массы содержится 220 куб. фут., т.е. массой занято $\frac{220}{343} \cdot 100 = 64\%$.

От этого отношения зависит, очевидно, вес 1 куб. саж. дров разных пород, и оно, в свою очередь, зависит от способа укладки и укрепления полениц, от толщины поленьев и формы их, от длины поленьев и пр.

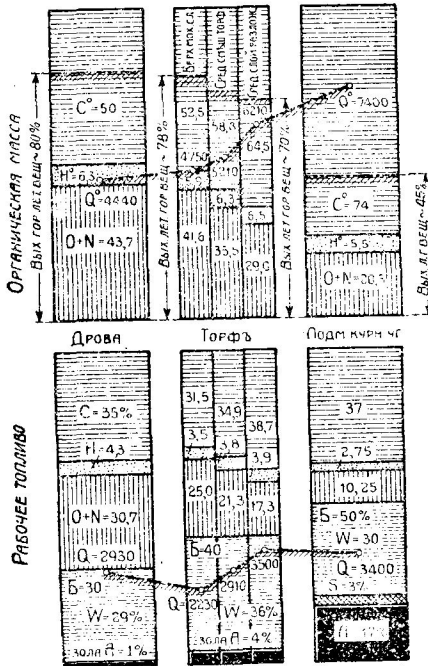
На табл. I и фиг. 3 даны величины некоторых весов для швырковых поленьев средн. дров хорошей укладки. Для крупных поленьев веса 1 куб. саж. будут больше. От веса 1 куб. саж. абсолютно сухих дров можно перейти к весу того объема, из которого этот сухой куб можно получить, при посредстве формулы:

$$G_w = \frac{100}{100 - W} \quad G_w = 0 \dots \dots \dots (5)$$

Имея данные фиг. 3, можно сравнивать дрова с другими топливами по их теплотворности, т.е. по объему топлива, требуемому для вмещения определенного количества тепла. Соответствующие данные собраны в диаграмме фиг. 4.

Тепловой Комитетъ
при
Политехнической Ш-вѣ

Схема состава местных топливъ Центрального Района



Фиг. 5.

Из нее мы видим, что, если для вмещения 1 мил. калорий тепла требуется при донецком антраците 133 литра, при подмосковном курн. угле—335 лит, то цифры дров колеблются от 590 (дуб при $W=30\%$) до 950 (ель при $eW=30\%$).

При $W=50\%$ теплоплотность дуба даже в 5 раз, а ели—в 8 раз меньше теплоплотности донецкого антрацита. Названные цифры и диаграммы подчеркивают также громадную разницу в этом отношении разных видов дров.

Малая теплоплотность дров играет громадную роль при решении вопросов перевозки этого топлива и будет оказывать доминирующее значение на формы топочных устройств для него.

Фиг. 5 дает сопоставление древесного топлива с конкурирующими с ним в Центральном районе другими видами местного топлива: торфом и подмосковным курным углем. Большая теплотворность органической массы торфа (4750 до 6210) и подм. курн. угля (7000 кал.*) сокращается в значительной степени большим количеством минеральных примесей в этих топливах. Вследствие этого $Q_{раб.}$ сухих дров весьма близка к $Q_{раб.}$ среднего торфа и подм. курн. угля.

*) На фиг. 5 ошибочно теплотворность органической массы подм. к. угля приведена в 7400 вместо 7000 кал.

II. Процесс горения твердого топлива вообще и дров в частности при ручной периодической загрузке.

Фиг. 6 дает схему топки с периодической ручной загрузкой топлива через дверку на горящий слой ранее загруженного материала при введении воздуха в обратном направлении—снизу через колосниковую решетку вверх—(за счет существующей между топочным пространством—над решеткой—и зольником разницы *) давления $S_0—S_m$). Из заброшенного на слой топлива прежде всего испаряется вода за счет использования тепла горящего слоя топлива, пламени и кладки, и уходит в виде водяного пара (W); далее начинают выделяться углеводороды (CH_4 и др.), которые заполняют топочное пространство и должны в нем еще сгореть. Как выделение W, так и углеводородов поглощают теплоту, охлаждая топку.

Одновременно с этим происходят реакции между проходящим через слой воздухом и топливом. Сгорает углерод в углекислоту ($C + O_2 = CO_2$), которая в таком виде и может непосредственно пройти в топочное пространство, или она по пути, под воздействием раскаленного углерода раскисляется в CO ($CO_2 + C = 2 CO$)—окись углерода, попадающая или в топочное пространство и требующая еще окисления или превращающаяся еще до этого в CO_2 за счет притока свежего кислорода. Местами через слабо покрытые топливом места решетки непосредственно проходит в топочное пространство без использования слоев—кислород ($O = O$) воздуха. Наконец, через слой попадает также в топочное пространство нейтральный газ—азот (N) — (19% объема воздуха). Первые процессы—испарения воды и выделения углеводородов—сосредоточиваются, гаавным образом, около момента заброса свежего топлива, при чем их скорость, а значит, и длительность зависит от быстроты прогрева свежее заброшенного топлива, т. е. количества влаги в нем, размера самого заброса, размера и формы кусков топлива, количества накаленной кладки в топке, ее температуры и вообще теплоемности топки, от характера, качества и состава летуч. гор. веществ, а также самого твердого топлива и пр.

В виду крупных размеров кусков дров, т.е. малой, подвергаемой нагреву поверхности, и большой их влажности, очевидно, длительность процессов сушки и выхода летучих при этом топливе будет весьма большой—или, вернее, будет почти непрерывной.

Дальнейшие процессы слоя зависят помимо температурных условий от количества просасываемого через слой воздуха, т.е. при постоянстве ($S—S_m$)—от сопротивления слоя, от толщины, плотности и загрязненности его. По мере прогорания слоя—его утонения,—увеличивается количество попадающего через слой в топочное пространство не использованного воздуха, и вместе с тем уменьшается количество окисленного кислородом воздуха, т.е. сгоревшего топлива; таким образом, уменьшается мощность топки при одновременном падении экономичности. Вследствие этого падает паропроизводительность, а потому при постоянстве потребления пара—давление его, что и является одним из признаков, (правда, обыкновенно, уже запоздалым) необходимости новой загрузки топлива.

Кочегар открывает дверку и забрасывает новую порцию, при чем через открытую дверку врывается в топочное пространство холодный воздух, количество которого зависит от существовавшего в топочном пространстве разрежения. Этот воздух примешивается к газам, идущим из слоя, количество которых зависит от разницы давлений по обе стороны решетки во время открытия дверки.

Мы видим, что в общем случае в топочное пространство, помимо продуктов законченного горения (CO_2 , H_2O , а если в топливе есть сера— SO_2) и нейтральных (N, W), попадают из слоя продукты, требующие дальнейшего окисления (CH_4 и др. углеводороды, CO и пр.), и поэтому процесс горения должен продолжаться в топочном пространстве.

*) Созданной или нагнетанием воздуха в зольниковое пространство (S_0+), или отсасыванием газа из топочного пространства (S_m-).

ОСНОВНЫЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛЯ ДРОВЪ органическа- го состава: С=50%; Н=6,3%; О+(N) = 43,7% при влажности (полезной) теплопроизвод-ти (по calor δ) $Q^{opt} = 4450$ кал.

Выходъ горюч. лет. вѣщ.: ~ 75%

По формулѣ Менделѣева:

$$Q^{opt} = 81 \cdot C + 300H - 26 \cdot O - 6 \cdot 9 \cdot N - 81 \cdot C + 246H - 26 \cdot O$$

т.е. $O = 100 - (C + H)$; $Q^{opt} = 107 \cdot C + 272H - 2600$ (I) = 4460 кал (+0,3%)

При влажности W и полезности A , т.е. баластъ $B = W + A$:

работ. теплопроизв. т-ва $Q^{prod} = \frac{100 \cdot B}{100} \cdot Q^{opt} - 6 \cdot W$ (II)

Условной вѣсъ 1 куб. саж. сырыхъ дровъ:

$$G^w = \frac{G^{w=0}}{100 - W} \dots (III)$$

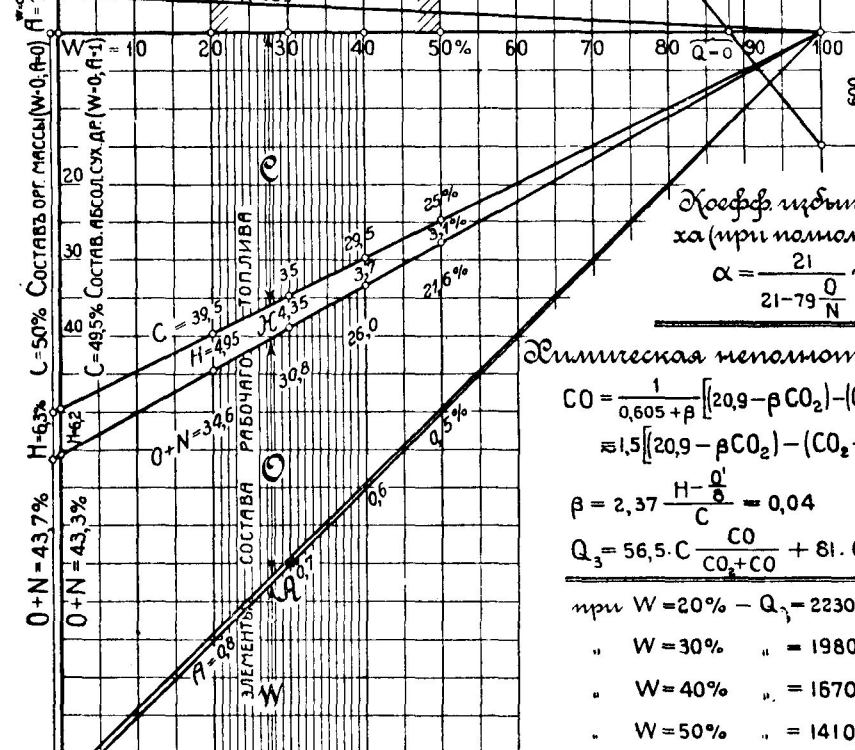
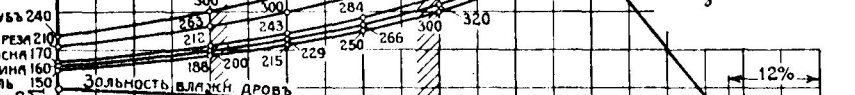
Составъ работаю. топлива

$$C = C^0 (100 - B); H = H^0 (100 - B);$$

$$O + N = (O^0 + N^0) \cdot (100 - B) \dots (IV)$$

Условной вѣсъ 1 куб. саж. - G
Плотные это вѣсъ того объема
сырыхъ дровъ, который полу-
чается отъ прибавленія къ
идеал. сух. дровамъ воды (усадка!)
Въ предѣлахъ влажности
 $W = 20 - 40\%$ это приближительно
совпадаетъ съ вѣсомъ
1 куб. саж.

Вѣсъ 1 куб. саж.
разн. породъ
дровъ
100 - W



Коэфф. избытка воздуха (при полномъ горѣнии)
 $\alpha = \frac{21}{21 - 79 \frac{O}{N}} \sim \frac{20}{CO_2}$

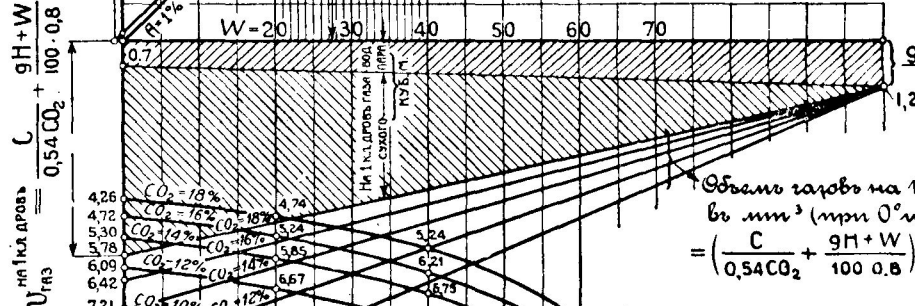
Эмпирическая непомота горючя

$$CO = \frac{1}{0,605 + \beta} [20,9 - \beta CO_2] - (CO_2 + O) \approx 1,5 [20,9 - \beta CO_2] - (CO_2 + O)$$

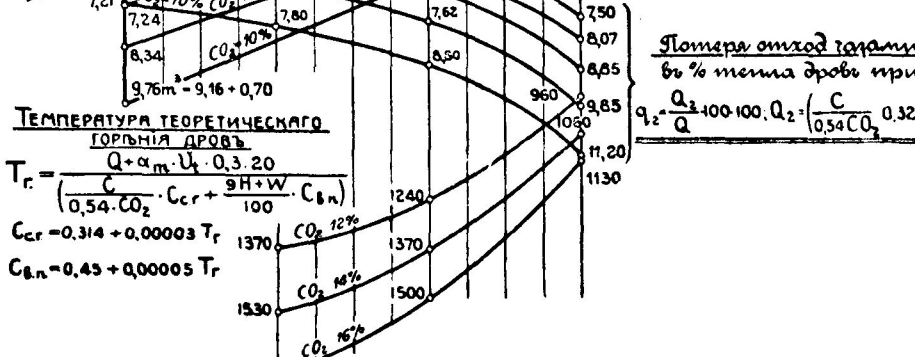
$$\beta = 2,37 \frac{H - \frac{O}{8}}{C} = 0,04$$

$$Q_3 = 56,5 \cdot C \frac{CO}{CO_2 + CO} + 81 \cdot C^2$$

при W = 20%	$Q_3 = 2230 \frac{CO}{CO_2 + CO}$
W = 30%	$Q_3 = 1980 \frac{CO}{CO_2 + CO}$
W = 40%	$Q_3 = 1670 \frac{CO}{CO_2 + CO}$
W = 50%	$Q_3 = 1410 \frac{CO}{CO_2 + CO}$



Объемъ газовъ на 1 куб. дровъ
въ м³ (при O^0 и 760 мм.)
 $= \left(\frac{C}{0,54 CO_2} + \frac{9H+W}{100 \cdot 0,8} \right) = V_{газ}$



ТЕМПЕРАТУРА ТЕОРЕТИЧЕСКАГО
ГОРѢНІЯ ДРОВЪ

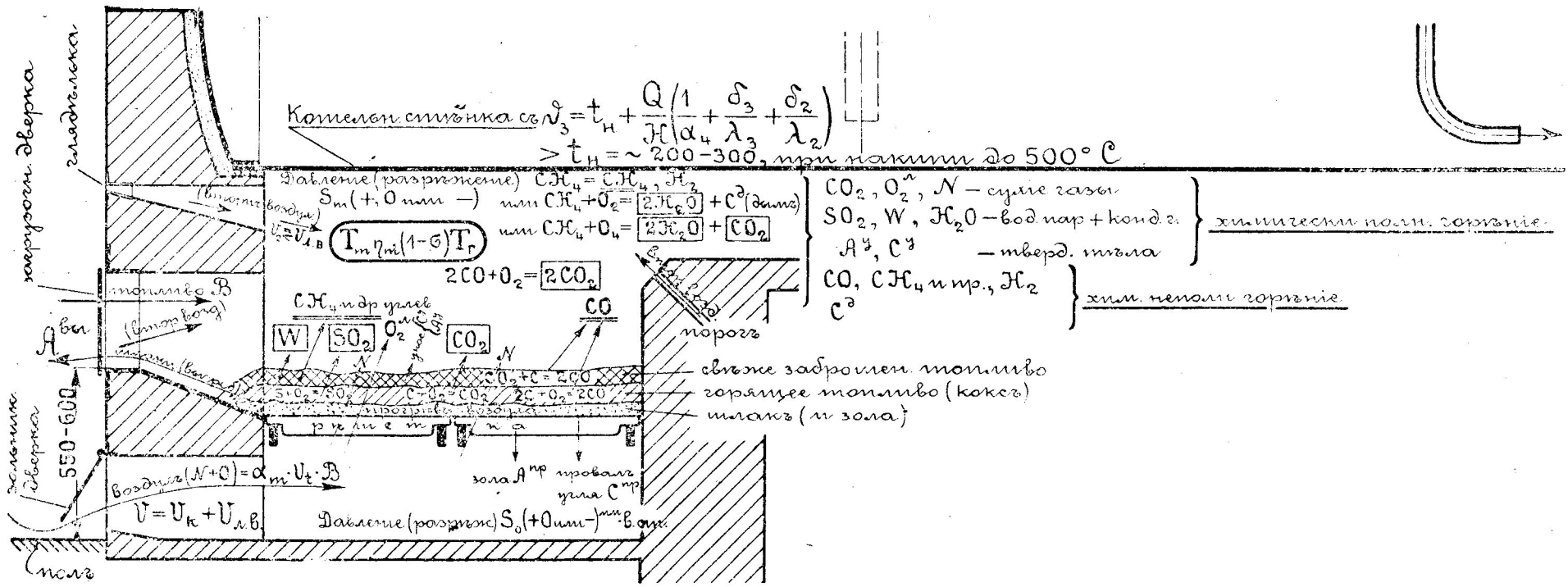
$$T_r = \frac{Q + \alpha_m \cdot U_1 \cdot 0,3 \cdot 20}{\left(\frac{C}{0,54 \cdot CO_2} \cdot C_{cr} + \frac{9H+W}{100} \cdot C_{в.н} \right)}$$

$$C_{cr} = 0,314 + 0,00003 T_r$$

$$C_{в.н} = 0,45 + 0,00005 T_r$$

Потери отход. тепла на 1 куб. дровъ
въ % тепла дровъ при $T_y = t_0 = 100^\circ$

$$q_2 = \frac{Q_2 - 100 \cdot 100 \cdot Q_2}{Q} = \left(\frac{C}{0,54 CO_2} \cdot 0,32 + \frac{9H+W}{100} \cdot 0,48 \right) (T - 1)$$

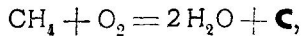


При благоприятных условиях, т.е. 1) достаточных количественных отношениях, необходимых для реакции веществ, 2) достаточном их перемешивании, 3) соответствующих температурных условиях и 4) при достаточном располагаемом времени, CO сгорает в CO_2 , а углеводороды могут сгорать полностью в CO_2 и H_2O (напр. $\text{CH}_4 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$), и таким образом, в итоге получится полное горение со следующими газообразными продуктами:

CO_2 , O , N (сухие газы)

SO_2 , W , H_2O (легко конденсирующиеся и растворяющиеся в воде газы и водян. пары).

Но при недостаточном удовлетворении вышеуказанных условий полного окисления в какой-либо части топочного пространства—может получиться неполное горение, несмотря на избыток свободного кислорода в других местах топки и вполне достаточной средней температуре топочного пространства; может оставаться несожженной CO , так как и углеводороды, а одновременно с этим могут появиться новые продукты неполного горения, как результаты начавшегося, но не закончившегося окисления углеводородов. Например, при недостатке кислорода в каком-либо месте:



т.е. окисляется соответственно большему химическому средству—водород, C же выделяется в виде аморфного углерода—сажи, окрашивающей отходящие газы в более или менее темный цвет. Получается таким образом дым.

Дымообразование возможно при всех топливах, выделяющих при нагреве углеводороды, а значит, и при дровах.

Могут остаться не сожженными также углеводороды CH_4 и т. д.), а при особо неблагоприятных условиях даже водород (H_2).

Появление всех этих продуктов в отходящих газах обуславливает потерю от химической неполноты горения (Q_3).

Одновременно с горючей частью топлива в топку вносятся также минеральные примеси, которые при отсутствии регулярного их удаления из топки могли бы ее заглушить.

Часть этих примесей может плавиться при существовании в слое соответствующих температур и образовать шлаки, которые необходимо периодически удалять через дверку; другая часть остается на решетке в виде сыпучего пепла—золы, которая должна проваливаться через колосники в зольник или уноситься вместе с газами в ходы. Вместе с минеральными остатками может удаляться также часть горючего, что вызывает соответствующую потерю от механической неполноты горения. (Q_4).

При сжигании дров плавление золы, т.е. получение шлака, почти совершенно исключено, благодаря относительно низкой температуре слоя дров.

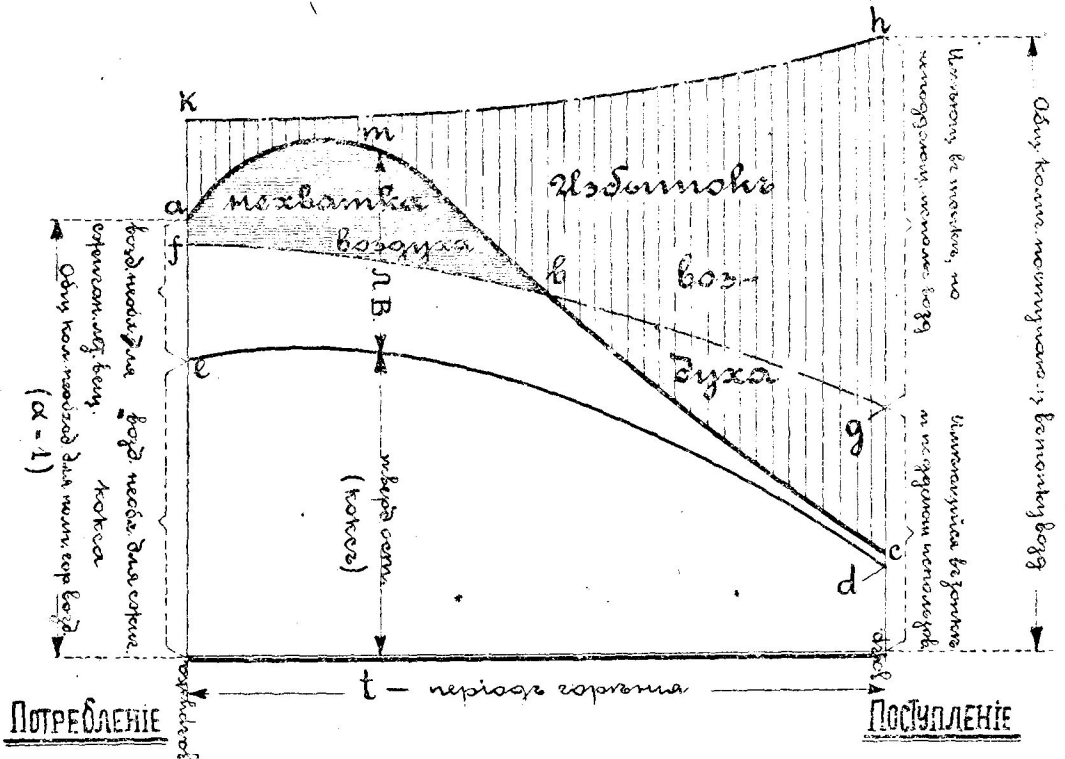
Изо всего вышесказанного ясно, что процес горения распадается на две стадии, а именно, на:

- 1) Процесс горения на решетке или в слое и
- 2) Процесс горения в топочном пространстве.

Первая стадия влияет, прежде всего, на мощность топки, обуславливая окисление (полное или частичное) того или иного количества топлива. Это количество зависит, прежде всего, от количества проводимого через слой воздуха при достаточно равномерном пропуске через слой и достаточной его толщине, или, вообще, при предоставлении проходящему воздуху достаточной поверхности окисляемого топлива. Можно сказать, что мощность топки пропорциональна тому количеству воздуха, кислорода которого мы сумели использовать для окисления топлива,—а это зависит, прежде всего, от структуры слоя. Слой топлива является, вместе с тем, фильтром—подогревателем воздуха, нужного для окисления продуктов в топочном пространстве. Этот воздух, проходя через слой, понижает его температуру. Чем больше летучих выделяет топливо, тем больше воздуха нужно проводить в топочное пространство, тем ниже поэтому будет температура слоя. Дрова, содержащие до 80—85% летучих горючих веществ, в этом отношении являются предельным случаем.

Вторая стадия—процесс в топочном пространстве—влияет, прежде всего, на экономичность работы топки. От размеров и формы топочного пространства зависит своевременное (до начала интенсивного охлаждения при соприкосновении с поверхностью нагрева) окончание всех процессов окисления.

Осложняется работа топочного пространства непостоянством процессов в нем по времени (от загрузки до загрузки), как это видно из схемы на фиг. 7.



Фиг. 7.

Характерным для сжигания всех топлив с выходом летучих, является нехватка воздуха вскоре после загрузки свежего топлива (для сжигания выделяющихся углеводов) и большой избыток его пред следующей загрузкой.

При дровах эти скачки лишь несколько сглаживаются тем, что большая влажность и малая относительная поверхность кусков дров задерживают несколько выход летучих, распределяя этот выход на больший период времени. Поэтому, при весьма большом, соответственно громадному выходу летучих, топочном пространстве, удается добиться сравнительно благоприятных условий работы даже при ручных топках и загрузке на горячий слой.

Наиболее благоприятны при этом условия всех топков с горизонтальным отводом газов из топлив (внешн. топки цилиндрических котлов) (фиг. 6), топки в жар. трубах и т. д. Движение газов параллельно слою топлива облегчает перемешивание выделяющихся из разных мест слоя свободного кислорода и несгоревших газов, а достаточно длинный, вдоль поверхности нагрева путь по просторным каналам способствует догоранию несгоревших газов.

Прямой противоположностью являются топки, помещенные под горизонтально-водотрубными котлами с вертикальными газоходами. Во избежание слишком раннего охлаждения несгоревших газов при попадании их в тесное, междутрубное пространство—

приходится здесь увеличивать высоту топочного пространства (от решетки до труб) до 2500—3000 мм чтобы обеспечить сколько-нибудь удовлетворит

гания дров.

Такое удаление слоя топлива от поглощающей теплоту поверхности является необходимым, особенно при сырых дровах, еще и потому, что иначе трудно обеспечить достаточную температуру в топочном пространстве T_m .

$$T_m = \eta_m (1 - \sigma) T_r$$

где η_m коэффициент полезного действия топки, равный, при внимательной работе и хороших устройствах 0,97—0,93; σ —коэф. прямой отдачи тепла из топки котлу —, выражаемой общей формулой

$$\sigma = a - b \frac{B}{R},$$

где a и b — опытные коэффициенты, зависящие от избытка воздуха, от условий комбинирования топки с котлом и пр., а $\frac{B}{R}$ — напряжение единицы верхней поверхности горения дров (зеркала горения, в некоторых случаях равного площади опорной решетки топки).

Наконец, T_r есть теоретическая температура горения дров при условии отсутствия какой бы то ни было отдачи тепла во время горения и отсутствии неполноты горения

T_r *) приблизительно обратно пропорционально коэффициенту избытка воздуха α_m и падает с повышением влажности дров. Значения T_r , при переменных W даны на нижней части диаграммы фиг. 3.

Для обеспечения устойчивого горения необходимо поддерживать в топочном пространстве T_m не ниже 1000° С. Средствами для этого являются: влияние на T_r путем ведения горения с возможно малым избытком воздуха (α_m **), уменьшение прямого излучения тепла на σ .

Для использования второго средства можно идти двумя путями:

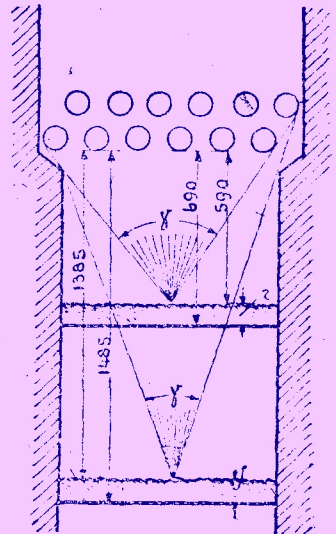
1) уменьшать количество падающих на поверхность нагрева тепловых лучей при посредстве отбоя зеркала горения (фиг. 8) при помощи перекрытия части топочного пространства сводами.

2) увеличивать напряжения зеркала горения (или решетки). Нормально это напряжение не должно было бы быть ниже 1,2 мил. калорий — 1 час, соответствующем сжиганию около 400 кл. сухих дров ($W = 25 - 30\%$) на 1 кв. метр. в 1 час. Во многих случаях будет целесообразно идти значительно дальше (до 1,8 милл. кал.).

Нужно, однако, при всяком искусственном уменьшении σ помнить, что это понижает общее теплопоглощение поверхности нагрева и потребует соответствующего увеличения задних (экономейзерных) частей их.

На процессе горения уменьшение σ путем постановки сводов или увеличения расстояния до котла отражается всегда весьма благоприятно, улучшая работу топочного пространства не только вследствие ускорения процесса (в результате повышения температуры), но и вследствие лучшего перемешивания газов и большего времени для окончания их окисления.

Толщина слоя дров на решетке должна быть подобрана таким образом, чтобы воздух при проходе по слою



Фиг. 8.

*) См. подробнее на стр. 41.

**) При очень сырых дровах будет иногда целесообразно для искусственного повышения температуры слоя проводить не весь воздух, необходимый для сжигания дров в топочном пространстве, через слой, а пропускать часть его непосредственно особыми каналами в топочное пространство, минуя слой.

встречал бы достаточную по размеру и по поглотительной способности (по отношению к кислороду) поверхность, чтобы поступило бы в топочное пространство лишь такое количество свободного „необуглероженного“ воздуха, которое достаточно для окисления всех выделившихся из топлива летучих горючих веществ. Ясно, что толщина слоя будет зависеть от степени горючести дров (при осине слой больше, чем при березе и пр.), от влажности дров (чем сырее дрова, тем толще должен быть слой), от относительного размера поверхности полен (при крупном кругляке, дающем лишь небольшую свободную для окисления поверхность, слой много толще, чем при колотых дровах, особенно при мелко колотых; при длинных брусках, т.е. при малом числе торцев—слой толще, чем при коротком швырке) и т. д.

Некоторое представление об относительных толщинах слоя для разных топлив дает фиг. 9*).

Понятно, что при дровах, особенно крупного размера, необходимая для обуглероживания воздуха толщина слоя будет еще зависеть от плотности укладки поленьев, всецело зависящей, в свою очередь, от умения и желания кочегара.

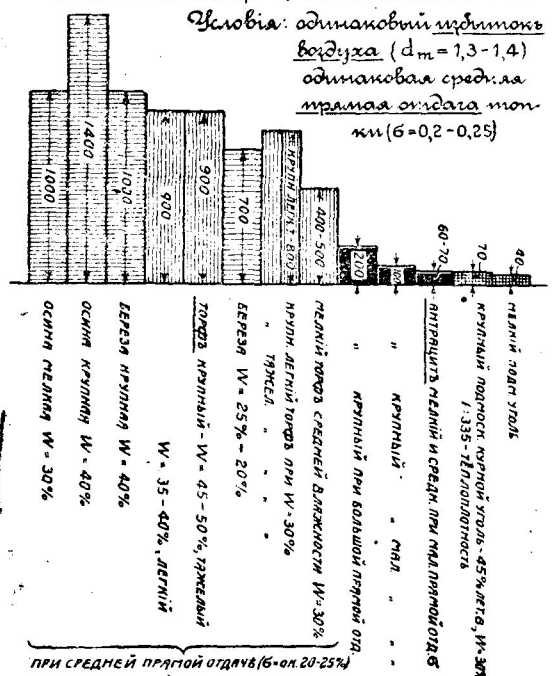
Как уже было выяснено ранее, изменение мощности топки достигается изменением количества проводимого через слой воздуха без изменения толщины этого слоя (по крайней мере, в практически возможных пределах регулирования). Исключение составляют дрова исключительно высокой влажности ($W = 50 - 55\%$) и весьма малой поверхности окисления (напр., неосушенные кругляки, диаметром в 12—15" при длине 3 арш. и негорючей породе—осине): здесь может оказаться, что дальше определенного предела увеличение проведения воздуха через слой вызовет лишь окончательное застывание слоя. В таких случаях приходится прибегать к проведению части воздуха мимо слоя непосредственно в топочное пространство при одновременном повышении воспламеняемости слоя — уплотнением, прибавлением колотых или более мелких, горючих дров и проч.

Сопrotивление дровяного слоя, вообще не велико. При толщине слоя достаточном для доведения CO_2 до 13—15%, при полном горении и напряжении 1 кв. мт. зеркала ок. 1,2 мил. кал. (ок. 400 кл. сухих дров), сопротивление равно $\Delta S_{sm} = 3$ мм. в. ст. Эта величина меняется пропорционально квадрату напряжения и обратно пропорционально квадрату CO_2 (или прямо пропорционально квадрату коэффициента избытка воздуха:

$$\Delta S_{sm} = 3 \left(\frac{Q_{раб.} \cdot B/R}{1.200000} \right)^2 \left(\frac{14}{CO_2} \right)^2 \dots \dots \dots (7)$$

Так как необходимый при дровах толстый слой топлива вполне обеспечивает хорошее распределение воздуха по слою и далее по топочному пространству, да это распределение и не имеет такого исключительного значения при переносе значительной части горения в топочное пространство, то распределение живого сечения топочной решетки не может иметь никакого непосредственного значения при процессе горения толки.

Приблизная толщина слоя при сжигании разных топлив.



Фиг. 9.

*) Приведен. величины имеют, понятно, лишь относительное значение.

Однако, конструкция решетки должна обеспечить хороший провал золы в зольник без одновременного провала сколько-нибудь заметных количеств угля.

Опыт показывает, что плитчатая решетка *) с концентрированным выпуском воздуха круглыми отверстиями даже диаметром в 20—25 мм. не удовлетворяет этому условию. Достаточно 3—4 кусков угля для закрытия такого отверстия, после чего провал золы прекращается, начинается накапливание ее на решетке, затрудняется доступ воздуха через эти части, начинается, вследствие повышения температуры, оплавление и даже шлакование верхней поверхности набравшегося золотого слоя, после чего доступ воздуха в эти части окажется совершенно прекращенным. Правильно выполнять, поэтому деревянные решетки (в их горизонтальной части) из брусчатых колосников со щелями, шириной от 20 до 40 мм. в зависимости от рассыпчатости получающегося древесного угля. Бруски могут быть выполнены из чугунных колосников обычной формы, или из брусьев квадратного, круглого железа или, в крайнем случае, газ. труб или кусков ельс.

Далее возникает вопрос:

— Чем преодолевать сопротивление топки, т.-е. слоя?

Весьма небольшое сопротивление деревянного слоя—(3 мм. в с. для $B/R=400$ кл. и отсутствие шлакового слоя могло бы указать на то, что весьма нетрудно будет вести правильную работу при преодолении всего сопротивления топки разрежением в топочном пространстве. Однако, невысокая теплоплотность дров при большой влажности их требует другого решения вопроса, если загрузка топлива требует открытия дверки и, особенно, если газы уходят из топочного пространства вертикально.

Это будет ясно из рассмотрения схем (взятых из опытов) на фиг. 10.

Благодаря малой теплоплотности дров, для их загрузки приходится весьма часто открывать топочную дверку. При этом, в случае чисто тяговой установки, в топочном пространстве устанавливается очень небольшое разрежение, соответственно малому сопротивлению прохода воздуха через открытую дверку: в результате этого приток воздуха через слой горячего резко падает, падает пропорционально с этим и количество окисленного топлива, т.-е. мощность топки, приблизительно, пропорционально квадратному корню из разницы давлений по обе стороны слоя. Одновременно с этим через топочную дверку поступает в котлоходы большое количество воздуха, охлаждающего котел В показанном на фиг. 10 (верхняя половина) примере при каждом открытии дверки для загрузки — мощность топки т.-е. теплополучение котлом, падает приблизительно в 1,9 раза; через газоходы же просасывается вещества более в 1,35 раза, при чем это вещество теперь, главным образом, состоит из холодного воздуха, прорвавшегося через дверку. Таким образом, открытие дверки при работе с разрежением в топочном пространстве вызывает резкое уменьшение мощности и экономичности котла. Если такая работа является еще терпимой в случае теплоплотных топлив, требующих более редких загрузок, и топлив сухих, то, при сжигании дров, работа с преодолением сопротивления слоя одним разрежением является недопустимой, особенно при отводе газов вертикально.

Совершенно иная картина получается при работе с дутьем, понятно, сухим (от вентилятора).

На нижней схеме (фиг. 10) показана работа топки при сравнительно большом **) разрежении в топочном пространстве (2 мм.)

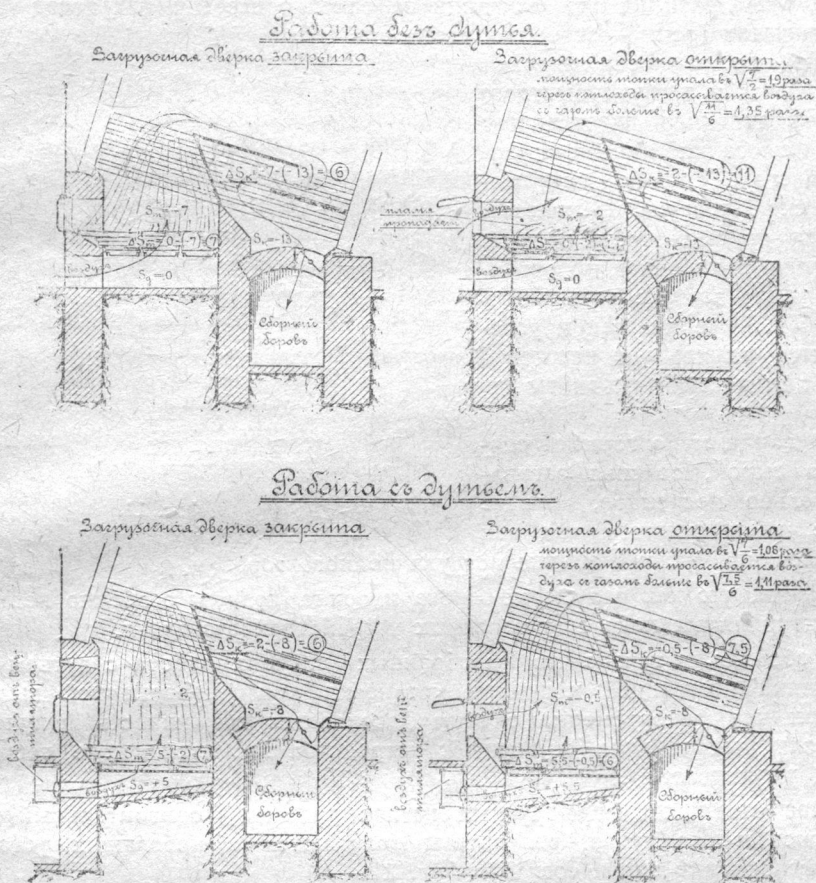
Открытие дверки в данном случае вызывает лишь ничтожное понижение мощности (на 8⁰%), а просос газов через ходы увеличивается всего на 11%. Таким образом, нарушение мощности и экономичности получается весьма небольшое.

Это видно и по работе таких топок.

*) Работающая весьма удачно при выделении из топлива шлака, делающего все-равно, невозможным провал золы.

**) Можно вести работу при разрежении в 0,5—1 мм. и тогда влияния открытия дверки вовсе не будет.

При работе одним разрежением, открытие дверки вызывает прекращение пламени, и топочное пространство темнеет (см. условное изображение пламени на схеме), при комбинированной же установке почти никакой разницы „в виде“ работы топки нельзя заметить.



Фиг. 10.

Анализируя газы за котлом, мы можем установить, что, например, при CO_2 —15% при закрытой дверке, CO_2 падает при работе одним разрежением и открытой топке до 6—7%, при дутьевой же установке лишь до 13,5—14%. *)

Весьма выгодные условия создаются для сжигания сырых дров также в топках паровозов при использовании дутья.

Все эти простые соображения приводят нас к основному требованию сжигания дров под котлами с вертикальным отводом газов и при ручной загрузке через открытую дверку—на дутьевых топках, при чем дутье должно быть создано, понятно, механическими вентиляторами, а не пароструйными приборами.

Фиг. 11 дает схему той простой топки, которая соответствует вышеуказанным требованиям. Топочное пространство не ниже 2000—, а лучше 2500—3000 мм. решетка расположена ниже низа дверки на 500—700 мм., дутье—в замкнутый зольник от вентилятора. Дутье регулируется заслонкой на воздухоприводе таким образом, чтобы в топочном пространстве было возможно небольшое разрежение. (1—2 мм.), лишь бы

*) См. более подробный разбор этого явления: К. В. Кириш., „Антрацит, как топливо котельных“.

пламя не выкидывалось при открытой дверке. Для правильной равномерной укладки дров лучше всего иметь поленья во всю решетку, т.е. до 2—2½ метров длиной *).

Устройство такой топки даже в настоящее время не представляет непреодолимых трудностей, и за время войны во многих установках они были осуществлены.

Весьма резка разница при сжигании на такой топке горючих пород (береза, хвоя и пр.) и негорючих (осина—особенно, сырая).

Горючие породы после загрузки быстро загораются и требуют быстрого же подвода в топочное пространство воздуха для сжигания выделяющихся летучих веществ. Так как поступающего через слой воздуха не хватает, то приходится впускать часть воздуха непосредственно в топочное пространство, работая для этого с отчасти открытой дверкой. Даже при таком условии приходится мириться с некоторой потерей от химической неполноты горения.

При сжигании мало горючей осины, особенно сырой, поленья загораются значительно медленнее, процесс идет ровнее и экономичнее, так как можно добиться при малом избытке воздуха полного горения,

Ясно также, что как раз сырые дрова и осина должны особенно невыгодно сжигаться в общепринятых пока еще топочных устройствах без дутья.

Таким образом, в только-что разобранных случаях работа с дутьем необходима для поддержания постоянной мощности установки при одновременной высокой экономичности, при чем одновременно с этим достигается возможность получения весьма высоких абсолютных величин мощностей; устройства делаются также весьма гибкими в смысле их регулирования.

В случае отопления жаро-трубных котлов дровами (горизонтальный отвод газов) можно обойтись и без дутья, результаты получаются в небольших установках хорошие при выполнении топки согласно фиг. 12.

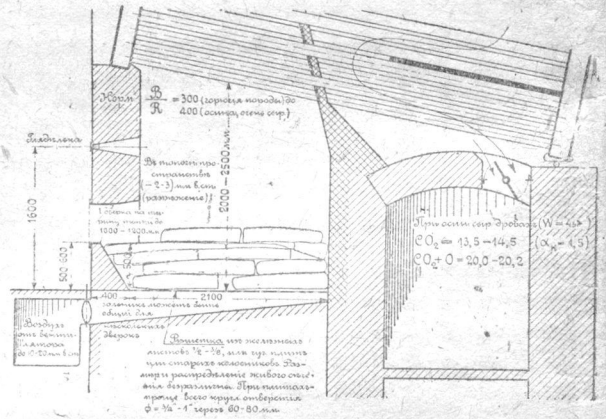
Порог в такой топке необходимо выложить особо прочно, во избежание разрушения поленьями, лучше всего на цементе. Необходимая при очень сырых дровах футеровка должна быть выложена весьма аккуратно в перевязку и лучше также на цементе или на глине на возможно тонких швах (в притирку). Такая топка работает лучше всего при длине поленьев, соответствующей длине топки.

При некоторых породах (осине) или очень сырых (до 40—45%) труба закладывается до верха и работа идет с частью открытой дверкой, при чем часть воздуха просасывается через решетку, часть же через дверку и омывает дрова вдоль поленьев.

При более горючих или сухих дровах необходимо оставлять над дровами проход, чтобы часть воздуха могла бы через дверку проходить непосредственно в топочное пространство (продолжение жар. трубы) для сжигания продуктов неполного горения так как воздуха „через слой“ для этого при горючих породах может уже не хватать.

Процесс горения правильнее всего контролировать через гляделку в задней стенке обмуровки, дающей вид на пламя за порогом.

В жаровой трубе для усиления теплопоглощения, а также для улучшения условий догорания газов обязательно необходимо поставить долевую лучеиспускающую стенку в 1/2 кирп. шириной.



Фиг. 11.

*) Заготовка таких длинных поленьев сокращает значительно работу в лесу, что особенно важно в настоящее время при недостатке рабочих

Дровяная топка для жаровых трубок $\phi=750$ мм

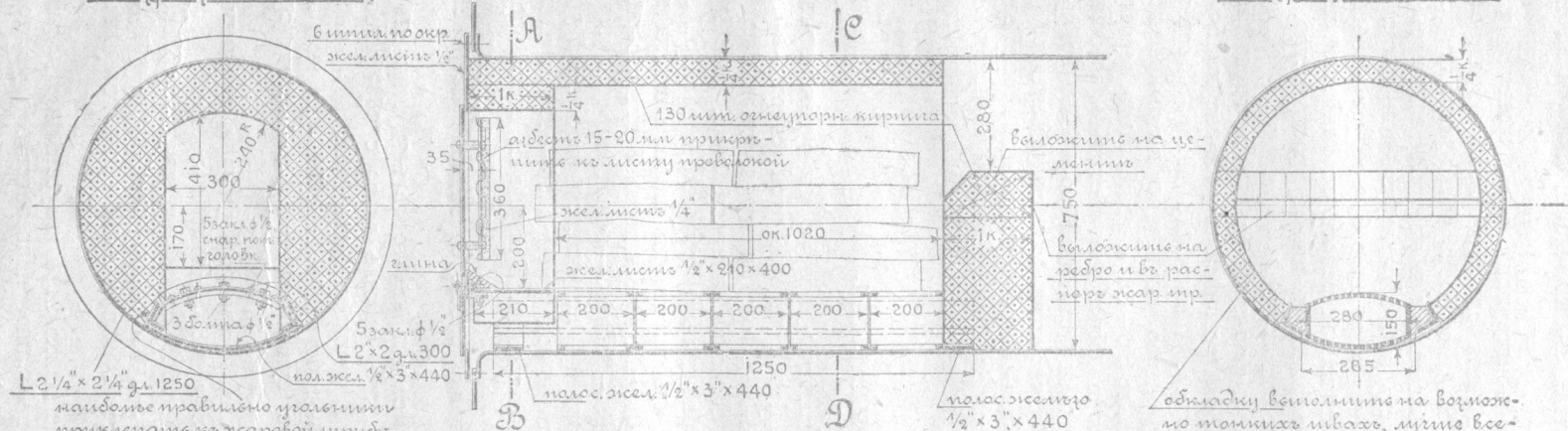
Паров. Котла
Л. В. П. З.

для нормалн. расхода дровь 150 кг/час. $Q=3000$

(для изготовления хозяйственным способом).

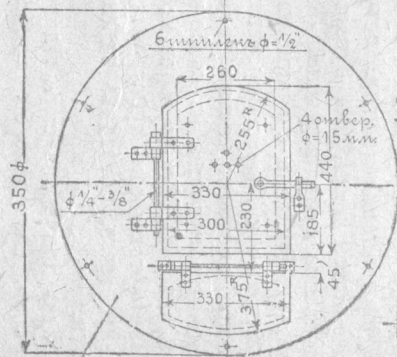
Разреш по А-В.

Разреш по С-Д.

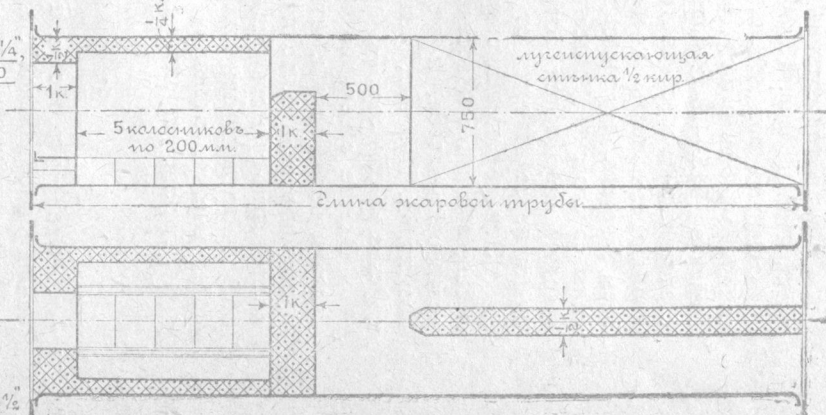
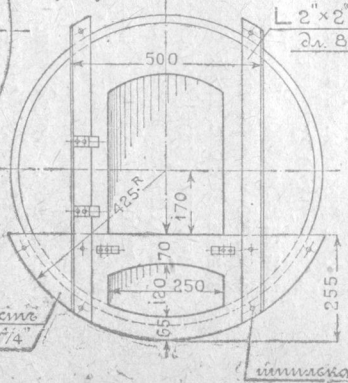


$L 2 \frac{1}{4} \times 2 \frac{1}{4}$ дл. 1250
наиболее правильно угленити
прикреплять к жаровой труде.
Длина 1/2"-3/8" заклетати

Вид с фронта



2-й вариант фронта
(без желе. листа).



Другая конструкция (Теплового Комитета) аналогичной топки для локомобильного котла дана на фиг. 13.

Однако, при использовании указанных конструкций для жаротрубных котлов необходимо иметь в виду, что они создавались для сжигания дров с влажностью казавшейся в 1915—16 г. предельной—(до 40—45%), но теперь часто резко превзойденной,—создавались для сравнительно небольших котельных и предполагали весьма большую производительность и малую взыскательность рабочих-загрузчиков таких топков. При этом загрузка в горизонтальном направлении сама по себе требует большой затраты силы со стороны рабочего, а при дутьевых топках работа осложняется еще тем, что загрузку приходится вести в сильно прокаленное топочное пространство, в котором пламя не ослабляется от введения холодных сырых дров.

Эти неудобства стали, по мере падения производительности труда, по мере падения, в связи с недостаточным питанием, физической силы рабочих, все более и более резко сказываться, и рациональная работа с дутьем часто делалась совершенно невозможной. Наконец, большое осложнение внесло появление на рынке дров в виде брусьев, весом до 5—6 пудов и влажностью до 50—55%, чаще всего неколотых.

Вместе с тем, по мере ухудшения топливоснабжения страны вообще, стало все более и более ясным, что временные переводы установок во время войны на дрова превращаются в постоянные, и временные устройства для сжигания дров (а таковыми являются по существу все вышеописанные) должны быть перестроены на более совершенные, обеспечивающие при более легких условиях работы для рабочих и меньшем их числе еще более высокую экономичность и мощность при значительно менее благоприятных дровах.

Таковыми устройствами являются

III. Шахтные топки.

Схема устройства и процесса горения шахты, которую мы будем называть в дальнейшем „нормальной“, дана на фиг. 14. Дрова загружаются сверху в шахту через особый загрузочный аппарат (см. фиг. 15 и д.); куда поленья укладываются правильными рядами. Падая при открытии нижней заслонки аппарата, вниз, отдельные поленья и в шахте укладываются сравнительно правильными рядами, особенно, если высота падения не более 700—900 мм. Очевидно, что внутренняя ширина шахты должна быть больше длины полена (обычно на 140—200 мм.), иначе дрова будут застревать. Шахта замыкается с двух боков кладкой, с третьей — задней — решеткой той или иной конструкции для подвода воздуха, а с четвертой — получается свободный уровень дров: поверхность которых наклонена к горизонтали под углом в 60—40°, в зависимости от крупности дров, интенсивности прогорания их и пр. Внизу весь столб дров опирается частью на решетку, частью на кладку.

Отдельные стадии процесса работы топки здесь, очевидно, пространственно отделены друг от друга.

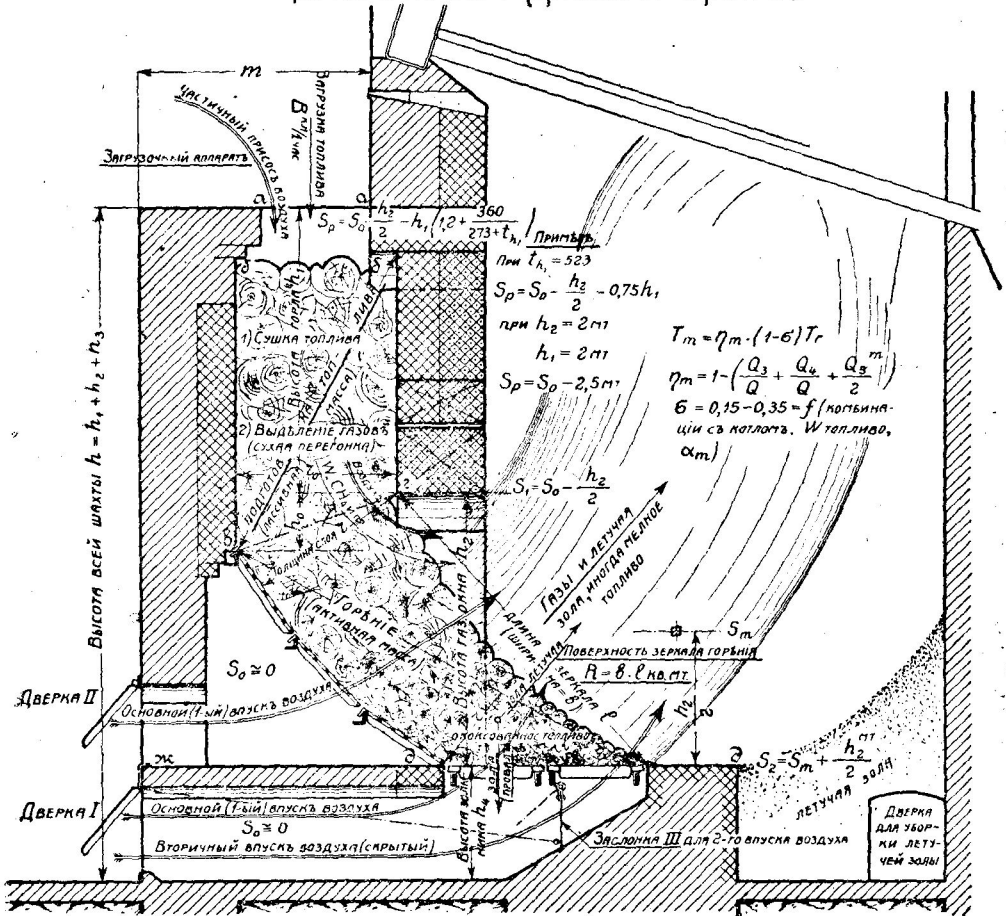
Наверху (в „загрузочном горле“) происходит некоторое подсушивание дров, далее начинается удаление (выход) летучих веществ, прежде всего с поверхностных частей полена, а потом дрова уже и загораются. В верхней части (пассивной массе) происходит подготовка дров, в нижней (активной) — собственно горение, при чем внизу приходится уже иметь дело с значительно более сухим материалом, частью (с поверхности полена) близким к древесному углю.

Воздух проходит частью через загрузочный аппарат и горло, главным же образом, через нижнюю массу; а из свободного уровня дров („зернала горения“) удаляются через „газовое окно“ продукты горения; последние требуют, однако, для своего окончательного окисления в топочном пространстве еще значительного количества воздуха, который, правильнее всего, проводить также через слой, и при этом через наиболее нагретые его части.

Только при очень сырых дровах, когда приходится искусственно повышать температуру слоя, следовало бы прибегать к введению непосредственно в топочное пространство свежего воздуха через особые каналы.

Слой топлива будет иметь разную структуру в смысле плотности залегания, воздухопроницаемости и горючести. Наибольшая плотность залегания будет, понятно, внизу, соответственно наибольшему напору дровяного столба и наибольшей слабости здесь массы, частью состоящей уже из древесного угля.

Схема нормальной шахтной точки для дров
(св наклонным зеркалом горения).



Экономичность (качество процесса горения - CO_2 и $CO = f(\text{толщины слоя } \tau)$)

Наивыгоднейшая толщина слоя τ (т.е. макс. CO_2 при $CO=0$) = $f(\text{породы, поперечн. размера, формы раскола, влажности } W, \text{ прямой отдачи } - \beta, \text{ отчасти длины полена, вообще - химической горючести данного заполнения шахты}).$

Практически $\tau = 800 - 1500 \text{ мм.}$

Утонение слоя (при увеличении горючести дров) может быть заменено увеличением впуска воздуха через заслонку III (вторичного)

Мощность топлив (теплопроизводительность) = $f(B \cdot Q \cdot \alpha_m \cdot \tau) = f(\frac{B \cdot Q}{CO_2} \cdot \nu_2)$

$$f(\sqrt{S_m - S_0}) = f(\sqrt{\Delta S_m})$$

Практически: При $CO_2^m = 15\% - 14\%$ и $\Delta S_m = 3 m \text{ в.ст.} - 1 \text{ кв.мт. зеркала горения}$ выделяет около 1.200.000 ккал. (при $Q = 3000 \text{ ккал.} - B/R = 400 \text{ кв.м.} - 1 \text{ час.}$)

Отсюда следует, что при одинаковой толщине слоя дров больше всего воздуха проходило бы в верхней части, что, очевидно, было бы неправильно в виду и без того наиболее низкой температуры здесь. Необходимо утонять слой вниз, чтобы, по возможности, весь излишний для слоя, но необходимый для топочного пространства, воздух проходил бы именно нижней, наиболее горячей, частью. Это место введения вторичного воздуха („скрытого“) весьма удачно, в виду хороших условий дальнейшего его перемешивания с газами из зеркала горения.

Такое направление необходимого для топочного пространства количества воздуха решает, вместе с тем, наиболее естественным путем вопрос об охлаждении кладки, колосников и пр. именно в горячей части топки. Количество воздуха, необходимого для топочного пространства, очевидно, весьма велико и в пределе (если представить себе сжигание в слое только кокса—что фактически, однако не имеет места)—может дойти до 50—70% всего необходимого воздуха.

Пока шахта работает загруженной выше верха газового окна, процесс загрузки свежих дров не будет влиять*) на процесс горения, т. е. последний теряет свою периодичность, как это имело место в простых топках, и исчезают все связанные с этой периодичностью потери. Шахта даже при периодической загрузке дров дает непрерывный и сравнительно постоянный процесс горения: причиной этого является, очевидно, то, что в процесс горения дрова вводятся непрерывно.

Если толщина слоя будет соответствовать свойствам дров (их горючести), то нетрудно будет добиться при полном горении и за котлом с практически плотной обмуровкой содержания CO_2 —14—15%, т. е. избытка воздуха в 30—40%, а при просторных топочных пространствах вертикально-водотрубных, жаротрубных, баттарейных с горизонтальными ходами, и других котлов, можно доводить эту цифру даже до 16—17% (до избытка воздуха в 25—18%).

Толщина слоя в шахте (в верхней части) требуется несколько большая, чем при горизонтальной решетке при загрузке на горячий слой, так как нижние, примыкающие к наклонным колосникам, слои не участвуют в обуглероживании топлива, здесь идет лишь подсушивание его. Толщину слоя практически приходится регулировать сдвижкой наклонной решетки путем перестановки опорных поперечных балок или сдвижкой линии г—б разборкой или докладкой стенки в $\frac{1}{2}$ —1 кирп.) в ту или другую сторону, соответственно периодически меняющейся горючести дров (см. разбор свойств разных дров в этом отношении применительно к работе горизонт. решетки).

Однако, при установившихся теперь условиях рынка с быстро меняющимися породами дров, необходимо придать шахте большую гибкость в регулировании процесса горения. Это достигается следующим образом:

Начальная толщина слоя (г) выполняется сразу предельной величины соответственно наименее горючим ожидаемым дровам, а из зольникового пространства выделяется особой легкой железной заслонкой III часть пространства, замкнутого сверху колосниковой решеткой, перекрытой лишь тонким слоем топлива.

В случае загрузки в шахту сухих, мелких или вообще горючих дров (и появления, вследствие этого, в гляделках дыма), нужно лишь приоткрыть заслонку III, и прорывающийся новым путем через тонкий слой топлива воздуха доведет в топочном пространстве незаконченное горение до конца.

Такое введение вторичного воздуха мимо (или почти мимо) слоя вызывает, естественно, повышение температуры в слое и увеличивает тепловой износ топки; поэтому необходимо, вообще, стремиться к возможно редкому использованию такого способа сжигания; однако, при быстрых изменениях свойств топлива это неизбежно.

При конструировании задней части решетки необходимо выполнить ее с достаточным сопротивлением проходу воздуха, так как иначе вследствие установления в камере правее заслонки III разрежения, близкого к разрежению в топочном пространстве,

*) Кроме некоторого, при падении дров, уплотнения слоя, влияющего на процесс горения (усиливающее обуглероживание воздуха).

начнется при открытии заслонки III высасывание пламени через передний ряд колосников, коробление последних, а также коробление самой заслонки.

Воздух желательно всегда подводить к слою в нескольких уровнях, так как это обеспечивает возможность быстрого и экономного выжигания шахты и облегчает ее регулирование. При высоких шахтах правильно вместо дверки II ставить две дверки, питающие два, отделенных друг от друга горизонтальной перегородкой, камеры зольника. При очень сырых или крупных дровах приходится закрывать доступ в верхние пояса воздуха, так как рассчитывать на использование больших количеств воздуха этими слоями — нельзя.

При выжигании шахты дверки закрываются сверху вниз по мере опускания уровня дров, во избежание протока воздуха мимо слоя (над уровнем дров).

Мощность шахты находится в той же зависимости от количества воздуха, проведенного через активный, горящий слой топлива, как и при горизонтальной решетке с загрузкой на нагретый слой. Количество этого воздуха зависит, очевидно, при заданном сопротивлении слоя от разницы давлений по обе стороны слоя, т. е. при нулевом давлении под решеткой от разрежения над слоем, т. е. в топочном пространстве.

Необходимо иметь, однако, в виду, что это разрежение меняется по высоте, соответственно самотяге горячего столба газа, причем разница разрежений по высоте столба, высотой в h м. при температуре T , выражается формулой $S_c = 0,48 h$.

$\left(\frac{1}{300} - \frac{1}{273 + T}\right) \times 760$, или приблизительно при $T = 1223^\circ$ — $S_c = h$ т. е. высота столба газа в 1 метр обуславливает разницу разрежений внизу и наверху этого столба, равную приблизительно 1 мм. в ст.

Например, при высоте газового окна в 2 метра и разрежении в середине его в 3 мм. в ст. около верхней точки свода газового окна разрежение будет лишь — 2 мм., но зато внизу (на уровне нижних колосников, оно будет — 4 мм., в два раза больше, чем наверху. Отсюда следует, что в данном случае, по нижнему уровню можно будет через слой прососать воздуха (если сопротивления его будут одинаковы) в $\sqrt{2} = 1,46$ раза больше, чем через верхний. Из-за этого явления можно весьма большие количества воздуха проводить через нижние горячие слои топлива, особенно, если их соответственно утонить.

Сама шахта также заполнена более или менее горячими газами (и воздухом) создающими свою самотягу. На схеме (фиг. 14) приведен пример, где, при разрежении в середине газового окна — 3 мм., под загрузочным аппаратом разрежение будет всего 0,5 мм. Это указывает на малое, количественное значение прососа воздуха в толку через неплотность загрузочного аппарата. Но с другой стороны, необходимо иметь в виду, что при повышении температуры горла будет увеличиваться его самотяга и при малых разрежениях в газовом окне (малом сопротивлении нижней части шахты) под загрузочным аппаратом может оказаться вместо разрежения — давление: не будет присасываться воздух, а наоборот, будут выбрасываться через аппарат газы в виде одного дыма, продукта сухой перегонки дров — шахта будет дыметь через загрузочный аппарат.

Способы борьбы с этим дымлением шахты ясны сами собой. Не надо работать со слишком малым разрежением в газовом окне. Если, при необходимости вести топку с малой нагрузкой столкнулись с явлением малого сопротивления слоя (из-за необходимости малого прососа воздуха), то нужно повысить искусственно все сопротивление, преодолеваемое разрежением топочного пространства прикрыванием нижних дверок, проводящих воздух к слою. Введением такого искусственного сопротивления можно всегда поднимать настолько разрежение в топочном пространстве, чтобы получить вполне устойчивую работу шахты.

Имея в виду явление самотяги самой шахты, нужно вести расчет таким образом, чтобы при нормальной нагрузке разрежения по середине газового окна было около 4 мм и не менее 3 мм., особенно при высоких шахтах.

Наши опыты выяснили, что для проведения через слой (достаточный по толщине для доведения CO_2 до 14—15%) воздуха в количестве, необходимом для окисления в 1 кв. мт. сечения—500 кл. дров с $Q_{\text{др.б.}} = 3000$ кал. и просасывания через 1 кв. мт. зеркала соответствующего объема газов, необходимо преодолеть сопротивление около 4 мм. в. ст., т. е. необходимо в середине газового окна создать такое разрежение (считая, что сопротивление дверок незначительно, для чего скорости в них не следует брать более 3—4 метра).

При других напряжениях зеркала (B/R) и CO_2 сопротивление топки (необходимые разрежения S_m) получаются из выражения:

$$\Delta S_m = S_m = 4 \cdot \left(\frac{B}{R} : 500 \right)^2 \left(\frac{15}{\text{CO}_2} \right)^2$$

При дровах с теплотворностью (Q) не равной 3000 кал. необходимо в формулу вместо $\left(\frac{B}{R} : 500 \right)$ вставить $\left(\frac{B}{R} Q : 1.500.000 \right)$, где B, R есть число клг. дров, сжигаемых на 1 кв. метр. зеркала горения.

Далее, $S_m = 6—7$ мм. в. ст. не следует без особой надобности итти, так как это увеличит соответственно разрежение в ходах котла и экономейзера, а значит, увеличит присос воздуха в ходах.

Из вышесказанного ясно, что изменяя разрежение в топочном пространстве (или вводя сопротивление входу воздуха в слой), мы меняем мощность топки без изменения ее экономичности.

Второй вывод подтверждается при дровах с высокой и средней горючестью в самых широких пределах, так как оказывается, что толщины слоя достаточная для обуглероживания воздуха при нормальной нагрузке, вполне достаточна также при любых больших нагрузках; обнаруживается даже, что при последних обуглероживание идет даже быстрее, т. е. CO_2 оказывается выше. Это явление объясняется, очевидно, более высокой температурой всей топки по причине меньшей относительной (на 1 кл. топлива) прямой отдачи тепла из топки и лучшим заполнением всех пустот массы воздухом.

Заметив падение или повышение давления пара в котле по манометру или ожидая уменьшения или увеличения расхода, кочегар обязан лишь открыть или закрыть задвижку в конце котла. Соответственно дрова будут быстрее или медленнее окисляться, сгорать, быстрее или медленнее будет садиться их уровень. Если соответственно с этим кочегар будет производить загрузки, чтобы не спускать ниже 700—900 мм. уровня дров в горле, и во всяком случае, не спускать его ниже верха газового окна, то экономичность топки почти не будет меняться.

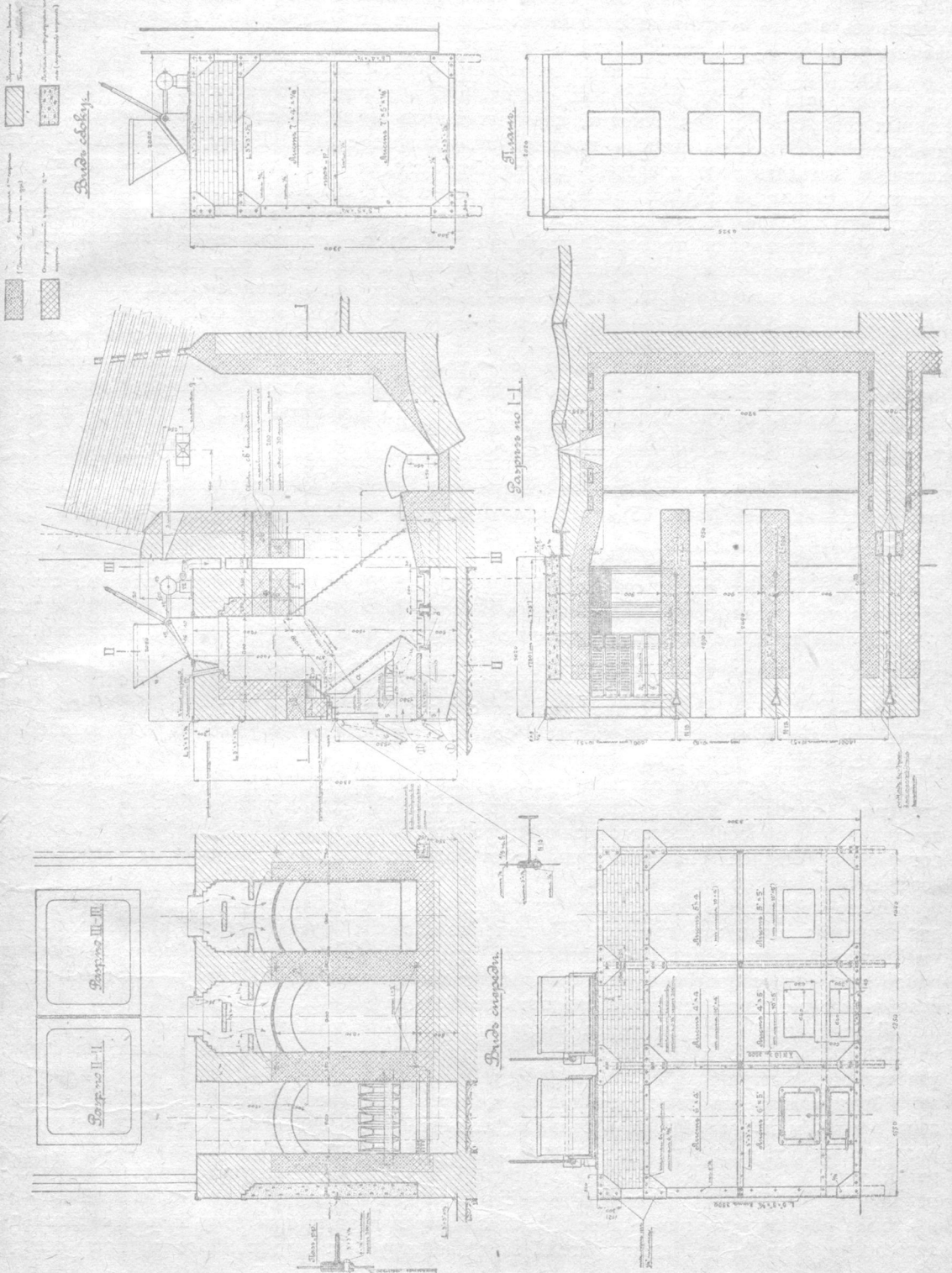
В этом отношении шахтная топка является топкой „механической“ в более широком смысле этого слова, чем большинство топок с механической подачей топлива (напр. цепная и пр.), но, к сожалению, принцип работы шахтной топки может быть использован лишь при топливах нетеплоплотных и крупнокусковых, требующих толщины начального слоя (r) не менее 500—600 мм., так как при дальнейшем утонении слоя правильность схода топлива уже не обеспечена.

Всякая шахтная топка относится от поверхности нагрева и этим уменьшается прямая отдача топкой тепла котлу (величина σ), что несколько повышает температуру уходящих из котла газов. Для ослабления этого явления необходимо и при постройке шахты стремиться к такой комбинации с котлом, чтобы возможно большее количество тепловых лучей попадало бы непосредственно с уровня горения на поверхность нагрева, соблюдая однако, при этом также требование достаточных размеров топочного пространства. Это, вместе с тем, понижает температуру топочного пространства и уменьшает соответственно тепловой износ кладки других частей топки и котла.

Лишь исключительно большая влажность дров или, вообще, малая их горючесть заставляет иногда искусственно уменьшить эту прямую отдачу.

Опорная поверхность для горящих дров желательно выполнить в значительной ее части в виде решетчатой поверхности, пропускающей воздух и отчасти золу.

Наклонную часть, почти не пропускающую золу, так как по ней сползают вниз не загоревшие пока еще поленья, можно выполнять в виде чугунной плиты с круг-



Фиг. 5.

лыми, желательно — коническими — отверстиями*), диаметром около 20—30 мм. через 30—40 мм., горизонтальные же части пропускающие золу, необходимо обязательно выполнять в виде брусчатых колосников, со щелями от 20 до 40 мм. в зависимости от формы угля, т. е. его способности к провалу.

При конструировании шахты необходимо стремиться к простым формам кладки, по возможности избегая наклонных стенок, рубки кирпича, толстых стен, не обусловленных соображениями прочности, сложных сводов и пр. В случае появления сводов, необходимо обеспечить свободу расширения горячих сводов. Далее, необходимо дать хорошую металлическую перевязку скреплениям кладки и лучше всего, выполнять ее защитой в железный каркас, как это показано на фиг. 15. Необходимо избегать всяких воздушных прослоек между двумя слоями кладки, как только уменьшающих их прочность, не обеспечивая тепловой изоляции; тепловую изоляцию лучше всего усилить засыпкой пространства между сплошной кладкой и железной обшивкой—инфузорной землей, золой или мелким шлаком (фиг. 15). Так как при настоящем голоде в металле рассчитывать на такое выполнение не приходится, то нужно мириться на засыпке прослоек между кладками или чаще всего на простой сплошной кладке в 2 кирпича. При удачном комбинировании топки с котлом можно довести даже при сплошной кладке потерю тепла топкой в окружающую среду до весьма небольшой величины. Всегда будет правильно для увеличения прочности выводить всю красную кладку на хорошем цементном растворе.

Горизонтальные поперечные (по отношению к основной оси котла) размеры шахты и число шахт зависят, очевидно, от внутренней ширины обмуровки котла и от длины полена. На примере (фиг. 15), (устарелом по конструкции) удалось уместить под котлом 3 шахты.

Для уменьшения расхода кладки и работы желательно, по возможности, ушивать шахты уменьшая их число, однако, далее 1400—1500 мм. идти трудно, так как своды делаются уже недостаточно надежными в работе.

Вполне надежно работают еще шахты, шириной в 1300—1400 мм., рассчитанные для нагрузки рядом двух обычных в Московском районе $\frac{3}{4}$ арш. полен или одного $1\frac{1}{2}$ арш. полена. Для правильной укладки двух $\frac{3}{4}$ арш. полен желательно грузочный аппарат разгородить перегородкой (по возможности, шириной в 100—150 мм.), что принудит кочегара к правильной укладке полен в грузочной коробке. При переходе на $1\frac{1}{2}$ арш. поленья перегородка вынимается.

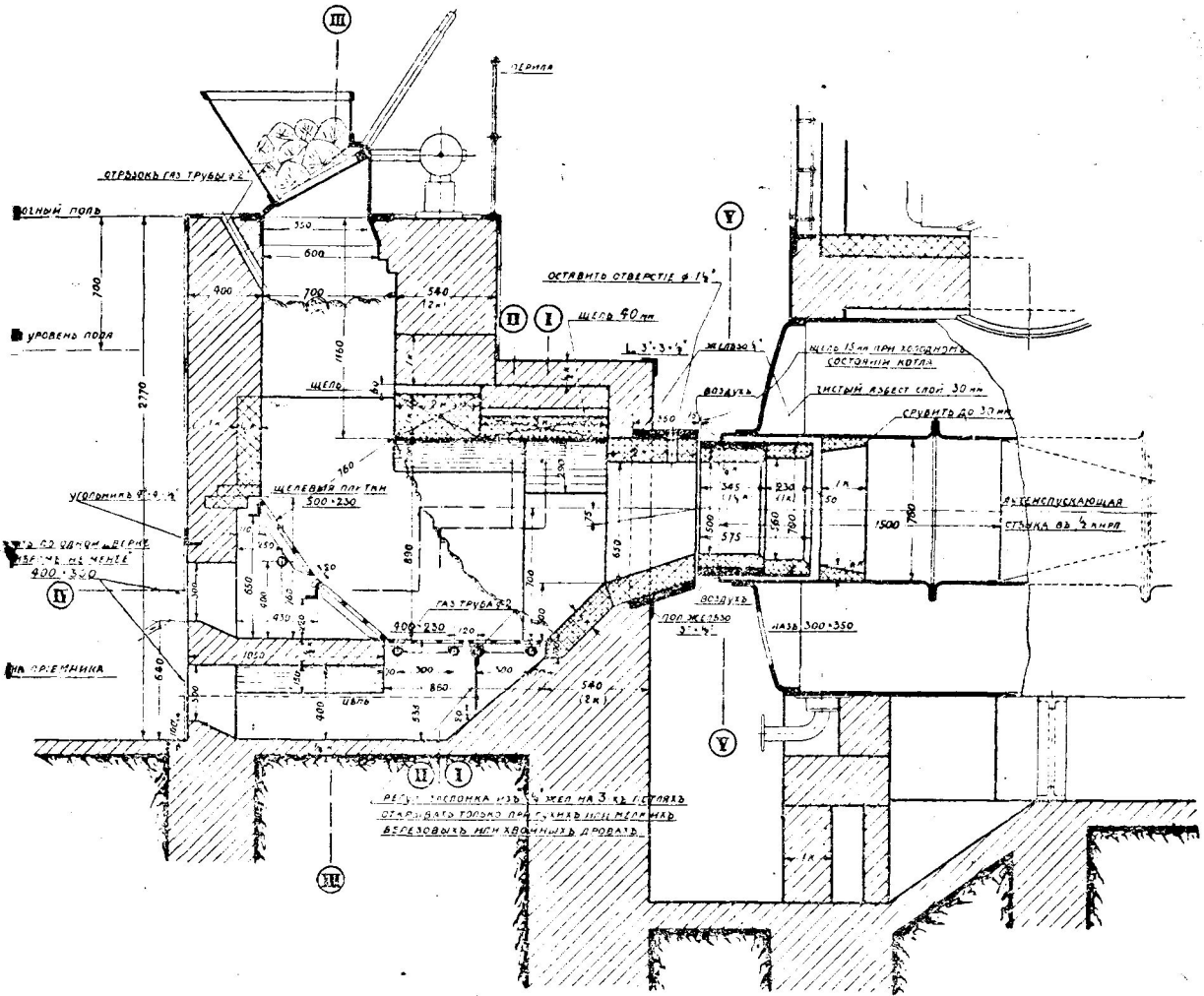
Фиг. 16 дает такую сдвоенную „нормальную“ шахту в одной из последних конструкций Теплокома для двухжаро-рубного котла. Переход к жаровой трубе здесь осуществлен при помощи простого конического горла, совершенно не связанного с самим котлом. Остающаяся кольцевая щель может быть использована для введения вторичного воздуха в случае появления дыма.

В горле или в конце жаровой трубы должны быть обязательно оставлены гляделки для контроля процесса горения. Постепенные скосы футеровки труб имеют целью уменьшить сопротивление движению газов при проходе через газовое окно. Указанные ранее величины сопротивления топки могут быть отнесены к случаю жаровых труб, если в газовом горле допущена скорость не больше 12—13 м/сек.

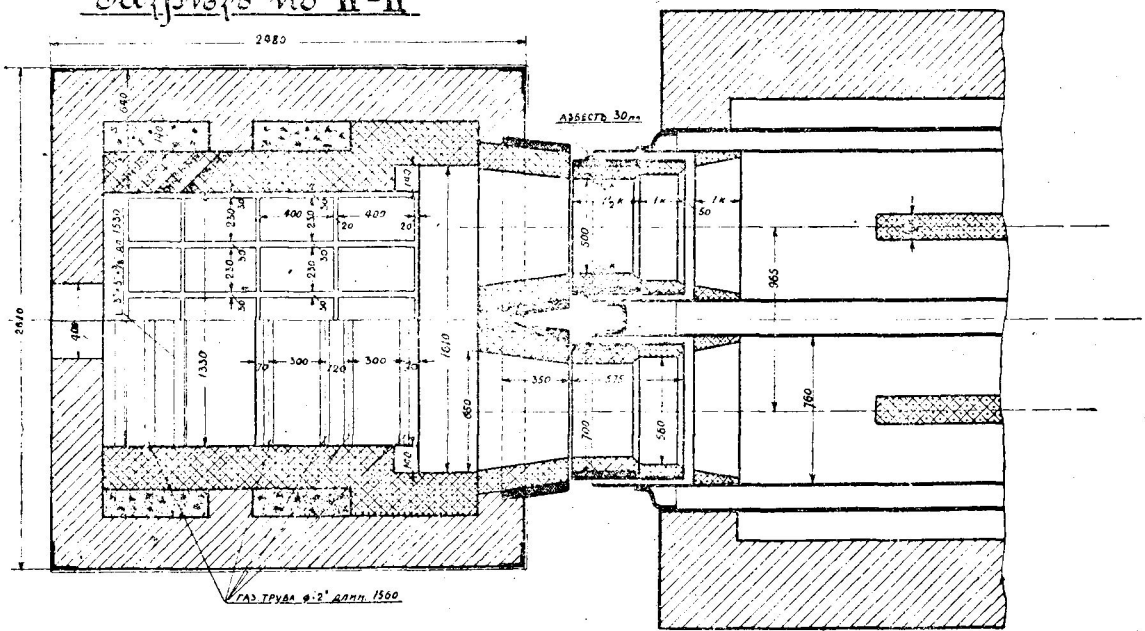
Нормальная шахтная топка выступает в случае жар. трубного котла от фронта на 3200—3300 мм., и это не всегда удобовыполнимо. При других котлах, наоборот, удается этот выступ привести до 1500 и даже 1200 мм.

Зола выделяется при горении в шахте дров не на поверхности колосников, откуда зола могла бы проваливаться в зольник, а главным образом, ближе к месту интенсивного горения, т. е. к зеркалу. Отсюда лишь небольшая часть попадает в зольник,—главная же масса выносится вместе с газами в газоходы. В случае существования золотой камеры (фиг. 14) значительная часть этой летучей золы осаждается в этой камере и отсюда ее нетрудно периодически удалять через дверки, или золу можно отсасывать золососами, хотя бы паровыми (фиг. 17). При жаротрубных котлах много золы осаждается

*) Можно использовать железные листы толщиной в $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ '' с просверленными отверстиями.

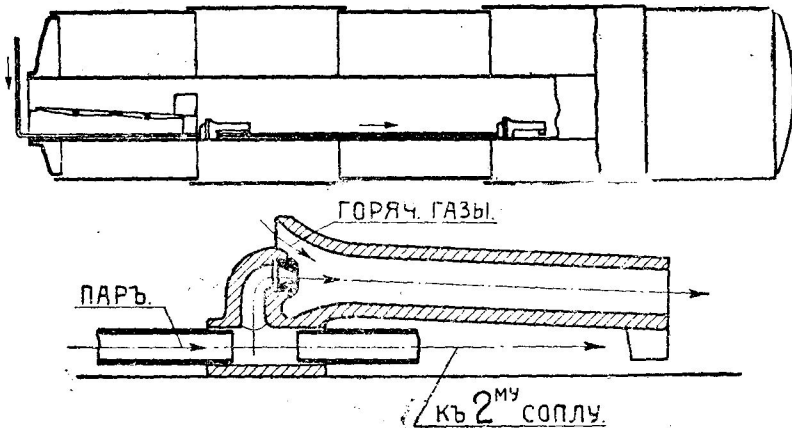


Разрѣзъ по IV-IV



Фиг. 16.

на дне жар. трубы; для удалевия ее правильно предусмотреть особые сдвунные приспособления (фиг. 18). Во всех таких случаях необходимо соответственно, развить поворотную камеру в конце жаровой трубы для улавливания выдутой из жаровых труб золы.



Фиг. 18.

Описанная выше нормальная шахта не является, однако, достаточно универсальным устройством.

Прежде всего, оказывается, что по мере увеличения влажности дров, увеличения их размера или, вообще уменьшения их горючести, уровень начала горения опускается вниз и в конце-концов, шахта может заглохнуть: сушки за счет получения тепла снизу недостаточно для достаточной подсушки топлива при влажности более 45—50%; кроме того, не достаточен и запас тепла в горящих дровах нижней части шахты, чтобы придать всему процессу достаточную устойчивость.

Далее, в шахте с наклонным зеркалом горения, помещающимся под сводами, мы связаны длиной полена; сжигание длинных (3 арш. и более) поленьев делается невозможным, так как это требовало бы выполнения сводов таких размеров, при которых они быстро разрушались бы механически.

Начонец шахта, несмотря на все упрощения, все-таки еще сложна для современных условий выполнения работ и условий получения материалов, особенно железных и чугунных деталей (напр. загрузочных аппаратов, хорошей обвязки кладки и пр.).

Надобность в создании значительно еще более простой конструкции усилилась в связи с необходимостью рационализировать отопление котлов домовых отопительных котельных.

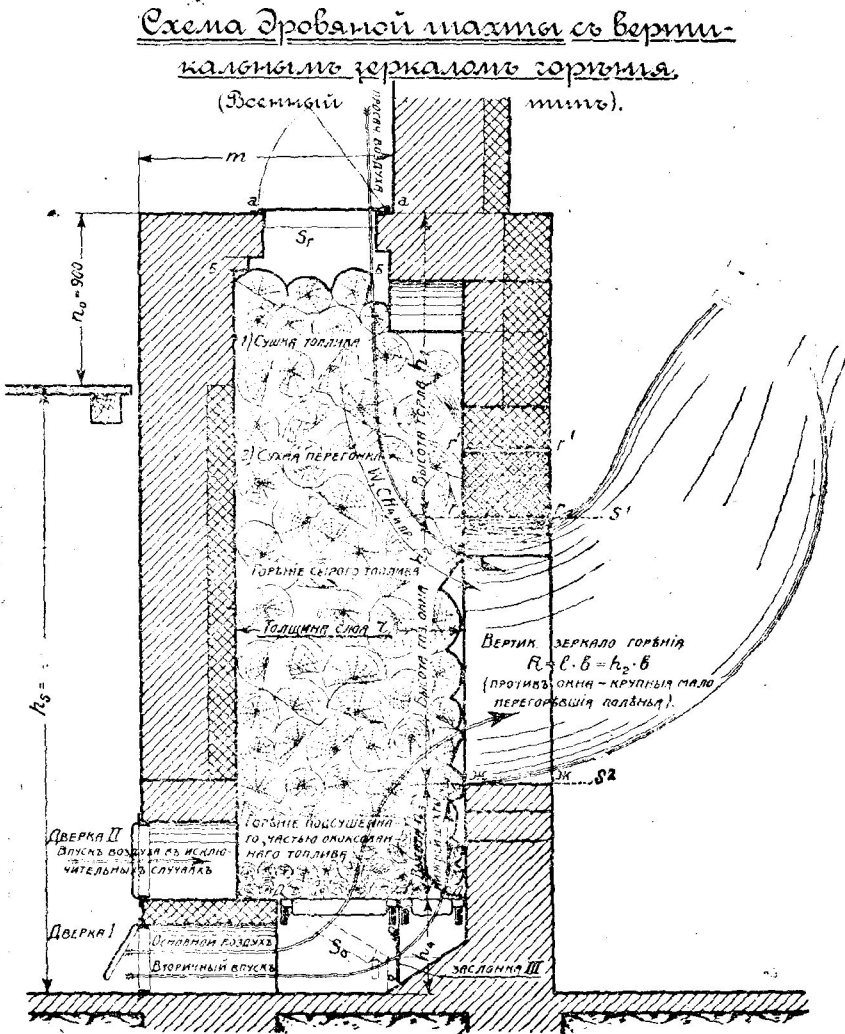
Вышеуказанным требованиям удовлетворяют в значительной степени:

Шахты с вертикальным зеркалом горения, схема устройства и работы которых даны на фиг. 19 том виде, в каком они были разработаны Теплокомом в конце 1918 года.

Шахта представляет вертикальный колодец, заполненный дровами в виде брусьев любой длины (3, 4, 6 и более арш.), которые примыкают справа к газовому окну (одному или ряду их), не проваливаясь в окна. Для этого ширина окна должна быть меньше длины полена. По условиям прочности надоконных сводов трудно окна сделать шире 1500—1600 м.; поэтому при более широкой шахте (размер вдоль поленьев) выполняется ряд окон.

Образовавшиеся в шахте газы выходят в топочное пространство через газовые окна, пройдя предварительно через щели между отдельными полуобгоревшими поленьями. Образовавшееся таким образом вертикальное зеркало горения и является наиболее

узким местом движения газов, т.-е. местом, обуславливающим то или иное сопротивление всей шахты. По этому сечению и ведется расчет мощности. В виду того, что на вертикальном зеркале дрова значительно меньше еще разложились и „живое сочение“ больше, чем при наклонном зеркале, удельное сопротивление здесь также меньше *).



Фиг. 19.

Ниже газового окна остается столб топлива (высотой от 400 до 1200 мм.), который мы будем называть горячей шахтой, получающей подсушенное топливо сверху. Пространство над газовым окном заполнено свежим топливом, которое постепенно спускается вниз, подсушиваясь при омывании его газами нижней горячей шахты. Развивая больше или меньше высоту последней, можно, как показывают опыты, справиться с подсушкой крупных кругляков с диаметром до 300—400 мм. при влажности до 55—58%, особенно если они разбавлены более мелкими брусками.

*) До получения более точных цифр можно пока принять, что выделение на 1 кв. мт. зеркала ок. 3 мил. кал. тепла соответствует сопротивлению ок. 6 мм. в. ст. Эти цифры и следовало бы принять, как нормальные.

Такая шахта является, таким образом, не только топкой, но и сушильным устройством, ведущим сушку непосредственно пропуском через сырое топливо газов наиболее высокой температуры, т.-е. еще до обогривания ими котла. Этим объясняется крайняя компактность этого сушильного устройства.

Однако, это влечет за собою и определенный недостаток устройства, как топки. Начальная температура поступающего под котел пламени падает и оно делается, кроме того, благодаря большому разжижению водяными парами, более прозрачным, т.-е. менее теплоизлучающим. В результате этого падает прямое излучение таких топок тепла котлу и повышается температура уходящих из котла газов. Кроме того, само пламя делается более коротким, так как благодаря толстому слою значительная часть горения происходит в пределах шахты.

Горизонтальный размер шахты („г“) меняется от 700 мм. (при мелких, коротких, колотых, сухих, т.-е. вообще горючих дровах) до 1400 мм. (при длинных, сырых кругляках в 300—500 мм. Однако, как уже было указано, более сильным фактором для противодействия влажности и вообще негорючести дров является высота нижней, горячей части шахты. Она меняется от 300—400 мм. (при сухих горючих дровах) до 1000 и даже 1200 мм. Смена производится очень просто, перестановкой нижнего колосника.

Главная масса воздуха пропускается при этой шахте снизу. Однако, при нехватке воздуха в топочном пространстве при появлении дыма в гляделках, можно, прикрывая нижние дверки, открыть несколько разгрузочную заслонку для присасывания свободного воздуха в топочное пространство.

При длинных (в 3—4 арш.) брусках, весом иногда до 6—8 пудов, приходится мириться на закрытии верхнего загрузочного отверстия (имеющего длину на 200—300 мм. большую, чем бруска, т.-е. длину до 2400—3000 мм.) рядом простых заслонок, защищаемых снизу от теплоизлучения (при спуске уровня дров) особыми защитными листами с пропуском воздуха. При коротких поленьях можно и здесь поставить загрузочные аппараты, если этого позволяют средства и во всяком случае, можно заменить железные заслонки чугунными, пристроганными герметически закрывающими шахту. Однако, при настоящих условиях получения рабочей силы и материалов—с одной стороны, и необходимости при нехватке дров и громадной ее стоимости быстрой рационализации сжигания их—приходится мириться на наиболее простых устройствах, показанных на ряде следующих чертежей. Все они составлены при условии выполнения всей работы хозяйственным способом из старых частей в короткий срок*. (Применительно к этому и шахта называется „военной“).

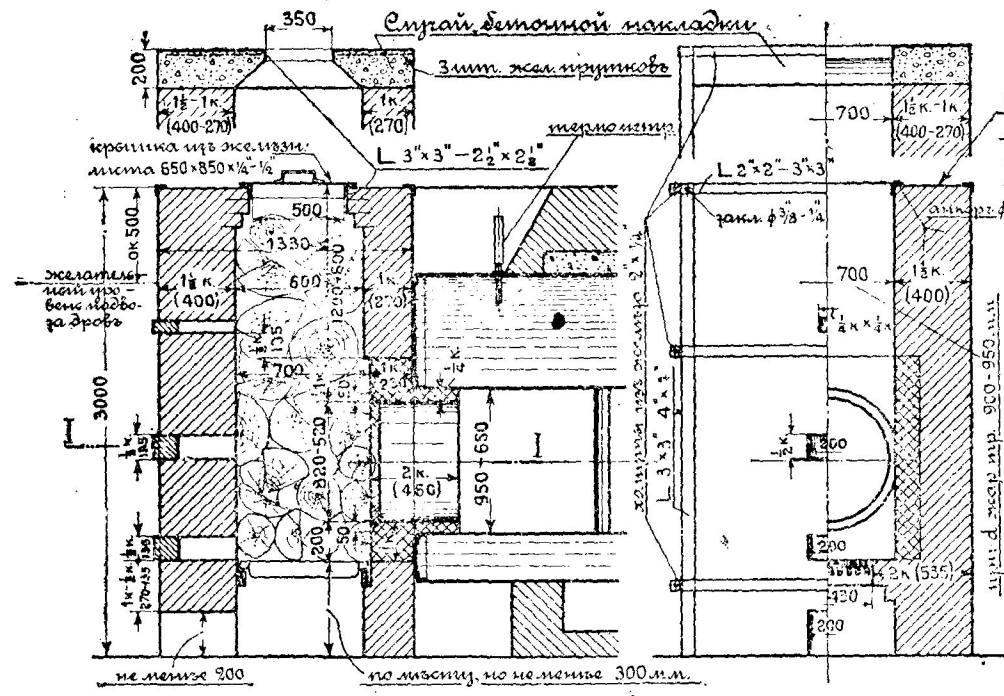
Большой запас горючего материала в нижней части шахты и нахождение загрузочной заслонки непосредственно над накаленным уровнем дров затрудняет применени таких упрощенных шахт при частых перерывах в работе топок (например, через 8 или даже $3\frac{1}{2}$ часа, как это теперь имеет место на многих фабриках и заводах). По мере спуска уровня, он начинает загораться и при спуске его ниже верха газового окна весь уровень загрузки загорается полностью. При герметической (сравнительно) герметичности (дверках) можно, понятно, „спуск шахты“ заменить прекращением пропуска воздуха в топку.

Частое выжигание шахты понижает также среднюю экономичность работы установки, долговечность верхней конструкции шахты и пр. Однако, эти недочеты не покрывают сколько-нибудь существенной части сбережений от даже такой упрощенной шахты.

Первая шахта такого типа была построена согл. фиг. 20 к двум отопительным котлам одного из наиболее крупных владений Москвы. Обе шахты были в ноябре и декабре мес. выложены двумя печниками в течение 15 дней, частью из старого кирпича, полученного от разборки обмуровки свободного котла, и скреплены старым же-

*) При слабе работы сделно удавалось одну большую шахту к двухжаротр. котлу выкладывать трем печникам в 100—120 час. (10—12 дн.), а через 15 дней пускать ее в нормальную работу.

I Вариант: Вставка в кирпичную кладку.



верхняя махля желателно поднята воз-
можно выше для увеличения запаса дров.
Пределы ставить расположение котла
и подача дров.

Шлаковая точка для 3/4 арм. дров.

однокаротрубами (корн вкл) котле:

При разрыве в катализаторной
трубе $d_m = 3$ мм в ст. (в концы кот-
ла ~ 5-7 мм в ст) теплопроводность
наста котла будет:

при 2 жар. трубы 900 мм	— ок. 750.000 ккал
" " " " 800 "	— " 600.000 "
" " " " 700 "	— " 500.000 "
" " " " 600 "	— " 400.000 "

Дрова, поперного действия водных
котлов при шахты. точка и пра-
вильно, практически легко доста-
ются уходы — 82-85%.

Для сжигания 3/4 арм. дров шахту не-
обходимо расширить до 900 мм (высоты 700).

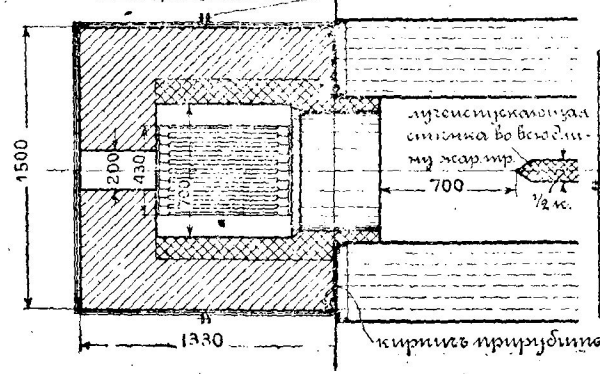
- кирпич
- огнеупорный кирпич
- набивной бетон
- железобетон

Максимальной распада кладки на шахту
1500 мм красного кирпича и
300 " огнеупорного

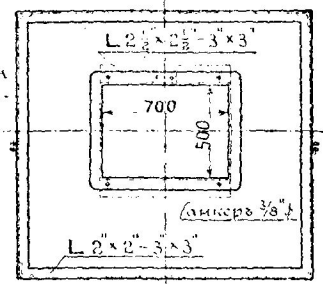
Можно всю шахту за исключением огнеупорной
кладкой вставить из набивного бетона с не-
большой арматурой и без внешней облицовки

Фиг. 20.

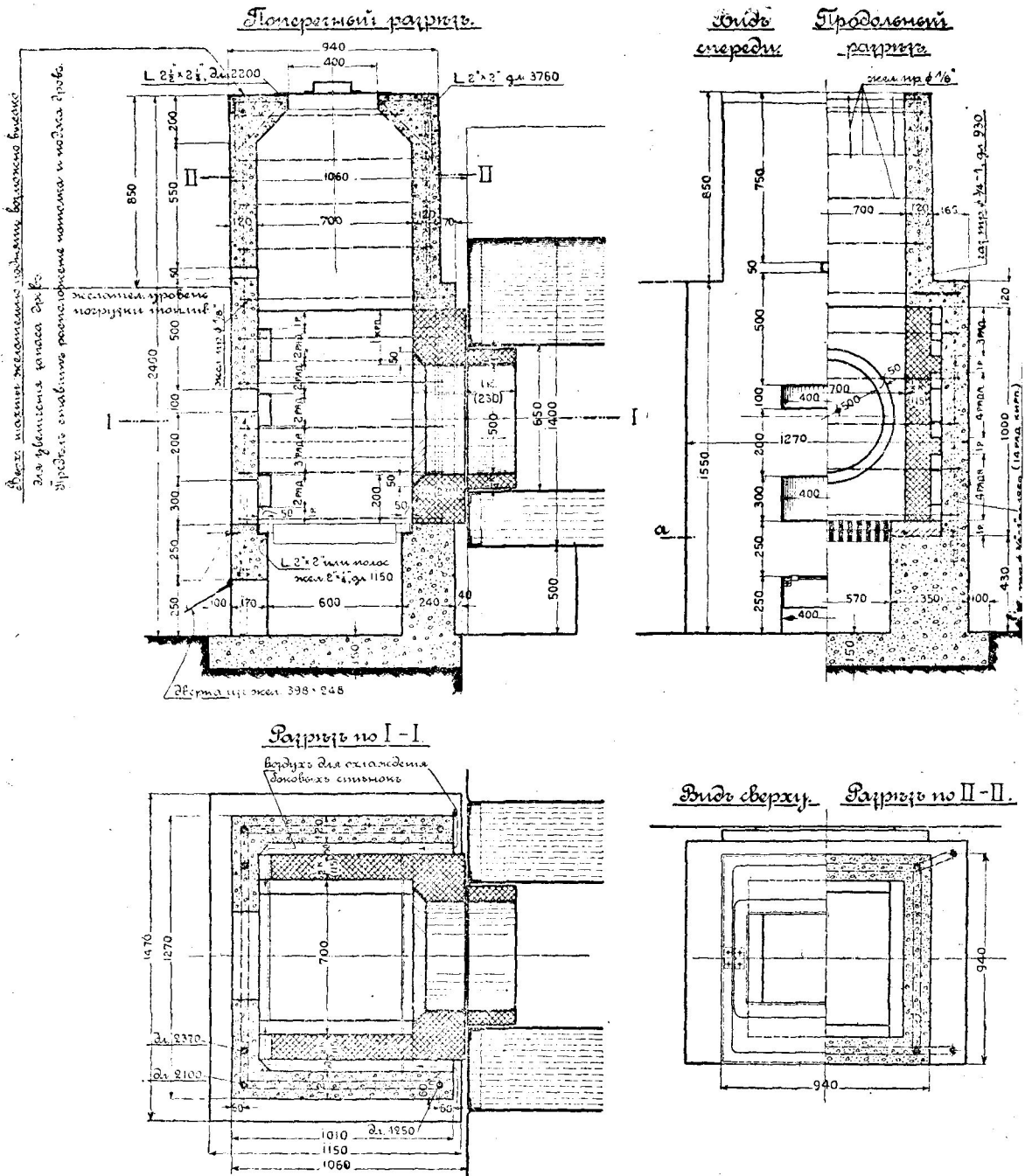
Разреш I-I.



Вид с сверху:



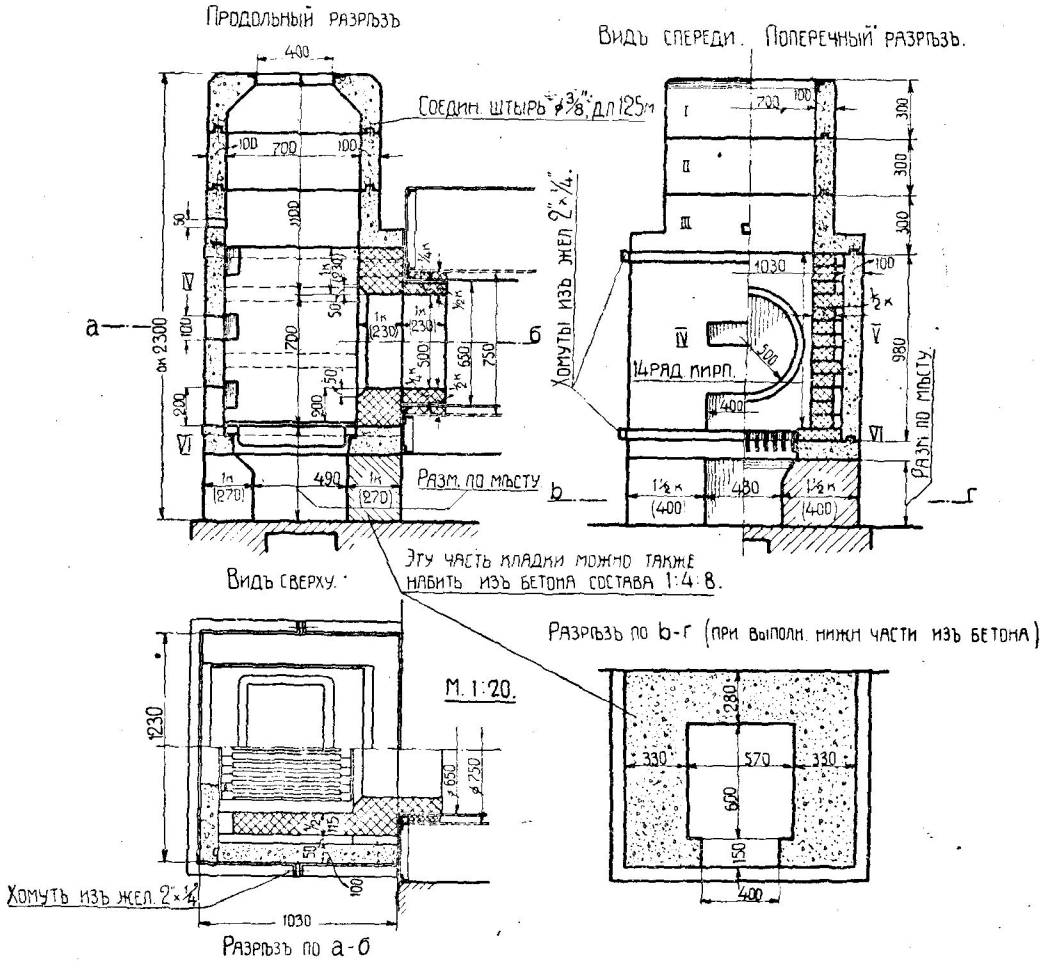
лезом. Из четырех ранее работавших котлов оказалось достаточным пускать лишь 1 (и в течение 20% зимы — 2), при чем за зиму сбережено около 40% топлива, т.е. ок. 1200 пог. саж., хотя шахты были пущены в ход не с начала отопит. периода, а лишь с декаб. мес. *).



Фиг. 21.

*) Все сбережение дров по этому владению составило около 70% (при сохранении температуры 11—12 Р) благодаря утеплению дома и целому ряду других мероприятий. Кроме того, была резко упрощена работа персонала. Уход за котлами был почти всецело в руках женщин.

Такие небольшие шахты, долженствующие сыграть громадную роль в отоплении жаротрубных отопительных котлов крупных городов, могут быть построены также из набивного железобетона (фиг. 21) с частичной футеровкой шахты огнеупорным кирпичем, а для массового производства сложены из готовых бетонных четырехугольных поясов (фиг. 22), также футерованных после установки. *)



Фиг. 22.

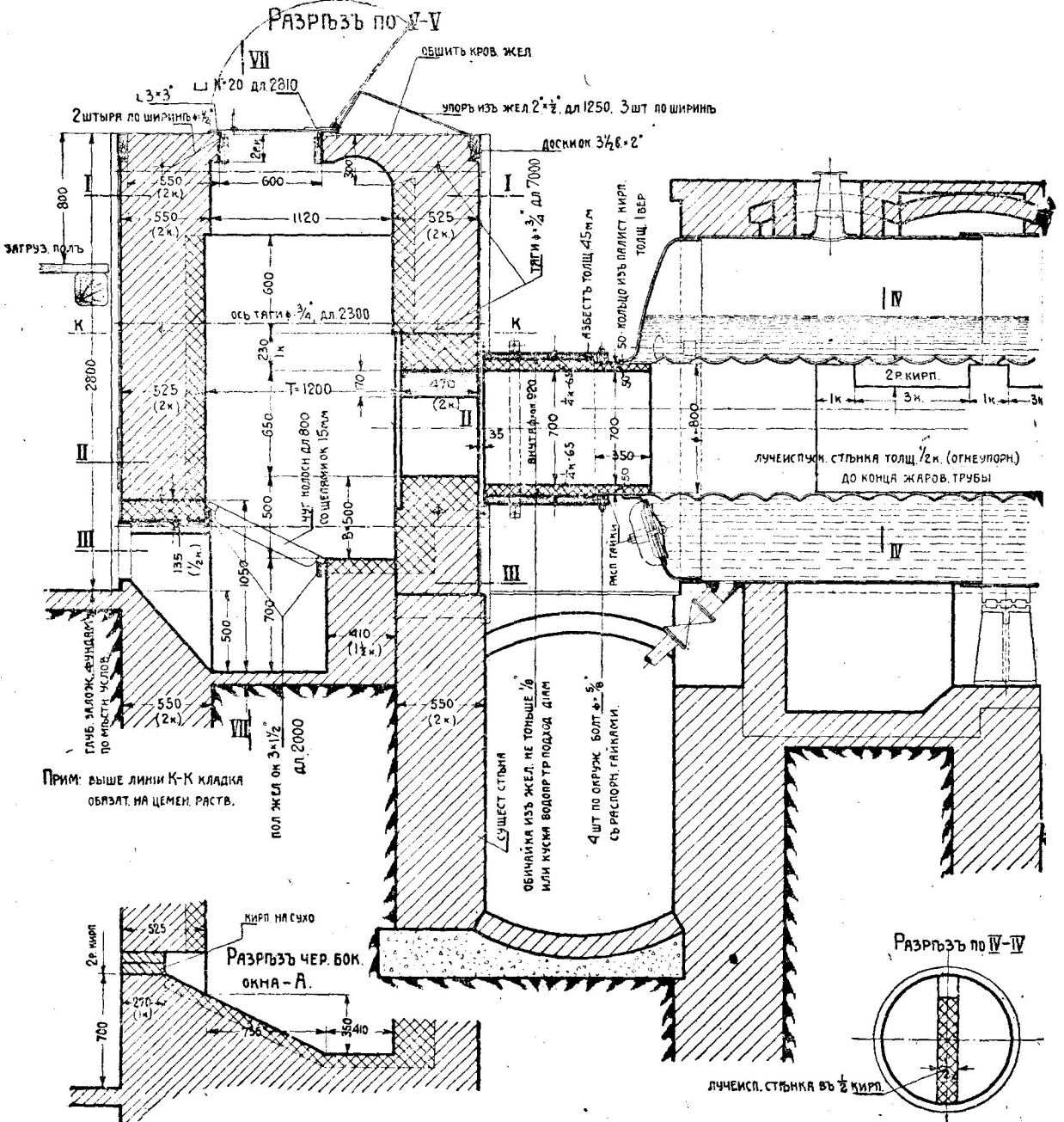
Фиг. 23 изображает установку к промышленному котлу при сжигании нормально 3 аршинных березовых брусев. При сжигании $\frac{3}{4}$ арш. швырка приходится вводить вторичный воздух через щель между шахтой и горлом. Некоторое количество дополнительного воздуха можно вводить также через дополнительную решетку, Фиг. 24 дает измененную конструкцию горловины, при которой вторичный воздух использован для ее охлаждения.

Для увеличения гибкости регулирования шахт с вертикальным зеркалом горения в дальнейшем было введено деление зольника на три поперечных камеры — одну большую, среднюю, и две небольших, боковых, а также использован непосредственный ввод вторичного воздуха в топочное пространство, дающий весьма хороший результат при сырых дровах.

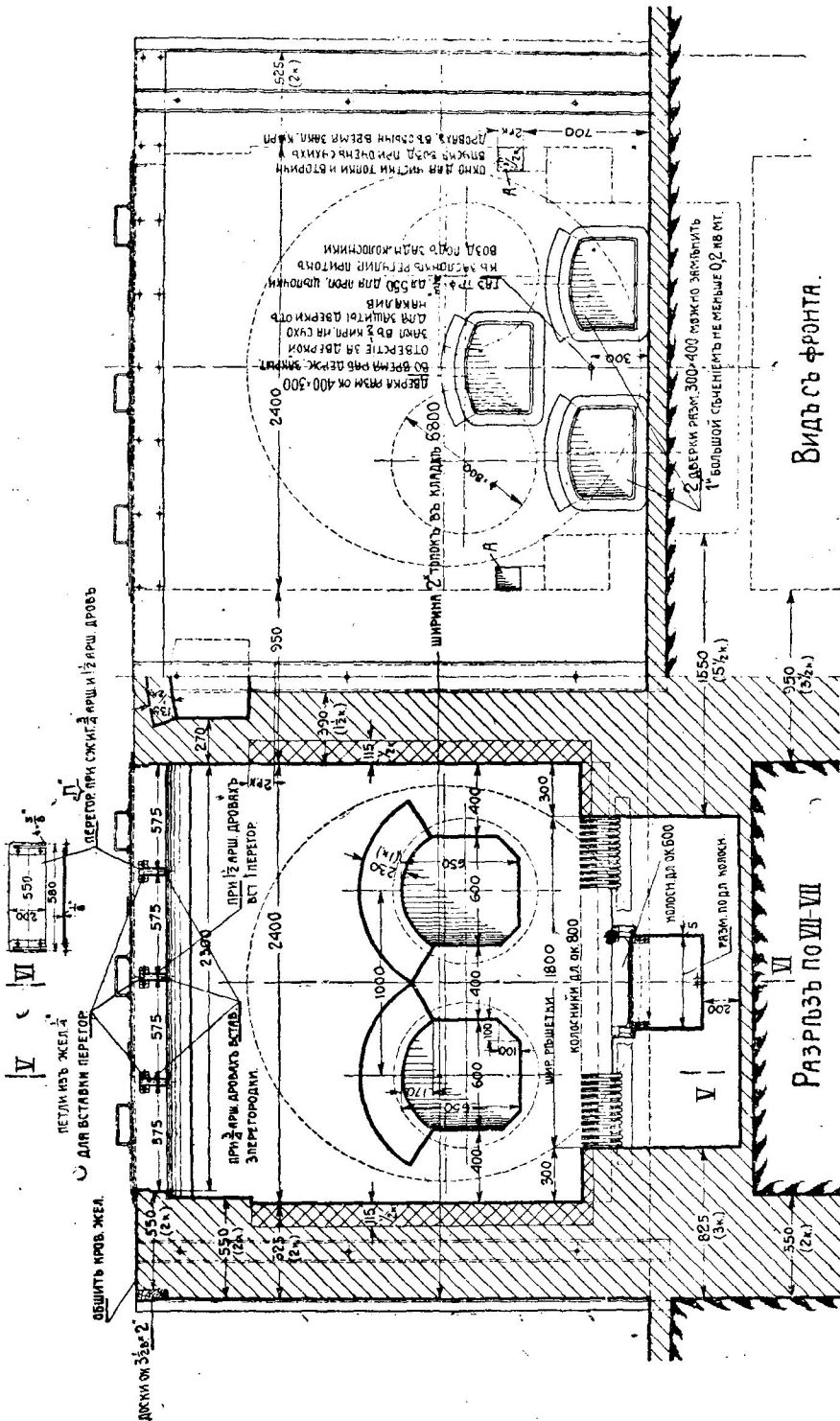
*) При массовой организации постройки можно за лето 1919 г. легко перестроить все таковые установки Москвы и других городов и этим обеспечить сбережение топлива не менее 40% и громадное облегчение работы.

Для решения задачи о рациональном **отоплении дровами**, чаще всего—сырыми, чугунных **отопительных котлов** был разработан тип топки, показанный в первом своем выполнении на фиг. 25. В виду малых размеров шахты здесь дрова грузятся в длину, а не поперек движения воздуха.

При $\frac{3}{4}$ арш. полене и омывании его вдоль ствола поверхности для обуглероживания воздуха не хватает, но все же можно доводить CO₂ до 10—13%, что в виду низких температур газов обеспечивает коэффициент полезного действия котла около 80%, а при внимательном уходе за топкой (плотной укладкой дров) и выше. Мощность таких установок—выше первоначальной при нормальном топливе—антраците.



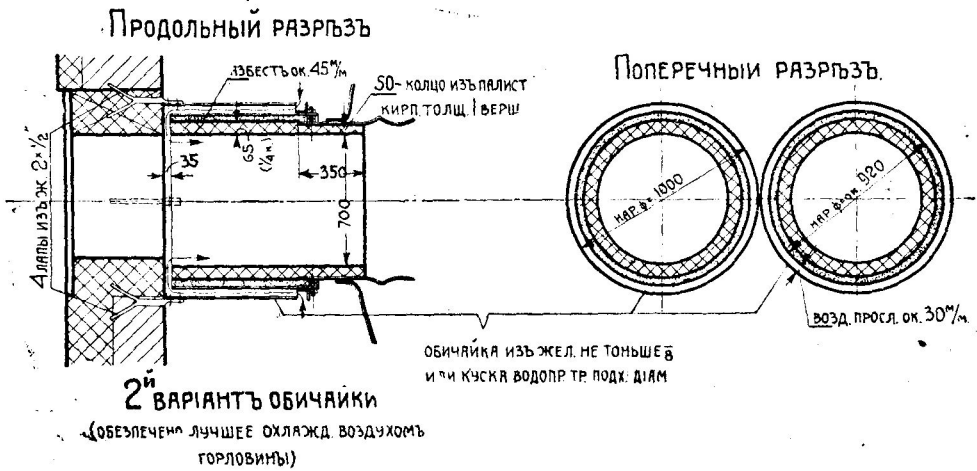
Фиг. 23.



Фиг. 23.

В конструкцию фиг. 25 введен теперь ряд изменений соответственно вышеуказанным общим соображениям и опыту истекшей зимы.

Лучеиспускающая перегородка, выложенная в камере котла, играет и здесь существенную роль как в усилении теплопоглощения, так и в улучшении процесса горения.



Фиг. 24

Отсутствие непосредственного излучения накаленной поверхности горючего и контакта накаленного топлива со стенкой компенсируется увеличением общей поверхности нагрева, заполнением дровяным пламенем камеры (на фоне кирпичной стенки) и некоторым захватом концами пламени вторых ходов котла.

Шахта выкладывается одним печником в 20—30 часов. Своеобразной особенностью такой шахты является то, что в ней быстрее прогорают, понятно, направленные к котлу концы поленьев, и последние постепенно принимают наклонное положение.

Аналогичная долевая загрузка принята для сжигания хвороста в пучках (фиг. 26), в которой также, для простоты, металлический загрузочный аппарат заменен кирпичной кладкой.

Все описанные конструкции шахты требуют соблюдения определенных вертикальных измерений*), при чем шахта работает тем правильнее, чем больше удастся выполнить высоту загрузочного горла, высоту зольника, и отчасти также газового окна, т.-е. чем выше может быть построена вся шахта. При промышленных шахтах почти всегда необходима высота не менее 3000 мм.

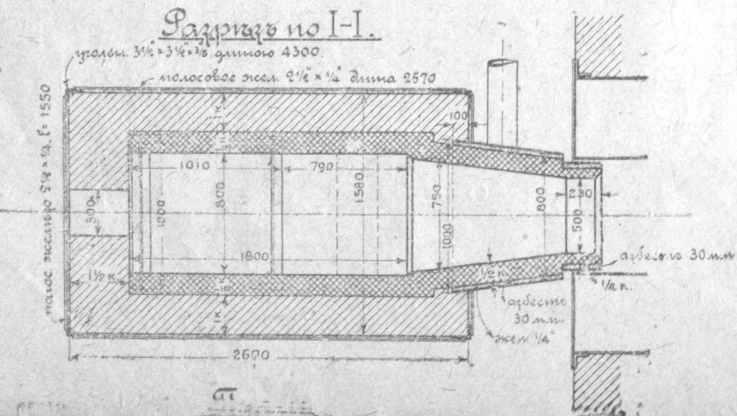
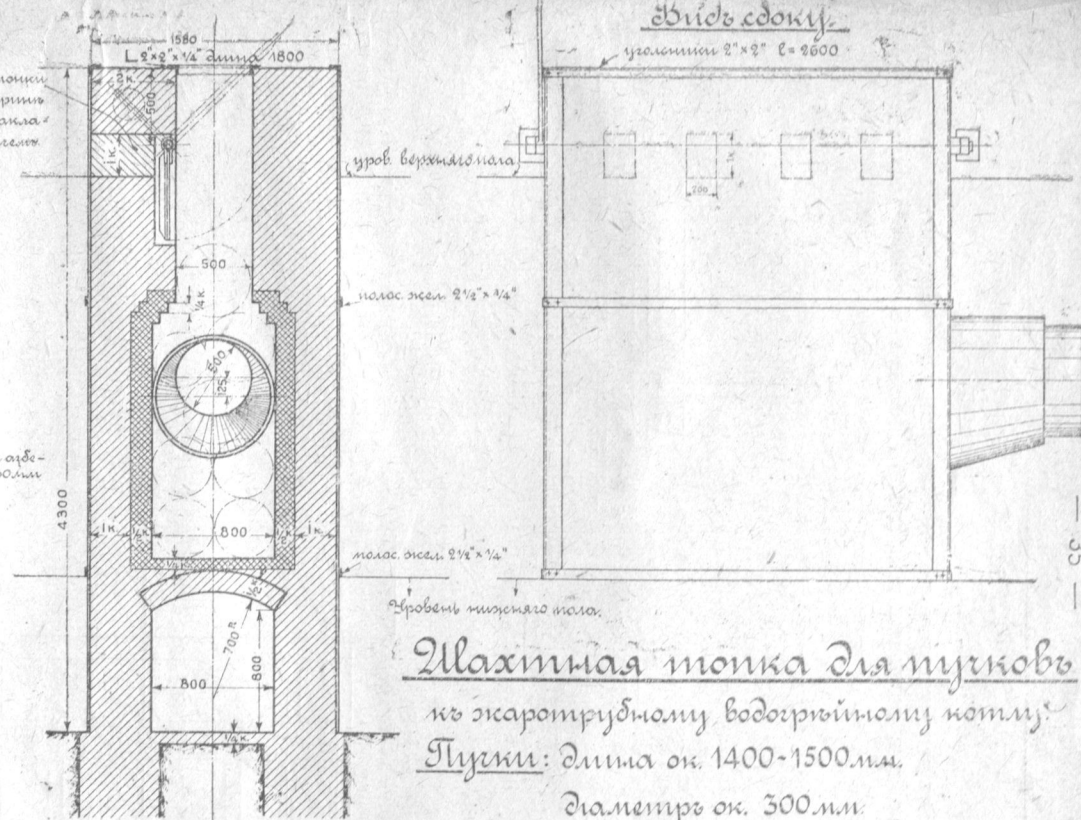
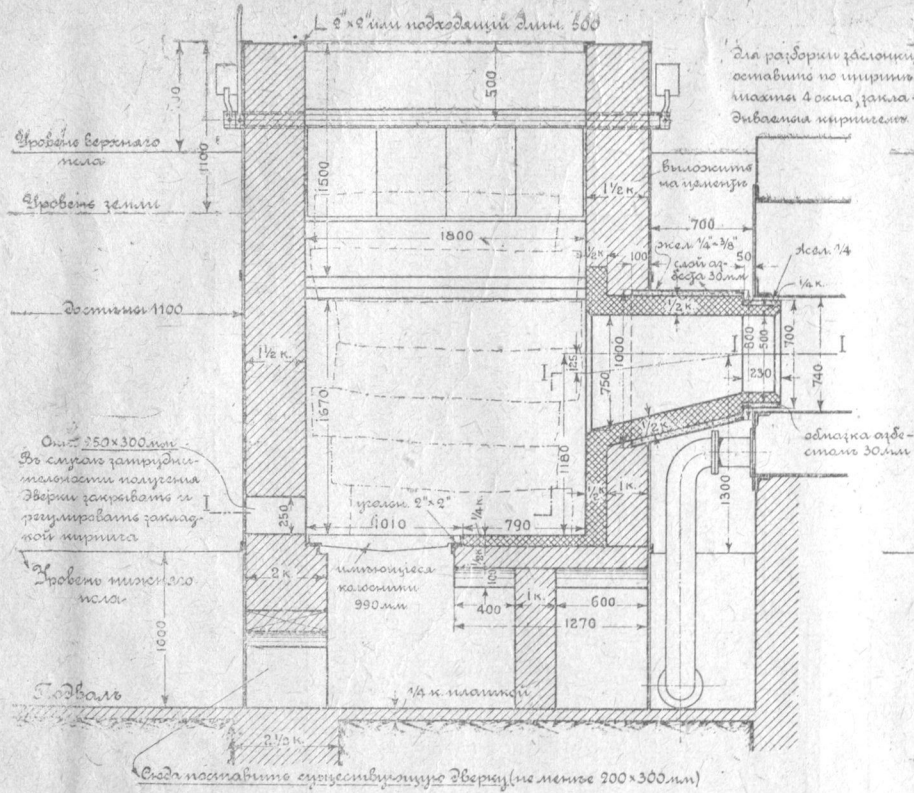
Это требование при невозможности спускаться вниз, в виду близости грунтовых вод или невозможности подняться наверх, лишает иногда возможности построить шахту правильно или строить ее вообще.

Во всяком случае, всегда требуется подъем дров на некоторую высоту и создание соответствующей загрузочной площадки и устройства для подъема дров на нее.

Лишь при расположении котельной значительно ниже уровня усадьбы удастся дрова подавать непосредственно на шахту, без подъема.

Подъем дров, проще всего и потому чаще всего, при настоящих условиях осуществляется при помощи наклонной плоскости и лебедки с механическим (электрическим), а иногда даже ручным подъемом тележки возможно большой емкости (до 70—80 пудов). При длинных тяжелых поленьях целесообразно выполнить один бок тележки откидным, что может крайне упростить погрузку дров в топку, как это видно из фиг. 27.

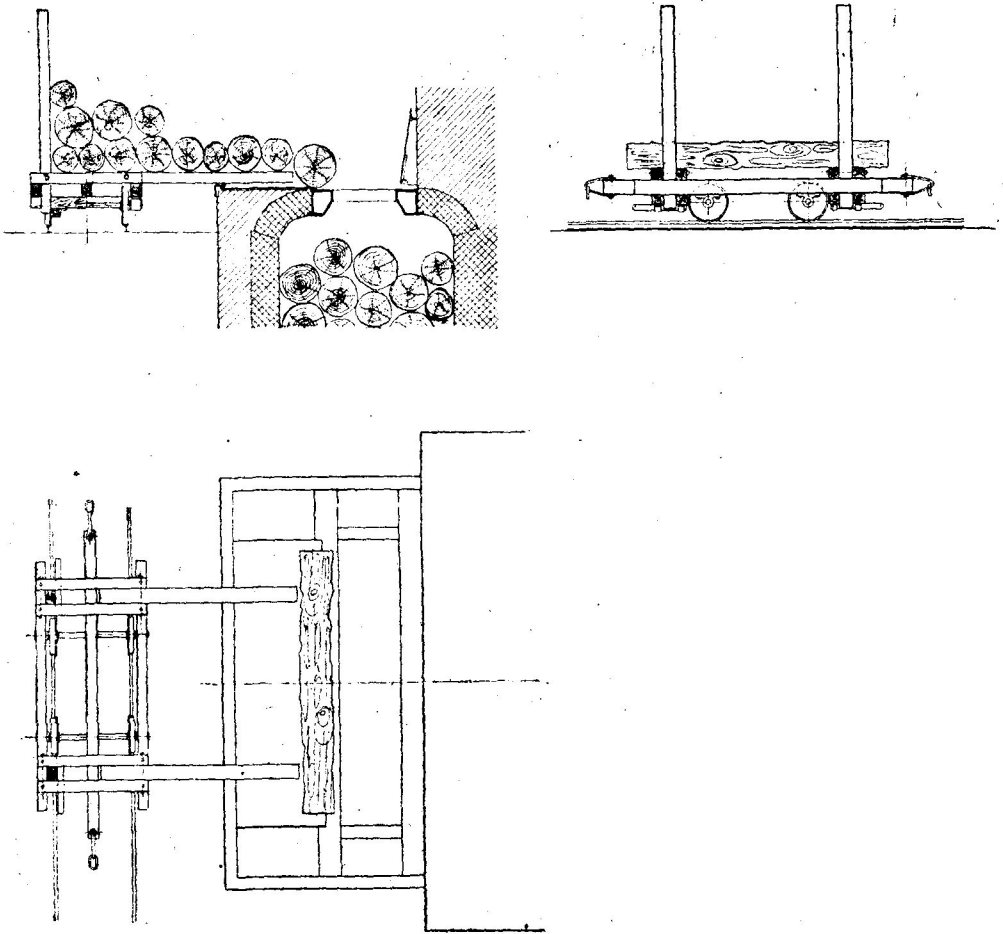
*) Желательно, в частности, высоту загрузочного горла выполнить не менее 1400 мм.



Шляпная топка для пучков
 к жаротрубному водогрейному котлу.
 Пучки: длина ок. 1400-1500 мм.
 Диаметр ок. 300 мм.

Мощность топки при разрыхлении в на-
 гать жар. трубы в 3 мм в ст. со-
 ответственно теплопроизводи-
 тельности котла ок. 500.000 ккал

Можно также ставить вертикальные под'емники или даже непрерывно действующие транспортеры, поднимающие и подводящие к топке или даже в самую топку отдельные поленья *).



Фиг. 27.

Загрузочные площадки приходится в настоящее время почти всегда строить из дерева, так же как и наклонные плоскости и проч.

Если при этом учесть, что всякая шахта, обладая самотягой, может (например, при неожиданном закрытии тяги) выбрасывать из загрузочного горла при неплотности его затвора искры или даже пламя, то делается ясным, что всякая **дровяная котельная должна быть в достаточной мере обезопасена в пожарном отношении** путем проводки около фронта котлов напорного водопровода и пр.

Эта же напорная вода может быть использована в случае необходимости **моментального прекращения тепловыделения шахты** (в случае неожиданной остановки потребителя пара — двигателя и пр.): нужно лишь струей воды (направленной на поленья, а не на кладку — во избежание порчи ее) залить огонь. Испарившаяся вода, попадая на кладку в виде пара, уже не опасна для кладки.

Под действием горячих стенок топки промокшие дрова быстро высыхают и их нетрудно опять разжечь через нижние дверки (см. подр. в инструкции).

*) Подобный транспортер устроен инжен. Фаянсом для Петроградской станции О—ва 1886 г.

Кроме дров в виде поленьев и крупных брусев во многих местах могут сыграть крупную роль отбросы разных дерево-обделочных и пр. производств, и прежде всего, **опилки** в особенности лесопильных заводов.

Эти опилки сжигаются пока небольшой частью, и если сжигаются, то крайне неэкономично. А между тем, при рациональном использовании опилок лесопильных заводов можно собрать большие количества древесины. В случае необходимости передать тепловую энергию этих опилок на расстоянии и невозможности делать это электрическим путем — правильное всего, их **брикетировать**, рациональное же сжигание на местах следовало бы осуществить при помощи топков, названных нами:

IV. Двухскатными.

На фигуре 28 даны чертежи такой двухскатной топки в разработку Теплокома.

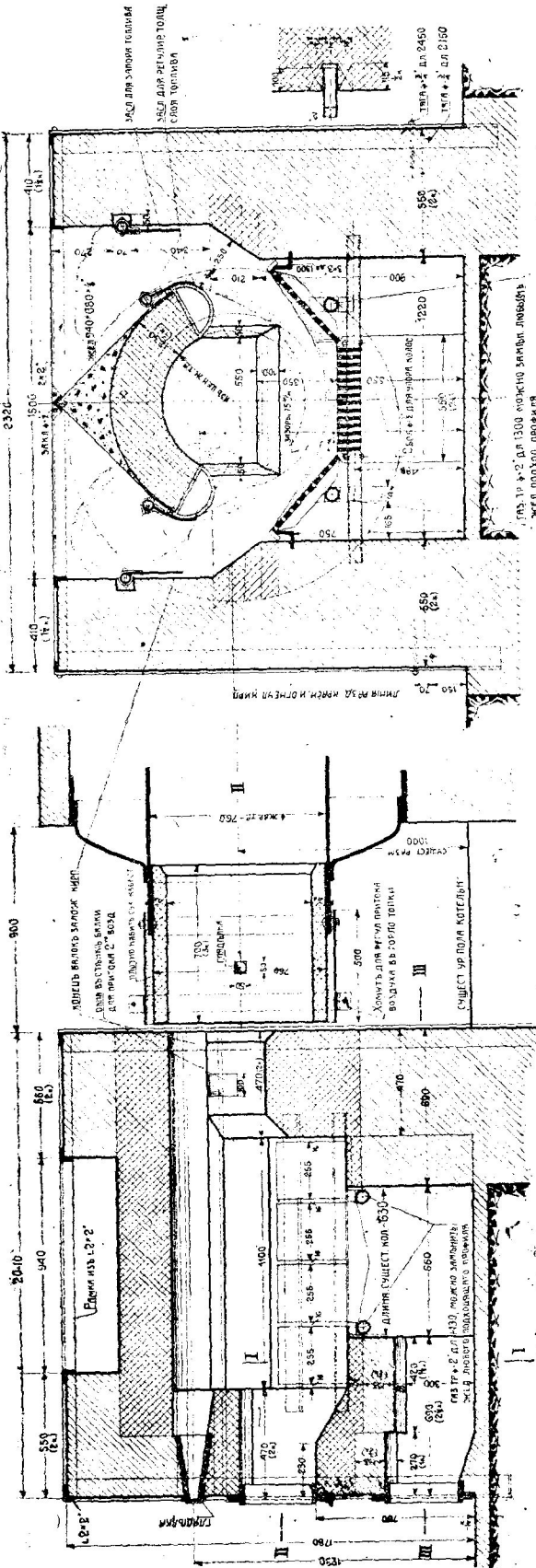
Она предназначена для сжигания сырых опилок (с влажностью до 60%) или так называемой отдубины*), также в сыром виде.

В этой топке сырые опилки лежат на горячем своде, перекрывающем топочное пространство, подсушиваются здесь несколько, скатываются вниз в топку, совершенно вынесенную из области воздействия теплопоглощающих стенок котла. Толщина слоя берется с таким расчетом, чтобы не весь воздух, нужный для сжигания топлива, проходил бы через него, чем искусственно повышается температура слоя. Недостающий воздух проводится непосредственно в топочное пространство через чугунные полые опорные балки (под сводами).

Измельченная форма топлива, т.-е. громадная поверхность воздействия воздуха и тепла способствует быстрому высыханию опилок.

Для предварительной растопки сухими дровами топки, а также для выравнивания слоя и пр. служит дверка на фронтальной стороне топки.

*) Отдубина получается из ивовой коры после использования ее в процессе дубления. Влажность неподсушенной отдубины — 60 — 70% при зольности 4 — 5% (см. табл. II).



Фиг. 28.

Благодаря своей своеобразной конструкции и замыканию с главнейших по размерам сторонам топочного пространства—топливом—топка имеет небольшую потерю в окружающую среду, хотя она и является выносной, и требует весьма небольшого количества огнеупорной кладки.

В этой топке совмещены два процесса—сушки топлива и его сжигания.

V. Сушка дров

сразу может казаться весьма сильным средством для повышения экономичности дровяного отопления. На самом деле это далеко не всегда так.

Удаление влаги уменьшает вес единицы объема (куб., погон. сажени, вагона) по приблизительной формуле:

$$G^w = \frac{G^{w=0}}{100 - W} \cdot 100$$

но меняет лишь немного теплоценность этого объема.

Удаление 1% влаги уменьшает затрату тепла на испарение этой влаги на 0,01.600 = 6 кал., т.е. при сырых дровах с $W = 48\%$ (т.е. $Q_{раб} = 2000$ кал.)—на 0,3%, а при дровах с $W = 28\%$ ($Q_{раб} = 3000$ кал.)—на 0,2%. Таким образом, даже удаление 20% влаги дает прямое сбережение лишь в $20 \times 0,3 = 6\%$ или $20 \times 0,2 = 4\%$.

Другое прямое сбережение обусловлено уменьшением веса уходящих из котельной газов, что влечет за собой и уменьшение потери этими газами на $\frac{W}{100} \times 0,48 (T_y - t)$,

где T_y —температура уходящих газов, t —температура поступающего в топку воздуха. Безэкономейзерная котельная с $T_y = 300^\circ$ дает при удалении 20% влаги добавочное сбережение в $0,2 \cdot 0,48 (300 - 20) = 28$ кал.; т.е. от 1,5—1%*). В экономейзерных котельных с $T_y = 180 - 130^\circ$ это сбережение ничтожно.

Таким образом, непосредственное сбережение от сушки дров, даже при удалении 20% влаги, выражается лишь небольшой цифрой, даже если эта сушка производится за счет дарового тепла, напр., поступающего в дымовую трубу газа.

Это необходимо иметь в виду при проектировании сушильных устройств с тем, чтобы добавочные капитализационные и эксплуатационные расходы находились в соответствии с возможным сбережением тепла.

Ясно, что все устройства должны быть весьма простыми и дешевыми, пока речь идет об отоплении котлов, где оказывается, как было выше разобрано, возможным устраивать топки, могущие сжигать дрова любой влажности.

Такая топка и будет простейшей сушилкой.

Однако, ведение сушильного процесса в топке вызывает ряд косвенных потерь.

1. Увеличение влажности резко понижает температуру горения (см. диаграммы на фиг. 3), этим ухудшается теплопоглощение первых элементов поверхности нагрева, что, в свою очередь, вызывает повышение температуры (и потери) уходящих газов.

2. Это же понижение температуры горения замедляет реакцию горения, ухудшает использование кислорода воздуха и заставляет вести горение с несколько большим избытком воздуха. Правда, соответствующими изменениями конструкции и правильным уходом, можно уничтожить эту разницу**), но все же тенденция к увеличению избытка воздуха в газах, а значит и потери ими—существует.

В результате двух этих косвенных влияний—по мере увеличения влажности дров увеличивается потеря отходящими газами, для компенсации которой требуется известное увеличение поверхности нагрева экономейзера (для соответствующего понижения T_y).

*) См. также кривые G на фиг. 3.

**) Тем более, что она компенсируется возможностью химической неполноты горения при сухих дровах.

Таким образом, топка не является вполне даровым сушильным аппаратом: расход по расширению эконейзера *) необходимо условно считать расходом по устройству сушилки.

Далее, необходимость сжигания очень сырых дров ($W = 50 - 55\%$) требует при неблагоприятных условиях (крупные, неколотые, длинные брусья негорючих пород) более внимательного ухода за топкой, так как ее работа делается в тепловом отношении менее устойчивой.

Как видно из кривых на фиг. 3 даже при содержании $CO_2 = 12\%$, которое не всегда удается достигнуть при влажности в 55% и крупных брусках, температура полного законченного горения составляет всего лишь 1000° , а значит, температура в топочном пространстве, где началась уже прямая отдача, и в газовом окне, где не весь процесс тепловыделения закончился (а воздух проходит весь) температура еще ниже **).

Эти соображения, однако, не меняют общего вывода, что специальная подсушка около самой котельной дров, для котельной излишня и невыгодна.

Несколько иначе обстоит дело с отоплением печей и пр. устройств в специальных производствах, где требуется, прежде всего, обеспечить достаточно высокие температуры. Здесь предварительная сушка дров является могущественным средством: в то время, как T_g при горении с коэф. избытка воздуха $\alpha = 1,5$, для дров с влажностью $W = 40\%$ равна 1320° , те же дрова при $W = 20\%$ дают $T_g = 1520^\circ$.

Весьма важное косвенное значение приобретает искусственная сушка дров также еще в тех случаях, когда приходится часто растапливать топку, так как растопка, напр., сырой осиной требует большого времени, идет очень неэкономично (с большим избытком воздуха) или требует весьма много сухого растопочного материала. Этот случай имеет место во всем домовом нецентрализованном отоплении, как печном, так и плитном.

Дровяные генераторы при сырых дровах требуют для производства достаточно богатого горючими газами смеси таких высоких слоев (9—10 метров и более), которые практически осуществить трудно. И здесь предварительная сушка, повышая горючесть—окисляемость, поможет делу.

Весьма трудно отапливать сырыми дровами экономично и при достаточной мощности топки паровозов в виду их большой прямой отдачи тепла и затруднительности осуществления шахтного процесса горения или работы с нижним путем.

Таким образом, имеется целый ряд случаев, когда необходимость заставляет повышать сухость дров искусственной подсушкой.

Экономический результат сушки, вообще, несколько выше, если сушка производилась не на месте потребления, а, например, пред нагрузкой сплавленных рекой дров на железную дорогу, так как в таком случае получается добавочное сбережение по удешевлению перевозки.

Однако, необходимо помнить, что с точки зрения разгрузки железнодорожного движения такое уменьшение веса, почти без уменьшения объема, не будет иметь большого значения, так как более 3 куб. саж. все-таки в вагон будет грузить нельзя: грузоподъемность вагона не будет использована. Число же вагонов не всегда можно увеличить.

Для искусственной сушки дров можно использовать при существующих котлах или печах уходящие газы, или же газы, полученные из специально для этой цели построенных топков.

Использование тепла газов может идти разными путями: 1) можно подогревать уходящими газами воздух, идущий в топку, чем улучшается работа топок-сушилок; 2) можно подогретый газом воздух прокачивать вентилятором через массу подлежащих сушке дров; при этом подогревание воздуха, правильнее всего, производить при

*) А также по более быстрому износу—ржавлению эконейзера в связи с большей влажностью газов и более низкой, поэтому, температурой росы.

**) Как раз в этих случаях и уместно вводить часть воздуха непосредственно в топочное пространство, повышая этим температуру слоя.

посредстве регенераторов*). Однако, этот способ сложен и дорог и чаще всего сбережение топлива не в состоянии покрывать капитализационных и эксплуатационных расходов по нему.

Наконец, 3) можно через дрова прогонять непосредственно газы или смесь газов с воздухом с температурой в 100—110° С.

Примешивая соответствующее количество воздуха, можно всегда добиться достаточной сухости смеси и соответствующей температуры ее. Сушить газами горячее 100—110°С не следует во избежание частичной потери летучих.

В виду того, что в ближайшие годы будут поступать и в распоряжение специальных потребителей дрова весьма сырые, вопрос о практическом осуществлении массовой сушки этих дров приобретает громадное государственное значение**).

VI. Некоторые формулы для подсчета процесса работы дровяной котельной топки.

Баланс тепла котельной установки выражается уравнением:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

где Q — низшая (рабочая) теплотворность топлива, Q_1 — количество использованного тепла на 1 кл. топлива, а Q_2 до Q_6 — связанные с процессом горения и теплоиспользования потери. При B кл. сожженного в 1 час топлива, D кл. полученного пара и полезной затраты тепла на 1 кл. пара в λ — мы можем писать:

$$Q_1 = \frac{D}{B} \cdot \lambda = \frac{D}{B} \left[q + r - t_2 + c(t_{ne} - t_n) \right],$$

где q — (теплота жидкости) и r — (теплота испарения) берутся из диаграммы Молье соответственно давлению пара, t_2 — температура пит. воды (вернее — теплота жидкости при входе в экономейзер), c — теплоемкость вод. пара по М. Якоб, t_{ne} и t_n температура перегретого и насыщенного пара.

Для наиболее обычных случаев значения основных величин собраны также в след. таблице:

Давл. по ман.—тру р.	t_n	$q+r$	$\lambda^* = q + r + c(t_{ne} - t_n)$ при $t_{ne} =$						
			225	250	275	300	325	350	375
6 кл./к.ст.	164	662,0	694,6	707,2	719,4	731,9	731,9	756,5	769,0
7	169,5	663,5	693,9	706,5	719,0	731,5	743,9	756,3	768,8
8	174,4	664,9	693	706	718,6	731,2	743,7	756,1	768,6
9	178,9	666,1	692,3	705,4	718,2	730,8	743,3	755,9	768,4
10	183,1	667,1	691,5	704,6	717,6	730,7	743,0	955,7	768,3
11	186,9	668,1	690,7	704,3	717,3	730,1	742,9	755,6	768,2
12	190,6	668,9	689,8	703,7	717,0	729,8	742,8	755,5	768,1
13	194	669,7	689,1	703,1	716,5	729,6	742,7	755,4	768,5
14	197,2	670,5	688,2	709,5	716,2	729,4	742,6	755,3	768,5

*) По такой схеме устроена провосушка на одной крупной русской мануфактуре.

**) Более подробно этот вопрос будет разработан в готовящейся к печати монографии члена Теплокома Л. К. Рамзина: Массовая сушка.

Потеря уходящими из установки газами:

$$Q_2 = \left[\frac{C}{0,54 \cdot (CO_2 + CO)} \cdot C_{с.г} + \frac{9H + W}{100} \cdot 0,48 \right] (T_y - t), \text{ где } C_{с.г} = 0,314 + 0,00003T$$

можно принять $\underline{= 0,32}$.

Потерю тепла от химической неполноты горения Q_3 можно даже при дровах (при возможных в котельных топках сравнительно небольших величинах этой потери) отнести условно к получению одной лишь окиси углерода (CO), при чем:

$$Q_3 = 56 \cdot C \cdot \frac{CO}{CO + CO_2}, \text{ где условное CO можно определить с достаточной точностью}$$

из выражения:

$$CO = \frac{1}{0,605 + \beta} \left[(20,9 - \beta \cdot CO_2) - (CO_2 + O) \right]$$

$$\text{при } \beta = 2,37 \frac{H - O - S}{C}, \text{ а для дров: } \beta = 0,04,$$

что дает

$$CO = 1,55 \left[(20,9 - \beta \cdot CO_2) - (CO_2 + O) \right]$$

Потеря от механической неполноты горения Q_4 (при дровах — почти только провал в зольник $C_{пр}$) будет

$$Q_4 = 81 \cdot C_{пр}$$

Наконец, Q_5 — потеря в окружающую среду установки — не поддается непосредственному точному определению, но она, очевидно, зависит от средней разницы температуры, замыкающей установку поверхности и температур окружающего ее воздуха и грунта ($\Theta - t$), от размера указанной поверхности — F , а также — от характера окружающих твердых тел, от характера движения воздуха около установки и вообще от условий перехода тепла в окружающую среду; эти условия можно было бы характеризовать общим коэффициентом перехода тепла α_0 . Можно написать

$$Q_5 = \frac{\alpha_0 \cdot F \cdot (\Theta - t)}{B}$$

Теплота, отданная газами на повышение температуры самой установки (или наоборот, полученная за счет понижения температур установки теплота) при установившемся тепловом состоянии = 0, т.е.

$$Q_6 = 0.$$

Имея в виду постоянство состава органической массы дров:

$$C^0 = 50\%, H^0 = 6, 3\% \text{ и } O^0 + N^0 = 43, 7\%$$

$$V_B^{\alpha=1} = \frac{8/3 \cdot C + 8 \left(H - \frac{0}{8} \right)}{100} \cdot \frac{100}{23} \cdot \frac{1}{1,29} = 0,09 \cdot C + 0,27 \left(H - \frac{0}{8} \right) \text{ или приблизительно}$$

$$V_B^{\alpha=1} = \frac{1,08 \cdot Q}{1000}$$

Далее, t_b — темпер. воздуха при входе в топку, $C_{с.г.} = 0,314 + 0,00003T_g$, $C_{в.п.} = 0,45 + 0,00005T_g$.

В топочном пространстве практической топки устанавливается более низкая температура $T_m = \gamma_m (1 - \sigma) \cdot T_g$.

Здесь σ — коэф. прямой отдачи, определяемой опытным путем и

$$\gamma_m = 1 - \left(\frac{Q_3}{Q} + \frac{Q_4}{Q} + \frac{Q_5^m}{Q} \right), \text{ где } Q_5^m \text{ — есть потеря лишь топки в}$$

окружающую среду.

Задача правильно скомбинированной с котлом дровянной топки сводится к тому, чтобы работа шла с максимум T_g , для чего необходимо иметь макс. CO_2 , т.-е. мин. α при $CO = 0$ (т.-е. $Q_3 = 0$), а также $Q_4 = 0$.

При этом необходимо подобрать σ таким образом (т.-е. так скомбинировать прямое теплоизлучение на котел), чтобы T_m было не ниже 1000° , но и не выше, по возможности, $1100-1200$.

Вышеуказанные значения нетрудно осуществить при правильно построенных и правильно эксплуатируемых шахтах: практически можно получить в топке $CO_2 = 15-17\%$ при $CO = 0$ и $Q_4 = 0$ (или близкой к нулю). Q_3 — при правильно оборудованных котлах разных конструкций — и шахтных топках без сплошной инфузорной засыпки („военной“ постройки) колеблется от 4 до 6% (для котла, топки и перегревателя, но без боров и эк-ра).

З а к л ю ч е н и е.

В настоящей работе я постарался привести те основные соображения, с которыми необходимо считаться при проектировании дровяных топок, при чем в описательной части я остановился лишь на тех конструкциях, которые ближе всего подходят к рассмотренным мною схемам. Этим я, никоим образом, не хотел замолчать существования на рынке многих других конструкций, более или менее близко подходящих к этим схемам. Отсутствие места, громадные затруднения в изготовлении клише, отсутствие достаточно детальных чертежей или разрешения на их опубликование — заставили отказаться от последнего.

Считаю своей обязанностью не задерживать далее опубликования наших данных и выводов для того, чтобы товарищи-техники могли бы в своей работе использовать этот материал.

К. Кирш.

Руководство к уходу за нормальной шахтной топкой для дров.

Сушка кладки.

После постройки топки и, по возможности, до засыпки боков инфузорной землей, если таковая засыпка предусмотрена, производится сушка кладки в течение *не менее 4 дней на небольшом огне*, разведенном на горизонтальной колосниковой решетке*). При этом следует держать открытыми все дверки, а заслонку загрузочной коробки — закрытой. Необходимо избегать при заполнении шахты заброса сверху тяжелых поленьев, во избежание разбивания колосников топки; загрузку во время сушки по возможности вести через дверку 2-ю и через проход между горизонтальной и наклонной решетками, для чего подымать последний ряд наклонных колосников или совершенно их вынуть. На 2-й—3-й день можно усиливать огонь, не загружая, однако, дров до верха газового окна. После окончания сушки можно засыпать бока инфузорной землей, если она предусмотрена, заделать оставленные для засыпки отверстия, далее нужно посмотреть всю топочную кладку внутри, промазать все оказавшиеся трещины и проч.

Урегулирование топки.

После такой подготовки разводится огонь на нижней решетке и шахта постепенно (в течение 10—30 минут, в зависимости от сухости и вообще горючести дров, а также размера шахты) догружается до верхнего загрузочного уровня, на котором по возможности и *необходимо удерживать дрова во время всей установившейся работы топки*. Для быстрой растопки и правильного разгорания дров желательно для первого заполнения шахты брать возможно сухие дрова. Из воздушных дверок должны быть вначале открыты только нижняя 1-я и 2-я, а 3-я открывается небольшой щелью лишь по разогреву всей шахты.

Когда заполненная доверху шахта вполне разгорелась и вся кладка нагрелась (загрузочный уровень остается при этом черным), приступают к *урегулированию процесса горения шахты*, для чего правильнее всего пользоваться ручным газоанализатором (прибором Орса с двумя стеклянками для поглощения CO_2 и O), при отсутствии же такового приходится вести регулирование на-глаз, пользуясь главным образом видом пламени в гляделку спереди или сбоку топки или, если это невозможно (жаротрубные котлы), то сзади. При входе газов из топочного пространства в междутрубное или вообще в месте тесного соприкосновения газов с холодной поверхностью нагрева, пламя должно быть уже *совершенно прозрачным, чистым*, а в дымовой трубе не должно быть дыма. Если дымовая труба получает газы и из других котлов, то следует вставлять в бороз при выходе из регулируемого котла железный прут, на котором при выемке не должно быть налета сажи.

Пользуясь этим признаком можно регулирование вести применительно к следующей схеме:

Пламя в гляделках густое, непрозрачное или даже с черными прослойками, т. е. воздуха в топочном пространстве не хватает; для введения его открывают совершенно третью снизу дверку, если она предусмотрена. Степень открытия окна 3-го зависит от *степени горючести дров*: чем горючее дрова, т. е. чем они суше, мельче, чем в них больше березы, хвой и чем меньше осины, тем лучше используется воздух, проходящий чрез слой топлива, тем меньше свободного воздуха попадет в топочное пространство для сжигания несгоревших газов, тем больше, следовательно, нужно *вводить воздуха* через дверку третью (чрез рыхлый более холодный слой). Если и этого недостаточно для неполного горения, то следует оставлять заслонку загрузочного аппарата открытой щелью в 20—30 мм. (для чего подложить на буферный стакан соответствующую прокладку). Таким образом часть „вторичного воздуха будет просасываться чрез горло сквозь слой загружаемого топлива“. Однако, с другой стороны нужно

*) Если в кладке оставлены каналы, засыпанные шлаком или другими изолирующими веществами, то необходимо наверху этих каналов оставлять сообщения с внешней средой (окнами $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2}$ кирп.). Заделать эти окна наглухо можно лишь после полной высушки кладки.

помнить, что колосники и кладка в пределах нижней части топки будут тем лучше охлаждаться, чем больше воздуха мы через них проводим, и наилучший в этом отношении результат получится при пропуске всего нужного тонке воздуха через колосники и чрез слой топлива и по возможности главной части воздуха чрез нижнюю часть слоя; в том числе и весь воздух, нужный для сжигания несгоревших газов в топочном пространстве должен проходить чрез слой топлива. Отсюда следует, что по возможности не следует в нормальной работе пускать часть воздуха чрез загрузочный аппарат или усиливать подвода чрез дверку 3, если же это окажется необходимым для получения правильного горения обычного топлива данной котельной, то следует утонить слой топлива в шахте. Для этого нужно (при очередной остановке топки) сдвинуть направо всю наклонную колосниковую решетку, переставить в кладке опорные бруски. Верхнюю опорную балку решетки оставить при этом на месте, сдвинуть же все нижние, чем, таким образом, главное утонение слоя будет достигнуто в нижней части. Можно также во время работы шахты поднять отдельные наклонные колосниковые плитки за нижние концы и вставить между этими плитками и их опорными балками кирпичи и пр.: это также утонит слой.

Если, наоборот, оказывается, что несмотря на закрытие загрузочной коробки и полностью дверки 3-й, пламя в гляделках при полной шахте не появляется (очень сырая крупная осина, сырые сплавные дрова, напр.), то это указывает на излишний воздух в топочном пространстве. В таком случае необходимо уменьшить пропуск воздуха по бокам шахты, замазав щели между кладкой и боковыми наклонными плитками, а если этого еще недостаточно, то можно заделать совершенно пропуск воздуха по ним; наконец, можно еще уничтожить пропуск воздуха в заднюю часть горизонтальных колосников закладкой кирпичной стенки. Все эти работы можно выполнить во время работы шахты. Если этого окажется недостаточно, то можно утолстить слой сдвижкой налево наклонной решетки.

Весьма резкое регулирование можно вести заслонкой в зольнике, если она предусмотрена.

Состав полученных после такого регулирования уходящих из котла газов с практически плотной кладкой*) должен характеризоваться приблизительно следующими цифрами: $\text{CO}_2 = 15 - 16\%$ при $\text{CO}_2 + \text{O} = 20,1 - 20,0$.

При более тесных топочных пространствах (нормальные комбинации с горизонтальными водотрубными котлами) $\text{CO}_2 = 14 - 15\%$ при $\text{CO}_2 + \text{O} = 20,2$ до 20,1.

Выяснившееся при первоначальной регулировке топок расположение дверок нужно по возможности сохранить на все время работы ее при данном топливе.

Регулирование паро-производительности (мощности) котла нужно вести за счет изменения разрежения (тяги) в топочном пространстве, т.е. изменением закрытия заслонки при выходе из котла: открывая эту заслонку, мы создаем в топочном пространстве большее разрежение, за счет которого просасывается чрез слой больше воздуха, а потому и окисляется, т.е. сгорает больше топлива. Практически при этом сохраняется приблизительно же CO_2 . При закрывании, наоборот, заслонки за котлом будет уменьшаться разрежение в топке и падать паропроизводительность.

При слишком сильном уменьшении разрежения топочного пространства может оказаться, что высасывающее действие этого разрежения окажется меньше направленного вверх высасывающего действия самой шахты: тогда часть выделившихся из топлива газов в виде едкого дыма будет выходить чрез загрузочную коробку в котельную — „шахта задымит“. Поэтому приходится при очень небольших нагрузках

*) Газы для анализа можно забирать при выходе их из последнего хода котла в возможно тесном сечении борова, при чем конец заборной трубки должен находиться в струе движущегося газа (см. брошюру о приборе Орса Лаборатории Паровых Котлов Моск. Высш. Техн. Училища). Всю обмуровку котла до места забора газа необходимо (при помощи свечки, например,) проверить на присасывание воздуха и все неплотности и трещины промазать. При нескольких шахтах, особенно при делении котла продольными стенками на несколько частей соответственно топкам (вертикальные котлы), следует забирать газ в нескольких местах по ширине котла.

Вобщем нетрудно урегулировать топку на-глаз, а потом уже проверку произвести анализатором

искусственно увеличивать сопротивление топки (а этим и разрежение в топочном пространстве), прикрыванием дверок 3-й и 2-й, а потом и 1-й, т.е. вести регулирование паропроизводительности этими дверками.

Выяснившееся при регулировании топки относительное открытие *дверок приходится, понятно, менять также при случайных изменениях топлива, главным образом—его горючести.*

При забросе в шахту, например, сухого корья, стружек и проч. необходимо оставлять открытой заслонку загрузочного аппарата, а иногда даже спускать уровень загрузки (однако, не ниже верха газов. окна „б“).

Загрузка топлива.

Загрузки топлива необходимо вести с таким расчетом, чтобы никогда уровень дров не опускался ниже верха газового окна, чтобы загрузочный уровень дров никогда не загорался. Это легко контролировать чрез открытую гляделку рядом с загрузочным аппаратом. Чрез эту же гляделку можно произвести газовой трубой ($d = 1''$) уплотнение слоя, если окажется, что неправильно расположившееся полено создало в шахте застой—пустоту, мешающую правильному горению (пропадает пламя).

Закрывать указанную гляделку не нужно.

Груз на рычаге загрузочной коробки необходимо применительно к данным дровам подрегулировать так, чтобы он только-только уравнивал бы заслонку с дровами.

Выжигание шахты.

При выжигании всего запаса дров из шахты (пред длительной остановкой—больше 3—4 часов) следует по мере выгорания дров постепенно закрывать дверку 3-ю, потом—2-ю, наконец и 1-ю, а далее уже заслонку за котлом для поддержания в топочном пространстве возможно большего пламени, т.е. для работы и в течение этого времени с возможно малым избытком воздуха.

Моментальное прекращение работы топки.

Если при каких-либо авариях в котле (разрыв трубы котла и проч.) делается необходимым немедленное прекращение тепловыделения топки, то это проще всего производится заливкой водой шахты чрез загрузочную коробку (при полностью открытой заслонке за котлом). Для возможности быстрой заливки полной шахты (в 2—3 мин.) правильнее подвести к шахте 2" водопровод, к которому можно было бы быстро присоединить гибкий рукав для заливки шахты.

Чистка топки.

Зола проваливается небольшой частью чрез горизонтальную решетку в зольник, главная же масса ее осаждается в поворотной камере за топкой, и отсюда ее нужно выбирать чрез установленные опытным путем промежутки времени.

Очень удобно также высасывать золу при помощи небольшого пароструйного прибора чрез двух или трехдюймовую трубу (диаметр парового отв. ок. 5 мм.).

Если обнаруживается, что часть золы забивается в нижних слоях топлива (древесного угля) и мешает свободному прохождению здесь воздуха, то следует чрез 2—3 часа протрушивать несколько топлива, проходя газовой 1" трубой вдоль нижней решетки.

Очень хорошо видны также чрез щели между наклонными плитками колосниками пустоты в слое, если таковые имеются: подталкивая несколько (снизу или сверху) застрявшие поленья, нетрудно заставить топливо расположиться плотной ровной массой.

Если бы оказалось, что топливо переваливается в заметном количестве за угол порога, то можно при очередной остановке топки уширить внутри порог выкладкой стенки в 1 кирпич. Нужно, однако, иметь в виду, что подобный перевал топлива может быть также результатом работы со слишком сильно спущенным уровнем дров. Как уже было указано, такая работа неправильна; между прочим, кроме понижения экономичности, она может привести к разогреванию и короблению колосников.

Руководство к уходу за дровяными шахтами

„военного“ типа (с вертикальн. зеркалом горения).

1. После выкладки шахты необходимо сушить ее 2 дня без огня — протоком воздуха, потом 2 дня постепенно усиливающимся огнем. Полную загрузку дать на пятый день.

2. Работку топки следует вести возможно сухими мелкими и горючими дровами (по возможности березой), которые необходимо отбирать постепенно за период работы, предшествующей остановке, сложив отобранные дрова (в количестве около $\frac{1}{2}$ объема шахты) в теплом месте около шахты. Для ускорения растопки лучше дрова расколоть.

3. Этими дровами необходимо покрыть возможно ровным слоем всю нижнюю решетку в 3—4 ряда, пользуясь для этого второй дверкой (над решеткой); далее закрыть вторую дверку, открыть зольниковую дверку и открыть задвижку за котлом („тягу“) не более, чем на $\frac{1}{4}$ (лишь бы не дымило вверх чрез загрузочное горло) и зажечь дрова. По мере их разгорания подкладывать новые дрова, постепенно переходя к более крупным и сырым поленьям. Когда на решетке окажется нагруженным слой около $\frac{3}{4}$ арш. высоты, можно вести загрузку сверху, подбирая промежутки между загрузками и размеры их таким образом, чтобы не заглушать огня.

Необходимо стремиться к тому, чтобы по возможности быстро закрыть газовое окно дровами. После этого нужно возможно быстро догрузить тоже возможно сухими горючими дровами и возможной плотной укладкой шахту доверха, открыв при этом полностью тягу.

От правильности первого заполнения шахты и ее разжига зависит работа шахты в течение всей последующей рабочей смены.

4. После этого начинается регулярная рабочая загрузка шахты рядовыми дровами, по возможности мешая крупные и мелкие, сухие и сырые дрова, горючие и негорючие, породы, стремясь к плотной укладке без пустот и не спуская верхнего уровня ниже 1 аршина сверху и во всяком случае никогда не спуская его при нормальной работе ниже верха газового окна.

Во время работы держать вторую дверку (над решеткой) закрытой, пользуясь ею лишь периодически для проверки плотности залегания дров в шахте, иногда для уплотнения их и впускать воздух в топку лишь нижними (зольниковыми) дверками. Необходимо стремиться к малому присосу воздуха чрез верхнее загрузочное отверстие.

5. Регулирование мощности топки (паропроизводительности).

Для уменьшения мощности топки (понижения давления пара) необходимо прежде всего уменьшить разрежение (тягу) в топочном пространстве путем закрывания задвижки (регистра, заслонки) за котлом. Если при очень сильном закрытии этой задвижки начнется дымление шахты (чрез загрузочное отверстие), то дальнейшее уменьшение мощности должно уже идти за счет прикрывания нижних дверок (т.-е. введения искусственного сопротивления).

Для увеличения мощности необходимо вести регулирование в обратном порядке: прежде всего открыть нижние дверки, и если этого оказалось недостаточным, увеличить открытие котельной задвижки.

При регулировании нужно помнить, что перестановка котельной задвижки и топочных дверок не может сказываться немедленно на паропроизводстве (т.-е. на показаниях манометра) в виду значительной тепловой инерции (неподвижности) шахтной топки. Поэтому не следует делать слишком резких и быстрых перестановок. Исключения составляют, понятно, те случаи, когда меняется очень резко потребление пара.

6. Во время нормальной работы шахты необходимо следить за правильной (экономичной) работой топки по виду (форме и цвету) пламени, для чего служат гляделки в газовом горле топки (случай жаротрубно. котлов) или гляделки в топочное пространство.

Пламя должно быть светлым, прозрачным без темных полосок дыма (признак неполного горения из-за нехватки воздуха). Исчезновение пламени и появление вместо него в гляделке отдельных искр указывает на пустоты в шахте из-за застоя дров в ней. Это явление необходимо уничтожить подталкиванием и уплотнением слоя сверх

или через вторую дверку. Однако, исчезновение пламени может быть обусловлено также и тем, что *в топку загружено слишком сырое, слишком крупное или вообще слишком малогорящее топливо*. Для восстановления правильной работы в этом случае необходимо следующие загрузки вести более мелкими, сухими, более горячими дровами возможно плотной укладки, закладывая дрова возможно быстро (во избежание присоса воздуха сверху) и небольшими порциями. Если этого недостаточно, то нужно временно прекратить вовсе загрузку, прикрыть поплотнее верхние загрузочные заслонки и дать дровам и шахте в нижней части посильнее разгореться. После этого можно постепенно догружать шахту доверху небольшими порциями возможно сухих мелких дров. Если имеется возможность на это время уменьшить нагрузку данного котла, то полезно прикрывать задвижку в конце котла.

7. *При изменениях качества дров* (влажности, породы, поперечного размера полена—колотые, кругляк и т. п.) регулирование может производиться отчасти *плотностью укладки дров*. Чем менее горючи дрова, тем плотнее, аккуратнее необходимо их укладывать, стремясь к смеси мелких и крупных поленьев, сырых и сухих, осины и березы и пр. Наоборот, при сухих горячих дровах желательнее, наоборот, получить возможно рыхлую с пустотами загрузку во избежание появления дыма (признака нехватки воздуха). В случае *дымообразования может оказать существенную помощь*: 1) впуск воздуха через вторую (над решеткой) дверку, 2) впуск воздуха через загрузочные заслонки, а для усиления влияния присоса воздуха сверху—через загрузочное горло, 3) прикрывание нижней (зольниковой) дверки.

Открывание котельной задвижки (т.е. увеличение разрежения в топочном пространстве) само по себе *не может уничтожить*, понятно, нехватки воздуха (дыма), а только увеличивает мощность топки.

8. *Если качество дров меняется периодически*, то можно шахту приспособить к этим изменениям небольшими перестановками. Они сводятся, главным образом, к увеличению (при уменьшении горючести дров) или уменьшению (при увеличении горючести) *высоты нижней части шахты* перестановкой горизонтальной решетки.

В предельном случае (напр., при очень влажных или крупных дровах) можно совершенно снять колосники, а также и нижние уступы (передние и боковые), работая непосредственно на сплошном поде и доведя этим путь прохождения воздуха по топливу нижней шахты до 900—1000 мм.

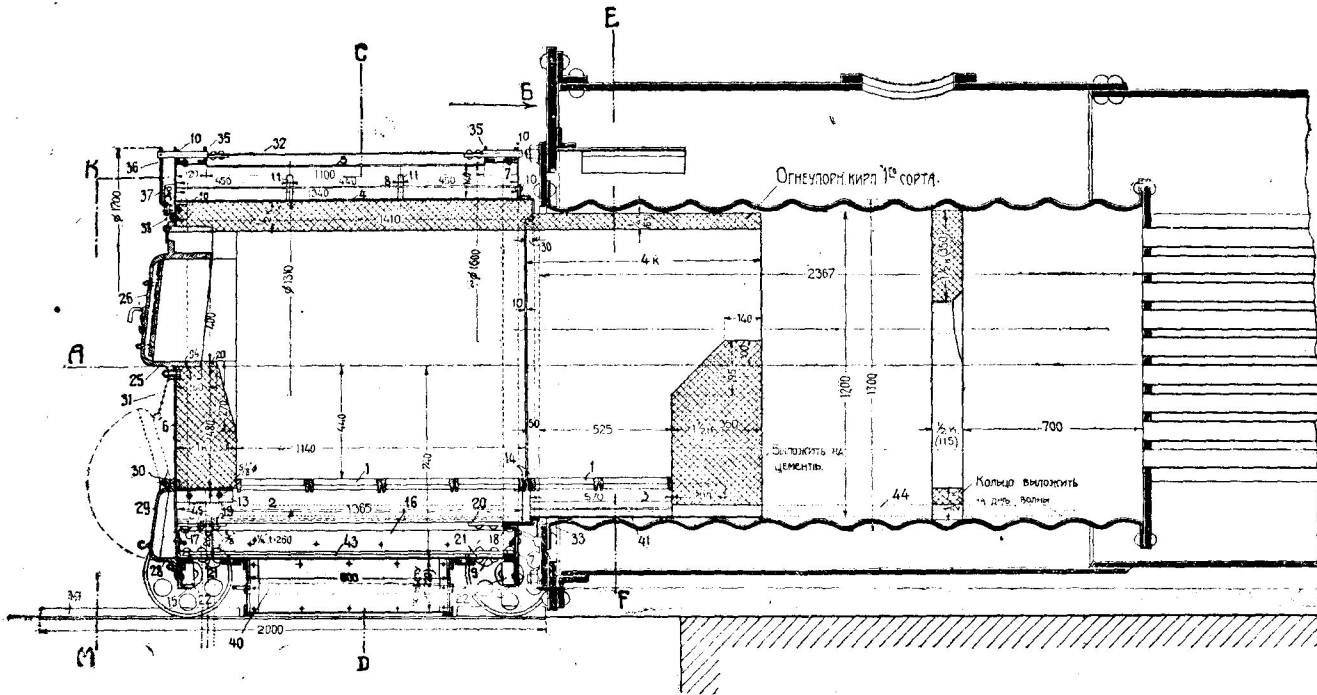
9. *Пред остановкой котла* необходимо заблаговременно прекратить загрузку дров с таким расчетом, чтобы к концу расходования пара из котла шахта была бы выжжена. Уровень воды желательно к этому моменту спустить возможно низко, чтобы последующий подкачкой воды понизить давление в котле. Момент прекращения загрузки зависит от емкости шахты, породы дров (теплоплотности их) и пр. и легко установить опытным путем. Для ускорения выжига дров необходимо возможно плотно прикрыть верхнюю заслонку и вторую дверку, открыв полностью зольниковую. После прогара дров—закрыть все дверки и котельную задвижку.

10. Для *уменьшения разрушения поленьями верхней загрузочной части шахты* необходимо загрузку вести возможно аккуратно. Лучше обшить на высоте 600—800 мм. разбивающиеся места (обычно торцы и противоположную от кочегара сторону) железными листами (толщ. $\frac{1}{8}$ до $\frac{1}{4}$ ") прикрепленными к верхней загрузочной раме. При первой возможности желательно заменить верхнюю загрузочную часть металлической загрузочной коробкой.

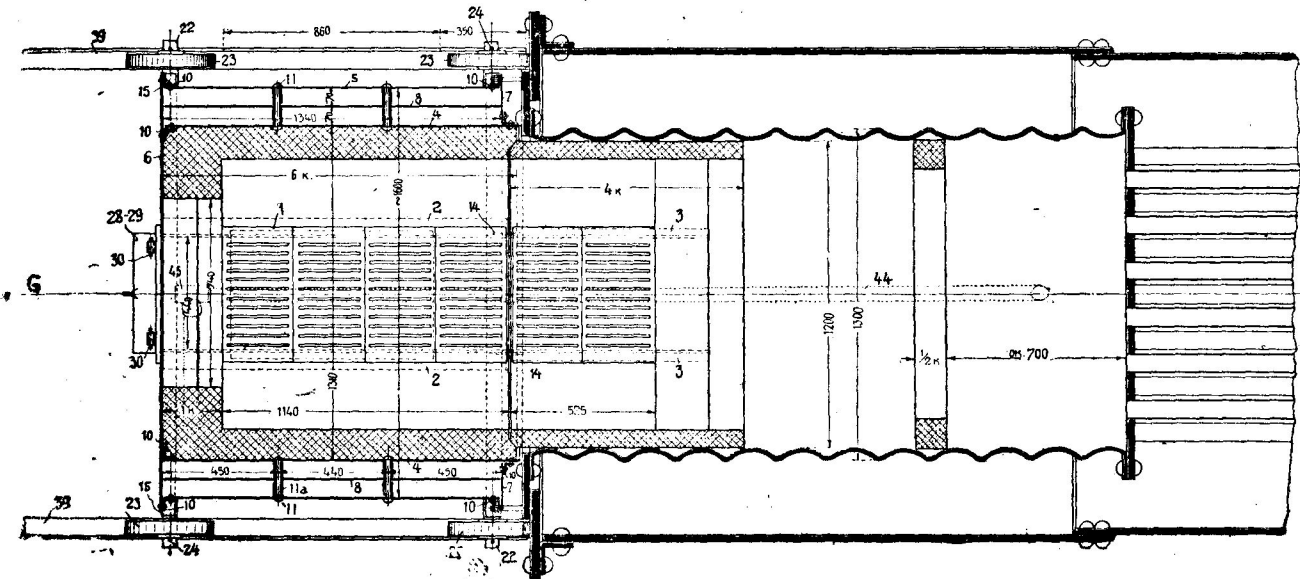
11. В виду возможности выбрасывания искр или даже пламени из топки при неумелом обращении, а особенно из шахты без загрузочного аппарата необходимо предусмотреть *противопожарные средства ок. фронта котлов*.

Желательно подвести 2" водонапорную линию с размещением на ней по одному $1\frac{1}{2}$ " вентилю, рукаву и брандсбойту на каждые 2—3 котла. Этими же рукавами можно *почти моментально залить шахту* (потушить ее) в случае какой-либо аварии с котлом или неожиданного прекращения расходования пара и невозможности спускать его. Необходимо лишь при этом полностью открыть тягу, открыв для увеличения ее по возможности еще обходный бороз экономейзера, если таковой имеется.

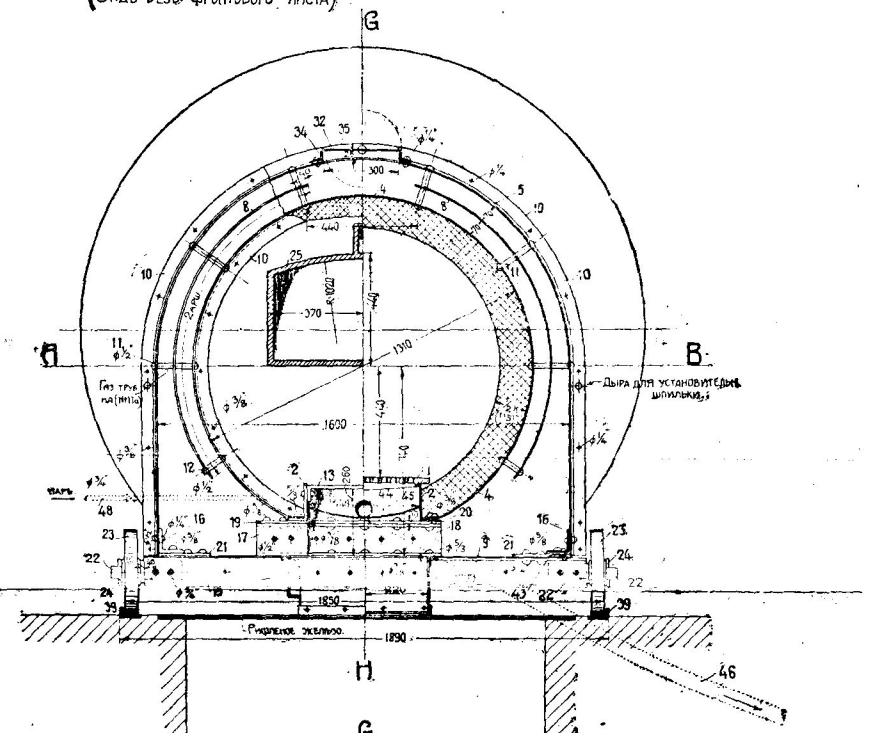
Разрѣзь по ГН.



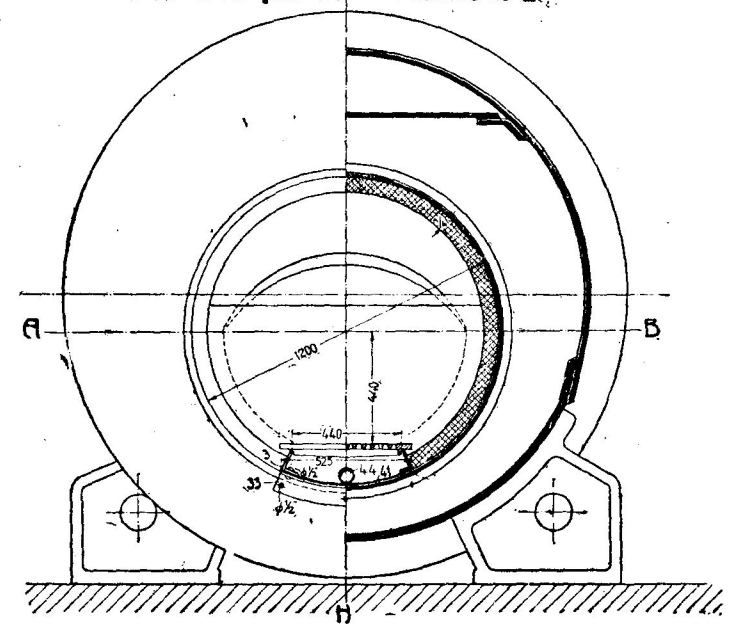
Разрѣзь по АВ.



Разрѣзь по СКМ.
(Видъ безъ фронтального листа)
Разрѣзь по СД.



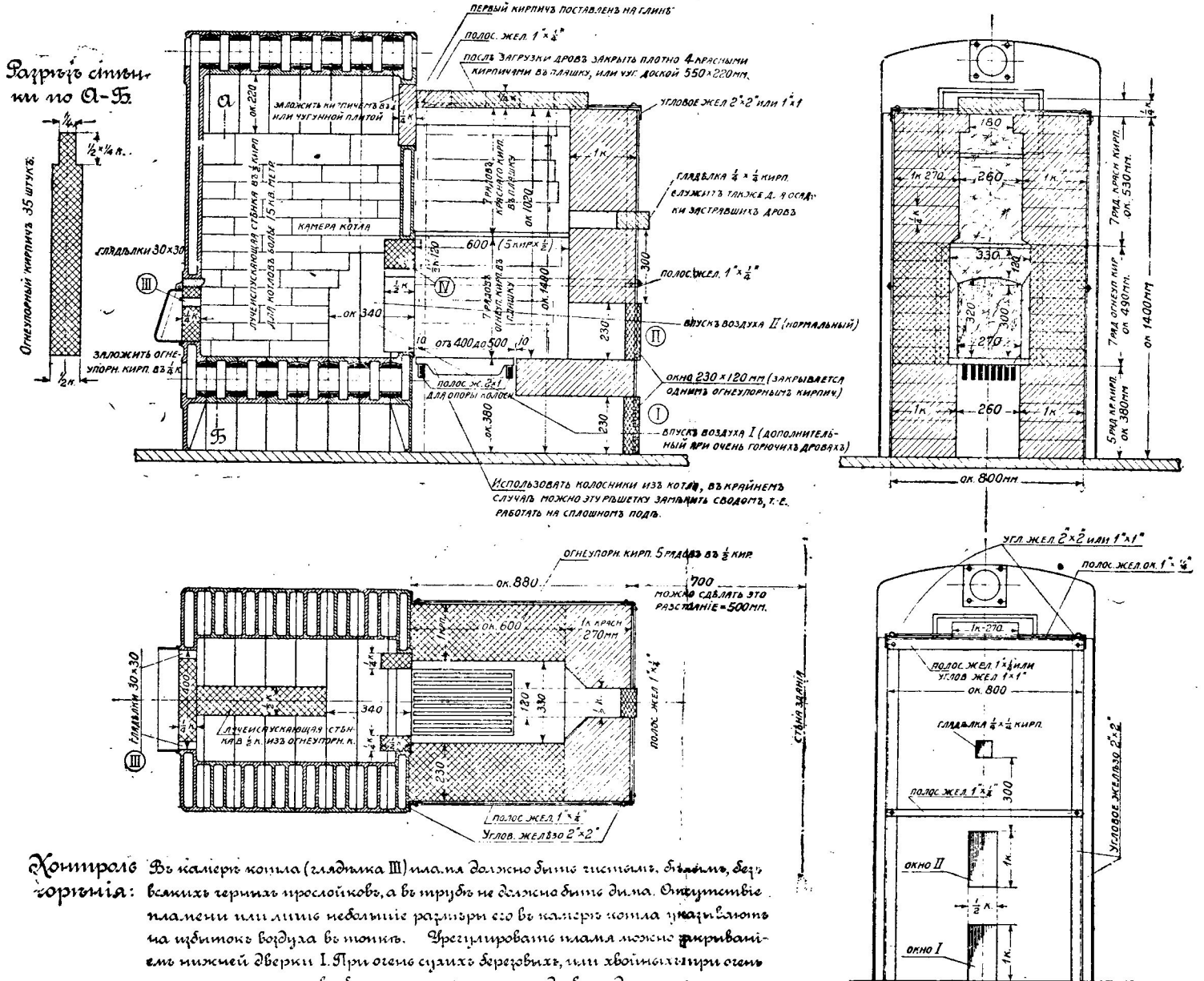
Видъ по стрѣлкѣ В.
Разрѣзь по ЕФ.



Шахтная дровяная топка к грузинскому котлу

$H_k = 17,7$ кв. метра (номинально).

При разрыхлении в камере котла в 1,5 м/м в.см. теплопроизводительность котла = 125.000 кал. в час (в дровах 4 м/м в.см.) Расход в.с. дров В ок. 50 кл./час.
При разрыхлении в камере котла в 2,5 м/м в.см. теплопроизводительность котла = 165.000 кал. в час (в дровах 5,5 м/м в.см.).
Вязкость шахты при березовых дровах соответствует $1\frac{1}{2}$ час. расходу.
Коэффициент полезного действия котла = ок. 80%.



Контроль горения: В камере котла (гладышка III) пламя должно быть тихим, быстрое, без всяких герминов прослойки, а в трубе не должно быть дыма. Отсутствие пламени или лишь небольшие размеры его в камере котла указывают на щели в трубе в топке. Регулировать пламя можно закрыванием нижней дверки I. При очень сухих березовых, или хвойных дровах, можно расколотить и водить легко зажигающихся дровах, держатся краем окна II и окно I. се открытыми.

Расстонка: Запалите шахту дровами мелкой расстонки, проложите между нижними полыми или "растолку" (бер. коры, суха щепки и пр.), зажгите, растолку герминов окно II. Во время разогрива щепки держатся окно I закрытым, а окно II открывают на половину. За горением следите по гладышке III. В случае появления дыма - откройте окно I до исчезновения дыма.

Отсутствие пламени при прогретой шахте указывает на то, что дрова в шахте застряли (густота), или слишком крупны и сухи.

Загрузка: новую дровь производите до опускания уровня дров ниже верха газового окна (точка IV). При окончании работы котла для быстрого и экономного выжигания оставшегося топлива - закройте после окончания дров ниже точки IV верхнее окно II, откройте полностью окно I.

Расход кирпича: красного около 200 шт. огнеупорного " 90 " и кроме того на мушкетерскую перегородку - 35 шт.
Работа: 1 человек и 1 рабочий во время 2-х дней.

Оборудование

- красной кирпич
- огнеупорный кирпич