

В. П. ПАНТЕЛЪЕВЪ.

ИНЖЕНЕРЪ - ТЕХНОЛОГЪ.

# ВОДА, ТОПЛИВО, ПЕЧИ.

---

Руководство для техническихъ и промышленныхъ  
училищъ.

---

Съ 105 рис. въ текстѣ.

---

**Книгоиздательство К. И. Тихомирова.**  
Москва, Кузнецкій Мостъ, д. Запрудный.

1913.

# Книгоиздательство К. И. ТИХОМИРОВА.

## БИБЛИОТЕКА РУКОВОДСТВЪ

по сельскому строительству, ремесламъ и производству.

- Барсовъ К.—Какъ возводить огнеупорн. постройки. Ц. 4 коп.
- Вараксина Э. И.—Практическое руководство къ производству кровельной черепицы. Ц. 15 коп.
- Горностаевъ Ф. В.—Руководство по деревочному производству, выдѣлкѣ шнуровыхъ ремней и плетению половиковъ и матовъ. Съ 40 рис. Ц. 25 коп.
- Даниловъ Ф. А.—Что такое здоровая шпелевая вода и какъ она получается. Ц. 8 коп.
- Его же.—Волшебный фонарь. Устройство его и способъ употребленія. Картины для волшебнаго фонаря. Съ рис. Ц. 60 коп.
- Дмитриевъ.—Крестьянскія кирпичныя избы и черепичныя крыши. Ручная выдѣлка кирпича и черепицы. Ц. 10 коп.
- Его же.—Крестьянскія холодныя усадебныя постройки изъ огнеупорныхъ материаловъ. Ц. 10 коп.
- Клюге Э.—Мочка льна въ мочилахъ и механическая обработка его. Съ 16 табл. конструктор. чертежей и рисунковъ. Ц. 40 коп.
- Лейхманъ Л. К., инж.-техн.—Окраска войлъ. Ц. 5 коп.
- Маръ.—Мыловареніе въ малыхъ и среднихъ размѣрахъ, съ указаніемъ, какъ выстроить заводъ. О свѣцахъ изъ сала. Съ 9 рисунками. Ц. 10 коп.
- Милишинъ И.—О возведеніи дешевыхъ огнеупорныхъ сельскихъ построекъ. Ц. 10 коп.
- Народы и промыслы Россіи.—Для чтенія въ школахъ и дома. Съ рис. Ц. 25 коп.
- Назаровъ Г.—Кожевенное дѣло. Выдѣлка овчины. Изд. 3-е. Ц. 10 коп.
- Нетыкса М.—Сокращенное руководство столярнаго ремесла. Съ 352 рис. Ц. 1 руб.
- Его же.—Краткое руководство кузнечнаго дѣла, составленное для лицъ, начинающихъ работать, а также техническихъ и ремесленныхъ школъ. Съ 232 рис. Ц. 60 коп.
- Его же.—Краткое руководство слесарнаго дѣла. Съ 255 рис. Ц. 60 коп.
- Его же.—Краткое руководство токарнаго дѣла по дереву, составл. для лицъ, начинающихъ работать. Съ 83 рис. Ц. 30 коп.
- Его же.—Краткое руководство жестяичнаго дѣла. Составл. для кустарей и мастеровыхъ. Съ 285 рис. и 7 табл. Ц. 75 коп.
- Его же.—Краткое руководство кузнечно-котельнаго дѣла съ 460 рис. и табл. Составл. для кустарей, а также техническихъ и ремесленныхъ школъ. Ц. 1 руб. 50 коп.
- Его же.—Отдѣлка и украшеніе поверхности деревянныхъ работъ.—Фанеровка. Пинкрустація. Мозаика. Выжиганіе. Забрызгиваніе. Травленіе и проч. Съ 134 политипаж. въ текстѣ и 3-мя хромотографированными таблицами. Ц. 1 руб.
- Его же.—Руководство плоской рѣзбы по дереву. Съ 208 политипажами и 14 табл. чертежей. Своб. перев. съ нѣм. со многими дополненіями. Ц. 1 руб. 25 коп.
- Его же.—Черченіе для ремесленниковъ и кустарей. Общій курсъ А. Съ атласомъ въ 30 табл. чертежей. Ц. 1 руб.
- Его же.—Черченіе и рисованіе для ремесленниковъ и кустарей. Общій курсъ Б. Съ атласомъ въ 16 таблицъ чертежей. Ц. 50 коп.
- Его же.—Черченіе и размѣтка для мастеровыхъ. В. Для котельныхъ размѣтчиковъ. Съ атласомъ въ 54 табл. чертежей. Ц. 1 руб. 75 коп.
- Его же.—Черченіе для мастеровыхъ. Г. Курсъ для размѣтчиковъ механическаго цеха. Съ атласомъ въ 24 таблицы чертежей. Ц. 1 руб. 50 коп.
- Его же.—Черченіе и размѣтка для мастеровыхъ. Д. Для столяровъ и модельщиковъ. Съ атласомъ въ 53 табл. и 115 политипаж. Ц. 2 руб.
- Никитинскій Я., проф.—О камennomъ угаѣ. Ц. 15 коп.
- Орловъ Е. И.—Катехизисъ химич. произв. Вып. 1.—Сѣрнистое производство. Справочная книга для сѣриковъ, заводскихъ химиковъ и студентовъ. Ц. 50 коп.
- Его же.—Катехизисъ химич. произв. Вып. 2.—Жиры, жиры, мыловареніе и глицериновое производство. Съ .
- Его же.—Техническій анализъ. Оборудование заводовъ, фабрикъ, заводовъ, фабрикъ и сельско-хозяйств. матеріаловъ для пользованія въ заводовъ, фабрикъ. Анализъ газовый технич. анализъ. Ц. 65 коп.
- Его же.—Техническій анализъ. Вып. 2.—Анализы по крупнозаводской химической промышленности. Съ 10 рис. и 12 табл. Ц. 75 коп.
- Его же.—Технич. анализъ. Вып. 3.—Вода, топливо; дополн. къ техн. газовому анализу, изложенному въ 1-мъ вып. Ц. 75 коп.
- Его же.—Технич. анализъ. Вып. 4.—Анализъ силикатовъ, глинъ и стеновъ; анализъ цементовъ; анализъ удобреньевъ. Съ рис. Ц. 1 руб. 25 коп.
- Его же.—Технич. анализъ. Вып. 10.—Анализъ сырыхъ матеріаловъ, употребляемыхъ при химической обработкѣ веществъ, промѣ пигментовъ. Ц. 1 руб. 50 коп.



**Т-во СКОРОПЕЧАТНИ А.АЛЕВЕНСОНЪ**  
**Москва, Тверская, ТРЕХПРУДНЫЙ ПЕР., сов. д.**  
**1913.**

## ОТЪ АВТОРА.

Крайне затрудняясь въ выборѣ подходящаго по содержанию и объему руководства по химической технологіи воды, топлива и печей, я счелъ необходимымъ издать по выработанной мною программѣ краткій курсъ этого предмета, преподаваемый уже въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ воспитанникамъ Московскаго Промышленнаго училища.

Встрѣчающіеся въ этомъ курсѣ недочеты и пробѣлы по нѣкоторымъ отдѣламъ, сжатость изложенія и выпускъ многихъ рисунковъ и чертежей—объясняется желаніемъ соразмѣрить это руководство съ тѣмъ временемъ, какое отводится для прохожденія этого предмета въ училищахъ (2—3 ч. годовыхъ въ недѣлю), а также—удешевить изданіе.

Для желающихъ болѣе подробно изучить интересующіе ихъ вопросы, при каждомъ отдѣлѣ приведено указаніе на литературу изучаемаго предмета, главнымъ образомъ на русскомъ языкѣ.

Что касается отдѣла печей, то въ немъ намѣренно выпущены конструкціи ихъ для спеціальныхъ производствъ, и все изложеніе имѣетъ общій характеръ для болѣе осмысленнаго отношенія къ этому рода аппаратамъ и конструированіе послѣднихъ; при этомъ нѣкоторыя данныя изложены по теоріи покойнаго профессора С.-Петербургскаго Технологическаго Института А. К. Крупскаго, который, одинъ изъ немногихъ, старался обобщать и освѣщать съ научной стороны значеніе и дѣйствіе какъ всей печи, такъ и отдѣльныхъ составныхъ частей ея.

Кромѣ указанныхъ выше отдѣловъ въ этотъ курсъ введенъ еще краткій очеркъ изъ курса теплоты, имѣющій практическое примѣненіе, напр., при измѣреніи температуръ, расширеніи тѣлъ, опредѣленіи теплоотдачи и пр.

Что касается методовъ изслѣдованія разсматриваемыхъ въ этомъ курсѣ матеріаловъ и продуктовъ, то сложные способы химическаго анализа ихъ выпущены и приведены исключительно наиболѣе простѣйшіе техническіе приемы по оцѣнкѣ воды, топлива и дымовыхъ газовъ.

# ВОДА.

## Вода въ природѣ.

### Количество воды.

Вода въ природѣ находится въ видѣ дождевой, рѣчной, морской и воды источниковъ. Годовое количество метеорной воды для различныхъ мѣстъ бываетъ различно; такъ средняя высота метеорныхъ осадковъ выражается въ стм. для

Мадрида . . . . .	25 стм.	Гановера . . . . .	58 стм.
Вѣны . . . . .	45 »	Рима . . . . .	78 »
Петербурга . . . . .	46 »	Генуи . . . . .	118 »
Берлина . . . . .	57 »		

и въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ доходитъ до 481 стм.

Около половины всей выпадающей метеорной воды (менѣ зимой и наибольшее количество лѣтомъ) испаряется снова въ атмосферу, а другая часть собирается въ ручьи, рѣки, озера, моря или, просачиваясь въ почву, даетъ начало образованію различныхъ ключей и источниковъ. Количество воды въ рѣкахъ бываетъ также различно, такъ напр., измѣренія протекающей воды въ куб. метр. въ секунду въ различныхъ рѣкахъ дали слѣдующіе результаты

Дунай—8500 куб. мтр.
Одеръ—отъ 32—138 куб. мтр.
Рейнъ—1500—9000 куб. мтр.

### Составъ естественныхъ водъ.

Химически-чистой воды въ природѣ не встрѣчается; природная вода всегда содержитъ болѣе или менѣе значительное количество растворимыхъ или взвѣшенныхъ примѣсей, что зависитъ отъ различныхъ условій, какъ-то: времени года, мѣстности, состава почвы и пр. и пр.

Метеорная—дождевая или снѣговая вода всегда содержитъ составныя части атмосфернаго воздуха; такъ, одинъ литръ дождевой воды въ январѣ при 4° Ц. содержитъ 32,4 куб. с., въ июнѣ при 15° Ц.—24,9 куб. с. газовъ, состоящихъ изъ:

	январь	июнь
Кислорода . . . . .	31,8%	27,0%
Азота . . . . .	61,5%	64,2%
Углекислоты . . . . .	6,7%	8,8%

Во время грозы обыкновенно дождевая вода содержитъ небольшое количество перекиси водорода.

По анализамъ, произведеннымъ англійской комиссией, найдено, что 1 литръ дождевой воды содержитъ:

Органическаго углерода . . . . .	0,27—3,72	млгр.
» азота . . . . .	0,03—0,66	»
Амміака . . . . .	0,11—0,80	»
Азота въ нитратахъ . . . . .	0,03—0,40	»

Содержаніе амміака въ дождевой водѣ колеблется въ значительномъ размѣрѣ въ зависимости отъ того, когда взята проба воды—въ началѣ дождя, или же по истеченіи нѣкотораго времени; такъ было опредѣлено амміакъ въ 5 порціяхъ:

въ 1-мъ литр. дождевой воды . . . . .	6,59	млгр. амміака.
» 1,0 » » » . . . . .	3,07	» »
» 2,0 » » » . . . . .	1,40	» »
» 2,0 » » » . . . . .	0,39	» »
» 3,55 » » » . . . . .	0,36	» »

Въ среднемъ въ 9,55 литрахъ было найдено 1,52 млгр. амміака въ литрѣ. Кромѣ амміака весьма часто въ метеорныхъ осадкахъ наблюдается присутствіе азотной и азотистой кислотъ и хлористаго патрія.

Присутствіе амміака въ осадкахъ наблюдается большей частью вѣдствие происходящихъ на земной поверхности гнилостныхъ процессовъ разложенія азотосодержащихъ веществъ, а также пѣз дымовыхъ газовъ; поэтому дождевая вода, собранная вдали отъ городовъ и жилищъ, весьма часто не содержитъ этой примѣси.

Въ мѣстностяхъ, гдѣ употребляютъ топливомъ каменный уголь, метеорные осадки весьма часто содержатъ сѣрную кислоту, количество которой колеблется отъ 4 п до 91,8 млгр. въ литрѣ дождевой воды.

Ключевая и колодезная вода содержитъ крайне разнообразныя по качеству и количеству растворимыя примѣси, въ зависимости главнымъ образомъ отъ состава и свойства грунта земли, по которой она протекаетъ.

Кислородъ, содержащійся въ метеорной водѣ, обыкновенно идетъ на окисленіе органич. веществъ почвы, а также различныхъ соединений желѣза и марганца; поэтому ключевая или колодезная вода обыкновенно содержитъ или небольшое количество кислорода, или же послѣдняго совсѣмъ не содержитъ.

Артезианская вода глубокихъ колодцевъ совершенно свободна отъ примѣсей кислорода.

Что касается угольной кислоты, то въ водѣ послѣдняя содержитсяъ или въ связанномъ состояніи въ видѣ среднихъ углекислыхъ солей, въ полусвязанномъ—въ видѣ кислыхъ углекислыхъ соединений, или, наконецъ, въ растворѣ въ свободномъ видѣ.

Большинство ключевой воды содержитъ углекислоту въ полусвязанномъ состояніи, т.-е. въ видѣ двууглекислаго кальція или магнія, чѣмъ обуславливается большая или меньшая такъ называемая временная жесткость воды.

Присутствіе же сѣрнокислыхъ солей этихъ металловъ обуславливаетъ—постоянную жесткость; а сумма первой и второй жесткости—общую жесткость.

При этомъ нужно имѣть въ виду, что вода глубокихъ артезианскихъ колодцевъ въ большинствѣ случаевъ содержитъ довольно значительное количество сѣрнокислыхъ и двууглекислыхъ солей кальція и магнія, что придаетъ водѣ большую жесткость; такъ, напр., артезианская вода—на глубинѣ 35 саж.—Казанскихъ пороховыхъ заводовъ имѣетъ слѣд. составъ въ 1 литрѣ въ гр.:

плотнаго остатка при 130° Ц. . . . .	1,4540 гр.
окси кальция (CaO) . . . . .	0,3936 >
окси магнія (MgO) . . . . .	0,1097 >
сѣрнаго ангидрида (SO <sub>2</sub> ) . . . . .	0,5848 >
углекислоты (CO <sub>2</sub> ) связанной . . . . .	0,1034 >
углекислоты (CO <sub>2</sub> ) свободной . . . . .	0,0190 >
кремнезема (SiO <sub>2</sub> ) . . . . .	0,0194 >
хлора (Cl) . . . . .	0,0400 >

Общая жесткость 97,71 французск. град., или 54,72 нѣм. град.\*). Изъ 100 анализовъ ключевыхъ и колодезныхъ водъ въ литрѣ воды содержится:

солей углекислыхъ . . . . .	0,006 — 1,6	гр.
» хлористыхъ . . . . .	0,002 — 11,21	>
» сѣрнокислыхъ . . . . .	слѣды— 2,6	>

\*) 1° нѣмецкій соотвѣтствуетъ 1 ч. CaO въ 100.000 ч. воды.  
1° французскій > 1 ч. CaCO<sub>3</sub> въ 100.000 ч. воды.

солей азотнокислых . . . . .	0,0004— 0,277 гр.
кремневой кислоты . . . . .	0,001 — 0,6 »
фосфорной » . . . . .	слѣды — 0,039 »
окиси желѣза и алюминія . . . . .	слѣды— 0,023 »
органическихъ веществъ . . . . .	слѣды— 0,19 »

Между подземными водами имѣются также воды, содержащія въ растворѣ значительное количество поваренной соли, извести, сѣрнистыхъ соединений, солей желѣза, углекислоты и др.

Такия воды носятъ общее названіе минеральныхъ водъ и въ нашъ курсъ, какъ не имѣющія значенія для техники, при описаніи не войдутъ.

Рѣчная и прудовая вода въ растворѣ содержитъ различныя примѣси какъ по качеству, такъ и по количеству, что зависитъ отъ многихъ условій, какъ-то почвы, по которой протекаетъ вода, времени года и пр.

Чтобы иллюстрировать это примѣрами, приведемъ составъ примѣсей, растворенныхъ въ водѣ нѣкоторыхъ прудовъ и рѣкъ.

Прудовая вода на новой ткацкой фабрикѣ Саввы Морозова имѣла слѣдующій составъ:

Сухого остатка послѣ высушиванія въ литрѣ . . . . .	0,2400 гр.
» » » прокаливанія въ литрѣ . . . . .	0,2010 »
Потеря при прокаливаніи . . . . .	0,0390 »
Сѣрной кислоты (SO <sub>2</sub> ) . . . . .	0,0350 »
Окиси кальція (CaO) . . . . .	0,0510 »
Окиси магнія (MgO) . . . . .	0,0133 »
Хлора (Cl) . . . . .	0,0312 »
Углекислоты связанной (CO <sub>2</sub> ) . . . . .	0,0290 »
Азотной кислоты (N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) . . . . .	слѣды
Окиси алюминія и желѣза (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) . . . . .	0,0161 »
Кислорода на окисленіе органическихъ веществъ . . . . .	0,0102 »
Жесткость 6,96° нѣмецк. = 12,43° Франц.	

Если скомбинировать полученные данныя анализа въ химическія соединенія, то получимъ, что эта вода содержитъ въ 1 литрѣ въ гр. слѣдующее количество солей.

Сѣрнокислый кальцій (CaSO <sub>4</sub> ) . . . . .	0,0595 гр.
Углекислый кальцій (CaCO <sub>3</sub> ) . . . . .	0,0325 »
Углекислый магній (MgCO <sub>3</sub> ) . . . . .	0,0279 »
Хлористый кальцій (CaCl <sub>2</sub> ) . . . . .	0,0172 »
Хлористый натрій (NaCl) . . . . .	0,0330 »

Составъ и количество растворимыхъ примѣсей рѣчной воды колеблется въ довольно широкихъ размѣрахъ даже для одной и той же



рѣки.—Вода изъ рѣки Клязьмы въ Орѣхово-Зуевѣ содержитъ слѣдующее количество примѣсей:

Плотный остатокъ, высушен. 110—130°, въ 1 литр. . . . .	0,1644	гр.
» » послѣ прокаливанія . . . . .	0,1280	»
Летучихъ веществъ . . . . .	0,0364	»
Окиси кальція (CaO) . . . . .	0,0412	»
Окиси магнія (MgO) . . . . .	0,0132	»
Сѣрной кислоты (SO <sub>2</sub> ) . . . . .	0,0064	»
Хлора (Cl) . . . . .	0,0063	»
Окиси натрія (Na <sub>2</sub> O) и окиси калия (K <sub>2</sub> O) . . . . .	0,0158	»
Углекислоты связанной (CO <sub>2</sub> ) . . . . .	0,0506	»
» свободной (CO <sub>2</sub> ) . . . . .	0,0781	»
Кислорода на окисленіе органич. веществъ . . . . .	0,0089	»
Кремневой кислоты (SiO <sub>2</sub> ) . . . . .	0,0104	»
Окиси желѣза (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) . . . . .	0,0068	»
Азотной кислоты (HNO <sub>3</sub> ) . . . . .	слѣды	»
Амміака (NH <sub>3</sub> ) . . . . .	слѣды	»
Жесткость 5,97° нѣмецкихъ.		

Морская вода содержитъ главнымъ образомъ въ большомъ количествѣ поваренную соль, сѣрнокислый и хлористый магній, чѣмъ и обуславливается соленый и горько-соленый вкусъ воды. Въ среднемъ въ литръ морской воды можно принять слѣдующее содержаніе солей въ гр.:

Хлористаго натрія (NaCl) . . . . .	27	гр.
» магнія (MgCl <sub>2</sub> ) . . . . .	3,6	»
Сѣрнокислаго магнія (MgSO <sub>4</sub> ) . . . . .	2,3	»
» кальція (CaSO <sub>4</sub> ) . . . . .	1,4	»
Хлористаго калия . . . . .	0,7	»

Для большей иллюстраціи приведемъ анализы воды Балтійскаго, Азовскаго, Чернаго и Каспійскаго морей.

	Балтійское море.	Азовское море.	Черное море.	Каспійское море.
NaCl . . . . .	4,4643	9,658	14,019	8,527
KCl . . . . .	0,0822	0,128	0,189	—
MgCl <sub>2</sub> . . . . .	0,5011	0,887	1,303	0,304
MgBr <sub>2</sub> . . . . .	—	0,003	0,005	—
CaSO <sub>4</sub> . . . . .	0,3509	0,288	0,105	1,074
MgSO <sub>4</sub> . . . . .	0,2394	0,764	1,470	3,349
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	0,0473	0,022	0,359	—
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	0,0738	0,129	0,209	0,080
SiO <sub>2</sub> . . . . .	0,0211	—	—	—
Органич. веществъ.	—	слѣды	слѣды	—
Уд. вѣсь . . . . .	—	1,0009	1,0139	1,0084

## Значеніе примѣсей воды на ея употребленіе.

Вольшее или меньшее значеніе примѣсей въ водѣ при ея употребленіи зависитъ отъ тѣхъ цѣлей, для которыхъ предназначена вода, такъ какъ послѣдняя для однѣхъ цѣлей можетъ быть вполне пригодной, для другихъ та же вода можетъ оказаться даже вредной.

Судить о достоинствѣ воды нужно не только по качеству и количеству содержащихся въ ней примѣсей, но также необходимо обращать вниманіе, для какой цѣли предназначается вода. Поэтому здѣсь мы рассмотримъ въ краткихъ чертахъ условія, которымъ должна удовлетворять хорошая вода въ примѣненіи послѣдней для нѣкоторыхъ цѣлей.

**Вода для питья.** Принимая средний вѣсъ человѣка въ 70 килогр., изъ которыхъ 40 кгр. приходится на воду, и что организмъ человѣка вслѣдствіе обмѣна веществъ ежедневно выдѣляетъ значительное количество воды, которое должно быть пополнено питьевой водой или жидкой пищей, мы приходимъ къ заключенію, что вода для человѣка, а также и животныхъ играетъ первостепенную роль. Поэтому къ хорошей питьевой водѣ надо предъявлять самыя строгія требованія. Казалось бы, что перегнанная или такъ называемая дистиллированная вода, какъ самая чистая, должна бы быть для этой цѣли идеальной, но на практикѣ оказалось, что отсутствіе въ ней нѣкоторыхъ растворимыхъ примѣсей, главнымъ образомъ минеральныхъ солей, вредно отзывается на организмѣ человѣка. Хорошая питьевая вода должна быть безцвѣтной, прозрачной и безъ запаха. При стояніи въ теченіе 8 дней въ закрытыхъ сосудахъ на свѣту при температурѣ 16—20° Ц. она не должна измѣняться и давать мути, а главное—не должна содержать растворимыхъ органическихъ веществъ и микроорганизмовъ, обуславливающихъ развитіе различныхъ болѣзней.

Такъ какъ въ настоящее время не всегда удастся доказать присутствіе въ водѣ нѣкоторыхъ микроорганизмовъ, то при опредѣленіи достоинства питьевой воды руководствуются въ большинствѣ случаевъ опредѣленіемъ въ изслѣдуемой водѣ присутствія органическихъ веществъ, а также продуктовъ распада послѣднихъ подъ вліяніемъ жизнедѣятельности микроорганизмовъ.

Таковыми продуктами обыкновенно являются амміакъ ( $\text{NH}_3$ ), хлоръ, азотная ( $\text{HNO}_3$ ), азотистая кислоты ( $\text{HNO}_2$ ) и ихъ соединенія.

Поэтому присутствіе въ водѣ даже незначительныхъ количествъ этихъ примѣсей служить указаніемъ на сомнительныя качества такой воды. Въ послѣднемъ случаѣ необходимо болѣе подробно изслѣдовать воду, и если ее нельзя замѣнить другой лучшаго качества, то слѣдуетъ озаботиться, какъ сдѣлать ее болѣе безвредной для человѣка и животныхъ, что будетъ подробно выяснено въ главѣ по очисткѣ воды.

Кромѣ этихъ требованій хорошая питьевая вода не должна быть очень жесткой, выше 20—30° нѣм., и колебаніе температуры въ различные времена года должно быть незначительно. Въ среднемъ температура ея должна быть 10—12° Ц.

Для полноты данныхъ по оцѣнкѣ хорошей воды, годной для питья, не лишнее здѣсь будетъ привести нормы содержанія въ ней различныхъ веществъ.

Органическихъ веществъ (кислорода на окисленіе органическихъ веществъ въ литрѣ) не болѣе 3 млгр.

Амміака—не болѣе 0,02 млгр. въ литрѣ.

Азотной кислоты—не болѣе 20 млгр. въ литрѣ.

Вода для паровыхъ котловъ. Пригодность воды для питанія паровыхъ котловъ опредѣляется обыкновенно по жесткости ея, т.-е. способности образовать накипь, а также по разрушающему дѣйствію ея на стѣнки котла, если въ водѣ содержатся вещества кислотнаго характера, хлористый магній и жировыя вещества. Въ образованіи накипи на стѣнкахъ котла принимаютъ участіе главнымъ образомъ сѣрнокислыя и двууглекислыя соли кальція и магнія.

Котельная накипь въ зависимости отъ состава примѣсей въ водѣ бываетъ различна; такъ по изслѣдованію Вагнера накипь состоитъ изъ:

извести (CaO) . . . . .	отъ 34,13 до 49,54%
магnezин (MgO) . . . . .	» 0,25 » 6,69%
окиси желѣза и алюминія (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> и Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) . . . . .	» слѣды » 5,28%
сѣрной кислоты (SO <sub>3</sub> ) . . . . .	» 0,95 » 56,94%
углекислоты (CO <sub>2</sub> ) . . . . .	» слѣды » 35,66%
кремнекислоты (SiO <sub>2</sub> ) . . . . .	» слѣды » 1,07%
нерастворимаго остатка . . . . .	» 0,48 » 5,65%

Такимъ образомъ котельная накипь состоитъ главнымъ образомъ изъ гипса (CaSO<sub>4</sub>), мѣла (CaCO<sub>3</sub>) и частью углекислаго магнія (MgCO<sub>3</sub>).

Послѣднія двѣ соли, осаждающіяся въ паровомъ котлѣ, вслѣдствіе удаленія изъ воды углекислоты, не представляютъ большой опасности для котла, ибо накипь получается всегда въ видѣ рыхлой массы, слабо пристающей къ желѣзнымъ стѣнкамъ котла.

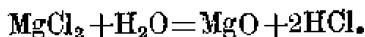
Наоборотъ же вода, содержащая значительное количество гипса, даетъ накипь плотную и сильно пристающую къ стѣнкамъ котла.

Вслѣдствіе образованія въ котлѣ слоя накипи тратится значительно больше для парообразованія топлива; такъ по изслѣдованію оказывается, что потеря топлива прямо пропорціональна толщинѣ слоя накипи.

4%	при	накипи	въ	1/32	дюйма	толщиною.
38%	»	»	»	1/4	»	»
90%	»	»	»	3/4	»	»

При содержаніи въ накипи значительнаго количества солей магнія эта потеря будетъ болѣе, чѣмъ при накипи, состоящей исключительно изъ солей кальція.

Кромѣ солей кальція и магнія весьма вредной примѣсью въ водѣ, при питаніи послѣдней паровыхъ котловъ, является хлористый магній ( $MgCl_2$ ), который, подѣ влияніемъ высокаго давленія, можетъ разложиться по слѣдующему уравненію:



Выдѣляющаяся же соляная кислота дѣйствуетъ разрушительно на желѣзные стѣнки котла.

Такимъ образомъ этихъ примѣровъ будетъ вполне достаточно, чтобы судить, какими качествами должна обладать вода для питанія паровыхъ котловъ и что непригодная вода для питья по содержанію, напр., вредныхъ микроорганизмовъ можетъ въ данномъ случаѣ, т.-е. для питанія паровыхъ котловъ, быть весьма желательной.

Вода для домашняго употребленія, напр., для мытья съ употребленіемъ мыла, не должна содержать большого количества солей кальція и магнія. Послѣднія съ мыльнымъ растворомъ даютъ нерастворимыя въ водѣ соединенія, и такимъ образомъ происходитъ бесполезная потеря мыла, такъ напр., 1 литръ воды въ 25° жесткости уничтожаетъ 3 гр. хорошаго мыла.

Помимо потери мыла образовавшійся нерастворимый осадокъ осаждается на волокнахъ вымываемыхъ тканей и при высушиваніи послѣднихъ придаетъ имъ нежелательную грубость, а также непріятный запахъ. Овощи въ жесткой водѣ развариваются весьма плохо, точно такъ же, какъ и приготовленіе чая и кофе на подобной водѣ хуже, чѣмъ на мягкой.

Качество воды, примѣняемой въ строительномъ дѣлѣ, также имѣетъ значеніе; весьма часто на кирпичной кладкѣ появляются бѣловатые, желтые, зеленые и даже черныя пятна. Бѣлые налеты состоятъ изъ сѣрнокислыхъ солей магнія, кальція и натрія. Появленіе зеленыхъ пятенъ обусловливается большей частью присутствіемъ въ водѣ, употребляемой для постройки, нѣкоторыхъ водорослей, и, наконецъ, черныя пятна происходятъ отъ содержащихся въ водѣ особаго рода грибковъ.

Вода для техническихъ производствъ въ зависимости отъ самаго производства должна примѣняться строго опредѣленныхъ качествъ и не содержать тѣхъ или другихъ примѣсей; такъ напр., вода для писчебумажныхъ заводовъ, красильныхъ фабрикъ не должна содержать солей желѣза, такъ какъ послѣднія на товарѣ даютъ нежелательныя пятна и портятъ его. Кромѣ того, соленая и жесткая вода портитъ клей, краску, сита бумажной машины и пр.

Присутствіе въ водѣ значительнаго количества хлористыхъ солей вредно отзывается при употребленіи воды на кожевенныхъ заводахъ, такъ какъ въ такой водѣ плохо дубятся кожи и пр. и пр.

### Очистка воды.

Познакомившись съ качествомъ встрѣчающейся въ природѣ воды и съ тѣми требованіями, которымъ должна удовлетворять вода для различныхъ цѣлей, мы перейдемъ теперь къ описанію способовъ, при помощи которыхъ возможно производить очистку воды.

Грунтовая, особенно съ большой глубины, и ключевая воды представляются обыкновенно достаточно чистыми и развѣ только иногда нуждаются въ очисткѣ отъ растворимыхъ солей кальція и магнія, т.-е. въ пониженіи жесткости, а также въ очисткѣ ихъ отъ соединеній желѣза.

Что же касается поверхностныхъ водъ, т.-е. озерныхъ, рѣчныхъ, прудовыхъ и морскихъ, то онѣ въ большинствѣ случаевъ не могутъ обойтись безъ соотвѣтственной очистки.

Для очистки воды существуетъ нѣсколько способовъ, при чемъ мы здѣсь будемъ разсматривать только тѣ, которые можно примѣнять въ большихъ размѣрахъ.

Разсматривая всѣ способы очистки, можно ихъ подвести подъ двѣ большія группы, а именно на способы очистки воды отъ суспензированныхъ веществъ, находящихся въ водѣ въ видѣ сора, ила, песка и пр., и вторая группа очистки будетъ вмѣщать способы очистки отъ растворенныхъ въ водѣ веществъ. Первый методъ представляетъ чисто физическій процессъ, заключающійся или въ отстаиваніи воды отъ сора и грязи или въ фильтрованіи ея черезъ особые фильтры, или же въ комбинаціи отстаиванія съ фильтраціей.

Второй методъ очистки воды отъ растворенныхъ въ ней веществъ будетъ чисто химическій, заключающійся въ томъ, что къ очищенной водѣ прибавляютъ такихъ веществъ (реагентовъ), которыя способны съ растворимыми въ водѣ соединеніями давать нерастворимые осадки, удаляемые уже при помощи перваго метода, т.-е. отстаиваніемъ, или фильтраціей.

Кромѣ указанныхъ способовъ существуетъ методъ очистки воды перегонкой, или дистилляціей, примѣнимый исключительно въ морскомъ плаваніи и въ нѣкоторыхъ приморскихъ городахъ, гдѣ трудно найти прѣсную воду.

Конечно, при помощи дистилляціи получается вода совершенно чистая, но стоимость очистки этимъ приемомъ слишкомъ дорога.

Наконецъ, въ послѣднее время для очистки питьевой воды, главнымъ образомъ отъ вредныхъ микроорганизмовъ, стали примѣнять

электричество, при помощи котораго получают дезинфицирующее вещество—озонъ, губительно дѣйствующій на микроорганизмы; но этотъ способъ сравнительно дорогъ. Болѣе дешевый способъ обеззараживанія воды состоитъ въ прибавленіи къ послѣдней хлора въ видѣ бѣлильной извести.

Разсмотрѣвъ въ общихъ чертахъ методы очистки воды, мы перейдемъ теперь къ болѣе детальному обзору каждаго изъ нихъ.

### Отстаиваніе.

Этотъ методъ очистки воды основанъ на томъ, что песчинки и иловыя частицы (уд. в. около 2,5), находящіяся въ плавающемъ состояніи вслѣдствіе скорости теченія воды, могутъ осаждаться изъ послѣдней при спокойномъ состояніи воды, или же при уменьшеніи скорости ея.

Вмѣстѣ съ этими частицами осаждаются также и значительное количество микроорганизмовъ.

Продолжительность отстаиванія зависитъ отъ качествъ находящихся въ водѣ примѣсей и бываетъ весьма различна, такъ напр., нѣкоторыя воды требуютъ для этой цѣли цѣлыя недѣли, въ другихъ же отстаиваніе примѣсей происходитъ въ теченіе одного дня и менѣе.

Количество выдѣлившихся при отстаиваніи веществъ для одной и той же воды пропорціонально продолжительности отстаиванія, что видно изъ нижеслѣдующихъ наблюденій.

Послѣ 24 час. отстаиванія выдѣл.	62%	отъ	содержащ.	въ	водѣ	примѣс.
» 48 »	»	»	68%	»	»	»
» 72 »	»	»	72%	»	»	»
» 96 »	»	»	76%	»	»	»

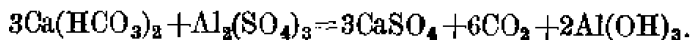
Если вода послѣ отстаиванія подвергается фильтраціи, то 24 часа для предварительнаго отдѣленія примѣсей изъ воды надо считать вполне достаточнымъ.

Для ускоренія выдѣленія изъ воды примѣсей при отстаиваніи весьма часто въ настоящее время примѣняютъ такъ называемые коагулянты, т.-е. такія вещества, которыя съ растворимыми веществами воды даютъ студенистые осадки, а послѣдніе, падая на дно, быстрѣе увлекаютъ содержащійся въ водѣ илъ, песчинки и бактеріи.

Характеръ коагулянта и количество его зависятъ главнымъ образомъ отъ состава и количества растворимыхъ въ водѣ примѣсей и можетъ измѣняться въ широкихъ предѣлахъ, напр., отъ 0,15 до 0,8 гр. на ведро очищенной воды.

Для подобнаго опредѣленія необходимо точно знать составъ очищаемой воды и предварительно произвести съ различными коагулянтами опыты.

Для коагуляціи примѣняютъ алюминіевые квасцы— $Al_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4 \cdot 24H_2O$ , сѣрноокислый алюминій— $Al_2(SO_4)_3$ , желѣзанный купоросъ— $FeSO_4$  и др. Для того, чтобы уяснить себѣ дѣйствіе коагулянтовъ, возьмемъ воду, въ которой содержатся, положимъ, двууглекислыя соли кальція, тогда при дѣйствіи сѣрноокислаго глинозема имѣемъ слѣдующую реакцію:



Выдѣляющійся при этомъ процессѣ гидратъ алюминія— $Al(OH)_3$  въ видѣ студенистаго осадка, падая на дно, увлекаетъ за собой значительное количество ила и другихъ примѣсей, содержащихся въ водѣ, чѣмъ значительно ускоряетъ отстаиваніе воды.

Что касается отстаиванія, какъ объ этомъ было упомянуто выше, то его можно вести или уменьшая теченіе воды, т.-е. скорость, или же оставленіемъ очищенной воды на нѣкоторое время въ состояніи покоя. Отстаиваніе производится въ особо сдѣланныхъ бетонныхъ или желѣзныхъ резервуарахъ.

При первомъ способѣ—непрерывномъ отстаиваніи можно дѣлать одинъ бассейнъ, и только въ случаѣ очень мутной воды желательнo устраивать два бассейна, на случай чистки одного изъ нихъ.

При непрерывномъ отстаиваніи необходимо, чтобы скорость теченія воды въ бассейнѣ не превышала 1—2 мм. въ секунду, т.-е. на каждый литръ очищенной воды въ секунду площадь поперечнаго сѣченія резервуара была бы отъ 0,5 до 1 кв. метра и время отстаиванія было въ предѣлахъ отъ 12 до 30 часовъ, въ зависимости отъ качества очищаемой воды.

Отстойные бассейны обыкновенно устраиваются въ землѣ въ видѣ прямоугольной или квадратной формы; послѣдняя выгоднѣе, такъ какъ при одинаковой площади съ прямоугольнымъ резервуаромъ, квадратный—имѣетъ наименьшій периметръ.

Глубина резервуара при непрерывномъ способѣ отстаиванія обыкновенно дѣлается не болѣе  $1\frac{1}{2}$ —2 мтр.

При перемежающемъ отстаиваніи глубина отстойныхъ бассейновъ не должна быть менѣе 3 метр., обыкновенно дѣлають 4—6 м.

Отстойные бассейны можно дѣлать или открытыми, что дешевле, или же перекрытыми съ цѣлью предохранить воду зимой отъ замерзанія, а лѣтомъ отъ засоренія воды пылью и др. веществами.

Что касается впуска и выпуска очищаемой воды изъ отстойныхъ бассейновъ, то необходимо соблюдать здѣсь слѣдующія условія. Вода въ бассейнѣ должна какъ входить, такъ и выходить равномерно и возможно покойно вдоль всего сѣчекія резервуара, т.-е. другими словами—всѣ частицы воды должны находиться въ бассейнѣ одинаковое время.

Лучше для соблюденія вышеупомянутыхъ условій дѣлать нѣсколько впусковъ помощью вертикальныхъ трубъ отъ одной общей горизонтальной трубы, расположенной вдоль одной изъ стѣнъ бассейна. Выходъ отстаившейся воды дѣлается въ противоположной сторонѣ отъ входа съ поверхности воды или нѣсколько ниже при помощи также нѣсколькихъ трубъ.

Дно резервуара всегда дѣлаютъ съ уклономъ въ 0,01—0,02 и въ наиболѣе низкомъ мѣстѣ устраиваютъ особый колодезь, закрываемый крышкой, куда при чисткѣ бассейна собирается грязь, откуда послѣдняя и удаляется. Очистка отстойныхъ резервуаровъ производится въ зависимости отъ многихъ условій или разъ въ мѣсяць, или же иногда разъ въ годъ.

### Фильтрація.

Способъ фильтровать воду для ея очистки извѣстенъ съ глубокой древности, но научное освѣщеніе очистки воды этимъ путемъ онъ получилъ со времени развитія бактериологическаго анализа.

Дѣло въ томъ, что при неумѣломъ уходѣ за аппаратами, въ которыхъ производится очистка воды, т.-е. за такъ называемыми фильтрами, можно получить воду, хотя и прозрачную, но по содержанію въ ней микроорганизмовъ несравненно худшую, чѣмъ она была до фильтраціи.

Поэтому матеріалъ, примѣняемый для фильтраціи воды, долженъ время отъ времени очищаться и провѣтриваться отъ тѣхъ органическихъ веществъ и микроорганизмовъ, которые задерживаются въ немъ и могутъ служить матеріаломъ для обильнаго зараженія фильтрующей черезъ такой аппаратъ воды. Обычнымъ матеріаломъ для наполненія фильтра служатъ песокъ, гравій и щебень. Всѣ примѣняемые для фильтраціи аппараты можно раздѣлить на двѣ большія группы, а именно обыкновенные фильтры и такъ назыв. механическіе фильтры, гдѣ загрязненный песокъ при помощи особыхъ мѣшалокъ перемѣшивается съ водой и хорошо такимъ образомъ очищается, чтобы итти снова въ дѣло.

Обыкновенные песочные фильтры. Обыкновенный песочный фильтръ представляетъ большой открытый или закрытый резервуаръ, устроенный изъ бетона, кирпича или другого матеріала. На днѣ фильтра устраиваются дренажныя трубы, которыя сверху засыпаются слоями камня, гравія и, наконецъ, песка, крупностью отъ  $\frac{1}{3}$ —1 мм. Неочищенная вода вводится на фильтрѣ сверху съ небольшой скоростью, проходитъ черезъ фильтрующий матеріалъ и при помощи проложенныхъ на днѣ фильтра трубъ собирается въ очищенномъ видѣ въ особые сборники, изъ которыхъ уже поступаетъ по назначенію.



Примѣси, содержащіяся въ водѣ, какъ-то: илистыя частицы, песокъ и др., задерживаются главнымъ образомъ верхнимъ слоемъ песка, который время отъ времени долженъ удаляться съ фильтра.

Степень очистки воды на подобныхъ фильтрахъ зависитъ отъ скорости фильтраціи; такъ въ Германіи скорость допускаютъ не болѣе 100 мм. въ 1 часъ, въ Америкѣ наибольшей скоростью считаютъ 160 мм., хотя при этомъ пужно замѣтить, что наибольшую допускаемую скорость для данной воды необходимо опредѣлить всегда опытнымъ путемъ въ небольшомъ фильтрѣ, имѣющемъ видъ бочки.

Послѣднее необходимо въ виду экономическихъ соображеній, такъ какъ при большей скорости можно площадь фильтраціи дѣлать меньше, а слѣд. и все сооруженіе обойдется дешевле.

Что касается производительности фильтрующей поверхности, то при равныхъ прочихъ условіяхъ, эта производительность зависитъ отъ качества и количества загрязняющихъ воду веществъ; такъ, напр., 1 кв. метръ фильтрующей поверхности пропускаетъ въ 24 часа 3,5 куб. м. воды Темзы и только 1,7 куб. м. болѣе мутной воды Эльбы.

Глубина открытыхъ фильтровъ слагается изъ толщины песчаного слоя около 4 ф., толщины основанія отъ  $1\frac{1}{2}$ —3 ф., глубины воды 4—5 ф. и плюсъ 2—3 фута отъ горизонта воды въ фильтрѣ до вершины стѣнокъ; въ общемъ это составить отъ 9—12 фут.

Въ закрытыхъ фильтрахъ разстояніе отъ поверхности песка до потолка, въ виду удобства чистки, не должно быть менѣе 6 фут.

Что касается отводныхъ дренъ на днѣ фильтра, то параллельно его длинѣ прокладывается главная дрена, а перпендикулярно къ послѣдней на разстояніи 8—12 фут. одна отъ другой устраиваются сборныя дрены.

Главной дренажной трубой можетъ служить широкая глазурированная гончарная труба, бетонный или же кирпичный каналъ.

Вмыкающія сборныя дрены дѣлаются или изъ обыкновенныхъ 4—8" гончарныхъ трубъ, или же выкладываются изъ кирпича.

Сверху дренажа насыпается слой въ 6" толщиною изъ гравія, діаметромъ 1—2"; этотъ слой выравнивается, а затѣмъ на него насыпаются 3 или 4 слоя болѣе мелкаго гравія, постепенно уменьшающейсѣ кверху крупности. Каждый такой слой дѣлается толщиною  $1\frac{1}{2}$ —3", и уже на послѣдній слой насыпается слой песку, толщиною до 4 фут.

Подводъ воды на фильтры необходимо производить съ небольшою скоростью во избѣжаніе размыванія верхняго слоя песка, для чего существуетъ нѣсколько способовъ; такъ напр., въ срединѣ фильтра во всю длину его устраиваютъ желобъ, въ который и вливается вода. Наполнивши желобъ до краевъ, которые находятся на одномъ уровнѣ съ верхнимъ слоемъ песка, вода постепенно переливается на фильтръ, нисколько не размывая верхней фильтрующей поверхности.

Кромѣ подводной и отводной трубъ фильтръ долженъ имѣть особую спускную трубу для опоражниванія фильтра на случай ремонта и чистки его,—приспособленіе въ видѣ особой переточной трубы въ случаѣ переполненія фильтра, и, наконецъ, резервуаръ для фильтрованной воды, гдѣ долженъ находиться запасъ ея на 2—3-часовой расходъ.

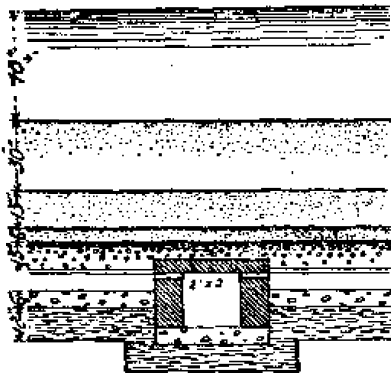


Рис. 1.

Слѣдующій рис. 1-ый представляетъ разрѣзь обыкновеннаго песочнаго фильтра, устроеннаго въ Слинснать. Сѣченіе сборнаго канала представляетъ квадратъ со стороной 2 ф. въ свѣту; сборныя дренажи—глазурованныя 6'' трубы. Основаніемъ служитъ слой жирной глины въ 12'', затѣмъ слой бетона въ 6'', дренажныя трубы съ разстояніемъ между ними 11,8 футъ. Промежутки между ними засыпаны слоемъ грубаго гравія въ 9''; выше—слой грубаго гравія—15'', мелкаго гравія 6'', грубаго песка 15'', фильтрующаго песка 30'' и слой воды 43''.

Фильтры Москворѣцкаго водопровода въ Рублевѣ спроектированы на 14 милліоновъ ведеръ въ сутки. Они раздѣлены на 4 группы, въ каждой группѣ имѣется 1 отстойникъ и 8 отдѣленій фильтра съ производительностью до 3½ милл. ведеръ въ сутки. Отстойникъ и 8 отдѣленій расположены въ 1 рядъ, ширина котораго равна 59,02 саж.; ширина отстойника=27,24 с., а cadaго изъ отдѣленій=11,35 саж.

Въ заключеніе объ обыкновенныхъ песочныхъ фильтрахъ остается упомянуть еще о чисткѣ песочнаго фильтра, промывкѣ грязнаго песка и контролѣ правильнаго дѣйствія фильтра.

Песочный фильтръ съ теченіемъ времени начинаетъ мало-по-малу зариваться, такъ что даже при наивысшемъ допускаемомъ уровнѣ воды на фильтрѣ его производительность значительно падаетъ. Это обстоятельство указываетъ, что необходимо произвести чистку фильтра, для чего съ фильтра спускаютъ воду и широкими лопатами снимаютъ верхній засорившійся слой песка на толщину 1—2'' и увозятъ его прочь. Обнажившуюся поверхность выравниваютъ граблями, и фильтръ снова готовъ къ работѣ.

При повторной чисткѣ верхняго слоя песка, общая толщина его съ теченіемъ времени постепенно уменьшается и когда достигнетъ минимальной толщины, около 24'', то къ оставшемуся слою песка прибавляютъ свѣжаго до первоначальной толщины. Это обыкновенно случается по истеченіи одного года.

Послѣ работы фильтра въ теченіе 15—20 лѣтъ рекомендуется уда-

лить весь песокъ и основаніе изъ фильтра и все помѣщеніе подвергнуть вентиляціи и стерилизаціи.

Что касается промежутка времени между двумя чистками фильтра, то послѣднее бываетъ въ предѣлахъ отъ нѣсколькихъ дней, при мутной водѣ, до нѣсколькихъ недѣль, напр. 5 или 6.

При большихъ фильтрахъ, гдѣ требуется значительное количество песка, грязный песокъ, вынутый изъ фильтра, всегда регенерируютъ, т. е. освобождаютъ отъ грязи и снова загружаютъ имъ фильтръ.

Промывка песка водой производится или въ особыхъ вращающихся барабанахъ, или же въ приборѣ, назыв. эжекторомъ, по устройству напоминающимъ обыкновенный инжекторъ, въ которомъ песокъ прогоняется изъ одного отдѣленія въ другое при помощи сильной струи воды.

Количество необходимой для промывки воды должно быть примѣрно въ 10 разъ болѣе промываемаго песка.

Для промывки небольшого количества песка можно примѣнять обыкновенный ящикъ съ покатымъ дномъ, куда насыпаютъ песокъ и, переворачивая его руками или лопатами, промываютъ сильной струей воды.

Контролированіе правильнаго дѣйствія фильтра производится, во-первыхъ, по производительности его и качеству профильтрованной воды. При большихъ установкахъ, въ особенности если вода идетъ какъ питьевой продуктъ, устраиваютъ при фильтрѣ бактериологическія лабораторіи, гдѣ профильтрованная вода изслѣдуется ежедневно на количество и качество содержащихся въ ней микроорганизмовъ. Въ Германіи существуютъ обязательныя постановленія, въ силу которыхъ вода, содержащая въ 1 куб. с. болѣе 100 бактерій, не должна поступать въ городской водопроводъ. Нефильтрованная же вода въ 1 куб. с. обыкновенно содержитъ нѣсколько тысячъ и даже десятковъ и сотенъ тысячъ микроорганизмовъ.

**Механическіе фильтры.** Принципъ очистки воды въ механическихъ фильтрахъ тотъ же, что и въ обыкновенныхъ песочныхъ съ той только разницей, что загрязнившійся песокъ при помощи особенныхъ приспособленій—мѣшалокъ, или вдуваніемъ воздуха перемѣшивается съ поступающей снизу чистой водой и такимъ образомъ освобождается отъ грязи.

Аппаратами для этой цѣли служатъ деревянные, бетонные или желѣзные закрытые или открытые резервуары, въ которыхъ песокъ помѣщается на особыхъ сѣткахъ.

Такіе фильтры нашли большое примѣненіе въ Америкѣ, гдѣ предварительно поступающая на очистку вода смѣшивается съ соответствующимъ коагулянтномъ и отстаивается въ продолженіе 3—4 часовъ, а потомъ уже фильтруется черезъ слой песка со скоростью въ 50 разъ большею,

чѣмъ при фильтраціи въ обыкновенныхъ песочныхъ фильтрахъ. Такую скорость достигаютъ увеличеніемъ толщины слоя воды до 10—12 футовъ.

Промывку песка производятъ черезъ сѣтки и мѣше; при этомъ вся операція промывки занимаетъ 15—20 минутъ, и чистой воды для этой цѣли расходуется отъ 2 до 5% отъ всего количества очищенной воды.

Механическіе фильтры изготовляются нѣсколькихъ системъ, изъ которыхъ мы остановимся на болѣе типичныхъ, а именно на фильтрѣ Рейзерта, Бреда и американскаго типа Джуэлль.

Фильтръ Рейзерта состоитъ изъ закрытаго желѣзнаго цилиндрическаго резервуара, въ которомъ вдѣланы на известномъ разстояніи два сита (f, f) изъ про-

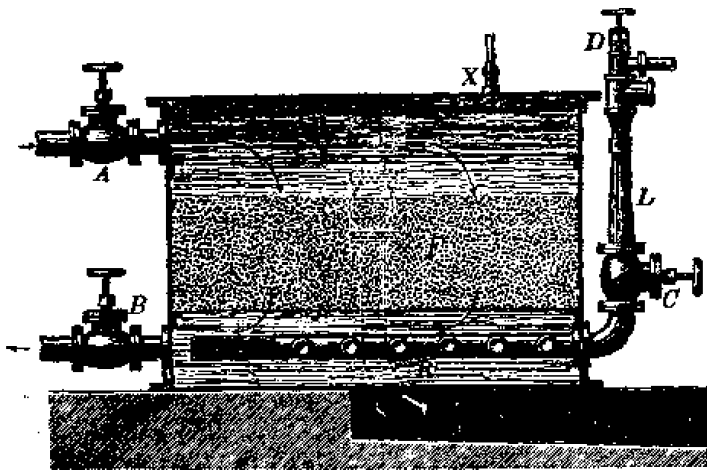


Рис. 2.

волочнаго плетенья и листового желѣза съ отверстиями (рис. 2). Промежутокъ между ситами наполненъ до  $\frac{4}{5}$  его высоты крупнымъ пескомъ F. Грязная вода поступаетъ въ фильтръ черезъ вентиль А, проходитъ черезъ песокъ F и выходитъ въ очищенномъ видѣ черезъ вентиль В.

При загрязненіи фильтра производительность его значительно убываетъ, поэтому песокъ необходимо промыть, что производится слѣдующимъ образомъ. Закрываютъ вентиль А, открываютъ для спуска грязной воды вентиль В и воздушный кранъ X. Открывая паровой кранъ D воздушнаго инжектора L, приводятъ послѣдній въ дѣйствіе. Нагнетаемый по системѣ трубъ В воздухъ проходитъ черезъ рядъ мелкихъ отверстій и съ помощью воды взмучиваетъ находящійся въ фильтрѣ песокъ, при чемъ вымываемая грязь стекаетъ по трубѣ S въ канаву. Черезъ нѣсколько минутъ дѣйствіе инжектора останавливаютъ и продолжаютъ пускать воду 2—3 минуты черезъ край В для окончательнаго удаленія грязи. Послѣ этого фильтръ снова готовъ къ дѣйствію. Операція промывки занимаетъ около 5 минутъ времени. Производительность фильтровъ зависитъ, конечно, отъ качества воды, но въ среднемъ можно считать, что 1 кв. метръ фильтрующей поверхности можетъ въ 1 часъ очистить около 8 куб. метровъ воды.

Въ случаѣ, если вода не можетъ быть очищена однимъ фильтрова-  
ніемъ, то необходимо къ послѣдней до фильтраціи прибавить соответ-  
ствующее количество коагулянтовъ, дать отстояться, а потомъ уже пустить  
на фильтръ.

Преимущество этихъ аппаратовъ, какъ вообще всѣхъ механическихъ  
фильтровъ, состоитъ въ томъ, что фильтровальный матеріалъ не возобно-  
вляется, а только очищается въ томъ же аппаратѣ, на что требуется не-  
значительное количество времени, а главное, что сравнительно небольшою  
фильтровальною площадью можно очищать значительное количество воды.

Чтобы имѣть представленіе о размѣрахъ этихъ фильтровъ въ зави-  
симости отъ производительности, приведемъ слѣдующую таблицу, данную  
фирмой Рейзерта, а также соотношеніе между діаметромъ фильтра и по-  
верхностью нагрѣва паровыхъ котловъ, которые могутъ обслуживаться  
съ успѣхомъ такимъ фильтромъ.

Площ. нагрѣва котла въ кв. м. — 50—100—200—400.  
Діаметръ фильтра въ метр. 0,6—1,2—2,3—4,7

№№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Средняя производи- тельность въ часъ, кубич. метр. ....	3	6	10	15	20	25	30	40	50
Діаметръ фильтровъ въ метрахъ.....	0.70	1.00	1.30	1.55	1.80	2.00	2.20	2.55	2.85
Внутренній діам. па- ропровода для воз- душнаго инжек- тора въ мм.....	20	25	30	40	40	50	50	60	60
Внутренній діам. со- единительныхъ трубъ А в В въ мм.....	50	60	70	80	90	100	125	150	175

Представителемъ этой фирмы для Россіи являются Т. Путятинскій и  
А. Козловскій въ Варшавѣ, Маршалковская ул., 86.

Фильтръ Бреда отличается отъ предыдущаго исключительно приспо-  
собленіемъ для очистки песка; въ немъ перемѣшиваніе фильтрующаго ма-  
теріала производится при помощи устроенной мѣшалки, которая въ  
малыхъ фильтрахъ, производительностью до 20 куб. м. въ 1 часъ, приво-  
дится въ движеніе въ ручную, въ большихъ же—отъ привода.

На рис. 3 изображенъ такой фильтръ съ ручной мѣшалкой.

Неочищенная вода входитъ черезъ трехходовой кранъ а сверху песка,  
фильтруется черезъ послѣдній и снизу черезъ отверстіе п выходитъ по

назначенію черезъ кранъ в. По засореніи фильтра, песокъ его подвергаютъ промывкѣ слѣдующимъ образомъ. Ставятъ трехходовой кранъ а такимъ образомъ, чтобы вода поступала черезъ m въ фильтръ снизу;

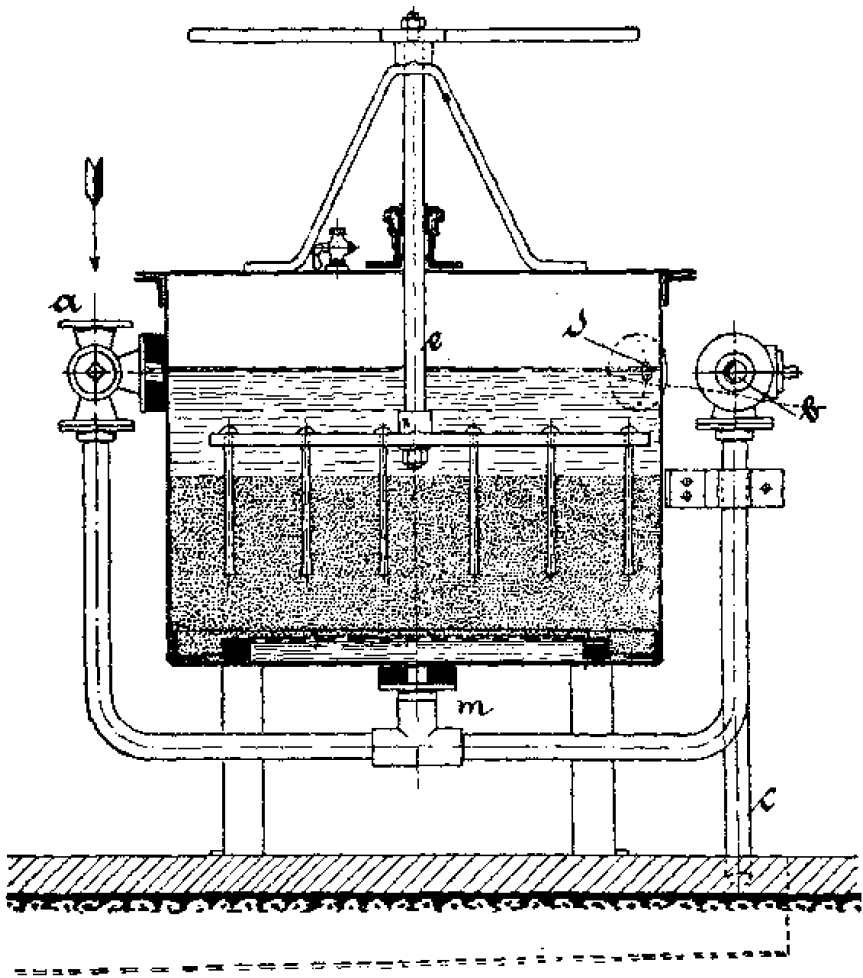


Рис. 3.

кранъ в закрываютъ; приводятъ въ дѣйствіе мѣшалку и грязную воду сливаютъ черезъ особый кранъ S. Черезъ нѣсколько минутъ фильтръ готовъ къ работѣ.

Адресъ фирмы—Halvor Breda, Berlin-Charlottenburg, Kant-Strasse 155.

Весьма похожіе въ конструктивномъ отношеніи на фильтры Вреда, изготовляютъ подобные же аппараты фирма Штейнмюллеръ, представителемъ которой въ Москвѣ Отто Гильгеръ, Мясницкая, 20.

**Фильтръ американскаго типа «Джуалль» \*)** представляетъ желѣзный

\*) По описанію въ брошюрѣ инженера Н. П. Зимина.

клепаныи резервуаръ цилиндрической формы, окруженный въ верхней своей половинѣ другимъ наружнымъ цилиндромъ такъ, что между этими двумя концентрическими и параллельными поверхностями наружнаго и внутренняго цилиндровъ фильтра образуется узкій промежутокъ кольцеобразной формы (рис. 4).

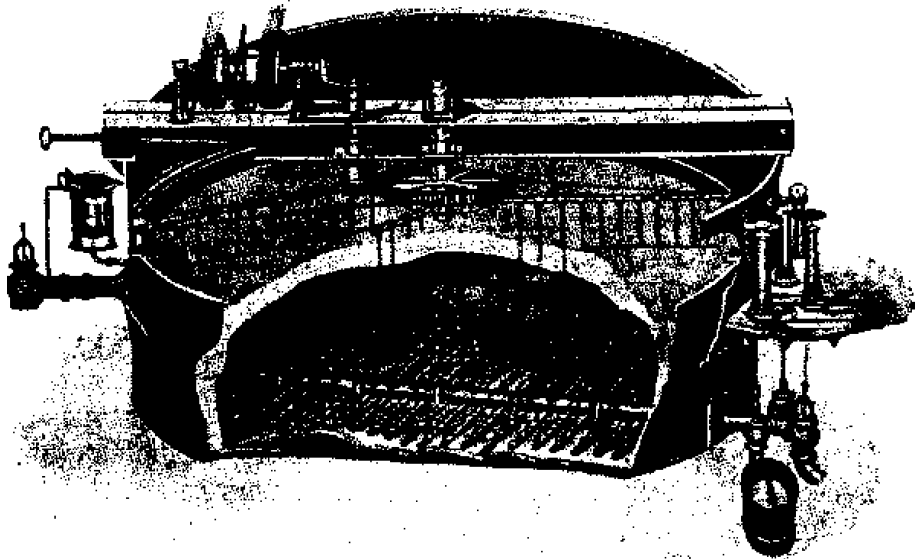


Рис. 4.

Кольцеобразный промежутокъ, окружающій внутренній часть фильтра, служитъ для распредѣленія нефильтованной воды, поступающей на фильтръ, и для собиранія промываемой воды съ фильтра.

Благодаря такому устройству, вода поступаетъ на фильтръ не черезъ одно какое-либо отверстие, что вызвало бы неравномѣрное теченіе воды по поверхности фильтра и мѣстное взмучиваніе фильтрующей пленки, а равномерно по всей периферіи фильтра.

Входъ воды въ фильтръ регулируется автоматическимъ поплавкомъ.

Выходъ фильтрованной воды происходитъ у дна фильтра черезъ мѣдные сѣтчатые сосунки, равномерно размѣщенные на желѣзныхъ трубахъ, соединенныхъ съ чугунной сборной трубой, отводящей воду къ регулятору всей системы «Вестона». Регуляторъ этотъ обезпечиваетъ постоянство установленной скорости фильтрованія, что является существеннымъ требованіемъ для хорошаго дѣйствія песочнаго фильтра, какой бы то ни было системы. Опыты показали, что ничто такъ вредно не отражается на дѣйствіи фильтраціи, какъ быстрое измѣненіе скорости фильтрованія, которое причиняетъ толчки и разрывъ нѣжной, образовавшейся при этомъ процессѣ, фильтрующей пленки.

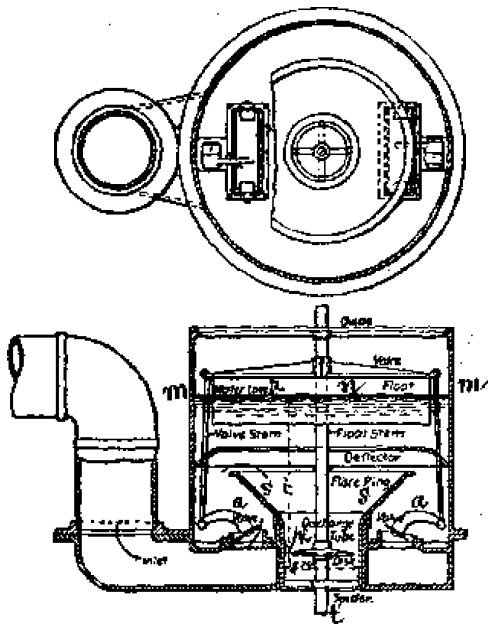


Рис. 5.

Регулятор «Вестона» (рис. 5) состоит из резервуара цилиндрической формы ш, ш и горловины у дна его—s, s. В резервуарѣ плавает поплавок и съ вертикальнымъ стержнемъ t, олущеннымъ въ горловину. На стержнѣ ставится дискъ k определенной, для каждой скорости фильтрованія, діаметра. Промежутокъ между точно расточенной цилиндрической частью горловины и краями круглаго диска образуетъ совершенно определенное кольцо, черезъ которое должна отводиться вода. Площадь этого кольца остается неизмѣнною, въ какомъ бы положеніи ни находились дискъ и поплавокъ. Постоянно опредѣ-

ленной остается и высота столба воды надъ краемъ диска.

Этими двумя факторами опредѣляется расходъ воды. Притокъ воды къ регулятору регулируется двумя клапанами а, а, связанными съ тѣмъ же поплавкомъ.

При ослабленіи притока воды уровень ея въ регуляторѣ понижается и въ зависимости отъ этого увеличивается автоматически степень открытія клапановъ и наоборотъ. Послѣ того, какъ производительность фильтра уменьшится, послѣдній подвергается промывкѣ, заключающейся въ томъ, что закрываютъ вентили, подводящіе нефильТРованную и очищенную воду. Затѣмъ открываютъ задвижку, черезъ которую впускаютъ воду отъ особаго промывнаго насоса подъ фильтръ. Обратная струя воды направляется черезъ сборныя ситки и распределяется равномерно по всей массѣ песка фильтра и, достигая верха, уноситъ изъ него грязь, задержанную на песокъ во время предшествовавшей работы фильтра.

Когда песокъ придетъ во взвѣшенное состояніе, тогда приводится во вращеніе устроенная мѣшалка въ видѣ граблей.

Промывная вода проходитъ черезъ то же кольцевое пространство, которое во время рабочаго періода фильтра служить для входа нефильТРованной воды. Какъ только промывная вода, подымающаяся наверхъ, получитъ приблизительно видъ нефильТРованной воды, то это считаютъ признакомъ, что промывка достаточна.

Количество воды для промывки составляетъ около 2½% отъ всего количества фильтруемой воды.



Послѣ этого останавливаютъ мѣшалку и промывной насосъ, запираютъ обѣ задвижки, черезъ которыя входила и уходилась промывная вода, а открываютъ задвижки, черезъ которыя подводится вода изъ отстойника и отводится фильтрованная вода.

Остановка дѣйствія каждаго фильтра занимаетъ немного времени, такъ напр. на Нижегородской водопроводной станціи это составляетъ 14 минутъ, которыя распредѣляются такъ: 7 минутъ производится промывка песка, 2 минуты производится наполненіе фильтра водой и 5 минутъ выпускается первый фильтратъ въ сточную трубу.

Для полученія чистой воды слѣдуетъ всегда прибавлять до фильтраціи соответствующаго коагулянта и дать ей нѣкоторое время отстояться, а потомъ уже пустить ее на фильтръ. Расходъ сѣрнокислаго глинозема для коагулированія составляетъ около  $\frac{1}{8}$  гр. на ведро, что составитъ менѣе 0,1 коп. на каждыя 100 ведеръ воды.

Что касается задерживающей способности этихъ фильтровъ по отношенію микроорганизмовъ, то оказалось, что при содержаніи въ 1 куб. с. нефильтрованной воды 452 бактерій, очищенная вода въ 1 куб. с. содержала ихъ только 53.

При опытахъ на ст. Черкизово Московско-Окружной жел. дор. нефильтрованная вода въ 1 куб. с. содержала 500 бактерій; та же вода профильтрованная имѣла всего только 12, т.-е. задержаніе бактерій составляло болѣе 97%. Для иллюстраціи оборудованія фильтровальныхъ станцій приведемъ здѣсь схему установки фильтра въ Кронштадтскомъ Морскомъ Госпиталѣ, что ясно видно изъ прилагаемаго рис. 6. Эта установка сдѣлана Товариществомъ Инженеровъ Н. П. Зиминъ и К<sup>о</sup> подъ фирмой «Нептунъ», Москва, Разгуляй, 3. (См. рис. 6 на стр. 26).

### **Очистка воды озономъ.**

Озонъ—газъ, представляющій аллотропическую форму кислорода, открытъ въ 1840 году Шенбейномъ. Озонъ растворяется въ водѣ въ пятнадцать разъ сильнѣе, чѣмъ кислородъ, такъ 100 объемовъ воды при давленіи одной атмосферы, при 12° Ц. растворяютъ 50 объемовъ озона.

Громадная активность этого газа заставила многихъ ученыхъ и технику изыскивать приемы примѣненія озона для различныхъ цѣлей. Въ настоящее время онъ нашелъ большое примѣненіе при обеззараживаніи маселъ, очистки крахмала, воздуха, а главное для стерилизаціи питьевой воды.

По изслѣдованію Ольмюллера оказалось, что при дѣйствіи озона на воду прежде всего разлагаются безжизненные способные окисляться вещества, а затѣмъ уже озонъ дѣйствуетъ на живыя кѣлки, т.-е. ми-

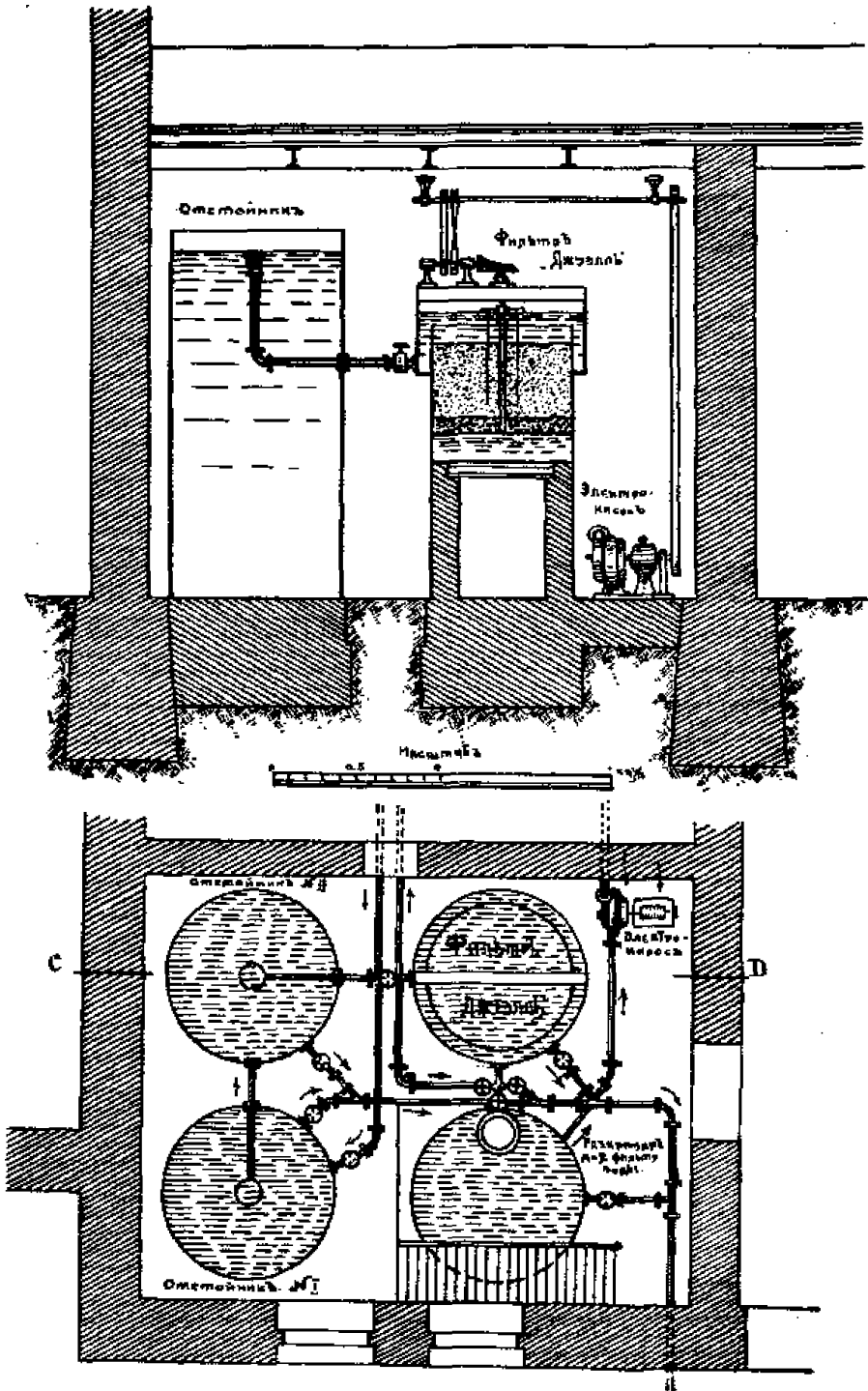


Рис. 6.

крооорганизмы. Такимъ образомъ изъ этого слѣдуетъ, что непосредственно очистить озономъ, безъ предварительной подготовки воду не всегда удастся и методъ очистки питьевой воды зависить главнымъ образомъ отъ содержащихся въ ней примѣсей.

Такъ опыты показали, что при очисткѣ озономъ Невской воды необходимо изъ послѣдней по возможности удалить растворимыя органическія вещества, что возможно сдѣлать предварительнымъ коагулированиемъ при помощи сѣрнокислаго глинозема.

Рис. 7 даетъ ясное представленіе схемы очистки Невской воды, имѣющей мѣсто на Петербургской фильтроозонной станціи.

Вода изъ рѣки Невы при помощи насоса падается въ желѣзобетонныя резервуары-отстойники, куда изъ прибора для дозирования коагулянта (растворъ сѣрнокислаго алюминія) вливается определенное количество послѣдняго; сѣрнокислый алюминій съ растворимыми органическими веществами, содержащимися въ Невской водѣ, даетъ хлопьевидный осадокъ, который, опускаясь на дно, отчасти увлекаетъ съ собой механическія примѣси въ водѣ и значительную часть микроорганизмовъ; далѣе вода самотекомъ направляется на быстро дѣйствующій механическій песочный фильтр и въ профильтрованномъ видѣ поступаетъ въ стерилизаціонную башню при помощи водяного инжектора, который въ свою очередь засасываетъ озонированный воздухъ, получающійся въ особой батарее озонаторовъ.

Озонированная вода для выдѣленія изъ нея избытка озона стекаетъ каскадомъ и поступаетъ въ бассейнъ для чистой воды, откуда уже въ стерильномъ видѣ насосами подается въ водопроводную линію.

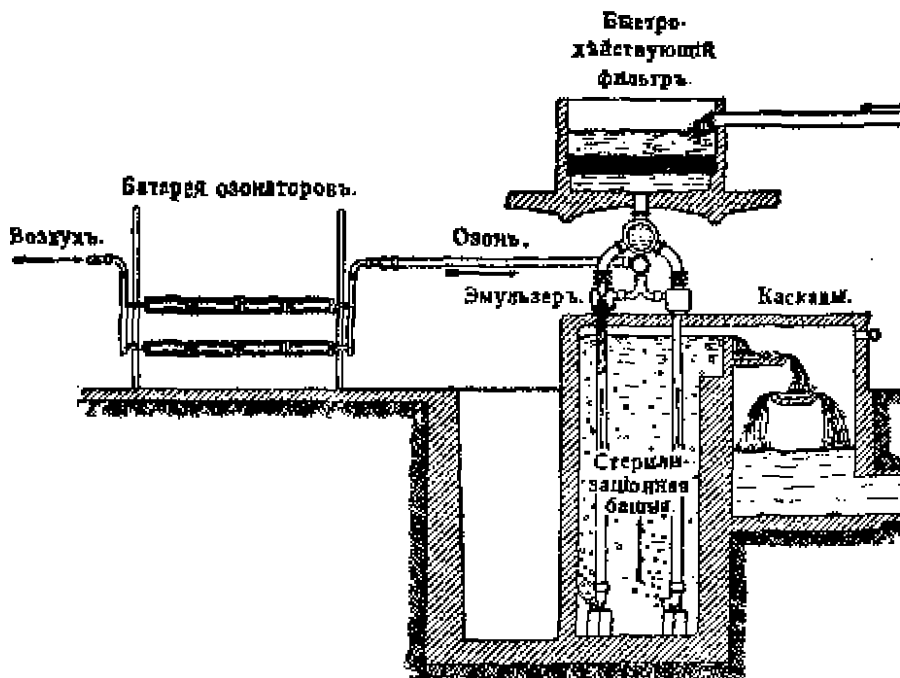
Устройство озонатора, схематически изображено на рисун. 8. Этотъ приборъ состоитъ изъ алюминіевыхъ цилиндровъ D, которые вставляются во внутрь широкихъ стеклянныхъ трубокъ E и концы ихъ упираются въ форфоровую пластинку F. Другіе концы этихъ цилиндровъ соединяются съ однимъ изъ полюсовъ источника электричества.

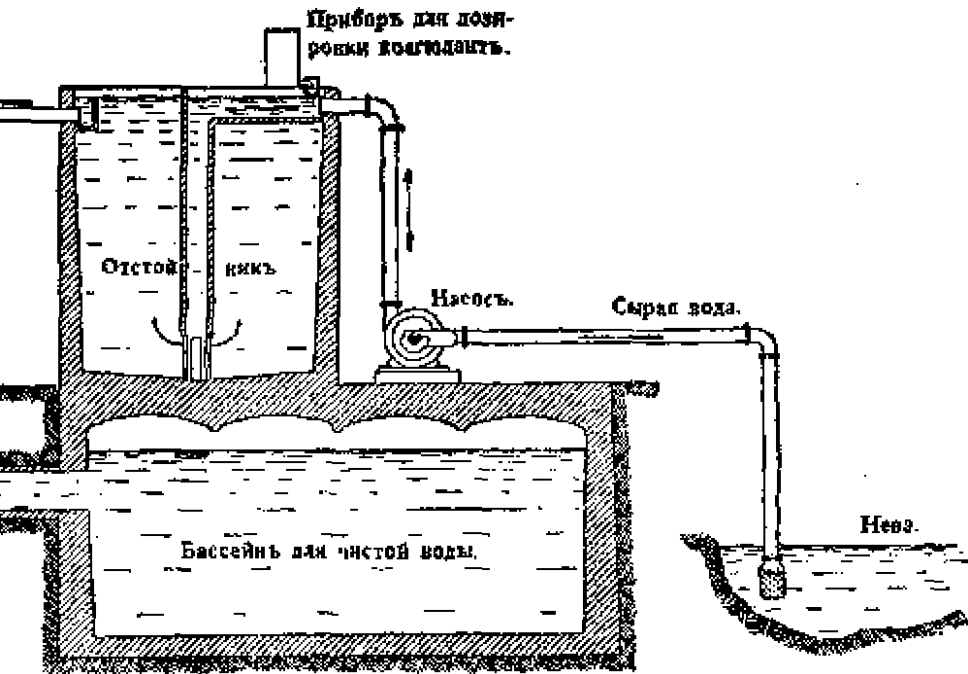
Стеклянные трубки E плотно зажаты въ стѣнкахъ и представляютъ камеру, куда наливается для охлажденія вода. Другой полюсъ представляетъ вышеупомянутыя желѣзныя камеры, которыя въ виду прохождения тока высокаго напряженія, во избѣжаніе несчастныхъ случаевъ, соединяются съ землей.

Атмосферный воздухъ при помощи инжекторовъ, находящихся сверху стерилизаціонной башни, засасывается черезъ трубку d, проходитъ между алюминіевыми цилиндрами и стеклянными трубками E и выходитъ черезъ патрубковъ g въ стерелизаціонную башню.

Въ озонаторѣ происходитъ тихій разрядъ электричества при сильномъ фіолетовомъ свѣченіи и проходящій воздухъ озонируется.

Петербургская фильтро-озонная станція рассчитана на очистку





3.600.000 ведеръ въ сутки; она имѣетъ три быстроходныхъ паровыхъ машины «Компаундъ» по 140 силъ каждая, соединенныя непосредственно съ электрическими генераторами трехфазнаго тока въ 120 вольтъ. Часть этого тока около 50%, при помощи особыхъ аппаратовъ, преобразовывается въ однофазный съ напряженіемъ 7500 вольтъ, который и обслуживаетъ озонаторы.

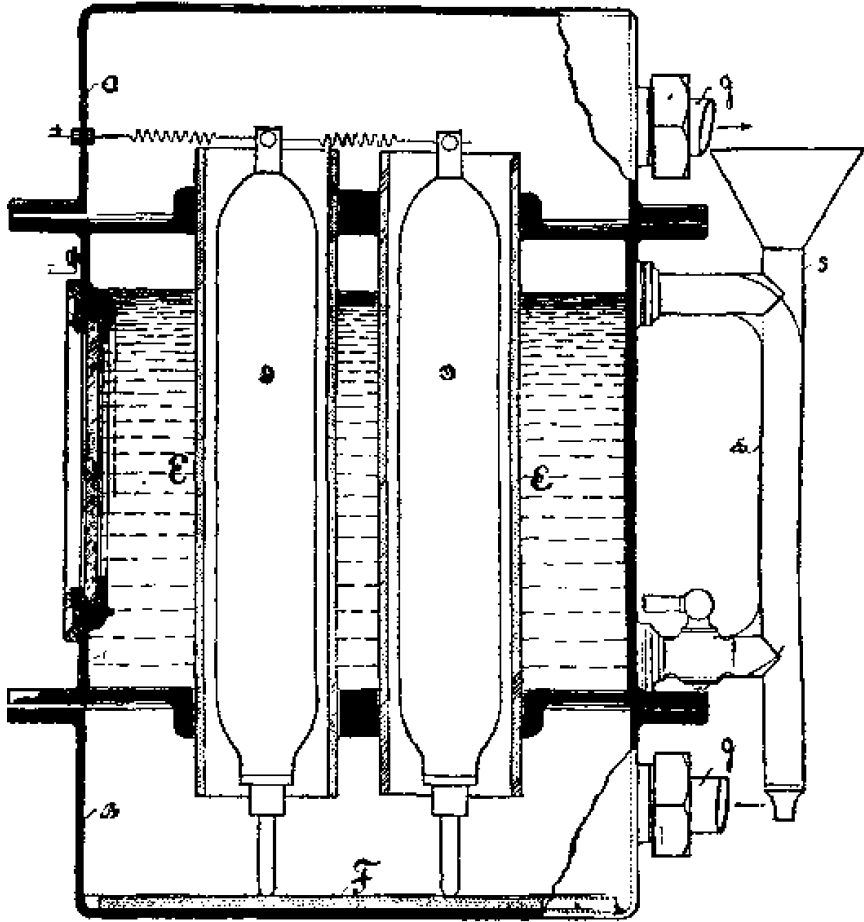


Рис. 8.

Отдѣленіе для коагулированія и фильтраціи содержитъ 8 отстойныхъ желѣзобетонныхъ резервуаровъ по 50.000 ведеръ каждый; отстаиваніе продолжается 2—2½ часа и 38 механическихъ песочныхъ фильтровъ съ мѣшалками, гдѣ фильтрація идетъ со скоростью 4 метр. въ секунду. Въ работѣ всегда находится 34—35 фильтровъ, остальные очищаются и промываются.

Изъ фильтровъ вода поступаетъ въ пять стерильныхъ башенъ, изъ которыхъ одна запасная.

Озонаторъ состоитъ изъ 128 батарей, содержащихъ каждая по 5 или 6 трубокъ, расположенныхъ горизонтально.

Поступающій воздухъ въ озонаторы предварительно фильтруется черезъ особые фильтры, осушается въ особомъ приборѣ съ хлористымъ кальціемъ, а въ лѣтнее время пропускается черезъ особый искусственный холодильникъ для охлажденія.

По послѣднимъ даннымъ оказывается, что при содержаніи въ обычное время въ 1 куб. с. Невской воды 400—600 колоній микроорганизмовъ, послѣ коагулированія и фильтраціи остается 40—50 колоній, а послѣ стерилизаціи озономъ 2—3 колоніи, при чемъ болѣзнетворныхъ микроорганизмовъ не обнаружено.

Стоимость оборудованія этой станціи составляетъ 1.200.000 руб., а стоимость очистки 100 ведеръ воды обходится въ 0,85 коп.

### Очистка воды хлоромъ.

Очистка питьевой воды хлоромъ производится крайне просто и не требуетъ большихъ затратъ по оборудованію станціи; количество принимаемаго хлора, обычно въ видѣ бѣлильной извести для дезинфекціи воды колеблется довольно въ широкихъ размѣрахъ. Продолжительность времени воздѣйствія его на воду отъ  $\frac{1}{4}$  до 6 часовъ. Удаленіе избыточнаго хлора изъ воды можно производить или путемъ заставиванія воды въ теченіе большаго или меньшаго промежутка времени, необходимаго для его израсходованія на окисленіе находящихся въ водѣ органическихъ веществъ, или же пропускаемъ воды черезъ желѣзные стружки, или же, наконецъ, путемъ раскисленія сѣриестокислыми солями.

Количество хлорной извести для очищенія воды зависитъ отъ качества послѣдней, отъ степени умеривляющаго дѣйствія на бактеріи, которое желательнo получить и наконецъ отъ того, очищается ли вода еще другими способами или нѣтъ.

1 граммъ бѣлильной извести содержитъ обыкновенно 0,35 гр. активнаго хлора, прибавка 0,2—0,35 ч. активнаго хлора на миллионъ частей воды уже дѣйствуетъ благоприятно.

Опыты по очисткѣ питьевой воды изъ рѣки Дона дали слѣдующіе результаты.

1) Прибавка раствора хлорной извести въ количествѣ, отвѣчающемъ 0,75 милигр. активнаго хлора на 1 литръ, въ водѣ Дона, коагулированной прибавкой сѣрнокислаго глинозема, послѣ фильтрованія черезъ механическіе фильтры даетъ воду, не содержащую уже кишечной палочки и количество колоній въ 1 куб. с. понижается до 3—6.

Стоимость матеріала для обеззараживанія 1000 ведеръ воды обходится около 0,072 коп.

## Очистка воды отъ смазочныхъ маселъ.

Въ технику весьма часто приходится сталкиваться съ питаніемъ парового котла водой, напр. конденсаціонной отъ паровыхъ машинъ, содержащей различныя смазочныя и жировыя вещества. Въ виду того, что присутствіе этихъ веществъ въ водѣ весьма вредно отзывается на работѣ паровыхъ котловъ и что очистка такой воды отъ указанныхъ примѣсей производится при помощи, главнымъ образомъ, такъ назыв. физическихъ приѣмовъ, т.-е. отстаиванія и фильтраціи, то, конечно, разсмотрѣніе этихъ способовъ весьма необходимо и будетъ умѣстно привести именно здѣсь до разсмотрѣнія химической очистки воды.

Находящаяся въ водѣ примѣсь масла всплываетъ обыкновенно на поверхность воды и при пониженіи уровня воды въ котлѣ осаждается на горячія стѣнки котла и образуетъ пленку. Последняя съ теченіемъ времени мало-по-малу утолщается и затвердѣваетъ въ плотную массу, весьма слабо проводящую теплоту.

Подъ подобной пленкой, толщиной 1—2 мм., можетъ происходить даже накаливаніе желѣзныхъ листовъ. Что касается примѣсей масла растительнаго, или животнаго происхожденія, то послѣднія, кромѣ того, при высокой температурѣ разлагаются съ выдѣленіемъ свободныхъ жирныхъ кислотъ, которыя сильно разъѣдаютъ стѣнки котла.

Для подтвержденія всего высказаннаго можно привести нѣкоторыя опытыя данныя изъ практики надъ трубчатыми котлами.

	I	II	III	IV
Давленіе пара въ атмосфер. ....	10,19	9,98	9,84	--
Расходъ угля въ кгр. во время опыта..	1270	1446	1194	--
Количество испаренн. воды въ кг. ....	6407	6702	5964	4661
1 кв. м. поперх. нагрѣва давалъ паръ въ 1 часъ .....	61,77	64,61	57,47	58,50
Температура въ топочн. простр. ....	1510	1371	1704	1760
Содержаніе масла въ водѣ .....	0	0	0,07%	0,12%

Вначалѣ опыты велись съ чистой водой въ продолженіе 5 часовъ, и никакихъ неисправностей въ котлѣ не было замѣчено; послѣ же впуска въ котель масла течъ въ трубахъ появилась уже черезъ 3 ч. 50 м., паропроизводительность котла уменьшилась, а температура въ топочномъ пространствѣ увеличилась. Дѣрстонъ нашелъ, что самый тонкій слой масла уменьшаетъ въ среднемъ паропроизводительность котла на 11%.



Существующее въ настоящее время мнѣніе, что для избѣжанія образованія накипи на стѣнках котла необходимо послѣднія смазывать нефтяными остатками, или же впускать небольшое количество ихъ въ котель, — надо признать мѣрой нераціональной, ибо минеральное масло дѣйствуетъ такъ же разрушающе на стѣнки, какъ и растительное.

Течь въ трубахъ паровозныхъ котловъ Закавказской жел. дор. стала значительнѣе, когда въ котлы, для избѣжанія образованія накипи, стали, при каждой промывкѣ, впускать нефтяные остатки.

Были случаи, когда въ теченіе 6 недѣль въ котлахъ образовывались отдушины при питаніи ихъ конденсационной водой изъ паровой машины, вслѣдствіе содержанія въ водѣ маслянистыхъ веществъ.

Этихъ примѣровъ, кажется, будетъ вполне достаточно для того, чтобы показать, что воду для питанія паровыхъ котловъ необходимо тщательно очищать отъ маслянистыхъ веществъ.

Лучшимъ средствомъ для очистки воды отъ масла является древесная шерсть и обыкновенная губка. Эти вещества загружаются въ обыкновенный фильтръ и черезъ нихъ пропускаютъ очищаемую воду.

Что касается размѣровъ фильтра съ древесной шерстью, то изъ практики найдено, что для котловъ въ 600 кв. м. поверхности нагрѣва достаточно поставить 3 фильтра, каждый 1,2 м. въ діаметрѣ и 2,5 м. высоты.

Во Франціи и на военныхъ судахъ для удаленія масла изъ конденсационной воды стали примѣнять обыкновенную губку, которая способна поглощать очень много масла.

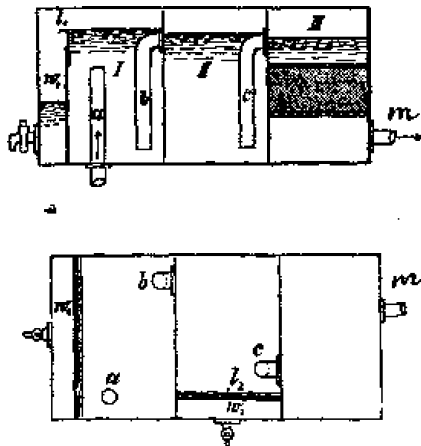


Рис. 9.

На рис. 9 изображенъ схематическій видъ весьма простаго аппарата для отдѣленія изъ воды маслянистыхъ веществъ. Очищаемая вода поступаетъ по трубѣ а въ I отдѣленіе аппарата; при уменьшеніи скорости теченія воды часть масла всплываетъ и переливается черезъ стѣнку  $l_1$  въ небольшое отдѣленіе  $W_1$ , откуда при помощи устроеннаго крана можетъ быть выпущена прочь.

Изъ отдѣленія I при помощи трубы б очищаемая вода переливается во II отдѣленіе, гдѣ оставшееся въ водѣ масло также всплываетъ и переливается черезъ стѣнку  $l_2$  въ отдѣленіе  $W_2$ , и, наконецъ, остатокъ масла поглощается въ отдѣленіи III, куда вода попадаетъ по трубѣ с.

Въ послѣднемъ отдѣленіи между двумя сѣтчатыми діами находится слой губки, который и задерживаетъ остатки масла. Очищенная

вода выходить по трубѣ ш. Для очистки 300 кгр. воды въ 1 часъ достаточно имѣть поперечное сѣченіе губчатого фильтра въ 1 кв. см.

Послѣ того, какъ губка загрязнится масломъ, ее вынимаютъ изъ фильтра, выжимаютъ масло, вывариваютъ на мыльной водѣ и прополаскиваютъ чистой водой. Такимъ образомъ очищенная губка можетъ снова идти въ дѣло.

Въ послѣднее время появилось очень много аппаратовъ для отдѣленія масла непосредственно изъ отработаннаго пара, основанныхъ на томъ, что паръ заставляютъ проходить въ большомъ резервуарѣ по винтовой линіи; вслѣдствіе центробѣжной силы происходитъ отдѣленіе болѣе тяжелыхъ маслянистыхъ частицъ, и паръ, а слѣд. и получающаяся изъ него конденсаціонная вода обезжиривается. Изъ такихъ аппаратовъ заслуживаетъ вниманія центробѣжный маслоотдѣлитель Вруннера. Машиностроительный заводъ въ Хемницѣ—Расмуссенъ и Эрнстъ недавно выпустили особой конструкціи маслоотдѣлитель подъ названіемъ «Ре» и гарантируютъ полное отдѣленіе масла изъ отработаннаго пара.

Кромѣ описанныхъ физическихъ методовъ отдѣленія изъ воды масла существуетъ еще химическій способъ, основанный на прибавленіи къ очищенной водѣ различныхъ реагентовъ, напр. соды, глинозема и др. И наконецъ, иногда для очистки примѣняется комбинированный способъ очистки, состоящій изъ физическаго и химическаго методовъ.

## Химическая очистка воды.

Отъ методъ очистки имѣетъ цѣлью освободить воду отъ нѣкоторыхъ растворимыхъ въ ней веществъ, вредно отзывающихся въ тѣхъ производствахъ, въ которыхъ примѣняется подобная вода. Чтобы уяснить вполне способъ очистки воды химическимъ путемъ, необходимо познаться болѣе подробно со свойствами растворимыхъ въ ней веществъ, при чемъ описаніе очистки этимъ путемъ воды мы будемъ исключительно разсматривать для цѣлей парового хозяйства, т.е. для питанія паровыхъ котловъ.

Вода, примѣняемая для техническихъ цѣлей, можетъ содержать слѣдующія растворимыя примѣси.

1) Сѣрнонатріевую  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , азотнатріевую  $\text{NaNO}_3$  соли и хлористый натрій  $\text{NaCl}$ . Всѣ эти соли хорошо растворимы въ водѣ и при правильной продувкѣ котла не выкристаллизовываются, а слѣд. и не могутъ давать накипи. Растворы ихъ не представляютъ опасности для стѣнокъ паровыхъ котловъ.

2) Сѣрнокальціевую соль  $\text{CaSO}_4$ , или гипсъ; раство-

римость въ водѣ этой соли, начиная отъ температуры въ 35° Ц., постепенно понижается, что видно изъ прилагаемой таблицы.

При 0° въ 100 ч. воды растворяется 0,205 ч. CaSO<sub>4</sub>.

»	35°	»	100	»	»	»	0,254	»	»
»	60°	»	100	»	»	»	0,248	»	»
»	100°	»	100	»	»	»	0,217	»	»
»	140°	»	100	»	»	»	0,000	»	»

Такимъ образомъ изъ этой таблицы видимъ, что гипсъ, при обычныхъ дѣйствіяхъ котла, температура воды въ которомъ доходитъ до 140° и выше, долженъ всегда выдѣляться въ видѣ осадка. Этотъ осадокъ сильно пристаётъ къ стѣнкамъ котла и даетъ твердую, весьма трудно удалимую накипь.

3) Двухъ углекислый кальцій Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> при кипяченіи воды разлагается по слѣдующему уравненію:



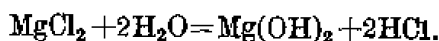
Слѣд., въ обычныхъ условіяхъ дѣйствія котла должно происходить это разложеніе съ выдѣленіемъ нерастворимаго осадка—мѣла CaCO<sub>3</sub> и газа углекислоты CO<sub>2</sub>. Осадокъ при этихъ условіяхъ получается въ видѣ болѣе рыхлой и менѣе пристающей къ стѣнкамъ котла накипи; но въ присутствіи гипса—эта накипь становится весьма твердой и пристаётъ къ стѣнкамъ котла весьма сильно. Кромѣ того, выдѣляющаяся при этой реакціи углекислота сильно способствуетъ ржавленію желѣзныхъ стѣнокъ, которыя, вслѣдствіе этого, быстро изнашиваются.

4) Двухъ углекислый магній Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, точно такъ же, какъ и предыдущее соединеніе при, нагреваніи разлагается



Выдѣляющійся въ видѣ осадка гидратъ окиси магнія Mg(OH)<sub>2</sub> даетъ накипь весьма мало теплопроводную, что, конечно, вредно отзывается на работѣ котла; вліяніе же угольного ангидрида на стѣнки желѣза было выяснено ранѣе.

5) Хлористый магній MgCl<sub>2</sub> обладаетъ способностью при давленіи въ котлѣ до 4 атмосферъ разлагаться по ур-ію

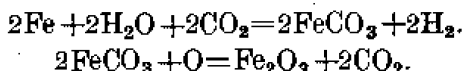


Выдѣляющаяся при этой реакціи соляная кислота сильно растворяетъ желѣзныя стѣнки котла.

6) Соединенія желѣза, алюминія и кремневой кислоты переходятъ въ накипь въ видѣ окисловъ этихъ металловъ и кремнекислыхъ соединеній.

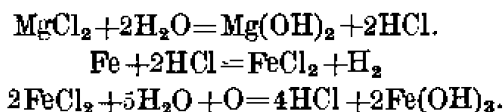
7) Органическія вещества, содержащіяся въ водѣ, могутъ имѣть кислый характеръ, тогда они непосредственно растворяютъ стѣнки котла; или же эти вещества съ солями металловъ даютъ нерастворимый осадокъ, который выдѣляется въ видѣ накипи.

8) Газообразныя вещества — кислородъ—O, угольный ангидридъ—CO<sub>2</sub> и др. какъ содержащіяся непосредственно въ водѣ, такъ и происходящія отъ различныхъ побочныхъ реакцій между примесями воды, вредно дѣйствуютъ на стѣнки котла. Такъ сильное ржавленіе желѣза въ присутствіи CO<sub>2</sub> и O объясняется слѣдующими происходящими реакціями.

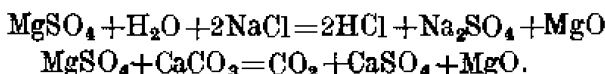


Такимъ образомъ, изъ этихъ уравненій мы видимъ, что при одномъ и томъ же количествѣ углекислоты, процессъ развѣданія желѣза можетъ продолжаться весьма долгое время. Это развѣданіе наблюдается главнымъ образомъ въ заклепочныхъ швахъ, по линіи уровня воды въ котлѣ и вообще тамъ, гдѣ происходитъ скопленіе упомянутыхъ газовъ.

Въ присутствіи хлористаго магнія и кислорода въ водѣ реакція растворенія желѣза идутъ по слѣдующимъ уравненіямъ съ непрерывнымъ выдѣленіемъ соляной кислоты.

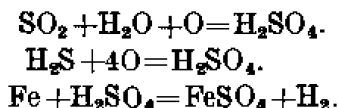


9) Сѣрно кислый магній MgSO<sub>4</sub>, какъ растворимое вещество, самъ по себѣ не даетъ накипи, но онъ можетъ вступить въ разложеніе съ другими соединеніями, напр. NaCl и CaCO<sub>3</sub> и давать нерастворимые осадки, т.-е. накипь.

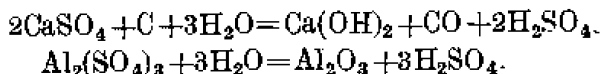


При этихъ реакціяхъ кромѣ того выдѣляются весьма вредные для котла продукты, какъ соляная и угольная кислоты.

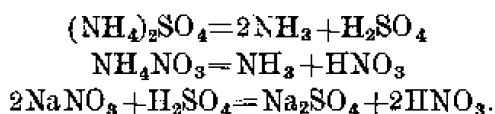
10) Сѣрнистый газъ SO<sub>2</sub>, сѣроводородъ H<sub>2</sub>S—рѣдко встрѣчающіеся въ водѣ. Въ паровомъ котлѣ эти вещества могутъ дать сѣрную кислоту, которая энергично растворяетъ желѣзо.



Эта же кислота может образоваться при взаимодействии гипса и углерода (органических веществ) и сернокислого алюминия с водой по ур-июмъ.



11) Сернокислый аммоній  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , азотнокислый аммоній  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  и азотнокислый натрій  $\text{NaNO}_3$ , хотя и рѣдко встрѣчаются въ водѣ и сами по себѣ не опасны для стѣнокъ котла, но продукты разложенія ихъ, могущіе образоваться въ котлѣ—азотная и серная кислоты,—представляютъ сильныя для желѣзныхъ стѣнокъ котла растворители.



Химическая очистка воды въ настоящее время производится при помощи растворовъ извести, соды, солей барія и некоторыхъ коагулирующихъ веществъ. Наиболѣе существенными примѣсями воды и самыми опасными являются главнымъ образомъ соли кальція и магнія.

Присутствіе этихъ соединеній обуславливаетъ болъшую или меньшую жесткость воды, которая измѣряется особыми градусами—нѣмецкими, французскими и англійскими.

Вода съ 1° жесткости нѣм. содержитъ въ раств. 1 ч. СаО въ 100000 ч. воды.

Вода съ 1° жесткости франц. содержитъ въ раств. 1 ч. СаСО<sub>3</sub> въ 100.000 ч. воды.

Вода съ 1° жесткости англ. содержитъ въ раств. 1 ч. СаСО<sub>3</sub> въ 70.000 ч. воды.

1° нѣмец. = 1,25° фрэнц. = 1,79° англійск.

Различаютъ, какъ было упомянуто выше, постоянную жесткость, зависящую отъ присутствія въ водѣ сернокислыхъ солей кальція и магнія, и временную или удалимую, зависящую отъ растворимыхъ двууглекислыхъ солей кальція и магнія.

Двууглекислыя растворимыя соли кальція и магнія при кипяченіи переходить въ среднія соли СаСО<sub>3</sub> и MgCO<sub>3</sub>, нерастворимыя въ водѣ; такимъ образомъ временная жесткость воды, кромѣ прибавленія реагентовъ, можетъ быть удалена простымъ кипяченіемъ.

Что касается удаленія постоянной жесткости, то для этого обязательно требуется прибавленіе къ очищаемой водѣ растворимыхъ реактивовъ, главнымъ образомъ соды, которая съ солями кальція и магнія даетъ нерастворимыя осадки.

## Очистка воды при помощи цеолитовъ.

Въ виду важнаго значенія очистки воды для различныхъ техническихъ производствъ, техника водоочищенія быстрыми шагами усовершенствовалась: способы очистки, аппараты, и въ настоящее время мы видимъ конструкторціи водоочистителей, которые могутъ удовлетворить довольно строгимъ требованіямъ относительно рациональнаго ихъ дѣйствія.

Но, къ сожалѣнію, всё болѣе совершенные въ конструктивномъ отношеніи водоочистители страдаютъ однимъ существеннымъ недостаткомъ, а именно болѣе или менѣе значительной сложностью механизмовъ, вслѣдствіе чего, конечно, требуютъ болѣе деликатнаго ухода и исправленія, что не всегда бываетъ удобно при недостаткѣ въ какомъ-нибудь захолустѣ техническихъ силъ и опытныхъ мастеровъ.

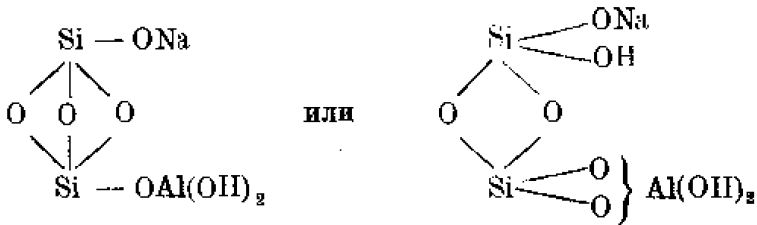
Нѣсколько лѣтъ тому назадъ Р. Гансъ началъ свои работы надъ изслѣдованіемъ особыхъ веществъ въ природѣ, назыв. «цеолитами», и сталъ готовить ихъ искусственно. Вотъ эти вещества, обладающія способностью обмѣкивать свои основанія, замѣщая ихъ въ эквивалентномъ количествѣ другими, напр. содержащимися въ растворѣ воды, и послужили толчкомъ для изысканія способа очистки воды цеолитами. Для большаго уясненія способа очистки воды цеолитами мы подробно остановимся на описаніи состава цеолитовъ, способовъ полученія ихъ, дѣйствія ихъ на другія соединенія и пр.

Составъ цеолитовъ и ихъ полученіе. Подъ группою соединеній, называемыхъ «цеолитами», подразумѣваютъ водные силикаты, т.-е. соединенія кремневой кислоты съ основаніями, нерастворимыя въ водѣ, но растворяющіяся легко въ кислотахъ. Они обыкновенно содержатъ въ своемъ составѣ основанія калия, натрія, алюминія и магнія и, находясь готовыми въ природѣ, играютъ существенную роль въ земледѣліи. При содержаніи, напр., въ почвѣ кальціевыхъ или магніевыхъ цеолитовъ и при удобреніи почвы, напр., соединеніями амміака или калия, послѣдніе становятся вмѣсто кальція или магнія въ цеолитахъ и такимъ образомъ задерживаются ими. Задержанныя соединенія калия и аммонія потомъ уже усваиваются корнями растеній.

Въ отсутствіи же въ почвѣ цеолитовъ растворимыя соли аммонія и калия не задерживались бы съ поверхности, а промываясь дождевой водой, уходили бы въ глубь земли, не использованными растеніями.

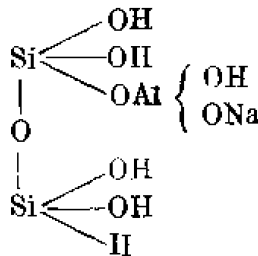
Изъ природныхъ цеолитовъ мы упомянемъ о десминѣ, шабазитѣ, стильбитѣ, натролитѣ, анальдимѣ и апофиллитѣ. Изучая составъ цеолитовъ, ихъ можно раздѣлить на двѣ группы

1) Алюминіевые цеолиты, состава



Къ нимъ принадлежить анальцимъ и натролитъ. Обладаютъ слабой способностью вступать своими основаниями въ обмѣнное разложеніе.

2) Алюминаты — силикаты, состава



Къ нимъ принадлежить десминъ, стильбитъ, шабазитъ и искусственные цеолиты Р. Ганса.

Эта группа цеолитовъ обладаетъ большой способностью вступать въ обмѣнное разложеніе своими основаниями. Для выясненія этой обмѣнной способности былъ произведенъ слѣдующій опытъ.

Растворъ нашатыря  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , содержащій 129 гр. азота, былъ пропущенъ черезъ разные цеолиты одинаковой крупности и одинаковаго вѣса. Изъ 129 гр. азота было задержано

апофиллитомъ . . . . .	0 гр.
анальцимомъ . . . . .	3,6 »
натролитомъ . . . . .	29,1 »
искусств. цеолитами Kümper'a . . . . .	30,0 »
десминомъ . . . . .	42,0 »
стильбитомъ . . . . .	47,0 »
шабазитомъ . . . . .	69,0 »
искусств. цеолитами Ганса . . . . .	97,0 »

Такимъ образомъ, изъ этой таблицы мы видимъ, что наибольшая поглощаемая способность принадлежить искусственнымъ цеолитамъ Ганса.

Въ настоящее время этотъ продуктъ изготовляетъ въ Берлинѣ «Акціонерное Общество И. Д. Ридель» подъ названіемъ «Пермутитъ\*»), который имѣетъ слѣдующій составъ.

\* ) Имѣется въ Москвѣ у Т-ва „Нептунъ“, Разгуляй, 3.

Кремневый ангидр. $\text{SiO}_2$ . . . . .	42,8 %
Окись алюминія $\text{Al}_2\text{O}_3$ . . . . .	23,12%
Окись натрия $\text{Na}_2\text{O}$ . . . . .	14,5 %
Воды $\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	20,17%

Такой продукт получается сплавленіемъ 3 ч. глины (каолина), 3 ч. кварцеваго песка и 12 ч. соды. Послѣ сплавленія дробятъ и выщелачиваютъ водой. Остается нерастворимый въ водѣ зернистый бѣлый продуктъ или слегка желтоватый, который легко пропускаетъ черезъ себя воду и способенъ входить въ обмѣнные разложенія со многими веществами.

**Дѣйствіе цеолитовъ.** Если чрезъ слой цеолитоваго песка пропустить воду, содержащую въ растворѣ, напр.,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , то происходитъ обмѣнная реакція, вмѣсто металла натрия въ цеолитѣ становится кальцій и магній, а натрій соединяется съ сѣрной кислотой, угольной кислотой, и переходитъ въ растворъ въ видѣ  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и  $\text{NaHCO}_3$ .

Какъ только весь натрій замѣтится вышеуказанными металлами, то дѣйствіе цеолита приостанавливается въ этомъ направленіи и его подвергаютъ регенерированію. Регенерація цеолитоваго песка состоитъ въ томъ, что чрезъ слой его пропускаютъ растворъ хлористаго натрия, т. е. поваренной соли; снова происходитъ обмѣнное разложеніе,—поглощенные ранѣе кальцій и магній замѣщаются обратно натріемъ, а хлоръ послѣдняго соединяется съ Ca и Mg и переходитъ въ растворъ въ видѣ хлористаго кальція и магнія. Послѣ чего песокъ для удаленія послѣднихъ соединений промываютъ чистой водой, и цеолитъ снова готовъ для работы.

Способъ очистки воды цеолитомъ отличается отъ обыкновеннаго химическаго способа при помощи соды и извести тѣмъ, что при цеолитной очисткѣ не получается никакихъ нерастворимыхъ осадковъ, и жесткость очищаемой воды можно понижать до  $0^\circ$ .

Устройство и пользоваіе этимъ способомъ крайне просто, избѣгается порча воды избыткомъ прибавляемыхъ реагентовъ (соды и извести), что часто наблюдается при обыкновенномъ химическомъ методѣ очистки воды. Процессъ очистки воды цеолитомъ идетъ при всякой температурѣ, не требуетъ тщательнаго химическаго надзора, по стоимости очистки весьма доступенъ, такъ какъ главнымъ расходомъ при этомъ процессѣ является только стоимость поваренной соли, идущей на регенерацию цеолита. Аппараты, примѣняемые для этой цѣли, крайне просты безъ всякихъ сложныхъ механизмовъ и движущихся частей. Здѣсь достаточно рассмотреть два типа цеолитныхъ водоочистителей; одинъ изъ нихъ, примѣняемый въ Германіи, и другой, конструированный русской фирмой «Нештунъ» инж. Зимина.



Германскій цеолитовый фильтр состоитъ изъ двухъ желѣзныхъ резервуаровъ А и В (рис. 13); въ первый резервуаръ на ситчатое дно *г* помѣщается гравій *б*, потомъ снова сѣтка *г*, слой цеолита *а*, сѣтка *г*, гравій *б* и, наконецъ, сѣтка *г*. Резервуаръ В служитъ для помѣщенія въ него раствора поваренной соли, который выгоднѣе дѣлать 5%.

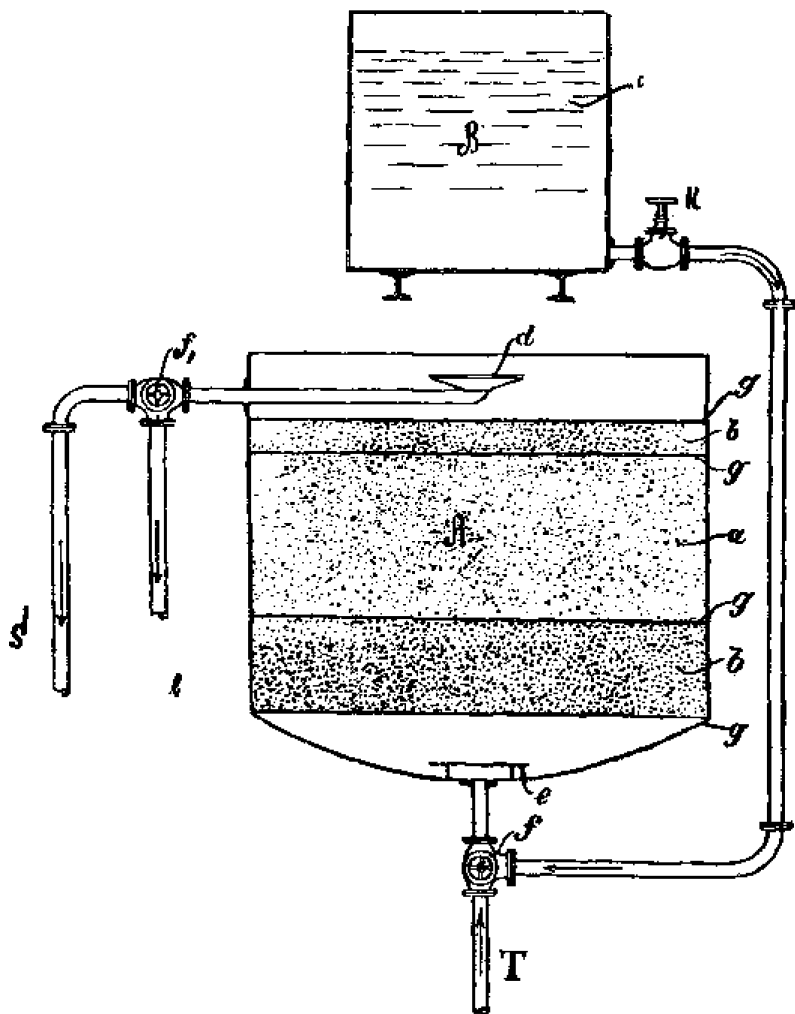


Рис. 13.

Очищаемая вода идетъ снизу по трубѣ Т, проходитъ черезъ гравій, потомъ цеолитъ, снова гравій и черезъ воронку *d* въ видѣ очищенной воды направляется къ мѣсту назначенія по трубѣ *с*.

Для техническихъ цѣлей пѣть необходимости умягчать воду до 0°, достаточно понижать жесткость до 3—5° и какъ только цеолитъ уже пе-

рестаеть давать воду желаемой жесткости, дѣйствіе фильтра останавливаютъ и приступаютъ къ регенерации цеолита.

Для правильной непрерывной очистки воды нужно имѣть два такихъ фильтра; одинъ изъ нихъ будетъ находиться въ работѣ, другой—регенерироваться.

Регенерацию цеолита ведутъ слѣдующимъ образомъ. Фильтръ А сообщаютъ съ бакомъ В, кранъ  $f_1$  съ трубой I и отпираютъ кранъ к, тогда растворъ поваренной соли проходитъ снизу черезъ цеолитъ, регенерируетъ его и выходитъ изъ фильтра прочь по трубѣ I. По окончаніи регенерации фильтръ тщательно промываютъ мягкой водой и снова его пускаютъ въ работу, какъ описано ранѣе.

При очисткѣ этимъ способомъ мутной воды, содержащей хлопьевидный осадокъ желѣза, кальція и др., необходимо очищаемую воду предварительно фильтровать чрезъ песочный фильтръ. Въ противномъ случаѣ эти примѣси загрязняютъ цеолитовый фильтръ, который потомъ съ трудомъ регенерируется.

Цеолитовый фильтръ и ж. Н. П. Зимина (рис. 14) отличается отъ вышеописаннаго нѣкоторыми деталями въ конструктивномъ отношеніи. Водоочиститель состоитъ изъ фильтра А, резервуара для раствора поваренной соли В, регулятора скорости фильтра С и регулятора уровня воды на фильтрѣ М.

Дѣйствіе этого фильтра такое же, какъ и германскаго, съ той только разницей, что фильтрованіе воды идетъ сверху внизъ.

Для примѣрнаго опредѣленія количества цеолитнаго песка, діаметра фильтра и пр. можно пользоваться слѣдующими данными.

- 1) 1 влгр. цеолитнаго песка можетъ служить для пониженія жесткости на  $10^\circ$  нѣмецк. для  $\frac{1}{3}$  куб. м. = 27 ведеръ очищаемой воды.
- 2) Скорость фильтраціи воды принимаютъ 2—2,5 метр. въ 1 часъ.
- 3) Толщину цеолитоваго слоя не слѣдуетъ дѣлать менѣе 0,5 мтр.
- 4) 1 куб. м. цеолитоваго песка вѣсить 560—760 кгр. и стоитъ въ Москвѣ около 18 руб. за пудъ.
- 5) Количество цеолитоваго песка въ фильтрѣ должно быть такимъ, чтобы регенерацию его производить не болѣе 1 раза въ сутки.
- 6) Удобнѣе имѣть два фильтра: одинъ работаетъ, другой регенерируется.
- 7) Количество поваренной соли для регенерации употребляютъ около  $\frac{1}{3}$  по вѣсу отъ вѣса регенерируемаго цеолитнаго песка въ видѣ 5%-наго раствора.
- 8) Скорость пропуска раствора поваренной соли принимаютъ 300—500 мм. въ 1 часъ.

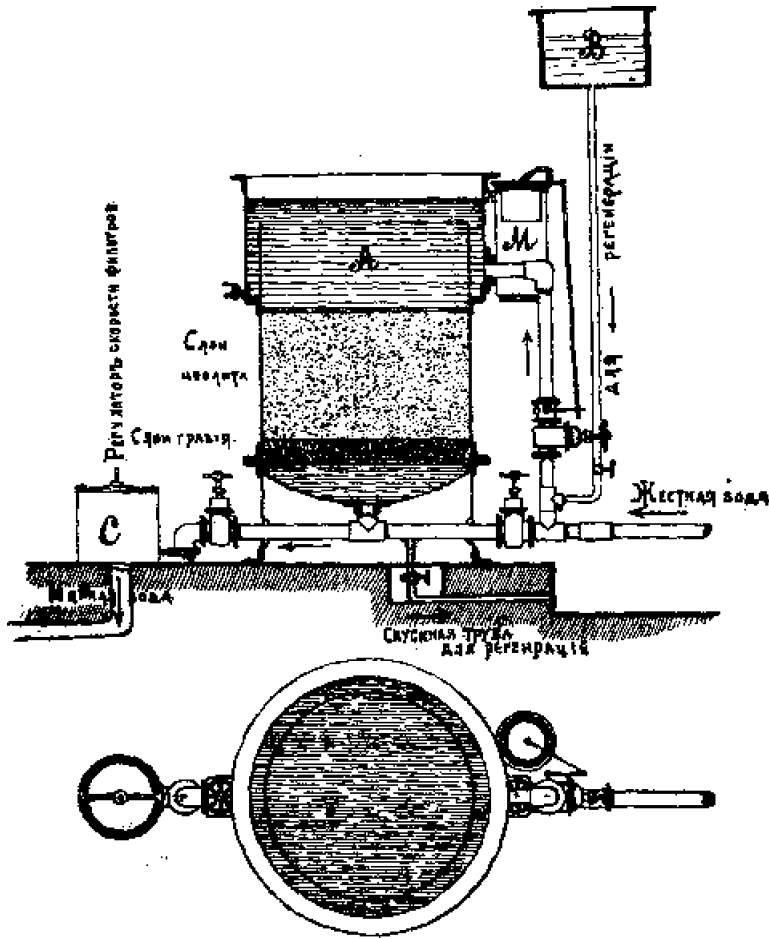


Рис. 14.

Примѣръ. Требуется очистить 100 куб. м. воды съ 30° нѣм. жесткости. 0,33 куб. м. воды въ 10° жесткости требуетъ 1 кг. цеолитнаго песка, слѣд.

$$\frac{1 \cdot 100 \cdot 30}{0,33 \cdot 10} = 900 \text{ кгр. песка.}$$

Примемъ скорость фильтраціи 2 метр. въ 1 часъ; называя черезъ  $d$  діаметръ фильтра, получимъ

$$\frac{\pi d^2}{4} \cdot 2 = \frac{100}{24}, \text{ откуда } d = 1,63 \text{ метра.}$$

1 куб. м. Цеолита вѣситъ 600 кгр.; назовемъ высоту слоя цеолита  $h$

$$\frac{\pi \cdot (1,63)^2}{4} \cdot h \cdot 600 = 900, \text{ откуда } h = 0,72 \text{ метр.}$$

Ставимъ два такихъ фильтра.

Въ заключеніе не лишнее здѣсь будетъ привести примѣры существующихъ уже установокъ.

Такъ въ Берлинѣ работаетъ уже въ теченіе около 4 лѣтъ цеолитная установка по очисткѣ въ сутки 3200 ведеръ воды, смягчая послѣднюю на  $10^{\circ}$  нѣм. жесткости. Имѣется 2 фильтра, діаметр. каждый 1,2 мтр.; толщина цеолитнаго слоя=0,7 метра; количество цеолитнаго песка въ каждомъ фильтрѣ около 700 кгр. Скорость фильтраціи воды 3,5 мтр. въ 1 часъ. Регенерація цеолита производится одинъ разъ въ недѣлю, на что расходуетъ около 150—180 кгр. поваренной соли.

Въ одной изъ установокъ подѣ Москвой очищается въ сутки 1500—1600 вед. воды на  $20^{\circ}$  нѣм. жесткости; установлены 2 фильтра, діаметромъ по 30'' каждый. Скорость фильтраціи очищаемой водѣ 2 метра въ 1 часъ. Регенерація цеолита производится одинъ разъ въ сутки, на что расходуетъ около 3—3½ пуд. поваренной соли.

## Универсальныя средства для очистки воды.

Послѣ того, что было выяснено по очисткѣ воды на основаніи знанія химическаго состава примѣсей въ ней и примѣняемыхъ для этой цѣли реагентовъ, нелѣпо покажется говорить о какихъ-то универсальныхъ средствахъ противъ накипи въ паровыхъ котлахъ и удѣлять имъ столь почетное мѣсто въ этомъ курсѣ въ видѣ отдѣльной главы. Но, къ сожалѣнію, съ ними приходится считаться и всѣми силами предупреждать ихъ потребителей отъ примѣненія этихъ средствъ при паровомъ хозяйствѣ. Въ составъ подобныхъ универсальныхъ средствъ противъ накипи входятъ обыкновенно изъ минеральныхъ веществъ—поваренная соль, сода, сульфатъ и пр., а изъ органическихъ—дубовыя опилки, катеху, ивовая кора, древесный уксусъ, чернильные орѣшки, камешевое дерево, стеаринъ, жиры, сало, отруби, декстринъ, клей, черная патока, картофель, конопляная мука, кожаные обрѣзки и пр. пр.

Скѣшавши часть этихъ веществъ въ любой пропорціи и назвавши полученную смѣсь «антикальцинь», «коррозивъ», «растворитель накипи», «гранатинъ» или какимъ-нибудь другимъ названіемъ, мы и получимъ универсальное средство.

Чтобы выяснитъ всю нелѣпость примѣненія въ водоочистеніи подобныхъ средствъ, мы здѣсь познакомимся съ составомъ нѣкоторыхъ изъ нихъ.

Экстрактъ бр. Лалаевыхъ по анализу оказался состоящимъ изъ

воды . . . . .	84,72%
сода . . . . .	7,01%
поваренной соли . . . . .	1,68%
глауберовой соли . . . . .	5,26%
органическ. веществъ . . . . .	1,33%

Дѣйствующимъ веществомъ въ этомъ экстрактѣ является только сода, которой всего 7,01%, остальные же вещества только загрязняютъ котель.

Экстрактъ бр. Лалаевыхъ продается по 12 руб. за пудъ; если же считать стоимость кальцинированной соды за пудъ по 1 р. 26 коп., то пудъ подобнаго экстракта обходится бр. Лалаевымъ всего въ 8,8 коп.

«Sogrosiv» von Leopold Sohn & Co in Berlin представляетъ сѣрый влажный порошокъ, имѣющій сильно щелочную реакцію, и содержитъ

сода . . . . .	28,26%
извести . . . . .	18,26%
мѣла . . . . .	12,18%
гигроскопич. воды . . . . .	17,89%
органическихъ веществъ . . . . .	14,04%

Продается около 8 руб. за пудъ.

«Aptilithogopit»—крупнозернистый влажный порошокъ бурого цвѣта съ сильно кислой реакціей, лишь отчасти растворимъ въ водѣ; содержитъ

пробковой муки . . . . .	43,5%
минеральныхъ и органич. веществъ . . . . .	22,3%
влаги и свободной соляной кислоты . . . . .	34,2%

Въ продажѣ 1 пудъ—около 32 руб.

### Сточные воды.

Знакомство со свойствами сточныхъ водъ и ихъ очисткой не менѣе важно для каждаго техника, чѣмъ изученіе способовъ очистки обыкновенной воды.

Съ подобными водами, какъ и съ обыкновенной водой, приходится считаться не только во всякомъ техническомъ дѣлѣ, но и въ обычномъ домашнемъ обиходѣ.

Что касается очистки сточныхъ водъ, то способы очистки ихъ будутъ также зависѣть отъ качества и количества содержащихся въ нихъ примѣсей, поэтому прежде всего необходимо познакомиться съ характеромъ

сточныхъ водъ и тѣмъ вредомъ, который онѣ могутъ принести при нераціо-  
нальномъ обращеніи съ ними, т. е. при спускѣ ихъ въ необезвреженномъ  
видѣ въ естественные водоемы, или же при засореніи ими почвы.

Составъ сточныхъ водъ. Всѣ сточныя воды можно раздѣлить на  
слѣдующія группы.

1) Плотныя и жидкія изверженія людей, такъ называемыя фекальныя  
воды. Если принять въ среднемъ, что каждый человѣкъ выдѣляетъ въ  
годъ около 2 пуд. фекальныхъ массъ и 27 пуд. мочи, то будетъ понятно, съ  
какимъ громаднымъ количествомъ этихъ водъ приходится считаться въ  
большихъ населенныхъ мѣстахъ. Самый примитивный способъ удаленія  
этихъ нечистотъ является въ собираніи ихъ въ особыхъ выгребкахъ, а  
затѣмъ въ вывозкѣ на мѣсто свалки. При такомъ способѣ большая часть  
нечистотъ пропитывала окружающую почву и, конечно, ухудшала сани-  
тарныя условія жителей. Всевозможныя инфекціонныя болѣзни, какъ  
тифъ, холера и др. при этихъ условіяхъ находили благоприятную почву и  
уносили въ могилу массу человѣческихъ жертвъ.

Картина совершенно измѣняется, какъ только большія населенныя  
мѣста устраивали правильную канализацію, при помощи которой проис-  
ходить автоматически сплавъ нечистотъ за предѣлы города, гдѣ сточныя  
воды подвергаются различной, съ цѣлью обеззараживанія, очисткѣ.

2) Кухонныя и хозяйственныя воды, ванныя, банныя и прачечныя  
грязныя воды. Эти воды содержатъ остатки растительныхъ и животныхъ  
пищевыхъ продуктовъ, жиръ, мыло и пр. Въ большихъ городахъ на  
одного жителя приходится подобныхъ сточныхъ водъ отъ 2 до 12 ведеръ, а  
въ маленькихъ безъ водопровода ихъ значительно менѣе.

3) Сточные воды промышленныхъ заведеній по своему характе-  
ру бываютъ крайне разнообразны, въ зависимости отъ рода производства.

4) Дождевыя воды содержатъ значительное количество животныхъ  
экскрементовъ, разныхъ дворовыхъ и уличныхъ отбросовъ, землю, пе-  
сокъ и пр.

Для иллюстраціи состава сточныхъ водъ мы приведемъ здѣсь анализы  
водъ различныхъ городовъ.

Такъ, въ 1 литрѣ сточной воды англійскихъ городовъ содержалось

нерастворим. веществъ	{ минеральнаго происхожденія 241,8 млгр. органическаго » 205,1 »
растворимыхъ веществъ . . . . .	

Берлинская канализаціонная вода содержитъ въ 1 литрѣ

нерастворим. веществъ	{ минеральнаго происхожденія 209,5 млгр. органическаго » 326,5 »
растворимыхъ веществъ . . . . .	

Канализационная вода гор. Москвы содержитъ въ 1 литрѣ

нерастворим. веществъ	{ минеральнаго происхожденія 200 млгр. { органическаго » 400 »	
		растворимыхъ веществъ . . . . .

Составъ канализационныхъ водъ въ среднемъ выражается слѣдующей таблицей:

воды . . . . .	отъ 90,89 — 99,86%
органическихъ веществъ . . . . .	» 0,48 — 6,21%
неорганическихъ веществъ . . . . .	» 0,78 — 3,11%
оксида калия . . . . .	» 0,098— 0,225%
фосфорной кислоты . . . . .	» 0,066— 0,363%
азота въ видѣ $\text{NH}_3$ . . . . .	» 0,080— 0,524%
всего азота . . . . .	» 0,185— 0,916%

Сточные воды безъ соотвѣтствующей очистки, попадая въ естественные водоемы или на поля, могутъ причинять, въ зависимости отъ своего состава, различный вредъ какъ растительному, такъ и животному царствамъ.

Такъ напр., воды, содержащія значительное количество органическихъ веществъ, всегда служатъ прекрасной почвой для развитія всевозможныхъ вредныхъ микроорганизмовъ.

Различныя примѣси минеральныхъ веществъ могутъ вредно дѣйствовать на рыбъ и другихъ животныхъ, употребляющихъ эту воду для питья.

Соединенія мышьяка, свинца, квасцовъ и хлоръ даже въ небольшихъ количествахъ дѣйствуютъ губительно какъ на оплодотворенную икру рыбъ, такъ и на мальковъ.

При содержаніи 0,1 гр. квасцовъ въ литрѣ воды оплодотворенная икра даетъ только 0,9% мальковъ, та же самая икра въ водѣ безъ алюминіевыхъ квасцовъ даетъ уже 51,5% мальковъ.

Содержащійся въ количествѣ 2,5—10 млгр. амміакъ въ литрѣ воды убиваетъ форель и лосось черезъ 21 минуту.

Содержаніе въ водѣ хлора въ количествѣ 0,001% на рыбъ дѣйствуетъ смертельно.

Подобное же неблагоприятное вліяніе на рыбъ оказываетъ присутствіе нефти.

Вотъ почему почти во всѣхъ государствахъ на сточныя воды обращается громадное вниманіе и ни одному промышленному заведенію въ нихъ не разрѣшается выпускъ сточныхъ водъ безъ соотвѣтствующей очистки, и только у насъ въ Россіи возможны случаи, когда въ естественные водоемы, напримѣръ, рѣки, спускаются фабриками и заводами воды

или безъ всякой очистки, или же съ такой очисткой, которая не можетъ удовлетворить даже самымъ элементарнымъ требованіямъ техники.

Въ большинствѣ государствъ выработаны особыя нормы для опредѣленія степени загрязненности сточныхъ водъ, и при загрязненности выше извѣстнаго предѣла, вода не признается годной для спуска въ естественные водоемы.

У насъ, въ Россіи, этотъ вопросъ мало разработанъ и не имѣетъ почти никакихъ опредѣленныхъ нормъ относительно степени очистки сточныхъ водъ и разрѣшенія спуска ихъ въ естественные водоемы, поэтому каждое учрежденіе, вѣдающее разрѣшеніемъ спуска сточныхъ водъ, основываетъ разрѣшеніе на собственныхъ индивидуальныхъ соображеніяхъ.

Степень загрязненія сточныхъ водъ опредѣляется по внѣшнему виду, при помощи химическаго и, наконецъ, бактеріологическаго анализа.

Въ 1868 г. Англійская королевская рѣчная комиссія выработала нормы состава сточныхъ водъ, допустимыхъ для спуска въ естественные водоемы.

1) Сточная вода не должна заключать въ 1 литрѣ болѣе 30 млгр. взвѣшенныхъ неорганическихъ веществъ и 10 млгр. взвѣшенныхъ органическихъ веществъ.

2) Болѣе 20 млгр. органическаго углерода, или болѣе 3 млгр. органическаго азота.

3) Сточная вода должна обладать опредѣленной прозрачностью, а именно не должна казаться окрашенной, если смотрѣть сквозь слой ея въ 30 мм. толщины при дневномъ свѣтѣ въ фарфоровой чашечкѣ.

4) Въ литрѣ воды не должно быть болѣе 20 млгр. какого-нибудь металла, кромѣ калия, натрія, кальція и магнія.

5) Въ литрѣ воды не должно содержаться болѣе 0.5 млгр. мыльяка.

6) По подкисленіи сѣрной кислотой не должно содержаться больше 10 млгр. свободнаго хлора на литрѣ.

7) Въ литрѣ воды не должно содержаться болѣе 10 млгр. сѣры въ видѣ сѣроводорода или какого-нибудь сѣрнистаго металла.

8) Въ литрѣ воды не должно содержаться свободной кислоты болѣе количества, эквивалентнаго 2 гр. соляной кислоты.

9) Въ литрѣ воды не должно содержаться свободной щелочи болѣе количества, эквивалентнаго 1 грамму ѣдкаго натра.

Въ 1886 г. эти нормы были измѣнены для воды, спускаемой въ естественные водоемы, изъ которыхъ мѣстные жители не пользуются водой для питья и домашняго обихода; такъ, взвѣшенныхъ органич. веществъ допускается 20 млгр. на 1 литрѣ, а неорганическихъ—50 млгр., органическаго азота—10 млгр., сѣры въ сѣрнистыхъ соединеніяхъ—20 млгр. и пр. Нѣкоторые учрежденія въ Россіи руководствуются отчасти англійскими нор-



нани, отчасти же общими нормами требованій, составленными нашимъ Министерствомъ Внутреннихъ Дѣлъ въ 1908 году.

Сточные воды для спуска ихъ въ общественные водоемы должны удовлетворять елѣдующимъ министерскимъ требованіямъ.

1) Температура сточной воды при впаденіи ея въ общественные водоемы не должна быть выше 30° Ц. (24° R.).

2) Сточная вода не должна имѣть ясно выраженной кислой или щелочной реакціи.

3) Сточная вода не должна имѣть гнилостнаго, фекальнаго, или иного болѣе или менѣе опредѣленнаго запаха.

4) Сточная вода не должна имѣть какой-либо опредѣленной окраски, за исключеніемъ того натурального оттѣнка, который имѣетъ вода того водоема, изъ котораго пользуется водою фабрика.

5) Сточная вода не должна содержать взвѣшенныхъ веществъ болѣе, чѣмъ вода того водоема, куда она спускается.

6) Сточная вода не должна имѣть ни во время поступленія въ водоемъ, ни послѣ выемки пробы воды при стояніи въ сосудѣ пленокъ состоящихъ изъ жировъ и маселъ животнаго или растительнаго происхожденія и особенно изъ нефти, ея продуктовъ и другихъ углеводородовъ.

7) Сточная вода не должна загнивать при стояніи въ закрытомъ сосудѣ въ теченіе недѣли при температурѣ 30° Ц. (24° R.).

8) Сточная вода не должна имѣть ядовитыхъ веществъ и болѣзнетворныхъ микроорганизмовъ.

9) Сточная вода не должна измѣнять къ худшему химическаго состава воды того водоема, въ который она отводится.

10) Сточная вода должна быть пригодной для жизни рыбъ и растений.

**Очистка сточныхъ водъ.** Очистка сточныхъ водъ производится въ зависимости отъ характера ихъ при помощи обыкновеннаго отстаиванія, осажденія примѣсей химическимъ путемъ въ комбинаціи съ отстаиваніемъ или фильтраціей и, наконецъ, біологическимъ путемъ.

**Отстаиваніе** сточныхъ водъ отъ взвѣшенныхъ веществъ производится при помощи обычнаго приѣма, заставляя очищаемую воду съ небольшою скоростью проходить черезъ особо устроенные каналы или объемистые резервуары. При чемъ весьма часто какъ въ канавахъ, такъ и резервуарахъ устанавливаются особыя перегородки-плетушки изъ пвовыхъ прутьевъ, которыя служатъ фильтрами.

На рис. 15 и 16 изображенъ схематическій видъ двухъ каналовъ съ установленными въ нихъ ивовыми плетушками. При чемъ для экономіи мѣста и для удлинненія пути одинъ изъ каналовъ имѣетъ зигзагообразный путь, а другой, для необходимой очистки, развѣтвляется на два канала съ двумя запорными заслонками.

Вмѣсто каналовъ, для отдѣленія взвѣшенныхъ веществъ, весьма

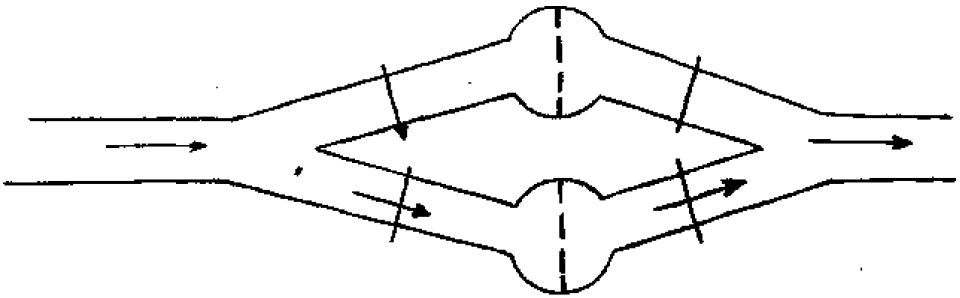


Рис. 15.

часто сточную воду пропускают въ особые бассейны различной конструкции.

На рис. 17 представлена система двух отстойных резервуаров 1, 2, которые соединяются между собою при помощи каналов А и В. При закрытых заслонках а, с и d сточная вода через отверстие b поступает въ бассейн 2 и, отстоявшись от взвѣшенных примѣсей, направляется чрезъ окно S въ каналъ В. Когда въ резервуарѣ 2 накопится достаточно осадка, его, при помощи заслонокъ b и S, выключаютъ изъ сѣти и производятъ чистку. Въ то же самое время сточная вода при открытых заслонкахъ а и d направляется въ бассейнъ 1, а изъ него въ каналъ В.

Въ случаѣ ремонта обоихъ резервуаровъ, сточную воду можно пустить помимо ихъ, открывая заслонку С.

Весьма часто отстойники устраиваются въ видѣ резервуара съ перегородками и установленными явовыми плетелками, какъ показано на рис. 18.

Сточная вода въ отстойникахъ находится около 4—6 часовъ; длина ихъ колеблется отъ 30 до 100 метр.; ширина 5—10 метр. и глубина 2—3 метр. Дно отстойниковъ дѣлается обыкновенно съ уклономъ отъ  $\frac{1}{25}$  до  $\frac{1}{75}$ ; скорость теченія воды не должна быть болѣе 2—3 мм. въ секунду.

Чистку отстойныхъ резервуаровъ необходимо, во избѣжаніе загниванія, производить черезъ каждые 6—10 дней.

**Химическая очистка.** Обыкновенно въ большинствѣ случаевъ бываетъ недостаточно очистить сточную воду отстаиваніемъ или фильтрованіемъ, и всегда почти приходится прибѣгать къ химической очисткѣ. Последняя, въ зависимости отъ характера сточныхъ

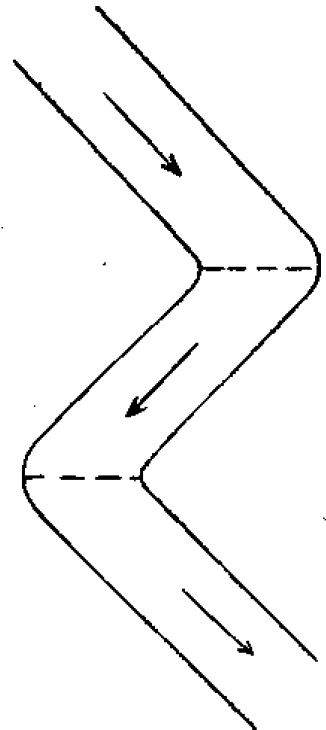


Рис. 16.

воду, бывает различна. Для опредѣленія качества и количества реагентовъ, которые бы изъ сточной воды выдѣляли растворимыя вредныя примѣси, приходится прибѣгать въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ къ непосредственному опыту.

При очисткѣ воды химическимъ путемъ обычными реагентами являются: известь, сѣрнокислый глиноземъ и желѣзный купоросъ.

Прибавленіе этихъ реагентовъ въ сточную воду производится различными способами, изображенными на рис. 19 и 20.

На рис. 19 необходимый реактивъ заготавливается въ видѣ раствора известной концентраціи, который при помощи регулирующаго крана

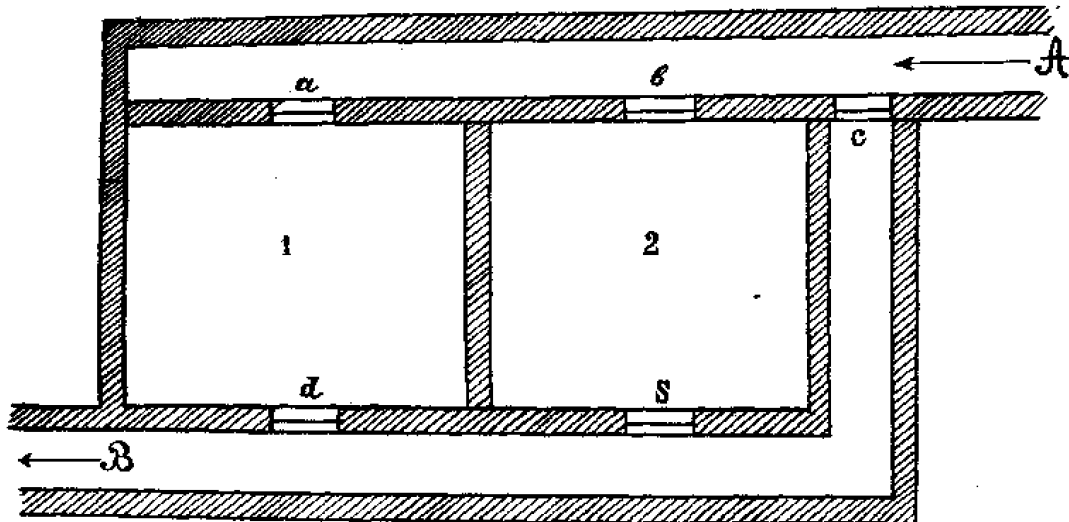


Рис. 17.

въ известномъ количествѣ вытекаетъ въ сточную канаву, гдѣ вслѣдствіе быстрого теченія происходитъ перемѣшиваніе реактива со сточной водой и образованіе тотчасъ же осадковъ.

На рис. 20 изображенъ вращающійся дырчатый барабанъ, въ который засыпается необходимый реактивъ, напр., известь. Этотъ барабанъ большей частью своей поверхности помѣщается въ сточную воду.

Наиболѣе совершенныя приспособленія для этой цѣли состоятъ изъ резервуаровъ съ вращающимися мѣшалками, куда входитъ очищаемая сточная вода и въ опредѣленномъ количествѣ необходимый реактивъ.

Послѣ происшедшей реакціи сточная вода съ осадкомъ направляется въ бассейнъ, или другія приспособленія, напр., песочные фильтры, для выдѣленія изъ нея осадка, что было уже нами рассмотрѣно ранѣе.

Подобная очистка сточныхъ водъ требуетъ большихъ затратъ на оборудованіе и, при правильной очисткѣ, на эксплуатацію.

Въ большинствѣ случаевъ этимъ путемъ все-таки нельзя получить сточную воду желаемой чистоты, и подобную очистку слѣдуетъ рекомендовать только въ томъ случаѣ, если промышленное заведеніе не владѣетъ большими участками земли.

Въ случаѣ же, если есть возможность воспользоваться для цѣлей очистки воды необходимымъ количествомъ земли, то рациональнѣе всего устраивать такъ называемую естественную очистку грязной воды, при помощи химическихъ и біологическихъ процессовъ, происходящихъ непосредственно въ природѣ подѣ влияніемъ кислорода воздуха и различныхъ микроорганизмовъ.

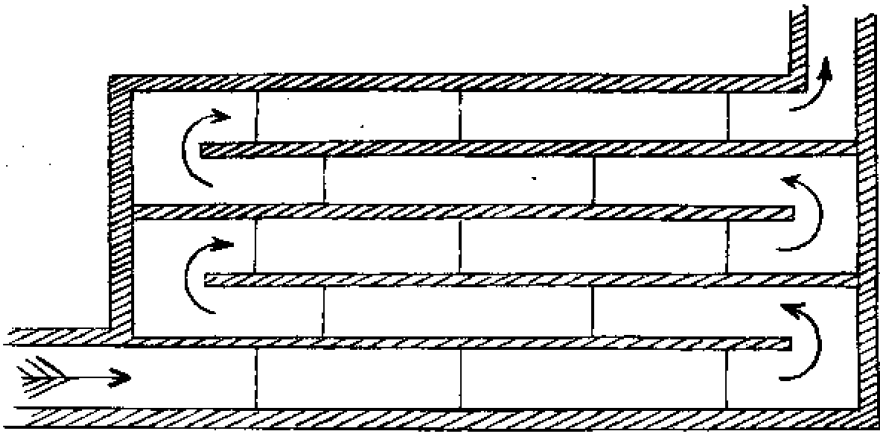


Рис. 18.

Біологическая очистка сточныхъ водъ основана на дѣйствіи бактерій и нѣкоторыхъ высшихъ растительныхъ и животныхъ организмовъ на содержащаяся въ водѣ примѣси. Дѣятельность микроорганизмовъ въ сточныхъ водахъ при соответствующихъ условіяхъ вызываетъ разложекіе органическихъ веществъ, при чемъ одни виды бактерій дѣйствуютъ на органическія вещества какъ возстановители, другіе же—окисляютъ ихъ.

Первый видъ нѣкоторыхъ бактерій можетъ производить реакцію разложенія органическихъ веществъ въ отсутствіи кислорода воздуха, такія бактеріи носятъ названіе **анаэробныхъ**.

Второй же родъ бактерій можетъ жить и, размножаясь, разлагать органическія вещества только въ присутствіи кислорода воздуха; подобные микроорганизмы называются **аэробными бактеріями**.

Существуетъ еще масса микроорганизмовъ, которые могутъ съ успѣхомъ жить и размножаться какъ въ отсутствіи кислорода воздуха, такъ и въ присутствіи его.

Анаэробныя бактеріи имѣютъ способность нерастворимыя въ водѣ органическія вещества разжижать и большею частію переводить въ растворъ; аэробныя же, изъ которыхъ наибольшаго вниманія заслуживаютъ витрифицирующіе микроорганизмы, имѣютъ способность азотъ органическихъ веществъ окислять въ азотистую и азотную кислоты; другія же аэробныя бактеріи углеродъ органическаго вещества окисляютъ въ угольный ангидридъ, сероводородъ и серу до сернистой и серной кислотъ.

Кромѣ этихъ процессовъ аэробныя бактеріи могутъ производить и другіе окислительные процессы.

При біологической очисткѣ сточныхъ водъ играютъ также роль,

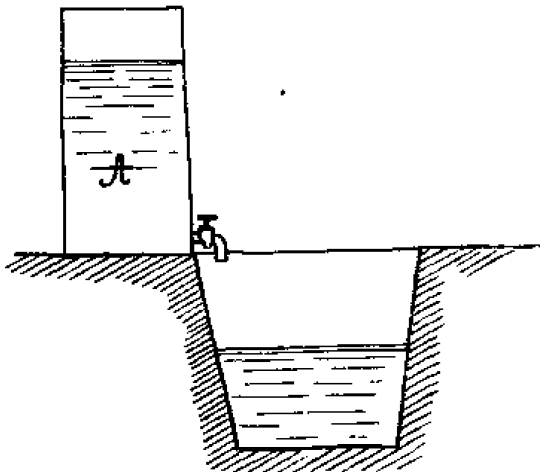


Рис. 19.

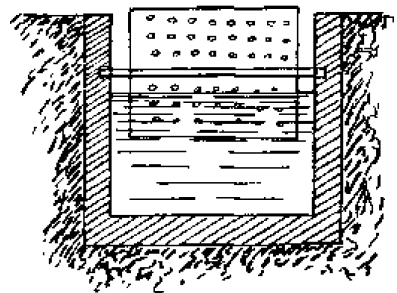


Рис. 20.

участвуя въ разложеніи органическихъ соединеній, различныя водныя растенія, черви, насѣкомыя, ихъ личинки и пр.

Всѣми этими процессами мы обязаны природѣ, которая несравненно лучше производитъ очистку всего, чѣмъ совершенствующаяся съ каждымъ днемъ техника.

Если бы не существовали эти процессы въ природѣ, если бы не происходило разложенія органическихъ веществъ, а слѣд. самоочищенія почвы, рѣкъ и пр., то въ концѣ концовъ жизнь бы на землѣ должна прекратиться. Сточные грязныя воды, попадая, напр., въ рѣку, вначалѣ сильно загрязняютъ ее, но пройдя нѣкоторый путь, вода въ рѣкѣ становится все чище и чище. Это явленіе называютъ естественнымъ самоочищеніемъ рѣкъ, которое происходитъ подъ влияніемъ различныхъ микроорганизмовъ и кислорода, находящихся въ водѣ.

По опытамъ англійской рѣчной комиссіи нечистоты, будучи разбавлены 20 объемами чистой воды въ рѣкѣ при скорости движенія воды

1 мили въ часъ, пройдя 168 миль, очищаются отъ гниющихъ органическихъ веществъ на 67%.

Въ заключеніе необходимо указать, что процессъ биологической очистки сточныхъ водъ можетъ идти только въ томъ случаѣ, если изъ послѣднихъ удалены всѣ вредныя вещества, приостанавливающія жизнедѣятельность микроорганизмовъ.

Биологическая очистка сточныхъ водъ можетъ быть произведена или при помощи полей орошенія, перемежающей фильтраціей, или же искусственными биологическими фильтрами.

Какимъ бы методомъ изъ перечисленныхъ ни производилась очистка сточныхъ водъ, ихъ нужно предварительно одинаково подготовить, освобождая по возможности сточныя воды отъ взвѣшенныхъ примѣсей, напр., частичекъ жира, бумаги, соломы, дерева и пр. пр.

Въ нижеслѣдующемъ мы вкратцѣ познакомимся съ приспособленіями, при помощи которыхъ можно производить отдѣленіе нежелательныхъ взвѣшенныхъ частицъ въ сточной водѣ.

**Рѣшетки, сита и песочники.** Установленныя рѣшетки или сита на пути движенія сточной воды задерживаютъ крупныя взвѣшенныя въ водѣ вещества; такъ, напр., въ Москвѣ изъ 4 милліоновъ вед. сточныхъ водъ въ сутки задерживается около 250 пуд. плавающихъ предметовъ.

Вслѣдствіе уменьшенія скорости теченія сточной воды около рѣшетокъ и ситъ, естественно изъ воды выпадаютъ также тяжелыя минеральныя частицы, напр., песокъ. Поэтому, чтобы удобнѣе ихъ собирать, при рѣшеткахъ въ настоящее время устраиваютъ небольшое углубленіе, такъ называемый песочникъ, гдѣ и собираются эти тяжелыя частицы.

**Жироулавливатели.** Содержаніе въ сточной водѣ жировыхъ или маслянистыхъ веществъ вредно отзывается на послѣдующей очисткѣ воды, поэтому желательно устраивать на пути воды особые приборы, которые бы задерживали эти вещества. По правиламъ Московской Городской Управы жироулавливатели, или сальныя горшки ставятся при раковинахъ въ большихъ кухняхъ и въ гѣхъ мѣстахъ, гдѣ Управа признаетъ необходимымъ.

Чтобы имѣть представленіе объ этихъ приборахъ, мы упомянемъ здѣсь объ аппаратѣ Кремера, позволяющемъ раздѣлить взвѣшенныя вещества въ сточной водѣ на три группы: легныя и жирныя частицы выдѣлится на поверхность, а тяжелыя осадить на дно, что ясно видно изъ рис. 21.

**Отстойники** при очисткѣ сточныхъ водъ основаны на извѣстномъ уже принципѣ, а именно на уменьшеніи скорости теченія очищаемой воды; при этомъ на дно осаждаются до 75% содержащихся въ сточной

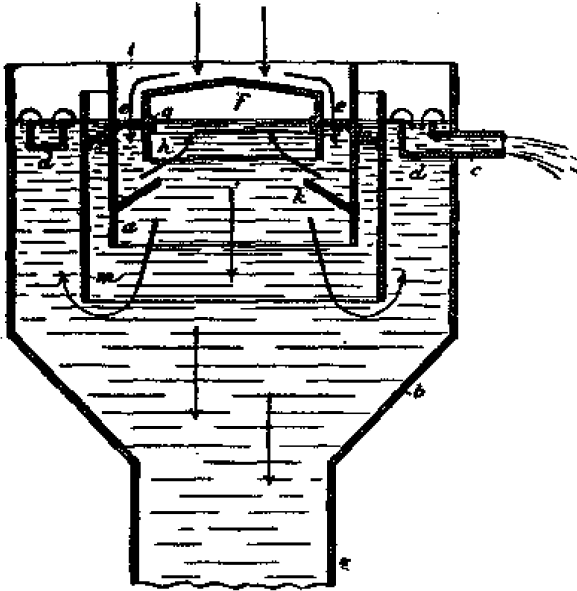


Рис. 21.

водѣ взвѣшенныхъ веществъ. Для этой цѣли устраиваютъ бассейны, емкостью отъ  $\frac{1}{4}$  до  $\frac{1}{6}$  части всего количества суточныхъ сточныхъ водъ. При скорости 4—8 мм. въ секунду и длинѣ бассейна въ 75 метр. оставалось въ отстойникѣ около 61,5% всѣхъ взвѣшенныхъ веществъ.

Осажденіе химическимъ путемъ необходимо производить при очень сильномъ загрязненіи сточныхъ водъ, напр., съ шерстомоекъ, суконныхъ фабрикъ, красильнъ и пр. Такая вода весьма плохо

отстаивается и содержитъ вредныя для послѣдующей біологической очистки вещества; обыкновенно для этой цѣли употребляется известь.

**Поля орошенія.** Очистка сточныхъ водъ при помощи распредѣленія ихъ тонкимъ слоемъ по поверхности почвы, на которой производится культура растений, носить названіе способа полей орошенія.

Задачи полей орошенія состоятъ въ слѣдующемъ: 1) удержаніе всѣхъ взвѣшенныхъ въ сточной водѣ органическихъ веществъ; 2) превращеніе органическаго углерода въ уголекислоту; 3) превращеніе органическаго азота въ соли азотистой и азотной кислотъ; 4) превращеніе сложныхъ сѣрнистыхъ соединеній въ соли сѣрной кислоты; 5) удержаніе патогенныхъ бактерій, и 6) ассимиляція минеральныхъ солей растеніями, произрастающими на поляхъ орошенія.

Такимъ образомъ, изъ этого перечня мы видимъ, что при біологическомъ процессѣ происходитъ полная минерализація органическихъ веществъ.

Чтобы поля орошенія работали правильно и дѣйствительно обеззараживали бы сточную воду, необходимо, чтобы они удовлетворяли слѣдующимъ условіямъ:

1) почва полей должна быть достаточно пропитаемой для воды; самой хорошей почвой для этой цѣли служить песокъ средней крупности съ примѣсью хряща, а также суглинокъ; глинистая почва и торфяная болотистая для полей орошенія не пригодны;

2) профильтрованные сточныя воды должны уходить свободно че-

резь дренажныя трубы, проложенныя на глубинѣ  $2\frac{1}{2}$ —3 арш. на разстояніи 4—5 саж. труба отъ трубы. Для этой цѣли примѣняются неглазурованныя гончарныя трубы, діаметромъ 3", которымъ дается уклонъ въ 0,0025. Длина дрена допускается до 100 саж. Дренажныя трубы соединяются съ магистральной изъ глазурованныхъ 5—8" трубъ съ раструбами. Каждый участокъ поля въ  $3\frac{1}{2}$  десятины имѣетъ самостоятельную дренажную систему, которая должна быть соединена по крайней мѣрѣ однимъ выпускомъ въ водосборную канаву. Последнія на большихъ поляхъ устраиваются на разстояніи 100—200 саж. другъ отъ друга. Скорость теченія въ этихъ канавахъ не должна превышать 2 фут. въ секунду, уклонъ дѣлается равнымъ 0,0003;

3) напускъ сточной воды не долженъ перегружать полей и быть въ строгомъ соответствіи съ площадью поля; въ противномъ случаѣ очистка будетъ несовершенна. По нѣкоторымъ даннымъ полагаютъ, что 1280—1620 ведеръ воды можетъ быть очищено 1 десятиной; московскія же поля орошенія въ настоящее время 1 десятиной очищаютъ воды въ 4 раза болѣе;

4) сточная вода и паружная атмосфера должны имѣть благоприятную температуру для жизнедѣятельности микроорганизмовъ. Въ нашемъ климатѣ зимой, вслѣдствіе низкой температуры, поля работаютъ неправильно, и только съ весны устанавливается болѣе правильный ходъ;

5) сточная вода не должна содержать ядовитыхъ для микроорганизмовъ веществъ;

6) на поляхъ орошенія должно вестись правильное культурное хозяйство.

На рис. 22 представленъ перспективный видъ распредѣленія сточныхъ водъ на поляхъ орошенія. Впереди виденъ распредѣлительный каналъ А, изъ котораго сточная жидкость, при открываніи заслонокъ, переливается по вырытымъ въ грунтѣ наванкамъ.

Количество напускаемой жидкости на поле и періодъ отдыха послѣдняго зависятъ отъ свойствъ почвы и времени года. Если поля орошенія не имѣютъ необходимаго отдыха, то они начинаютъ плохо работать, и въ дрена можетъ поступить вопючая жидкость, способная къ загниванію.

Стоимость полей орошенія, т.-е. планировка, дренажъ, устройство различныхъ капавъ и пр. обходится въ зависимости отъ грунта и профиля мѣстности отъ 1500 руб. до 2500 руб. за десятину.

Переменяющаяся фильтрація. Этотъ методъ очистки воды основанъ на томъ, что сточную воду періодически напускаютъ на разрыхленную почву, имѣющую, какъ и поля орошенія, хорошій дренажъ. Участокъ, на который наливается вода слоемъ 0,02—0,07 саж., обно-



сится со всѣхъ 4 сторонъ валомъ. Черезъ 2—3 дня напускъ повторяютъ, и эти операціи продолжаютъ въ теченіе года и болѣе. Затѣмъ грунту даютъ годичный отдыхъ, во время котораго засѣваютъ его какой-либо культурой.

Въ Англии для перемежающейся фильтраціи на каждую десятину земли приходится около 20.000 ведеръ очищаемой сточной воды.

Отличіе этого метода очистки отъ способа полей орошенія заключается въ меньшей, применяемой для этой цѣли, площади орошенія и въ отсутствіи сельскохозяйственной культуры, и хотя его можно считать болѣе производительнымъ, но вмѣстѣ съ тѣмъ и менѣе совершеннымъ.

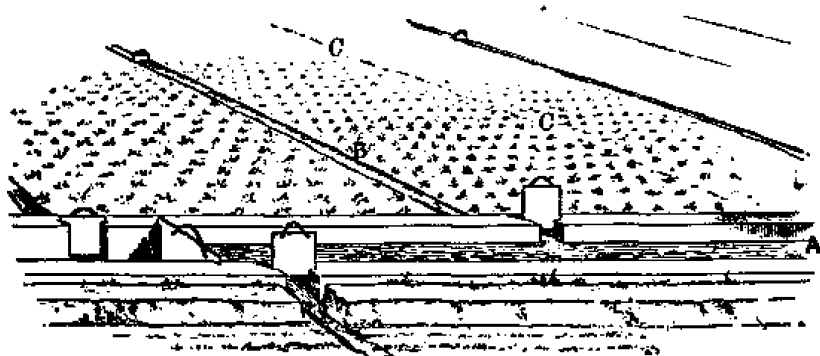


Рис. 22.

**Искусственные біологическіе фильтры.** Очистка сточной воды при помощи искусственнаго біологическаго фильтра состоитъ въ томъ, что очищаемая вода поступаетъ въ началѣ въ особый резервуаръ, носящій названіе септика, гдѣ происходитъ главнымъ образомъ, безъ доступа воздуха, анаэробное броженіе, а потомъ на біологическій фильтръ, гдѣ идетъ окислительный процессъ подъ влияніемъ аэробныхъ бактерій и кислорода воздуха.

Септикъ представляетъ бетонный бассейнъ, сдѣланный въ землѣ, куда при помощи гончарной или бетонной трубы, опущенной въ жидкость, вливается сточная вода. Емкость септика рассчитывается различно, такъ въ Англии его объемъ принимаютъ = 24—36-часовому количеству воды, нѣкоторые же полагаютъ, что объемъ септика долженъ быть меньше, напр., равный 8—12-часовому объему очищаемой воды. Наконецъ, въ послѣднее время роль септика сводятъ исключительно на роль отстойнаго бассейна, гдѣ должны задерживаться крупныя взвѣшенныя въ сточной водѣ вещества.

Глубину стоянія воды въ септикахъ дѣлаютъ отъ 0,80 — 1,00 саж. Отношеніе длины септика къ ширинѣ не менѣе 4 — 5, при чемъ длина его не менѣе 2 саж.

**Окислитель.** Свою существенную роль при биологической очистке воды играет окислитель, или такъ называемый искусственный биологический фильтр, действие котораго заключается въ томъ, что сверху из септика поступает очищаемая вода, распределяется по поверхности фильтра при помощи особыхъ аппаратовъ, разливается по фильтрующему материалу, напр.: коксъ, гравій, шлакъ, шиферныя пластины и пр., и при взаимодействіи микроорганизмовъ и кислорода воздуха, содержащагося въ ней органическія вещества окисляются.

Толщина слоя фильтрующаго матеріала колеблется въ предѣлахъ отъ 8 до 10 футовъ; величина кусковъ применяемаго для этой цѣли матеріала, напр., кокса, около  $1\frac{1}{4}$ " и менѣе.

Поверхность фильтра должна быть такова, чтобы на каждую квадратную сажень приходилось не болѣе 400 ведеръ очищаемой воды въ сутки. Отношеніе объема окислительнаго матеріала къ суточному количеству очищаемой воды должно быть не менѣе 2,5. Фильтръ долженъ быть устроенъ такъ, чтобы къ нему, по возможности со всѣхъ сторонъ, былъ обильный доступъ кислорода воздуха.

Главное вниманіе при устройствѣ такого фильтра необходимо обращать на правильное распределеніе по всей поверхности фильтра очищаемой жидкости. Это распределеніе жидкости можно производить нѣсколькими способами.

- 1) При помощи проложенныхъ сверху желобовъ съ отверстиями.
- 2) При помощи проложенныхъ продырявленныхъ трубъ.
- 3) Съ помощью пульверизаторовъ, выбрасывающихъ воду.
- 4) При помощи вращающихся оросителей, изъ которыхъ наиболѣе рациональнымъ по конструкціи, хотя и дорогимъ, оказался аппаратъ Фидіана.

Первые три способа на практикѣ оказались мало пригодными, вслѣдствіе частаго засоренія отверстій, а слѣд. требующіе постояннаго бдительнаго надзора.

На рис. 23 представлена схема очистки воды при помощи биологическаго фильтра и распределенія въ окислитель очищаемой жидкости оросителемъ Фидіана.

Сточная вода трубой А поступаетъ въ небольшой отстойный резервуаръ В, гдѣ задерживаются при помощи установленной сѣтки крупныя взвѣшныя вещества. Далѣе вода поступаетъ въ септикъ, состоящій изъ двухъ отдѣленій С и D, гдѣ происходитъ гнилостное разложеніе съ переходомъ нерастворимыхъ органическихъ веществъ въ растворимыя. Вытекающая вода изъ септика имѣетъ мутный видъ, желто-бурый цвѣтъ и обладаетъ отвратительнымъ гнилостнымъ запахомъ. Изъ него по трубѣ *а* она перетекаетъ въ отдѣленіе окислителя и попадаетъ на вращающійся ороситель *п*, системы Фидіана.

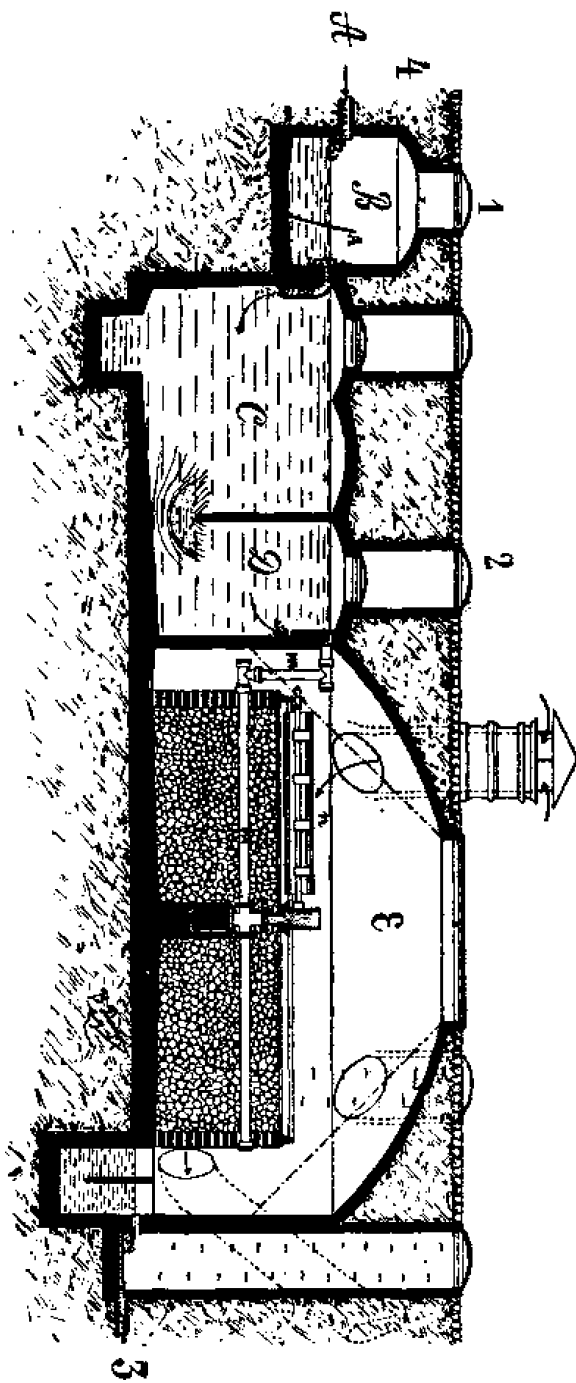


Рис. 28.

Самый фильтръ представляетъ изъ себя бстонный цилиндръ, поверхность котораго почти сплошь имѣетъ отверстія, черезъ которыя входитъ необходимый воздухъ для окисленія. Фильтръ наполняется кусками кокса, размѣрами отъ 1 — 2". Это отдѣленіе должно имѣть хорошую вентиляцію и обильный доступъ наружнаго воздуха. Прощедшая черезъ фильтръ вода, при правильномъ его дѣйствіи, должна быть прозрачною, почти безцвѣтною, не имѣть гнилостнаго запаха и, при сохраненіи при комнатной температурѣ, не должна загнивать.

Изъ фильтра очищенная вода поступаетъ въ колодезь и выводится прочь, или непосредственно въ естественные водоемы, или же въ большихъ городахъ въ водостоки.

Въ настоящее время обыкновенно этотъ методъ очистки примѣняютъ исключительно для фекальныхъ водъ.

Кромѣ фильтра, непрерывно дѣйствующаго, часто устраиваютъ нѣ-

сколько окислителей, періодически дѣйствующихъ, или такъ называемыхъ контактныхъ. Въ такіе окислители дѣлаютъ напускъ очищаемой воды, дають ей нѣкоторое время стоять, спускаютъ въ другой окислитель, а первый оставляютъ провѣтриваться и т. д.

При этомъ нужно замѣтить, что правильное дѣйствіе біологическаго фильтра зависитъ отъ тщательнаго расчета этого сооруженія и бдительнаго ухода за нимъ. Контроль надъ качествомъ очищенной этимъ путемъ воды долженъ производиться предварительный на мѣстѣ дѣйствіемъ сооруженія и періодическій съ изслѣдованіемъ пробы въ лабораторіи \*).

Предварительнымъ контролемъ опредѣляется: 1) прозрачность въ стеклянныхъ цилиндрахъ, діаметромъ 10 — 12 сант. при разсѣянномъ дневномъ свѣтѣ, пользуясь прифтономъ, видимость котораго опредѣляютъ при наибольшемъ слое изслѣдуемой воды, 2) запахъ, 3) отсутствіе устойчивости пѣны и 4) сѣководородъ.

Удовлетворительная по качеству вода должна имѣть прозрачность не ниже 5 сант., т.-е. при этой толщинѣ слоя воды рассматриваемый прифтогъ еще ясно виденъ; запахъ въ ней допускается лишь слабо-землистый или неопредѣленный, но непротизный; если испытуемую водою наполнить до половины стеклянку, заткнуть пробкой и сильно взболтать въ теченіе полминуты, то появившаяся сплошная пѣна въ случаѣ удовлетворительной очистки воды должна исчезнуть не далѣе, какъ черезъ 3 секунды.

Присутствіе сѣководорода опредѣляется качественно свинцовой бумажкой, которую держать надъ испытуемой водою въ закупоренной склянкѣ полчаса. Отсутствіе потемнѣнія бумажки укажетъ на отсутствіе сѣководорода, что и должно быть при удовлетворительной очисткѣ воды.

Лабораторныя испытанія состоятъ въ слѣдующемъ.

1) Опредѣленіе количества взвѣшенныхъ веществъ фильтрованіемъ и высушиваніемъ при 100° Ц. Для удовлетворительно очищенной воды въ литрѣ ея должно содержаться взвѣшенныхъ веществъ, высушенныхъ при 100° Ц., не болѣе 50 миллиграммъ.

2) Опредѣленіе прозрачности — какъ въ предварительныхъ испытаніяхъ.

3) Опредѣленіе незагниваемости. Вода, поставленная въ наполненной почти до пробки закупоренной склянкѣ на 7 сутокъ при комнатной температурѣ, не на прямомъ солнечномъ свѣтѣ, не должна выдѣлять сѣководорода, образовать пленокъ на поверхности и не имѣть противнаго запаха.

4) Опредѣленіе вредныхъ для здоровья металловъ и металлоидовъ, какъ-то: мѣди, мышьяка, сурьмы, свинца, свободнаго хлора и др. Удовлетворительно очищенная вода не должна совершенно содержать ихъ.

Въ заключеніе приведемъ таблицу физическаго и химическаго изслѣдованія по очисткѣ сточной воды въ различныхъ стадіяхъ въ В, С, D и послѣ окислителя Е въ приведенной выше конструкціи біологическаго сооруженія.

\*) Поставовленіе Московской Городской Управы.

Въ литрѣ миллиграммъ.	В	С и D	Е	
Реакція.....	едва щелоч.	едва щелоч.	едва щелоч.	
Плотный остатокъ.....	920.0	920.0	1040	
Потеря послѣ прокаливанія.....	490.0	420.0	320.0	
Количество кислорода въ миллигр. на окисленіе.....	38.6	34.2	17.8	
Амміакъ.....	20.0	40.0	10.0	
Азотистая кислота.....	нѣтъ	нѣтъ	6.0	
Азотная кислота.....	нѣтъ	нѣтъ	150.0	
Сѣроводородъ.....	нѣтъ	нѣтъ	нѣтъ	
Хлоръ.....	102.0	144.0	140.0	
Цвѣтъ.....	слабо-желт.	слабо-желт.	слабо-желт.	
Прозрачность {	фильтров.....	6.0	3.5	прозрачн.
	нефильтр.....	1.0	1.5	14
Исчезновеніе пѣны въ секундахъ.....	4 секунды	8 секундъ	3 секунды	
Запахъ.....	тухлый	гнилостный	нѣтъ	
Загниваемость.....	загнив.	загнив.	нѣтъ	
Взвѣшенные вещества.....	значительн. остатокъ	незначит. остатокъ	ничтожный хлопьевидн.	

### Литература.

Fischer. Das Wasser.

Вунге. Химическая технология.

Вагнеръ. Химическая технология.

Лидовъ. Очистка сточныхъ водъ.

Гейдепримъ. Очищеніе воды, питающей паровой котель.

Дуппаг. Leitfaden für die Abwasserreinigung — Frage.

Даниловъ. Біологическая очистка городскихъ, домовыхъ и фабричныхъ сточныхъ водъ.

Черепашинекій. Водоснабженіе.

Аверкіевъ. Очистка сточныхъ и kloачныхъ водъ біологическимъ методомъ.

Борзовъ. Нѣкоторые данныя о новыхъ способахъ очистки воды для питанія паровозовъ и очистки накипи въ котлахъ.

Бунге. Обь очищеніи Днѣпровской воды.

Еншъ. Водоснабженіе.

Зиминъ. Американскій способъ фильтрованія воды по изслѣдованіямъ Королевскаго Испытательнаго учрежденія въ Берлинѣ.

Лидовъ. Химическій анализъ воды.

Отчетъ комиссіи по производству опытовъ біологической очистки сточныхъ водъ на поляхъ орошенія г. Москвы.

Бѣловъ. Біологическая очистка сточныхъ водъ.

## Нѣкоторыя свѣдѣнія изъ курса теплоты.

Въ виду того, что нѣкоторые отдѣлы теплоты имѣютъ громадное значеніе въ технику при рѣшеніи различныхъ практическихъ задачъ, касающихся разсматриваемыхъ нами вопросовъ, а въ курсѣ физики эти отдѣлы исключительно изучаются съ теоретической стороны, умѣстно будетъ здѣсь познакомиться съ рѣшеніемъ практическихъ вопросовъ по расширенію тѣлъ при нагреваніи, по измѣренію высокихъ температуръ, по теплопроводности и по передачѣ теплоты.

Въ настоящее время, какъ извѣстно, теплота разсматривается какъ особый видъ энергіи, способной переходить въ другіе виды, напр., въ механическую энергію, въ электрическую и пр. Всѣмъ, конечно, извѣстно, что существуютъ между видами энергіи строгія соотношенія, такъ напр. работа въ 424,6 килограмметра способна перейти въ такое количество тепловой энергіи, которое можетъ нагрѣть 1 килогр. чистой воды отъ  $0^{\circ}$  до  $1^{\circ}$  Ц., т.-е. на одинъ градусъ. Для измѣренія тепловой энергіи приняты единицы — малая и большая калоріи.

Количество теплоты, служащей для повышенія температуры 1 грамма химически чистой воды на  $1^{\circ}$  Ц. въ предѣлахъ отъ 0 до  $+1^{\circ}$  — назыв. малой калоріей, въ отличіе отъ большой калоріи, которая въ 1000 разъ болѣе малой калоріи, т.-е. представляетъ количество теплоты, необходимой для повышенія температуры 1 килгр. чистой воды на  $1^{\circ}$  Ц. въ предѣлахъ отъ  $0^{\circ}$  до  $+1$ ; для техническихъ цѣлей за единицу теплоты обыкновенно принимаютъ количество ея, измѣряемое въ предѣлахъ около  $+15^{\circ}$  Ц.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, хотя и рѣдко, можно встрѣтить такъ назыв. «русскую единицу теплоты», которая представляетъ количество теплоты, необходимое для нагреванія 1 фунта воды на  $1^{\circ}$  В; сравнивая ее съ большой калоріей, получимъ, что одна большая калорія равна 1,952 русскимъ единицамъ.

### Расширеніе тѣлъ при нагреваніи.

Всѣ тѣла при нагреваніи расширяются, а при охлажденіи — сжимаются. Степень расширенія тѣлъ при нагреваніи зависитъ какъ отъ природы вещества, такъ равно и отъ температуры, до которой нагрѣ-

вается тѣло. Различаютъ линейное, плоскостное и кубическое расширеніе.

Увеличеніе единицы длины тѣла при повышеніи температуры его на  $1^\circ \text{Ц.}$  въ опредѣленномъ промежуткѣ измѣненія температуръ назыв. линейнымъ коэффициентомъ расширенія тѣла.

Положимъ, длина нѣкотораго стержня при температурѣ  $t - t_1$ , при температурѣ  $0^\circ - t_0$  и  $\alpha$  — коэффициентъ линейнаго расширенія; тогда между этими величинами должно существовать слѣдующее равенство

$$l_t = l_0 + l_0 \cdot \alpha t = l_0 (1 + \alpha t).$$

Т ѣ л а.	Коэффициентъ линейнаго расширенія.	Т ѣ л а.	Коэффициентъ линейнаго расширенія.
Алюминій.....	0,00002354	Чугунъ сѣрый....	0,00001061
Бронза.....	0,00001782	Мѣдь красная....	0,00001678
Графитъ.....	0,00000786	Латунь.....	0,00001859
Сосна (по шир. волоконъ).....	0,0000341	Олово.....	0,00002234
Ель.....	0,0000371	Платина.....	0,00000884
Желѣзо ковачное...	0,000012204	Свинець.....	0,00002924
» проволока.	0,000012350	Стекло.....	0,00000851
» литое.....	0,000011100	» флинтгласъ.	0,00000731
Сталь закаленная.	0,00001322	Цинкъ.....	0,00002924

Что касается коэффициентовъ плоскостнаго  $\alpha_1$  и кубическаго расширенія  $\alpha_2$ , то эти величины можно выразить черезъ коэффициентъ линейнаго расширенія:  $\alpha_1 = 2 \alpha$  и  $\alpha_2 = 3 \alpha$ .

П р и м ѣ р ы. 1) Въ помещеніи, въ которомъ температура колеблется въ предѣлахъ отъ  $20^\circ \text{Ц.}$  до  $90^\circ \text{Ц.}$ , требуется помѣстить между стѣнами желѣзную балку длиною 20 метр. Опредѣлить, какой величины необходимо оставить зазоръ между концами балки и кладкой для свободнаго ея расширенія?

$$L_{20} = 20 \text{ метр.}; t = 90 - 20 = 70^\circ; \alpha = 0,000012204;$$

слѣд.  $L_{90} = L_{20} (1 + \alpha t) = 20 (1 + 0,000012204 \cdot 70) = 20,017 \text{ метр.}$

$$\text{Величина зазоръ} = 20,017 - 20 = 0,017 \text{ метр.} = 17 \text{ мм.}$$



2) Определить зазоры для помещения чугуных колосниковъ длиною 3 фута = 0,30479 метр. при колебаніи температуры ихъ отъ 20° Ц. до 520° Ц.?

$$L_{20} = 0,30479 \text{ м.}; t = 520 - 20 = 500; \alpha = 0,00001061.$$

$$L_{520} = L_{20}(1 + \alpha t) = 0,30479(1 + 0,00001061 \cdot 500) = 0,30640.$$

$$\text{Величина зазоръ} = 0,30640 - 0,30479 = 0,0016 \text{ мтр.} = 1,6 \text{ мм.}$$

3) Разсчитать емкость желѣзной цистерны для помещения въ нее 8000 пуд. жидкости уд. в. 0,910 и коэфф. расширенія 0,001, если температура наружнаго воздуха колеблется отъ -30° Ц. до +30° Ц.?

$$\alpha_2 = 0,001; V_{-30} = 145 \text{ куб. м.}; t = 30 - (-30) = 60°.$$

$$V_{+30} = V_{-30} (1 + \alpha t) = 145 (1 + 0,001 \cdot 60) = 157,7 \text{ куб. м.}$$

4) Определить площадь сѣченія канала, по которому необходимо пропустить 7 куб. футъ въ секунду воздуха со скоростью 10 футъ въ секунду въ предположеніи, что этотъ воздухъ нагревается въ каналѣ отъ +15° до +815° Ц.?

$$\alpha_2 = 0,003665; V_{15} = 7 \text{ куб. ф.}; t = 815 - 15 = 800°.$$

$$Vt = 7(1 + 0,003665 \cdot 800) = 27,524 \text{ куб. фут.}$$

Искомая площадь сѣченія  $x$ , тогда  $x \cdot 10 = 27,524$ , откуда  $x = 2,7524$  кв. фут.

5) Определить удлинение желѣзнаго трубопровода, длиною 50 мтр. и начальной температуры 20° Ц., который нагревается поступленіемъ въ него горячей воды или пара температур. 100° Ц.?

Для рѣшенія этого вопроса возможно воспользоваться готовой уже таблицей для желѣзныхъ и чугуныхъ трубъ.

Первонач. т-ра.	Удлиненіе одного метра.					
	Желѣзной трубы при температурѣ			Чугунной трубы при т-рѣ.		
	50°	100°	150°	50°	100°	150°
0	0,25 мм.	1, 5 мм.	2,25 мм.	0,6 мм.	1,1 мм.	1,6 мм.
10	0,60 »	1,35 »	2,10 »	0,5 »	1,0 »	1,5 »
20	0,45 »	1,20 »	1,95 »	0,4 »	0,9 »	1,4 »
30	0,30 »	1,05 »	1,60 »	0,3 »	0,8 »	1,3 »

Пользуясь этой таблицей, находимъ, что удлинение 1 метра желѣз-

ной трубы при начальной температурѣ 20° Ц. и конечной 100° Ц. будетъ 1,2 мм., слѣд., при 50 мтр.— $1,2 \times 50 = 60$  мм.

Исходя изъ полученныхъ результатовъ, необходимо при длинныхъ трубопроводахъ заботиться о томъ, чтобы движеніе трубопровода, вслѣдствіе его расширенія, происходило безпрепятственно.

### Измѣреніе температуръ.

Для измѣренія температуръ существуетъ большое количество приборовъ и аппаратовъ, дѣйствіе которыхъ основано на

- 1) расширеніи твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ тѣлъ при нагреваніи,
- 2) калориметрическомъ опредѣленіи,
- 3) плавленіи тѣлъ,
- 4) термоэлектрическомъ способѣ,
- 5) опредѣленіи сопротивленія проводниковъ электрическому току при нагреваніи,
- 6) оптическомъ методѣ.

Въ виду того, что въ технику обыкновенно приходится сталкиваться съ опредѣленіемъ главнымъ образомъ высокихъ температуръ, мы рассмотримъ въ краткихъ чертахъ наиболѣе практичныя и точныя приборы, которые носятъ названіе пирометровъ.

1) Приборы, основанные на расширеніи тѣлъ отъ теплоты. Изъ этого рода приборовъ наибольшее распространеніе въ практикѣ имѣютъ ртутные термометры, какъ по своей точности, такъ и дешевизнѣ.

**Ртутный термометръ.** Въ виду того, что температура кипѣнія ртути около 360° Ц., обыкновеннымъ ртутнымъ термометромъ возможно измѣрять температуры только до 360° Ц., если же при изготовленіи этихъ термометровъ наполнить трубку его азотомъ или углекислотой подъ давленіемъ до 25—30 атмосферъ, то такимъ приборомъ можно измѣрять температуру до 550° Ц.

Резервуары для ртутныхъ термометровъ обыкновенно устраиваютъ стеклянные и для предохраненія ихъ отъ поломки заключаютъ въ металлическіе футляры, какъ показано на рис. 24, 25, 26, 27 и 28. Къ недостаткамъ стеклянныхъ термометровъ нужно отнести ихъ ломкость и, съ теченіемъ времени, вслѣдствіе усадки стекла, неправильное показаніе температуры. Для болѣе точнаго отсчета показанія ртутнаго термометра необходимо вводить поправку на охлажденіе наружнаго столба ртути по формулѣ

$$T = \frac{t - \alpha k}{1 - \alpha}, \text{ гдѣ}$$

$T$ —искомая температура,

$t$ —показаніе термометра,

$h$ —длина ртутнаго столбика въ градусахъ ртути, имѣющей температуру  $k$  помѣщенія,

$\alpha=0,000155$ —коэффициентъ кажущагося расширенія ртути.

Стоимость подобныхъ термометровъ въ зависимости отъ общей длины его, напр., въ 1, 1,5 и 2 метра съ величиной скалы 36—40 см. колеблется отъ 14 до 20 рублей. Фирма Штейнле и Гартунгъ изготовляетъ для измѣренія температуръ до 500° Цельсія стальные ртутные термометры. Эти термометры состоятъ изъ стального резервуара, въ который наливается ртуть, и капиллярной винтовой стальной пружины. Конецъ послѣдней соединяется со стрѣлкой циферблата. При нагреваніи ртуть въ резервуарѣ расширяется и производитъ давленіе на внутреннія стѣнки пружины, послѣдняя раскручивается и приводитъ въ движеніе стрѣлку циферблата, на которомъ нанесены градусы. Въ термометрѣ съ указательными стрѣлками ошибки могутъ быть въ 5—10° въ одну и другую сторону. Часто эти приборы снабжаются самопишущимъ механизмомъ; цѣна такого прибора около 100 руб.

Графитовый пирометръ состоитъ изъ графитоваго стержня, заключеннаго въ желѣзную трубку; одинъ конецъ графитоваго стержня скрѣпленъ съ желѣзною трубкой, другой же свободенъ и дѣйствуетъ на систему рычаговъ съ указательною стрѣлкой. Показаніе этихъ приборовъ черезъ довольно короткое время становится ненадежнымъ, особенно, если этотъ пирометръ примѣнять для опредѣленія температуръ выше 600° Цельсія. Стоимость его—около 35 руб.

Воздушный пирометръ. Дѣйствіе этого рода приборовъ основано на законѣ Гей-Люссака и Мариотта, т. е. что произведеніе удѣльнаго объема  $v$  на давленіе  $p$  на единицу площади пропорціо-нально абсолютнымъ температурамъ  $T$ .

$$p \cdot \frac{v}{T} = R = \text{постоянная величина.}$$

Эти приборы можно раздѣлить на двѣ ка-



Рис. 24.

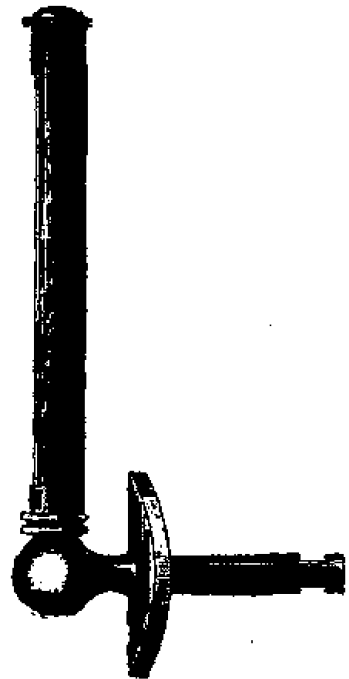


Рис. 25.

тегоріи, а именно: 1) аппараты съ постояннымъ давленіемъ, но переменнымъ объемомъ газа и 2) аппараты съ постояннымъ объемомъ, но переменнымъ давленіемъ газа.

Эти аппараты, напр., Зигерта-Дюрра состоятъ изъ фарфороваго резервуара, соединеннаго при помощи капиллярной мѣдной трубки съ плавающимъ колпакомъ. Воздухъ при нагреваніи фарфороваго резервуара расширяется и, поступая подъ колпакъ, заставляеть послѣдній приподниматься; съ колпакомъ, при помощи системы рычаговъ, связана стрѣлка, указывающая прямо на циферблатѣ искомую температуру.

Циферблатъ подраздѣленъ на градусы Цельсія въ предѣлахъ отъ 0° до 1500°. При помощи этого пирометра, благодаря длинной мѣдной трубкѣ, возможно вести наблюденія на большомъ разстояніи отъ среды, температуру которой желаютъ опредѣлить, и тѣмъ избѣжать дѣйствія жара на самый отсчитывающій градусы механизмъ пирометра.

Изъ второй категоріи пирометровъ упомянемъ о пирометрѣ Виборга, который конструируетъ его, какъ самопишущій аппаратъ, цѣною около 175 руб.

2) К а л о р и м е т р и ч е с к і й м е т о д ъ. Этотъ способъ основанъ на измѣреніи количества теплоты, отдаваемой нагрѣтымъ тѣломъ опредѣленнаго вѣса большому количеству воды, помѣщенному въ особый приборъ, называемый калориметромъ.

Изъ наибаче употребляемыхъ калориметровъ въ технику по своей простотѣ заслуживаетъ вниманія пирометръ Фишера. Этотъ приборъ состоитъ изъ мѣднаго резервуара А, подвѣшеннаго въ толстостѣнномъ деревянномъ ящикѣ В (рис. 29). Во избѣжаніе потери теплоты между стѣнками сосуда А и ящика В помѣщается волокнистый азбестъ и стеклянная вата.

Въ мѣдный сосудъ черезъ отверстіе помѣщаютъ мѣшалку а и точный термометръ съ дѣленіями въ 0,1°.

Для опредѣленія температуры поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Небольшой платиновый цилиндрикъ опредѣленнаго вѣса помѣщаютъ

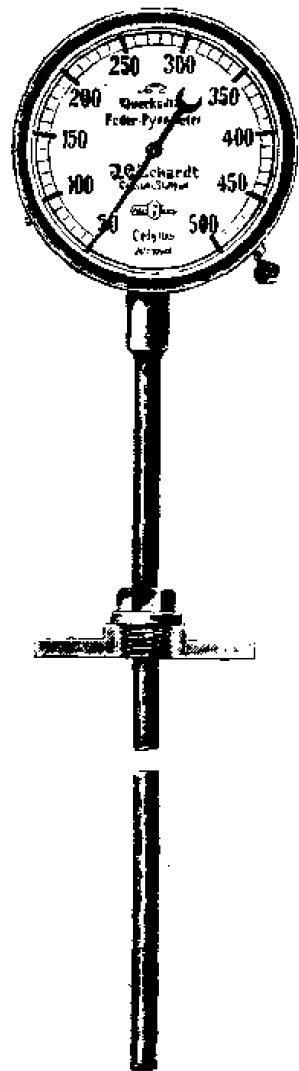


Рис. 26.

въ закрытый желѣзный сосудикъ на длинной ручкѣ и вмѣстѣ съ нимъ вводить въ среду, температуру которой желаютъ опредѣлить. Какъ только платиновый цилиндръ приметъ температуру среды, то его быстро вынимаютъ и по возможности быстрѣе выбрасываютъ въ отверстіе калориметра. При движеніи мѣшалки теплота цилиндра быстро передается водѣ, на что указываетъ повышеніе столба ртути въ термометрѣ. Какъ

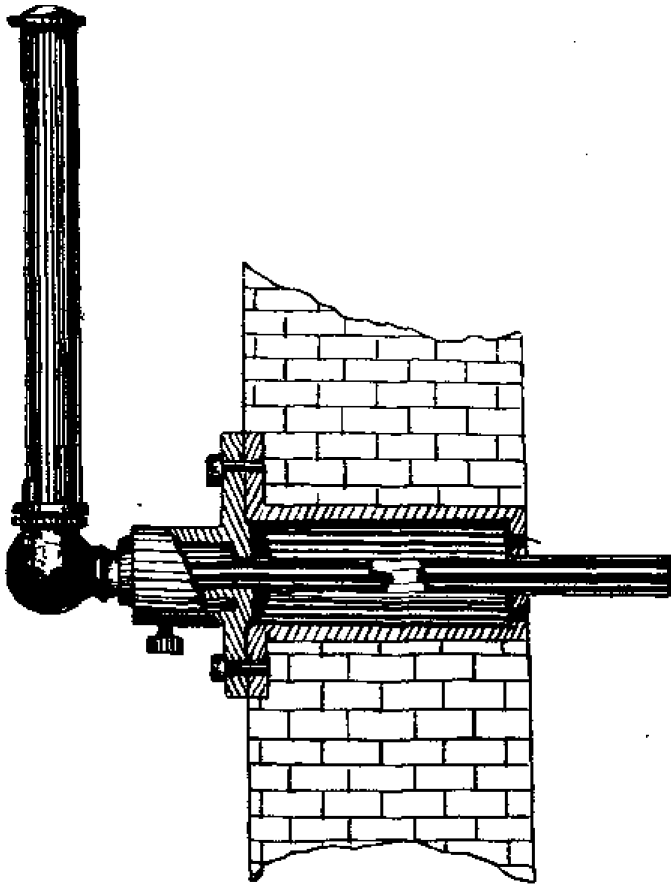


Рис. 27.

только столбъ ртути достигнетъ наивысшаго положенія, то отмѣчаютъ эту температуру и считаютъ опытъ законченнымъ.

Называя

- $g$  гр.—вѣсъ платинового цилиндра,
- $s$ —теплоемкость платины,
- $p$  гр.—вѣсъ воды въ калориметрѣ,
- $p_1$  гр.—вѣсъ сосуда калориметра и мѣшалки,
- $t_1$ —начальную температуру воды,
- $t_2$ —конечную температуру воды,

$s_1$ —теплоемкость калориметра и мѣшалки,  
 $x$ —искомую температуру,

имѣемъ:  $gs.(x-t_2)=(t_2-t_1).p+(t_2-t_1) p_1.s_1$ , откуда и можемъ опредѣ-  
 лить исковую температуру  $x$ .

3) Способъ опредѣленія температуры при  
 помощи веществъ съ опредѣленной точкой пла-  
 вленія. Этотъ методъ опредѣленія температуры состоитъ въ томъ,  
 что въ изслѣдуемое пространство, гдѣ желаютъ опредѣлить темпера-  
 туру, вводятъ въ огнеупорныхъ чашечкахъ нѣсколько веществъ съ  
 строго опредѣленной точкой плавленія. Такими веществами могутъ

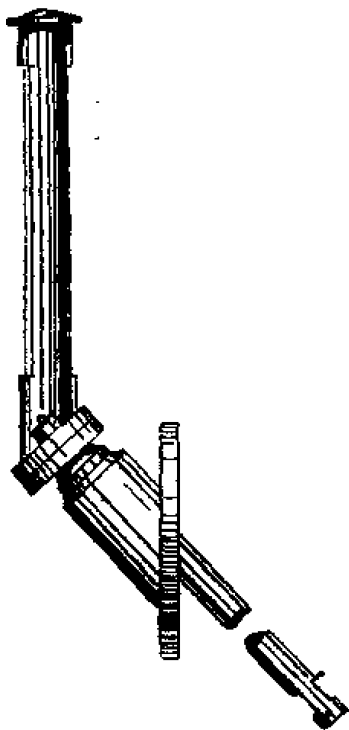


Рис. 28.

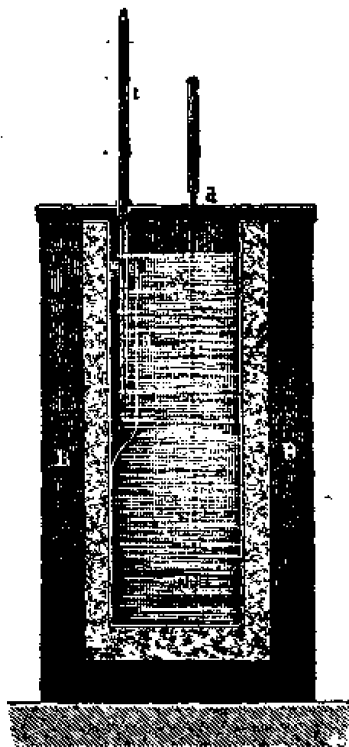


Рис. 29.

служить чистые металлы, сплавы, соли ихъ и различныя смѣси мине-  
 ральныхъ веществъ. Въ нижеслѣдующемъ приводимъ таблицу темпера-  
 туръ плавленія упомянутыхъ веществъ.

Олово . . . . .	230° Ц.	Сурьма . . . . .	432° Ц.
Висмутъ . . . . .	260° >	Серебро . . . . .	954° >
Свинецъ . . . . .	330° >	Золото . . . . .	1076° >
Цинкъ . . . . .	412° >	Платина . . . . .	1775° >

Кромѣ того, можно употреблять для этой цѣли и опредѣленные сплавы, такъ напр.:

80% серебра и 20% золота—	температура плавленія	975°
60% » » 40% » — »	»	995°
40% » » 60% » — »	»	1020°
20% » » 80% » — »	»	1045°
95% золота » 5% платины—	»	1100°
90% » » 10% » — »	»	1130°
85% » » 15% » — »	»	1160°

и т. д.

Поваренная соль . . .	815° Ц.	Сода . . . . .	849° Ц.
Хлористый калий . . .	800° »	Поташь . . . . .	879° »
Хлористый кальцій . . .	806° »	Сульфатъ . . . . .	863° »
Хлористый барій . . .	922° »	Сѣрнокалиевая соль .	1078° »

Проф. Зегеръ для опредѣленія высокихъ температуръ предложилъ примѣнять сформованные конусы, или тетраэдры, въ составъ которыхъ въ различной пропорціи входятъ главнымъ образомъ кремнеземъ и глиноземъ. Для фабрикаціи конусовъ Зегера примѣняютъ полевой шпатъ, кварцъ, каолинъ и мраморъ, которые смѣшиваются въ различной пропорціи и изъ полученной массы формуютъ тетраэдры, на стѣнкахъ которыхъ выдавливаются соответствующіе номера. Каждому номеру соответствуетъ опредѣленная температура плавленія, такъ, напр., № 1—1150°, № 2—1179°, № 3—1208°, № 4—1237°, № 5—1266° и т. д., № 20—1700° Ц.

При пользованіи этими конусами, послѣдніе въ количествѣ нѣсколькихъ штукъ помѣщаются на тарелку, которая устанавливается въ изслѣдуемомъ пространствѣ.

При этомъ тетраэдръ считается расплавившимся, когда онъ настолько размягчится, что вершина его согнется на бокъ и коснется поверхности тарелки; положимъ, что конусъ № 3—изогнулся, № 2 же остался безъ измѣненія, слѣд., температура въ изслѣдуемомъ пространствѣ находится въ предѣлахъ отъ 1179 до 1208° Ц., т.-е. съ точностью до 30° Ц., что для техническихъ цѣлей бываетъ совершенно достаточно. 100 штукъ такихъ конусовъ стоятъ около 3—4 рублей.

Точно такимъ же приемомъ производится опредѣленіе температуры при помощи металловъ, сплавовъ, солей и пр., помѣщая послѣдніе въ фарфоровыхъ чашечкахъ въ изслѣдуемое пространство.

4) Термоэлектрическій методъ. Опредѣленіе температуры по этому способу до 1776° Ц., т.-е. до точки плавленія платины, основано на томъ, что сила электрическаго тока въ термоэлектрической

парѣ пропорціональна разности температуръ нагрѣтаго конца спаян холоднаго.

Термоэлектрическая пара состоитъ изъ двухъ проволокъ (рис. 30): одной платиновой, діаметръ 0,6 мм. и 1,5 м. длиною, другой—такого же размѣра изъ сплава платины съ 10% родія. Эта пара помѣщается въ фарфоровую трубку и соединяется съ гальванометромъ, на шкалѣ котораго нанесены прямо градусы.

Трубка помѣщается въ испытуемое пространство, гдѣ желаютъ опредѣлить температуру, соединяють ее съ гальванометромъ и наблюдаютъ отклоненіе стрѣлки, которая для контроля колеблется по двумъ шкаламъ—одной, указывающей силу электрическаго тока, и другой—гдѣ прямо показывается искомая температура въ градусахъ.

Изъ этихъ приборовъ извѣстенъ пирометръ Ле-Шателье и описанный нами—фирмы Кайзеръ и Шмидъ; стоимость подобныхъ пирометровъ около 170 руб.

5) Способъ опредѣленія температуры по измѣненію сопротивленія нагрѣтыхъ проводниковъ. Этотъ способъ измѣренія температуръ основанъ на увеличеніи сопротивленія проводника электрическому току при возрастаніи его температуры; зная эту зависимость, легко опредѣлить температуру въ изслѣдуемомъ пространствѣ.

Пирометръ Сименса состоитъ изъ желѣзной трубки К, внутри которой въ особыхъ глиняныхъ трубочкахъ проходятъ платиновыя проволоки А', В' и С' (рис. 31). Трубка К имѣетъ на концѣ мѣдный конусъ, на который надѣвается платиновый накопечникъ, а на послѣдній—снова желѣзная трубка. Проводникъ А' внутри накопечника соединяется съ В' и С', вслѣдствіе чего проходящій токъ развѣтвляется и идетъ по двумъ путямъ В' и С'. Въ томъ же накопечникѣ помѣщенъ платиновый реостатъ въ видѣ спирально свернутой проволоки. При выходѣ изъ трубки проводники А', В' и С' соединяются съ мѣдными проводами А, В и С, ведущими токъ А—отъ батареи, а В и С—къ вольтметрамъ V и V<sub>1</sub>. Реостатъ К цѣли С<sub>1</sub> рассчитанъ такъ, что, когда онъ находится при комнатной температурѣ, а платиновый реостатъ нагрѣтъ до 220°, то въ обѣихъ вольтметрахъ выдѣляется одинаковое количество газа.

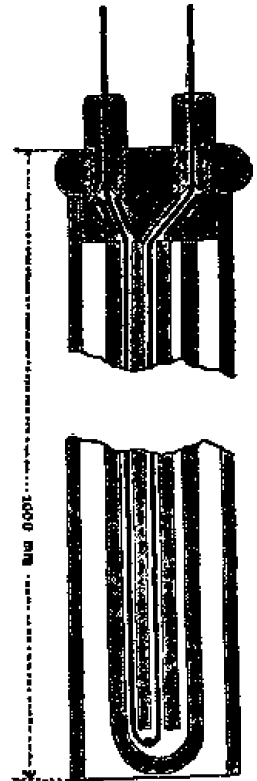


Рис. 30.



При определении температуры железную трубку К вводят в исследуемое пространство, и когда в правом вольтметре жидкость опустится до 50 дѣления, то токъ прекращаютъ, приводятъ давление газа въ вольтметрахъ къ атмосферному и производятъ отсчетъ показаній V и V<sub>1</sub> вольтметровъ.

Температура определяется по формулѣ

$$t = \left( \sqrt{877,975 \frac{V}{V_1} + 101,809 - 9,096} \right)^2 - 273.$$

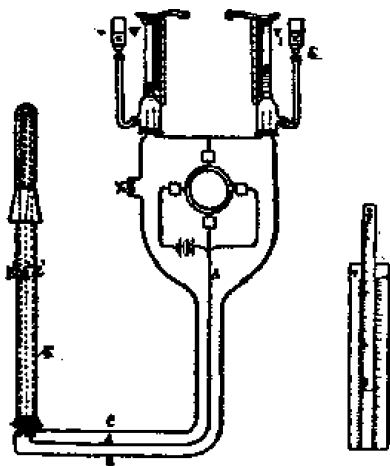


Рис. 31.

Приборъ не отличается особой точностью, цѣна его очень высока, около 400 руб.

Календеръ видоизмѣнилъ этотъ приборъ и вмѣсто вольтметровъ примѣнилъ способъ измѣренія сопротивленія мостикомъ Уитстона; этотъ приборъ значительно превосходитъ точностью пирометръ Сименса.

б) Оптический методъ. Наиболее простой и вмѣстѣ съ тѣмъ весьма приближенный способъ определения температуры—это на глазъ по цвѣту накаленного тѣла.

Начало свѣченія . . . . .	525° Ц.
Очень темнокрасное каленіе . . . . .	600° »
Темнокрасное каленіе . . . . .	700° »
Начало вишнево-краснаго каленія . . . . .	800° »
Вишнево-красное каленіе . . . . .	900° »
Ярко-вишнево-красное каленіе . . . . .	1000° »
Оранжевое каленіе . . . . .	1100° »
Желтое каленіе . . . . .	1200° »
Бѣлое каленіе . . . . .	1300° »
Ярко-бѣлое каленіе . . . . .	1400° »
Ослѣпительно бѣлое каленіе . . . . .	1500° »

Изъ оптическихъ приборовъ, позволяющихъ довольно точно определять температуру въ предѣлахъ отъ 600 до 4000°, заслуживаетъ вниманія пирометръ Баннера, основанный на существующей зависимости между силою свѣта, испускаемаго накаленными тѣлами, и тепловой энергіи. Ошибка при измѣреніи пирометромъ Баннера колеблется въ предѣлахъ не болѣе 1°. Стоимость этого прибора около 250 рублей.

Подобный же пирометръ предложенъ Гольборномъ и Кирхбаумомъ съ той только разницей, что для сравненія свѣта накаленного тѣла онъ употребляетъ нормальную электрическую лампу накаливанія.

### Передача теплоты.

Распространеніе теплоты отъ болѣе нагрѣтаго тѣла къ менѣе нагрѣтому можетъ происходить двояко, или путемъ теплопроводности, или же лучеиспусканіемъ. Въ виду важности этого вопроса мы постараемся выяснитъ законы распространенія теплоты и разобрать ихъ на болѣе ходовыхъ расчетахъ, весьма часто встрѣчающихся въ техникѣ.

**Теплопроводность.** Законъ передачи теплоты этимъ путемъ изображается слѣдующей общей формулой

$$Q = \frac{F \cdot \alpha (t_1 - t_2)}{d}, \text{ гдѣ}$$

$Q$ —количество калорій, передаваемыхъ въ 1 часъ,

$F$ —поверхность тѣла въ квадр. метрахъ.

$\alpha$ —коэффициентъ теплопроводности, т.-е. количество калорій, которыя передаются черезъ стѣнку толщиной въ 1 см. при площади ея въ 1 кв. метръ, въ 1 часъ и при разности температуръ въ одинъ градусъ Цельсія,

$t_1$ —температура наиболѣе нагрѣтой стороны въ ° Ц.,

$t_2$ —температура наименѣе нагрѣтой стороны въ ° Ц.,

$d$ —толщина стѣпки въ сантиметрахъ.

Такимъ образомъ теплопроводность прямо пропорціоноальна поверхности тѣла, коэффициенту теплопроводности, разности температуръ и обратно пропорціоноальна толщинѣ тѣла.

При расчетахъ коэффициентъ теплопередачи обыкновенно дается въ видѣ величины съ 1 кв. метра въ 1 часъ при разности температуръ въ 1°, найденной опытнымъ путемъ при определенныхъ условіяхъ опыта, т.-е. для извѣстной среды, для определенной толщины тѣла и пр.; такимъ образомъ формула, которая обыкновенно примѣляется при расчетахъ, выразится слѣдующимъ уравненіемъ:

$$Q = F \cdot \alpha (t_1 - t_2).$$

**Примѣры.** 1) Разсчитать потерю теплоты помѣщеніемъ, огражденнымъ кирпичными стѣнами въ  $2\frac{1}{2}$  кирпича, имѣющимъ длину 20 метр., ширину 10 метр. и высоту 5 метр. Комната имѣетъ 5 окошъ, размѣрами 3 метра на 1,5 м. и дверь—3 м. на 1 м. Наружная температура воздуха — 20° Ц., температура внутри комнаты + 20° Ц.?

Охлаждаемая поверхность оконъ	$3 \times 1,5 \times 5 = 22,5$	кв. мтр.
»	»	дверей $3 \times 1 = 3$ кв. метра.
»	»	стѣнь $(20 \times 5 \times 2 + 10 \times 5 \times 2) - (22,5 + 3) = 274,5$ кв. мтр.
»	»	потолка $20 \times 10 = 200$ кв. мтр.
»	»	пола $20 \times 10 = 200$ кв. мтр.

Принимая коэффициентъ теплопроводности

для наружн. кирпичн. стѣны въ $2\frac{1}{2}$ кирп. съ оштук. внутри . . . . .	0,84
» двойныхъ оконъ . . . . .	2,3
» наружныхъ дверей . . . . .	2,38
» потолка съ оштукатур. алебастромъ . . . . .	0,49
» пола съ накатомъ . . . . .	0,27

получимъ

потерю теплоты окнами $22,5 \times 2,3 [20 - (-20)]$ . . . . .	2070	калор.
» » дверями $3 \times 2,38 [20 - (-20)]$ . . . . .	286	»
» » стѣламъ $274,5 \times 0,84 [20 - (-20)]$ . . . . .	9223	»
» » потолкомъ $200 \times 0,49 [20 - (-20)]$ . . . . .	3920	»
» » поломъ $200 \times 0,27 [20 - (-20)]$ . . . . .	2160	»

Итого . . . . . 17659 кал.

Зная потерю, возможно опредѣлить размѣръ нагревательнаго прибора для поддержанія внутри помещенія температуры  $+20^{\circ}$  Ц.

а) Голландская печь. Въ курсѣ Лукашевича «Отопление и вентиляция» приведены системы печей различной величины съ указаніемъ количества единицъ теплоты, которая способна выдѣляться при данномъ размѣрѣ печи въ 1 часъ.

б) Водяное отопленіе. Нагрѣваніе помещенія можно производить гладкими трубами, ребристыми или же такъ пазыв. радиаторами. Въ зависимости отъ этого для опредѣленія поверхности нагрѣва этихъ приборовъ нужно взять соответствующіе коэффициенты теплоотдачи ихъ, такъ \*)

- 1) для гладкихъ горизонт. трубъ, при діаметрѣ отъ 60—100 мм. и разности температуръ окружающей среды и горячихъ трубъ до  $60^{\circ}$ —коэффициентъ 10,0;
- 2) для ребристыхъ батарей съ круглыми ребрами, съ разстояніемъ между ними не менѣе 35 мм., при разности температуръ до  $60^{\circ}$ —коэффициентъ 5,0;

\*) Подробныя свѣдѣнія о коэффициентахъ теплоотдачи приведены въ «Руководствѣ къ расчету и проектированію системъ вентиляцій и отопленій» Г. Ритшель.

3) для радиаторовъ съ болѣе 6 элементами и для тѣхъ же условий— коэффициентъ 6,5.

Поверхность гладкихъ трубъ для вышеуказаннаго отопленія вы-

разится:  $\frac{17659}{10.60} = \sim 29,5$  кв. мтр., откуда, зная діаметръ трубъ, легко

вычислить необходимую длину.

Поверхность ребристыхъ трубъ  $\frac{17659}{5.60} = \sim 58,9$  кв. метр.

Поверхность радиаторовъ  $\frac{17659}{6,5.60} = \sim 45,3$  кв. мтр.

2) Разсчитать поверхность экономайзера, въ которомъ нужно подогрѣть 1000 кггр. воды съ  $t=10^{\circ}\text{Ц.}$  до  $90^{\circ}\text{Ц.}$  Температура въ боровѣ, гдѣ будетъ установленъ экономайзеръ,  $400^{\circ}\text{Ц.}$ ?

Для подогрѣванія 1000 кггр. воды до  $90^{\circ}\text{Ц.}$  необходимо затратить  $(90-10) 1000=80000$  калорій.

Для испаренія въ котлѣ 1000 кггр. воды при  $10^{\circ}\text{Ц.}$  требуется затратить

$$1000.650 = 650.000 \text{ калорій.}$$

Слѣдовательно котлу должно быть передано

$$650.000 - 80.000 = 570.000 \text{ калорій.}$$

Принимая полезное дѣйствіе парового котла  $65\%$ , получимъ, что для него необходимо затратить

$$570.000 : 0,65 = 877.000 \text{ калорій.}$$

На 100 калорій, развиваемыхъ топливомъ въ топкѣ, получается примерно около 0,23 кггр. газа, теплѣмкости 0,24.

Слѣд. общее количество газовъ выразится.

$$\frac{877.000}{100} \cdot 0,23 = 2017 \text{ кггр.}$$

Эти газы должны отдать 80000 калорій экономайзеру, слѣд., температура ихъ должна понизиться до

$$\frac{800.000}{2017 \cdot 0,24} = 165^{\circ}\text{Ц.}$$

Называя  $Q$ —количество калорій, передаваемыхъ водѣ экономайзера съ 1 кв. м. въ 1 часъ;  $k$ —коэффициентъ теплопередачи = 8;  $t_1$ —среднюю температуру газовъ и  $t_2$ —среднюю температуру нагрѣваемой воды получимъ

$$Q = k (t_1 - t_2) = k \left( \frac{400 + 165}{2} - \frac{10 + 90}{2} \right) = 1860 \text{ кал.}$$

Слѣд., поверхность экономайзера должна быть

$$\frac{80.000}{1860} = \approx 43 \text{ кв. метр.}$$

3) Разсчитать поверхность пароперегрѣвателя для котла, работающаго на 7 атмосфер.—170° Ц., производительностью 2000 килогр. пара въ 1 часъ; перегрѣть паръ съ 170° до 270° Ц., т.-е. на 100° Ц. при температурѣ отходящихъ газовъ въ боровѣ 700° Ц., гдѣ и требуется поставить перегрѣватель?

Скорость пара  $v$  у перегрѣвателей, установленныхъ въ дымоходахъ, принимаемъ = 50 метр. въ 1".

$$\text{Коэффициентъ теплоотдачи } k = 3 \sqrt{v} = 3 \sqrt{50} = \approx 21.$$

Для полученія 2000 килгр. пара въ 1 часъ необходимо затратить около 2000.650 — 1.300.000 калорій.

Принимая полезное дѣйствіе котла 65%, получимъ, что въ топку его

$$\text{нужно ввести } \frac{1.300.000}{0,65} = 2.000.000 \text{ калорій.}$$

Принимая на 100 калорій въ среднемъ 0,23 кгр. образующихся изъ топлива газовъ, получимъ:

$$\frac{2.000.000}{100} \cdot 0,23 = 4600 \text{ кгр. газа, теплоемкостью } 0,24.$$

На испареніе воды въ парѣ, вслѣдствіе влажности послѣдняго 2%, будетъ расходоваться:

$$2000 \cdot \frac{2}{100} (658 - 170) = 19520 \text{ калорій.}$$

Количество теплоты, расходуемое на перегрѣвъ пара

$$1960 \cdot 0,48 \cdot 100 + 2000 \cdot \frac{2}{100} \cdot 0,48 \cdot 100 = 94080 \text{ калорій,}$$

гдѣ 0,48—теплоемкость пара.

Общее количество теплоты на перегрѣвъ пара

$$19520 + 94080 = 113600 \text{ калорій.}$$

Каждый градусъ газовъ содержитъ теплоты

$$4600 \cdot 0,24 \cdot 1 = 1104 \text{ калорій.}$$

Слѣд., температура дымовыхъ газовъ должно упасть на

$\frac{113600}{1104} = \sim 103^{\circ}$ , т.-е. температура упадетъ съ 700—103° до 597°Ц.

Пользуясь закономъ теплопередачи, получимъ:

$$Q = 21 \left( \frac{700 + 597}{2} = \frac{170 + 270}{2} \right) = 8998 \text{ калорій.}$$

Слѣд., поверхность пароперегрѣвателя должна быть

$$\frac{113600}{8998} = \sim 13 \text{ кв. метровъ.}$$

4) Въ мѣдномъ котлѣ съ паровой рубашкой при помощи пара въ 4 атмосферы—151° Ц. рабочаго давленія требуется въ теченіе  $\frac{1}{2}$  часа довести до кипѣнія 400 литровъ воды температуры 10°Ц. Определить поверхность нагрѣва котла?

Коэфф. теплопередачи  $k = 1000$  для мѣди; при темпер. кипѣнія = 1400  
 »           »            $k = 900$  » сварочн. желѣза; при  $t^{\circ}$  кип. = 1300  
 »           »            $k = 800$  » чугуна; при темп. кипѣнія = 1200

$$Q = k (t_1 - t_2) = 1000 \cdot \left( 151 - \frac{10 + 100}{2} \right) = 96000 \text{ калорій.}$$

Для нагрѣванія 400 кгр. отъ 10 до 100° Ц. въ теченіе  $\frac{1}{2}$  часа необходимо затратить теплоты:

$$400 (100 - 10) = 36000 \text{ калорій, слѣд. въ 1 часъ} \\ 36000 \times 2 = 72000 \text{ кал.}$$

Искомая поверхность должна быть

$$\frac{72000}{96000} = 0,75 \text{ кв. метр.}$$

По достиженіи кипѣнія воды 1 кв. метр. поверхности мѣднаго котла будетъ передавать

$$Q = 1400 (151 - 100) = 71400 \text{ калорій.}$$

Для превращенія въ паръ 1 кгр. воды при 100° Ц. необходимо израсходовать 537 калорій, слѣд., въ теченіе часа испарится

$$0,75 \cdot \frac{71400}{537} = \sim 100 \text{ кгр.}$$

Емкость котла должна быть = въ  $1\frac{1}{2}$  раза болѣе количества нагрѣваемой воды.

$$400 \cdot 1,5 = 600 \text{ литровъ.}$$

5) Нагрѣть 1000 кгр. воды съ  $t = 10^{\circ}$  въ 1 часъ паровымъ змѣвикомъ

продолжительнаго дѣйствія до постоянной температуры 90° Ц. паромъ въ 2 атмосферы—133° Ц., при чемъ количество прибываемой холодной воды въ кубъ—количеству вытекаемой изъ него теплой воды?

1 кв. метръ змѣвика передаетъ въ 1 часъ

$$Q = 1000 (133 - 90) = 43000 \text{ калорій,}$$

гдѣ 1000 = k для мѣди. змѣвика; для желѣза k = 900; для чугуна = 800.

Рабочее давленіе въ атм.	0,1	0,2	1	2	3	4	5	10
Скорость нара въ метрахъ	16	23	39	46	50	52	53	55
Черезъ 1 кв. см. площади сѣченія змѣвика проходитъ количество теплоты въ калоріяхъ.	2050	3050	8150	13900	19800	24900	30100	62150

Для нагреванія 1000 кгр. воды до 90° съ 10° требуется

$$1000 (90 - 10) = 80000 \text{ калорій.}$$

Слѣд., поверхность змѣвика должна быть равной

$$\frac{80000}{43000} = \curvearrowright 1,85 \text{ кв. метр.}$$

Площадь сѣченія трубы по вышеприведенной таблицѣ.

$$\frac{80000}{13900} = \curvearrowright 5,7 \text{ кв. см.}$$

Называя діаметръ трубы = d, получимъ

$$\pi \frac{d^2}{4} = 5,7, \text{ откуда } d = \curvearrowright 2,7 \text{ сант.}$$

Длина мѣдной трубы L

$$\pi \cdot d \cdot L = 1,85.$$

$$3,14 \cdot 0,027 \cdot L = 1,85, \text{ откуда } L = \curvearrowright 22 \text{ метра.}$$

Такимъ образомъ, для непрерывнаго полученія 1000 кгр. воды въ 1 часъ, нагрѣтой отъ 10° до 90°, необходимо устроить паровой змѣвикъ, діаметромъ 2,7 см., длиною 22 метра.

Въ заключеніе статьи о теплопроводности приведемъ здѣсь нѣкоторые коэффициенты теплопередачи для желѣзной поверхности съ 1 кв. метра въ 1 часъ при разности температуръ 1° Ц.

- |   |               |
|---|---------------|
| 1) Отъ пара въ воду до температуры кипѣнія послѣдней .                      | k = 1500—1600 |
| 2) То же, но при испареніи воды, или сильномъ движеніи<br>ся . . . . .      | k = 4000—5000 |
| 3) Отъ горячихъ газовъ въ воду при испареніи послѣдней.                     | k = 25        |
| 4) Отъ пара воздуху при давленіи пара отъ 1—10 атмо-<br>сферъ . . . . .     | k = 9— 11     |
| 5) Отъ горячихъ газовъ воздуху при скорости газовъ 4 м.<br>въ 1'' . . . . . | k = 12,5      |

Лучеиспусканіе. Кромѣ передачи теплоты путемъ теплопроводности, послѣдняя передается также при помощи лучеиспусканія, которое зависитъ отъ рода лучеиспускаемой поверхности (напр., матовая, черная, полированная и пр.), отъ разности температуръ и температуры окружающей среды.

Stefen-Boltzmann для опредѣленія лучеиспускательной способности предложили слѣдующую формулу:

$$Q = \alpha (T_2^4 - T_0^4), \text{ гдѣ}$$

Q—лучеиспускательная способность тѣла съ 1 кв. сант. въ 1 сек.

$\alpha$ —постоянный коэффициентъ =  $1,28 \cdot 10^{-12}$  малыхъ калорій.

$T_2$ —температура абсолютно чернаго тѣла въ абсолютныхъ градусахъ.

$T_0$ —температура помѣщенія въ абсолютныхъ градусахъ.

Это уравненіе примѣнимо также и для не-абсолютно черныхъ тѣлъ съ введеніемъ нѣкотораго поправочнаго коэффициента, которые, къ сожалѣнію, въ большинствѣ случаевъ еще не установлены.

Примѣръ \*). Требуется опредѣлить потерю теплоты стѣнками и обмуровкой парового котла, въ толкѣ котораго сгораетъ въ 1 часъ 188 килгр. угля съ теплотворной способностью 6500 калорій.

1) Лучеиспусканіе топочными дверцами въ 1 часъ, нагрѣтымъ до 800° Ц. при наружной температурѣ + 20° Ц. и площади дверецъ 2000 кв. сант. въ 1 часъ.

$Q_1 = 1,28 \cdot 10^{-12} \cdot 3600 \cdot 2000 (1073^4 - 293^4) = 12200000$  мал. кал. Выражая эту потерю въ % отъ количества вводимой въ топку теплоты, получимъ:

$$\frac{12200 \cdot 100}{6500 \cdot 188} \rightsquigarrow = 1,0\%$$

2) Лучеиспусканіе переднимъ днищемъ котла, имѣющимъ темпера-

\*) Блахеръ. Теплота въ заводскомъ дѣлѣ.



туру  $180^{\circ}$  (10 атмосферъ) при діаметрѣ 100 сант., поверхностью 7850 кв. сант., въ 1 часъ:

$$Q_2 = 1,28 \cdot 10^{-12} \cdot 3600 \cdot 7850 (453^4 - 293^4) = 1260000 \text{ мал. калор.}, \text{ или}$$

$$\text{выражая въ \% } \frac{1260 \cdot 100}{6500 \cdot 188} = \sim 0,1\%.$$

3) Лучеиспусканіе стѣнками обмуровки, площадью 1.000.000 кв. сант. съ температурой  $50^{\circ}$  Ц. въ 1 часъ.

$$Q_3 = 1,28 \cdot 10^{-12} \cdot 3600 \cdot 1000000 (323^4 - 293^4) = 16100000 \text{ мал. кал.},$$

$$\text{или выражая въ \%}, \text{ получимъ: } \frac{16100 \cdot 100}{6500 \cdot 188} = \sim 1,32\%.$$

Такимъ образомъ общая потеря вслѣдствіе лучеиспусканія  $Q$  выразится:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 1,0 + 0,1 + 1,32 = 2,42\%.$$

Практическая потеря теплоты нѣсколько болѣе, вслѣдствіе происходящаго охлажденія поверхности отъ движенія частичекъ воздуха. Кромѣ формулы Стефен-Вольтманна потерю теплоты печной поверхностью съ 1 кв. м. въ 1 часъ при разности температуръ стѣпки и окружающей среды въ  $1^{\circ}$  Ц., можно вычислить изъ слѣдующей таблицы.

Толщина стѣнки	Потеря теплоты въ калоріяхъ.
0,13 мтр. . . . .	2,64
0,25 » . . . . .	1,80
0,38 » . . . . .	1,31
0,51 » . . . . .	1,07
0,64 » . . . . .	0,90
0,77 » . . . . .	0,75
0,90 » . . . . .	0,66
1,03 » . . . . .	0,60

Потерю теплоты лучеиспусканіемъ и отъ соприкосновенія съ воздухомъ (конвекція) возможно приближенно вычислять по эмпирическимъ формуламъ Пекле и Дюлонга, къ разсмотрѣнію которыхъ мы и приступимъ.

**Формула Пекле:**  $q_1 = \alpha_1 T(1 + 0,0056T)$ , гдѣ

$q_1$ —количество теплоты, лучеиспускаемой съ 1 кв. фута въ 1 часъ.

$\alpha_1$ —коэффициентъ лучеиспусканія, зависящій отъ природы и поверхности тѣла.

$T$ —въ  $^{\circ}$  Ц. разность температуръ лучеиспускающаго тѣла и окружающей среды.

Эта формула применима для температуръ окружающей среды въ предѣлахъ отъ  $25-65^{\circ}$  Ц.

К о э ф ф и ц и е н т ь $\alpha_1$		К о э ф ф и ц и е н т ь $\alpha_1$	
Серебро полировано . . . . .	0,0950	Желѣзо обыкновенное . . . . .	0,6284
Латунь полирован . . . . .	0,0585	» ржавое . . . . .	0,7622
Мѣдь красная . . . . .	0,0363	Стекло . . . . .	0,6601
Чугунъ новый . . . . .	0,7191	Строительный камень . . . . .	0,8167
» ржавый . . . . .	0,7622	Шерсть . . . . .	0,8348
Цинкъ . . . . .	0,0544	Известь . . . . .	0,8167
Желѣзо лист. полиров. . . . .	0,1021	Дерево . . . . .	0,8167
» лист. проалифен. . . . .	0,1474	Шелкъ . . . . .	0,8416

**Формула Дюлонга:**  $q_2 = k_1 \alpha_1 t^2 (\alpha^t - 1)$ , гдѣ

$q_2$ —количество единицъ теплоты, испускаемой тѣломъ съ 1 кв. ф. въ 1 часъ.

$k_1$ —постоянный коэффициентъ, равный по Пекле 124,72.

$\alpha_1$ —коэффициентъ лучеиспусканія, значенія котораго приведены въ предыдущей таблицѣ.

$t$ —разность температуры нагрѣтаго тѣла и окружающей среды °Ц.

$t_2$ —температура окружающей среды въ °Ц.

Такимъ образомъ формулу Дюлонга можно представить въ слѣдующемъ видѣ:

$$q_2 = 124,72 \alpha_1 \cdot 1,0077^{t_2} (1,0077^t - 1).$$

Эта формула даетъ удовлетворительные результаты въ предѣлахъ разности температуръ до 260° Ц.

Для облегченія вычисленій по этой формулѣ можно пользоваться таблицей, приведенной на стр. 90, гдѣ вычислена величина  $1,0077^t$  для разныхъ значеній  $t$ .

**П р и м ѣ р ь.** Определить потерю теплоты желѣзнымъ котломъ въ 100 кв. ф. поверхности, температура стѣнокъ котораго = 140° Ц., а окружающаго воздуха 15° Ц.?

$$t = 140 - 15 = 125 \text{ и } \alpha_1 = 0,6284.$$

$q_2 = 124,72 \cdot 0,6284 \cdot 1,0077^{15} (1,0077^{125} - 1) = 138$  ед. т. съ 1 кв. фута въ 1 часъ; со 100-кв. футовъ  $138 \times 100 = 13800$  ед. т.

Для опредѣленія потери теплоты отъ соприкосновенія нагрѣтаго тѣла съ воздухомъ (конвекція) можно для приблизительныхъ расчетовъ пользоваться также формулами Пекле и Дюлонга.

Эта потеря теплоты зависить отъ величины и формы нагрѣтаго тѣла и разности температуръ охлаждающагося тѣла и окружающей среды.

1	10077 <sup>t</sup>	t	10077 <sup>t</sup>	t	10077 <sup>t</sup>	t	10077 <sup>t</sup>	t	10077 <sup>t</sup>
5	1.0391	20	1.1685	60	1.5844	120	2.5105	180	3.9777
8	1.0633	24	1.1748	65	1.6464	125	2.6086	185	4.1332
10	1.0797	22	1.1839	70	1.7108	130	2.7106	190	4.2948
11	1.0880	23	1.1929	75	1.7776	135	2.8166	195	4.4627
12	1.0964	24	1.2021	80	1.8471	140	2.9267	200	4.6372
13	1.1048	25	1.2114	85	1.9194	145	3.0411	205	4.8185
14	1.1134	30	1.2587	90	1.9944	150	3.1600	210	5.0068
15	1.1219	35	1.3080	95	2.0724	155	3.2836	215	5.2026
16	1.1306	40	1.3591	100	2.1534	160	3.4120	220	5.4060
17	1.1393	45	1.4122	105	2.2376	165	3.5453	225	5.6174
18	1.1481	50	1.4674	110	2.3251	170	3.6840	230	5.8370
19	1.1569	55	1.5248	115	2.4160	175	3.8280	235	6.0652
								240	6.3024
								245	6.5488
								250	6.8048

**Формула Пекле:**  $q_3 = \alpha_2 t (1 + 0,0073 t)$ , гдѣ

$q_3$ —количество ед. тепла, отдаваемыхъ нагрѣтымъ тѣломъ съ 1 кв. фута въ 1 часъ.

$t$ —разность температуръ нагрѣтаго тѣла и окружающей среды въ ° Цельсія.

$\alpha_2$ —коэффициентъ теплоотдачи, зависящій отъ формы и размѣра нагрѣтаго тѣла.

1) Для сферической поверхности, радиуса  $r$  фут.

$$\alpha_2 = 0,4033 + \frac{0,0968}{r}.$$

2) Для вертикальнаго цилиндра, радиуса  $r$  фут. и высота  $h$  фут.

$$\alpha_2 = \left(0,3458 + \frac{0,0298}{\sqrt{r}}\right) \left(1,157 + \frac{0,7556}{\sqrt{h}}\right).$$

3) Для плоской вертикальной поверхности, высотой  $h$  фут.

$$\alpha_2 = 0,4002 + \frac{0,2613}{\sqrt{h}}.$$

4) Для горизонтальнаго цилиндра, радіуса  $r$  фут.

$$\alpha_2 = 0,4669 + \frac{0,0284}{r}$$

Формула Дюлонга:  $q_3 = k_2 \alpha_2 t^{1,233}$ , гдѣ

$q_3$ —количество единицъ теплоты, отдаваемыхъ тѣломъ съ 1 кв. фута въ 1 часъ.

$k_2$ —постоянный коэффициентъ=0,552.

$\alpha_2$ —коэффициентъ теплоотдачи, имѣющій предыдущія значенія.

$t$ —разность температуръ нагрѣтаго тѣла и окружающей среды въ ° Цельсія.

**Примѣръ.** Определить потерю теплоты вслѣдствіе соприкосновенія съ воздухомъ вертикальнаго желѣзнаго цилиндра, имѣющаго  $r=3,28$  ф. и  $h=10,5$  ф. Температура стѣнокъ цилиндра  $140^\circ$  Ц. и окружающей среды  $15^\circ$  Ц.?

$$\alpha_2 = \left( 0,3458 + \frac{0,0298}{\sqrt{r}} \right) \left( 1,157 + \frac{0,7556}{\sqrt{h}} \right) = 0,5.$$

$$t = 140 - 15 = 125^\circ,$$

$$q_3 = k_2 \alpha_2 t^{1,233} = 0,552 \times 0,5 \times 125^{1,233} = 105 \text{ ед. т.}$$

Потеря со всей поверхности  $105 \cdot 216 = 22380$  ед. т.

Для облегченія вычисленій по формулѣ Дюлонга можно пользоваться таблицей, помѣщенной на стр. 85.

## Изоляція.

Такимъ образомъ, при помощи приведенныхъ выше формулъ и нѣкоторыхъ практическихъ данныхъ, возможно вычислять потерю теплоты различными нагрѣтыми тѣлами. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, напр., при отопленіи помѣщеній, нагрѣвные приборы стараются такъ конструировать и устанавливать, чтобы получить по возможности ббольшую отдачу тепла окружающей средѣ; въ другихъ же случаяхъ, напр., въ паропроводахъ, наоборотъ, необходимо избѣжать этой потери при помощи соответственной изоляціи и такимъ образомъ сэконо- номить въ топливѣ.

Въ виду важности этого вопроса въ технику, главнымъ образомъ въ экономическомъ отношеніи, мы здѣсь болѣе подробно остановимся на изслѣдованіи изоляціи и способахъ производства ея.

Чтобы иллюстрировать экономическую сторону этого вопроса, мы приведемъ изъ практики нѣкоторыя данныя.

t	$t^{1,233}$	$k_2 t^{1,233}$	t	$t^{1,233}$	$k_2 t^{1,233}$	t	$t^{1,233}$	$k_2 t^{1,233}$
5	7.28	4.02	45	109.25	60.31	150	482.08	266.11
8	12.99	7.17	50	124.40	68.67	155	501.97	277.09
10	17.10	9.44	55	139.92	77.23	160	522.01	288.15
11	19.23	10.62	60	155.76	85.98	165	542.20	299.29
12	21.41	11.82	65	171.92	94.90	170	562.53	310.51
13	23.63	13.04	70	188.37	103.98	175	583.00	321.81
14	25.89	14.29	75	205.10	113.21	180	603.60	333.19
15	28.19	15.56	80	222.08	122.59	185	624.34	344.64
16	30.53	16.85	85	239.32	132.10	190	645.21	356.16
17	32.90	18.16	90	256.80	141.75	195	666.21	367.75
18	35.30	19.48	95	274.50	151.52	200	687.34	379.41
19	37.73	20.83	100	292.42	161.41	205	708.59	391.14
20	40.19	22.19	105	310.54	171.42	210	709.95	402.94
21	42.69	23.56	110	328.88	181.54	215	751.44	414.80
22	45.21	24.95	115	347.41	191.77	220	773.05	426.72
23	47.75	26.36	120	366.13	202.10	225	794.77	438.71
24	50.33	27.78	125	385.03	212.53	230	816.61	450.76
25	52.92	29.21	130	404.10	223.06	235	838.55	462.88
30	66.27	36.64	135	423.35	233.69	240	860.60	475.05
35	80.14	44.24	140	442.77	244.41	245	882.76	487.28
40	94.48	52.15	145	462.34	255.21	250	905.03	499.57

На одной из красильных фабрик г. Москвы были проложены неизолированные паропроводные трубы:

Трубы 2", длиной 60 мтр., поверхностью 12,42 кв. мтр.

Трубы 1", длиной 120 мтр., поверхностью 12,56 кв. мтр.

Температура трубы 152° Ц., наружного воздуха 16° Ц.

Разность температур 152—16=136°.

Труба 2" при разности температур 1° Ц. съ 1 кв. м. въ часъ отдаетъ окружающему воздуху 12 калорій тепла.

Труба 1" при тѣхъ же условіяхъ отдаетъ 13 калорій.

Слѣд., отдача тепла воздуху будетъ

$$12,42.12.136 = 20264 \text{ калор.}$$

$$12,56.13.136 = 22208 \text{ »}$$

---


$$\text{Итого:} \dots 42472 \text{ калор.}$$

Паровой котель отапливался нефтяными остатками съ теплотворной способностью 9800 кал.

Принимая коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла 70%, получимъ, что утилизируется котломъ

$$9800 \cdot 0,7 = 6880 \text{ калорій.}$$

Слѣд., въ 1 часъ въ топкѣ котла должно сгорѣть лишнихъ

$$\frac{42472}{6880} = \sim 6,2 \text{ килогр.} = 15,5 \text{ ф. нефтяныхъ остатковъ.}$$

Въ рабочій день  $15,5 \times 12 = \sim 4,6$  пуд.; въ годъ = 1380 пуд.

Принимая стоимость нефтяныхъ остатковъ въ 60 к. пудъ, мы получимъ, что годовая экономія при полной изоляціи трубъ должна составить около 828 руб.

Такимъ образомъ, изъ этого примѣра видно, что даже при незначительной длинѣ паропровода при хорошей изоляціи можно получить порядочную экономію въ топливѣ.

Для изоляціи примѣняютъ различныя нетеплопроводныя вещества, напр., азбестъ, инфузорную землю, пробку, войлокъ, шелкъ и др.

Для выясненія качества изоляціи были продѣланы опыты надъ трубой, діаметромъ 25 мм. и длиною 8 мтр., которая испытывалась неизолированной и изолированной различными веществами, что видно изъ нижеслѣдующей таблицы. (См. табл. стр. 94.)

Такимъ образомъ, самымъ лучшимъ изолирующимъ матеріаломъ является войлокъ, но, къ сожалѣнію, онъ представляетъ то неудобство, что при температурѣ 130—140° Ц. начинаетъ обугливаться, и безопасной для него температурой максимумъ можно считать 120° Цельсія.

Слѣдующая таблица представляетъ изслѣдованія надъ паропроводомъ (при 5 атмосфер. давленія и 15° Ц. наружной температуры), различнаго діаметра трубъ, обернутыхъ войлокомъ различной толщины.

Толщина обмотки войлока въ мм.	Наружный діаметръ голыя трубы.				
	51 мм.	102 мм.	152 мм.	203 мм.	305 мм.
	Потеря тепла въ % потерь голыя трубы.				
0,0	100	100	100	100	100
6,4	46	46	—	—	—
12,7	30	30	30	30,1	28,0
25,4	20	18	17,8	17,6	17,2
51,0	13	11	10,6	10,3	9,1
102,0	9	7	6,6	6,3	5,6
152	—	6	5,4	4,7	4,2

№	РОДЪ ПОКРЫТІЯ.	Экономія, выраженная въ % потери тепла трубами неизолдированными, при изоляці ихъ толщиною въ			
		15 мм.	20 мм.	25 мм.	30 мм.
1	Соломенный жгутъ съ глиною . . . . .	31	36	40	43
2	Азбестъ (жгутъ изъ азбестовой ткани съ азбестовой футеровкой) . . . . .	41	44	46	48
3	Инфузорная земля (кизельгуръ):				
	а) инфузорная земля съ кожаной мелочью	41	43	44	45
	б) инфузорная земля съ частицами губки, обернутая и окрашенная въ черный цвѣтъ . . . . .	52	56	58	60
	в) тоже, но безъ обертки и окраски . . . . .	57	60	63	65
	г) азбестовый рукавъ съ набивкой изъ инфузорной земли . . . . .	54	58	60	61
	д) навивная ребристая пластины изъ инфузорной земли (съ воздушной прослойкой) . . . . .	57	61	63	64
	е) инфузорная земля съ солодомъ и отбросами пивовареннаго производства, обернутая и окрашенная . . . . .	53	61	67	72
	ж) инфузорная земля съ частицами пробки, безъ обертки . . . . .	65	60	72	74
	з) скорлупы изъ инфузорной земли . . . . .	66	70	73	75
	и) инфузорная земля безъ постороннихъ примѣсей, прокаленная для удаленія органическихъ веществъ . . . . .	68	74	77	80
4	Скорлупы изъ искусственнаго туфа . . . . .	62	67	70	72
5	Скорлупы изъ пробки . . . . .	56	65	71	76
6	Шелкъ-сырецъ:				
	а) шелковый битъ съ воздушной прослойкой. Слой воздуха образованъ помощью навитой на трубу полосы жести (на подобіе терки). Толщина воздушнаго слоя составляетъ приблизительно 30% отъ общей толщины покрытія . . . . .	73	76	78	79
	б) шелковый битъ безъ воздушной прослойки въ видѣ холщеваго рукава съ шелковой набивкой . . . . .	73	76	78	79
	в) шелковые жгуты безъ воздушной прослойки . . . . .	75	78	80	81
	г) шелкъ, а подъ нимъ слой кизельгура: 20% всей толщины прпх. на шелкъ . . . . .	72	76	79	80
	40% » » » » » . . . . .	75	78	80	81
	60% » » » » » . . . . .	75	78	80	81
	д) жгуты изъ реманита (карбонизированный шелкъ) . . . . .	75	78	80	81
	е) биты изъ реманита между рѣдкой проволоочной желѣзной сѣткой . . . . .	77	80	82	83
7	Войлокъ (мягкій, коричневый), обернутый или не обернутый и окрашенный декстриномъ . . . . .	81	84	86	87

О дѣйствиі изоляціи можно судить также по количеству конденсирующаго въ паровой трубѣ пара; такъ 1 кв. метръ поверхности трубы при пропусканіи пара въ 135° Ц. конденсируетъ въ 1 часъ

при голой трубѣ . . . . .	3 килогр. пара
съ пробкой толщиною въ 55 мм. . . . .	0,467 килогр. пара
(экономія 84,9%);	
съ шелкомъ 25 мм. безъ воздуха . . . . .	0,446 килогр. пара
(экономія 85,6%).	

По опытамъ Pasquaу при трубѣ, наружнаго діаметра 258 мм. и пропусканіи пара въ 171° Ц., конденсируется пара въ 1 часъ:

при неизолированной трубѣ . . . . .	4,6 килогр.
при изоляціи мастикой, толщ. 57,5 мм. . . . .	0,615 »
при двойной шелковой 15 мм. изолировкѣ съ про-	
кладкой изъ жести . . . . .	0,310 »

Кромѣ чисто экономической выгоды, вслѣдствіе уменьшенія теплоотдачи нагрѣтыхъ предметовъ, польза изоляціи ощутительна при употребленіи пара безъ конденсаціонной воды для работы паровыхъ двигателей.

При конденсаціи пара въ неизолированныхъ, или плохо изолированныхъ паропроводахъ нужно опасаться поломки и быстро изнашиванія паровыхъ двигателей, вслѣдствіе проникновенія вмѣстѣ съ паромъ въ шибберныя коробки и паровые цилиндры конденсаціонной воды. Кромѣ того, при мокромъ парѣ смазка цилиндровъ происходитъ весьма неудовлетворительно, что, конечно, вызываетъ быстрое изнашиваніе трущихся частей машины.

Внезапные же удары въ трубахъ и цилиндрахъ конденсаціонной воды бываютъ причиною самыхъ серьезныхъ поврежденій, какъ напр. разрывы трубъ, цилиндровъ и пр.; особенно это вредно отзывается въ быстроходныхъ паровыхъ двигателяхъ, напр. паровой турбинѣ.

Кромѣ того, машинныя и котельныя помѣщенія съ неизолированными аппаратами и трубами весьма сильно нагрѣваются въ ущербъ здоровью рабочихъ и мастеровъ.

Резюмируя все сказанное о пользѣ изоляціи, необходимо прийти къ заключенію, что при правильномъ—раціональномъ устройствѣ технического предпріятія не должно допускать ни одной неизолированной паровой трубы, что также относится къ паровымъ котламъ, цилиндрамъ машинъ и насосовъ, различнымъ варочнымъ и отбѣльнымъ кубамъ, подогревателямъ питательной воды, вакуумъ-аппаратамъ, ректификаціоннымъ аппаратамъ, а также ко всякимъ газо-и воздухопроводамъ, какъ напр. для горячаго дутья въ вагранкахъ или доменномъ производствѣ.



Кромѣ того, изоляція бываетъ необходима и полезна для предохраненія стѣнъ, потолоковъ, половъ и пр. при различнаго рода конструкціяхъ въ строительномъ дѣлѣ отъ излишняго охлажденія или нагрѣванія ихъ.

**Матеріалы для изоляціи.** Матеріалами для изоляціи могутъ служить азбестъ, пробка, кизельгуръ, войлокъ, шелкъ, мохъ, глина и пр. Изъ нихъ мы остановимся на наиболѣе употребительныхъ матеріалахъ.

**Азбестъ** или горный ленъ представляетъ лучшей изолирующей матеріаль, такъ какъ въ волокнистомъ видѣ содержитъ громадное количество воздушныхъ прослоекъ, что уменьшаетъ его теплопроводность. Желѣзные поверхности подъ слоемъ азбеста не ржавѣютъ, онъ обладаетъ легкостью, а потому не обременяетъ своимъ вѣсомъ паропроды и пр.

Съ химической стороны азбестъ относится къ группѣ силикатовъ, т.-е. представляетъ кремнекислыя соли магнія, алюминія и желѣза, что видно изъ слѣдующей таблицы:

	Уральскій азбестъ	Канадскій азбестъ
Кремневая кислота $\text{SiO}_2$ . . . . .	40,02%	39,22
Окись магнія $\text{MgO}$ . . . . .	40,34%	40,27
Окись алюминія $\text{Al}_2\text{O}_3$ . . . . .	2,09%	3,64
Окись желѣза $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . . . . .	1,97%	2,26
Вода $\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	15,60%	14,37

Уральскій азбестъ по цвѣту не отличается отъ канадскаго и имѣетъ сравнительно съ послѣднимъ болѣе крѣпкое и легкое волокно. Температура плавленія уральскаго азбеста около  $1700^\circ \text{Ц}$ . Азбестъ для термоизоляции имѣется въ продажѣ нѣсколькихъ сортовъ въ мѣшкахъ, вѣсомъ отъ 4—5 пудъ.

- 1-й сортъ длиноволокнистый—2 р. 75 к. за пудъ.
- 2-й » средневолокнистый—2 р. 40 к. за пудъ.
- 3-й » коротковолокнистый—2 р. за пудъ.
- 4-й » массообразный—1 р. 75 к. за пудъ.

При пользованіи азбестомъ для изоляціи необходимо изолируемую поверхность сперва очистить отъ грязи, сажи, масла и пр. Послѣ чего изоляцію можно производить или съ предварительной грунтовкой жидкимъ слоемъ азбестовой массы при помощи кисти, или же безъ грунтовки.

Для приготовления массы, азбестъ при сильномъ перемѣшиваніи разводятъ въ горячей водѣ въ густое тѣсто и на очищенную поверхность набрасываютъ его въ видѣ небольшихъ комковъ. По мѣрѣ высыханія этихъ комковъ, между ними набрасываютъ слѣдующіе и т. д.

Эту работу ведутъ до полученія толщины азбестоваго слоя въ  $\frac{1}{2}$ " , послѣ чего даютъ ему высохнуть и наносятъ подобнымъ же образомъ второй, третій и т. д. слой до желаемой толщины изолирующаго слоя, при чемъ послѣдній слой до высыхания выравнивается посредствомъ шаблона.

Въ случаѣ, если комки перваго слоя отскакиваютъ отъ изолируемой поверхности, то это указываетъ на недостаточную очистку послѣдней.

Всю изолировку необходимо производить при нагреваніи во время дѣйствія всей паровой системы.

Рекомендуется покрывать котлы и трубы слоемъ азбеста до 2" и сильно-горячихъ поверхностей до 3—4" .

Однимъ пудомъ азбеста при толщинѣ изолировки 2" , можно покрыть поверхность около 8 кв. футовъ.

Пробка представляетъ кору пробковаго дуба, растущаго главнымъ образомъ въ Испаніи, Южной Франціи, Италіи и Алжирѣ. Пробку снимаютъ съ деревьевъ въ первый разъ на 25-мъ году, но эта кора не прочна; хорошая пробка получается только черезъ слѣдующія 6—9 лѣтъ; обладаетъ очень плохой теплопроводностью, что ясно видно изъ ниже-приведеннаго изслѣдованія проф. Ритшеля.

Съ 1 кв. метра въ 1 часъ при разности температуръ въ 1° Цельсія происходитъ потеря теплоты въ калоріяхъ.

Родъ перекрытій.	Безъ изоляціи.	При пробковой изоляціи.			
		Толщина 30 мм.	Толщина 40 мм.	Толщина 50 мм.	Толщина 60 мм.
Толевое покрытие при деревянн. опалубкѣ въ 1".....	2,13	0,93	0,79	0,68	0,60
Желѣзное тоже..	2,27	0,98	0,82	0,70	0,61
Цинковое »....	2,17	0,94	0,80	0,68	0,60
Шиферовое »....	2,10	0,92	0,79	0,68	0,60
Черепичное перекрытіе безъ опалубки, но очень плотное.....	4,85	1,25	1,60	0,83	0,70
Гольццементное покрытие.....	1,32	0,74	0,64	0,57	0,51
Волнистое желѣзо безъ опалубки...	10,40	1,43	1,11	0,91	0,77

Весьма интересное испытаніе надъ сравненіемъ пробковой изоляціи было сдѣлано съ четырьмя построенными одинаковыми ящиками: первый ящикъ изъ пробковыхъ плитъ, второй—изъ пустотѣлаго кирпича, третій—изъ обыкновеннаго кирпича и четвертый—изъ кирпича съ воздушными прослойками. Эти ящики были наполнены льдомъ и выставлены въ теплое помѣщеніе. Черезъ 22½ часа была взвѣшена вытекающая по трубкѣ вода, при чемъ оказалось:

воды изъ 1-го ящика . . . . .	5,362	килогр.
» » 2-го » . . . . .	14,087	»
» » 3-го » . . . . .	14,322	»
» » 4-го » . . . . .	15,397	»

Пробковые изоляціонные матеріалы въ торговлѣ имѣются въ видѣ пробковыхъ скорлупъ, сегментовъ, кирпичей, плитъ, кожуховъ, радіальныхъ фасонныхъ частей, молотой пробки и пр.

Кромѣ того, находятся въ продажѣ огнеупорныя пробковыя скорлупы съ асбестовой прокладкой для перегрѣтаго пара до 350° Ц.

Пробковая изоляція обыкновенно кладется на алебастръ и связывается или бандажомъ, или же, напр., при изолировкѣ стѣнъ, половъ, потолковъ и пр., прибивается гвоздями и оштукатуривается тонкимъ слоемъ алебаstra.

**Инфузорная земля или кизельгуръ**, встрѣчающійся въ большихъ количествахъ въ видѣ скопленія панцирей умершихъ микроскопическихъ водорослей (семейства діатомовыхъ), представляетъ изъ себя аморфный кремнеземъ. Панцири эти чрезвычайно пористы, вслѣдствіе чего этотъ матеріалъ обладаетъ большою легкостью и слабой теплопроводностью.

Температура плавленія инфузорной земли колеблется отъ 1645° до 1665° Ц.; въ продажѣ она встрѣчается въ натуральномъ видѣ (комьями)—имѣетъ примѣненіе для дальнѣйшей переработки на заводѣ; въ грубо-молотомъ—имѣетъ примѣненіе для засыпки накатовъ, потолковъ и пр.; въ мелко-молотомъ видѣ, просѣянная черезъ частое сито—примѣняется для изоляціи паропроводовъ, котловъ и пр. Цѣна за пудъ мелко-молотой около 25 коп. и грубо-молотой—около 17 коп. Инфузорная земля примѣняется для изоляціи паропроводовъ въ смѣси съ нѣкоторыми цементирующими веществами, напр., глиной, ржаной мукой, клеемъ, натокой и пр.

Довольно хорошій составъ изоляціонной массы и вмѣстѣ съ тѣмъ дешевой представляетъ слѣдующій рецептъ.

- 40 ч. глины (жирной, хорошо перемѣшанной),
- 78 » инфузорной земли,

- 14 ч. коровьяго или ло<sup>шад</sup>инаго волоса (можно брать измель-  
ченный войлокъ),  
7 » льняного масла,  
7 » ржаной муки,  
5 » клея.

Все тщательно перемѣшивается съ необходимымъ количествомъ для образованія тѣста воды и наносится въ видѣ постепенныхъ слоевъ на горячія трубы; верхній слой сглаживается, обертывается холстомъ и послѣ высыханія окрашивается масляной краской. Эту изолировку наносятъ слоевъ отъ 2 до 4''.

Изъ инфузорной земли, съ примѣсью азбеста и измельченной шерсти можно готовить изоляціонныя пластинки, толщиною 12—20 мм. и площадью 0,5—1 кв. мтр.; для чего изготовляютъ на водѣ тѣсто изъ

- 60 ч. измельченной овечьей шерсти,  
25 » кизельгура,  
15 » азбеста

и формуютъ пластинки.

Войлокъ представляетъ изъ себя сбитую (валяную) коровью шерсть; специально для строительныхъ цѣлей поступаетъ въ продажу въ видѣ небольшихъ листовъ, болѣе рѣдкій—въ пачкахъ и болѣе плотный разнаго размѣра—полостями и катками.

Пачечный войлокъ въ продажѣ имѣется подъ разными номерами, при чемъ достоинство его съ повышеніемъ номера—понижается.

№№	1	2	3	4	5	6
Число лист. въ пачкѣ .	10	15	20	25	25	25
Разм. листа въ верш. .	28×11	28×11	28×11	24×10	22×8	22×8

Полуполостями, трехъ сортовъ по плотности, въ кускѣ 3 кв. аршина; размѣръ  $2 \times 1\frac{1}{2}$  арш.

Простильный, сортъ выше предыдущаго, кусками:

- а) по 9 кв. арш. размѣръ  $4\frac{1}{2} \times 2$  арш. 4-хъ достоинствъ по плотности,  
б) въ 18 кв. арш. размѣрами  $9 \times 2$  арш., плотный,  
» 14,58 » арш. »  $9 \times 1\frac{10}{16}$ , плотнѣе,  
» 11,25 » »  $9 \times 1\frac{4}{16}$ , самый плотный.

Войлокъ катками для подбивки потолковъ

- въ 7,5 кв. арш., размѣрами  $10 \times \frac{13}{16}$  арш., плотный,  
» 6,37 » » »  $8\frac{1}{2} \times \frac{12}{16}$  арш., менѣе плотный,  
» 5,24 » » »  $2\frac{10}{16} \times 2$  арш., рѣдкій.

Для изолировки лучше употреблять штучный войлокъ, длиною 3 арш., шириною 2 арш., толщиною 6 мм. Въсь одного листа=8 фунт.

**Шелкъ**, применяемый для изоляціи паропроводовъ, представляетъ изъ себя сдѣланные изъ отбросовъ (очески) жгуты, которые навиваются на трубу или непосредственно, или на слой азбеста съ прослойкомъ воздуха.

Шелковая изоляція изготовляется въ видѣ шнура, плетенокъ и особенныхъ подушекъ. Стоимость шелковаго шнура за 1 килогр.—1,25 мар., плетенокъ—1,4 м. и подушекъ—1,6 м.

Подобная изоляція съ прослойками воздуха выдерживаетъ температуру до 335° Ц.

Шелковая изоляція по стоимости обходится дороже всѣхъ остальныхъ; но, принимая во вниманіе, что теплоотдача при ней несравненно менѣе, чѣмъ при другихъ изоляціонныхъ матеріалахъ, мы можемъ сказать, что дороговизна ея окупится той экономіей въ топливѣ, которая получится при подобной изолировкѣ.

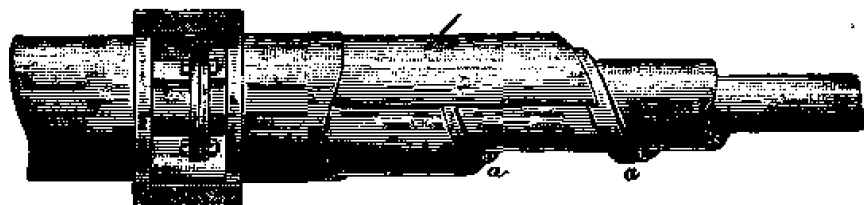


Рис. 32.

Схемы конструкціи изолировки. На рис. 32 представлена изолировка паропровода съ воздушной прослойкой. На трубу сперва накладывается слой изъ азбесто-кизельгурной массы, на которой, для образованія воздушнаго прослая, дѣлають винтообразныя или кольцевыя ребра (а) изъ той же массы, и уже на послѣднія накладываютъ смазанныя внутри и въ стыкахъ азбестомъ пробковыя сегменты, или скорлупы. Этотъ пробковый слой обвязывается отоженной проволокой, оштукатуривается алебастромъ и обматывается марлей. Край изоляціи скрѣпляются бандажками и потомъ все окрашивается.

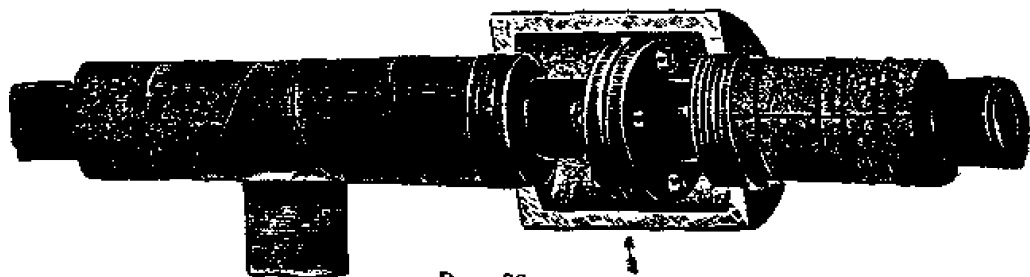


Рис. 33.

Рис. 33 даетъ ясное представленіе объ устройствѣ обыкновенной пробковой изоляціи, гдѣ фланцы прикрываются особыми съемными пробковыми кожухами.

На рис. 34 изображена изоляция трубы при помощи шелкового бинта; на поверхность трубы сперва наносится асбестовый слой *a*, потом особой конструкции жестяная лента *b*, а уже на нее шелковый бинт и т. д.

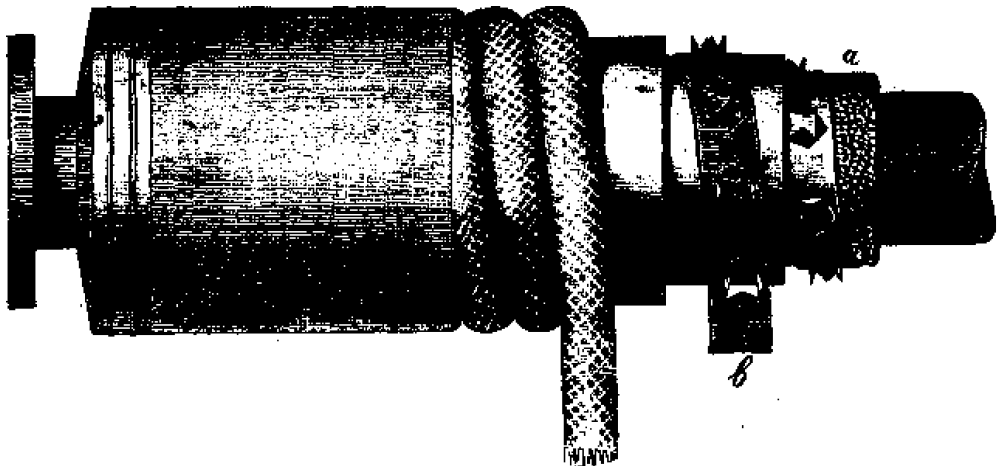


Рис. 34.

Что касается изоляции, применяемой в строительном деле, то она крайне разнообразна; так для изоляции полов и потолков применяются засыпку по накату инфузорной землей, обыкновенной растительной землей и мхом.

Более сложные и дорогая изоляция представлены на рис. 35, 36, 37 и 38.

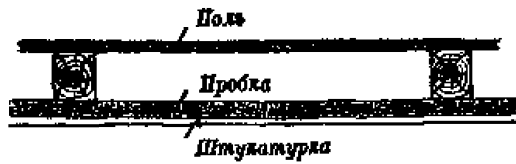


Рис. 35.

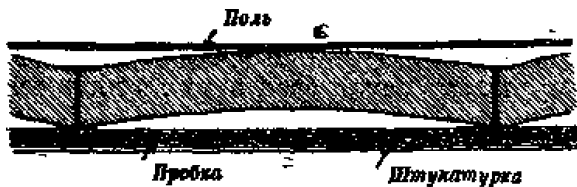


Рис. 36.

На рис. 33 изображена пробковая изоляция с оштукатуркой по обыкновенным деревянным балкам. Рис. 34, 35 и 36 дадут предста-

Рис. 37.

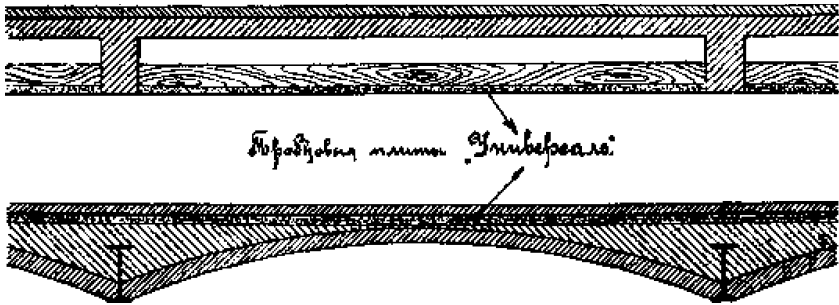


Рис. 38.

вление о пробковой изоляции бетонных и железобетонных перекрытий на железных балках, и, наконец, рис. 39 изображает так называемую гольцементную крышу, состоящую из слоя железобетона с различными прослойками толя, пробки и пр., что указано на рисунке.

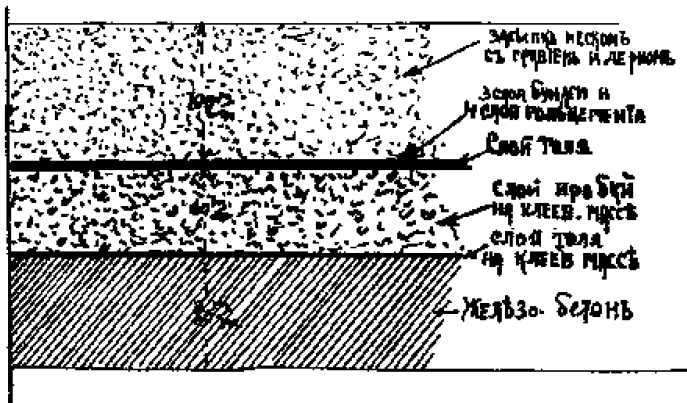


Рис. 39.

## ТОПЛИВО.

Главным источником тепловой энергии является солнце, которое посылает на поверхность земли свои лучи в видѣ кинетической энергии, а послѣдняя обыкновенно около 1% перелодить в потенциалную—в видѣ запаса теплоты в растеніяхъ. При сжиганіи растеній послѣднія снова выдѣляютъ эту энергию в видѣ тепловой и свѣтовой.

По вычисленіямъ Мушо солнечный свѣтъ в Парижѣ, падающій в ясный день на 1 кв. мтр. поверхности, можетъ произвести работу в 1 лошади. силу в теченіе 8—10 часовъ.

Подобный же расчет произвел Эрикссонъ, который предполагаетъ, что если бы утилизировать всю солнечную теплоту, попадающую на крыши домовъ Филадельфій, то возможно бы при помощи этой энергіи производить работу въ 10000 лошадиныхъ силъ.

Въ виду такого обильнаго количества теплоты, посылаемаго солнцемъ, нѣкоторые ученые и техники стремились утилизировать ее непосредственно въ качествѣ топлива; эти попытки начались еще при Архимедѣ, но, къ сожалѣнію, практическихъ результатовъ до сихъ поръ не дали; хотя нужно сказать, что въ Америкѣ все-таки воспользовались солнечной энергіей, направляя ее при помощи особаго параболическаго зеркала на паровой котель, паромъ котораго приводилась въ движеніе 11-сильная паровая машина.

Въ настоящее время для техническихъ цѣлей пользуются исключительно потенциальной энергіей солнца въ видѣ веществъ, которыя носятъ общее названіе топлива. Вещества, примѣняемая для этой цѣли, должны находиться въ природѣ въ обильномъ количествѣ, быть дешевы, легко воспламеняемы и давать при своемъ горѣніи безвредные продукты какъ для растительнаго, такъ и животнаго царства.

Этимъ условіямъ удовлетворяютъ различные роды топлива, которые можно раздѣлить на три большихъ класса, а именно на твердое, жидкое и газообразное; по способу же полученія топливо дѣлится на естественное и искусственное, что видно изъ нижеслѣдующей таблицы.

I. Твердое топливо.	{	А. Естественное топливо: дрова, торфъ, солома, каменный уголь, бурый уголь, антрацитъ. Б. Искусственное топливо: древесный уголь, коксъ, торфяной уголь, брикеты, кизякъ.
II. Жидкое топливо.	{	А. Естественное топливо: нефть. Б. Искусственное топливо: нефтяные остатки, бензинъ, керосинъ, спиртъ, смолы.
III. Газообразное топливо.	{	А. Естественное топливо: природный газъ. Б. Искусственное топливо: генераторный газъ (водяной, воздушный и смѣшанный), свѣтильный газъ и газы печей.

По химическому составу всякое топливо, за исключеніемъ газообразнаго и отчасти жидкаго, состоитъ изъ органической части—сгораемой, неорганической—зола и ббльшаго или меньшаго количества воды.

Органическая часть топлива состоитъ изъ углерода, водорода, кислорода и азота въ различной пропорціи, что видно изъ прилагаемой таблицы.



	С	Н	О	N
Водяной генераторный газ . . . . .	40,0	7,0	53,0	—
Природный газ . . . . .	68,0	24,0	2,0	6,0
Дерево . . . . .	50,0	6,0	43,7	0,3
Торфъ . . . . .	58,0	6,2	34,2	1,6
Бурый уголь . . . . .	68,5	5,5	25,0	1,0
Каменный уголь . . . . .	85,0	5,4	8,5	1,1
Антрацитъ . . . . .	95,0	2,0	2,0	1,0
Нефтяные остатки . . . . .	86,0	12,0	2,0	—
Древесный уголь . . . . .	91,0	2,8	6,2	—
Каменноугольный коксъ . . . . .	94,0	1,0	5,0	—

## Дерево.

Строеніе дерева. Сдѣлавши поперечный разрѣзь любого дерева, мы ясно замѣчаемъ, что оно состоитъ изъ нѣсколькихъ другъ отъ друга отличающихся, какъ по наружному виду, такъ и по составу, колець.

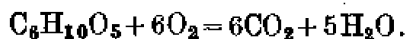
Внутренняя центральная часть дерева назыв. сердцевинной, слѣдующая за ней—ядро, или древесина, потомъ—оболонь, или заболонь съ камбиальнымъ слоемъ, и наконецъ, наружная часть дерева—кора.

Соотношеніе между этими частями бываетъ различно въ зависимости отъ многихъ условій, напр., отъ породы дерева, толщины его, условій роста и пр.

Кора, составляющая отъ 7 до 25% ко всему объему ствола, и сердцевина дерева представляютъ самую рыхлую ткань.

Количество оболочки колеблется въ зависимости отъ породы и возраста дерева отъ 25 до 40%.

Наиболѣе цѣнной частью дерева, состоящей исключительно изъ клетчатки  $C_6H_{10}O_5$ , являются древесина и оболонь, которыя при горѣннн даютъ наибольшее количество теплоты по слѣдующей реакціи



Цвѣтъ и удѣльный вѣсъ дерева зависятъ отъ породы и условій роста его. По цвѣту опытный глазъ можетъ судить о качествѣ дерева; такъ, напр., береза, ольха, ель при нормальныхъ условіяхъ имѣютъ желтоваго-бурый цвѣтъ древесины, сосна—желтоватый цвѣтъ, при чемъ равномерная окраска древесины характеризуетъ доброкачественность и здоровое состояніе дерева.

Синевато-сѣрый цвѣтъ древесины сосны указываетъ на признакъ загниванія послѣдней.

Что касается уд. вѣса годовыхъ породъ деревьевъ въ сухомъ состояніи, то онъ колеблется въ предѣлахъ отъ 0,45 до 0,76.

Составъ дерева. Дерево состоитъ главнымъ образомъ изъ клѣтчатки съ инкрустирующими веществами—около 45%, золы  $\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ % и воды 45—50%.

Химическій составъ различныхъ породъ деревьевъ мало отличается другъ отъ друга, что видно изъ нижеслѣдующей таблицы.

	С	Н	O+N
Береза.....	49,36%	6,28%	44,36%
Липа.....	49,41	6,86	43,73
Ель.....	49,59	6,38	44,03
Ива.....	50,30	6,27	43,43
Дубъ.....	50,00	6,06	43,94
Осина.....	50,31	6,32	43,37

Содержаніе влаги въ деревѣ зависитъ отъ породы, возраста, времени рубки и пр. Свѣжесрубленное дерево содержитъ въ среднемъ около 45—55% воды по вѣсу; молодое дерево содержитъ всегда влаги болѣе, чѣмъ старое; дерево, срубленное къ осени, содержитъ наименьшее количество воды, наоборотъ же,—срубленное въ іюнѣ и іюль—содержитъ максимальное количество. Поэтому рубку лѣса обыкновенно производить осенью или ранней зимой.

При храненіи свѣжесрубленнаго дерева на воздухѣ происходитъ высушиваніе его; для полученія такъ называемаго воздушно-сухого дерева необходимо пролежать ему на воздухѣ отъ 1 до 2 лѣтъ, что, конечно, зависитъ отъ породы дерева, размѣра и формы высушиваемаго матеріала и мѣстныхъ климатическихъ условій.

Высушиваніе дерева на воздухѣ при нормальныхъ условіяхъ, для лиственныхъ породъ идетъ до содержанія влаги 18% и для хвойныхъ до 15%. Пониженіе же содержанія влаги ниже приведенныхъ цифръ можно производить только при помощи искусственнаго высушиванія. Температура при подобной сушкѣ не должна быть выше 150° Ц., обыкновенно сушатъ при 120—130° Ц. и сейчасъ послѣ высушиванія сжигаютъ.

Что касается состава минеральныхъ примѣсей, то зола дерева представляетъ смѣсь нѣсколькихъ солей—углекальціевая, фосфорнокальціевая и магнезевая соли, хлористый калий, поташъ и пр.

Д р о в а. Лѣсъ, который по своимъ свойствамъ нельзя употребить

как строевой или подѣлочный, рубяты на дрова, которыя собственно и представляютъ для Россіи наиболѣе ходовое топливо, за исключеніемъ юга, гдѣ примѣняютъ каменный уголь и нефтяные остатки.

Поступающія въ продажу дрова дѣлятся по породамъ, напр., березовыя, сосновыя, осиновыя, смѣшанныя и др., а по способу доставки на сплавыя и гужевыя, т.-е. доставленныя сухимъ путемъ. Дрова, доставленныя сулимъ путемъ, считаются лучшими.

Дрова оцѣниваются по объему, и за единицу принимаютъ, обыкновенно, кубическую сажень.

По инструкціи Лѣсного Управленія нормальной таксаціоной саженью считаютъ такую сажень, въ которой плотной дровяной массы содержится 220 куб. фут., т.-е. принимаютъ отношеніе  $\frac{220}{343}$ , гдѣ 343 куб. ф.—объемъ дровъ.

Это отношеніе содержащейся въ 343 куб. ф. дровъ плотной массы зависитъ

1) отъ длины полѣньевъ, такъ напр.

еловыя 3-полѣнные дрова содержатъ			
древесной плотной массы . . . . .	253,02	куб. ф., т.-е.	73,8%
тоже 6-четвертными . . . . .	262,78	» » »	76,6%
тоже аршинныя . . . . .	269,76	» » »	78,7%
тоже 12-вершковыя . . . . .	271,12	» » »	79,0
тоже 8-вершковыя . . . . .	273,66	» » »	79,8%

Слѣд., чѣмъ короче полѣнья, тѣмъ плотной массы въ куб. саж. ихъ болѣе, т.-е. другими словами,—выгоднѣе покупать дрова короткія;

2) отъ толщины полѣньевъ и формы ихъ.

При толстыхъ полѣньяхъ количество плотной массы въ куб. с. болѣе, чѣмъ при меньшемъ діаметрѣ ихъ, такъ

6-четвертные плахи (одинъ расколъ) . . . . .	70%	плотной массы
круглякъ . . . . .	65	» »
круглякъ съ добавленіемъ крупныхъ вѣтвей .	50	» »
дрова изъ пней . . . . .	50	» »
хворостъ . . . . .	20	» »

При прямомъ расколотомъ лѣсѣ содержаніе плотной массы въ куб. с. уменьшается на 1% съ каждымъ футомъ удлиненія полѣньевъ; при круглякѣ—1½% и при кривомъ круглякѣ—около 2%;

3) отъ древесной породы. Содержаніе плотной древесной массы въ зависимости отъ породы выражается цифрами слѣдующей таблицы.

ель . . . . .	71,1%	осина . . . . .	69,1	сосна . . . . .	67,2
букъ . . . . .	70,7%	береза . . . . .	67,5	лиственница . .	67,0
дубъ . . . . .	69,5%	ясень . . . . .	67,5	грабъ . . . . .	62,8

4) отъ способа укрѣпленія полѣнницъ. При кладкѣ дровъ для того, чтобы они не рассыпались, по краямъ вбиваютъ кольца, или же дѣлаютъ изъ этихъ же дровъ клѣтки. Чѣмъ менѣе клѣтокъ на известной длинѣ полѣнницы, тѣмъ болѣе плотной массы будетъ содержаться въ кубической единицѣ объема и наоборотъ. Максимумъ плотной массы будетъ содержаться въ полѣнницѣ, ограниченной, вмѣсто клѣтокъ, кольями;

5) отъ чистоты обрубки сучьевъ. Чѣмъ глаже поверхность дровъ, т.-е. тщательнѣе произведена обрубка сучьевъ, тѣмъ въ 1 куб. с. дровъ будетъ болѣе плотной массы;

6) отъ способа кладки. Способъ кладки дровъ имѣетъ громадное значеніе на количество плотной массы въ к. с.; опытные кладчики могутъ измѣнять количество плотной массы въ предѣлахъ отъ 10 до 30 и болѣе % въ ту и другую сторону.

Кромѣ перечисленныхъ вліяній на содержаніе плотной массы въ куб. с., необходимо еще обращать вниманіе на могущую произойти усышку сырыхъ дровъ, которая происходитъ по высотѣ на каждую сажень отъ 3 до 7". Въ виду того, что дрова покупаются по объему, выгоднѣе, конечно, имѣть болѣе плотныя породы, которыя въ одной единицѣ объема содержатъ болѣе плотной массы, а слѣд. и дадутъ при горѣніи больше тепла. Въ послѣдовательномъ порядкѣ съ уменьшеніемъ плотности породы деревьевъ можно расположить такъ: дубъ, береза, сосна, ява, осина, ель и липа.

Въ заключеніе остается еще упомянуть о вѣсѣ куб. с. различной породы дровъ, о теплотворной способности ихъ, длинѣ пламени и цирометрическомъ эффектѣ горѣнія, т.-е. о той температурѣ, которую они могутъ развить при своемъ горѣніи.

Вѣсъ 1 куб. с. сосновыхъ и еловыхъ свѣж. дровъ . . . . .	275 пуд.
» » » » » годовалыхъ дровъ . . . . .	225 »
» » » » березовыхъ и ольхов. свѣж. дровъ . . . . .	375 »
» » » » » годовалыхъ дровъ . . . . .	300 »
» » » » хвороста свѣжаго . . . . .	125 »
« » » » » годовалаго . . . . .	100 »

Теплотворная способность, т.-е. количество калорій, которыя выдѣляются при сгораніи 1 килогр. дровъ, зависитъ отъ породы дерева и отъ содержащейся въ немъ влаги; такъ, напр., сырыя березонныя дрова съ 40% влаги обладаютъ теплотворной способностью 2400, съ 20%—3700, съ 0%—4700.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведены данныя о теплотворной способности различныхъ породъ сухихъ дровъ.

дубъ . . . . .	4740	осна . . . . .	4593
береза . . . . .	4805	ель . . . . .	4857
сосна . . . . .	4907	липа . . . . .	4600
ива . . . . .	4700		

Вода, выпелачивая дрова, въ теченіе недѣли понижаетъ теплотворную способность дерева на 9%. Въ практикѣ принимаютъ, что 112,3 объема дровъ, доставленныхъ сплавнымъ путемъ, равноцѣнны 100 объемамъ, доставленнымъ гужевымъ способомъ.

Что касается длины пламени различныхъ породъ дровъ, то, принимая длину пламени сосны за 100, получимъ для

сосны—100	ель —71
березы—76	ольхи—52

Пирометрическій эффектъ для воздушно-сухихъ дровъ при рациональномъ ихъ сжиганіи можно принять около 772° Ц.; при сухихъ же дровахъ эта температура повышается до 1075° Ц.

1 килогр. воздушно-сухихъ дровъ, сжигая ихъ въ топкѣ парового котла, можетъ испарить отъ 3,8 до 4,1 килогр. воды.

Къ недостаткамъ дерева, какъ топлива, слѣдуетъ отнести значительное содержаніе влажности и легкую загниваемость; къ достоинствамъ же—незначительное содержаніе золы и отсутствіе въ ней вредныхъ минеральныхъ примѣсей, легкую воспламеняемость и горѣніе длиннымъ пламенемъ.

### Древесный уголь.

Дерево при нагреваніи до 150° Ц. теряетъ влагу не разлагаясь, при повышеніи же температуры выше 150°Ц. происходитъ разложеніе дерева съ образованіемъ газообразныхъ, жидкихъ и твердыхъ продуктовъ. Процессъ разложенія дерева при высокой температурѣ безъ доступа воздуха носитъ названіе сухой перегонки дерева и въ настоящее время применяется для полученія какъ древеснаго угля, такъ и другихъ цѣнныхъ продуктовъ, напр. смолы, скипидара, древеснаго спирта и уксусной кислоты.

Качество и количество получаемого древеснаго угля зависятъ отъ породы дерева, отъ способа веденія процесса сухой перегонки и отъ температуры процесса.

Послѣднее ясно видно изъ слѣдующей таблицы, въ которой указано содержаніе въ углѣ полученнаго при различныхъ температурахъ углерода и водорода.

	С.	Н.	Зола.
При 300° Ц. . . . .	73,2%	4,2 %	0,57%
» 432° » . . . . .	81,6%	1,96%	1,16%
» 1100° » . . . . .	90,8%	1,58%	1,2 %
» 1775° » . . . . .	96,5%	0,6 %	1,95%

Для практических цѣлей обыкновенно довольствуются температурой отъ 400 до 500° Ц., при которой получаютъ наибольшіе выходы продуктовъ сухой перегонки дерева и довольно хорошаго качества уголь.

Полученіе древеснаго угля можно вести различнымъ путемъ: въ ямахъ, кострахъ, печахъ и ретортахъ, или казанахъ.

**Ямы.** Наиболѣе примитивный способъ обугливанія дерева въ ямахъ состоитъ въ томъ, что въ землѣ вырываютъ коническую яму, въ діаметрѣ примѣрно около 1 саж. и глубиною отъ 4 до 6 футъ. Стѣнки ямы обкладываютъ дерномъ или берестой и въ нее закладываютъ правильными рядами обугливаемые дрова, оставляя внутри дровъ каналъ, куда забрасываютъ мелкой щепы. Щепу разжигаютъ, и когда она достаточно разгорится, то яму сверху закрываютъ дерномъ и засыпаютъ небольшимъ слоемъ земли.

При этихъ условіяхъ съ небольшимъ количествомъ воздуха, находившагося въ ямѣ, происходитъ медленно горѣніе, на счетъ теплоты котораго идетъ сухая перегонка дерева. Вначалѣ выдѣляется черезъ покрывку густой черный дымъ, который съ теченіемъ времени начинаетъ становиться сивеватымъ. Когда изъ ямы будетъ выдѣляться легкій сивеватый дымокъ, то процессъ считаютъ законченнымъ, увеличиваютъ толщину покрывки, набрасывая землю, и такимъ образомъ приостанавливаютъ процессъ разложенія.

Когда содержимое ямы совершенно погаснетъ, то всю покрывку снимаютъ и приступаютъ къ выгрузкѣ получившагося древеснаго угля.

Этотъ способъ полученія угля обладаетъ большими недостатками. Полученный уголь неравномѣрно обожженъ и засоренъ землей; кромѣ того, при этомъ процессѣ не утилизируются весьма цѣнные продукты сухой перегонки, какъ-то смола, уксусная кислота и древесный свиртъ. Иногда для утилизаціи части смолы съ низу ямы выводится труба, по которой и вытекаютъ смолистыя вещества.

**Костры.** Другой способъ полученія древеснаго угля — это обжигъ дерева въ кострахъ. На очищенномъ ровномъ мѣстѣ вбиваютъ нѣсколько кольевъ и около нихъ правильными рядами укладываютъ дрова. Въ образовавшійся изъ кольевъ каналъ насыпаютъ щепы и всю поверхность костра обкладываютъ дерномъ и засыпаютъ землей (рис. 40). Разжигаютъ щепу и ведутъ процессъ сухой перегонки, регулируя его при избыткѣ воздуха — подсыпкой верхней покрывки, при потуханіи же костра —

уменьшеніемъ верхняго слоя земли и продѣлываніемъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ небольшихъ отдушннхъ.

Костры устраиваютъ различной величины отъ 2 до 30 куб. с. емкости. Обжигъ продолжается отъ 3-хъ дней до 5 недѣль въ зависимости отъ размѣровъ костра. Выходъ угля при обжигѣ въ кострѣ колеблется отъ 23 до 26 % отъ вѣса взятыхъ дровъ, что составляетъ около 63 % по объему.

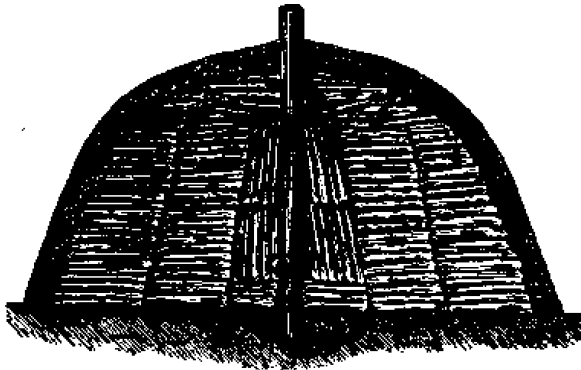


Рис. 40.

Недостатки этого способа тѣ же, что при ямкомъ обжигѣ. Иногда для улавливанія тяжелыхъ смолистыхъ веществъ внизу костра, какъ и при ямномъ способѣ, дѣлаютъ углубленіе съ выводной трубой, по которой и стекаетъ выдѣляющаяся при этомъ процессѣ смола.

Печи. Болѣе рациональное веденіе процесса сухой перегонки производится въ особо устроенныхъ печахъ, гдѣ обыкновенно топлиномъ служить не перегоняемый матеріалъ, а какой-нибудь другой болѣе низкаго качества, сжигаемый въ особыхъ топкахъ. Продукты горѣнія изъ топки направляютъ по особымъ дымовымъ каналамъ въ стѣнкахъ или внутри печи и прогреваютъ содержимое ея. Продукты сухой перегонки изъ печи отводятъ особой трубой въ холодильникъ, гдѣ они стущаются въ жидкость. При этомъ способѣ улавливаются цѣнные продукты; получающійся уголь, при хорошей конструкціи печи, бываетъ равномерно обожженъ—чистъ, безъ примѣсей земли, и выходъ его доходить до 30 %; такъ изъ 1 куб. с. еловыхъ дровъ получится около 56 пуд. угля.

Реторты и казаны. Наболѣе совершеннымъ способомъ является обжигъ дерева въ ретортахъ или казанахъ, конструкція которыхъ бываетъ весьма различна. Реторта или казанъ представляетъ клепаный изъ котельнаго желѣза резервуаръ круглой или прямоугольной формы, вложенный въ особую печь въ горизонтальномъ или вертикальномъ положеніи. Продукты горѣнія изъ топки омываютъ этотъ аппаратъ со всѣхъ сторонъ и выходятъ въ дымовую трубу.

Одна сторона реторты или казаны съемная, плотно закрывающаяся при помощи особых кляммеров или болтовъ. Сверху или сбоку реторты приклепывается особая труба, выводящая продукты сухой перегонки въ холодильникъ, гдѣ они стущаются въ жидкость. Открывши реторту, въ нее плотно загружаютъ дрова, потомъ плотно закрываютъ люкъ и начинаютъ нагрѣвать. По истеченіи нѣкотораго времени изъ холодильника начинаетъ вытекать жидкость и выдѣляются газы, которые можно утилизировать, вводя ихъ по трубѣ въ топку, гдѣ они и сгораютъ. Этимъ самымъ можно сэкономить около 25 % топлива, идущаго на процессъ сухой перегонки. Вытекающую изъ холодильника жидкость собираютъ въ особые пріемники, гдѣ она отстаивается и раздѣляется на три слоя: верхній — легкія масла, средній — подсмольная вода, въ растворѣ которой содержится главнымъ образомъ уксусная кислота и древесный спиртъ, и нижній — тяжелыя смолистыя вещества.

Изъ 100 килогр. лиственныхъ породъ получится примѣрно около 52 килогр. подсмольной воды, 3 килогр. смолы и до 30 килогр. хорошаго качества угля. Изъ подсмольной воды перегонкой отдѣляютъ древесный спиртъ, который потомъ очищаютъ и концентрируютъ, а изъ полученнаго остатка выдѣляютъ уксусную кислоту.

Составъ и свойства древеснаго угля. Въ среднемъ хорошій древесный уголь содержитъ С — 91,3%, Н — 2,9 %, О + N — 5,7 %; уд. вѣсъ его колеблется отъ 1,5 до 2,0; весьма пористоскопиченъ, такъ что при храненіи во влажномъ воздухѣ можетъ содержать отъ 12 до 14 % влаги. Горитъ безъ пламени и дыма и развиваетъ довольно высокую температуру, около 1298° Ц. Теплотворная способность, считая на безводный и беззольный продуктъ, около 7800.

Хорошій древесный уголь долженъ быть обожженъ равномернo, имѣть блестящій черный цвѣтъ, при ударѣ издавать звонъ, обладать пористостью и характерными для него радіальными трещинами; золы не долженъ содержать болѣе 3 % воды не болѣе 7 — 8 %.

Вѣсъ 1 куб. с. угля хвойнаго (46 $\frac{1}{4}$ четверт.)	— 100 пуд.
» » » » » » дубоваго	» — 145 »
» » » » » » березоваго	» — 134 »

### Торфъ.

Торфъ представляетъ продуктъ неполнаго разложенія клетчатки растений подъ водой, при умѣренной температурѣ и почти что безъ доступа воздуха. Чаще всего онъ образуется въ мѣстахъ низменныхъ, болотистыхъ съ умѣреннымъ или холоднымъ климатомъ. Въ мѣстахъ же съ болѣе теплымъ климатомъ растенія обыкновенно разлагаются полнѣе и быстрѣе до образованія перегноя (черноземъ).



Торфяная площадь въ Россіи занимаетъ весьма обширное пространство и обнимаетъ Московскую, Владимирскую, Нижегородскую, Тульскую, Рязанскую, Петербургскую и др. сѣверныя и средней полосы губерніи. Громады торфяныя болота встрѣчаются также въ Царствѣ Польскомъ, на Уралѣ и Сибири.

Матеріаломъ для образованія торфа могутъ служить различныя растенія какъ древесныя, такъ равно травянистыя и особенно мхи, главнымъ образомъ изъ породы *Sphagnum* и *Hurpium*.

Нижняя часть мховъ, а также другія растенія, отмирающъ, опускаются на дно стоячей воды и, подъ вліяніемъ микроорганизмовъ и небольшого количества кислорода, разлагаются. При этомъ процессѣ часть углерода растеній превращается въ газообразные продукты, напр., углекислоту, метанъ и др., часть водорода—въ воду, и гніющій матеріалъ мало-по-малу обогащается углеродомъ и мѣняетъ свой цвѣтъ, въ зависимости отъ условій разложенія и продолжительности его, до бурого или чернаго.

Мѣсто, гдѣ образуется торфъ, носить названіе торфяника; большинство торфяниковъ образовалось уже давно, хотя образованіе ихъ идетъ также и въ настоящее время.

Мощность торфяныхъ болотъ бываетъ различна, такъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ толщина слоя торфа достигаетъ до 10 метровъ; что касается скорости образованія торфяного пласта въ 1 метръ толщины, то это, въ зависимости отъ условій, происходитъ въ теченіе отъ 30 до 50 лѣтъ.

Химическій составъ, свойства торфа и его наружный видъ зависятъ отъ многихъ условій, отъ времени образованія, отъ вида растеній, а также количества и качества воды, подъ которой шелъ процессъ разложенія клетчатки, и отъ другихъ мѣстныхъ, главнымъ образомъ, климатическихъ условій.

По возрасту торфъ дѣлится на молодой и старый; по мѣсту образованія — на болотный, луговой и боровой и по наружному виду — на землистый, волокнистый или дерновой и смолистый, или смольнякъ; кромѣ того, существуетъ еще большое количество переходныхъ сортовъ торфа между указанными видами его.

По способу же добыванія торфа, послѣдній дѣлится на машинный, столовый, рѣзной и наливной.

Составъ и свойства торфа. Въ среднемъ беззольный и безводный торфъ состоитъ изъ углерода — до 60 %; водорода — 6 %; кислорода — 33 %, и азота — 1 %. Содержаніе золы въ торфѣ бываетъ различно, — отъ 3 до 20 %; что же касается влаги, то свѣже-добытый торфъ всегда содержитъ до 80 %, а воздушно-сухой отъ 15 до 20 %.

Слѣдующая таблица даетъ ясное представленіе о различныхъ сортахъ торфа и о колебаніи въ немъ содержанія углерода и кислорода въ зависимости отъ его возраста. Что касается теплотворной способности торфа,

то эта величина сильно колеблется вслѣдствіе содержанія въ немъ влаги и золы, что ясно видно изъ приведенныхъ таблицъ.

	Дерево.	Молодой волоконн. торфъ изъ окрестности Риги.	Бурый торфъ изъ окрестности Риги	Буровато-черный торфъ изъ Курляндской губ.	Черный торфъ изъ Курляндск. губ.	Черный торфъ изъ Курляндск. губ.	Черный торфъ изъ Германіи.	Ирновскій торфъ.
C	50,5%	50,9%	57,3%	57,8%	58,6%	61,2%	63,9%	66,04%
H	6,1	7,0	6,1	6,1	6,5	6,6	6,5	7,72
O	42,4	41,3	39,3	35,6	22,6	30,0	28,0	24,15
N	1,0	0,8		1,0	2,3	2,2	1,6	0,77

Содержаніе воды.	0%	10%	20%	25%	30%	40%	50%
Полезная теплотворная способность . . .	4604	4085	3560	3340	3040	2520	2000

Торфъ съ 30% воды и 10% золы—теплотворн. способность . . . 2090  
 » » 25% » » 0% » — » . . . 3800  
 » » 0% » » 15% » — » . . . 4400  
 » » 0% » » 0% » — » . . . 5250

Сухой торфъ безъ золы — » . . . 5250  
 » » съ 4% — » . . . 5090  
 » » » 12% — » . . . 4686  
 » » » 20% — » . . . 3636

Торфъ съ 25% воды — » . . . 3800  
 » » 30% » — » . . . 3313  
 » » 50% » — » . . . 2182

Паропроизводительная способность торфа зависитъ отъ сорта его, такъ

1 килогр. рѣзного торфа испаряетъ . . . .	3,8	килогр. воды.
1 » волоконн. торфа съ 10% воды . . .	5,5	» »
1 » смолист. торфа съ 15% воды . . .	5—5,5	» »
1 » прессов. торфа съ 10—15% воды	5,8—6	» »

1 куб. с. машиннаго полусмолистаго торфа съ 25% воды и 5% золы, вѣсомъ 240 пуд., равноцѣнна  $1\frac{1}{12}$  куб. с. хорошихъ сосновыхъ дровъ, или 220 пуд. торфа съ 25% влаги и 6% золы соотвѣтствуетъ 1 куб. с. смѣшанныхъ дровъ, или 1,7 пуда торфа = 1 пуду средняго качества каменнаго угля.

Термометрическій эффектъ горѣнія хорошаго торфа — около 903° Ц.

Добыча пие торфа въ зависимости отъ условій производится различными способами, но подготовка торфяника одинакова для всѣхъ ихъ. Торфяное болото, послѣ тщательнаго изслѣдованія мощности залеганія торфа, осушается, для чего въ извѣстныхъ направленіяхъ роютъ канавы, по которымъ стекаетъ вода, и болото мала-по-малу осушается.

Если торфяникъ содержитъ плотную волокнистую массу, безъ пней, то торфъ можно вырѣзать при помощи особыхъ лопатъ въ видѣ плитокъ, или кирпичей. Вырѣзанныя плитки складываются въ штабеля и просушиваются. Полученный торфъ назыв. рѣзнымъ; отличается легкостью, вслѣдствіе чего занимаетъ много мѣста, обладаетъ небольшою теплотворной способностью, хотя по выработкѣ стоитъ дешевле, чѣмъ другіе сорта торфа.

Рѣзку торфа можно производить также особыми машинами (напр., машина Вржозовскаго); производительность ея при 2 рабочихъ въ 12 часовъ около 60 куб. метр. торфа.

При ручной же рѣзкѣ 4 рабочихъ въ 12 часовъ могутъ добыть всего 40 — 50 куб. м. торфа.

Для полученія столоваго торфа вынутую торфяную массу освобождаютъ отъ корней и другихъ крупныхъ примѣсей, тщательно перемишиваютъ и формируютъ въ видѣ кирпичей на особыхъ столахъ подобно тому, какъ приготавливаютъ ручнымъ способомъ обыкновенные строительные кирпичи.

Вынутый изъ формы торфяной кирпичъ складывается въ штабеля и просушивается на воздухѣ.

Столовый торфъ отличается большей плотностью, чѣмъ рѣзной и цѣнится дороже послѣдняго.

При жидкой торфяной массѣ, послѣднюю вычерпываютъ ведрами или особыми черпаками, перемишиваютъ для полученія однороднаго тѣста и выливаютъ послѣднее въ особыя деревянные рамы, установленныя прямо на поверхности земли. Каждая рама дѣлится перегородками на 16 — 30 кѣтокъ, емкостью, соотвѣтствующей объему торфянаго кирпича, т.-е.  $6 \times 2\frac{1}{2} \times 2$  верш.

Такой торфъ носитъ названіе наливнаго и по своимъ качествамъ похожъ на столовый.

Самымъ распространеннымъ сортомъ является такъ называемый

машинный торфъ, получение котораго ведется при помощи особыхъ машинъ.

Каждая торфяная машина (рис. 41.) состоитъ изъ локомотива А съ маховикомъ и шкивомъ для элеватора, собственно торфяной машины В и металлическаго элеватора С. Принадлежностью торфяныхъ машинъ является желѣзная рама на осяхъ подъ машину В и локомотивъ А, комплектъ рельсъ со связками подъ раму, переносный рельсовый путь на стальныхъ шпалахъ, переводныя желѣзнодорожныя стрѣлки, ваго-петки и пр.

Укрѣпивъ всю эту установку прочно, какъ показано на рис., пускаютъ въ ходъ локомотивъ, а слѣд., вмѣстѣ съ нимъ торфяную машину В и элеваторъ С.

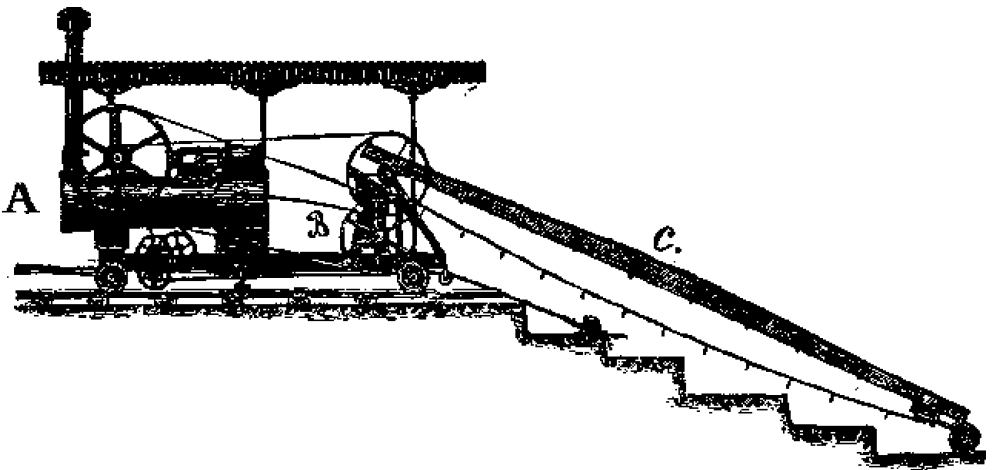


Рис. 41.

Рабочіе при помощи лопатъ набрасываютъ на элеваторъ торфяную массу, которая подается въ машину В. Последняя представляетъ горизонтальный или вертикальный желѣзный резервуаръ съ вращающейся внутри мѣшалкой. Ножи мѣшалки расположены на оси по винтовой линіи, вслѣдствіе чего происходитъ не только перемѣшиваніе и разрѣзаніе массы, но и подача послѣдней черезъ особо устроенный внизу мундштукъ.

Послѣдній имѣетъ сѣченіе разбѣровъ торфяного кирпича; перемѣшанная масса съ силой выдавливается наружу черезъ этотъ мундштукъ въ видѣ непрерывной ленты, которая и разрѣзается на куски соотвѣтствующей величины.

При 70—80 рабочихъ дняхъ въ году (считая съ конца апрѣля до среднихъ чиселъ іюля) одна такая гарнитура при 30 рабочихъ можетъ выработать отъ 650 до 700 кубовъ торфа, т.-е. до 200.000 пудовъ, считая въ

куб. с. около 300 пуд.; стоимость выработки 1 пуда торфа составить отъ 4½ до 6 коп.

Одновальная торфяная машина требуетъ 8—10 лош. с., 8 рабочихъ и 12—14 работницъ, производительность въ 1 часъ 1—2 куб. с. торфа. Двухвальная машина требуетъ 8—12 л. с. 25—30 рабочихъ и въ 1 часъ вырабатываетъ 2—3 куб. с. торфа.

Хорошаго качества машинный торфъ долженъ обладать слѣдующими свойствами: быть плотнымъ и содержать не болѣе 20 % влаги и 6% золы.

### Торфяной уголь.

Для повышенія пиromетрическаго эффекта горѣнія торфа, послѣдній, какъ и дерево, можно подвергнуть процессу сухой перегонки, при которой кромѣ торфяного угля, или кокса, получается цѣлый рядъ цѣнныхъ побочныхъ продуктовъ, напр., деготь, дегтярная вода и газъ. Обугливаніе торфа можно производить въ кострахъ, ретортахъ и печахъ, но, къ сожалѣнію, стоимость этой переработки, вслѣдствіе большого расхода на эту операцію топлива, слишкомъ высока.

При обжигѣ торфа въ кострахъ получается кокса около 36%, въ ретортахъ же до 40%.

Изъ костра діаметр. 1,7 метр. и высоту 2,0 метр. получается около 4000 килогр. торфяного угля, примѣрно слѣдующаго состава: С—84%, Н—2%, О—6%, воды 4% и золы 4%.

Теплотворная способность торфяного угля около 7000; 1 фунтъ торфяного кокса съ содержаніемъ 15 % золы испаряетъ подъ паровымъ котломъ 5,35 ф. воды.

Наиболѣе раціональный способъ полученія торфяного угля состоитъ въ обжигѣ торфа въ особыхъ ретортахъ илижеп. Циглера. Эти реторты представляютъ два клепаныхъ желѣзныхъ, вертикально поставленныхъ сосуда овальной формы; внизу они соединяются въ общую широкую трубу съ заслонкой. Торфъ непрерывно загружается сверху, а готовый продуктъ—коксъ, при открываніи нижней заслонки, выгружается въ подкатываемыя вагонетки.

Процессъ сухой перегонки идетъ при 600° Ц., и выдѣляющіеся продукты перегонки направляются особой трубой въ холодильникъ, гдѣ и сгущаются въ жидкость.

Изъ 100 тоннъ торфа получается

35 тоннъ торфяного кокса,
5 » дегтя,
40 » дегтярной воды,
21 » газовъ.

Изъ 100 ч. дегтя при дальнѣйшей переработкѣ можно получить

10 ч. неочищеннаго параффина.

58 » газоваго масла.

12 » креозотнаго масла.

Изъ 80 ведеръ дегтярной воды при послѣдующей переработкѣ можно выдѣлать

20 килогр. сѣрноамміачной соли,

30 » уксусно-кальціевой соли,

10 » древеснаго спирта.

### Ископаемые угли.

Въ первоначальную эпоху существованія земли, задолго до появленія на ней человѣка, въ такъ называемый каменноугольный геологическій періодъ, атмосфера содержала большое количество углекислоты и влаги; вслѣдствіе этого на земной поверхности произрастали огромныя деревья, называемыя аннулярии, каламоріи, сигиллярии, папоротники и др.; они со временемъ отживали, уносились водой въ болѣе низкія мѣста, образовавши цѣлые пласты, засыпались землей, пескомъ и безъ доступа воздуха, подъ большимъ давленіемъ, раагались и образовывали пласты подобно тому, какъ въ настоящее время идетъ образованіе торфа.

Ископаемые угли находятся почти во всѣхъ государствахъ въ болѣе или менѣе значительномъ количествѣ.

Въ Россіи угли встрѣчаются въ Польскомъ бассейнѣ, Донецкомъ бассейнѣ, на Уралѣ, въ Сибири, на Кавказѣ, Кіевской губ. и Подмоковскомъ бассейнѣ, т. е. въ южной части Московской губ., Тульской губ., Рязанской и Калужской.

Наибольшая добыча угля падаетъ на Донецкій бассейнъ, потомъ слѣдуетъ Польскій бассейнъ, Уралъ и, наконецъ, самое наименьшее количество добывается въ Кіевской губ.

Наилучшихъ качествъ уголь Донецкаго и Польскаго бассейновъ. Классификація ископаемыхъ углей крайне разнообразна и зависитъ какъ отъ свойствъ углей, такъ равно и отъ мѣстности, гдѣ добывается уголь.

Ископаемые угли можно раздѣлить на три большія группы—бурый уголь, каменный уголь и антрацитъ. Эти разновидности углей отличаются главнымъ образомъ по содержанію въ нихъ углерода; такъ бурый уголь содержитъ въ среднемъ до 68%, каменный до 82% и антрацитъ до 95 и выше % углерода.

В у р ы й у г о л ь в ь б е з в о д н о м ь с о с т о я н и и с о д е р ж и т ь в ь с р е д - н е м ь

углерода . . . . .	68,1%
водорода . . . . .	5,5%
кислорода . . . . .	26,4%
зола . . . . .	10,0%

Что касается содержания влаги, то въ сѣжедобытомъ состоянiи доходить до 60%; обыкновенно же отъ 20—25%. При сухой перегонкѣ бурый уголь въ числѣ продуктовъ разложенiя, подобно дереву, даетъ уксусную кислоту.

Въ Россiи бурый уголь встрѣчается главнымъ образомъ въ Киевской губ.; при оцѣнкѣ его необходимо обращать вниманiе на содержанiе зола—не должно быть болѣе 10%, сѣры—не болѣе 1½—2% и воды—не болѣе 10%.

Бурый уголь на воздухѣ легко и быстро вывѣтривается, что записать отъ окисленiя его кислородомъ воздуха, при чемъ это окисленiе иногда идетъ настолько энергично, что запасъ угля, въ особенности въ большихъ непровѣтриваемыхъ кучахъ, можетъ самовоспламениться. Во избѣжанiе послѣдняго не слѣдуетъ складывать кучи выше 6—8 футовъ и хранить его слѣдуетъ въ помѣщенiяхъ съ умѣренной температурой. 1 фунтъ бурого угля (лигнита) можетъ превратить 5,5 фунт. воды при 0° въ паръ 100° Ц. Пирометричеснiй эффектъ горѣнiя—940° Ц. Вѣсь 1 куб. с. настоящаго бурого угля около 400 пуд. 1 куб. м. лигнита вѣситъ 550—650 килогр.

Ка м е н н ы й у г о л ь представляет наиболѣе употребительное топливо въ видѣ чернаго или черно-бурого вещества, матоваго или жирнаго блеска. Химическiй составъ его въ среднемъ можно принять слѣдующiй

углерода . . . . .	83,15%
водорода . . . . .	5,14%
кислорода и азота . . . . .	11,71%
зола— : . . . . .	отъ 1 до 20 % и бол.

Лучшiй сортъ угля содержитъ зола отъ 4 до 7%; среднiй—отъ 8 до 14% и плохой 14% и выше.

1 куб. с. такого угля вѣситъ около 670 пудовъ.

Пирометрическiй эффектъ горѣнiя угля отъ 991 до 1037° Ц.

Наиболѣе удобной классификацiей каменныхъ углей пужно считать классификацiю инженера Грюнера, въ которой онъ сопоставляетъ свойства и примѣненiе угля въ зависимости отъ химическаго состава, что видно изъ нижеслѣдующей таблицы.

Типы углей.	Элементарный составъ			$\frac{O+N}{H}$	Выходъ кокса.	Свойство кокса.
	C	H	O+N			
I. Сухіе угли съ длиннымъ пламенемъ.....	75—80%	5,5—4,5%	19,5—15%	4—3	50—60%	Порош., или чуть спекающийся.
II. Жирные угли съ длиннымъ пламенемъ или газовые.	80—85%	5,8—5%	14,2—10%	3—2	60—68%	Сплавленный, но сильно вспучить.
III. Жирные угли, или кузнечные..	84—89%	5,5—5%	11—5,5%	2—1	68—74%	Сплавленный, средн. плотности.
IV. Коксовые угли.....	84—91%	5,5—4,5%	6,5—5%	1	74—82%	Сплавленный, очень плот.
V. Тощіе угли, или полуантрацитовые.	90—93%	4,5—4%	5,5—3%	1	82—90%	Порошокъ или спекшийся.

Тощіе угли, вслѣдствіе значительнаго содержанія углерода, даютъ обыкновенно неспекающийся коксъ, подобно сухому углю, содержащему значительное количество кислорода.

I. Сухіе пламенные угли имѣютъ уд. в. 1,25 (1 куб. м. угля въ кускахъ вѣситъ около 700 килогр.), горятъ длиннымъ коптящимъ пламенемъ; при сухой перегонкѣ даютъ

кокса . . . . .	50—60%
амміачной воды . . . . .	12—5%
смолы . . . . .	18—15%
газовъ . . . . .	25—20%

Этотъ сортъ углей пригоденъ для пламенныхъ печей, полученія генераторнаго газа и паровыхъ котловъ; даютъ равномерный жаръ, но сильно дымятъ. Вслѣдствіе своей крѣпости выдерживаютъ дальнюю перевозку, не разсыпаясь. Теплопроизводительная способность отъ 6000 до 8000 калорій.

II. Жирные пламенные угли или газовые, уд. в. 1,28—1,30 (1 куб. м. угля вѣситъ 700—750 килогр.), горятъ длиннымъ пламенемъ, при коксованіи спекаются и даютъ слѣдующее количество продуктовъ сухой перегонки

кокса . . . . .	60—68%
амміачной воды . . . . .	5—3%
смолы . . . . .	15—12%
газовъ . . . . .	20—17%



Примѣняются для полученія свѣтильнаго газа, для отопленія паровыхъ котловъ и въ пламенныхъ печахъ. Тверды, вслѣдствіе чего выдерживаютъ хорошо перевозку. Теплопроизводительная способность отъ 7100 до 8400.

**III. Жирные кузнечные угли**, уд. в. 1,3 (1 куб. м. угля вѣситъ отъ 750 до 800 килогр.), горятъ пламенемъ и въ жару размягчаются, образуя родъ сводиковъ, что важно въ примѣненіи ихъ для кузнечнаго дѣла. Образовавшіеся сводики предохранять нагрѣваемую въ горлу желѣзную вещь отъ окисленія.

При сухой перегонкѣ даютъ слѣдующее количество продуктовъ

кокса . . . . .	68—74%
амміачной воды . . . . .	3—1%
смолы . . . . .	13—10%
газовъ . . . . .	16—15%

Примѣняются въ кузнечномъ дѣлѣ, для полученія кокса и др. цѣлей. Въ Россіи таніе угли добываются около Юзовки, Богодуховки въ юго-западной части Донецкаго бассейна.

**IV. Жирные угли съ короткимъ пламенемъ**, или коксовые угли, уд. в. 1,30—1,35 (1 куб. м. угля вѣситъ около 800 килогр.), горятъ короткимъ пламенемъ, выдѣляя мало летучихъ продуктовъ, трудно воспламеняются и весьма хрупки.

При сухой перегонкѣ даютъ хорошій плотный коксъ и слѣдующее количество побочныхъ продуктовъ

кокса . . . . .	74—82%
амміачной воды . . . . .	1%
смолы . . . . .	10—5%
газовъ . . . . .	15—12%

Примѣняются главнымъ образомъ для полученія кокса.

Теплопроизводительная способность отъ 7700 до 8800.

**V. Тощіе**, или полуантрацитовые угли представляютъ переходъ къ антрацитамъ, имѣютъ уд. в. 1,35—1,40 (1 куб. м. угля вѣситъ до 850 килогр.); трудно воспламеняются, слабо или совсѣмъ не спекаются и горятъ небольшимъ пламенемъ безъ дыма. При сухой перегонкѣ получается неспекающійся порошокватый коксъ.

кокса . . . . .	82—90%
амміачной воды . . . . .	1—0%
смолы . . . . .	5—2%
газовъ . . . . .	12—8%

Употребляется съ успѣхомъ при отопленіи шахтныхъ печей.

Теплопроизводительная способность около 8180.

**А н т р а ц и т ъ.** Подъ именемъ антрацита разумѣютъ уголь, обладающій металлическимъ блескомъ, большимъ уд. вѣсомъ—1,52, горящій почти что безъ пламени и оставляющій послѣ горѣнія небольшое количество золы.

Содержаніе углерода въ антрацитѣ въ среднемъ можно принять около 94%, но иногда доходить до 98%.

Добывается въ Англіи, Америкѣ и у насъ въ Россіи въ Донецкомъ бассейнѣ, гдѣ славится такъ называемый Грушевскій антрацитъ. Мало пригоденъ для отопленія паровыхъ котловъ, вслѣдствіе развиваемой при горѣнія высокой температуры, горѣнія безъ пламени и содержанія довольно значительнаго количества сѣры. Пирометрической эффектъ горѣнія угля 1466° Ц.

Теплопроизводительная способность 6630—7750.

Угли по величинѣ размѣровъ кусковъ дѣлятся на кусковый, болѣе 80 мм., орѣшекъ № 1—80—50 мм., № 2—50—30 мм., № 3—30—15 мм., №4—15—8 мм. и менѣе 8 мм.—мелочь. Весьма часто составъ угля въ кускѣ и въ видѣ мелочи, взятаго изъ одной и той же партіи, бываетъ различный, что видно изъ слѣд. цифръ.

	Средн. куски.	Мелочь.
Зола . . . . .	6,7%	15,8%
летучихъ вещ. . . . .	19,5%	14,7%
теплотворная способность . . . . .	8370	7340

### **Коксѣ.**

Для повышенія пирометрическаго эффекта дерева и торфа ихъ обугливали, т.-е. увеличивали процентное содержаніе углерода; то же самое можно сдѣлать и съ каменнымъ углемъ, подвергая его процессу сухой перегонки.

Этотъ процессъ носитъ названіе коксованія, а получающійся продуктъ—коксъ.

Передъ коксованіемъ каменный уголь промываютъ водой для отмучиванія изъ него пустой породы; подобное отдѣленіе примѣсей основано на ихъ большемъ удѣльн. вѣсѣ, чѣмъ угля; такъ уд. вѣсъ кварца, известковаго шпата, различныхъ сланцевъ и пр. колеблется отъ 2—2,7, желѣзнаго колчедана до 4, между тѣмъ какъ угля уд. в. 1,3.

Передъ отмучиваніемъ уголь предварительно измельчается и сортируется по величинѣ кусковъ на особыхъ грохотахъ.

Освобожденный отъ постороннихъ горныхъ породъ уголь подвергается процессу коксованія въ печахъ различной конструкціи, ретортахъ или кучахъ.

Выходъ кокса въ печахъ доходить до 70%, при коксованіи же въ

кучахъ кокса получается всего только 50% отъ вѣса взятаго для этой операціи угля.

Изъ наиболѣе употребительныхъ печей заслуживаетъ вниманія коксовая печь бр. Апольтъ, представленная на рис. 42 и 43.

Эта печь имѣетъ форму шахты и нагревается снаружи исключительно парами и газами, выделяющимися при самомъ коксованіи.

На рис. 42 изображенъ вертикальный разрѣзъ, на рис. 43—горизонтальный по линіи 1—2. Для лучшаго прогреванія шахты имѣютъ форму продолговатаго четырехугольника, размѣрами 0,45 и 1,24 метр.

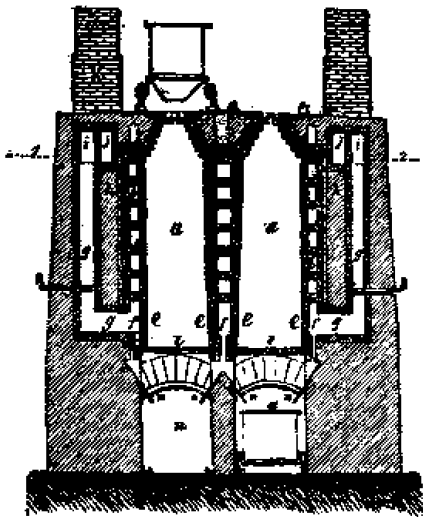


Рис. 42.

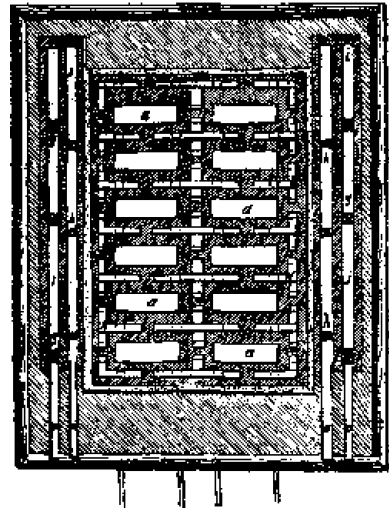


Рис. 43.

при высотѣ шахты 4 метра. Дѣнадцать такихъ шахтъ въ два ряда по шести соединяются въ одну печь, при чемъ для сохраненія тепла устроены воздушныя прослойки в. Каждая шахта имѣетъ два отверстія—верхнее, для загрузки угля и нижнее съ особымъ желѣзнымъ клапаномъ для выгрузки кокса. Въ нижней части боковыхъ стѣнокъ шахтъ между кирпичами оставлены щели е, для выхода газовъ и паровъ, сторающихся въ пространствѣ в съ воздухомъ, поступающимъ черезъ отверстія і.

Продукты горѣнія направляются по каналамъ h и g, при чемъ тяга регулируется заслонками K. Каналы g соединяются съ горизонтальнымъ каналомъ і, а каналы h съ каналомъ j.

Послѣдніе каналы і и j соединяются съ дымовой трубой к.

Верхняя часть каждой шахты сужена и закрывается чугунной крышкой. Надъ этими отверстіями проложены рельсы, по которымъ въ вагонеткахъ подвозится уголь и загружается въ каждую шахту въ количествѣ 1200 килогр. Подъ шахтами также прокладываются рельсы для вагонетокъ, по которымъ вывозятъ готовый коксъ. Для пуска въ

ходъ печи, въ шахтахъ разжигаютъ дрова и забрасываютъ уголь. Когда печь приметъ достаточную температуру для коксованія угля, первое отдѣленіе заполняется камепнымъ углемъ, верхнее отверстіе закрывается крышкой и плотно замазывается. Черезъ два часа паполняютъ углемъ вторую шахту и т. д. Въ 24 часа въ первой шахтѣ коксованіе заканчивается, изъ нея выгружаютъ коксъ и снова загружаютъ уголь; черезъ два часа эту операцію повторяютъ со вторымъ отдѣленіемъ и т. д.

Каждая печь даетъ въ сутки до 12 тоннъ кокса, при чемъ выходъ кокса въ этихъ печахъ достигаетъ 66—67% отъ вѣса перерабатываемаго угля. Въ печахъ Апольта въ средней части, вслѣдствіе высокой температуры, получается болѣе плотный коксъ, что довольно вредно отзывается при употребленіи такого кокса для металлургическихъ цѣлей.

Уд. вѣсъ кокса колеблется отъ 1,2 до 1,9 (вѣсъ 1 куб. с. кокса отъ 210—270 пуд.). Горитъ безъ пламени и дыма, трудно воспламеняется и при хорошей тягѣ развиваетъ температуру до 1283° Ц.

Въ среднемъ коксъ безъ воды и золы имѣетъ слѣдующій составъ:

углерода . . . . .	94%
водорода . . . . .	1%
кислорода . . . . .	5%

Золы въ хорошемъ коксѣ отъ 3 до 8%; коксъ съ 12% золы считается плохимъ.

Содержаніе влаги въ коксѣ незначительно, 1—2% вслѣдствіе его малой гигроскопичности, и если встрѣчается въ немъ содержаніе влаги до 15%, то это происходитъ вслѣдствіе заливанія при тушеніи кокса водой.

1 футъ кокса съ 4% золы испаряетъ . . . . .	6,27 ф. воды.
» » » съ 15% золы испаряетъ . . . . .	5,53 ф. воды.

Хорошій коксъ долженъ быть крупный, не содержать мелочи, при ударѣ издавать звонъ; золы въ немъ не должно содержаться болѣе 8%, сѣры—1,75% и воды 3%.

### Брикеты.

При добываніи нѣкоторыхъ сортовъ топлива всегда остаются остатки въ видѣ мелочи, мусора и пр. Прежде эти остатки составляли ненужный отбросъ, обременительный на мѣстѣ добычи; теперь же этотъ отбросъ утилизируется для искусственнаго приготовленія брикетовъ.

Эта утилизація состоитъ въ томъ, что образовавшіеся, особеннымъ образомъ подготовленные отбросы смѣшиваютъ съ какимъ-либо цементирующимъ веществомъ, прессуютъ изъ полученнаго тѣста въ родѣ кирпича, или другой какой-нибудь формы и высушиваютъ; или же брикетированіе производятъ безъ прибавленія связующаго вещества од-

пять лишь сильнымъ прессованіемъ, по послѣдній способъ не получили значительнаго распространія.

Для приготовления каменугольныхъ брикетовъ можно употреб-лять глину, смѣшивая ее съ каменугольной мелочью и водой. Изъ полученнаго тѣста формуютъ шаряки и, послѣ высушиванія на воз-духѣ, употребляютъ какъ топливо.

Брикеты, приготовленные на глиняномъ цементѣ, содержатъ отъ 10 до 25% золы и непрочны, вслѣдствіе чего могутъ примѣняться какъ топливо только въ домашнемъ обиходѣ, но не для промышленныхъ цѣлей.

Поэтому для цементации мелкихъ отбросовъ топлива необходимо примѣнять такіа связывающія вещества, которые сами бы могли горѣть и тѣмъ самымъ повышать пирометрическое дѣйствіе брикетовъ. Въ большинствѣ случаевъ для полученія брикетовъ употребляютъ смо-листыя вещества, получаемыя при сухой перегонкѣ каменнаго угля, дерева или нефти.

Изъ подобной смолы при 300° Ц. отгоняютъ 25—40% летучихъ веществъ и въ такомъ видѣ примѣняютъ ее для формовки брикетовъ, которые при этихъ условіяхъ на воздухѣ не рассыпаются и при тем-пературѣ ниже 60° Ц. не размягчаются. Обычно при брикетированіи примѣняется пека, остающійся послѣ перегонки каменноугольной смолы. Температура плавленія пека отъ 60 до 200, температура размяг-ченія отъ 40 до 100° Ц. Пека берется 4—8% по вѣсу угольной мелочи.

Для приготовления брикетовъ возможно употреблять всякую ка-менугольную мелочь, но все-таки, для сообщенія лучшихъ качествъ вырабатываемому продукту, примѣняютъ обыкновенно для этого от-бросы полужирныхъ углей, или же смѣсь тощихъ съ жирными.

При фабрикаціи брикетовъ угольный мусоръ или мелочь предва-рительно сортируютъ для полученія однородной величины зерекъ отъ 0,04 до 0,05 сант. черезъ особые грохота; послѣ чего смѣшиваютъ съ цементирующимъ веществомъ. Количество смолы зависитъ отъ сте-пени влажности угля,—чѣмъ послѣдній влажнѣе, тѣмъ больше необ-ходимо употребить цементирующаго вещества, поэтому слишкомъ влаж-ный мусоръ просушивается предварительно на воздухѣ.

Кромѣ того, количество цемента зависитъ отъ величины кусковъ мелочи и свойствъ ея, отъ степени густоты смолы и, наконецъ, отъ проч-ности, которую желаютъ придать вырабатываемымъ брикетамъ.

Обыкновенно при выработкѣ брикетовъ употребляютъ смолу, уд. в. 1,275—1,285, которая при температурѣ 60° Ц. только размягчается, а при 100° Ц.—плавится; такой смолы употребляютъ въ среднемъ отъ 6—10% по вѣсу каменугольной мелочи.

Дальнѣйшая фабрикація брикетовъ состоитъ изъ слѣдующихъ операцій.

1) Смѣшеніе цементирующаго вещества съ каменноугольной мелочью, что производится въ ручную или особыми машинами.

2) Дробленіе полученной смѣсы съ цѣлью болѣе тѣснаго соприсношенія цементирующаго вещества съ каменноугольной мелочью.

3) Перемишриваніе и подогреваніе массы; цѣль этой операціи состоитъ въ полученіи брикетнаго тѣста и производится въ особыхъ мѣшалкахъ, подогреваемыхъ или паромъ или голымъ огнемъ. Полученное правильно приготовленное тѣсто должно быть однородно, имѣть жирный видъ, скрипѣть при растраніи и уменьшаться въ объемѣ вдвое при сжатіи.

4) Формованіе изъ полученнаго тѣста брикетовъ или въ видѣ кирпичей, или шаровъ, что производится или въ ручную, или же машиннымъ путемъ, подобно тому, какъ формируются обыкновенные кирпичи.

Вѣсъ брикетовъ обыкновенно дѣлаютъ отъ 12 до 25 фунт. каждый.

Хорошо приготовленные брикеты должны обладать слѣдующими свойствами:

- 1) однородностью; 2) крѣпостью, равной крѣпости каменнаго угля, или того матеріала, изъ котораго они приготовлены; 3) удѣльнымъ вѣсомъ не менѣе 1,9; 4) при нагреваніи до 50° Ц. не должны размягчаться; 5) въ топкѣ печи не должны растрескиваться и давать золы болѣе 10%.

## Нефть.

Нефть добывается въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ, напр., Америкѣ, Россіи (на Кавказѣ, Сибири, Сахалинѣ), Австраліи и др. въ видѣ жидкости уд. в. 0,770—0,960 отъ свѣтложелтаго до чернаго цвѣта.

По химическому составу нефть представляетъ смѣсь разнообразныхъ твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ углеводородовъ и въ среднемъ содержитъ

углерода . . . . .	85%
водорода . . . . .	13%
кислорода . . . . .	2%

Кромѣ того, въ ней содержится небольшое количество золы, сѣры и азота.

Относительно происхожденія нефти существуетъ нѣсколько гипотезъ, но наиболѣе вѣроятная это гипотеза Энглера, который предполагаетъ, что нефть образовалась изъ остатковъ животнаго происхожденія.

Добываніе нефти въ началѣ вели при помощи неглубокихъ колодезъ, куда она просачивалась, и изъ послѣднихъ вычерпывалась обычными пріемами.

Шестидесятъ лѣтъ тому назадъ нефть стали добывать изъ земли при помощи такъ называемыхъ буровыхъ сиважинъ, изъ которыхъ ее

откачивали или при помощи насосовъ, или же вычерпывали особыми длинными и узкими ведрами, называемыми желонками.

Иногда нефть изъ буровой скважины подь сильнымъ давлєніемъ выбрасывалась на поверхность земли въ видѣ фонтана.

Самостоятельно нефть, какъ топливо, въ дѣствіе содержанія въ ней очень летучихъ огнеопасныхъ веществъ, не употребляется. Полученную нефть изъ скважинъ подвергаютъ обработкѣ съ цѣлью выдѣленія изъ нея летучихъ цѣнныхъ продуктовъ, напр., бензина и керосина, и уже остатокъ послѣ указаннаго отдѣленія примѣняютъ какъ топливо, въ видѣ такъ называемаго мазута или нефтяныхъ остатковъ.

Переработка нефти въ краткихъ чертахъ производится слѣдующимъ образомъ.

Нефти, добытой изъ скважины, даютъ отстояться отъ воды и сора; послѣ чего перекачиваютъ ее въ перегонные большіе кубы, формы цилиндрическихъ паровыхъ котловъ, и нагреваютъ до кипѣнія. Выдѣляющіеся пары проводятъ трубами въ холодильникъ, гдѣ они сгущаются въ жидкость. Въ началѣ перегонки идутъ потоки, кипящіе между 150—160° Ц., ихъ собираютъ въ одну порцію подь именемъ сырого бензина; слѣдующій дестиллатъ въ предѣлахъ отъ 180 до 300° Ц.—сырой керосинъ, и остатокъ въ кубѣ послѣ произведенной отгонки бензина и керосина представляетъ уже мазуть или нефтяные остатки. Послѣ охлажденія въ кубѣ нефтяные остатки вынускаются изъ послѣдняго и могутъ примѣняться уже какъ топливо.

Сырой же бензинъ и керосинъ подвергаются химической очисткѣ при помощи сѣрной кислоты и раствора ѣдкаго натра и вынускаются на рынокъ въ видѣ безцвѣтныхъ жидкостей съ опредѣленнымъ уд. вѣсомъ, а для керосина строго опредѣленной температурой вспышки.

Если подвергнуть далѣе дестилляціи нефтяные остатки, то мы получимъ цѣлый рядъ цѣнныхъ продуктовъ, такъ называемыхъ смазочныхъ маселъ—веретенное, машинное и цилиндрическое. Остатокъ же въ кубѣ послѣ отгонки смазочныхъ маселъ будетъ представлять гудронъ, примѣняемый при асфальтовыхъ работахъ. Кромѣ того, изъ нефтяныхъ остатковъ можно получить вѣсѣмъ извѣстный парафинъ и вазелинъ.

Нефтяные остатки, или мазуть представляютъ густую, почти чернаго цвѣта жидкость, уд. в. 0,9—0,93 и по химическому составу близко подходящую къ составу сырой нефти, что видно изъ нижеслѣдующей таблицы

углерода . . . . .	86,0 %
водорода . . . . .	12,0 %
азота . . . . .	0,05%
кислорода . . . . .	1,65%
зола, сѣры и влаги . . . . .	0,30%

Теплотворная способность 10520; температура вспышки 70° Ц.

При поступлении воздуха в топку для горения в количестве 1½ объемов от теоретического количества и расход пара на пульверизацию мазута в ½ фунта на каждый фунт последнего—температура в топке может достигнуть до 1635° Ц.

При 3-мь объем воздуха и расход 1 фунта пара на фунт мазута температура горения последнего 833° Ц.

При т-рѣ питат. воды 1° Ц.—1 клгр. остатк. испар. 12,8 кл. воды.

» » » » +60° » —1 » » » 13,6 » »

» » » » +100° » —1 » » » 14,75 » »

В среднем при температурѣ воды 13—15° Ц. паропроизводительную способность можно считать в 12,5 килогр.

Из приведенных цифр мы видим, что теплотворная способность мазута почти что в четыре раза больше таковой дров и значительно выше теплопроизводительной способности всех твердых видов топлива.

Кромѣ этого преимущества нефтяные остатки могут быть сжигаемы с количеством воздуха, приближающимся близко к теоретическому, вследствие чего можно получать наиболѣе высокую температуру и, наконец, работа при сжигании остатков в топливѣ, контроль за процессом горения несравненно проще, чѣм при работѣ с твердым топливом.

Хорошіе нефтяные остатки не должны содержать воды, сора; уд. вѣсь ихъ долженъ быть не выше 0,914 при 15° Ц. и температура вспышки не должна быть ниже 70° Ц.

### Газообразное топливо.

Подъ газообразным топливомъ подразумѣваютъ все горючіе продукты, получаемые или искусственно или же выделяющіеся в нѣкоторых мѣстностях изъ нѣдръ земли.

Газообразным топливомъ могутъ служить: 1) природный газъ, 2) печные газы, выделяющіеся при различныхъ металлургическихъ процессахъ и 3) генераторные и газы, получаемые при сухой перегонкѣ различныхъ органическихъ веществъ.

Газообразное топливо представляет, в смыслѣ обращенія съ нимъ, возможности полного сжиганія его с теоретическимъ количествомъ воздуха и получения высокихъ температуръ, сравнительно легкимъ уходомъ при процессахъ горения, наиболѣе цѣнный матеріалъ в техникѣ отопленія. Техническая цѣнность газообразнаго вещества, какъ топлива, выражается отношеніемъ количества содержащихся в немъ горючихъ газовъ къ негорючимъ, при чемъ чѣмъ это отношеніе болѣе, тѣмъ данный газъ цѣннѣе.



Природный газъ. Въ мѣстахъ добычи нефти иногда изъ пѣдръ земли выходятъ горючій газъ, который по своей теплотворной способности представляетъ цѣнный продуктъ, какъ топливо. Подобное выдѣленіе газа наблюдается у насъ на Кавказѣ, около мѣстечка Сураханы, около Керчи, Ейска и другихъ мѣсть. Обильное выдѣленіе такого газа наблюдается также во многихъ мѣстахъ Америки. Такой природный газъ состоитъ изъ большого количества метана и другихъ углеводородовъ, что видно изъ нижеприведенныхъ таблицъ для русскаго и американскихъ газавъ.

	Кавказъ.	Каспійское море	Керчь	Ейскъ.	Скважина въ Самарской губ. въ имѣніи бр. Мельниковыхъ.		
Метанъ $\text{CH}_4$ . . .	65.84	95.00	92.00	82.10	52.9	52.30	52.20
Этанъ $\text{C}_2\text{H}_6$ . . .	19.92	0.00	0.00	} 9.25	} 0.40	} 0.70	} 0.60
Этиленъ $\text{C}_2\text{H}_4$ . .	0.00	0.00	5.00				
Окись углерода $\text{CO}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00
Угольная кислота $\text{CO}_2$ . . . . .	12.82	0.00	3.00	0.10	0.22	0.00	0.20
Азотъ $\text{N}$ . . . . .	0.00	5.00	0.00	17.55	40.86	43.5	43.6
Водородъ $\text{H}$ . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	4.22	3.50	3.40
Кислородъ $\text{O}$ . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00
Теплопроизв. способность . . . . .	3235	9000	9475	—	—	5800	—

Съ 1901 года стали утилизировать природный газъ въ Баку фирмы «Нобель», Мирзоевы и др. и уже въ 1906 г. эта добыча выразилась громадной цифрой.

	Пенсильванія.	Огайо.	Канзасъ.	Луизиана.
Метанъ $\text{CH}_4$ . . . . .	80.85	93.60	93.65	95.00
Другіе углеводороды . . .	14.00	0.30	0.25	0.00
Азотъ $\text{N}$ . . . . .	4.60	3.60	4.80	2.56
Угольная кислота $\text{CO}_2$ . .	0.05	0.20	0.30	2.34
Окись углерода $\text{CO}$ . . . .	0.40	0.50	1.00	0.00
Кислородъ $\text{O}$ . . . . .	0.00	0.15	0.00	0.00
Водородъ $\text{H}$ . . . . .	0.10	1.50	0.00	0.00
Сѣрнистый водородъ $\text{H}_2\text{S}$ .	0.00	0.15	0.00	0.01

Особенно сильные газовые источники находятся въ штатѣ Западной Виргавіа, дающіе иногда до 700.000 куб. м. въ сутки, при давленіи его въ 70—90 килогр. на 1 кв. сант. и при глубинѣ скважины 700—900 метровъ. Въ 1905 году газоносная сѣть, доставляющая природный газъ въ Америкѣ, достигла протяженія 35.000 англійскихъ миль.

**Свѣтильнѣй газъ.** Для полученія свѣтильнаго газа органическаго вещества, какъ-то каменный уголь, нефть или дерево подвергаются процессу сухой перегонки въ чугунныхъ или гончарныхъ ретортахъ при высокой температурѣ, около 1200° Ц. Свойства и составъ получаемаго газа зависятъ отъ родъ примѣняемаго матеріала, продолжительности процесса сухой перегонки и температуры послѣдней.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведенъ составъ свѣтильнаго каменноугольнаго газа, полученнаго при разныхъ температурахъ въ объемахъ %.

	Водородъ.	Метанъ.	Окись углерода.	Азотъ.	Тяж. углеводороды.
При т-рѣ 700° Ц. . . . .	38,1%	42,7%	8,7%	2,9%	7,6%
» » 1200° » . . . . .	48,0	30,7	14,0	2,8	4,5

Сухая перегонка при 700° Ц. идетъ медленно, и получающіеся газъ, вслѣдствіе большого содержанія тяжелыхъ углеводородовъ, горитъ ярко-свѣтящимся пламенемъ; наоборотъ же газъ, полученный при 1200° Ц., обладаетъ при горѣніи меньшей яркостью пламени.

Средній составъ каменноугольнаго свѣтильнаго газа выражается слѣдующими цифрами:

Водорода . . . . . 50,1%	Окиси углер . . . . . 6,3%	Азота . . . . . 2,7%
Метана . . . . . 33,1%	Тяжел. углеводород . . . . . 5,8%	Кислорода . . . . . 0,5%
Углекислоты 1,5%		

Удѣльный вѣсъ каменноугольнаго свѣтильнаго газа колеблется отъ 0,4—0,7; теплотворная способность его (1 куб. метр. газа) около 5200 калорий.

Изъ 100 килогр. газоваго угля при сухой перегонкѣ его получается  
 кокса . . . . . 64,97 килогр. (съ 2,96 клгр. золы).  
 смолы . . . . . 7,27 »  
 газовой воды . . . . . 9,78 »  
 газа . . . . . 21,14 куб. метр.

Каменноугольная смола содержитъ весьма цѣнные продукты,— бензолъ, толуолъ, фенолъ, нафталинъ и пр., откуда ихъ можно вы-

дѣлать соответствующей обработкой смолы и получить въ чистомъ состояніи. Последніе продукты имѣютъ громадное значеніе въ технику полученія искусственныхъ красокъ.

Изъ газовой же воды, какъ содержащей значительное количество амміака, можно выдѣлять амміачныя соли, имѣющія большую цѣнность въ сельскомъ хозяйствѣ и промышленности.

На рис. 44 изображена схема газоваго производства изъ каменнаго угля. Газовый заводъ состоитъ изъ слѣдующихъ приборовъ и аппаратовъ. Реторты А, куда загружаютъ уголь; каждая реторта соединяется трубой В съ такъ называемой гидравликой С; изъ нея газъ направляется въ воздушный холодильникъ D, изъ послѣдняго въ скрубберъ G и очиститель H, а уже изъ него въ газгольдеръ L. Изъ газгольдера подъ давлениемъ газъ направляется въ газовую сѣть по назначенію. Въ раскаленную почти добѣла реторты черезъ люки спереди загружаютъ быстро уголь и плотно закрываютъ крышкой. Продукты разложенія угля поступаютъ въ гидравлику С, гдѣ большая часть смолистыхъ веществъ конденсируется, остатки же ихъ стущаются въ воздушномъ холодильнике D, гдѣ происходитъ также охлажденіе газа. Окончательная очистка отъ вредныхъ примѣсей производится въ скрубберѣ G, наполненномъ кусками кокса, сверху котораго вбрызгивается струя воды, и наконецъ для очистки, главнымъ образомъ отъ сѣрнистыхъ, ціанистыхъ и др. соединений, газъ проходитъ чрезъ резервуаръ H съ устроенными въ немъ полками. На посяднихъ помещается влажная смѣсь изъ гидрата желѣза и гашеной извести, которые и поглощаютъ сѣроводородъ, сѣроуглеродъ, ціанистыя соединенія и пр.

Очищенный газъ далѣе направляется въ особый сборникъ I, называемый газгольдеромъ. Этотъ аппаратъ состоитъ изъ громаднаго бассейна, наполненнаго водой, въ которомъ плаваетъ желѣзный клепаный колоколь. Газгольдеры дѣлаютъ большихъ размѣровъ, емкостью отъ 10—30 тысячъ куб. метр., для поддержанія необходимаго давленія въ трубахъ газовой сѣти, а также, чтобы въ каждый моментъ имѣть запасъ газа, вслѣдствіе неравномѣрнаго въ теченіе сутокъ потребленія послѣдняго.

Свѣтильный газъ идетъ главнымъ образомъ для освѣщенія, для газовыхъ двигателей и для отопленія въ домашнемъ обиходѣ. Что касается нефтянаго газа, то послѣдній отличается отъ каменноугольнаго значительнымъ содержаніемъ тяжелыхъ углеводородовъ, уд. в. его отъ 0,7—0,9; при горѣннѣ обладаетъ большою свѣтностью и горитъ коптящимъ пламенемъ. Въ нефтяномъ газѣ отсутствуютъ вредныя примѣси. Изъ 3 пудовъ нефти можно получить около 1000 куб. фут. нефтянаго газа, при чемъ при сжиганнѣ его примѣняютъ или особыя горѣлки, или же смѣшиваютъ его съ каменноугольнымъ свѣтильнымъ газомъ.

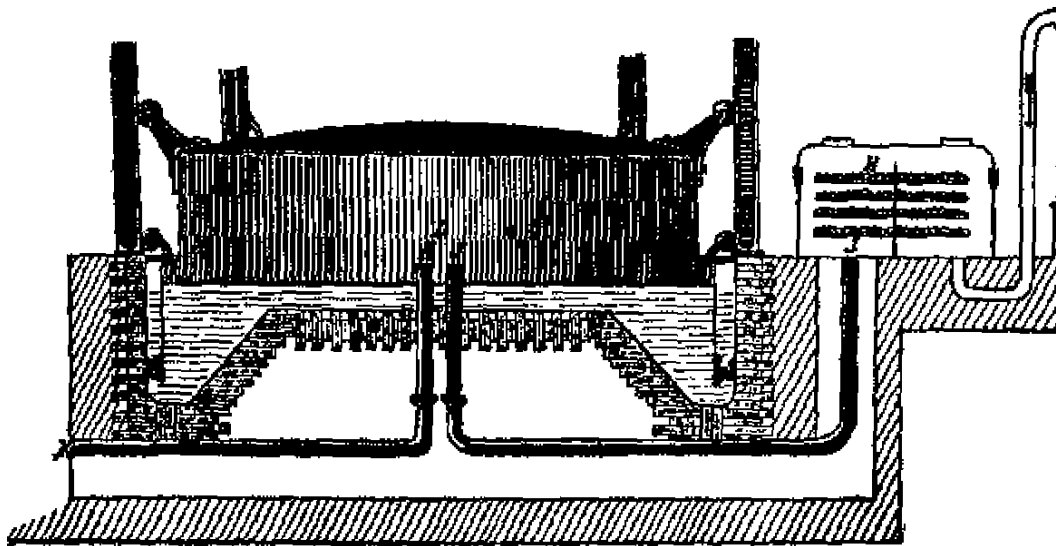
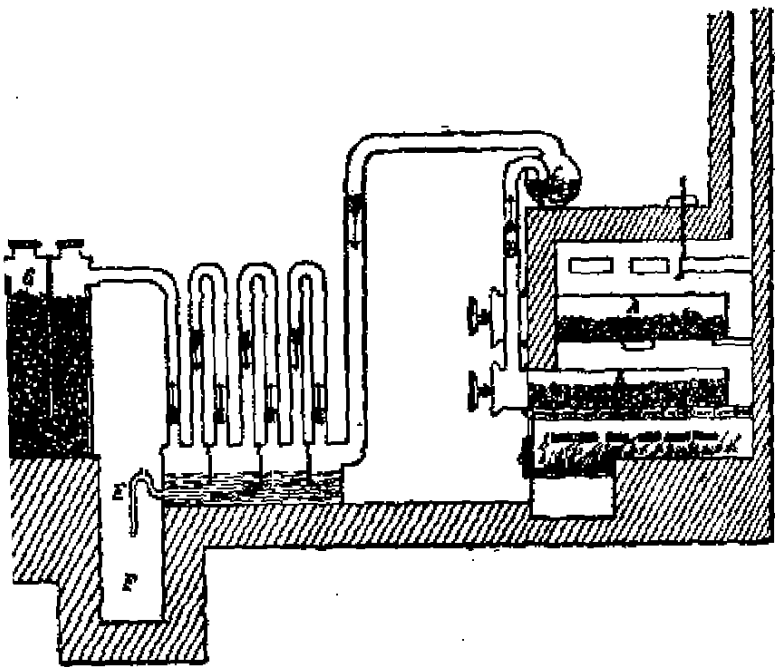


Рис. 44.



**Печные газы.** Печные газы представляют весьма разнообразную смесь, по преимуществу углекислоты, паровъ воды, окиси углерода, водорода, различныхъ углеводородовъ, кислорода и азота. Чѣмъ болѣе въ данномъ газѣ окиси углерода, водорода и углеводородовъ, тѣмъ цѣннѣе онъ, какъ топливо.

При этомъ нужно замѣтить, что при установившемся какомъ-нибудь печномъ процессѣ, при употребленіи однихъ и тѣхъ же матеріаловъ, смесь этихъ газовъ представляетъ сравнительно величину постоянную. Такъ, напр., составъ газовъ пудлинговыхъ и сварочныхъ печей выразится слѣдующими цифрами.

Азота . . . . .	76,8%	по	объему.
Углекислоты . . . . .	15,8%	»	»
Окиси углерода . . . . .	5,7%	»	»
Водорода . . . . .	1,7%	»	»

Газы, выделяющіеся при коксованіи, въ среднемъ состоятъ изъ

Азота . . . . .	80,8 %
Углекислоты . . . . .	10,93%
Окиси углерода и . . . . .	8,27%
Метана . . . . .	

Газообразный продуктъ доменнаго процесса, получающійся при выплавкѣ чугуна въ домнахъ, представляетъ такъ наз. калашниковый газъ, который по составу мало чѣмъ отличается отъ обыкновеннаго генераторнаго газа. Этотъ газъ имѣетъ большую цѣпность, какъ топливо для паровыхъ котловъ, а въ последнее время примѣняется для большихъ газовыхъ двигателей.

Составъ калашниковыхъ газовъ выраженъ въ слѣдующей таблицѣ.

	% по объему.		% по вѣсу.	
	Отъ—до	Среднее.	Отъ—до	Среднее.
Азотъ . . . . .	55—65	60	54—60	58
Окись углерода . . . . .	20—32	24	22—26	24
Угольный ангидридъ . . . . .	6—18	12	8—24	17
Водородъ . . . . .	1—6	2	0—0,4	0,2
Углеводороды . . . . .	0—6	2	0—3	0,8

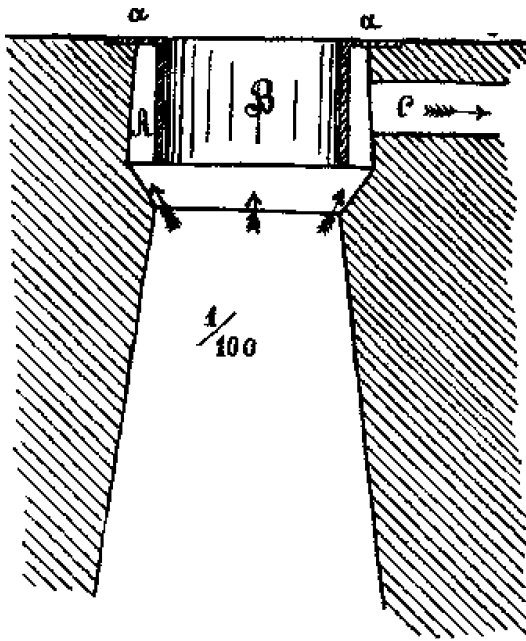


Рис. 45.

Теплопроизводительная способность газовъ шахтныхъ печей зависитъ отъ рода топлива, на которомъ идетъ печь, такъ напр.

	калорій.
при древесномъ углѣ	448—654
» коксѣ	. . . . . 622
» камен. углѣ.	1308

Для улавливанія газовъ шахтныхъ печей устраиваютъ различныя приспособленія, при помощи которыхъ газъ засасывается въ трубы и подается ими при помощи насосовъ къ мѣсту назначенія.

На рис. 45 часть газовъ поступаетъ въ кольцообраз-

ное пространство А, образованное чугуннымъ цилиндромъ В, покоящимся своими фланцами на кирпичной кладкѣ печи. Изъ А газы поступаютъ въ отводный каналъ С, а изъ послѣдняго засасываются насосомъ къ мѣсту потребленія.

Часть газовъ черезъ каналы а (рис. 46) поступаетъ въ кольцообразный каналъ А въ кладкѣ печи, а изъ него—къ мѣсту назначенія.

На рис. 47 изображено болѣе сложное приспособленіе для улавливанія газовъ при помощи желѣзнаго колпака съ песочнымъ затворомъ.

Генераторные газы. Наибольшимъ значеніемъ въ технику пользуются искусственно получаемые генераторные газы, которые состоятъ изъ азота, углекислоты, водорода, углеводородовъ, паровъ воды, окиси углерода и кислорода.

Материаломъ для получения генераторнаго газа могутъ служить всѣ сорта

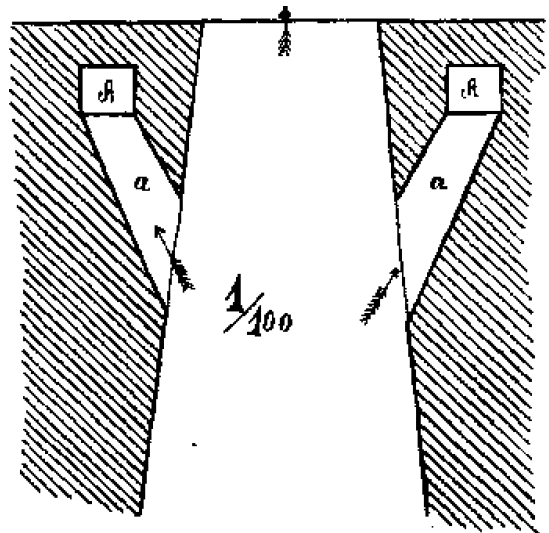


Рис. 46.

твердаго топлива, при чемъ сущность процесса получения этого газа заключается въ сжиганіи топлива толстымъ слоемъ при небольшомъ количествѣ воздуха въ особыхъ печахъ, называемыхъ генераторами. На рис. 48 изображенъ въ схематическомъ видѣ разрѣзь генератора, который представляетъ высокую, сложенную изъ кирпича печь, имѣющую колосники а, загрузную коробку для топлива б и выходное отверстіе для газа с.

Топливо черезъ загрузную коробку б высыпается черезъ опредѣленные промежутки времени во внутрь генератора слоемъ, высота котораго зависитъ отъ рода топлива, такъ, напр., для угля около 1 метра, для дровъ—болѣе и т. д.

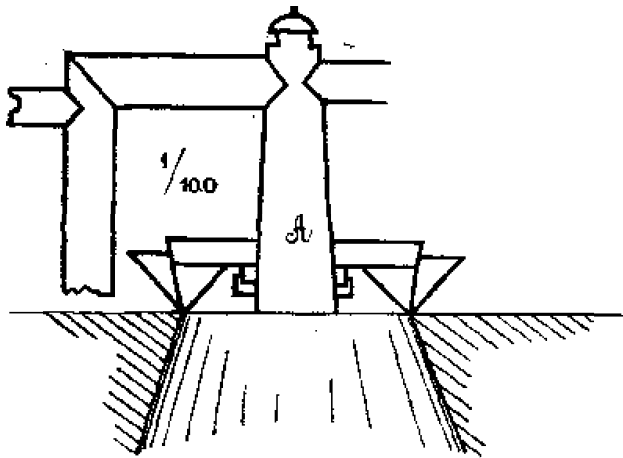
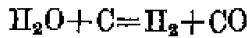


Рис. 47.

Необходимое количество воздуха, входя чрезъ колосниковую рѣшетку, вступаетъ въ I слой полностью въ химическую реакцію съ образованіемъ углекислоты и паровъ воды. Выдѣляющаяся при этомъ горѣніи теплота накаливаетъ II, вышележащій слой топлива, углеродъ котораго на углекислоту и пары воды дѣйствуетъ восстанавливающимъ образомъ съ образованіемъ уже горючихъ газовъ окиси углерода и водорода. Въ III и IV слой топлива безъ доступа кислорода воздуха происходитъ сухая перегонка съ образованіемъ легкихъ и тяжелыхъ горючихъ углеводородовъ, я, наконецъ, въ самомъ высшемъ V слой происходитъ выдѣленіе изъ топлива влаги. Такимъ образомъ, въ выходное отверстіе с поступаетъ смѣсь образовавшихся газовъ и оставшагося азота воздуха. Такой генераторный газъ носить названіе воздушно-генераторнаго газа, въ отличіе отъ водяного газа, который образуется, если чрезъ накаленный слой угля пропускать только пары воды безъ воздуха.



Пары воды, проходя через накаленный уголь, разлагаются по слѣдующему уравненію:



и полученный водяной газъ будетъ содержать значительное количество водорода и окиси углерода.

Наконецъ, если чрезъ накаленный уголь въ генераторѣ пропускать одновременно и воздухъ и пары воды, то получимъ такъ называемый смѣшанный (полуводяной) генераторный газъ, или газъ Даусона, получившій въ послѣднее время съ развитіемъ двигателей внутреннего сгорания большое распространеніе.

Познакомившись съ химизмомъ генераторнаго процесса, мы приведемъ здѣсь составъ различныхъ генераторныхъ газовъ съ указаніемъ нѣкоторыхъ ихъ свойствъ.

Воздушно-генераторный газъ въ зависимости отъ рода топлива и качества его имѣетъ различный химическій составъ, что видно изъ нижеприведенной таблицы. (См. табл. на стр. 136.)

Изъ цифръ этой таблицы мы видимъ, что половина, даже  $\frac{2}{3}$  объема генераторныхъ газовъ состоятъ изъ негорючихъ веществъ, а именно азота и углекислоты, количество которой колеблется до 12% объемныхъ.

Теплотворная способность для дровянаго генераторнаго газа = 678 калорій, а пирометрическій эффектъ горѣнія его 1165° Ц., для газа изъ каменнаго угля — 606 калорій съ пирометрическимъ эффектомъ горѣнія около 1270° Ц.

Количество получаемаго газа изъ одного

килограмма дровъ . . . . .	2,8 кгр., или 2,2 куб. м.
Тоже—изъ 1 клгр. торфа . . . . .	3,4 » » 2,8 » »
Тоже—изъ 1 клгр. каменнаго угля . . . . .	5,4 » » 4,5 » »

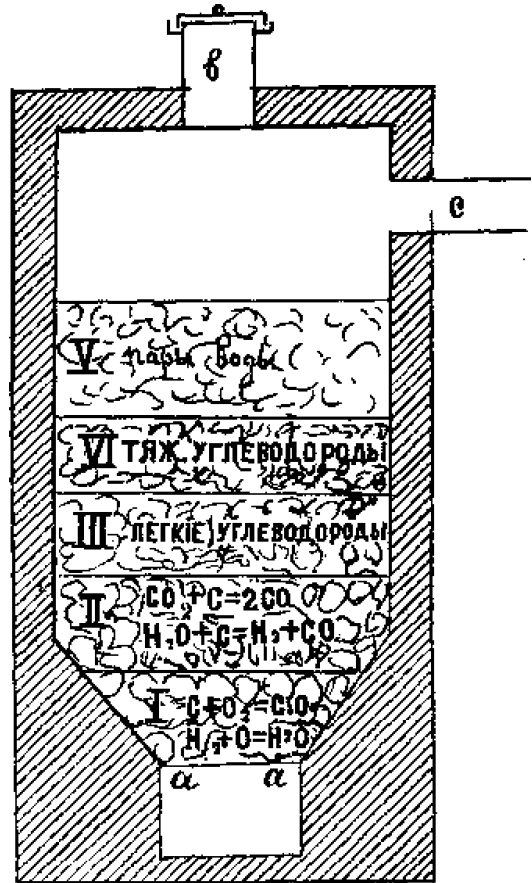


Рис. 48.

Топливо.	Азотъ.	Углекислота.	Водородъ.	Углероды.	Пары воды.	Окись углерода.	Кислородъ.
Дрова высушенн.	50,8%	10,2%	13,9%	—	—	25,2%	—
Опилки дрв. . .							
» старыя. . .	52,6	11,3	10,4	4,2%	} 32,86%	21,3	—
» новыя. . .	52,7	11,4	10,4	6,3		19,2	—
Древесн. уголь .	63,4	0,5	20,8	—	—	33,3	—
Торфъ. . . . .	61,5	9,1	7,9	—	—	21,8	—
Каменный уголь.	55—65	3—10	5—16	3,0	—	17—22	0,1—3,2
Коксъ. . . . .	64,26	0,73	1,47	—	—	33,34	—

**Водяной генераторный газъ.** Для получения этого газа примѣняется исключительно коксъ или антрацитъ. Изъ 3256 килограмм. кокса, состава С—84,8%, Н—0,5%, О и N—2,1%, золы—10,6% и воды 2,0%, можно получить около 3699 куб. метр. водяного газа, слѣдующаго химическаго состава.

углекислоты . . . . .	3,3%
окиси углерода . . . . .	44,0%
метана . . . . .	0,4%
водорода . . . . .	48,6%
азота . . . . .	3,7%

Теплотворная способность этого газа=2660 калорій.

**Смѣшанный генераторный газъ,** или газъ Даусона въ настоящее время имѣетъ наибольшее примѣненіе для двигателей внутренняго сгорания. Топливомъ для получения его служатъ обычно антрацитъ.

Составъ такого газа въ среднемъ можно принять

углекислоты . . . . .	7,2%
окиси углерода . . . . .	26,8%
метана . . . . .	0,6%
водорода . . . . .	18,4%
азота . . . . .	47,0%

1 килогр. антрацита даетъ около 4,8 куб. м. газа съ теплотворной способностью=1345 калорій.

## Исслѣдованіе топлива.

Исслѣдованіе, или оцѣнка топлива состоитъ въ опредѣленіи его химическаго состава, теплопроизводительной способности, пирометрическаго эффекта горѣнія, паропроизводительной способности, температуры вспышки для жидкаго топлива и пр.

Знаніе химическаго состава топлива является громаднымъ подспорьемъ для раціональнаго пользованія имъ, такъ какъ отъ характера и состава органической части топлива зависятъ въ большей или меньшей степени техническія свойства топлива, напр., теплотворная способность, пирометрическій эффектъ горѣнія, способность давать при процессѣ горѣнія болѣе или менѣе длинное пламя, способность спекаться, выдѣлять большее или меньшее количество дыма и пр.

Способность топлива горѣть длиннымъ и короткимъ пламенемъ или же совершенно безъ него зависитъ отъ относительнаго содержанія въ немъ углерода и водорода. Чѣмъ болѣе въ топливѣ содержится водорода, тѣмъ болѣе топливо склонно горѣть пламенемъ и наоборотъ. Большая или меньшая спекаемость топлива зависитъ отъ образованія при процессѣ горѣнія большого или меньшаго количества смолистыхъ продуктовъ сухой перегонки, а послѣдніе находятся въ прямой зависимости отъ содержанія въ топливѣ значительнаго количества водорода. Что касается азота и кислорода, то послѣдніе, въ виду ихъ негорючести, представляютъ нежелательную примѣсь въ топливѣ.

Знаніе качествъ и количества неорганической части топлива также имѣетъ громадное значеніе при примѣненіи топлива для техническихъ цѣлей. Такъ содержаніе воды въ топливѣ является весьма нежелательной примѣсью, сильно уменьшая теплопроизводительную способность горючаго матеріала. Что касается сѣры, то, хотя она и представляетъ горючій матеріалъ, по образующіеся продукты горѣнія—сѣрнистый газъ и сѣрная кислота—вредно могутъ дѣйствовать на металлическія части топокъ, стѣнки паровыхъ котловъ и пр.

Присутствіе въ топливѣ золы, кромѣ повиженія теплотворной способности его, можетъ давать легкоплавкіе шлаки, засоряющіе прозоры между колосниками и тѣмъ самымъ нарушать иривильный процессъ горѣнія топлива и т. д.

Способы исслѣдованія, въ зависимости отъ физическаго состоянія топлива, различны, поэтому здѣсь мы въ краткихъ чертахъ рассмотримъ наиболѣе простые и практическіе приемы анализа твердаго, жидкаго и газообразнаго топлива.

Предварительная подготовка топлива для анализа заключается въ тщательно и правильно отобранной, такъ называемой средней пробы, особенно когда приходится оцѣнивать качества большой пар-

тищ топлива. На это необходимо обращать должное вниманіе потому, что отдѣльные куски топлива, напр. каменнаго угля, торфа и пр. не отличаются однородностью, вслѣдствіе чего результаты изслѣдованія ихъ качествъ не будутъ соответствовать среднимъ качествамъ всей партіи топлива.

Такъ напр., для составленія средней пробы при изслѣдованіи каменнаго угля на Брестской жел. дорогѣ поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Изъ сорока различныхъ мѣстъ партіи, а при взятіи изъ штабелей изнутри ихъ приблизительно на  $\frac{1}{2}$  арш. отъ поверхности штабеля и почвы отбирается по лопатѣ изслѣдуемаго каменнаго угля. Отобранный уголь раздробляется на куски  $\frac{1}{2}$ " величиной, нѣсколько разъ перемѣшивается и раскладывается слоемъ въ 4—5" толщиной. Изъ образовавшагося слоя изъ десяти мѣстъ отбирается уголь въ количествѣ около  $1\frac{1}{2}$  пуда и направляется для изслѣдованія въ лабораторію. Здѣсь его разбиваютъ на куски величиною не болѣе  $\frac{1}{8}$ ", тщательно перемѣшиваютъ и изъ разныхъ мѣстъ отбираютъ около 10 фунтовъ. Полученная проба разравнивается на бумагѣ слоемъ въ 1" и сохнетъ въ теченіе 2-хъ сутокъ (если требуется опредѣленіе общаго количества влаги, то берется проба до сушки). Затѣмъ уголь просѣивается черезъ рѣшето и оставшаяся на немъ часть измельчается въ желѣзной ступкѣ, послѣ чего весь уголь изманивается на особой мельницѣ (мельница Альзіна) и изъ полученнаго матеріала отбирается изъ 40 мѣстъ по ложкѣ угольнаго порошка.

Отобранная около 2 ф. проба просѣивается черезъ мелкое сито, непросѣивавшаяся часть измельчается въ фарфоровой ступкѣ и все потомъ тщательно перемѣшивается около 2—3 часовъ. Изъ полученной перемѣшанной массы небольшой ложкой берутъ 3—4 грамма угля, истираютъ тщательно въ агатовой ступкѣ и уже изъ послѣдней берутъ навѣски для анализа.

**Изслѣдованіе твердаго топлива.** Для оцѣнки твердаго топлива въ технику достаточно изслѣдовать его на содержаніе влаги, золы, сѣры и опредѣлить теплотворную способность.

**Опредѣленіе влаги.** Отвѣшиваютъ на часовомъ стеклѣ 2—3 грамма средней пробы и ставятъ въ эксикаторъ надъ сѣрной кислотой на 3 сутокъ; затѣмъ взвѣшиваютъ и опредѣляютъ убыль въ вѣсѣ, вслѣдствіе испаренія воды.

**Опредѣленіе золы.** Отвѣшиваютъ 2—3 грамма средней пробы въ платиновой плоской лодочкѣ, тиглѣ, или фарфоровой чашкѣ, ставятъ въ муфель и нагрѣваютъ до полного озоленія. Охлаждаютъ въ эксикаторѣ и взвѣшиваютъ.

**Опредѣленіе сѣры.** 1 гр. изслѣдуемаго топлива смѣшиваютъ при помощи платиновой проволоки въ платиновомъ тиглѣ съ  $1\frac{1}{2}$  грамм. смѣси,

состоящей изъ 1 вѣс. ч. безводной соды и 2 вѣс. ч. обожженной магнезін ( $MgO$ ), и нагрѣваютъ на небольшомъ пламени горѣлки до полученія сплавленной массы сѣраго цвѣта. Послѣ чего тигель ставится на 10—15 минутъ въ раскаленный муфель, гдѣ сплавленная масса бѣлѣетъ или принимаетъ желто-бурый оттѣнокъ. По охлажденіи содержимое тигля помѣщаютъ въ стаканъ, прибавляютъ бромной воды и соляной кислоты, нагрѣваютъ на водяной банѣ до полного удаленія брома, растворъ отфильтровываютъ и осадокъ на фильтрѣ промываютъ горячей водой. Прозрачный фильтратъ разбавляютъ водой до 250 куб. с., нагрѣваютъ до кипѣнія и осаждаютъ образовавшуюся изъ сѣры топлива сѣрную кислоту 10% кипящимъ растворомъ хлористаго барія. Образовавшийся осадокъ сѣрнокислаго барія отфильтровываютъ, промываютъ горячей водой, высушиваютъ, сжигаютъ и взвѣшиваютъ. По полученному вѣсу сѣрнокислаго барія вычисляютъ %-ное содержаніе сѣры въ топливѣ.

### Исслѣдованіе жидкаго топлива.

При оцѣнкѣ нефтяныхъ остатковъ необходимо опредѣлять уд. вѣсъ, кислотность и щелочность, воду, взвѣшенные вещества, температуру вспышки и иногда теплотворную способность ихъ.

Опредѣленіе удѣльнаго вѣса обыкновенно производится при помощи ареометра при  $15^{\circ} C$ .; въ случаѣ, если температура изслѣдуемаго мазута будетъ выше или ниже  $15^{\circ} C$ ., то вводятъ поправку на каждый градусъ разности температуръ 0,0006; при чемъ если наблюдаемая температура выше  $15^{\circ} C$ ., то къ показанному ареометромъ удѣльному вѣсу прибавляютъ указанную поправку и наоборотъ.

Опредѣленіе щелочности и кислотности. Нефтяные остатки не должны содержать свободныхъ кислотъ или щелочей. Для опредѣленія этой примѣси смѣшиваютъ и сильно взбалтываютъ одинъ объемъ нефтяныхъ остатковъ съ такимъ же объемомъ спирта. Отдѣленный спиртъ испытывается растворомъ фенолфталеина и лакмуса. Безцвѣтный растворъ фенолфталеина отъ щелочей краснѣетъ, а синий лакмусъ отъ кислоты—краснѣетъ.

Опредѣленіе воды. Нефтяные остатки не должны содержать воды. Для опредѣленія послѣдней берутъ со дна и сверху двѣ пробы въ количествѣ не менѣе 500 куб. с., хорошо взбалтываютъ и помѣщаютъ въ градуированный цилиндръ, діаметромъ около 40 мм. Отстаиваніе ведутъ при  $40^{\circ} C$ . въ теченіе 48 часовъ и опредѣляютъ объемъ выдѣлившейся воды.

Опредѣленіе взвѣшенныхъ веществъ. Нефтяные остатки не должны содержать твердыхъ и негоряемыхъ примѣсей. Для опредѣленія послѣднихъ испытуемые остатки разбавляются бензиномъ и фильтруются черезъ бумажный фильтръ. Осадокъ съ фильтромъ сжигаютъ и получен-

ную золу взвѣшиваютъ. Количество золы не должно превышать 0,5% по вѣсу взятыхъ для испытанія нефтяныхъ остатковъ.

**Опредѣленіе температуры вспышки.** Это опредѣленіе имѣетъ значеніе для выясненія вопроса, при какой температурѣ можетъ быть вспышка паровъ нефтяныхъ остатковъ и воспламененіе послѣднихъ, что конечно важно для выясненія безопасности ихъ въ пожарномъ отношеніи. Температура вспышки мазута не должна быть ниже 70° Ц. Для подобнаго изслѣдованія можно примѣнить небольшой фарфоровый тигель, въ который наливаютъ испытуемые нефтяные остатки. Тигель помещаютъ въ песчаную баню, а послѣднюю нагреваютъ на пламени лампы. Во внутрь тигля въ испытуемый мазутъ опускаютъ термометръ и во время нагреванія къ поверхности нефтяныхъ остатковъ время отъ времени подносятъ небольшое пламя (въ тонкую стеклянную трубку вставляютъ кусочекъ ваты, смоченной спиртомъ, и зажигаютъ). Наступитъ моментъ, когда, образовавшіеся на поверхности жидкости, пары мазута дадутъ легкую вспышку; въ это время отмѣчаютъ показаніе температуры, которая и будетъ искомой.

Для болѣе точнаго опредѣленія температуры вспышки мазута весьма часто примѣняютъ спеціальныя приборы, напр. Абель-Пенскаго и др.\*).

## **Теплопроизводительная способность топлива.**

Подъ теплопроизводительной, или теплотворной способностью топлива подразумѣваютъ то максимальное количество теплоты, которое способно выдѣлиться при сжиганіи 1 килогр. топлива при условіи полнаго его сгоранія.

Это испытаніе можно произвести различными способами; болѣе точный и примѣняемый въ настоящее время почти вездѣ—это способъ калориметрическій, при помощи приборовъ, называемыхъ калориметрами, и менѣе точный—это способъ опредѣленія теплопроизводительной способности на основаніи знанія химическаго состава топлива.

Калориметрическій способъ опредѣленія теплопроизводительной способности топлива заключается въ сжиганіи опредѣленной навѣски топлива въ калориметръ и поглощенія выдѣляющагося тепла водой калориметра. Въ настоящее время существуетъ довольно значительное количество конструкцій этихъ приборовъ, но мы здѣсь остановимся на болѣе практичномъ и совершенномъ приборѣ, извѣстномъ подъ именемъ бомбы Лангбейна (рис. 49).

\*) Описаніе и работа съ нимъ изложены подробно Пантелѣевымъ: „Общіе методы анализа въ нефтяномъ производствѣ“.

Этот прибор состоит из стального толстостенного цилиндра А, эмалированного или платинированного внутри, крышки В, плотно навинчиваемой на цилиндр съ особой прокладкой, платиновой чашечки г и подножки D. Герметичность этого цилиндра достигается помощью свинцового кольца, прокладываемого по краю стального цилиндра. Через крышку В проходит через сальникъ винтъ d, имѣющій внутри каналъ для нагнетанія во внутрь бомбы кислорода. При ввинчиваніи этого винта, находящійся на концѣ конусъ входитъ въ гнѣздо крышки и можетъ закрывать отверстие для впуска кислорода.

Платиновый стержень b служитъ для поддержанія платиновой чашки, въ которую помѣщается навѣска изслѣдуемаго топлива.

Зажиганіе навѣски топлива производится при помощи пропусканія электрическаго тока черезъ тонкую платиновую проволоку съ зажигательнымъ укрѣпленнымъ на ней фитилемъ. При проходѣ электрическаго тока проволока моментавно раскаливается, плавится и воспламеняетъ фитиль, который падаетъ на навѣску топлива и зажигаетъ ее.

Собственно калориметръ представляетъ латунный никелированный цилиндръ, который для предохраненія отъ потери теплоты въ окружающую среду помѣщается внутри второго пустотѣлаго цилиндра на подставкѣ изъ стекла и эбонита. Второй же цилиндръ въ свою очередь помѣщается внутри большаго цилиндра съ двойными стѣнками, между которыми паливается вода, что ясно видно на рис. 50. Сверху калориметръ защищается двумя толстыми изъ картона крышками. Подобная воздушная и водяная изолировка, какъ показали опыты, лучше защищаетъ сосудъ калориметра, чѣмъ, напр., войлокъ и другіе изолирующіе матеріалы.

Въ калориметръ вливается взвѣшенное количество воды, которой и передается теплота, развивающаяся при горѣніи испытуемаго топлива въ бомбѣ.

Во время всего опыта вода въ калориметрѣ тщательно перемѣшивается особыми мѣшанками при помощи вращенія колеса, что видно ясно изъ прилагаемаго рисунка. Въ воду калориметра вставляется точный, раздѣленный на  $\frac{1}{100}$  градуса термометръ, при помощи котораго можно, при нѣкоторомъ навыкѣ, производить отсчетъ температуры съ точностью до  $\frac{1}{1000}$  градуса.

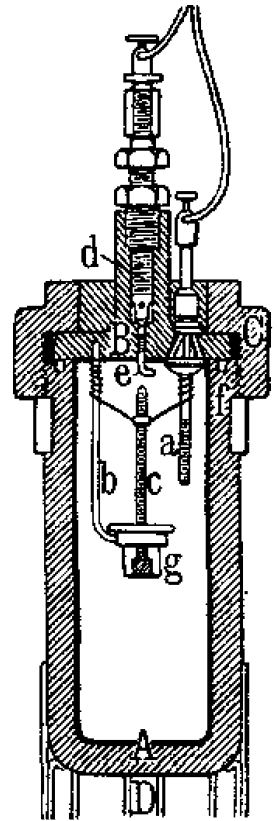


Рис. 49.

Называя через  $Q$ —вѣсъ воды въ калориметрѣ въ граммахъ, начальную температуру воды  $t$ , максимальную конечную послѣ сжиганія топлива черезъ  $t^1$ , навѣску топлива— $g$ —въ граммахъ и  $T$ —теплотворную способность топлива, получимъ

$$Tg=Q(t^1-t), \text{ откуда } T = \frac{Q(t^1-t)}{g}$$

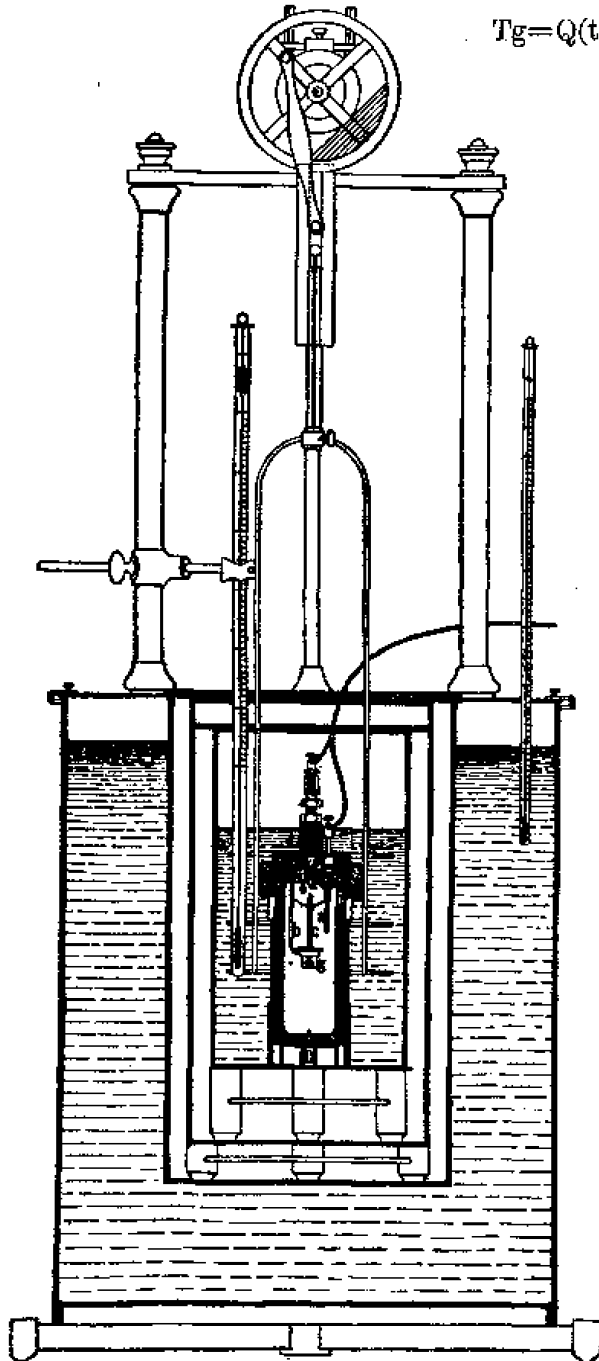


Рис. 50.

Такъ какъ не вся выдѣляющаяся теплота при горѣннн топлива передается водѣ калориметра, то необходимо ввести нѣкоторую поправку на поглощеніе теплоты составными частями прибора, т.-е. другими словами опредѣлить такъ называемый водяной эквивалентъ калориметра, т.-е. количество теплоты, которое поглощается аппаратомъ при повышеніи температуры на  $1^\circ \text{Ц}$ .

Для опредѣленія этого эквивалента обыкновенно сжигаютъ въ калориметрѣ вещество со строго опредѣленной уже ранѣе теплотворной способностью, что можно пояснить слѣдующимъ примѣромъ.

Положимъ, сожгли въ калориметрѣ навѣску вещества 0,8 гр. съ теплотворной способностью 8200 калорій, слѣд., количество выдѣленной теплоты будетъ

$$8200 \times 0,8 = 6560$$

мап. калорій.

Воды въ калориметрѣ было 1500 гр. и температура под-



нялась на  $3,2^{\circ}$  Ц., слѣд., калориметръ при нагреваніи воды на  $1^{\circ}$  Ц. поглощаетъ  $6560 : 3,2 = 2050$  калорій.

Изъ этого количества теплоты вода при нагреваніи на  $1^{\circ}$  Ц. должна поглотить 1500 калорій, слѣд. на долю аппаратовъ калориметра остается  $2050 - 1500 = 550$  калорій, — это и будетъ водою эквивалентъ испытываемаго калориметра. Для болѣе точнаго опредѣленія теплотворной способности топлива необходимо вводить поправки, вслѣдствіе несовершенства изолировки, на охлажденіе; на теплоту образованія въ продуктахъ сжиганія азотной и сѣрной кислоты, и наконецъ, на излишекъ теплоты, выделяющійся отъ сторанія запала.

Для опредѣленія теплотворной способности газоваго топлива принимаютъ обыкновенно калориметръ Юнкерса; что же касается оцѣнки жидкаго топлива, то теплотворную способность его можно опредѣлять или въ обыкновенномъ калориметрѣ, или же газовомъ.

Опредѣленіе теплотворной способности топлива на основаніи данныхъ химическаго анализа. Это приѣмъ опредѣленія теплотворной способности топлива, данный Дюлонгомъ, основанъ на опредѣленіи суммы количества теплоты, выделяемой при горѣніи отдѣльныхъ горючихъ составныхъ частей испытываемаго топлива.

Такъ, зная количество выделяемой теплоты при сжиганіи 1 килогр. углерода, водорода, сѣры и составъ топлива, легко опредѣлить сумму всей выделяющейся теплоты.

При сжиганіи 1 килогр.

углерода въ углекислоту выделяется . . . . . 8140 калорій.



углерода въ окись углерода . . . . . 2440 >



водорода въ воду (въ видѣ воды) . . . . . 34200 >



водорода въ воду (въ видѣ паровъ) . . . . . 28800 >



сѣры въ сѣрнистый газъ . . . . . 2500 >



Для расчета Дюлонгъ предложилъ слѣдующую формулу

$$Q = \frac{8140 C + 34200 \left( H - \frac{O}{8} \right) + 2500 S}{100}, \text{ гдѣ}$$

Q—количество теплоты въ калоріяхъ, выделяемое 1 кгр. топлива

C—содержаніе въ % углерода въ топливѣ

H— > > % водорода въ топливѣ

Q—содержаніе въ % кислорода въ топливѣ.

S— » » % сѣры въ топливѣ.

Эта формула построена на двухъ предположеніяхъ, а именно, что углеродъ, водородъ и сѣра находятся въ топливѣ въ видѣ механической смѣси, но не химическаго соединенія, и что весь кислородъ, заключающійся въ углѣ, связанъ съ водородомъ въ видѣ воды. Дальнѣйшіе опыты показали ошибочность этого взгляда, поэтому теплопроизводительная способность топлива, вычисленная по формулѣ Дюлонга, будетъ значительно отличаться отъ дѣйствительной.

По изслѣдованію Бунте оказалось, что формула Дюлонга даетъ довольно удовлетворительные результаты для каменнаго угля; для дровъ, торфа и бурого угля она не примѣнима.

Кромѣ рассмотрѣнной формулы, Менделѣевъ предложилъ для опредѣленія теплотворной способности топлива слѣдующую

$$Q = 81.C + 300 H - 26 (O - S).$$

Эта формула даетъ довольно хорошіе результаты при вычисленіи теплотворной способности жидкаго топлива.

### Полезная теплопроизводительная способность топлива.

Сравнивая количество теплоты, выделяемое топливомъ при его сжиганіи въ калориметрѣ, когда образовавшіеся пары воды дѣлякомъ сгущаются въ жидкость, съ тѣмъ количествомъ теплоты, которое выделяется топливомъ при его сжиганіи на практикѣ, мы получимъ большую разницу.

Эта разница происходитъ вслѣдствіе того, что продукты горѣнія, выходящіе изъ топки, всегда имѣютъ температуру выше 100° Ц., поэтому пары воды уносятся продуктами горѣнія безъ выдѣленія скрытой теплоты.

Такимъ образомъ теплопроизводительная способность топлива, опредѣленная калориметрическимъ способомъ, всегда будетъ болѣе того количества тепла, которое отдается на самомъ дѣлѣ въ практикѣ топливомъ.

Въ виду этого для опредѣленія послѣдняго количества теплоты необходимо ввести въ формулу Дюлонга нѣкоторую поправку на содержащуюся въ топливѣ воду, а также измѣнить коэффициентъ для водорода; такимъ образомъ новая формула даетъ такъ называемую полезную теплопроизводительную способность топлива.

$$Q \text{ полезн.} = \frac{8140 C + 28800 (H - \frac{0}{8}) + 2500 S - 600 W}{100}$$

гдѣ W—процентное содержаніе влаги въ испытуемомъ топливѣ.

## Жаропроизводительная способность топлива или пирометрический эффект горѣнія.

Для полной оцѣнки топлива необходимо знать ту температуру, которую при рациональныхъ условіяхъ можетъ развить топливо при своемъ горѣніи. Кроме практическаго опредѣленія температуры при помощи уже ранѣе рассмотрѣнныхъ пирометровъ, ее можно приблизительно вычислить теоретически. Эта температура  $T^{\circ}$  зависитъ отъ теплотворной способности топлива  $Q$ , количества продуктовъ горѣнія  $P$  и ихъ теплоемкости  $c$  и можетъ быть выражена слѣдующей формулой

$$T^{\circ} = \frac{Q}{P \cdot c}.$$

Если начальная температура не  $0^{\circ}$ , а  $t$ , то формула представится въ слѣдующемъ видѣ

$$T^{\circ} = \frac{Q + t \cdot P \cdot c}{P \cdot c}.$$

Для опредѣленія температуры горѣнія въ точкѣ  $t_1$ , можно воспользоваться слѣдующей формулой

$$t_1 = t_2 + \frac{S \cdot Q (1 - f)}{c (1 + m)}, \text{ гдѣ}$$

$t_2$ —температура входящаго въ точку воздуха.

$S$ —коэффициентъ полезнаго дѣйствія точки (см. въ отдѣлѣ печей).

$c$ —теплоемкость продуктовъ горѣнія=0,24.

$Q$ —теплотворная способность топлива.

$m$ —количество газообразныхъ продуктовъ горѣнія въ килогр.

$f$ —коэффициентъ лучеиспусканія для точки подъ котломъ=0,2—0,25.

коэффициентъ лучеиспусканія для внутренн. точки=0,25—0,3.

## Паропроизводительная способность топлива.

Испытаніе паропроизводительной способности топлива, сжигая послѣднее подъ паровымъ котломъ, имѣетъ большое значеніе для практическихъ цѣлей; особенно цѣнные результаты получаются, если опыты ведутся при одинаковыхъ условіяхъ, т.-е. съ однимъ и тѣмъ же рационально конструированнымъ и правильно вмазаннымъ въ печь котломъ, съ однимъ и тѣмъ же хорошимъ кочегаромъ при строгомъ регулированіи притока воздуха въ точку и при постоянныхъ анализахъ продуктовъ горѣнія.

Подробности этого испытанія будутъ приведены при описаніи контроля дѣйствія парового котла.

При сжиганіи подь паровыми котлами различнаго сорта топлива, можно принять одинаковую паропроизводительную способность для 100 пуд. лучшаго каменнаго угля, или 1 куб. сажени дровь (250 пуд.), или около 300 пуд. сухого торфа и 60—70 пудовъ нефтяныхъ остатковъ.

При оцѣнкѣ качества топлива и выбора его для определенной цѣли необходимо обращать вниманіе не только на величины тепло-жаро- и паропроизводительной способностей его, но также и на стоимость топлива. Стоимость 1000 калорій, утилизируемыхъ въ данномъ приборѣ, можно

выразить слѣдующей формулой  $X = \frac{S}{M \cdot T} \cdot 1000$ , гдѣ X искомая стоимость 1000 калорій тепла.

S—стоимость одного килограмма топлива.

T—теплопроизводительная способность топлива.

M—коэффициентъ полезнаго дѣйствія прибора (см. отд. «Полезное дѣйствіе печей»).

## Процессъ горѣнія топлива.

Горѣніе топлива представляетъ химическій процессъ соединенія составныхъ частей топлива съ кислородомъ воздуха при выдѣленіи тепла и свѣта. Количество подаваемого для горѣнія воздуха должно быть въ соотвѣтствіи съ качествомъ и количествомъ сжигаемаго топлива; при недостаткѣ воздуха обыкновенно происходитъ неполное сгораніе составныхъ частей топлива, при избыткѣ же его, хотя и происходитъ полное сжиганіе топлива, но большое количество теплоты тратится на подогреваніе этого избытка воздуха, что отражается въ значительной степени на пирометрическомъ эффектѣ горѣнія и на потерѣ тепла, уносимаго нагрѣтымъ избыткомъ воздуха.

Зная химическій составъ топлива, нетрудно вычислить на основаніи химическихъ реакцій горѣнія теоретическое количество кислорода, а слѣд. и воздуха, необходимаго для сжиганія топлива.

$\frac{C}{12} + \frac{O_2}{32} = CO_2$ , слѣд. при сжиганіи 1 кгл. C необходимо

$$\frac{32}{12} = \frac{8}{3} \text{ кглр. O}$$

$\frac{H_2}{2} + \frac{O}{16} = H_2O$ , слѣд. при сжиганіи 1 кгл. H необходимо

$$\frac{16}{2} = 8 \text{ кгл. O}$$

$\frac{S}{32} + \frac{O_2}{32} = SO_2$ , слѣд. при сжиганіи 1 килгр. S необходимо

$$\frac{16}{16} = 1 \text{ килг. } O$$

Называя черезъ C, H, S и O процентное содержаніе этихъ элементовъ въ топливѣ, получимъ формулу, выражающую теоретическое количество кислорода  $V_0$ , необходимое для сжиганія 1 килгр. топлива съ выше-приведеннымъ %-нымъ составомъ.

$$V_0 = \frac{\frac{8}{3} C + 8H + S - O}{100}$$

Принимая содержаніе въ воздухѣ 23% вѣсовыхъ кислорода, имѣемъ, что воздуха для этой цѣли потребуется— $V_a$  килгр.

$$V_a = \frac{\frac{8}{3} C + 8H + S - O}{100} \cdot \frac{100}{23}$$

1 куб. метръ воздуха при  $0^\circ$  и 760 мм. давленія вѣситъ 1,293 кгр., слѣд. количество воздуха въ куб. м. будетъ

$$V = \frac{\frac{8}{3} C + 8H + S - O}{100} \cdot \frac{100}{23 \cdot 1,293} = \frac{\frac{8}{3} C + 8H + S - O}{100} \cdot 3,36 \text{ кубм.}$$

Въ виду несовершенства смѣшенія топлива съ воздухомъ при реакціи горѣнія, сжечь послѣднее съ вычисленнымъ теоретическимъ количествомъ воздуха не мыслимо; поэтому на практикѣ, при процессѣ горѣнія, приходится прибѣгать всегда къ нѣкоторому избытку воздуха.

Этотъ избытокъ воздуха и выражаютъ обыкновенно или въ видѣ % отъ теоретическаго количества, или же въ видѣ отношенія практическаго количества воздуха къ теоретическому для сжиганія 1 килгр. топлива.

$$n = \frac{\text{практич. колич. воздуха}}{\text{теоретич. колич. воздуха}}$$

Задача техники состоитъ въ томъ, чтобы величина n на практикѣ приближалась къ единицѣ, т.-е. другими словами—необходимо сжечь топливо съ такимъ количествомъ воздуха, которое приближалось бы къ теоретическому количеству.

Въ противномъ случаѣ происходитъ большая потеря теплоты, вслѣдствіе нагрѣванія этого избытка воздуха и удаленія послѣдняго въ нагрѣтомъ состояніи черезъ дымовую трубу. Величина n въ практикѣ кромѣ конструкціи топki и ухода за ней зависитъ отъ вида топлива; такъ твердое топливо можно сжечь съ  $n=1,8-2$ , жидкое  $n=1,2-1,4$  и газообразное  $n=1$  или немного болѣе, т.-е. почти съ теоретическимъ количествомъ воздуха.

Для опредѣленія величины  $n$  необходимо знать теоретическое количество воздуха, что, какъ мы видѣли, вычисляется по химическому составу топлива, и практическое количество воздуха, подаваемое къ топливу. Последнее можно измѣрить или при помощи особыхъ газовыхъ часовъ, или же измѣреніемъ средней скорости воздуха, проходящаго черезъ опредѣленное сѣченіе канала, или отверстія.

На практикѣ этотъ способъ, вслѣдствіе значительныхъ затрудненій, не примѣняется, поэтому для опредѣленія величины  $n$  пользуются другимъ методомъ, основаннымъ на опредѣленіи состава дымовыхъ газовъ, т.-е. продуктовъ горѣнія.

Прикидая воздухъ состоящимъ изъ 21% объем. O и 79% объем. N  
 Составъ продуктовъ горѣнія при  $n=1$ —21%объем. CO<sub>2</sub> и 79% объем. N  
 $n=1,5$  — 14%объем. CO<sub>2</sub>; 7%—O и 79%—N  
 Составъ прод. горѣнія при  $n=2$  изъ 10,5%объем.CO<sub>2</sub>; 10,5%—O и 79%—N  
 $n=3$  изъ 7%объем. CO<sub>2</sub>; 14%—N и 79%—N.

Такимъ образомъ, исходя изъ предыдущей таблицы, мы видимъ, что, чѣмъ болѣе въ продуктахъ горѣнія содержится углекислоты, тѣмъ съ меньшимъ избыткомъ воздуха сгораетъ топливо и наоборотъ.

Опредѣленіе избытка воздуха при помощи этого пріема нѣсколько осложняется, когда топливо въ своемъ составѣ содержитъ значительное количество водорода, дающаго съ кислородомъ воздуха большое количество паровъ воды.

Для опредѣленія величины  $n$  можно пользоваться также нижеслѣдующей формулой, вычисленной на основаніи весьма простыхъ соображеній.

Примемъ составъ атмосфернаго воздуха по объему N—79,04 % и O—20,96%. Отношеніе объемовъ азота къ кислороду выразится

$$\frac{N}{O} = 3,771. \text{ Называя черезъ}$$

O—объемъ кислорода, поступающаго въ топку въ единицу времени

O<sub>x</sub>—объемъ кислорода, соединяющагося съ топливомъ

O<sub>y</sub>—объемъ кислорода, уходящаго въ дымовую трубу,—

получимъ  $O = O_x + O_y$ , откуда  $O_x = O - O_y$ , или

$$O_x = O \cdot \frac{N}{N} - O_y = \frac{O}{N} \cdot N - O_y;$$

раздѣливъ уравненіе  $O = \frac{O}{N} \cdot N$  на предыдущее, получимъ:

$$\frac{O}{O_x} = \frac{\frac{O}{N} \cdot N}{\frac{O}{N} \cdot N - O_y} = \frac{1}{1 - \frac{N}{O} \cdot \frac{O_y}{N}}$$

$$\text{Такъ какъ } \frac{O}{N} = 3,771, \text{ то } \frac{O}{Ox} = \frac{1}{1 - 3,771 \frac{Oy}{N}} = n.$$

Для практическихъ цѣлей принимаютъ  $\frac{O}{N} = \frac{21}{79}$  слѣдовательно,

$$n = \frac{21}{21 - \frac{79 Oy}{N}}$$

Зная содержаніе въ продуктахъ горѣнія процентныхъ объемовъ кислорода и азота, легко вычислить величину  $n$ .

Слѣд., вопросъ объ опредѣленіи избытка воздуха при горѣніи сводится къ анализу дымовыхъ газовъ.

**П р и м ѣ р њ.** Анализъ газовъ далъ слѣдующіе результаты:

CO<sub>2</sub> — 13,8%  
CO — 0,7%  
O — 4,8%  
N — 80,7%

$$n = \frac{21}{21 - \frac{43.79}{80.7}} = 1,29$$

### Измѣреніе температуры газовъ.

Для полного представленія о ходѣ процесса горѣнія и раціональномъ дѣйствіи нагрѣвательнаго прибора необходимо производить постоянныя или же временныя наблюденія, заключающіяся въ опредѣленіи температуры отходящихъ въ дымовую трубу газовъ, въ опредѣленіи скорости ихъ, т.-е. силы тяги и, наконецъ, въ опредѣленіи качественного и количественнаго состава продуктовъ горѣнія.

Измѣреніе температуры газовъ производится при помощи ртутнаго термометра или же какого-либо широметра, описаннаго въ отдѣлѣ измѣренія температуръ. Этотъ приборъ вставляется всегда въ боровѣ передъ заслонкой а, регулирующей тягу. Для этой цѣли въ сводѣ борова (рис. 51) пробиваютъ отверстіе, въ которое вставляютъ обрѣзокъ газовой трубы в съ фланцемъ на которомъ съ прослойкомъ глины и держится послѣдняя. Диаметръ этой трубы выбирается такимъ, чтобы въ нее возможно было вставить пробку, а въ послѣднюю въ сдѣланныя три отверстія—термометръ, трубку для соединенія съ тягомѣромъ и, наконецъ, трубку, по которой можно засасывать дымовые газы для химическаго изслѣдовація.

Фишеръ рекомендуетъ вставлять термометръ и другіе аппараты по возможности ближе къ выходу газовъ изъ печнаго пространства и передъ

заслонкой, во избѣжаніе засасыванія паружнаго холоднаго воздуха черезъ могуція быть щели въ кладкѣ печи.

Измѣреніе силы тяги. Для измѣренія силы тяги существуетъ нѣсколько приборовъ, изъ которыхъ наиболѣе простымъ и точнымъ является тягомѣръ Фишера. Этотъ приборъ состоитъ, какъ показано на рис. 52, изъ изогнутой стеклянной трубки, одинъ конецъ которой при помощи пробки и резиновой трубки соединяется съ пространствомъ, гдѣ желаютъ опредѣлить тягу. Изогнутая трубка наполняется подкрашенной водой, разность уровней которой въ колѣнахъ въ  $m/m$  даетъ искомую силу тяги.

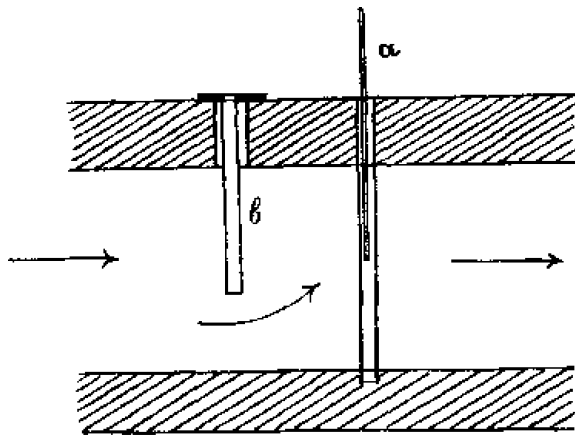


Рис. 51.

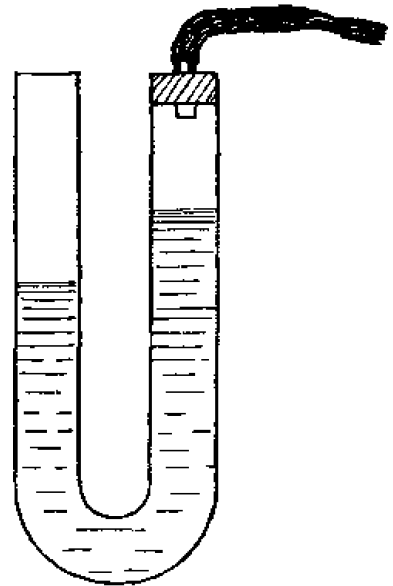


Рис. 52.

Химическій анализъ дымовыхъ газовъ производится при помощи различныхъ аппаратовъ и даетъ возможность убѣдиться въ совершенствѣ сжиганія топлива, въ количествѣ избытка воздуха, въ нежелательномъ притокѣ воздуха помимо толчки въ различныя щели кладки печи и, наконецъ, въ потерѣ теплоты, уносимой продуктами горѣнія въ дымовую трубу.

Изъ наиболѣе употребительныхъ и вполнѣ отвѣчающихъ техническимъ цѣлямъ аппаратовъ для анализа газовъ заслуживаетъ вниманія приборъ Орса, примѣняемый для опредѣленія въ газахъ углекислоты, окиси углерода и кислорода. Что касается опредѣленія водорода и углеводородовъ, то въ дымовыхъ газахъ ихъ настолько мало, что ими въ практикѣ пренебрегаютъ. Для опредѣленія же этихъ примѣсей, напр., въ генераторныхъ газахъ имѣется видоизмѣненный аппаратъ Орса-Лушге, Гапа, Ганкуса и др.



Такимъ образомъ для контроля процесса горѣнія въ обыкновенныхъ топкахъ вполне достаточно производить испытанія при помощи аппарата Орса, гдѣ количество азота, зная %-ное содержаніе въ газахъ кислорода, углекислоты и окиси углерода, находятъ изъ разности.

Аппаратъ Орса (рис. 53) состоитъ изъ бюретки а и поглощающихъ сосудовъ в, в<sub>1</sub> и с, съ растворами ѣдкаго калия, пирогалловой кислоты и хлористой мѣди, соединенныхъ съ бюреткой при помощи трубки с<sub>1</sub> и крановъ 1, 2 и 3. Та же трубка с<sub>1</sub>, на концѣ имѣетъ трехходовой кранъ 4, при помощи котораго возможно ее сообщать или съ изогнутой трубкой D или же послѣднюю съ шаровымъ резиновымъ насосомъ В. Изогнутая трубка D наполняется стеклянной ватой, служащей фильтромъ для освобожденія засасываемаго изъ бора через ш анализируемаго газа отъ пыли и сажки. Бюретка а внизу соединяется при помощи каучуковой трубки со стеклянкой А, наполненной водой.

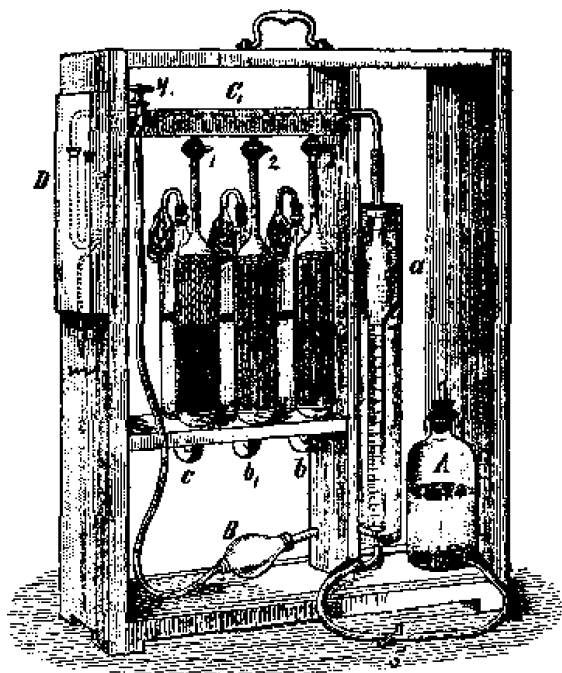


Рис. 53.

При изслѣдованіи газовъ лучше, вмѣсто желѣзной трубки, вставляемой въ дымоходъ, какъ было указано выше, вставить во избѣжаніе окисленія желѣза, а слѣд. и измѣненія состава анализируемыхъ газовъ, фарфоровую трубку, діаметромъ 10—15 мм. и длиною отъ 500—600 мм. въ зависимости отъ размѣра дымового канала. Эту фарфоровую трубку при помощи каучуковой трубки соединяютъ съ концомъ трубки ш.

Въ виду того, что въ дымовыхъ каналахъ, въ особенности большихъ размѣровъ, составъ газа не одинаковъ въ различныхъ сѣченіяхъ, то на это, для полученія средней пробы газовъ, необходимо обращать должное вниманіе и желательно засасывать изслѣдуемый газъ или съ разныхъ мѣстъ сѣченія канала, или же устанавливать заборныя трубки въ мѣстахъ передъ заслонкой, гдѣ происходитъ наибольшее перемѣшиваніе газовъ, на глубинѣ  $\frac{1}{3}$  высоты дымохода.

Работа съ аппаратомъ Орса производится слѣдующимъ образомъ. Сперва провѣряютъ плотность соединеній въ приборѣ, для чего засасы-

ваютъ жидкости въ поглотительныхъ приборахъ  $b$ ,  $b_1$  и  $c$  до мѣтокъ, сдѣланныхъ подъ кранами 1, 2 и 3; послѣ чего закрываютъ все краны и стеклянку  $A$  переставляютъ на верхъ прибора; при этомъ жидкости въ поглотительныхъ приборахъ не должны совершенно опускаться, точно такъ же, какъ и вода въ бюреткѣ а не должна непрерывно подниматься.

Послѣ этого, при помощи крана 4, сообщаютъ приборъ съ атмосферой, тогда вода изъ стеклянки  $A$  будетъ постепенно переливаться въ бюретку а и черезъ крапъ 4-й будетъ выходить воздухъ. Когда въ бюреткѣ а вода поднимется до верхней черты, закрываютъ зажимъ  $b$  и крапъ 4 и, опустивъ стеклянку  $A$  внизъ, открываютъ зажимъ  $b$ ; при этомъ жидкость въ бюреткѣ а должна только немного опуститься ниже мѣтки и дальнѣйшаго пониженія уровня не должно быть.

Въ противномъ случаѣ, какъ говорятъ, «приборъ не держитъ» и необходимо позаботиться о приведеніи его въ должный порядокъ.

Когда приборъ исправель, то поворачиваютъ крапъ 4 въ такое положеніе, чтобы трубка  $m$  сообщалась съ каучуковымъ насосомъ  $B$ . Работая насосомъ, производятъ засасываніе изслѣдуемыхъ газовъ изъ дымового канала и такимъ образомъ промываютъ газомъ все трубки. Послѣ чего сообщаютъ  $m$  съ  $c_1$  и при закрытыхъ кранахъ 1, 2 и 3, опуская сосудъ  $A$ , засасываютъ газъ въ бюретку а; послѣ этого сообщаютъ крапъ 4 съ атмосферой и выпускаютъ, поднимая стеклянку  $A$ , газъ въ атмосферу. Эти операціи напусканія и выпусканія газа изъ бюретки а и трубки  $c_1$  повторяютъ нѣсколько разъ до полной промывки прибора.

Когда такимъ образомъ изъ всехъ частей прибора вытѣсненъ воздухъ, то въ бюретку а забираютъ 100 куб. с. изслѣдуемаго газа, закрываютъ крапъ 4 и, открывъ крапъ 3 при подъемѣ сосуда  $A$ , переводятъ весь газъ въ поглотительный сосудъ  $b$  съ растворомъ ѣдкаго калия (250 гр. въ литрѣ воды). Далѣе, опуская сосудъ  $A$ , снова газъ переводятъ въ бюретку, потомъ обратно въ  $b$  и т. д. При этой операціи поглощается изъ газа углекислота въ теченіе около минуты; 1 куб. с. раствора ѣдкаго калия можетъ поглотить около 42 куб. с. угольной кислоты.

По окончаніи поглощенія газъ переводятъ въ бюретку а, и когда жидкость въ поглотительномъ сосудѣ  $b$  поднимется до черты, то крапъ 3 закрываютъ; послѣ чего въ бюреткѣ а производятъ отсчетъ оставшагося газа, приводя его предварительно къ атмосферному давленію. Для послѣдней цѣли стеклянку  $A$  устанавливаютъ такъ, чтобы уровень жидкости въ ней совпадалъ съ уровнемъ жидкости въ бюреткѣ а. Количество куб. с. поглощеннаго газа будетъ выражать %-ное содержаніе углекислоты въ изслѣдуемомъ газѣ. Послѣ опредѣленія углекислоты остатокъ газа, при открытомъ крапѣ 2, переводятъ въ поглотительный сосудъ  $b_1$  для поглощенія кислорода, куда наливается часть раствора, состоящаго изъ 250 гр. ѣдкаго калия, 50 гр. пирогалловой кислоты и 1 литра воды. По-

глощеніе ведется такъ же, какъ и углекислоты, для чего требуется около 3 минутъ времени. 1 куб. с. такого раствора способенъ поглотить до 13 куб. с. кислорода. Этотъ растворъ рекомендуется употреблять не болѣе 4 разъ. Число куб. с. поглощеннаго въ сосудѣ  $V_1$  газа будетъ  $\%$ -ное содержаніе кислорода.

Наконецъ, поглощеніе окиси углерода тѣми же самими приѣмами производится въ поглотительномъ аппаратѣ с, куда вливаютъ растворъ полухлористой мѣди. Последній приготавливаютъ изъ 250 гр. нашатыря въ 750 куб. с. воды и 200 гр. полухлористой мѣди. Въ полученную смѣсь опускаютъ нѣсколько мѣдныхъ стружекъ и закрываютъ пробкой. При употребленіи къ ней прибавляютъ  $\frac{1}{3}$  по объему нашатырнаго спирта, уд. в. 0,905.

1 куб. с. такого раствора способенъ поглотить около 16 куб. с. окиси углерода; поглощеніе окиси углерода ведется въ продолженіе 7—9 минутъ.

Остатокъ газа послѣ поглощенія  $\text{CO}_2$ , O и CO для техническихъ цѣлей принимаютъ за азотъ, хотя на самомъ дѣлѣ этотъ остатокъ можетъ содержать водородъ, метанъ и др.

Въ заключеніе объ изслѣдованіи газовъ остается еще упомянуть, что уже по наружному виду ихъ, т.-е. цвѣту возможно судить до нѣкоторой степени объ ихъ составѣ; такъ напр. сѣрый цвѣтъ газовъ указываетъ на присутствіе въ нихъ сажи, бѣловатый цвѣтъ и остающаяся на водѣ легкая пленка—на присутствіе углеводородовъ. Темный, желтоватый или коричневымъ цвѣтъ газовъ—присутствіе въ нихъ парообразныхъ продуктовъ топлива.

Кромѣ аппарата Орса и другихъ подобныхъ, для непрерывнаго контроля горѣнія топлива въ настоящее время употребляется цѣлый рядъ приборовъ, автоматически показывающихъ  $\%$ -ное содержаніе углекислоты въ газахъ. Наиболѣе практичнымъ изъ этихъ приборовъ является аппаратъ Ардта, названный имъ «Ados», но, къ сожалѣнію, стоимость этихъ аппаратовъ очень высока,—около 450 р.

Твердое					Топливо.								Жидкое топливо.					Газовое топливо.			
Сравнительная таблица топлива *). (Средние составы.)					Каменные угли.				Антрациты.				Жирсы (газ. зав.).	Нефтяные остатки.	К. рефинь.	Бензинь.	Денатуриров. спиртъ.	Спирт. газъ.			
					Сам. Чупк. (Ряз. губ.).	Родубольск. (Донец.) рядъ.	Монган. (Донец) сортъ.	Кардифъ (англ.) сортъ.	—	—	Грушевецкй.	—							—	—	—
СОСТАВЪ.	Горюча часть.	$C_{12}$ %	36,5	38,0	38,8	48	33,0	66,5	71,3	85,8	81,1	76,9	88,0	76,0	86,5	83,3	—	—	—	—	
		$H_1$	4,6	4,6	4,2	3,6	2,5	4,2	3,7	4,5	3,1	1,7	2,5	0,2	12,5	14,7	—	—	—	—	
		$O_{18} (+N)$	33,1	31,3	26,0	15,0	8,5	9,5	4,0	2,0	1,7	1,8	2	1,0	1	2,0	—	—	—	—	—
		$S_{33}$	—	—	—	1,0	3,6	2,5	2,7	1,0	3,1	1,0	1	0,18	—	—	—	—	—	—	—
	Испарит. часть.	A (зола).	0,5	0,5	6,0	7,1	2,2	9,6	13,0	2	6,8	6,8	2	15	—	—	—	—	—	—	
		W (вода).	25	25	25	25	30,1	7,6	5,3	5	3,9	11,8	4,0	7,0	—	—	—	—	—	—	
		$\frac{H}{C}$	0,133	0,123	0,108	0,073	—	0,065	0,052	0,082	0,038	0,022	0,028	0,03	0,813	—	—	—	—	—	
		$\frac{O}{H}$	7,2	6,9	6,2	4,2	—	2,2	1,1	0,5	0,33	1,0	0,8	—	0	—	—	—	—	—	
Летучих горючих частей.		—	—	50,0	40	—	30	18,1	12,0	7,3	2,8	3	0	указанъ	100%	—	—	—	—		
Всѣх 1 м <sup>3</sup>		kg.	570	420	500	700	800	800	800	850	850	800	850	750	900	820	690	800	0,32		
Полезная теплопр. $H_2O$ въ видѣ пара.	1 kg. Q	cal	3150 (+400)	3200 (+400)	3400 (+390)	4300 (+280)	3000 (+390)	6440 (+280)	6860 (+260)	8000 (+270)	7520 (+190)	6630 (+160)	7750 (+100)	6100 (+50)	10000 (+675)	10300 (+790)	11000	6000	5730		
	1 л. cal	1800	1350	1700	3000	2400	5150	5500	6800	6400	5300	6600	4600	9000	8450	7600	4800	5,0			
Теор. объемъ возд., нужн. для полнаго сжиг. 1 kg. т. топлива (безъ избытка $n=1$ )		$V_t = \frac{32c+26,6 H-3,8(O-s)}{100}$	3,43	3,37	3,71	4,77	3,41	6,83	7,29	8,77	8,03	7,26	8,46	6,81	11,0	11,25	—	—	—		
$\frac{V_t}{Q} \cdot 1000$ ( $V_t \approx 1,1 \cdot \frac{Q}{1000}$ )			1,09	1,12	1,09	1,11	1,15	1,07	1,14	1,10	1,07	1,09	1,09	1,12	1,10	1,12	—	—	—		
$\beta = 0,79 \frac{H-0,5}{c} - 3 = 2,37 \frac{H-0,5}{c}$			0,03	0,01	0,06	0,09	0,14	0,12	0,12	0,1	0,05	0,08	0	0,31	0,31	—	—	—			
$CO_2, \text{max} = \frac{21}{1+\beta}$ (при $n=1$ ).			20,5	20,3	19,9	19,4	18,5	18,8	18,2	18,3	19,2	20	19,9	20	15,8	15,0	—	—			
$CO_2$ при $n=1,5$ ; $CO_2 = \frac{1659}{\beta(100n-21)+79n} = \frac{1659}{129\beta+419}$			13,6	13,4	13,2	12,7	12,1	12,4	12,4	12,4	12,5	13,3	13,2	14,0	10,3	9,6	—	—			
$M = \frac{C \cdot 0,32}{0,54} = \frac{C}{1,7}$			21,6	22,5	23	28,5	19,6	39,4	42,1	50,3	48	46,8	52	45	51	49,5	—	—			
$N = \frac{H+N}{100} = 0,48$			0,33	0,33	0,30	0,28	0,28	0,22	0,16	0,20	0,15 (0,27)	0,13 (0,23)	0,19 (0,23)	0,04	0,55 (0,75)	0,65	—	—			
$\frac{M}{CO_2, \text{max}} + N$ нам. т.плосодержания газ. при изм. темп. па 1°C въ пр.д. 250-350° $n=1$ .			1,39	1,41	1,56	1,78	1,31	2,32	2,42	2,90	2,63	2,35	2,73	2,20	3,80	3,96	—	—			
$\frac{M}{CO_2} + N$ при $n=1,5$ въ пр.д. 250-350° $n=1,5$			1,93	2,02	2,08	2,32	1,88	3,40	3,38	4,30	4,00	3,70	4,10	3,27	5,33	5,80	—	—			
$\left(\frac{M}{CO_2} + N\right) 100 : Q$ при $n=1$ при $n=1,5$			0,044 0,061	0,045 0,063	0,043 0,061	0,041 0,055	0,0455 0,063	0,0335 0,052	0,0302 0,043	0,0333 0,038	0,0353 0,043	0,0335 0,043	0,036 0,044	0,038 0,053	0,038 0,056	—	—	—			
Теорет. темп. горѣнья при $n=1$			1920	1860	1970	2090	1910	2370	2400	2400	2450	2250	2450	2420	2250	2280	—	—			
Теорет. темп. горѣнья при $n=1,5$			1430	1400	1480	1450	1320	1680	1700	1670	1690	1630	1690	1540	1570	—	—	—			
Тепловая плотность (приним. нефт. ост. = 100)			20,0	15,0	18,9	33	26,5	57	61	76	71	59	73	51,00	100	93,5	84	53	0,055		
При стоимости 1 пуда въ коп. (Москва, окт. 1909).			101,3	12	13	18	13	23	25	34	23	19	28	23	41	150	400	300	1 шт.		
100 cal полезной теплопроизводительности стоить.			0,205	0,280	0,235	0,235	0,264	0,230	0,224	0,25	0,188	0,178	0,222	0,231	0,25	0,22	2,2	3,5	0,9		

\*) Таблица взята у К. В. Кирша „Заводскія точки“.

## Литература.

- Реслет. Traité de la chaleur.  
Schinz. Die Wärme-Messkunst.  
Блахеръ. Теплота въ заводскомъ дѣлѣ.  
Ломшаконъ. Испытаніе паровыхъ котловъ и машинъ.  
Geitel. Das Wassergas und seine Verwendung in der Technik.  
Карышевъ. Торфяной коксъ.  
Шиллигъ. Торфяной коксъ.  
Бунге. Химическая технология. Вып. Топливо.  
Fischer. Taschenbuch für Feuerungstechniker.  
Потресовъ. Контроль топки паровыхъ котловъ при помощи газо-анализатора «Крель-Шульца».  
Дементьевъ. Теплота и заводскія печи.  
Пятелѣевъ. Общіе методы анализа въ нефтяномъ производствѣ.  
Менделѣевъ. Основы фабрично-заводской промышленности.  
Алексѣевъ. Ископаемые угли.  
Вайсбейнъ. Производство брикетовъ.  
Соловьевъ. Разработка торфа на топливо.  
Musk. Chemie der Steinkohle.  
Vierpbaum. Die Torf-Industrie.  
Hausbrand. Выпариваніе, конденсація и охлажденіе.  
Вейссъ. Конденсація.  
Hausbrand. Сушка воздухомъ и паромъ.  
Ритшелъ. Руководство вентиляціи и отопленія.

## Приборы для сжиганія топлива.

---

Послѣ разсмотрѣнія различныхъ горючихъ матеріаловъ, выясненія ихъ свойствъ, а также процессовъ горѣнія, необходимо познакомиться съ тѣми приборами и аппаратами, въ которыхъ производится сжиганіе топлива и утилизація выдѣляющейся теплоты. Такіе приборы въ технику известны подѣ именемъ печей и имѣютъ весьма разнообразное устройство въ зависимости отъ дѣли, для которой онѣ предназначены и рода сжигаемаго въ нихъ топлива.

Печи имѣютъ обширное примѣненіе въ технику и промышленности, а потому неудивительно, что въ курсахъ химической технологіи онѣ играютъ первостепенную роль и что каждому технику любой специальности необходимо имѣть ясное и опредѣленное понятіе объ этихъ приборахъ какъ для конструированія ихъ, такъ равно для правильного и рациональнаго ухода за ними.

Несмотря на то, что эти приборы, какъ сказано выше, имѣютъ самое разнообразное устройство, въ каждой печи можно найти одинаковыя части, служащія для однѣхъ и тѣхъ же дѣлей; такъ напр., топка или очагъ—служить для сжиганія топлива, печное вмѣстительное пространство—служить для передачи теплоты, выдѣляющейся при горѣніи топлива, нагреваемымъ предметамъ, помещаемымъ въ этомъ пространствѣ, и, наконецъ, дымовая труба, которая уводитъ продукты горѣнія въ наружную атмосферу и обуславливаетъ такъ называемую тягу печи, т.-е. достаточный притокъ свѣжаго воздуха къ сжигаемому топливу. Иногда эта работа исполняется при помощи вентиляторовъ, или же воздуходувныхъ машинъ.

При взглядѣ на нѣкоторыя конструкціи печей, мы замѣчаемъ, что иногда нѣкоторыя части печей совмѣщаютъ въ себѣ функціи, напр., топку и реакціоннаго пространства, дымовой трубы съ реакціоннымъ и топочнымъ пространствомъ и т. д. Для примѣра приведемъ обыкновенную хлѣбопекарную печь, гдѣ нѣтъ отдѣльной топки и обязанность послѣдней вначалѣ исполняетъ печное вмѣстительное, которое и замѣ-

няеть собою на нѣкоторое время топку; въ доменной печи не имѣется особой дымовой трубы, которая замѣняется въ данномъ случаѣ реакціоннымъ пространствомъ и пр. и пр.

Температура, которая развивается въ каждой печи, зависитъ главнымъ образомъ отъ соотношенія величины печного вмѣстителя и поверхности той части печи, гдѣ сжигается топливо, т.-е. отъ такъ называемой колосниковой рѣшетки.

Чѣмъ меньше величина печного вмѣстителя по отношенію къ площади колосниковой рѣшетки, тѣмъ выше развивается температура въ печи и наоборотъ.

Вслѣдствіе разнообразія нагреваемыхъ предметовъ, помещаемыхъ въ печное пространство, послѣднее имѣетъ самую разнообразную форму.

Нагревательное пространство должно быть отдѣлено отъ паружага воздуха и имѣть топку, соединенную или въ одно цѣлое, или же соединяться съ нею особымъ каналомъ, длина котораго можетъ быть весьма различна. Въ послѣднемъ случаѣ обыкновенно топливо превращаютъ сперва въ горючій газъ въ особыхъ печахъ, называемыхъ генераторами, а уже послѣдній подводятъ каналомъ въ реакціонное пространство, гдѣ его и сжигаютъ.

Смотря по назначенію печи и формѣ загружаемыхъ въ нее предметовъ, печи можно раздѣлить на двѣ группы, а именно лежачія и стоячія печи; въ первыхъ реакціонный путь удлиняется въ горизонтальномъ или же наклонномъ направленіи; во вторыхъ—реакціонное пространство вытянуто въ вертикальномъ направленіи, т.-е. размѣры печного пространства по вертикальной оси болѣе, чѣмъ по горизонтальной.

Накопещъ, печи, въ которыхъ реакціонное пространство имѣетъ одинаковые размѣры какъ въ горизонтальномъ, такъ и вертикальномъ направленіи, называются стойловыми печами.

Для болѣе яснаго представленія формы этихъ печей мы приведемъ схематическое изображеніе ихъ, какъ показано на рис. 54, 55 и 56.

На рис. 54 изображена въ разрѣзѣ обыкновенная лежачая печь, которая на своемъ поду несетъ зарядъ нагреваемыхъ предметовъ.

Стойловая печь, представляющая переходъ отъ лежачихъ печей къ стоячимъ, изображена на рис. 55 съ двумя толками, и, наконецъ, рис. 56 представляетъ стоячую печь.

Во всѣхъ этихъ печахъ при удлиненіи реакціоннаго пути мы можемъ получить наибольшую утилизацію теплоты, развиваемой при горѣніи топлива, при чемъ удлинненіе это можно довести до того, что работу печи можно сдѣлать непрерывной, т.-е. загрузка нагреваемыхъ предметовъ съ болѣе холоднаго конца и выгрузка съ горячаго—будутъ непрерывны. Такимъ образомъ токъ продуктовъ горѣнія топлива въ

этомъ случаѣ будетъ имѣть направленіе, прямо противоположное перемѣщенію нагреваемыхъ предметовъ въ печномъ пространствѣ. Иногда, чтобы не дѣлать столь длинной каналообразной печи, дѣлать последнюю перегородками на отдѣльныя камеры; такой конструкціи печь

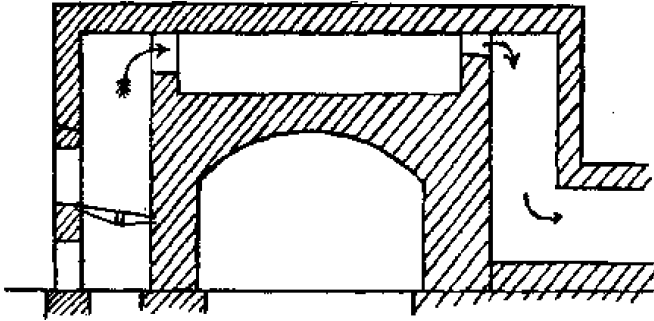


Рис. 54.

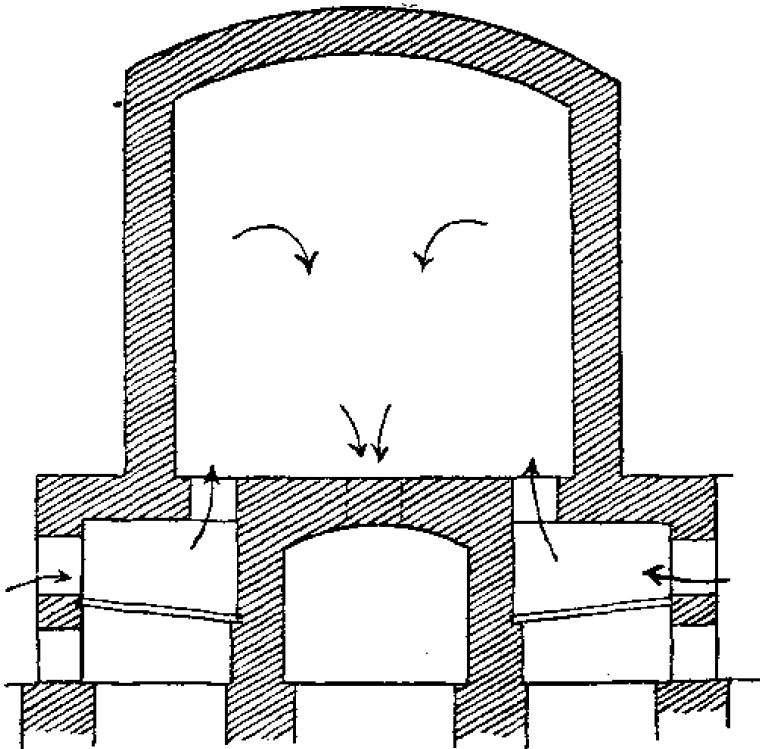


Рис. 55.

называется камерной. Удлиняя нагреваемый путь въ стоячихъ печахъ, мы получимъ также непрерывно дѣйствующую печь, въ которой зарядъ нагреваемыхъ предметовъ помещается съ одного конца, а топливо съ прямо-противоположнаго, таковы, напр., печи для обжиганія извести и др.



Приборы, въ которыхъ съ одного конца вносится зарядъ нагрѣваемыхъ предметовъ, движущихся прямо-противоположно движению продуктовъ горѣнія топлива, можно назвать *проходными печами*.

При этомъ нужно замѣтить, что если желаютъ конструировать печь для полученія высокихъ температуръ, напр., для плавленія какихъ-нибудь тѣлъ, то выгоднѣе пользоваться теплотой продуктовъ горѣнія на пути, не болѣе 2 саж., а оставшуюся теплоту лучше утилизировать для другихъ цѣлей, напр., для подогреванія котловъ, матеріаловъ, жидкостей и пр.

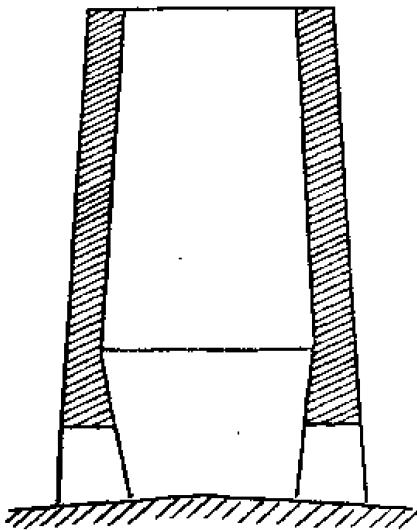


Рис. 56.

Необходимо еще повторить, что существенное значеніе въ каждой печи имѣетъ отношеніе площади пода вмѣстѣ лица въ лежачей печи къ площади колосниковой рѣшетки и отношеніе объема нагрѣвательнаго пространства въ стоячихъ печахъ также къ площади рѣшетки. Эти отношенія можно назвать *коэффициентами печей*, и чѣмъ эта величина будетъ ближе къ единицѣ, напр., въ лежачихъ печахъ, тѣмъ печь будетъ обладать болѣе значительнымъ пирометрическимъ эффектомъ. Подобныя печи съ коэффициентомъ равнымъ единицѣ или менѣе въ химической промышленности почти что не употребляются, главное примѣненіе находятъ онѣ для металлургическихъ цѣлей.

Сравнивая коэффициенты существующихъ печей, можно притти къ заключенію, что эти величины колеблются обычно въ предѣлахъ отъ 1 до 20.

При печахъ съ рѣзкимъ нагрѣвомъ приходится задаваться длиною пути реакціоннаго пространства, и лучше, если этотъ путь не будетъ превосходить  $1\frac{1}{2}$  саж.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведены коэффициенты печей въ различнаго рода производствахъ.

Печи лежація для плавленія стали имѣютъ коэффициентъ	0,8—1,2
» пудлинговыя . . . . .	2—2,5
» сварочныя . . . . .	2—2,5
» для переплавки чугуна лежація . . . . .	2,5—3
» для рафинированія мѣди . . . . .	4
» для обработки свинцовыхъ рудъ . . . . .	7
» для обработки оловянныхъ рудъ . . . . .	6—7
» для обжига мѣдныхъ рудъ . . . . .	15—20

Печи содовые . . . . .	5—7
» для хромпика и синь-кали . . . . .	4
» стоячія для стекла . . . . .	5—8—9
» » гончарныя . . . . .	8—15
» » для обжига минераловъ . . . . .	15

Приведенныя цифры для коэффициентовъ, взятые изъ практики, могутъ иногда колебаться довольно въ широкихъ предѣлахъ.

Зная коэффициентъ печи и размѣръ печного пространства, зависящій отъ рода и количества нагреваемыхъ предметовъ, легко вычислить площадь той части топки, гдѣ сгораетъ топливо, т.-е. площадь колосниковой рѣшетки. Положимъ, что намъ необходимо построить стойловую печь для обжиганія заразъ 3000 обыкновенныхъ кирпичей. Называя площадь колосниковой рѣшетки черезъ X, а объемъ печного пространства, необходимый для помѣщенія 3000 кирпичей, черезъ U, получимъ,

что отношеніе  $\frac{U}{X}$  должно равняться коэффициенту печи, который изъ практики приблизительно равенъ 15. Принимая, что 1 куб. м. печи вмѣщаетъ 245 кирпичей, получимъ, что емкость печи U должна быть

$$\frac{3000}{245} = \sim 12,3 \text{ куб. м.}$$

Слѣд.,

$$\frac{U}{X} = 15. \text{ или } \frac{12,3}{X} = 15; \text{ откуда } X = \frac{12,3}{15} = 0,82 \text{ кв. м.}$$

Такимъ образомъ площадь колосниковой рѣшетки должна быть около 0,82 кв. м.

Въ настоящее время, несмотря на громадное развитіе техники мы до сихъ поръ не имѣемъ надежныхъ и строго опредѣленныхъ теоретическихъ данныхъ для расчета заводскихъ и другихъ печей и если и производимъ подобные расчеты, то ведемъ ихъ исключительно на основаніи данныхъ, добытыхъ путемъ практическаго изученія существующихъ и удовлетворяющихъ опредѣленнымъ цѣлямъ печей.

Познакомившись съ общимъ характеромъ печей, со способомъ приблизительнаго подсчета соотношенія между реакціоннымъ пространствомъ и топкой, мы перейдемъ теперь къ болѣе детальному разсмотрѣнію отдѣльныхъ составныхъ частей каждой печи, т.-е. огневой камеры, поддувала, колосниковой рѣшетки, пояса порога, реакціоннаго пространства и пр. пр.

Топка для твердаго топлива. Самой существенной частью печей является та часть, гдѣ происходитъ еожиганіе топлива на счетъ подводимаго къ топливу кислорода воздуха. Эта часть печи

пазыв. толкой, которую можно разсматривать как реакціонное пространство, гдѣ должно произойти соединеніе кислорода воздуха съ горящимъ топливомъ.

Легко замѣтить, что въ каждой толкѣ горѣніе топлива можно вести непрерывно, подбрасывая постепенно все новый и новый слой горючаго матеріала и выбирая съ другого конца толки накопляющуюся золу. Такимъ образомъ толка является также проходнымъ снарядомъ, но съ меньшимъ реакціоннымъ путемъ, и задача ея состоитъ въ возможно полномъ сжиганіи топлива безъ слишкомъ большого избытка воздуха. Сжиганіе съ эквивалентнымъ количествомъ воздуха, т.-е. совсѣмъ безъ избытка на такомъ короткомъ реакціонномъ пути совершенно невысмыслимо, поэтому, удлиняя этотъ путь, особенно при хорошей тягѣ, возможно подойти къ болѣе совершенному процессу. При хорошей тягѣ возможно сжечь твердое топливо примѣрно съ  $\frac{1}{4}$  избытка воздуха, сжиганіе же съ  $1\frac{1}{2}$ —2 избыткомъ воздуха вполне достижимо.

Что касается расчета толки, то и здѣсь мы теоретическихъ данныхъ почти что не имѣемъ, поэтому приходится довольствоваться исключительно опытной стороной этого дѣла. Въ дальнѣйшемъ мы постараемся насколько возможно освѣщать съ теоретической стороны нѣкоторые вопросы, дабы имѣть возможность критически относиться къ предлагаемымъ практикой даннымъ.

Устройство каждой толки зависитъ отъ назначенія ея и рода сжигаемаго топлива; при сжиганіи топлива въ твердомъ видѣ толки обыкновенно дѣлятся колосниковой рѣшеткой на два отдѣленія: верхнее—огневая камера и нижнее—поддувало, или зольникъ. Задача, которую приходится рѣшать въ этой части печи, т.-е. толкѣ—это смѣшеніе твердаго или жидкаго топлива съ газомъ, т.-е. воздухомъ. Съ химической стороны эта задача представляетъ большія затрудненія вслѣдствіе неоднородности по физическому состоянію смѣшиваемыхъ веществъ, такъ какъ извѣстно, что для успѣшности какой-нибудь химической реакціи необходимо реагирующія вещества привести въ тѣсное соприкосновеніе. Для рѣшенія этого вопроса, въ данномъ случаѣ, необходимо тѣсное перемѣшиваніе, для чего слѣдовало бы твердое или жидкое топливо привести въ пылеобразное состояніе, т.-е. подойти къ состоянію газообразному и въ этомъ видѣ уже смѣшивать съ воздухомъ.

Но такой приемъ сжиганія твердаго топлива въ практикѣ, вслѣдствіе своей дороговизны, мало примѣнимъ, такъ какъ требуетъ дорого стоящей обработки—замельченія, а также большихъ расходовъ на пульверизацію полученнаго пылеобразнаго топлива.

Поэтому въ практикѣ обыкновенно не доводятъ топливо до пылеобразнаго состоянія, а только дробятъ его на куски, при чемъ чѣмъ

меньше послѣдніе, тѣмъ реакція между топливомъ и воздухомъ будетъ совершеннѣе.

Кромѣ того желательнѣе, чтобы эта реакція совершалась во всей массѣ реагирующихъ веществъ равномѣрно, поэтому при рациональномъ веденіи дѣла желательнѣе было бы употреблять по возможности одинаковой величины куски топлива, т.-е. предварительно его сортировать; этимъ путемъ возможно получить довольно порядочную экономію въ топливѣ.

При употребленіи жидкаго топлива, напр., нефтяныхъ остатковъ, почти повсемѣстно распространенъ способъ нульверизированія ихъ при помощи особыхъ аппаратовъ, назыв. форсунками.

Для твердаго же топлива этотъ приемъ примѣняется въ настоящее время въ исключительныхъ случаяхъ, напр., при сжиганіи различныхъ мелкихъ отбросовъ, главнымъ образомъ каменноугольной мелочи, различныхъ остатковъ въ кошкахъ и пр.

Обыкновенный же приемъ сжиганія твердаго топлива состоитъ въ томъ, что послѣднее въ видѣ небольшихъ кусковъ загружаютъ слоемъ на рѣшетчатую поверхность, черезъ которую пропускаютъ воздухъ.

Эта рѣшетчатая поверхность известна подъ именемъ колосниковой рѣшетки, которая дѣлит топку на двѣ части: верхнюю реакционную (огневая камера), гдѣ происходитъ горѣніе топлива, и нижнюю—регулятивную, или поддувало, которое служитъ для регулированія притока воздуха, вступающаго въ реакцію съ топливомъ.

При смѣшеніи двухъ веществъ и при происходящей при этомъ химической реакціи возможно употреблять ихъ или въ эквивалентномъ количествѣ, или же брать избытокъ одного или другого реагирующаго вещества.

Въ практикѣ, въ данномъ случаѣ, безъ избытка входящихъ въ реакцію веществъ, сжечь топливо почти невозможно, а потому возможно брать или избытокъ воздуха, или же избытокъ топлива. Въ первомъ случаѣ, какъ было уже указано выше, происходитъ потеря теплоты, идущая на нагреваніе этого избытка.

Отсюда мы видимъ, насколько простыя по конструкціи топки сложны относительно управленія ими, поэтому немудрено, что опытнаго кочегара необходимо въ должной степени цѣнить за нормальное веденіе топки. Каждая топка для твердаго топлива представляетъ призматическое, или цилиндрическое пространство, перекрытое сверху своѣй домъ.

Что касается колосниковой рѣшетки, то послѣдняя не есть принадлежность каждой топки, которая въ иныхъ случаяхъ могутъ устраниваться и безъ колосниковъ. Топки съ колосниковой рѣшеткой должны имѣть двѣ дверцы, открывающіяся спаружи, одна въ огневую камеру,

другая—въ поддувало, которое кромѣ регулированія воздуха, служить вмѣстилищемъ золы, проваливающейся черезъ колосниковую рѣшетку.

Дверцы въ реакціонное пространство всегда обыкновенно бываютъ закрыты и служатъ только для подбрасыванія на рѣшетку и шурованія топлива.

Нижнія же дверцы въ поддувало держатся обыкновенно открытыми и служатъ для регулированія притекающаго снизу воздуха черезъ колосниковую рѣшетку.

При такихъ условіяхъ воздухъ проходитъ не надъ поверхностью горящаго топлива, какъ было бы при впускѣ его черезъ огневое пространство, а проникаетъ черезъ весь слой топлива и дробится на значительное количество тонкихъ струекъ, чѣмъ достигается болѣе полное соприкосновеніе между частицами топлива и воздуха. Кромѣ того при подобной подачѣ воздуха, послѣдній, проходя черезъ поддувало, болѣе или менѣе подогревается теплотой стѣнокъ зольника и лучеиспусканіемъ колосниковой рѣшетки.

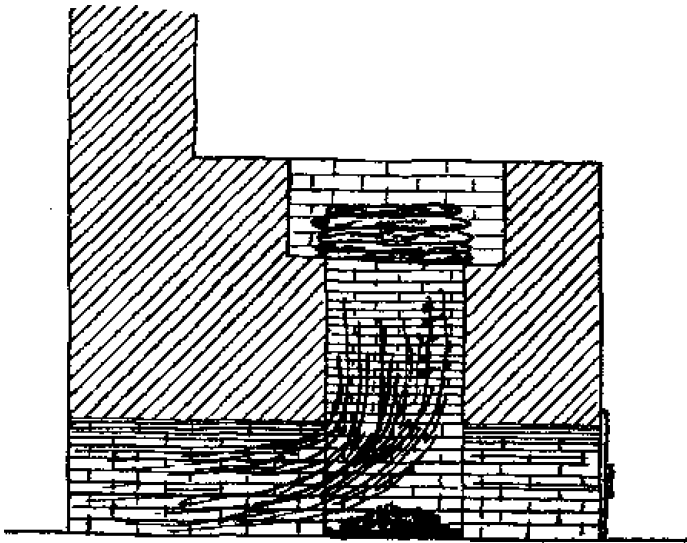


Рис. 57.

Топливо возможно сжигать также безъ рѣшетки на сплошной поверхности, или же такимъ пріемомъ, что само топливо можетъ служить колосниковой рѣшеткой, какъ показано на рис. 57.

Слой топлива, накладываемый на колосниковую рѣшетку при обыкновенныхъ топкахъ, зависитъ отъ рода топлива; такъ при употребленіи сухого каменнаго угля слой его держать въ предѣлахъ отъ 150—260 мм., полужирнаго угля—100—200 мм., для дровъ—350—450 мм., для кокса—200—300 мм., и для жирнаго угля—60—100 мм.

Для получения высшей температуры иногда угольный слой приходится увеличивать до 1 фута, но не выше, такъ какъ при высокомъ слое угля можетъ происходить неполное горѣніе его съ образованіемъ окиси углерода.

Въ послѣднее время въ большомъ ходу топки, гдѣ горячій матеріаль сжигается такимъ образомъ, что его, относительно количества впускаемаго воздуха для горѣнія—избытокъ, а не наоборотъ, какъ въ обыкновенныхъ топкахъ.

Въ такихъ топкахъ горячій слой топлива повышаютъ настолько, чтобы образовавшаяся въ нижнихъ слояхъ углекислота и пары воды могли, пройдя нагрѣтый верхній слой топлива, разложиться съ образованіемъ горючихъ газовъ—окиси углерода и водорода, что было уже подробно указано при описаніи генераторныхъ газовъ. Сжиганіе топлива этимъ приемомъ съ избыткомъ послѣдняго—задача несравненно болѣе легкая, чѣмъ сжиганіе топлива въ обыкновенныхъ топкахъ.

При этомъ нужно замѣтить, что часть тепловой энергій расходуется на разложеніе получающейся углекислоты и паровъ воды, а остальная часть въ видѣ запаса энергій уносятся образовавшимися окисью углерода, водородомъ и углеводородами.

На утилизаціи послѣдней части и основано такъ назыв. газовое, или генераторное отопленіе, детальное разсмотрѣніе котораго будетъ приведено при описаніи генераторовъ.

Что касается размѣровъ обыкновенныхъ топокъ, то ихъ объемъ на каждыя 100 килогр. топлива, сжигаемаго въ 1 часъ, можно принять для каменнаго угля—0,25—0,29 куб. м.; бурого угля—0,43—0,50 куб. м.; для торфа и дровъ—0,65—0,75 куб. м., кокса и древеснаго угля—0,53—0,62 куб. м.

Колосниковая рѣшетка каждой топки состоитъ изъ колосниковъ, собранныхъ въ одну горизонтальную, или наклонную плоскость. Конструкція рѣшетки зависитъ отъ рода сжигаемаго на ней топлива; она должна быть удобна для работы кочегара, легко и быстро очищаться отъ шлаковъ; безъ особеннаго сопротивленія должна пропускать необходимое количество воздуха для горѣнія топлива и, наконецъ, промежутки между колосниками должны быть таковы, чтобы черезъ нихъ проваливалась въ поддувало зола, но не частицы топлива.

Материаломъ для изготовленія колосниковъ обыкновенно служатъ чугуны, желѣзо, а иногда въ заводскихъ печахъ устраиваютъ колосниковую рѣшетку изъ кирпича, шириною въ  $\frac{1}{4}$  кирпича, высоту въ  $\frac{1}{2}$  кирпича и съ прозорами въ  $1\frac{1}{2}$ —2 дюйма. Наиболѣе ходовыми колосниками являются чугунные, но они представляютъ то неудобство, что въ случаѣ прогиба ихъ нужно или снова перелить, или же выбросить вонъ. Приготовленіе же желѣзныхъ колосниковъ весьма просто, ибо для

этого необходимо простой кузнечный горнъ и безатѣйливые инструменты кузнеца, а если добавить, что и выпрямленіе изогнутыхъ отъ жара колосниковъ представляетъ минутное дѣло, то будетъ понятно ихъ преимущество передъ чугунами.

Хотя при этомъ нужно имѣть въ виду значительное неудобство желѣзныхъ колосниковъ по отношенію къ нагреванію; во-первыхъ, они сильно прогибаются, а главное—весьма быстро перегораютъ.

Желѣзные колосники бываютъ различной формы поперечнаго сѣченія, что видно изъ прилагаемаго рис. 58. Иногда они собираются по два или три вмѣстѣ и скрѣпляются между собой болтами. Толщина такихъ колосниковъ 5—7 мм., высота 70—90 мм. и длина 300—600 мм.

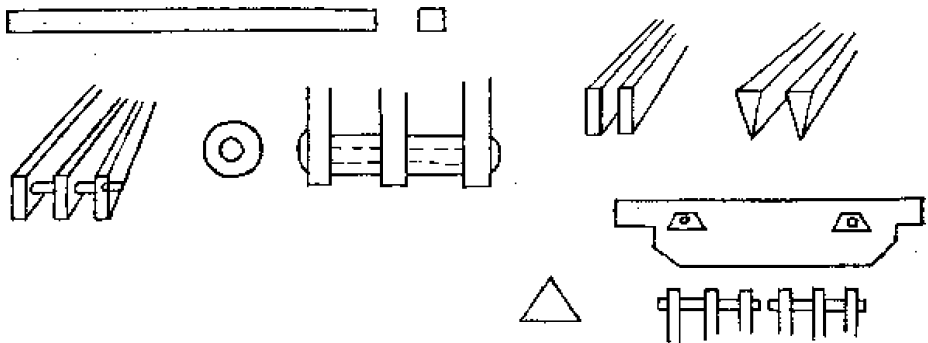


Рис. 58.

По длинѣ желѣзныхъ колосниковъ, въ виду сильнаго прогиба ихъ отъ жара, черезъ каждые два фута необходимо устраивать под-держки.

Желѣзные или чугунные колосники на своихъ концахъ обыкновенно поддерживаются желѣзными или чугунными балочками, вдѣланными въ кладку печи; при этомъ нужно имѣть въ виду расширеніе колосниковъ, поэтому для свободнаго расширенія оставляютъ обыкновенно зазоры, величиною въ  $\frac{1}{24}$ — $\frac{1}{25}$  длины колосника. Что же касается высоты колосниковой рѣшетки надъ поломъ помещенія, то для удобства работы кочегара рѣшетка должна возвышаться на 600—800 мм.

На рис. 59 представленъ обыкновенный типъ чугунныхъ колосниковъ съ показаніемъ балочекъ, на которыхъ покоятся концы колосниковъ. Обычная длина колосника 1 метр., но если длина колосниковой рѣшетки болѣе метра, то обыкновенно ставятъ 2—3 ряда болѣе короткихъ колосниковъ.

Ширина  $h$  колосниковъ можетъ быть опредѣлена въ зависимости отъ длины его  $l$ , по формулѣ

$$h=25 \text{ мм} + 0,1 l.$$

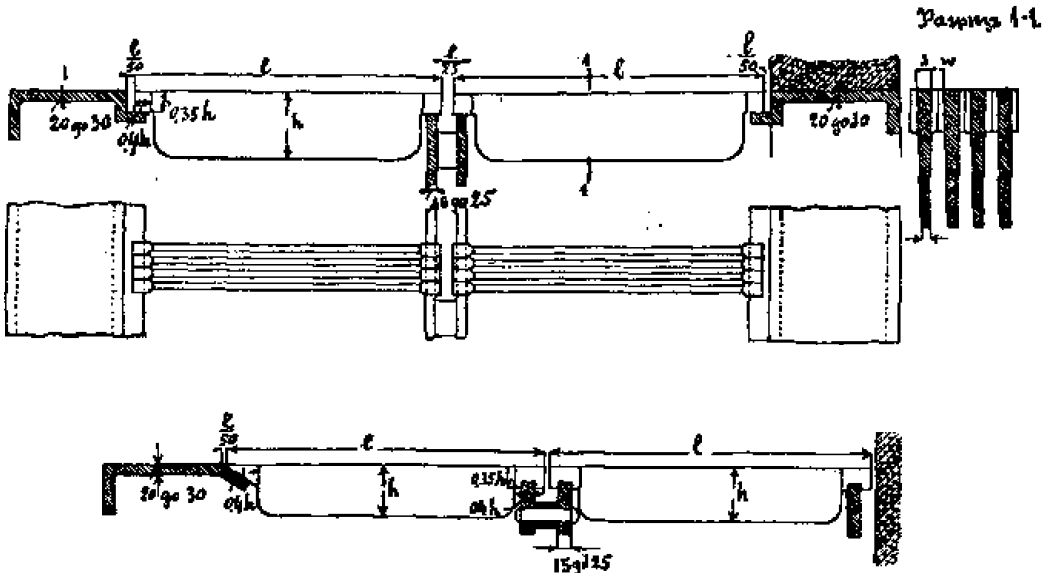


Рис. 59.

Что касается остальных размеров и зазоров между ними, то можно пользоваться данными по Тецверу

	Ширина щели.	Верхи. толщ. колосняка.	Длина колосняка.
Для жирного спекающегося камня, угля съ жидким шлакомъ . . . . .	10—15 мм.	15—20 мм.	500—1000 мм.
Для тощего наменн. угля, не дающего жидкй шлакъ, и для бурого угля . . . . .	4—8 "	6—10 "	300—600 "
Для мелкаго угля, корья, оплокъ . . . . .	3—5 "	5—9 "	250—400 "

Общая поверхность, занимаемая рѣшеткой, носить названіе площади колосниковой рѣшетки, которая состоитъ изъ площади мертваго сѣченія, образуемой тѣломъ колосниковъ и площади живого сѣченія, состоящей изъ прозоровъ между колосниками.

Отношеніе площади живого сѣченія рѣшетки ко всей площади ея зависитъ отъ рода топлива и для правильнаго горѣнія его необходимо это отношеніе дѣлать

- для каменнаго угля равнымъ . . . . .  $\frac{1}{3} - \frac{1}{2}$
- » бурого угля равнымъ . . . . .  $\frac{1}{3} - \frac{1}{5}$



для кокса равнымъ . . . . .	$\frac{1}{2} - \frac{1}{3}$
» дровъ и торфа равнымъ . . . . .	$\frac{1}{5} - \frac{1}{7}$

Что касается опредѣленія величины площади рѣшетки, то послѣдняя, какъ было указано выше, зависитъ отъ коэффициента печи, или же опредѣляется по количеству тепловой энергiи, которую необходимо развить для даннаго процесса въ топкѣ печи.

Обозначая черезъ  $R$ —площадь колосниковой рѣшетки въ кв. м.

$W$ —количество тепловой энергiи, необходимой развить въ 1 часъ на колосников. рѣшеткѣ.

$P$ —количество топлива въ килогр., сгораемаго въ 1 часъ на 1 кв. мтр. рѣшетки.

$T$ —теплопроизводительную способность топлива, имѣемъ

$$R = \frac{W}{P \cdot T}$$

Для рѣшенія этого уравненія величину  $W$  для даннаго процесса необходимо вычислить, что не всегда удастся сдѣлать точно; величина  $T$  вполне опредѣленная для даннаго сорта топлива; что же касается величины  $P$ , то послѣдняя зависитъ отъ рода топлива, что видно изъ прилагаемой таблицы.

Въ среднемъ на 1 кв. метрѣ площади обыкновенной горизонтальной рѣшетки при естественной тягѣ сгораетъ въ 1 часъ

кокса . . . . .	50	килогр.
сильно спекающагося каменнаго угля . . . . .	60—70	»
умѣренно спекающагося каменнаго угля . . . . .	70—80	»
сухого каменнаго угля . . . . .	80—100	»
бураго угля . . . . .	100—150	»
дровъ или торфа . . . . .	160—200	»

Длина колосниковой рѣшетки не должна превышать 1,5 метра и только въ видѣ исключенія можно допустить до 2 мтр.; ширина же рѣшетки колеблется въ предѣлахъ отъ 0,4 до 1½ метра. Эти предѣлы необходимо соблюдать для облегченія работы кочегара, которому при большой площади колосниковой рѣшетки весьма трудно вести правильный процессъ горѣнія.

Въ томъ случаѣ, когда площадь рѣшетки будетъ превосходить указанные выше размѣры, то лучше такую рѣшетку разбить на двѣ топки.

Что касается вертикальнаго разстоянiя колосниковой рѣшетки отъ внутренней поверхности свода огневой камеры, то эта величина не поддается никакому расчету и только для паровыхъ котловъ практика установила слѣдующiя данныя.

для тощаго каменнаго угля не менѣе . . . . . 400 мм.  
 для жирнаго каменнаго угля не менѣе . . . . . 650 мм.  
 для дровъ и торфа не менѣе . . . . . 500—700 мм.

Зольникъ же обыкновенно располагаютъ на 750—1000 мм. ниже колосниковой рѣшетки.

Огневая камера и поддувало имѣютъ въ наружной стѣнкѣ отверстія, которыя снабжаются чугунными, желѣзными, гончарными или же кирпичными дверцами.

Такия дверцы прикрѣпляются или при помощи шарнировъ и открываются на сторону, или же дѣлаются отъемными, совершенно несоединенными съ кладкой печи, или же, наконецъ, подъемными съ блокомъ и противовѣсомъ.

Весьма часто, для избѣжанія сильнаго накаливанія топочныхъ дверей, послѣднія съ внутренней стороны снабжаются чугунной плитой въ разстояніи 40—60 м/м. отъ дверей, толщиной 10—15 м/м.

Смотря по ширинѣ колосниковой рѣшетки устраиваютъ двойныя, или ординарныя дверцы слѣдующихъ размѣровъ.

ординарныя дверцы, ширина . . . . .	300—500 м/м.
» » высота . . . . .	250—350 »
двойныя дверцы, ширина . . . . .	450—550 »
» » высота . . . . .	300—350 »

Колосники, какъ было указано выше, могутъ быть собраны въ наклонную рѣшетку, или же для топлива, какъ напр. угольная мелочь, опилки и пр., проваливающагося черезъ прозоры обыкновенной рѣшетки, дѣлаютъ такъ называемую ступенчатую рѣшетку (рис. 60). Въ такой рѣшеткѣ тѣло колосниковъ можно довести до минимума за счетъ увеличенія прозоровъ ея, т.-е. этимъ приемомъ можно подойти къ идеальной рѣшеткѣ, состоящей изъ максимальнаго количества прозоровъ

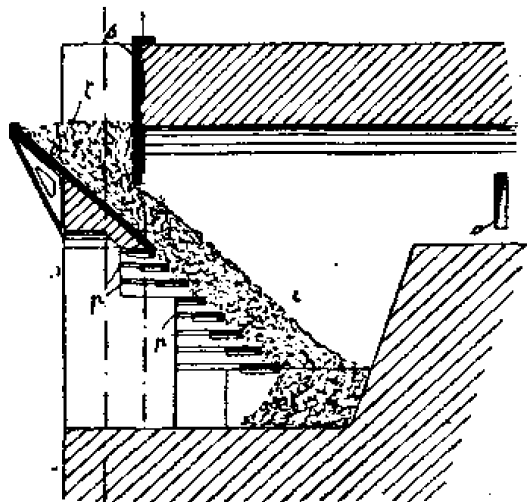


Рис. 60.

и тѣмъ самымъ достигнуть болѣе совершеннаго горѣнія топлива. Ступенчатая колосниковая рѣшетка состоитъ изъ ряда ступенчато расположенныхъ чугунныхъ плитъ, концы которыхъ покоятся на особыхъ наклонно поставленныхъ чугунныхъ балкахъ. Ширина колосниковъ—

90—120 м/м., толщина 8—12 м/м. и расстояние между шпш около 50 м/м. Общая длина ступенчатой рѣшетки  $\leq 2$  метр. ширина  $\leq 1,3$  м. Колосники во избѣжаніе прогиба рекомендуютъ подпирать черезъ каждыя 400—600 м/м. Топливо на такую рѣшетку набрасывается сверху черезъ особую воронку и постепенно скатывается внизъ, въ особенности, если выбрать для ступенчатой рѣшетки подходящій уклонъ въ зависимости отъ рода топлива, такъ, для

торфа уклонъ дѣлають въ . . . . .	20—30°
угольной мелочи . . . . .	30—40°
древесныхъ опилокъ . . . . .	32—35°

По даннымъ Фишера ступенчатой рѣшѣткѣ придаютъ такой уклонъ къ горизонту, чтобы засыпаемое топливо внизу образовало бы слой въ 50 м/м., а сверху около 120 м/м.

Такия рѣшетки охотно употребляются въ каменноугольныхъ генераторахъ; онѣ представляютъ большія удобства въ смыслѣ ухода за ними при очисткѣ ихъ отъ шлаковъ и золы; горѣніе топлива на нихъ происходитъ болѣе совершенно, но, къ сожалѣнію, онѣ занимають много мѣста, дороги и отдаютъ слишкомъ большое количество теплоты наружной атмосферѣ, которая въ данномъ случаѣ является поддуваемомъ.

Кромѣ того на ступенчатой рѣшѣткѣ трудно сжигать неоднородное топливо и сильно спекающійся каменный уголь.

Что касается расчета площади такой рѣшетки, то къ ней можно примѣнить тѣ же данныя, что и для обыкновенной рѣшетки.

Разсмотрѣвъ конструкцію топки и ея частей, умѣстно здѣсь привести правила при обращеніи съ топками во время сжиганія въ нихъ твердаго топлива—угля, выработанныя Саксонскимъ Обществомъ по наблюденію за паровыми котлами\*).

1) Топливо слѣдуетъ забрасывать въ топку небольшими кусками, одинаковой величины, но не менѣ кулака.

2) Надлежащая толщина слоя топлива на колосниковой рѣшѣткѣ должна сообразоваться съ силой тяги, такъ для каменнаго угля 100—150 м/м., для бурого—60—100 м/м., при искусственной тягѣ толщина слоя можетъ быть увеличена вдвое.

3) Топливо должно забрасываться возможно быстро, при чемъ необходимо придерживаться одного изъ слѣдующихъ способовъ. а) Забрасывать топливо сначала на переднюю часть топки, и только черезъ нѣкоторое время распредѣлять его равномерно по всей рѣшѣткѣ. При этомъ слѣдуетъ работать кочергой въ видѣ крючка, сдвигая сначала заднюю часть закинутого топлива, отодвигая его на заднюю часть рѣшѣтки и

\*) Гавриленко. „Паровые котлы“.

Дементьевъ. „Теплота и заводскія печи“.

равномѣрно распредѣляя, затѣмъ двигая слѣдующую часть и т. д. до тѣхъ поръ, пока не будетъ передвинуть весь уголь, заброшенный на переднюю часть рѣшетки, послѣ чего забрасываютъ свѣжую порцію.

б) Уголь забрасывается быстро, небольшими порціями и равномѣрно распредѣляется по всей рѣшѣткѣ.

4) Всѣ части рѣшетки должны быть покрыты равномѣрнымъ слоемъ топлива. Прочистка колосниковъ должна производиться по возможности рѣже, сообразуясь со свойствомъ топлива, такъ какъ при этомъ появляется большое количество дыма. Если рядомъ работаютъ нѣсколько котловъ, то не слѣдуетъ очищать рѣшетки отъ шлаковъ непосредственно одну за другой, а черезъ нѣкоторые равные промежутки.

5) При открываніи дверецъ регистръ долженъ быть непременно прикрытъ.

6) При правильной работѣ колосниковой рѣшетки, зольникъ долженъ быть совершенно ярко и равномѣрно освѣщенъ п изъ дымовой трубы долженъ ити лишь слабый дымъ.

Всѣ топки съ прерывающею нагрузкой топлива имѣютъ тотъ существенный недостатокъ, что въ извѣстный промежутокъ времени, непосредственно слѣдующій послѣ загрузки топлива, выдѣляютъ значительное количество дыма, что представляетъ, во-первыхъ, прямую потерю въ топливѣ, а во-вторыхъ, служить источникомъ порчи наружнаго воздуха, что особенно замѣтно въ городахъ.

Подобная загрузка топлива нарушаетъ установившійся ходъ процесса горѣнія, вслѣдствіе чего происходитъ значительное пониженіе температуры въ топкѣ, образованіе продуктовъ сухой перегонки и разложеніе нѣкоторыхъ углеводородовъ съ выдѣленіемъ изъ нихъ углерода въ видѣ дыма. Такимъ образомъ причиной образованія дыма служитъ недостаточное количество притекаемаго къ топливу воздуха; это объясненіе можетъ съ перваго взгляда показаться неправдоподобнымъ, такъ какъ всегда въ продуктахъ горѣнія содержится избытокъ воздуха, а слѣдовательно и кислорода, необходимаго для полнаго сжиганія топлива. Последнее обстоятельство объясняется тѣмъ, что этотъ избытокъ воздуха могъ оказаться не тамъ, гдѣ въ немъ ощущалась необходимость, т.-е. появиться при такихъ условіяхъ и въ такое время, когда онъ не могъ принести существенной пользы.

Такимъ образомъ изъ всего сказаннаго можно сдѣлать заключеніе, что причиной образованія въ топкѣ дыма является періодичность загрузки топлива; вотъ почему все время техника стремилась сконструировать такія топки, въ которыхъ бы можно избѣжать этого неудобства; за это время въ этомъ направленіи сдѣлано очень много, но къ сожалѣнію этотъ вопросъ не рѣшенъ еще окончательно. Предложенныя топки носятъ названіе **дымогарныхъ** и конструкція ихъ бываетъ весьма раз-

лично въ зависимости отъ способа веденія въ топкѣ процесса горѣнія. Такъ весьма часто дѣлаютъ въ топкѣ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ для сжиганія дыма дополнительный притокъ воздуха или подаютъ топливо непрерывно при помощи какихъ-либо приспособленій, напр., при помощи двигающаго безконечнаго рѣшетчатого полотна, или же сжигаютъ топливо въ пылеобразномъ видѣ, пульверизируя послѣднее въ топку при помощи вентилятора и т. д.

**Топка для жидкаго топлива.** Въ виду громаднаго значенія для насъ нефтяного отопленія, мы постараемся въ этомъ отдѣлѣ болѣе подробно остановиться на этомъ вопросѣ, разобравъ существующіе приемы сжиганія нефтяныхъ остатковъ и наиболѣе типичныя конструкціи нефтяныхъ топковъ.

Сжигать нефтяные остатки можно непосредственно, вливая ихъ въ особыя коробки, вставленныя въ топку, или же заставляя мазуть течь по наклонной плоскости, на которой онъ, по мѣрѣ стеканія, постепенно сгораетъ. Возможно нефтяными остатками пропитывать различныя пористыя вещества и послѣднія уже сжигать въ топкѣ; кромѣ того нефтяные остатки можно вливать въ топку небольшой струей, гдѣ часть ихъ сгораетъ, а другая превращается въ газообразные и парообразные продукты, которые можно уже сжечь въ реакціонномъ пространствѣ.

Этотъ приемъ сжиганія представляетъ громадныя неудобства, вслѣдствіе происходящаго неполнаго сгорания ихъ и выдѣленія слишкомъ большого количества дыма.

Болѣе практическій способъ сжиганія нефтяныхъ остатковъ состоитъ въ пульверизаціи ихъ, или механическимъ путемъ, заставляя вытекать ихъ черезъ тонкое отверстіе подъ сильнымъ давленіемъ, или же пульверизируя ихъ при помощи струи воздуха и пара.

И, наконецъ, послѣдній приемъ отопленія нефтью—состоитъ въ превращеніи ея въ горючій газъ въ ретортахъ, генераторахъ и др. и сжиганіи послѣдняго въ реакціонномъ пространствѣ. Сжиганіе нефтяныхъ остатковъ по первому способу, т. е. въ видѣ жидкости примѣняется исключительно въ томъ случаѣ, если нѣтъ возможности ихъ пульверизировать, такъ напр. для отопленія комнатныхъ и заводскихъ печей, гдѣ нѣтъ пара.

Для этой цѣли въ топку вставляется или обыкновенная желѣзная коробка, размѣрами 150×200×50 м/м. (рис. 61), или же такъ называемые колосники Нобеля (рис. 62).

Въ коробкѣ, указанныхъ размѣровъ, при комнатныхъ печахъ можно сжечь въ 1 часъ до 10 фунт. мазута; при непрерывномъ же дѣйствіи топки, при заводскихъ трубахъ, количество сжигаемыхъ нефтяныхъ остатковъ при этихъ условіяхъ въ 1 часъ можно довести до 30 фунт. Пламя въ

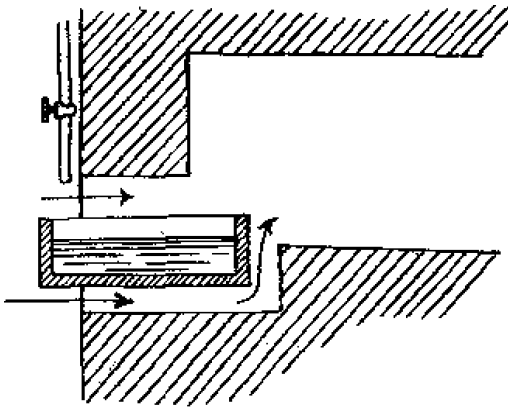


Рис. 61.

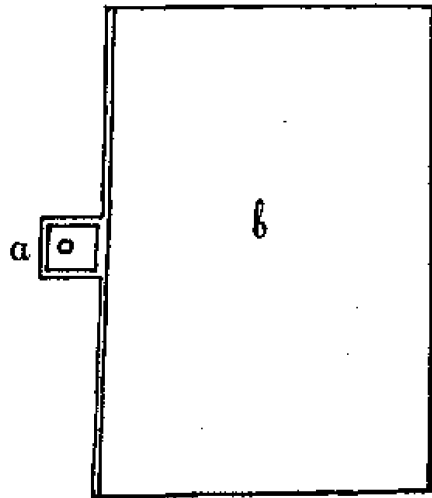
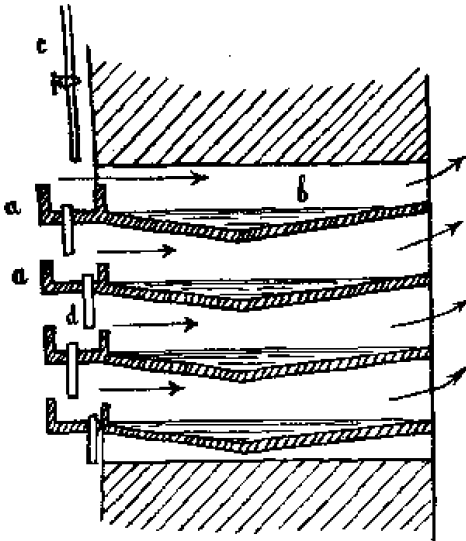


Рис. 62.

этомъ случаѣ получается длиною отъ  $1\frac{1}{2}$ —3 фут. и горѣніе идетъ съ образованіемъ небольшого дыма.

Колосники Нобеля состоятъ изъ чугунныхъ ковшей *b*, соединенныхъ съ чашечками *a*, въ одну изъ которыхъ, а именно верхнюю по трубѣ с поступаютъ нефтяные остатки, а уже изъ послѣдней черезъ отверстіе въ ковшъ *b*. Избытокъ мазута изъ каждаго колосника трубкой *d* переливается въ нижележащій и т. д.

Таіе колосники укрѣпляются въ передней стѣнкѣ топки и необходимый для горѣнія воздухъ проходитъ между ними, какъ показано на рис. 62.

На каждомъ колосникѣ, длиною 12—15 дюйм., шириною 5—6 дюйм. и высотой 2 дюйма можетъ сгорѣть до 30 фунтовъ мазута. Горѣніе на колосникахъ Нобеля происходитъ съ довольно значительнымъ количествомъ дыма и опасно въ томъ отношеніи, что если мазуть содержитъ воду, то послѣдняя, попадая на раскаленные колосники моментально превращается въ паръ и разбрызгиваетъ мазуть, что, конечно, не безопасно въ пожарномъ отношеніи.

Кромѣ того внутренняя кромка колосниковъ подъ влияніемъ высокой температуры быстро портится, и на ходу, въ случаѣ надобности, чтобы смѣнить одинъ колосникъ, необходимо пріостановить отопленіе и вынуть всю колосниковую рѣшетку, что конечно представляетъ большое неудобство. На

рис. 63 представлено схематическое изображение так назыв. капельниковой топки, в которую мазуть поступает небольшою струей по нѣсколькимъ  $\frac{1}{4}$ — $\frac{3}{8}$  дюйм. трубкамъ съ такимъ расчетомъ, чтобы на каждую трубку приходилось бы не болѣе 1 нуда въ 1 часъ проходящихъ нефтяныхъ остатковъ. Емкость такой топки дѣлаютъ отъ 6—7 куб. фут. на 1 пудъ сгораемаго въ 1 часъ топлива. Резервуаръ для нефтяныхъ остатковъ обыкновенно располагаютъ на  $1\frac{1}{2}$ —2 метра выше воронокъ

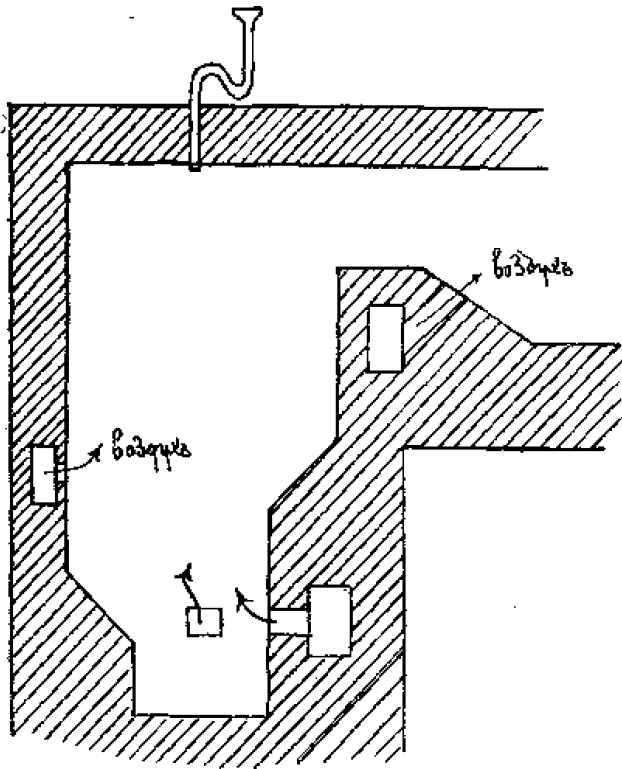


Рис. 63.

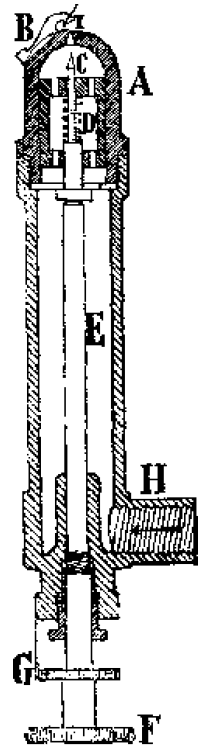


Рис. 64.

приточныхъ трубокъ. Диаметръ трубы, подводящей мазуть къ воронкамъ при расходѣ послѣдняго до 5 нуд. въ 1 часъ, дѣлаютъ 3 дюйм.; при большемъ же расходѣ отъ 4—5 дюймовъ.

Что касается сжиганія нефтяныхъ остатковъ при помощи пористыхъ веществъ, то обыкновенно для этой цѣли употребляютъ шарики или изъ шамота, или же инфузорной земли, которые пропитываютъ мазутомъ и въ такомъ видѣ закладываютъ въ топку и сжигаютъ.

Неудобство примѣненія въ такомъ видѣ топлива состоитъ въ томъ, что поры шариковъ сильно затягиваются коксомъ, отъ котораго ихъ необходимо очищать, чтобы, пропитавъ снова топливомъ, употребить въ дѣло.

Для увеличенія поверхности соприкосновенія воздуха съ мазутомъ, послѣдній необходимо раздробить на мелкія частички, т.-е. по возможности превратить въ пылеобразное состояніе. Подобное дробленіе для иолученія бездымнаго горѣнія нефтяныхъ остатковъ достигается при помощи пульверизаціи ихъ подь сильнымъ давленіемъ въ особыхъ аппаратахъ, называемыхъ форсунками.

Для механической пульверизаціи употребляютъ нѣсколько типовъ форсунокъ, напр. системы «Симплексъ», Кертинга и др. Форсунка «Симплексъ» (рис. 64) представляетъ широкую трубку съ боковымъ отросткомъ Н, черезъ нижній конецъ которой, при помощи сальника, входитъ стержень Е; верхній же конецъ закрытъ наконечникомъ А съ небольшимъ отверстіемъ. Въ наконечникъ А вставляется полый цилиндръ D съ продѣланными въ обоихъ днахъ отверстіями для прохода нефтяныхъ остатковъ.

Регулированіе притока мазута достигается ввинчиваніемъ или вывинчиваніемъ стержня Е, который своимъ конусомъ С можетъ то прикрывать, то открывать отверстіе і. Сверху на наконечникъ А помѣщается особый поже, служащій для разбѣканія выходящей подь сильнымъ давленіемъ струи нефтяныхъ остатковъ изъ отверстія і.

Для правильного дѣйствія этой форсунки необходимо имѣть предварительно подогрѣтый мазуть до 70° Ц. и давленіе входящаго топлива черезъ отверстіе Н, не менѣе 9 атмосферъ.

Изъ недостатковъ этого рода форсунокъ мы укажемъ на затруднительность поддержанія очень высокаго давленія, на быстрое засариваніе мелкихъ выходныхъ отверстій и на всегда возможное поврежденіе наружнаго ножа.

Наиболѣе распространенный приѣмъ пульверизаціи мазута—это паромъ и менѣе по своей дороговизнѣ, сжатымъ воздухомъ въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ необходимо получить высокую температуру. Передъ разсмотрѣніемъ этого рода пульверизаціи, мы остановимся на описаніи нѣкоторыхъ подготовительныхъ аппаратовъ и приборовъ, служащихъ для предварительнаго подогрѣванія мазута передъ поступленіемъ въ форсунки и для фильтрованія отъ могущихъ быть въ немъ взвѣшенныхъ веществъ. Для подогрѣванія нефтяныхъ остатковъ до 60—70° Ц., но не выше 80° Ц., съ цѣлью придать имъ болъшую подвижность, что необходимо для равномерной и правильной пульверизаціи, употребляютъ обыкновенно желѣзные клепаные резервуары съ проложенными въ нихъ паровыми змѣевиками. Поверхность въ 1 кв. мтр. парового змѣевика изъ  $\frac{3}{4}$ —2" желѣзныхъ трубъ вполне достаточна на 2—3 куб. м. емкости подогрѣвателя. Внизу подогрѣвателя устраиваютъ небольшой кранъ въ  $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{4}$ " для спуска отстоявшейся изъ нефтяныхъ остатковъ воды и выходную трубу а для мазута съ сѣтчатымъ фильтромъ в, какъ указано на рис. 65. При па-



ровых форсунках положение дна резервуара с топливом необходимо дѣлать на 1—2 метра выше положенія форсунки. Неудобство устраиваемого такимъ образомъ фильтра заключается въ томъ, что на ходу, когда резервуаръ наполненъ мазутомъ, фильтръ нельзя чистить. Наиболее практичными фильтрами являются приборы, изображенные на рис. 66,

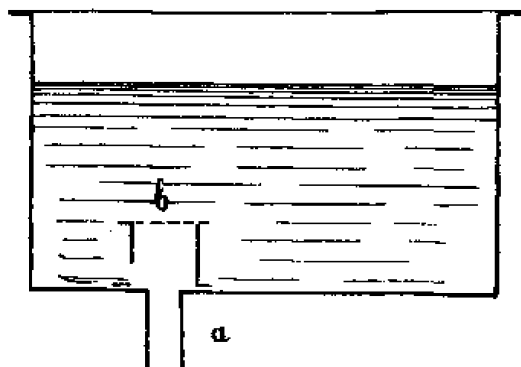


Рис. 65.

которые устанавливаются на пути между резервуаромъ и форсункой. Эти приборы состоятъ изъ резервуара, внутри котораго устанавливается фильтрующая сѣтка съ отверстиями въ 1—1½ м/м. въ вертикальномъ или наклонномъ положеніи, легко очищаемая послѣ открытія крышки.

Для паровой пульверизаціи мазута употребляютъ различныя конструкции форсунки, дающія при своемъ дѣйствіи, т.-е. горѣніи мазута или длинное сигароподобное пламя, или же лентообразное и вѣерообразное, что зависитъ отъ формы форсунки, будетъ ли она круглая или плоская.

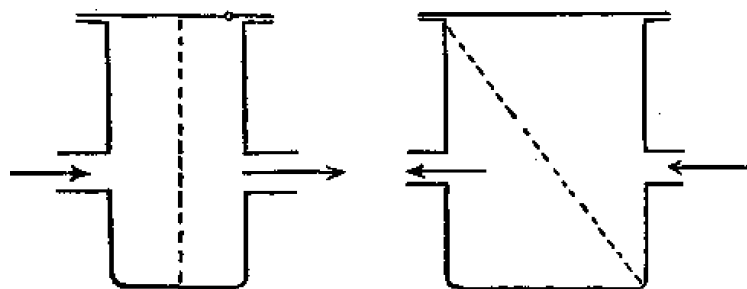


Рис. 66.

Наиболѣе употребительной форсункой является системы Шухова, рис. 67, которая представляетъ мѣдную трубу, въ которую вставляется полый шпindelъ *б*, могущій при своемъ вращеніи закрывать и открывать отверстіе для притока мазута по трубѣ *с*. Паръ входитъ по трубѣ *д* и направляется въ кольцевое пространство между наружной трубкой *а* и внутренней, т.-е. шпинделемъ *б*. При правильной установкѣ форсунки обыкновенно край шпинделя не долженъ доходить до края наружной трубки на 1—2 м/м.

Нефтяные остатки, вытекая изъ конца внутренней трубки, подхватываются сильной струей пара и разбрызгиваются въ видѣ мельчайшей

пыли. Хорошо сконструированная форсунка начинает работать уже при давлении пара въ 5—8 фунтовъ и нормально при 15—25 фунт.

Расходъ пара на форсунку хорошей конструкции можно принять отъ 2 до 5% отъ вѣса образующагося пара.

Для форсунокъ съ плоскимъ отверстіемъ размѣръ паровой щели принимаетъ въ 1.500.000 разъ менѣе поверхности нагрѣва котла, при чемъ длина паровой щели берется отъ 20 до 70 м/м. и высота отъ 0,3—1 м/м.

Площадь же нефтяной щели дѣлается въ 500.000—2.000.000 разъ менѣе поверхности нагрѣва котла, при чемъ длина нефтяной щели обыкновенно бываетъ на 3 м/м. менѣе длины паровой щели, а высота на 0,3—2 м/м.

Хорошо сконструированная форсунка должна удовлетворять слѣдующимъ условіямъ.

1) пламя легко регулируется (т.-е. притокъ топлива и пара);

2) отверстіе форсунки не должно засариваться;

3) всѣ части форсуки легко разбираться;

4) сопло форсунки не должно обгорать;

5) форсунка должна быть такъ расположена, чтобы ее можно было легко отодвигать отъ топочныхъ дверецъ.

Въ нижеприведенной таблицѣ указаны размѣры форсунокъ Шухова, соотвѣтственно съ количествомъ сжигаемаго топлива.

Размѣры форсунки. Количество сжигаемаго мазута въ 1 ч. въ кгр.

	Minim.	Maxim.	Среднее.
$\frac{1}{4}$ дюйм. . . . .	12	120	96
$\frac{3}{8}$ » . . . . .	19	144	112
$\frac{1}{2}$ » . . . . .	32	176	120
$\frac{5}{8}$ » . . . . .	44	210	140
или при діам. $\frac{1}{8}$ '' нефт. отверстія въ 1 часть испар.		500 ф. воды.	
» » » $\frac{1}{4}$ '' » » » 1 » »		1500 » »	
» » » $\frac{3}{8}$ '' » » » 1 » »		2500 » »	
» » » $\frac{1}{2}$ '' » » » 1 » »		3500 » »	
» » » $\frac{5}{8}$ '' » » » 1 » »		5000 » »	

На каждый кв. м/м. площади сѣченія паровой струи можетъ сгорѣть въ 1 часъ отъ 5 до 10 килогр. мазута въ зависимости отъ давленія пара.

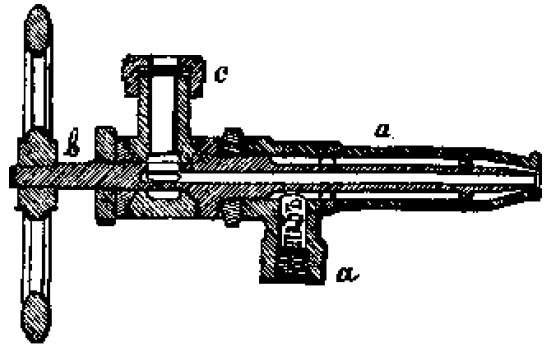


Рис. 67.

Для вычисления площади отверстій для ввода въ топку воздуха, необходимаго для горѣнія мазута, можно воспользоваться слѣдующей формулой.

$$W = \frac{Q}{18 \sqrt{h}}, \text{ гдѣ}$$

W—площадь сѣченія отверстія въ кв. метр.

Q—количество воздуха, необходимаго для горѣнія въ куб. метр.

h—разрѣженіе въ тоннѣ въ м/м. водяного столба.

При расчетѣ по этой формулѣ для опредѣленія количества воздуха можно принять, что на 1 фунтъ сжигаемыхъ нефтяныхъ остатковъ требуется около 260 куб. фут. воздуха; что же касается силы тяги, то для h при нормальныхъ условіяхъ можно принять около 10 м/м.

Для опредѣленія количества передаваемой нефти Q въ куб. ф. можно пользоваться слѣдующей формулой  $Q = (0,6 + 0,06T) \sqrt{\frac{d^5 h}{l}}$ ,

гдѣ T средняя температура въ нефтепроводѣ, h—напоръ въ футахъ, l—длина нефтепровода въ футахъ и d—диаметръ трубы въ футахъ.

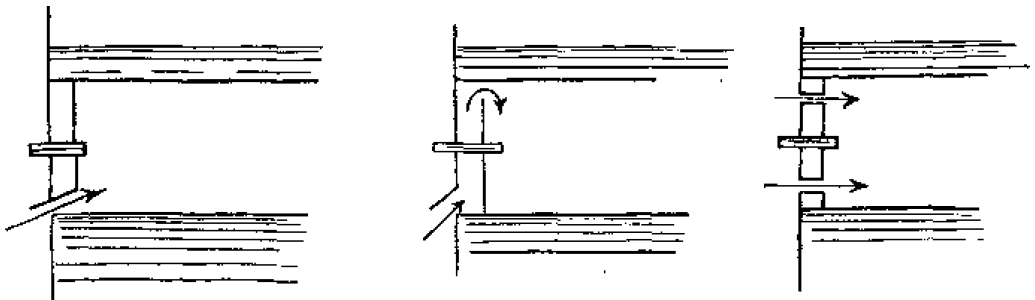


Рис. 68.

Для улучшенія условій горѣнія топлива полезно паръ, впускаемый въ форсунку, предварительнo перегрѣвать, помѣщая паропроводъ, длиною около 10 метровъ, въ 1-й дымоходъ парового котла.

Въ заключеніе о паровой пульверизаціи остается упомянуть еще о способѣ, который применяется главнымъ образомъ при нагреваніи котловъ водяного отопленія, гдѣ не имѣется въ наличности пара.

Этотъ приемъ заключается въ томъ, что по трубамъ, расположеннымъ въ самой топкѣ котла, пускаютъ небольшое количество воды; послѣдняя теплотою горячаго топлива превращается въ паръ, которымъ по отдѣленіи конденсаціонной воды и пользуются для пульверизаціи мазута.

Что касается подвода воздуха въ топку при работѣ форсунки, то это дѣлается различно, какъ показано на прилагаемомъ рис. 68.

Наконецъ для превращенія нефтяныхъ остатковъ въ газъ пользуются или особыми ретортами Шинча, въ которыхъ изъ 1 объема мазута получается до 800 объемовъ нефтяного газа, или же сжигаютъ это топливо въ особыхъ печахъ, изъ которыхъ наиболѣе извѣстенъ генераторъ Крунскаго.

Собственно тонка для отопленія нефтяными остатками при помощи пудверизация устраивается крайне просто, для паровыхъ котловъ она представляетъ особую камеру, сложенную изъ огнеупорнаго кирпича; при заводскихъ же печахъ форсунка чаще всего непосредственно вставляется въ реакціонное пространство съ соответствующей подачей воздуха.

На рис. 69 и 70 указано схематическое изображеніе нефтяной тонки для вертикальныхъ паровыхъ котловъ, а рис. 71 показываетъ обмуровку нефтяной тонки въ горизонтальныхъ котлахъ.

Нефтяная тонка для вертикальныхъ котловъ, какъ видно изъ рис., можетъ помещаться или внутри котла, рис. 69, или же выноситься внѣ котла, что несравненно рациональнѣе.

Въ первомъ случаѣ желѣзные стѣнки котла футеруются огнеупорнымъ кирпичемъ на такой же глини въ  $2\frac{1}{2}$ " толщины; высоту футеровки обыкновенно дѣлаютъ на 250—300 м.м. выше положенія форсунки. Форсунку устанавливаютъ всегда съ небольшимъ уклономъ, чтобы пламя ея било въ дальній нижній уголъ футеровки. Подводъ необходимаго количества воздуха въ тонку можно дѣлать въ топочной дверцѣ, куда вставляется форсунка, но лучше, если большую часть воздуха подвести подъ тонку, какъ показано на прилагаемомъ рисункѣ, гдѣ *b*—представляетъ желѣзный, или чугунный листъ, а при *a* устроена задвижка, позволяющая регулировать притокъ воздуха.

Въ виду того, что тонки въ вертикальныхъ котлахъ весьма короткія, вслѣдствіе чего при такомъ устройствѣ, нельзя работать форсированно, то предложено нефтяную тонку выносить внѣ котла, какъ это дѣлаетъ Шуховъ.

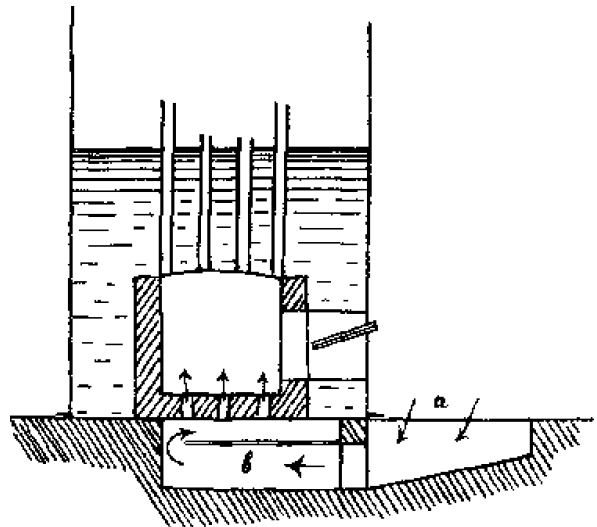


Рис. 69.

При этих топках средний расход на каждый кв. метр поверхности нагрева котла выражается от 2 до  $2\frac{1}{2}$  килогр. мазута; при усиленной, или так назыв. форсированной работе, расход нефтяных остатков может повышаться до 3 и выше килогр. в 1 часъ.

При горизонтальных котлах нефтяныя топки можно устраивать болѣе рационально, удлиняя ихъ по направлению пламени. Футеровочная камера дѣлается, какъ указано на рис. 71, изъ огнеупорнаго кирпича, толщиной отъ  $2\frac{1}{2}$  до  $4\frac{1}{2}$ ". Подача воздуха обыкновенно производится черезъ ту же топочную дверцу, куда вставлена форсунка.

Уходъ за нефтяной топкой представляетъ задачу менѣе трудную, чѣмъ за топкой для твердаго топлива, вслѣдствіе легкой регулировки, какъ топлива, такъ и воздуха и непрерывности въ подачѣ нефтяныхъ

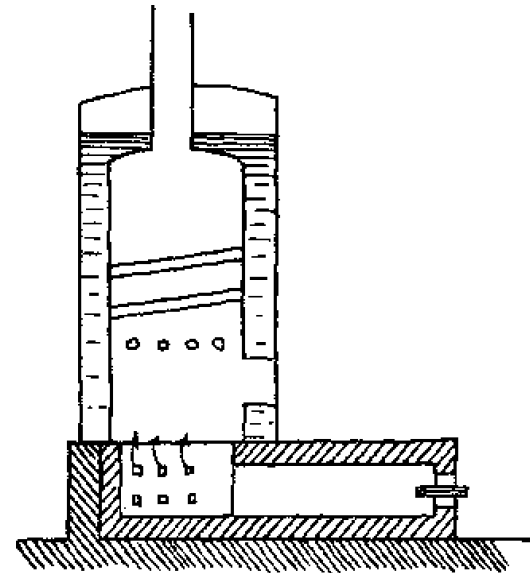


Рис. 70.

остатковъ въ топку. Для пуска въ ходъ нефтяной топки, въ послѣдней разводятъ небольшой огонь при помощи какого-либо другого топлива и, при наличности пара, отводя форсунку въ сторону, открываютъ слегка паровой вентиль ея для спуска конденсационной воды; послѣ чего форсунку вводятъ въ отверстіе топки и при открытомъ паровомъ вентилѣ

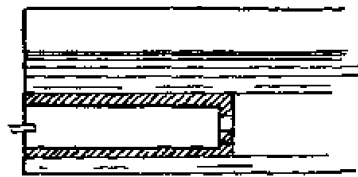
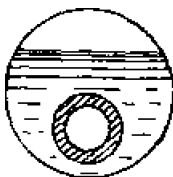


Рис. 71.

слегка открываютъ нефтяной кранъ. Какъ только мазуть воспламенится, то производить регулировку пламени и притока воздуха до получения полнаго горѣнія топлива.

О правильности процесса горѣнія судятъ по цвѣту пламени въ топкѣ, — яркое блестящее пламя указываетъ на горѣніе съ большимъ избыткомъ воздуха и мутно-красное съ образованіемъ небольшого дымка

въ топкѣ—на правильный процессъ; темно-красное же пламя съ появленіемъ обильнаго количества дыма указываетъ на недостатокъ въ топкѣ воздуха.

При нефтяномъ отопленіи весьма часто, при неопытности кочегара, происходятъ въ топкѣ съ выбрасываніемъ пламени, черезъ отверстія въ дверцѣ или небольшіе хлопки или же даже взрывы съ разрушеніемъ обмуровки котла.

На это обстоятельство, которое происходитъ вслѣдствіе накопленія газообразныхъ и парообразныхъ продуктовъ мазута въ топкѣ и дымовыхъ ходахъ, необходимо обращать серьезное вниманіе.

Эти продукты въ смѣси съ воздухомъ даютъ гремучую смѣсь, которая, при послѣдующемъ соприкосновеніи съ пламенемъ форсунки, взрывается.

Для устраненія подобныхъ взрывовъ необходимо тотчасъ остановить дѣйствіе форсунки и при открытыхъ дверцахъ провѣтрить какъ топку, такъ и дымоходы, вслѣдствіе тяги черезъ дымовую трубу, струей воздуха.

**Порогъ.** Принадлежность каждой топки будетъ такъ называемый **порогъ**, т. е. та часть топки, гдѣ происходитъ ея соединеніе съ печнымъ пространствомъ. Полъ порога имѣетъ назначеніе тѣснѣе смѣшивать различные газообразные и парообразные продукты горѣнія топлива съ воздухомъ, а также задерживать увлекаемую золу и частицы топлива, могущія попасть въ печное пространство. Перемѣшиваніе газовъ съ воздухомъ въ полъ порога основано на томъ, что въ этомъ мѣстѣ, вслѣдствіе суженія, происходитъ рѣзкое измѣненіе скорости изъ малой въ большую, хотя очень большую скорость, какъ показалъ опытъ, въ этомъ мѣстѣ газамъ давать не слѣдуетъ.

Обыкновенно площади пояса пороговъ придаютъ размѣры  $= \frac{1}{4}$  площади колосниковой рѣшетки; нѣкоторые же техники этотъ размѣръ уменьшаютъ до  $\frac{1}{5}$  площади рѣшетки.

На рис. 72 изображенъ полъ порога а, соединяющаго топку съ печнымъ пространствомъ.

Положеніе пояса порога не вліяетъ на процессъ горѣнія; такъ будетъ ли онъ около свода, какъ на прилагаемомъ рисункѣ, или посрединѣ, все равно результаты процесса будутъ одни и тѣ же. Полъ порога, расположенный въ центрѣ, аналогиченъ перехвату въ обыкновенномъ ламповомъ стеклѣ, гдѣ топкой служитъ помѣщеніе горячей свѣтильной лампы.

При конструированіи пояса порога необходимо обращать вниманіе на форму его; его никогда не слѣдуетъ дѣлать щелеватымъ; отверстіе съ отношеніемъ сторонъ какъ 1 : 2 уже не выгодно, вслѣдствіе увеличенія нежелательнаго сопротивленія прохождению газовъ, не говоря уже о другихъ отношеніяхъ.

Лучше всего площадь пояса порога дѣлать квадратной, т.-е. съ отношеніемъ сторонъ, какъ 1 : 1.

Въ поясѣ порога, вслѣдствіе полного сторапія газообразныхъ и парообразныхъ продуктовъ, развивается самая наивысшая температура, вслѣдствіе чего на практикѣ это мѣсто печи несма часто приходится ремонтировать.

**Печное пространство.** Накаленные продукты горѣнія изъ топки, пройдя пояс порога, поступаютъ въ печное пространство, гдѣ они должны быть равномерно распределены. Для рѣшенія подобной задачи необходимо знать объемы продуктовъ горѣнія, входящихъ въ печное пространство и объемъ послѣдняго, или другими словами -- для правильнаго дѣйствія всякой печи должно существовать опредѣ-

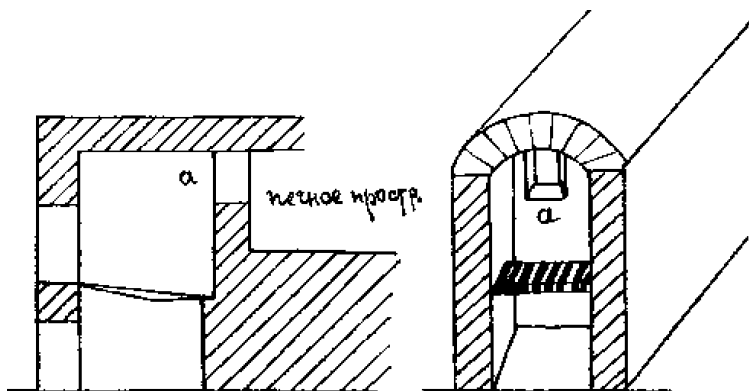


Рис. 72.

ленное соотношеніе между объемомъ печного пространства и количествомъ сжигаемаго топлива, т.-е. площадью колосниковой рѣшетки для стоячихъ печей и отношеніе площади пола къ площади рѣшетки для лежащихъ печей.

Въ печахъ съ интенсивнымъ нагрѣвомъ объемъ входящихъ въ печное пространство сильно накаленныхъ газовъ необходимо смѣнять возможно быстро, вслѣдствіе скорого охлажденія ихъ; въ другихъ же печахъ, гдѣ температура должна быть не слишкомъ высокой, эту смѣну можно производить болѣе медленно. Весь вопросъ относительно печного пространства, при правильномъ вышеуказанномъ соотношеніи, сводится къ достиженію равномернаго занолненія всего пространства накаленными продуктами горѣнія.

Для выясненія этого вопроса представимъ себѣ нѣкоторый сосудъ А (рис. 73), въ который черезъ отверстіе В входитъ газъ, а черезъ С выходитъ изъ него. Для полнаго заливанія всего сосуда газомъ необходимо, чтобы скорости входа и выхода газа не были бы слишкомъ малы и были бы

неравны, при чемъ скорость входящаго газа должна быть менѣ скорости выходящаго, или другими словами—площадь сѣченія В необходимо дѣлать болѣе площади сѣченія С при выходѣ газа.

Что дѣйствительно при этихъ условіяхъ будетъ заполненіе всего сосуда газомъ, можно убѣдиться опытомъ, вставивъ въ разныхъ мѣстахъ сосуда А манометры, которые покажутъ всегда положительную разность давленій, при чемъ посяѣдняя не будетъ зависѣть отъ мѣста входа и выхода газа, а также и отъ объема заполняемаго пространства.

Подобный сосудъ можно вполне сравнить съ печнымъ пространствомъ, а отверстіе входа газа—съ поясомъ порога, и если соблюдены все вышенприведенныя условія, то манометръ во всехъ частяхъ его покажетъ положительную разность давленій, т.е. другими словами—въ печномъ пространствѣ не будетъ ни одной точки печи безъ заполненія ея горячими продуктами горѣнія. При этомъ нужно замѣтить, что это заполненіе не будетъ зависѣть отъ формы печного пространства и даже углы, которые иной разъ встрѣчаются въ разныхъ печахъ, не мѣшаютъ ихъ полному заливанію газами.

Если установить манометръ въ С на выходѣ газовъ, то мы замѣтимъ отрицательную разность давленія, т.е. другими словами—здѣсь будетъ происходить засасываніе; такимъ образомъ въ печахъ давленіе тамъ болѣе, гдѣ скорость движенія газовъ меньше и наоборотъ.

Слѣдовательно, заполненіе печи газами главнымъ образомъ зависитъ отъ соотношенія величинъ входного и выходного отверстій, которое носитъ названіе *в ы л е т а*.

*В ы л е т ь*. Площадь вылета должна быть всегда меньше, чѣмъ площадь пояса порога, но не слѣдуетъ ее слишкомъ суживать, такъ какъ этимъ мы можемъ сильно увеличить положительную разность давленія въ печномъ пространствѣ, что можетъ вредно отозваться на процессѣ горѣнія въ топкѣ.

Опытъ показываетъ, что площадь вылета для равномернаго заполненія печи накалившимися газами, а также для достиженія равномернаго нагрѣва, должна равняться  $\frac{1}{3}$  пояса порога, т.е. составлять  $\frac{1}{12}$  часть площади колосниковой рѣшетки.

Вылетъ никогда не слѣдуетъ дѣлать трубчатымъ и его необходимо разсматривать только, какъ отверстіе въ стѣнкѣ печи (рис. 54); въ противномъ случаѣ, т.е. при трубчатой формѣ вылета увеличиваются вредныя сопротивленія движенію газовъ, что конечно можетъ

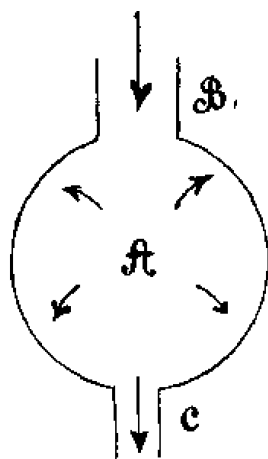


Рис. 53.



вредно отозваться на правильномъ заполненіи газами печного пространства.

Въ практикѣ обыкновенно площадь вылета дѣлается нѣсколько болѣе, чѣмъ слѣдуетъ по расчету, и уже во время работы, если необходимо для пользы дѣла, ее уменьшаютъ накладываніемъ кирпича или плитъ. Вылетъ соединяется дымовымъ каналомъ съ боровомъ и дымовой трубой, при чемъ соединительный каналъ не слѣдуетъ смѣшивать съ вылетомъ.

Такимъ образомъ мы видимъ, что весь процессъ печи зависитъ отъ соответствующихъ размѣровъ пояса порога и вылета. Иной разъ говорятъ, что печь обгорѣла, т.-е. трата топлива становится болѣе, чѣмъ слѣдуетъ на извѣстный процессъ. Такую печь необходимо ремонтировать и главное вниманіе необходимо обращать на провѣрку площадей пояса порога и вылета. Эти части могутъ обгорѣть послѣ нѣсколькихъ мѣсяцевъ работы печи и для временнаго исправленія иной разъ приходится на поясъ порога и вылета, для уменьшенія площади сѣченія ихъ, надвигать плиты или накладывать кирпичи и, если послѣднее не помогаетъ, то производить уже болѣе капитальный ремонтъ всей печи.

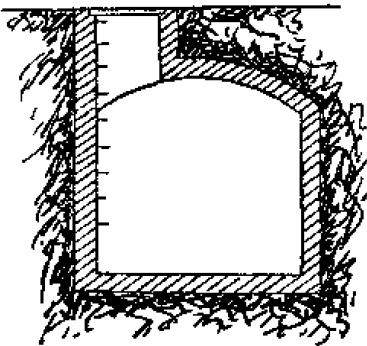


Рис. 74.

**В о р о в ь.** Отработанные продукты горѣнія изъ печного пространства, пройдя черезъ вылетъ, направляются или непосредственно въ дымовую трубу, или же соединяются съ послѣдней при помощи особаго канала, назыв. **б о р о в о м ъ**.

Воровъ большею частью, во избѣжаніе охлажденія газовъ, помѣщается подъ поверхностью земли, въ особенности въ тѣхъ случаяхъ, когда труба находится на нѣкоторомъ разстояніи отъ печей.

Обычная форма борова или квадратная или прямоугольная, при чемъ сѣченіе его дѣлаютъ не менѣе площади сѣченія дымовой трубы, расчетъ которой будетъ приведенъ ниже.

На рис. 74 изображенъ поперечный разрѣзъ борова съ люкомъ для осмотра и чистки его. Весьма часто приходится въ одну дымовую трубу впускать продукты горѣнія изъ нѣсколькихъ борововъ. Въ этомъ случаѣ необходимо заботиться, чтобы при сопряженіи борововъ не было перебивающаго движенія газовъ, а потому направленіе имъ придаютъ, какъ показано на рис. 75, 76 и 77. Въ случаѣ же если борова подходят къ дымовой трубѣ съ противоположныхъ сторонъ, то въ самой трубѣ въ нижней части ея дѣлаютъ вертикальную перегородку, которая препятствуетъ столкновенію между собой частицъ газовъ, а слѣдовательно и уменьшенію тяги.

Въ каждомъ боровѣ необходимо установить или задвижку—шиберъ, какъ показано на рис. 80, или же вращающійся клапанъ, какъ на рис. 78 и 79, при чемъ конструкція послѣдняго клапана примѣняется для желѣзнаго борава, или трубы.

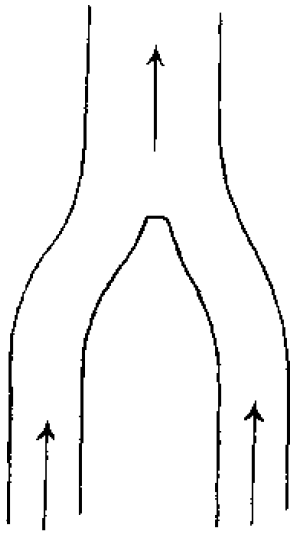


Рис. 75.

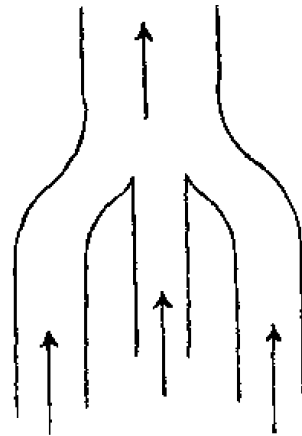


Рис. 76.

Лучше ставить клапанъ, ибо послѣдній снабжается сальникомъ, черезъ который наружный воздухъ не можетъ просачиваться и тѣмъ самымъ уменьшать тягу трубы; при устройствѣ же задвижекъ это неудобство имѣть мѣсто.

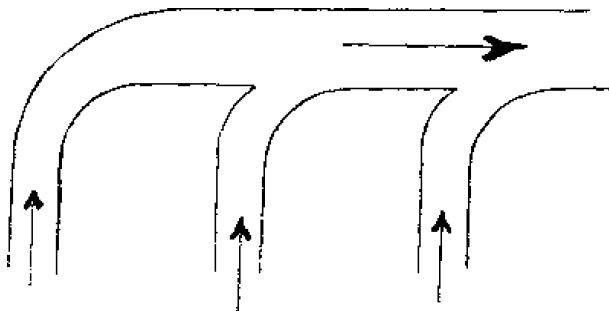


Рис. 77.

Такъ какъ обычнымъ матеріаломъ для устройства боравовъ является кирпичъ, то очевидно, что при помѣщеніи боравовъ въ грунтъ съ обильной водой, въ борава можетъ просачиваться вода и заливать послѣдніе. Въ виду этого на это обстоятельство необходимо обращать должное вниманіе, такъ какъ, помимо сокращенія площади сѣченія борава находящей-

ся въ немъ водой, послѣдняя, испаряясь, будетъ значительно поижать температуру отходящихъ газовъ и тѣмъ самымъ нарушать правильную тягу, а слѣд. и процессъ горѣнія въ топкѣ.

Во избѣжаніе этого подобные грунты необходимо тщательно дренировать и отводить воду отъ борововъ. Что касается величины и на-

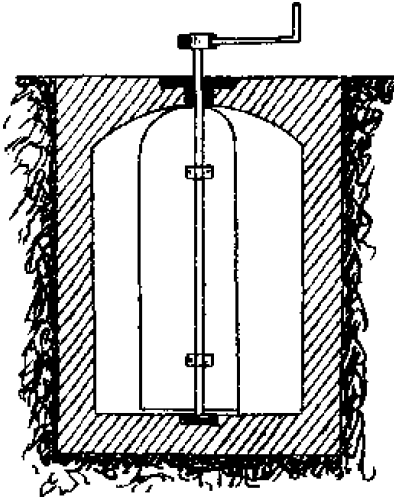


Рис. 78.

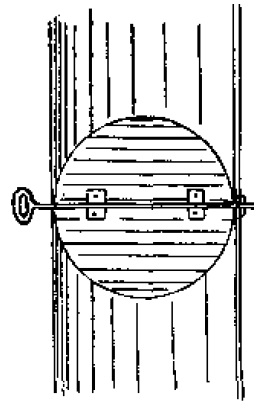


Рис. 79.

правленія борововъ, то они должны имѣть по возможности большую площадь сѣченія, имѣть прямое направленіе и быть короткими; особенно необходимо избѣгать нисходящихъ колѣнъ, сильно тормозящихъ тягу въ печи. Въ случаѣ, если послѣдняго нельзя избѣгнуть, то стараются ихъ дѣлать плавно спускающимися и въ этихъ мѣстахъ увеличиваютъ площадь сѣченія борова.

Дымовая труба. Продукты горѣнія изъ печного пространства проходятъ черезъ боровъ и попадаютъ въ дымовую трубу, или же непосредственно въ нее. Дымовая труба служитъ для полученія такъ называемой тяги въ печи, т.е. для побужденія непрерывнаго притока свѣжаго воздуха въ топку печи и удаленія изъ печного пространства продуктовъ горѣнія.

Дѣйствіе дымовой трубы основано на большей или меньшей разности давленія внутри толки и внѣ

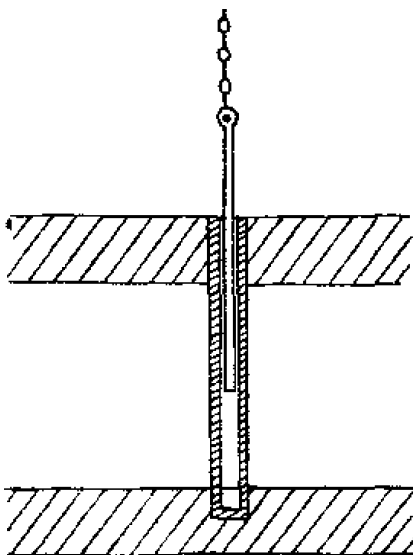


Рис. 80.

ей, т.-е. на вершинѣ трубы. Эта разность давленія зависитъ отъ разности температуръ наружнаго воздуха и продуктовъ горѣнія, уносимаго въ дымовую трубу; при этомъ, чѣмъ выше температура въ трубѣ отходящихъ газовъ, тѣмъ тяга сильнѣе и наоборотъ; кромѣ того, тяга въ значительной степени зависитъ отъ площади поперечнаго сѣченія трубы и въ меньшей степени отъ высоты трубы.

Для доказательства послѣдняго были построены двѣ трубы,—одна діаметромъ 32 сант., а другая—30 сант., и оказалось, что для полученія одинаковаго эффекта тяги, при всѣхъ прочихъ равныхъ условіяхъ, необходимо высоту трубы съ діаметромъ 30 сант. увеличить почти вдвое; такимъ образомъ мы видимъ, что наибольшее значеніе для тяги имѣетъ поперечное сѣченіе трубы; высота же трубы въ этомъ случаѣ играетъ второстепенную роль; такъ что, если мы имѣемъ двѣ трубы одинаковаго діаметра, но различной высоты, напр., одна выше другой вдвое, то тяга, при всѣхъ прочихъ одинаковыхъ условіяхъ, едва ли повысится болѣе чѣмъ на 10% въ высокой трубѣ, относительно тяги въ низкой.

Въ дымовыхъ трубахъ для печей обыкновенно высоту дѣлаютъ отъ 15 до 20 метр.; при этомъ, если мы видимъ трубы выше, то исключительно для того, чтобы не дымить окрестность, а въ городахъ, кромѣ того, чтобы избѣгать задуванія трубы вѣтромъ, отраженнымъ отъ крышъ высокихъ домовъ.

Какъ выше было указано, тяга въ печи зависитъ отъ температуры продуктовъ горѣнія, поступающихъ въ дымовую трубу, и чѣмъ выше она, тѣмъ тяга сильнѣе; но съ другой стороны работать съ газами при высокой температурѣ крайне неэкономично въ смыслѣ бесполезной траты топлива, а потому эксплуатація дымовой трубы при неумѣломъ веденіи процесса горѣнія въ тонкѣ и нераціональной конструкціи печи стоитъ довольно большихъ затратъ. Для иллюстраціи этого примѣромъ, мы приведемъ формулу для опредѣленія потери теплоты, уносимой горячими продуктами горѣнія черезъ дымовую трубу.

$$v = 0,65 \frac{T - t}{CO_2}, \text{ гдѣ}$$

$v$ —потеря теплоты въ % черезъ дымовую трубу,

$T$ —температура газовъ въ трубѣ въ ° Ц.

$t$ —температура помещенія, гдѣ находится тонка,

$CO_2$ —содержаніе углекислоты въ дымовыхъ газахъ въ объемныхъ %.

Положимъ:  $T=150^\circ \text{ Ц.}$ ,  $t=20^\circ \text{ Ц.}$ ,  $CO_2=10\%$ , тогда

$$v = 0,65 \cdot \frac{150 - 20}{10} = 9,65\%.$$

$T=300^{\circ}$  Ц.,  $t=20^{\circ}$  Ц. и  $CO_2=10\%$ .

$$v = 0,65 \cdot \frac{300 - 20}{10} = 18,2\%.$$

Такимъ образомъ во второмъ случаѣ при температурѣ газовъ  $300^{\circ}$  Ц. эта потеря вдвое болѣе, чѣмъ для перваго случая, т.-е. для температуры  $150^{\circ}$  Ц. Эта формула применима при отопленіи каменнымъ углемъ, при отопленіи же торфомъ коэффициентъ 0,65 необходимо замѣнить 0,81.

Послѣ этихъ разсужденій казалось бы самымъ простымъ понизить по возможности болѣе температуру газовъ въ дымовой трубѣ, но на практикѣ этотъ вопросъ осложняется тѣмъ обстоятельствомъ, что при пониженіи температуры продуктовъ горѣнія ниже  $150^{\circ}$  Ц. мы можемъ значительно ослабить тягу дымовой трубы. Въ настоящее время въ хорошихъ котельныхъ установкахъ тяга работаетъ при температурахъ отъ  $150$  до  $200^{\circ}$  Ц. Въ тѣхъ же установкахъ, гдѣ температура отходящихъ продуктовъ горѣнія высока и имѣется правильно рассчитанная труба, возможно часть этой теплоты утилизировать установкой на пути горячихъ газовъ приборовъ для подогреванія воды—экономейзеры, или воздуха.

Для расчета дымовой трубы, т.-е. площади сѣченія ея и высоты предложено весьма много формулъ, изъ которыхъ мы рассмотримъ наиболѣе простую, а именно формулу Ланга.

$$F = \frac{G \cdot D (1 + \alpha t)}{3600 \cdot v}, \text{ гдѣ}$$

$F$ —площадь верхняго сѣченія трубы въ квадр. метрахъ.

$G$ —количество топлива, сжигаемаго въ 1 часъ въ килогр.,

$D$ —количество дымовыхъ газовъ въ куб. метр. изъ 1 килогр. топлива,

$\alpha$ —коэффициентъ расширенія газовъ  $= \frac{1}{273} = 0,003665$ .

$t$ —температура газовъ въ дымовой трубѣ въ  $^{\circ}$  Ц., принимаютъ  $250^{\circ}$  Ц.,

$v$ —скорость истеченія газовъ въ дымовой трубѣ.

При обслуживаніи трубой одного парового котла принимаютъ

$$v = 4 \text{ метра въ секунду.}$$

При 3-хъ паровыхъ котлахъ . . . . .  $v = 6$  метр.

» 12 » » . . . . .  $v = 7$  »

»  $12 + x$  » » . . . . .  $v = 7 + \frac{x}{20}$  метр.

Слѣдующая таблица даетъ количество дымовыхъ газовъ въ куб.

метрахъ и килограммахъ изъ 1 килогр. топлива при различномъ избыткѣ воздуха п.

ТОПЛИВО.	п = 1		п = 1,5		п = 2	
	килогр.	куб. мтр.	килогр.	куб. мтр.	килогр.	куб. мтр.
Каменный уголь . . .	10	7,43	14,5	11,0	19,0	14,4
Нефтяные остатки . .	15,3	11,7	23,3	17,4	30,2	22,2
Дрова . . . . .	5,5	4,25	7,8	6,0	10,02	7,75
Торфъ . . . . .	5,3	4,1	7,0	5,5	9,70	7,53
Консь . . . . .	11,2	8,03	16,4	12,2	21,50	16,40

**Примѣръ.** Разсчитать площадь сѣченія круглой дымовой трубы при сжиганіи въ топкѣ 150 килогр. угля въ 1 часъ съ двойнымъ избыткомъ воздуха, т.-е. п=2, при температурѣ  $t=250^{\circ}$  Ц. и скорости  $v=4$  мтр.?

$$F = \frac{150 \cdot 14,4 (1 + 0,003665 \cdot 250)}{3600 \cdot 4} = 0,3 \text{ кв. мтр.}$$

Слѣд. діаметръ верхняго сѣченія  $d$  опредѣлится изъ уравненія

$$\pi \frac{d^2}{4} = 0,3, \text{ откуда } d = 0,61 \text{ мтр.}$$

Внутреннее сѣченіе дымовой трубы дѣлають либо одинаковымъ по всей длинѣ ея, или же обыкновенно расширяють ее книзу.

Для массивныхъ трубъ діаметръ нижняго сѣченія  $d_1$  опредѣляется изъ формулы

$$d_1 = d + \frac{h}{20}$$

гдѣ  $h$ —высота трубы въ метрахъ.

При устройствѣ новыхъ трубъ послѣднимъ слѣдуетъ давать сѣченіе ббльшее, чѣмъ слѣдуетъ по расчету, въ виду могущихъ случиться присоединеній другихъ топокъ, вслѣдствіе расширенія производства.

Высота дымовой трубы обыкновенно опредѣляется въ зависимости отъ величины діаметра ея; такъ по Лангу

$$H = 15 d + 10 \text{ метр., гдѣ}$$

$H$ —высота трубы въ метрахъ,

$d$ —діаметръ трубы въ метрахъ.

Полученная по этой формулѣ высота обыкновенно округляется до ближайшаго цѣлаго числа метровъ и во всякомъ случаѣ не должна быть менѣе 16 метровъ; труба же высотой въ 100 мтр. можетъ считаться вполне достаточной для удаленія вредныхъ и ядовитыхъ газовъ.

Иногда по мѣстнымъ условіямъ размѣры дымовыхъ трубъ бываютъ грандіозны, такъ труба Городской жел. дороги въ Бруклинѣ имѣетъ діаметръ=5,8 мтр., а труба Саксонскихъ Королевскихъ заводовъ имѣетъ высоту 140 метр.

Что касается конфигураціи дымовыхъ трубъ, то послѣдняя можетъ быть круглаго, квадратнаго, шестиграннаго и восьмиграннаго сѣченій.

Выгоднѣе всего строить трубы круглаго сѣченія, какъ по ихъ устойчивости противъ опрокидыванія вѣтромъ, по уменьшенію тренія о стѣнки проходящихъ газовъ, по уменьшенію объема кладки, и наконецъ круглыя трубы имѣютъ наименьшій периметръ, что уменьшаетъ охлажденіе газовъ.

Съ другой стороны, постройка круглыхъ трубъ обходится довольно дорого, вслѣдствіе примѣненія особаго лекальнаго кирпича.

Для удешевленія постройки трубамъ придаютъ восьмигранную форму, какъ ближе подходящую къ круглой, хотя строить трубы и квадратной формы.

Трубы того или другого сѣченія, для придаванія имъ архитектурной прочности, суживаютъ кверху, и раньше считали, что подобное суженіе благоприятно отзывается на тягѣ; на самомъ же дѣлѣ для усиленія тяги слѣдовало бы кверху ихъ расширить, но послѣднее представляетъ затрудненія вслѣдствіе малой архитектурной прочности такихъ трубъ.

Уголъ уклона въ трубахъ, расширяющихся кверху, дѣлаютъ весьма малымъ, отъ  $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}^\circ$  и практика опредѣлила для трубъ не ниже 15 метр. діаметръ верхняго сѣченія дѣлать болѣе на  $\frac{1}{4}$  діаметра нижняго сѣченія.

Дѣйствіе подобныхъ трубъ можно уподобить дѣйствію инжектора. Одна изъ построенныхъ такихъ восьмигранныхъ трубъ въ Россіи имѣетъ высоту 30 метр.—около 100 фут.; высота цоколя съ карнизомъ= $3\frac{1}{2}$  ф., діаметръ вверху= $6\frac{1}{2}$  ф., нижній діаметръ=5 фут.; толщина стѣны внизу  $6\frac{1}{2}$  кирпичей, вверху 1 кирпич.

Что касается толщины стѣнокъ обыкновенныхъ служащихъ кверху трубъ, то послѣдняя зависитъ отъ высоты трубы, діаметра ея, качества матеріала, изъ котораго строится труба и искусства рабочихъ.

Толщина кирпичныхъ стѣнокъ трубы вверху въ зависимости отъ діаметра ея выражается въ слѣдующей таблицѣ.

При діаметрѣ трубы	1—1,5 мтр.	—	толщина стѣнки	15	сант.
»	»	»	1,5—2	»	—
»	»	»	болѣе 2	»	—
				»	»
				20	»
				27—25	(1 кирпич)..

Толщина стѣнокъ кирпичной дымовой трубы постепенно книзу увеличивается на каждые 5 мтр. при лекальномъ кирпичѣ на 5 сант., а при обыкновенномъ кирпичѣ на  $\frac{1}{2}$  кирпича черезъ 5—8 метровъ.

На рис. 81 изображенъ разрѣзъ кирпичной круглой дымовой трубы, состоящей изъ фундамента  $A_1$ , цоколя  $A_2$ , стержня  $A_3$  и капители  $A_4$ . За высоту трубы, вычисляемую по формуламъ, считаютъ величину  $H$ , т. е. вертикальное разстоянiе отъ поверхности колосняковой рѣшетки до верхняго сѣченiя трубы.

Въ виду большой тяжести трубы необходимо заботиться о прочности основанiя ея, поэтому необходимо тщательно изслѣдовать грунтъ и при прочности его (песокъ, гравiй, глина) все-таки площадь основанiя фундамента должна быть такой величины, чтобы нагрузка на каждый квадрат. сантиметръ грунта не превосходила 2,5 кплогр. на 1 кв. сант., или 1 пудъ на квадратный дюймъ. При плохомъ грунтѣ, въ зависимости отъ послѣдняго, слѣдуетъ основанiе трубы дѣлать на сваяхъ, ростверкѣ или дѣлать солидное бетонное основанiе, глубиною 0,75—1,25 мтр.

Уклонъ фундамента къ горизонту дѣлаютъ въ  $60^\circ$  уступами при кирпичѣ въ  $\frac{1}{2}$  кирпича, при бутовой кладкѣ около 6 дюйм.; нижнюю часть фундамента лучше дѣлать изъ бетонной плиты, толщиной  $\cong 0,5 + 0,01 H$ , гдѣ  $H$  высота трубы надъ землей въ метрахъ. Хорошая пропорцiя для бетона 1 ч. порландскаго цемента, 4 ч. песку и 7 ч. щебня.

На прочно возведенномъ фундаментѣ начинаютъ кладку трубы, при чемъ дно ея должно находиться на 0,6—0,8 мтр. ниже входа борава

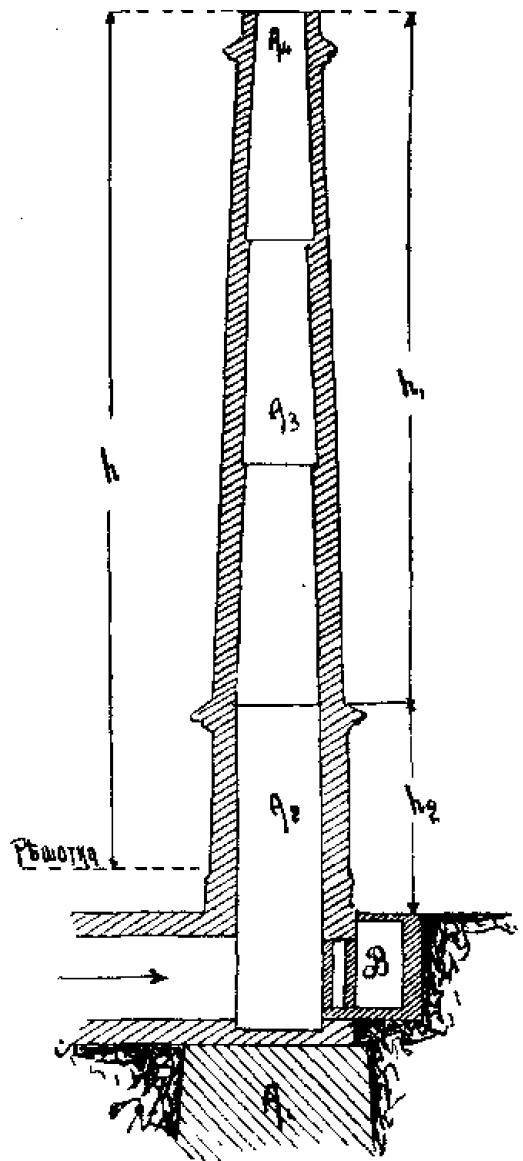


Рис. 81.



для осажденія золы и удобства чистки, которую производить через углубленіе В. Высота цоколя  $h_2$  составляетъ отъ  $\frac{1}{5}$  до  $\frac{1}{6}$  высоты всей трубы,  $h_1 + h_2$ ; внутри его обычно футеруютъ огнеупорнымъ кирпичемъ, толщиной отъ 9 до 15 сант. Такую футеровку можно возводить самостоятельно въ разстояніи отъ стѣнокъ трубы на 2 сант., высотой до 8—12 мтр.

Далѣе на цоколѣ, поверхъ карниза послѣдняго, помѣщаютъ стержень трубы, устраиваемый внутри, какъ сказано было выше, уступами. Величина наружнаго откоса колеблется въ широкихъ предѣлахъ. Называя этотъ уголъ черезъ  $\alpha$ , радиусъ наружной окружности верхняго сѣченія черезъ  $R_0$ , радиусъ наружной окружности нижняго сѣченія черезъ  $R_n$ , принимаютъ:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R_n - R_0}{H_0} = 0,016 \text{ или } 0,02.$$

Для большей прочности стержня трубы рекомендуютъ стягивать его желѣзными кольцами на подобіе обручей, толщиной 10—11 мм., при ширинѣ 6—7 см. и разстояніи ихъ другъ отъ друга 2—5 мтр. Для предотвращенія скольженія этихъ колець, послѣднія укрѣпляютъ при помощи костылей, задѣланныхъ въ кладку трубы, или же употребляютъ для этой цѣли желѣзныя скобы.

Что касается верхняго, вѣнчающаго трубу карниза, или такъ назыв. капители, то онъ исключительно служитъ для украшенія и при неправильной постановкѣ его можетъ вредно вліять на тягу трубы, вслѣдствіе могущаго быть отраженія вѣтра отъ карниза и задуванія въ трубу. Лучше такого карниза совсѣмъ не дѣлать, а замѣнить его связующимъ металлическимъ обручемъ.

Въ случаѣ если приходится дѣлать карнизъ, то трубу слѣдуетъ поднять выше карниза на 2—3 фута.

Послѣ того, какъ сдѣланъ расчетъ и чертежъ дымовой трубы, необходимо произвести повѣрочный подсчетъ на устойчивость ея по отношенію къ опрокидывающему дѣйствию вѣтра и на прочность относительно раздавливанія матеріала, изъ котораго предполагается соорудить трубу.

На рис. 82 изображена схема дымовой трубы, вѣсомъ  $g$ , при дѣйствіи на нее силы вѣтра  $w$  килогр. на 1 квадр. сант., или на всю трубу.  $W$  килогр. Называя площадь проекціи трубы на вертикальную плоскость черезъ  $F$  въ квадр. сант., получимъ, что давленіе  $W$

для трубы квадратнаго сѣченія . . . . .	$W = Fw$
» » круглаго сѣченія . . . . .	$W = \frac{2}{3} Fw.$
» » восьмиугольн. сѣченія . . . . .	$W = 0,707 Fw.$

Выражая черезъ  $x$  разстояніе центра тяжести отъ основанія, а черезъ  $y$  разстояніе силы вѣса трубы  $g$  до точки А, получимъ, что моментъ

опрокидывания  $W \cdot x$  долженъ быть менѣе или по крайней мѣрѣ равенъ моменту устойчивости трубы  $g \cdot y$ .

$$g \cdot y \geq W \cdot x.$$

Величина силы вѣтра обыкновенно увеличивается съ высотой; для опредѣленія этой величины пользуются слѣдующей формулой:

$$W_x = W_n + 0,01 \cdot x, \text{ гдѣ}$$

$W_x$  — сила вѣтра въ килогр. на квадр. сант. на высотѣ отъ поверхности  $x$  метр.

$W_n$  — сила вѣтра въ килогр. на квадр. сант. на самой поверхности земли; обычно ее принимаютъ = 0,015—0,02 килогр. на 1 кв. сант.

При пользованіи первой формулой лучше точку приложенія силы вѣтра  $W$  перенести изъ центра тяжести  $O$  на половину высоты проекціи, т.-е. принять

$$x = \frac{H_0}{2}, \text{ тогда формула}$$

представится въ слѣдующемъ видѣ

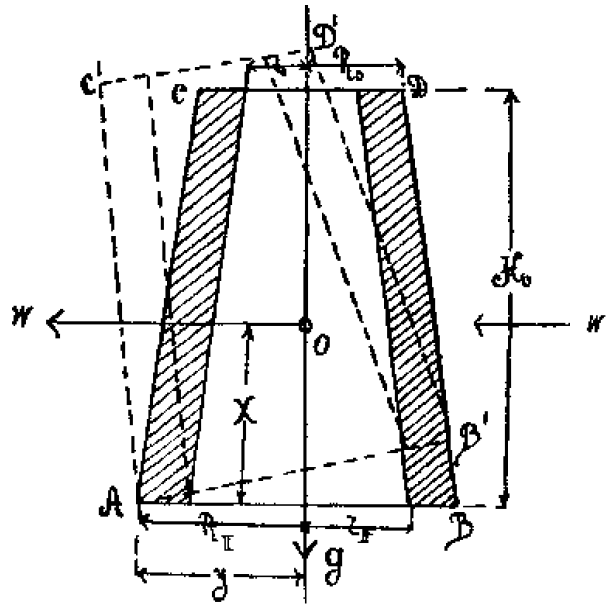


Рис. 82.

$$g \cdot y \geq W \cdot \frac{H_0}{2}$$

Для опредѣленія вѣса трубы необходимо подсчитать объемъ кладки и, зная вѣсъ куб. метра кладки = 1800 килогр., легко вычислить вѣсъ всей трубы.

Въ случаѣ, если величина  $g \cdot y$  по подсчету окажется менѣе  $W \cdot \frac{H_0}{2}$ , то необходимо для соответ. устойчивости трубы прибавить нѣсколько диаметръ ея и снова произвести провѣрочный расчетъ.

Вѣсъ трубы можно опредѣлить по слѣдующей формулѣ:

$$g = \frac{a \cdot b \cdot H_0}{8} \left[ R_{II}^2 + R_{II} \cdot R_0 + R_0^2 - (r_{II}^2 + r_{II} r_0 + r_0^2) \right], \text{ гдѣ}$$

а—для круглаго сѣченія . . . . .	=3,1416
а—для восьмиугольн. сѣченія . . . . .	=3,3137
а—для квадратяго сѣченія . . . . .	=4,0000

$H_2$ —высота стержня трубы въ метрахъ.

Что касается провѣрки прочности на раздавливаніе матеріала, изъ котораго сдѣлана труба, то самымъ опаснымъ мѣстомъ въ этомъ отноше- ній является мѣсто А, вслѣдствіе возникающаго здѣсь максимальнаго давленія. Кромѣ того желательнo подобную провѣрку дѣлать для раз- ныхъ сѣченій трубы на различныхъ высотахъ. Для краснаго кирпича до- пускаемая нагрузка принимается въ 2,2 пуда на 1 кв. дюймъ.

Кладка кирпичныхъ дымовыхъ трубъ можетъ производиться или снаружки при помощи обыкновенныхъ лѣсовъ для трубъ не выше 100 фут., или же безъ лѣсовъ, устанавливая по мѣрѣ возвышенія трубы внутри ея помость, на которомъ помѣщаются рабочіе и строительные матеріалы. По мѣрѣ стройки трубы этотъ помость перемѣщается точно такъ же, какъ и особый кронштейнъ съ блокомъ, черезъ который перекидываютъ канатъ для подъема строительнаго матеріала и рабочихъ при помощи устано- вленной на поверхности земли лебедки.

При кладкѣ трубы весьма часто внутри стѣны оставляютъ воздушныя прослойки для изолировки трубы отъ излишняго охлажденія. Кромѣ того во время кладки внутри трубы, а иногда снаружки въ стѣнки ея задѣлываютъ скобы на разстояніи до 2-хъ футовъ другъ отъ друга, которыя служатъ лѣстницей на случай осмотра, чистки и ремонта ея. Верхъ кладки трубы, во избѣжаніе размыванія дождемъ, оштукатуривается толстымъ слоемъ портландскаго цемента, или же прикрывается чугуннымъ коль- цомъ, по размѣрамъ толщины кирпичныхъ стѣнокъ трубы.

Кладка кирпичныхъ трубъ производится изъ хорошо обожженнаго кирпича на цементномъ или известковомъ растворѣ; низъ же внутри весьма часто футеруется огнеупорнымъ кирпичемъ на огнеупорной глинѣ.

Накопецъ, принадлежность высокихъ трубъ составляетъ правильно устроенный промоотводъ. Послѣдній состоитъ изъ металлическаго шнеля, укрѣпленнаго на верху трубы, который при помощи мѣднаго (не менѣе 6 мм. діаметра) или желѣзнаго (площадь сѣченія не менѣе 850 кв. мм.) проводника соединяется съ мѣдной пластинкой, опущенной въ грунтъ на глубину стоянія грунтовыхъ водъ.

Кромѣ кирпичныхъ свободно стоящихъ трубъ весьма часто въ про- мышленномъ дѣлѣ устраиваютъ для удешевленія постройки трубы въ существующихъ стѣнахъ заводскаго зданія каналъ и только верхнюю часть трубы наставляютъ поверхъ крыши.

Что касается дымовыхъ трубъ, проложенныхъ въ стѣнахъ, для обыкновенныхъ домашнихъ печей и очаговъ, то опѣ обыкновенно устраи-

ваются безъ всякаго теоретическаго расчета, на основаніи практическихъ данныхъ. Такъ на 3—4 печи вполне достаточно поперечное сѣченіе трубы въ одинъ кирпичъ, т.-е. размѣрами 6 на 6 вершковъ.

Расчетъ стоимости дымовой трубы можно произвести по количеству затрачиваемаго строительнаго матеріала и работы; весьма приближенная оцѣнка стоимости трубы въ рубляхъ получается, если высоту трубы въ метрахъ умножить на средній внутренній діаметръ въ сантиметрахъ и на коэффициентъ 0,625.

Кромѣ трубъ, возводимыхъ изъ кирпича, желѣзо-бетона и камня, устраиваютъ весьма часто для удешевленія и скорости возведенія круглыя клепаная трубы изъ котельнаго желѣза. Такія трубы особенно пригодны для небольшихъ топковъ, или какъ временныя сооруженія, но имѣютъ большія неудобства въ смыслѣ недолговѣчности ихъ (5-10 лѣтъ) и слишкомъ сильнаго охлажденія продуктовъ горѣнія.

Нижняя часть такихъ трубъ, т.-е. цоколь дѣлается обыкновенно изъ кирпича и уже на пень устанавливается или частями, если труба большихъ размѣровъ, или же сразу вся желѣзная труба. Для установки трубы въ кладку цоколя задѣлываютъ фундаментные болты, какъ показано на рис. 83 и на нихъ укрѣпляютъ солидную чугунную плиту, на раструбѣ (b) которой устанавливаютъ трубу и прикрѣпляютъ последнюю при помощи болтовъ.

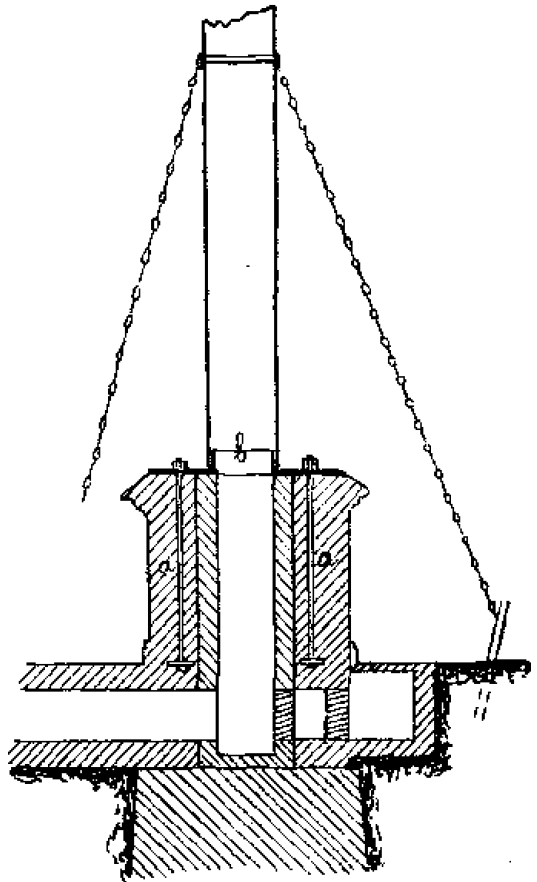


Рис. 83.

При расчетѣ площади сѣченія и высоты желѣзной трубы пользуются формулой для каменныхъ трубъ, взявъ, въ виду сильнаго охлажденія, для площади сѣченія ея  $\frac{2}{3}$  отъ площади кирпичной трубы.—Толщина стѣнокъ трубы зависитъ отъ размѣровъ ея, при чемъ нижнія звенья трубы дѣлаютъ толще, верхнія—тоньше. Обычный размѣръ желѣзныхъ листовъ для нижней части трубы колеблется

отъ 6 до 9 мм; вверху же 4—6 мм.; такъ напр. одна изъ существующихъ желѣзныхъ трубъ, высотой 100 футъ, при верхнемъ диаметрѣ— 4 фута, нижнемъ—5½ футъ, имѣеть вверху листы, толщиной ¼ дюйма, внизу же— $\frac{2}{8}$  дюйма.

Для приданія желѣзной трубѣ устойчивости относительно вліянія вѣтра, къ ней на высотѣ примѣрно  $\frac{2}{3}$  приклепываютъ желѣзное кольцо, въ которому укрѣпляютъ 3—4 цѣпи и послѣднія, натягивая, соединяють съ врытыми прочно въ землю желѣзными рельсами. При солидныхъ трубахъ большой высоты подобное укрѣпленіе цѣпями дѣлають двойнымъ.

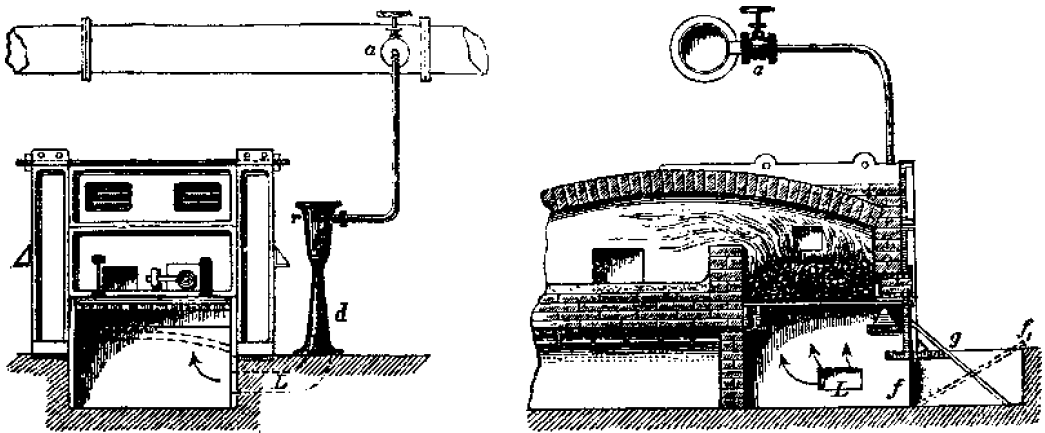


Рис. 84.

Механическая тяга. Техника уже давно обратила вниманіе на нераціональное дѣйствіе дымовыхъ трубъ, влѣдствіе расхода громаднаго количества теплоты—до 20% отъ всего употребляемаго топлива, идущаго на производство тяги, которая также въ большой степени зависитъ и отъ атмосферныхъ перемѣнъ. Кромѣ того, стоимость сооруженія дымовой трубы весьма значительна. Въ виду этихъ соображеній стали замѣнять естественную тягу такъ называемой механической, примѣняя для этого эксгаусторы, которые дѣйствуютъ высасывающимъ образомъ, инжектора—для нагнетанія и, наконецъ, различной конструкціи вентиляторы.

Эти пароструйные аппараты—эксгаусторы и инжектора—стоятъ несравненно дешевле дымовыхъ трубъ, но расходуютъ громадное количество пара, влѣдствіе чего находятъ ограниченное примѣненіе.

Что касается вентиляторовъ, то, хотя стоимость ихъ и установка значительно дороже перваго рода аппаратовъ, но они работаютъ несравненно экономнѣе, расходуя всего отъ 1—3% пара, производимаго котломъ.

На рис. 84 изображена печь съ механической тягой при помощи инжектора Кертинга. Въ поддувало печи через каналъ L нагнетается инжекторомъ  $\delta$  воздухъ, при чемъ регулировка количества его производится при помощи впуска большого или меньшаго количества пара вентилемъ а.

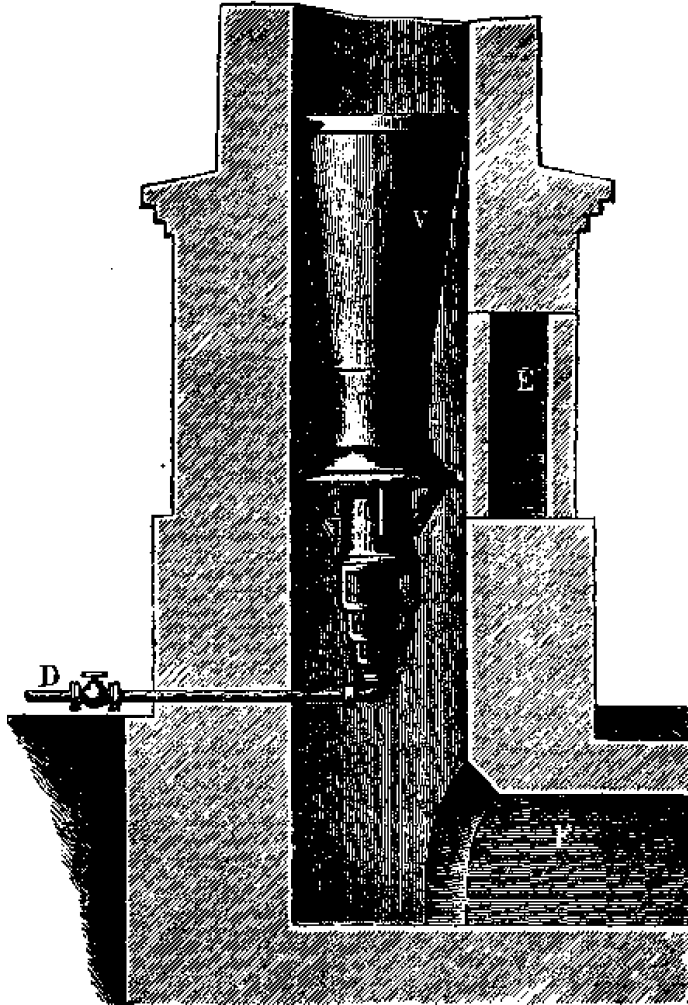


Рис. 85.

Дѣйствіе эксгаустора понятно изъ рис. 85 гдѣ V—эксгаусторъ, D—паровая труба, F—боровъ и E—люкъ. Сильная струя пара производитъ въ аппаратѣ разрѣженіе, вслѣдствіе чего воздухъ изъ боровъ энергично засасывается въ трубу.

На рис. 86 и 87 изображена установка вентилятора, при помощи котораго продукты горѣнія засасываются въ дымовую трубу. На рис. 87 при дѣйствіи вентилятора В воздухъ съ большой скоростью вгоняется въ

промежуток между мундштуком С и трубой D, вследствие чего въ боровѣ, а слѣд. и топкѣ происходитъ разрѣженіе и подача наружнаго воздуха къ горящему топливу; на рис. 86-мъ изображена установка

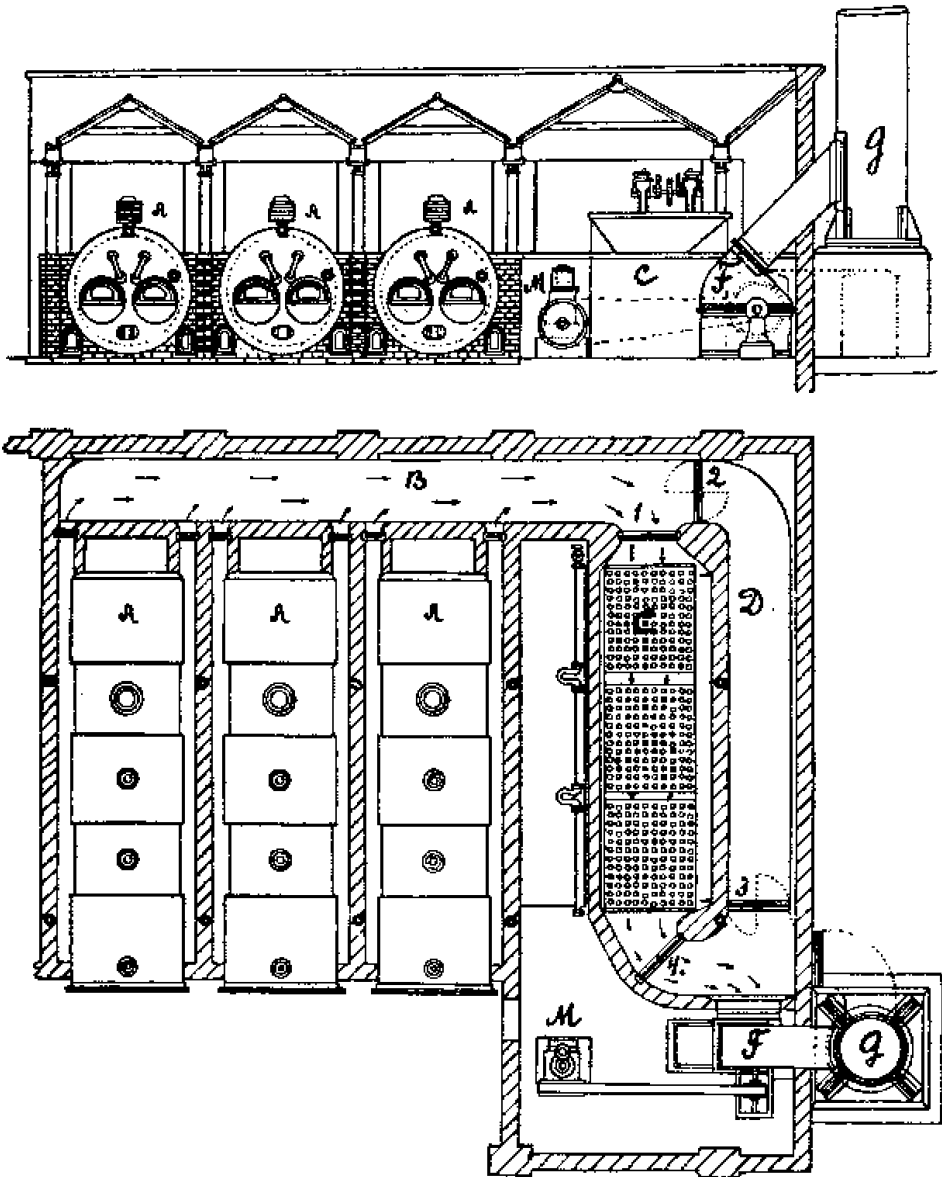


Рис. 86.

трехъ паровыхъ котловъ А. А, А, экономайзера С, вентилятора F, приводимаго въ движеніе отъ двигателя M, и дымовой трубы G.

Продукты горѣнія изъ-подъ котловъ направляются боровомъ B и, при закрытыхъ заслонкахъ 2 и 3 и открытыхъ 1 и 4, идутъ черезъ эконо-

мейзеръ С, черезъ вентиляторъ F, въ дымовую трубу g. Въ случаѣ чистки или ремонта экономайзера заслонки 1 и 4 закрываютъ, 2 и 3 открываютъ, тогда продукты горѣнія направляются боровами В и D черезъ вентиляторъ въ трубу. Подобная установка вентилятора не особенно удобна въ томъ отношеніи, что продукты горѣнія, иной разъ содержащіе разѣдающія желѣзо и чугунъ вещества, проходятъ непосредственно черезъ вентиляторъ и быстро его изнашиваютъ. При установкѣ же по рис. 87 это неудобство устранено, такъ какъ горячіе продукты горѣнія черезъ вентиляторъ не проходятъ.

Примѣненіе механической тяги, за исключеніемъ случаевъ, гдѣ нельзя устроить естественную тягу при помощи дымовой трубы (напр. въ крѣпостяхъ, паровозахъ, пароходахъ и пр.), идетъ весьма туго, вслѣдствіе еще неполнаго выясненія практическихъ вопросовъ относительно стоимости эксплуатаціи ея.

Сторонники механической тяги въ пользу ея приводятъ слѣдующіе доводы.

1) Стоимость устройства механической тяги дешевле, чѣмъ стоимость соответствующей дымовой трубы.

2) При механической тягѣ можно сжигать низкосортное топливо.

3) При механической тягѣ регулировку послѣдней можно производить въ самыхъ широкихъ предѣлахъ.

4) Температура отходящихъ продуктовъ горѣнія введеніемъ различныхъ подогревныхъ аппаратовъ, напр. экономайзера, можетъ быть понижена до минимума.

5) При механической тягѣ послѣдняя не зависитъ отъ состоянія погоды.

6) Даетъ возможность на единицѣ площади колосниковой рѣшетки сжигать значительно большее количество топлива и тѣмъ самымъ повышать пиromетрическій эффектъ печного пространства, а для паровыхъ котловъ увеличивать паропроизводительность ихъ.

Въ заключеніе остается упомянуть, что при механической тягѣ высота дымовой трубы опредѣляется условіемъ, чтобы продукты горѣнія не беспокоили сосѣднихъ жителей; хотя это условіе не примѣнимо для боль-

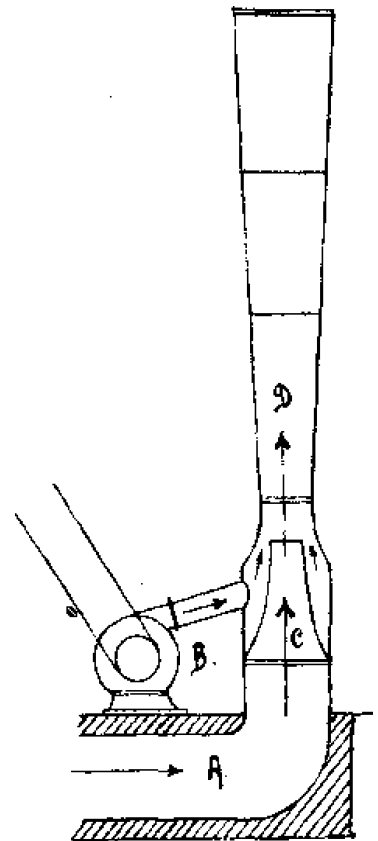


Рис. 87.



пинства химическихъ заводовъ, на которыхъ все-таки приходится устанавливать высокую дымовую трубу.

### Матеріалы для кладки печей и трубъ.

Обыкновенный красный кирпичъ, въ зависимости отъ мѣстности выдѣлки его, бываетъ различныхъ размѣровъ, но нормальнымъ считаютъ его размѣрами  $6 \times 3 \times 1\frac{1}{2}$  вершк. По степени обжига различаютъ три вида кирпича: 1) сильно обожженный (желѣзнякъ и полу-желѣзнякъ), идущій на фундаменты въ сырыхъ мѣстахъ; 2) хорошо обожженный—краснаго цвѣта, хотя въ другихъ мѣстностяхъ можетъ быть и другихъ оттѣнковъ, идетъ для кладки печей и трубъ въ сухомъ мѣстѣ, и 3) слабо обожженный—алый идетъ на постройку неотвѣтственныхъ сооружений. Средній вѣсъ 1000 кирпичей около 250 пуд.; хороший кирпичъ, будучи положенъ плашмя, не раздробляется при нагрузкѣ его 28 пуд. на 1 кв. дюймъ.

Въ продажѣ существуетъ еще лекальный, карнизный и клинчатый кирпичъ для кладки трубъ и сводовъ.

Хорошій кирпичъ не долженъ содержать извести и другихъ постороннихъ веществъ, какъ то камешки, мѣлъ, желѣзный колчеданъ и др., въ изломѣ быть однородный, раковистаго излома съ острыми ребрами. Внѣшнія грани должны быть ровныя и прямыя, при ударѣ издавать чистый звонъ и имѣть одинаковый ровный цвѣтъ. Брошенный въ кучу кирпичъ не долженъ разбиваться, легко обрабатываться молоткомъ, не давая трещинъ. Постлѣ 24-часового лежанія въ водѣ не долженъ впитывать болѣе  $\frac{1}{15}$  своего вѣса, воды.

Для опредѣленія на куб. с. кладки числа кирпичей  $M$ . всякаго размѣра и при всякой толщинѣ шва можетъ служить слѣдующая формула.

$$M = \frac{110592}{(a + d) (b + \frac{1}{2} d) (c + d)} \quad \text{гдѣ}$$

$a$ —длина кирпича въ верш.

$b$ —ширина кирпича въ верш.

$c$ —толщина кирпича въ верш.

$d$ —толщина горизонтальнаго и вертикальнаго шва въ верш.

Обыкновенная красная глина бываетъ окрашена въ красновато-бурый или зеленоватый цвѣтъ и для печныхъ работъ должна быть вязкой, но не иловатой, песчаной или смѣшанной съ хрящемъ и камешками. Вѣсъ 1 куб. с. глины, вынутой изъ грунта, около 982 пуд.

Огнеупорный кирпичъ готовится изъ особаго сорта глины, которая отличается отъ обыкновенной красной по содержанию въ ней значительнаго количества глинозема и незначительныхъ ко-

личество веществъ, понижающихъ температуру плавленія ея, т.-е. окиси желѣза, окиси кальція, окиси магнія и др. Обыкновенный красный кирпичъ не выдерживаетъ температуръ выше 1100—1200° Ц., поэтому въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ температура выше этой, необходимо употреблять огнеупорный кирпичъ, который въ иныхъ случаяхъ долженъ выдерживать температуру около 1800° Ц.

Кромѣ огнеупорности весьма часто къ такому кирпичу, въ зависимости отъ примѣненія его, предъявляютъ слѣдующія требованія: устойчивость относительно влїянїя шлаковъ, химическаго дѣйствїя различныхъ газовъ и пр.

Въ зависимости отъ рода массы, изъ которой готовятся эти кирпичи, послѣднїе можно раздѣлить на слѣдующія группы.

1) Глиняные кирпичи, которые приготовляются исключительно изъ огнеупорной глины или же съ примѣсью обожженной глины, назыв. шамотомъ. Подобные кирпичи носятъ названіе шамотовыхъ кирпичей. Такой кирпичъ обыкновенно бѣлаго или желтоватаго цвѣта, огнеупоренъ (1800° Ц.), имѣетъ большое примѣненіе при футеровкѣ печей, генераторовъ и пр.

2) Кислые кирпичи или кварцевые состоятъ исключительно изъ кварцевыхъ зеренъ съ примѣсью 1—3% глины или извести, какъ цементирующаго вещества. Обладаютъ большей огнеупорностью, чѣмъ шамотные кирпичи и сильно сопротивляются дѣйствію кислыхъ шлаковъ (содержащихъ кремневую кислоту). Къ этимъ кирпичамъ относится такъ назыв. кирпичъ «динасъ».

3) Основные кирпичи или магнезитовые состоятъ главнымъ образомъ изъ окиси магнія одной, или съ примѣсью извести. Отличаются громадной огнеупорностью.

4) Нейтральные кирпичи, къ которымъ относятся графитовые, коксовые, хромовожелѣзистые и др. Эти кирпичи совершенно нелавки. теплопроводны и примѣняются для кладки металлургическихъ печей въ тѣхъ частяхъ, которыя защищены отъ дѣйствїя воздуха. На нихъ не дѣйствуютъ ни кислоты, ни основанія.

О г н е у п о р н а я г л и н а по цвѣту бываетъ или бѣлая, какъ напр., боровичская, вытегорская или желѣзная, или же окрашена въ различные отѣнки различными примѣсами. Чтобы имѣть представленіе о составѣ огнеупорной глины и сравнить ее съ обыкновенной, приведемъ здѣсь химическій анализъ боровичской огнеупорной глины и обыкновенной красной петербургской.

Боров. огнеупорн. глина.	Петерб. обычнов. глина.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . 39,14%	20,16%
SiO <sub>2</sub> . . . . . 43,97%	58,39%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . 1,56%	7,72%

CaO . . . . .	0,18%	2,94%
MgO . . . . .	0,11%	2,48%
K <sub>2</sub> O и Na <sub>2</sub> O . . . . .	0,78%	

Песокъ по мѣсту добыванія его можно раздѣлить на рѣчной съ округленными зернами, почти не содержащій глянью и илстыхъ веществъ, и грунтовой, или овражный, могущій содержать глянью и другія примѣси.

Рѣчной песокъ большею частью примѣняется для бетонныхъ работъ, овражный же—для приготовленія различныхъ растворовъ. 1 куб. с. мелкаго сухого песка вѣситъ около 830 пудовъ; такого же сырого—1138 п.

Цементъ. Для кладки печей и трубъ въ мѣстахъ, гдѣ не происходитъ сильнаго пагрѣванія, употребляютъ въ настоящее время,

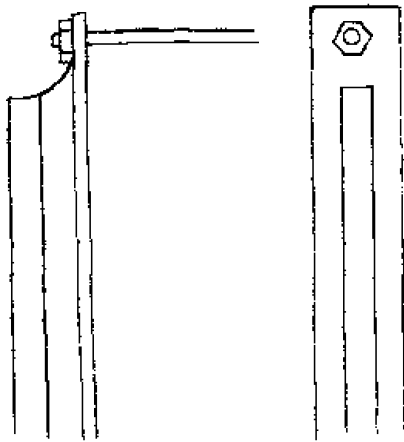


Рис. 88.

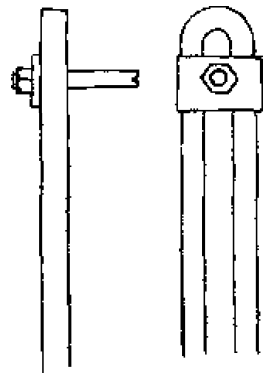


Рис. 89.

вмѣсто извѣстковаго раствора, романскій цементъ, поступающій въ продажу въ пять-шесть-пудовыхъ мѣшкахъ. Для бетонныхъ же работъ и при кладкѣ въ сырыхъ мѣстахъ употребляется портландскій цементъ, продаваемый въ 10—12 пудов. боченкахъ.

Обычнымъ отношеніемъ романскаго цемента къ песку для приготовленія раствора 1 къ 4; при этомъ на 1000 кирпичей расходуетъ около 16 пуд. цемента; на 1 куб. с. бутовой кладки для фундаментовъ—около 30 пуд.

Что касается приготовленія бетона, то послѣдній обычно готовится изъ портландскаго цемента, песку и щебня (или гравія) въ отношеніи 1:2:6, или для отвѣтственныхъ работъ 1:2:4.

Желѣзо. Для приданія устраиваемымъ печамъ архитектурной прочности настолько, чтобы во время пагрѣванія ихъ стѣнки не могли бы выпучиваться и давать трещины, примѣняется особая желѣзная арматура. Для этой цѣли примѣняются различные сорта желѣза: полосовое

круглое, швеллерное, двутавровое, тавровое и рельсы. Изъ этихъ сортовъ желѣза дѣлають стойки и устанавливають послѣднiя съ наружныхъ боковъ кладки печи другъ противъ друга. Сверху, а иногда и снизу эти стойки стягиваются особыми тяжами, укрѣпленными при помощи болтовъ къ концамъ стоекъ, какъ показано на рис. 88 для рельсъ, а на рис. 89 для изогнутаго полосоваго желѣза.

На рис. 90 изображена въ перспективѣ печь съ подобными стойками и тяжами изъ круглаго желѣза.

### Кладка печей.

Послѣ того, какъ готовъ чертежъ печи, приступаютъ къ разбивкѣ ея на мѣстѣ постройки. Для этого при помощи шнура намѣчаютъ контуръ печи для производства соответствующихъ земляныхъ работъ подъ фундаментъ.

Силдноть послѣдняго и глубина его зависятъ вполне отъ величины печи и грунта, на которомъ возводится постройка. По намѣченному контуру снимають верхнiй слой земли на такую глубину, чтобы обнажить такъ называемый материкъ, т.-е. плотный и надежный для возведенiя постройки грунтъ. Если постройка ведется на открытомъ воздухѣ, то необходимо основанiе фундамента сдѣлать

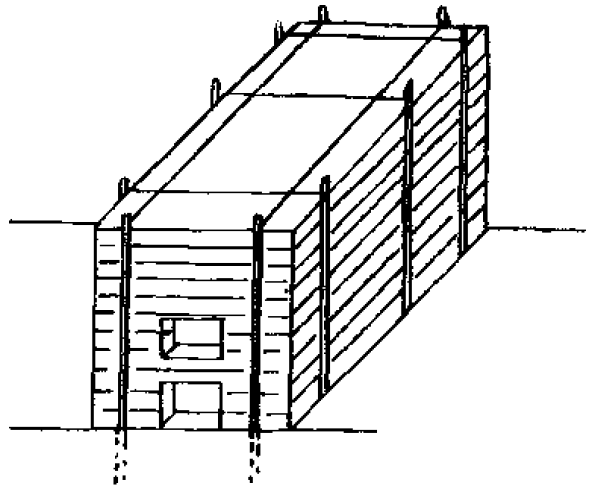


Рис. 90.

ниже линiи промерзанiя грунта, что для нашего климата составляетъ глубину  $2\frac{1}{2}$ —3 арш.; кромѣ того желательнo основанiе фундамента закладывать ниже линiи грунтовыхъ водъ и послѣднiя удалять продолженiемъ соответствующаго дренажа. Что касается допускаемаго давления сооружаемой постройки на грунтъ, то оно будетъ зависѣть отъ качества грунта; такъ напр., допустимо

1 кгр. на 1 кв. см. для слабой песчаной глины или тонкаго, пропитаннаго водой песку.

2—3,5 кгр. на 1 кв. см. для глины средней плотности и песка, умеренно насыщенная водой.

Фундаментъ дѣлается либо сплошнымъ подъ всей печью, либо же только въ нѣкоторыхъ частяхъ ея, какъ показано на рис. 91.

Обыкновенно фундаментъ дѣлають изъ бутового камня на романскомъ или портландскомъ цементѣ, при чемъ на послѣднемъ получается несравненно большая прочность и такой фундаментъ является хорошимъ предохранительнымъ средствомъ отъ проникновенія почвенной сырости въ печь.

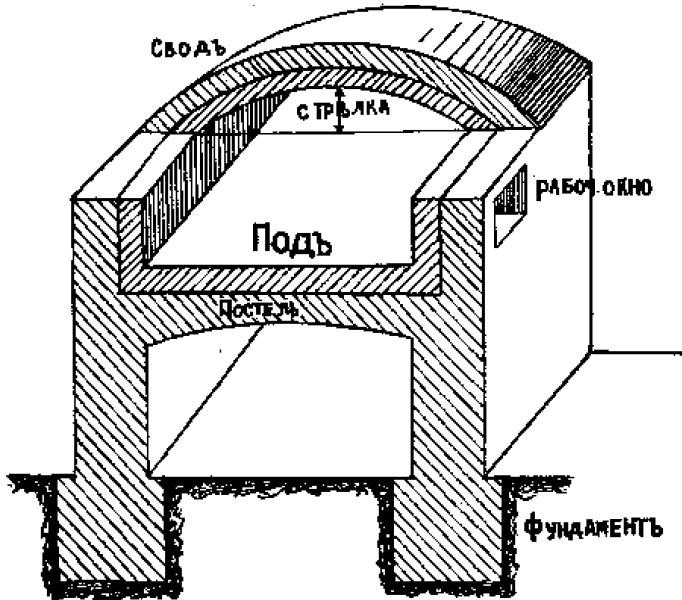


Рис. 91.

Для предохраненія небольшихъ печей отъ сырости, первые ряды кирпичей на фундаментѣ кладутъ въ клѣтку съ прослойками воздуха, т.-е. устраиваютъ такъ пазы, шашки.

Или же печь воздвигаютъ на толстомъ слоѣ хорошо утрамбованнаго гравія, подъ которымъ располагаютъ дренажные каналы для стока грунтовыхъ водъ.

По возведеніи фундамента начинаютъ класть изъ кирпича постель, которую дѣлають или сплошной, или же для экономіи кирпича на сводѣ, какъ показано на рис. 91.

Въ тѣхъ мѣстахъ печи, которая подвергаются пагрѣванію, кирпичъ кладется на хорошо приготовленномъ глиняномъ растворѣ, при чемъ, если глина очень жирная, то она смѣшивается съ соответствующимъ количествомъ песка. При этихъ работахъ необходимо зорко слѣдить за кладкой печниковъ и заставлять ихъ употреблять въ дѣло кирпичъ сильно смоченный. Для послѣдней цѣли кирпичъ передъ работой опускается въ чанъ съ водой, гдѣ и держится до полного пропитыванія ею.

При кладкѣ кирпича особенно необходимо заботиться о толщинѣ швовъ, которые слѣдуетъ дѣлать по возможности тоньше. При печной

работѣ положенный на глину кирпичъ долженъ быть сильно прижать, двигая его назадъ и впередъ, т.-е., какъ говорятъ, «притереть». Вслѣдствіе подобнаго притиранія избытокъ положенной глины удаляется и шовъ становится весьма тонкимъ.

Кромѣ соблюденія вышеуказанныхъ условій, необходимо также, чтобы вся работа кладки совершалась строго по отвѣсу и ватерпасу. Если приходится тесать кирпичи киркой, то слѣдуетъ также слѣдить за тщательностью тески его.

Такъ какъ всегда въ нагрѣваемыхъ мѣстахъ печей приходится нѣкоторыя мѣста послѣдней футеровать огнеупорнымъ кирпичемъ, то необходимо не дѣлать перевязки послѣдняго съ краснымъ кирпичемъ, а всегда, что лучше, оставлять между краснымъ кирпичемъ и огнеупорнымъ небольшой воздушный прослойкъ, что полезно въ двухъ отношеніяхъ, во-первыхъ, воздушный прослойкъ служитъ хорошимъ изолирующимъ слоемъ, а во-вторыхъ, въ печи не можетъ вызываться никакихъ вредныхъ напряженій, вслѣдствіе различныхъ коэффициентовъ расширенія красного и огнеупорнаго кирпича. При этомъ кладку огнеупорнаго кирпича пужло вести на огнеупорной глинѣ съ шамотомъ.

Что касается толщины стѣнокъ печи, то при небольшихъ сооруженіяхъ минимальнымъ предѣломъ нужно считать  $1\frac{1}{2}$  кирпича, изъ которыхъ  $\frac{1}{2}$  кирпича огнеупорнаго. При большихъ же печахъ иногда толщина стѣнокъ доходить до 4-хъ кирпичей, исключительно для приданія постройки архитектурной прочности.

Верхняя часть топки, печного пространства и борововъ перекрывается обыкновенно сводами, форма которыхъ бываетъ различна; наиболѣе употребительная форма—цилиндрическіе своды, но они имѣютъ тотъ недостатокъ, что производятъ большой распоръ на боковыя стѣнки сооруженія. Поэтому при перекрытіи большихъ пролетовъ употребляютъ форму свода многоцентровую, изъ которой наиболѣе простая форма—трехцентровая.

Построеніе этой кривой ведутъ слѣдующимъ образомъ (рис. 92). Откладываютъ АВ—пролету перекрываемаго пространства; изъ центра С проводятъ перпендикуляръ ОD, откладывая на послѣднемъ стрѣлу (подъемъ) свода  $CD = \frac{1}{4} - \frac{1}{8} AB$ . На линіяхъ АС и СD строимъ прямоугольникъ и углы его ЕАD и ЕDА дѣлимъ пополамъ. Изъ точки О<sub>3</sub> пересѣченія дѣлящихъ углы линій АМ и DN опускаемъ на линію AD перпендикуляръ, который продолжаемъ до пересѣченія съ линіей CD въ точкѣ О. Точки О<sub>1</sub>, О<sub>2</sub> и О будутъ центры окружностей, описываемыя радіусами АО<sub>1</sub>, О<sub>2</sub>В и OD.

Для приближительнаго опредѣленія толщины свода можно воспользоваться слѣдующей формулой

$$B = \pi \sqrt{R}, \text{ гдѣ}$$

$D$ —толщина свода въ замкѣ въ футахъ,

$R$ —радіусъ кривизны свода въ замкѣ въ футахъ,

$n$ —постоянный коэффициентъ, зависящій отъ рода матеріала, изъ котораго строится сводъ, такъ

для каменнаго свода . . . . .	$n=0,35$
» кирпичнаго свода . . . . .	$n=0,45$
» бутоваго свода . . . . .	$n=0,50$

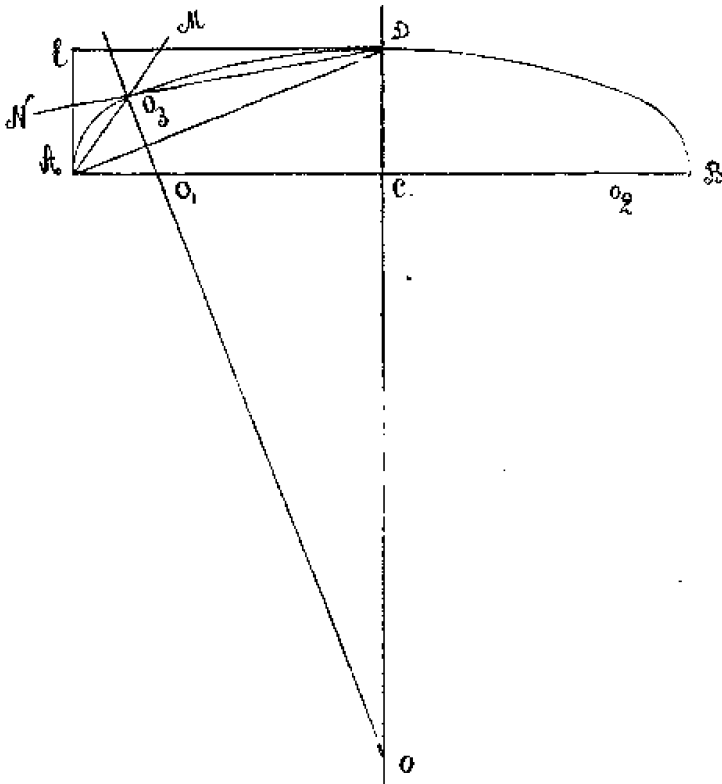


Рис. 92.

Кладка сводовъ производится по распалубкѣ, установленной по вырѣзаннымъ лекаламъ; при кладкѣ сводовъ необходимо заботиться о правильной притескѣ матеріала съ такимъ расчетомъ, чтобы толщина швовъ не была болѣе  $\frac{1}{16}$  дюйма.

Въ заключеніе о кладкѣ печей остается упомянуть о рабочихъ окнахъ, необходимыхъ для нагрузки, наблюденія и выгрузки патрѣваемыхъ матеріаловъ. Эти отверстія бываютъ различныхъ размѣровъ въ зависимости отъ рода печи. Небольшія рабочія окна футеруются чугунными рамами и снабжаются особыми дверцами, болѣею частью поднимающимися и опускающимися при помощи дѣпи на блокѣ съ противовѣсомъ. Большія же отверстія, въ родѣ дверей, обычно временно закладываются во время дѣйствія печи кирпичемъ, который потомъ разбирается.

## Генераторы.

Сопоставляя пирометрическій эффектъ горѣнія топлива, вычисленный теоретически, съ практическимъ, мы видимъ, что первый несравненно выше второго. Эта разница въ пользу теоретическаго эффекта горѣнія происходитъ вслѣдствіе невозможности сжечь топливо съ необходимымъ теоретическимъ количествомъ воздуха; для полного сжиганія, напр., твердаго топлива необходимо въ практикѣ, какъ было указано выше, ввести чуть не двойной объемъ воздуха противъ теоретическаго.

Этотъ избытокъ вводимаго воздуха въ топку и повышаетъ значительно температуру горѣнія топлива.

Практика нашла выходъ изъ этого положенія устройствомъ особыхъ печей, называемыхъ генераторами, гдѣ предварительно получаютъ изъ топлива горючій газъ, который подводятъ каналами въ печное пространство, гдѣ и сжигаютъ его, тѣсно смѣшивая почти съ эквивалентнымъ количествомъ необходимаго для горѣнія воздуха, что возможно, вслѣдствіе однородности по физическому состоянію газа и воздуха. Первая попытка полученія горючаго газа въ генераторахъ относится къ началу настоящаго столѣтія, и съ того времени такъ назыв. газовое, или генераторное отопленіе сдѣлало въ своемъ развитіи большіе успѣхи; разрѣшенію этого вопроса на первыхъ шагахъ способствовали безусловно Ф. Сименсъ, который и положилъ прочный фундаментъ въ примѣненіи генераторовъ на практикѣ.

Подобный способъ отопленія, кромѣ возможности полученія высокихъ температуръ даже при плохихъ сортахъ топлива, позволяетъ легко регулировать пламя и уменьшать количество воздуха, необходимаго для горѣнія, почти до теоретическаго. Горѣніе при этомъ способѣ можно производить совершенно бездымное и при процессѣ подогревать не только вводимый въ печь воздухъ, но также и самый генераторный газъ, что еще болѣе имѣетъ вліяніе на повышеніе пирометрическаго эффекта горѣнія и на экономію расходуемаго топлива; такъ по даннымъ проф. К. Г. Дементьева, для выработки около 60 пуд. стекла въ стеклоплавильной печи, идущей на твердомъ топливѣ, расходовалось около 480—600 пуд. дровъ, или 120—180 пуд. угля; при работѣ же съ генераторной печью Сименса на эту операцію идетъ всего около 60 пуд. дровъ, или около 45 пуд. угля.

Общая форма генераторовъ шахтообразная для помѣщенія топлива въ видѣ толстаго слоя, который подвергается различнаго рода химическимъ процессамъ, описаннымъ рапѣ въ главѣ полученія газообразнаго топлива, гдѣ указанъ также примѣрный составъ генераторныхъ газовъ.

Цѣнность генераторнаго газа зависитъ отъ содержанія въ немъ горючихъ газовъ, главнымъ образомъ окиси углерода и водорода.



Образовавшийся в генераторѣ газъ, какъ извѣстно, при помощи каналовъ или трубъ подводится въ печь, гдѣ и сжигается. Проходя по трубамъ и каналамъ, газъ значительно охлаждается, что зависитъ отъ большей или меньшей температуры газа, теплопроводности и лучеиспусканія стѣнокъ каналовъ или трубъ и отъ размѣра послѣднихъ. Это обстоятельство значительно уменьшаетъ полезное дѣйствіе сжигаемаго топлива.

Какъ было указано ранѣе, газообразное топливо можетъ быть получено въ видѣ воздушнаго генераторнаго газа, водяного или же смѣшаннаго. Передъ обзоромъ конструкцій этихъ генераторовъ не лишнее будетъ познакомиться съ тѣми главными условіями, которымъ должны удовлетворять рационально устроенные генераторы, ихъ установкой и веденіемъ самого процесса.

1) Конструкція генератора должна быть такова, чтобы совершающійся въ немъ процессъ образованія горючихъ газовъ шелъ съ наиболѣе полнымъ разложеніемъ угольной кислоты.

2) Расположеніе генератора и каналовъ, по которымъ долженъ протекать газъ въ печь, долженъ быть таковымъ, чтобы было возможно уменьшить до минимума отдачу тепла окружающей средѣ.

3) Газопроводные каналы, во избѣжаніе лишняго охлажденія, необходимо дѣлать по возможности короче. Послѣднимъ также уменьшается конденсація горючихъ парообразныхъ смолистыхъ веществъ.

Для выношенія перваго условія необходимо придавать генератору опредѣленную емкость для поддержанія извѣстной высоты слоя топлива, что зависитъ также отъ рода топлива, конструкціи генератора и величины тяги. По Штокману высота слоя топлива для ступенчатой рѣшетки указана въ слѣдующей таблицѣ.

Для газоваго угля въ крупныхъ кускахъ . . . . .	0,7—0,8	метр.
» бурого угля въ крупныхъ кускахъ . . . . .	0,625—0,700	»
» лигнита сырого . . . . .	0,580—0,600	»
» лигнита сухого . . . . .	0,650—0,750	»
» торфа въ кускахъ плотнаго . . . . .	0,800—1,000	»
» торфа въ кускахъ рыхлаго . . . . .	1,2 — 1,4	»

Ледобуръ для различныхъ сортовъ топлива даетъ слѣдующую высоту слоя

бурый уголь въ мелкихъ кускахъ . . . . .	0,6	метр.
бурый уголь въ крупныхъ кускахъ . . . . .	0,7	»
каменный уголь и коксъ . . . . .	0,75 — 0,8	метр.
торфъ и дрова . . . . .	1,0 — 1,5	»

Что касается высоты слоя дровъ, то для послѣднихъ существуетъ нѣсколько данныхъ; такъ Тшешнеръ для мелкихъ полѣньевъ (около

200 мм.) даетъ слой въ 1,1—1,3 метр., другіе—3,5 метр. При употребленіи же 3-аршинныхъ дровъ высота слоя ихъ въ генераторѣ не должна быть менѣе 6 метр.

Для дубоваго корья высоту слоя принимаютъ. . . . . до 1 метр.

» опилокъ, смѣшанныхъ со щеной . . . . . 1,2—1,4 »

На генераторный процессъ вліяютъ также размѣры колосниковой рѣшетки, форма генератора и относительное положеніе стѣнокъ его; въ виду этого стѣнки генератора у самой рѣшетки необходимо дѣлать сходящимися на концѣ, или, что лучше, дѣлать ихъ въ этомъ мѣстѣ уступами. Въ противномъ случаѣ, т.-е. когда всѣ стѣнки генератора отвѣсны и рѣшетка занимаетъ всю поверхность дна его, то образующіеся газы могутъ, встрѣчая меньшее сопротивленіе, проходить около стѣнокъ, не вступая съ накалившимся топливомъ въ реакцію.

Для удовлетворенія 2-го условія необходимо всѣ каналы и самый генераторъ, насколько возможно, углубить въ землю, что будетъ предохранять отъ излишняго охлажденія стѣпокъ.

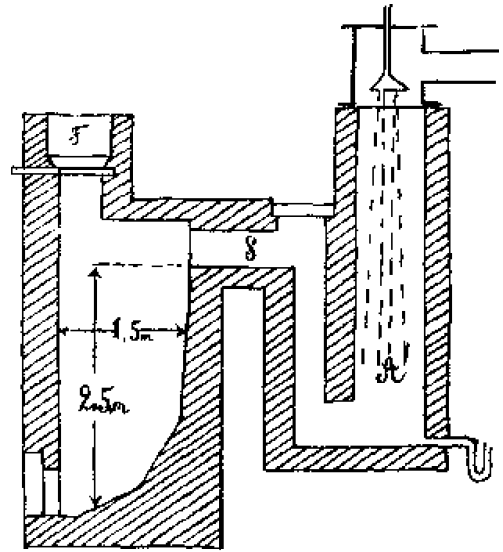


Рис. 93.

Для выполненія 3-го условія генераторъ нужно устраивать по возможности ближе къ печи и тѣмъ самымъ укорачивать длину газопроводныхъ каналовъ.

Конструкція генератора для полученія воздушно-генераторнаго газа зависитъ главнымъ образомъ отъ рода топлива, а потому въ дальнѣйшемъ мы приведемъ схематическіе рисунки генераторовъ для каменнаго топлива, т.-е. для дровъ, торфа, бурого и каменнаго углей.

Дровяной генераторъ устраивается при употребленіи длинныхъ полѣньевъ безъ колосниковой рѣшетки, какъ показано на рис. 93. Вверху помѣщаются два загрузочныхъ отверстія F съ особыми заслонками; генераторный газъ проходитъ по каналу S, вступаетъ въ скрубберъ A, гдѣ промывается, главнымъ образомъ, отъ кислыхъ продуктовъ сухой перегонки дерева. При болѣе мелкихъ дровахъ размѣры генератора можно дѣлать меньше, напр., до 1 метра въ поперечникѣ. Дровяные генераторы также дѣлаютъ и съ колосниковой рѣшеткой.

Торфяной генераторъ, вслѣдствіе применяемаго рыхлаго топлива, долженъ имѣть большой объемъ. Обычно его дѣлаютъ диа-

метромъ около  $1\frac{1}{2}$ —2 метр., а высоту топлива поддерживаютъ слоемъ до 2,5 метр. Схематическій разрѣзь представленъ на рис. 94.

Генераторъ для бурого угля. Въ виду того, что бурый уголь растрескивается при нагреваніи и распадается на мелкіе куски, генераторъ обыкновенно устраиваютъ со ступенчатой колосниковой рѣшеткой, какъ показано на рис. 95. Слой топлива поддерживается толщиной около 0,6 метр.

Генераторъ для каменнаго угля въ зависимости отъ сорта послѣдняго устраиваютъ различной конструкціи; такъ, для

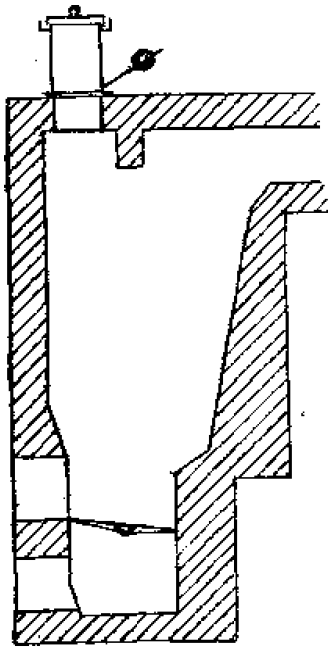


Рис. 94.

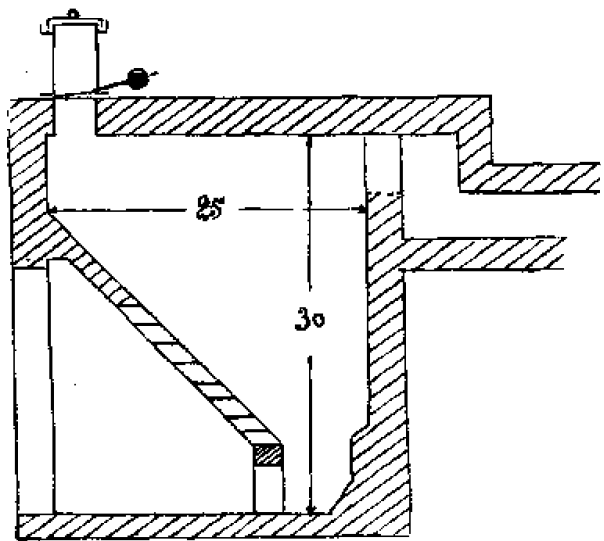


Рис. 95.

крупнаго неспекающагося угля примѣняется генераторъ съ обыкновенной рѣшеткой, діаметр. 1,65 метр., при высотѣ слоя топлива 2,5—3 метр. (рис. 96). При мелкомъ же, или растрескивающея въ жару углѣ устраиваютъ ступенчатую рѣшетку, какъ для бурого угля.

Генераторъ для спекающагося каменнаго угля устраивается со ступенчатой рѣшеткой и особыми отверстиями въ кладкѣ для разбиванія спекающихся кусковъ. Ступенчатой рѣшеткѣ даютъ уклонъ въ  $45^\circ$  и уголь на ней держать не слишкомъ толстымъ слоемъ.

Что касается грузной коробки, то послѣдняя изготовляется изъ котельнаго желѣза; верхъ закрывается крышкой, вставляемой въ песокъ для образованія песочнаго затвора; внизу же имѣется особый клапанъ на рычагѣ съ противовѣсомъ, что ясно видно на рис. 97. При загрузкѣ генератора топливомъ, крышку коробки, при закрытомъ кла-

панѣ, поднимають, загружаютъ въ коробку топливо, снова закрываютъ крышку и поворачиваютъ клапанъ, вслѣдствіе чего топливо падаетъ во внутрь генератора.

Въ заключеніе о конструкціяхъ генераторовъ остается упомянуть о генераторахъ для полученія смѣшаннаго генераторнаго газа (Даусона), который въ настоящее время пріобрѣлъ громадное значеніе для такъ называемыхъ газогенераторныхъ двигателей.

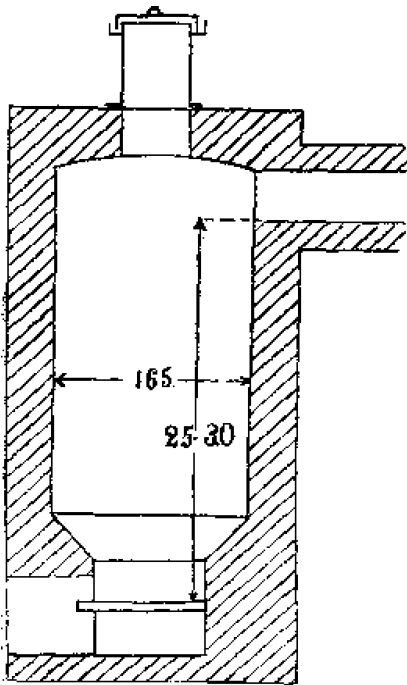


Рис. 96.

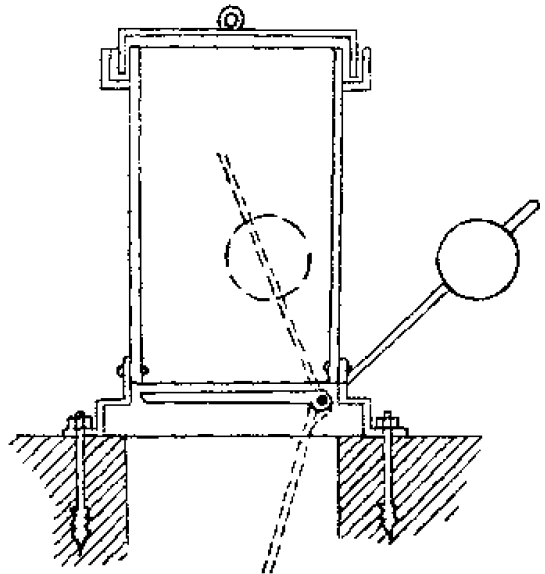


Рис. 97.

На рис. 98 изображена подобная установка, состоящая из генератора А скруббера В и очистительнаго аппарата Д. Генераторъ состоитъ изъ чугуннаго остова, внутри котораго помѣщается футеровка изъ огнеупорнаго кирпича. Черезъ воронку а всыпается антрацитъ или коксъ, который предварительно при помощи вентилятора разжигаютъ. Образовавшійся газъ направляется трубой м въ скрубберъ В, гдѣ онъ промывается струей воды, стекающей по загруженному коксу. Далѣе газъ поступаетъ по трубѣ п въ особый очиститель Д, наполненный влажными опилками для окончательнаго задерживанія сѣристыхъ соединений. На верху генератора въ особый резервуаръ в наливается вода, которая превращается въ паръ, а послѣдній по трубѣ С входитъ въ низъ генератора подѣ колосниковую рѣшетку и такимъ образомъ

вмѣстѣ съ входящимъ воздухомъ образуетъ такъ называемый смѣшанный генераторный газъ.

Что касается конструкціи генератора для полученія водяного газа, то онъ очень похожъ на только-что описанный, съ той только разницей, что подъ колосниковую рѣшетку во время нормальнаго его дѣйствія поступаютъ исключительно пары воды безъ воздуха.

Подача воздуха въ генераторы можетъ производиться или при помощи естественной тяги или дутьемъ. Первый способъ проще, но неудобенъ въ томъ отношеніи, что мы зависимъ здѣсь отъ различныхъ атмосферныхъ вліяній; наоборотъ же при употребленіи дутья генераторный процессъ идетъ правильнѣе и всегда получается равномерное количество газа. Для этой цѣли примѣняются вентиляторы, инжекторы и различной конструкціи воздуходувные машины.

Что касается расчета генераторовъ, то въ послѣднихъ опредѣляются размѣры колосниковой рѣшетки и высота слоя топлива; этими двумя величинами опредѣляется емкость всего генератора.

При опредѣленіи площади колосниковой рѣшетки для обыкновенныхъ генераторовъ и при естественной тягѣ принимаютъ, что на 1 квадрат. метръ рѣшетки въ 1 часъ сгораетъ

каменнаго угля . . . . .	40—50 килогр.
дровъ . . . . .	100 >
торфа . . . . .	100 >
кокса . . . . .	90 >

При искусственной тягѣ эти цифры слѣдуетъ значительно увеличить, такъ напр., каменнаго угля и кокса можетъ сгорѣть на 1 кв. метръ въ 1 часъ до 200 килогр.

Предѣльной величиной площади колосниковой рѣшетки для одного генератора принимаютъ 2 кв. метра, при чемъ живое сѣченіе рѣшетки при обыкновенныхъ колосникахъ принимаютъ равнымъ  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$  всей площади ея, а при ступенчатыхъ колосникахъ эта величина равна  $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ .

Высота слоя топлива для правильнаго функціонированія генератора зависитъ отъ рода топлива, что было указано выше. Проф. Крупскій при расчетѣ емкости генератора предлагаетъ держать запасъ топлива въ немъ, равный двойному объему суточнаго потребленія \*).

Что касается стѣнокъ генератора, то онѣ обычно дѣлаются въ  $1\frac{1}{2}$ —2 кирпича и внутри футеруются огнеупорнымъ кирпичемъ. Снаружи генераторъ, какъ и всякая печь, стягивается соответствующей арматурой.

\* ) Инж. Кропивницкій рекоменд. объемъ генератора дѣлать = 20-ти часовому запасу топлива.

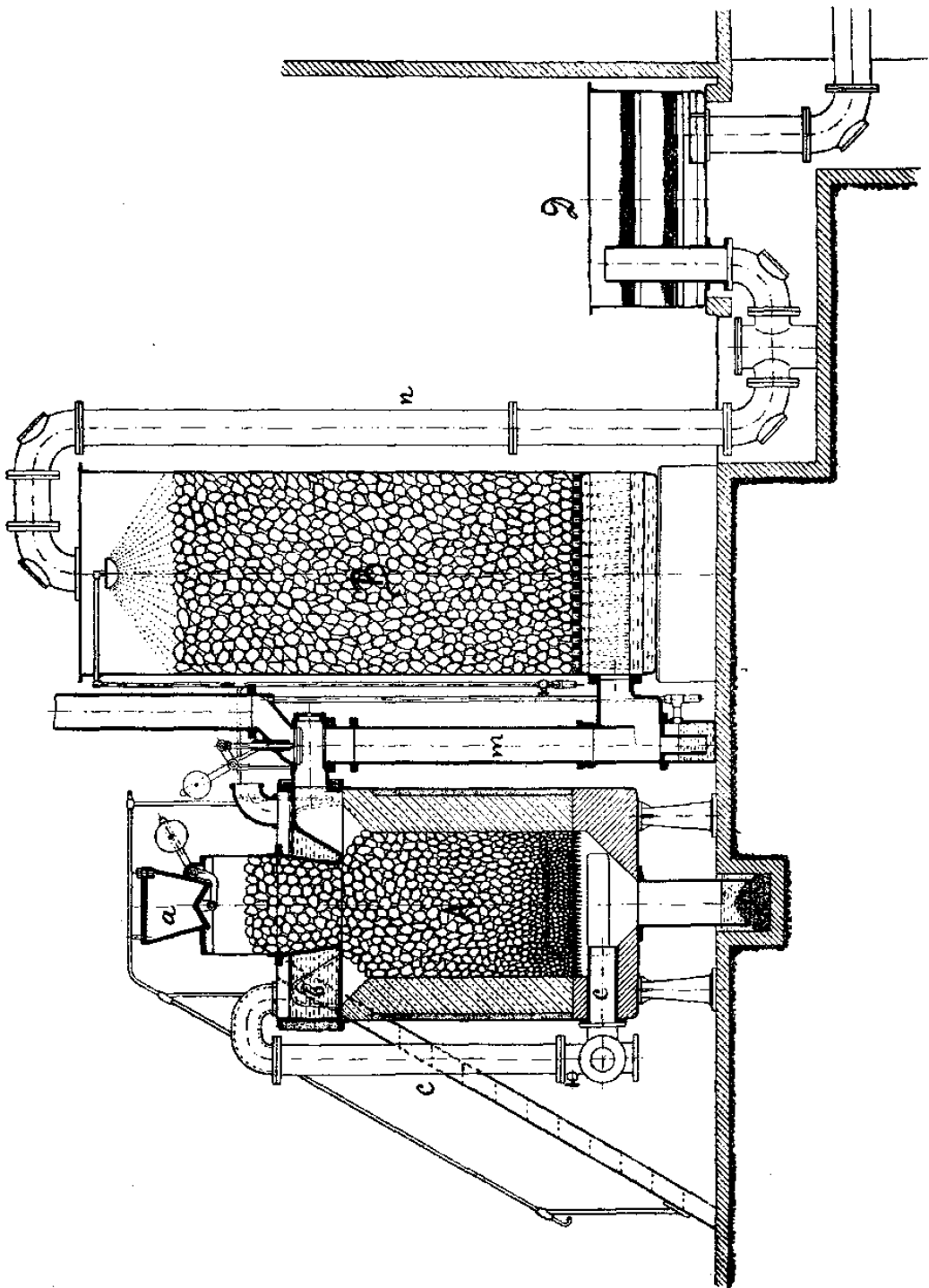


Рис. 98.

Емкость загрузной коробки рассчитывается въ зависимости отъ интервала загрузки топлива, напр., на  $\frac{1}{2}$  часа. Данные для расчета каналовъ, подводящихъ газъ и воздухъ въ печь, будутъ приведены въ слѣдующей главѣ о регенераторѣ, при чемъ для подобнаго подсчета необходимо знать количество образующагося газа, количество воздуха, ихъ скорости и температуры.

**Уходъ за генераторами.** Пускъ генератора въ дѣйствіе производится послѣ тщательнаго осмотра колосниковой рѣшетки, кладки генератора и состоянія каналовъ. Въ генераторахъ съ обыкновенной рѣшеткой разводятъ на послѣдней легко воспламеняющійся матеріалъ, напр., солому, щепу или стружки, послѣ чего накладываютъ на разгорѣвшееся топливо сухихъ сучьевъ или мелкихъ сухихъ дровъ и даютъ сильно разгорѣться и уже послѣ загружаютъ сперва мелкій горючій матеріалъ, а затѣмъ дополняютъ до требуемой высоты обычное употребляемое для генератора топливо. При ступенчатой рѣшеткѣ лучше предварительно, при помощи мелкаго топлива, развести огонь по всей площади ея и когда вся площадь покроется равномернымъ жаромъ, тогда начать загружать топливо до нормальной высоты.

Во время растопки генератора выдѣляющійся дымъ отводятъ прямо въ дымовую трубу, при этомъ стараются тягу увеличить до максимума, открывая по возможности полный ходъ для дыма.

Въ генераторѣ съ искусственнымъ дутьемъ по разведеніи огня и наполненіи его топливомъ даютъ сперва воздухъ при небольшомъ давленіи, которое постепенно увеличиваютъ и доводятъ до нормальнаго по мѣрѣ разгоранія топлива.

Выдѣляющійся газъ во избѣжаніе взрыва не пускаютъ прямо въ печь, а выжидаютъ время, когда послѣдній вытѣснить изъ генератора и каналовъ весь воздухъ и установится вполнѣ нормальный генераторный процессъ. Для этого требуется примѣрно 5—6 часовъ. При пускѣ же совершенно новаго генератора необходимо предварительно озаботиться о постепенномъ просушиваніи кладки его, а также и кладки каналовъ. Для послѣдней цѣли при открытыхъ загрузныхъ отверстіяхъ разводятъ на рѣшеткѣ слабый огонь и ведутъ просушиваніе до полнаго исчезновенія потѣнія стѣнокъ кладки.

Что касается ухода за генераторомъ во время его дѣйствія, то главное вниманіе нужно обращать на правильную подачу топлива въ генераторъ и на правильное состояніе колосниковой рѣшетки его.

Эти два условія могутъ быть выполнены опытнымъ и толковымъ источникомъ, который уже при загрузкѣ генератора топливомъ долженъ обращать вниманіе на качество послѣдняго, такъ напр., очень тяжелые куски торфа указываютъ на содержаніе въ немъ значительнаго количества минеральныхъ примѣсей, напр., земли, песку и пр.;

воздреватость нѣкоторыхъ кусковъ каменнаго и бурнаго углей указываетъ на содержаніе въ нихъ большихъ количествъ землистыхъ веществъ и сѣрнаго колчедана и т. д.

Если истопникъ во-время отбросить эти куски, то тѣмъ самымъ онъ предохранитъ рѣшетку отъ получающагося при этомъ значительнаго количества шлаковъ, которые весьма часто скопляются также большими гнѣздами въ углахъ и около стѣнокъ генератора, что, конечно, нарушаетъ правильный ходъ генераторнаго процесса.

Въ случаѣ же ихъ образованія опытный истопникъ долженъ умѣть пашупывать ихъ кочергой и, не разстраивая топки генератора, удалять образовавшіеся шлаки. Если допустить образованіе подобныхъ шлаковъ, то послѣдніе могутъ образовать поверхъ колосниковой рѣшетки покрывку на подобіе свода, которая при загрузкѣ новой порціи топлива можетъ сразу обрушиться и тѣмъ самымъ нарушитъ весь генераторный процессъ, произведя иногда даже взрывъ, что конечно вредно отзовется на качествѣ газа, а также можетъ причинить вредъ и самому генератору. Образующіеся шлаки на рѣшѣткѣ узнаются обыкновенно по темнымъ, вслѣдствіе ихъ скопленія, мѣстамъ. Удаленіе же шлаковъ, скопляющихся по стѣнкамъ генератора и въ углахъ его, производится черезъ особыя отверстія, оставляемые въ разныхъ мѣстахъ генератора и плотно закрывающихся во время дѣйствія его.

Составъ газа при накопленіи въ генераторѣ шлаковъ можетъ значительно ухудшиться, вслѣдствіе того, что по образовавшимся шлаковыми каналамъ можетъ свободно проходить воздухъ, который часть генераторнаго газа будетъ сжигать. При непрерывной же подачѣ въ генераторъ топлива можетъ образоваться газъ, совершенно не способный къ горѣнію. Наконецъ, необходимо заботиться о своевременномъ удаленіи золы изъ поддувала во избѣжаніе сильнаго перетрѣванія колосниковъ, а слѣд. и ихъ порчи.

## Регенераторы.

При генераторномъ отопленіи, для повышенія прометрическаго эффекта горѣнія газа, а также для экономіи топлива, слѣдуетъ газъ и воздухъ передъ впускомъ ихъ въ печь нагрѣть. Подобное нагрѣваніе газа, а чаще всего воздуха, или того и другого вмѣстѣ, производится за счетъ теплоты, уходящей вонъ изъ печи въ приборахъ, называемыхъ регенераторами.

Регенераторъ представляетъ изъ себя закрытое со всѣхъ сторонъ пространство, наполненное кирпичемъ въ клѣтку и соединенное съ одной стороны съ печью и генераторомъ, а съ другой—съ дымовой трубой.

Для подогрѣванія воздуха обыкновенно устраиваютъ два такихъ



регенератора, изъ которыхъ попеременно одинъ соединяется съ печью и дымовой трубой, а другой только съ печью. Черезъ первый уходятъ изъ печи накаленные продукты горѣнія, которые отдаютъ значительную часть тепла помещаемой въ немъ кирпичной насадкѣ, а черезъ второй—входитъ холодный воздухъ и нагрѣвшись въ немъ, поступаетъ въ печь. Какъ скоро первый регенераторъ значительно накалится отходящими продуктами горѣнія, а второй—охладится, вслѣдствіе отдачи тепла вступающему въ печь воздуху, то ихъ роли мѣняются, т.-е. черезъ первый регенераторъ пускаютъ воздухъ, соединяя его помощью извѣстныхъ приспособленій съ печью, а черезъ второй—отработавшіе продукты горѣнія и т. д.

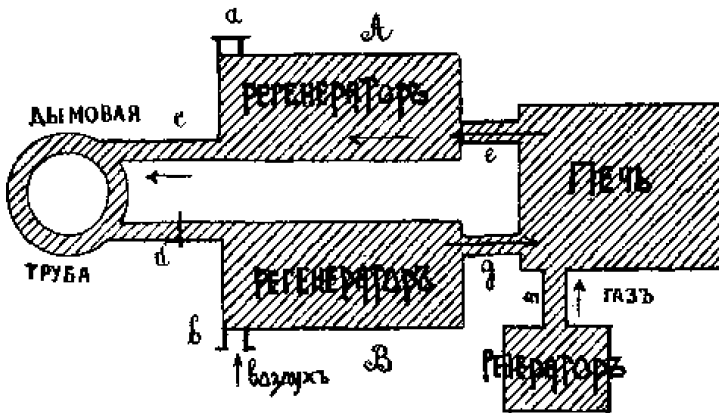


Рис. 99.

На рис. 99 показано схематическое расположеніе генератора, регенераторовъ, печи, дымовой трубы и соединительныхъ каналовъ, снабженныхъ задвижками или клапанами. При закрытыхъ клапанахъ a и d, какъ изображено на рис. 99, ходъ воздуха, продуктовъ горѣнія и генераторнаго газа указанъ стрѣлками. При такомъ расположеніи регенераторъ А будетъ постепенно нагрѣваться отходящими продуктами горѣнія въ дымовую трубу, а регенераторъ В наоборотъ—охлаждаться вступающимъ черезъ него воздухомъ. Мѣняя черезъ извѣстные промежутки времени, обыкновенно отъ  $\frac{1}{2}$  до 1 часа, положеніе задвижекъ, т.-е. въ данномъ случаѣ открывая d и a и закрывая b и c, мы получимъ обратный токъ воздуха и продуктовъ горѣнія. При помощи регенераторовъ, по словамъ проф. Крупскаго, можно сберечь около 15% теплоты, уносимой въ дымовую трубу; при этомъ температуру отходящихъ продуктовъ горѣнія возможно понизить до 300° Ц. и менѣе.

Если устраивается регенераторъ и для подогреванія генераторнаго газа, то вмѣсто двухъ, необходимо еще два регенератора, служащіе для подогреванія газа.

Рис. 100 представляет схематическое изображение расположения генератора, четырех регенераторов, дымовой трубы, печи, помещаемой сверху регенераторов и каналов, подводящих газъ и воздухъ.

При подобномъ расположеніи клапановъ генераторный газъ, какъ показано стрѣлками, направляется въ 3 регенераторъ, а изъ него, прогрѣвшись, въ печь. Воздухъ поступаетъ нагрѣтымъ въ печь черезъ

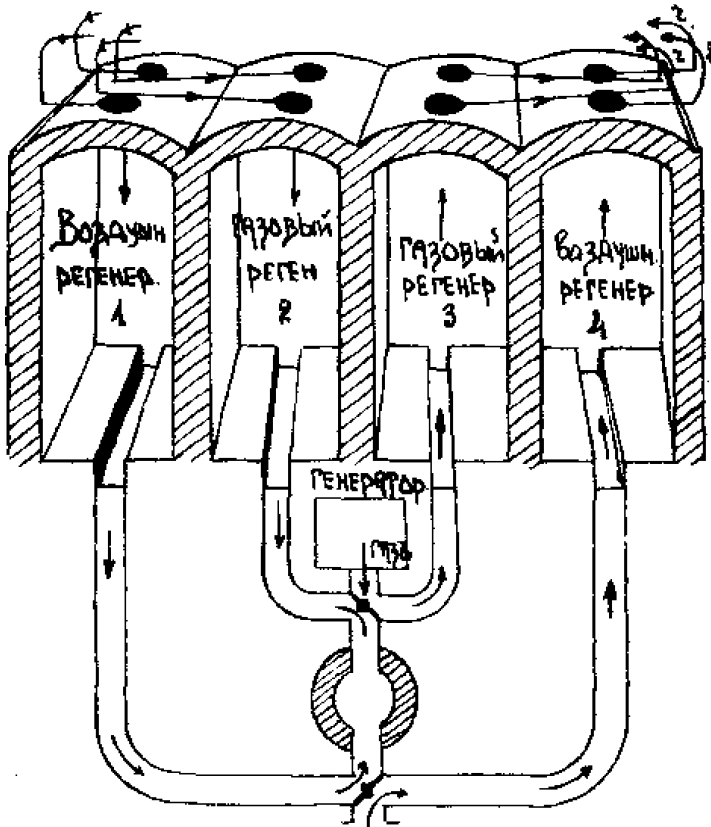


Рис. 100.

4 регенераторъ. Отработанные же продукты горѣнія изъ печи выходятъ черезъ 1-й и 2-й регенераторы и направляются въ дымовую трубу. Если оба клапана повернемъ около оси на  $90^\circ$ , то ходъ газа и воздуха будетъ какъ разъ противоположенъ вышеописанному.

Оба клапана для удобства управленія ими ставятъ обыкновенно рядомъ; конструкція подобнаго клапана указана на рис. 101; онъ состоитъ изъ чугунныхъ двухъ досокъ А со скошенными углами, къ которымъ приклепываются четыре стойки а. Каждая стойка имѣетъ выступъ, на который упирается собственно клапанъ b, вращающійся на горизон-

тальной оси с. Последняя приводится въ движение особымъ рычагомъ, концы котораго выходятъ на поверхность пола.

На рис. 102 для большей иллюстраціи приведены расположеніе печи, регенераторовъ и каналовъ.

Что касается расположенія регенераторовъ, то послѣдніе можно ставить или отдѣльно отъ печи, или же самую печь, какъ указано на рис. 102, помѣщать на регенераторахъ, что считается болѣе удобнымъ, такъ какъ выигрывается въ мѣстѣ и сокращается длина проводныхъ каналовъ.

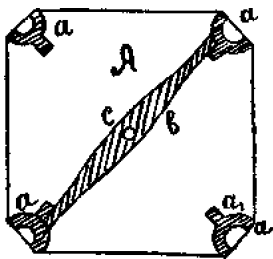
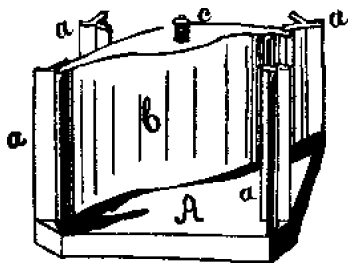


Рис. 101.

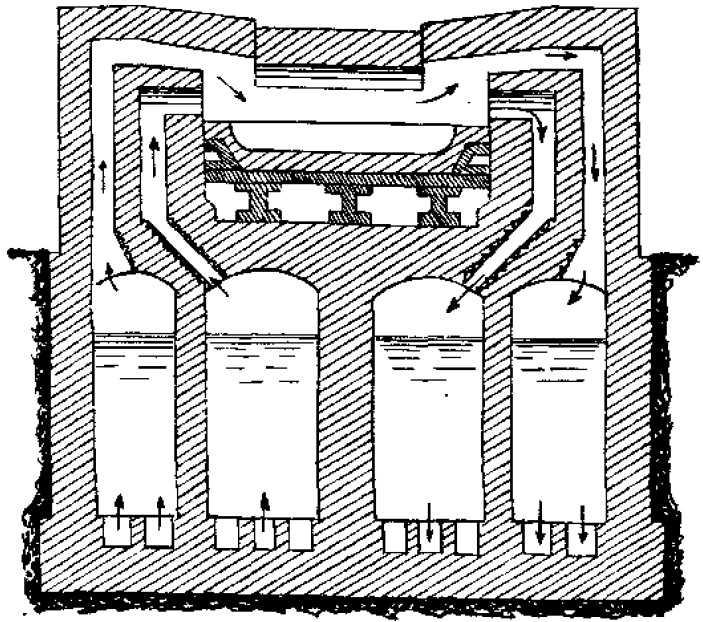


Рис. 102.

Когда планъ печи болѣе плана регенераторовъ, то послѣдніе обыкновенно размѣщаются по два, какъ указано на рис. 103, а пролетъ между ними перекрывается сводомъ и все это сооруженіе служить постелью для возводимой печи. Если регенераторы нельзя устроить подъ всей печью, то ихъ возводятъ подъ частью печи, а подъ остальной дѣлаютъ соответствующій фундаментъ.

Что касается расположенія выходныхъ каналовъ для газа и воздуха въ самой печи, то ихъ можно располагать различно, какъ показано на рис. 104—или направляя струю газа и воздуха параллельно, или подъ нѣкоторымъ угломъ, или же смѣшивая ихъ предварительно.

Расчетъ регенератора ведутъ весьма просто, опредѣляя количество кирпича, которое необходимо помѣстить въ него для болѣе полного утили-

лизирования теплоты и вмѣстѣ съ тѣмъ настолько, чтобы не уменьшить тягу въ дымовой трубѣ излишнимъ охлажденіемъ продуктовъ горѣнія. Продукты горѣнія можно охлаждать до температуры 200° Ц., при которой еще происходитъ довольно сильная тяга.

Принимая вѣсь огнеупорнаго англійскаго кирпича въ 8 фунт., проф. Крупскій принимаетъ, что на каждый 1 килогр. угля, сгораемаго въ 1 часъ въ генераторѣ, необходимо загрузить въ регенераторѣ 18 штукъ кирпича. Эти кирпичи располагаются въ регенеративныхъ колодцахъ такимъ образомъ, чтобы они составили проходную массу. Обыкновенно кирпичи ставятся на ребро въ кѣтку съ промежутками между собою, равными толщинѣ кирпича. Такимъ образомъ, зная объемъ, занимаемый однимъ кирпичемъ, легко рассчитать емкость регенератора.

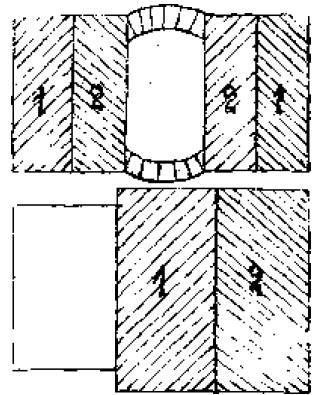


Рис. 103.

Для опредѣленія объема регенераторовъ возможно воспользоваться слѣдующими данными: при сжиганіи 12—24 килогр. угля въ 1 часъ емкость колодцамъ даютъ 1 куб. м. (двухъ изъ четырехъ, или одного изъ двухъ).

По даннымъ Толдта принимаютъ, что для повышенія температуры 1 куб. м. воздуха или газа (0° и 760 мм.) на 100° въ продолженіе 1 секунды требуется общій объемъ регенератора въ 6 куб. м. и вѣсь насадочной рѣшетки изъ кирпича въ 2850 килогр.; вѣсь 1 куб. м. насадочнаго кирпича—1800 килогр.

Расчетъ сѣченія каналовъ F можно производить по слѣдующей формулѣ:

$$F = \frac{v_0 (1 + \alpha t)}{v}, \text{ гдѣ}$$

$v_0$  — объемъ газа при 0° въ куб. м., проходящаго черезъ сѣченіе канала въ 1 секунду;

t — температура газа въ ° Ц.;

v — скорость газа въ метр. въ секунду.

Объемъ газа  $v_0$  опредѣляется по количеству топлива, сжигаемаго въ 1 часъ

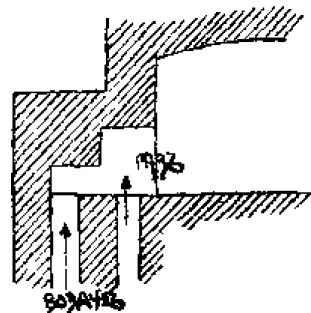
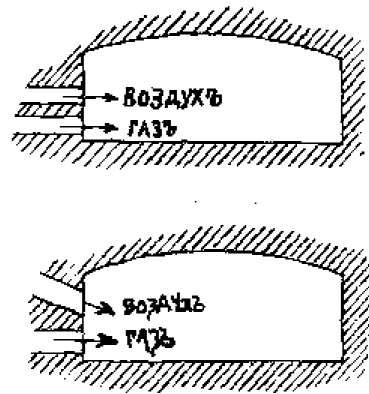


Рис. 104.

въ печи и по количеству образовавшагося газа изъ 1 киллогр. топлива. Нижеслѣдующая таблица даетъ необходимыя данныя Толдта для расчета печей регенераторовъ и каналовъ, примѣнительно къ Сименсъ-Мартеновскимъ печамъ. По изслѣдованію Кропивницкаго эти данныя годны и для расчета стеклоплавильныхъ печей.

Температура генераторн. газа при выходѣ изъ генератора . . .	300° Ц.
Температура генераторн. газа при входѣ въ распределительный аппаратъ на разстояніи 29 метровъ . . . . .	160° »
Температура генераторн. газа при входѣ въ регенераторъ . . .	400° »
Температура воздуха при входѣ въ распределит. аппаратъ . . .	30° »
» » » » » регенераторъ . . . . .	270° »
Температура генераторнаго газа при выходѣ изъ регенератора . .	850° »
Средняя температура генераторн. газа въ регенераторѣ . . . . .	625° »
Температура воздуха при выходѣ изъ регенератора . . . . .	950° »
Средняя температура воздуха въ регенераторѣ . . . . .	610° »
Температура продуктовъ горѣнія въ печи, пространствѣ . . . . .	1600° »
» » » при входѣ въ регенераторъ . . . . .	1600° »
» » » » выходѣ изъ регенерат. . . . .	400° »
» » » » входѣ въ дымов. трубу . . . . .	300° »

Слѣдующая таблица представляетъ скорости въ 1 секунду въ метрахъ газа и воздуха при вышеприведенныхъ температурахъ.

Генераторнаго газа при выходѣ изъ генератора . . . . .	1,0 метр.
» » у распределительнаго аппарата . . . . .	1,5 »
» » и воздуха въ распределит. аппаратѣ 3,0—5,0 . . . . .	»
» » при входѣ въ регенераторъ . . . . .	3,0 »
» » въ регенераторѣ не болѣе . . . . .	1,0 »
» » при выходѣ изъ регенератора въ печь . . . . .	8,0 »
Воздуха у распределительнаго аппарата . . . . .	1,5 »
» у регенератора . . . . .	3,0 »
» въ регенераторѣ не болѣе . . . . .	1,0 »
» при выходѣ изъ регенератора въ печь . . . . .	8,0 »
Продуктовъ горѣнія въ печномъ пространствѣ . . . . .	2,0 »

Что касается времени пребыванія газовъ въ различныхъ частяхъ газового устройства, то оно выражено въ нижеслѣдующей таблицѣ.

Генераторный газъ въ регенераторѣ не менѣе . . . . .	4 секундъ.
Генераторный газъ въ насадкѣ регенератора . . . . .	3 »
Воздухъ въ регенераторѣ не менѣе . . . . .	5 »
Воздухъ въ насадкѣ регенератора . . . . .	3 »
Продукты горѣнія въ печномъ пространствѣ . . . . .	2 »

## Рекуператоры.

Весьма часто для усиленія широметрическаго эффекта горѣнія газа подогревають одинъ только поступающій въ печь воздухъ въ особыхъ аппаратахъ, назыв. рекуператорами, которые устраиваются въ самой печной кладкѣ въ видѣ различно расположенныхъ каналовъ. По этимъ каналамъ идутъ горячіе продукты горѣнія, омывають стѣнки другихъ каналовъ, по которымъ протекаетъ подогреваемый воздухъ и въ болѣе или менѣе охлажденномъ состояніи удаляются въ дымовую трубу.

Такимъ образомъ рекуператоры для воздуха исполняютъ ту же роль, что экономейзеры въ паровыхъ котлахъ для подогрева питательной воды.

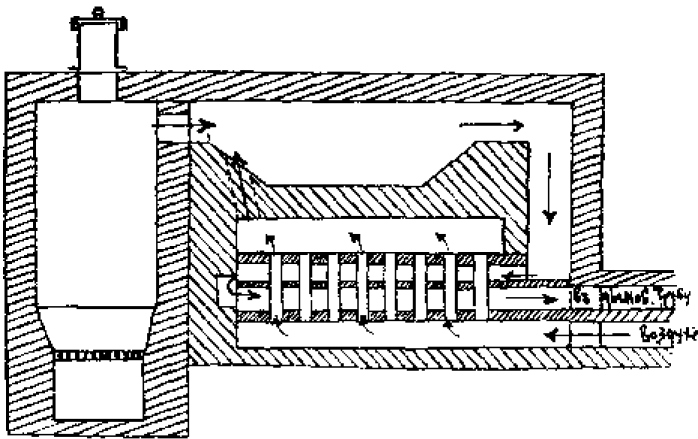


Рис. 105.

Выгоды примѣненія рекуператоровъ сравнительно съ регенераторами для подогрева только воздуха состоятъ въ меньшей стоимости ихъ оборудованія и полученіи болѣе равномерной температуры въ печи, такъ какъ при регенераторахъ каждое измѣненіе въ направленіи газозвъ влечетъ также колебаніе температуры въ печномъ пространствѣ.

Къ существеннымъ же недостаткамъ этихъ приборовъ нужно отнести менѣе полную утилизацію теплоты, такъ какъ продукты горѣнія все-таки выходятъ въ дымовую трубу съ довольно значительной температурой.

На прилагаемомъ рис. 105 представлена печь въ соединеніи съ одной стороны съ генераторомъ, съ другой же—съ рекуператоромъ, устроеннымъ подъ подошью печи. Горячіе продукты горѣнія описываютъ зигзагообразный путь, указанный стрѣлками и омывають вставленныя гончарныя трубы, по которымъ течетъ воздухъ, поступающій въ нагрѣтомъ состояніи въ печь.

## Полезное дѣйствіе печей и контроль ихъ.

Почти во всѣхъ производствахъ расходуется въ большомъ количествѣ тепловая энергія, получаемая отъ сжиганія топлива въ печахъ или цилиндрахъ двигателей внутреннего сгорания. Поэтому немудрено, что техника этому вопросу удѣляетъ значительное вниманіе и старается при наименьшей затратѣ тепловой энергіи получить по возможности больше работы. Но къ сожалѣнію еще до настоящаго времени практика не дала такихъ аппаратовъ и приборовъ, гдѣ бы можно было утилизировать дѣликомъ все затрачиваемое количество теплоты.

Въ большинствѣ случаевъ количество утилизируемой теплоты колеблется въ предѣлахъ отъ 60 до 85% отъ тепловой энергіи, заключающейся въ употребляемомъ топливѣ.

Называя черезъ  $Q$ —все количество теплоты, которое можетъ выдѣлать одна вѣсовая единица топлива при своемъ горѣніи, а черезъ  $q$ — количество теплоты, которое передается нагреваемымъ веществамъ, получимъ

$$E = \frac{q}{Q} \cdot 100, \text{ гдѣ}$$

величину  $E$  называютъ коэффициентомъ полезнаго дѣйствія нагревательнаго прибора, т.-е. печи.

Такимъ образомъ для опредѣленія этого коэффициента необходимо знать количество выдѣляемыхъ единицъ теплоты при горѣніи топлива въ 1 часъ, что опредѣляется легко по вѣсу сжигаемаго топлива и по его полезной теплотворной способности, и количество утилизируемой теплоты въ это же время нагреваемымъ приборомъ. Последнее, за исключеніемъ печей паровыхъ котловъ, опредѣляется довольно приближенно; подобное опредѣленіе производится по количеству теплоты, переданной нагреваемому веществу, при этомъ также часто опредѣляется и теплота не утилизируемая, такъ напр. уносимая съ продуктами горѣнія въ дымовую трубу, остающаяся въ отгаркахъ, теряемая лученспусканіемъ прибора и пр.

Такимъ образомъ задача техники состоитъ въ отысканіи средствъ и условій, при которыхъ данный нагревательный приборъ дѣйствуетъ съ наивысшимъ коэффициентомъ полезнаго дѣйствія, т.-е. другими словами, необходимо заботиться объ уменьшеніи бесполезной потери теплоты до минимума.

Вопросъ объ опредѣленіи коэффициента полезнаго дѣйствія лучше всего разработанъ для паровыхъ котловъ, а такъ какъ многіе факторы при этомъ одинаковы также и для опредѣленія коэффициента другихъ печей, то мы главнымъ образомъ остановимся на рѣшеніи этой задачи для паровыхъ котловъ.

Для рѣшенія этого вопроса необходимо измѣрить.

- 1) количество вводимой тепловой энергiи въ топку котла,
- 2) количество тепловой энергiи, утилизируемой на парообразование въ котлѣ.
- 3) потерю тепловой энергiи, уносимой дымовыми газами, отгарками вслѣдствiе лучеиспусканiя и пр.

1. Количество вводимой энергiи въ топку производится взвѣшиванiемъ топлива во время всего опыта и опредѣленiемъ его теплотворной способности при помощи калориметра, какъ было описано ранѣе.

Опредѣленiе вѣса израсходованнаго топлива производится при помощи вѣсовъ, находящихся въ помещенiи, гдѣ происходитъ опытъ. При этомъ необходимо обращать вниманiе, чтобы въ началѣ опыта и при окончанiи его на колосниковой рѣшеткѣ находилось примѣрно одинаковое количество горящаго топлива въ видѣ равной толщины слоя, или же, что лучше, рѣшетку до пачала опыта и при окончанiи совѣмъ очистить отъ горящаго топлива и весь опытъ вести на строго взвѣшенномъ количествѣ топлива.

Что касается продолжительности опыта, то вполне достаточно для этого 8—10 часовъ. Погрѣшности въ опредѣленiи количества вводимой тепловой энергiи въ топку могутъ доходить до 1%, а при неаккуратной работѣ и болѣе.

Во избѣжанiе могущихъ произойти ошибокъ, рекомендуется въ помещенiи, гдѣ производится опытъ, не оставлять никакого другого топлива, кромѣ испытываемаго. Въ случаѣ яде, если этого сдѣлать нельзя, то испытываемое топливо необходимо отдѣлить отъ посторонняго.

2. Количество утилизируемой тепловой энергiи въ наровомъ котлѣ опредѣляется по количеству полученнаго пара, т.-е. другими словами, по количеству испаряемой воды при данныхъ условiяхъ опыта. Поэтому при этомъ опредѣленiи необходимо тщательно взвѣсить количество поданной въ котель и испаренной въ немъ воды.

При подобномъ испытанiи замѣчаютъ уровень воды въ водомѣрномъ стеклѣ до пачала опыта, поддерживаютъ примѣрно этотъ уровень въ продолженiе всего опыта, а передъ окончанiемъ подкачиванiемъ соответственнаго количества воды точно устанавливаютъ его до начальнаго положенiя. При этомъ опредѣленiи необходимо соблюдать слѣдующiя предосторожности.

- 1) не слѣдуетъ отмѣчать уровень воды на стеклѣ тотчасъ же послѣ продувки его;
- 2) для устраненiя сильныхъ колебанiй воды въ стеклѣ, водяной край послѣдняго прикрываютъ настолько, чтобы по возможности уменьшить это явленiе;



3) Измѣреніе уровня воды въ водомѣрномъ стеклѣ необходимо производить отъ какого-либо неподвижнаго предмета, но не гайки водомѣрнаго стекла, такъ какъ, въ случаѣ поломки стекла и вставленія новаго, положеніе гайки можетъ намѣниться.

Измѣреніе подаваемой воды въ котель можно производить или по объему, или же по вѣсу, что точнѣе.

При питаніи котла взвѣшенной водой необходимо соблюдать слѣдующія условія.

1) Водопроводныя трубы, подводящія въ котель воду, должны имѣть плотное соединеніе между собой и подводить воду исключительно въ котель, не имѣя другихъ отвлѣченій, служащихъ для другихъ цѣлей.

2) Питательный насосъ для котла долженъ быть исправенъ и ни въ коемъ случаѣ не пропускать черезъ сальники воду.

3) Всѣ находящіяся въ котлѣ краны и клапаны должны быть тщательно притерты, во избѣжаніе пропуска ими воды. Въ случаѣ, если краны подтекаютъ, то эту воду необходимо собирать и, вавѣсивъ, принять во вниманіе при окончательномъ подсчетѣ результатовъ изслѣдованія.

4) Кипѣніе воды въ котлѣ не должно быть сильнымъ во избѣжаніе перебрасыванія воды въ паропроводы; кромѣ того получающійся паръ не долженъ быть особенно влажнымъ.

Для опредѣленія влажности пара существуютъ особые приборы, хотя при работѣ котла со сниманіемъ не болѣе 25 килогр. пара съ 1 кв. метра это опредѣленіе не является существеннымъ.

5) Если котель во время опыта долженъ питаться водой при помощи инжектора, то необходимо обращать вниманіе на длину паропровода къ инжектору, во избѣжаніе конденсированія пара и попаданія образовавшейся воды въ котель. Лучше всего этотъ паропроводъ тщательно изолировать.

Зная количество израсходованной воды на паробразование, легко подсчитать количество тепла, потраченнаго для этой цѣли. Для насыщеннаго пара, образованнаго изъ воды при  $0^\circ$ , эта теплота равна

$$\alpha = 606.5 + 0.305t, \text{ гдѣ}$$

$t$ —температура пара въ градусахъ Ц., соответствующая опредѣленному давленію въ котлѣ.

Если температура питательной воды  $t_1$ , то въ этой формулѣ нужно вычесть количество теплоты, потребное для нагрѣванія воды отъ  $0^\circ$ —до  $t_1$ , и такимъ образомъ необходимая формула представится въ слѣдующемъ видѣ

$$\alpha = 606.5 + 0.305t - t_1.$$

Температуру  $t$  въ зависимости отъ давленія пара въ котлѣ можно опредѣлять изъ слѣдующей таблицы.

Давленіе пара въ атмосфер.	Температура въ ° Ц.	Давленіе пара въ атмосфер.	Температура въ ° Ц.
0,1	45,58	1,9	118,0
0,2	59,76	2,0	119,6
0,3	68,74	2,5	126,7
0,4	75,47	3,0	132,8
0,5	80,90	3,5	138,1
0,6	85,48	4,0	142,8
0,7	89,47	4,5	147,1
0,8	93,00	5,0	151,0
0,9	96,19	5,5	154,6
1,0	99,09	6,0	157,9
1,1	101,8	6,5	161,1
1,2	104,2	7,0	164,0
1,3	106,6	7,5	166,8
1,4	108,7	8,0	169,5
1,5	110,8	8,5	172,0
1,6	112,7	9,0	174,4
1,7	114,5	9,5	176,7
1,8	116,3		

Такимъ образомъ количество утилизируемой тепловой энергии въ калоріяхъ, при расходѣ питательной воды  $p$  килограммъ, выразится слѣдующимъ количествомъ.

$$p (606,5 + 0,305 t - t_1) \text{ калор.}$$

3. Количество теряемой тепловой энергии зависитъ отъ многихъ причинъ и представляетъ для рѣшенія наиболѣе трудную задачу. Эта потеря складывается изъ потерь, вслѣдствіе неполнаго сгорания топлива, изъ потерь теплоты въ уходящихъ въ дымовую трубу продуктахъ горѣнія; изъ потерь на излученіе, теплопроводность и пр.

а) Потеря теплоты въ топочныхъ остаткахъ происходитъ вслѣдствіе удаленія ихъ въ нагрѣтомъ состояніи изъ зольника и содержанія въ нихъ несгорѣвшихъ частицъ топлива. Шлаки изъ зольника выгребаются докрасна раскаленные. Если назвать вѣсъ ихъ  $P$ , теплоемкость 0,28 и температуру  $t$ , то потеря теплоты  $Q_1$  выразится слѣдующимъ уравненіемъ.

$$Q_1 = P \cdot 0,28 \cdot t.$$

Если въ этихъ остаткахъ опредѣлить %-ное содержаніе несгорѣваго углерода  $q$  % и принять теплопроводную способность его въ 8100 калорій, то потеря  $Q_2$  выразится

$$Q_2 = \frac{q}{100} \cdot P \cdot 8100.$$

Эта потеря зависитъ главнымъ образомъ отъ опытности кочегара, конструкціи топки, силы тяги и свойствъ топлива. Уменьшить эту потерю ниже 1,5—2% затруднительно.

б) Потеря теплоты газами, уносимыми въ дымовую трубу, слгается изъ теплоты, уносимой горячими газами; изъ теплоты, заключенной въ окиси углерода и углеводородахъ, не успѣвшихъ сгорѣть, и наконецъ изъ теплоты въ сажѣ.

Въ большинствѣ случаевъ эти потери являются наиболѣе значительными, поэтому на устраненіе ихъ необходимо обращать должное вниманіе.

Потерю эту опредѣляютъ на основаніи состава газовъ, что производится при помощи описаннаго ранѣе аппарата Орса, ихъ количества, теплоемкости и температуръ выходящихъ газовъ и вводимаго въ топку воздуха. Эту величину  $Q_3$  въ калоріяхъ обычно опредѣляютъ по формулѣ Германскихъ Инженеровъ.

$$Q_3 = (0,32 \frac{C}{0,536 \cdot CO_2} + 0,48 \frac{9H + W}{100}) (T - t), \text{ гдѣ}$$

$T$ —температура газовъ въ ° Ц. въ дымовой трубѣ

$t$ —температура притекаемаго въ топку воздуха въ ° Ц.

$CO_2$ —объемное %-ное содержаніе углекислоты въ дымов. газахъ.

$C$ —%-ное содержаніе углерода въ топливѣ по вѣсу.

$H$ —%-ное содержаніе водорода въ топливѣ по вѣсу.

$W$ —%-ное содержаніе воды въ топливѣ по вѣсу.

0,32—средняя теплоемкость 1 куб. м. продуктовъ горѣнія.

0,48—теплоемкость 1 килогр. водяного пара.

1 килогр. углерода даетъ  $\frac{1}{0,536}$  куб. м. углекислоты.

Для приблизительнаго опредѣленія потери теплоты дымовыми газами въ % можно воспользоваться формулой Зигерта, рассмотрѣнной нами ранѣе и особенно пригодной при употребленіи въ качествѣ топлива каменнаго угля съ содержаніемъ не выше 10% влаги.

$$v = 0,66 \frac{T - t}{CO_2}, \text{ гдѣ}$$

$v$ —потеря теплоты въ % черезъ дымовую трубу.

$T$ —температура газовъ въ трубѣ въ ° Ц.

$t$ —температура входящаго въ топку воздуха въ ° Ц.

$CO_2$ —количество углекислоты въ объемн. % въ дымов. газахъ.

Для иллюстраціи этой потери мы рассмотримъ произведенные опыты съ водотрубнымъ котломъ Шухова при топкѣ его каменнымъ углемъ Донецкаго бассейна съ недостаткомъ воздуха, нормальнымъ количествомъ и избыткомъ его.

1-й опыт. Горѣніе въ топкѣ тусклымъ дымящимся пламенемъ, вследствие недостатка вводимого воздуха.

ВРЕМЯ.	Содерж. въ дымов. газакъ въ объемн. %			Температу- ра T дымов. газовъ.	Температура t воздуха, ввод. въ топку.
	CO <sub>2</sub>	O	CO		
8 ч. 25 м.	14,0%	0,4%	5,4%	279° Ц.	24° Ц.
8 " 48 "	15,2	1,4	2,6	306	25
9 " 10 "	10,2	2,0	4,2	262	25,5
9 " 32 "	13,0	0,6	5,4	327	25,5
9 " 53 "	17,4	1,0	3,0	295	26
10 " 18 "	12,8	2,0	5,2	275	26
10 " 42 "	15,8	1,0	2,8	277	26
11 " 03 "	14,2	0,4	4,0	310	26
11 " 30 "	12,2	1,4	4,6	270	26,5
11 " 52 "	11,4	1,1	7,2	310	26,5
Среднее.	13,62	1,13	4,44	291,1	25,7

Содержаніе азота N въ объемныхъ % въ дымовыхъ газакъ  
 $N = 100 - (13,62 + 1,13 + 4,44) = 80,81\%$ .

$$\text{Избытокъ воздуха } \Pi = \frac{21}{21 - \frac{1,13 \cdot 79}{80,81}} = 1,05$$

$$\text{Потеря теплоты } v = k \frac{T-t}{CO_2} = 0,66 \frac{291,1 - 25,7}{13,62} = 12,93\%$$

2-й опыт. Горѣніе въ топкѣ нормальное съ образованіемъ жел-  
товато-краснаго пламени съ небольшимъ дымкомъ.

ВРЕМЯ.	Содерж. въ дымов. газакъ въ объемн. %			Температу- ра T дымов. газовъ.	Температура t воздуха, ввод. въ топку.
	CO <sub>2</sub>	O	CO		
7 ч. 40 м.	14,4%	2,1%	0,0%	310° Ц.	25° Ц.
8 " 02 "	15,1	1,5	"	310	25,5
8 " 28 "	16,1	3,0	"	318	26
8 " 58 "	16,4	2,2	"	316	25
9 " 35 "	16,6	2,3	"	310	24
9 " 58 "	15,7	2,4	"	303	24,5
10 " 20 "	15,8	0,0	"	300	25
10 " 55 "	14,7	5,2	"	313	25,5
11 " 20 "	15,2	1,8	"	310	26
11 " 45 "	14,8	2,3	"	297	25,5
Среднее.	15,48	2,28	0	308,7	25,2

Содержаніе азота N въ объемныхъ % въ дымовыхъ газахъ

$$N = 100 - (15,48 + 2,28 + 0) = 82,24.$$

$$\text{Избытокъ воздуха } n = \frac{21}{21 - \frac{2,28 \cdot 79}{82,24}} = 1,11.$$

$$\text{Потеря теплоты } v = 0,66 \frac{308,7 - 25,2}{15,48} = 12,0\%.$$

3-й опытъ. Горѣніе въ топкѣ съ большимъ избыткомъ воздуха; пламя ярко-бѣлое.

ВРЕМЯ.	Содерж. въ дымов. газахъ въ объемн. %			Темпера- тура T ды- мов. газовъ.	Темпера- тура t вво- духа, ввод. въ топку.
	CO <sub>2</sub>	O	CO		
8 ч. 28 м.	11,4%	8,2%	0,0%	360° Ц.	24,0° Ц.
8 " 43 "	7,8	10,6	0,2	410	24,5
9 " — "	8,8	9,0	0,0	384	24,
9 " 19 "	6,6	12,2	0,4	398	25,0
9 " 40 "	6,4	12,4	0,0	402	25,0
10 " — "	5,0	14,0	0,0	392	25,5
10 " 27 "	8,2	9,8	0,2	340	25,0
10 " 41 "	9,4	12,2	0,0	310	25,5
11 " — "	11,2	8,0	0,0	307	25,0
Средне.	8,31	10,71	0,08	378,1	25,95

Содержаніе N въ объемныхъ % въ дымовыхъ газахъ

$$N = 100 - (8,31 + 10,71 + 0,08) = 80,9\%.$$

$$\text{Избытокъ воздуха } n = \frac{21}{21 - \frac{10,7 \cdot 79}{80,9}} = 1,98.$$

$$\text{Потеря теплоты } v = 0,66 \frac{378,1 - 25,95}{8,31} = 28,04\%.$$

Такимъ образомъ эта потеря исключительно зависитъ отъ правильнаго процесса горѣнія съ нормальнымъ количествомъ воздуха, и чѣмъ послѣдняго вводится болѣе, тѣмъ потеря становится ощутительнѣе.

Въ паровыхъ котлахъ эта потеря иной разъ достигаетъ до 30%, въ печахъ же доходить до 60% и выше.

Что касается потери теплоты дымовыми газами, вслѣдствіе содержащейся въ нихъ сажи, то эта потеря весьма незначительна и доходить до

1%. Поэтому при дѣйствиі топки лучше имѣть изъ трубы легкой дымокъ, чѣмъ вести бездымное горѣніе, такъ какъ при подобномъ состояніи топки можно предположить поступленіе бѣльшаго избытка воздуха, а слѣд. и бѣльшую потерю теплоты.

Потеря теплоты отъ негорѣвшихъ газовъ около 2,5%; обычно въ дымовыхъ газахъ паровыхъ котловъ, идущихъ на твердомъ топливѣ, содержание окиси углерода около 0,5%.

с) Потеря тепловой энергіи отдачей тепла окружающему воздуху происходитъ вслѣдствіе лучеиспусканія и теплопроводности и опредѣленіе ея представляетъ большія затрудненія. Для паровыхъ котловъ эта потеря колеблется въ предѣлахъ отъ 4 до 12%; въ шахтныхъ печахъ 5—20%.

Для опредѣленія этой потери довольствуются обыкновенно вычисленіемъ ея по разности изъ 100, зная всѣ остальные потери.

Для примѣрнаго вычисленія этой потери могутъ служить данныя Парижскаго Газоваго Общества, дающія излученіе въ 1 часъ съ 1 квадрат. метра поверхности печи (температура печи 1000° Ц.) при различной толщинѣ стѣнокъ печи

0,33 метра . . . . .	3500 калорій
0,50 » . . . . .	1800 »

Или потерю съ 1 кв. метра поверхности печи въ 1 часъ на 1° разности температуръ можно вычислить по приведеннымъ ранѣе даннымъ въ статьѣ «Лучеиспусканіе».

Для иллюстраціи изслѣдованія пароваго котла приведемъ таблицу записей изъ соч. Ф. Зейфerta, перев. Дьякова.

Число и мѣсяць испытанія . . . . .	—
Поверхность нагрѣва котла въ кв. м. . . . .	53
Поверхность колосниковой рѣшетки въ кв. м. . . . .	0,7
Отношеніе поверхности колосниковой рѣшетки къ поверхности нагрѣва . . . . .	1,76
Продолжительность испытанія час. . . . .	6,13
Топливо: уголь фирмы NN.	
Израсходовано килогр. . . . .	461,3
въ 1 часъ . . . . .	72,2
на 1 кв. м. колосниковой рѣшетки . . . . .	103,1
Остатки горѣнія: всего . . . . .	17,0
въ % израсходованнаго топлива . . . . .	3,66
содержаніе углерода въ нихъ . . . . .	67,03
Питательная вода. Всего испарено въ килогр . . . . .	1200
въ 1 часъ . . . . .	653
на 1 кв. метръ поверхности нагрѣва . . . . .	12,3
Температура . . . . .	50,5°
Паръ. Давленіе пара выше атмосфер. . . . . атм.	10,9
Температура за перегрѣвателемъ . . . . .	232°
Теплота испаренія + перегрѣвъ, калор. . . . .	613 + 23 = 636
Продукты горѣнія. Содержаніе углекислоты въ % . . . . .	11,5
Содержаніе кислорода въ % . . . . .	7,5
Температура отходящихъ газовъ . . . . .	241°

Воздухъ. Температура его . . . . .	15°
Тяга. Въ послѣднемъ дымоходѣ въ мм. водяного столба . . .	10
Паропреводительность:	
а) брутто килогр. . . . .	9,05
б) отнесенная къ нормальному пару, т.-е. при 100° Ц. изъ воды 0° Ц. . . . .	9,04
Цѣна топлива. За 100 килогр. съ доставкой въ котельную . . . . . марокъ	1,35
Стоимость пара.	
За 1000 килогр. для а) . . . . .	1,49
За 1000 килогр. для б) . . . . .	1,47

### ТЕПЛОВОЙ БАЛАНСЪ.

Использовано тепла:	калорій	%
на испареніе 9.05.613 = . . . . .	5548	71,8
на перегрѣвъ 9.05.23 = . . . . .	208	2,7
Всего 9.05.636 = . . . . .	5756	74,5
Потери: а) на теплоту уходящихъ газовъ. . . . .	860	14,1
б) на негорѣвшее топливо . . . . .	199	2,6
в) на излученіе, теплопроводность, сажу, негорѣвшіе газы . . . . .	911	11,8
Теплотворная способность топлива . . . . .	7726	100,0

Для сравненія съ тепловымъ балансомъ парового котла приведемъ таковой же для печи съ интенсивнымъ нагрѣвомъ, напр. для генеративной печи Сименсъ-Мартена.

Утилизировано теплоты . . . . .	5,4%	
Потеря теплоты. {	въ огаркахъ . . . . .	26,4%
	въ дымовыхъ газахъ . . . . .	21,4%
	на сухую перегонку топлива . . . . .	8,9%
	лучеиспусканіе въ генераторѣ . . . . .	10,2%
	лучеиспусканіе въ регенераторахъ и вильпомъ пространствѣ . . . . .	27,7%

### Литература.

- Блахеръ. Теплота въ заводскомъ дѣлѣ.  
 Деметьевъ. Теплота и заводскія печи.  
 Ломшаковъ. Испытаніе паровыхъ котловъ.  
 Geitel. Das Wassergas und seine Verwendung in der Technik.  
 Грагамъ. Практическое руководство къ устройству и дѣйствию регенеративныхъ топокъ.  
 Федоровъ. Газовое отопленіе.  
 Евангуновъ. Нефтяное отопленіе регенеративныхъ, сварочныхъ и другихъ печей.

Лангъ. Построеніе дымовыхъ трубъ.

Schmatolla. Die Brennöfen.

Береспевъ. Нефтеотопленіе.

Бессонъ. О нефтяномъ отопленіи паровыхъ котловъ.

Денпъ. Паровые котлы.

Гавриленко. Паровые котлы.

Тецперъ. Паровые котлы.

Баскаковъ. Устройство нефтеотопленія въ печахъ.

Питерскій. Нефтяное отопленіе въ промышленности.

Зейфертъ. Руководство къ испытанію паровыхъ котловъ и машинъ.

Toldt. Regenerativ-Gasöfen.

Toldt. Расчетъ Сименсъ-Мартеновской печи.



# ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.

	<i>Стр.</i>		<i>Стр.</i>
Адось . . . . .	153	Водяной эквивалентъ калори-	
Азбестъ . . . . .	96	метра . . . . .	142
Азотнокислый аммоній . . . . .	36	Воздухъ, колич., необходимое	
Азотнонатрѣвая соль . . . . .	33, 36	для горѣнія . . . . .	146
Азотъ . . . . .	148	Воздухъ, опредѣленіе избытка	147
Амміакъ . . . . .	68	Вэйлокъ . . . . .	99
Анализъ воды . . . . .	37	Вывѣтриваніе угля . . . . .	118
» сточной воды . . . . .	67	Вылетъ . . . . .	183
» дымовыхъ газовъ . . . . .	149	Выпариваніе . . . . .	85
» каменнаго угля . . . . .	138	Вѣсъ дровъ . . . . .	107
» мазута . . . . .	139	» торфа . . . . .	116
» топлива . . . . .	137	» угля ископаемаго . . . . .	118—121
Анаэробныя бактеріи . . . . .	59	» угля древеснаго . . . . .	111
Антрацитъ . . . . .	121	» удѣльный мазута . . . . .	127
Аппаратъ Ваянера . . . . .	80	» кокса . . . . .	123
» Шейдтъ . . . . .	39	Газовое отопленіе . . . . .	207
» инж. Л. Ганзбурга . . . . .	39	Газообразныя вещества въ	
» Ле-Шателье . . . . .	79	водѣ . . . . .	35
» Рейзерга . . . . .	20	Газъ водяной . . . . .	103, 134, 136
» Бреда . . . . .	21	» генераторный . . . . .	133
» Джуаиль . . . . .	22	» воздушно-генераторный . . . . .	134, 135
» Орса . . . . .	151	» Даусоновскій . . . . .	136
Артезианская вода . . . . .	7	» наланишковый . . . . .	132
Аэробныя бактеріи . . . . .	59	» природный . . . . .	128, 103
Бензинъ . . . . .	126	» свѣтильный . . . . .	129
Біологическ. очистка воды . . . . .	59	Генераторный газъ . . . . .	133
Біологическій фильтръ . . . . .	64	Генераторъ . . . . .	134, 207
Бомба . . . . .	140	Глина . . . . .	200, 201
Боровъ . . . . .	184	Горѣніе . . . . .	146, 180
Брикеты . . . . .	123	Громоотводъ . . . . .	194
Бурный уголь . . . . .	118	Градусы жесткости . . . . .	36
Вентиляторъ . . . . .	197	Дверцы топочныя . . . . .	169
Вода . . . . .	5	Двууглекислый кальцій . . . . .	34
Вода для паров. котловъ . . . . .	11	Двууглекислый магній . . . . .	34
» » домашн. употребл. . . . .	12	Дерево . . . . .	104
» » техническихъ произ-		Динасовый кирпичъ . . . . .	201
водствъ . . . . .	12	Добываніе торфа . . . . .	114
Вздородъ . . . . .	136	Древесина . . . . .	104

	<i>Стр.</i>		<i>Стр.</i>
Древесный спирт . . . . .	111	Кизельгурь . . . . .	98
» уголь . . . . .	108	Кирпичь красный . . . . .	200
» уксусъ . . . . .	111	» кварцевый . . . . .	201
Дрова . . . . .	106	» магнезиальный . . . . .	201
Дымовая труба . . . . .	157, 186	» огнеупорный . . . . .	200
Дымогарная топка . . . . .	171	» основной . . . . .	201
Дымъ . . . . .	149	» шамотовый . . . . .	201
Единица теплоты . . . . .	70	Кислородъ . . . . .	146
Жаропроизводительная спо- собность . . . . .	145	Кладка трубъ . . . . .	194
Желѣзо . . . . .	202	» печей . . . . .	203
Желѣза соединения . . . . .	34	Классификація каменныхъ углей . . . . .	119
Желѣзные трубы . . . . .	195	Ключевая вода . . . . .	6
Жесткость воды . . . . .	36	Коагулянты . . . . .	14
» постоянная . . . . .	36	Коксъ . . . . .	121
» временная . . . . .	36	Количество воды . . . . .	5
Жидкое топливо . . . . .	125	Колодезная вода . . . . .	6
Жироулавляатели . . . . .	61	Колодезники . . . . .	165
Заслонки . . . . .	185	Колосники Нобеля . . . . .	172
Зола . . . . .	105	Колосниковая рѣшетка . . . . .	165
Зольникъ . . . . .	162	Капельниковая топка . . . . .	174
Известковая вода . . . . .	41	Костры . . . . .	109, 116
Измѣреніе температуръ . . . . .	73	Котельная накипь . . . . .	11
Изоляція . . . . .	91	Котель паровой . . . . .	179
Инжекторъ Кертинга . . . . .	196	Коэффициентъ избытка воздуха . . . . .	147
Инфузорная земля . . . . .	98	Коэффициентъ расширения . . . . .	71
Ископаемые угли . . . . .	117	Коэффициентъ передачи те- плы . . . . .	81, 87, 89
Капаль . . . . .	110	Коэфф. лучеиспусканія . . . . .	89
Калориметрическ. бомба . . . . .	140	» полезнаго дѣйствія пе- чей . . . . .	222
Калориметрическое испытаніе . . . . .	75, 140	» печей . . . . .	160
Калориметръ Лангбейна . . . . .	140	Кремневая кислота . . . . .	34
» Фिशера . . . . .	75	Литература . . . . .	68, 156, 230
Калорія научная . . . . .	70	Лучеиспусканіе . . . . .	87
» техническая . . . . .	70	Мазуть . . . . .	126
Кальцинированная сода . . . . .	42	Матеріалы для изоляціи . . . . .	96
Каменный уголь . . . . .	118	Матеріалы для кладки печей . . . . .	200
Камевн. уголь газовый . . . . .	119	Метеорная вода . . . . .	6
Камевн. уг. дѣвннопламенный . . . . .	120	Метиловый спиртъ . . . . .	111
Камени. уголь коксующійся . . . . .	120	Механическая тяга . . . . .	196
Камени. уг. короткопламенн. . . . .	120	Морская вода . . . . .	9
Каменный уголь кузнецный . . . . .	120	Нефть . . . . .	125
Каменный уголь мелочь . . . . .	121	Нефтяные остатки . . . . .	126
Кам. уголь неспекающійся . . . . .	119	Огневая камера . . . . .	162
» » некокующійся . . . . .	119	Огнеупорная глина . . . . .	201
» » полуантрацитъ . . . . .	119	Озонъ . . . . .	25
» » полуантрацитъ . . . . .	120	Окислитель . . . . .	65
» » спекающійся . . . . .	119	Окись углерода . . . . .	153
» » сухой . . . . .	119		
Каросинъ . . . . .	126		

<i>Стр.</i>	<i>Стр.</i>
Определеіе жесткости . . . . .	37
» влаги . . . . .	138
» золы . . . . .	138
» сѣры . . . . .	138
» удѣльна. вѣса . . . . .	139
Определеіе щелочности и кислотности . . . . .	139
Определеіе воды . . . . .	139
Опред. вавѣшенныхъ веществъ . . . . .	139
Органическія вещества въ водѣ . . . . .	35
Органическ. часть топлива . . . . .	103
Осажденіе химическ. путемъ . . . . .	62
Отбирание пробы для анализа . . . . .	137
Отверстіе при порогѣ . . . . .	181
» рабочее . . . . .	206
Отопленіе воздушно-генераторнымъ газомъ . . . . .	133
Отопленіе нефтяными остатками . . . . .	172
Отстойники . . . . .	61
Отстаиваніе воды . . . . .	14
Очистка воды . . . . .	13
Очистка воды отъ смазочныхъ маселъ . . . . .	31
Очистка сточныхъ водъ . . . . .	56
Паропроизводительная способность топлива . . . . .	145
Передача теплоты . . . . .	81
Песокъ . . . . .	202
Песочники . . . . .	61
Печное пространство . . . . .	182
Печи . . . . .	157
Переменяющаяся фильтрація . . . . .	63
Пирометрическ. эффектъ . . . . .	145
Пирометръ Сименса . . . . .	79
» Ле-Шателье . . . . .	79
» Ваннера . . . . .	80
» графитовый . . . . .	74
» воздушный . . . . .	74
Питьевая вода . . . . .	10
Поддувало . . . . .	162
Полезное дѣйствіе топки . . . . .	222
Полезная теплопроизводительная способность . . . . .	144
Поля орошенія . . . . .	62
Порогъ . . . . .	181
Потеря теплоты . . . . .	81
Примѣси въ водѣ . . . . .	10
Пробка . . . . .	97
Прудовая вода . . . . .	8
Пульверизація механическая . . . . .	175
Раамбры колосниковой рѣшетки . . . . .	168
Распыливатель Кертияга . . . . .	175
Расширеніе тѣлъ . . . . .	70
Расходъ воздуха . . . . .	147
Расчетъ печей . . . . .	161
» отопленія . . . . .	81
» экономизера . . . . .	83
Расчетъ устойчивости трубы . . . . .	192
» пароперегрѣвателя . . . . .	84
» нагрѣвателя воды . . . . .	85
» дымовой трубы . . . . .	188
Регенераторъ . . . . .	215
Регуляторъ Вестона . . . . .	24
Рекуператоръ . . . . .	221
Реторты . . . . .	110
Рѣчная вода . . . . .	8
Рѣшетки . . . . .	61
Самововгораніе . . . . .	118
Свѣтильный газъ . . . . .	129
Сетки . . . . .	64
Сила тяги . . . . .	150
Сита . . . . .	61
Скруберъ . . . . .	211
Смазочныя масла . . . . .	126
Смола . . . . .	109
Составъ топлива . . . . .	104
» естественн. водъ . . . . .	5
» сточныхъ водъ . . . . .	53
» азбеста . . . . .	96
» дерева . . . . .	105
» древеснаго угля . . . . .	109
» торфа . . . . .	112
» изоляціонн. массы . . . . .	98
Спекаемость . . . . .	119
Средняя проба . . . . .	137
Сточные воды . . . . .	52
Строеніе дерева . . . . .	104
Ступенчатая рѣшетка . . . . .	169
Сухая перегонка . . . . .	108
Сѣрнонатріевая соль . . . . .	33
Сѣрнокальціевая соль . . . . .	33
Сѣрномагніевая соль . . . . .	35
Сѣрнистый газъ . . . . .	35
Сѣроводородъ . . . . .	35
Сѣрнокислый аммоній . . . . .	36
Табл. состава дождевой воды . . . . .	6

<i>Стр.</i>	<i>Стр.</i>		
Таблицы состава артезианской воды . . . . .	7	Топка . . . . .	161
Табл. состава ключев. воды . . . . .	6	» для жидкого топлива . . . . .	172
» » прудовой воды . . . . .	8	» » каменноугольной мелочи . . . . .	163
» » рѣчной воды . . . . .	8	Топка; расчетъ ея . . . . .	165
» » морской . . . . .	9	Топка съ обратн. пламенемъ . . . . .	164
» » котельн. нажимн . . . . .	11	» ступенчатая . . . . .	169
Табл. состава сточной воды . . . . .	54	» для твердаго топлива . . . . .	161
» » канализад. водъ . . . . .	54	Топливо . . . . .	102
Таблицы состава универсальн. средствъ . . . . .	52	Топливо, анализъ его . . . . .	137
Таблицы состава дерева . . . . .	105	» газообразное . . . . .	127
» » топлива . . . . .	104	» жидкое . . . . .	125
» » природы, газа . . . . .	128	» ископаемое . . . . .	117
» » калашниковыхъ газовъ . . . . .	132	» искусственное . . . . .	103
Табл. состава воздушно-генераторныхъ газовъ . . . . .	136	Топливо; толщина слоя . . . . .	170
Таблицы содержанія газовъ въ водѣ . . . . .	6	Торфъ . . . . .	111
Таблицы удлиненія трубъ отъ нагрѣванія . . . . .	72	» волокнистый . . . . .	112
Таблицы коэфф. линейяго расширения . . . . .	71	Торфъ землистый . . . . .	112
Таблицы температуры плавленія . . . . .	77	» машинный . . . . .	115
Таблицы цвѣта накаливаемыхъ тѣлъ . . . . .	80	» наливной . . . . .	114
Таблицы изолирующихъ матеріаловъ . . . . .	94	» рѣзаной . . . . .	114
Таблицы изоляція войлокомъ . . . . .	93	» смолистый . . . . .	112
Таблицы потери теплоты перекрытіями . . . . .	97	» столовый . . . . .	114
Таблицы классификаціи углей . . . . .	119	Торфяники . . . . .	112
Табл. коэффиц. печей . . . . .	160	Труба . . . . .	186
Табл. количества газовъ изъ топлива . . . . .	188	Тяга . . . . .	150
Табл. состава глины . . . . .	201	» естественная . . . . .	150
Температура вспышки . . . . .	140	» измѣреніе ея силы . . . . .	150
Т-ра дымогарныхъ газовъ . . . . .	149	» механическая . . . . .	196
Т-ра печного пространства . . . . .	229	Тягомѣръ Фишера . . . . .	150
Температура плавленія . . . . .	77	Угледорододы . . . . .	129
Тепловой балансъ . . . . .	230	Углекислота . . . . .	152
Теплопроводность . . . . .	81	Углеродъ . . . . .	117
Теплопроводительная способность . . . . .	140	Уголь бурый . . . . .	118
Теплота . . . . .	70	» древесный . . . . .	108
Термометръ ртутный . . . . .	73	» каменный . . . . .	118
Тетраэдри Зегера . . . . .	78	» торфяной . . . . .	116
		Удѣльный вѣсъ угля . . . . .	119, 120
		» » » . . . . .	121
		Уд. вѣсъ свѣтильн. газа . . . . .	130
		Удѣльный вѣсъ дерева . . . . .	104
		» » кокса . . . . .	136
		» » нефти . . . . .	125
		» » мазута . . . . .	126
		Уксусная кислота . . . . .	111
		Универсальные средства . . . . .	51
		Утилизация каменноугольной мелочи . . . . .	123

	<i>Стр.</i>		<i>Стр.</i>
Утилизация газовъ печей . . . . .	132	Хлористый натрій . . . . .	34
Уходъ за топкой . . . . .	170	Храненіе каменнаго угля . . . . .	118
Формулы Дюлонга . . . . .	89, 91	Цвѣтъ пламени . . . . .	80
» Пекле . . . . .	88, 90	» дерева . . . . .	104
Форм. Стефевъ-Больцманва . . . . .	87	Цеолиты . . . . .	45
Формулы Ланга . . . . .	188	Цементъ . . . . .	202
Формулы расширенія тѣлъ . . . . .	71	Шамотъ . . . . .	201
Формулы опредѣленія потери теплоты . . . . .	187	Шиберь . . . . .	185
Фильтръ цеолитовый . . . . .	48, 50	Шелкъ . . . . .	100
Фильтры механическіе . . . . .	19	Экономейзеръ . . . . .	83
» песочные . . . . .	16	Экстаурторъ . . . . .	197
» биологическіе . . . . .	64	Экстрактъ . . . . .	51
Фильтрація воды . . . . .	16	Энергія кинетическая . . . . .	102
Форсунки . . . . .	177	» механическая . . . . .	70
Фундаментъ . . . . .	203	» потенциальная . . . . .	103
Химич. очистка воды . . . . .	33	» солнечная . . . . .	102
Хлористый натрій . . . . .	33	» тепловая . . . . .	70
		Ямы . . . . .	109

# ОГЛАВЛЕНІЕ.

	<i>Стр.</i>
Отъ автора . . . . .	3
<b>ВОДА</b> . . . . .	5
Вода въ природѣ . . . . .	5
Количество воды . . . . .	5
Составъ естественныхъ водъ . . . . .	5
Метеорная вода . . . . .	6
Ключевая и колодезная вода . . . . .	6
Рѣчная и прудовая вода . . . . .	8
Морская вода . . . . .	9
Значеніе прѣмъсей воды на ея употребленіе . . . . .	10
Вода для нитья . . . . .	10
Вода для паровыхъ котловъ . . . . .	11
Вода для домашняго употребленія . . . . .	12
Вода для техническихъ производствъ . . . . .	12
<b>Очистка воды</b> . . . . .	13
Отстаиваніе . . . . .	14
Фильтрація . . . . .	16
Обыкновенные песочные фильтры . . . . .	16
Механическіе фильтры . . . . .	19
Фильтръ Рейзерта . . . . .	20
Фильтръ Бреда . . . . .	21
Фильтръ «Джуэлль» . . . . .	22
Очистка воды озономъ . . . . .	25
Очистка воды хлоромъ . . . . .	30
Очистка воды отъ смазочныхъ маселъ . . . . .	31
Химическая очистка воды . . . . .	33
Аппараты для химической очистки воды . . . . .	38
Водоочиститель системы Шейдтъ . . . . .	39
Водоочиститель инженера Гинзбурга . . . . .	39
Очистка воды при помощи цеолитовъ . . . . .	45
Составъ цеолитовъ и ихъ поученіе . . . . .	45
Дѣйствіе цеолитовъ . . . . .	47
Германскій цеолитовый фильтръ . . . . .	48
Цеолитовый фильтръ инж. Зимина . . . . .	49
Универсальныя средства для очистки воды . . . . .	51
Экстрактъ бр. Ладаевыхъ . . . . .	51
Solgoviv . . . . .	52
Antilithogenit . . . . .	52

	<i>Стр.</i>
<b>Сточные воды</b> . . . . .	52
Составъ сточныхъ водъ . . . . .	53
Очистка сточныхъ водъ . . . . .	56
Отстаиваніе . . . . .	56
Химическая очистка . . . . .	57
Биологическая очистка . . . . .	59
Поля орошенія . . . . .	62
Искусственные биологическіе фильтры . . . . .	64
Септикъ . . . . .	64
Окислитель . . . . .	65
Литература . . . . .	68
<b>НѢКОТОРЫЯ СВѢДѢНІЯ ИЗЪ КУРСА ТЕПЛОТЫ</b>	70
Расширеніе тѣлъ при нагреваніи . . . . .	70
Измѣреніе температуры . . . . .	73
1) Приборы, основанные на расширеніи тѣлъ отъ теплоты . . . . .	73
Ртутный термометръ . . . . .	73
Воздушный пиrometerъ . . . . .	74
2) Калориметрический методъ . . . . .	75
3) Способъ опредѣленія температуры при помощи веществъ съ опредѣ- ленной точкой плавленія . . . . .	77
4) Термоэлектрический методъ . . . . .	78
5) Способъ опредѣленія температуры по измѣненію сопротивленія на- грѣтыхъ проводниковъ . . . . .	79
6) Оптический методъ . . . . .	80
Передача теплоты . . . . .	81
Теплопроводность . . . . .	81
Примѣры . . . . .	81
Лучеиспусканіе . . . . .	87
Примѣръ . . . . .	87
Изоляція . . . . .	91
Материалы для изоляціи . . . . .	96
Азбестъ . . . . .	96
Пробка . . . . .	97
Инуфозорная земля или кизельгуръ . . . . .	98
Войлокъ . . . . .	99
Шелкъ . . . . .	100
Схемы конструнцій изолировки . . . . .	100
<b>ТОПЛИВО</b> . . . . .	102
Дерево . . . . .	104
Строеніе дерева . . . . .	104
Цвѣтъ и удѣльный вѣсъ . . . . .	104
Составъ дерева . . . . .	105
Дрова . . . . .	105
Древесный уголь . . . . .	108
Ямы . . . . .	109
Костры . . . . .	109
Печи . . . . .	110
Реторты и казаны . . . . .	110
Составъ и свойство древеснаго угли . . . . .	111

	<i>Стр.</i>
Торфъ . . . . .	111
Составъ и свойство торфа . . . . .	112
Добываніе торфа . . . . .	114
Торфяной уголь . . . . .	116
Ископаемые угли . . . . .	117
Бурый уголь . . . . .	118
Каменный уголь . . . . .	118
Антрацитъ . . . . .	121
Коксъ . . . . .	121
Брикеты . . . . .	123
Нефть . . . . .	125
Нефтяные остатки или мазутъ . . . . .	126
Газообразное топливо . . . . .	127
Природный газъ . . . . .	128
Свѣдильный газъ . . . . .	129
Печные газы . . . . .	132
Генераторные газы . . . . .	133
Воздушно-генераторный газъ . . . . .	135
Водяной генераторный газъ . . . . .	136
Смѣшанный генераторный газъ . . . . .	136
Исслѣдованіе топлива . . . . .	137
Исслѣдованіе твердаго топлива . . . . .	138
Опредѣленіе влаги . . . . .	138
»    золы . . . . .	138
»    сѣры . . . . .	138
Исслѣдованіе жидкаго топлива . . . . .	139
Опредѣленіе удѣльнаго вѣса . . . . .	139
»    щелочности и кислотности . . . . .	139
»    воды . . . . .	139
»    взвѣшенныхъ веществъ . . . . .	139
»    температуры вспышки . . . . .	140
Теплопроизводительная способность топлива . . . . .	140
Калориметрическій способъ . . . . .	140
Опредѣленіе теплотворной способности топлива на основаніи данныхъ химическаго анализа . . . . .	143
Полезная теплопроизводительная способность топлива . . . . .	144
Жаропроизводительная способность топлива . . . . .	145
Паропроизводительная способность топлива . . . . .	145
Процессъ горѣнія топлива . . . . .	146
Исслѣдованіе дымовыхъ газовъ . . . . .	149
Измѣреніе температуры газовъ . . . . .	149
Измѣреніе силы тяги . . . . .	150
Химическій анализъ дымовыхъ газовъ . . . . .	150
Аппаратъ Орса . . . . .	151
Таблица топлива . . . . .	154, 155
Литература . . . . .	156
<b>ПРИБОРЫ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА.</b> . . . . .	<b>157</b>
Топка для твердаго топлива . . . . .	161
Колосниковая рѣшетка . . . . .	165



	<i>Стр.</i>
Топка для жидкого топлива . . . . .	172
Порогь . . . . .	181
Печное пространство . . . . .	182
Вылетъ . . . . .	183
Боровъ . . . . .	184
Дымовая труба . . . . .	186
Механическая тяга . . . . .	196
<b>Материалы для кладки печей и трубъ . . . . .</b>	<b>200</b>
Обыкновенный красный кирпичъ . . . . .	200
Обыкновенная красная глина . . . . .	200
Огнеупорный кирпичъ . . . . .	200
Огнеупорная глина . . . . .	201
Песокъ . . . . .	202
Цементъ . . . . .	202
Железо . . . . .	202
<b>Кладка печей . . . . .</b>	<b>203</b>
Генераторы . . . . .	207
Уходъ за генераторами . . . . .	214
Регенераторы . . . . .	215
<b>Рекуператоры . . . . .</b>	<b>221</b>
<b>Полезное дѣйствіе печей и контроль ихъ . . . . .</b>	<b>222</b>
<b>Литература . . . . .</b>	<b>230</b>
<b>Предметный указатель . . . . .</b>	<b>232</b>

- Подоловъ.—Соль, гдѣ и какъ она добывается. Ц. 7 коп.
- \* Родюповъ С. К., архитекторъ.—Строительное искусство. Вып. 1.—Отопление и вентиляция. Съ черт. и таблицами. Ц. 2 руб.
- Рыловъ М. А.—Кожевенное производство. Вып. 1. Выдѣлка и отдѣлка кож по-русски (юфты). Съ планомъ на заводъ и 16 чертежами въ текстѣ. Ц. 10 коп.
- Его-же.—Кожевенное производство. Вып. 2. Выдѣлка рентабельныхъ (выгодныхъ) сортовъ кожъ и замши. Съ рисунками и планами кожевенныхъ заводовъ. Ц. 25 коп.
- Его-же.—Приготовление мядроваго, костяного клеев и желатина. Съ рис. Ц. 25 коп.
- Ласскій В. Н.—Производство крахмала, крупы или саго, муки изъ картофеля и воздѣлываніе картофеля. Съ 14 рис. Ц. 10 коп.
- Савелова З. Ф.—Вышиваніе по канвѣ. Съ рис. Ц. 15 коп.
- Ея-же.—Кройка и шитье. Съ рис. Ц. 20 коп.
- Ея-же.—Вязаніе на спицахъ. Съ 44 рис. Ц. 20 коп.
- Селивановскій Н.—Какъ устроить негораемый овинъ. Изд. 3-е. Ц. 4 коп.
- Его-же.—Петрушка-Иклетенщикъ. Руководство по выдѣлкѣ соломенныхъ издѣлій артельно. Изд. 2-е. Ц. 15 коп.
- Его-же.—Берестяное производство. Ц. 10 коп.
- Его-же.—Руководство къ устройству прудовъ водопойныхъ, хозяйственныхъ, оросительныхъ, вододѣйствующихъ, рыбодныхъ и противопожарныхъ. Съ 43 рис. въ текстѣ. Ц. 15 коп.
- Его-же.—Изобрѣтатель берестяныхъ тростей. Руководство по выдѣлкѣ берестяныхъ, бумажныхъ и кожаныхъ тростей. Ц. 10 коп.
- Его-же.—Самопрядочникъ. Руководство къ выдѣлкѣ самопряд. Ц. 20 коп.
- Его-же.—Опытный крупеникъ толокеникъ. Руководство по приготовленію запарной крупы и толокна изъ овса. Ц. 6 коп.
- Его-же.—Ложжари. Руководство къ выдѣлкѣ деревянныхъ ложжекъ. Съ 26 рисунками. Ц. 15 коп.
- Его-же.—Руководство къ тканью, пряденью и бѣленью. Съ 47 рис. Ц. 20 коп.
- Его-же.—Руководство по щеточному производству. Разсказъ о томъ, какъ въ деревнѣ устроилась артельная мастерская для выдѣлки щетокъ, ершей и кистей. Съ 62 рис. Ц. 25 коп.
- Его-же.—Деревья, какъ лучшая защита селъ и деревень отъ пожаровъ.—Руководство къ посадкѣ деревьевъ въ деревняхъ и селахъ для защиты отъ пожаровъ. Съ 40 рис. Ц. 20 коп.
- Его-же.—Какъ устроить крестьянскія зерносушилки. Съ 22 рис. въ текстѣ. Ц. 15 коп.
- Его-же.—Какъ успѣшнѣе тушить деревенскіе пожары. Ц. 12 коп.
- \* Его-же.—Руководство по заготовкѣ удобрений изъ разныхъ хозяйственныхъ отбросовъ и способы использованія ихъ. Съ рис. Ц. 15 коп.
- \* Его-же.—Руководство по сбору грибовъ, грибоизведенію, приготовленію грибныхъ заготовокъ—сушкой, пшеной, маршировкой, консервированіемъ и выгодные способы сбыта на крупныя рынки. Съ 46 рис. Ц. 30 коп.
- \* Его-же.—Способы сбора и выгоды сбыта крауннаго сѣмени или ликоподія. Съ рис. Ц. 5 коп.
- Серебряковъ С.—Руководство по дегтярному производству. Разсказъ о кустаряхъ дегтекурахъ Демьяновыхъ. Ц. 8 коп.
- Строгановъ В. А.—Печное искусство. Практич. руководство для начинающихъ инженеровъ и архитекторовъ, а также для печниковъ, домовладѣльцевъ и строителей. Съ 27 табл. и чертж. на 42 листахъ. Ц. 2 руб.
- Съверцовъ Р. Т.—Что такое стекло?—Его исторія, составъ и производство. Съ рис. Ц. 6 коп.
- Тумскій К. И.—Лѣсные промыслы. Добываніе живицы, смолы, скипидара, канифоли и вара. Съ рис. Ц. 15 коп.
- Usher-Hilfes.—Современные способы обработки деталей машинъ и ихъ сборка. Перев. А. К. Веесель. 266 рис. Ц. 1 руб. 50 коп.
- Ханъ-Аговъ Л. Е.—Очеркъ маслябоннаго производства. Съ рис. Ц. 15 коп.
- Штафинскій И.—Сухая перегонка листовныхъ породъ дерева. Практическое руководство для кустарей. Съ 75 чертежами въ текстѣ и 5 таблицами для опредѣленія крѣпости древеснаго спирта—въ приложеніи. Ц. 30 коп.
- Щатровъ М. Н.—Руководство къ малярнымъ работамъ,—повѣлкѣ, обивкѣ обонми и вставкѣ оконныхъ зимнихъ рамъ. Съ рис. Ц. 25 коп.
- Его-же.—Руководство по шпифовкѣ, протравкамъ, лакировкѣ и полировкѣ столярно-токарныхъ и рѣзныхъ издѣлій. Ц. 10 коп.
- Его-же.—Руководство къ золоченію и серебрянію. Золоченіе по металлу, гипсу, дереву, картону и проч. Съ рис. Ц. 10 коп.
- \* Его-же.—Курсъ технологій дерева для низшихъ ремесленныхъ школъ и ремесленныхъ отдѣленій при городскихъ и сельскихъ одноклассныхъ и двухклассныхъ М. Н. П. училищахъ. Съ 130 рис. въ текстѣ. Ц. 50 коп.
- \* Его-же.—Другъ ремесленника. Сборникъ практическихъ статей, совѣтовъ и указаній по разнымъ ремесламъ и промысламъ. Ц. 50 коп.



Цѣна 1 р. 50 к.