Инж. И. И. ГРИНГАУЗ

ПАРОВЫЕ КОТЛЫ

ОНТИ • НКТП • СССР • 1936

НБ УДУНТ (ДІТ)

Инж. И. И. ГРИНГАУЗ

621.18
Г-85

ПАРОВЫЕ КОТЛЫ

ИЗДАНИЕ 3-е, ИСПРАВЛЕННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Допущено ГУУЗ НКТП в качестве учебника для подготовки кочегаров фабрично-заводских котельных

6680

ОНТИ НКТП СССР
ОБЪЕДИНЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1936 ЛЕНИНГРАД

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ЭТ-25-3-2

ТКК № 114 от 15/XII 1935 г.

Рецензент проф. **А. А. Предтеченский**

Редактор инж. **Г. Е. Холодовский**

Техредактор **В. Н. Шипов**

Книга инж. Грингауза является исправленным и дополненным изданием руководства для кочегаров, изданного в 1931 г. и премированного на конкурсе Государственного центрального бюро по обучению рабочих теплосилового хозяйства.

В предлагаемой книге популярным языком изложены физические основы работы котлов и процессы горения. Рассмотрены наиболее распространенные виды топлива и методы их сжигания. Разобраны конструкции паровых котлов, вспомогательного оборудования котельных, арматуры и основных контрольно-измерительных приборов. Даны указания относительно обслуживания котельных установок, рационального ведения топочного процесса и основных мероприятий, обеспечивающих безопасность работы котельных.

Книга рассчитана на кочегаров преимущественно фабрично-заводских котельных и утверждена ГУУЗ НКТП в качестве учебника для подготовки кочегаров.

Просьба к читателям присылать свои замечания, вопросы и указания на желательные дополнения в книге на имя автора, по адресу:

Москва, Центр, Лучников пер., 7, кв. 9.

2-я тип. ОНТИ им. Евгений Соколовой. Ленинград, пр. Кр. Командиров, 29.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение. **Краткое описание парового котла** 5

Отдел I. **Физика в котельной**

1. Вода 10
2. Воздух 14
3. Теплота . . 22
   Действие теплоты 22
   Температура . . 25
   Измерение теплоты 28
   Передача теплоты 29
4. Пар. 34
   Кипение воды 34
   Насыщенный пар 37
   Перегретый пар 38

Отдел II. **Топлива и их сжигание на горизонтальной колосниковой решетке**

1. Состав топлива 42
2. Горение . . 47
   Что такое горение 47
   Горение углерода 51
   Горение водорода 53
   Формулы горения . . 54
   Горение куска топлива 55
3. Горение топлива в топке котла. Регулирование притока воздуха. 56
4. Тяга 63
   Естественная тяга 63
   Дутье — тяга . . 68
5. Каменный уголь и его сжигание 72
6. Антрацит и его сжигание . . 76
7. Подмосковный уголь и его сжигание 82
8. Дрова и их сжигание 84
9. Торф и его сжигание 85
10. Нефть и ее сжигание . . 89
11. Измерительные приборы и пользование ими . 98
    Регулирование тяги по показаниям тягомеров 98
    Пирометр . 102
    Анализ газов . . 104
    Прибор Орса для анализа газов . . 108
    Автоматический газоанализатор Адос 112
    Автоматический газоанализатор Ранарекс 116
    Газоанализатор Сименса . . . 118
12. Потери в котле. Коэфициент полезного действия котла 119
    Как определяется коэфициент полезного действия 121
    Эксплоатационный коэфициент полезного действия 122
    Испаритсльность топлива 123
    Стоимость пара . 124

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Отдел III. **Сжигание топлив в топках с наклонными решетками. Сжигание топлива в механических топках**

1. Топка с наклонной колосниковой решеткой 127
Топка со ступенчатой решеткой . 130
Шахтная топка системы проф. Кирша . 132
Сжигание фрезерного торфа в шахтной топке 136
Механические топки . . 138
Топка с цепной решеткой 138
Шахтно-цепная топка . . 142
Топка с нижней подачей топлива 145
3. Пылевидное топливо и его сжигание 149
Приготовление угольной пыли 150
Подача угольной пыли 153
Горелки . . 156
Пылеугольные топки 158

Отдел IV. **Типы паровых котлов**

1. Напряжение поверхности нагрева котла 162
2. Объем воды в паровых котлах 163
3. Повреждения паровых котлов 165
4. Цилиндрический котел 171
5. Жаротрубные котлы 172
6. Дымогарные котлы 176
7. Локомобильные котлы 177
8. Водотрубные котлы . 179
Горизонтальные водотрубные котлы 180
Водотрубный котел Штейнмюллера 180
Водотрубный котел Фицнер и Гампер 183
Водотрубный котел Шухова . . 184
Водотрубный котел Бабкок и Вилькокс 186
Вертикальные водотрубные котлы . . 189
Вертикальный водотрубный котел Гарбе 189
Трехбарабанный вертикальный водотрубный котел 192
9. Котлы высокого давления 193
10. Пароперегреватель 197
11. Водяной экономайзер . 199
12. Воздушный экономайзер (воздухоподогреватель) 207

Отдел V **Насосы и арматура паровых котлов и уход за ней**

1. Примеси в воде и ее очистка 212
2. Насосы 215
Поршневые насосы 216
Центробежные насосы 221
Инжекторы . . 223
Универсальный инжектор Кертинга 225
3. Питательный и обратный клапаны 227
4. Автоматическое питание паровых котлов 228
5. Водоуказательные стекла 230
6. Пробные краны . . 236
7. Спускной (продувочный) кран 237
8. Манометр . . . 239
9. Предохранительный клапан 243
10. Паровой запорный вентиль 246
11. Паропровод . 248

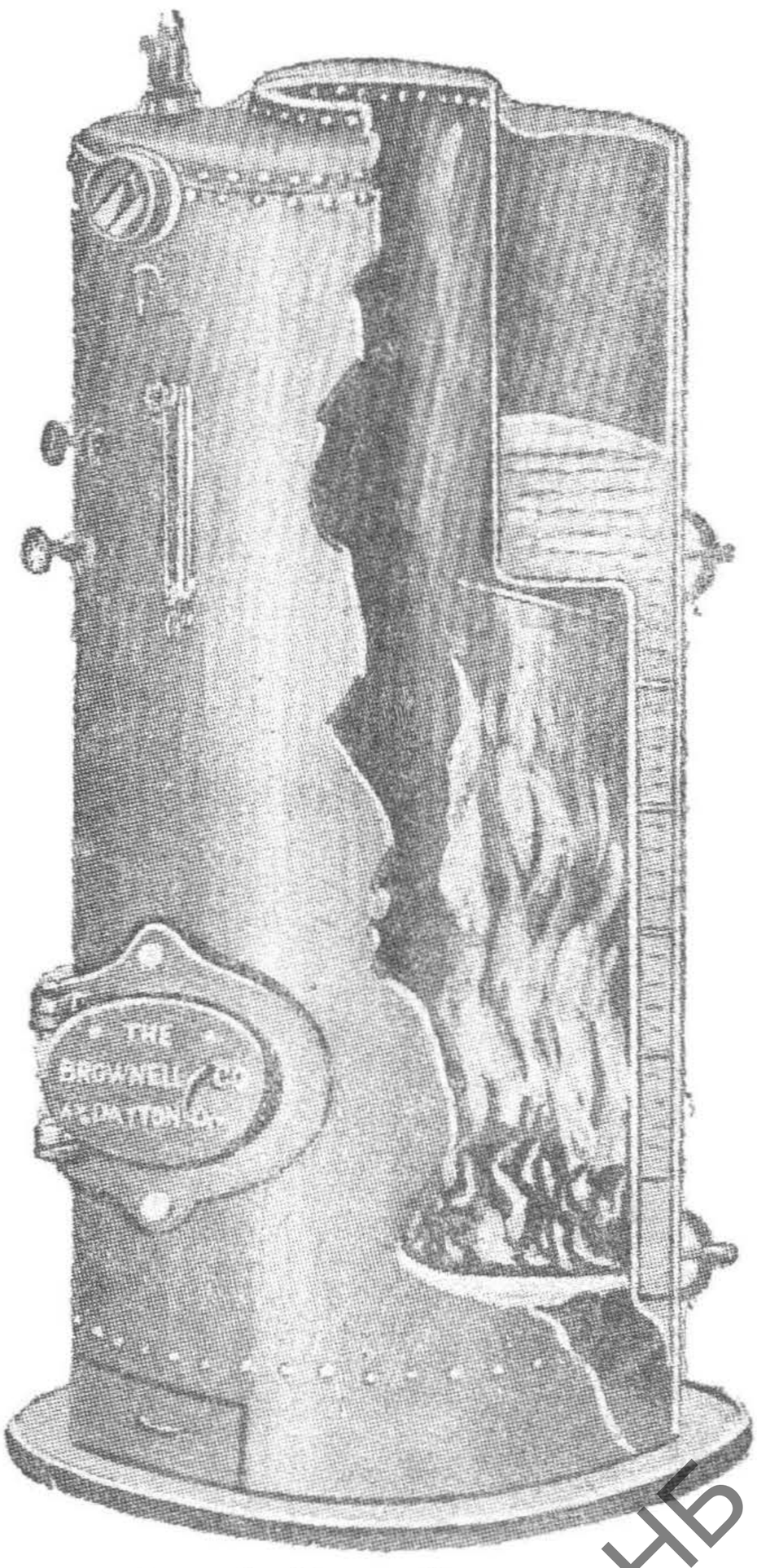
Отдел VI. **Техника безопасности паровых котлов**

1. Взрывы паровых котлов . 256
2. Технический надзор за паровыми котлами 259
3. Правила ухода за паровыми котлами 262

НБ УДУНТ (ДІІТ)

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПАРОВОГО КОТЛА

В нашем домашнем обиходе мы постоянно пользуемся самоваром, чтобы кипятить в нем воду для чая. Главные части самовара — сосуд, в который наливается вода, и расположенная внутри него маленькая топка в виде кувшина с решеткой внизу. В эту топку насыпают уголь; через нее благодаря наличию самоварной трубы проходит воздух (без воздуха горения не может быть), уголь горит и через стенку «кувшина» нагревает воду в самоваре.



Фиг. 1. Стоячий котел.

Когда вода в самоваре закипит, открывают его крышку, чтобы дать выход скопившемуся под нею пару, иначе он своим давлением выбрасывает воду из-под крышки. Чтобы вода в самоваре не выкипала, его приглушают.

Неприглушенный самовар можно считать своего рода паровым котлом, т. е. сосудом, назначение которого состоит в том, чтобы воду превращать в пар (определенного давления). Котлы, похожие на самовар, но только очень больших размеров, действительно существуют, но топливо забрасывается не сверху, а через дверцу, устроенную в стенке котла (фиг. 1). Так как эти котлы предназначены для получения пара, то в верхней их части оставляется

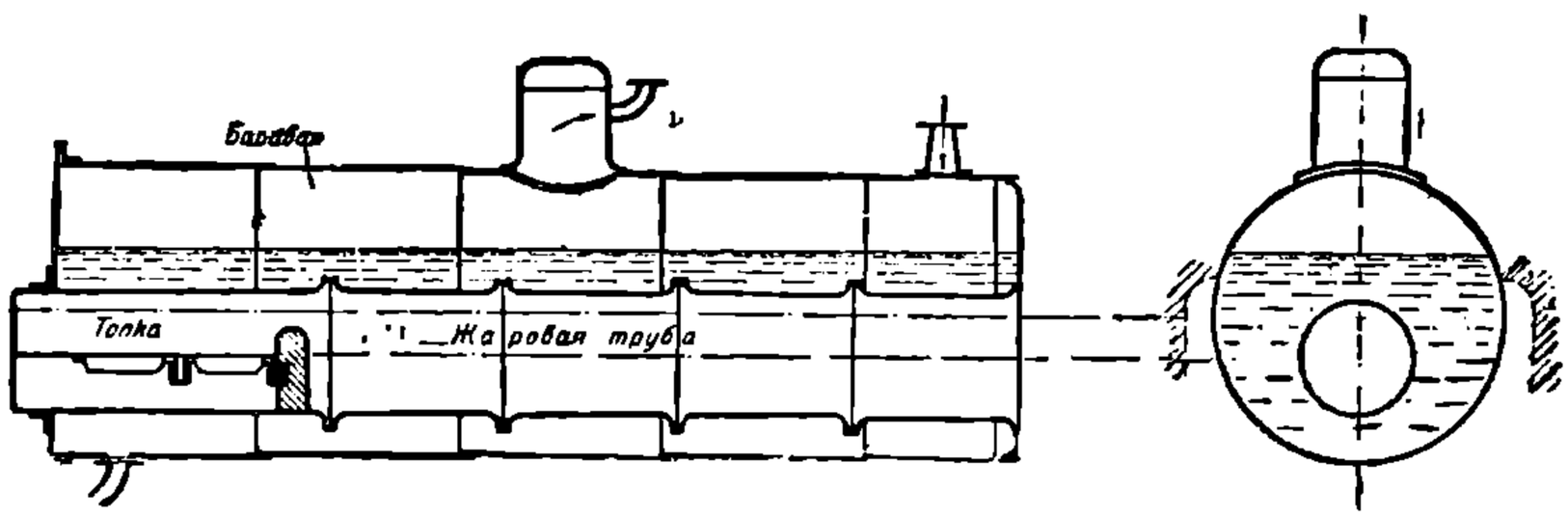
НБ УДУНТ (ДІТ)

свободное от воды пространство, где собирается пар: ввиду того, что в технике вообще необходимо большое давление пара, крышка (днище) такого котла не свободна, а приклепана к его стенкам, иначе пар будет свободно выходить, как из самовара, и требуемого давления пара не будет достигнуто.

Чтобы лучше разобраться в устройстве парового котла, рассмотрим один (прежде очень распространенный) котел, тоже напоминающий самовар, только в лежачем положении.

Общее устройство котла

Этот котел — длинный цилиндр (барабан), склепанный из отдельных звеньев (фиг. 2). По концам цилиндр закрыт приклепанными к нему днищами. Между ними по всей длине цилиндра проходит труба. Она прикреплена к днищам, в которых



Фиг. 2. Барабан жаротрубного котла (продольный и поперечный разрезы).

против трубы имеются круглые отверстия, так что она открыта с обоих концов.

В котле получается закрытое внутреннее пространство, которое ограничено барабаном и трубой, а по концам днищами. В этом пространстве находится, покрывая трубу, вода, а выше — пар.

Топка

В переднем конце трубы устроена топка, для чего внутрь трубы положена решетка, состоящая из колосников. На них лежит горящее топливо — жар, почему труба и называется жаровой, а такие котлы — жаротрубными. Труба со стороны топки (спереди) закрыта чугунной круглой плитой с дверцей и с отверстием под ней, называемым поддувалом. Через дверцу забрасывается топливо на решетку, через поддувало воздух поступает под решетку и проходит сквозь слой топлива.

В топке от горящего топлива получаются огонь и горячие газы, или, как мы будем говорить, д ы м о в ы е г а з ы. Они идут внутри трубы к заднему ее концу. На своем пути газы через стенки жаровой трубы нагревают находящуюся вокруг нее воду.

Дымоходы

Из жаровой трубы дымовые газы наружу не выпускаются. Газов много, они еще очень горячи, и тепло их можно использо-

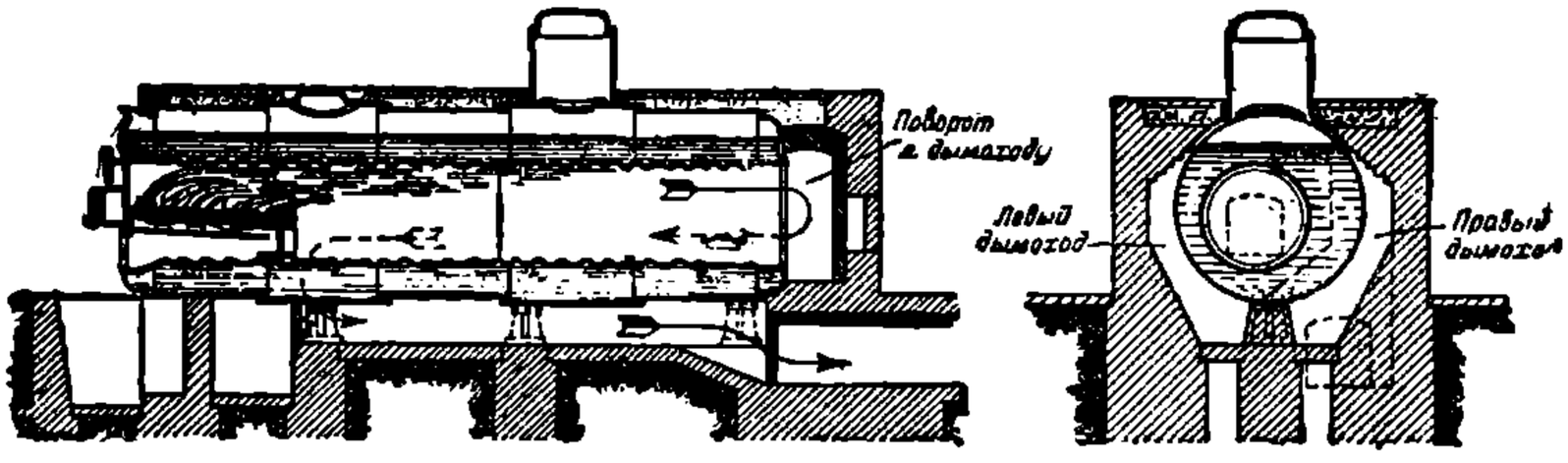
НБ УДУНТ (ДІІТ)

вать. Поэтому их после жаровой трубы пускают обогревать котел с боков. Для этого котел замурован в кладку, т. е. около него снизу и с боков ставят кирпичные стенки так, что получаются ходы для газов, или, как их называют, дымоходы (фиг. 3).

Повернув из жаровой трубы в боковой дымоход (скажем, если смотреть спереди котла, — левый) и двигаясь к передней части котла, газы обогревают левую сторону котла. Под передней частью котла газы переходят в правый дымоход, идут к заднему концу и обогревают по пути его правую сторону.

Всего газы делают три оборота: по жаровой трубе — первый дымоход, по одному боковому ходу — второй дымоход, по другому боковому ходу — третий дымоход.

Итак, благодаря дымоходам дымовые газы нагревают воду не только через жаровую трубу, но и через стенки барабана котла,



Фиг. 3. Жаротрубный котел в обмуровке (продольный и поперечный разрезы).

и после выхода из последнего дымохода оказываются более или менее охлажденными, отдав много теплоты воде.

Экономайзер

Обычно, однако, не довольствуются охлаждением газов только в котле, и охлаждают их еще при помощи прибора, называемого экономайзером. Экономайзер ставят после котла по пути газов в дымовую трубу; он состоит из труб, внутри которых течет вода, а снаружи между трубами проходят газы. Газы отдают значительную часть оставшегося в них тепла холодной воде, подогревая ее, и уходят в дымовую трубу.

Путь движения воды

Проследим теперь путь движения воды в котельной установке. Насос берет холодную воду из бака и качает ее через экономайзер в котел. Пройдя через экономайзер и подогревшись, вода поступает в котел, где нагревается до температуры кипения и кипит, превращаясь в пар, который поднимается кверху.

Движение пара

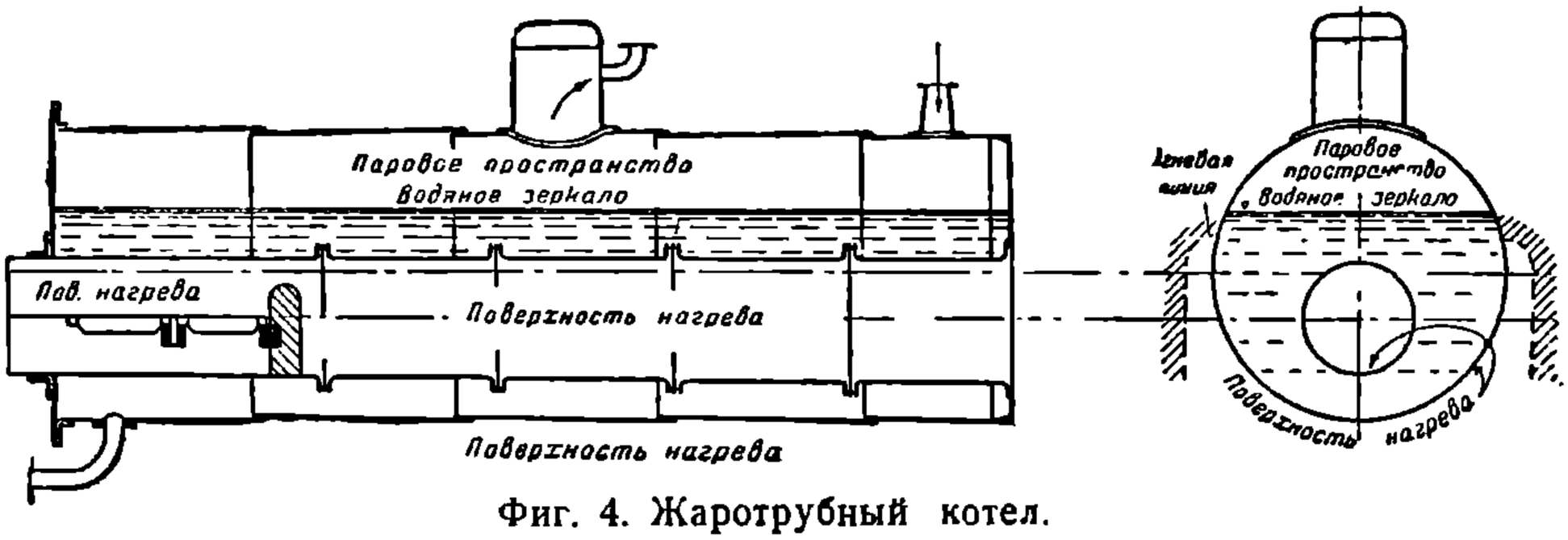
Поднимаясь от стенок жаровой трубы и цилиндра котла в виде пузырей, пар проходит через так называемое водяное зеркало, или зеркало испарения (поверхность воды в котле), вызывает

НБ УДУНТ (ДІТ)

в нем сильное бурление, отчего в паровое пространство попадают брызги воды, которые уносятся вместе с паром. Пар с водяной пылью невыгоден и вреден для работы в паровых двигателях. Чтобы несколько осушить его, в прежнее время к котлам часто приклепывали сверху барабан. В нем, как предполагали, часть водяной пыли успевает осесть вниз, и пар становится суше, отчего барабан и получил название сухопарника.

К сухопарнику или к стенке котла в паровом пространстве прикрепляют паровую трубу, называемую паропроводом, по которой пар уходит к месту его потребления, например в паровой двигатель или в производство (для технологических целей).

За последние 50—60 лет убедились, что пар для паровых двигателей выгодно не только осушать, но делать еще более горячим, чем в котле (перегретый пар). Для этой цели стали применять особый прибор — пароперегреватель, о котором будет сказано ниже (стр. 197).



Фиг. 4. Жаротрубный котел.

Названия некоторых частей котла

Нижняя часть котла, наполненная водой, называется водяным пространством, а верхняя, где собирается пар,— паровым (фиг. 4).

Дымоходы перекрыты сводами, которые примыкают к боковым стенкам котла. Выше этих сводов газы подняться не могут. Линия, по которой своды примыкают к стенкам котла и выше которой газы подняться не могут, называется огневой линией.

Та поверхность котла, которая с одной стороны обогревается пламенем горящего топлива и дымовыми газами, а с другой — омывается водой, называется поверхностью нагрева. Ее измеряют в квадратных метрах. Для жаротрубного котла, показанного на фиг. 3 и 4, поверхностью нагрева будет поверхность жаровой трубы и поверхность барабана, прилегающая к дымоходам.

В заключение заметим, что конструкций котлов очень много. Описанный нами котел, называемый жаротрубным, рассмотрен для того, чтобы вообще познакомиться с устройством паровых котлов.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ВОПРОСЫ

Что называют паровым котлом?
Укажите основные части парового котла и назначение их.
Для чего нужен экономайзер?
Укажите последовательный путь воды в котельной установке.
Что такое водяное пространство котла?
Что называется паровым пространством котла.
Что такое огневая линия?
Что называется поверхностью нагрева парового котла?
В каких мерах измеряется поверхность нагрева?

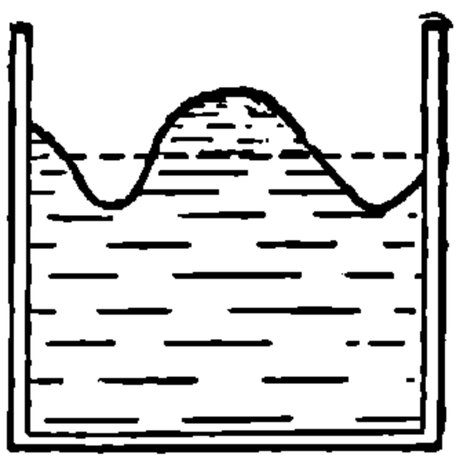
НБ
УДУНТ
(ДІІТ)

ОТДЕЛ I

ФИЗИКА В КОТЕЛЬНОЙ

1. Вода

Вода имеет весьма важное значение для людей. Она наряду с воздухом, пищей и солнечным теплом необходима для нашего существования. С другой стороны, вода имеет большое применение в технике. Пар, получаемый в котлах нагреванием воды за счет теплоты горящего топлива, приводит в движение паровые двигатели и широко применяется в производственных приборах и аппаратах. Как известно, вода не всегда бывает в жидком состоянии (виде). Она может находиться и в твердом состоянии — в виде льда, и может также быть в виде пара. Важное отличие воды от льда — то, что лед, как твердое вещество, сохраняет свою форму, между тем как вода принимает форму сосуда, в котором она находится, легко меняя одну форму на другую. В котельной мы воду перекачиваем из бака в котел — сосуды разных форм. Но если в баке содержится 10 000 *л* (литров) воды, а весь котел вмещает 6 000 *л*, то остальные 4 000 *л* в котел не войдут. Значит, вода меняет свою форму, но объема не меняет.



Фиг. 5. Свободная поверхность воды сама собой устанавливается горизонтально.

Вещества, подобно воде не имеющие своей формы, но сохраняющие свой объем, называются жидкими. К их числу принадлежат например молоко, спирт, ртуть.

Свободная поверхность воды

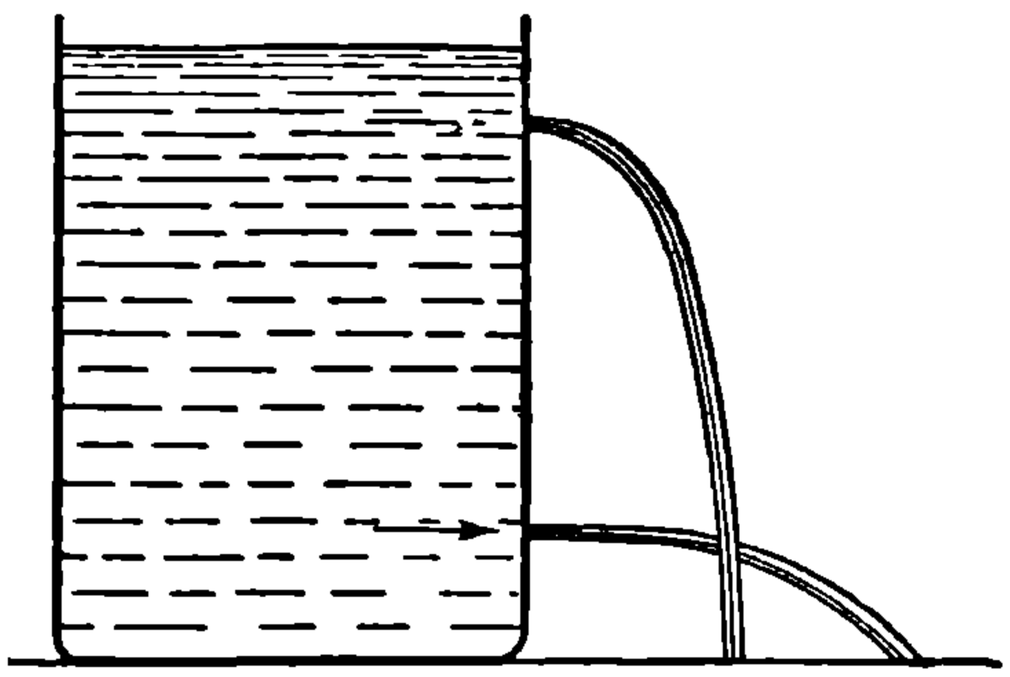
Из опыта мы знаем, что если сосуд открыт сверху или если вода целиком его не заполняет, то верхняя свободная поверхность воды не может иметь в спокойном состоянии волнистой формы: вследствие подвижности воды углубления заполняются, а выступы сглаживаются (фиг. 5). Поверхность воды в спокойном состоянии устанавливается плоско, без уклона. Такая поверхность называется горизонтальной. Говорят, что свободная поверхность воды — горизонталь-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

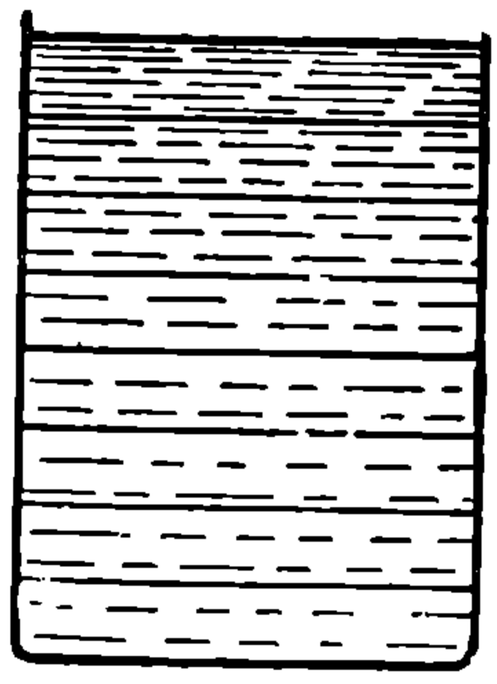
а я. Следовательно, в холодном котле, или в горячем, но остановленном, поверхность воды в барабане горизонтальна.

Давление внутри воды

Если в боковой стенке ведра сделать два отверстия—одно повыше, другое пониже, около дна, то вода станет вытекать из отверстий струйками. Из нижнего отверстия струйка будет бить сильнее и дальше (фиг. 6). Мы поймем, почему это так, если представим себе воду в сосуде как бы разделенной на отдельные слои, как представлено на фиг. 7. На каждый слой давят своей тяжестью вышележащие слои. Чем слой ниже, тем, конечно, давление на него больше. Значит, в воде (и во всякой другой жидкости) существует внутри давление, которое с глубиной увеличивается. Но это давление действует не только вниз, но вследствие подвижности воды передается и в стороны. Именно боковое давление



Фиг. 6. Из нижнего отверстия (на большой глубине) струя бьет сильнее, чем из верхнего.



Фиг. 7. Вода разделена (мысленно) на слои.

воды заставляет воду вытекать из боковых отверстий. Если отверстие заткнуть пальцем, то можно почувствовать боковое давление воды.

Легко убедиться также в том, что давление воды действует и вверх. В изображенном на фиг. 8 сосуде вода бьет не только вниз и в сторону, но и вверх. Давление воды снизу вверх мы замечаем при погружении в нее всякой пустой банки. Нужно давить на банку или нагрузить ее (гирькой, дробью и т. п.), чтобы она оставалась до краев в воде (а не всплывала наверх).

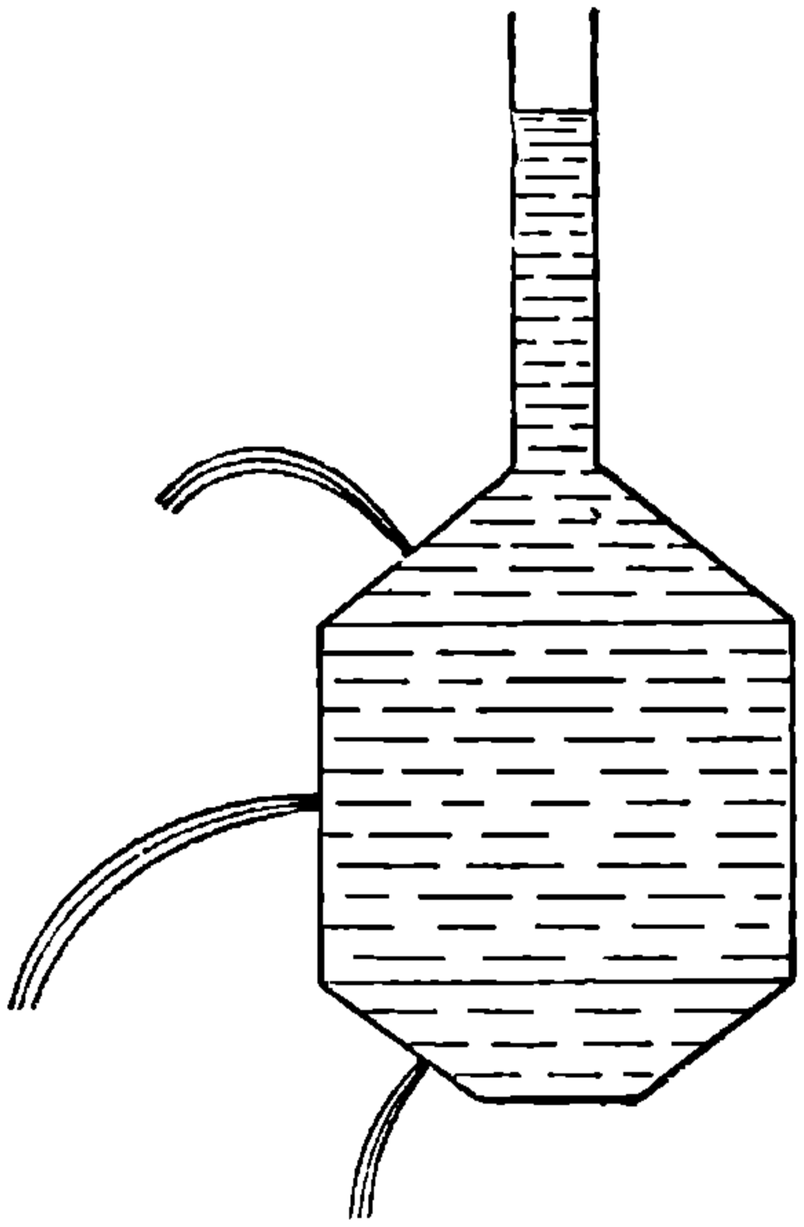
Можно произвести и другой опыт для лучшего уяснения давления воды, направленного снизу вверх. Прикроем стеклянный цилиндр притертой пластинкой и опустим его в воду (фиг. 9). Пластинка давлением воды снизу будет прижата к цилиндру.

Велико ли давление снизу на пластинку? Вливая в цилиндр воду, увидим, что пластинка отпадает, когда уровень воды в ци-

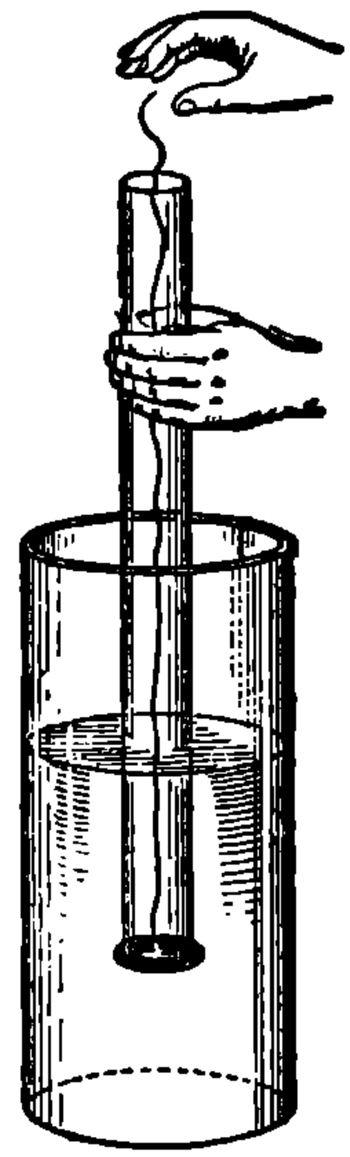
НБ УДУНТ (ДІІТ)

линдре сравняется с уровнем воды в сосуде. Вес влитой воды указывает на величину силы, с какой жидкость давит на пластинку, иначе говоря, давление на пластинку равно весу столба жидкости над ней (но действует снизу).

В работающем (или остановленном, но горячем) котле находится пар, который сильно давит на стенки, с которыми он соприкасается, и на поверхность воды. Давление пара через поверхность воды передается во все стороны, и потому вся вода в котле испытывает его. В свою очередь вода передает давление пара на стенки, т. е. давит на них с силой пара. Следова-



Фиг. 8. Струя воды бьет вверх (из верхнего отверстия в сосуде).



Фиг. 9. Пластина прижата давлением воды к концу цилиндра.

тельно, стенки котла, соприкасающиеся с водой, всюду испытывают давление пара (к которому присоединяется и давление от веса воды, правда, незначительное по сравнению с давлением пара).

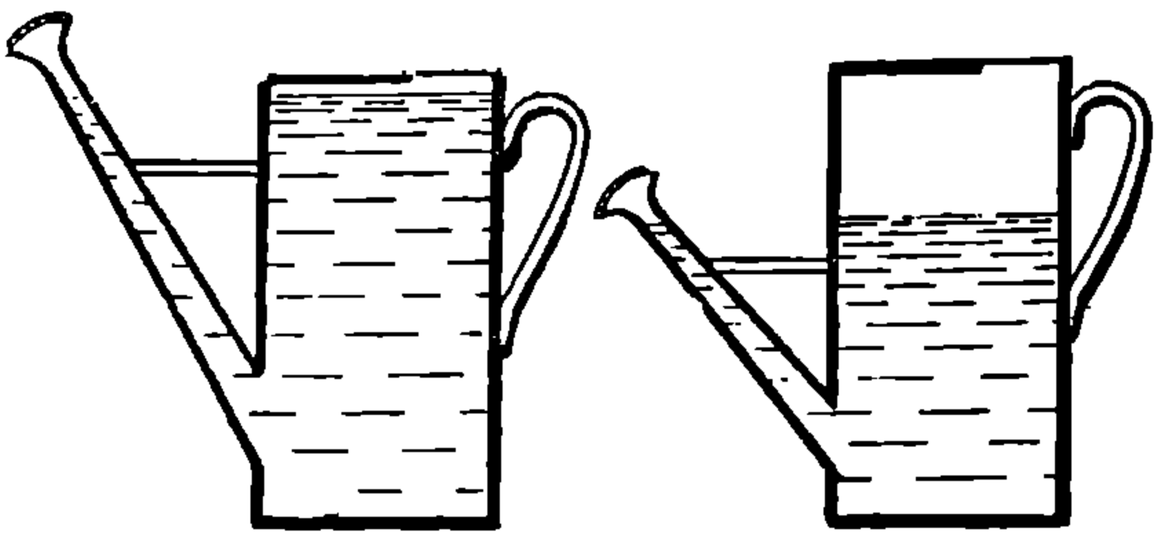
Вода в сообщающихся сосудах стоит на одном уровне

Вода в носике чайника или лейки (фиг. 10) стоит на том же горизонтальном уровне, что и в самом чайнике, — не выше и не ниже. В двух сосудах, сообщающихся между собой, например, трубочкой, вода держится тоже на одном горизонтальном уровне, хотя бы сосуды были разной формы и размеров. Если один из сосудов сделать стеклянным, то он нам будет показывать и уровень воды в другом сосуде.

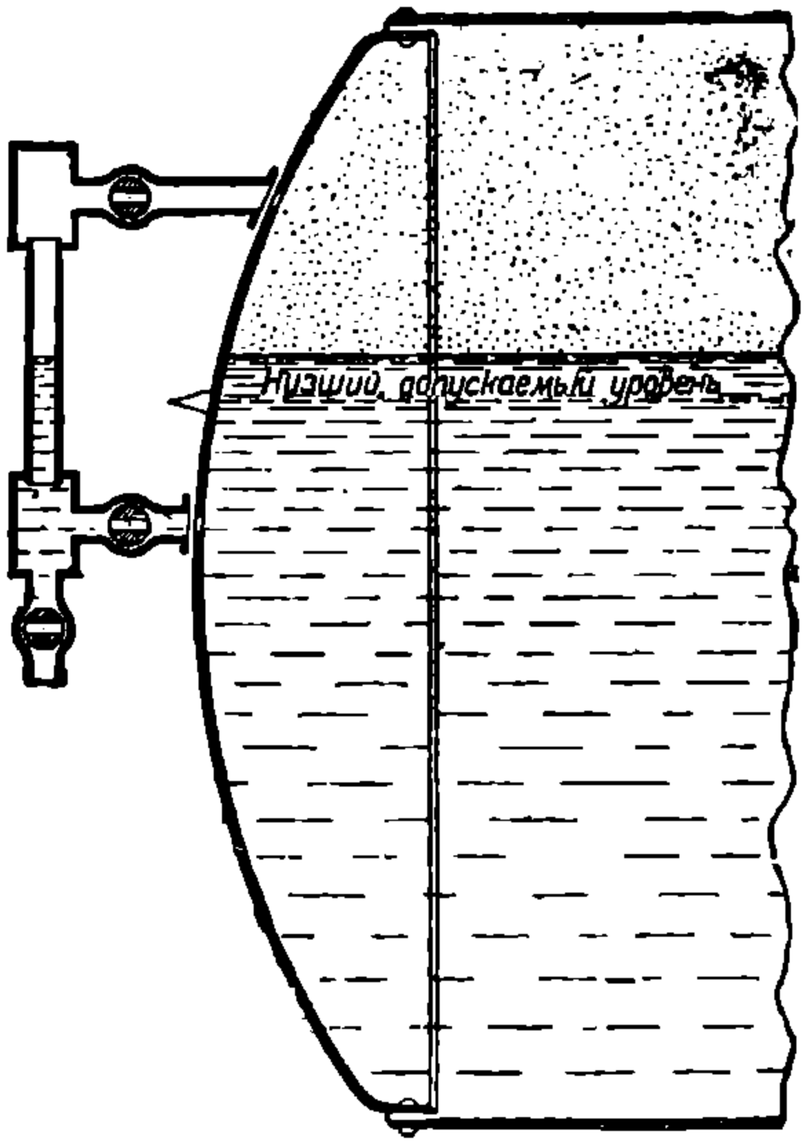
НБ УДУНТ (ДІІТ)

Основанный на этом принципе прибор, называемый водоуказательным стеклом, устанавливается на переднем днище котла для наблюдения за уровнем воды в нем. Обычно это — стеклянная трубка, которая вставлена между двумя металлическими трубками; через днище верхняя трубка сообщается с паровым пространством котла, а нижняя — с водяным (фиг. 11). Если вода в котле поднимается, то соответственно повышается ее уровень в стекле. Опускание уровня воды в стекле означает, что вода в котле убывает.

Без водоуказательных стекол не было бы возможности наблюдать за уровнем воды в котле, который всегда должен быть выше огневой линии. Если вода в котле опустится ниже огневой линии, то соответственная часть поверхности нагрева ого-



Фиг. 10. Вода в лейке и ее носике держится на одной высоте.



Фиг. 11. Схема водоуказательного стекла.

лится от воды (фиг. 4). С этой оголенной поверхностью нагрева будет уже соприкасаться пар, а не вода. Но пар вообще очень плохо охлаждается нагреваемые газами стенки, он слабо, медленно поглощает теплоту газов. Вследствие этого газы перегревают стенки накаляют их докрасна. Нагретое докрасна железо размягчается и теряет свою прочность. Понятно, что пар, который сильно давит на стенки котла, легко выпучит перегретые стенки и разорвет их, что приведет к взрыву котла.

Вот почему уровень воды в котле ни под каким видом не должен опускаться ниже огневой линии, т. е. вода не должна оголять поверхность нагрева. Но даже приближение уровня к огневой линии опасно, так как в этом случае по невнимательности легко может произойти оголение огневой линии. Наше законодательство требует, чтобы самый низкий уровень воды, до которого разрешается ее доводить, был не ближе 100 *мм* (миллиметров) к огневой линии. Этот уровень называется низшим допускаемым уровнем. Против низшего допускаемого

НБ УДУНТ (ДІІТ)

уровня ставится металлическая метка, и прямая и важная обязанность кочегара — следить за тем, чтобы вода в котле ни в коем случае не опускалась ниже этой метки. Как только уровень испаряющейся воды начнет, опускаясь, приближаться к метке, кочегар обязан незамедлительно питать котел (подробно об устройстве водоуказательных стекол и о том, как обращаться с ними, указывается ниже, в отделе «Арматура»).

ВОПРОСЫ

В каких трех видах встречается вода в природе?
Какое основное отличие между твердыми и жидкими веществами?
Как устанавливается свободная поверхность воды?
Существует ли давление внутри жидкости и откуда оно берется?
Одинаково ли давление внутри воды?
В каком направлении действует давление в жидкости?
На каком уровне стоит вода в сообщающихся сосудах?
На чем основано действие водоуказательных стекол?
Для чего ставят водоуказательные стекла?
Допускается ли, чтобы вода в котле, опускаясь, подходила к огневой линии?
Что произойдет, если вода оголит огневую линию?.

2. Воздух

Порожняя бутылка кажется пустой, как будто в ней ничего нет. Но опустив бутылку горлышком вниз в воду, мы увидим, что вода в бутылку не войдет: что-то ее туда не пускает. Если же поместить бутылку наклонно или горизонтально, то вода в нее пойдет, но из бутылки начнут выходить пузыри воздуха, вытесняемого водой.

Этот простой опыт наглядно показывает, что воздухом наполнен всякий сосуд, который обыкновенно называется пустым. Воздух и не пускал в бутылку воду, когда мы опускали бутылку так, что воздуху из нее не было выхода.

Воздух находится в пористых веществах — в сахаре, песке и т. д. Когда сахар опускают в чай, то воздух выходит из него пузырьками.

В воде тоже содержится большее или меньшее количество воздуха. Если стакан с холодной водой оставить стоять, то через некоторое время на стенках стакана начнут появляться пузырьки: это воздух выделяется из воды. Если подогревать воду, то воздух еще быстрее выделяется из нее в виде пузырьков. Жизнь рыб и других животных, населяющих воду, возможна только благодаря растворенному в воде воздуху.

В существовании воздуха вокруг нас мы легко убеждаемся и иначе.

Мы чувствуем воздух, когда быстро движется, например при езде, в беге и т. д. Ветер — тот же воздух, но только находящийся в быстром движении. Сильный ветер, дающий в лицо,

НБ УДУНТ (ДІІТ)

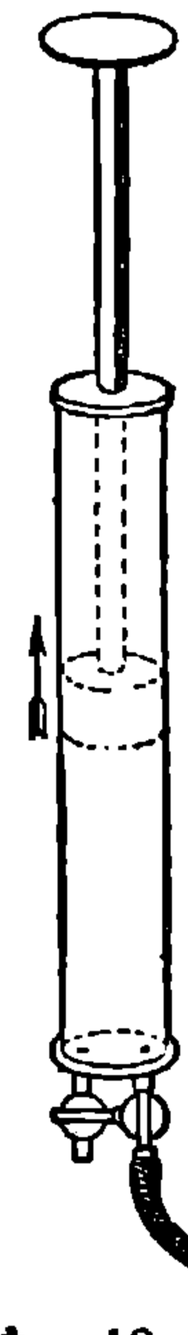
мешает нам итти или, наоборот, заметно облегчает ходьбу («несет»), когда дует нам в спину; ветер вертит крылья мельниц, движет парусные суда. Наконец, бури — это не что иное, как несущийся с большой скоростью воздух, который часто производит большие разрушения на суше и вызывает сильное волнение на море.

Все вышеизложенное указывает на то, что воздух, несмотря на свою невидимость, столь же вещественен, как, скажем, вода или другие вещества.

Вес воздуха

Как всякое вещество, воздух должен иметь вес. Чтобы это проверить, попробуем в какой-нибудь сосуд с воздухом, например колбу, накачать больше воздуха и посмотрим, не станет ли он тяжелее. Накачивать воздух можно прибором, называемым насосом (фиг. 12) и имеющим следующее устройство.

В пустотелом цилиндре ходит вперед и назад поршень, приводимый в движение от руки при помощи штока (стержня). Для правильного направления штока служит втулка на открытом конце цилиндра. Цилиндр закрыт крышкой с двумя кранами. Первый кран при помощи резиновой трубки соединяет цилиндр с колбой, второй кран (если он открыт) соединяет цилиндр с наружным воздухом. Назовем первый кран нагнетательным, а второй — всасывающим.



Фиг. 12. Воздушный насос.

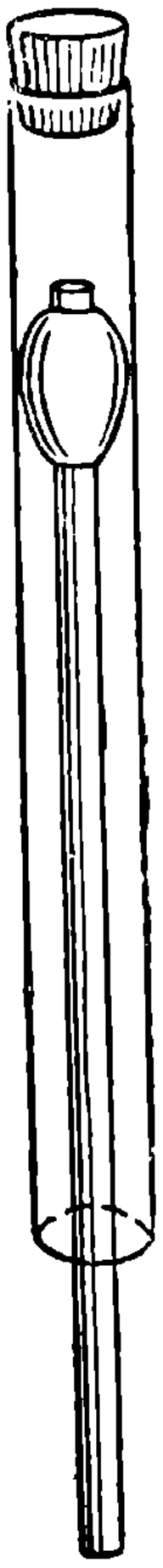
Двигая поршень водяного насоса и соединяя цилиндр при помощи кранов то с сосудом, то с наружным воздухом, можно накачать в колбу больше воздуха. Для начала запрем всасывающий кран, откроем нагнетательный и начнем двигать поршень. Этим движением поршня мы вгоним в колбу воздух, находящийся в цилиндре. Теперь нагнетательным краном запрем воздух в колбе и, открыв всасывающий кран, вытянем поршень, вследствие чего в цилиндр наберется наружный воздух. Снова вытолкнем его в колбу, как мы уже это сделали, и т. д. Если достаточно больших размеров колбу уравновесим до начала опыта на весах и, накачав в нее побольше воздуха, снова взвесим, то окажется, что колба увеличилась в весе. Это доказывает, что воздух имеет вес. Футбольный мяч, например, после хорошего накачивания увеличивается в весе на 3—4 *г*.

Можно произвести опыт в обратном порядке — выкачать находящийся в открытой колбе воздух, взвесив колбу до опыта и после него. Назначение кранов теперь будет обратным: кран нагнетательный превратится во всасывающий (через него воздух начнет поступать в цилиндр из колбы), а всасывающий будет

НБ УДУНТ (ДІІТ)

действовать как нагнетательный (через него воздух из цилиндра станет выталкиваться наружу).

Открываем всасывающий кран и выдвигаем поршень. Часть воздуха из колбы переходит в освобождающееся в цилиндре пространство. Переставив краны и двигая поршень, выталкиваем воздух из цилиндра наружу. Проделав много раз под ряд такую работу, мы добьемся того, что в сосуде останется лишь небольшая часть бывшего в нем воздуха.



Фиг. 13. Опыт, показывающий, что воздух способен расширяться.

Существуют усовершенствованные воздушные насосы, в которых вместо кранов имеются самодействующие клапаны.

Такими усовершенствованными насосами можно выкачать из сосуда почти весь воздух.

Опыт с выкачиванием воздуха из колбы дает возможность определить вес воздуха; нужно лишь взвесить ее до и после опыта. Разница в весе покажет, сколько весил воздух, находившийся в колбе. Таким путем было установлено, что 1 *м*³ (куб. метр) воздуха вокруг нас весит около 1,3 *кг* (килограмма). В комнате площадью в 16 *м* и высотой в 3 *м* находится 62 *кг* воздуха. Значит, вес воздуха вокруг нас вовсе не так ничтожно мал, как обыкновенно думают.

Воздух способен неограниченно расширяться

Опыт с выкачиванием воздуха из колбы показывает также, что воздух способен неограниченно расширяться. Ведь при каждом вытягивании поршня часть воздуха из колбы переходит в цилиндр насоса, т. е. воздух в колбе каждый раз расширяется.

Расширение воздуха можно сделать видимым, если, имея стеклянную трубку с прилаженным к ней поршеньком, произвести следующий опыт (фиг. 13).

В трубу снизу впускается немного дыма, после чего она плотно закрывается пробкой. При вытягивании поршня дым будет двигаться вместе с расширяющимся воздухом.

Вследствие способности воздуха расширяться мы не можем взять неполную бутылку воздуха (как берут неполную бытылку воды), если остальная часть бутылки ничем не занята.

Итак, что мы узнали о воздухе? Он, как и все вещества и предметы, занимает место и имеет вес. Основное же отличие воздуха от твердых и жидких веществ — это то, что не сдерживаемый внешними силами или стенками сосуда воздух стремится неограниченно расширяться, т. е. не сохраняет ни формы, ни объема. Вещества, обладающие такими свойствами, называются газами. Их довольно много, и позже мы с несколькими из них встре-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

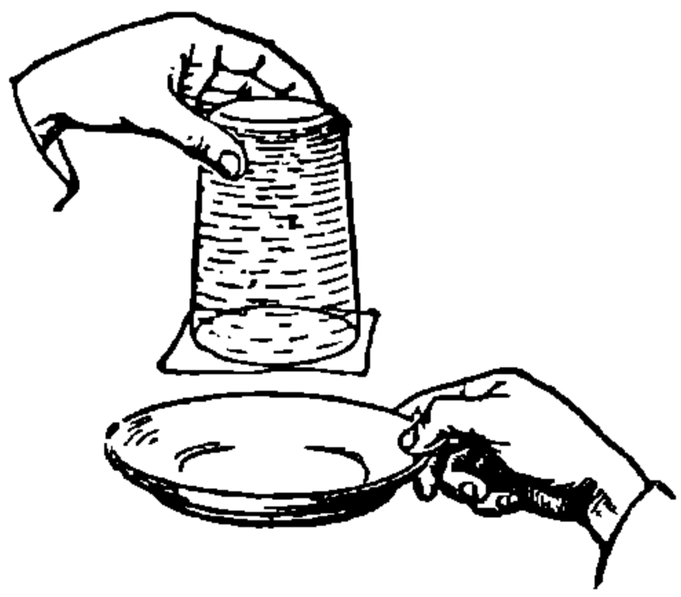
тимся. Среди газов есть и видимые, т. е. малопрозрачные. Воздух же невидим, потому что он очень прозрачен.

Давление окружающего нас воздуха

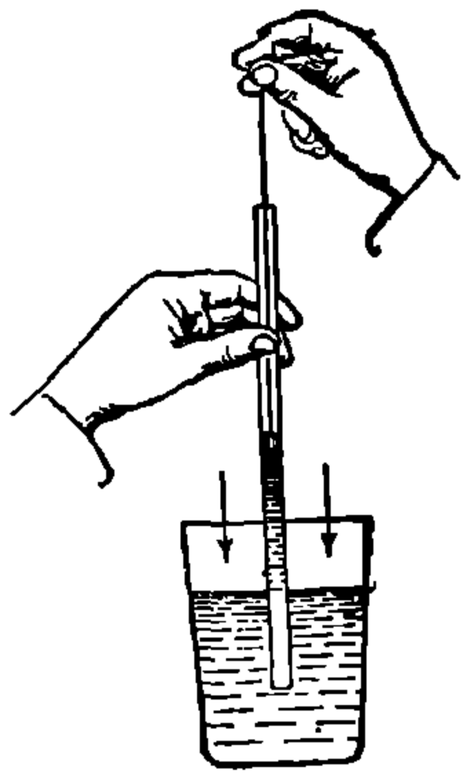
Воздух простирается высоко над нами. Слой воздуха вокруг нас сдавлен тяжестью всего находящегося выше воздуха. Сжатый вокруг нас воздух в свою очередь давит на все предметы, что легко можно доказать на опыте.

Наполним бутылку водой и опрокинем ее в воду, налитую, например, в тарелке. Вода из бутылки не выльется. Что ее удерживает на весу? Очевидно, то давление, которое воздух оказывает на поверхность воды в тарелке.

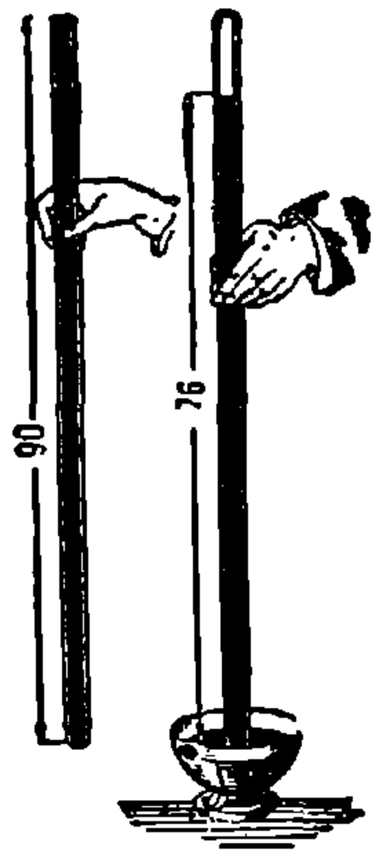
Произведем еще один очень простой опыт. Наполним стакан водой, накроем его бумагой и осторожно опрокинем (фиг. 14).



Фиг. 14. Вода из опрокинутого стакана не выливается.



Фиг. 15. Вода поднимается вслед за поршнем.



Фиг 15а Ртуть в трубке стоит на высоте (приблизительно) 76 *см.*

Вода из стакана не выльется. Это, очевидно, воздух своим давлением снизу поддерживает воду. Из этого мы заключаем, что давление в воздухе, как и в жидкости, вследствие их подвижности передается по всем направлениям.

Какой столб воды удерживает воздух

Третий опыт, который мы сейчас произведем, будет посложнее двух предыдущих, но еще поучительнее по результатам. Возьмем трубочку с прилаженным к ней поршеньком. Опустим ее концом в воду и станем поднимать опущенный поршень вверх (фиг. 15). Мы увидим, что вслед за ним начнет подниматься кверху и вода. Что же заставляет воду подниматься, вопреки ее тяжести, вверх? Нетрудно сообразить, что это происходит вследствие того же давления воздуха с которым мы уже познакомились в предыдущих опытах. Заметим, что сверху на воду нет давления, так как под поршнем нет воздуха.

N 6680
НБ УДУНТ (ДІІТ)

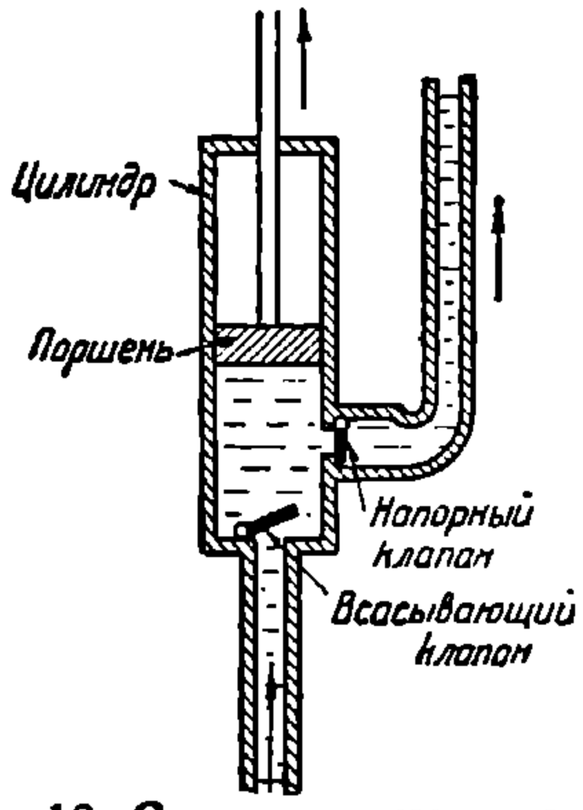
Высоко ли будет подниматься вода вслед за поршнем? Опыт показывает, что ее поднимает приблизительно на 10 *м*. На этой высоте она останавливается и выше не идет. Из этого мы заключаем, что давление воздуха вокруг нас в состоянии поднять и удержать столб воды высотой в 10 *м* (круглым числом, а фактически немного больше). Иначе говоря, воздух давит на поверхность земли так, как давил бы на нее столб воды высотой в 10 *м*. По этой высоте мы и можем судить о силе давления воздуха.

Давление воздуха легко показать на простом опыте с тяжелой жидкостью — ртутью (металл, который при обычной температуре находится в жидком виде). Наполним ртутью стеклянную трубку, закрытую с одного конца (фиг. 15а). Открытым концом опустим трубку в чашку со ртутью. Ртуть из трубки не выльется в чашку, а давлением воздуха будет держаться приблизительно на высоте 76 *см* (сантиметров)), считая от уровня ртути в чашке. Проделав опыт со ртутью, можно высчитать высоту водяного столба. Вода в 13,6 раза легче ртути, следовательно столб воды будет в 13,6 раза выше ртутного столба. Помножим 76 *см* на 13,6 и получим 1 033 *см*, или 10,33 *м* вод. ст.

Водяной насос

На давлении воздуха основано действие водяного насоса (фиг. 16).

Насос состоит из цилиндра, в котором помещается поршень, двигающийся вверх и вниз. Движение поршню передается через шток (стержень) вручную или от привода. Для правильного направления штока, чтобы не происходило его перекоса при движении, служит втулка на верхнем конце цилиндра. Снизу цилиндр закрыт крышкой с отверстием. Отверстие прикрывается подвижной крышечкой (на шарнирах), которая поднимается внутрь цилиндра. Крышечка называется клапаном (всасывающим).



Фиг. 16. Схема водяного насоса.

К этому же отверстию подводится труба, опущенная нижним концом в воду. Сбоку к цилиндру подведена и другая труба, по которой вода уходит из насоса. Отверстие в стенке цилиндра против этой трубы тоже закрыто клапаном, который может открываться только внутрь трубы.

При подъеме поршня кверху под ним получается пустое пространство без воздуха, или, как говорят, безвоздушное пространство. Над водой не оказывается никакого давления со стороны цилиндра вследствие отсутствия в нем воздуха. Наружный воздух, действуя на воду своим давлением, гонит ее через трубу в цилиндр вслед за поршнем. Дойдя до верхнего положения, поршень начинает опускаться и давит на воду. Она поднимает

НБ УДУНТ (ДІІТ)

клапан в отводящую (выпускную) трубу и открывает себе выход из цилиндра. Следовательно, поршень, опускаясь в цилиндре, вытесняет воду в отводящую трубу и заставляет ее подниматься по трубе вверх и уходить к местам потребления. Отводящая труба и клапан в ней обычно называются нагнетательными. Нагнетательный клапан не позволяет воде из нагнетательной трубы попасть обратно в цилиндр при движении поршня вверх, когда в цилиндре получается безвоздушное пространство.

Расчет давления воздуха

Сделаем теперь расчет давления воздуха, определив его в числах. Представим себе для этого сосуд, имеющий форму куба, каждая сторона которого равна 10 *см*. Наполним сосуд водой. Вес воды в таком кубическом сосуде равен, как известно, 1 *кг* или 1 000 *г*. Вода своим весом давит на дно сосуда, площадь которого равна 100 *см*^{2} (в каждой стороне дна по 10 *см*, а площадь квадрата равна, как известно, произведению двух сторон). Следовательно, на каждый квадратный сантиметр дна приходится вес воды в 10 *г*. Значит, можно сказать, что давление на дно сосуда от веса воды равно 10 *г* на 1 *см*^{2}.

Представим себе сосуд, имеющий дно таких же размеров, что и предыдущий, но высотой в 10 раз больший, т. е. в 100 *см* (1 *м*). В нем воды будет уже не 1 *кг*, а в 10 раз больше, т. е. 10 *кг* (10 000 *г*). Давление на дно сосуда от веса воды будет равно 100 *г* на 1 *см*^{2}.

Наконец, если сосуд будет высотой в 10 *м* (при той же площади дна), то вес воды в нем будет равен 100 *кг*, а давление воды на дно будет равно 1 *кг* на каждый квадратный сантиметр.

Так как воздух уравновешивает столб воды около 10 *м*, то он, очевидно, тоже давит на каждый квадратный сантиметр приблизительно с силой в 1 *кг*.

Что такое атмосфера

Давление в 1 *кг* на 1 *см*^{2} принято вообще за меру давления и названо технической атмосферой.[1] Значит техническая атмосфера (*ат*) равна давлению 1 *кг* на 1 *см*^{2}. Техническая атмосфера соответствует приблизительно 73 *см* ртутного столба или 10 *м* водяного столба.

Атмосферой измеряется вообще всякое давление, например в паровых котлах. Давление в 1 *ат* (атмосферу) бывает в холодном открытом котле или в начале его растопки (пока предохранительный клапан еще открыт). В работающем котле давление пара бывает обычно больше. Если, например, пар давит с силой в 2 *кг* на каждый квадратный сантиметр поверхности котла, то

---

[1] До введения технической атмосферы применялась физическая атмосфера, которой в некоторых случаях приходится пользоваться и теперь. Физическая атмосфера близка к технической. Как было определено в приведенном выше опыте, она соответствует высоте столба ртути в 76 *см* или водяному столбу в 10,33 *м* высотой.

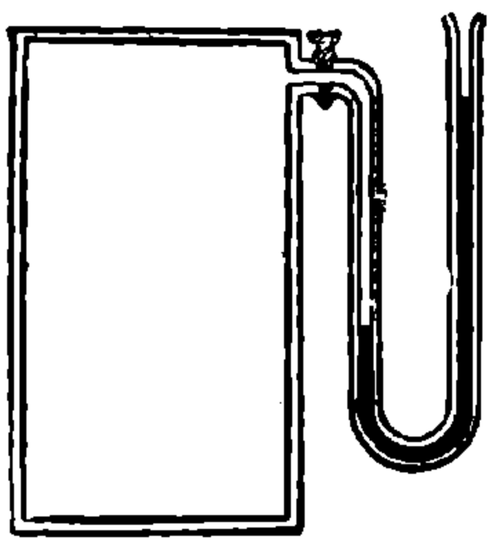
НБ УДУНТ (ДІТ)

говорят, что давление пара равно 2 *ат*. Если пар давит с силой 15 *кг* на 1 *см*^{2}, то говорят, что давление равно 15 *ат*.

Если в котле 60 *ат*, то значит, что на каждый квадратный сантиметр приходится давление в 60 *кг* (пар давит с силой в 60 *кг*).

Почему давление воздуха не вредит людям и предметам

Воздух давит с силой 1 *кг* на каждый квадратный сантиметр поверхности. Следовательно, общее его давление на какую-нибудь площадь получается весьма значительным. Например, узнаем, каково его давление на стол площадью в 1 *м*^{2} (10 000 *см*^{2}). Нетрудно сообразить, что общее (суммарное, полное) давление воздуха на такую площадь равно 10 000 *кг* и что, казалось бы, такое большое давление должно легко разрушить стол. Этого, однако, не происходит потому, что давление воздуха действует со всех сторон. Оно действует на доску стола не только сверху, но и снизу. Так, закрепленный лист бумаги легко разорвать, если действовать на него с одной стороны. При одновременном же сдавливании с двух сторон он легко выдерживает очень большое давление.



Фиг. 17. Ртутный манометр показывает давление в сосуде.

Внутри человеческого тела (тканей, материала тела) находятся газы и жидкости, которые имеют давление, равное давлению наружного воздуха. Значит, каждая часть поверхности нашего тела испытывает давление не только снаружи, но и изнутри. По этой именно причине наше тело свободно выдерживает наружное давление воздуха.

Приборы, измеряющие давление

Как устроить прибор для измерения давления? Зная, что 1 *ат* соответствует 73 *см* ртутного столба, можно устроить такой прибор в виде изогнутой трубки, наполненной ртутью и одним концом вставленной в котел (фиг. 17). Давление пара в котле будет поднимать жидкость в правом колене (за счет левого), и по тому, насколько она в нем станет выше, чем в левом, можно судить о давлении в котле. Но такой прибор оказался бы совершенно неприменимым на деле, так как для нескольких атмосфер давления потребовалась бы трубка высотой (от изгиба) в несколько метров.

Для измерения давления существуют более простые и удобные металлические приборы, называемые манометрами.

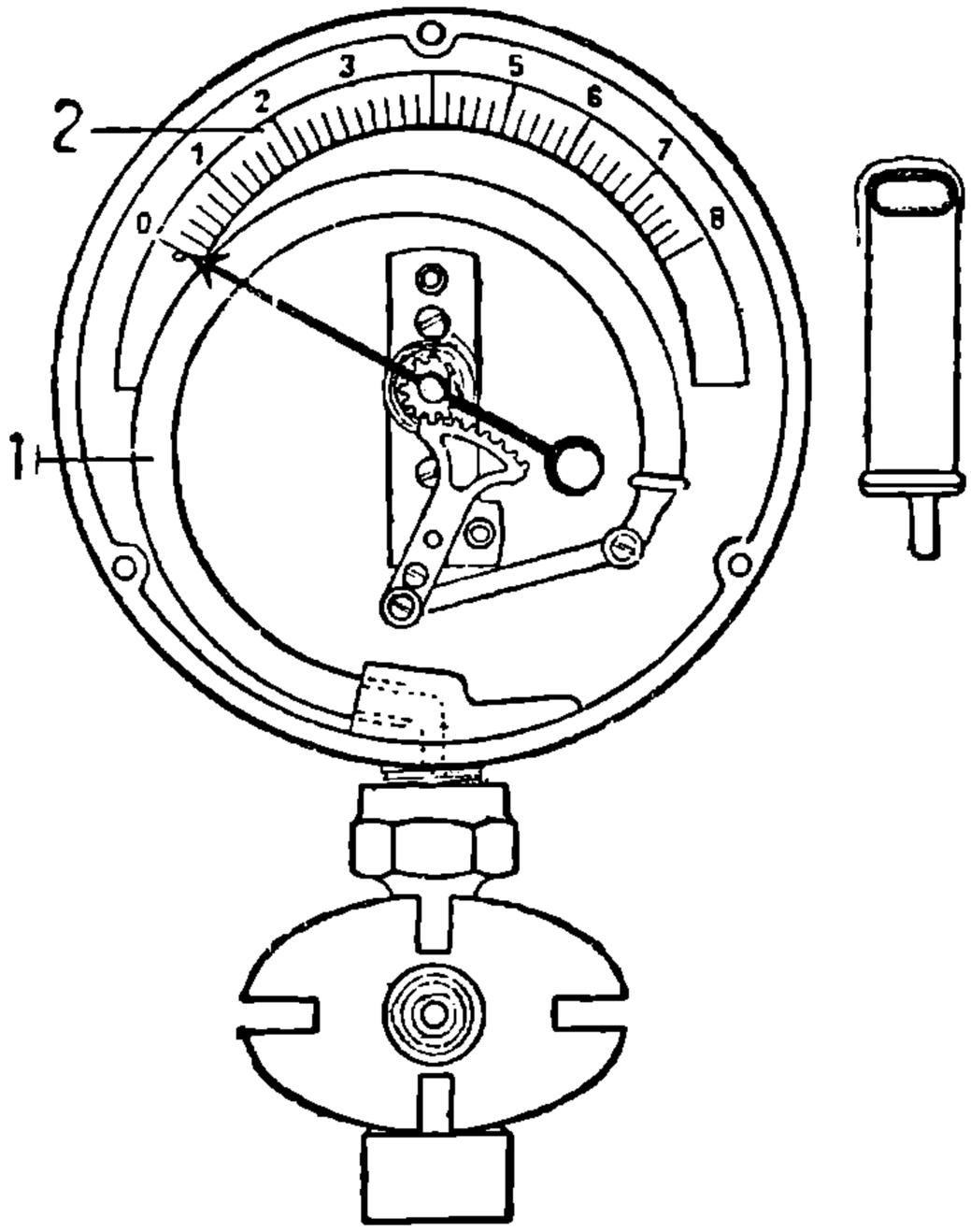
Манометр с пустотелой пружиной (трубкой)

Наиболее распространенным является трубчатый манометр (фиг. 18). Его основная часть — пустотелая трубка не круглого, а овального сечения, согнутая по спирали. Трубка впаяна кон-

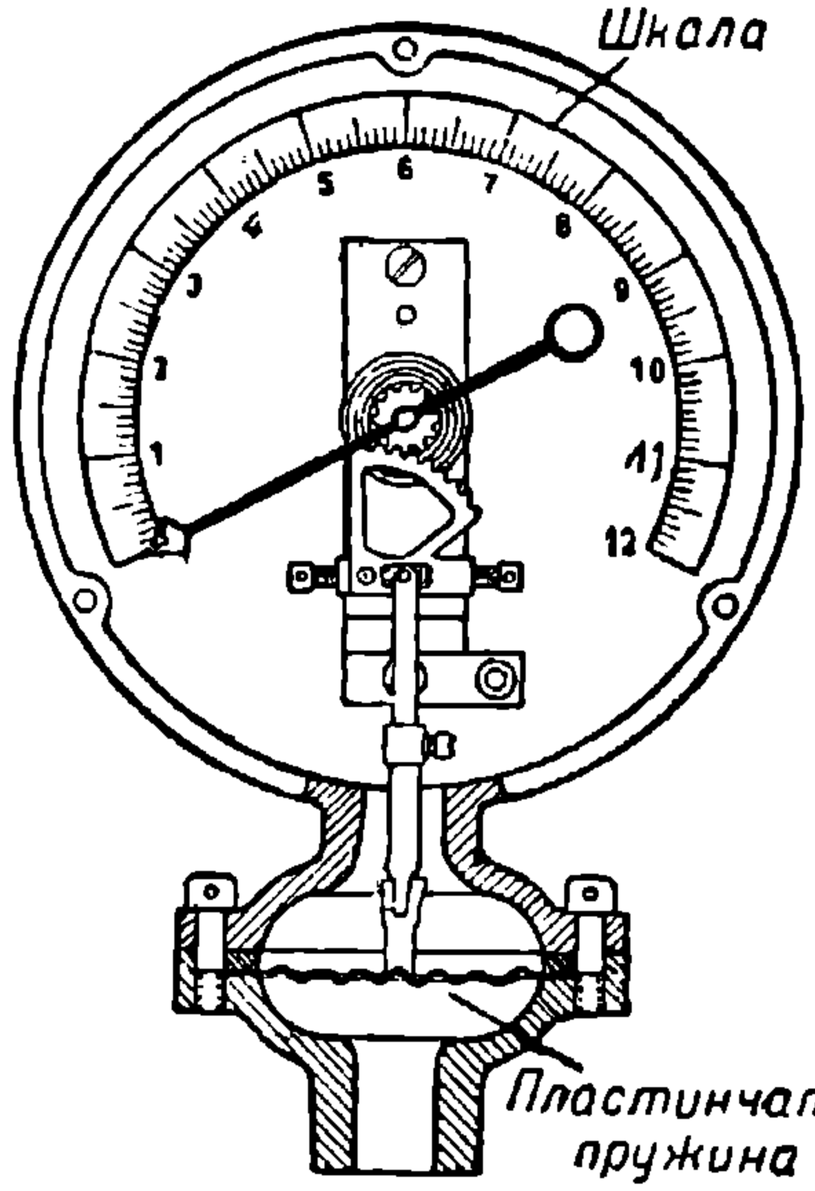
НБ УДУНТ (ДІІТ)

цом в канал муфточки и через этот канал сообщается с паровым пространством котла. Другой конец трубки глухой (закрыт) и не закреплен, т. е. может отходить от своего начального положения.

Когда трубка находится под давлением пара, она разгибается, вследствие чего свободный конец пружины отходит от своего первоначального положения. Этот конец ведет за собой маленькую тягу, которая повертывает зубчатку, а она в свою очередь вращает шестерню со стрелкой, указывающей по шкале



Фиг. 18. Пружинный манометр:
1 — трубчатая пружина, *2* — шкала.



Фиг. 19. Пластинчатый манометр.

давление. По отклонению стрелки можно судить о давлении в котле. Необходимо, конечно, иметь под стрелкой циферблат с намеченными на нем положениями стрелки для 1, 2, 3 и т. д. атмосфер. Такой циферблат с делениями называется манометрической шкалой.

Манометр с пластинчатой пружиной

Между двумя выпуклой формы фланцами зажата металлическая пластинка (фиг. 19). На нее давит пар из котла через трубку, ввернутую в нижний фланец. Под давлением пара пластинка прогибается и посредством припаянного к ней стерженька (проходящего через верхний фланец) вращает зубчатку, а та в свою очередь — маленькую шестеренку со стрелкой.

В заключение заметим, что пока в котле такое же давление, как снаружи, стрелка манометра стоит на 0. Только когда давление начнет становиться больше 1 *ат*, стрелка проходит в дви-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

жение. Значит, манометр не учитывает одной атмосферы давления, которая имеется вообще всюду и в частности в неработающем и открытом котле. Поэтому давление, показываемое манометром, называют избыточным, или манометрическим, в отличие от полного или абсолютного давления в котле. Абсолютное давление легко получить, если к давлению по манометру прибавить еще 1 *ат*. Например, манометр показывает 15 *ат*, следовательно абсолютное давление в котле 16 *ат*. Давление по манометру обозначается *ати*, а абсолютное давление — *ата* (подробно о том, как обращаться с манометрами, см. в отд. «Арматура»).

ВОПРОСЫ

Что обычно находится в пустых (порожних) сосудах?

Сколько весит 1 $м^3$ воздуха, находящегося вокруг нас?

Какое основное отличие воздуха от твердых и жидких веществ?

Что называется газами?

Благодаря чему воздух давит на земные предметы?

В каком направлении действует давление воздуха?

Почему ртуть, наполняющая закрытую с одного конца трубку, не выливается после того, как трубку опрокидывают (в сосуд с какой-нибудь жидкостью)? На какой высоте (приблизительно) будет держаться ртуть в трубке?

Какой высоты (приблизительно) столб воды удерживает воздух?

Как понимать выражение: «насос засасывает воду»?

С какой приблизительно силой давит воздух на 1 $см^2$ какой-нибудь плоскости (поверхность стола и т. п.)?

Что такое техническая атмосфера?

Почему люди и предметы выдерживают, не разрушаясь, значительное давление воздуха?

Как называются и как действуют приборы, измеряющие давление пара в котлах?

3. Теплота

Действие теплоты

Существуют два основных источника теплоты: солнце и топливо. Теплота от солнца, доходящая до земной поверхности, поддерживает жизнь на всей земле, и без нее немыслимо было бы существование людей. Известно, например, что на севере, где лето короткое и солнце греет слабо, людям живется очень тяжело. Наоборот, в жарких странах, где круглый год тепло, условия жизни значительно легче, чем в наших краях. Там, например, не приходится совершенно заботиться о теплой одежде или строить дома с толстыми стенами и отапливать их зимой, чтобы в них было теплее, чем снаружи.

Но где, так сказать, нехватает солнечного тепла, там на помощь человеку приходит теплота, добываемая им за счет сжигания топлива — дров, торфа, каменного угля и т. д. Пользуясь топливом, человек согревается в холодное время года, варит себе пищу из несъедобных или малосъедобных в сыром виде мяса и овощей и т. д.

НБ УДУНТ (ДІТ)

На использовании теплоты, заключенной в топливе, построена современная техника. Металлы, например, столь важные для нас, добываются не в чистом виде, а в виде руды, которая для получения железа, стали, чугуна и пр. должна быть расплавлена сильным нагреванием. Обработка готовых металлов для всевозможных изделий производится станками, которые приводятся в движение при помощи двигателей. Последние же работают силой (давлением) пара, полученного нагреванием воды, или же силой (давлением) горячих газов, полученных при сжигании жидкого топлива (бензина, керосина, нефти).

Все сказанное достаточно ясно подчеркивает нам значение теплоты в жизни человека.

Как действует теплота на предметы и вещества, нам хорошо известно. Теплота нагревает предметы и вещества, причем она всегда переходит от более нагретого предмета к менее нагретому. Натопленная печь согревает более холодный воздух комнаты. В котле холодная вода нагревается за счет теплоты более горячих газов.

Часто при достаточном нагревании с телами происходят разные изменения. Металлы, сильно нагретые, размягчаются и теряют свою прочность. Например, если газы перегреют стенку котла, она размягчится и потеряет свою прочность, что случается, как указывалось, при снижении уровня воды ниже огневой линии. Очень сильное нагревание металлов вызывает их плавление. Например, колосники в топке, сильно нагревшись, плавятся.

Жидкое вещество при нагревании может стать паром. Самый обыкновенный пример этого — превращение воды в пар.

Расширение при нагревании

Наконец, существует еще одно действие теплоты, которое чаще всего мало заметно, но с ним приходится все-таки считаться.

Многие, вероятно, обращали внимание, что рельсы на железных дорогах лежат с зазором в стыках. Для чего нужен этот зазор? Практика показала, что если класть рельсы вплотную, то летом их выгибает. Летом ведь рельсы нагреваются, а нагреваясь, они удлиняются. Если между концами рельсов нет зазора, то они не могут удлиняться от нагревания и, упираясь один в другой, изгибаются в сторону, что, конечно, опасно для поезда, так как он может сойти с рельсов.

Телеграфные провода летом больше провисают, чем зимой, что происходит, очевидно, от их удлинения при нагревании.

Должно быть, многим приходилось видеть, как кузнецы насаживают железную шину на обод. Шину изготовляют так, что в холодном состоянии она не налезает на обод. Но ее нагревают, отчего она расширяется (увеличивается в диаметре) и легко надевается на обод. Охлаждаясь, шина сжимается и сильно натягивается на ободе, так что соскочить с него она не может.

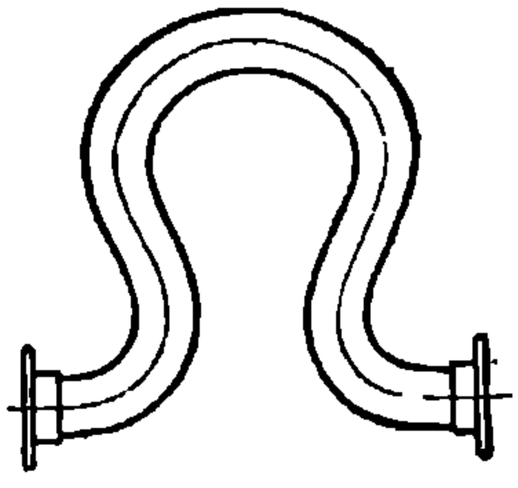
Итак, эти простые наблюдения показывают, что предметы

НБ УДУНТ (ДІТ)

и вещества при нагревании расширяются, а при охлаждении сжимаются. Вместе с тем на опытах убедились, что чем выше нагрев (разница между температурой нагретого вещества или предмета и начальной температурой), тем больше и расширение.

Расширение от нагревания в котельной практике

В котельной практике тоже, понятно, происходит расширение разных частей котла при нагревании. В некоторых случаях приходится принимать меры к тому, чтобы от расширения не получилось вредных последствий. Например, колосники во время растопки удлиняются, но при этом они не должны упираться своими концами в балочки, на которых они лежат. Между концами колосников и балочками должны быть зазоры (фиг. 36). Иначе колосники, не имея возможности свободно удлиняться во время растопки, вывернут балочки или поломаются сами.



Фиг. 20. Компенсатор.

Паропроводы очень часто имеют большую длину, ввиду чего приходится считаться с их удлинением после пуска в них горячего пара (например, если паропровод в 10 *м* удлинится на 15 *мм*, то паропровод в 30 *м* получит при тех же условиях общее удлинение в 3 раза больше, т. е. 45 *мм*). Поэтому на паропроводе ставят изогнутую дугой трубу (компенсатор), которая пружинит и позволяет паропроводу свободно удлиняться (фиг. 20).

От нагревания во время растопки удлиняется, конечно, и котел, поэтому кирпичную кладку подводят к нему не вплотную, а с некоторым зазором, закладываемым мягкой прокладкой, которая не мешает свободному удлинению котла.

Растопку котла не советуют производить быстро. Указывают на то, что при быстрой растопке котла одни его части разогреваются значительно скорей других. Вследствие этого происходит неравномерное расширение котла, т. е. прогретые места больше расширяются, чем мало прогретые, а это вызывает расстройство швов и течь в них.

У котла, расположенного против входных дверей котельной, при открывании их зимой иногда лопаются водоуказательные стекла. Причина таких поломок — холодный воздух, который врывается в открываемые двери, сразу охлаждает стекла с наружной поверхности, отчего последняя стремится сжаться; но этому мешает внутренний слой стекла, омываемый горячей водой. Наружная, быстро охлажденная, поверхность стекла, не

НБ УДУНТ (ДІТ)

имея возможности сжаться, дает трещину, т. е. стекло лопается.

Расширяется ли вода при нагревании? Кочегарам хорошо известно, что это происходит. Действительно, следя за водоуказательными стеклами во время растопки, легко заметить, что уровень воды в них повышается. Так как котел во время растопки не питается (воды в него не добавляют), то повышение уровня происходит, очевидно, от того, что при нагревании вода расширяется, занимает больше места.

Не только вода, но и другие жидкости, например ртуть, расширяются или сжимаются в зависимости от нагревания и охлаждения.

Температура

Температура и ее измерение

Всякий, конечно, понимает, что значит «тепло» и что значит «холодно», и уверен, что, например, хорошо отличает (чувствует) теплое от холодного. Однако это не всегда так. Чтобы убедиться в этом, проделаем следующий опыт.

Возьмем три сосуда: в один нальем холодной воды, в другой — комнатной, а в третий — довольно горячей. Положим правую руку в холодную воду, а левую — в горячую. Подержим так некоторое время обе руки, а потом перенесем их в сосуд с комнатной водой. Тогда эта вода правой руке будет казаться теплой, а левой руке — холодной.

Из этого опыта видно, как иногда могут обманывать нас наши чувства и ощущения.

В жизни и в технике часто требуется точно знать степень нагретости веществ, предметов и т. д. В котельной практике, например, необходимо следить за тем, насколько нагревается вода в экономайзере (т. е. хорошо ли он действует), достаточно ли охладились дымовые газы, пройдя котел, и т. п.

Если бы мы вздумали судить об этом, пробуя наощупь стенку борова, то легко были бы обмануты: наощупь разница в нагретости боковых стенок около топки и у последнего дымохода невелика, а между тем в топке газы чрезвычайно горячи (пламя), тогда как в последнем дымоходе они уже значительно остыли.

Термометр

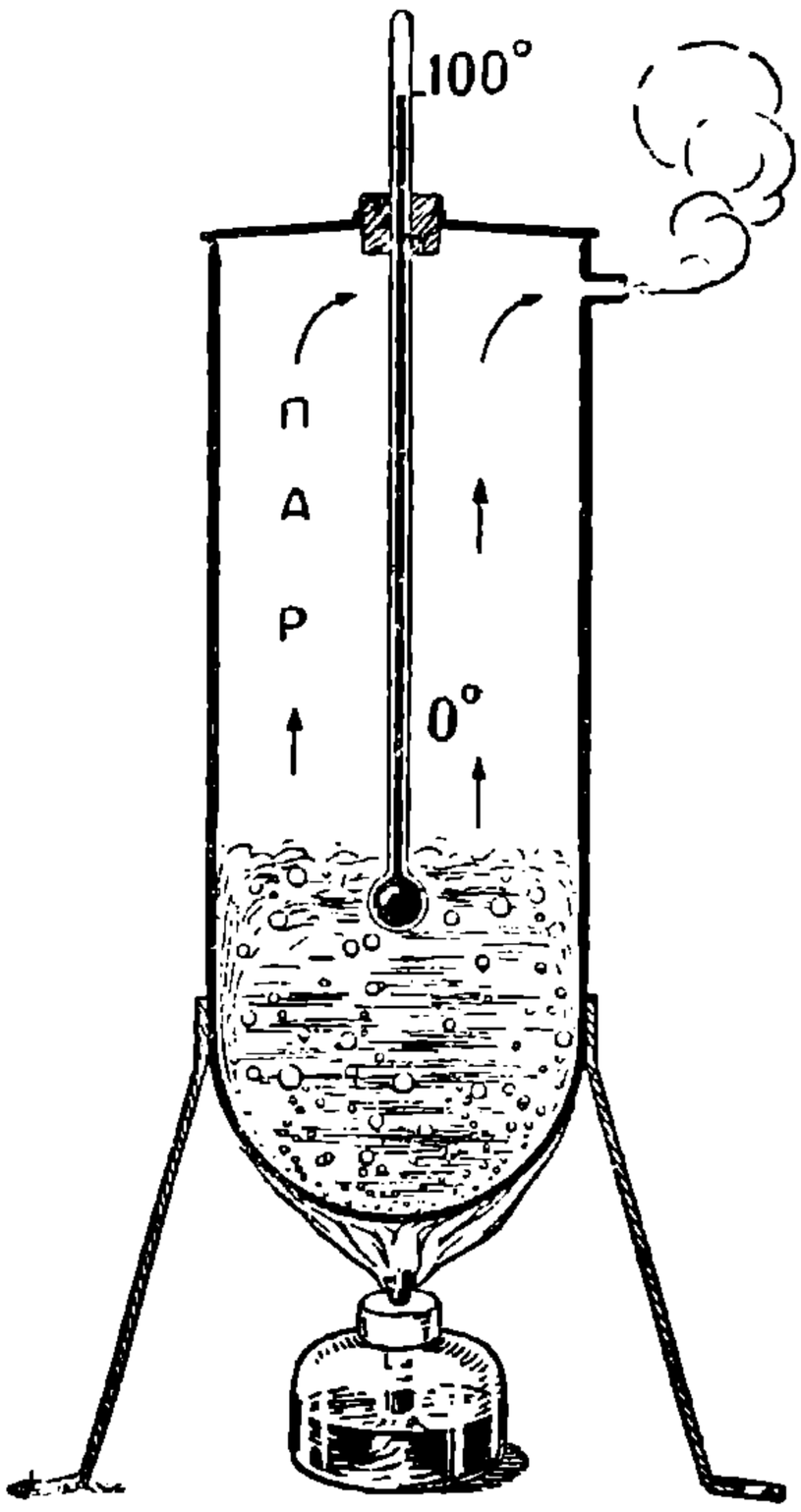
Как точно установить степень нагретости воды, пара, воздуха и всяких других тел? Кстати заметим, что вместо двух слов «степень нагретости» употребляют одно иностранное слово «температура». Значит, т е м п е р а т у р а о з н а ч а е т «степень нагретости».

Нам уже хорошо известно о расширении тел при нагревании (и сжимании при охлаждении). Это наводит на мысль: нельзя ли воспользоваться этим свойством тел для устройства прибора в целях измерения температуры.

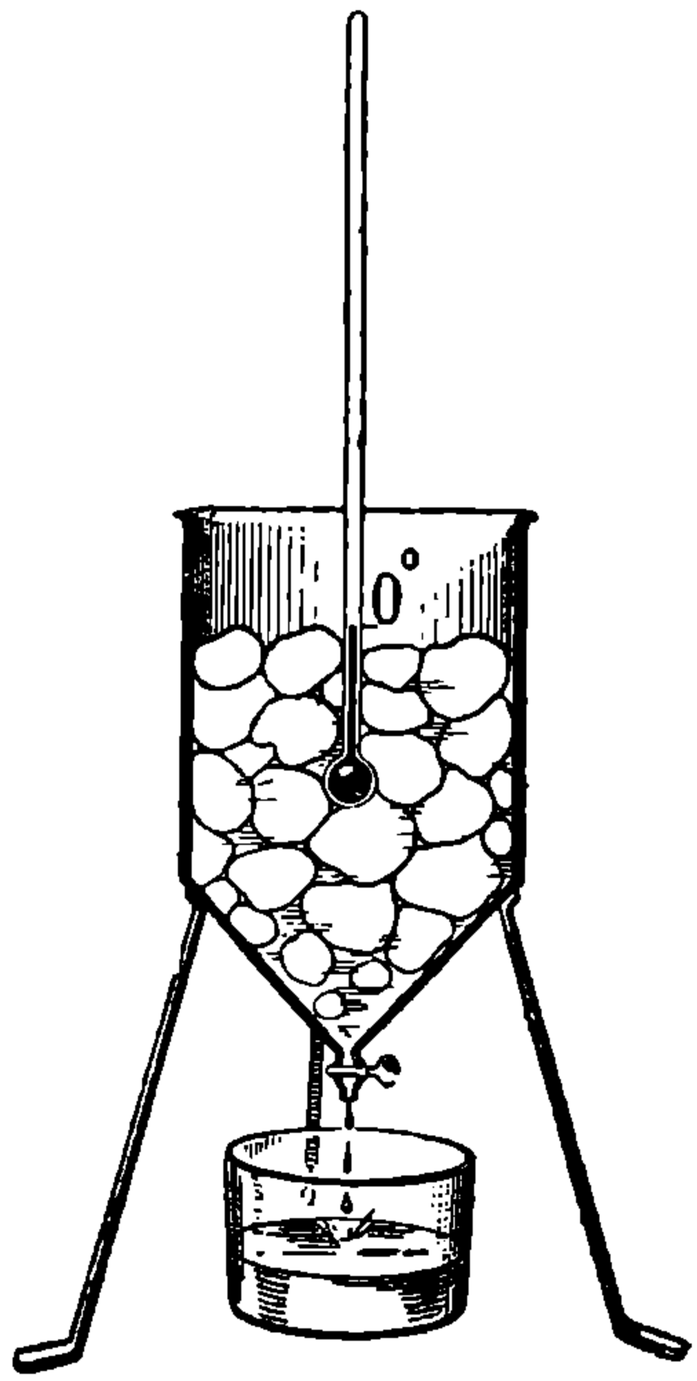
Возьмем тонкую стеклянную трубку с шариком на конце. На-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

полним шарик и часть трубки подкрашенным спиртом или ртутью. Опустив шарик, например, в нагреваемую воду, мы увидим, что столбик ртути в трубке поднимается. Обратно, при охлаждении воды столбик будет опускаться. Следовательно, такой прибор дает уже возможность судить о повышении или понижении температуры по движению столбика ртути в трубке, но измерять им температуру мы еще не можем.



Фиг. 21. Опыт, показывающий, что температура воды, кипящей в открытом сосуде, постоянна.



Фиг. 22. Опыт, показывающий, что температура тающего льда постоянна.

Опустим наш прибор в воду, нагреваемую в открытом сосуде (т. е. со свободным выходом пара, фиг. 21). Температура нагреваемой воды будет повышаться. Ртуть в шарике прибора, нагреваясь от воды, станет расширяться и подниматься в трубке.

Когда вода закипит, мы заметим следующее: ртуть в приборе не поднимается уже выше, она остановилась на месте и держится на нем во все время кипения воды, как бы кипение ни шло — медленно или быстро. Очевидно, температура кипящей воды не меняется, остается постоянной.

Теперь попробуем опустить наш прибор в тающий лед (фиг. 22). Окажется, что ртуть всегда устанавливается на одном и том же уровне (понятно, расположенном ниже, чем тот, кото-

НБ УДУНТ (ДІТ)

рый соответствует кипению). Вообще тающий лед оказывается одинаково холодным, где бы он ни таял — в комнате или, скажем на примусе.

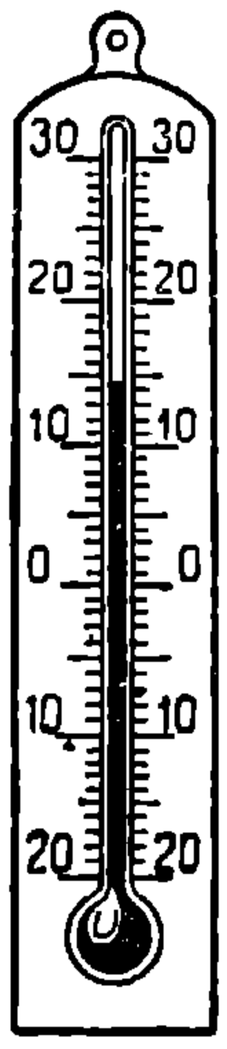
В последнем случае таяние идет быстрее, но температура не меняется.

Итак, наш прибор показал, что температуры кипения воды и таяния льда (каждая сама по себе) постоянны.

Следовательно, в окружающих нас условиях существуют две легко устанавливаемые постоянные температуры. На приборе можно черточками отметить те места (точки), на которых стоит ртуть во время кипения и таяния льда.

Их называют постоянными точками таяния льда и кипения воды.

Расстояние между постоянными точками делят на 100 равных делений (частей). Деления называются градусами. Значит, градус есть $^1/_{100}$ часть расстояния между постоянными точками температуры и служит мерой температуры. Градусы перенумеровываются, причем против точки таяния ставят 0, дальше пойдут: 1 градус, 2 градуса, потом 3, 4, 5 10, 11, 12 градусов и т. д. (фиг. 23). Против точки кипения будет 100 градусов.



Фиг. 23. Стенной термометр.

Как ясно из предыдущего, деление — градус — служит наглядной мерой температуры, ему соответствует одна сотая часть разности между двумя постоянными точками температуры.

Теперь можно по этим делениям — градусам — отсчитывать температуру. Например, если в опущенном в воду термометре ртутный столбик становится, скажем, против 32-го деления, то, значит, температура воды равна 32 градусам. Слово «градус» в письме для краткости обозначается особым значком — маленьким нуликом. Например, 32 градуса пишут так: 32°.

Нагреваемый лед, как мы знаем, при 0° тает, сохраняя во время таяния постоянную температуру. Заметим, что, с другой стороны, вода замерзает тоже при 0°, сохраняя во время замерзания эту температуру (несмотря на охлаждение), значит, 0° можно называть одинаково температурой таяния льда или температурой замерзания воды — разницы нет.

Для измерения низких температур (например, в воздухе зимой) градусы откладываются вниз от 0° и перенумеровываются: 1, 2, 3 и т. д. Если, например, ртуть опустится зимой на 5 делений ниже 0, то температура воздуха — 5° ниже 0. В жизни обычно говорят: 5° холода. Значит, холод обозначает температуру ниже 0.

Для измерения высоких температур наносят на термометре деления — градусы — вверх от 100° Термометром обычного устройства можно измерять температуру не свыше 350°, так как при 357° ртуть уже кипит, превращаясь в пар. Для измерения

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

более высоких температур существуют особо устроенные термометры, называемые пирометрами. О них будет рассказано в разделе «Измерительные приборы».

Термометры в котельной ставятся на экономайзере, чтобы измерять температуру входящей и выходящей из него воды и по ее нагреву судить об исправном действии экономайзера. Ставятся они также на пароперегревателе, о котором будет сказано ниже. Пирометры ставят в борове у заслонки, чтобы следить, не уходят ли газы из котла слишком горячими.

Измерение теплоты

Что такое калория

Нагревание воды и превращение ее в пар требуют определенного расхода теплоты, и, конечно, необходимо и полезно уметь учитывать этот расход, знать, сколько теплоты берет вода на свое нагревание и парообразование.

Не может ли нам в этом помочь термометр? Несомненно, потому что вода получает тем больше теплоты, чем выше температура ее нагрева.

Но одним термометром при измерении теплоты мы обойтись не можем. Необходимо принимать во внимание и количество воды, так как, понятно, и от него зависит расход тепла. Например, в одном котле может быть 1 000 *кг* воды, а в другом — 5 000 при одинаковой температуре, и ясно, что во втором случае необходимо больше теплоты. Итак, нужно учитывать как степень нагрева воды (повышение температуры), так и ее количество.

Начнем поэтому с 1 *кг* воды. Чтобы его нагреть на 1°, нужна одна, так сказать, порция тепла, которую назвали «калория». Иначе говоря, калория есть то количество тепла, которое нагревает 1 *кг* воды на 1°

Сокращенно калория обозначается *кал*.

Теплота, затрачиваемая на нагрев воды

Если килограмм воды нагреем на 5°, то для этого потребуется 5 *кал* (по одной калории на каждый градус нагрева).

Если мы нагреем на 5° не один, а, скажем, 3 *кг* воды, то потребуется втрое больше тепла, т. е. $5 \times 3 = 15$ *кал*.

Значит, чтобы высчитать, сколько калорий теплоты требуется на нагревание воды, нужно перемножить между собой числа, которые показывают:

сколько килограммов воды нагрето,

на сколько градусов она нагрелась.

Например, 20 *кг* воды нагрето на 15°. Сколько затрачено теплоты? Затрачено $20 \times 15 = 300$ *кал*.

Решим еще следующую задачу: сколько теплоты требуется, чтобы нагреть 1 *кг* воды от 20° до 100°?

Чтобы решить эту задачу, мы должны узнать, на сколько гра-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

дусов повысилась температура воды. Имела она 20°, нагрелась до 100°, значит, ее температура поднялась на 80° (100°—20° = = 80°). Следовательно, на нагрев 1 *кг* воды от 20° до 100° необходимо 80 *кал* тепла.

Понятно, что для нагрева, скажем, 5 *кг* воды от той же начальной температуры до кипения нужно в 5 раз больше тепла, т. е. $80 \times 5 = 400$ *кал*.

Необходимо, разобравшись в определении теплоты, уяснить себе следующее: количество теплоты и температура связаны друг с другом. Понятно, что чем больше мы затрачиваем тепла, тем выше будет температура. Но все эти слова не обозначают одно и то же. Вот пример: на плите кипит вода в чайнике и в ведре. Температура воды в них одинакова — 100°, а количество теплоты будет, конечно, разное, так как количество воды в обоих сосудах различно.

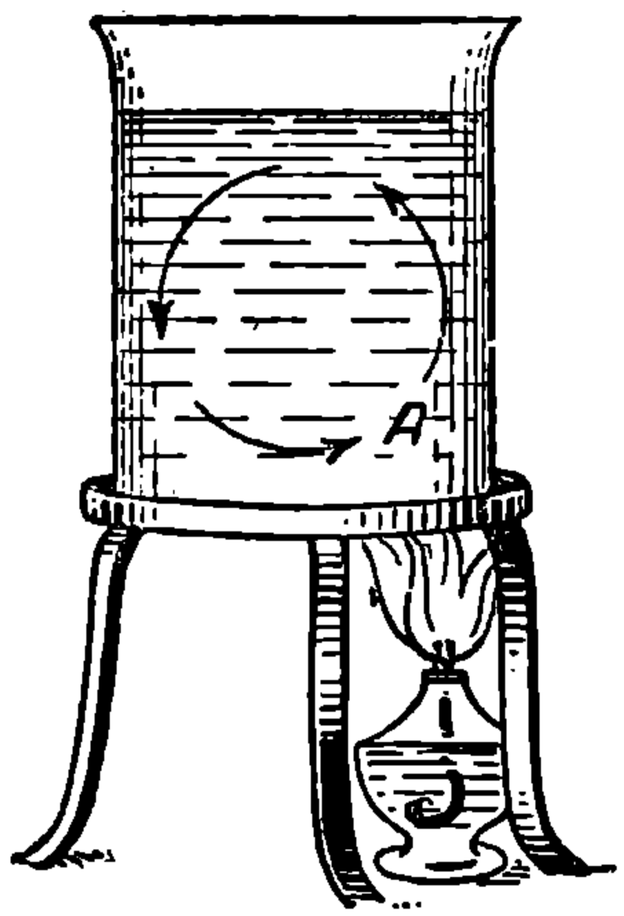
Передача теплоты

Передача теплоты в жидкостях и газах

В котле теплота сгорающего топлива передается через стенки воде. При этом быстро нагревается не только вода, соприкасающаяся с поверхностью нагрева, но и вообще вся вода, находящаяся внутри котла.

Рассмотрим, как происходит передача теплоты и почему вся вода быстро нагревается.

Станем нагревать воду в стеклянном сосуде, пустив в нее опилки. Если нагревать такой сосуд с одного бока, то хорошо видно по движению опилок, как вода над нагреваемым местом поднимается кверху, перетекает к холодному краю, опускается вниз и снова подходит к нагреваемому месту (фиг. 24). Откуда в воде такое движение?



Фиг. 24. У нагреваемой стенки вода поднимается, у холодной — опускается.

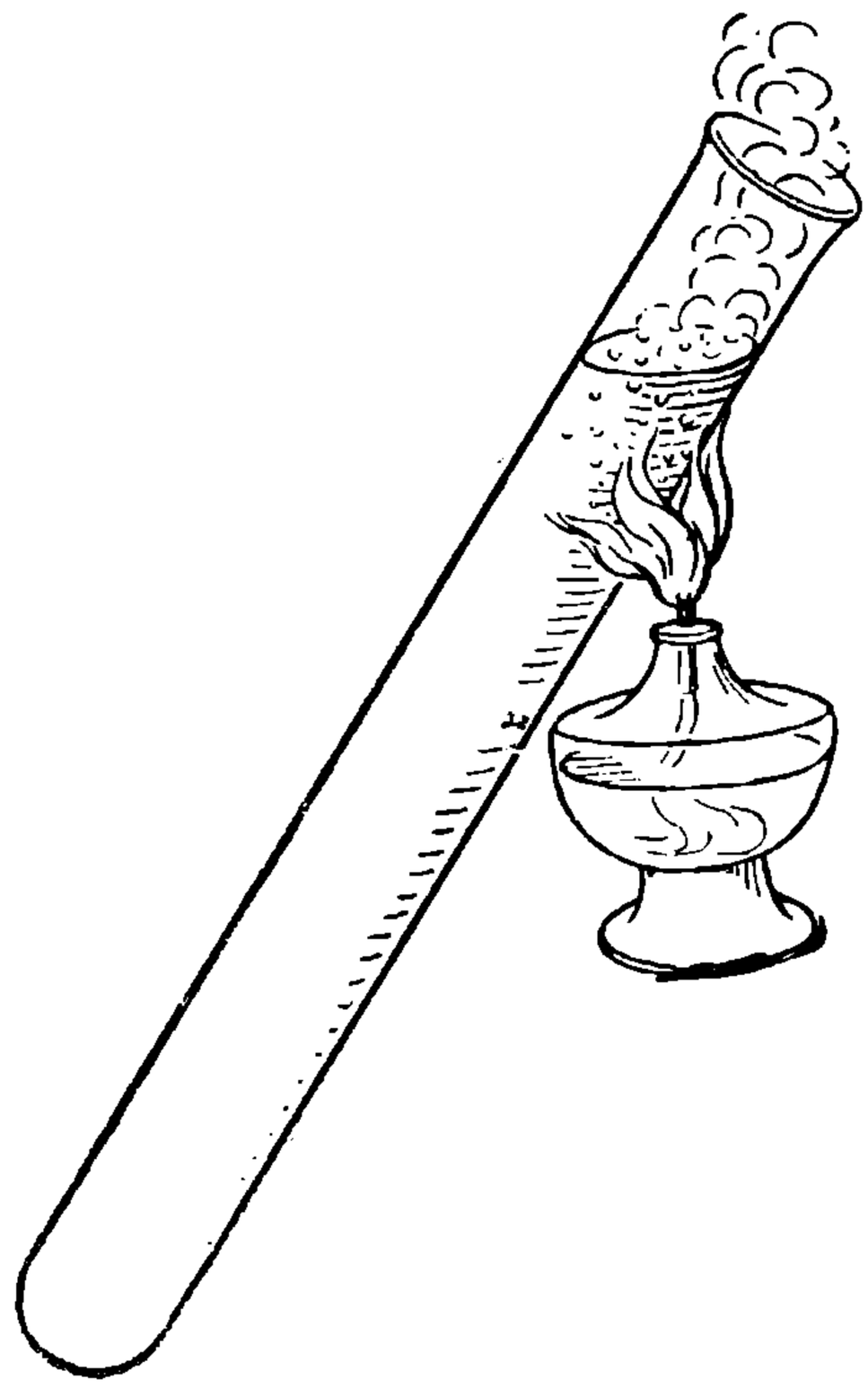
Мы уже знаем, что при нагревании вода расширяется. Если мы нальем, например, холодной воды в какую-нибудь кастрюлю до самого края, а потом нагреем эту воду, то часть ее вследствие расширения перельется через край. Оставшаяся в кастрюле горячая вода занимает прежний объем (наполняя сосуд до края), но количество воды убавилось, вес ее стал меньше, вода, следовательно, стала легче. Значит, холодная вода при одинаковом объеме тяжелее, или, как говорят, п л о т н е е теплой.

Теперь вернемся к нашему первому опыту. Вода в сосуде над огнем нагревается и становится легче. Более холодная и плот-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ная вода вытесняет горячую воду вверх, занимая ее место. Получается постоянный круговой ток воды, который мы и наблюдаем в опыте. Такой круговой ток воды называется циркуляцией.

Циркуляция воды очень способствует ее нагреванию, так как благодаря ей вся вода участвует в нагревании: более холодная вода непрерывно подходит к нагреваемому месту. Если же устроить так, чтобы циркуляции не получилось, то вода будет, очевидно, нагреваться очень медленно.



Фиг. 25. Вода внизу остается холодной.

Проверим это опытом. Возьмем пробирку, нальем в нее воды и попробуем нагревать в ней воду не снизу, а сверху (фиг. 25). Через короткое время вода вверху закипит, а внизу трубка останется совершенно холодной. Это и понятно: мы нагреваем верхнюю часть пробирки, вода наверху нагревается, становится легче, но именно поэтому и остается вверху, а холодная внизу. Никакого тока в пробирке не получается, и холодная вода внизу нагревается чрезвычайно медленно.

Проведенные нами простые опыты показывают, что теплота в жидкостях передается благодаря циркуляции.

В газах, в частности в воздухе, теплота тоже распространяется циркуляцией. Например, воздух нагревается около печки, становится легче, а его вытесняет вверх более холодный воздух, который в свою очередь нагревается, и т. д.

Таким именно путем происходит постепенное повышение температуры воздуха в комнате от вытопленной печи (фиг. 26).

Итак, в газах и жидкостях при нагревании их происходит циркуляция и вместе с тем перенос тепла от нагреваемого места к холодному, вследствие чего газ или жидкость прогреваются во всем своем объеме.

Передача теплоты в жидкостях и газах благодаря их циркуляции называется конвекцией.

В котле нагревание воды происходит благодаря конвекции.

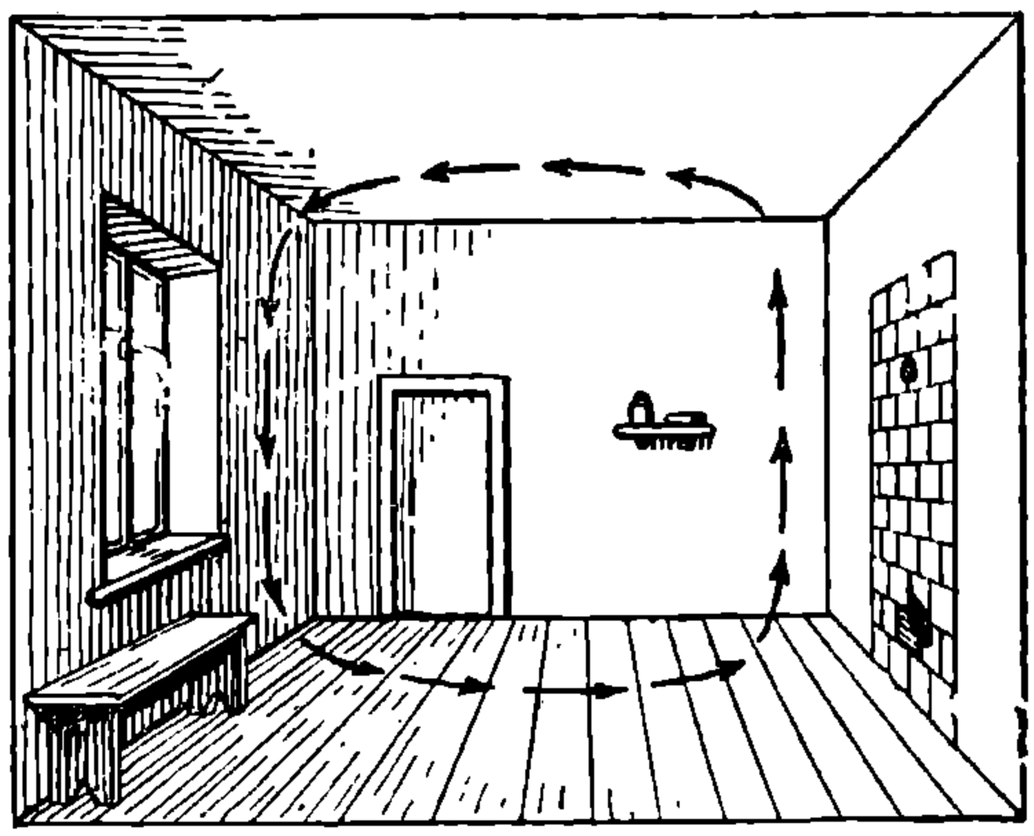
НБ УДУНТ (ДІІТ)

У поверхности нагрева вода нагревается, и часть ее превращается в пар. Смесь воды и пара поднимается кверху, так как ее вытесняет еще не нагретая и потому более плотная вода. В котле получается непрерывное движение воды от поверхности нагрева и к ней, что и способствует быстрому прогреванию воды в котле.

Теплопроводность

Из рассказанного о конвекции понятно, что в твердых веществах и предметах ее не может быть. Как же передается теплота в них?

Для выяснения этого вспомним, как нагревается скребок или лом в топке. Конец лома, находясь в жару, сильно нагревается, а через некоторое время нагревается и наружный холодный конец (который держат в руках).



Фиг. 26. Воздух около печи поднимается вверх, а у окон и холодной стены опускается вниз.

Значит, теплота от нагретого конца лома передается к холодному.

Этот простой опыт показывает, что теплота в твердых веществах и предметах проводится (пропускается) от нагреваемого места к более холодному.

Такой способ передачи теплоты называется теплопроводностью.

Разные твердые материалы проводят теплоту неодинаково. Зажженную спичку можно держать, пока пламя не коснется пальцев, так как дерево плохо проводит тепло. Поэтому, например, ручки у самоваров, утюгов и т. д. делаются деревянными. Металлы же хорошо проводят теплоту. Если притронуться к самовару, то руке больно: горячий металл успевает передать много тепла руке за какую-нибудь секунду прикосновения к нему.

Накипь, которая осаждается на стенках котла, является плохим проводником тепла. Теплота газов через слой накипи плохо переходит к воде, вследствие чего котел работает хуже, испаряет меньше воды, а газы уходят в трубу более горячими.

При толстом слое накипи вода получает очень мало тепла, стенки котла плохо охлаждаются, вследствие чего они в более горячем месте перегреваются настолько, что теряют свою прочность и выпучиваются давлением пара.

Еще опаснее для стенок котла смазочные масла и жир, которые могут попасть в некоторых случаях в котел. Масла и

НБ УДУНТ (ДІІТ)

жир — очень плохие проводники тепла. Даже покрывая стенки котла тонким слоем, масла и жир сильно препятствуют передаче тепла от газов к воде, вследствие чего стенки легко перегреваются и выпучиваются давлением пара, что приводит к взрывам котлов.

Сажа и зола тоже плохие проводники тепла, они пропускают мало теплоты, вследствие чего котел хуже работает, испаряя меньше воды. Но так как сажа и зола покрывают стенки снаружи, то стенки не только не перегреваются, но будут холоднее, чем в том случае, если бы были чистыми.

Однако плохие проводники тепла могут быть и полезны. Это в том случае, когда нужно сберечь теплоту. Например, стенки паровых труб хорошо проводят тепло горячего пара, а воздух уносит тепло конвекцией, нагреваясь около труб и вытесняясь более холодным воздухом.

С целью уменьшения потери тепла пара трубы покрывают слоем материала, плохо проводящего теплоту (асбест, кизельгур и т. д.). На трубу надевается своего рода шуба, как это мы делаем зимой, чтобы не мерзнуть, т. е. не терять теплоты тела наружу, в холодный воздух.

Это называется изолировать трубы, а применяемые для этой цели материалы называются изоляционными материалами.

Некоторые материалы являются плохими проводниками тепла вследствие своей пористости, например кирпич. В кирпиче много мелких пор, заполненных воздухом, который перемещаться в кирпиче почти не может. Жидкости и в особенности газы (в частности, воздух), как показал опыт с нагреванием воды в пробирке, очень плохо проводят теплоту, когда в них не может быть токов, вообще когда они не могут двигаться. Находясь в порах кирпича и не имея возможности перемещаться, воздух плохо проводит теплоту. Следовательно наличие пор в кирпиче значительно уменьшает его теплопроводность. Вследствие плохой теплопроводности кирпичная кладка котла не нагревается сильно на наружной поверхности, хотя изнутри, например в топке, она накалена

Передача теплоты лучеиспусканием

Стоя около открытой топки, мы чувствуем сильное тепловое действие накаленного слоя топлива (жара). Если вывалить жар и поднести к нему близко руку, то можно получить ожог, совершенно не прикасаясь к жару: его теплота сильно действует на руку на расстоянии.

Как передается теплота в этом случае?

Воздух вокруг топки почти не нагревается, и следовательно, теплота передается не при посредстве его. Горячий воздух действовал бы на все тело, а не только на часть его, находящуюся против топки. Наконец, закрыв топочную дверцу, мы так же

НБ УДУНТ (ДІІТ)

быстро перестаем чувствовать действие теплоты жара, как быстро она подействовала на нас при открытии топочной дверцы. Все это служит достаточным указанием на то, что теплота от жара передается не при посредстве воздуха, а помимо него.

Такой же пример передачи тепла — нагревание земли солнцем. Сильно раскаленное солнце испускает лучи, которые проходят через пространство, отделяющее солнце от земли, и согревают землю. Что воздух при передаче тепла от солнца лучами, так сказать, не при чем, видно из того, что к концу зимы, когда солнце стоит выше, термометр на солнце показывает тепло, хотя воздух остается еще морозным. Если термометр поставить так, чтобы на ртутный шарик не падали лучи солнца (например, поместив его в тени), то он покажет температуру воздуха, которая окажется ниже нуля.

Итак, на этих примерах мы убеждаемся, что теплота передается на расстояние лучами, или, как говорят, лучеиспусканием. Именно таким способом происходит передача теплоты от раскаленного жара и факела пламени на поверхность нагрева котла. Раскаленный жар сильно лучеиспускает, т. е. дает много тепловых лучей. Они падают на поверхность котла, расположенную над решеткой, и нагревают ее.

ВОПРОСЫ

Назовите основные источники теплоты.

Укажите на примерах из котельной практики различные действия теплоты.

Что измеряет термометр?

Что значит по-русски слово «температура»?

Какая мера (единица) служит для измерения температуры? Как она получена?

Можно ли термометром измерять температуры свыше 100°? Что для этого нужно сделать?

Можно ли термометром обычного устройства измерить температуру в 400°?

Где и какие деления нужно нанести на термометре для измерения температуры ниже 0°?

Какая принята мера теплоты?

Что такое калория?

Как происходит передача теплоты в газах и жидкостях?

Как происходит передача теплоты в твердых веществах?

Одинаково ли проводят теплоту различные твердые материалы?

Назовите на примерах из котельной практики хорошие и плохие проводники тепла.

Почему накипь вредна и опасна?

Какое вещество значительно опаснее накипи (в смысле перегрева стенок и взрыва котла)?

Опасна ли сажа?

Назовите плохие проводники тепла, применяемые в котельной практике. Где и почему их применяют?

Как передается теплота на расстоянии?

№ 6680

НБ УДУНТ (ДІІТ)

4. Пар

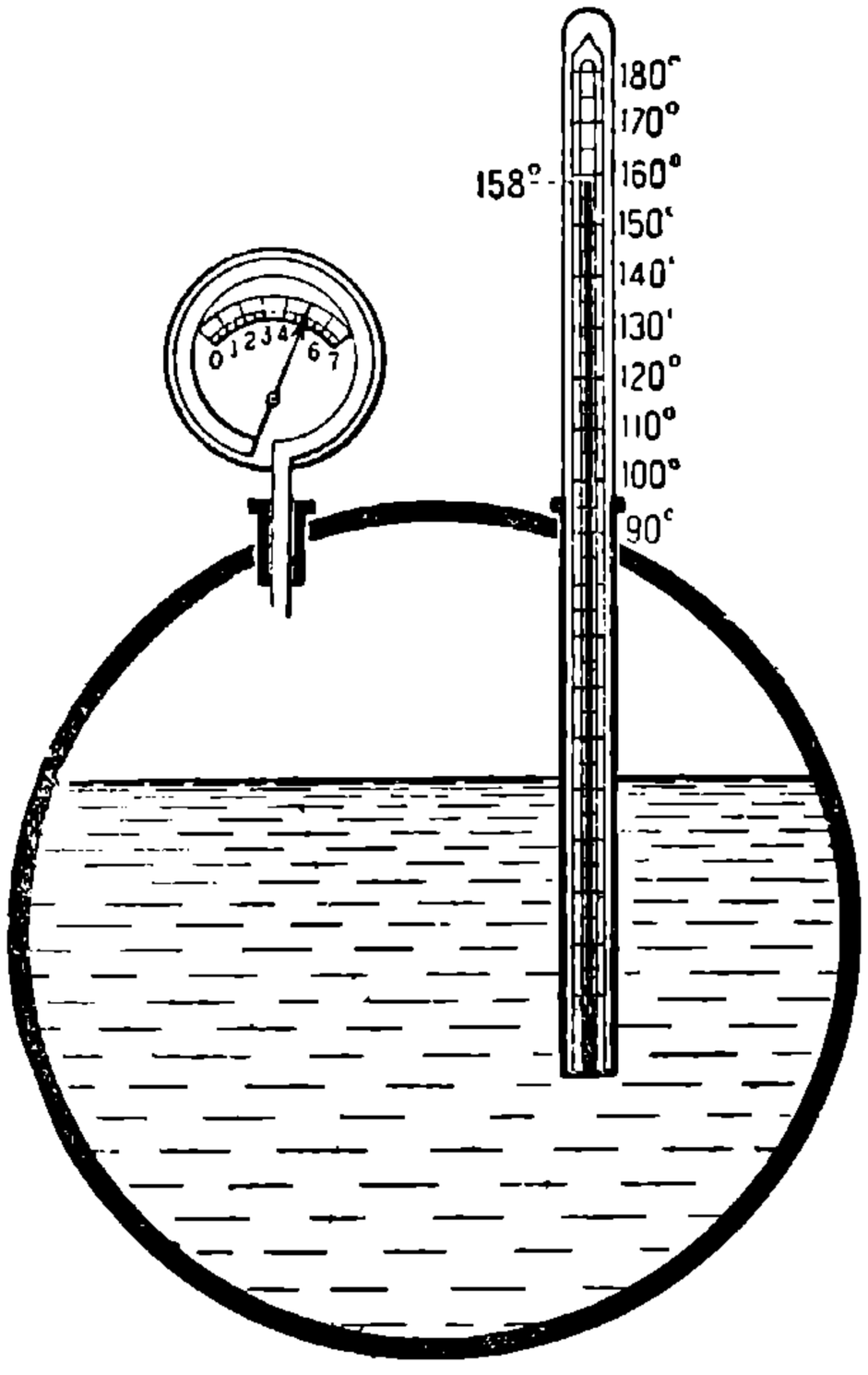
Кипение воды

Кипение в открытом сосуде

Как мы знаем, когда вода в открытом сосуде нагревается до 100°, она закипает. Кипение состоит в том, что вода переходит в пар внутри сосуда около нагреваемого места, откуда поднимаются и выходят на поверхность пузыри пара.

По термометру мы видим, что вода, кипя в открытом сосуде, имеет температуру 100°, сохраняет ее во все время кипения и более горячей не становится, как бы сильно мы ее ни нагревали. При более сильном нагревании она сильнее кипит, т. е. быстрее переходит в пар, и только.

Пар имеет ту же температуру, что и кипящая вода.



Фиг. 27. Температура кипения воды зависит от давления в котле.

Кипение в закрытом сосуде

Однако могут быть такие условия, что вода при температуре в 100° не закипает. Это бывает, если на воду производится давление большее, чем то, которое производит воздух, т. е. больше 1 *ат* (фиг. 27). В этом случае воде нужно сильнее нагреться, чтобы закипеть.

Так именно происходит дело в паровом котле. В нем имеется то или иное давление, превышающее атмосферное.

Установлено опытом, что чем больше давление на воду, тем выше температура кипения, причем каждому давлению соответствует определенная температура кипения. В табл. 1 показана температура кипения воды при разных давлениях.

Пар имеет ту же температуру, что и кипящая вода.

Значит, и температура пара в котле зависит от его давления. Зная по манометру давление пара в котле, мы по таблице можем сразу определить его температуру.

В заключение отметим, что кипение не следует смешивать с испарением, которое происходит при всякой температуре и только с поверхности. Например, над горячей водой мы видим

НБ УДУНТ (ДІТ)

ТАБЛИЦА 1

Давление		Температура кипения в °С	Давление		Температура кипения в °С
по манометру (*ати*)	абсолютное (*ата*)		по манометру (*ати*)	абсолютное (*ата*)	
0	1	100	13	14	194
1	2	120	14	15	197
2	3	133	15	16	200
3	4	143	16	17	203
4	5	151	17	18	206
5	6	158	18	19	209
6	7	164	19	20	211
7	8	170	20	21	214
8	9	174	24	25	223
9	10	179	29	30	233
10	11	183	34	35	240
11	12	187	39	40	250
12	13	191			

пар, это есть испарение воды, происходящее с поверхности. Холодная вода тоже испаряется, хотя очень медленно и незаметно. Это можно заметить по налитой в блюдечко воде, которой через 1—2 дня станет меньше. Высыхание сырого белья происходит, понятно, вследствие испарения воды.

Теплота испарения

Мы знаем, что для того, чтобы довести 1 *кг* воды при 20° до температуры кипения в открытом сосуде, требуется 80 *кал* тепла. В котле на это нужно израсходовать больше тепла, так как температура кипения в котле выше в зависимости от давления в нем. Например, при 20 *ати* (давление по манометру) температура кипения воды 214°. Следовательно, необходимо 194 *кал* тепла, чтобы 1 **кг** воды от начальной температуры в 20° довести до кипения при 20 *ати* (точнее 198 *кал* — см. табл. 2).

Закипевшая вода продолжает кипеть, пока ее нагревают, сохраняя при этом свою температуру. Куда же исчезает теплота, которую вода получает и без притока которой кипение сразу прекращается? Очевидно, эта теплота идет уже не на повышение температуры воды, а на то, чтобы из воды (жидкого вещества) образовался пар; теплота расходуется, как говорят, на парообразование (испарение).

Нетрудно грубо определить расход теплоты на испарение, проделав следующий опыт:

Нагреем 1 *кг* воды в открытом сосуде от начальной температуры, скажем, 0° до кипения и заметим по часам, сколько времени на это потребовалось. Теперь станем нагревать закипевшую воду еще столько же времени (на таком же огне), так что тепла она получит приблизительно те же 100 *кал*. Испарится за этот промежуток времени около $^1/_5$ части воды, что определяется по весу

НБ УДУНТ (ДІІТ)

оставшейся воды. Очевидно, чтобы превратить в пар всю воду, нужно теплоты $100 \times 5 = 500$ *кал*. Точная цифра будет 540 *кал*.

Итак, теплота, требуемая для испарения 1 *кг* воды и называемая полной теплотой испарения, распадается на две части:

1) Теплота, расходуемая на нагрев воды от начальной температуры до температуры кипения, называется теплотой воды.

2) Теплота, необходимая для превращения 1 *кг* кипящей воды в пар, называется теплотой испарения (или скрытой теплотой испарения, так как она не повышает температуры воды и термометром не обнаруживается). Нужно заметить, что с увеличением давления скрытая теплота испарения несколько уменьшается, например для 5 *ати* она будет приблизительно 500 *кал*, а для 20 *ати* — 448 *кал* (см. табл. 2).

Пример. Полная теплота испарения для пара при 20 *ати* будет 666 *кал*. Она распадается на теплоту воды — 218 *кал* и скрытую теплоту испарения — 448 *кал*. Если начальная температура воды не 0°, а, скажем, 35°, то от теплоты воды необходимо отсчитать 35 *кал*.

Если на превращение 1 *кг* воды в пар необходимо затратить 540 *кал* тепла, то следует ожидать, что при обращении пара в жидкость эта теплота (испарения) появится обратно. Чтобы убедиться в этом, произведем следующий опыт. Будем в сосуде кипятить воду, а пар из сосуда по трубке пустим в холодную воду (фиг. 28). Пар выходит из трубки большими пузырями, которые в холодной воде уменьшаются и исчезают, превращаясь, очевидно, в воду. При этом холодная вода быстро нагревается.

ТАБЛИЦА 2

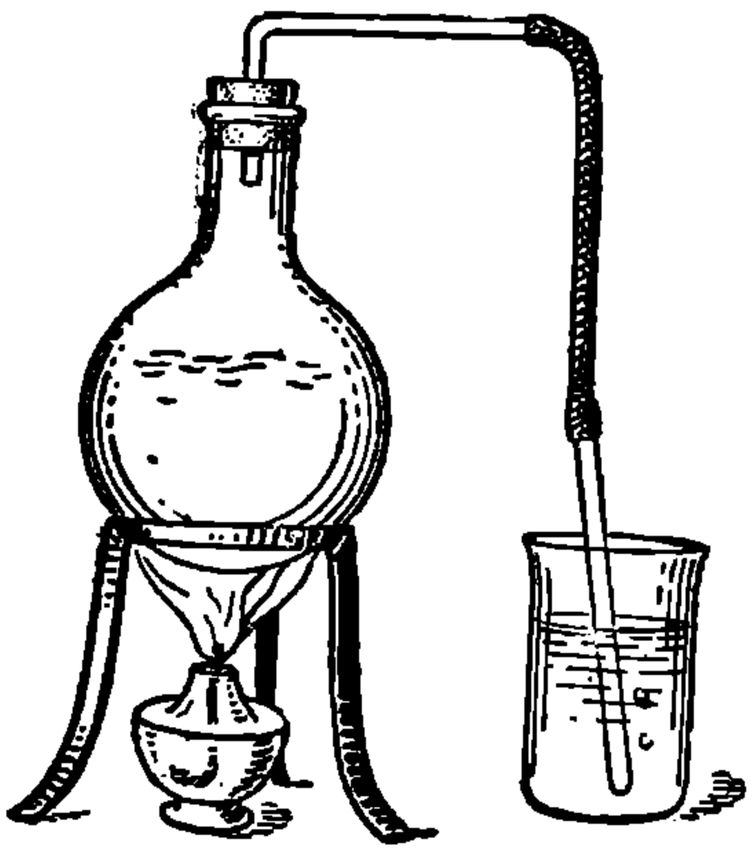
Давление по манометру *ати*	Теплота		Полная теплота испарения *кал*	Давление по манометру *ати*	Теплота		Полная теплота испарения *кал*
	воды *кал*	испарения *кал*			воды *кал*	испарения *кал*	
0	100	540	640	12	194	470	664
1	120	527	647	13	197	467	664
2	133	518	651	14	201	464	665
3	144	510	654	15	204	461	665
4	152	504	656	16	207	458	665
5	159	499	658	17	210	456	666
6	166	494	660	18	213	453	666
7	171	489	661	19	216	450	666
8	177	485	662	20	218	448	666
9	181	481	662	25	229	438	667
10	186	477	663	30	240	427	667
11	190	474	664	40	257	409	666

НБ УДУНТ (ДІІТ)

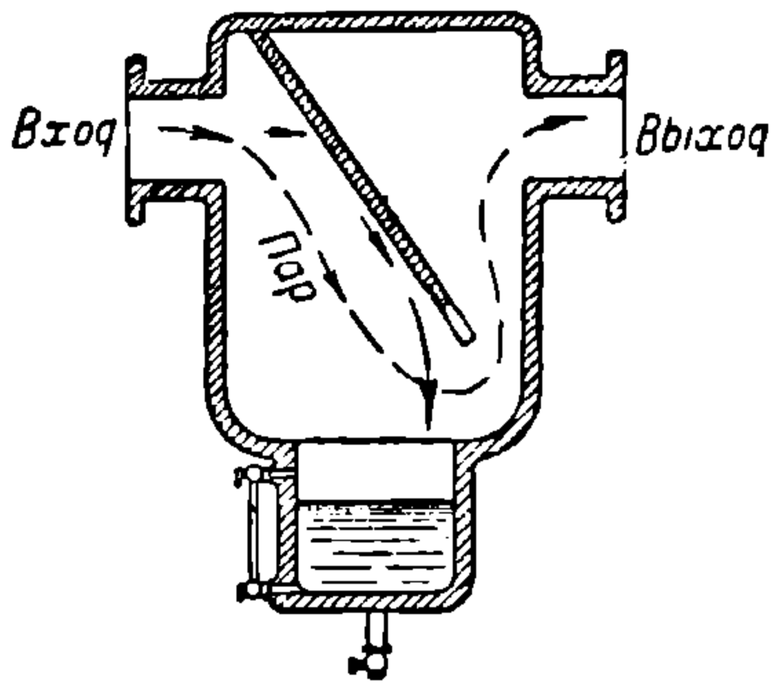
Зная, сколько испарилось воды, сколько было холодной воды и на сколько повысилась ее температура, можно высчитать теплоту, выделяемую 1 *кг* пара при превращении его в воду. Например, испарилось 0,5 *кг* воды, нагрев 10 *кг* на 27°. Холодная вода, нагреваясь, получила $10 \times 27 = 270$ *кал* тепла, которое выделили 0,5 *кг* пара. А 1 *кг* пара выделит, превращаясь в воду (по точным опытам), 540 *кал*.

Насыщенный пар

Как выяснено в разделе «Кипение воды», чтобы определить температуру пара в котле, нет надобности ее непосредственно измерять термометром. Зная давление в котле по манометру, можно справиться в соответствующих таблицах, какова температура пара. Например, для 10 *ати* (давление по манометру) температура пара 183°. Пар, температура которого зависит от его давления, называется насыщенным.



Фиг. 28. Пар, конденсируясь в стакане, нагревает воду.



Фиг. 29. Водоотделитель.

Насыщенный пар из котла движется по паропроводу. Стенки паропровода нагреваются от горячего пара и в свою очередь нагревают окружающий их воздух. Вследствие этого происходит постоянная потеря тепла паром через стенки труб.

Конденсация насыщенного пара

Как действует потеря тепла на насыщенный пар? Он, как доказано опытом, начинает частично превращаться в водяной туман. Превращение насыщенного пара в водяной туман называется конденсацией.

Как мы знаем, 1 *кг* кипящей в открытом сосуде воды, получив 540 *кал*, превращается в пар. С другой стороны, как показывает опыт, 1 *кг* пара, потеряв 540 *кал*, весь конденсируется, т. е. превращается в воду (той же температуры). Следовательно, конденсация есть явление, обратное парообразованию. Теплота, выде-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ляющаяся при конденсации пара, равна скрытой теплоте испарения. Например, 1 *кг* пара при 15 *ати*, сконденсировавшись, выделит 461 *кал* (см. табл. 2).

Конденсация пара в машинах и трубопроводах, конечно, убыточна, так как это есть потеря пара, а значит и тепла, затраченного на его получение. Добиваясь уменьшения конденсации, трубы, как указывалось, покрывают материалом, плохо проводящим теплоту.

Насыщенный пар увлажняется также частицами воды еще в котле, но это не вследствие конденсации, а потому, что пар, проходя через водяное зеркало, вызывает сильное бурление воды и выбрасывание водяных капель в паровое пространство.

Степень увлажнения насыщенного пара зависит от того, велико ли зеркало испарения в котле и много ли через него проходит пара. При большом зеркале испарения бурление воды на нем слабее, и пар получается суше. Если уровень воды в котле держать высоко, то площадь зеркала испарения уменьшается, а бурление получается сильнее. Кроме того, в этом случае уменьшается и объем парового пространства, так что водяные капли легче уносятся в паропровод, не успевая хоть частично оседать вниз. При форсированной (усиленной) работе котла влажность пара увеличивается потому, что через зеркало испарения проходит больше пара.

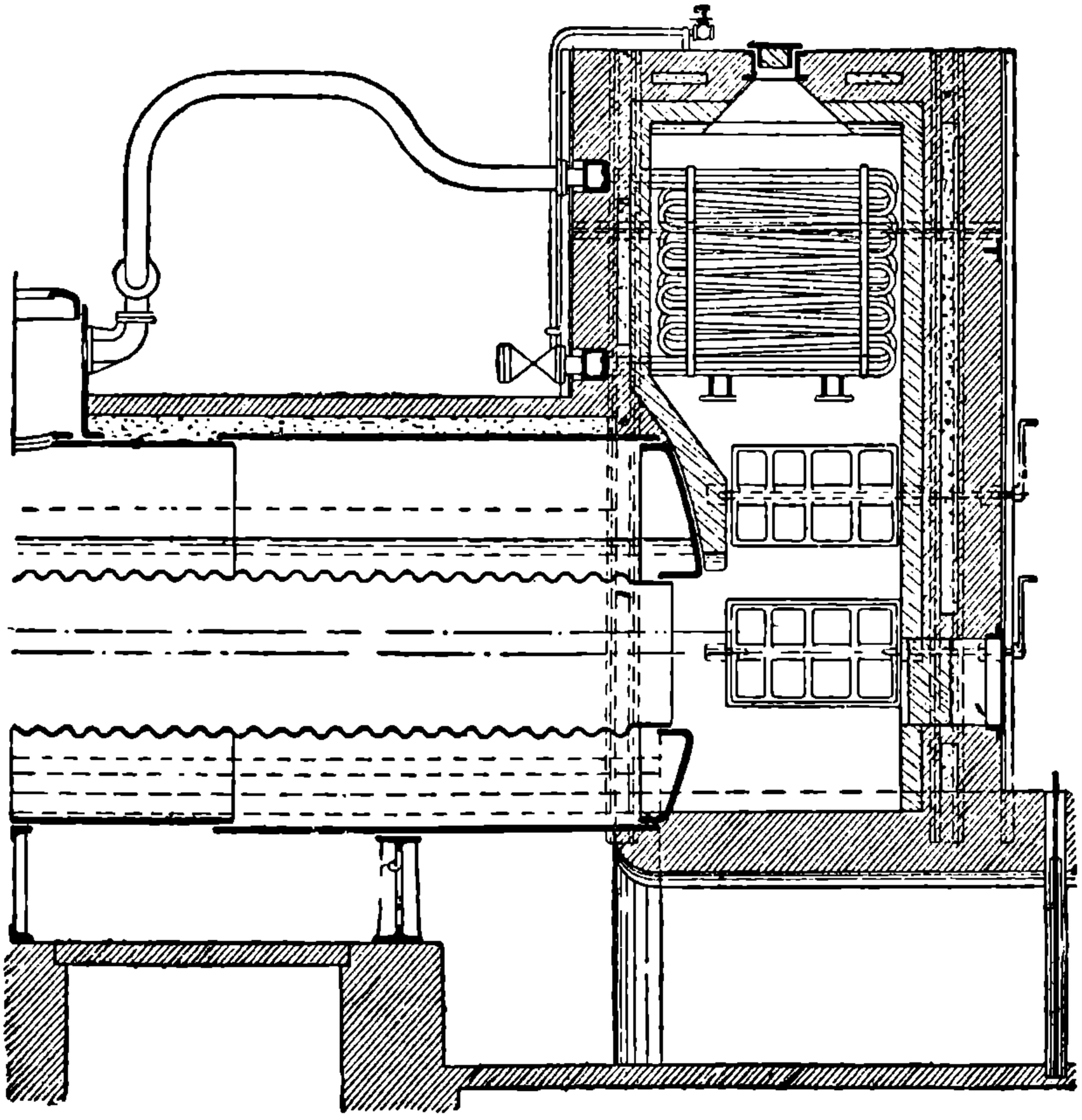
Водяную пыль, содержащуюся в паре, необходимо удалять из него, так как она вызывает изнашивание, а иногда и поломки паровых двигателей, например лопаток паровых турбин. Для удаления из насыщенного пара водяных частиц, захваченных им в котле и образовавшихся вследствие конденсации пара, применяют особые приборы, называемые водоотделителями. Водоотделитель (фиг. 29) представляет собой коробку с косой перегородкой внутри, не доходящей до противоположной стенки. Коробка ставится на паропроводе по пути движения пара. Проносясь через нее, пар легко повертывает вдоль перегородки и, обойдя ее, уходит дальше в трубу. Частицы же воды несутся в паре по прямому направлению, наталкиваются на перегородку, задерживаются на ней и стекают вниз в углубление на дне коробки. Собирающаяся здесь вода стекает по трубке в прибор, называемый водоотводчиком, или конденсационным горшком, который ее выпускает наружу. Нужно, однако, заметить, что водоотделители недостаточно осушают пар (подробнее о водоотделителях и водоотводчиках — в отделе «Арматура»).

Перегретый пар

Для паровых двигателей насыщенный пар вообще нежелателен. Водяная пыль в двигателях не работает, так как она неупруга, т. е. не способна расширяться и давить на поршень, приводя его в движение. Помимо того, насыщенный пар, соприкасаясь с более холодными стенками двигателя, конденсируется, следовательно, некоторая часть пара теряется напрасно. Наконец,

НБ УДУНТ (ДІІТ)

как указывалось уже, конденсационная вода, попав в двигатель или скопившись в нем, может вызвать поломку двигателя. Поэтому насыщенный пар в настоящее время для двигателей не применяют. Его перегревают — делают более горячим, чем он был в котле. Перегретый пар не способен, как это мы увидим ниже, конденсироваться, поэтому он безопасен для работы в двигателях. Кроме того, перегретый пар и выгоднее, так как на единицу



Фиг. 30. Жаротрубный котел с пароперегревателем.

выработанной в двигателе энергии его расходуется меньше, чем насыщенного пара.

Переход насыщенного пара в перегретый происходит так:

При нагревании насыщенный пар сначала осушается, вся влага в нем испаряется (такой пар называется с у х и м насыщенным). При дальнейшем нагревании температура сухого насыщенного пара начинает повышаться, и он становится перегретым. Давление перегретого пара при этом не изменяется.

Степень перегрева может быть любая. На практике она бывает до 100° и больше, так что температура перегретого пара доводится до 350° против, скажем, 183°, которые насыщенный

НБ УДУНТ (ДІТ)

пар при 10 *ати* давления имеет в котле. Итак, перегретым паром называется пар, который имеет более высокую температуру, чем насыщенный того же давления.

Количество тепла, которое расходуется для перегревания пара, приблизительно определяется из следующего расчета: 1 *кг* пара на каждый градус перегрева требует приблизительно ½ *кал* тепла. Если, например, 1 *кг* пара перегрет на 100°, то на это необходимо около 50 *кал*.

Перегретый пар, двигаясь в паропроводе и постепенно теряя тепло, не конденсируется, понижается только его температура.

Лишь когда перегретый пар потеряет весь свой перегрев, т. е. когда его температура понизится до той, которая была в паровом котле, он становится насыщенным паром, могущим конденсироваться при дальнейшем охлаждении.

Получить перегретый пар в паровом пространстве котла невозможно, так как теплота перегрева будет переходить к воде. Ввиду этого приходится перегревать пар в пароперегревателе, в который он поступает из котла. Он обычно состоит из большого числа тонких трубок, согнутых коленом или в несколько оборотов и расположенных в два ряда (фиг. 30). Входные концы трубок вставлены в одну общую коробку, выходные концы — в другую. Пароперегреватель помещается в дымоходах котла, обычно по пути из первого во второй дымоход. Газы, проходя между трубками, обогревают их Пар поступает из котла во входную коробку, расходится тонкими струями по отдельным трубкам, перегревается в них и, собравшись в общей выходной коробке, направляется в паровую линию. Давление пара в пароперегревателе не может повыситься, так как он сообщается с котлом (подробно о пароперегревателях и уходе за ними — в отделе «Типы паровых котлов»).

ВОПРОСЫ

При какой температуре вода закипает в открытом сосуде?
Повышается ли температура воды во время кипения?
Как повысить температуру кипения воды (выше 100°)?
От чего зависит температура кипения воды?
Можно ли по манометру определить температуру кипения воды в котле?
Можно ли по термометру, вставленному в котел, определить давление в котле?
Определите по таблицам, какую температуру кипения имеет вода при 4 *ати* (по манометру); при 12 *ати*?
Температура кипящей воды 213°; определите по таблицам, какое давление в котле?
Какую температуру имеет пар в котле?
Что такое теплота воды?
Что такое скрытая теплота испарения?
Повышается ли температура воды при кипении?
Сколько теплоты в калориях нужно, чтобы испарить 1 *кг* кипящей воды (при 100°)?
Что такое полная теплота испарения?
Что такое насыщенный пар?
Как узнать температуру насыщенного пара, не пользуясь термометром?

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Можно ли узнать давление насыщенного пара по его температуре?
Что происходит с насыщенным паром при потере им тепла?
Что такое конденсация?
Теряет ли насыщенный пар тепло при конденсации?
Для чего паропровод покрывают изоляцией?
Вследствие чего в насыщенном паре до его конденсации оказываются водяные капли (водяной туман)?
На чем основано действие водоотделителей?
Что такое перегретый пар? Содержит ли перегретый пар водяной туман?
Можно ли узнать температуру перегретого пара по его давлению? Как узнать температуру перегретого пара?
Что происходит с перегретым паром при потере тепла?
Конденсируется ли перегретый пар?
Можно ли назвать пар, не содержащий воды, перегретым?

НБ
УДУНТ
(ДІІТ)

ОТДЕЛ II

ТОПЛИВА И ИХ СЖИГАНИЕ НА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ КОЛОСНИКОВОЙ РЕШЕТКЕ

1. Состав топлива

Что называется топливом

Топливом называются те горючие вещества, которые применяются в промышленности для получения тепла, например дрова, торф, разные виды каменного угля. мазут, газообразное топливо. Различные виды топлива отличаются друг от друга количеством тепла, которое они выделяют (дают) при горении, степенью загораемости и горючести и, наконец, способностью выдерживать перевозку, не крошась и не рассыпаясь в пути. Все более широкое применение находят местные виды топлива (данного района), благодаря которым избегается доставка дальних топлив (разгружается транспорт) и рационально используются местные запасы топлива, часто весьма значительные.

Для сжигания под котлами применяют также разные горючие отбросы производства (например опилки, лузгу и т. п.).

Происхождение твердых топлив

Перечисленные твердые топлива мало похожи одно на другое по своему внешнему виду, и трудно подумать, что они более или менее одинакового происхождения. Но на самом деле это так. Откуда, например, взялся каменный уголь, похожий на какой-то черный камень, отчего он и получил свое название?

В давно прошедшие времена, миллионы лет назад, на земле был очень жаркий климат. Почва была сырая, существовали громадные озера-болота. На земле и у болот густо росли громадные деревья и папоротники (фиг. 31). Они быстро вырастали и достигали полной зрелости, а когда умирали, то погружались в ил или падали в воду. Таким путем одно поколение деревьев и папоротников за другим вырастало и умирало на одном и том же месте. Бесчисленные стволы высоких и толстых деревьев медленно прели, обугливались, уплотнялись, постепенно превращаясь в каменный уголь.

Торф тоже образовался и продолжает образовываться, можно сказать, на наших глазах из растений на болотистых местах; год

НБ УДУНТ (ДІІТ)

за годом эти растения весной появляются, а осенью умирают, медленно преют под болотной водой и постепенно превращаются в торф (в торфяную залежь).

Таким образом мы видим, что, несмотря на внешнее несходство, наши твердые топлива по своему растительному происхождению близки между собой. Нет ли поэтому и в составе их чего-нибудь общего, одинакового?

Опыт для определения состава топлива

Чтобы выяснить это, произведем следующий несложный опыт. Возьмем немного древесных стружек и будем нагревать их на огне, положив в тигелек или, для упрощения опыта, на кусок кровельного железа.



Фиг. 31. Вид леса во время каменноугольного периода. Картина составлена по остаткам растений, найденным в каменноугольных пластах.

Прежде всего стружки подсохнут, т. е. из них испарится вода, которая в большем или в меньшем количестве содержится в дровах, как и во всяком топливе.

При дальнейшем нагревании стружек появится серовато-бурый дымок, похожий на обыкновенный дым, а сами стружки станут понемногу чернеть, обугливаться. Если дымок поджечь, то он горит, следовательно он является частью горючего вещества — дров. Из этого мы видим, что при нагревании часть вещества дров делается летучей, из твердого состояния переходит в горючий газ.

После достаточного нагрева выход летучих веществ из стружек прекратится и получится твердый остаток, хорошо знакомый нам уголь.

Итак, наш опыт показал, что при нагревании дрова разлагаются, или, проще говоря, распадаются на летучую часть (горючий газ) и твердый горючий

НБ УДУНТ (ДІІТ)

остаток (в последнем содержится зола — негорючая примесь топлива).

Если нагревать другие топлива, то у них тоже окажутся летучая часть и твердый остаток, который в технике называется коксом. Кокс у всех топлив состоит из одного и того же вещества, называемого углеродом. Это доказывается тем, что кокс у всех топлив сгорает одинаковым образом, как это мы увидим ниже, в разделе «Горение углерода».

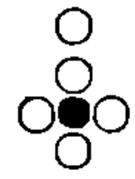
Углерод, как оказывается, находится и в летучей части топлива. Чтобы обнаружить его и выяснить, в каком он там виде, зажжем горючий газ, который горит обыкновенным пламенем. Если пламя охладить, введя в него кусок железа, то на железе окажется сажа. Куском железа, пока он не нагрелся, мы охлаждаем и тушим горящие пылинки сажи, которые и оседают на нем. Изучая горение сажи (см. раздел «Горение углерода»), убедились, что сажа есть тот же углерод.

Но почему же углерод не виден в горючем газе без опыта? Это потому, что углерод находится там в соединении с другим веществом, которое называется водородом. В свободном состоянии водород есть газ. Но в горючем газе водород не свободен и находится (до горения) в соединении с углеродом. Что это значит?

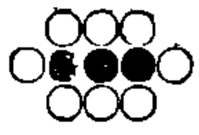
Доказано, что все вещества состоят из мельчайших, глазу совершенно невидимых, частиц. Например, в нашем случае имеются частицы углерода и частицы водорода. В горючем же газе — частица сложная, она состоит из частиц углерода и водорода, которые не свободны, а находятся между собой в прочном соединении. По этой причине горючий газ не похож ни на углерод, ни на водород, а является отдельным, самостоятельным веществом, которое по своему составу называется углеводородом (или углеводородами). Только если его сложные частицы распадаются, то обнаруживается, из каких веществ он состоит.

Можно на бумаге изобразить сложную частицу углеводорода. Обозначим для этого частицу углерода черным кружком, а частицу водорода — белым. Частица углерода может быть в соединении с 4 частицами водорода, что можно изобразить в таком виде:

● углерод
○ водород


сложная частица горючего газа

Могут быть и более сложные углеводородные частицы, и состав их можно изобразить так:



и т. д.

Что мы узнали о составе топлив (вкратце)

Итак, мы узнали о составе топлив следующее:

В топливе содержится вода, которая при нагревании испаряется.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

При дальнейшем нагревании из топлива выделяются горючие газы, состоящие из углерода и водорода (углеводороды).

Остается твердая горючая часть, которая называется коксом и состоит из углерода.

В составе топлив есть, таким образом, два основных горючих вещества — углерод и водород. Часть углерода оказывается в горючих газах, остальная — в коксе.

Однако кокс в чистом виде почти не встречается. К нему обычно бывают примешаны в том или ином количестве разные негорючие вещества. После сгорания углерода негорючие примеси остаются в виде всем хорошо известной золы. Иногда эта зола плавится, тогда на решетке оказывается шлак — сплавившаяся в куски зола.

Вода, которая содержится в топливе и испаряется при его нагревании, — вещество негорючее, как и зола. Воду и золу — негорючие вещества топлива — сокращенно называют балластом.

В топливе есть еще одно горючее вещество — сера; обычно ее немного; теплоты она выделяет мало, а после сгорания может оказаться вредной для котлов и для здоровья людей. Сгорает сера не вся, часть ее остается в золе (или в шлаках).

Простые и сложные вещества

Горючие газы топлива могут быть разложены на два вещества — углерод и водород. Могут ли в свою очередь быть разложены эти два вещества на какие-нибудь другие?

На опыте установлено, что углерод и водород разложению на другие вещества не поддаются. Вообще установлено, что в природе есть целый ряд неразложимых веществ, например кислород, азот, углерод, водород и т. д. Такие вещества названы простыми. В отличие от них горючие газы топлива — вещества сложные, так как они разлагаются на составляющие их простые вещества.

Отдельная (одна) частица простого вещества называется атомом.

Сложная частица из двух, трех и более атомов, соединенных вместе, называется молекулой.

Простые вещества состоят из отдельных атомов, или из тех же атомов, но соединенных по 2, по 3 и т. д., т. е. объединенных в молекулы. Так, например, водород имеет молекулу, состоящую из двух атомов.

Сложное вещество образуется из молекул, которые составлены из атомов, по крайней мере, двух разных веществ. Таковы, например, горючие газы, молекула которых состоит из атомов углерода и атомов водорода.

Не следует думать, что сложное вещество есть нечто вроде простой смеси, как если бы мы, скажем, старательно смешали мелкий песок с солью. Такая смесь на-глаз будет казаться совершенно однородной, но отдельные частицы легко рассмотреть под

НБ УДУНТ (ДІІТ)

увеличительным стеклом. Кроме того, соль сохранит свой вкус, а песок тоже почувствуется на языке. Если бросить щепотку смеси в воду, то соль растворится, а песок осядет на дне сосуда. Совершенно другое дело — сложное вещество. Те вещества, из которых оно получилось, не дают себя знать ни на-глаз, ни на вкус или наощупь. Они находятся в сложном веществе в скрытом виде. Обнаружить их можно при помощи особых способов, которые изучает наука, называемая химией. Вообще химия занимается изучением явлений (перемен) с веществами, при которых из одного или нескольких веществ получаются другие.

Сцепление атомов и молекул

Итак, мы на составе топлива узнали вообще строение веществ. Но теперь может возникнуть такой вопрос: если все вещества состоят из молекул или атомов, то почему они не распадаются, что заставляет молекулы держаться друг около друга?

Как известно, вещества бывают в трех состояниях: в твердом, жидком и газообразном. Газы не сохраняют ни объема, ни формы. Это происходит потому, что молекулы газов постоянно отталкиваются одна от другой, постоянно стремятся разойтись. Вследствие этого газы способны и стремятся расширяться. Только находясь в сосуде или под действием какой-нибудь силы, молекулы газов удерживаются на близком расстоянии одна от другой. Например, молекулы воздуха удерживаются на земле силой земного притяжения. В противном случае воздух вокруг земли рассеялся бы в мировом пространстве.

У твердых тел молекулы сохраняют определенное расстояние и положение между собой. Они не расходятся и не сближаются и вообще не меняют взаимного положения. Что же их связывает, как бы скрепляет, хотя и не вплотную, между собой? Наука установила, что между молекулами действуют особые силы, называемые силами сцепления, которые и удерживают их друг около друга. Силы сцепления не позволяют молекулам ни сближаться, ни расходиться. Вот почему твердые вещества сохраняют свой объем и форму. Конечно, действуя на твердый предмет какой-нибудь силой, мы преодолеваем внутренние силы сцепления и заставляем молекулы вещества несколько сближаться или удаляться, отчего предмет сжимается или растягивается.

В жидких веществах молекулы сохраняют между собой только определенное расстояние, но не положение. Молекулы жидкости легко передвигаются одна относительно другой, но они все держатся друг около друга, не расходясь, как это мы знаем о газах. По этой причине жидкости легко переливаются, легко меняют свою форму, но не объем.

ВОПРОСЫ

Какие горючие вещества называют топливом?
Как образовался каменный уголь?
Есть ли сходство по происхождению между каменным углем и торфом?
Что происходит с топливом при нагревании без доступа воздуха?

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Как называется твердый горючий остаток топлива (после перегонки)?
Из чего состоит кокс?
Каков состав горючих газов, выделяющихся при нагревании топлива?
Что такое сажа и как она получается?
Какие два горючих вещества входят в состав топлива?
Содержится ли водород в коксе?
Что называется баластом в топливе и из чего он состоит?
Каково строение веществ?
Что такое атом?
Из чего состоит молекула?
Какие вещества называются простыми?
Что такое сложное вещество?
Могут ли простые вещества состоять из молекул?
Почему твердые вещества не рассыпаются на отдельные молекулы?
Могут ли молекулы жидких веществ перемещаться одна относительно другой?
Какие силы действуют между молекулами газов?

2. Горение

Что такое горение

Перед растопкою котла для того, чтобы пустить в топку воздух, кочегар открывает шибер (дымовую заслонку) и поддувало.

Убедиться в притоке воздуха нетрудно, если поднести к поддувалу или к приоткрытой топочной дверце зажженную свечу: пламя втянется вместе с воздухом в топку.

Когда требуется прекратить горение, останавливают приток воздуха, опустив для этого дымовую заслонку (или закрыв заслонку в канале, подводящем дутьевой воздух к топке). Так как воздух в топку не поступает, то горение прекращается.

Что происходит с воздухом при горении

Значит, воздух для горения безусловно необходим. Но какое значение он имеет, что с ним происходит в топке?

Для выяснения этого произведем простой опыт. Возьмем кусочек фосфора (горючее вещество, которое идет для изготовления спичек), поместим его на пробке, плавающей в сосуде с водой, зажжем его и опрокинем на него банку без дна (фиг. 32). В банке имеется определенное количество воздуха, а наружный воздух в банку попасть не может: этому мешает вода.

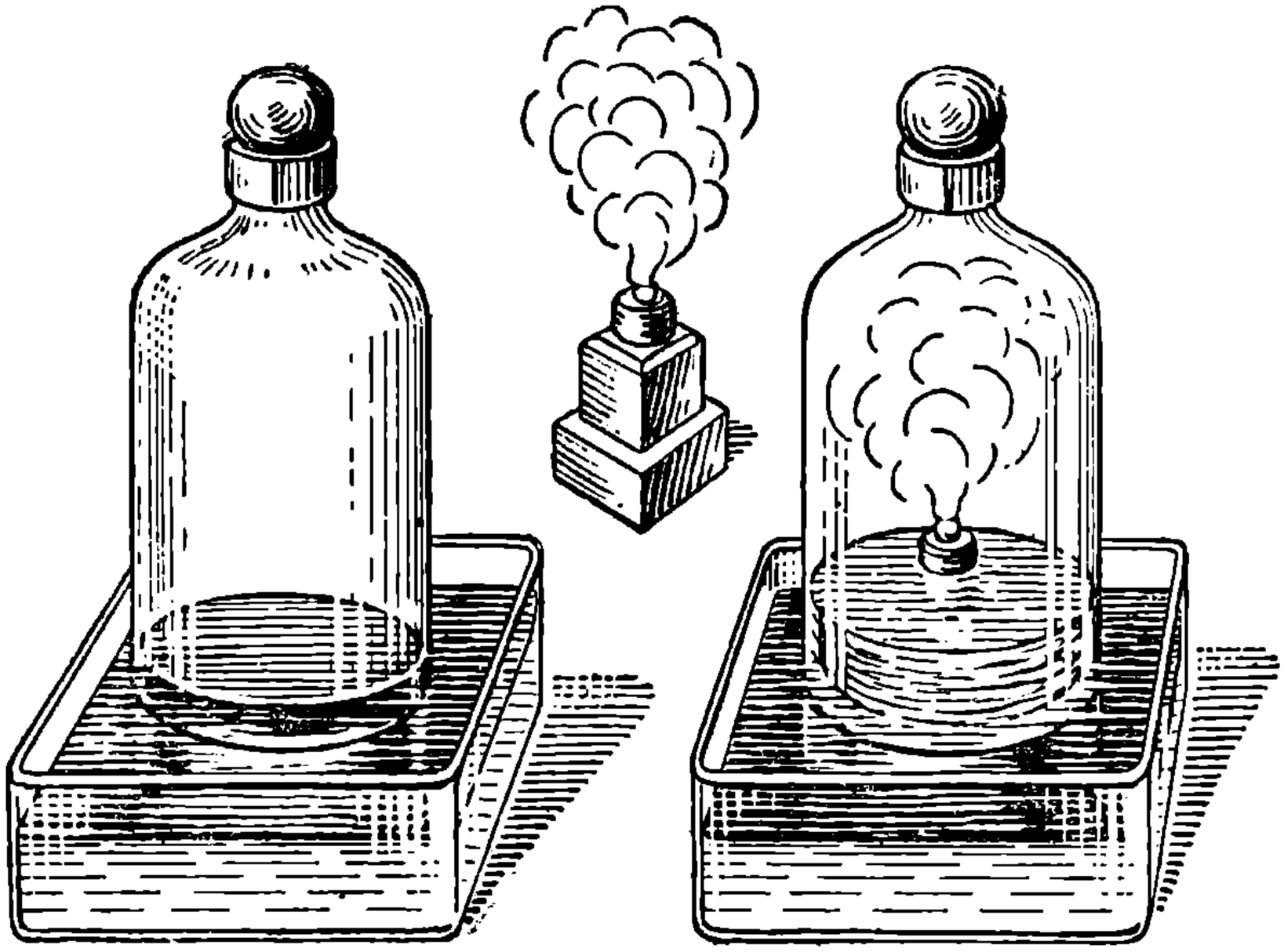
Зажженный фосфор будет сначала ярко гореть, образуя густой белый дым, потом потухнет. Белый дым от сгоревшего фосфора заполнит банку, а через некоторое время, остывая, начнет опускаться вниз и весь растворится в воде. В банке станет прозрачно, и окажется, что вода поднялась в ней и уровень ее выше прежнего. Значит, воздуха в банке убавилось, часть его, очевидно, израсходовалась на горение (а наружный воздух своим давлением вогнал в банку соответствующее количество воды).

Но в банке еще остался воздух. Отчего же он не принял участия в горении? На этот вопрос нетрудно ответить, если мы вне-

НБ УДУНТ (ДІТ)

сем в банку зажженную лучинку или свечу: они сразу в банке потухнут. Очевидно, оставшийся в банке воздух не годится для горения, не поддерживает его. Из этого мы заключаем, что воздух не есть совершенно однородный газ. Установлено, что он смешан из двух разных газов, отличающихся тем, что один из них для горения необходим, а другой совершенно не нужен. Первый называется кислородом, второй — азотом. Кислорода в воздухе приблизительно $^1/_5$ по объему, что видно по высоте поднятия воды в банке. Азот, следовательно, занимает $^4/_5$ объема воздуха.

Слово «азот» иностранное и означает «бездеятельный». Ученый, давший газу азоту такое название, хотел этим указать, что



Фиг. 32. Опыт с горением фосфора. Слева — банка, поставленная в сосуд с водой, посредине — горение фосфора на открытом воздухе; справа — закончившееся горение фосфора в закрытом сосуде (в банке).

азот бесполезен для жизни (дыханья), так как опытами было установлено, что животные, помещенные в чистый азот, задыхаются и гибнут. Для жизни людей и животных необходим кислород. Он одинаково нужен и при горении и для дыхания.

Нужно заметить, что частицы кислорода и азота не соединены (сцеплены) между собой, а совершенно свободны, самостоятельны. Следовательно, воздух представляет простую смесь этих двух газов, а не один газ, молекулы которого для горения должны распасться на молекулы или атомы кислорода и азота

Что получается после сгорания вещества

Мы видели, что кислород нужен для горения, что он принимает какое-то участие в горении. Но куда же девался кислород

НБ УДУНТ (ДІІТ)

в банке, а вместе с ним и сгоревший фосфор? Вспомним про белый дым, получившийся от сгоревшего фосфора. Легко убедиться, что этот дым есть некоторое вещество (газ). Для этого повторим опыт со сжиганием фосфора, но в плотно закрытом сосуде. Белый дым не растворится в воде (за ее отсутствием), а останется в сосуде. Если мы этот дым взвесим на точных весах, то окажется, что вес его точно равен весу сгоревшей части фосфора и бывшего в сосуде кислорода. Значит, эти вещества вовсе не пропали, не исчезли, как кажется на первый взгляд. Взамен фосфора и кислорода получилось новое вещество — газ, по виду похожий на белый дым.

Как же это могло произойти?

Когда речь шла о составе топлива, мы уже говорили, что все простые вещества состоят из мельчайших частиц — атомов — и что атомы разных простых веществ могут соединяться и образовывать сложные вещества.

В данном случае фосфор и кислород — вещества простые, потому что не могут быть разложены на другие и состоят, следовательно, каждый только из своих однородных атомов. Новое же сложное вещество (белый дым) получилось от соединения между собой атомов фосфора и кислорода, причем новое вещество совершенно не похоже на те, из которых оно произошло.

Итак, мы видим, что сгореть — это вовсе не значит пропасть, исчезнуть. Сгоревшее вещество только превращается в другое, часто в газ. Если газ прозрачен, невидим, то легко можно подумать, что сгоревшее вещество исчезло без следа.

При горении обычно два вещества соединяются в одно (образуют новое вещество).

При нагревании топлива, как это нам уже известно, происходит обратное явление: топливо разлагается (распадается) на горючие газы и кокс. Значит, разные вещества могут получаться путем соединения или разложения других веществ.

Горение есть химическое явление. Химическим явлением называется такое явление, при котором из одних веществ получаются другие (или другое). Это именно и происходит при горении, или разложении топлива (до горения).

Во время горения получается много теплоты. Горение для нас именно тем важно, что дает теплоту. Чем больше выделяется теплоты, тем, конечно, лучше. Поэтому говорят, что горение есть соединение горючего вещества с кислородом воздуха, с выделением достаточного количества теплоты.

С кислородом способны соединяться не только горючие вещества, но и многие другие. Например, железо соединяется с кислородом, давая при этом всем известную ржавчину. Это бурое вещество состоит из железа и кислорода, т. е. его молекулы состоят из атомов железа и кислорода. Но соединение этих веществ происходит медленно, и тепла при нем выделяется очень мало. По этим причинам ржавление нельзя назвать горением. Так как вообще всякое соединение с кислородом называют окисле-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ниeм, то ржавление есть медленное окисление. Очевидно, что горение есть быстрое окисление, сопровождающееся сильным выделением тепла (и появлением пламени).

Некоторые топлива способны при низкой температуре медленно соединяться с кислородом (окисляться). Теплоты в этом случае получается мало. Однако если теплота не отводится, т. е если топливо не охлаждается, то оно постепенно нагревается и окисление его усиливается и может дойти до степени горения.

Горение газов (и паров) может в некоторых случаях происходить чрезвычайно быстро, почти моментально, — это уже будет взрыв. В обыденной жизни бывают небольшие, но опасные в пожарном отношении взрывы бензина, который иногда сжигают в примусах. Бензин очень быстро испаряется, что и происходит, например, из открытой бутыли или если бензин случайно разольют. Воспламенившись в одном месте, весь испарившийся бензин почти мгновенно сгорает, а получившиеся газы быстро расширяются от выделившейся при сгорании теплоты и производят сильное сотрясение (взрыв), сопровождающееся нередко разрушением. Бензин может взорваться и в примусе, если смесь его паров и некоторого количества воздуха в резервуаре достаточно нагреется и воспламенится.

В дымоходах паровых котлов при некоторых условиях бывают взрывы газов, о чем будет рассказано ниже, в разделе «Антрацит».

Что такое зажигание и тушение

Соединение горючего вещества с кислородом начинается не при всякой температуре. Горючее вещество в одном месте должно быть предварительно нагрето до той температуры, при которой оно способно соединяться с кислородом, т. е. может загореться. Соседние места нагреваются уже от загоревшегося места. Температура, при которой горючее вещество загорается, называется температурой воспламенения. Она неодинакова для разных веществ:

дерево	. . 295°
торф	. 225°
каменный уголь	. 370°
кокс и антрацит	. 700°

Зажигание и есть нагревание до температуры воспламенения. Например, чтобы закурить папиросу, мы ее зажигаем спичкой, т. е. нагреваем в пламени спички до температуры воспламенения табака.

Спичка в свою очередь зажигается следующим образом. Ее головка покрыта очень горючим составом (смесью), а боковая поверхность коробки покрыта тонким слоем фосфора; когда трут спичку о коробку, то небольшое количество фосфора от трения нагревается, вспыхивает и зажигает головку спички.

Тушение огня водой основано на том, что температура горящего предмета понижается ниже температуры воспламенения

НБ УДУНТ (ДІІТ)

и, кроме того, вода затрудняет к нему доступ воздуха. Именно, когда поливают горящее топливо водой, то при своем испарении зода отнимает много тепла от горящего топлива, вследствие чего его температура становится ниже температуры воспламенения, и оно тухнет, а пар, обволакивая соседние куски горящего топлива, мешает доступу воздуха к ним и, следовательно, их горению. В случае пожара в котельной выпускают пар из предохранительных клапанов и кранов арматуры, чтобы пар мешал доступу воздуха к горящим участкам.

В котельных в случае необходимости прекратить горение в топке закрывают поддувало или останавливают дутье, т. е. прекращают доступ воздуха в топку. В случае необходимости быстро заглушить топку засыпают жар песком, который должен находиться в котельной. Песок прекращает лучеиспускание жара. Шахтные топки (см. ниже) содержат большое количество топлива — дров или торфа, — лежащего наклонным слоем. Засыпать шахтную топку песком нельзя, так как песок на слой не попадет, если шахта достаточно загружена, или на наклонном слое не удержится. Поэтому шахтные топки приходится заливать водой в случае срочной остановки (аварии), хотя это нежелательно, так как может вредно подействовать на обмуровку топки и котел (см. «Шахтные топки»).

Горение углерода

Полное горение углерода

Мы познакомились с тем, что такое горение вообще, а теперь рассмотрим, как горят и во что обращаются углерод и водород, два горючих вещества, входящих в состав топлив.

Углерод, соединяясь с кислородом, переходит (превращается) в газ, который называется углекислым газом, или сокращенно — углекислотой. Короче, углерод сгорает в углекислоту.

Можно на опыте узнать некоторые особенности углекислоты. Чтобы ее получить не смешанную с азотом, как бывает при горении в воздухе, сожжем кусочек древесного угля в чистом кислороде. Но откуда же взять чистый кислород? Из воздуха его добывают особыми машинами. В небольшом количестве кислород можно получить простым путем. Дело в том, что кислород находится не только в воздухе, но и в некоторых сложных веществах. Разница лишь в том, что в воздухе он просто смешан с азотом, а в сложных веществах он находится в прочном соединении с простыми веществами. Кислород находится, например, в бертолетовой соли, откуда его довольно легко получить нагреванием, как это показано на фиг. 33. К бертолетовой соли примешивают небольшое количество вещества, называемого перекисью марганца, или песок, что ускоряет выделение (выход) кислорода.

Собрав чистый кислород в банку, сжигаем в ней кусочек древесного угля. Часть угля, насколько хватит кислорода, сгорит, и

НБ УДУНТ (ДІІТ)

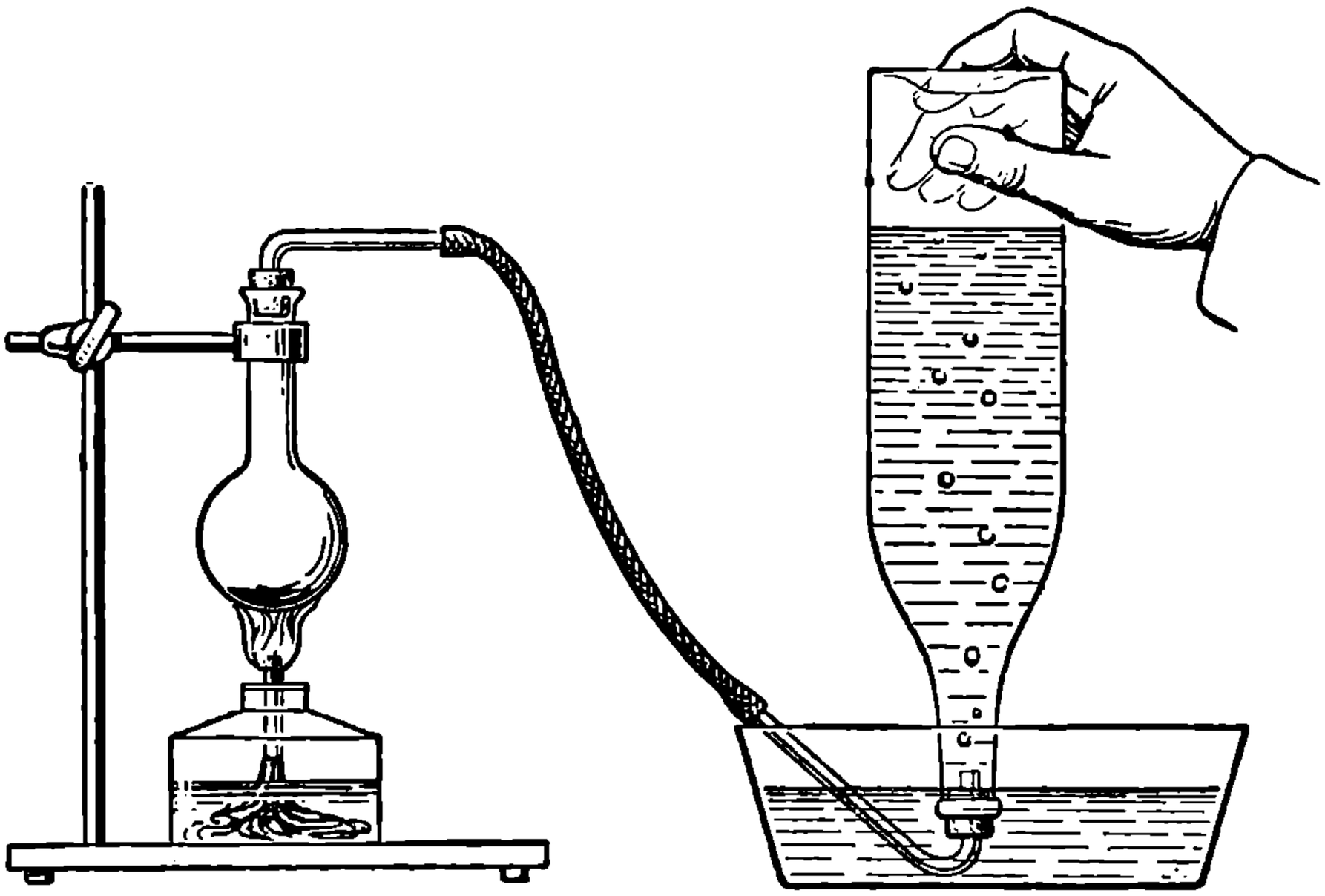
в банке получится углекислый газ. Он бесцветен и прозрачен. Если мы опустим в банку горящую лучинку, то она потухнет. Из этого заключаем, что углекислота горения не поддерживает. С другой стороны, углекислота не способна гореть (т. е. не соединяется с кислородом).

Неполное горение углерода

Но не всегда углерод сгорает в углекислоту. Иногда получается другой газ, называемый окисью углерода.

Почему же происходит такая разница в горении углерода?

Опытами доказано, что все зависит от количества воздуха. Если воздуха достаточно, углерод сгорает



Фиг. 33. Добывание кислорода из бертолетовой соли путем ее нагревания.

в углекислоту, если недостаточно, то в окись углерода.

Не все ли равно, однако, во что сгорает углерод, лишь бы он сгорел?

Как оказывается, — не все равно. Сгорая в углекислоту, 1 *кг* углерода дает 8 100 *кал* тепла, а сгорев в окись углерода, он даст только 2 400 *кал*. Ясно, насколько невыгодно сгорание в окись углерода, почему оно и называется неполным. Избегнуть его легко, нужно давать углероду количество воздуха, достаточное для полного горения.

Примечание. Количество тепла, которое дает при полном сгорании 1 *кг* горючего вещества или топлива, называется теплотворной способностью, или теплопроизводительностью

НБ УДУНТ (ДІІТ)

топлива. Так, теплотворная способность углерода — 8 100 *кал/кг.*

Теперь уясним себе, почему у углерода могут быть два случая горения — полное и неполное. Мы знаем, что горение состоит в том, что атомы горючего вещества соединяются с атомами кислорода, отчего получается сложная частица (молекула) нового вещества; при этом выделяется теплота. Как оказывается, при полном горении каждый атом углерода присоединяет к себе 2 атома кислорода, давая углекислоту, а при неполном горении атом углерода способен соединиться только с одним атомом кислорода, и получается окись углерода.

Итак, сложная частица (молекула) окиси углерода содержит одним атомом кислорода меньше, чем углекислота. Но окись углерода способна присоединить к себе недостающий атом кислорода, и тогда она, очевидно, превращается в углекислоту. Иначе сказать, окись углерода — газ горючий, способный сгорать в углекислоту.

Горит окись углерода голубоватым пламенем, а сама по себе она бесцветна. Окись углерода, в отличие от углекислоты, — очень ядовитый газ. Углекислота в небольших количествах в воздухе совершенно безвредна для человека, а если ее в помещении много, то нехватает чистого воздуха для дыхания, и человек может задохнуться. Окись углерода, находясь в воздухе даже в небольшом количестве, вызывает головокружение и головную боль (угорание). Если же ее оказывается много, то человек, вдыхая такой воздух, погибает. Это происходит потому, что окись углерода при вдыхании вредно действует на кровь, лишая ее кислорода. Окись углерода по ее действию на людей называют угарным газом.

В обыкновенных комнатных печах окись углерода получается, если печь закрывают слишком рано. В топке остается много непрогоревшего угля, который продолжает гореть за счет небольшого количества воздуха, присасываемого в печь через разные неплотные места. Вследствие недостатка воздуха горение идет неполное и получается окись углерода. Попадая в помещение, окись углерода вызывает угорание людей.

Примечание. В предыдущей главе «Состав топлив» было указано, что сажа и кокс у всех топлив представляет собой два вида одного и того же вещества — углерода. Это можно заключить из того, что оба они сгорают в углекислоту при полном горении или в окись углерода — при неполном.

Горение водорода

Водород, содержащийся в топливе, в свободном состоянии — бесцветный, прозрачный газ. Из топлива при нагревании он улетучивается вместе с частью углерода, образуя горючие газы (углеводороды).

НБ УДУНТ (ДІТ)

Водород сгорает в водяные пары. При горении 2 атома водорода соединяются с 1 атомом кислорода, образуя молекулу водяных паров.

Теплотворная способность водорода — 29 000 *кал/кг.*

Может показаться странным, что от горения водорода получаются водяные пары, в то время как огонь тушится водой. Это, однако, не должно нас удивлять. От сгоревшего водорода мы получаем, конечно, не воду сразу, а водяные пары высокой температуры, значительно превышающей температуру пара в котле или после перегревателя. При такой температуре пар может уже обуглить дерево.

Итак, водяные пары в тот момент, когда они получаются от сгорающего водорода, суть горячие газы. Двигаясь в дымоходах, они отдают стенкам котла свою теплоту и постепенно охлаждаются. Перед трубой их температура уже довольно низка, скажем, около 120°. При выходе из трубы, в особенности зимой, они могут настолько охладиться, что станут конденсироваться, отчего над трубой будет белый дым. Иногда конденсация водяных паров происходит еще в экономайзере, если он питается холодной водой. Тогда на трубах с того конца экономайзера, откуда в него поступает питательная вода, осаждаются капли воды, отчего трубы ржавеют (см. подробно «Экономайзер»).

Формулы горения

В разделе «Состав топлив» было наглядно изображено вещество горючего газа, т. е. состав его молекул. Для этого мы обозначили атомы углерода черными кружками, а атомы водорода белыми кружками.

Но состав молекул сложного вещества может быть изображен еще проще. Для этого пользуются названиями простых веществ. Нужно сказать, что в науке и технике приняты вообще международные названия простых веществ (на латинском языке, который до XIX века применялся в науке). Атомы простых веществ сокращенно обозначаются начальными буквами своих латинских названий.

Необходимо обратить внимание, что латинский алфавит не совсем одинаков с русским, и некоторые буквы называются или произносятся по-иному. Таким образом

кислород	обозначается	буквой	O,	произносится	о
углерод	»	»	C	»	це
водород	»	»	H	»	аш

Мы знаем, что при сгорании углерода в углекислоту один его атом соединяется с двумя атомами кислорода. Следовательно, молекула углекислоты может быть буквами обозначена вот как: COO. Чтобы не писать одну букву дважды или вообще несколько раз (у большинства веществ в составе молекул много однородных атомов), букву пишут один раз, а количество атомов указывают цифрой, поставленной справа от буквы. Например, 2 атома кислорода обозначаются O_2, 5 атомов кислорода O_5, и т. п. При

НБ УДУНТ (ДІІТ)

употреблении букв и цифровых значков при них обозначения веществ имеют следующий вид:

углекислота — CO_2, произносится це-о два
окись углерода — CO, » це-о
водяные пары — H_2O, » аш два-о

Буквенные обозначения молекул дают ясное понятие о составе веществ и кратко называются формулами веществ.

Горение куска топлива

Вытащим из печи кусок горящих дров, расколем его пополам и рассмотрим его разлом. Кусок с поверхности окажется обугленным, черным, внутри же он будет меньше обуглен. Это видно по цвету разлома, который постепенно светлеет. Обугливаются дерево и другие топлива, как это было выяснено в разделе «Состав топлив», от нагревания. В нагреваемом топливе часть его вещества становится летучей и уходит из него. Остальная часть топлива остается твердой (кокс).

Картину горения какого-нибудь топлива, хотя бы дров, всякий, конечно, наблюдал и знает. Она на вид проста: горят сильно раскаленные куски топлива, а над ними пламя. Но, пользуясь тем, что́ мы узнали о горении, мы можем представить себе, так сказать, внутреннюю картину горения. Воздух обтекает раскаленную поверхность куска, причем на этой поверхности атомы кислорода соединяются с атомами углерода, превращаясь в углекислый газ (углекислота). Часть теплоты, которая при этом выделяется на поверхности куска, передается лучеиспусканием поверхности нагрева котла, расположенной над решеткой. Остальная часть теплоты уносится углекислотой и отдается всей поверхности нагрева котла при соприкосновении с ней во время движения в дымоходах. Кусок топлива, горя, непрерывно уменьшается в объеме, т. е. превращается в углекислоту, и после него остается негорючая примесь — зола.

Над куском топлива горит пламя. Очевидно, это горит летучая часть топлива. Она, как известно, содержит горючие газы, состоящие из углерода и водорода (углеводороды). Воздух перемешивается со струйками газов, но перемешивание происходит, конечно, не сразу, не мгновенно, а требует некоторого, хотя и очень небольшого, времени. Поэтому одни частицы горючих газов раньше соединяются с кислородом, другие — несколько позже. При этом происходит еще то, что водород несколько опережает в горении углерод, так как он легче, быстрее соединяется с кислородом. Углерод же до момента своего сгорания находится в пламени, как было установлено опытом (см. «Состав топлив»), в виде пылинок сажи. Эти пылинки от соседних, уже сгоревших, нагреваются до свечения и, соприкасаясь с воздухом, сгорают. Пламя светится именно благодаря раскаленным пылинкам сажи. Значит, пламя — это раскаленные частицы углерода-сажи, выделяющиеся из горючих газов и еще не успев-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

шие сгореть. Можно сказать короче, что пламя — это горящие углеводороды.

Сгоревший углерод-сажа превращается в бесцветную углекислоту (или в окись углерода — при неполном горении). Следовательно, над пламенем, которое мы видим, находится уже то, что́ получается после горения, т. е. углекислота (а в случае неполного горения — и окись углерода), водяные пары и азот, который участия в горении не принимает, а только нагревается за счет теплоты сгорания углерода и водорода. Кроме того, бывает также (как мы увидим в дальнейшем) и некоторое количество кислорода, не принявшего участия в горении.

Понятно, что молекулы всех перечисленных газов совершенно самостоятельны, не сцеплены между собой. Следовательно, дымовые газы, или, как их называют еще, продукты горения, представляют собой простую смесь нескольких газов. Поэтому, например, окись углерода может догорать в дымоходах котла, если для этого окажутся подходящие условия (температура и воздух), а водяные пары могут конденсироваться на холодных частях котельной установки, например на трубах экономайзера, если они достаточно холодны.

Укажите состав воздуха.
Сколько кислорода по объему в воздухе?
Что такое горение?
Нужен ли азот для горения?
Какая разница между горением и ржавлением?
Что называют окислением?
Что необходимо сделать, чтобы зажечь горючее вещество?
На чем основано тушение огня водой?
Во что сгорает углерод?
Горит ли углекислота?
При каком условии углерод сгорает в углекислоту?
Что такое окись углерода и как она получается?
Каков состав молекул углекислоты и окиси углерода?
Выгодно ли получать окись углерода?
Что такое полное и неполное горение?
Горит ли углекислота?
Как действует окись углерода на людей?
Что такое теплотворная способность горючего вещества (топлива)?
Какую теплотворную способность имеет углерод?
Что такое водород?
Во что сгорает водород?
Каков состав молекулы водяного пара?
Напишите формулу углекислоты.

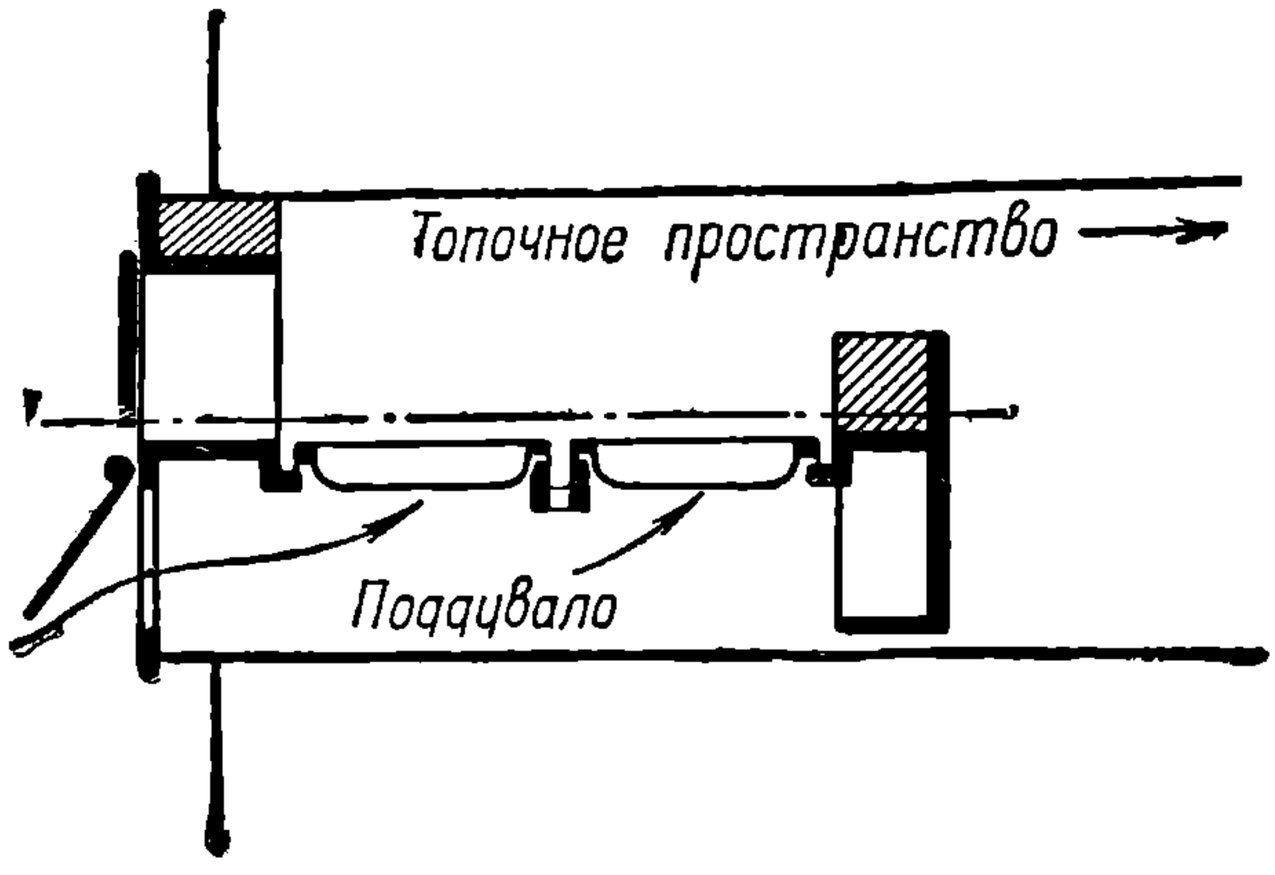
3. Горение топлива в топке котла. Регулирование притока воздуха

Зная, что такое состав топлива и сущность горения, посмотрим, как горит топливо в простейшей топке, еще довольно часто встречающейся в настоящее время, — топке с горизонтальной колосниковой решеткой.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Топка имеет следующие основные части (фиг. 34 и 35):

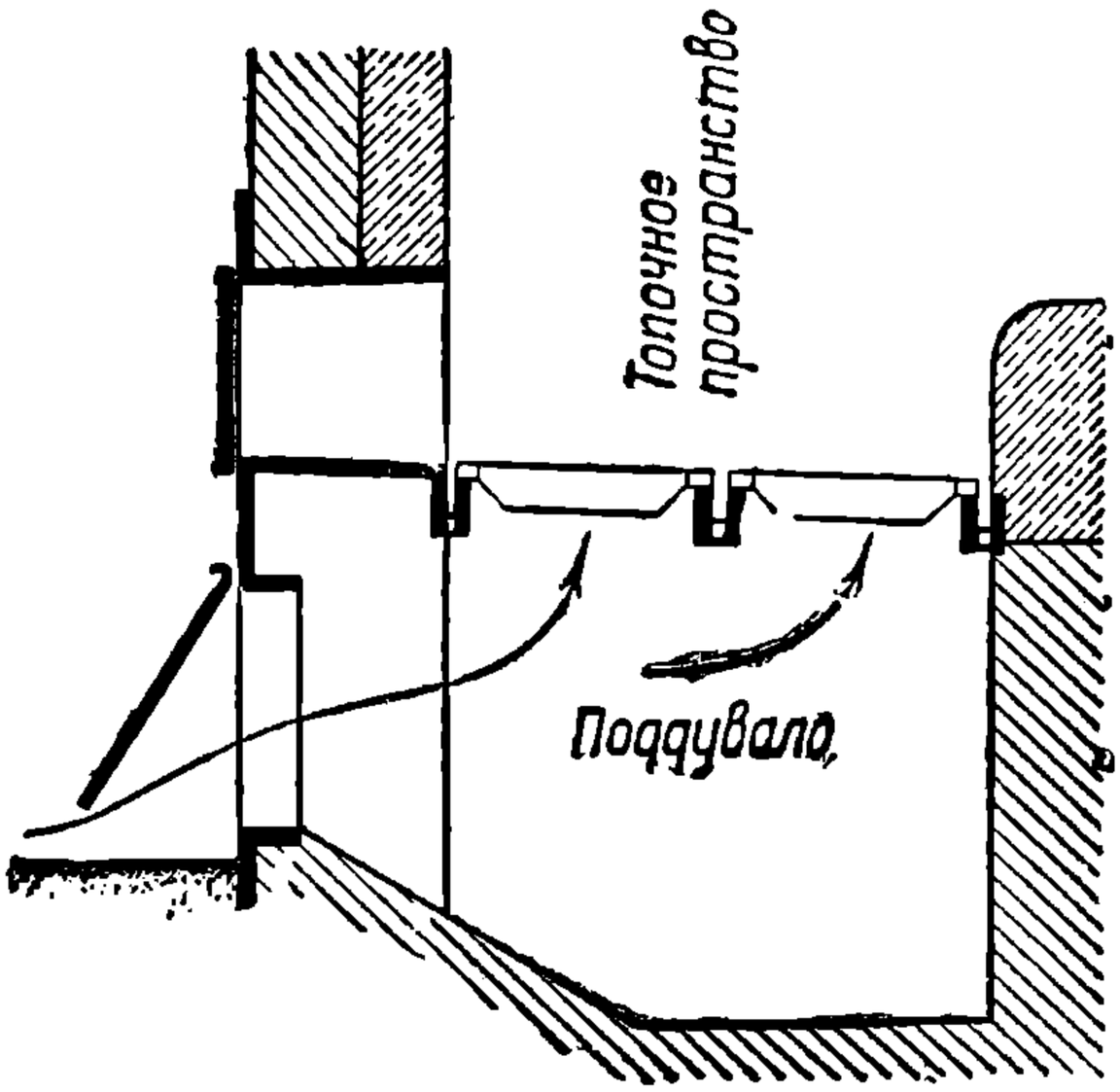
1. Решетку, расположенную горизонтально или с небольшим уклоном в глубину топки. На решетке лежит горящее топливо, и через нее воздух проходит в слой топлива.



Фиг. 34. Топка жаротрубного котла (внутренняя).

2. Пространство над решеткой (и за ней, например, в жаротрубных котлах), называемое топочным пространством; в нем сгорают летучие горючие газы, выделяющиеся из топлива.

3. Камеру под решеткой, называемую поддувалом. Она служит для подвода воздуха, а внизу в ней собирается зола, проваливающаяся через решетку.



Фиг. 35. Наружная топка.

Решетка обычно состоит из брусков клиновидного сечения, называемых колосниками (фиг. 36). Они опираются своими концами на поперечные балочки, заделанные или прикрепленные к боковым стенкам топки. Колосники лежат не вплотную друг

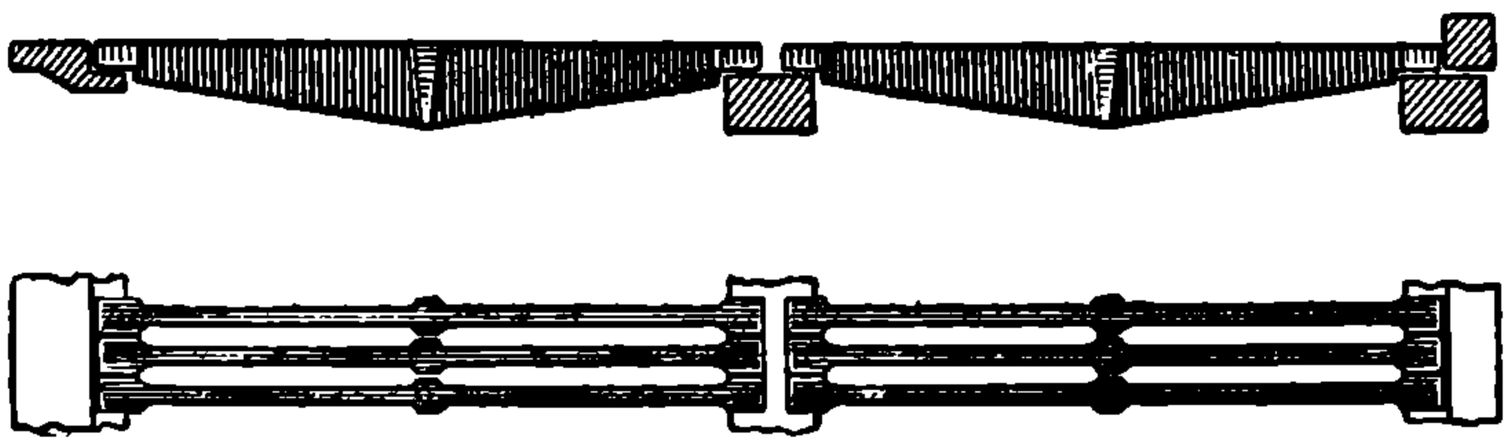
НБ УДУНТ (ДІІТ)

к другу, а со щелями. Через щели, или, как их называют, прозоры, воздух проходит в слой топлива.

Общая площадь прозоров называется живым сечением решетки. Размеры отдельных прозоров и общая площадь (живое сечение) решетки зависят от рода топлива.

Наряду с решетками из колосников клиновидного сечения применяются решетки, колосники которых представляют собой плиты с отверстиями для прохода воздуха и ребрами снизу для жесткости и лучшего охлаждения воздухом. Сечение отверстий бывает круглое или овальное. Такие плитчатые решетки часто применяются, например, для антрацита (см. ниже).

Замыкается решетка задней стенкой топки, или порогом, сложенным на опорной балке из кирпича. Порог служит для задержки топлива, чтобы оно не перебрасывалось через край решетки, а также, как увидим дальше, для лучшего перемешивания и горения газов (в случае горизонтального движения газов на выходе из топки).



Фиг. 36. Колосники.

Спереди топка закрыта чугунной рамой, в которой имеются два отверстия, закрываемые дверцами. Верхнее отверстие, расположенное выше решетки, служит для забросси топлива, а через нижнее воздух проходит в поддувало.

Топки по их положению относительно котла бывают внутренние, наружные и выносные. Внутренние топки находятся в котле (например, в жаровых трубах) и окружены со всех сторон поверхностью нагрева (фиг. 34). Наружные топки (фиг. 35) помещаются под котлами и имеют поверхность нагрева только над собой (топки водотрубных котлов и т. д.). Выносные топки помещаются перед котлами и обыкновенно представляют собой камеру, сложенную из кирпичей (например, шахтные топки) (фиг. 79).

Подсушка и прогревание топлива

Теперь рассмотрим, как горит топливо в описанной нами топке. Положим, что топка работает и, следовательно, на решетке горит раскаленное топливо. Забросим в топку свежее топливо и станем следить, что с ним происходит.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

После забросси на решетке будут уже два слоя топлива: внизу раскаленный горящий жар, а на нем холодное, только что заброшенное топливо. Последнее приходится считать очень холодным по сравнению с жаром. Жар имеет температуру в среднем около 1 000°, а забрасываемое топливо — температуру котельного или наружного воздуха.

Что будет происходить со свежим (только что заброшенным) топливом? Оно начнет нагреваться снизу от лежащего под ним жара и сверху — от раскаленной кладки (боковые стенки топки), если она имеется в топке. За счет поглощаемого тепла из топлива станет испаряться вода. Полученные от испарения водяные пары тоже нагреваются в топке, так как при испарении они имеют температуру 100°, а в топке температура значительно выше. Если топливо сырое, то на его прогревание, испарение воды и нагревание ее паров израсходуется немало тепла, что охладит топку и ухудшит горение в ней. Раскаленная кладка в топке тем и полезна, что она своим запасом тепла нагревает сырое топливо и поддерживает более высокую температуру в топочном пространстве, что, как мы убедимся в этом ниже, очень важно для горения топлива. Следовательно, кладка, получая теплоту во время нормального горения в топке, возвращает ее, когда топочное пространство и слой топлива на решетке охлаждаются, т. е после забросси.

Выделение газов и горение их в топочном пространстве

Достаточно прогревшись, топливо начинает выделять горючие газы.

Горючие газы поднимаются в топочное пространство и, перемешиваясь с воздухом, горят, образуя пламя, которое мы видим в топке.

Горючих газов может оказаться в топке очень много, если топливо богато ими и они из него быстро выделяются. Понятно, что в этом случае после забросси требуется подать в топку много воздуха, чтобы обеспечить в ней полное горение газов.

Регулирование подачи воздуха после забросси топлива

Если воздуха будет недостаточно, то не весь углерод, содержащийся в горючих газах и выделяющийся в виде сажи, сгорит в углекислоту: часть его сгорит только в окись углерода, а некоторая доля останется вовсе несгоревшей. В пламени, т. е. в горящих газах, окажется много несгоревших, только разогретых докрасна пылинок сажи, отчего пламя станет красным, местами дымчатым.

Из трубы несгоревшая сажа будет итти в виде дыма, который неопытные кочегары считают признаком хорошего горения. Да, горения, но неполного. Продукты же полного горения, именно углекислота и водяные пары, глазу невидимы, если только пары эти не настолько охладятся в трубе или по выходе из нее, что

НБ УДУНТ (ДІІТ)

начнут превращаться в белые клубы, как это часто бывает зимой.

Если кочегар после забросни правильно отрегулировал тягу (или дутье), то в топке будет полное горение. Об этом можно судить по показаниям контрольно-измерительных приборов (см. ниже), а также по правильному цвету пламени — красновато-желтому — и по отсутствию или почти полному отсутствию дыма из трубы.

Если, наконец, кочегар переусердствует и пустит в топку слишком много воздуха, больше, чем нужно для полного горения, то пламя станет ослепительно-белым. Частицы горючих газов будут очень быстро сталкиваться (встречаться) с необходимыми частицами воздуха, и горение станет заканчиваться быстрее — при более коротком пламени. Теплота горения окажется как бы более сгущенной, сосредоточенной в меньшем объеме пламени. В таком пламени пылинки сажи-углерода сильнее нагреты и светят белым накалом, вследствие чего пламя имеет ослепительно-белый цвет. Понятно, что в этом случае дыма из трубы вовсе не будет, но хорошо ли это? Нет, так как лишний воздух участия в горении не принимает, а лишь охлаждает топку и уносит с собой в трубу захваченное тепло.

Чтобы избежать подачи в топку лишнего воздуха, следует работать с очень небольшим, легким дымком. Такой дым будет указывать, что в топке есть очень маленькая, ничтожная неполнота горения. При полном же отсутствии дыма легко может случиться и так, что топка работает на чрезмерном количестве воздуха. Наряду с этим для наблюдения за горением необходимо применять соответствующие приборы, о чем см. раздел «Измерительные приборы».

Укорочение пламени

Все предыдущее показывает, что выход горючих газов после забросни топлива требует внимания кочегара и умелого регулирования тяги. Но, позаботившись о правильном притоке воздуха в топку после забросни, кочегар не должен на этом успокоиться. Если он проследит за пламенем в топке, то увидит, что пламя по длине меняется: вскоре после забросни оно длинное, а потом укорачивается.

Характер изменения пламени зависит от того, богато ли топливо горючими газами и как быстро они из него выходят. Выход газов ускоряется при быстром прогревании топлива, чему способствуют: раскаленная кладка топки, малые размеры кусков топлива и его сухость.

Итак, выход газа из топлива, вообще говоря, идет неодинаково, неравномерно, что и видно по длине пламени. Когда пламя спадает, укорачивается, то и воздуха в топочном пространстве требуется меньше, и необходимо убавить тягу. Если этого не сделать, то

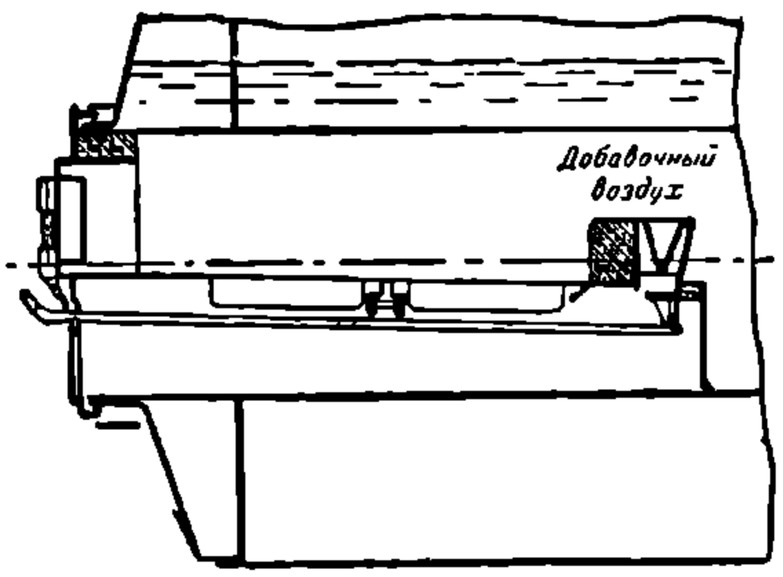
НБ УДУНТ (ДІІТ)

лишний воздух будет охлаждать топку и, нагреваясь в ней, уносить с собой тепло в трубу.

Горение в слое. Вторичный воздух

Наряду с горением в топочном пространстве идет и горение в слое. Здесь топливо коксуется, по мере того как из него выделяются горючие газы, и одновременно горит на поверхности кусков в виде раскаленного жара, превращаясь в углекислоту (при полном горении).

Для своего горения слой забирает часть воздуха, проходящего через решетку. Можно сказать, что он распределяет воздух между собой и горючими газами. Если жар на решетке и коксующееся заброшенное топливо очень быстро горят, беря поэтому много воздуха, то последнего будет недостаточно для сгорания горючих газов, если их много. В этом случае полезно часть воздуха, необходимого для горения газов, пустить прямо в топочное пространство, минуя слой. Для этой цели устраи-



Фиг. 37. Устройство для впуска добавочного воздуха в топке жаротрубного котла.

вают каналы в пороге, вводящие воздух в топочное пространство (фиг. 37), или вращающиеся розетки на топочной дверце, которые открывают на некоторое время после забросси топлива, пока выделяется много горючих газов.

Пуская так воздух, мы увеличиваем его количество в топочном пространстве и, следовательно, даем больше воздуха горючим газам, обеспечивая полноту их горения. Воздух, который проходит непосредственно в топочное пространство, минуя слой топлива, называется вторичным.

Нужно заметить, что впуск вторичного воздуха через топочную дверцу применим только в топках, из которых газ выходит горизонтально, например в жаротрубных котлах. Только в таких топках вторичный воздух хорошо перемешивается с горящими газами. Если же газы из топки поднимаются прямо кверху (в газоход), то хорошего перемешивания воздуха, поступающего через топочные дверцы, не может быть, и его в этих случаях не применяют.

Хорошее перемешивание воздуха с топливом

Из всего предыдущего ясно, как важно регулировать приток воздуха в топку по мере протекания процесса горения с целью избежать как неполноты горения, так и излишнего количества

НБ УДУНТ (ДІТ)

воздуха сверх обеспечивающего полное горение. Но помимо этого необходимо заботиться о правильном распределении воздуха в топке. Ведь при достаточном общем количестве воздуха его в одних местах может быть слишком много, а в других — мало. Вследствие этого окажется, что часть воздуха, так сказать, зря пропадает, хотя она требуется в некоторых местах топки. Значит, необходимо вообще, чтобы воздух хорошо перемешивался с горящим топливом. Для этого нужно, чтобы слой был одинаковой толщины всюду, чтобы он не лежал буграми. Понятно, что воздух в случае неровного слоя неправильно распределяется в топке. Кроме того, вокруг бугров топливо скоро прогорает, и там получаются прогары, через которые воздух прорывается в большом количестве в топку, охлаждая ее и унося с собой тепло в дымовую трубу. Итак, второе условие полного горения — хорошее перемешивание воздуха с топливом.

Температура в топке

Для полного горения имеет еще весьма важное значение температура в топке. Нагляднее в этом разберемся, если рассмотрим горение при растопке котла. Растопка обычно производится каким-нибудь горючим топливом, например дровами, или жаром, взятым из работающего котла. На разгоревшуюся растопку подбрасывают основное топливо, продолжая подброску по мере его разгорания. Свежее топливо прогревается, и из него выделяются горючие газы. Но температура в топочном пространстве низка, и газы, не горя, уходят в дымовую трубу в виде буро-желтого дыма.

Когда температура в топке повысится до температуры воспламенения водорода — 350°, он начинает гореть. Но углерод еще не горит, так как он воспламеняется только при 700°. Из трубы идет поэтому густой черный дым. Так продолжается, пока температура в топочном пространстве не дойдет всюду до 700°. Теперь уже начинается горение и углерода (сажи), дым в трубе светлеет и постепенно исчезает.

Итак, горение газов в топочном пространстве требует температуры не ниже 700°. Однако при такой температуре горение будет итти медленно, вяло. Часть горючих газов не успеет сгореть в топочном пространстве, а соприкасаясь в дымоходах со стенками котла, остынет и потухнет. Для достаточно быстрого, энергичного горения температура топки должна быть не ниже 1 000°.

При этом условии и при достаточном притоке воздуха и хорошем перемешивании с ним газы успевают сгореть в топочном пространстве, причем пламя их, как уже указывалось, имеет красновато-желтый цвет.

Высота топочного пространства

Для полного горения необходима также достаточная высота топочного пространства. Горючие газы, если их много, не успе-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

вают сгорать в низком топочном пространстве. Горя длинным пламенем, газы попадают между трубами котла, разбиваются на отдельные струи, которые охлаждаются от соприкосновения с трубами и тухнут. Углерод горючих газов, не сгорев, осаждается на стенках труб в виде сажи и уносится в дымоходы и в трубу. Итак, горение должно обязательно заканчиваться в топочном пространстве, а не продолжаться в первом дымоходе между трубами.

Высота топочного пространства

Для заброски топлива кочегар открывает топочную дверцу. Куда теперь пойдет воздух, когорый ранее шел в топку через поддувало? Конечно, в дверцу, через которую ему в топку легко попасть. Это, понятно, нежелательно, так как воздух пойдет в большом количестве в топочное пространство, охлаждая топку и котел. Участия в горении он принять не может, так как идет поверх горящего кокса. В топке температура понизится, упадет, что замедлит и ухудшит горение в ней после заброски.

С целью избежать этого кочегар должен перед заброской прикрыть тягу. Тогда прорыв воздуха в топку уменьшится, она не охладится, и температура в ней не понизится, так что дальнейшее горение пойдет удовлетворительно.

Разные способы заброски топлива в топку будут подробно рассмотрены ниже.

См. об этом в разделе «Каменный уголь».

ВОПРОСЫ

Назовите основные части топки с горизонтальной колосниковой решеткой.

Что происходит со свежим топливом после заброски его на горящий на решетке жар?

За счет чего испаряется влага из топлива?

От чего зависит количество горючих газов в топке?

Почему бывает дым?

Как избежать дыма?

Какого цвета пламя при достаточном, но не чрезмерном количестве воздуха?

Если в топку пускать много воздуха, то каков будет цвет пламени?

Какие потери получаются, если топка работает на излишнем количестве воздуха?

Почему следует работать с очень небольшим, легким дымком?

Если для горючих газов нехватает воздуха, то как увеличить его количество в топочном пространстве?

Чем вызывается укорочение пламени (между двумя забросками)?

Что нужно сделать, когда пламя заметно укоротилось?

В чем заключается значение равномерного перемешивания воздуха с топливом?

Почему при растопке из трубы идет буро-желтый дым? Чем он отличается от обыкновенного дыма?

В каких случаях наблюдается появление из трубы черного дыма (во время производства растопки)?

Какая наименьшая температура должна быть для нормального горения в топке?

НБ УДУНТ (ДІІТ)

4. Тяга

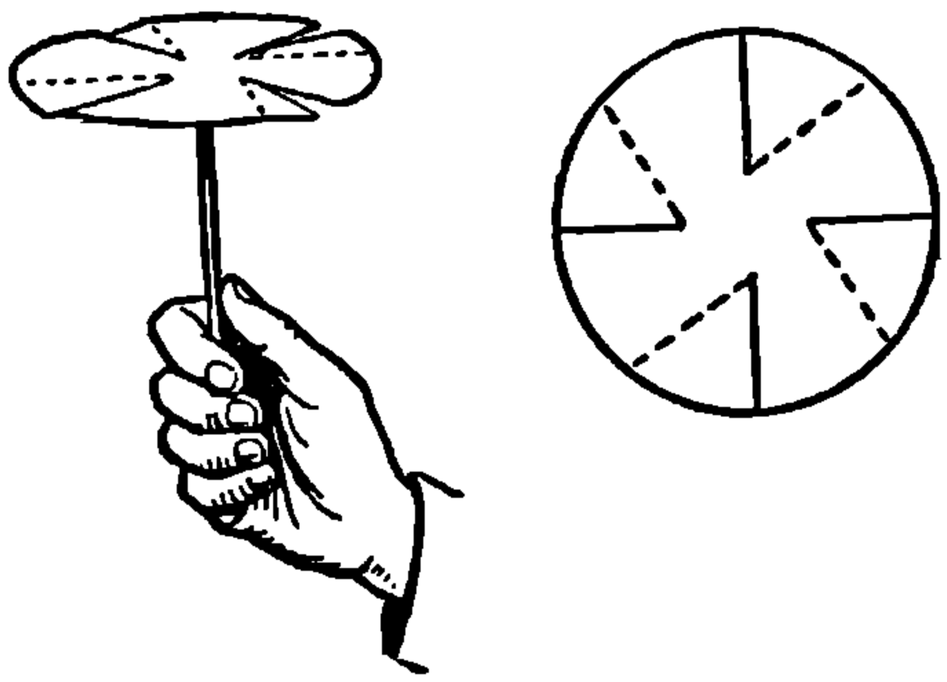
Естественная тяга

Регулирование подвода воздуха в топку (тяга) имеет, как ясно из предыдущего, большое значение для горения. Мы подробно рассмотрим, на чем основано действие тяги и как регулируется подача воздуха.

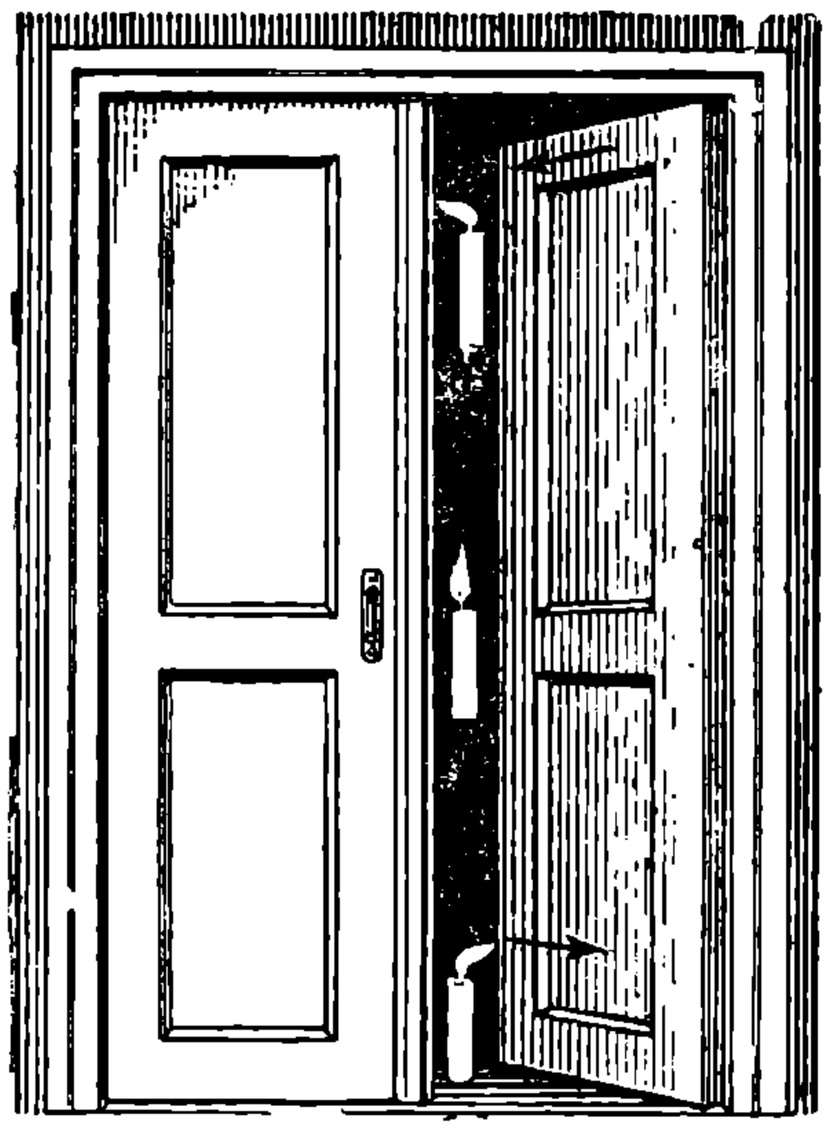
Как получается тяга

В комнате с натопленной печью можно сделать интересное наблюдение, если изготовить по фиг. 38 небольшой простенький прибор — вертушку из бумаги.

Как нетрудно убедиться, движущийся воздух легко вращает вертушку, притом если воздух поднимается кверху, вертушка вращается в одном направлении; если же воздух опускается вниз, вертушка крутится в обратную сторону.



Фиг. 38. Вертушка вращается от тока воздуха (сплошные линии показывают, где надо надрезать, а пунктирные — где отогнуть крылья).



Фиг. 39. Движение воздуха через открытую дверь: внизу в комнату течет холодный воздух, вверху уходит из комнаты теплый воздух.

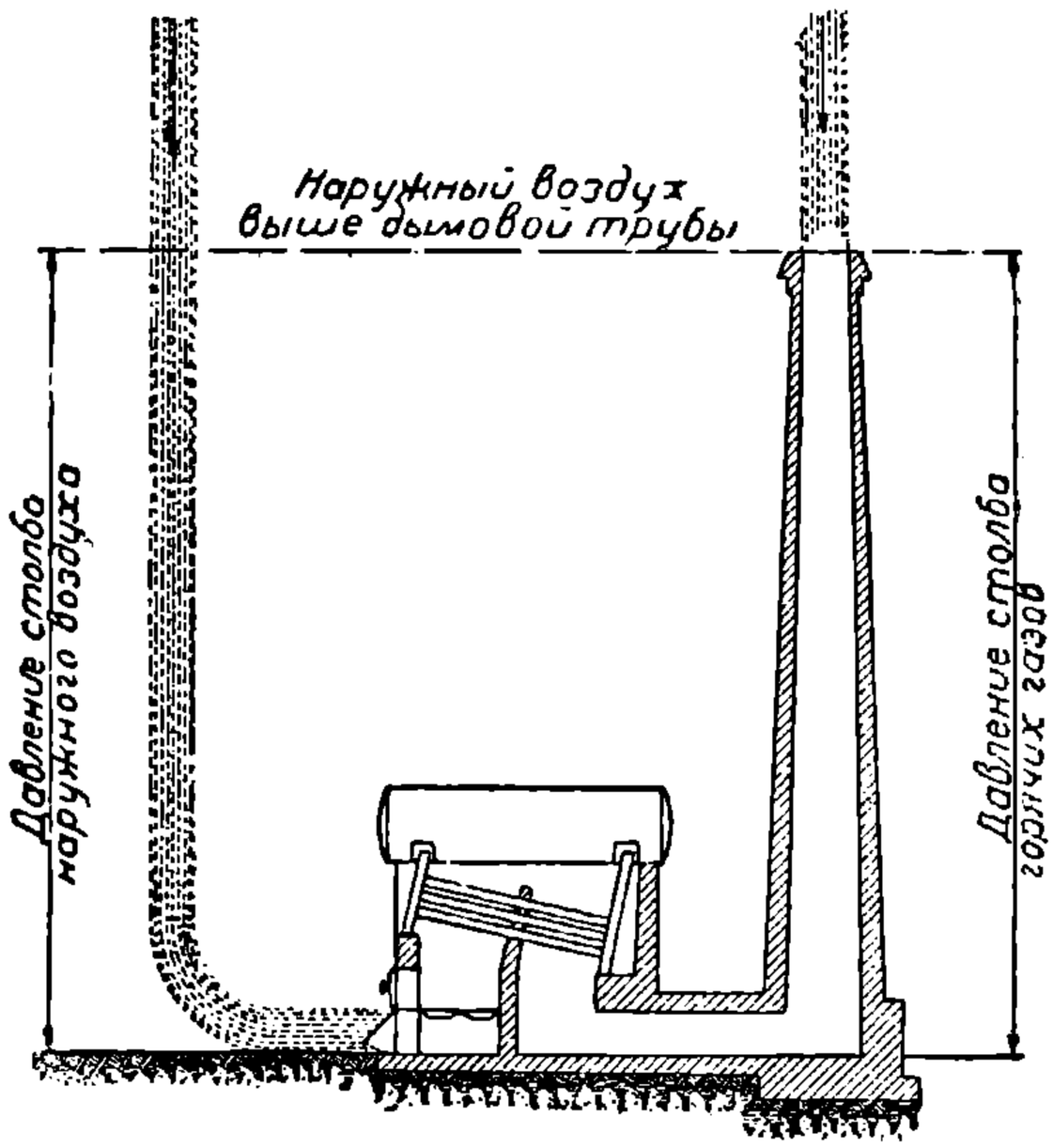
Если поднесем вертушку к натопленной печке, то увидим, что она показывает движение воздуха вверх (см. фиг. 26), так как возле печки происходит непрерывный ток холодного (охладившегося) воздуха вниз и к печке, а теплого — вверх и от нее.

Такое же явление происходит и в том случае, если по соседству с теплой комнатой есть холодная. Приоткроем между ними дверь и поднесем к ним свечу в двух местах — внизу и вверху (фиг. 39). Видно будет по пламени свечи, что внизу тянет в комнату ток холодного воздуха, а вытесняемый им теплый, а значит и более легкий, воздух уходит через дверь вверху.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Теперь перейдем к котлу. В его топке непрерывно движется или, как говорят, тянет через решетку и слой топлива воздух, необходимый для горения. Почему воздух идет в топку?

Вспомним про дымовую трубу. В ней находятся горячие газы, температура которых примерно около 150°. Представим себе такой же высоты столб воздуха (фиг. 40). Воздух выше уровня трубы нам не приходится принимать во внимание, так как он одинаково давит на газы и на рассматриваемый нами столб воздуха. Газы легче наружного воздуха, температура которого и летом не выше 30°. Поэтому более тяжелый (плотный) столо воздуха, имея перевес, «напирает» через поддувало в топку, вытесняя газы в трубу, по которой они и уходят вверх. Более лег-



Фиг. 40. Действие дымовой трубы.

ким газам в котле приходится все время как бы уступать место более тяжелому воздуху.

Так получается тот приток воздуха в топку, который принято называть тягой. Воздух, мол, тянет в топку. Тянет же он потому, что вес горячих газов, а значит и их давление, слабее давления воздуха. Тяга есть разница в давлении наружного воздуха и газов, заполняющих трубу.

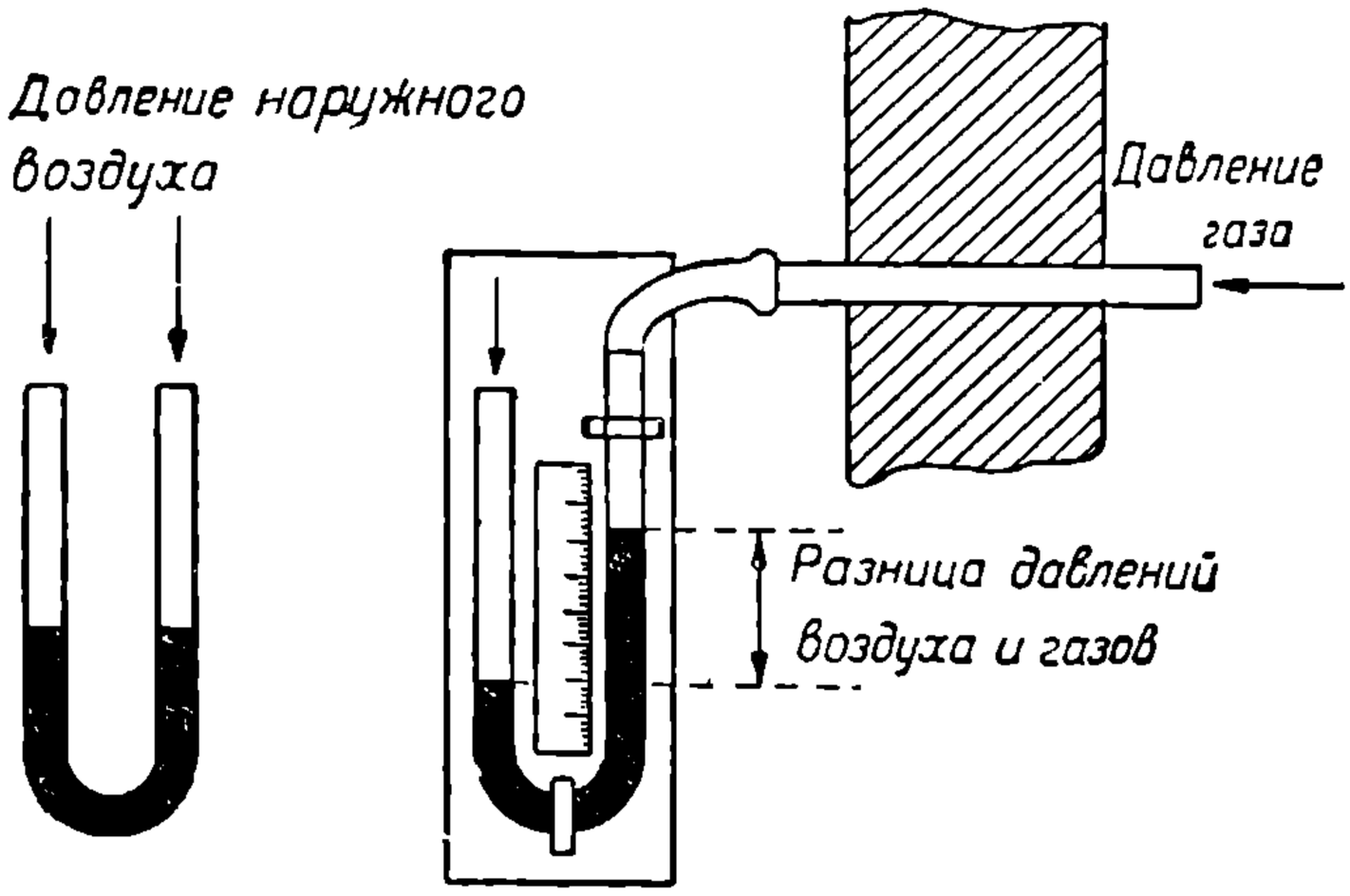
Сила тяги зависит от температуры отходящих газов. Чем температура выше, тем газы легче, тем больше разница в весе (а значит, и в давлении) между ними и воздухом и тем сильнее тяга.

Высота трубы тоже увеличивает силу тяги, что видно из следующего примера.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Скажем, что в трубе столб газа весит 20 *кг*, а такой же столб воздуха весит 30 *кг*, что дает воздуху перевес в 10 *кг*. Если труба будет вдвое выше, то перевес будет вдвое больше, именно 20 *кг*, так как столб газов в этом случае весит 40 *кг*, а такой столб воздуха — 60 *кг*.

Если тяга тем сильнее, чем выше температура отходящих газов, то, очевидно, она ухудшается, если какие-нибудь посторонние причины охлаждают газы. Например, во время работы котла тяга слабее, если в дымоходах появляются трещины. В дымоходах давление меньше, чем снаружи, и через трещины начинает просасываться воздух, охлаждая газы, отчего тяга и ухудшается. Воздух в дымовых трубах может засасываться через соседний неработающий котел, если у последнего открыт шибер. Иногда



Фиг. 41. Простой тягомер.

в боров проникает грунтовая вода, охлаждающая своим испарением газы и тем ухудшающая тягу. В железной трубе газы теряют через стенки наружу больше тепла, чем в кирпичной, вследствие чего при одинаковых размерах у железных труб тяга несколько слабее, чем у кирпичных.

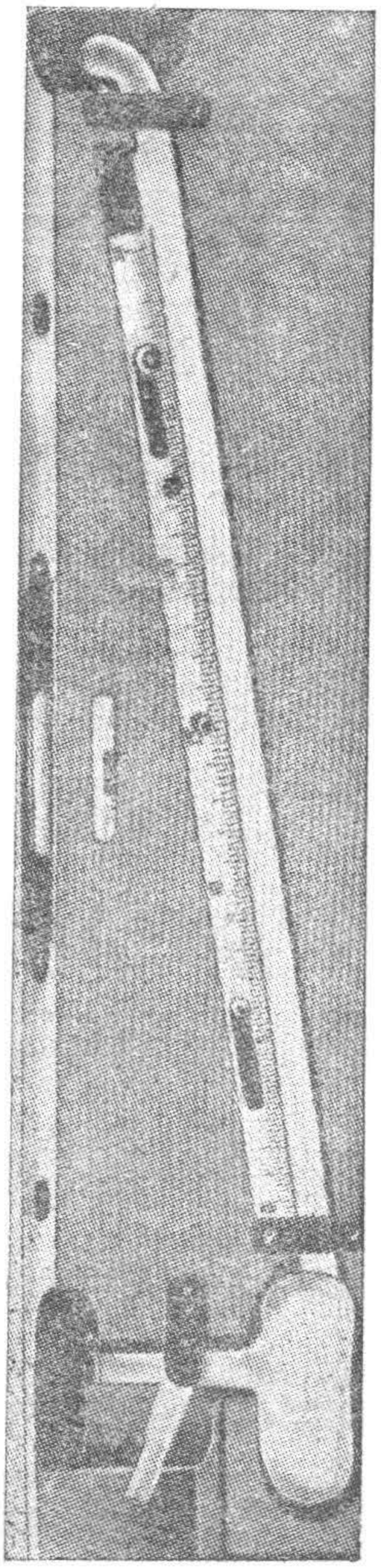
Тягомер

Для измерения силы тяги существует прибор, называемый тягомером. В простейшем виде это согнутая в виде колена стеклянная трубка (фиг. 41), наполненная водой. При открытых концах трубки вода в них стоит на одном уровне, так как давление воздуха одинаково, конечно, с обеих сторон.

Не то будет, если мы заведем один конец трубки в боров у заслонки. На воду в этом случае давление неодинаково: со стороны газов оно слабее, и вода поднимется в конце, заведенном в боров. Разность столбика воды уравнивает в тягомере давление газов с давлением воздуха и наглядно показывает нам разницу этих давлений, т. е. силу тяги. Нужно только точно измерить

НБ УДУНТ (ДІТ)

эту разность высот столбиков, для чего к тягомеру прикрепляют миллиметровую шкалу, по которой разность и отсчитывается в миллиметрах водяного столба. Если, например, этот столбик у тягомера, поставленного перед заслонкой, будет высотой в 30 *мм*, то мы будем знать, что давление здесь на 30 *мм* водяного столба меньше, чем снаружи, т. е. скажем, что тяга равна 30 *мм* водяного столба.



Фиг. 42. Наклонный тягомер Крелля.

Описанный нами тягомер можно устроить с обращенным к борову наклонным коленом (фиг. 42). Вода в наклонном колене поднимается на ту же высоту, что и в обыкновенном тягомере. Но при подъеме на каждый миллиметр в высоту воде приходится пройти более длинный путь по трубке. Вследствие этого деления на наклонной шкале, соответствуя миллиметрам по высоте, получаются более крупными, заметными. По ним легче вести отсчет силы тяги и замечать ее колебания.

На что расходуется сила тяги

Воздух не может беспрепятственно попасть в топку. Решетка, зола и шлаки и слой топлива, понятно, затрудняют проход воздуха, оказываются ему помехой. Воздуху приходится как бы протискиваться через препятствия. Некоторая часть силы тяги тратится прежде всего на то, чтобы воздух прошел через слой золы и шлаков и через слой топлива.

Но не только воздух встречает сопротивление при проходе в топку. Топочные газы не могут совершенно свободно двигаться в дымоходах. Они трутся о стенки дымоходов, кроме того, их свободному проходу мешают повороты и сужения. Значит, сила тяги тратится также и на сопротивления, которые газы встречают при своем движении в дымоходах.

Проходя между трубами экономайзера, газы тоже испытывают сопротивление. Следовательно и экономайзер расходует часть тяги.

Наконец, дымовая заслонка, если она не открыта полностью, тоже дает сопротивление и поглощает некоторую долю тяги.

Из предыдущего мы видим, что тяга, которую дает труба, расходуется на разные сопротивления в котле (котельной установке).

НБ УДУНТ (ДІТ)

Если, скажем, в нашем распоряжении была тяга в 25 *мм* водяного столба, то примерно 7 *мм* могло быть израсходовано на сопротивление решетки и слоя, 8 *мм* — на сопротивления дымоходов котла, 5 *мм* — на экономайзер и 5 *мм* — на заслонку. В этом нам легко убедиться при помощи тягомера. Соединим тягомер последовательно с топкой, с боровом, за котлом, за экономайзером, перед заслонкой и после нее и запишем его показания (для нашего примера). Получим 7, 15, 20 и 25 *мм* водяного столба. Следовательно, между наружным воздухом и давлением в топке будет разница в 7 *мм*, которые необходимы, чтобы воздух проходил в топку. Между топкой и на выходе из котла разница давлений равна 15—7 = 8 *мм*, благодаря которым газы движутся через дымоходы. Перед экономайзером и после него имеем 20—15 = = 5 *мм*, необходимых для прохода газов через экономайзер. Наконец, заслонка поглощает 25—20 = 5 *мм*.

Из предыдущего ясно, что давление газов в дымоходах котла обычно меньше давления наружного воздуха (атмосферного давления). Разницу давления между воздухом и газами называют кратко р а з р е ж е н и е м. Например, для приведенного примера показания тягомера в 7, 15, 20 и 25 *мм* водяного столба можно называть разрежением в топке и дымоходах. Мы скажем, что разрежение в топке 7 *мм*, а за заслонкой — 25 *мм*, и т. п.

С о п р о т и в л е н и я в к о т л е н е п о с т о я н н ы, а м о г у т м е н я т ь с я. Так, кочегар, если он забрасывает топливо редко и потому в большом количестве, тем самым увеличивает толщину слоя и его сопротивление в топке, вследствие чего уменьшается проток воздуха как раз тогда, когда его много требуется. Сопротивление решетки увеличивается также от накопления золы и в особенности шлака (см. антрацит).

Сопротивления дымоходов меньше, когда они находятся в чистом состоянии, и начинают расти по мере того, как дымоходы и трубы котла заносятся летучей золой и сажей. Если к численному примеру, который мы дали, применить условия, ухудшающие тягу, то сопротивление топки будет не 7 *мм*, а скажем 12 *мм*, сопротивление же дымоходов поднимется, допустим, до 20 *мм*. Следовательно, общее сопротивление котла увеличится до 32 *мм* (12 + 20). Если труба не в состоянии дать такую тягу, то воздух станет поступать значительно меньше, чем нужно, и котел будет работать с недогрузкой и неполным горением в топке.

Дутье-тяга

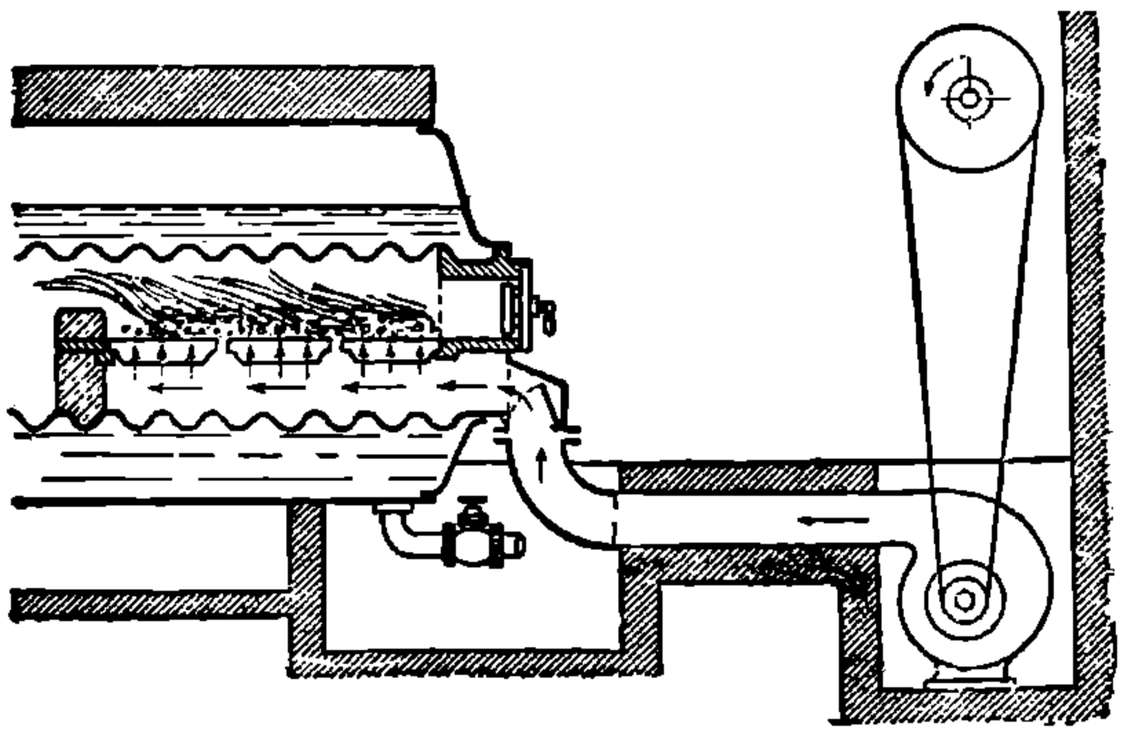
Мы рассматривали тягу, действующую при помощи трубы. Она называется е с т е с т в е н н о й, так как работает не при помощи машины, а благодаря тому, что газы выпускаются в трубу еще горячими (около 150° и выше). Выпускать газы при более высокой температуре нельзя потому, что тяга окажется слабой.

Современные котлы работают с большим паросъемом и большой нагрузкой решеток, вследствие чего требуется много воздуха. Многозольное или шлакующееся топливо дает к тому же

НБ УДУНТ (ДІТ)

большое сопротивление проходу воздуха через слой. В этих случаях необходима сильная тяга, которую можно получить за счет высокой температуры газов. Понятно, что это невыгодно, так как горячие газы будут уносить много тепла с собой. Поэтому в настоящее время получила очень большое распространение искусственная — механическая тяга. Вместо трубы ставят особую машину — дымосос, который в состоянии давать большое разрежение (до 100—150 *мм*), достаточное, чтобы просасывать воздух в топку и протягивать газы через дымоходы при больших сопротивлениях.

При механической тяге температура газов в трубе значения не имеет. Дымосос работает не за счет их тепла, а за счет энергии двигателя (обычно электромотора), приводящего его в движение. Труба (небольшая) нужна при дымососе только для того, чтобы летучая зола и сажа, которые часто содержатся в дымовых газах, не осаждались на соседних зданиях, а уносились подальше.



Фиг. 43. Вентиляторное дутье.

Отходящие газы могут при дымососе больше охлаждаться и, значит, меньше уносить с собой тепла. Температура их может быть достаточно низка, лишь бы водяные пары, содержащиеся в газах, не стали осаждаться на холодных трубах экономайзера, вызывая их ржавление.

Достоинства механической тяги заключаются, таким образом, в том, что она дает, если требуется, большое разрежение, не зависит от температуры отходящих газов и не требует высокой и дорогой кирпичной трубы.

Однако механическая тяга имеет и существенный недостаток. При ней (как и при естественной тяге) через трещины и неплотности в кладке просасывается воздух в дымоходы в тем большем количестве, чем больше в них разрежение. Воздух охлаждает газы, нагреваясь за их счет, и уносит с собой тепло в трубу. То же происходит и при забросе топлива, если кочегар не прикрывает заслонки. В топку врывается много воздуха, она охлаждается, и горение в ней ухудшается.

Можно подводить воздух в топку, создавая не разрежение в ней, а давление под решеткой. Для этой цели воздух нагнетается (вдувается) под решетку дутьевой машиной — вентилятором (фиг. 43) или особым пароструйным прибором, дей-

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

ствующим паром. Под решеткой получается повышенное давление воздуха, которое преодолевает сопротивление шлаков, золы и слоя топлива и прогоняет через них воздух, необходимый для горения. При открытии топочных дверец наружный воздух в топку уже не врывается, наоборот, оттуда может выбросить пламя, что показывает, что в топке не разрежение, а давление большее, чем снаружи (превышающее давление наружного воздуха, избыточное).

Если получить в топке необходимое избыточное давление, то газы под его действием пойдут в трубу. Значит, как приток воздуха, так и отвод газов был бы основан на избыточном давлении. Но в этом случае газы через трещины и неплотности в кладке прорывались бы в котельную, т. е. происходило бы явление обратное тому, какое бывает при разрежении в дымоходах, когда в них проникает наружный воздух. Вследствие попадания газов в котельную воздух в ней портился бы, и пребывание в котельной было бы очень тяжелым. Поэтому-то газы из котла отводятся обычным путем — естественной или искусственной тягой. Для отвода газов разрежение требуется сравнительно небольшое, почему и присос воздуха в дымоходы невелик. Итак, дутье для воздуха и разрежение для газов дает наиболее благоприятные результаты, благодаря чему «дутье-тяга» находит широкое применение в современных котельных.

Работая на дутье-тяге, можно в топке по желанию получить как разрежение, так и избыточное давление. Это достигается регулированием силы дутья и тяги. Но, как уже указывалось, при разрежении в топке в нее тянет холодный воздух, когда открывают топочные дверцы для заброски топлива. В случае избыточного давления пламя стремится через неплотности в топочных дверцах вырваться наружу и накаляет фронт. Кроме того, при открытии топочных дверец пламя выбрасывается наружу и может обжечь близко стоящего кочегара.

С целью избежать врывания воздуха в топку при заброске топлива, или накаливания фронта и выбрасывания пламени, желательно в топке не иметь ни избыточного давления, ни разрежения. Это значит, что в топке должно быть давление, равное наружному. Тягомер, поставленный в топку, покажет 0 *мм* (жидкость в обоих коленах будет стоять на одном уровне). Такое состояние топки принято называть уравновешенной тягой. Она получается соответственным регулированием силы дутья и тяги. Например, если тягомер показывает в топке избыток давления, то убавляют дутье и прибавляют тягу.

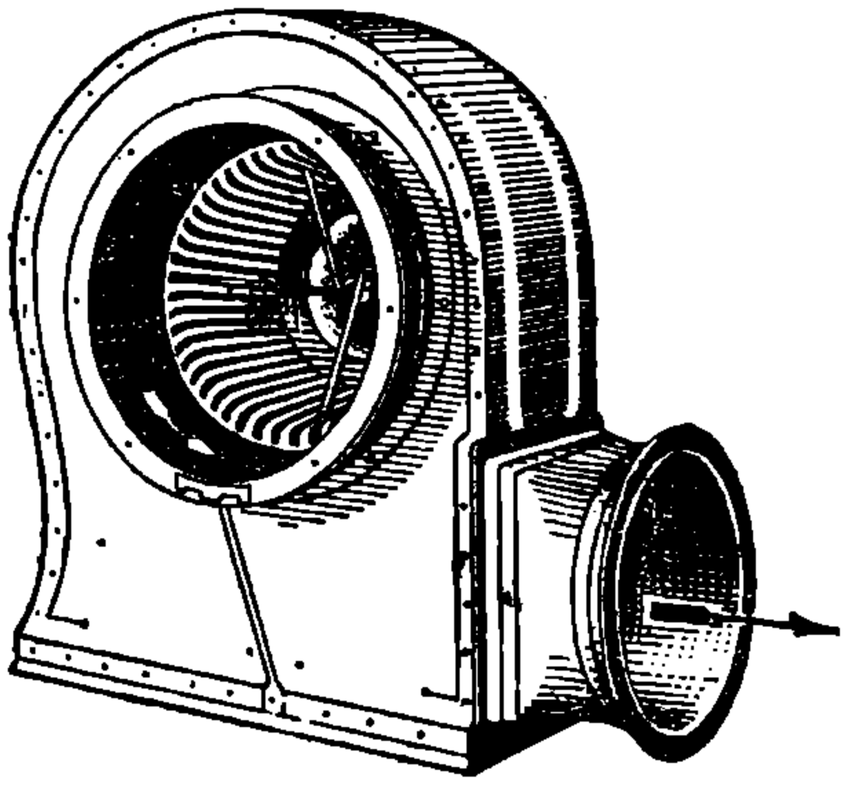
Нужно иметь в виду, что перед заброской необходимо несколько убавить дутье, чтобы вследствие случайного избытка давления в топке (хотя и небольшого) из нее не выбросило пламя при открывании топочных дверец. На практике, как увидим ниже, обычно держат в топке небольшое разрежение.

Воздух, как было указано, может также нагнетаться в топку при помощи пара. Для этого под шуровочной плитой и перед-

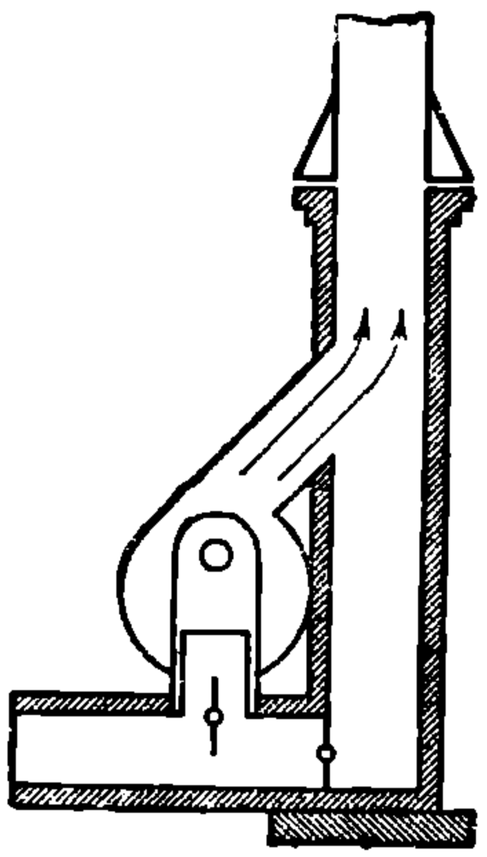
НБ УДУНТ (ДІІТ)

ней частью решетки помещают несколько труб, расширяющихся раструбом (конусом). У наружных концов трубы помещены небольшие, с узкими отверстиями, сопла. К этим соплам по трубе подводится пар из котла. Вырываясь с большой скоростью из сопла, пар проносится через трубы, захватывая с собой воздух (см. раздел «Антрацит и его сжигание», стр. 76). В поддувало таким путем нагнетается воздух и создается избыточное давление, благодаря которому воздух, преодолевая сопротивление решетки, золы, шлаков и слоя топлива, проходит в топку.

Паровое дутье очень просто по своему устройству, так как не имеет никаких машин и движущихся частей. Но его недостаток — большой расход пара, который может доходить до 7—8% пара, получаемого в котле. Вследствие этого паровое дутье до-



Фиг. 44. Дымосос.



Фиг. 45. Дымососная установка прямого действия.

роже вентиляторного, и применение его целесообразно только в качестве вспомогательного при сжигании антрацита.

Дымососная установка, необходимая для отвода газов, состоит в основном из дымососа и трубы.

Дымосос устанавливается за котлом (или за экономайзером, если он имеется). На фиг. 44 показано устройство дымососа. Он имеет колесо, которое состоит из большого числа лопаток; вращается оно от электромотора. Газы, попадая внутрь колеса, захватываются вращающимися лопатками и отбрасываются в трубу, расположенную вокруг колеса. Труба имеет вид улиты, т. е. к концу постепенно расширяется, чтобы свободно пропускать газы, отбрасываемые всеми лопатками, считая от начала трубы-улиты. Вследствие того, что колесо удаляет газы, перед ним создается разрежение, благодаря которому происходит непрерывный приток газов из котла к дымососу и воздуха в топку. На фиг. 45 показано расположение дымососа по отношению к борову и трубе.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ВОПРОСЫ

Чем вызывается приток воздуха в топку и движение газов в трубу?
Что такое тяга?
От чего зависит сила тяги?
Какие причины ухудшают силу тяги?
Как измеряют силу тяги?
На что расходуется сила тяги в котле?
От чего зависит сопротивление в топке?
Что увеличивает сопротивление дымоходов?
В каких случаях применяется искусственная (механическая) тяга?
Какие преимущества искусственной тяги (по сравнению с естественной)?
Как действует тяга с дутьем?
Что получается при тяге с дутьем: разрежение или избыточное давление в топке?
Почему следует работать на небольшом разрежении в топке?
Что выгоднее — вентиляторное или паровое дутье?

5. Каменный уголь и его сжигание

Каменный уголь является наиболее распространенным видом топлива во всем мире.

Центром добычи каменного угля в СССР является Донецкий бассейн, но за последнее время стала быстро развиваться добыча подмосковного угля, уральского (Кизеловский район) и сибирского угля (Кузнецкий бассейн).

Уголь в Донецком бассейне не одинаков по составу (содержанию углерода и водорода), по характеру горения и по своему применению. Поэтому различают шесть сортов донецкого угля по количеству летучих веществ и, кроме того, особо выделяют антрацит, как содержащий очень мало летучих веществ. Каждая марка имеет свое название и сокращенное буквенное обозначение.

Марки донецких углей следующие: длиннопламенный уголь — Д (содержит больше всего летучих веществ), затем идут газовый — Г, паровичный жирный — ПЖ, коксовый — К, паровичный спекающийся — ПС и, наконец, тощий — Т, содержащий меньше всего летучих веществ. Антрацит примыкает к тощему углю, но содержит очень мало летучих веществ. Сжигание антрацита будет рассмотрено отдельно.

Из донецких углей для сжигания под котлами применяются главным образом длиннопламенный, паровичный жирный и паровичный спекающийся. Длиннопламенный уголь и паровичный спекающийся резко различаются по длине пламени и по горючести. Длиннопламенный уголь, как показывает его название, горит длинным пламенем вследствие большого содержания летучих веществ и, кроме того, очень горюч, т. е. легко загорается и при одинаковых условиях горит быстрее, чем паровичный спекающийся. Последний имеет ту особенность, что во время коксования куски угля прилипают один к другому, образуя корку из угля (не шлака!). Спекание затрудняет проход для воздуха, причем бывает спекаемость плотная, при которой воз-

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

дух через топливо проходит очень плохо. Работающему на спекающемся угле кочегару приходится время от времени ломать корку, чтобы через нее мог проходить воздух.

Обычно зольность и влажность угля больше в том случае, когда уголь мелок. Баласта (воды, золы и серы) в каменных углях бывает примерно от 15 до 30%. Теплотворная способность угля зависит от его марки, а для данной марки — от количества баласта.

Теплотворная способность длиннопламенного каменного угля среднего качества — 5 650 *кал*, паровичного — 6 950 *кал*, паровичного спекающегося — 7 200 *кал*.

Сжигание каменного угля

Мы уже знакомы с общими правилами регулирования воздуха в топках. Все сказанное в предыдущем разделе вполне применимо к каменному углю. Регулирование воздуха от одной забросски до другой имеет особое значение для длиннопламенного угля, так как у него и наблюдается та картина горения, которая была подробно рассмотрена. Необходимо наблюдать за пламенем и при его укорочении уменьшать приток воздуха в топку.

Толщина слоя

Посмотрим, как будет итти горение, если слой топлива на решетке будет чрезмерно толст (что часто бывает на практике). При длиннопламенном топливе в этом случае нехватит воздуха в топочном пространстве, где его много требуется для большого количества горючих газов. Толстый слой кокса будет усиленно гореть за счет горючих газов, лишая их частично воздуха и вызывая тем неполноту горения в топочном пространстве.

У короткопламенного топлива почти весь воздух нужен в слое. При правильной толщине слоя для всей его высоты хватило бы воздуха, и было бы полное горение. Но представим себе, что мы держим удвоенную толщину слоя. Тогда для верхней половины утолщенного слоя, конечно, не окажется воздуха. Но через него будет проходить углекислота из нижней половины слоя, и вот углерод топлива станет гореть за ее счет. Как это возможно, если углекислота не поддерживает горения?

Это, как оказывается, возможно потому, что раскаленный углерод способен отнять у углекислоты один атом кислорода. Таким образом углерод сгорает в окись углерода за счет углекислоты и тем превращает ее тоже в окись углерода. Вот как происходит неполное горение при чрезмерно толстом слое у короткопламенных топлив.

Но каким образом заметить неполноту горения в этом случае? Случайно в некоторых частях топочного пространства может оказаться свободный воздух — вследствие, например, неплотности слоя, неравномерной его забросски и т. п. Окись углерода — газ горючий, и прихватив случайный воздух, она сгорит в углекислоту. Сама по себе окись углерода бесцветна, но горит она синеватым пламенем. Синеватые огоньки местами в топке и

НБ УДУНТ (ДІІТ)

иногда даже в дымоходах обыкновенно и служат указанием на неполноту горения в слое.

Из сказанного мы видим, что, работая на каком-нибудь топливе, нужно уметь подобрать подходящую толщину слоя для его сжигания. Толщина слоя неодинакова при различных условиях. Те условия, которые ускоряют горение, требуют некоторого утонения слоя. Например, сухое топливо быстрее горит, его необходимо держать слоем меньшей толщины, чем такое же сырое топливо.

Величина кусков топлива тоже влияет на толщину слоя. Мелкое топливо горит быстрее, поэтому для него необходим более тонкий слой, чем для крупного.

Толщина слоя топлива зависит от горючести данного рода топлива. Например, длиннопламенный уголь горючее коротко-пламенного, его требуется держать более тонким слоем.

Наконец, толщина слоя зависит от устройства топки, от того, приходится ли над решеткой поверхность нагрева сверху и с боков или только сверху (а по бокам — кирпичные стенки). В топках первого рода температура в общем ниже, чем в топках второго рода. Возьмем для примера водотрубный котел и жаротрубный; у последнего нет кирпичных стенок в топке, вследствие чего жар передает теплоту лучеиспусканием не только вверх, но и имеющейся с обеих сторон поверхности нагрева. По этой причине температура в топке жаротрубного котла ниже, и толщина слоя должна быть несколько больше, чем в водотрубном котле.

Если сойдутся вместе все те причины, которые утолщают слой, например короткопламенный уголь, крупные куски, топка без кладки, то слой должен быть приблизительно 15 *см*.

Если сойдутся противоположные условия — длиннопламенный каменный уголь, мелкий, топка с кладкой (например, в водотрубном котле), слой придется держать около 5—7 *см*.

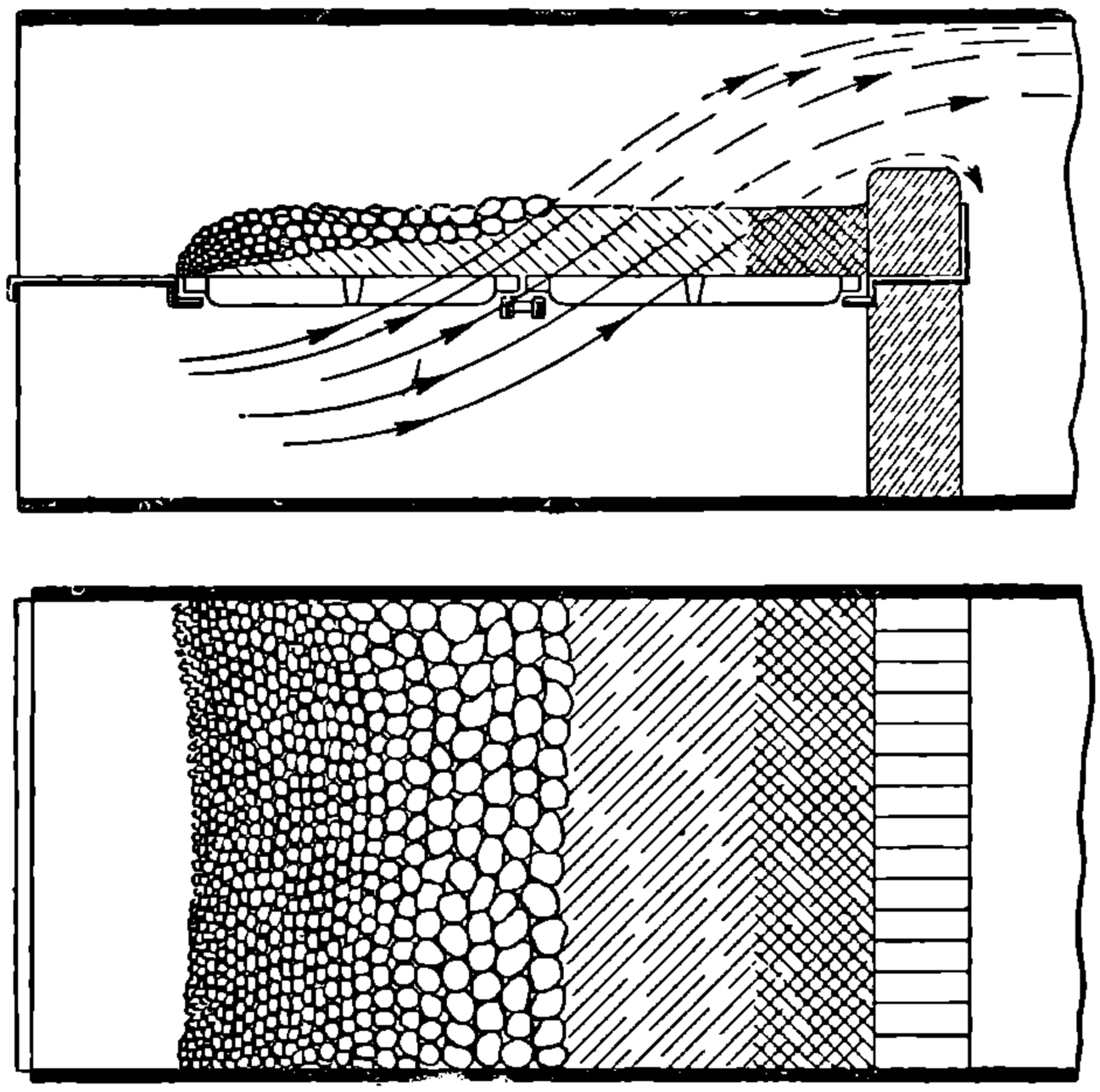
Способ заброски каменного угля

Для длиннопламенных углей в топочном пространстве требуется высокая температура, иначе выделяющиеся в большом количестве газы горят замедленно, вяло, горение не заканчивается в топочном пространстве. В дымоходах же недогоревшие газы тухнут, соприкасаясь с холодными поверхностями нагрева котла.

Температура в топке после забросски в нее топлива понижается, в особенности в топках без кладки. Чтобы уменьшить понижение температуры в топке, производят забросску длиннопламенных углей не по всей решетке, а сгребая бóльшую часть жара с передней половины решетки на заднюю и забрасывая топливо только на переднюю (фиг. 46). Ясно, что в задней половине топки сохраняется более высокая температура, горючие газы, проходя там, будут лучше гореть. Воздух, не использованный жаром, будет перемешиваться с горючими газами и дожигать их (на фигуре воздух, проходящий через жар, показан изогнутыми линиями со стрелками). Кроме того, свежезаброшенное топливо

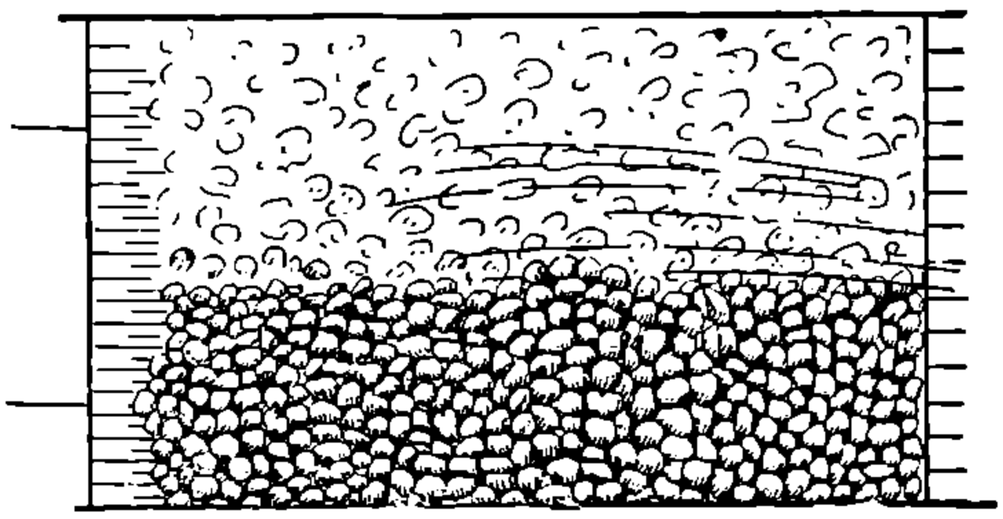
НБ УДУНТ (ДІІТ)

на тонком слое жара не будет так быстро прогреваться, выход горючих газов пойдет равномернее и их легче будет обеспечить достаточным количеством воздуха



Фиг. 46. Заброска угля на переднюю половину решетки.

Описанный способ заброски применим, как это видно из предыдущего, только в топках, где газы движутся горизонтально — вдоль решетки, например в топках жаротрубных котлов. Кроме того, он вообще непригоден для спекающихся каменных углей, так как в этом случае невозможно равномерное и быстрое перемещение жара с передней половины решетки на заднюю.



Фиг. 47. Заброска угля по продольным половинкам решетки.

В широких топках применяется способ заброски попеременно то на правую, то на левую продольные половины решетки (фиг. 47). Этим достигается та же цель — поддержание в топке после заброски более высокой температуры. Свободный воздух, который проходит через жар, идет на горение заброшенного на другую половину свежего топлива, поскольку этот воздух перемешивается с горючими газами.

Короткопламенное топливо забрасывается наиболее простым и подходящим для него способом — по всей решетке. Оно горит

НБ УДУНТ (ДІІТ)

главным образом в слое, и понижение температуры в топке для слоя особого значения не имеет.

Забросна топлива должна производиться ровным слоем, так как в противном случае не может быть равномерного перемешивания воздуха с топливом. Местами воздуха будет проходить много, местами мало, и в топке окажется неполнота горения наряду с излишним воздухом. По этой же причине кочегар должен следить за тем, чтобы не было прогаров на решетке, своевременно разравнивая на ней горящее топливо.

ВОПРОСЫ

Какие существуют сорта каменного угля?

Какое основное подразделение углей, применяющихся для сжигания под паровыми котлами?

Что такое спекаемость угля?

В какой части топки требуется много воздуха при длиннопламенном топливе?

Нужно ли много воздуха в топочном пространстве при короткопламенном топливе?

Что происходит при слишком толстом слое длиннопламенного топлива?

В каком случае и как получается неполное горение в слое короткопламенного топлива? Как заметить неполное горение в этом случае?

В зависимости от каких условий подбирается толщина слоя топлива?

Какие существуют способы забросни каменного угля?

Как забрасывается длиннопламенный уголь?

6. Антрацит и его сжигание

Антрацит отличается от каменных углей тем, что в нем содержится очень мало водорода и что при его сгорании совершенно не выделяется углеводородов. Вследствие этого антрацит горит коротким пламенем и совершенно бездымно.

Баласта (воды, золы и серы) в антраците бывает от 10 до 30%.

Теплопроизводительность антрацита зависит от его сорта (величины кусков). Для крупных кусков антрацита среднего качества теплопроизводительность равна приблизительно 6 800 *кал*, для антрацитовой мелочи (штыб) — 6 000 *кал*.

Антрацит сортируется и различается по величине его кусков. Для этой цели добытый антрацит последовательно пропускается через 5 грохотов (решеток для отсева), имеющих квадратные отверстия размером в 100, 25, 13, 6 и 3 *мм*. Таким способом куски антрацита разделяются по своей величине на 6 сортов, получивших следующие названия и сокращенные обозначения: плита (АП) размером в поперечнике больше 100 *мм*, кулак или крупный орех (АК) размером от 100 до 25 *мм*, мелкий орех (АМ) от 25 до 13 *мм*, семечко (АС) от 13 до 6 *мм*, зубок (АЗ) от 6 до 3 *мм* и штыб (АШ) от 3 до 0 *мм*. К штыбам же причисляют мелкие сорта антрацита — семечко и зубок, если от них не отсортирован (отделен) штыб. Смеси штыба с семечком или зубком обозначают АСШ и АЗШ.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Штыб есть антрацитовая мелочь, крошка. Штыб неизбежно получается при добывании антрацита, в особенности в мягких пластах. При отбивании от пласта больших кусков получаются как куски малых размеров, так и мелочь. Количество последней доходит до 15% от веса добытого антрацита. Все мелкие сорта антрацита, начиная с мелкого ореха, содержат больше золы, чем плита и кулак. Объясняется это тем, что по условиям добывания мелкие сорта больше получаются из слоя антрацита, прилегающего к пустой породе, которая и увеличивает зольность. Мелкие сорта антрацита, состоя из маленьких кусков, легче впитывают влагу и потому имеют бóльшую влажность, чем крупные сорта. Вследствие того, что зольность и влажность увеличиваются от крупных сортов к мелким, теплопроизводительность соответственно падает.

Антрацит тяжелее (плотнее) каменных углей. По излому антрациты бывают мелко- и крупнозернистые, а также смолистые и чешуйчатые. Прочность у антрацитов тоже очень разная. Наряду с антрацитами, которые разбиваются только тяжелым молотом, есть и такие, которые разваливаются на куски при падении с высоты в 1 *м*.

Сжигание антрацита

Антрацит как топливо, содержащее мало летучих веществ, горит главным образом в слое. Недостаток воздуха не может вызвать у антрацита дыма. Будет только неполное горение в слое, где станет получаться окись углерода.

Антрацит — топливо вообще мало горючее. Но, конечно, некоторая разница в степени горючести между разными сортами антрацита существует. Встречаются антрациты несколько более горючие и, обратно, очень малогорючие. Но вообще вследствие малой горючести антрацитов их приходится сжигать при одинаковых условиях более толстым слоем, чем каменные угли.

При более горючем антраците, мелких кусках, топке с кладкой необходима толщина слоя в 7—10 *см*.

Обратные условия будут: очень малогорючий антрацит. крупные куски и топка без кладки. Эти условия каждое в отдельности требуют некоторого утолщения слоя. Если все они сойдутся вместе, нужна будет толщина слоя приблизительно в 20—25 *см*.

Забросна антрацита производится по всей решетке и несколько реже, чем у каменных углей, т. е. бóльшими порциями. Это возможно потому, что заброшенное топливо почти не нарушает хода горения в слое. На решетке бывает обычно довольно много жара, который после забросни продолжает так же гореть, как до нее, а свежий антрацит разгорается не сразу, а постепенно, вследствие своей малой горючести.

Как образуется шлак

После сгоревшего топлива на решетке остается зола — негорючая примесь топлива. Однако кочегару, работающему на ан-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

траците, приходится во время чистки выгребать из топки не только золу, но и куски шлака, который коркой лежит на решетке.

Шлак есть та же зола, но расплавившаяся и затвердевшая. Плавится зола потому, что температура в верхней части слоя (ниже поверхности слоя) горящего антрацита очень высока, доходит до 1 400°. По мере выгорания антрацита расплавленная зола опускается на решетку, при этом зола затвердевает вследствие охлаждения ее воздухом и того, что температура в нижней части слоя меньше.

Шлак полезен тем, что, находясь на решетке, защищает ее от раскаленного антрацита, и решетка не горит и даже почти не нагревается. Но он может принести и вред, если дойдет до решетки в жидком еще виде, не успев затвердеть, зальет прозоры и тем остановит приток воздуха через них. Решетка, не охлаждаемая воздухом, начинает сильно нагреваться от раскаленного антрацита и горит (плавится).

Конечно, до решетки в жидком еще виде доходит не всякий шлак. В зависимости от своего состава шлак застывает при разных температурах. Понятно, что шлак, застывающий при низкой температуре, дольше, вообще говоря, остается жидким. Такой шлак (называется легкоплавким) доходит до решетки в жидком еще виде. Из предыдущего мы видим, что при сжигании антрацита решетка легко может пострадать от высокой температуры в слое, в особенности при легкоплавком шлаке. Чтобы по возможности уберечь решетку, желательно более высокую температуру в слое (она неодинакова по его высоте) отдалить от ее поверхности. Это достигается тем, что решетку делают с малым живым сечением (живым сечением, как указывалось, называется площадь прозоров), т. е. с узкими прозорами. Часто прозоры бывают круглой или щелевидной формы (фиг. 48). Воздух из таких прозоров вырывается узкими струями, которые встречаются друг с другом только на некотором расстоянии от устья прозоров. По этой причине и наиболее сильное горение не может быть у самой поверхности решетки, где воздух распределен отдельными струями, где он еще не захватывает всей площади решетки. Горение с более высокой температурой будет итти приблизительно там, где струи воздуха пересекутся, т. е. на некотором расстоянии от поверхности. Благодаря этому решетка будет хорошо стоять, в особенности при тугоплавком шлаке.

Подвод воздуха для антрацита

Теперь рассмотрим, как подводится воздух в антрацитовую топку. Обычный (для небольших и средних котельных установок) способ подвода воздуха естественной тягой, т. е. одной трубой, для антрацита неприменим. Этому мешают шлаки. Они лежат на решетке коркой, местами сплошной, малоноздреватой и потому оказывают большое сопротивление проходу воздуха. Требуется большое разрежение в топке, чтобы воздух проходил через слой шлака в достаточном количестве.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

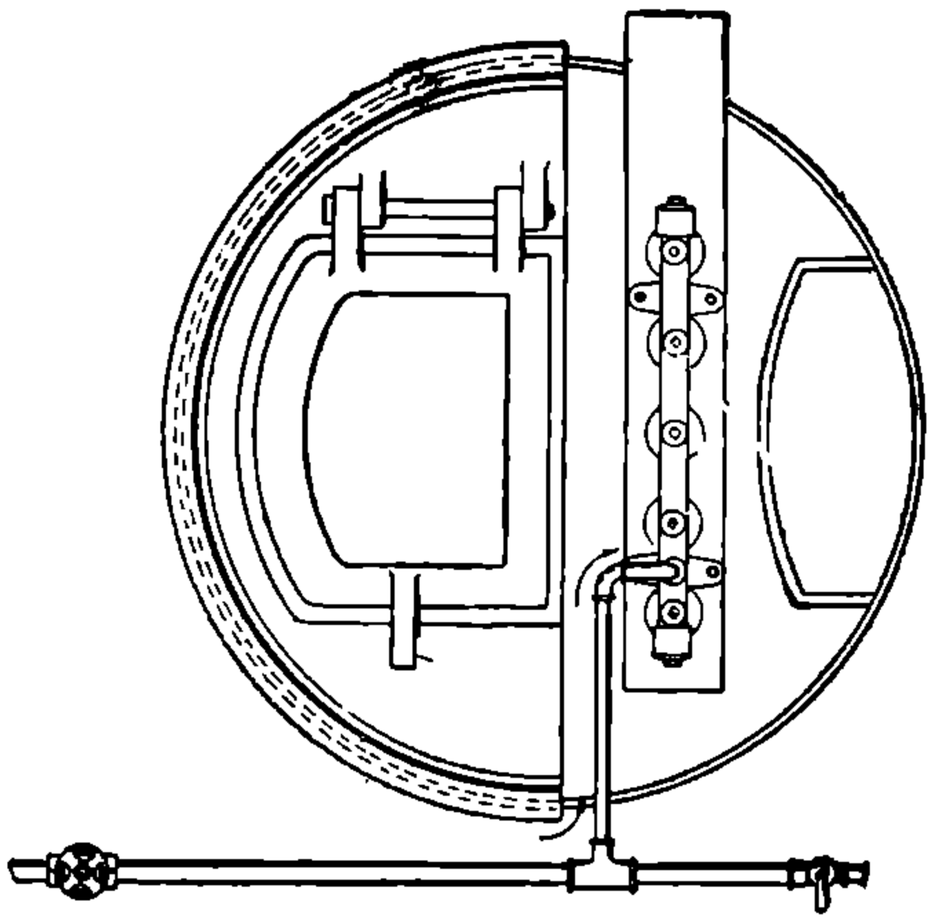
Ввиду этого применяют дутье. Воздух нагнетается под решетку вентилятором (фиг. 43) или пародутьевым аппаратом (фиг. 49). Эти аппараты дают под решеткой давление воздуха, достаточное для того, чтобы он преодолел сопротивление шлака и прошел в слой топлива для горения. Отходящие же газы отсасываются трубой или дымососом.

Пародутьевые аппараты требуют относительно большого расхода пара (до 7—8%), применяются они преимущественно при легкоплавких шлаках. Насыщенный пар, прорываясь вместе с воздухом через жидкий еще шлак, хорошо охлаждает его, не позволяя доходить в жидком виде до решетки.

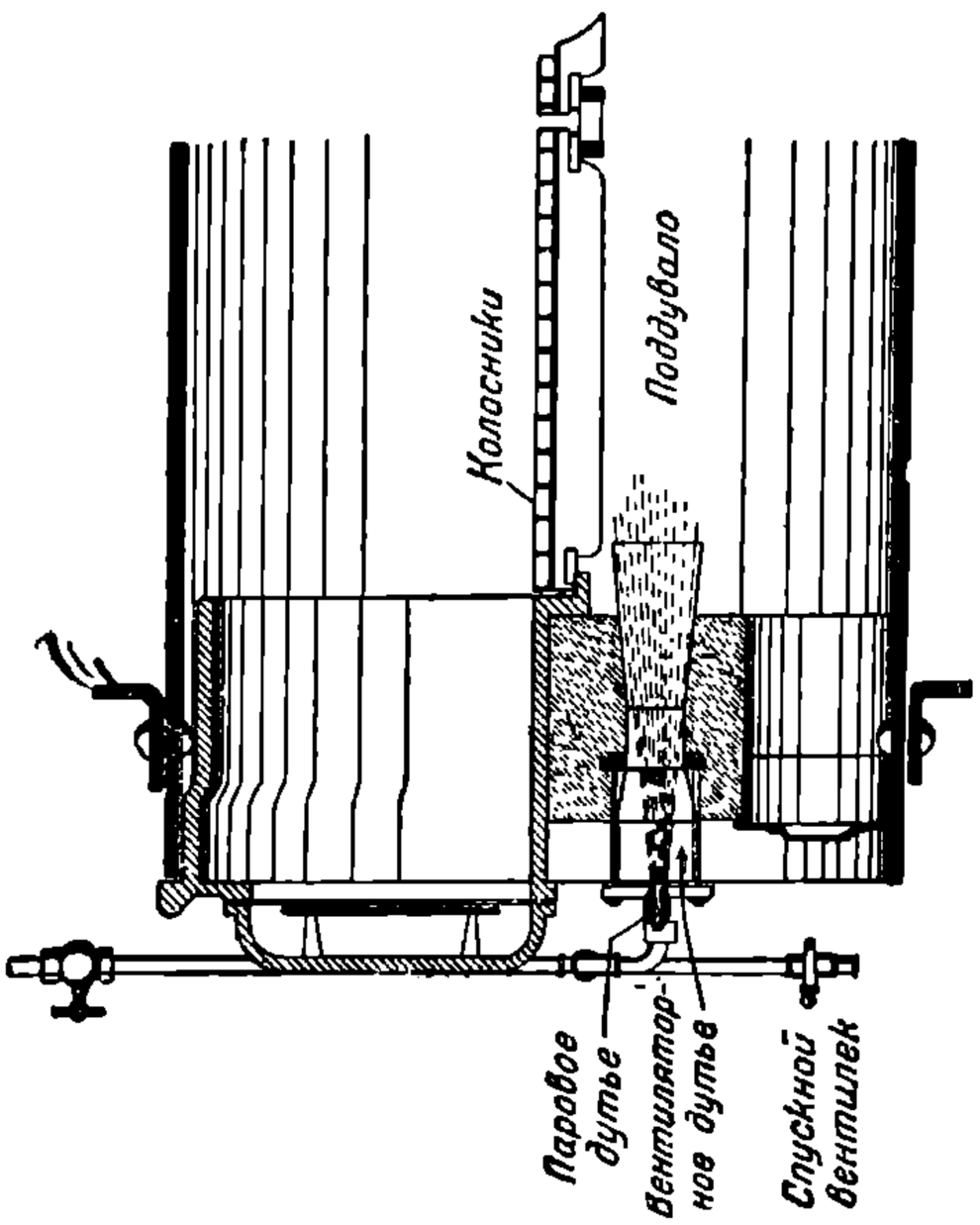
Ввиду неэкономичности парового дутья применение его ограничивают: им пользуются только при растопке и после чистки топки, когда шлаки легко заплавляют решетку. В остальное время работают на воздушном дутье.

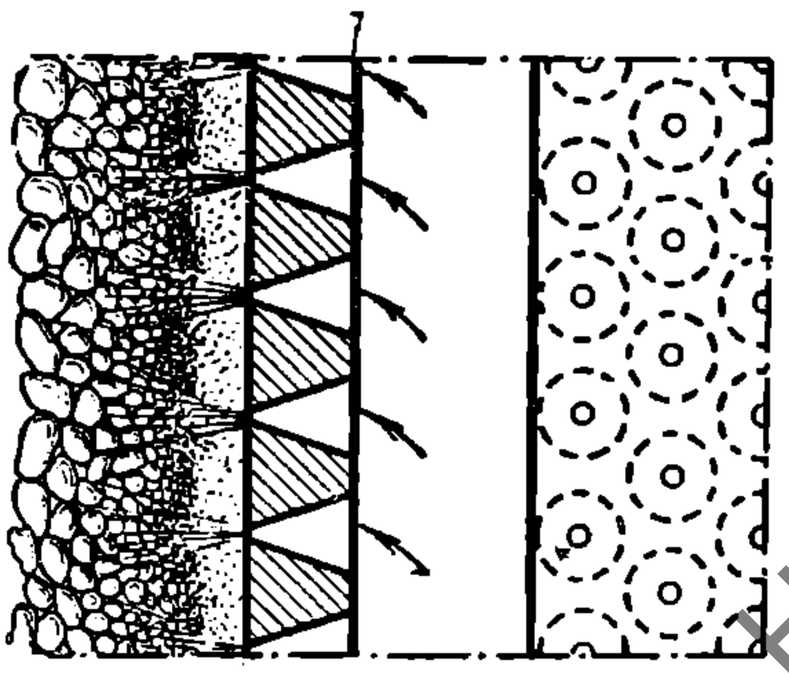
Общее устройство антрацитовой топки

Решетка может состоять из колосников, применяемых в обыкновенных угольных топках, но прозоры должны быть узкие, ввиду чего колосники получаются довольно толстыми. Решетка может быть также выполнена из отдельных плит с ребрами снизу для жесткости и лучшего охлаждения плит воздухом. От-



Фиг. 49. Антрацитовая топка.





Фиг. 48. Антрацитовая решетка.

НБ УДУНТ (ДІТ)

верстия в плитах чаще всего делаются круглыми. К зольниковому пространству подводится труба с нагнетаемым воздухом, или устанавливаются под шуровочной плитой и передней частью решетки пародутьевые аппараты (фиг. 49). Зольниковое пространство должно быть замкнутое, т. е. должно быть закрыто спереди, чтобы нагнетаемый воздух не мог уходить наружу.

Растопка котла

Растопку котла производят: 1) дровами, торфом или пламенным углем; 2) жаром, взятым из соседних котлов, или 3) жаром, оставленным в топке перед остановкой котла.

Если жара в растапливаемом котле осталось немного, то для ускорения растопки можно загрузить на решетку сверх жара некоторое количество дров, торфа или каменного угля.

При работе на антраците, дающем легкоплавкий шлак, полезно набросать на решетку старый шлак, а поверх него уже разровнять жар. Слой старого шлака облегчит впоследствии чистку решетки.

Прорезка и чистка решетки

Обычно в зависимости от плавкости шлака и нагрузки котла через несколько часов работы сопротивление слоя шлака уже настолько велико, что давления дутья нехватает для подачи воздуха в необходимом количестве. Решетка может и настолько зашлаковаться, что горение в топке сильно ухудшится; это видно будет по цвету жара: он уже не ослепительно-белый, а начинает краснеть. Необходимо произвести чистку или прорезку шлака. Прорезка заключается в том, что ломом проходят между шлаком и решеткой, по нескольким местам, подрывая и ломая слой шлака на куски (большие куски выкидываются из топки). После прорезки проход воздуха значительно облегчается и горение в топке усиливается.

Для чистки решетки пускают топку на прогар, так как большое количество жара затрудняет чистку. Когда жара в топке останется примерно около половины, останавливают дутье, сгребают жар скребком на заднюю часть решетки и, толкая лом, проходят им между слоем шлака и решеткой, подогревая шлак, а также отбивая его опусканием лома на шуровочную плиту. Лом отрывает при этом куски шлака. Когда весь шлак отстанет от решетки, его выгребают, не стараясь удалить весь мелкий шлак, так как это затянет работу. После этого жар сдвигают на переднюю половину решетки и тем же путем очищают от шлака заднюю часть решетки. Скребком перебрасывают шлак через жар на шуровочную плиту, откуда он удаляется наружу (в подставленный ящик). В заключение разравнивают жар и забрасывают свежее топливо.

В широких с двумя дверцами топках можно чистить решетку по продольным половинкам — со стороны на сторону. Сгребают жар, скажем, с правой половины на левую и чистят правую половину от шлака, как описано выше, после чего разравнивают на

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ней жар и закидывают свежее топливо. Чистку второй половины решетки переносят примерно на половину времени, протекающего между двумя отдельными чистками. Благодаря этому уравнивается ход горения в топке, т. е. она работает более ровно, чем в том случае, если бы обе половины решетки чистились одновременно.

В течение первого часа после чистки решетки необходимо следить за нагревом решетки (по виду ее снизу). Если она начнет сильно нагреваться, то пускают паровое дутье, если оно имеется, наряду с вентилятором. В случае необходимости в течение первого часа внезапно остановить топку нужно залить зольник водой, иначе при тонком еще слое шлака сильно перегреем решетку раскаленным антрацитом. Если этого нельзя сделать, то следует сдвинуть жар на заднюю часть решетки, чтобы пострадало меньше колосников.

Чистку никогда не следует производить перед временной остановкой котла или сильным уменьшением его нагрузки, так как в этом случае жар за отсутствием слоя шлака сильно нагреет мало охлаждаемую воздухом решетку.

В остановленном котле на 10—12 часов и дольше можно сохранить жар для следующей растопки. Для этого жар сгребают в кучу на задней части решетки. Внутри кучи жар долго остается горячим и позволяет растопить им котел.

Заканчивая главу, остановимся на случаях взрывов в дымоходах котла. Такие взрывы являются чрезвычайно быстрым, почти мгновенным сгоранием окиси углерода, смешавшейся в дымоходах с воздухом. Взрыв может быть, например, при следующих обстоятельствах:

Кочегар почти остановил топку, уменьшив дутье и прикрыв заслонку. Слабое горение в топке продолжается, но вследствие большого недостатка воздуха и значительной толщины слоя получается много окиси углерода, которая заполняет дымоходы. При открытии заслонки в дымоходы (из топки и через трещины в кладке) проходит свежий воздух, который перемешивается с окисью углерода. Происходит воспламенение окиси углерода и взрыв в дымоходах, часто разрушающий кладку котельной установки.

Сжигание антрацитового штыба

Штыб в силу условий своего добывания имеет бо́льшую зольность, чем более крупные сорта антрацита, — в среднем 16%. Влажность штыба — в среднем 7,5%, а при хранении его на открытом воздухе значительно увеличивается.

Сжигание антрацита, как это видно из предыдущего, затрудняется его малой горючестью, высокой температурой в слое и по причине последнего — шлакованием золы. Сжигание штыба представляет значительную добавочную трудность вследствие малых размеров крупиц, из которых он состоит. По этой причине воздух, вырываясь из прозоров решетки, выдувает штыб в топочное пространство, откуда последний уносится в дымо-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ходы. Над прозорами получаются воронки, воздух не распределяется по слою штыба (по всей его площади на решетке), а свободно проходит в топочное пространсво, и горение на решетке происходить не может.

С целью уменьшить унос и оголение решетки вокруг прозоров стали к штыбу подмешивать спекающийся (каменный) уголь, например ПЖ (перемешивая их между собой до забросси). В топке куски спекающегося угля, коксуясь, становятся несколько липкими. К этим кускам прилипают окружающие их крупицы штыба. Унос штыба значительно уменьшается, воздух распределяется более равномерно по всей площади решетки, и штыб начинает гореть. Таким образом подмешивание спекающегося угля к штыбу дает возможность сжигать последний. Ввиду того, что спекающихся углей добывается мало, подмешивать их к штыбам нужно в небольшом количестве, не больше 30%, что на практике вполне достаточно для сжигания штыба.

ВОПРОСЫ

В чем отличие антрацита от каменных углей?
Чем отличаются друг от друга различные марки антрацита?
Может ли антрацит гореть с дымом?
Как происходит неполное горение у антрацита при недостатке воздуха?
Слоем какой толщины нужно держать антрацит в топке?
Как подбирается толщина слоя у антрацита?
Что такое шлак?
Почему зола плавится в слое антрацита?
Чем вызывается высокая температура в слое антрацита?
Что происходит, если шлак заливает решетку?
Какой шлак заливает решетку?
Что такое тугоплавкий шлак?
В чем отличие антрацитовой решетки от решетки для каменного угля?
Почему шлак не заливает антрацитовой решетки (при нормальных условиях)?
Почему для антрацита применяют дутье?
Когда приходится применять паровое дутье?
Что такое антрацитовый штыб? Укажите особенности сжигания антрацитового штыба.

7. Подмосковный уголь и его сжигание

Подмосковный уголь свое название получил по месту нахождения — в Подмосковном районе. Зольность и в особенности влажность подмосковного угля очень велики: в худших сортах угля влажность доходит до 40%, а зольность до 20—25% от веса рабочего топлива.

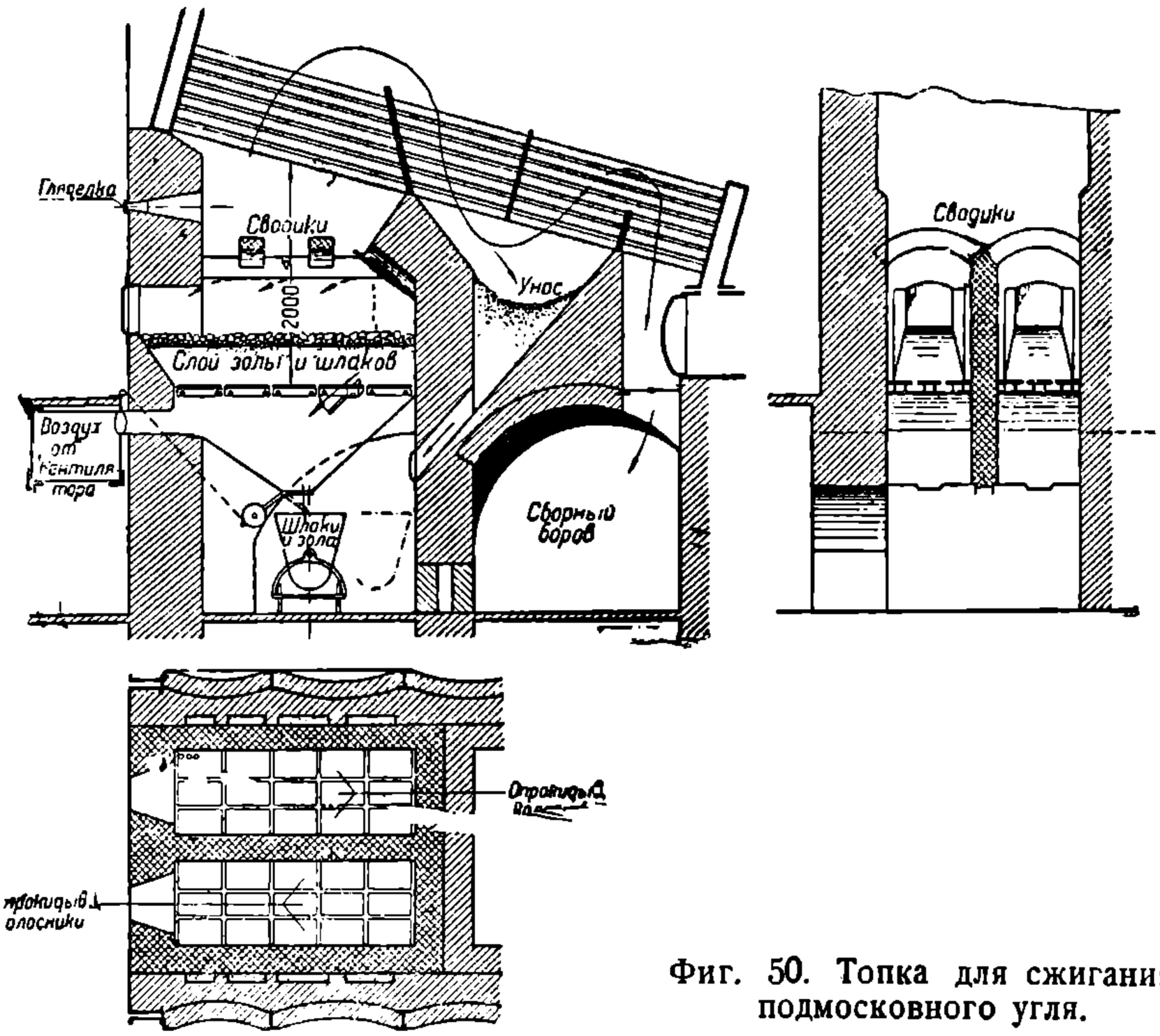
Большое количество баласта понижает теплотворную способность подмосковного угля среднего качества — от 2 700 до 3 100 *кал* в зависимости от размеров кусков топлива (крупный орех, мелочь с семечком, рядовой мелкий).

Большая влажность подмосковного угля ухудшает условия его горения. Заброшенное в топку топливо медленно сохнет и понижает температуру в топке, вследствие чего горение в топке идет вяло, неустойчиво. Чтобы поддерживать в топке более вы-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

сокую температуру, ставят в ней сводик (фиг. 50). Он закрывает частично поверхность нагрева от горящего слоя, вследствие чего слой меньше передает теплоты лучами на поверхность нагрева, температура его повышается, и горение улучшается.

Температура в топке понижается после забросок, во время которых топка охлаждается прорывающимся через топочную дверцу воздухом, а горение на решетке прекращается. Заброски приходится к тому же производить часто вследствие малой теплотворной способности подмосковного угля. Если, однако, подводить воздух не тягой, а дутьем, т. е. нагнетать вентилятором, то в топке, как нам известно, нет надобности в разрежении.



Фиг. 50. Топка для сжигания подмосковного угля.

В открытые топочные дверцы воздух тянуть почти не будет, и забросна не охладит топки и не нарушит горения на решетке, так как дутьевой воздух будет попрежнему итти через решетку.

Дутье имеет преимущество перед тягой и в отношении чистки решетки от золы. Подмосковный уголь дает много золы на решетке, а естественная тяга не может преодолеть сопротивления толстого слоя золы, и потому приходится часто чистить решетку. Частые чистки охлаждают топку, ухудшая горение в ней. Дутье же, давая большое давление под колосниками, в состоянии погнать воздух через толстый слой золы (до 60 см и больше) и тем самым позволяет чистить решетку через большие промежутки времени. Кроме того, при сжигании подмосков-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ного угля стали применять горячее дутье — подогрев воздуха, идущего в топку (см. «Воздухоподогреватели»).

Чтобы на решетке можно было держать толстый слой золы, не закрывающий топочной дверцы, решетку опускают ниже, чем в топках для малозольных топлив (каменный уголь и т. п.). Ввиду большого количества золы и шлака их не выгребают через топочную дверцу, а устраивают для этой цели у решетки один ряд колосников опрокидывающихся. При чистке останавливают приток воздуха, сгребают жар на заднюю неподвижную часть топки и повертывают при помощи рычага опрокидывающиеся колосники. Золу и шлак с передней половины топки сваливают в зольник, откуда они попадают в вагонетку и отвозятся наружу.

После этого рычагом колосники ставят на место, разравнивают жар на решетке и забрасывают топливо. Когда топливо разгорится, то очищают заднюю часть решетки от оставшейся там золы. Для этого сгребают топливо на переднюю часть решетки и быстро сваливают оставшуюся часть золы.

ВОПРОСЫ

Почему подмосковный уголь имеет сравнительно низкую теплотворную способность?

Что затрудняет сжигание подмосковного угля?

Что применяют для повышения температуры и улучшения горения в топке?

Приходится ли подмосковный уголь чаще забрасывать, чем каменный уголь?

Охлаждается ли топка во время забросси в случае применения дутья?

Позволяет ли дутье работать на более толстом слое золы, чем тяга?

8. Дрова и их сжигание

Дрова — топливо очень распространенное в домашнем обиходе. Но в лесных районах СССР ими еще пользуются и в промышленности.

При сжигании дров выделяется много горючих газов, о чем можно судить по длине пламени, которым горят дрова, а также по легкости древесного угля (последнее отчасти и вследствие малой влажности древесного угля по сравнению с влажностью дров). Но разные породы дров не совсем одинаковы по составу летучих веществ, и это сказывается и на длине пламени, которое у сосновых дров, например, больше, чем у березовых.

В баласте дров имеет значение только влага, так как зольность дров вообще очень мала (1—2%), а серы в них вовсе не бывает. Дрова годовалой сушки, которые мы считаем сухими, содержат 25—30% воды, а свежесрубленные дрова — 40—50%.

Теплотворная способность дров зависит от их влажности. Для хвойных пород при 30% влажности она равна 2 900 *кал*, для лиственных пород при той же влажности — 3 000 *кал*.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Сжигание дров

Так как различные породы дров различаются между собой горючестью, то это приходится учитывать при их сжигании. Например, слой березовых дров нужно (при прочих равных условиях) утонять по сравнению с осиновыми, медленнее горящими. Чем суше и мельче дрова, тем тоньше слой.

Вот примеры для прикидки на практике. Березовые сухие дрова, обыкновенной колки — толщина слоя примерно 70 *см*. Осиновые сырые дрова, крупные — толщина слоя примерно 140 *см*.

Вследствие сравнительно малой теплотворной способности дров и их объемистости приходится сжигать их в большом количестве по объему и потому производить частую забросу. Если топка работает на тяге, то в нее при открытии топочных дверец врывается много воздуха, который охлаждает топку и котел. В то же время приток воздуха через слой почти прекращается, и горение на решетке ослабевает, пламя сокращается, а топочное пространство темнеет. С целью избежать всего этого полезно применять вместо тяги дутье (сухое). Дутье и подъем шибера регулируют так, чтобы давление в топке почти сравнялось с давлением наружного воздуха, т. е. держат в топке 1—2 *мм* разрежения, лишь бы не выкидывало пламя при забросках.

Для сырых и крупных дров, а также для торфа, получили широкое применение шахтные топки, работа на которых легче и экономнее, чем у простых топок. Шахтные топки будут описаны ниже.

ВОПРОСЫ

Что является основной составной частью баласта дров?
От чего зависит теплопроизводительность дров?
Каким пламенем горят дрова?
В зависимости от каких условий подбирается толщина слоя для дров?
Какие дрова требуют более толстого слоя: осиновые или березовые?
Укажите предельные размеры для толщины слоя дров.
Полезно ли применять дутье для дров?

9. Торф и его сжигание

Происхождение торфа

Торф происходит главным образом из осоки, камыша и тростника или разных мхов (часто белого). Эти растения водятся на озерах и в местах со стоячей водой. Весною из их корневищ и семян появляются молодые растения. Осенью зеленая (от корня) часть растения отмирает, попадает в воду и медленно в ней разлагается (преет). Год за годом растения и их остатки заболачивают озеро или место со стоячей водой. Слой отмерших частей становится все толще, слеживается и оторфовывается в плотную залежь, и болото, наконец, становится торфяным, годным для добывания торфа.

НБ УДУНТ (ДІТ)

Если болото расположено низко, на месте бывшего озера или заливного луга, то его называют низовым, или луговым. Торф в нем состоит главным образом из осоки, камыша и тростника.

Встречаются торфяные болота, находящиеся на уровне окружающей местности и выше ее. Такие болота называются верховыми, или боровыми. Происходят они часто потому, что почва местности по каким-нибудь причинам перестала пропускать дождевую воду. В местах, где скопляется и застаивается дождевая вода, обычно появляется белый мох, толща которого из года в год нарастает, отчего болото и может оказаться выше окружающей местности. Часто в залежи такого торфа находят пни деревьев, которые когда-то росли здесь, но погибли вследствие того, что место это заболотилось, например почва между корнями уплотнилась и перестала пропускать дождевую воду.

Способы добывания торфа

Добывание торфа производится несколькими более или менее механизированными способами, а именно: 1) элеваторным (машиноформовочным), 2) баггерным, 3) гидравлическим и 4) фрезерным.

Торф, добытый первыми тремя способами, формуется в кирпичи и получается так называемый кусковой торф. При добывании же последним способом торф получается в виде крошки (мелочи), которая формовке не подвергается.

Сжигание такой крошки представляет затруднения и особенности, о которых будет сказано ниже, но фрезерный торф обходится значительно дешевле кускового (по способу своего добывания, а также и потому, что он не формуется в кирпичи).

Машиноформовочный способ добывания торфа наиболее старый и требует значительно больше ручного труда (рабочей силы), чем остальные. В настоящее время он применяется все в меньшем размере, будучи вытесняем более механизированными способами добывания, в особенности фрезерным.

Состав и сжигание кускового торфа

Торф по своему составу почти одинаков с дровами. При сгорании его выделяется много горючих газов, и потому получается длинное пламя.

Влажность торфа зависит от того, насколько он успел за лето высохнуть. Хорошо высохший торф содержит влаги около 30%.

Торф, добываемый в верховых болотах, содержит в среднем около 5—7% золы, а зольность торфа из низовых болот — около 10% (в среднем).

Теплотворная способность торфа зависит главным образом от его влажности. Торф среднего качества с влажностью в 30% имеет теплотворную способность около 3 200 *кал/кг*.

Торфяная зола нередко плавится в шлак. Это зависит от состава золы (ее плавкости) и температуры в слое. По мере выгорания торфа шлак опускается на решетку. Если шлак доходит

НБ УДУНТ (ДІІТ)

до решетки в жидком еще виде, то он заливает прозоры и мешает проходу воздуха через них. При таком шлаке не следует применять вторичного воздуха, т. е. пускать часть воздуха для горючих газов непосредственно в топочное пространство, минуя слой (см. раздел «Горение топлива в топке котла»). Если пропускать через слой весь воздух, то температура в слое несколько понизится, благодаря чему шлак будет скорей застывать и меньше заплавлять колосники.

Толщина слоя торфа, как и для других топлив (см. «Каменный уголь»), зависит от его влажности и размеров. Сухой и мелкий торф (рассыпавшиеся кирпичи) нужно держать более тонким слоем, чем сырой и крупный. Толщина слоя колеблется от 40 до 90 *см*.

Работа топки с горизонтальной решеткой на тяге при сыром торфе нежелательна. Топка во время частых забросок охлаждается врывающимся в нее воздухом, горение в слое прекращается, так как воздух через решетку почти не идет. С целью избежать этого полезно применять вместо тяги дутье (сухое). Дутье и подъем шибера регулируют так, чтобы давление в топке почти сравнять с давлением наружного воздуха, т. е. держать в топке 1—2 *мм* разрежения, лишь бы не выкидывало пламя при забросках. В последнее время для торфа и других сырых топлив стали применять горячее дутье (подогретый воздух), что значительно улучшает горение этих топлив (см. раздел «Воздушный экономайзер»).

Сжигание фрезерного торфа[1]

Как уже указывалось, фрезерный торф получается не кусками, а в виде мелочи, крошки, размеры которой невелики: приблизительно половина (по весу) частиц в поперечнике от 1 до 5 *мм*, а остальные меньше 1 *мм*.

Вследствие небольших размеров крошки сжигание на решетке одного фрезерного торфа оказывается затруднительным. Если держать торф тонким слоем, то воздух легко сдувает его с колосников, происходит большой унос крошки в дымоходы, а решетка быстро оголяется. При более толстом слое торфа получается довольно большое сопротивление движению воздуха, так как крошка лежит очень плотно, давая почти волосные (очень узкие) каналы для прохода воздуха, вследствие чего требуется сильное дутье. Несмотря, однако, на толстый слой, воздух не распределяется достаточно равномерно по всему слою, а больше всего проходит над прозорами. Вследствие этого горение тоже идет главным образом вокруг прозоров, а на остальной площади решетки торф горит слабо, почти тлеет, и топка глохнет. Наряду с этим происходит унос крошки в топочное пространство и дымоходы котла.

Итак, сжигание одного фрезерного торфа на горизонтальной колосниковой решетке оказалось затруднительным.

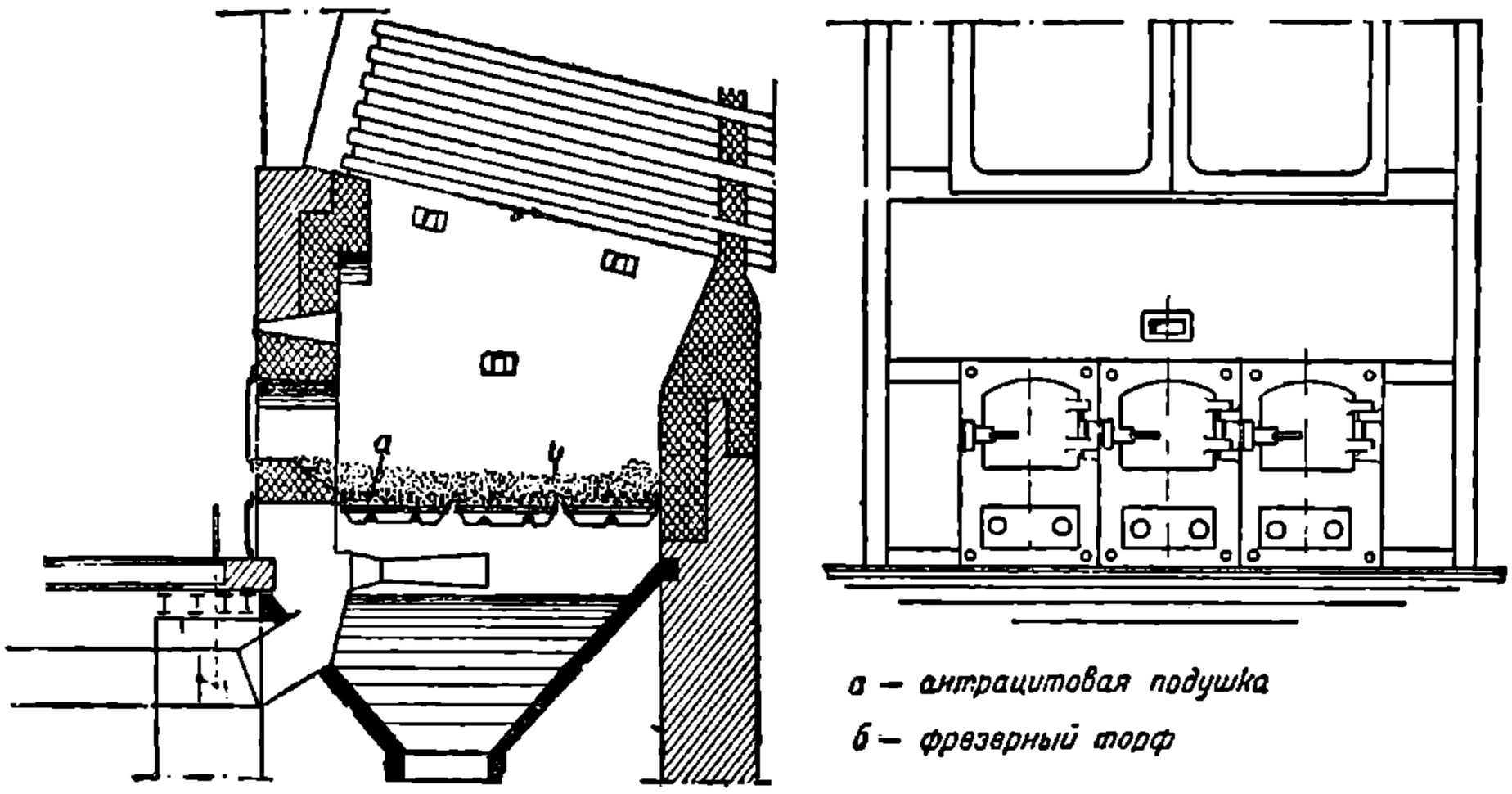
---

[1] Сжигание фрезерного торфа в шахтноцепной топке см. в отделе «Механические топки».

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Однако оказывается возможным сжигать торф на слое горящего кускового топлива, например на антраците или каменном угле (фиг. 51). Забрасываемый на жар фрезерный торф, несмотря на свою влажность, быстро прогревается и воспламеняется (загорается). Воздух по слою торфа распределяется достаточно равномерно, вследствие чего горение крошки улучшается, а унос ее становится меньше. Слой жара кускового топлива, на котором горит торфяная крошка, называется «подушкой».

На 100 *кг* торфа влажностью до 40% требуется от 30 до 100 *кг* антрацита (или каменного угля). На 100 *кг* торфа влажностью свыше 40% требуется от 100 до 300 *кг* антрацита.



а — антрацитовая подушка

б — фрезерный торф

Фиг. 51. Сжигание фрезерного торфа на антрацитовой подушке.

Эти весовые доли могут быть переведены на объемные, учитывая, что торф приблизительно в три раза легче антрацита, т. е. при одинаковом объеме весит в три раза меньше этого топлива. Следовательно, три вагонетки торфа приблизительно равны по весу одной вагонетке антрацита.

Принимая эти приблизительные соотношения, получим, что при влажности до 40% на 10 вагонеток торфа требуется от 1 до 3 вагонеток антрацита.

Топку заправляют на одном антраците или каменном угле так, как это делают обычно. Когда стенки топки достаточно накалятся, переходят на торф, забрасывая его в дальнейшем попеременно с антрацитом.

Толщина антрацитовой подушки после заброски — 10—12 *см*. Слой торфа после заброски должен быть 15—18 *см*. Общая толщина слоя на решетке 25—30 *см*. Торф на подушке выгорает быстро, приблизительно в 3—5 минут, и заброску его приходится производить часто — в зависимости от нагрузки котла и весовых долей торфа и антрацита.

В том случае, когда, например, доля торфа значительна (200—300 *кг* на 100 *кг* антрацита), несколько его забросок приходится

НБ УДУНТ (ДІІТ)

на одну заброску антрацита. Антрацитовую подушку в этом случае держат потолще, доводя ее примерно до 15 *см*, с целью, чтобы подушка выдержала несколько забросок торфа, прежде чем она достаточно выгорит и потребуется новая заброска антрацита.

ВОПРОСЫ

Каково происхождение торфа?
Какими способами добывается торф?
Какой способ добычи торфа самый выгодный?
Укажите характерные особенности фрезерного торфа.
Какой баласт содержит торф?
Много ли горючих газов выделяется при сжигании торфа?
Каким пламенем горит торф?
Шлакуется ли торф?
От чего зависит толщина слоя торфа на решетке?
В каких пределах колеблется толщина слоя торфа?
Полезно ли при торфе применять дутье и почему?
Какое разрежение необходимо поддерживать в топке (при дутье), чтобы в нее при забросках не врывался холодный воздух?
Как сжигается фрезерный торф на простой колосниковой решетке?
Что такое фрезерный торф?
В чем преимущества фрезерного торфа перед кусковым?
В чем состоят затруднения при сжигании на колосниковой решетке фрезерного торфа в чистом виде, т. е. одного фрезерного торфа?
Как сжигают фрезерный торф на колосниковой решетке?
Какие весовые нормы установлены практикой для сжигания фрезерного торфа в смеси с углем?

10. Нефть и ее сжигание

Наряду с твердыми топливами, которые мы рассмотрели, для сжигания под котлами применяется и жидкое топливо — нефть.

Добывание нефти

Добывается нефть из недр земли в нефтеносных районах земного шара, у нас главным образом — в Баку и Грозном. Для ее добывания бурят в земле скважины, глубиной иногда до 1 *км* и более. Из этих скважин нефть вначале часто бьет сильным фонтаном, а потом ее механически черпают из глубины скважин наподобие того, как берут воду из колодцев, пользуясь ведром и воротом. За последнее время вычерпывание нефти из скважины все больше заменяется выкачиванием нефти при помощи насосов с моторами, опускаемых в скважину.

Состав нефти

Нефть состоит из тех же двух горючих веществ — углерода и водорода, которые входят в состав твердых топлив. Нефть есть смесь разных углеводородов, отличающихся между собой количеством атомов в молекуле (см. раздел «Состав топлив»). Чем больше в молекуле атомов, обладающих одинаковым весом, тем она тяжелей. По весу своих молекул углеводороды делятся на легкие и тяжелые.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Когда нефть постепенно нагревают, то углеводороды, кипя, испаряются. Сначала при более низкой температуре кипят и переходят в пар легкие углеводороды, а потом в порядке веса молекул целый ряд других. Вообще температура кипения углеводородов повышается с весом молекул, что и позволяет отгонять из нефти ее составные части. Пары углеводородов пропускают через охлаждаемые змеевики, и эти пары сгущаются в бензин и керосин и другие жидкости, весьма полезные в технике и в жизни.

М а з у т. Обработка нефти посредством нагревания и испарения (и охлаждения паров) называется перегонкой. При перегонке нефть нагревают приблизительно до 300°, легкие и средние отгоны испаряются. После перегонки остается смесь наиболее тяжелых углеводородов, которую называют нефтяными остатками или мазутом. Это — густая и плотная (по сравнению с нефтью и керосином) жидкость. Для сжигания под котлами употребляется именно мазут, так как он является уже менее ценным продуктом.

П а р а ф и н и с т ы й м а з у т. Мазут, добываемый в Грозном, имеет некоторое отличие от бакинского. Именно, грозненский мазут содержит в себе довольно большое количество (около 10%) парафина. Это — углеводород, который при температурах до 50—60° находится в твердом виде. Парафин способствует тому, что грозненский мазут застывает, если его температура ниже 30° (в среднем — для разных сортов грозненского мазута). Беспарафинистый же мазут (бакинский) застывает при 10—15° ниже нуля.

К температуре застывания только и сводится практическое различие этих двух сортов мазута. В отношении сгорания между парафинистым мазутом и беспарафинистым никакой разницы нет. Вследствие высокой температуры застывания парафинистого мазута приходится даже в теплое время года применять разогревание мазута при перекачке из цистерн в резервуар (о подогреве парафинистого мазута в котельной см. ниже).

Т е п л о т в о р н а я с п о с о б н о с т ь мазута — 10 000 *кал*, т. е. выше, чем теплотворная способность высокосортных твердых топлив. Это объясняется тем, что мазут состоит почти исключительно из углерода и водорода, причем водорода в мазуте значительно больше, чем в твердых топливах. Кроме того, баласт мазута — вода — находится в нем обычно в очень небольшом количестве, в среднем до 3%.

Сжигание мазута

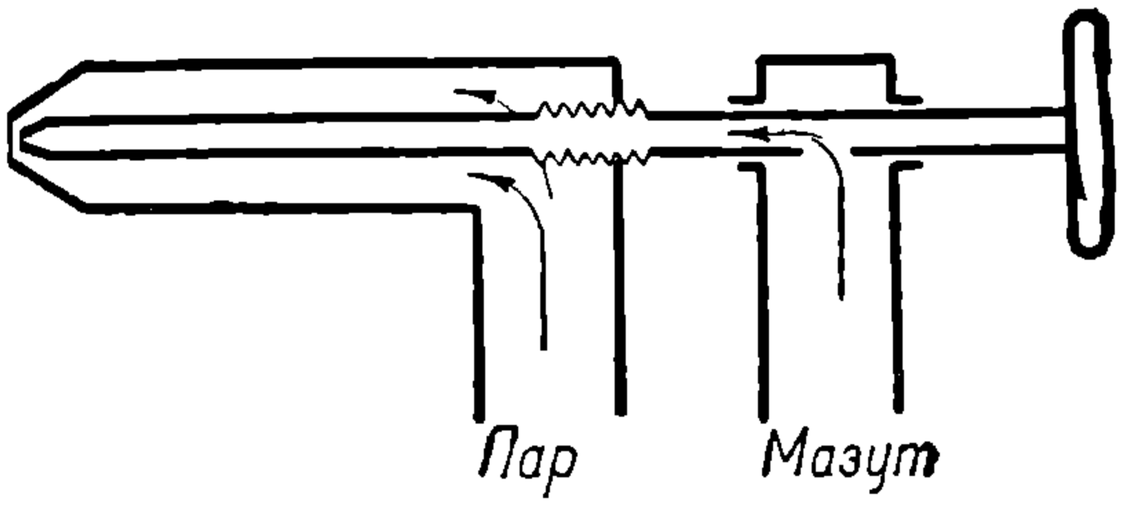
Для быстрого и полного сгорания мазут при помощи прибора, называемого форсункой, распыливается в топке на мельчайшие капельки. Эти капельки несутся в топке за счет приобретенной ими при распылении скорости, а также потому, что их увлекает воздух, засасываемый в топку вокруг форсунки. Благодаря незначительным размерам капель вся масса мазута в топке оказывается равномерно и тесно перемешанной с воздухом.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Вместе с тем происходят быстрое подогревание и воспламенение распыленного мазута. Благодаря равномерному перемешиванию и быстрому воспламенению горение мазута идет непрерывно, равномерно и бездымно и, как увидим ниже, очень легко и быстро регулируется.

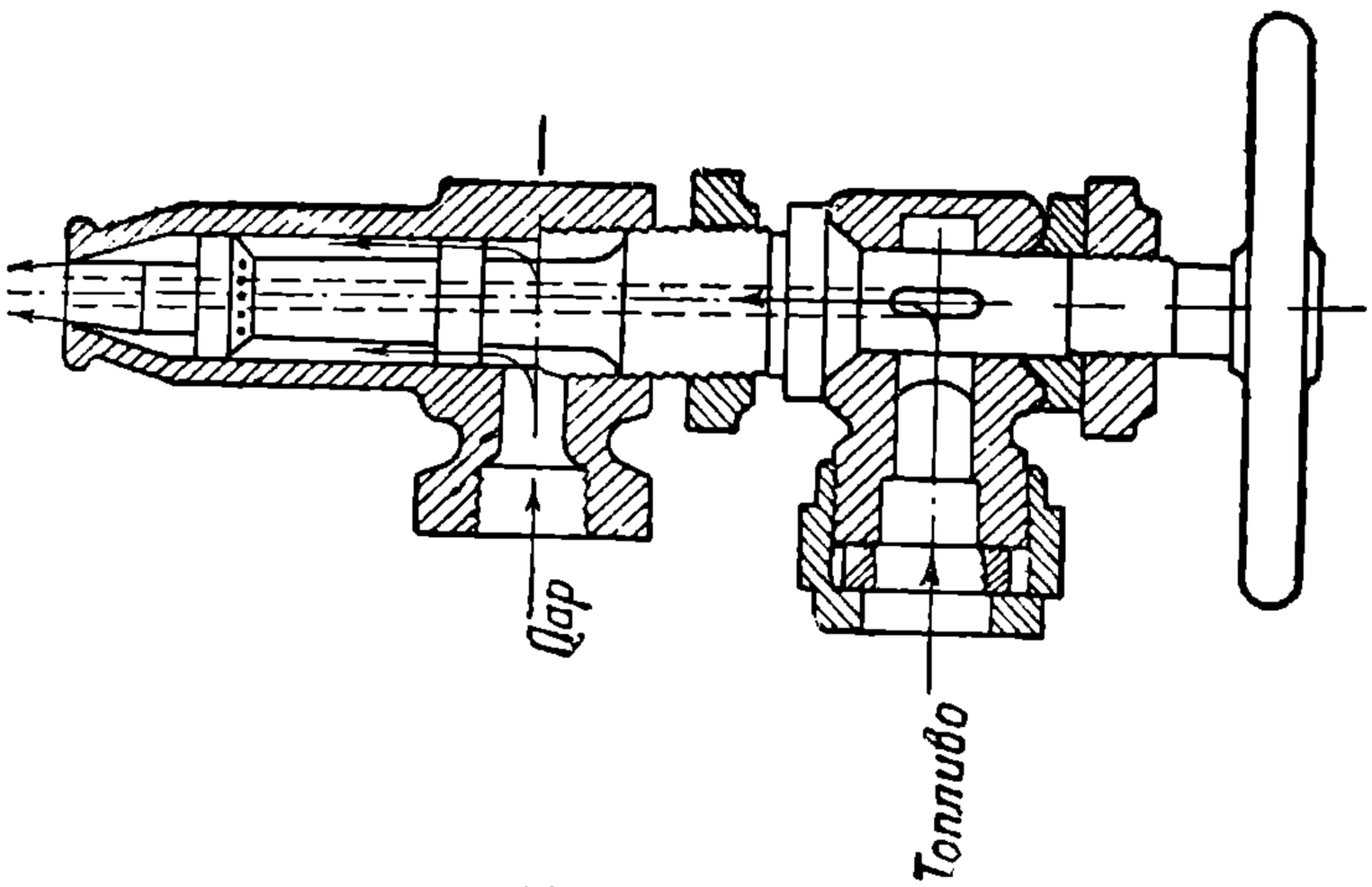
Форсунки

Распыливание мазута в форсунках производится паром, сжатым воздухом или давлением на него. Форсунка простейшего устройства, действующая паром (или сжатым воздухом), состоит



Фиг. 52. Круглая форсунка (схематический разрез).

из двух трубок, вставленных одна в другую (фиг. 52 и 53). По внутренней трубке течет мазут обычно самотеком из бака (о чем см. ниже), по кольцевому пространству несется пар. Вырываясь



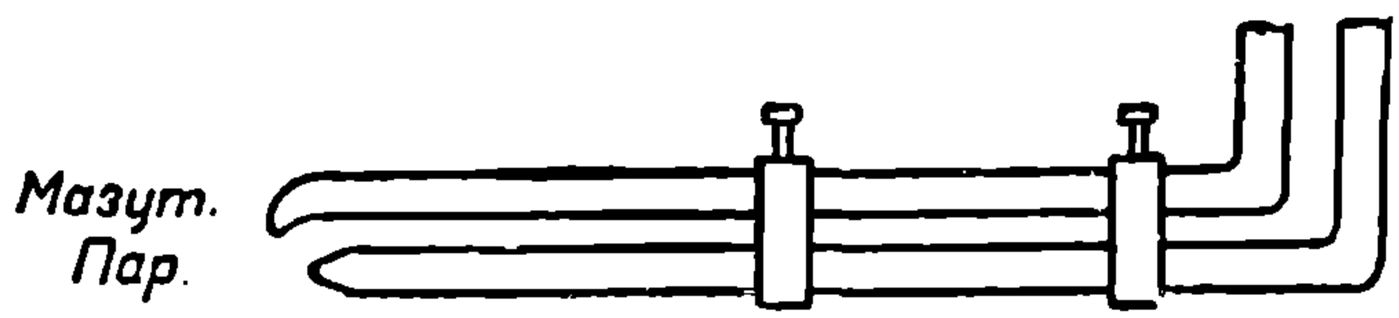
Фиг. 53. Форсунка Шухова.

из форсунки, он подхватывает вытекающий мазут и распыливает его конусом в топке. Распыленный мазут горит, перемешиваясь с воздухом, который проходит в топку через отверстия вокруг форсунки в фронтовой доске.

Для регулирования горения на нефтяной линии перед форсункой имеется вентиль. Увеличивая или изменяя приток мазута, соответственно усиливают или ослабляют горение в топке. На паровой линии имеется вентиль, которым регулируется расход пара на распыливание мазута.

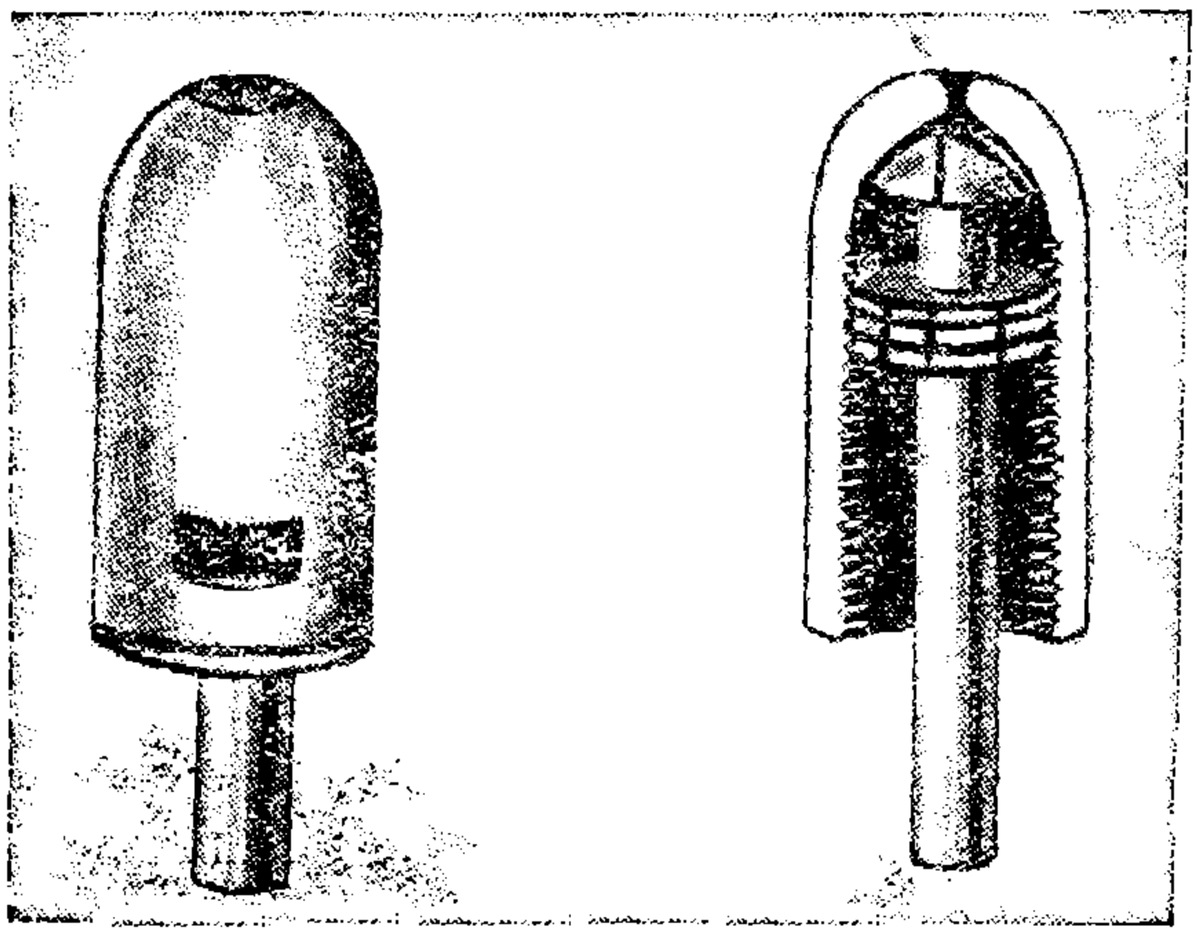
НБ УДУНТ (ДІІТ)

Мазут можно также распыливать не конусом, а плоской струей — веером. Для этого форсунка устраивается с двумя плоскими щелями, расположенными одна над другой (фиг. 54). Из верхней щели вытекает мазут плоской струей, из нижней щели вырывается пар, подхватывающий мазут и распыливающий его широким веером.



Фиг. 54. Схема плоской форсунки.

Круглые форсунки ставятся обычно в жаротрубных котлах, при вертикальной установке их удобно ставить также в топках вертикальных водотрубных котлов. Плоские форсунки приме-



Фиг. 55. Механическая форсунка Атом (системы Григорьева).

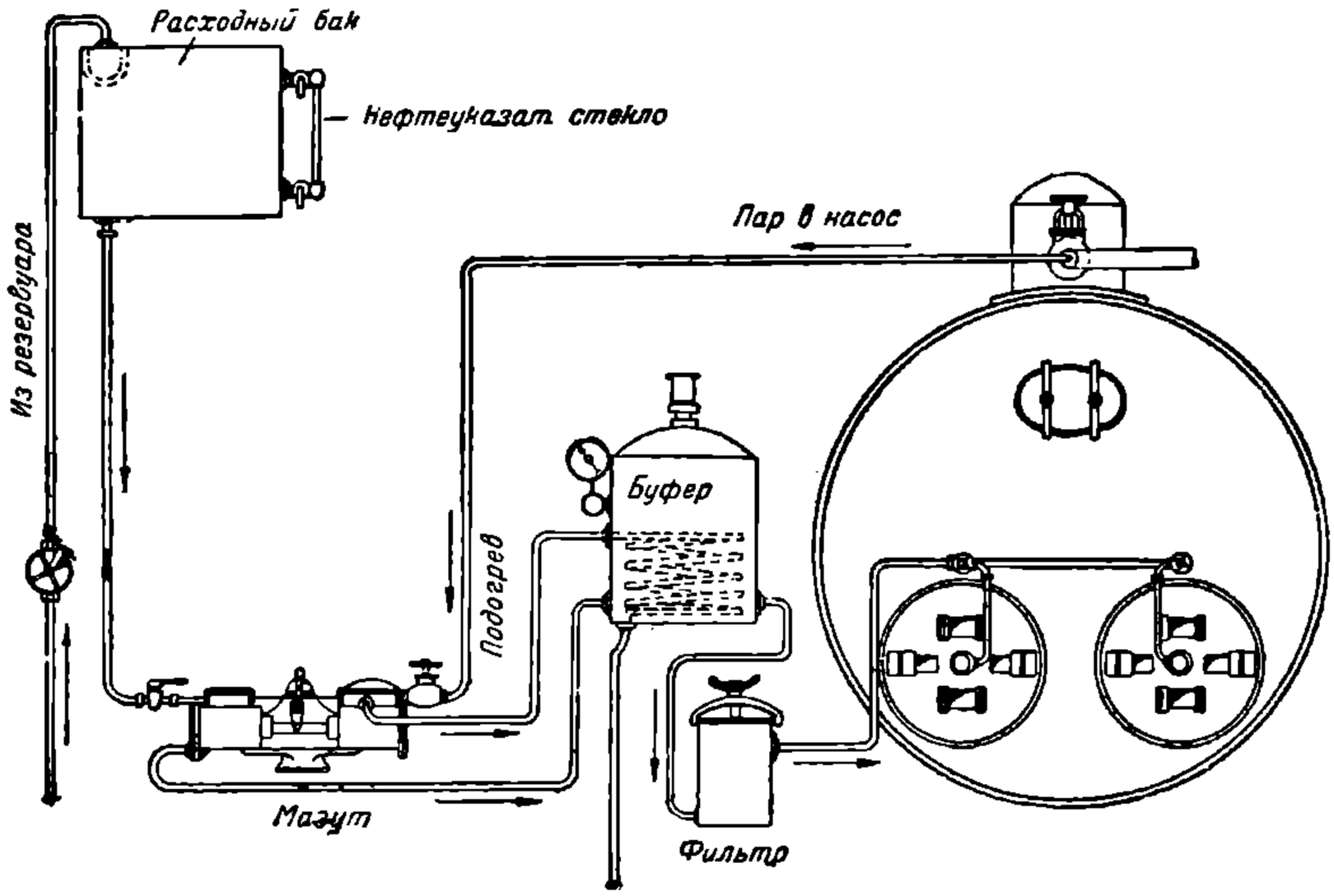
няются для широких топок, например у горизонтальных водотрубных котлов.

В механических форсунках мазут под давлением в несколько атмосфер проходит через узкое коническое отверстие форсунки и вырывается из форсунки с большой скоростью в виде длинного конуса. Мазут несется тонкой пленкой, распадающейся на мелкие пылинки. Лучшему распыливанию способствует то, что мазут получает вращательное движение благодаря винтовым или косым каналам на конечной головке стержня, находящейся в форсунке. Головка прилегает к отверстию. Мазут течет по косым каналам, отчего получает вращение, которое он сохраняет и при проходе через отверстие в форсунке (фиг. 55).

Давление, необходимое для распыливания мазута, получается при помощи насоса, установленного между нефтяным баком и топкой. Так как поршень насоса, двигаясь вперед и назад, за-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

медляет свое движение у крайних положений и на мгновение на них приостанавливается, то мазут подается насосом не равномерно, а с ослаблением струи к крайним положениям поршня. Вследствие этого мазут из насоса нельзя пускать непосредственно в форсунки и он подается насосом в небольшой бак, в верхней части которого находится воздух, сжатый накачиваемым мазутом (фиг. 56). Сжатый воздух непрерывно и равномерно выдавливает мазут из бака в форсунку. Такое устройство называют воздушным буфером. Перед самой форсункой ставится фильтр для очистки мазута от сора, который, попав в узкое отверстие форсунки, остановил бы ее. Так как производительность механической форсунки невелика, вследствие ее узкого выходного отверстия, то приходится устанавливать несколько механических форсунок взамен одной паровой.



Фиг. 56. Общий вид установки для механического распыливания мазута.

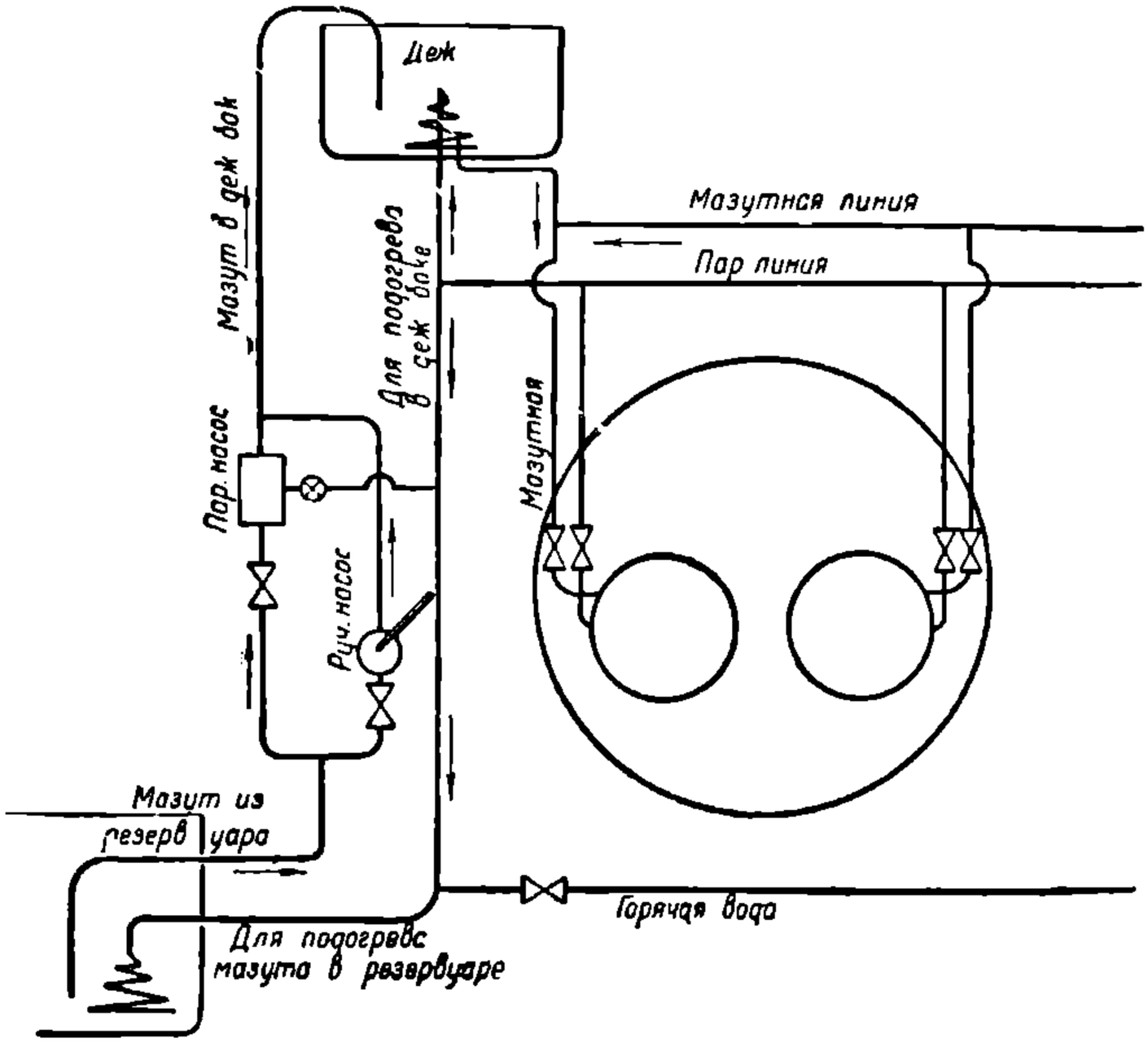
При отоплении мазутом жаротрубных котлов приходится передние части жаровых труб выкладывать внутри кирпичной кладкой, называемой футеровкой. Это необходимо потому, что нефтяной факел почти касается стенок жаровых труб, лижет и разъедает их. Кроме того, температура нефтяного факела очень высока, и без кирпичной футеровки вокруг него было бы настолько сильное парообразование, что стенки трубы в этом месте перегрелись бы. Футеровка, защищая стенки жаровой трубы, вместе с тем способствует лучшему горению в топке, так как, будучи накаленной, быстрее подогревает распыленный мазут, т. е. служит, как говорят, запалом.

За исправным состоянием футеровки необходимо следить, и о случаях выпадения или выплавления кирпичей нужно немедленно уведомлять заведующего котельной или механика для своевременного принятия мер к закладке недостающих кирпичей.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Устройство для хранения и подачи мазута к форсункам состоит в следующем:

Снаружи здания, обычно в земле, имеется большой нефтяной резервуар. Из него мазут по мере надобности перекачивается в небольшой бак (с запасом мазута до 12 час. работы), находящийся внутри котельной на некоторой высоте (фиг. 57). В этом баке помещен змеевик, подогревающий мазут паром или горячей водой до температуры 40—60°. Парафинистый мазут требует вообще подогрева для того, чтобы оставаться в жидком виде в баке и быть способным легко течь по трубам.



Фиг. 57. Схема устройства для хранения и подачи нефти.

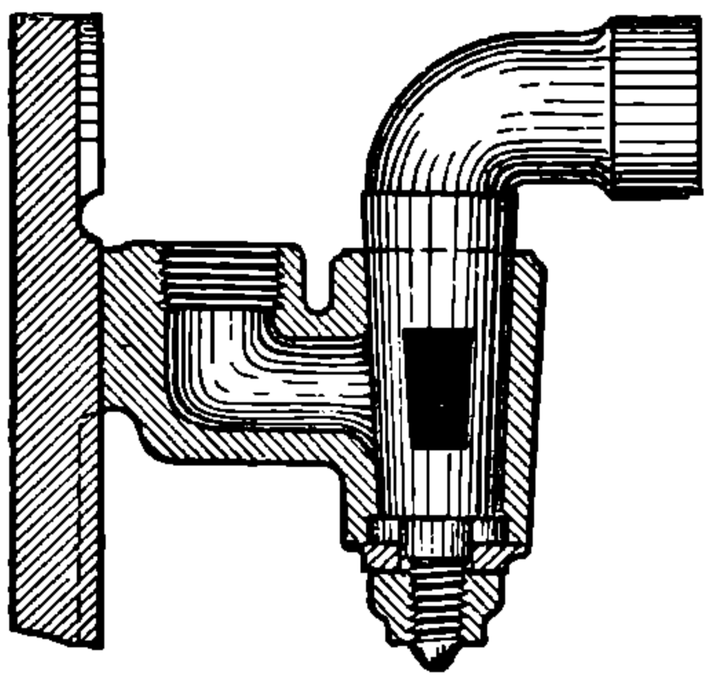
Из бака мазут, как уже указывалось, поступает в паровые форсунки обычно самотеком, а при механических форсунках передается в бак, в верхней части которого находится сжатый воздух. Давление сжатого воздуха действует непрерывно и равномерно на мазут, заставляя его течь из бака в форсунки. Воздух в баке сжат потому, что при накачивании мазута воздух из бака не выпускается.

Если котельная работает на парафинистом мазуте, то на время остановки отдельных котлов или всей котельной мазут из соответствующих ответвлений или всей общей нефтяной линии должен обязательно выпускаться. В противном случае, оставаясь в трубах без движения, парафинистый мазут застынет и закупорит трубы. Поэтому каждый отвод к котлу должен иметь у места отхода от общей линии вентиль и воздушный кран. После остановки котла запирают вентиль и открывают воздушный кран, и мазут стекает в дренажную (спускную) линию.

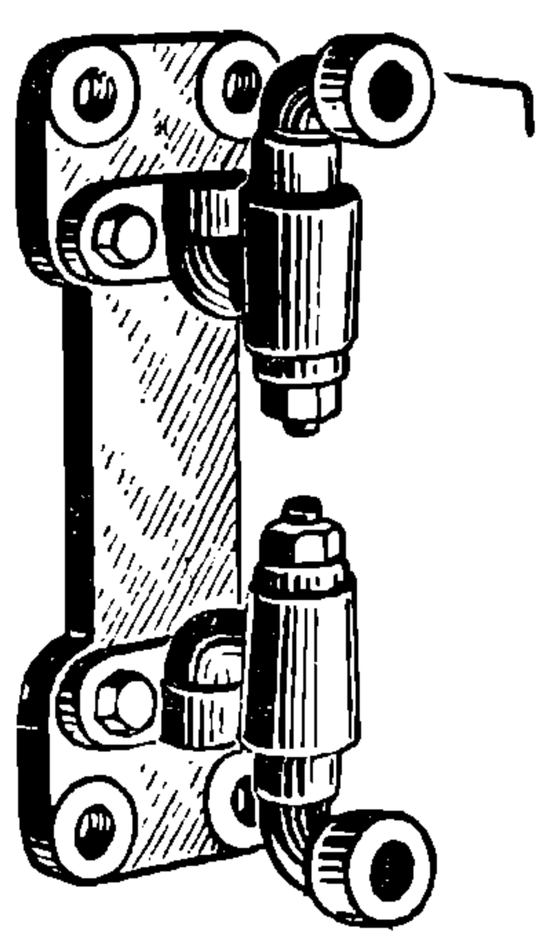
НБ УДУНТ (ДІТ)

Работа на паровых форсунках

Познакомимся предварительно с приспособлением, которое позволяет после остановки топки вывести форсунку из рабочего положения, т. е. из отверстия в фронтовой доске, и поставить ее снаружи перед доской. Это необходимо, чтобы в случае неплотности вентиля мазут не натек в топку, что при пуске топки вызвало бы взрыв в ней. Приспособление для отвода форсунки автоматически, помимо вентиля, останавливает и приток мазута в форсунку. Устройство приспособления таково. На фронте закреплены два особого рода крана — один для мазута, другой — для пара, по устройству одинаковые, почему будет рассмотрен один из них. Мазут (или пар) проходят, как обычно, через отвер-



Фиг. 58. Кран откидного приспособления для форсунки.



Фиг. 59. Откидное приспособление для паровой форсунки.

стие в обойме крана (фиг. 58 и 59). Канал в пробке ведет от этого отверстия к торцу пробки, куда ввернута короткая трубка к форсунке. Мазут через отверстие в обойме попадает в канал пробки и по короткой трубке течет в форсунку. Если потянуть форсунку из рабочего положения, то она вместе с трубкой вращается на кране, как на шарнире, и отходит от фронтовой доски. Вместе с тем отверстие в обойме перекрывается глухой стороной пробки, и приток мазута прекращается.

Пуск форсунки

1. Перед пуском котла необходимо выпустить из бака через спускную трубку отстоявшуюся в нем воду и подкачать в бак, если требуется, мазут из главного резервуара.

2. Минут за пять до начала пуска необходимо поднять на четверть шибер и открыть поддувало, чтобы проветрить топку и дымоходы от горючих нефтяных газов, которые могут там оказаться, если форсунка после остановки котла не была по небрежности кочегара сразу откинута, и вследствие не-

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

плотности вентиля в топку натек мазут. Натекший мазут необходимо удалить, вычерпав его чем-нибудь.

3. После поднятия шибера открывают паровой вентиль и выпускают через форсунку воду, скопившуюся в паровой линии от конденсации пара.

4. Вводят в топку факел — кусок пакли или концы, смоченные мазутом и подожженные.

5. Открывают (очень немного) паровой вентиль и заводят форсунку на место (т. е. ставят в рабочее положение).

6. Пускают осторожно мазут, открыв немного нефтяной вентиль.

Пуская форсунку, необходимо находиться сбоку от форсуночного отверстия на случай сильной вспышки, от которой пламя может выбросить наружу и обжечь кочегара, если он стоит против форсунки.

Пустив форсунку, необходимо по направлению пламени проверить, правильно ли стоит форсунка, т. е. не бьет ли пламя вбок, что, конечно, недопустимо.

Если при пуске мазут не воспламенится или воспламенится и потухнет, то необходимо немедленно остановить форсунку, закрыв сразу нефтяной вентиль, чтобы мазут не натек в топку, и повторить пуск с указанными предосторожностями.

Невоспламенение мазута может произойти вследствие того, что пламя срывается слишком сильной струей пара; затухание — вследствие того, что накопившаяся в расходном баке вода поднялась до уровня приемного конца и стала попадать в форсуночную линию.

7. После пуска форсунки постепенно увеличивают приток мазута и пара.

При растопке котла в холодной котельной, т. е. когда нет пара для форсунок, котел растапливают дровами. Когда давление в нем поднимается до 1—2 *ати*, то переходят на мазут. Предварительно необходимо пустить пар в змеевик расходного бака с целью прогреть в нем мазут до надлежащей температуры (50—60°).

Регулирование горения

Задача кочегара сводится к тому, чтобы установить полное горение мазута при правильном избытке воздуха, не расходуя также на распыливание мазута больше пара, чем нужно. И то и другое легко достигается регулированием горения по приборам и по виду пламени.

При недостатке воздуха мазут сильно дымит и дает красное пламя. При чрезмерном избытке воздуха дыма из трубы вовсе нет, а пламя получается ярко-белого цвета.

Поэтому, установив расход мазута по нагрузке котла, ставят шибер на такой высоте, чтобы из трубы шел чуть заметный дымок. Он указывает, что избыток воздуха доведен до необходимого (по расходу мазута). Если перейти за него и работать при

НБ УДУНТ (ДІІТ)

полном отсутствии дыма, то по одному цвету пламени уже затруднительно судить о том, что избыток воздуха правилен.

Регулирование расхода пара производится по виду пламени. При недостатке пара в пламени появляются дымчатые полосы и проскакивают искры. Пока они не исчезнут, нужно увеличивать приток пара.

Так как чаще бывает перерасход пара, то для пробы убавляют его приток, пока не начнут появляться искорки. При небольшом увеличении притока пара они исчезнут, и этот расход пара будет нормальным.

Остановка форсунки

Остановку форсунки производят в порядке, обратном пуску:

1. Сначала закрывают нефтяной вентиль.
2. После того закрывают паровой вентиль.
3. Отводят форсунку в нерабочее положение.

Если оставить форсунку на месте, то в случае хотя бы небольшой неплотности в нефтяном вентиле в топку натечет мазут. При ближайшем пуске, когда заведут факел, натекший мазут может воспламениться, и произойдет взрыв. В таких случаях прежде всего страдает невнимательный кочегар, и часто, кроме того, происходят разрушения, например, отрывает фронтовую доску, разрушает кладку котла и пр

ВОПРОСЫ

Где добывается нефть?
Из каких горючих веществ состоит нефть?
Что происходит с нефтью при нагревании?
Что такое мазут, и почему он применяется для сжигания под котлами?
Какие имеются два основных рода мазута, и к чему сводится их практическое различие?
Какой баласт бывает в мазуте и в каком приблизительно проценте?
Чему равна теплотворная способность мазута?
Почему мазут имеет высокую теплотворную способность?
Почему мазут приходится распыливать?
Какими способами производится распыливание мазута?
Как происходит горение мазута?
Как устроена паровая форсунка?
Как устроены механические форсунки?
Для чего у механических форсунок ставят воздушный буфер?
Почему в жаротрубных котлах необходима кирпичная футеровка передней части жаровых труб?
В чем состоит устройство для хранения и подачи мазута к котлам?
Какие предосторожности нужно принимать после остановки котлов, если они работают на парафинистом мазуте?
Для чего необходимо приспособление для отвода форсунки, и как оно устроено?
Что необходимо сделать в расходном баке перед пуском котла?
Нужно ли проветривать дымоходы и почему?
Что нужно сделать, если в топке обнаружен натекший из неотведенной форсунки мазут?
Что выпускают из паровой линии?
Как должен кочегар стоять при пуске форсунки (по отношению к ней)?
Что нужно сделать, если форсунка не воспламенилась или погасла при пуске?

НБ УДУНТ (ДІІТ)

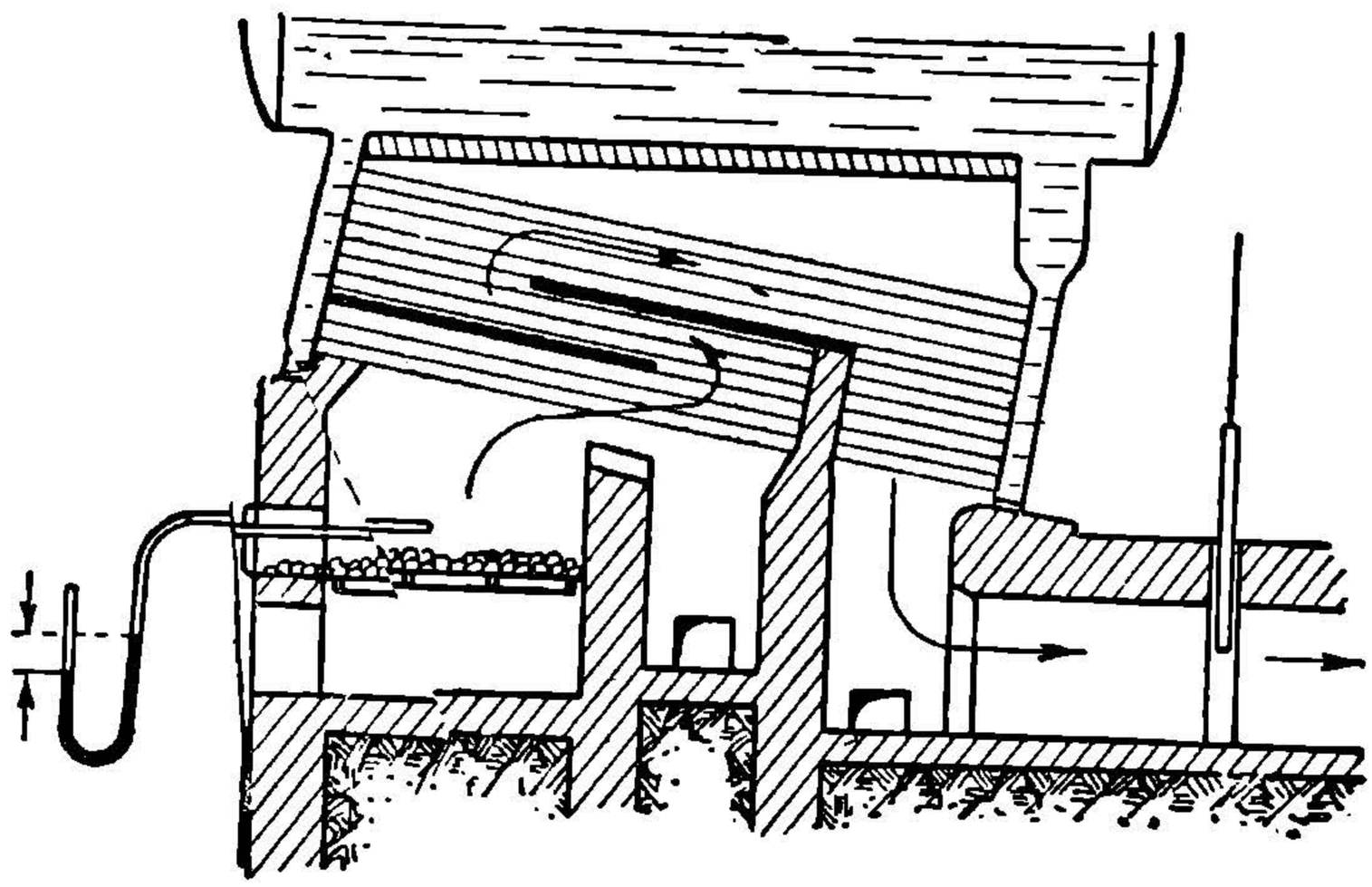
Как пускать котел в холодной котельной?
Как регулируют горение мазута?
В каком порядке производят остановку форсунки?

11. Измерительные приборы и пользование ими

Регулирование тяги по показаниям тягомеров

В разделе «Тяга» было рассмотрено устройство тягомера и выяснено, что он измеряет разрежение в разных местах котла — у заслонок, в дымоходах или в топке. Тягомером можно пользоваться для наблюдения за тягой и для ее правильного регулирования. Разберемся, как это нужно делать.

Допустим, что котел работает при средней нагрузке, решетка очищена от золы и шлаков, горение в топке полное и при нормальном избытке воздуха, что, как мы увидим далее, проверяется особыми приборами, называемыми газоанализаторами. Соединим тягомер с топкой котла (фиг. 60) и заметим разрежение в топке после забросси топлива; допустим, что оно равно 7—8 *мм*.



Фиг. 60. Установка топочного тягомера.

В дальнейшем нам придется поддерживать это разрежение в топке, пока котел работает на данной нагрузке и сопротивление топки не увеличилось. Но в работе котла могут быть — и, конечно, происходят — отклонения от данных условий работы. Например, шлакуется решетка, утоняется слой, получаются прогары на решетке и т. д. Можно ли эти отклонения обнаружить по тягомеру, соединенному с топкой (будем его называть топочным)?

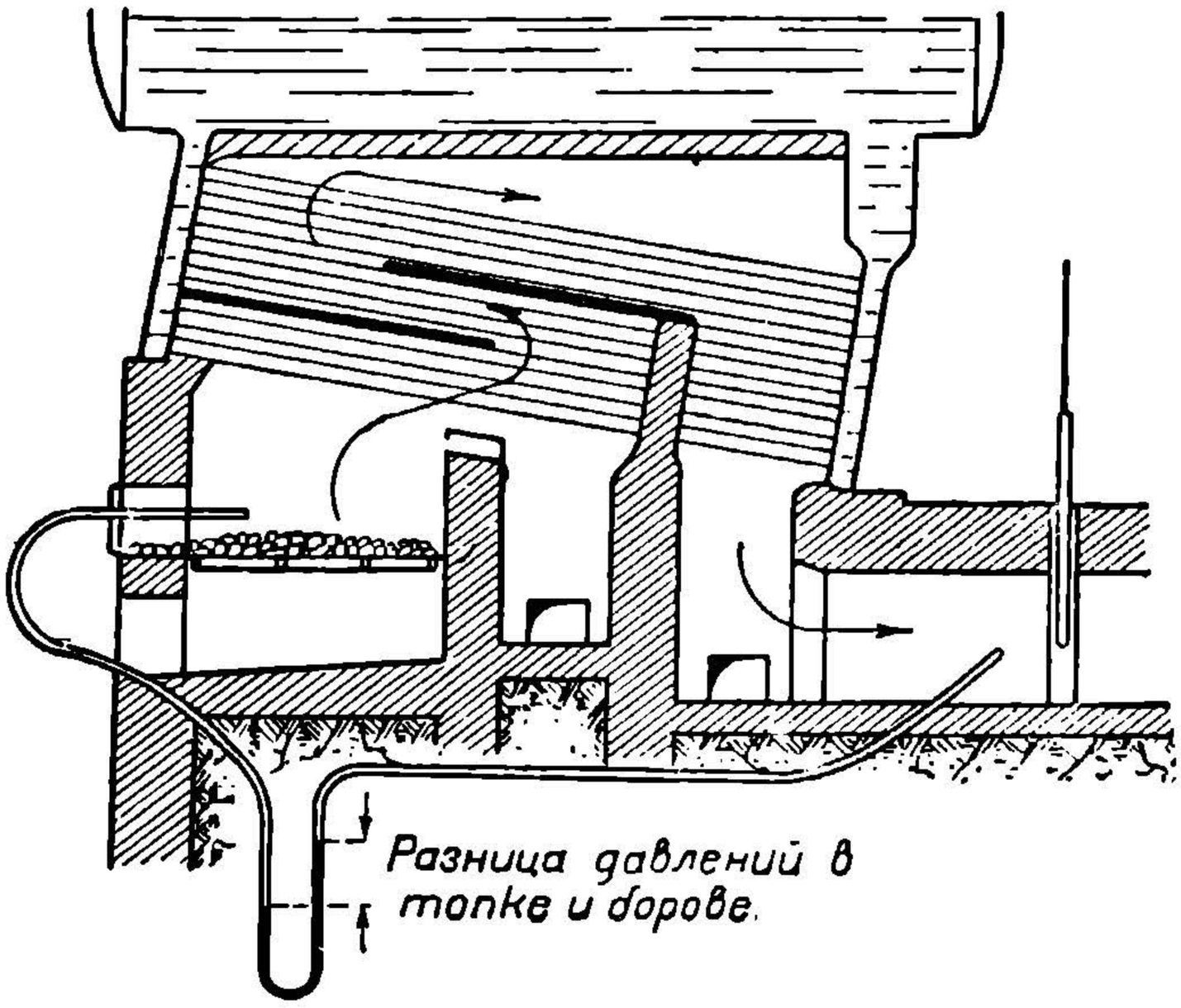
Чтобы разобраться в этом, посмотрим, отчего меняются показания топочного тягомера. Допустим, что он показывал 7 *мм*, а через некоторое время стал показывать 15 *мм*. Это увеличение, как показывает опыт, может произойти от того, что зашлаковалась решетка, а шлак дает большое сопротивление проходу воз-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

духа. В этом случае воздуха проходит мало, но на его протягивание через слой шлака требуется большое разрежение, что тягомер и отмечает.

Но это же увеличение может быть и потому, что шибер открыт больше, чем следует, вследствие чего в топке увеличилось разрежение. В этом случае большое разрежение в топке расходуется на то, чтобы протягивать много воздуха

Чтобы выяснить, какая из двух причин увеличивает разрежение в топке, необходимо установить диференциальный (разностный) тягомер. Он по своему устройству таков же, как и обыкновенный, но только иначе соединяется с котлом: одно его колено соединено с топкой, другое — с боровом перед заслонкой (фиг. 61).



Фиг. 61. Установка диференциального тягомера, показывающего разницу давлений (разрежения).

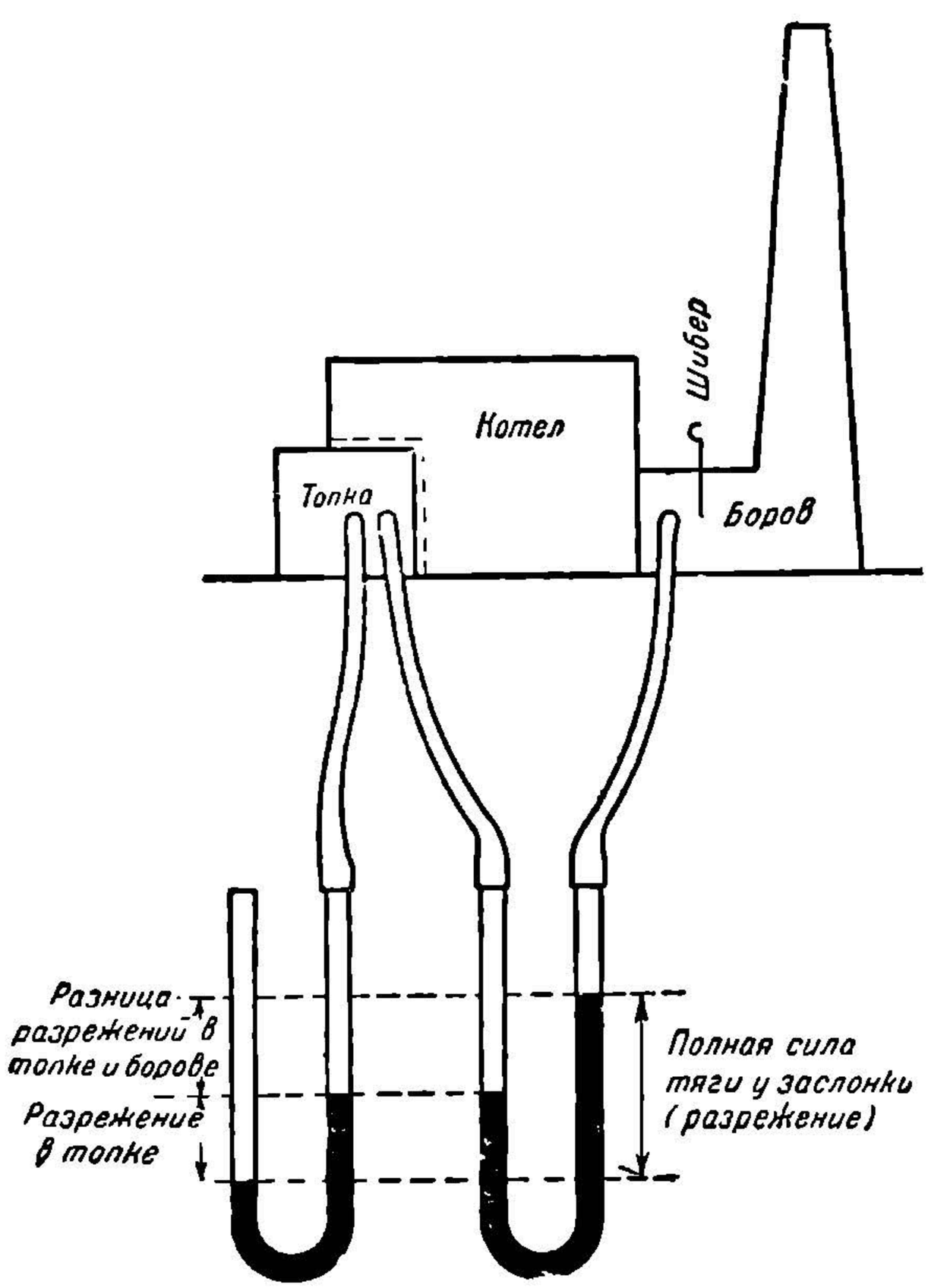
Диференциальный тягомер не показывает разрежения ни в топке, ни у заслонки. Разрежение у заслонки больше, чем в топке, и тягомер показывает разницу разрежений для этих двух мест. Именно столбик воды в колене, соединенном с боровом перед заслонкой, стоит выше, чем в колене, соединенном с топкой. Допустим, что разность высоты столбиков равна 10 *мм*. Эти 10 *мм* расходуются на протягивание газов через дымоходы. Если количество газов не меняется, то показания диференциального тягомера остаются постоянными. При увеличении количества газов показания тягомера тоже увеличиваются, при уменьшении — уменьшаются. Итак, по диференциальному тягомеру мы можем определенно судить о количестве газов, проходящих по газоходам котла.

НБ УДУНТ (ДІТ)

Пользуясь топочным и диференциальным тягомерами (фиг. 62), можно по их показаниям установить неправильности в работе топки. Для этой цели существует таблица-инструкция (табл. 3), пользование которой мы сейчас рассмотрим.

В табл. 3 имеются четыре горизонтальных графы (не считая средней).

Верхняя и нижняя графы (первая и четвертая) указывают неправильности в работе топки, при условии, однако, что шибер стоит правильно, т .е. что тяга у заслонки соответствует нагрузке котла и другим условиям. По диференциальному тягомеру видно, что воздуха в топку проходит много, а топочный тягомер указывает, что сопротивление в топке уменьшилось. Очевидно, в топке имеет место неправильность, облегчающая проход воздуху, например прогорание топлива, тонкий слой, отдельные прогары.



Фиг. 62. Установка топочного и диференциального тягомеров.

Самая нижняя графа (четвертая) дает обратный случай. Диференциальный тягомер показывает, что воздуха проходит мало, а топочный — что сопротивление топки велико. Неправильность: слой толст или зашлаковалась решетка.

Две средних графы характерны тем, что, помимо имеющихся неправильностей в топке, неправильно установлен и шибер, т. е. тяга слаба или велика, что соответственно влияет и на силу тяги в топке. На топочный тягомер действуют две неправильности, но в обратные стороны, и потому его показание оказывается нормальным и вводит в заблуждение. Но по диференциальному тягомеру мы видим, что тяга неправильная (велика или мала). Необходимо установить правильную тягу, соответственно прикрыв или подняв заслонку. После этого нужно устранить и неправильности в топке, которые сведутся к одному из рассмотренных выше случаев.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ТАБЛИЦА 3

Инструкция к управлению топкой по показаниям топочного и диференциального тягомеров

Если одновременно показание тягомеров		В чем заключается причина отступления от нормальных показаний тягомера	Что при этом следует делать	
диференциального	топочного		при ручном обслуживании	при механическом обслуживании
Велико	Мало	Или горючее прогорело Или тонок слой	Требуется подбрасывание топлива	Усилить подачу топлива, увеличивая толщину слоя
		Или есть непокрытые места	Разровнять слой горючего	Разровнять слой горючего
		Или открыта топочная дверца	Закрыть топочную дверцу	Закрыть топочную дверцу
Велико	Нормально	Толщина слоя мала	Прикрытием заслонки довести показания диференциального тягомера до нормы При следующей загрузке увеличить толщину слоя, доведя показания тягомеров до нормы	Прикрытием заслонки довести показания диференциального тягомера до нормы Усилить подачу горючего, доведя показания обоих тягомеров до нормы
Нормально	Нормально			
Мало	Нормально	Или толст слой	Поднятием заслонки довести показания диференциального тягомера до нормы. При следующем забрасывании уменьшить толщину слоя	Поднятием заслонки довести показания диференциального тягомера до нормы. Уменьшить подачу за счет толщины слоя
		Или зашлаковалась решетка	Прорезать колосниковую решетку	Прорезать колосниковую решетку
Мало	Велико	Или слой толст	Уменьшить толщину слоя	Уменьшить толщину слоя
		Или зашлаковалась решетка	Прорезать колосниковую решетку	Прорезать колосниковую решетку

НБ УДУНТ (ДІТ)

Если топка работает с дутьем, то сопротивление слоя измеряется разностью давлений дутья и в топке. Следовательно, топочный тягомер должен испытывать давление со стороны дутьевого воздуха (а не наружного), для чего его открытый (при тяге) конец необходимо соединить с поддувалом. Таким путем мы узнаем, насколько давление дутья превышает давление в топке, т. е. сопротивление слоя. Что касается пользования показаниями топочного тягомера применительно к инструкции, то все сказанное выше остается в силе.

ВОПРОСЫ

Где и как ставят топочный тягомер?

Что показывает топочный тягомер?

От чего зависят показания топочного тягомера?

Когда тягомер показывает больше: до забросни или после нее?

Меняются ли показания тягомера при прогарах или утонении слоя топлива?

Показывает ли тягомер больше при зашлаковании решетки?

Если решетка не зашлаковалась, то отчего тягомер может показывать большее (выше нормального) разрежение?

Как устанавливают диференциальный тягомер?

Показывает ли диференциальный тягомер разрежение в топке или в борове?

Что показывает диференциальный тягомер?

От чего зависят показания диференциального тягомера?

Если шибер стоит выше, чем следует, то как об этом судить?

Если диференциальный тягомер показывает много, а топочный тягомер мало, то какая неправильность в топке?

Диференциальный тягомер показывает мало, а топочный — много, что должен сделать кочегар?

Указать неправильности в работе котла, если диференциальный тягомер показывает разрежение выше нормального, а топочный — нормальное.

Диференциальный тягомер показывает мало, а топочный — нормально. Что следует сделать кочегару?

Пирометр

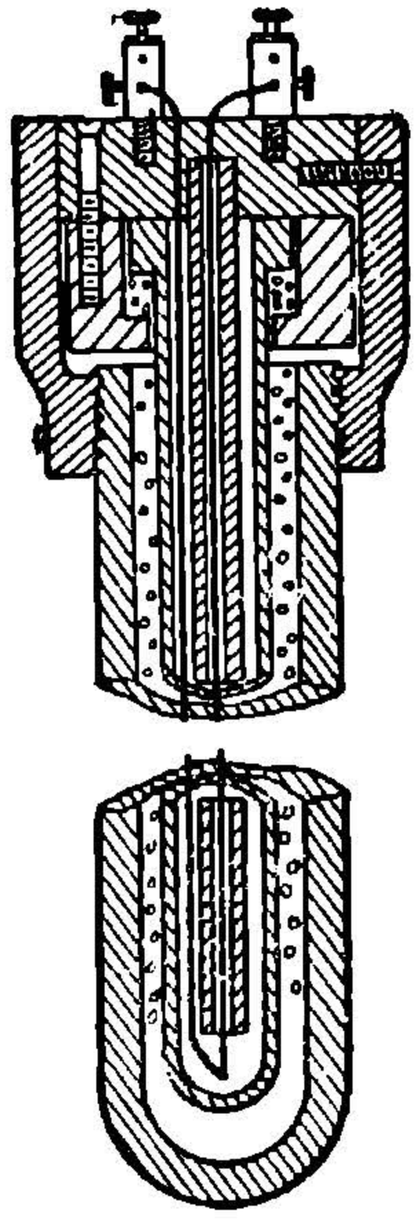
В разделе «Температура» был описан обыкновенный ртутный термометр. Его, как указывалось, можно применять для температур не свыше 350°, так как при 357° ртуть уже кипит. Но есть возможность пользоваться ртутью и для измерения более высоких температур. Для этого пространство над ртутью наполняют углекислотой или азотом под давлением. Вследствие давления над ртутью температура кипения значительно повышается. Такой термометр можно применять до 500°, свыше 550° начинает уже размягчаться стекло трубки.

В котельных для измерения температур часто применяют пирометры — приборы другого рода, действующие электричеством. В трубке такого пирометра лежат, не соприкасаясь одна с другой, две проволоки из разных металлов (или сплавов). На нижнем конце пирометра проволоки спаяны (фиг. 63). При нагревании места спайки в пирометре появляется слабый электрический ток, причем его сила (электродвижущая), как показал опыт, растет с повышением температуры места спайки. Следовательно, по силе тока можно судить и о температуре. Для этого пирометр снабжается прибором, стрелка которого отклоняется под дей-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ствием тока, получающегося в месте спайки. Чем выше температура, тем сильнее ток и тем больше отклонение стрелки от ее начального положения. Отклонение стрелки переводят на градусы, т. е. на соответствующую им температуру, и размечают по ним шкалу. Тогда стрелка прибора будет показывать измеряемую температуру.

Пирометром измеряют температуру отходящих газов за котлом, для чего его опускают в боров перед заслонкой по средней линии борова и приблизительно на середину открытого прохода по высоте. Если пирометр установлен неправильно, например слишком низко, то он может попасть в такое место, где газы застаиваются, и его показания будут неверны.



Фиг. 63. Пирометр.

Какая же температура газов бывает за котлом? Вообще желательно, чтобы она была возможно ближе к температуре воды у поверхности нагрева, т. е. к температуре ее кипения при давлении пара. Но на деле газы уходят из котла более горячими, так как уже при разнице температур между ними и водой в 50—60° передача теплоты идет плохо. В связи с этим обычно температура отходящих газов за котлом при нормальных условиях бывает между 250 и 300° Но температура отходящих газов может и значительно повышаться. Обычной причиной такого повышения бывают накипь и сажа на стенках котла. Передача теплоты через стенку от газов к воде ухудшается, и газы уходят из котла слишком горячими. Наблюдая за пирометром и замечая, что постепенно на протяжении нескольких недель или месяцев температура отходящих газов повышается, можно легко причиной этого признать образование накипи и загрязнение стенок сажей.

Газы уходят из котла более горячими при форсированной его работе, т. е. при работе с большой нагрузкой. Котел при такой работе испаряет много пара за счет сжигания большего количества топлива, т. е. за счет большего количества газов. Но газы в этом случае могут не успеть охладиться настолько же, как при средней нагрузке, и уйдут из котла с более высокой температурой.

Наконец, бывают случаи обвала в котле перегородок, разделяющих дымоходы. Через отверстие, получившееся в месте обвала, часть газов проходит более коротким путем из одного дымохода в следующий, не омывая уже поверхности нагрева. Они идут, как принято говорить, на прямой ход. Понятно, что в этом случае температура уходящих из котла газов остается высокой. Заметив по пирометру внезапное повышение температуры газов при обычных условиях работы, легко предположить, что произошел обвал в перегородках дымоходов.

НБ УДУНТ (ДІТ)

ВОПРОСЫ

До какой температуры могут применяться ртутные термометры обыкновенного устройства?

Как устраивают ртутные термометры для температур свыше 300°?

Как устроены и как действуют электрические пирометры?

Где и как ставят пирометр?

Какую примерно температуру имеют отходящие газы на выходе из котла?

Могут ли отходящие газы охладиться в котле до температуры кипения воды?

Отчего газы могут уходить из котла более горячими, чем нормально?

Всегда ли высокая температура газов указывает на отложение накипи и сажи на стенках котла?

Что значит «газы идут на прямой ход»?

Если замечено по пирометру внезапное повышение температуры отходящих газов, — что может быть причиной этого?

Анализ газов

В разделе «Горение топлива в топке котла» было выяснено, как важно кочегару добиваться полноты горения в топке, не расходуя излишнего количества воздуха. Но даже опытный кочегар, соблюдая все требования ведения топки и внешние признаки полного горения (цвет пламени, отсутствие дыма), точно не знает, в какой мере он достигает цели. В этом отношении кочегару могут помочь специальные приборы, которые определяют состав отходящих газов, именно процент углекислоты и процент кислорода в них. По составу же газов, как это дальше видно будет, легко определить полноту горения в топке точно, а не на-глаз, как это приходится делать при отсутствии упомянутых приборов.

Теория, как известно, указывает, что для полного горения необходимо прежде всего определенное количество воздуха, именно такое, чтобы каждая частица (атом) углерода могла соединиться с двумя частицами кислорода, сгорая в углекислоту (а не в окись углерода). Для водорода на каждые две его частицы необходима одна частица кислорода. Это количество воздуха может быть определено теоретически, и потому называется *теоретическим количеством воздуха*. Оно *есть наименьшее количество воздуха, необходимого для полного горения*, которое в топке получилось бы в том случае, если бы удалось добиться совершенно равномерного перемешивания воздуха с горящим топливом так, чтобы в одних местах не было недостатка воздуха за счет избытка в других.

Посмотрим, каков будет в этом случае состав отходящих газов, и нельзя ли будет по нему судить о полноте горения.

Состав газов в случае полного горения с теоретическим количеством воздуха

Допустим, что у нас топливо, состоящее исключительно из углерода (не считая баласта), например кокс или древесный

НБ УДУНТ (ДІІТ)

уголь. Имея полное горение при теоретическом количестве воздуха, мы израсходуем весь кислород, которого, как известно, в воздухе 21% по объему (например, из 100 *см*³ 21 *см*³ приходится на долю кислорода). Взамен кислорода в отходящих газах получится тоже 21% по объему углекислоты, так как вместо одного объема кислорода, израсходованного на горение, получается, как доказано, такой же объем углекислоты. Остальные 79% объема будет занимать азот.

Но в топливе бывает и водород, который берет часть кислорода для своего горения, и потому в отходящих газах углекислоты при полном горении получается не 21%, а может быть не более 18,5—20%, смотря по составу топлива. Ниже приведена табличка, которая показывает, сколько процентов углекислоты получается для разных твердых топлив в случае полного горения при теоретическом количестве воздуха. Обратим внимание на то, что цифры процентов не могут быть выше указанных в таблице, так как для горения использован весь кислород воздуха. Значит, процент углекислоты в отходящих газах при теоретическом количестве воздуха является наибольшим.

Примерный наибольший процент углекислоты для разных топлив равен:

для кокса и древесного угля .	21
„ дров	20
„ торфа	20
„ каменного угля	18,5
„ антрацита .	20
„ мазута	16

В этой табличке может обратить внимание следующее обстоятельство: дрова и торф дают процент углекислоты больший, чем каменный уголь, хотя водорода в них больше. Это объясняется тем, что дрова и торф имеют в своем составе и некоторое количество кислорода. Для мазута, в котором содержится больше всего водорода и почти не содержится кислорода, процент углекислоты наименьший.

На практике для полного горения необходим избыток воздуха

Можно ли, однако, добиться полного горения при теоретическом количестве воздуха? Как оказывается, нельзя, и по весьма простой причине. Воздух в топку поступает не совсем равномерно, так как куски топлива бывают разных размеров и неодинаково плотно укладываются по решетке, или толщина слоя не всюду одинакова. Вследствие этого будет излишний воздух там, где ему легче пройти через топливо, а в других местах воздуха будет недостаточно. Чтобы покрыть этот недостаток и тем обеспечить полноту горения по всей топке, необходимо пустить некоторый избыток воздуха против теоретического количества. Таким путем неполнота горения может быть устранена, но в топке окажется некоторый избыток воздуха, который, конечно, участвовать в горении уже не может.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Состав газов при полном горении твердых топлив с избытком воздуха

Каков же будет состав газов в этом случае? На горение углерода (и водорода) идет уже не весь объем кислорода, не все 21 объемных доли, а только часть их. Понятно, что и процент углекислоты не может уже равняться тому, который указан в табличке, а будет соответственно меньше. Разницу же составит неиспользованный, лишний кислород. Сложив процент углекислоты с процентом кислорода, мы приблизительно получим наибольший процент углекислоты, указанный в предыдущей таблице. Например, кочегар работает на каменном угле, и прибор, определяющий состав газов, укажет, что процент углекислоты равен, скажем, 14, а процент кислорода — 4,5. Сложив 14 с 4,5, мы получим указанные в таблице 18,5%.

Остальное будет приходиться на долю азота. Водяные пары (как содержавшиеся в топливе, так и получившиеся от горения водорода) во внимание не принимаются, так как в приборах, анализирующих газы, они конденсируются еще до анализа (см. ниже описание прибора Орса).

Определим попутно избыток воздуха в виде числа, показывающего, во сколько раз действительное количество воздуха в топке больше теоретического его количества. Пусть при анализе получилось, например, для дров, что процент углекислоты равен 10, т. е. приблизительно вдвое меньше наибольшего (указанного в таблице). Это могло получиться только вследствие того, что углекислота оказалась разбавленной двойным количеством воздуха. Если бы процент углекислоты оказался равен 7, то избыток воздуха был бы тройной. Значит, избыток воздуха при полном горении может быть определен делением наибольшего процента углекислоты на процент углекислоты, полученный при работе топки (действительный процент углекислоты).

Состав газов при неполном горении твердых топлив с избытком воздуха

На практике бывают случаи, когда сумма процентов углекислоты не сходится с табличкой, а оказывается меньшей. Например, скажем, для каменного угля получилось, что углекислоты — 15%, а свободного кислорода — 2,5%, всего 17,5%, по таблице же должно быть 18,5%. Такая неувязка указывает на то, что в отходящих газах есть окись углерода; на ее образование и пошел недостающий в сумме процент кислорода.

Какой же выход, если анализ дает неполную сумму, меньше указанной в таблице? Необходимо постепенно увеличить избыток воздуха в топке. Сумма процента углекислоты и кислорода будет увеличиваться и дойдет до требуемой величины. Это покажет, что достигнуто полное горение, притом при наименьшем избытке воздуха. Пускать сверх того воздух в топку не только нет надобности (ведь полное горение достигнуто), но даже вредно, так как лишний воздух только охлаждает топку и уносит с собой тепло в трубу.

Следовательно, в работе необходимо придерживаться наи-

НБ УДУНТ (ДІТ)

меньшего избытка воздуха, обеспечивающего полное горение (при данной нагрузке), а для этого требуется заметить тот процент углекислоты, который ему соответствует, и регулировать подвод воздуха так, чтобы он постоянно получался.

Для определения процента углекислоты и кислорода в отходящих газах существует уже упоминавшийся прибор, называемый газоанализатором Орса. Им действуют вручную. Пользуясь им при регулировании работы топки, определяют нормальный процент углекислоты. Постоянно же следить и придерживаться нормального процента углекислоты в отходящих газах можно, пользуясь приборами, называемыми автоматическими газоанализаторами, которые показывают его сами, без участия человека.

Если автоматический газоанализатор будет показывать нормальный процент углекислоты, значит, что горение в топке нормальное. Если процент углекислоты будет меньше нормального (скажем, вместо 15 будет 10), то ясно, что избыток воздуха чрезмерен. Если, наоборот, автоматический газоанализатор покажет слишком высокий процент углекислоты (скажем, вместо 15 будет 17), то, очевидно, избыток воздуха мал, и имеет место неполнота сгорания; избыток воздуха необходимо увеличить для достижения полноты горения.

Практика показала, что нормальный процент углекислоты колеблется в зависимости от рода топлива и устройства топки приблизительно в пределах от 12 до 15. Это значит, что при соответствующем топливе и в хорошо устроенной топке можно добиться полноты горения при меньшем избытке воздуха, вследствие чего процент углекислоты будет более высокий — около 15. При более плохих условиях в отношении топлива и топки нужен больший избыток воздуха, и процент углекислоты будет ниже — около 10—12. Разумеется, плохая работа кочегара может ухудшить эти цифры, как это видно из того, что рассказано про показания автоматического газоанализатора.

Ведя топку по автоматическому газоанализатору, кочегар должен вместе с тем наблюдать и за тем, как горит топливо, сопоставляя признаки полного горения с показаниями газоанализатора. Некоторые условия горения могут вводить в заблуждение, если всецело полагаться на газоанализатор. Если, например, в топке идет неполное горение, но где-нибудь на решетке прорывается воздух, то процент углекислоты снизится и может оказаться нормальным, хотя в топке неполное горение. Следя не только за газоанализатором, но и за горением топлива, кочегар будет точнее вести топку.

ВОПРОСЫ

Что называется теоретическим количеством воздуха?

Может ли быть полное горение, если количество воздуха меньше теоретического?

При каких условиях может быть получен наибольший процент углекислоты?

Может ли процент углекислоты равняться 21 для обыкновенного топлива?

НБ УДУНТ (ДІТ)

Может ли быть на практике достигнуто полное горение при теоретическом количестве воздуха?

Что такое избыток воздуха, и почему он необходим?

Полезен ли большой избыток воздуха?

Каков состав газов при полном горении с избытком воздуха?

Чему должна приблизительно равняться сумма процентов углекислоты и кислорода при полном горении (с избытком воздуха)?

Как высчитывается избыток воздуха при полном горении?

Что означает, если анализ газов дает неполную сумму процентов углекислоты и кислорода (меньше указанной в таблице)?

Какого процента углекислоты необходимо придерживаться, работая на данной топке?

Что определяет газоанализатор Орса?

Что определяет автоматический газоанализатор?

Если автоматический газоанализатор показывает процент углекислоты выше нормального, то на что это указывает?

Что должен сделать кочегар, если автоматический газоанализатор показывает процент углекислоты меньше нормального?

В каких приблизительно пределах колеблется нормальный процент углекислоты?

Прибор Орса для анализа газов

Устройство прибора

Анализ газов вручную производится, как уже указано было, прибором, называемым газоанализатором Орса. Для анализа из борова засасывают отходящие газы в прибор. В последнем для этой цели имеется сосуд вместимостью в 100 *см*³, разделенный черточками на кубические сантиметры (фиг. 64). Сосуд называется измерительным цилиндром, или бюреткой.

В приборе имеются также два других сосуда, наполненные особыми жидкостями. Одна жидкость способна поглощать (растворять в себе) углекислоту, другая — кислород. Эти сосуды называются поглощательными. Окись углерода непосредственно анализом не определяется, потому что нет раствора, надежно поглощающего ее.

Если газы (100 *см*³) из бюретки пропустить через первый поглощательный сосуд, то из них исчезнет, растворится в жидкости углекислота. Переведя газы обратно в измерительный цилиндр, мы увидим, насколько уменьшился их объем, т. е. узнаем, сколько в них было углекислоты. К примеру, объем газов уменьшился на 14 *см*³, что по отношению к 100 *см*³ составит 14%. Значит, в газах было 14% углекислоты. Если газы, лишенные углекислоты пропустить через второй поглощательный сосуд, то они останутся без кислорода. При обратном переводе газов в измерительный сосуд окажется, конечно, что объем их стал еще меньше, допустим, всего на 20 *см*³. Это будет общее уменьшение объемов за счет потери углекислоты и кислорода. Из этого количества 14 *см*³ приходится, как мы знаем, на долю углекислоты. Значит, на кислород остается 6 *см*³ (20—14), что по отношению к 100 *см*³ газов составит 6%.

Итак, мы определили, что в отходящих газах содержалось в нашем примере 14% углекислоты и 6% кислорода. Остальные 80% при полном горении составит азот.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Газоанализатор Орса имеет следующие части:

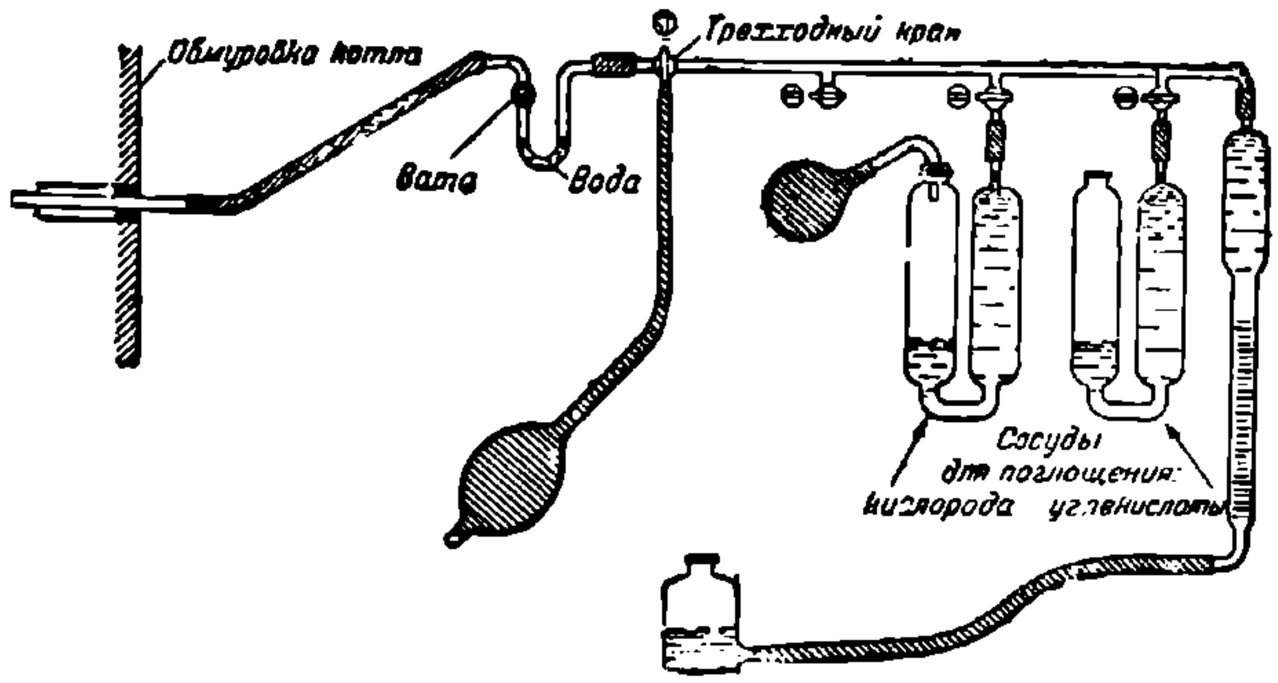
Измерительный цилиндр (бюретка), вмещающий 100 *см*³ и разделенный черточками на кубические сантиметры. Нижним концом измерительный цилиндр соединен при помощи резиновой трубки с склянкой, наполненной водой (фиг. 64). Поднимая склянку, можно воду перегнать в цилиндр и вытеснить из него газы, а опуская склянку, можно газы пустить обратно в цилиндр.

Измерительный цилиндр верхним концом сообщается с боровом через ряд следующих трубок:

1) металлическая заборная трубка, вставленная в боров перед заслонкой;

2) резиновая трубка, надетая одним концом на заборную, другим на коленчатую трубку;

3) коленчатая стеклянная трубка; в нее кладется вата, обычно стеклянная, для очистки газов от сажи, и наливается вода для охлаждения газов;



Фиг. 64. Схема ручного газоанализатора Орса.

4) тонкая стеклянная трубка, непосредственно сообщенная с измерительным цилиндром. К стеклянной трубке при посредстве отростков на ней примыкают также поглощательные сосуды. Они отъединяются от трубки обыкновенными кранами, поставленными на отростках. В одном поглощательном сосуде находится жидкость, растворяющая в себе углекислоту (раствор едкого кали — светлого цвета), в другом поглощательном сосуде находится жидкость, растворяющая в себе кислород (пирогалловая кислота — темного цвета).

Около входного конца стеклянной трубки поставлен особого устройства стеклянный кран, называемый трехходовым (фиг. 65). Он имеет в своей пробке два канала, из которых один обыкновенный поперечный, а второй, начинаясь как обычно (на боковой поверхности), повертывает потом вдоль пробки и выходит на ее торец. Будем называть эти каналы поперечным и торцевым.

На пробку с ее торца надета резиновая трубка с грушей, так что торцевой канал постоянно соединяется с грушей. Назначение груши — удалять перед каждым анализом газы, оставшиеся от предыдущего анализа.

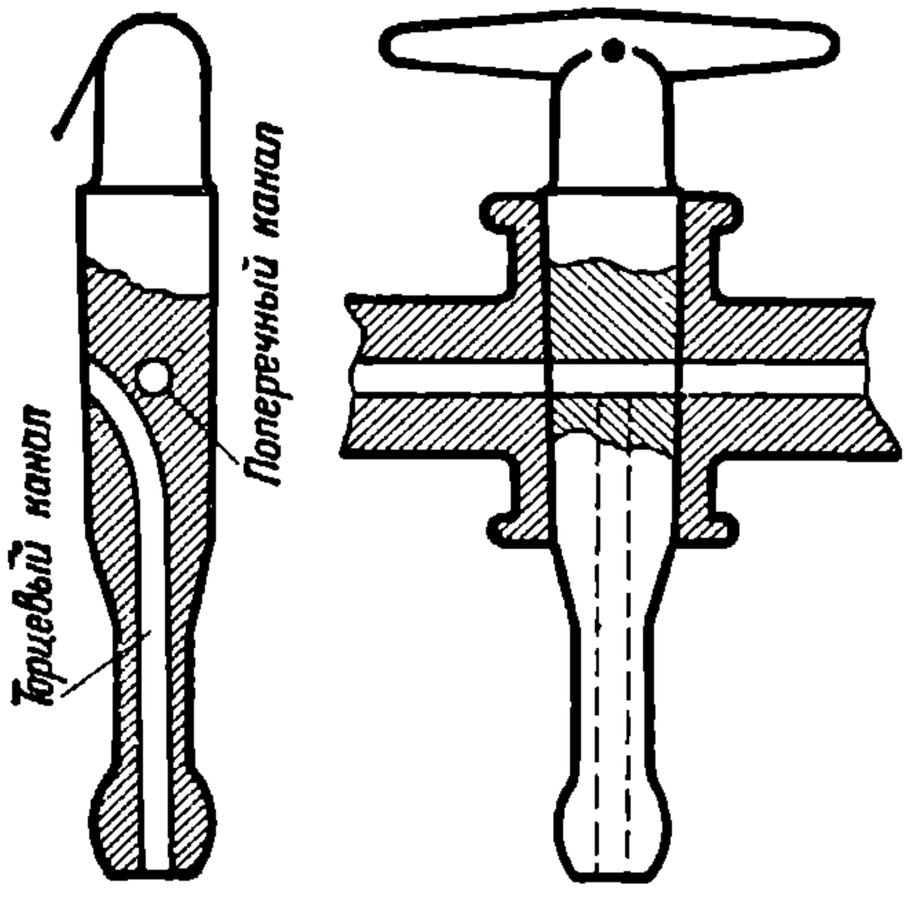
Из четырех положений, которые может занимать трехходовой кран, для работы важны два следующих:

НБ УДУНТ (ДІТ)

1) торцевой канал повернут входным отверстием к заборной трубке, т. е. заборная трубка соединена с грушей и отъединена от прибора;

2) поперечный канал поставлен (направлен) горизонтально и, следовательно, соединяет заборную трубку с прибором (торцевой канал входным концом направлен вверх).

Примечание. На ручке крана со стороны входа в торцевой канал имеется знак в виде пуговки. Если повернуть ее в требуемую сторону, то и торцевой канал будет туда же повернут.



Фиг. 65. Трехходовой кран газоанализатора Орса.

Производство анализа газов

Приготовление поглощающих растворов для газоанализатора

Раствор едкого кали. От 25 до 40 *г* едкого кали растворяют в 100 *см*³ кипяченой и отстоявшейся воды. Едкий кали растворяют постепенно, и помешивая воду. В противном случае сосуд может лопнуть от слишком быстрого нагревания воды, происходящего при растворении в ней едкого кали.

Раствор пирогаллола. 15 *г* пирогаллола растворяют в 30 *см*³ горячей воды и полученный раствор смешивают с 80 *см*³ раствора едкого кали, приготовленного, как указано выше.

Анализ газов начинается при первом положении трехходового крана. Сжимая и отпуская грушу, прокачивают через нее наружу старые газы, заполняющие резиновую и заборную трубки. После нескольких прокачиваний в них уже будут свежие газы.

Теперь нужно засосать эти свежие газы в бюретку. Она еще до начала анализа заполнена (до метки 100) водой из соединенной с ней склянки. После перевода трехходового крана во второе положение при опущенной склянке газы пойдут в бюретку, а вода из нее перельется в склянку. Необходимо взять в бюретку газов несколько больше 100 *см*³ — ниже нулевой (0) метки — и закрыть трехходовой кран, поставив его в первое положение.

НБ УДУНТ (ДІТ)

Теперь можно точно отметить в бюретке 100 *см*³ газов при атмосферном давлении. Для этого открывают кран на свободном отростке и осторожно подводят склянку к бюретке так, чтобы уровни воды в них совпали с нулевой чертой (значит, и между собой). Лишний газ уйдет через кран, который нужно тут же закрыть.

Покончив с забором газов, приступают к непосредственному анализу, для чего нужно пропустить газы через поглощательные сосуды (называются также сифонами). До этого времени краны сифонов должны быть закрыты, а передний сосуд каждого сифона должен быть заполнен жидкостью доверху, до метки на отростке (ниже будет указано, как это делается). Если бы жидкость стояла не у метки, а ниже, то эта часть сосуда была бы заполнена старыми газами, которые при открытии крана смешались бы со свежими и сделали бы анализ неверным.

Открывают кран на первом сифоне и поднимают склянку. Вода переливается в бюретку, вытесняя газы в сифон, где из них жидкость поглощает углекислоту. Но для лучшего поглощения необходимо газы и жидкость хорошо перемешивать между собой, поэтому газы опусканием склянки перегоняют обратно в бюретку, а потом снова в сифон. Таких перекачиваний делают 3—5. Передний сосуд сифона наполнен тонкими стеклянными трубочками, а так как жидкость в нем во время перекачиваний опускается и поднимается, то трубки способствуют лучшему поглощению углекислоты. Именно, они смачиваются жидкостью и дают большую поверхность для поглощения газа, когда он проходит между трубками.

Примечание. Необходимо следить за тем, чтобы при поднимании в переднем сосуде уровень жидкости не перескочил за метку на отростке, т. е. чтобы жидкость не смочила крана. Это сделало бы прибор непригодным для дальнейшей работы, пока кран и стеклянная трубка не были бы отмыты от жидкости. Поэтому нужно следить за поднимающимся уровнем, и, когда он приближается к метке, замедлить движение склянки.

Проделав необходимое число перекачиваний, переводят газы в бюретку, а кран сифона запирают, доведя жидкость предварительно до метки. Теперь остается выяснить, сколько процентов углекислоты было в газах. Для этого подводят склянку к бюретке так, чтобы вода в них стала на одном уровне, причем он уже будет не на 0, а выше, ввиду того что объем газов уменьшился. Деление, против которого встанет уровень, укажет, сколько кубических сантиметров углекислоты находилось в газах, а вместе с тем и ее процент (так как анализируется 100 *см*³ газов).

Для проверки полученного отсчета следует сделать еще одно перекачивание газов в сифон и убедиться, что получится тот же процент углекислоты, а не больше. В последнем случае нужно еще один-два раза перекачать газ в сифон, пока процент пере-

НБ УДУНТ (ДІТ)

станет увеличиваться, т. е. вся углекислота поглотится полностью.

Таким же способом производят поглощение кислорода из газов, пользуясь для этого вторым сифоном с темной жидкостью. Количество перекачиваний при этом должно быть несколько больше (5—7).

Оставшийся после анализа газ удаляют из измерительного цилиндра обратно в дымоход, открыв для этого трехходовой кран, или прямо в воздух, если на стеклянной трубке есть лишний краник.

Воду в измерительном сосуде доводят до верхней метки, и прибор готов для анализа новой порции газа.

Произведенный анализ дает: 1) процент углекислоты, поглощенной светлой жидкостью (раствор едкого кали), и 2) сумму процентов углекислоты и кислорода, поглощенного темной жидкостью (пирогалловая кислота).

Как уже подробно разобрано было, процент углекислоты и кислорода позволяет сказать, было ли в топке полное горение, а процент одной углекислоты позволяет определить избыток воздуха.

ВОПРОСЫ

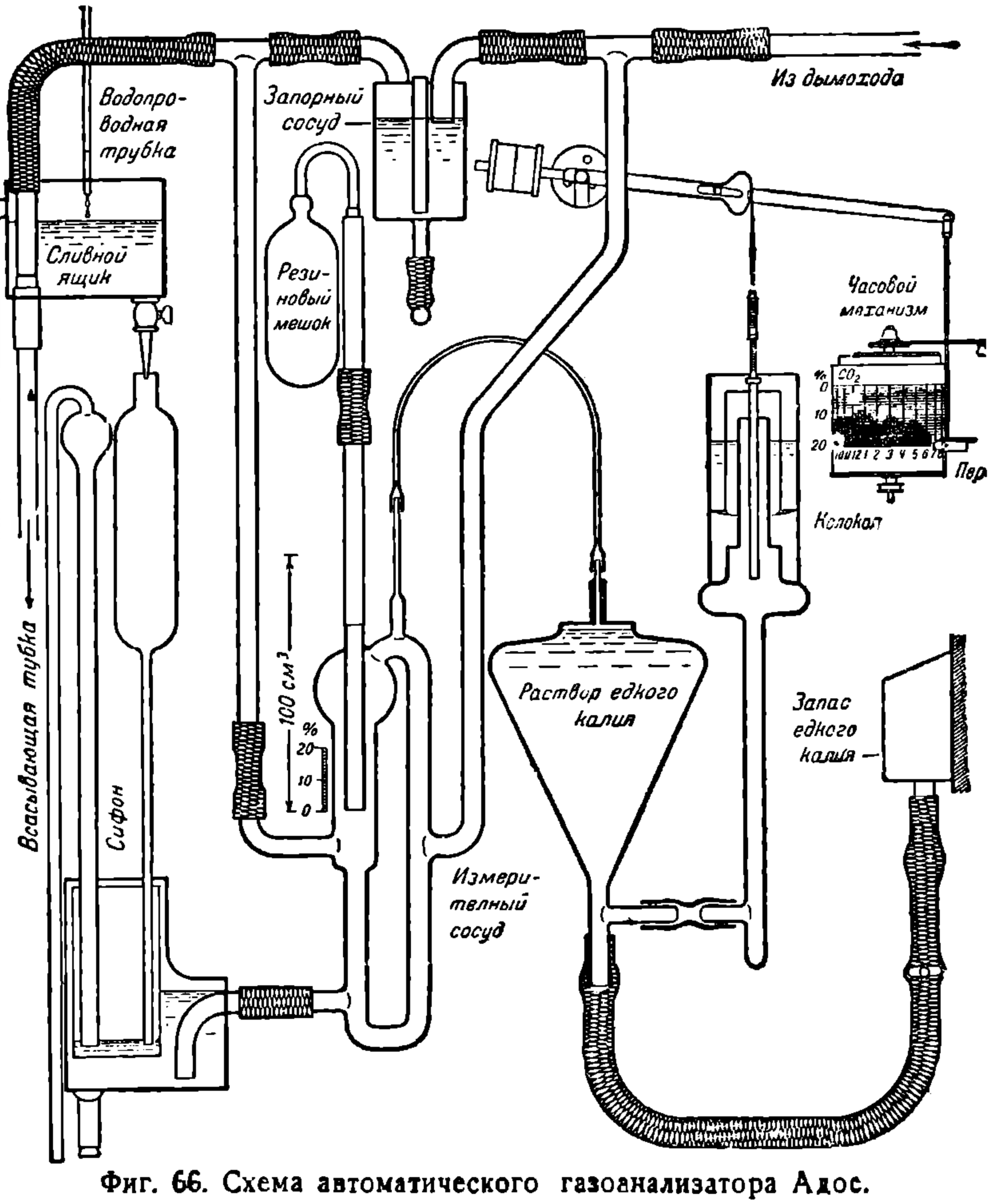
В чем состоит общее устройство и действие прибора Орса?
Как забираются в измерительный цилиндр газы?
Как перегоняются газы из измерительного сосуда в поглощательные?
Какая жидкость применяется для поглощения углекислоты?
Какая жидкость находится во втором поглощательном сосуде, и какой газ она поглощает?
Как устроен трехходовой кран?
Сколько положений у трехходового крана и какие из них нужны при анализе?
Что нужно сделать до начала анализа?
Как набрать в бюретку свежие газы и отмерить 100 $см^3$ их?
Где должен быть уровень жидкости в поглощательных сосудах, пока они бездействуют (до открытия крана на отростке)?
Как перегоняют газы в поглощательный сосуд?
Сколько приблизительно раз необходимо перегонять газы из бюретки в поглощательный сосуд и обратно для полного поглощения углекислоты?
После поглощения углекислоты как определить процент углекислоты, бывшей в газах?
Как определяется процент кислорода в газах?

Автоматический газоанализатор Адос

Действие этого прибора так же, как и ручного газоанализатора Орса, основано на поглощении углекислоты из дымовых газов; но устроен газоанализатор Адос так, что действует автоматически (без помощи человека), производя анализ приблизительно каждые 5 минут. Прибор при помощи довольно сложного устройства (описанного подробно ниже) засасывает из борова газы, отмеряет их 100 $см^3$ и переводит в поглошательный сосуд с раствором едкого кали (фиг. 66). Углекислота поглощается едким кали (растворяется в нем), а азот с кислородом перегоняются под колокол, плавающий в жидкости, вследствие чего он

НБ УДУНТ (ДІТ)

всплывает выше. Посмотрим, на какую высоту поднимется колокол. Процент азота в газах для данного топлива почти постоянен (с округлением 80%), т. е. постоянен и его объем в засасываемых газоанализатором порциях газов. Следовательно, подъем колокола, приходящийся на долю азота, всегда одинаков, и его можно не принимать во внимание. Зато в газах меняется процент кислорода (в зависимости от процента углекислоты). Поэтому и



Фиг. 66. Схема автоматического газоанализатора Адос.

подъем колокола будет при каждом отдельном анализе меняться по проценту кислорода. Больше кислорода — выше подъем колокола, и обратно. Колокол действует на рычажок с пишущим пером которое пишет на бумажной ленте черточки.

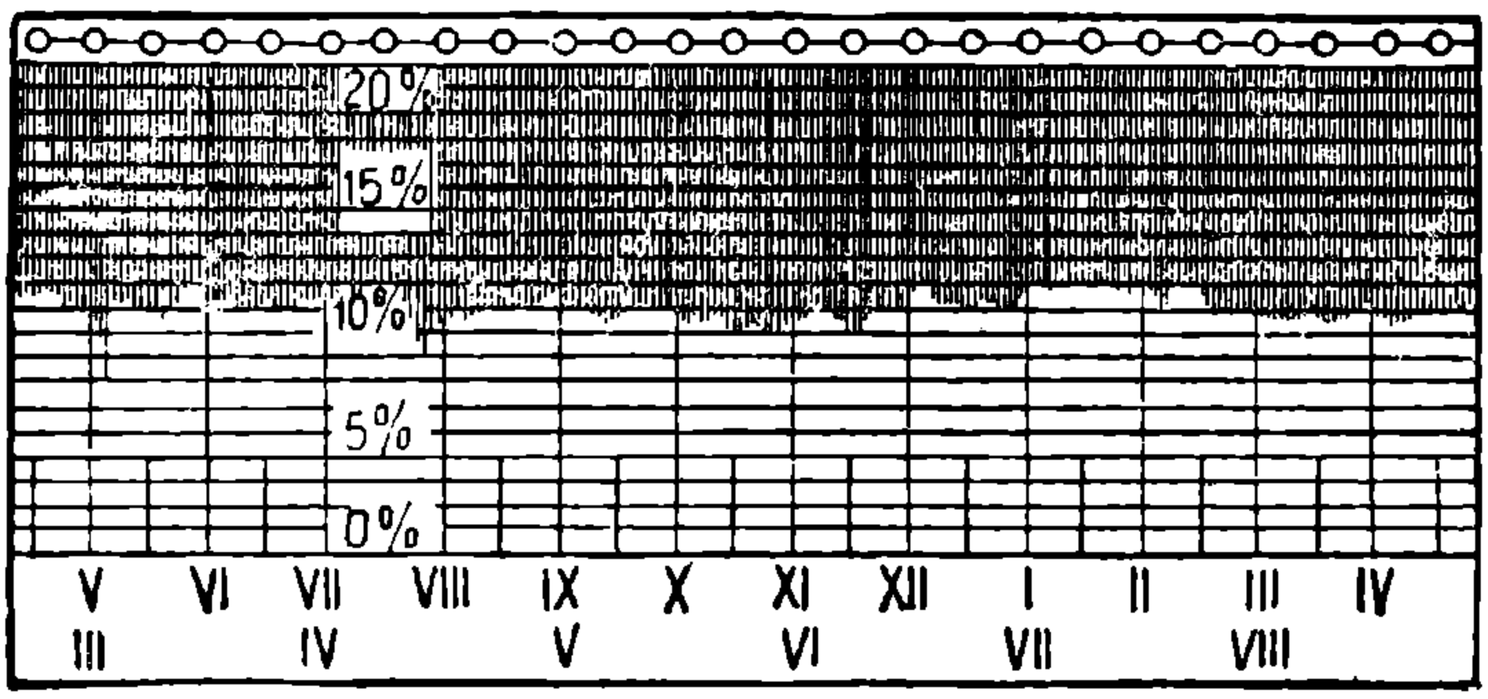
В поперечном направлении лента разделена на 20 делений — полосок (фиг. 67). Двадцать делений — это 20% углекислоты и кислорода, которые бывают в газах. Пишущее перо колокола

НБ УДУНТ (ДІІТ)

проводит на ленте черту, по количеству делений соответствующую проценту кислорода (при полном сгорании). Например, если в газах 7% кислорода, то черта будет в 7 делений. На ленте останется отрезок в 13 делений, он и покажет процент углекислоты в газах.

Лента надета на цилиндр, вращаемый помещенным внутри часовым механизмом. Лента в течение каждого часа поворачивается на определенный отрезок.

Черточки, проводимые газоанализатором, ложатся одна около другой, и по их концам получается, как говорят, кривая углекислоты. Это — волнообразная линия, имеющая то впадины, то выступы, а местами идущая прямо. Эти впадины и выступы получаются вследствие того, что процент углекислоты в газах меняется. Если избыток воздуха увеличивается, то процент угле-



Фиг. 67. Диаграмма автоматического газоанализатора.

кислоты падает и кривая опускается. Обратно, если избыток воздуха уменьшается, то процент углекислоты увеличивается, и кривая поднимается сверху. Наблюдая эту кривую, кочегар может точно видеть, что происходит в топке, и вообще контролировать свою работу. Кривая — это, так сказать, немой свидетель того, как ведется работа топки. При правильной работе пики (выступы, колебания вверх и вниз) кривой невелики, и в общем кривая сравнительно мало отклоняется от прямой линии. При работе на механических решетках получается почти прямая линия, совпадающая с нормальным процентом углекислоты для топки. Нормальный процент, как указывалось, устанавливается при регулировании топки с помощью газоанализатора Орса.

Газоанализатор Адос имеет следующие основные части (фиг. 66):

1. Устройство для забора (засасывания) газов из борова за котлом.

2. Измерительный сосуд, куда поступают газы.

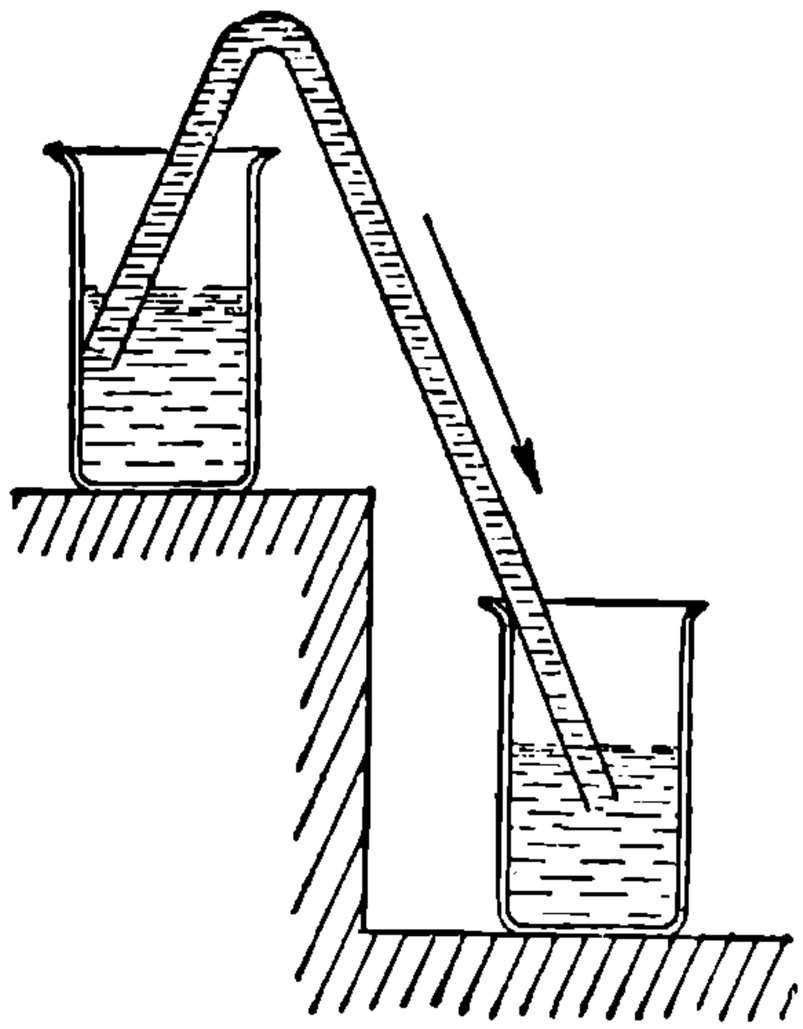
3. Устройство, действующее на измерительный сосуд; оно перегоняет из него газы в поглощательный сосуд

НБ УДУНТ (ДІІТ)

4. Поглощательный сосуд. содержащий раствор едкого кали; в сосуде углекислота поглощается едким кали.

5. Пишущий прибор.

Силу для действия всего прибора дает вода, которая течет в сливную коробку из водопровода. Через коробку пропущена трубка, соединенная с боровом котла. Вода из коробки стекает в трубку через отверстие в ней на уровне дна коробки. Стекая в трубку, вода создает над собой разрежение, вследствие которого в трубку засасываются газы из борова. Иначе говоря, вследствие подсасывающего действия воды давление в трубке уменьшается против давления в борове, и газы идут в трубку. Из нее же по ответвлению газы попадают в измерительный сосуд.



Фиг. 68. Схема действия сифона.

Измерительный сосуд соединен с поплавковой камерой, наполненной водой, в которой плавает поплавок в виде коробки без крышки.

В поплавок льется вода сверху из сливной коробки. Поплавок, опускаясь, вытесняет воду из камеры в измерительный сосуд. Вода, поднимаясь в измерительном сосуде, последовательно производит три действия:

1. Отъединяет сосуд от трубки, по которой в него попадают газы. Это происходит тогда, когда, поднимаясь, вода перекрывает место соединения трубки с сосудом.

2. Отделяет в сосуде 100 $см^3$ газов. Это происходит тогда, когда вода перекрывает конец впущенной в измерительный сосуд трубки, которая служит для вытеснения через нее в резиновый мешок излишнего количества газов. Объем в сосуде на уровне конца этой трубки как раз равен 100 $см^3$.

3. Поднимаясь выше, вода постепенно вытесняет газы из измерительного сосуда в поглощательный. Несколько ниже мы перейдем к рассмотрению того, что происходит в это время в поглощательном сосуде, а пока закончим рассмотрение движения воды.

НБ УДУНТ (ДІТ)

Когда вода заполнит весь измерительный сосуд, ее подъем прекращается, и она начинает опускаться. Происходит это потому, что из поплавка в камере сифон в этот момент отсасывает воду; поплавок сразу делается легким и всплывает в камере, вследствие чего вода из измерительного сосуда переливается обратно в поплавковую камеру.

Примечание. Сифоном называется изогнутая коленом трубка, при помощи которой вода переливается из одного сосуда в другой, ниже расположенный. Для этого наполненная водой трубка должна быть опущена коротким коленом в верхний сосуд, а длинным коленом — в нижний (фиг. 68).

Теперь рассмотрим, что происходит в то время, когда вода вытесняет газы из измерительного сосуда в поглощательный. Газы проходят через раствор едкого кали, который обладает способностью поглощать углекислоту. Азот же с кислородом из поглощательного сосуда попадают под колокол, плавающий в жидкости. Подъем колокола соответствует объему кислорода, так как объем азота постоянен. Колокол приводит в движение рычажок пишущего пера, которое наносит на ленте черту, соответствующую проценту кислорода, а остальная часть отрезка дает процент углекислоты.

ВОПРОСЫ

В чем состоит общее устройство автоматического газоанализатора Адос?
Сколько делений имеется на ленте газоанализатора?
Чему соответствует длина (число делений) черты, проведенной пером газоанализатора?
Что показывают деления, оставшиеся незачерченными?
На что указывают впадины на кривой углекислоты?
В каком случае получаются выступы на кривой углекислоты?
Какой вид должна иметь кривая углекислоты при правильной работе топки, и где она должна проходить в этом случае?
Как получается разрежение в приборе, необходимое для засасывания газов в измерительный сосуд?
Что происходит при опускании поплавка по мере наполнения его водой из сливного ящика?
Почему вода, вытеснив из измерительного сосуда газы, не перетекает из него в сосуд с раствором едкого кали?
Куда переходят газы после поглощения углекислоты?
Почему подъем колокола соответствует проценту кислорода?

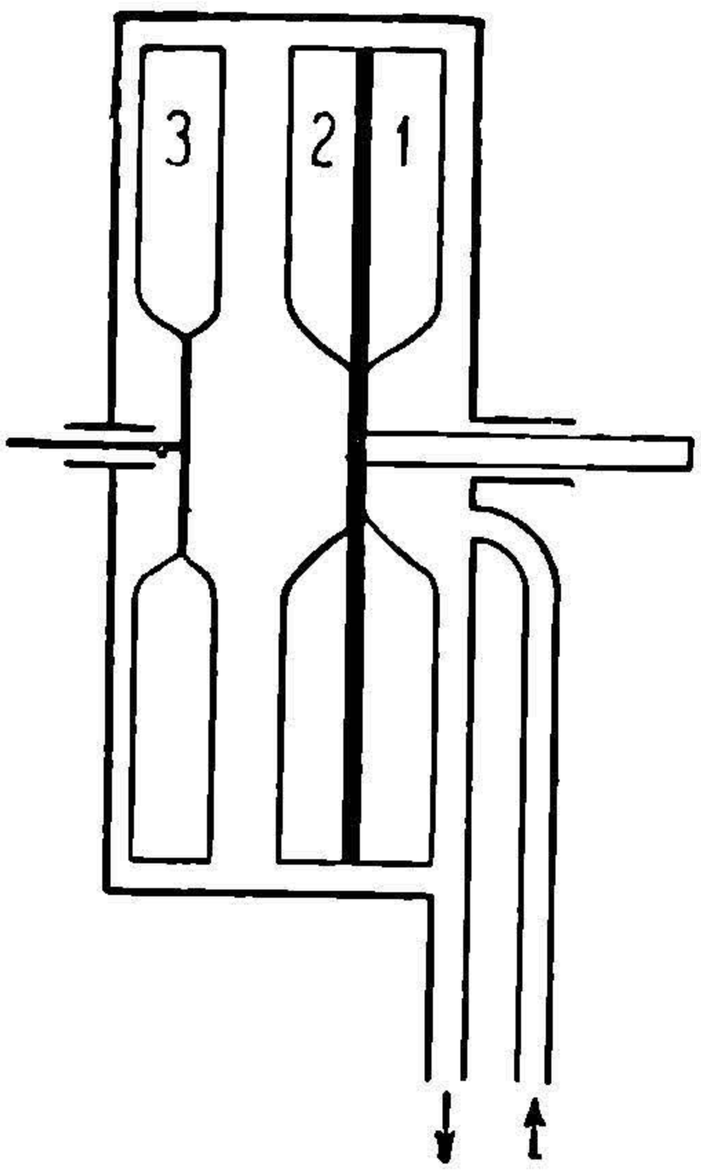
Автоматический газоанализатор Ранарекс

Автоматический газоанализатор Адос делает анализ примерно раз в 5 минут, и показания его запаздывают. Существуют газоанализаторы, которые производят анализ непрерывно. Кочегар в любой момент видит, что у него делается в топке.

Эти газоанализаторы действуют не химическим способом (поглощением углекислоты раствором едкого кали), а способами, основанными на физических свойствах газов. Например, действие газоанализатора Ранарекс основано на том, что плотность углекислоты приблизительно в 1½ раза больше плотности воздуха, т. е. 1 $см^3$ углекислоты в 1½ раза тяжелее 1 $см^3$ воздуха.

НБ УДУНТ (ДІТ)

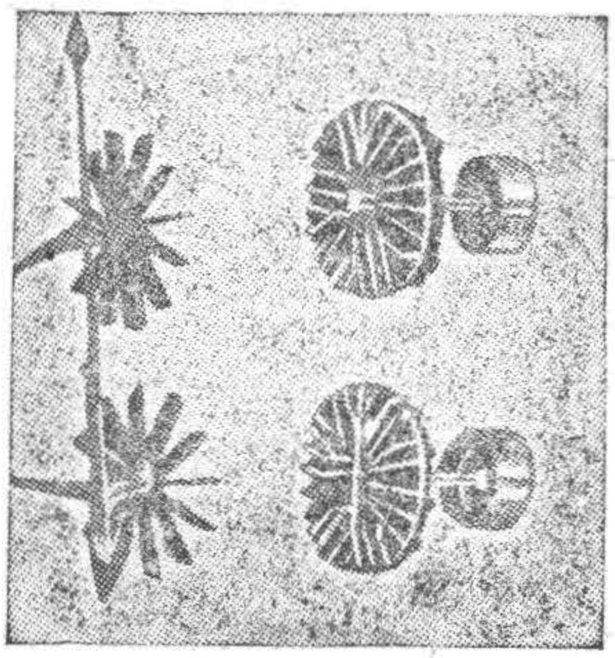
Действие газоанализатора заключается в том, что сравнивают напор (давление) движущихся газов, содержащих углекислоту, с напором движущегося воздуха. Вследствие содержания в газах более плотной углекислоты их напор больше, чем напор воздуха. Разница в напорах увеличивается с увеличением процента углекислоты.



Фиг. 69. Схема устройства автоматического газоанализатора Ранарекс.



Фиг. 70. Газоанализатор Ранарекс.



Фиг. 71. Детали газоанализатора Ранарекс.

Для получения, восприятия и сравнения напоров служит следующее устройство:

Напор газов получают в камере (фиг. 69), в которой имеется вентиляторный диск *1—2* и крыльчатка *3*. Вентиляторный диск вращается от электромотора, засасывает из борова газы и гонит

НБ УДУНТ (ДІТ)

их своими лопатками на крыльчатку *3*, которая стремится вращаться.

Под газовой камерой расположена точно такая же камера, но вращающийся в ней диск засасывает и гонит на свою крыльчатку воздух. Расположение вентиляторных дисков и крыльчаток видно на фиг. 70 и 71.

Газовая и воздушная крыльчатки стремятся вращаться в разные стороны, а их оси связаны между собой шарнирным механизмом, так что они действуют одна на другую. Газовая крыльчатка, на которую давят газы, более плотные, чем воздух, заставит повернуться воздушную крыльчатку в обратную сторону противу той, куда она стремится вращаться. По углу поворота можно судить о процентном содержании углекислоты. Для этого на оси воздушной крыльчатки насажена стрелка, а над ней помещается шкала. На шкале нанесены цифры, указывающие проценты углекислоты в газах.

Газоанализатор Сименса

Газоанализатор Сименса имеет следующее устройство.

Тонкая платиновая проволочка нагревается электрическим током. Движущиеся вокруг проволочки дымовые газы охлаждают ее. Степень охлаждения (понижения температуры) зависит от состава газов. Именно азот и кислород охлаждают проволочку одинаково, а углекислота почти вдвое меньше. В общем охлаждение проволочки зависит от процента углекислоты в газах. С увеличением процента углекислоты охлаждение становится меньше, т. е. температура проволочки повышается, с уменьшением процента углекислоты газы сильнее охлаждают проволоку и температура ее понижается.

Металлы, в частности платина, оказывают некоторое сопротивление проходящему через них электрическому току. Сопротивление это зависит от температуры, именно если температура металла выше, то сопротивление прохождению тока несколько больше.

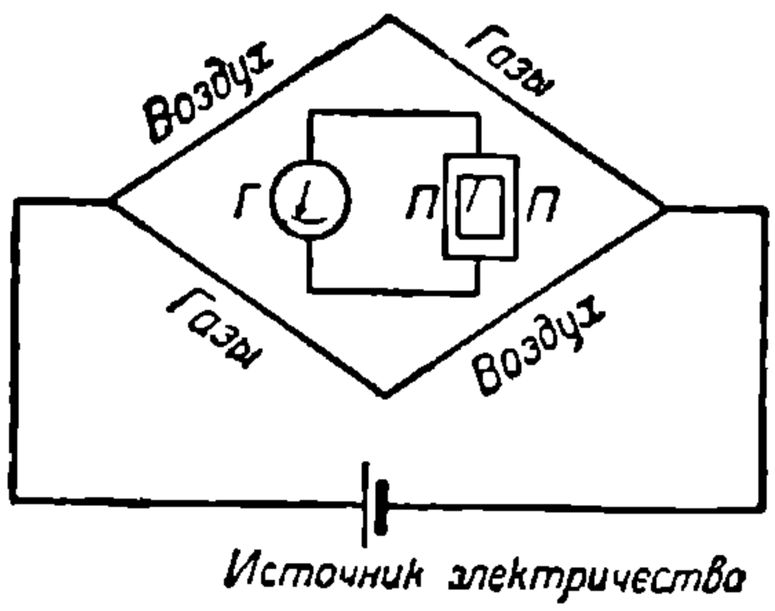
Из предыдущего ясно, что при увеличении процента углекислоты в газах температура платиновой проволочки повышается, а вместе с тем увеличивается и ее сопротивление электрическому току. И обратно, при уменьшении процента углекислоты в газах уменьшается и сопротивление проволочки. Измеряя сопротивление проволочки, можно вместе с тем судить о проценте углекислоты.

С целью устранения влияния температуры воздуха в котельной на температуру газов, поступающих в прибор, проволочка приблизительно на половине своей длины охлаждается воздухом. Измерение сопротивлений практически производят, пользуясь двумя проволочками и гальванометром, соединяя их между собой в порядке, называемом в электротехнике мостиком Уитстона. Расположение источника электричества для нагрева проволочек, гальванометра и самых проволочек показано на фиг. 72. Сопро-

НВ УДУНТ (ДІІТ)

тивление проволочек электрическому току будет меняться, как указано, в зависимости от процента углекислоты. С изменением сопротивления будет соответственно отклоняться стрелка гальванометра. Шкалу гальванометра переводят и размечают на проценты углекислоты, чем избегаются всякие пересчеты для пользующихся газоанализатором.

Газоанализатор Сименса измеряет также процент окиси углерода, если она оказывается в газах. Для этой цели газы пропускаются через трубку, внутри которой натянута платиновая проволочка, нагреваемая электрическим током до 400°. Соприкасаясь с нагретой платиновой проволочкой, окись углерода воспламеняется (при более низкой температуре, чем в обычных условиях) и сгорает. Выделяющаяся при сгорании окиси углерода теплота повышает температуру проволочки; при этом сопротивление проволочки проходящему через нее току увеличивается. Следовательно, сопротивление проволочки зависит от количества (процента) окиси углерода в газах. Шкала гальванометра переведена и размечена непосредственно на проценты окиси углерода.



Фиг. 72. Схема газоанализатора Сименс.

ВОПРОСЫ

В чем отличие автоматического газоанализатора системы Ранарекс от газоанализатора Адос?

Почему отходящие газы имеют больший напор при движении, чем воздух?

Как получается напор газа и воздуха?

Чем воспринимается напор газов?

На каком свойстве газов основано действие газоанализатора Сименса?

Опишите газоанализатор Сименса.

12. Потери в котле. Коэфициент полезного действия котла

Может ли быть теплота, заключенная в топливе, полностью использована в паровом котле, т. е. можно ли ее целиком передать воде? Допустим, что сжигается топливо с теплотворной способностью в 7 000 *кал*. Даст ли 1 *кг* заброшенного в топку топлива 7 000 *кал* тепла, и перейдут ли они целиком к воде?

В этой главе приходилось много говорить о полном горении и его значении и о тех условиях, которые необходимы для его

НБ УДУНТ (ДІІТ)

достижения. Таких условий четыре, а именно: достаточное количество воздуха (нормальный избыток воздуха), хорошее перемешивание воздуха с топливом, высокая температура в топке и, наконец, правильное устройство топки. На практике соблюсти все эти условия не всегда удается. Если хотя бы одно из них в полной мере не соблюдено, то в топке получается неполнота горения. Вследствие неполного горения топливо не дает своей полной теплопроизводительности. Например, в нашем примере 1 *кг* топлива выделит не 7 000 *кал*, а, скажем, 6 800, т. е. на 200 *кал* меньше, чем следует. Если пересчитать эту потерю на проценты (200 по отношению к 7 000), то получим, что в нашем случае теряется 3% тепла вследствие неполноты горения. Итак, первая потеря, с которой мы имеем дело в топке котла, — это потеря от неполноты горения, или иначе—химического недожога топлива. Эта потеря в большой мере зависит от кочегара и при небрежной работе может доходить до 10—12%. Не заботясь о достаточном количестве воздуха, хорошем перемешивании воздуха с топливом и высокой температуре в топке согласно тем указаниям, которые даны в этой главе, кочегар вызывает или увеличивает неполноту горения в топке.

Когда чистят решетку от золы и шлаков, то в выгреб попадают куски раскаленного топлива; при небрежности кочегара несгоревшего топлива в выгребе может оказаться довольно много. В золе, которая удаляется из зольника, находится мелочь топлива, провалившаяся туда через прозоры решетки. Часть мелочи при сильном дутье (или большом разрежении) уносится из слоя в дымоходы, где она скопляется несгоревшей. Значит, в топке имеется вторая потеря тепла — от провала, уноса и выгреба недогоревшего топлива. Эта потеря доходит иногда до 3—5%, а при штыбе она значительно больше.

Газы, проходя по дымоходам, нагревают кладку котла. Она в свою очередь нагревает воздух в котельной, отчего в последней бывает очень жарко, несмотря на непрерывную смену воздуха. Тепло, теряемое газами в котельную, называют потерей от лучеиспускания обмуровки. Эта потеря в котлах малой мощности доходит до 8—10%.

Газы, двигаясь в дымоходах и отдавая стенкам котла свою теплоту, охлаждаются и уходят из котла, имея температуру примерно в 250—300°.

Чтобы использовать уносимую газами теплоту, на их пути ставят обычно экономайзер. Он, как известно, служит для подогрева питательной воды и дает возможность благодаря своему устройству охлаждать газы после котла, и тем больше, чем ниже температура питательной воды (см. раздел «Экономайзер»).

Однако и в экономайзере газы нельзя охлаждать слишком сильно (низко), — предел охлаждения зависит от количества водяных паров в газах. При чрезмерном охлаждении водяные пары конденсируются на трубках и вызывают их ржавление. Поэтому при работе на искусственной тяге температуру газов после экономайзера можно в среднем считать около 120°. При естествен-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ной тяге температура отходящих газов не должна быть ниже 150° (для нормального действия тяги).

Значит, газы неизбежно уносят с собой в трубу некоторое количество теплоты. Эта четвертая по счету и последняя потеря называется потерей с отходящими дымовыми газами. Она доходит до 20—25% и, как и первая потеря (от неполноты горения), сильно зависит от работы кочегара. Именно, работая на большом избытке воздуха, кочегар увеличивает общее количество газов за счет излишнего воздуха. Но понятно, что чем больше газов уходит в трубу, тем больше количество теплоты, уносимой ими с собой.

Потеря с уходящими дымовыми газами зависит также от того, чиста ли поверхность нагрева у котла и экономайзера, или она покрыта изнутри накипью и сажей и золой — снаружи. В последнем случае газы отдают меньше тепла воде, так как тепло хуже проходит через загрязненные стенки. Вследствие этого газы уходят в трубу более горячими, т. е. потеря в трубу увеличивается.

Итак, оказывается, что не вся теплота сжигаемого топлива используется в котле. Часть теплоты не выделяется вследствие неполного горения топлива и провала, уноса и выгреба жара, и часть теряется через обмуровку котла и вне его — в дымовую трубу.

Как показывают испытания котельных установок, из каждых 100 *кал* тепла сжигаемого топлива лишь от 60 до 80 *кал* идут на выработку (и перегрев) пара, а остальные 40—20 *кал* бесполезно теряются. Значит, в котлах используется от 60 до 80% тепла, заключенного в топливе, а 40—20% тепла уходит на потери. По проценту использованного тепла мы можем судить, хорошо или плохо работает котел. Процент использованного тепла называют коэфициентом полезного действия (к. п. д.) котельной установки, т. е. числом, показывающим степень ее полезного действия.

Для котельной установки 80% — хороший к. п. д., а 60%— плохой (низкий).

Как определяется коэфициент полезного действия

Для определения к. п. д. котла производят его испытание и высчитывают отдельно каждую потерю в процентах. Это довольно сложное и по производству и по расчетам испытание. Но зато оно дает возможность узнать, насколько велика каждая потеря в отдельности, и, выяснив это, принять меры к их уменьшению.

Можно произвести также и более простое испытание котла, дающее возможность определить его к. п. д. Однако при упрощенном испытании отдельные потери котла остаются неизвестными, известна лишь их сумма, которая легко определяется вычитанием к. п. д. из 100. Испытание заключается в следующем.

За определенный промежуток времени, например за смену, измеряют расход топлива и расход воды. Будем пока считать, что

НБ УДУНТ (ДІІТ)

во время испытания вода поступает в экономайзер или котел при одной и той же температуре, а пар поддерживается при одинаковом давлении. Зная количество сожженного топлива и его теплотворную способность, мы легко можем определить, сколько тепла должно выделить топливо (при условии полного сгорания). Допустим, что у нас сожжено за время испытания 5 000 *кг* антрацита с теплотворной способностью 7 000 *кал*. Следовательно, сожженный антрацит должен дать 35 000 000 *кал* тепла.

По начальной температуре воды и давлению пара легко определить, сколько тепла требуется, чтобы 1 *кг* воды превратить в пар данного давления. В нашем случае, допустим, начальная температура питательной воды 30°, а пар давлением в 10 *ати*. Находим по табл. 2, что полная теплота парообразования от 0° равна 665 *кал*. Так как у нас вода при 30°, то 30 *кал* нужно откинуть. Значит, в нашем примере требуется 635 *кал* для превращения 1 *кг* воды при 30° в пар давления в 10 *ати*. Подсчитаем теперь, сколько можно было бы получить пара, если бы все тепло было использовано, т. е. если бы котел работал без всяких потерь. Для этого надо разделить количество тепла сожженного топлива на полную теплоту парообразования. Делим 35 000 000 : 635 = 55 120 *кг* и получаем, что котел при условии отсутствия всяких потерь дал бы 55 120 *кг* пара (за время испытания). В действительности же мы знаем по расходу воды, что получено 38 650 *кг* пара. Высчитаем, сколько процентов составляет действительно полученный пар от полного количества пара, для чего нужно разделить 38 650 на 55 200 и полученную дробь перевести в проценты, умножив ее для этого на 100. Проделываем указанное: $\frac{38\,650}{55\,120} \times 100 = 70\%$. Таким образом мы получили, что котел испаряет 70% пара от того количества, которое было бы испарено при отсутствии всяких потерь. Этот процент, понятно, есть вместе с тем и к. п. д. котла. Потери в котле составят, следовательно, 30%.

Эксплоатационный коэфициент полезного действия котла

В обычных условиях котел часто работает неравномерно. Нагрузка котла (расход пара) меняется по времени, то усиливаясь, то уменьшаясь. При форсированной работе может быть недостаточно воздуха в топке, вследствие чего топка работает с некоторой неполнотой горения. Температура газов на выходе из котельной установки при форсированной работе выше, чем при нормальной. Неполнота горения и более высокая температура отходящих газов понижают к. п. д. котла.

При слабой нагрузке котла температура газов в топке понижена вследствие более слабого горения и потому, что топка иногда в этих случаях работает с увеличенным избытком воздуха (против необходимого). По этой причине газы недостаточно охлаждаются в дымоходах и уходят из котла с температурой, близкой к той, которую имеют при нормальной нагрузке. Температурный перепад (разница между температурами в топке и на

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

выходе из котла) оказывается меньше нормального. В случае, если топка работает с увеличенным избытком воздуха (против необходимого), количество газов получается больше, чем следует, и потеря с ними (в трубу) оказывается в процентах больше, чем при нормальной нагрузке котла.

Итак, большие колебания нагрузки котла снижают его к. п. д.

Во время перерывов (на обед и т. п.) обмуровка котла несколько охлаждается и температура ее понижается. При пуске котла после перерыва температура обмуровки станет повышаться, пока не установится (по нагрузке котла). На нагрев успевшей частично охладиться обмуровки расходуется теплота сжигаемого топлива. Следовательно, перерывы в работе котла вызывают дополнительную потерю тепла через обмуровку.

Перед длительными перерывами (на ночь и т. п.) или остановкой котла топку пускают на прогар, и в это время она работает неэкономично. При растопке сильно остывшего или холодного котла расходуется много тепла на нагрев обмуровки, пока температура ее не установится на нормальном уровне.

Итак, в обычных условиях работы котла бывают потери, вызываемые неравномерной работой котла (значительные колебания нагрузки) и перерывами и остановками. Вследствие этих потерь к. п. д. котла не держится в течение некоторого срока, например месяца, на одном уровне, а временами снижается. Если учесть колебания к. п. д. за месяц или другой срок (например полгода или год), то получится средний к. п. д., называемый эксплоатационным. Подсчет эксплоатационного к. п. д. проще всего достигается при помощи наблюдения за испарительностью топлива.

Испарительность топлива

Упрощенное испытание котла дает возможность определить испарительность топлива. Испарительностью (видимой) топлива называется количество воды в килограммах, которое испаряет 1 *кг* данного топлива. Определим, какая испарительность у антрацита в нашем предыдущем примере. Сожжено было 5 000 *кг* антрацита и испарено 38 650 *кг* воды. Чтобы узнать, сколько воды приходится на 1 *кг* антрацита, нужно разделить количество воды на количество антрацита. Получим, что 1 *кг* антрацита испарил при нашем испытании 7,3 *кг* воды. Следовательно, испарительность антрацита равна 7,3 *кг/кг*.

Нужно обратить внимание, что испарительность не есть одинаковая и определенная величина для всех топлив. Она прежде всего зависит от теплотворной способности самого топлива. Понятно, что чем больше последняя, тем выше испарительность. С другой стороны, испарительность зависит от к. п. д. котла. Котел с высоким к. п. д. имеет малые потери тепла, вследствие чего испарительность топлива в нем выше, чем в котле с большими потерями тепла. Наконец, испарительность топлива зависит и от качества получаемого пара, так как расход тепла на его выработ-

НБ УПУНТ (ДІТ)

ку неодинаков и связан с тремя условиями: давлением пара, температурой его и температурой питательной воды. Как видно из табл. 4, полная теплота испарения растет с давлением пара. Например, для сухого насыщенного пара в 10 и 5 *ати* разница в теплоте испарения равна 8 *кал* на каждый килограмм пара: 665 *кал* — 657 *кал* = 8 *кал*. На перегрев пара расходуется теплота, количество которой зависит от температуры пара. Например, по соответствующей теблице можно определить, что для перегрева пара (при давлении в 10 *ати*) на 50° требуется 31 *кал*, а на 100° — 56 *кал* тепла. Температура питательной воды тоже, понятно, влияет на испарительность топлива. Если питать котел горячей водой, то испарительность топлива больше, чем при питании холодной водой.

Для сравнения испарительности топлив необходимо было бы получить пар, имеющий определенное давление и перегрев при определенной температуре питательной воды, что, конечно, на практике провести почти невозможно (нарушение работы котельной, трудность получить требуемый пар и т. д.). Но очень просто и легко, условившись, какой пар принять за нормальный, пересчитать на него испарительность, полученную при обычных условиях, т. е. для пара, даваемого котлом. За нормальный пар принят сухой насыщенный пар давлением в 1 *ата*, полученный из воды с температурой в 0° Для получения 1 *кг* такого пара необходимо затратить 640 *кал* тепла (100 *кал* на нагрев воды от 0 до 100° и 540 *кал* на превращение 1 *кг* кипящей воды в пар). Теперь сделаем пересчет с целью определить, сколько килограммов нормального пара можно было бы получить вместо данного пара (полученного при испытании). Для этого надо определить отношение между полной теплотой испарения для данного и нормального пара, т. е. подсчитать, во сколько раз больше расход теплоты на испарение данного пара по сравнению с нормальным. Например, для пара в 10 *ати* с температурой перегрева в 300° и при температуре питательной воды 25° полная теплота испарения равна 703 *кал*. Отношение между теплотой испарения данного пара и нормального равно 1,1 (703 : 640 = 1,1). Следовательно, нормального пара можно было бы получить в 1,1 раз больше, чем получено данного пара. Помножив полученную из испытания испарительность на 1,1, мы узнаем, какова испарительность по нормальному пару.

В табл. 4 указана испарительность по нормальному пару для топлив среднего качества и при к. п. д. котлов в 70 и 80%.

Стоимость пара

Котельная вырабатывает пар, который обычно поступает в производство для производственных целей или в машинную станцию для приведения в движение паровых двигателей. Следовательно, пар является продукцией котельной, себестоимость которой должна быть известна. Себестоимость пара для данной котельной может быть высчитана применительно к весу пара, например

НБ УДУНТ (ДІТ)

ТАБЛИЦА 4

Топливо	Теплопроизводительность *кал, кг*	Испарительность по нормальному пару при к. п. д.	
		70%	80%
Каменный уголь			
Длиннопламенный . .	5 650	6,2	7,1
Паровичный жирный . . .	6 950	7,6	8,7
„ спекающийся .	7 200	7,9	9,0
Антрацит	6 800	7,5	8,5
Антрацитовый штыб .	6 050	6,6	7,6
Подмосковный уголь .	3 000	3,3	3,7
Дрова . .	3 000	3,3	3,7
Торф . .	2 700	3,0	3,4
Мазут .	9 750	10,1	12,0

для 1 *т* (тонны) его. Стоимость пара складывается из целого ряда расходов, которые мы перечислим:

1) стоимость топлива с доставкой в котельную;

2) стоимость воды, расходуемой на питание котлов;

3) стоимость разных материалов, расходуемых котельной, как прокладки, смазочное масло, запасные части, химические реактивы (вещества), необходимые для очистки воды, и т. п.;

4) стоимость электрической энергии, расходуемой на моторы и освещение котельной;

5) заработная плата рабочих, непосредственно обслуживающих котельную установку, именно: кочегаров, водосмотров, зольщиков и т. п.;

6) заработная плата служащих.

Дальше идет ряд расходов, если можно так выразиться, менее наглядных, но иногда довольно значительных, именно:

7) годовая стоимость страхования от огня и по пожарной безопасности;

8) расходы по техническому надзору;

9) расходы по текущему ремонту;

10) расходы по амортизации, т. е. ежегодные отчисления на покрытие снижения стоимости установки вследствие ее изнашивания.

Часть из перечисленных расходов, например стоимость угля и воды, зависит от нагрузки котельной. Если котельная работает непрерывно, то расход угля и воды соответственно больше, чем при работе котельной в две или одну смену. Расходы же, перечисленные в пунктах 6—10, являются постоянными и почти не зависят от нагрузки котельной. Их доля в стоимости пара тем заметнее, чем меньше годичная загрузка котельной. Например, при работе котельной в одну смену расходы по пунктам 7—10 более удорожают стоимость пара, чем при работе в три смены.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ВОПРОСЫ

Передается ли теплота, заключенная в топливе, целиком воде в котле?
Выделяется ли при сгорании топлива вся теплота, в нем заключенная?
От чего зависит потеря от неполноты сгорания?
Теряется ли теплота через обмуровку котла и как?
Можно ли охладить газы до температуры кипения воды в котле?
Какую приблизительно температуру имеют газы на выходе из котла?
Для чего ставится экономайзер?
До какой приблизительно температуры охлаждает газы экономайзер?
Может ли кочегар увеличить потерю тепла с отходящими газами?
Что называется к. п. д. котла?
Какой к. п. д. считается хорошим, а какой — плохим (низким)?
Что называется эксплоатационным к. п. д. котла?
Для чего производят полное испытание парового котла?
Чем отличается упрощенное испытание парового котла от полного?
Как делают упрощенное испытание парового котла?
Как определить испарительность топлива?
От чего зависит испарительность топлива?
Дает ли одно и то же топливо одинаковую испарительность в котлах с разными к. п. д.?
Из каких расходов слагается стоимость пара?

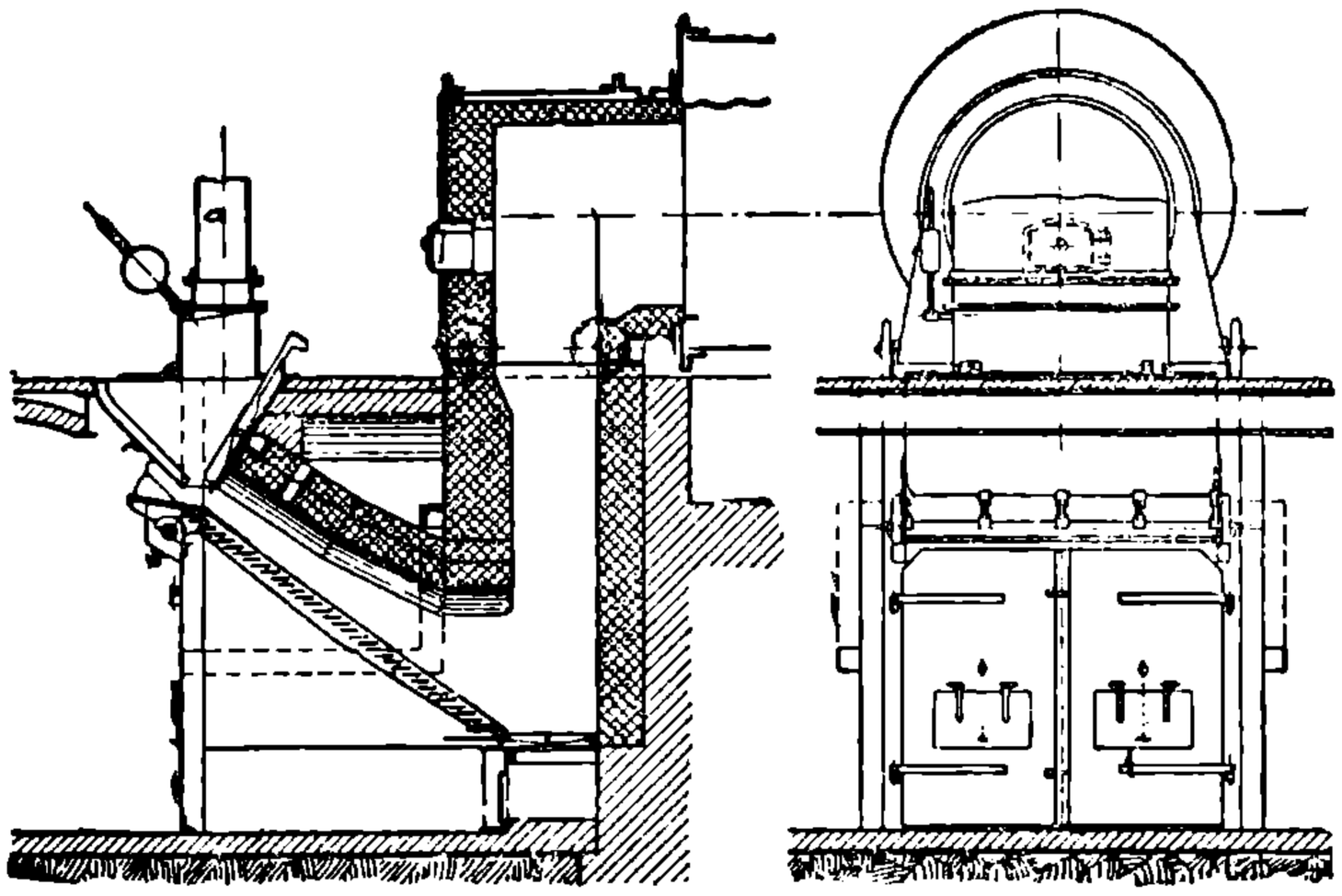
НБ УДУНТ (ДІІТ)

ОТДЕЛ III

СЖИГАНИЕ ТОПЛИВА В ТОПКАХ С НАКЛОННЫМИ РЕШЕТКАМИ. СЖИГАНИЕ ТОПЛИВА В МЕХАНИЧЕСКИХ ТОПКАХ

1. Топка с наклонной колосниковой решеткой

Как показывает название топки, решетка у нее поставлена наклонно, а не горизонтально. Такое расположение решетки существенно, однако, меняет, как мы увидим ниже, картину горения и работу на таких топках по сравнению с топками с горизонтальной колосниковой решеткой.



Фиг. 73. Топка с наклонной решеткой.

Решетка состоит из наклонно поставленных колосников (фиг. 73). Нижними концами они опираются на балочку, заделанную между боковыми стенками топки. Верхние концы колосников лежат на трубе, тоже укрепленной между стенками.

Топливо в топку не забрасывается, а потому обычной топочной дверцы нет. Для загрузки топлива служит помещенная вверху воронка с заслонкой снизу. В воронку загружается топливо, которое постепенно через открытую заслонку сползает на верхнюю

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

часть решетки. Действием своей тяжести топливо продолжает также постепенно ползти вниз по решетке (по мере того как внизу прогорает кокс — см. ниже). Необходимо подобрать такой наклон решетки, при котором топливо не скатывалсь бы вниз или не оставалось неподвижным на месте.

Значит, как мы видим, в рассматриваемой топке нет обычного ручного способа забрасывания топлива: периодически (через необходимые промежутки времени) и по всей решетке сразу. Загрузка происходит непрерывно и постепенно на верхнюю часть решетки. Вместе с тем нет прорыва воздуха в топку, так как воронка должна быть постоянно заполнена достаточным количеством тэплива, через которое воздух в топку не проникает. Если воронка устроена так, что из нее топливо открытием заслонки периодически высыпается на верхнюю часть колосников, то и в этом случае воздух не прорывается, так как открытие заслонки продолжается очень недолго. Следовательно, топка с наклонными колосниками при загрузке не охлаждается.

Горение на наклонной решетке

В обыкновенной топке заброшенное холодное топливо сразу попадает на слой горящего, охлаждает его и топку при подсушке и прогревании и тем нарушает горение. На наклонной решетке холодное топливо не лежит на слое жара, а находится в верхней части решетки. Откуда же оно в таком случае берет тепло для подготовки к горению, т. е. для сушки и выделения горючих газов? Как показывает фиг. 73, над решеткой расположен свод. Во время работы топки он накален и своей теплотой нагревает топливо, подсушивая его и заставляя разлагаться, т. е. выделять горючие газы. Проходя под сводом, газы тоже нагреваются, воспламеняются и горят. В свою очередь частью теплоты горения газы поддерживают накал свода. Таким образом свод передает теплоту от уже горящих газов к выделяющимся и к холодному топливу. Свод по его действию можно назвать зажигательным, и без него горение на наклонной решетке было бы чрезвычайно вяло, слабо.

Опускаясь на решетке, топливо постепенно коксуется, горит в слое и догорает внизу. Излишний воздух, который проходит через слой и не используется им, перемешивается с горящими газами и дожигает их.

Итак, процессы горения по высоте решетки располагаются приблизительно следующим образом:

1. Вверху подсушка топлива.
2. На середине выход горючих газов, сгорающих в топочном пространстве, и горение коксующегося топлива.
3 Внизу догорание кокса.

Конечно, в действительности между отдельными процессами нет резкой границы. Например, кусок топлива, ококсовавшись снаружи и горя на поверхности, изнутри еще выделяет горючие газы.

Ввиду того, что на наклонной решетке нет обычной забросси топлива, а оно постепенно ползет сверху, по мере прогорания

НБ УДУНТ (ДІІТ)

кокса внизу, то и горение топлива идет равномерно. Здесь нет той картины горения, которая часто наблюдается на горизонтальной решетке, при длиннопламенном топливе, именно большого и дымного пламени после забросни и короткого пламени перед следующей забросной. При правильной работе наклонной решетки пламя постоянное, одинаковое и бездымное. Регулирование подачи воздуха сводится к тому, чтобы его пустить в количестве, необходимом для сжигаемого топлива, т. е. по нагрузке котла, и дальше уже нет надобности менять приток воздуха (как между двумя загрузками при длиннопламенном топливе на горизонтальной решетке).

Итак, основные преимущества топок с наклонными решетками:

1. Легкость загрузки топлива.

2. Отсутствие необходимости в периодическом регулировании подачи воздуха, что особенно важно при длиннопламенном топливе.

3. Возможность легко достичь бездымного и равномерного горения.

Конечно, наклонная решетка теряет указанные преимущества и работает как обыкновенная горизонтальная, если топливо на ней загружается сразу по всей площади.

Наклонные решетки применимы для каменного угля, дров и торфа (хотя для последних топлив имеются специальные шахтные топки, о чем см. ниже). Сильно спекающийся каменный уголь или дающий легкоплавкий шлак для наклонных решеток непригоден. Легкоплавкий шлак, прилипая к колосникам, мешает сползанию угля. Не сползает по решетке и сильно спекающийся уголь. Спекаясь, он лежит коркой на колосниках, не подвигаясь по ним и не пропуская через себя воздух. Ломать корку, как это делают на горизонтальных решетках, нельзя, так как уголь будет сваливаться вниз.

Для мелкого топлива описанные нами наклонные решетки тоже непригодны: такое топливо во время сползания по колоонникам легко проваливается в прозоры решетки. Для таких топлив применяют ступенчатые наклонные решетки, которые будут описаны ниже.

Ведение топки

Растопка котла на наклонной решетке берет больше времени, чем на горизонтальной колосниковой решетке, так как необходимо, чтобы достаточно прогрелся свод. Если топливо очень горючее, то можно засыпать его на решетку, а растопку (огонь) развести в поддувале. Пламя растопки, проходя через зазоры колосников, нагреет топливо и быстро воспламенит его.

Во время работы топки наблюдают за горением через поддувало. Прозоры по решетке, где идет более сильное горение в слое, должны быть яркими. Темные места показывают, что на решетке получились прогары или зашлакованные места.

Необходимо следить за тем, чтобы жар догорал к концу решетки, не скопляясь здесь в большом количестве. Это дости-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

гается регулированием подачи воздуха дымовой заслонкой и толщины слоя топлива заслонкой, помещенной под загрузочной воронкой (фиг. 73). Если к нижним концам колосников доходит много жара, то он плавит золу и шлаки, которые заливают прозоры решетки и останавливают здесь проток воздуха. Не охлаждаемые воздухом концы колосников плавятся и горят.

При выгребании золы с шлаковой решетки необходимо часть золы оставлять, чтобы через промежуток между зольниковой решеткой и концами колосников не мог свободно проходить воздух.

Для чистки решетки от шлака необходимо топку пустить полностью на прогар, так как иначе получится большой провал жара в зольник. Шлаки легче отстают, если перед чисткой подтолкнуть снизу каждый колосник. Тогда куски шлака на двух соседних колосниках подрываются. Чтобы нижняя часть решетки не заплавлялась после чистки стекающим сверху шлаком, полезно ее покрыть кусками старого шлака. Это до некоторой степени будет мешать свежему шлаку заливать прозоры, так как он будет прилипать к шлаковому настилу.

ВОПРОСЫ

Как должен быть подобран угол наклона решетки?
Как поступает топливо на наклонную решетку?
Почему не происходит прорыва воздуха в топку?
Происходит ли охлаждение горящего слоя свежим топливом?
Откуда свежее топливо берет тепло для подготовки к горению?
Как располагаются процессы горения по длине решетки?
Усиливается ли периодически пламя в топке?
Нужно ли периодически регулировать приток воздуха?
Каковы основные преимущества топок с наклонными решетками?
Для каких топлив применимы наклонные решетки?
Почему растопка топок с наклонными решетками продолжается дольше, чем у топок с горизонтальными решетками?
Как ускорить растопку при горючем топливе?
По каким признакам наблюдают за горением на решетке?
Почему жар не должен скопляться на нижних концах колосников?
Для чего нужно при выгребании золы часть ее оставлять на месте?
Как производится чистка решетки?

Топка со ступенчатой решеткой

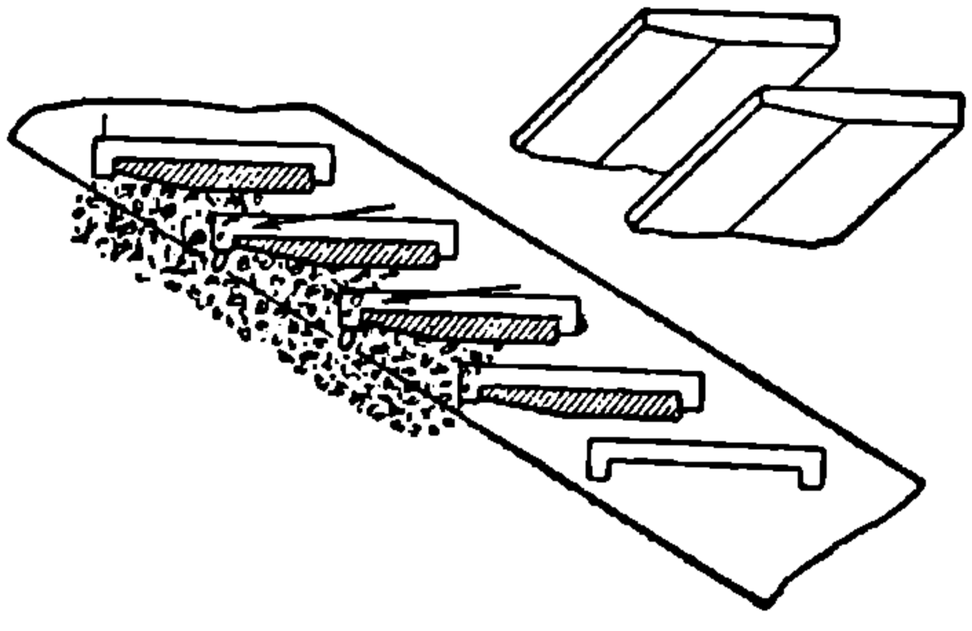
Ступенчатая наклонная решетка имеет вид лестницы. Колосники расположены частыми ступенями, отчего решетка и получила свое название (фиг. 74 и 75). Каждая ступенька перекрывает примерно на половину нижележащую; прозоры получаются между ступеньками в поперечном направлении. Топливо сквозь такие прозоры провалиться не может. Поэтому ступенчатые решетки пригодны для разного мелкого или легко рассыпающегося на мелочь топлива, например для угольной мелочи, опилок, корья, лузги и т. д. Такие топлива на горизонтальной или обыкновенной наклонной решетке дают большой провал в зольник.

Ступенчатая решетка, как и обыкновенная наклонная, может применяться также для неспекающихся или слабо спекающихся каменных углей. Сильно спекающийся уголь, а также дающий

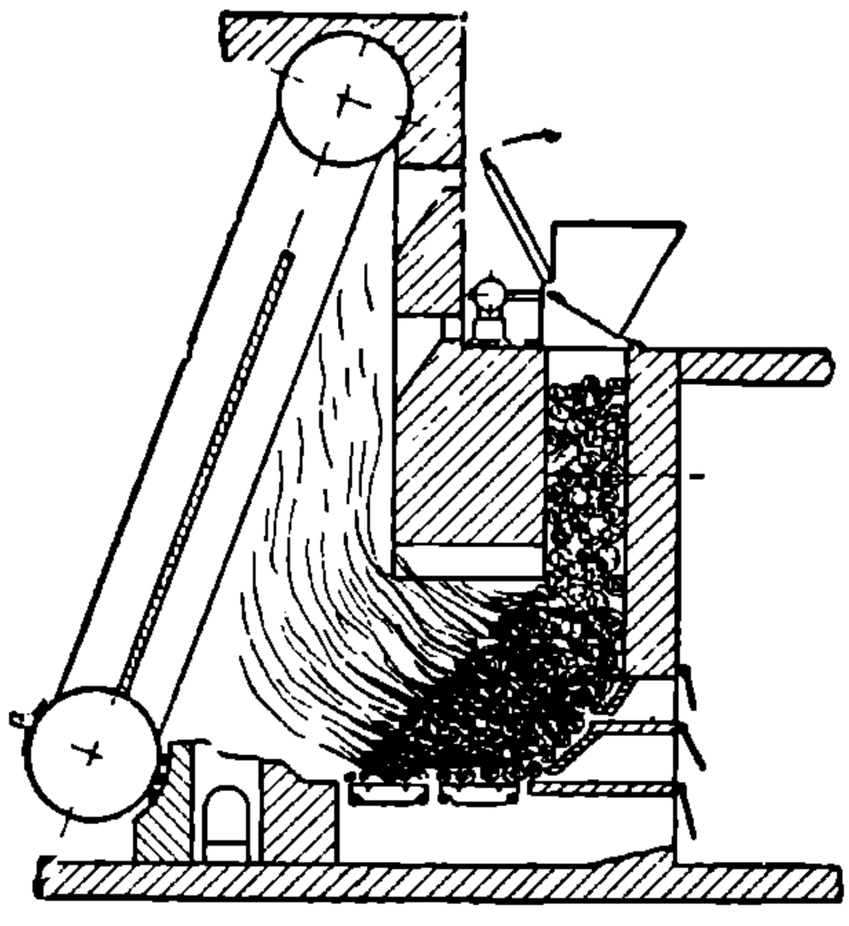
НБ УДУНТ (ДІІТ)

легкоплавкий шлак, непригодны для сжигания на ступенчатой решетке ввиду того, что такие топлива задерживаются на решетке, не сползая по ней вниз.

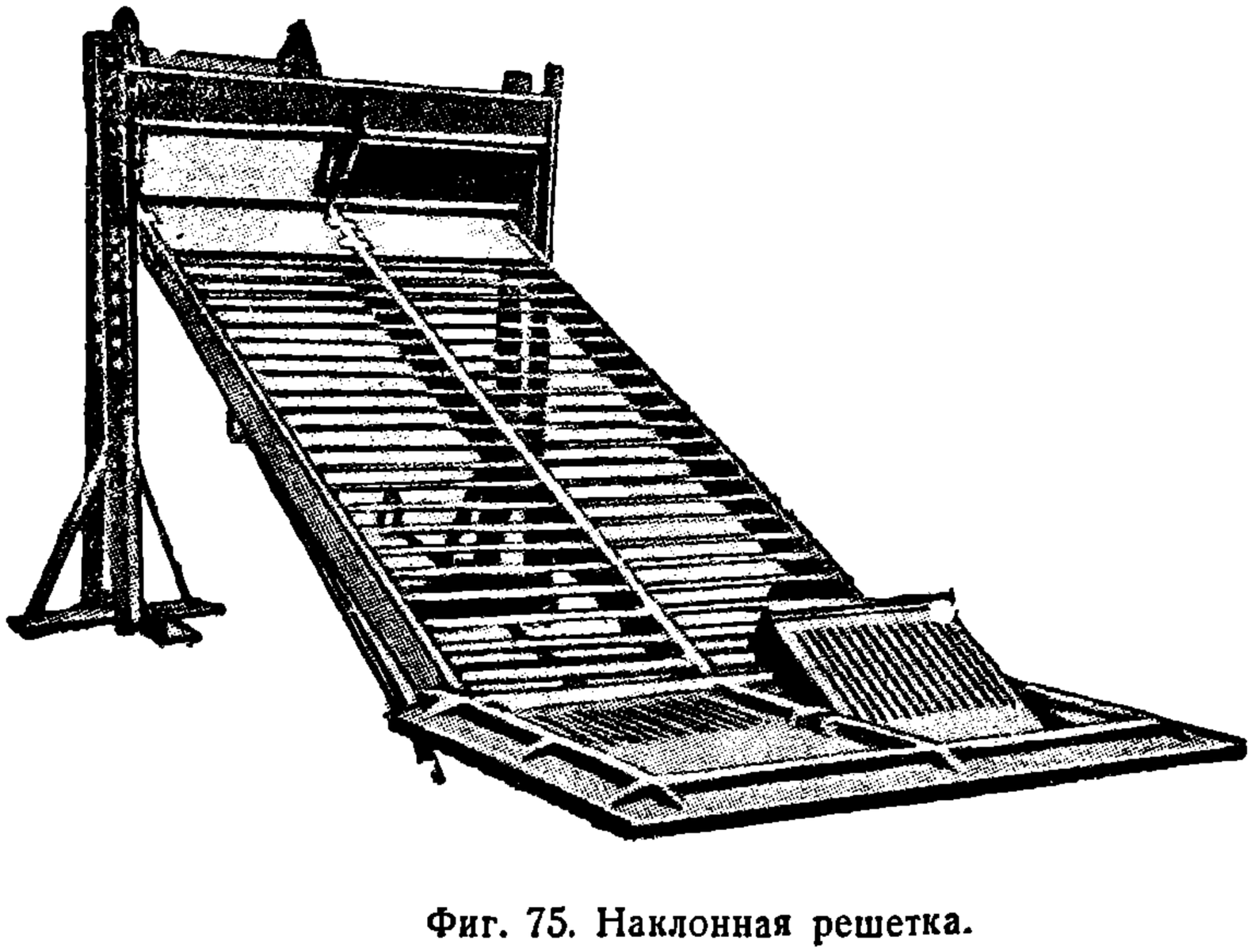
Процесс горения на ступенчатой решетке идет так же, как на обыкновенной наклонной решетке. В верхней части решетки топливо подогревается, сохнет и выделяет горючие газы, которые, воспламеняясь, горят. На средней части решетки идет усиленное горение в слое. На нижних ступенях заканчивается выгорание кокса.



Фиг. 74. Ступенчатые колосники.



Фиг. 76. Шахтная топка для дров.



Фиг. 75. Наклонная решетка.

Наблюдение за горением ведется по виду прозоров из поддувала. Расположенные в поясе горения прозоры должны казаться яркими. Темные места указывают на прогары.

В тех случаях, когда топливо на решетке не сползает, необходимо понуждать его к этому, проходя резаком между ступенями.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

На ступеньках задерживается и накапливается зола, для очистки которой необходимо пройтись резаком снизу вверх по ступенькам, осторожно сдвигая с них золу, стараясь при этом не сваливать вниз горящего топлива.

ВОПРОСЫ

Как устроена ступенчатая наклонная решетка?
Для каких топлив преимущественно применяется ступенчатая решетка?
Как идет процесс горения на ступенчатой решетке?
Что необходимо делать в случае, если топливо плохо сползает по решетке?
Как производят очистку решетки от золы?

Шахтная топка системы проф. Кирша

Дрова и торф имеют на единицу веса, например на 1 *т*, большой объем. Если учесть, что к тому же теплопроизводительность этих топлив сравнительно мала, то ясно, что их по объему приходится сжигать в несколько раз больше, чем, например, каменного угля или антрацита (чтобы получить одинаковое количество тепла). По этой причине для дров и торфа получили большое распространение шахтные топки разных систем, в которых сжигание дров и торфа происходит более экономично, чем в топке с горизонтальной колосниковой решеткой.

Шахтная топка ставится перед котлом (следовательно, является выносной топкой). В нижней части шахты находятся наклонная и горизонтальная колосниковые решетки (фиг. 76). Верхняя часть шахты имеет вид кирпичного колодца и называется загрузочным горлом.

Горение в шахтной топке

Рассмотрим, как работает шахтная топка. Для загрузки дров или торфа служит коробка. В нее загружают топливо, которое после открытия заслонки проваливается вниз, в верхнюю половину загрузочного горла, на топливо от предыдущей забросси.

Прорыва воздуха в топку при загрузке почти нет, так как опускание топлива из коробки вниз происходит, конечно, очень быстро, заслонка остается открытой очень короткое время, а горло шахты заполнено топливом не менее чем наполовину. Помимо того коробка может иметь еще заслонку и сверху, которая открывается только во время загрузки топлива в коробку, а в остальное время держится закрытой, что совсем устраняет даже небольшое просасывание воздуха в топку при загрузке.

Загруженное в шахту топливо на решетку сразу не попадает. Оно постепенно опускается в загрузочном горле (по мере прогорания остального топлива, находящегося на решетке) и только через некоторое время доходит до наклонной решетки. За время опускания оно несколько подсушивается, соприкасаясь с нагретыми кирпичными стенками, в особенности у свода, на выходе из горла. В обыкновенной топке сырое топливо сразу

НБ УДУНТ (ДІТ)

попадает на слой горящего, охлаждает его и топку при сушке и тем нарушает горение. В шахтной топке этого процесса, как мы видим, не происходит.

Опускаясь в загрузочном горле, топливо доходит до наклонной решетки. К этому времени оно уже подожжено и подогрето, значит, подготовлено к горению. На наклонной решетке из топлива начинают выделяться горючие газы, сгорающие в топочном пространстве. Сползая по решетке, топливо постепенно коксуется (обугливается), горит в слое и догорает на горизонтальной решетке, где скопляется его негорючая примесь — зола.

Итак, процессы горения по высоте шахтной топки располагаются приблизительно следующим образом:

1. В загрузочном горле — подсушка топлива.
2. На верхней половине наклонной решетки — выход горючих газов, сгорающих в топочном пространстве.
3. На нижней половине — горение ококсовавшегося топлива.
4. На горизонтальной решетке — догорание кокса.

Конечно, в действительности между отдельными процессами нет резкой границы. Например полено может снаружи ококсоваться и гореть на поверхности, а изнутри выделять еще горючие газы, которые будут гореть над поленом.

Подвод воздуха

Общее количество требуемого для горения воздуха зависит от того, сколько сжигается топлива на решетке, т. е. от нагрузки котла, и регулируется дымовой заслонкой.

Но в шахтной топке горение идет, как мы видели, не одинаково по ее высоте, почему и воздух необходимо распределять по силе горения в разных участках шахты. При свободном же притоке воздуха его будет проходить больше, чем следует, через верхнюю часть решетки, где топливо лежит свободно, с большими прогалами, и недостаточно — через остальные (ниже лежащие) части наклонной решетки, где топливо уже более или менее обгорело и сильно уплотнилось.

Для правильного распределения воздуха пространство перед обеими решетками делится на несколько отдельных поддувал. Каждое поддувало имеет свою дверцу, которая регулирует приток воздуха в него (фиг. 76). Нижнее поддувало (зольниковое) подводит воздух почти исключительно в топочное пространство; так на горизонтальной решетке происходит лишь догорание небольшого количества кокса. Другие, выше расположенные, поддувала (против наклонной решетки) дают воздух как в слой, так и в топочное пространство.

Для впуска вторичного воздуха в некоторых топках имеется канал в стенке шахты, выходящий прямо в топочное пространство. Иногда для этой же цели пользуются загрузочным горлом — открывают заслонку у коробки, и воздух может поступать в топочное пространство, минуя горящее на решетке топливо. Наконец, заметим, что воздух, притекающий через нижнее поддувало, тоже является вторичным, так как он не проходит через главную

НБ УДУНТ (ДІІТ)

толщу слоя и почти весь используется в топочном пространстве. Итак, шахтная топка дает возможность правильно распределять воздух.

Работа на шахтной топке. Растопка

Минут за 5 до начала растопки поднимают на одну четверть шибер с целью проветрить дымоходы от горючих газов, которые могли оказаться там, например, от работы котла в предыдущий раз. При растопке горючие газы могут взорваться, т. е. моментально воспламениться и разрушить кладку.

Проветрив дымоходы, разводят на горизонтальной решетке огонь, пользуясь для этого, как обычно, щепками и мелкими сухими дровами или сухим торфом. Растопка загружается на горизонтальную решетку через щель между наклонной решеткой и подом, для чего приходится поднять поддувальную дверцу против щели, не оставляя ее, однако, открытой. Держат открытой только нижнюю (зольниковую) дверцу, которая подводит воздух к разводимому огню.

После того как огонь на горизонтальной решетке хорошо разгорится, осторожно, чтобы не повредить решетки, забрасывают вниз через загрузочную коробку сухое топливо, заготовленное заранее во время предыдущей работы. Когда топливом будет закрыт весь участок решетки против поддувала, последнее открывают, и через него начинает поступать воздух. Так же открывают и вышележащее поддувало, т. е. не раньше того, как участки решетки против него окажутся целиком под топливом. Если поторопиться и поднять поддувало, когда против него еще частично открыты прозоры, воздух пойдет через эти открытые места, минуя топливо.

Загрузив наклонную решетку топливом, загружаем и горловину, но теперь уже можно пустить в нагрузку обычное топливо, не подсушенное заранее. Если же производить растопку сырым топливом, то огонь легко может заглохнуть.

В дальнейшем загрузка должна производиться, как только уровень топлива будет опускаться до середины загрузочного горла. Нельзя загружать по две коробки сразу (одну за другой), давая перед тем топливу опуститься ниже свода горловины (верха газового окна). В этом случае произойдет прорыв воздуха под свод горловины. Кроме того, топливо не будет своевременно высыхать, и горение в топке станет очень неравномерным: после заброски оно будет сильно замедляться и ухудшаться, т. е. шахта будет работать нисколько не лучше обыкновенной топки.

Повторим теперь вкратце, как производится растопка в шахте:

1. За 5 минут до растопки проветривают дымоходы, подняв на четверть шибер и открыв зольниковое поддувало.
2. Разводят хороший огонь на горизонтальной решетке.
3. Начинают забрасывать сверху через коробку заранее заготовленное сухое топливо и поочереди снизу вверх открывают поддувальные дверцы. Каждая дверца открывается не раньше того, как участок решетки против нее будет покрыт топливом.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

4. Загрузку производят в такие промежутки времени, чтобы уровень топлива в загрузочном горле опускался не ниже середины.

Регулирование притока воздуха

Растопив шахту и доведя давление в котле до предельного, включаем котел в линию (на предельном или рабочем давлении). Теперь остается установить шибер по предстоящей нагрузке котла, т. е. по расходу пара, и отрегулировать горение в топке, пользуясь для этой цели поддувальными дверцами. Точная установка производится по виду пламени в гляделку, причем руководствуются нижеследующим:

1. Если пламя красное или с дымчатыми полосами, необходимо увеличить приток воздуха в топочное пространство. Для этой цели больше открывают зольниковую заслонку, которая, как известно, дает воздух главным образом для топочного пространства.

Если топливо мелкое и сухое, вообще очень горючее, то тем легче возможен недостаток воздуха в топочном пространстве. Можно пустить добавочный воздух через особый канал, если таковой имеется. Но помимо того в этом случае необходимо прикрыть верхнюю поддувальную дверцу, так как воздух, притекающий через нее, усиливает горение вверх по наклонной решетке, т. е. усиливает работу топки, в чем обычно нет надобности при средних нагрузках котла.

2. Если пламя будет очень прозрачное, то это укажет на большой избыток воздуха. Необходимо уменьшить открытие нижней зольниковой дверцы.

3. Иногда прозрачное и короткое пламя бывает еще вследствие того, что в топливе получились свободные проходы для воздуха, потому ли что топливо застряло, задержалось в горловине или неправильно улеглось, или, наконец, кочегар упустил уровень его и решетка сверху оголилась.

В первых двух случаях нужно протолкнуть топливо кочергой через прозоры решетки или через особую дыру в передней стенке шахты, а в третьем — своевременно производить забросу топлива.

Пламя очень короткое и прозрачное может быть также при сыром и крупном топливе. Необходимо, чтобы улучшить горение в топке, держать закрытой верхнюю поддувальную дверцу, так как топливо на ее уровне еще настолько сыро, что не горит, а холодный воздух его лишь охлаждает, замедляя подсыхание. Прикрыв верхнюю дверцу, мы тем самым улучшим горение в шахте.

Когда нагрузка котла меняется, например расход пара увеличивается, своевременно увеличивают приток воздуха в топку, подняв выше шибер. Если расход пара падает, шибер, сколько требуется, прикрывают. При низком положении шибера, т. е. при малой тяге в топке, топка иногда начинает дымить, газы из нее тянут в загрузочное горло. Шахта действует частично как дымо-

НБ УДУНТ (ДІТ)

вая труба. Необходимо в таких случаях, увеличив открытие шибера, уменьшать приток воздуха в топку прикрыванием поддувальных дверец.

Чистка топки от золы и шлаков

Часть золы проваливается через горизонтальную решетку в зольник, откуда ее нужно удалять через определенные промежутки времени. Часть остальной золы, которую уносят с собой газы, осаждается в нижней части топочной камеры, откуда ее выгребают через дверцу в боковой стенке шахты.

При работе на торфе горизонтальная и верхняя части наклонной решетки зашлаковываются. Приходится резаком прочищать прозоры в наклонной решетке, чтобы дать проход воздуху. Когда шлак накопится внизу, его вытаскивают крючком через щель между наклонной и горизонтальной решетками. В случае если куски шлака велики и не проходят через щель, их осторожно разбивают ломиком так, чтобы не повредить колосников.

Остановка шахты

Когда нужно остановить шахту, ее пускают на прогар, прекращая загрузку топлива, которое постепенно прогорает и опускается книзу. По мере того как прогорает топливо, необходимо последовательно сверху вниз прикрывать поддувальные дверцы. Шибер котла тоже постепенно опускают. Когда шахта находится на прогаре, пар и воду сбрасывают, т. е. снижают давление пара и уровень воды доводят до низшего допускаемого. Это необходимо делать потому, что кладка топки велика и сильно нагрета. Во время остановки котла накаленная кладка топки (и дымоходов) передает свое тепло находящейся против нее поверхности нагрева котла, и давление в нем может подняться выше предельного, если оно не было снижено и если в котел после остановки не было подкачано холодной воды.

Остановка топки в случае аварии котла

В тех случаях, когда нужно немедленно остановить котел вследствие угрожающей ему опасности (упуск воды, пожар в котельной и т. д.), шахтную топку заливают водой, так как выгрести из нее жар, как это делают в обыкновенных топках, конечно, нельзя. Для заливания шахты пользуются брандспойтом, если нет специальной водяной линии к шахте для этой цели. Ввиду того что в топке получается много пара и он вырывается из топки наружу, необходимо шибер открыть полностью и пустить газы и пар помимо экономайзера на прямой ход.

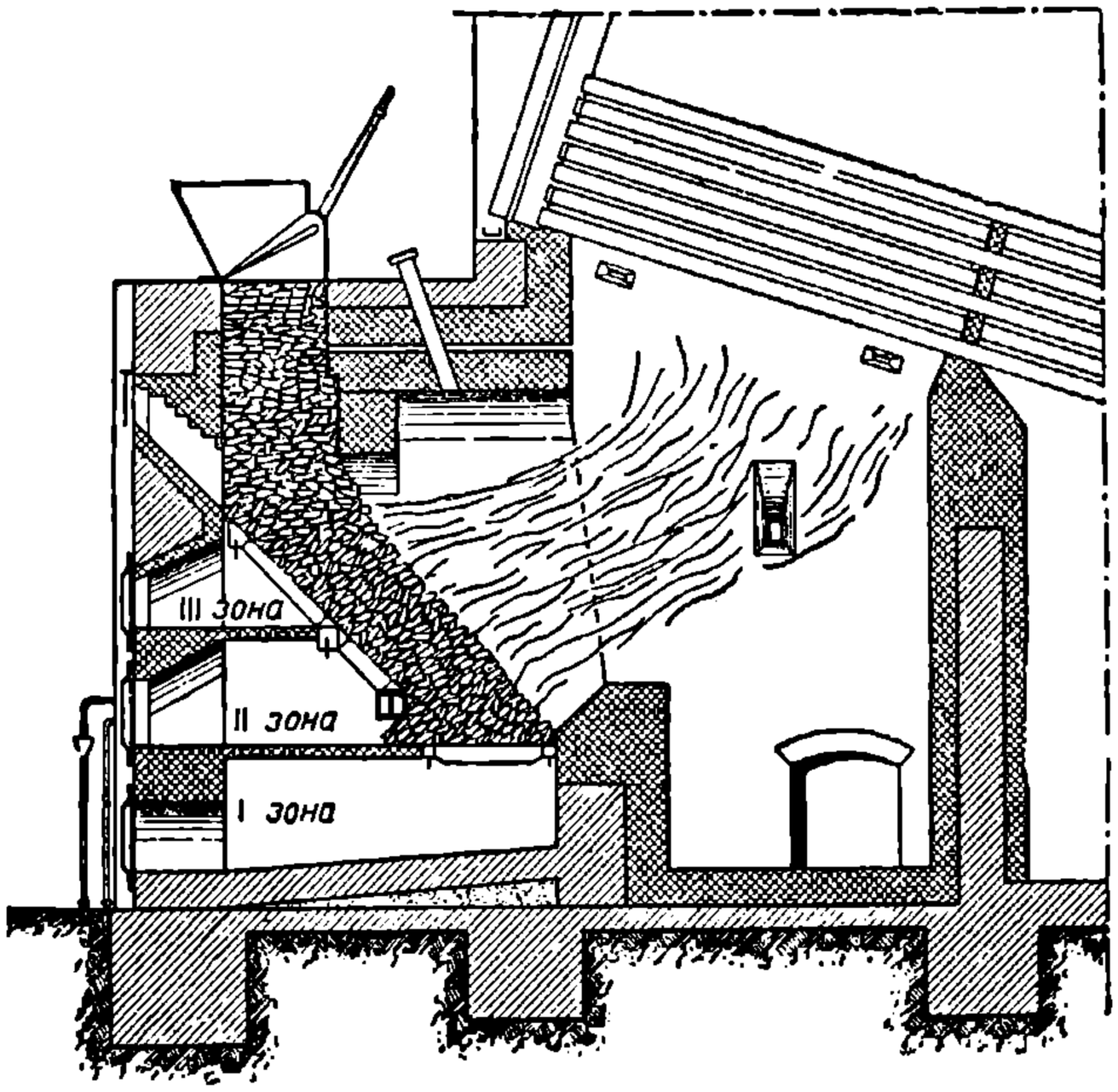
Сжигание фрезерного торфа в шахтной топке

В шахтных топках сжигают фрезерный торф на слое кускового (фиг. 77). Сжигание одного фрезерного невозможно по ряду причин. Фрезерный торф, если он лежит непосредственно на наклонных колосниках, при сползании по ним проваливается

НБ УДУНТ (ДІІТ)

в большом количестве в зольник. Помимо всего воздух через слой крошки не проходит равномерно по всей площади решетки, а прорывается лишь местами, где сопротивление слоя меньше. Это совершенно нарушает процесс горения в топке и сильно увеличивает унос крошки. Вследствие указанных причин приходится сжигать фрезерный торф вместе с кусковым. Устраивают так, что фрезерный торф сыплется более или менее равномерно на слой кускового.

Наиболее мелкая (пылевидная) крошка подхватывается пламенем и сгорает налету. Более крупные частицы падают на слой кускового торфа и сгорают на нем. Для подачи фрезерного торфа



Фиг 77. Сжигание фрезторфа в смеси с кусковым в шахтной топке.

в своде топки пробивается щель, над которой устанавливается питатель — приспособление, которое равномерно сыплет крошку через щель на слой.

Топку растапливают на одном кусковом торфе, как это обычно делают (см. предыдущий раздел, стр. 134). Фрезерный торф начинают давать не раньше того, как температура в топочном пространстве будет высокая и достаточно накалятся стенки топки и свод.

Приток воздуха регулируется, как указано в предыдущем разделе. Необходимо пускать достаточное количество вторичного воздуха для дожигания мелкой крошки в топочном пространстве.

В случае скопления недогоревшей крошки необходимо остановить питатель и дать прогореть крошке. Шуровать крошку нельзя: выделяется сразу большое количество газов, которые выбрасываются из топки. Может произойти их мгновенное воспламенение, т. е. взрыв.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ВОПРОСЫ

Как устроена шахтная топка проф. Кирша?
Для каких топлив применяется шахтная топка?
Как загружается шахтная топка?
Происходит ли прорыв воздуха при загрузке?
Куда попадает свежее топливо?
Где свежее топливо сохнет?
Что происходит с топливом на верхней части наклонной решетки?
Где горит ококсовавшееся топливо?
Как располагаются процессы горения в шахтной топке по ее высоте?
Как подводится воздух в шахтной топке?
В чем преимущества подвода воздуха через несколько отдельных поддувал?
Куда подводит воздух зольниковое поддувало?
Как еще подводится вторичный воздух?
Что необходимо сделать до начала растопки?
Как разводят огонь на решетке?
В каком порядке открывают поддувала?
Через какие промежутки производят загрузку топлива?
По каким признакам производится большее или меньшее открывание поддувальных дверец?
При каком пламени увеличивают впуск добавочного воздуха?
Что нужно сделать при прозрачном пламени?
Если топка дымит при низком положении шибера, то что следует сделать?
Как производят чистку решетки?
Как останавливают шахту?
В каком порядке закрывают поддувальные дверцы при остановке шахты?
Как быстро остановить шахту в случае аварии с котлом?
Как сжигается фрезерный торф в шахтной топке?

2. Механические топки

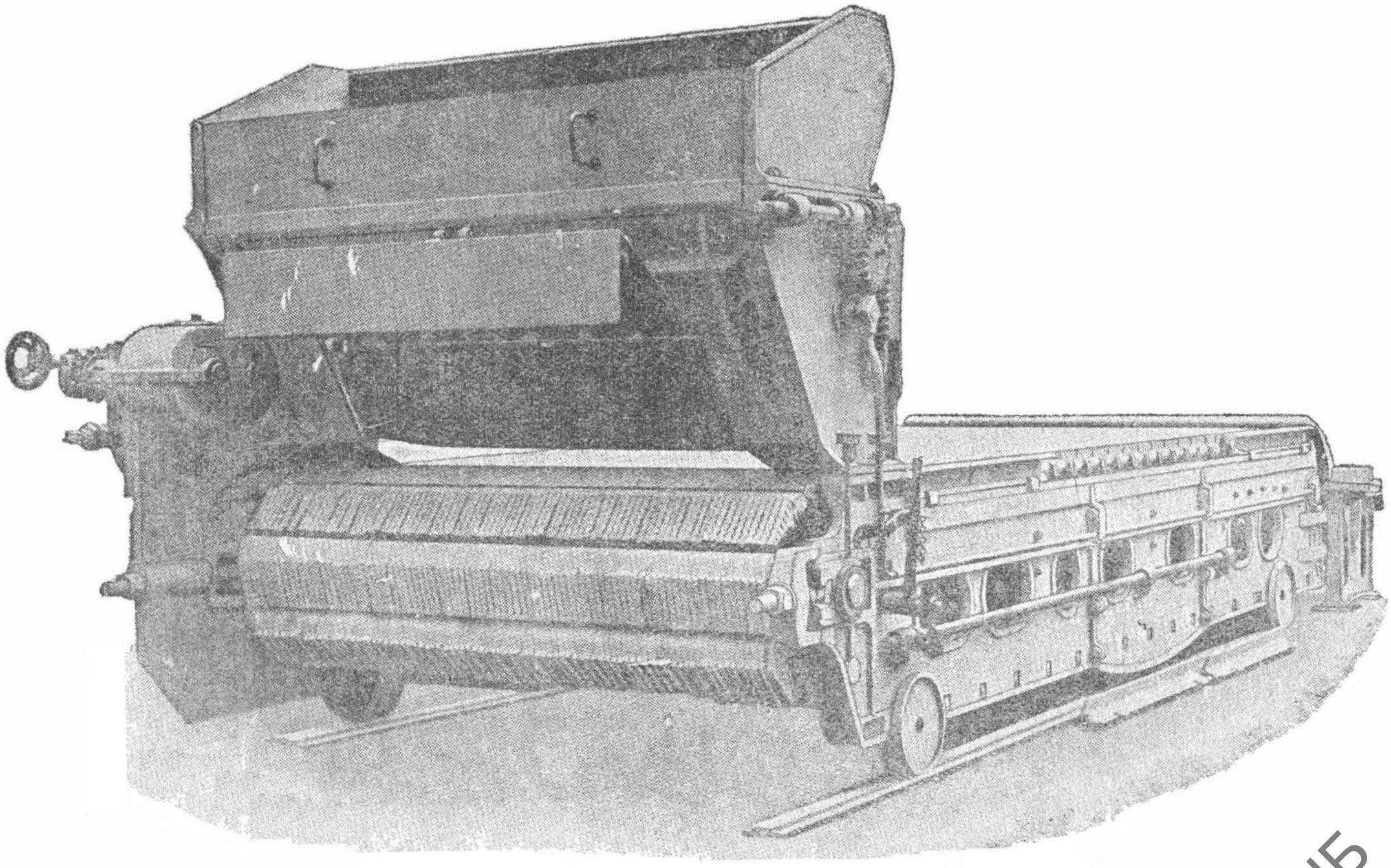
Современные котлы отличаются своей мощностью, т. е. большой поверхностью нагрева и большой паропроизводительностью. Решетки мощных котлов имеют, понятно, большую площадь. Обслуживать такие решетки вручную невозможно. С целью устранить ручную забросу топлива и связанные с этим недостатки в работе простой колосниковой топки — охлаждение во время загрузки, неравномерный процесс горения, необходимость регулирования тяги между забросками (при длиннопламенном топливе) и т. д., — в данное время все больше применяются топки, в которые топливо подается механически. Конструкций таких топок довольно много. Рассмотрим топки с цепной решеткой, шахтно-цепную и с нижней подачей топлива.

Топка с цепной решеткой

Устройство. Горение на цепной решетке

Цепная решетка (фиг. 78) представляет собой колосниковое полотно, имеющее следующее устройство. Две цепи, состоящие из отдельных звеньев на шарнирах, надеты на два барабана. На цепях, поперек них, укреплены балочки. Между балочками за-

НТБ УДУНТ (ДІТ)



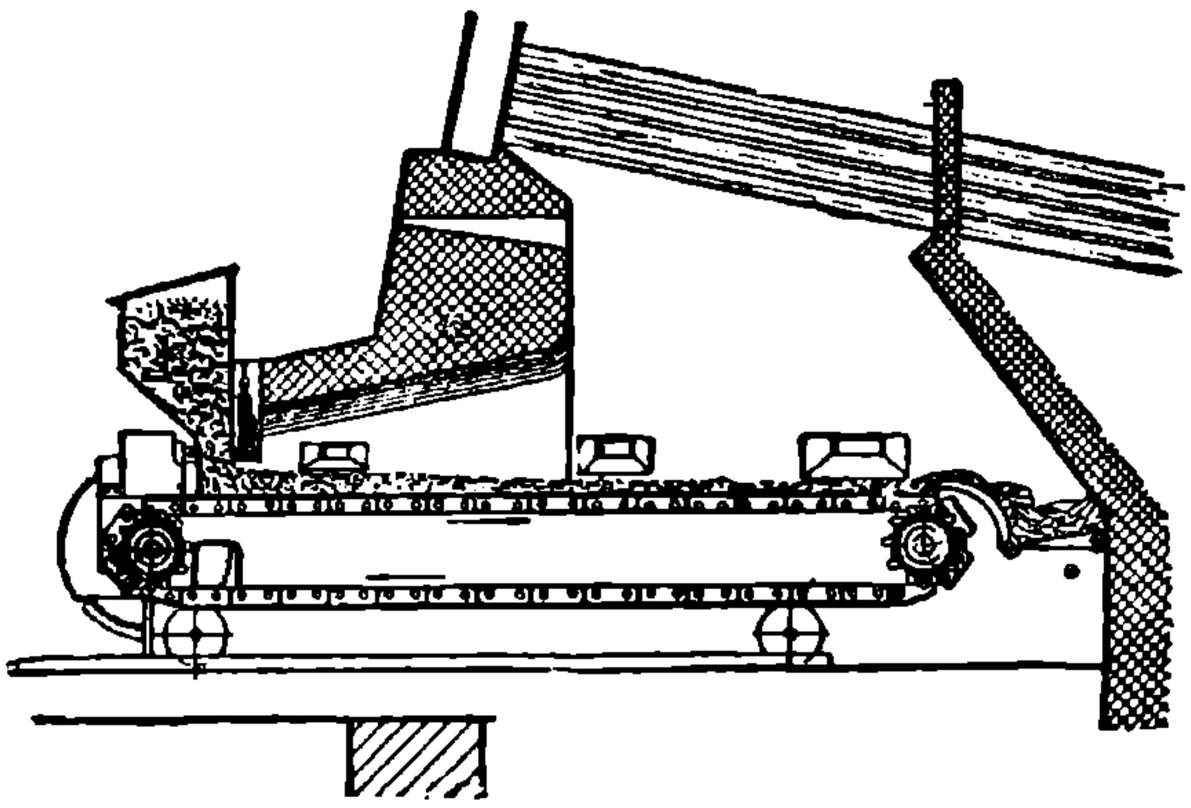
Фиг. 78. Общий вид цепной решетки.

НБ
УДУНТ
(ДІІТ)

двинуты колосники так, что получаются поперечные ряды колосников, расположенные между цепями во всю ширину топки. Из многих рядов колосников получается гибкое плоское колосниковое полотно, которое на концах обходит барабаны (опускаясь под ним). Один из барабанов расположен в заднем конце топки, другой помещается несколько впереди топки. Передний барабан медленно вращается от привода и дает движение решетке.

Над передним концом решетки помещается загрузочная воронка с топливом. Топливо по выходе из воронки ложится на цепную решетку, которая при своем движении захватывает топливо и подвигается с ним в топку. Толщина слоя регулируется заслонкой, находящейся за воронкой.

В топке, как это представлено на фиг. 79, над передней частью решетки имеется свод. Во время работы топки этот свод накален. Двигаясь под ним, топливо нагревается и выделяет горючие газы,



Фиг. 79. Топка с ценной решеткой.

которые у свода воспламеняются и горят, выходя в топочное пространство. Свод, следовательно, служит для подсушки и зажигания свежего топлива, отчего он и носит название «зажигательного». Свод прежде всего заменяет слой жара в обыкновенной топке, на котором подогревается заброшенное свежее топливо.

Выйдя из-под свода, топливо продолжает коксоваться и горит в слое. Подходя к концу топки, кокс выгорает. Зола и шлак, оставшиеся после сгоревшего топлива, попадают на шлакосниматель. В простейшем виде — это изогнутой формы чугунная полоса, которая передним концом лежит на решетке. Шлак и зола наползают на шлакосниматель и с него попадают вниз на заслонку, при открытии которой проваливаются в зольниковую воронку.

Воздух в топку поступает через решетку естественной тягой или дутьем. В последнем случае пространство между верхним и нижним полотнами решетки делится на несколько участков (зон). Каждый участок имеет свою заслонку, которая позволяет регулировать подачу воздуха в него. Это дает возможность распределять воздух так, как того требует горение на каждом участке топки.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Работа на цепной решетке

Толщина слоя, как указывалось, регулируется помощью заслонки, расположенной за воронкой перед сводом. Толщину слоя подбирают так, чтобы к шлакоснимателям подходил тонкий слой выгорающего кокса. Перед шлакоснимателем не должно скопляться большое количество раскаленного кокса. Но не годится, если кокс выгорает слишком рано и решетка перед шлакоснимателями оказывается оголенной, неравномерно лишь покрытой золой и шлаком.

Если нужно усилить или ослабить работу топки (по нагрузке котла), то толщину слоя не меняют, а соответственно увеличивают или уменьшают скорость решетки. При большей скорости решетки увеличивается количество подаваемого в топку топлива. Необходимо, конечно, пользуясь заслонками, увеличить и подачу воздуха в топку. Уменьшая скорость решетки, нужно, разумеется, убавить приток воздуха.

Слой горящего топлива должен равномерно убывать по направлению к концу топки. Необходимо следить и своевременно устранять шуровкой (через шуровочные окна) прогары, а также разбивать большие куски топлива, чтобы они успевали догорать до шлакоснимателя.

Рассмотрим в заключение те особо затруднительные случаи, с которыми приходится иметь дело кочегару при работе на цепной решетке.

Если в топку начнет поступать очень сырой уголь, то зажигательный свод, теряя много тепла на подогрев угля, станет охлаждаться. Подсушка угля замедлится, и начальная полоса воспламенения топлива под сводом будет отодвигаться все дальше, т. е. топка начнет постепенно глохнуть. Кочегар не должен допускать этого, принимая все меры к усилению горения под сводом. Для этого можно перебросить часть жара с середины решетки под свод (действуя через шуровочные окна) или набросать под свод на топливо сухих поленьев. Горя, они подсушат топливо и поднимут несколько температуру свода, усиливая горение под ним.

Затухание топки можно прекратить, уменьшив скорость решетки и несколько утолщая слой угля. При замедленном движении топливо дольше остается под сводом и лучше подсыхает; горение под сводом улучшается и налаживается. Утолщение слоя необходимо, чтобы на решетке сгорало столько же угля, сколько и прежде, при большей скорости решетки.

Второе затруднение, с которым приходится сталкиваться кочегару, — это спекание угля в плотную массу, которая плохо пропускает воздух. Такой уголь горит только по краям топки и в тех местах, где случайно остались проходы между кусками топлива. Здесь быстро получаются прогары, через которые в большом количестве идет холодный воздух. На решетке же горение идет плохо. Прих дится ломать вручную спекшийся уголь, давая проход воздуху, а прогары засыпать кусками угля.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

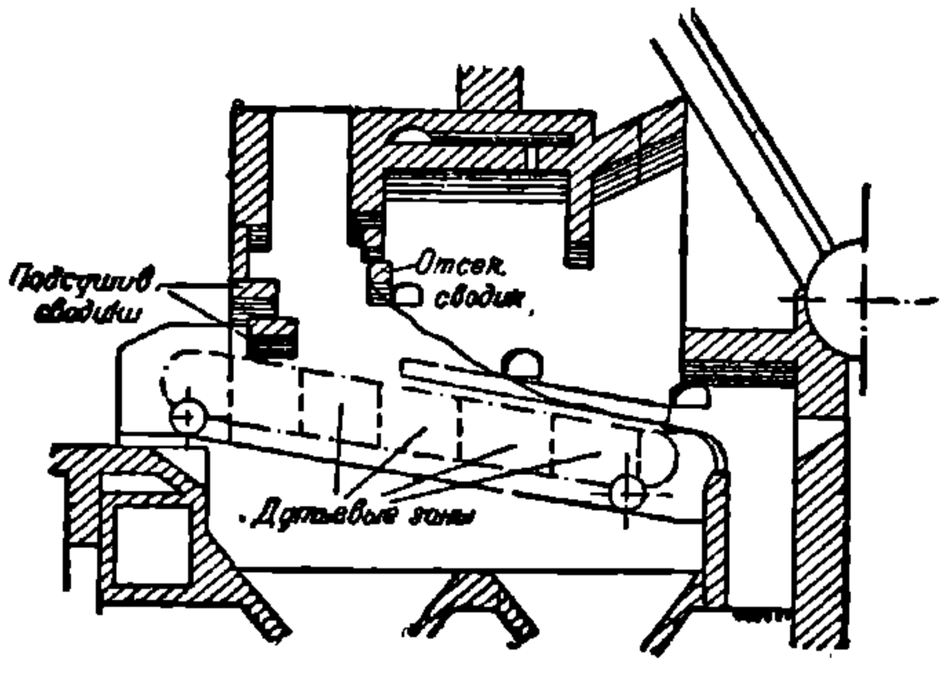
Иногда уголь снова спекается (пока он еще окончательно не ококсовался), вследствие чего его приходится вторично ломать.

ВОПРОСЫ

В чем заключаются недостатки топок с простыми ручными решетками?
Почему и в каких случаях переходят к механическим решеткам?
Укажите основные преимущества механических топок.
Как устроена цепная решетка?
Как попадает топливо в топку?
Для чего служит свод над решеткой?
Где заканчивается горение кокса?
Для чего нужен шлакосниматель?
Как попадает воздух в топку?
Регулируется ли приток воздуха в топку и как?
Чем регулируется и как подбирают толщину слоя топлива на решетке?
Меняют ли толщину слоя при колебаниях нагрузки котла?
Что необходимо регулировать в работе топки при колебаниях нагрузки котла?
Приходится ли кочегару шуровать слой, в каких случаях и как?
Какие затруднительные случаи встречаются в работе топки с цепной решеткой?
Что нужно делать, если в топку попадает сырое топливо?

Шахтно-цепная топка

Шахтно-цепная топка представляет собой топку с цепной решеткой, приспособленную для сжигания влажного и объемистого топлива, главным образом торфа (в некоторых случаях щепы



Фиг. 80. Шахтно-цепная топка.

и т. п.). Над передней частью цепной решетки установлена шахта. Назначение шахты, как обычно, — подсушка и достаточный подогрев топлива (до того, как оно дойдет до цепной решетки).

Подсушка и подогрев усиливаются особым устройством шахты (фиг. 80). Ее фронтовая стенка в нижней своей части устроена ступенчатой. Опускающийся вдоль фронтовой стенки торф частично задерживается на ступеньках и горит на них. Дымовые газы от горящего на ступенях торфа идут через слой и проходят над отсекающей балочкой в топочное пространство. Проходя че-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

рез торф, дымовые газы усиливают и ускоряют его сушку, т. е. дают возможность сжигать более сырой торф, чем в обычной шахтной топке.

Опустившийся из шахты на решетку торф равномерно передвигается в глубину топки и горит. Дойдя до заднего конца решетки, торф выгорает, и на решетке остаются зола, шлаки и остатки кокса. В конце решетки установлен порог. Он задерживает на время шлак и кокс на решетке, не позволяя им сразу перевалиться на шлаковую решетку, находящуюся за задним концом цепной решетки. С шлаковой решетки шлаки попадают в зольный бункер.

Для подвода воздуха пространство под верхним полотном решетки делится на четыре зоны (участка) (фиг. 80). Через каждую зону пропущена труба прямоугольного сечения из листового железа с заслонкой. Открывая заслонки больше или меньше, регулируют подвод воздуха по каждой зоне. Часть воздуха от передней зоны отводится к ступенькам для горящего на них торфа.

Вторичный воздух берется от третьей зоны и по каналу (над сводом) подводится в топку через отверстия в своде.

Обслуживание шахтно-цепной топки

Своевременно перед растопкой необходимо убедиться в исправности решетки и в том, что она хорошо очищена от шлака. Для этой цели пускают решетку, проверяя, нет ли лопнувших или обгоревших колосников, подлежащих замене. Проверяют достаточное натяжение цепи и легкость ее хода, а также смазку подшипников.

Перед самой растопкой котла открывают на четверть дымовой шибер с целью проветрить дымоходы от оставшихся там газов.

Пускают воду в боковые охлаждаемые панели и в подсушивающие ступеньки (балочки) шахты (если они охлаждаются водой).

Растопку производят жаром из соседних котлов или сухими дровами. На жар (торф или дрова) дают торф из бункера, открывая несколько задвижку бункера, затем пускают решетку на малой скорости. По мере разгорания торфа прибавляют дутье.

Для ускорения растопки, в особенности при сыром торфе накладывают жар или разжигают дрова на подсушивающих ступеньках. Постепенно, в несколько приемов, переходят к скорости решетки и дутью, требуемым по нагрузке котла.

При нормальной нагрузке котла и торфе средней влажности держат разрежение в топке не выше 10—12 *мм*. Средние участки работают на полностью открытых заслонках, ступеньки и четвертая (шлаковая) зона работают с приблизительно наполовину прикрытыми заслонками.

При правильно установленном горении:

1. Торф на выходе из шахты покрыт тонким коксовым слоем и здесь же загорается.

2. Пламя красновато-желтое.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

3. К концу решетки торф выгорает, и шлак подходит к затвору ровным слоем.

Если на решетке близко около шахты идет бурый дым, то необходимо дать больше воздуха и увеличить скорость решетки. Обратно, при ярко-белом пламени убавляют воздух.

При переходе на большую нагрузку переводят решетку на следующую скорость и прибавляют дутье, а если его нехватает, то увеличивают разрежение. При уменьшении нагрузки убавляют дутье и разрежение и сбавляют скорость решетки.

Положение заслонок по зонам меняют по виду пламени, которое, как обычно, должно быть красновато-желтого цвета. Шлаковую зону открывают в том случае, если торф доходит до конца решетки недостаточно выгоревшим.

При работе на сыром торфе приходится считаться с тем, что торф плохо подсушивается и загорается. Необходимо принимать меры для усиления подсушки. С этой целью:

1. Воздух к подсушивающим ступенькам дают полностью.

2. В случае необходимости пускают решетку медленнее. Торф дольше остается в шахте, лучше подсушивается и своевременно загорается.

3. В том случае, если котельная будет длительно работать на сыром торфе, необходимо увеличить толщину слоя, подняв отсекающую балку.

При работе на сухом торфе происходит слишком раннее воспламенение его в шахте. Быстро горя, торф выгорает еще до шлаковой зоны. Против этого принимают следующие меры:.

1. Подвод воздуха к ступенькам уменьшают, а в случае необходимости вовсе прекращают.

2. Замазывают верхние ступеньки.

3. Замазывают заслонки в воздушных каналах к ступенькам и фронтовые люки для чистки ступенек.

Если загорание сухого торфа начинается слишком рано — в шахте (выше отсекающей балки), то необходимо пустить решетку на большую скорость. Быстрее выходя из шахты (т. е. меньше в ней оставаясь), торф будет меньше пересушиваться и не так рано загораться. Однако работа на большей скорости увеличивает съем пара, и может оказаться необходимым травить пар.

ВОПРОСЫ

Для каких топлив предназначена шахтно-цепная топка?

Как устроеена шахтно-цепная топка?

Где происходит подсушка топлива при сжигании его в шахтно-цепной топке?

Какое устройство применено для усиления подсушки топлива в шахтно-цепной топке?

Чем регулируется толщина слоя в шахтно-цепной топке?

Как происходит горение топлива на решетке?

Как подводится воздух в топку?

Почему необходимо регулировать подвод воздуха по отдельным зонам (участкам) решетки?

Откуда подводится воздух к подсушивающим ступенькам?

Откуда подводится вторичный воздух и где он входит в топку?

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Как производят растопку?
Как переходят после растопки к нормальной работе (нагрузке) топки?
Через какие зоны подводится больше воздуха?
Укажите признаки правильно установленного горения в топке.
Как переходят на бо́льшую нагрузку? Как уменьшают нагрузку топки?
Какие меры принимаются при работе на очень влажном торфе?
Какие меры необходимо принимать при работе на сухом торфе?

Топка с нижней подачей топлива

В этих топках топливо попадает на решетку не сверху, а снизу. Для этого средняя часть решетки сделана в виде жолоба, из которого топливо переходит на решетку. Над передним концом жолоба, выступающим перед топкой, помещается воронка, из которой топливо сыплется в жолоб. Дно жолоба сделано самостоятельным и подвижным: оно в виде полосы лежит на закраинах боковых стенок жолоба. На этой полосе под воронкой имеется скоба — толкач, а по длине топки — два кулака. Полоса вместе с толкачом и кулаками ходит вперед и назад вдоль жолоба Приводится она в движение от маленькой паровой машины.

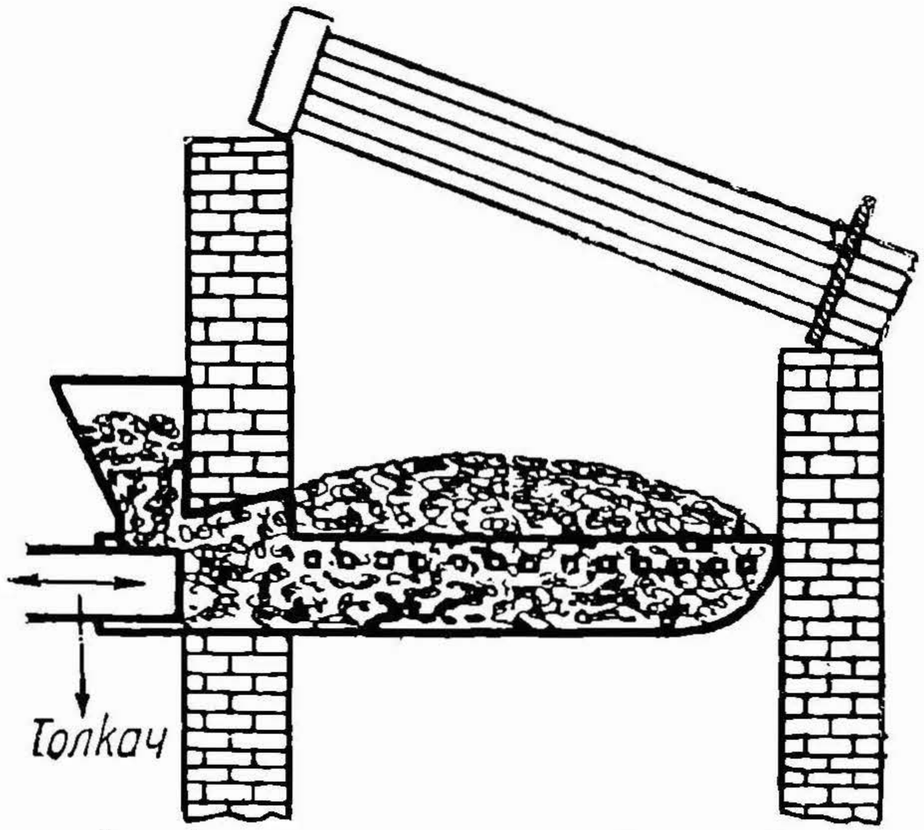
При своем движении вперед толкач двигает находящуюся под воронкой порцию топлива в жолоб. Топливо, уже находящееся в жолобе, испытывает давление толкача, вследствие чего оно постепенно выжимается кверху (фиг. 81). Этому способствуют кулаки, которые нарушают равновесие сжимаемого топлива, несколько подталкивая его снизу вверх.

Таким образом топливо передвигается от воронки по жолобу вперед и в то же время выползает наверх и попадает на колосники, расположенные по сторонам жолоба поперек топки с небольшим боковым уклоном (фиг. 82). Перевалив на колосники, топливо перемещается по ним по направлению к боковым стенкам топки. Так происходит передвижение топлива в жолобе и на колосниках, когда полоса с толкачем и клиньями идет вперед. При обратном движении кулаки лишь встряхивают и разрыхляют топливо, толкач тоже движется вхолостую, освобождая место под воронкой для новой порции топлива.

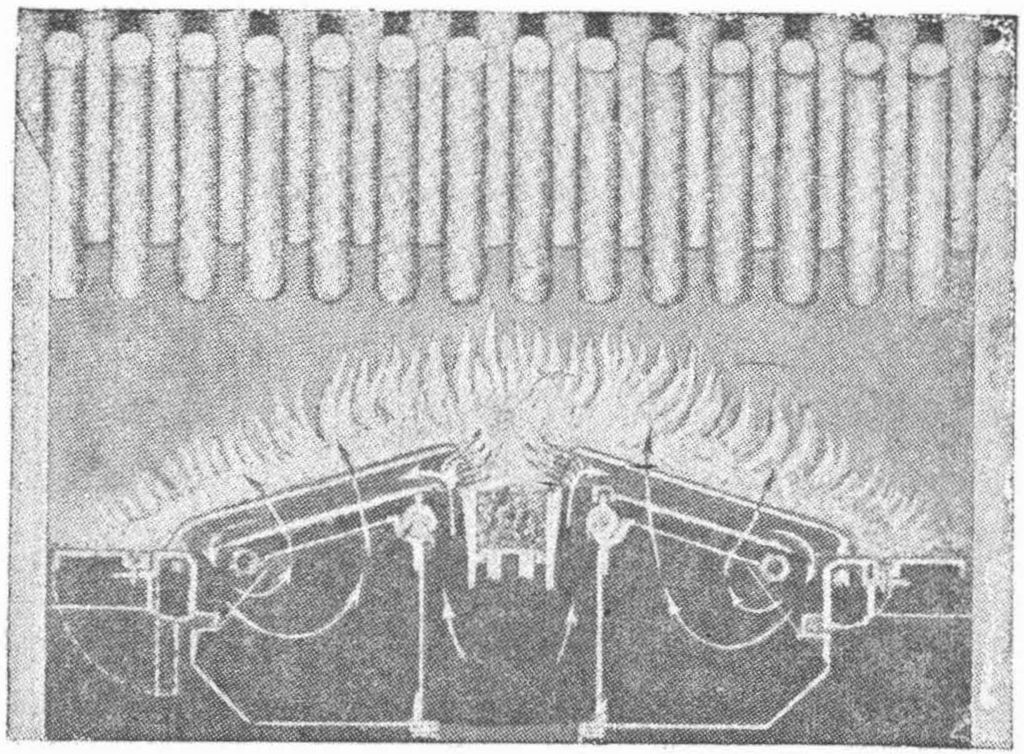
Сползанию топлива на колосниках способствует не только напор из жолоба, но и то, что колосники через один поставлены подвижные: они имеют некоторый ход к бокам топки. При прямом и обратном движениях колосников на решетке происходит передвижение и сползание топлива. Под каждым рядом колосников около жолоба проходит вал, повертывающийся на некоторый угол посредством механизма, действующего от паровой машины. На валу имеется ребро, которое входит в приливы в виде вилки под подвижными колосниками. При повертывании вала в одну и в другую стороны ребро тянет за собой подвижные колосники.

Горение в топке идет соответственно подаче топлива. Раскаленный слой топлива находится на колосниках и в верхней части жолоба между колосниками, а прогревающееся и холодное топливо лежит снизу в жолобе. Холодное топливо в нижней половине жолоба сохнет, а приблизившись к раскаленному горящему

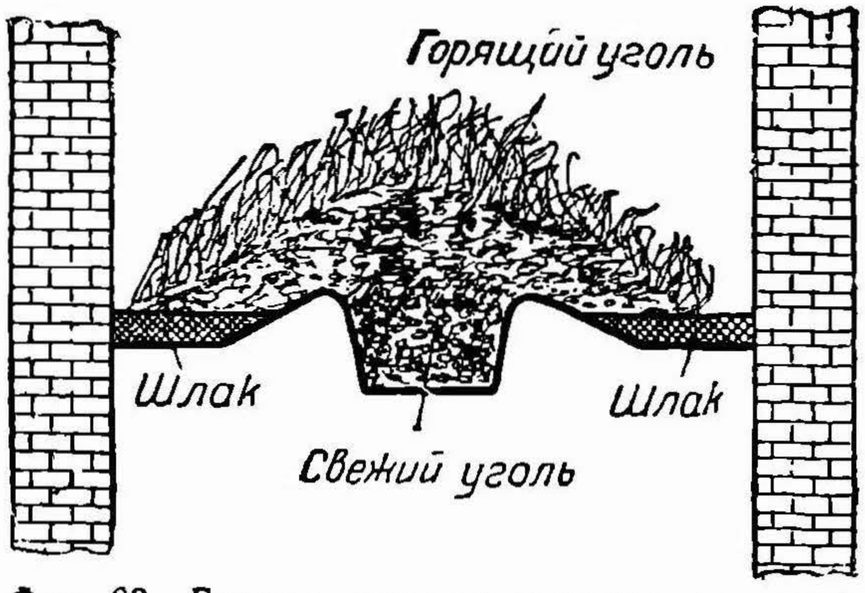
НБ УДУНТ (ДІІТ)



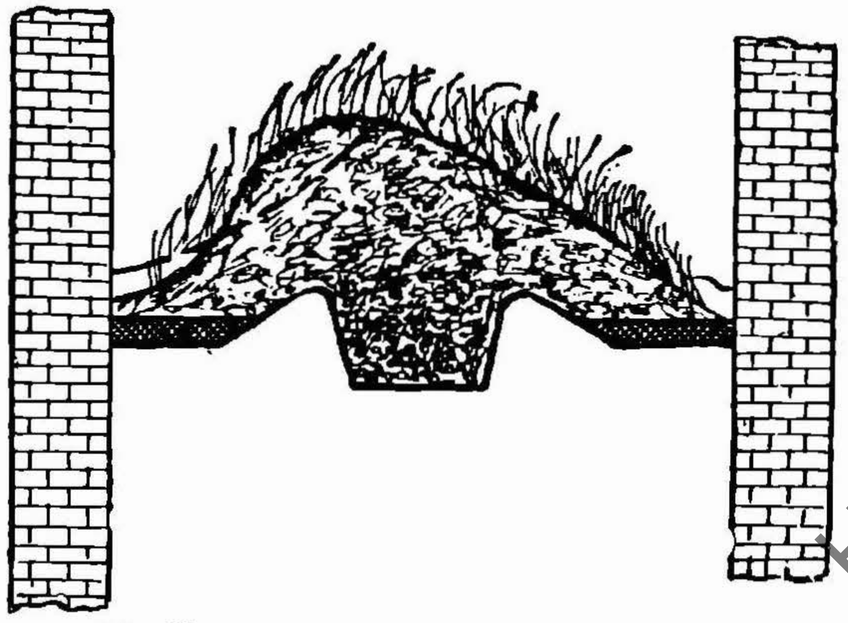
Фиг. 81. Схема топки с нижней подачей.



Фиг. 82. Топка с нижней подачей (поперечный разрез).



Фиг. 83. Горение угля на решетке с нижней подачей.



Фиг. 84. Неправильное расположение угля на решетке с нижней подачей.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

слою, выделяет горючие газы. Они проходят через слой, нагреваются и воспламеняются, сгорая в топочном пространстве совершенно бездымно. Сползая на колосниках к боковым стенкам топки, топливо постепенно выгорает. Шлак и зола на колосниках сдвигаются топливом на шлаковые плиты, находящиеся между концами колосников и боковыми стенками топки.

Воздух (дутье) для горящего топлива пускается не только под колосники, но, понятно, и в горящий слой, расположенный над жолобом. Для этой цели над боковыми стенками жолоба имеются прозоры, которые направляют струи воздуха с обеих сторон навстречу друг другу.

Как вести топку

Для растопки наполняют жолоб углем, а на колосниках разводят огонь дровами и поверх разгоревшихся дров набрасывают угля. Когда уголь на колосниках хорошо разгорится, медленно пускают толкач и открывают понемногу воздушную заслонку на трубопроводе от вентилятора. Постепенно увеличивая подачу топлива и приток воздуха, доводят топку до требуемой нагрузки.

Если расход пара часто и быстро меняется, то горение в топке нужно регулировать, не меняя подачу топлива (ход механизма), а изменяя открытие воздушной заслонки. Когда же расход пара должен увеличиться на длительное время, то, понятно, необходимо увеличить не только приток воздуха, но и подачу топлива; но и то и другое нужно делать постепенно, в два-три приема. Если сразу прибавить сколько требуется воздуха, то на колосниках могут получиться прогары, воздух устремится через них, вследствие чего нарушится правильное горение над жолобом.

Если требуется быстро остановить работу котла, то останавливают в два-три приема подачу угля и убавляют приток воздуха, не прекращая его, однако, вовсе, пока на решетке есть много жара. Если сразу остановить приток воздуха при большом количестве жара, то шлак заплавит колосники и, кроме того, концы колосников около жолоба могут сгореть.

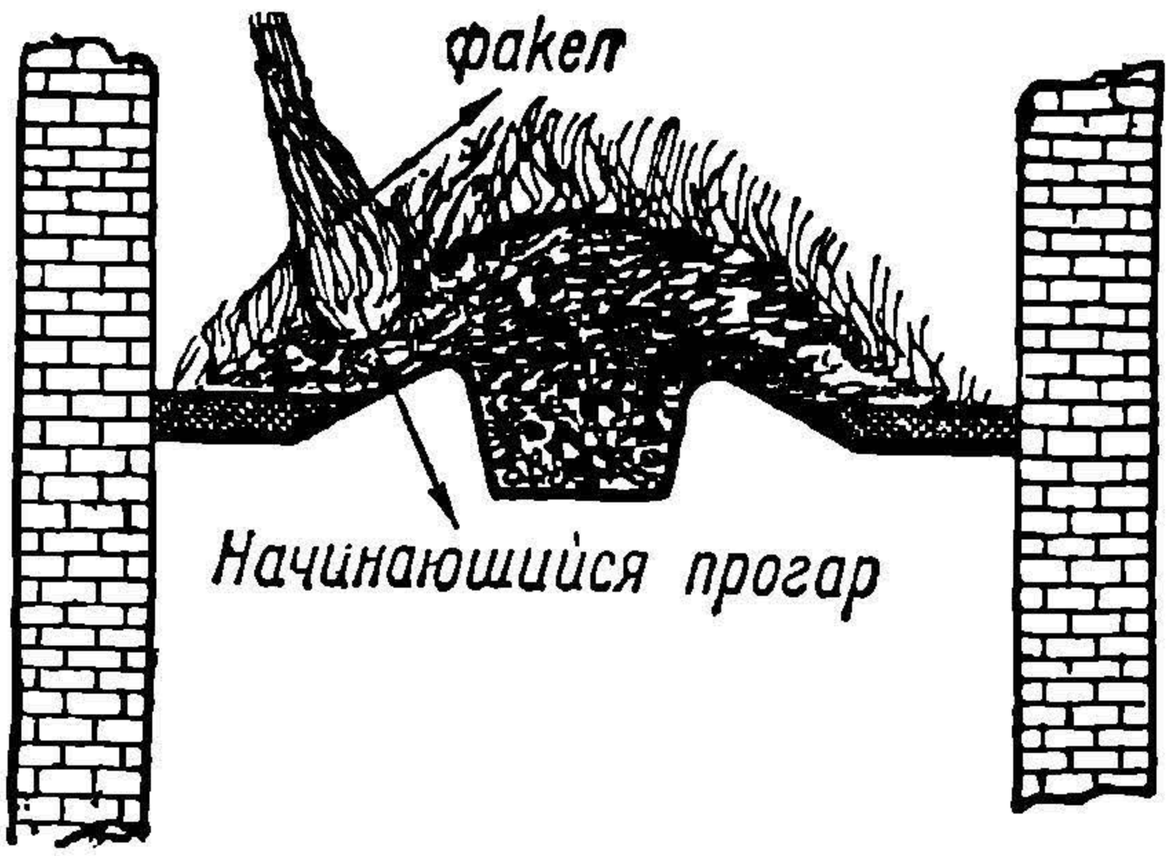
Во время работы топки бывает, что топливо не проходит в жолоб, застревая в воронке. Это может быть, если в топливе попадаются крупные куски или если идет мелкое сырое топливо. Крупные куски топлива могут случайно заклиниться у устья воронки и не пропускать уголь в жолоб. Мелкий сырой уголь слипается и сплошной массой лежит в воронке, не опускаясь в жолоб. Когда замечено застревание угля в воронке, надо разворошить и протолкнуть его ломом в жолоб. Но ни в коем случае нельзя сильно бить ломом по углю, так как можно повредить устройство толкача. Если проталкивание не помогает, то необходимо часть угля выбрать из воронки и вынуть крупные куски угля (или предмет, мешавший опусканию угля).

Уголь должен правильно лежать и распределяться на решетке: выпукло — над жолобом, и с уклоном — на колосниках (фиг. 83). На шлаковых плитах жара должно быть лишь настолько, чтобы были закрыты концы колосников. Если на плитах скопляется жар,

НБ УДУНТ (ДІТ)

то шлак оплавляется и прилипает к плитам, что затрудняет чистку решетки.

Бывает, что уголь плохо сползает на колосники и лежит над жолобом высоким горбом (фиг. 84). Спекшийся на колосниках уголь мешает правильному выходу угля из жолоба. Нужно прорезать спекшийся уголь крючком вдоль топки, уголь разрыхлится и осядет вбок на колосники. То же самое необходимо, понятно, сделать и в том случае, если вследствие скопления угля над жолобом газы и воздух не проходят здесь полностью, а часть их прорывается из жолоба в воронку. Скопление угля над жолобом может происходить из-за прикипания шлака к колосникам, вследствие чего на них замедляется сползание топлива. В этом случае необходимо прорезать шлаки, а отставшие от колосников куски шлака перекинуть на шлаковые плиты. Если шлак оставить на жаре, то он расплавится, зальет жар, и горение прекратится. Взамен подрезки шлака можно чаще производить чистку решеток.



Фиг. 85. Начинающийся прогар в топке с нижней подачей.

Правильное горение в топке нарушается прогарами на колосниках или в жолобе. При начале прогара над ним поднимается высокий факел пламени, так как в прогаре идет усиленное горение за счет притока излишнего воздуха (фиг. 85). Глубокий прогар можно заметить, пока из него выбрасывается угольная мелочь. Если глубокий прогар находится достаточно близко к кладке, то она против прогара темнеет от охлаждения ее воздухом.

Получившийся прогар необходимо по возможности быстро засыпать, подкинув к нему угля из мест по соседству, где слой потолще. Это нужно делать осторожно, глубоко не перемешивая угля в слое, чтобы не нарушить установившегося горения.

Для очистки решетки от шлака останавливают механизм топки и выжигают уголь на колосниках. Остаток угля сдвигают на жолоб и на колосники около него. Затем ломом проходят по боковым плитам, подрывая шлак, после этого подламывают его на колосниках. Шлак с колосников перебрасывают на плиты и опрокидывают их. После этого необходимо осторожно сбить наросты шлака на боковых стенках топки, если эти наросты достаточно

НБ УДУНТ (ДІІТ)

велики или мешают боковым плитам становиться на место при обратном повороте. После чистки нужно часть жара на жолобе растащить по колосникам и пустить топку на малом дутье, постепенно его усиливая.

Если на задней части решетки шлак перед чисткой получается мягким, плохо отстающим от решетки, необходимо перед прожиганием топки сгрести уголь на переднюю половину решетки. Шлак на задней половине за время выжигания угля больше остынет, и его легче будет подламывать.

ВОПРОСЫ

Как устроена топка с нижней подачей топлива?
Откуда топливо идет и как оно попадает на решетку?
Передвигается ли топливо на решетке, как и куда?
Как растапливают топку?
Откуда поступает и как распределяется воздух на решетке?
Как идет горение топлива на решетке?
Как останавливают топку, если требуется быстро остановить котел?
Какое топливо может застревать в воронке и что необходимо делать в этих случаях?
Как уголь должен лежать над жолобом и на решетке?
Почему уголь может скопляться над жолобом и что необходимо делать в этом случае?
На что указывает появление факела пламени в каком-нибудь месте над топливом?
По каким признакам обнаруживается глубокий прогар?
Как очищают решетку?

3. Пылевидное топливо и его сжигание

За последние 15 лет у нас и за границей для сжигания под паровыми котлами стали широко применять пылевидное топливо, получаемое путем размола каменного угля в специальных мельницах в тонкий порошок.

Уголь в виде порошка вдувается в топку, где смешивается с воздухом и горит факелом, как горит, например, нефть в нефтяных топках.

Такой способ сжигания топлива имеет следующие преимущества:

1. Пылевидный уголь очень хорошо перемешивается с воздухом, вследствие чего достигается полное горение при малом избытке воздуха, т. е. в топке получается высокая температура.

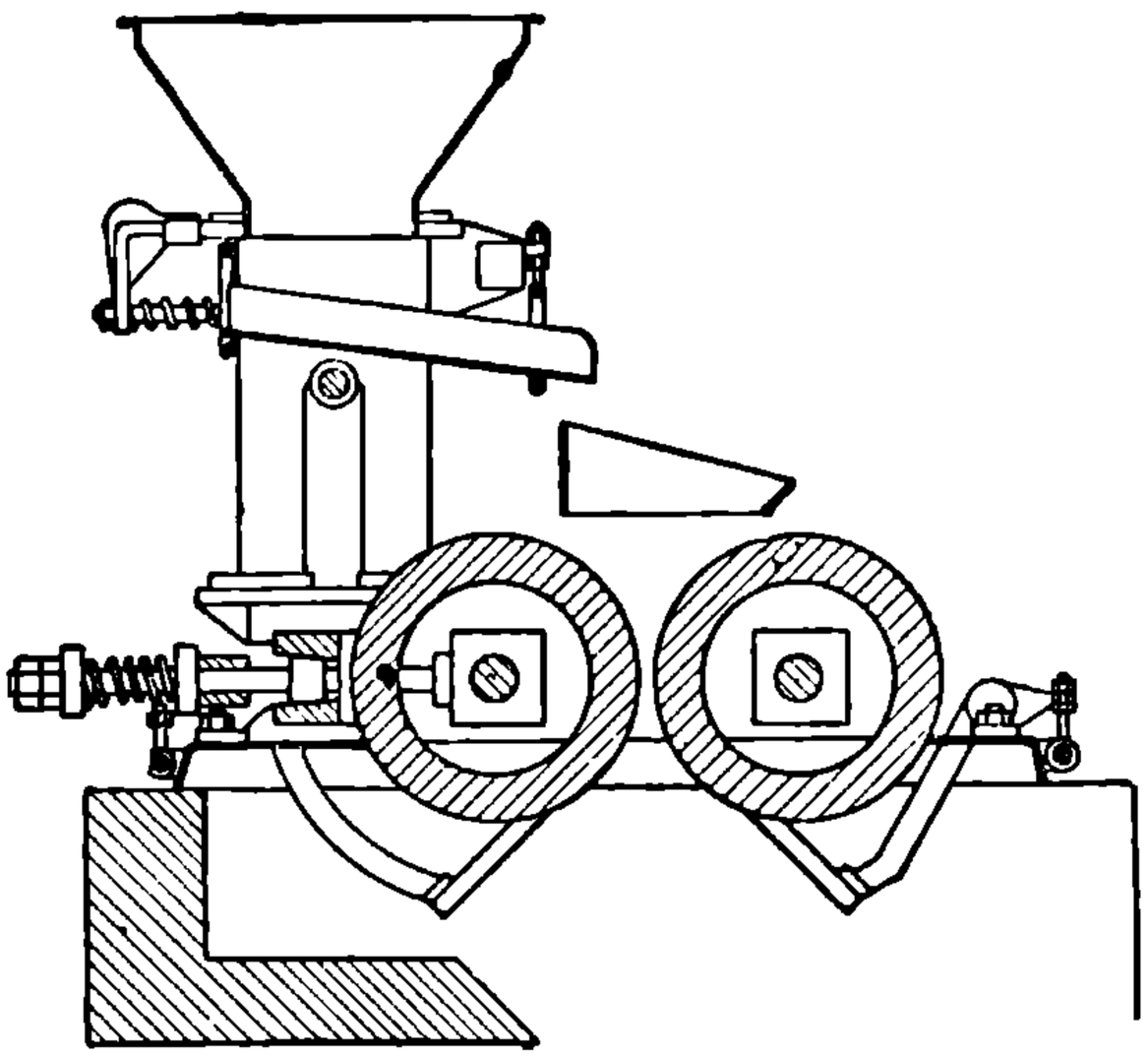
2. Топка очень легко и быстро регулируется в зависимости от нагрузки котла. Остановка топки производится сразу, прекращением подачи угольной пыли (порошка), пуск тоже происходит сравнительно быстро.

3. Низкосортные топлива (многозольные угли, угольная мелочь), очень плохо горящие на колосниковых решетках, удобно и экономично сжигаются в виде пыли. Следовательно, эти дешевые, но малопригодные для сжигания в обыкновенных топках топлива могут широко применяться для сжигания в пылевых топках.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

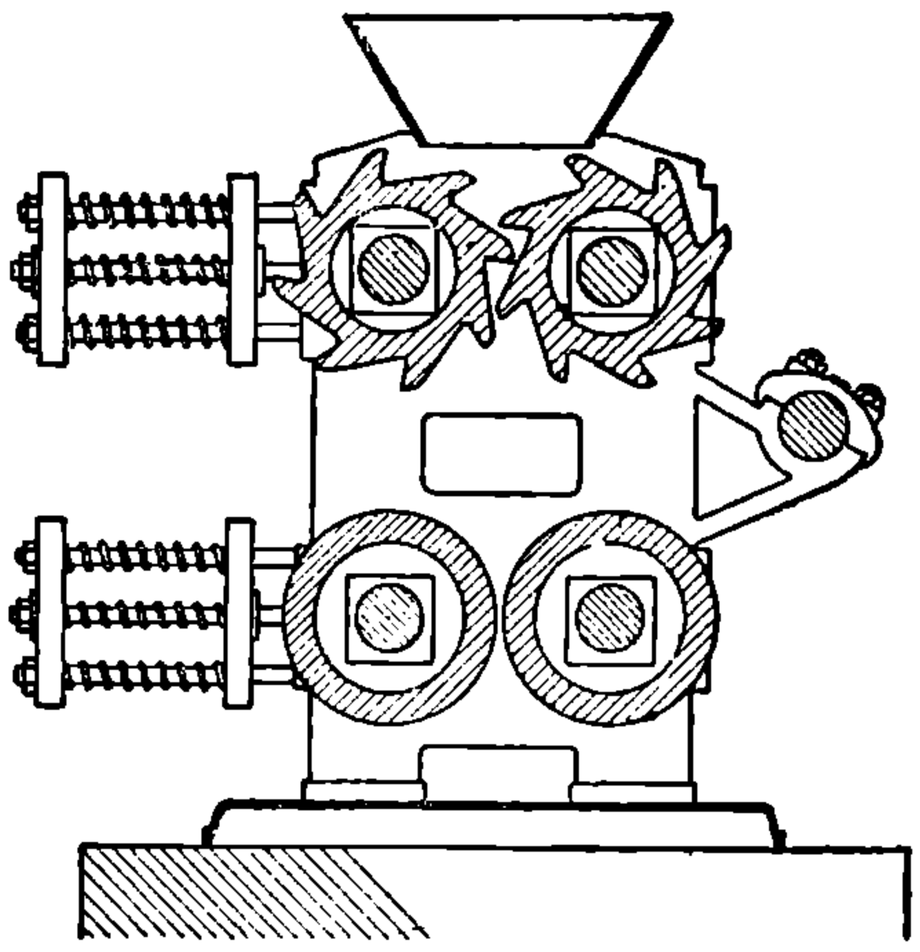
Приготовление угольной пыли

Угольная пыль получается путем размола угля в мельницах (см. ниже). Крупный уголь должен быть предварительно раздроблен на мелкие куски, для чего применяются дробильные машины (дробилки).



Фиг. 86. Дробилка для каменного угля.

Весьма влажный уголь подсушизают в сушилках, работающих отходящими газами или паром. Сушилка обслуживает несколько мельниц, и размол угля централизуется, сосредоточивается в одной установке, обслуживающей сразу несколько котлов. Такая



Фиг. 87. Дробилка для крупнокускового каменного угля.

установка (пылезавод) состоит в основном из сушилки, мельниц и бункера, куда собирается пыль для подачи ее в котельную. При менее влажном угле можно обойтись без сушилки, осуществляя сушку угля в мельнице. В этом случае каждый котел обслужи-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

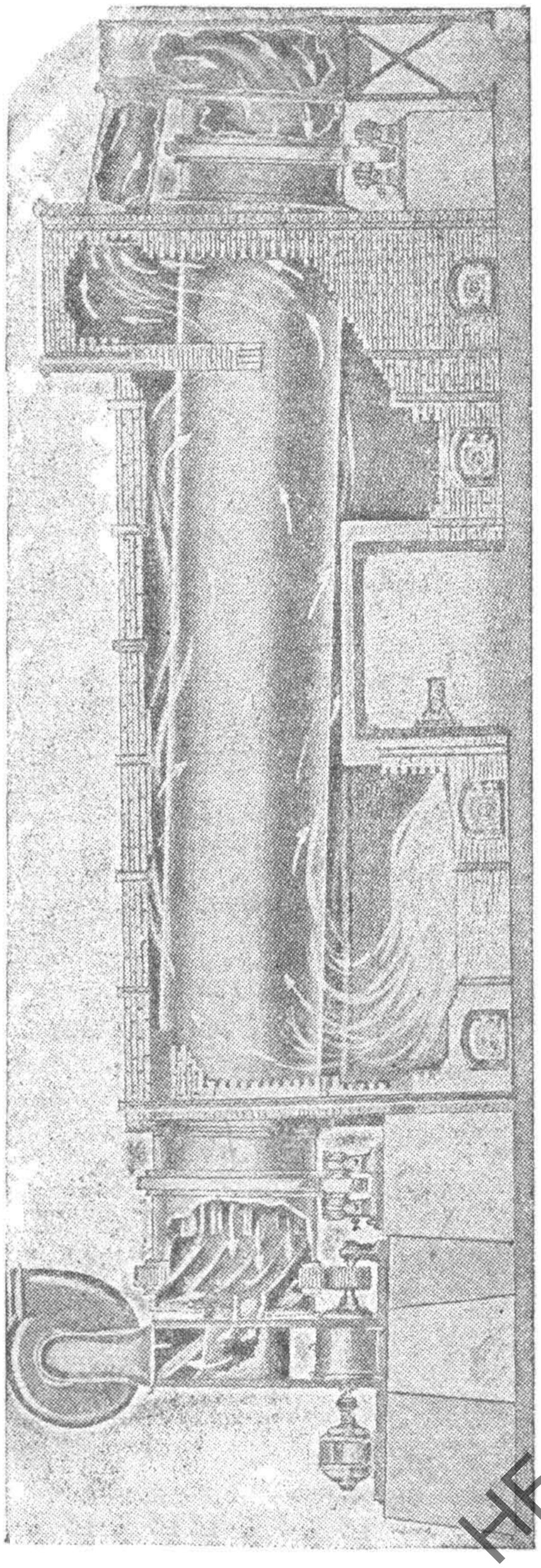
вается отдельной мельницей, и такая непосредственная их связь оказывается простой и удобной в работе. Такие установки называются индивидуальными.

Дробление угля

Для дробления угля применяют дробильные машины, весьма простые по своему устройству (фиг. 86). Их основная часть — два параллельных вальца. Вращаясь в противоположные стороны, вальцы захватывают сыплющиеся в промежуток между ними куски угля и дробят их.

На вальцы уголь поступает из воронки, под которой помещается трясучка. Трясучка равномерно сыплет уголь в промежуток между вальцами. Раздробленные куски угля, пройдя между вальцами, падают в воронку ковшевого элеватора, который подает уголь в сушилку.

Чтобы дробилка не страдала от кусков твердой породы или лома, который может попадать в нее вместе с углем, один из вальцов сидит на подвижной оси, которая в своем рабочем положении удерживается двумя пружинами. Когда в дробилку попадает, скажем, кусок железа, то он проходит между вальцами, отжимая подвижный валец и не повреждая таким образом их. Если для дробления поступает крупный уголь (или смесь мелкого и крупного), то устройство дробилки приходится усложнять. Обыкновенные гладкие вальцы не захватывают крупных кусков угля, поэтому над ними в изображенной на фиг. 7 дробилке помещены зубчатые вальцы. Они хорошо захватывают крупные куски угля и дробят их. Расположенные под зубчатыми гладкие вальцы дробят уголь более мелко.



Фиг. 78. Барабанная сушилка для угля.

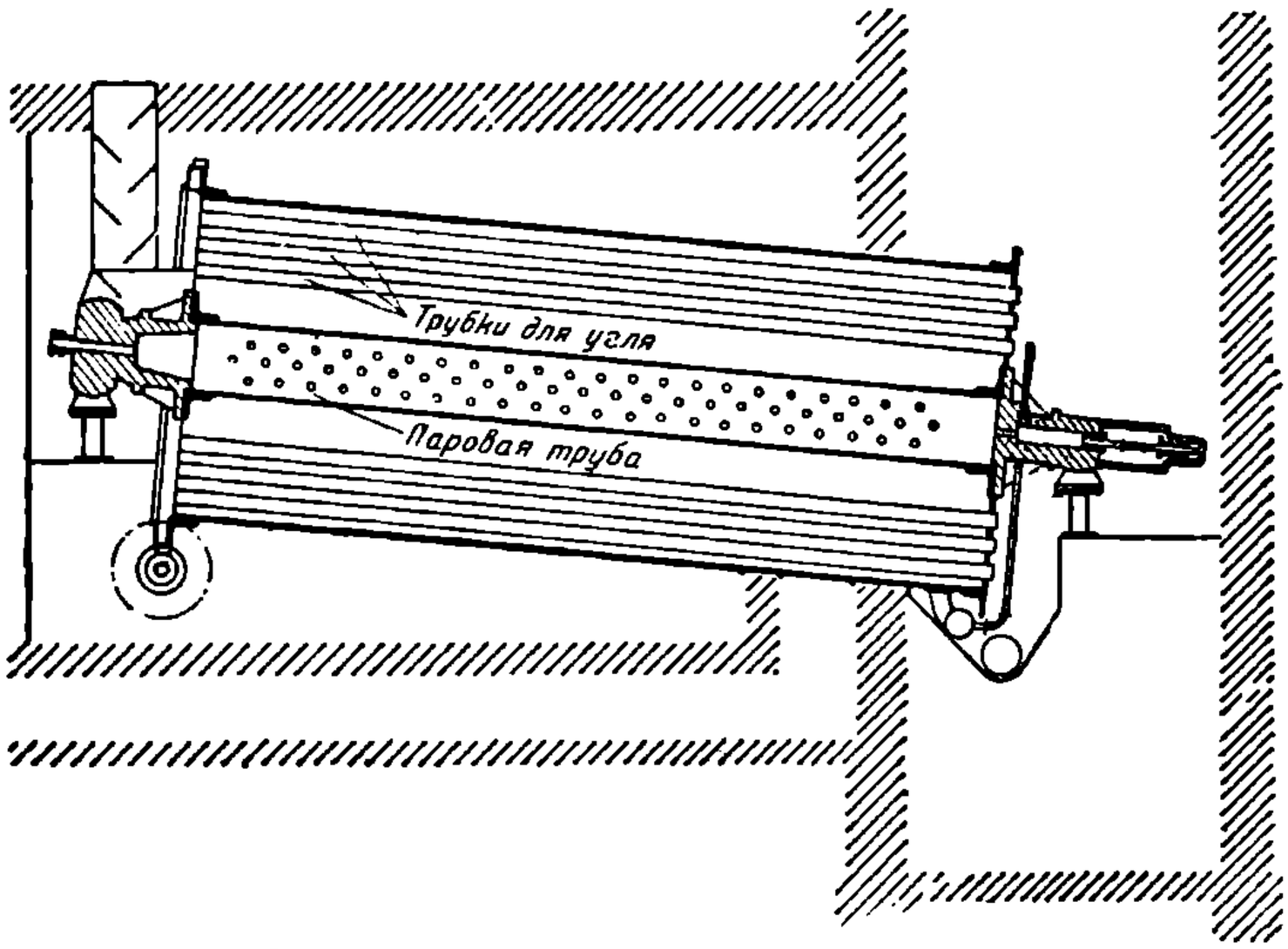
НБ УДУНТ (ДІТ)

Подсушка угля

Подсушка угля применяется потому, что недостаточно сухой уголь требует большой затраты энергии на свой размол и к тому же пыль получается грубее, чем это допустимо для ее быстрого и надлежащего сжигания. Кроме того, влажная пыль легко слеживается в местах ее временного хранения — в бункерах, что часто затрудняет ее подачу в топку.

Подсушка угля производится его нагреванием в сушилках разного устройства посредством дымовых газов, горячего воздуха или пара. Сушилки по устройству своему делятся на барабанные, тарельчатые и трубчатые.

Барабанная сушилка представляет собой длинный цилиндр, изготовленный из котельного железа, с полками внутри,



Фиг. 89. Трубчатая сушилка для угля.

идущими вдоль цилиндра (фиг. 88). Барабан стоит с уклоном и приводится в медленное вращение приводом от электромотора; подсушиваемый уголь сыплется через воронку внутрь барабана с переднего его конца. Во вращающемся барабане уголь пересыпается с одной полки на другую, подвигаясь в то же время вследствие уклона барабана к его заднему концу

Под барабаном помещается топка, по выходе из которой газы обогревают барабан сначала снаружи, двигаясь к заднему его концу, где они проходят внутрь барабана и непосредственно обогревают пересыпающееся в нем топливо. Высушенный уголь высыпается из заднего конца барабана в приемную воронку и может быть пущен в размол.

Сушильный барабан может обогреваться дымовыми газами из котлов, для чего к нему должен быть подведен соответствующий дымоход, а за ним должен быть установлен дымосос для удаления газов.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Трубчатая сушилка (фиг. 89) представляет собой барабан, между днищами которого развальцовано большое количество трубок. Через центральную часть барабана проходит трубка большого диаметра с дырчатыми стенками. Она служит для пропуска внутрь барабана пара, обогревающего трубки, внутри которых находится подсушиваемый уголь. Движение угля происходит потому, что барабан имеет уклон и находится во вращении. Уголь попадает в барабан через рукав, из которого он сыплется в пространство между двойной стенкой, куда выходят передние концы трубок. Подсушенный уголь высыпается из трубок на расположенный под задним концом барабана шнек, который подает уголь к мельнице. Испаряемая из топлива влага, понятно, должна быть непрерывно удаляема. Для этой цели необходимо просасывать через трубки воздух, количество которого зависит от производительности сушилки и влажности топлива.

Мельницы

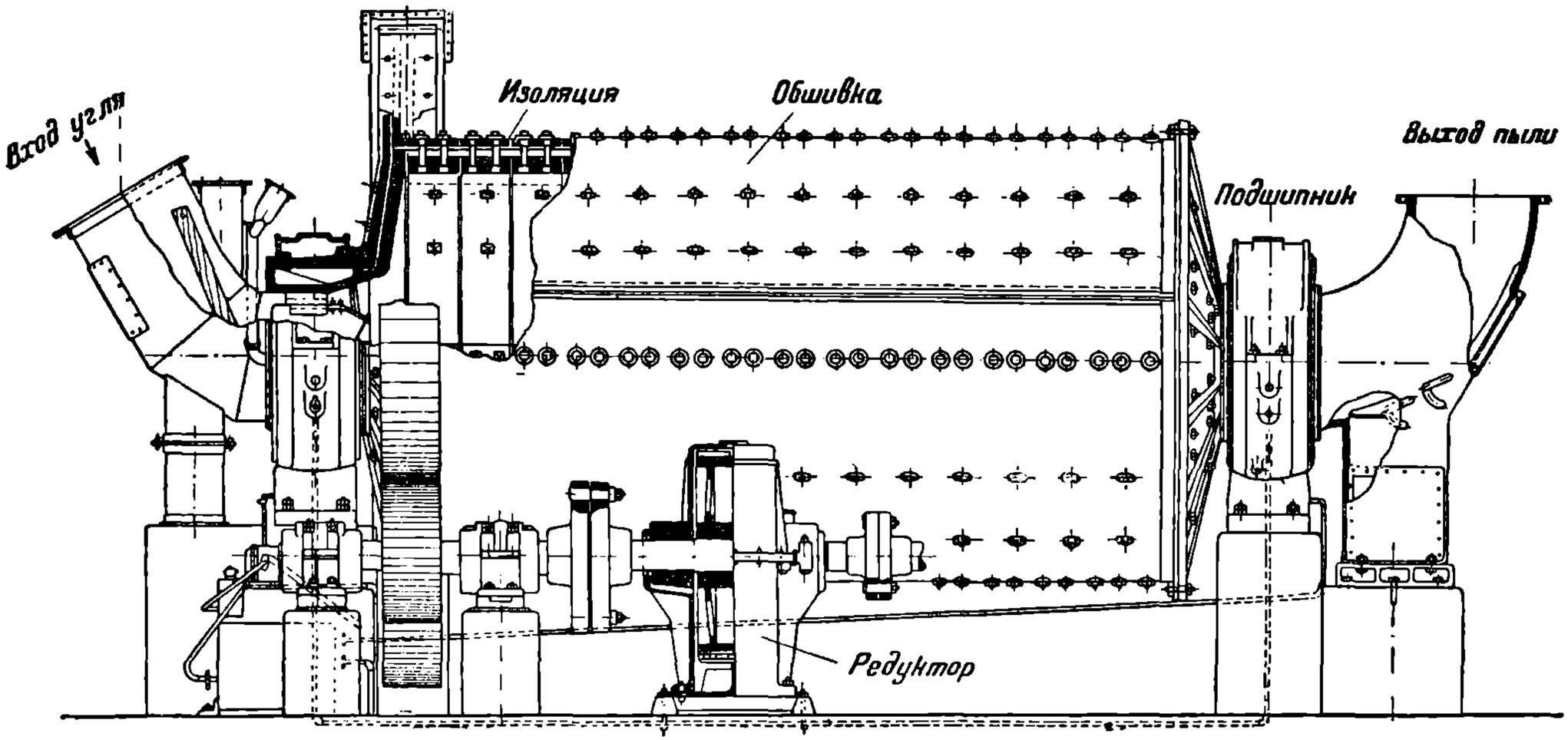
Для размола угля применяются мельницы нескольких типов, из которых в настоящее время наиболее распространены барабанные шаровые мельницы. Такая мельница представляет собой барабан, покрытый внутри броней, в котором находятся стальные или чугунные шары (фиг. 90). В барабан сбоку через рукав поступает уголь. Барабан вращается, вследствие чего шары находятся в непрерывном движении — они поднимаются кверху и падают вниз, дробя и растирая попадающие между ними куски угля. Постепенно уголь размалывается в более или менее тонкую пыль. Для удаления готовой пыли из мельницы через нее пропускают воздух, он подхватывает пыль и уносит ее в своем потоке через выходной конец мельницы. Если мельница служит одновременно и сушилкой, то через нее пропускают горячий воздух. Для возврата в мельницу для домола чрезмерно грубой пыли, не пригодной для сжигания, применяют устройство, называемое сепаратором. Сепаратор представляет собой камеру из листового железа, имеющую внутри перегородки цилиндрической и конической формы. Расположение их таково, что поток воздуха и пыли делает в сепараторе крутые повороты. На этих поворотах грубая пыль как бы не успевает повертывать вместе с воздухом, несется по прямому направлению и попадает в кольцевые карманы, образуемые перегородками, а из них через отводящие трубки спускается в мельницу для домола.

Подача угольной пыли

Существуют два способа подачи пыли из мельницы к местам назначения — механический и воздушный. При первом способе для перемещения пыли применяют шнеки, при втором — воздух.

Шнек — это лопастный винт, помещающийся в закрытом жолобе. В жолоб поступает пыль из бункера, винт вращается, и ло-

НБ УДУНТ (ДІІТ)



Фиг. 90. Барабанная мельница для угля.

НБ
УДУНТ
(ДІІТ)

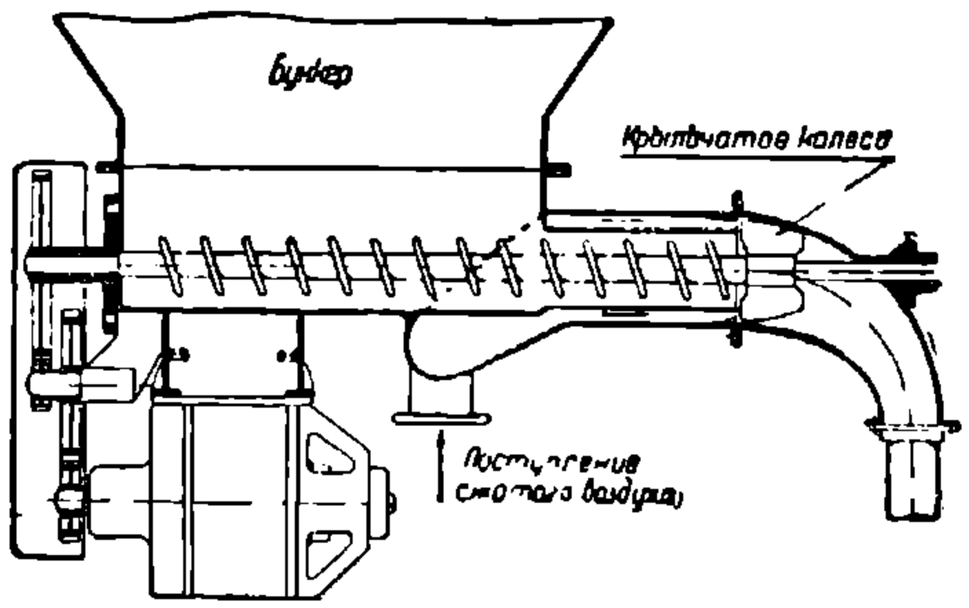
пасти его непрерывно передвигают пыль по жолобу. Шнеки применяются в централизованных установках.

Перемещение пыли посредством воздуха основано на том, что движущийся с достаточной скоростью воздух несет пыль с собой, не позволяя ей выпадать из потока и осаждаться вниз. Поток воздуха создают вентилятором или эксгаустером.

Пыль можно вводить как в нагнетательную, так и во всасывающую линию вентилятора. Во втором случае пыль засасывается вместе с воздухом и проходит через вентилятор, который в этом случае называется эксгаустором.

В индивидуальных мельничных установках эксгаустор, поставленный после мельницы, отсасывает из нее воздух и полученную пыль и подает их в топку котла.

В централизованных установках пыль из бункера непрерывно и равномерно подается в нагнетательный трубопровод. Для этой цели служит питатель (фиг. 91), обычно представляющий собой короткий шнек. Пыль опускается в жолоб шнека (через рукав) и вращением лопастного винта непрерывно и равномерно подводится к выходному концу или насадку жолоба. Число оборотов шнека регулируется, благодаря чему можно менять подачу пыли. Выходной насадок жолоба охватывается трубой, к которой подводится трубопровод вентилятора. Пыль поступает в трубу, воздух подхватывает ее и несет в своем потоке. У выходного насадка на валу шнека поставлена вертушка, она разбрасывает пыль равномерно по всему сечению трубы и разбивет комочки слежавшейся пыли.



Фиг. 91. Питатель.

Как видно из предыдущего, через эксгаустор проходит вся полученная в мельнице пыль, что вызывает сильный его износ. Для уменьшения износа эксгаустора пыль до него выделяют из потока воздуха посредством циклона и направляют (в обход эксгаустора) через питатель в топку. Очищенный в циклоне воздух отсасывается эксгаустором, который нагнетает его по двум направлениям: в необходимом количестве — в питатель, а остальную его часть — в топку. Воздух, прошедший через питатель, является первичным, а остальной воздух является вторичным (смешивается с пылью в топке).

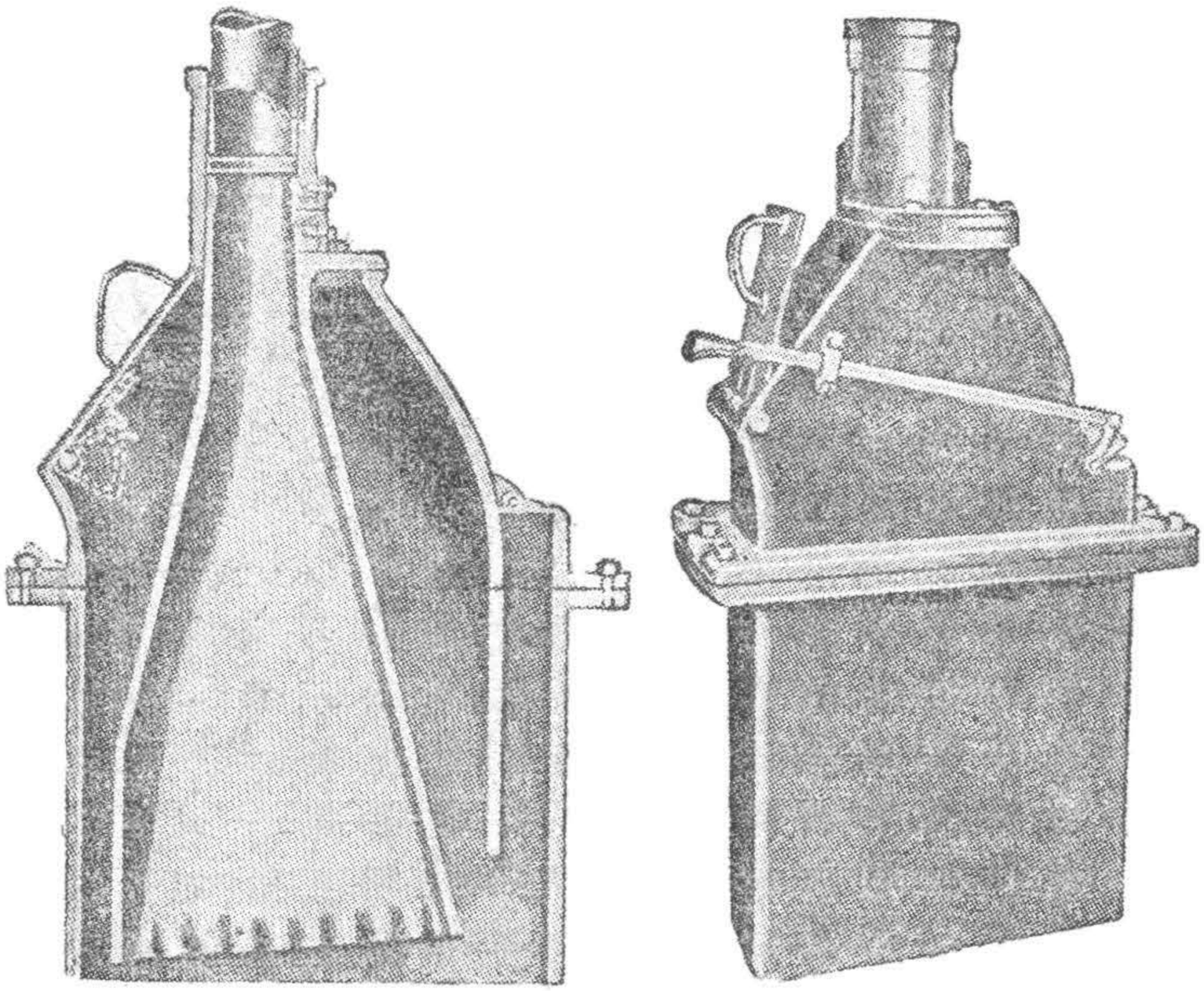
Циклон представляет собой барабан, к которому по касательной и с небольшим уклоном вниз примыкает труба для подвода воздуха или дымовых газов из сушилки. Поток газов входит в циклон, касаясь стенки циклона, отклоняется ею от прямолинейного движения и сообразно цилиндрическому очертанию стенки получает вращательное движение с небольшим уклоном вниз. В газовом потоке частицы пыли дольше сохраняют свое

НБ УДУНТ (ДІТ)

первоначальное прямолинейное движение, вследствие чего их прижимает к стенкам циклона. Более легкие (мелкие) частицы пыли получают вращательное движение, но и их вследствие возникающей центробежной силы тоже относит к стенкам циклона. При соприкосновении с ними пыль теряет свою скорость и падает вниз, газы же уходят в трубу, расположенную над циклоном.

Горелки

Пыль поступает в топку через горелку. Задача горелки — выпускать в топку однородную смесь и позволять регулировать



Фиг. 92. Горелка Лопулько

состав смеси (соотношение по весу между воздухом и пылью), как того требуют условия горения.

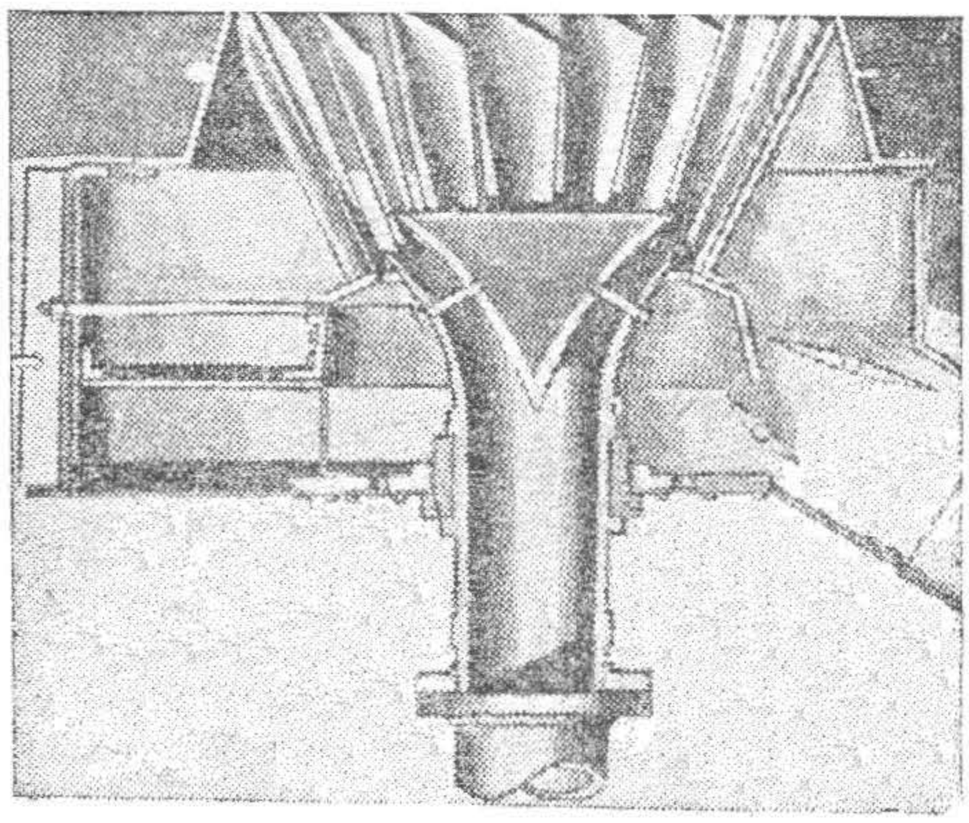
Воздух, несущий с собой пыль в горелку, составляет только часть всего воздуха, необходимого для горения, и называется первичным. Остальной воздух вводится в топку в чистом виде, без пыли, и называется вторичным. Следовательно, разница между первичным воздухом и вторичным сводится лишь к тому, что первичный имеет вспомогательное служебное назначение — подавать пыль в топку.

На фиг. 92 показана горелка Лопулько, имеющая простое устройство. Она состоит из насадка и кожуха вокруг него Насадок плоский, расширяющийся и переходящий в узкую щель на конце. Пыль подводится по трубе к круглому приемному концу насадка и выходит из него узкой и широкой струей. Вторичный воздух проходит через отверстие в кожухе, охватывая насадок.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

Для регулирования количества вторичного воздуха отверстие имеет заслонку. Если требуется сильнее увеличить впуск вторичного воздуха, то открывают еще одну заслонку, расположенную на другой стороне кожуха (на фиг. 92 справа).

Как указывалось выше, приходится принимать меры к тому, чтобы пыль была равномерно распределена в струе первичного воздуха. С другой стороны, необходимо, чтобы вторичный воздух равномерно смешивался с первичным, так как в противном случае однородность смеси будет нарушена, и каждая пылинка угля не окажется окруженной требуемым для горения количеством воздуха, что ухудшит и затянет горение. В форсунке Лопулько вторичный воздух охватывает кольцом первичный, и такая неоднородность усиливается еще больше тем, что воздух, попадая в топку, быстро нагревается и расширяется, частицы же пыли



Фиг. 93. Вихревая форсунка.

сохраняют свое основное направление, так что узкая струя пыли оказывается в широком потоке нагревшегося воздуха. Однако перемешивание воздуха с пылью отчасти достигается благодаря повороту, который факел делает у пода, поднимаясь кверху вдоль задней стенки топки (фиг. 94). Здесь пыль расходится по сечению факела, легкие пылинки перемешиваются с воздухом на вогнутой стороне дуги, а более крупную пыль относит к наружной стороне.

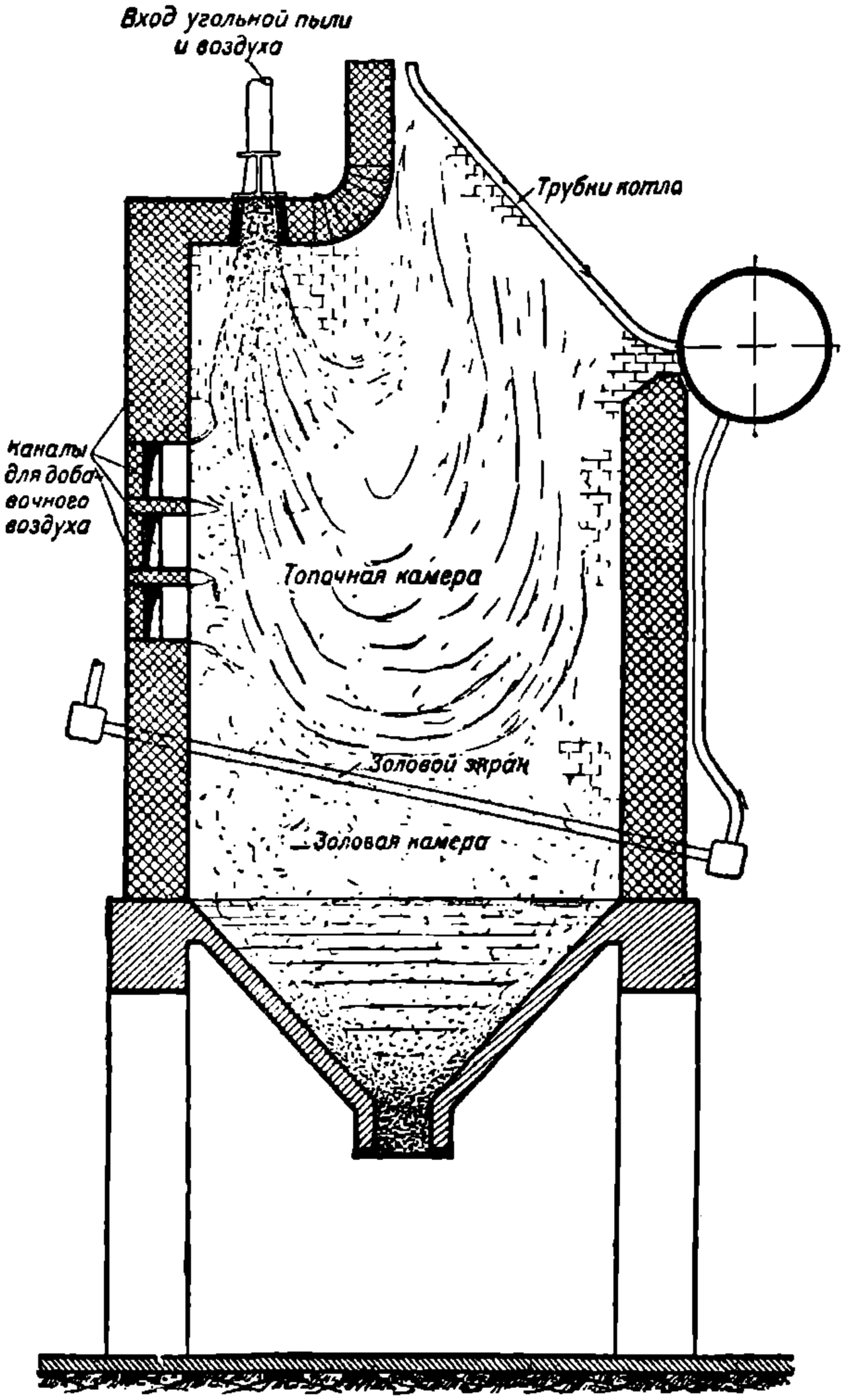
Однако смешение, основанное на повороте факела, как показала практика, недостаточно. С целью добиться однородности смеси принимались и испытывались разные способы подвода вторичного воздуха в топку, взаимного расположения нескольких форсунок и т. п. За последнее время получили применение два приема перемешивания воздуха и пыли.

Первый прием заключается в том, что форсунка дает потоку воздуха винтовое движение, завихривает его. Винтовое движение пылинок удлиняет их путь и способствует лучшему перемешиванию пыли с воздухом.

Устройство вихревой форсунки видно из фиг. 93. Выходной конец трубы для первичного воздуха помещается в цилиндре.

НБ УДУНТ (ДІТ)

к которому подводится вторичный воздух. Первичный воздух завихривается винтовыми лопастями, поставленными в трубе; вторичный воздух проходит через кольцевое пространство между цилиндром и трубой и завихривается лопатками, поставленными в кольцевом пространстве. Завихренные потоки первичного и вторичного воздуха встречаются на выходе из горелки, смешиваются между собой и выносятся в топку.



Фиг. 94. Пылеугольная топка.

Второй способ улучшения перемешивания воздуха и пыли будет описан ниже.

Пылеугольные топки

Пылеугольная топка, изображенная на фиг. 94, впервые появилась в Америке и получила там большое распространение. Ее передняя стенка вынесена перед фронтом котла. По форме своей топка представляет неправильный куб, нижняя ее часть часто имеет вид усеченной пирамиды (косые передняя и задняя стенки). Передняя часть топки, выступающая перед котлом, перекрыта сводом, и в него сверху введены форсунки.

Поток воздуха с пылью опускается вниз к поду, здесь факел делает поворот, поднимается кверху и, пройдя топку, уходит в дымоходы. Значит, факел в описываемой топке имеет вид крутой дуги с поворотом у пода топки.

Пыль, попадая в топку и двигаясь по своему пути, нагревается лучеиспусканием от накаленных стенок топки и от пламенной части факела. Вследствие нагревания из пыли выделяются горючие газы, они горят за счет движущегося в факеле воздуха. Ококco-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ванные пылинки на своем пути сильно нагреваются от горящих газов, воспламеняются и сгорают.

Итак, как видно из вышеизложенного, с пылью происходят те же процессы горения, что и с кусковым топливом на колосниковой решетке, с той, однако, существенной разницей, что пыль находится во время своего горения в движении и, коксуясь, несется вместе с газами.

То обстоятельство, что пылинки несутся, окруженные своими газами, затягивает их горение, так как воздух вокруг каждой из них частично оттесняется и используется газами для своего горения. В непосредственном соприкосновении с пылинкой воздуха оказывается недостаточно. Наряду с этим, как указывалось, многие конструкции форсунок дают вообще очень неравномерное распределение первичного воздуха в факеле (по его сечению). Ввиду этого в пылеугольных топках применяется также впуск вторичного воздуха через отверстия с фронта топки так, что вторичный воздух перебивает направление факела. Благодаря этому вторичный воздух сбивает газы, окружающие каждую пылинку, и ускоряет горение последних.

За последнее время улучшение условий горения пыли достигается описанными выше вихревыми форсунками, а также топками колодезного типа, отличающимися от обыкновенных как своей формой, так, главное, расположением форсунок. Именно, форсунки помещены в нижней части топки по углам ее и направлены по касательной к некоторой окружности. Вследствие такого расположения форсунок каждый факел отклоняет встречный ему факел от прямолинейного направления на круговое. Под взаимным действием факелов в топке получается общее вихревое движение пламени. Благодаря этому, как показал опыт, достигаются равномерное перемешивание пыли и воздуха между собой и быстрое сгорание пыли. Обычно форма топки для описанного расположения форсунок несколько видоизменяется. Ее нижняя часть (где помещены форсунки) суживается и имеет вид колодца, отчего такая топка и получила свое название.

Пылеугольная топка дает полное горение при малых избытках воздуха, и в топке получается очень высокая температура. В силу последнего обстоятельства кирпичная обмуровка топки сильно страдает и быстро разрушается. Высокая температура в топке способствует также усиленному плавлению золы, а получающийся жидкий шлак частью на повороте факела опускается на под, частью попадает на стенки топки и прилипает к ним. На кладку жидкий шлак часто действует разрушающе, а при удалении затвердевших его наростов стенки могут повреждаться. Скопившийся на поду и затвердевший шлак удалять трудно, и приходится ради этого останавливать топку.

Чтобы увеличить срок сохранности кладки и уменьшить плавление золы, можно применять разные средства, а именно: 1) ослаблять действие лучистой теплоты на стенки, 2) охлаждать стенки и 3) понижать температуру в топке.

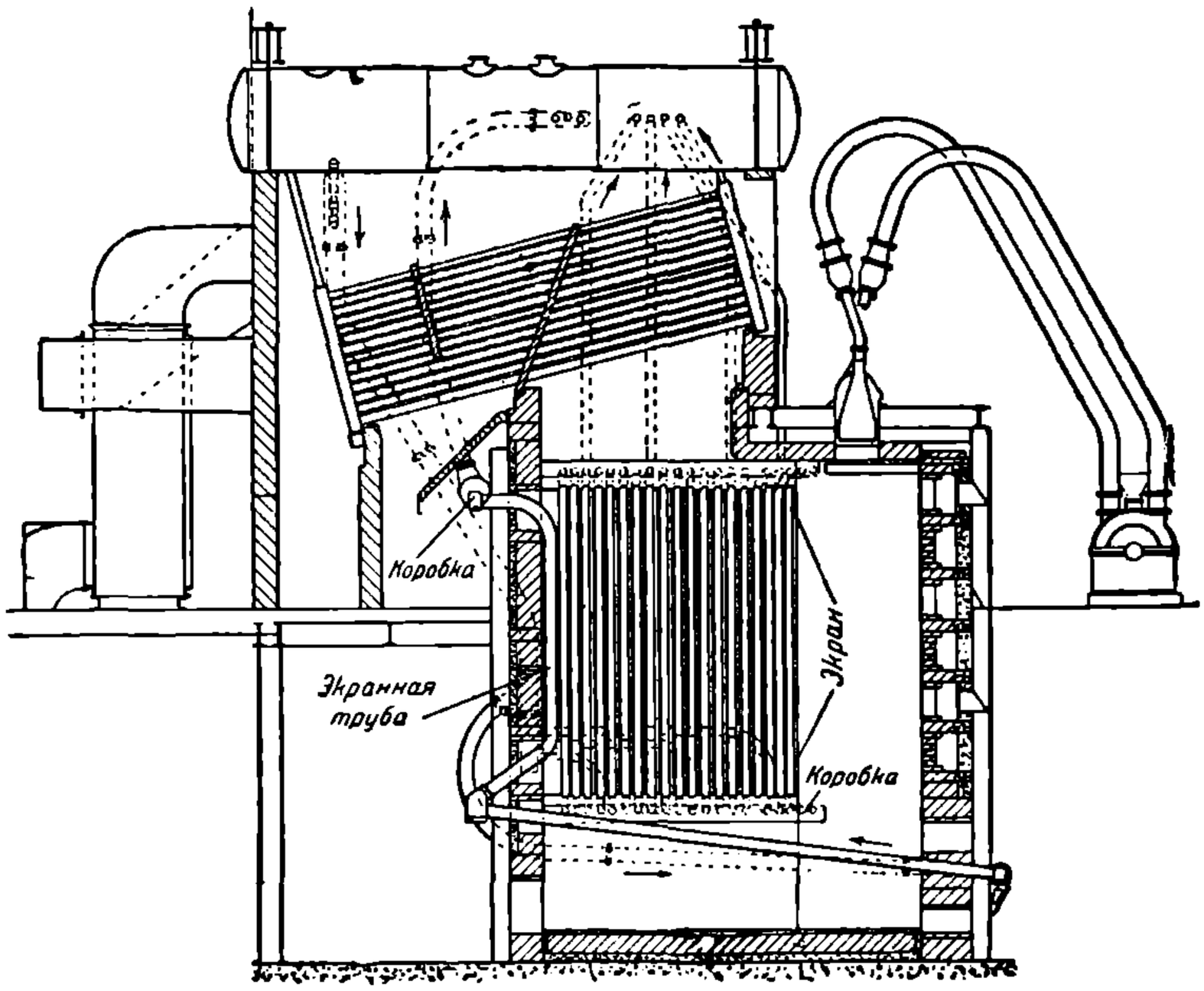
Ослабление действия лучистой теплоты происходит в случае

НБ УДУНТ (ДІІТ)

увеличения объема топки. Тогда на каждую единицу поверхности топки падает меньше тепловых лучей, и обмуровка дольше стоит. Но понятно, что увеличение объема топки удорожает ее и увеличивает и без того значительные размеры пылеугольной топки, и потому этот способ теперь не применяется.

Охлаждение стенок достигается устройством в обмуровке каналов, через которые в топку пропускается вторичный воздух. Проходя по каналам, воздух охлаждает внутреннюю поверхность стенок, обращенную к факелу.

Понизить температуру в топке для сохранности обмуровки можно применением экранов. Вдоль стенок ставят трубы, загнутые концы их через кладку выходят наружу в общие коробки



Фиг. 95. Пылеугольная топка с экраном.

(фиг. 95). Через нижнюю коробку в трубы поступает вода, нагревается и превращается в пар, который собирается в верхней коробке и уходит из нее по трубе в паровое пространство котла. Следовательно, трубы, помещенные в топке, являются частью поверхности нагрева котла и поглощают значительную долю теплоты лучеиспускания.

Экранирование топок получило широкое распространение и в настоящее время является наиболее действительным и экономичным способом понижения температуры в топке и повышения паропроизводительности котла.

Двигаясь дальше в этом направлении, перешли от экранных топок в экранным котлам; у них поверхность нагрева целиком помещается в топке, составляя ее стенки, и работает чрезвычайно напряженно.

НБ УДУНТ (ДІТ)

ВОПРОСЫ

Что такое пылевидное топливо?
В чем преимущества сжигания пылевидного топлива?
Как получается пылевидное топливо (основные операции)?
Для чего и в каких случаях необходимо дробление угля?
Как устроена дробилка?
Почему и в каких случаях применяется подсушка угля?
Как устроена барабанная сушилка?
Как устроена трубчатая сушилка?
Что приходится делать с воздухом (газами) перед их выпуском из сушилки в атмосферу?
Как действует циклон?
Как устроены барабанные мельницы?
Что такое питатель и как он устроен?
В чем назначение горелки (форсунки)?
Для чего нужен первичный воздух?
Что такое вторичный воздух?
Как устроена форсунка Лопулько?
В чем недостатки форсунки Лопулько?
На чем основано действие вихревой форсунки?
Как устроена пылеугольная топка?
Как горит пылевидное топливо в топке?
Почему в пылеугольной топке получается высокая температура?
Какими способами достигается снижение температуры в топке?
Что такое топочный экран?
В чем преимущества топки с топочными экранами?

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ОТДЕЛ IV

ТИПЫ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

Общее понятие о котле и его устройстве было дано в начале книги.

Обычно к котлам предъявляют следующие требования:

1. Возможно лучшая передача воде котла того тепла, которое содержится в топливе и получается из него, и возможно меньшие потери тепла.
2. Прочность и продолжительность службы
3. Удобный и легкий уход.
4. Безопасность.
5. Малая стоимость котла и установки.
6. Соответствие специальному назначению.

Последний пункт имеет значение для таких типов котлов, как, например, паровозные, пароходные и т. п. Они должны удовлетворять и тем требованиям, которые зависят от особых условий работы этих котлов.

Паровые котлы можно разделить на следующие пять главных групп:

1. Цилиндрические котлы
2. Котлы с жаровыми трубами (жаротрубные).
3. Котлы с дымогарными трубами (дымогарные).
4. Котлы комбинированные.
5. Водотрубные.

1. Напряжение поверхности нагрева котла

Общее количество пара, даваемого данным котлом в 1 час, называется паропроизводительностью котла (или сокращенно — производительностью котла).

Паропроизводительность котлов зависит от величины поверхности нагрева, от количества сжигаемого топлива и от некоторых других условий. Практика показала, что у котлов с одинаковой поверхностью нагрева, но разных типов, паропроизводительность может быть неодинакова. Например, котел одного типа дает, скажем, 4 000 *кг* пара в час, а другого типа — только 3 000 *кг*, хотя поверхность нагрева у обоих котлов одинакова — 200 $м^2$.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

Можно пустить работать второй котел более усиленно, но в этом случае сильно увеличатся потери в котле, именно потери от неполноты сгорания и с уходящими газами, а с другой стороны, пар станет получаться влажным.

Если разделить общее количество пара, даваемого данным котлом в час (производительность котла), на число, показывающее его поверхность нагрева, то мы получим, сколько в среднем пара дает в час каждый квадратный метр поверхности нагрева. Например, производительность котла 1 700 *кг*, а поверхность нагрева — 100 $м^2$. Разделив 1 700 на 100, получим, что в среднем с каждого квадратного метра поверхности нагрева снимается в час 17 *кг* пара. Количество пара, даваемого в час одним квадратным метром поверхности нагрева котла, называется напряжением поверхности нагрева котла.

Напряжение поверхности нагрева у котлов разных типов неодинаково. По этой причине и получается разная производительность у неоднотипных котлов, имеющих равные поверхности нагрева. Какие напряжения поверхности нагрева обычно бывают у котлов разных типов, показывает табл. 5.

ТАБЛИЦА 5

Типы паровых котлов	Напряжение	
	Нормальное *кг/м² час*	Усиленное *кг/м² час*
Жаротрубные	20	25
Комбинированные	18	22
Дымогарные	18	22
Локомобильные	15	18
Водотрубные		
Горизонтальные, камерные	20	30
секционные	25	30—40
Вертикальные	35	50—60

2. Объем воды в паровых котлах

При описании разных типов котлов нам придется отмечать, хорошо ли котел данной системы держит пар. Посмотрим, что это значит.

Обычно котлам приходится работать на переменной нагрузке: расход пара то увеличивается, то уменьшается. Увеличение расхода пара кочегар может знать заранее или заметить по падению давления на манометре. В первом случае кочегар усилит топку, во втором случае сделает это уже с опозданием, и котел некоторое время будет работать на падающем давлении, пока горение в топке не усилится настолько, что станет перекрывать расход

НБ УДУНТ (ДІІТ)

пара. Тогда давление в котле станет подниматься и дойдет до нормального.

Падение давления происходит, как замечено на практике, медленнее, если кочегар заблаговременно подкачал воду в котел и она стоит на высоком уровне. Посмотрим, чем это объясняется.

Допустим, что давление в котле упало с 20 до 17 *ати*. Температура воды тоже обязательно упадет, так как при меньшем давлении и температура воды должна быть ниже (см. табл. 1 на стр. 30).

Понизить свою температуру вода может, только освободив (выделив) излишек своей теплоты. Освободившаяся теплота испаряет некоторое количество воды. Получившееся таким путем добавочное количество пара поддерживает растущий расход пара и тем самым препятствует давлению в котле быстро падать. Понятно, чем больше объем воды в котле, тем больше освобождается теплоты и тем больше испаряется добавочного пара. Вот пример. Допустим, что давление воды в котле упало с 20 *ати* до 17. Теплота воды будет соответственно 218 и 210 *кал* (см. табл. 2 на стр. 36). На каждый килограмм воды в котле освобождается, следовательно, 8 *кал* (218—210). Если в котле, например, 2 *т* воды, то освободится 16 000 *кал*, а при 4 *т* воды освободится 32 000 *кал* тепла. Понятно, что во втором случае добавочно испарится вдвое больше пара.

Запас воды в котлах зависит вообще не только от уровня воды в них. Котлы разных типов отличаются между собой количеством воды, которая в них вмещается при одинаковой поверхности нагрева. Как мы увидим ниже, есть типы котлов с большим объемом воды и типы котлов, имеющих небольшой запас воды. Последние плохо держат давление, т. е. если расход пара увеличивается сразу, скачком, то давление у них быстро садится. Но достоинство котлов с малым запасом воды то, что при их растопке приходится нагревать сравнительно небольшое количество воды и давление в котле быстро поднимается (что зависит также от объема кладки). Поэтому такие котлы пригодны при работе с частыми остановками. Быстрота растопки зависит также от объема кладки. Температура кладки во время растопки повышается. Следовательно, на прогрев кладки расходуется теплота сжигаемого топлива. Это замедляет растопку котла, т. е. поднятие давления в нем. Чем меньше объем кладки, тем меньше тепла расходуется на ее прогрев и тем быстрее идет растопка котла. Следовательно, котлы с малым объемом воды и небольшим объемом кладки растапливаются быстро.

ВОПРОСЫ

Какие требования предъявляются к паровым котлам?
Какие существуют основные типы паровых котлов?
Что такое паропроизводительность котла?
Что такое напряжение поверхности нагрева?
Почему падает давление в паровом котле при быстром увеличении нагрузки?
Откуда и как берется тепло на образование избытка пара?
Какое значение имеет объем воды в котлах?

НБ УДУНТ (ДІІТ)

3. Повреждения паровых котлов

Паровые котлы очень подвержены разного рода повреждениям, которые заставляют делать ремонт, часто очень дорогой, и служат также причинами взрывов котлов. Кочегару необходимо знать, какие бывают повреждения, и наблюдать за своим котлом, не появилось ли в нем какое-нибудь повреждение. Если повреждение замечено или подозревается, то кочегар обязан немедленно сообщить о нем заведующему котельной или механику предприятия.

Повреждения котлов могут быть: 1) вследствие неудовлетворительного изготовления котла (плохой материал или неправильная обработка материала), 2) вследствие плохих условий работы котла, например перегрузка котла, плохое качество питательной воды и т. д., 3) при небрежном и неумелом уходе за котлом, 4) вследствие ослабления и износа котла от времени.

Качество материала и обработка

Качество материала и обработка его имеют большое значение для прочности и долговечности котла. Материалом для котлов, главным образом, служит железо. Железо должно быть прочное, а при растягивании должно достаточно удлиняться. В этом вообще коренное отличие железа от чугуна, который почти не имеет способности удлиниться или прогибаться. Когда на чугунную деталь подействует чрезмерная сила или умеренная сила, но действующая сразу, ударом, то чугун вследствие своей хрупкости ломается. Другое дело — высокого качества железо: оно хорошо переносит ударное действие, а при действии чрезмерных сил вытягивается или прогибается. Этим самым иногда ослабляется воздействие сил и вместе с тем дается возможность своевременно заметить опасность и принять меры.

Плохая обработка при изготовлении котлов часто портит доброкачественный материал, делая его непригодным для дальнейшей ответственной работы. Например, котельные листы приходится выгибать и штамповать, для чего их нагревают. Температура нагрева не должна быть слишком высокая, чтобы не пережечь материала, т. е. не сделать его хрупким. При обработке приходится также считаться с температурой постепенно охлаждающегося материала, о чем приблизительно судят по его цвету. Когда железо остынет ниже темнокрасного цвета и начнет принимать синий цвет, необходимо прекратить обработку и подогреть железо снова или переждать некоторое время, пока синий цвет исчезнет, а затем опять продолжать обработку. При температуре же синего нагрева железо, как показал опыт, становится хрупким, как говорят — синеломким, и при обработке дает трещины.

Наиболее часто у котлов встречаются следующие повреждения:

1) разъедание стенок котла внутри (внутреннее разъедание),

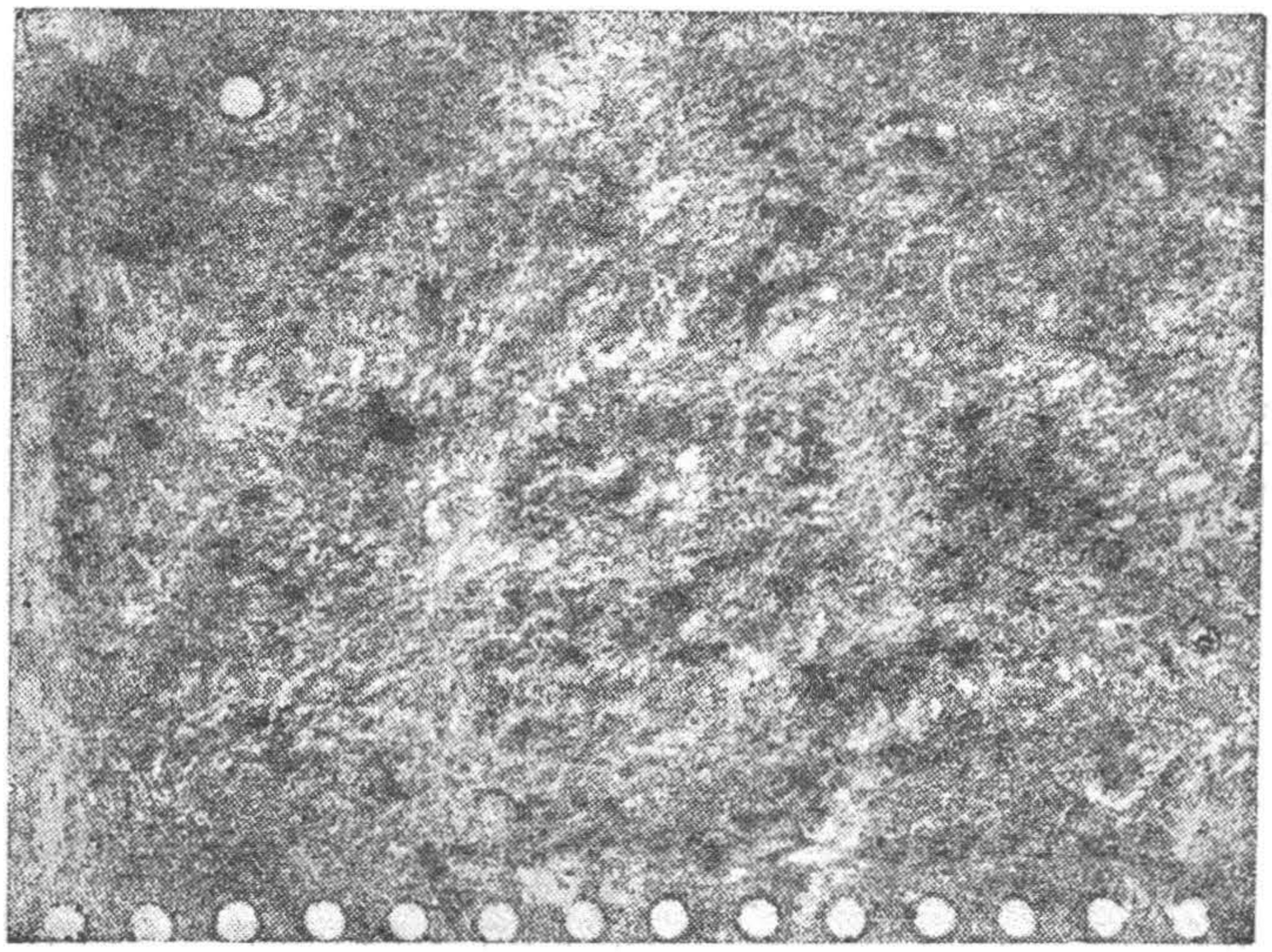
НБ УДУНТ (ДІІТ)

2) разъедание стенок снаружи (наружное разъедание),
3) трещины,
4) выпучины.

Рассмотрим эти повреждения на примере описанного в начале книги жаротрубного котла. При описании же отдельных систем котлов будут кратко указываться более часто встречающиеся у них повреждения.

Разъедания

Разъедают стенки котла некоторые вредные примеси, растворенные в воде, или кислород воздуха, тоже содержащийся в холодной воде. При нагревании воды кислород из нее выделяется.



Фиг. 96. Разъедание внутренней поверхности котла.

С другой стороны, как известно (см. раздел «Горение»), железо способно соединяться с кислородом, давая новое вещество буро-желтого цвета и рыхлого строения — ржавчину. Вода, как показывает опыт, способствует соединению железа с растворенным в ней кислородом.

Внутреннее разъедание бывает: 1) равномерным слоем на некоторой площади листа, 2) пятнами, язвочками, которые рассыпаны группами по стенке, 3) в виде канавок или бороздок.

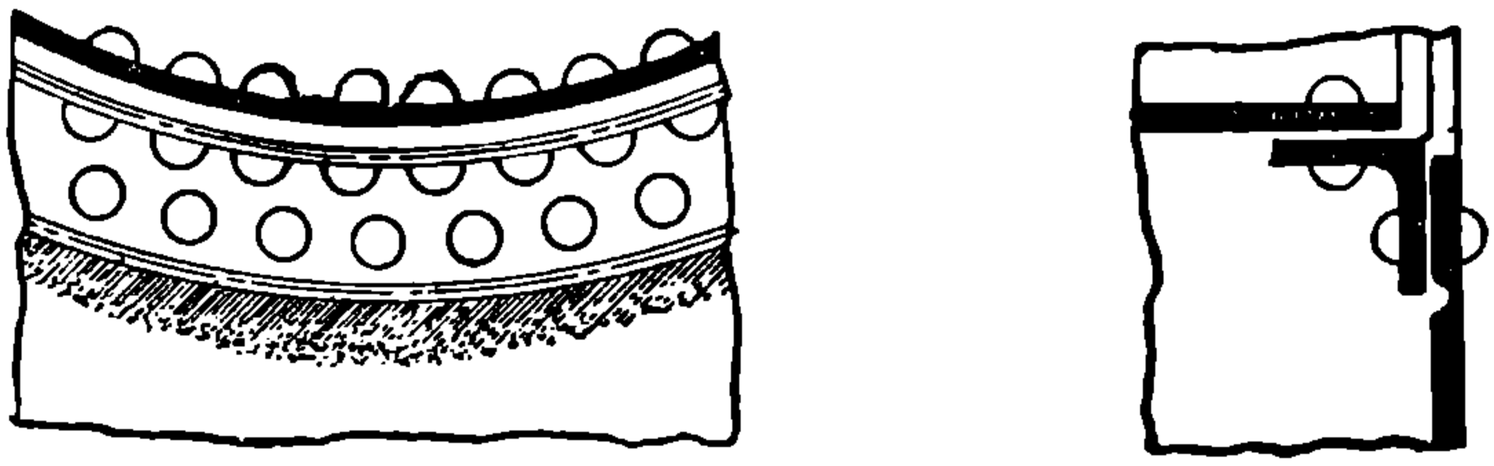
Опасность равномерного разъедания зависит от его глубины и площади, которую оно захватило. Для выяснения величины разъедания необходимо тщательно очистить разъеденную площадь от накипи. После этого просверливают отверстие и измеряют толщину стенки. Произведя соответствующие расчеты на прочность, определяют, необходимо ли делать ремонт или можно еще

НБ УДУНТ (ДІІТ)

работать на котле, хотя бы с пониженным давлением, если это допускают условия производства.

Разъедания язвочками (фиг. 96) меньше ослабляют котел. Однако в зависимости от их частоты и глубины может потребоваться ремонт разъеденного места.

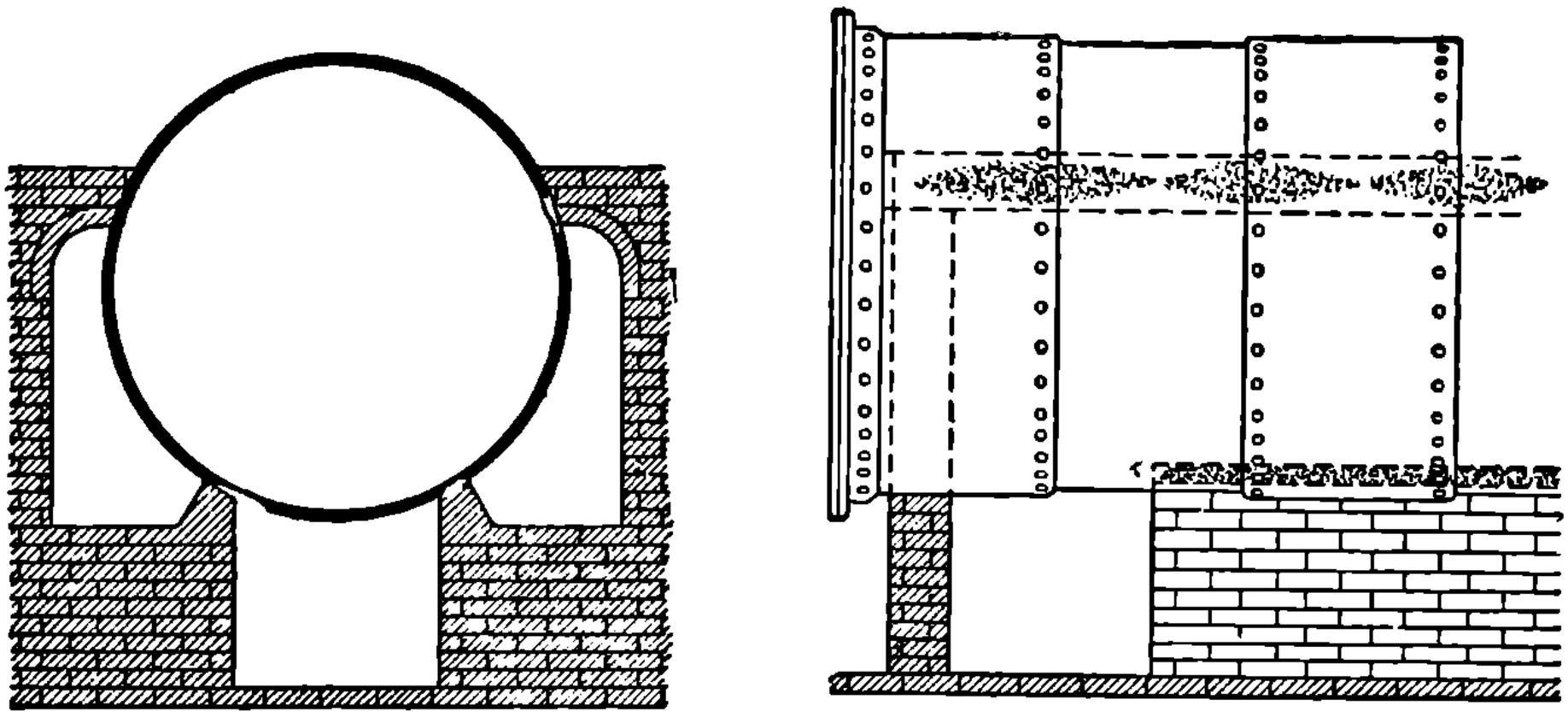
Разъедания в виде канавок и бороздок (фиг. 97) появляются от трещин (см. ниже), на которые оказала разъедающее действие



Фиг. 97. Разъедание бороздками.

вода. Такие канавки опасны, так как они могут проникнуть глубоко в толщу стенки и сильно ее ослабить. При появлении таких трещин необходимо их внимательно исследовать и своевременно принять надлежащие меры.

Канавки вдоль швов происходят от неправильной чеканки, при которой стенка подсекается.



Фиг. 98. Раъедание внешней поверхности котла вследствие проникания сырости из почвы через кладку.

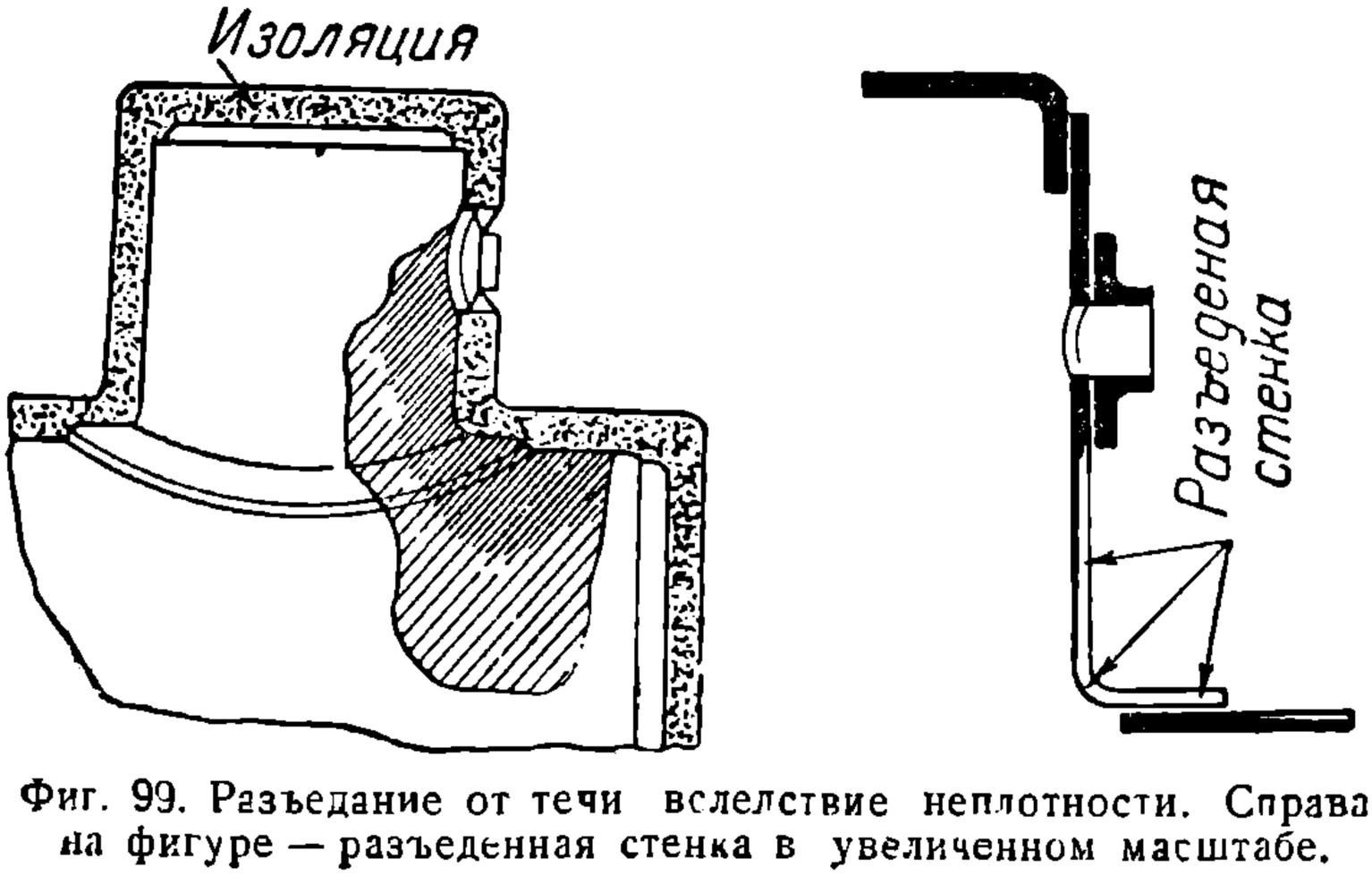
Внешнему разъеданию стенок котла кислородом способствует сырость, проникающая из почвы в кладку котла.

В тех местах, где сырая кладка соприкасается со стенками, на них появляется ржавчина (фиг. 98). Необходимо при осмотре дымоходов выяснять, не проникает ли подпочвенная вода в кладку. Для этого нужно местами вынуть кирпичи, прилегающие к стенкам котла, и осмотреть последние.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

В последнем дымоходе сырость может появляться вследствие конденсации водяных паров на стенках котла, если холодная вода поступает в котел в той части его, которая прилегает к последнему дымоходу.

Наконец, наружное разъедание происходит вследствие парения или течи в швах или у крышек лазов и лючков (фиг. 99). Струйки воды, стекая по стенке, способствуют ее ржавлению. То же самое, конечно, происходит, если вследствие парения или течи в арматуре капающая вода попадает непосредственно на стенки котла или проникает к ним через кладку.



Фиг. 99. Разъедание от течи вследствие неплотности. Справа на фигуре — разъеденная стенка в увеличенном масштабе.

Трещины

Стенки котла во время работы нагреты, но степень нагрева для разных частей котла неодинакова. Возьмем, например, жаротрубный котел, ранее рассмотренный нами. Жаровая труба нагрета сильнее, чем стенки барабана, так как в жаровой трубе помещается топка. Как мы знаем, при нагревании предметы расширяются, и в общем тем больше, чем сильнее нагрев. Вследствие этого жаровая труба удлинена более, чем барабан котла, и потому распирает днища.

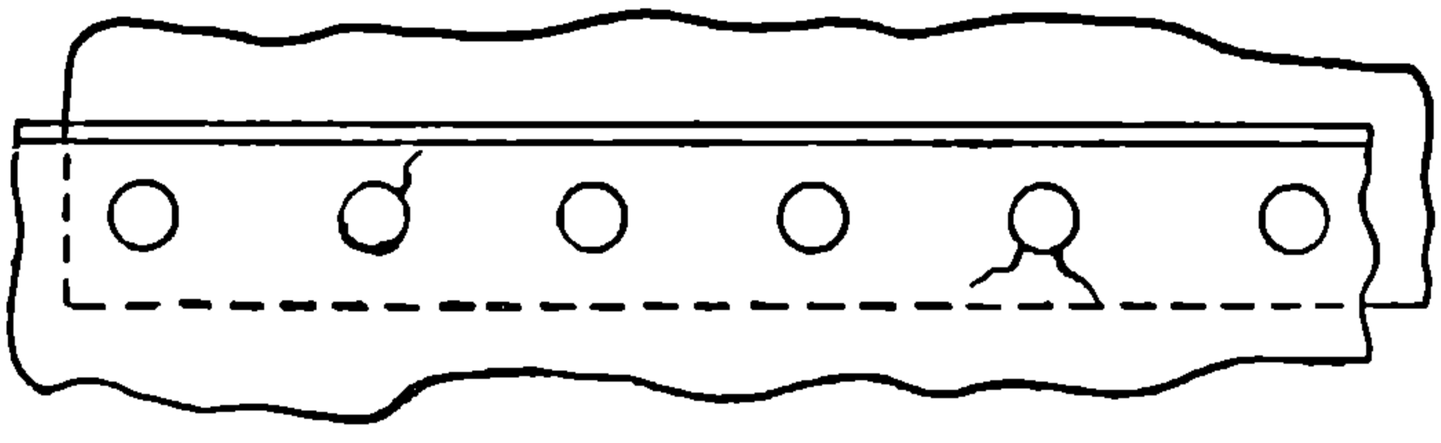
Но это распирание может попеременно уменьшаться и увеличиваться вследствие охлаждения жаровой трубы при забросках топлива и после них.

При некоторых неблагоприятных условиях охлаждение стенок может быть сравнительно немалое, например при большом разрежении в топке, сыром топливе, медленной забросе и т. п. В результате жаровая труба после каждой заброски несколько сократится, а в промежутке между двумя забросками снова удлинится. Эти попеременные удлинения и сокращения передаются на днища котла, выгибая их то больше, то меньше. При долговременном таком действии днище (слишком жесткое) вследствие, например, плохого материала или связей дает трещины.

НБ УДУНТ (ДІТ)

В котлах приходится также иметь дело с неравномерным нагревом одной какой-нибудь части. Например, жаровая труба, которую мы рассматривали, нагрета неодинаково. Газы и жар нагревают сильнее верхнюю половину трубы, вследствие чего она имеет более высокую температуру, чем нижняя половина. Разницу в температуре стенок могут значительно увеличить: накипь на верхней поверхности трубы, постоянное скопление золы и более холодная вода внизу. В результате получается то, что верхняя часть трубы прогревается сильнее, чем нижняя, отчего жаровая труба выгибается. При охлаждении во время забросок и после них изгиб трубы уменьшается, затем снова увеличивается и т. д.

Действие такого попеременного изгибания трубы передается на загибы жаровых труб на местах скрепления с днищами и может вызвать появление трещин на них.



Фиг. 100. Погеречные трещины в швах.

На заклепочных швах встречаются трещины двоякого рода: продольные, идущие вдоль шва от заклепки к заклепке, и поперечные — от заклепки к рамке листа (фиг. 100). Первый род трещин особенно опасен, так как они легко увеличиваются в длину. Трещины часто появляются на швах, расположенных над топкой (топочные швы). Вследствие своей удвоенной толщины такой шов нагрет сильнее, чем стенки по соседству. Нагрев будет еще сильнее, если на топочных листах скопляется накипь. При забросе же топлива топочный шов охлаждается воздухом. Он стремится сжаться, чего, однако, ему не позволяют сделать соседние неохлажденные места, которые сохраняют свои размеры, и шов сильно напрягается. Такие постоянные температурные напряжения вредно действуют на материал шва, ослабляя его, вследствие чего и появляются трещины.

Выпучины

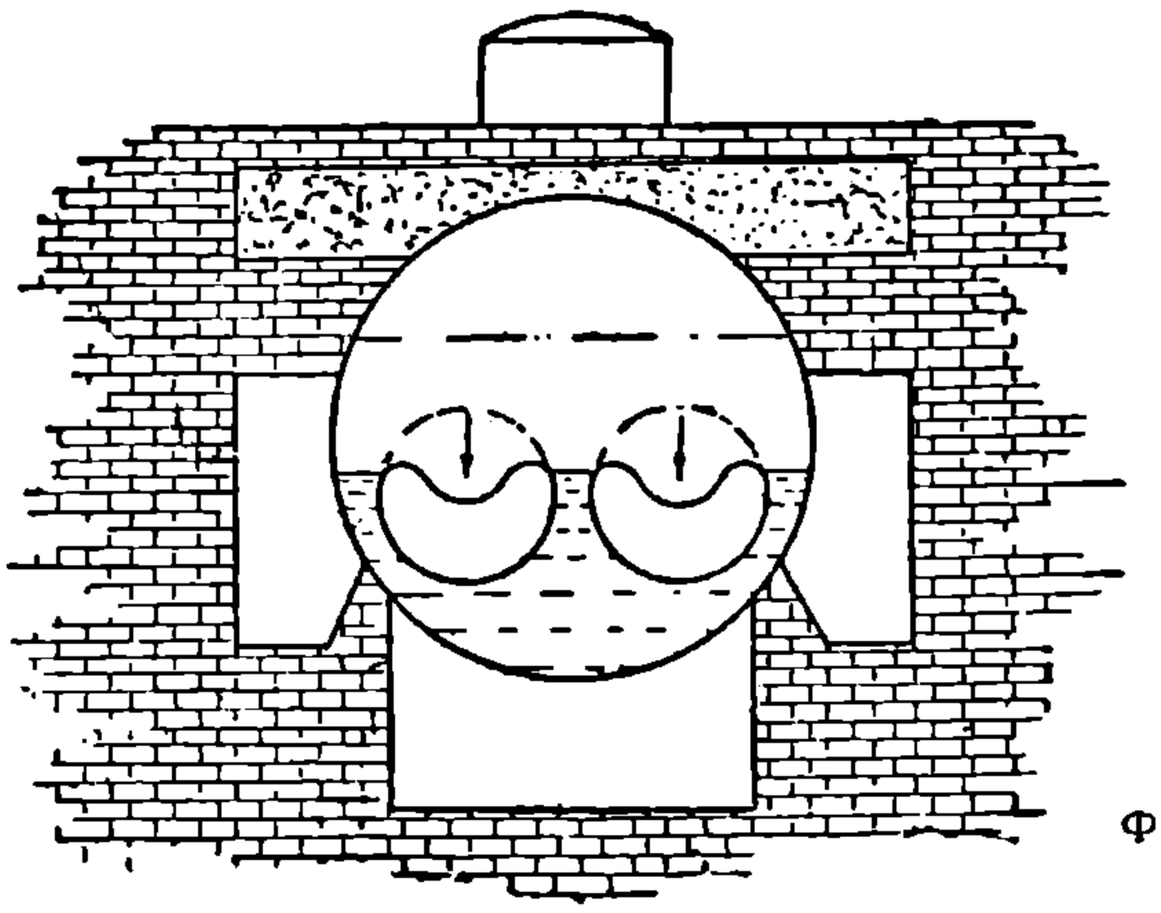
Теплота горячих газов переходит к воде через стенки котла. Так как вода хорошо поглощает теплоту, то стенки котла не нагреваются сильно. Но если на стенках откладывается накипь, то дело меняется. Накипь плохо проводит (пропускает через себя) теплоту. Вода уже не может поглощать столько же теплоты, сколько прежде, значит, она через накипь хуже охлаждает стенку, и последняя сильно нагревается. При толстом слое

НБ УДУНТ (ДІТ)

накипи стенка перегревается, теряет свою прочность, и давлением в котле ее выпучивает, что может легко вызвать взрыв котла (фиг. 101, см. также раздел «Взрывы котлов»).

Такое же значение, как накипь, имеют масло и жир в воде, когда они попадают на поверхность нагрева. Небольшое количество масла, оказавшись на стенке, покрывает ее жирной пленкой, которая очень плохо пропускает теплоту. Вода, покрывающая замасленную стенку, слабо нагревается, зато стенка перегревается, теряет свою прочность и выпучивается. (Помимо того, масла и накипь могут быть причиной расстройства швов).

Если вода в котле опустится слишком низко и оголит часть поверхности нагрева, то эта оголенная поверхность нагрева будет уже охлаждаться не водой, а паром. Пар плохо



Фиг. 101. Выпучины жаровых труб.

поглощает теплоту, т. е. плохо охлаждает стенки, вследствие чего не омываемая водой стенка перегреется, потеряет свою прочность, и давлением пара ее выдавит. Такова причина выпучин при упуске воды (фиг. 101).

ВОПРОСЫ

По каким основным причинам происходят повреждения в паровых котлах?

Каким требованиям должно удовлетворять железо, применяемое для котлов?

Какого рода повреждения наиболее часто встречаются в котлах?

Чем вызывается разъедание стенок котла?

Какие бывают внутренние разъедания по своей форме?

Каковы причины разъеданий в виде канавок и бороздок?

Отчего происходит внешнее разъедание стенок?

По каким причинам в котлах появляются трещины?

Какие бывают трещины на заклепочных швах и каково их происхождение?

Отчего в котлах появляются выпучины?

Почему масло и жир, попадающие в котел, легко вызывают выпучины?

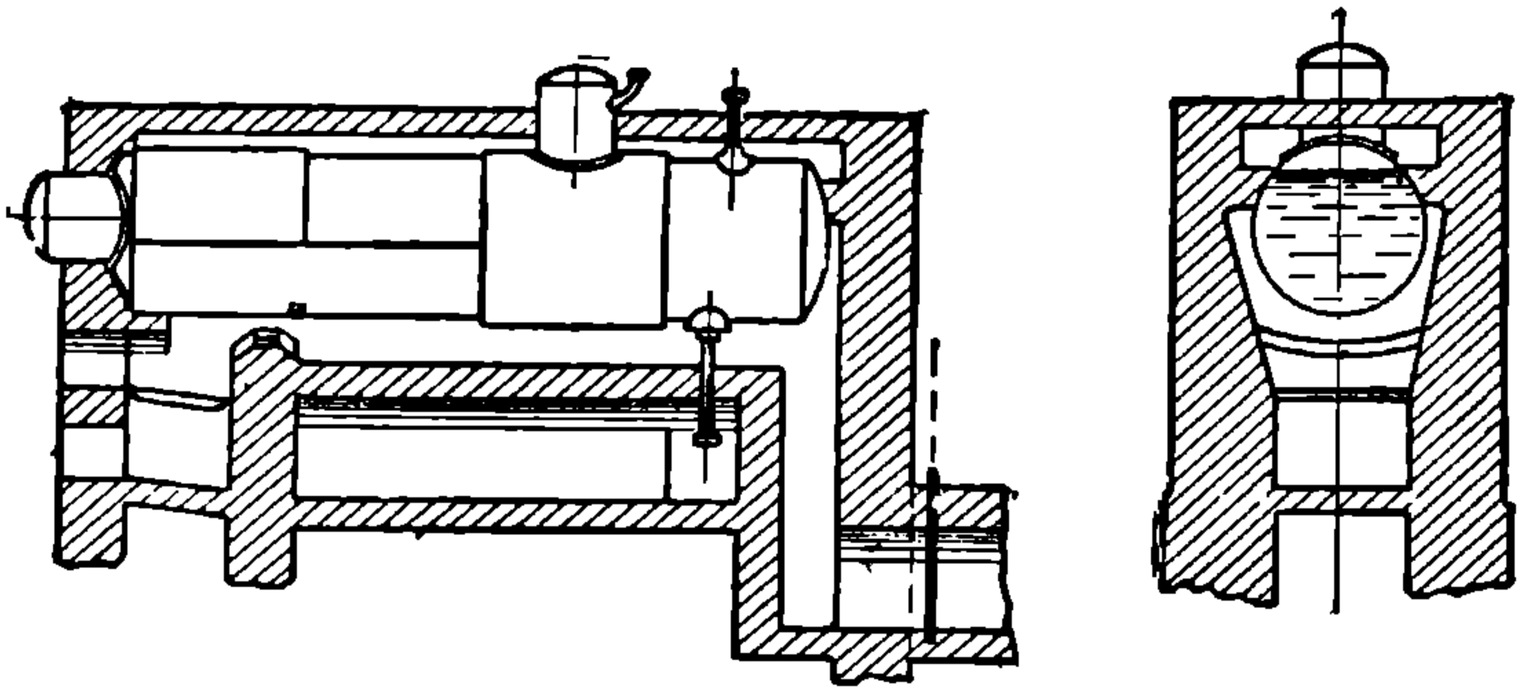
НБ УДУНТ (ДІІТ)

4. Цилиндрический котел

Цилиндрический котел является самым простым по своему устройству. Он состоит из нескольких склепанных между собой барабанов (обечаек). Цилиндр котла на концах закрыт приклепанными к нему днищами (фиг. 102). Цилиндр приблизительно на $^3/_4$ заполнен водой.

Под передней частью котла находится топка. Газы из нее направляются в дымоход, образованный боковыми стенками кладки и кладкой снизу котла. Получается один общий дымоход, охватывающий бока и низ котла.

Цилиндрический котел отличается простотой устройства и доступностью для чистки. Благодаря большой поверхности испарения пар получается сухой.



Фиг. 102. Цилиндрический котел.

Недостаток котла заключается в том, что он плохо использует тепло газов, так как газы делают сравнительно короткий путь и уходят в трубу с высокой температурой.

На топочных листах осаждаются грязь и накипь из воды, которые ухудшают передачу теплоты к воде. Стенки топочных листов перегреваются, теряют свою прочность и под действием давления в котле дают выпучины.

Если над топкой приходится заклепочный шов, то в нем от сильного нагрева газами появляются поперечные трещины. Причина перегрева шва заключается в двойной его толщине и в накипи, если она отлагается на шве.

ВОПРОСЫ

Как устроен цилиндрический котел?

Какие повреждения встречаются у цилиндрических котлов?

Каковы недостатки цилиндрических котлов?

Какие достоинства имеют цилиндрические котлы?

К следующим разделам, описывающим устройство котлов разных систем, вопросы отдельно прилагаться не будут. После усвоения каждого раздела необходимо ответить на вопросы, данные здесь.

Как устроен котел такого типа (устройство котла и его основных частей, расположение топки и дымоходов)?

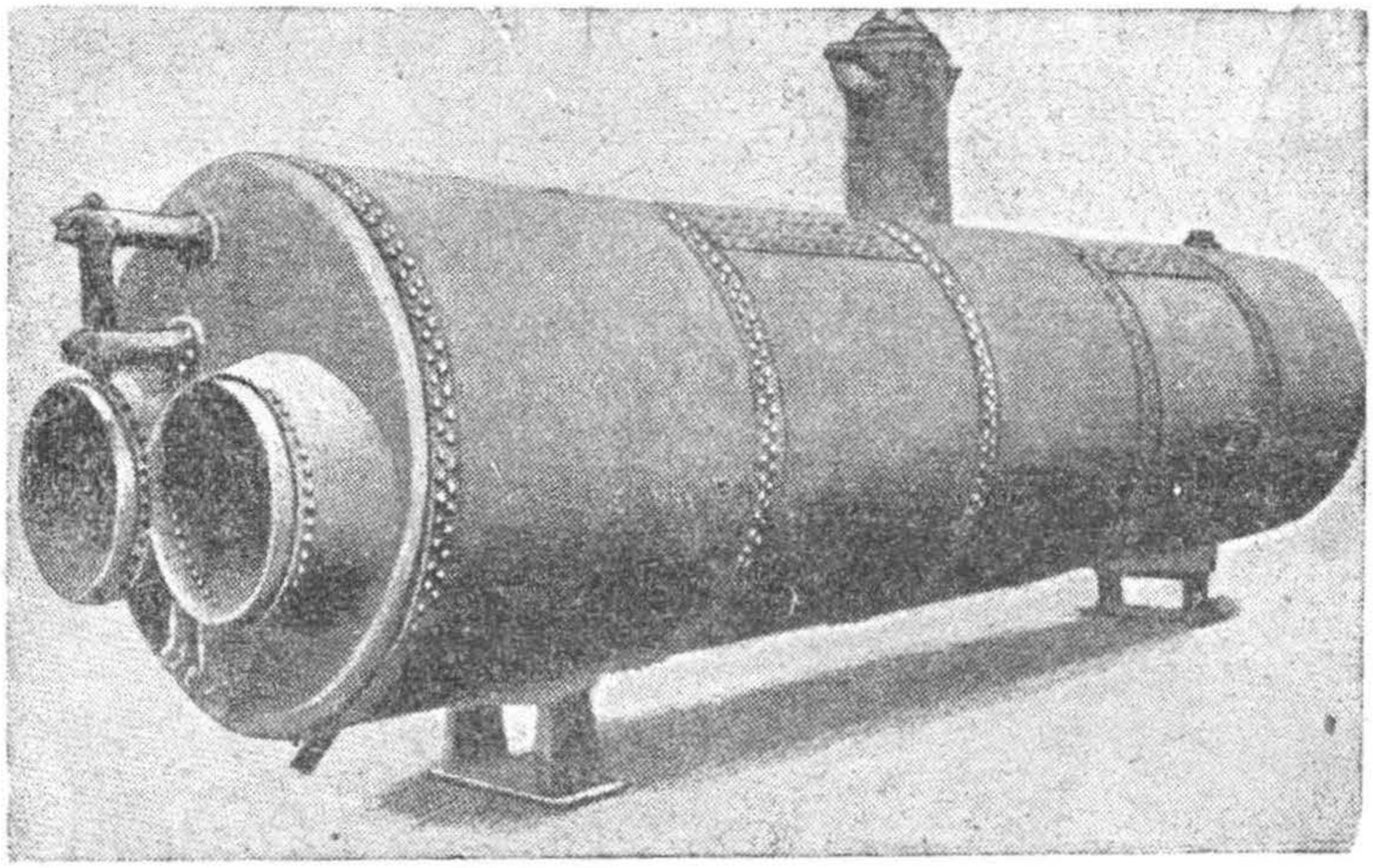
Какие повреждения встречаются у котла данного типа?

НБ УДУНТ (ДІІТ)

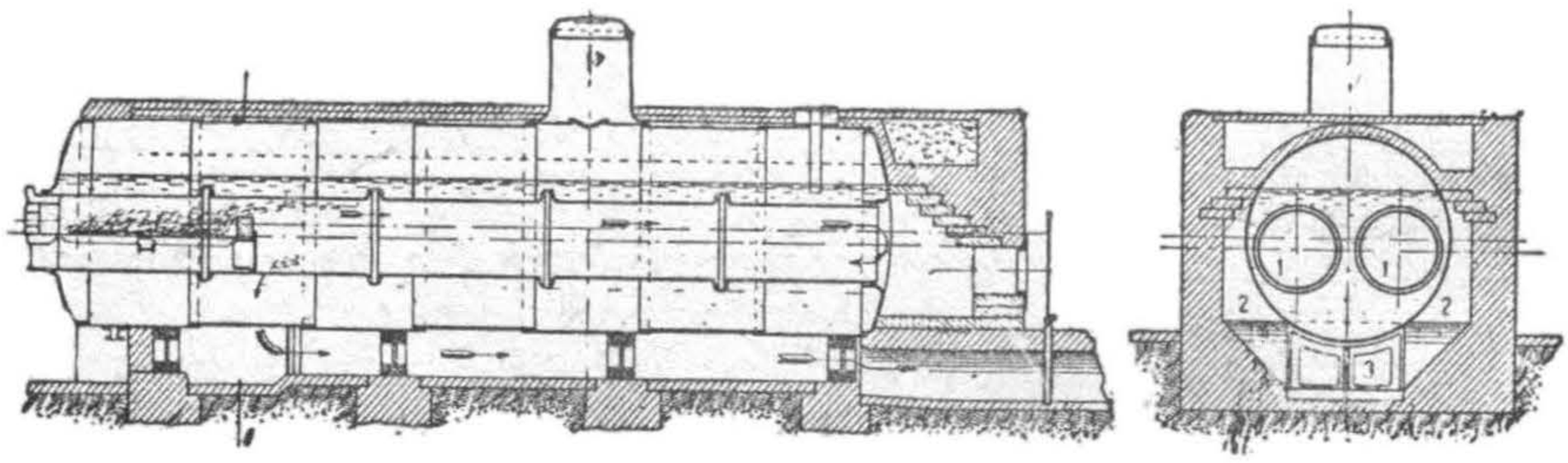
С каким напряжением поверхности нагрева работает котел?
Большой или малый водяной объем имеет котел данного типа?
Какие достоинства имеет котел данного типа?
Каковы недостатки котла данного типа?

5. Жаротрубные котлы

В начале книги был описан котел с трубой внутри и топкой в ней, называемый жаротрубным. Существуют такие же котлы



Фиг. 103. Ланкаширский котел без обмуровки.



Фиг. 104. Ланкаширский котел.

с двумя паровыми трубами, расположенными рядом в нижней половине котла, в его водяном пространстве (фиг. 103). В каждой трубе имеется топка. Котлы с одной жаровой трубой называются коривaллийскими, с двумя — ланкаширскими.

Расположение дымоходов в жаротрубных котлах бывает различное:

1. Газы по выходе из жаровых труб расходятся по обоим бокам котла, двигаясь вдоль них к его передней части. Здесь газы

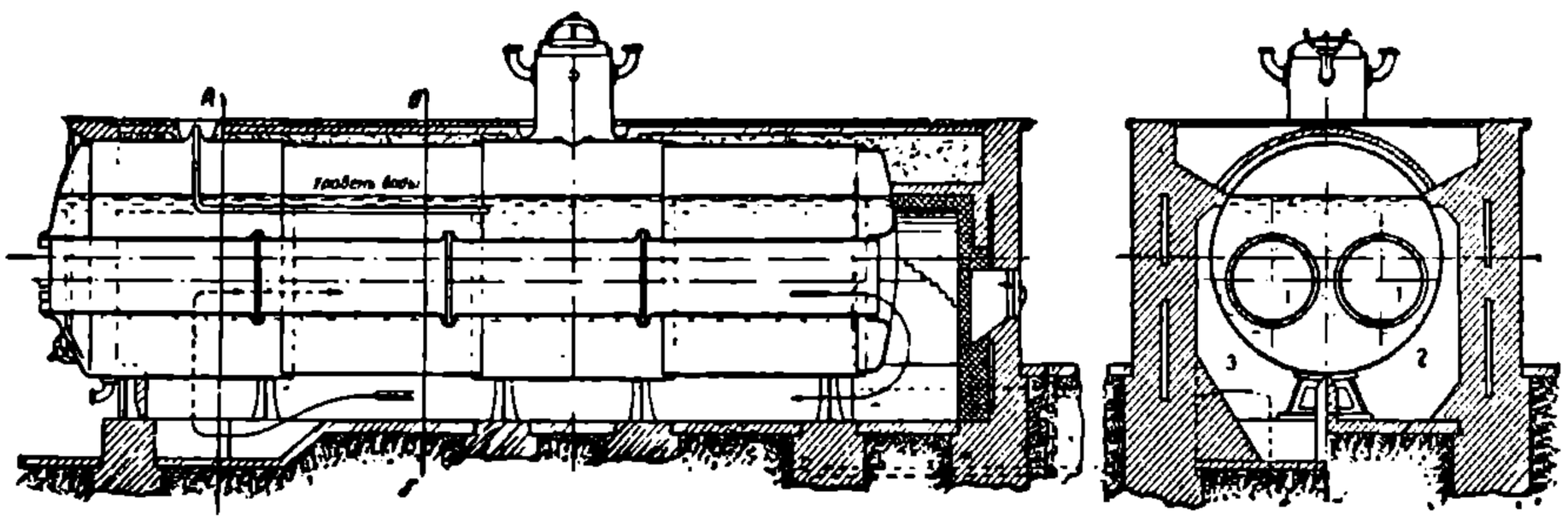
НБ УДУНТ (ДІІТ)

сходятся вместе и под котлом возвращаются назад и уходят в боров (фиг. 104).

2. Газы из жаровых труб проходят сначала по нижнему дымоходу и после того, разделившись на два потока, по боковым дымоходам, а из них уходят в боров.

Такое расположение дымоходов нежелательно, если котел питается водой, выделяющей много накипи. Последняя будет отлагаться в большом количестве на нижней стенке котла. Так как накипь плохо проводит тепло, то стенка будет мало охлаждаться водой, и горячие газы, идущие сперва в нижнем дымоходе, ее перегреют.

3. Часто применяется следующее устройство дымоходов (фиг. 105): под котлом по средней линии ставится кирпичная перегородка, так что получаются два дымохода; каждый из них охватывает котел сбоку и наполовину снизу. Газы из жаровых труб идут по одному дымоходу вперед, по другому назад и уходят в боров. Как ясно из чертежа, дымоходы получаются широкими



Фиг. 105. Ланкаширский котел.

снизу, что делает их более удобными для очистки от золы и стенок барабана от сажи.

Последнее расположение дымоходов имеет особое значение для корнваллийских котлов. У них жаровая труба для удобства очистки котла от накипи смещена в бок от средней линии барабана, чтобы котлочистку можно было поместить между жаровой трубой и стенкой барабана. Вследствие смещения жаровой трубы с одной стороны ее получается узкий столб воды, с другой —широкий (фиг. 106). Горячие газы после жаровой трубы обогревают узкий столб воды, и здесь она будет сильнее нагрета, чем в широком столбе, обогреваемом газами последнего дымохода. Вследствие этого менее нагретая и потому более тяжелая вода будет вытеснять кверху более нагретую и, значит, более легкую воду. Вокруг жаровой трубы получится постоянный ток воды, благодаря которому последняя будет скорее нагреваться, что, конечно, ведет к повышению паропроизводительности котла. Циркуляция воды в ланкаширском котле происходит по схеме, показанной на фиг. 107.

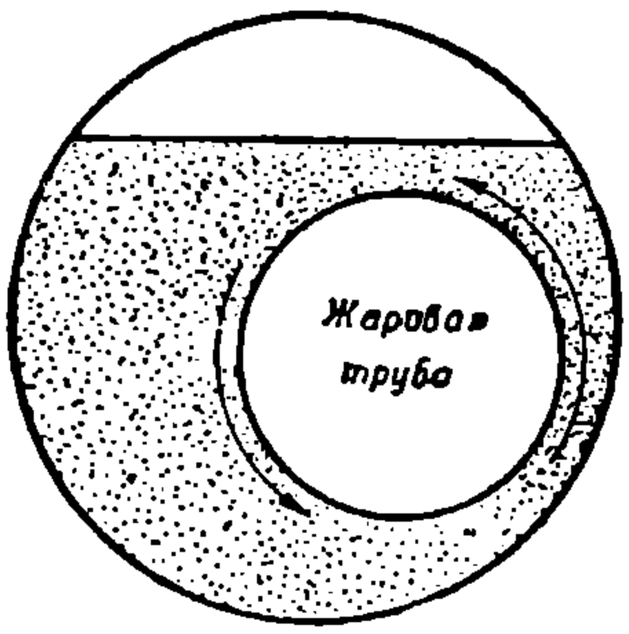
Питание котла производится через питательную трубу,

НБ УДУНТ (ДІІТ)

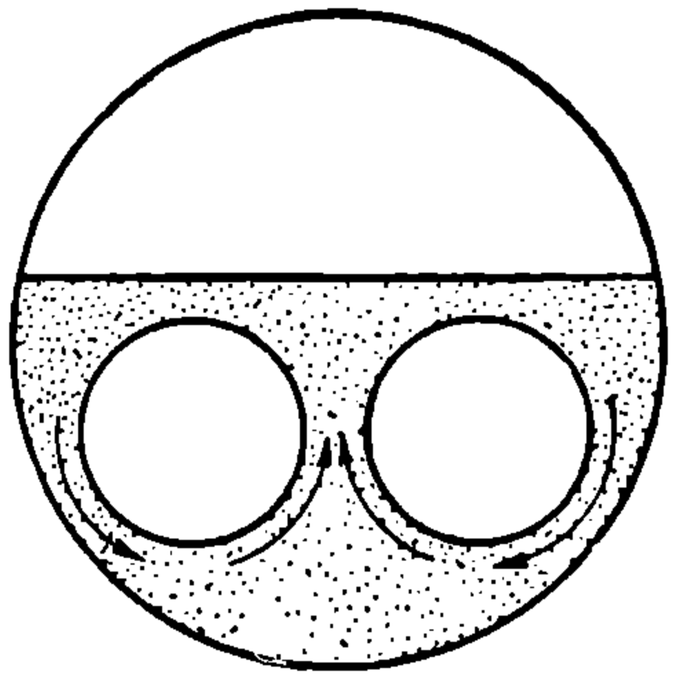
обычно подведенную к днищу на такой высоте, чтобы она не оголялась при низшем допускаемом уровне воды в котле. Труба входит в котел на 2—3 м. Вода вытекает не из ее конца, который закрыт, а струйками через отверстия по всей нижней поверхности трубы. Это необходимо для более равномерного распределения холодной воды в котле.

В жаротрубных котлах очень ответственную их часть составляет жаровая труба. Она работает в трудных условиях, так как в ней помещается топка и жар и горячие газы очень сильно обогревают ее, давление же пара стремится ее сжать и сплюснуть. Жаровая труба состоит из отдельных звеньев, согнутых из котельного железа. В прежнее время их склепывали между собой внапуск. Потом стали отгибать у звеньев отвороты и склепывать их, прокладывая между ними еще кольцо.

Отвороты укрепляют трубу; она лучше сопротивляется давлению пара и нелегко сплющивается. Кроме того, отвороты спо-



Фиг. 106. Схема циркуляции воды в корнваллийском котле.



Фиг. 107. Схема циркуляции воды в ланкаширском котле.

собны пружинить, а это чрезвычайно важно. Дело в том, что труба нагревается сильнее котла и потому более его удлиняется и распирает днища, отчего слабеет плотность соединения между ними и трубой. Благодаря отворотам, которые пружинят и частично берут на себя удлинение трубы, она меньше распирает днища.

Трубы с отворотами вытеснены волнистыми трубами (фиг. 108), которые благодаря волнам лучше выдерживают давление пара и способны больше пружинить, чем трубы с отворотами. Кроме того, поверхность нагрева волнистых труб на 10—15% больше поверхности нагрева гладких труб тех же длин и диаметра.

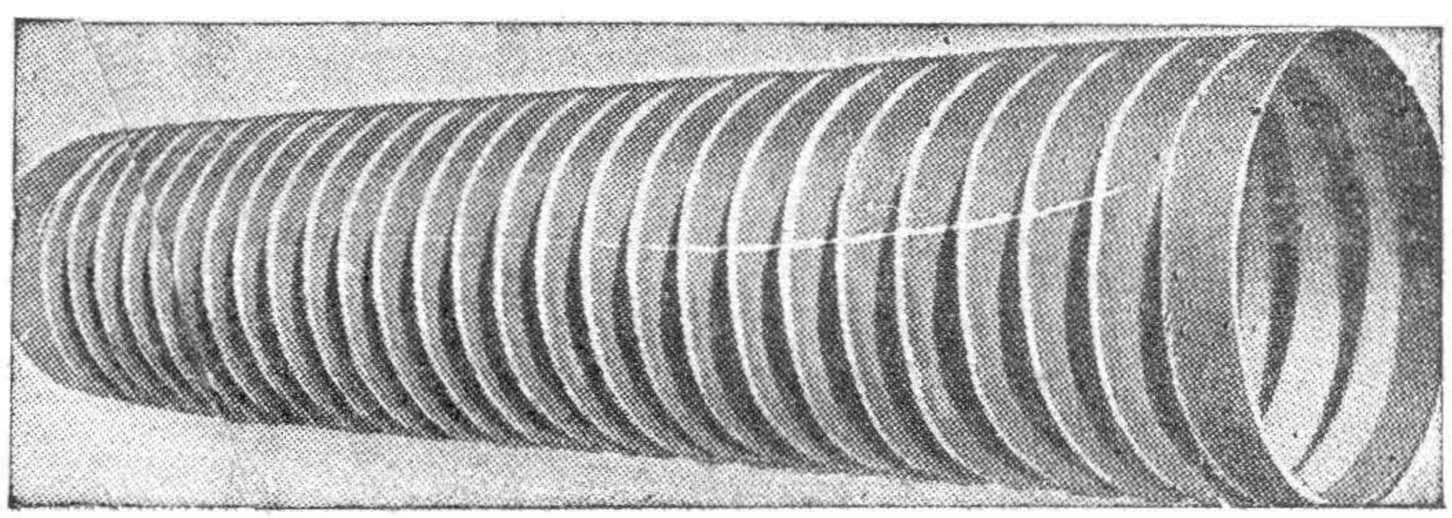
В жаротрубных котлах большое зеркало испарения, и потому пар выделяется спокойно, без сильного бурления. Путь пара в воде короткий. Это в особенности относится к тому пару, который образуется на поверхности жаровой трубы. Обе эти причины способствуют тому, что пар в жаротрубных котлах получается сухой.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Жар в топке и газы отдают в первую очередь много тепла жаровым трубам, которые работают очень напряженно, давая много пара. В дымоходах температура газов уже невысокая, кладка меньше нагревается и лучше сохраняется, чем в котлах, в которых первый дымоход образуется обмуровкой. В дымоходы засасывается меньше воздуха, и газы в них не так охлаждаются.

Жаротрубные котлы имеют большой объем воды по сравнению например, с водотрубными котлами и хорошо работают при переменном расходе пара.

Опасным местом жаротрубных котлов является жаровая труба. В ней помещается жар, действующий с пламенем непосредственно на стенки жаровой трубы, которую с другой стороны сдавливает пар. Если при невнимательном уходе уровень воды опустится настолько, что оголит верхнюю поверхность жаровых труб, то оголенная стенка быстро перегреется докрасна и потеряет свою прочность, а давлением пара



Фиг. 108. Волнистая жаровая труба.

ее вдавит, выпучив в топку (фиг. 101). Если выпучина разрывается, то происходит взрыв котла.

Такой же случай возможен и без упуска воды, если в котел попадут, например, с водой жирные, маслянистые вещества (обыкновенно смазочное масло и т. п.). Небольшое количество масла, оказавшись на стенке жаровой трубы, покрывает ее жирной пленкой, которая очень плохо пропускает теплоту. Вода, покрывающая замасленную стенку, нагревается медленно, стенка же перегревается, теряет свою прочность и выпучивается. Бывали случаи, когда на жаровой трубе после ремонта котла забывали жирную тряпку, и это вело к взрыву котла. Такие же последствия возможны и при забывании шапок, разной одежды, инструментов и других вещей.

Что делать кочегару в случае, если он, заглянув в жаровую трубу, обнаружит в ней раскаленное место или выпучину?

В этих случаях кочегары часто начинают усиленно питать котел, желая поскорее поднять упущенный уровень. Этого не следует делать. Холодная вода, попав на перегретое или даже раскаленное место, сразу его охладит и вызовет резкое сжатие, в результате чего может появиться трещина. Кочегару необходимо прежде всего остановить топку, выгрести из нее жар или,

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

в крайнем случае, засыпать жар песком. В шахтных топках огонь заливают водой. После этого следует также принять меры к снижению давления в котле, для чего необходимо открыть паровые клапаны и отключить котел от паровой линии.

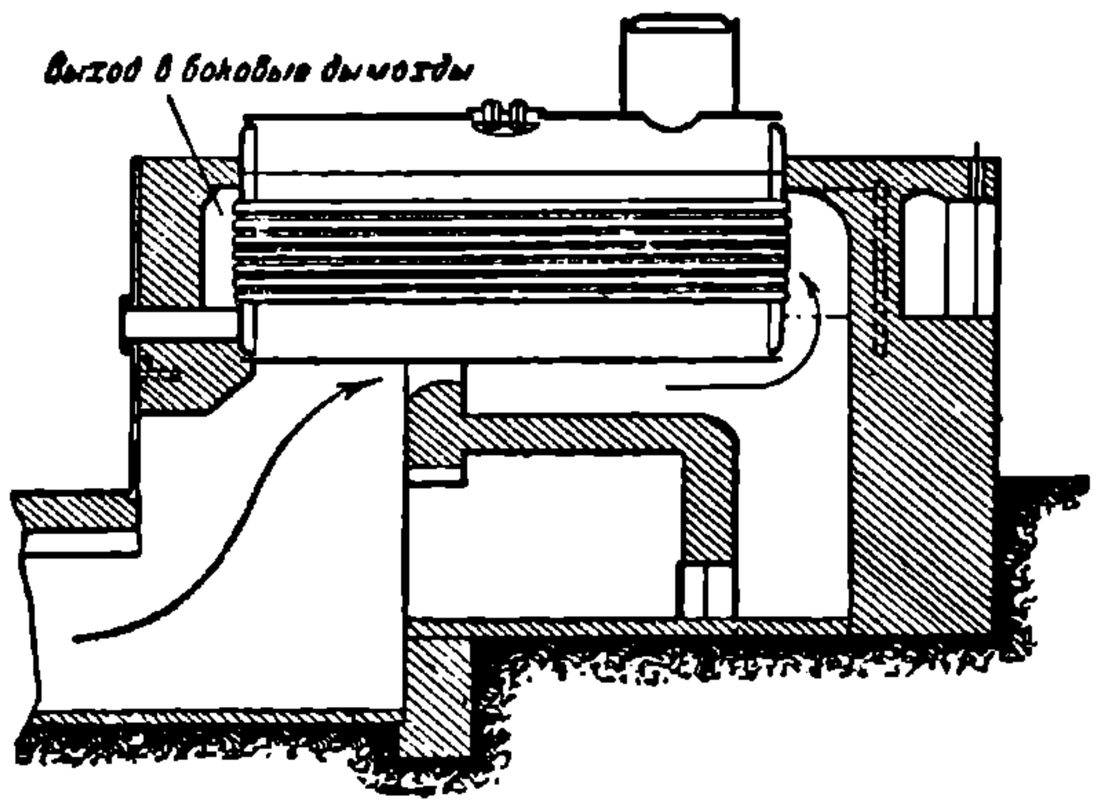
Выпучины могут быть и на барабане котла в нижней его части. Здесь скопляются грязь и накипь, вследствие чего стенки цилиндра, плохо передавая теплоту воде, могут перегреться и дать выпучину.

Трещины появляются вследствие того, что жаровая труба сильнее нагрета и больше удлиняется, чем цилиндр котла. Действие удлинений и укорочений жаровой трубы может вызвать трещины на днищах котла и на отворотах.

Разъедания встречаются на топочных листах жаровых труб и около спускного крана.

6. Дымогарные котлы

Представим себе, что вместо двух больших жаровых труб в водяном пространстве помещается много труб небольшого диа-



Фиг. 109. Дымогарный котел.

метра, по которым проходят газы. Получится котел, называемый трубчатым, или дымогарным. Трубы укреплены в днищах котла развальцовкой. Часть днища, в которой развальцованы трубы, называется решеткой.

Такой котел изображен на фиг. 109. Топка помещается под котлом или вне его. Газы по нижнему дымоходу под котлом идут к заднему днищу, повертывают и расходятся по дымогарным трубам, а после них обогревают котел по боковым дымоходам. Так как трубы служат вторым дымоходом, то газы вступают в них с высокой температурой, от чего страдает плотность соединения развальцованных концов труб. Чтобы избежать этого, часто вторым дымоходом делают боковые, а третьим — дымогарные трубки.

Дымогарные котлы удобны тем, что занимают мало места, так как дымогарные трубы, которых много, дают большую поверхность нагрева котла при небольшой длине. Запас воды в дымо-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

гарных котлах невелик, вследствие чего они позволяют быстро поднять давление пара. По той же причине (небольшой запас воды) давление в дымогарных котлах при неравномерном расходе пара неустойчиво: если расход пара увеличился сразу скачком, то давление быстро садится.

У дымогарных котлов зеркало испарения невелико по сравнению с поверхностью нагрева. Это и понятно, так как дымогарный котел значительно короче жаротрубного, а поверхность нагрева у него получается за счет большого количества труб. Пар, проходя через небольшое зеркало испарения, вызывает в нем сильное бурление воды, вследствие чего в паровое пространство попадает много водяной пыли, и пар получается влажным.

Существенный недостаток дымогарных котлов тот, что очень неудобно чистить от накипи близко расположенные между собой трубы, а также стенки котла. Для облегчения чистки трубы располагают двумя группами со свободным проходом между ними.

Накипь в дымогарных котлах откладывается на топочных листах. Вследствие указанных причин для дымогарных котлов необходима хорошая питательная вода, так как в противном случае топочные листы дадут выпучины.

У дымогарных котлов развальцовка труб в днищах может расстроиться, потерять свою плотность и дать течь. Это легко происходит, если при забросках топлива кочегар не убавляет тяги (или при чистках решетки оставляет шибер открытым): холодный воздух, врываясь в большом количестве, охлаждает решетку и трубы, что со временем нарушит плотность развальцованных мест и вызовет в них течь.

7. Локомобильные котлы

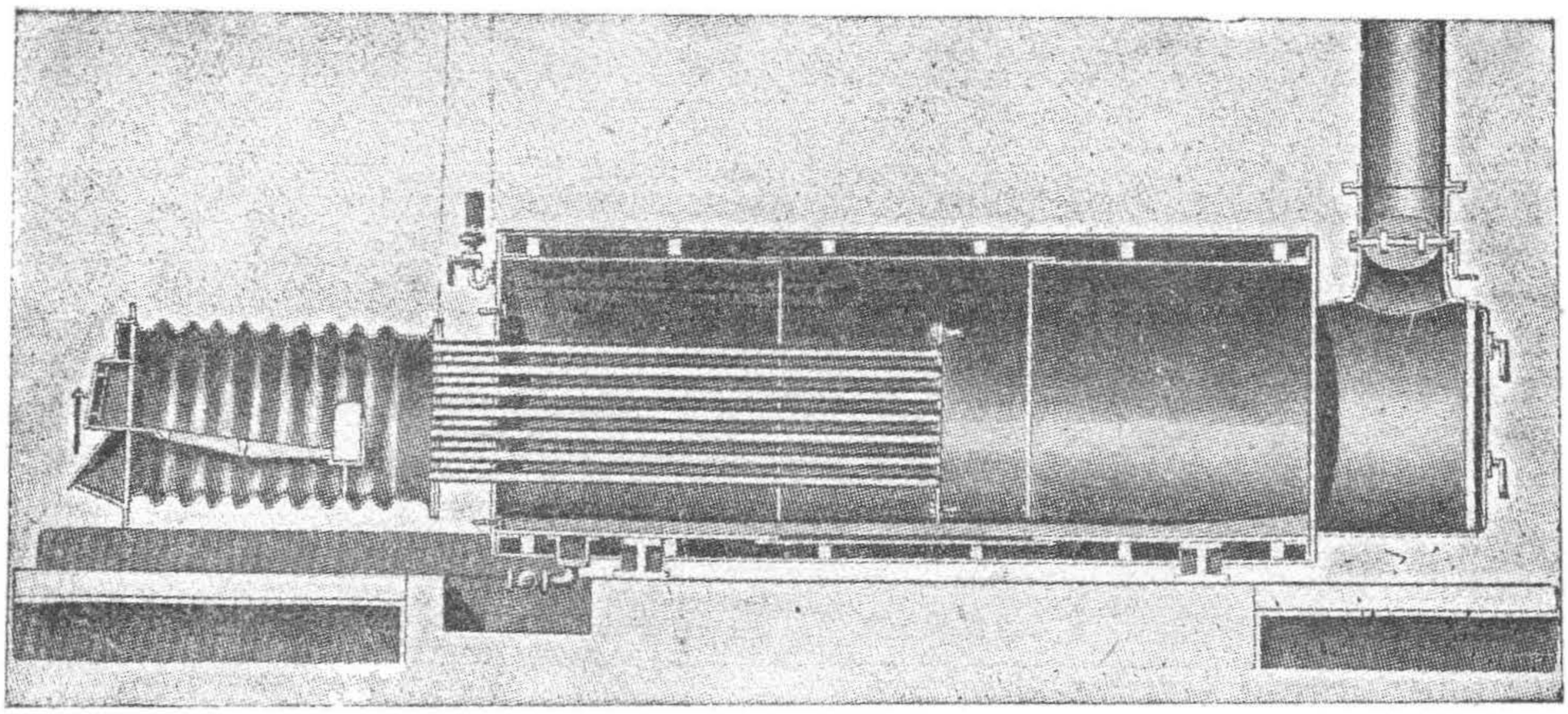
Локомобильный котел по своему устройству похож на дымогарный, но отличается от него тем, что имеет топку, расположенную внутри котла (внутренняя топка). Топка может быть в виде короткой жаровой трубы, закрытой на конце трубной решеткой, в которой развальцованы передние концы дымогарных труб (фиг. 110). Задние их концы входят в заднее днище котла. К днищу прикреплена дымовая коробка, над которой ставят небольшую железную дымовую трубу.

Газы из топки идут в дымогарные трубки, откуда через дымовую коробку, где обогревают перегреватель, если он имеется, в дымовую трубу. Локомобильный котел обмуровки не имеет.

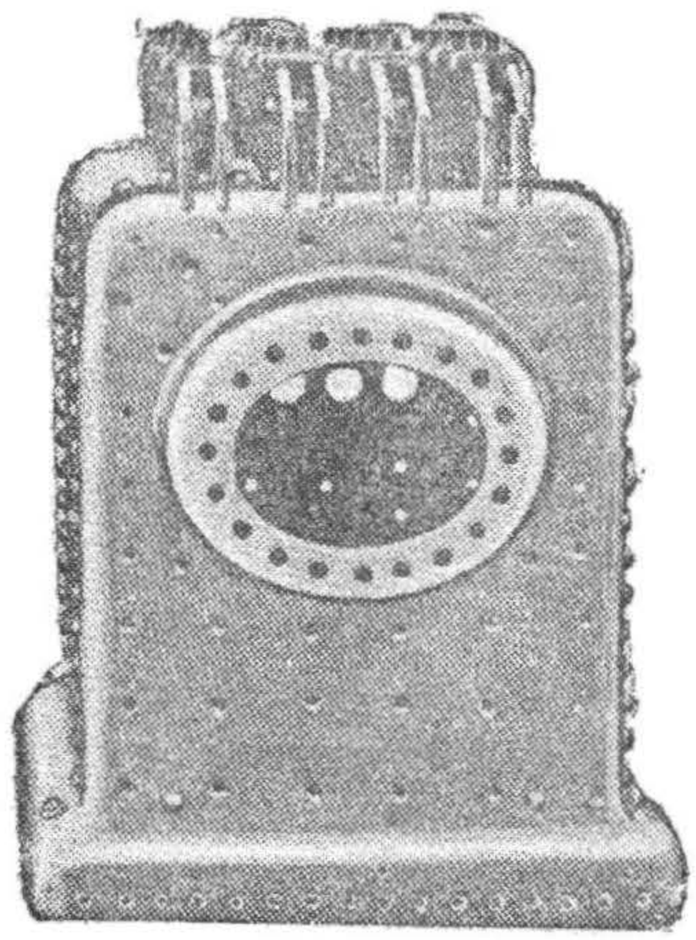
Жаровая труба с обеими трубными решетками — передней и задней — и дымогарными трубами представляет как бы одно целое. Задняя трубная решетка и передняя сторона жаровой трубы крепятся к днищам котла болтами, с прокладкой—для плотности (фиг. 110). Благодаря такому соединению жаровую трубу вместе с трубками легко можно вынуть из котла для очистки от накипи. Это, конечно, делает чистку доступной и удобной.

Локомобильный котел благодаря дымогарным трубкам и от-

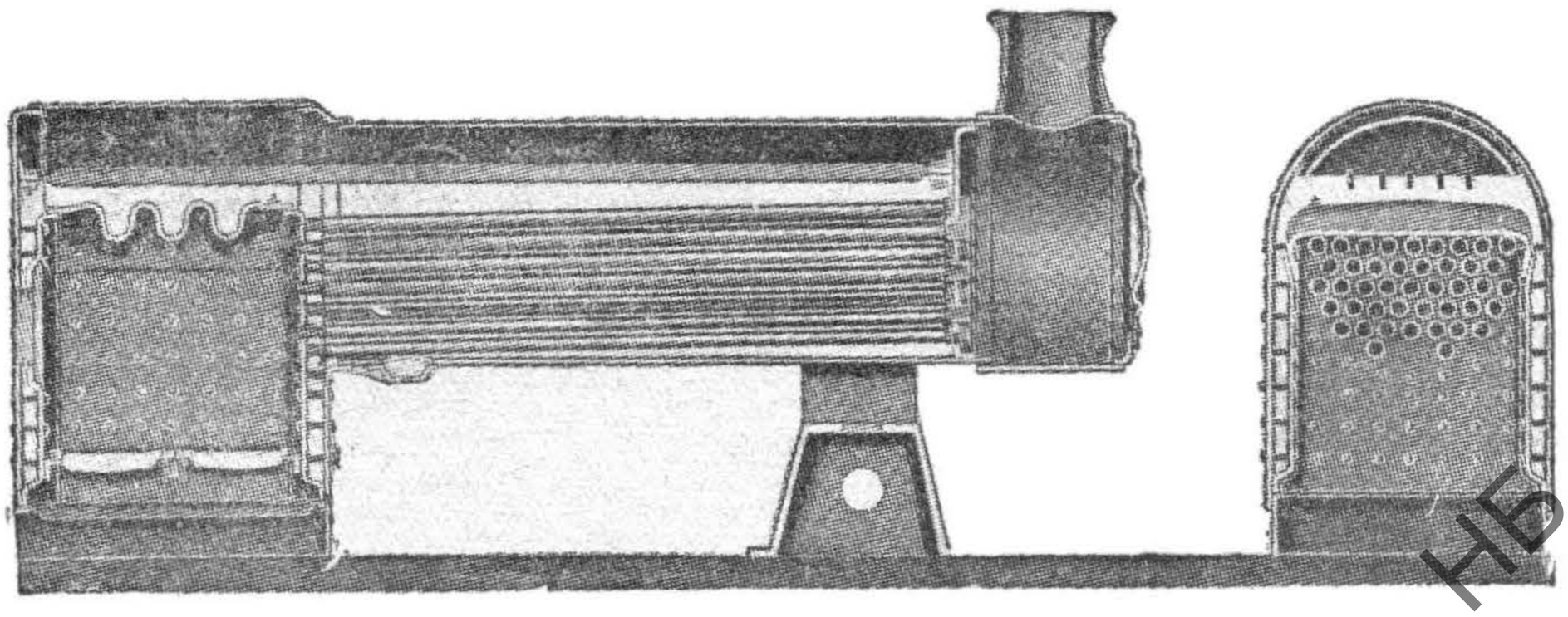
НБ УДУНТ (ДІІТ)



Фиг. 110. Локомобильный котел с топкой в виде жаровой трубы (топка и трубы вынуты).



Фиг. 111. Топка локомобильного котла.



Фиг. 112—113. Локомобильный котел с топкой с волнистым потолком.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

сутствию обмуровки занимает мало места и легок по весу. Поэтому его можно поставить на колеса и сделать передвижным.

С целью увеличить размеры топки, для того чтобы котел давал больше пара, жаровую трубу заменяют большой топочной камерой, с колосниковой решеткой (фиг. 111). Передней части котла тоже приходится дать форму коробки, которая охватывает топочную камеру. Между обеими камерами получается пространство с двойными стенками, заполненное водой (фиг. 112—113). Так как плоские большие стенки легко выгибаются под давлением пара, то их стягивают между собой анкерными болтами. Давление пара передается на болты, которые удерживают стенки от выпучивания. Потолок топки укрепляется балочками, которые лежат концами на загибах стенок и помощью анкерных болтов не позволяют потолку прогибаться.

На фиг. 113 показан волнистый потолок, который хорошо выдерживает давление пара и потому не нуждается в укреплении потолочными балочками.

Трубная решетка, в которую завальцованы дымогарные трубы, легко страдает при забросках топлива, если перед открытием топочных дверец не убавлять тяги: в топку врывается холодный воздух, который резко охлаждает трубную решетку. Последствием могут быть течь и трещины в решетке.

В дымовой коробке скопляется зола. Во время остановок котла она впитывает в себя влагу из воздуха, вследствие чего нижняя часть днища начинает ржаветь. Чтобы этого избежать, необходимо после остановки котла тщательно очищать дымовую коробку от золы и сажи.

Локомобильные котлы имеют следующие достоинства: имеют небольшой вес, занимают мало места, быстро растапливаются благодаря отсутствию кладки и малому запасу воды и потому пригодны для работы с частыми остановками.

Недостатки локомобильных котлов: при работе на длиннопламенном топливе образуется много сажи, так как газы, не успевая сгореть в небольшой топке, тухнут в дымогарных трубках; вследствие небольшого зеркала испарения и малого парового пространства пар получается сырой.

8. Водотрубные котлы

Водотрубные котлы состоят из труб небольшого диаметра, в которых вода находится в н у т р и, а не окружает их снаружи, как трубы дымогарных котлов. Газы обогревают трубы снаружи, проходя между ними. Значит, у водотрубных котлов поверхностью нагрева служит внешняя поверхность труб.

Если трубы расположены с небольшим подъемом к фронту, то котлы называются г о р и з о н т а л ь н ы м и водотрубными. Если трубы идут круто вверх, то котлы именуются в е р т и к а л ь н ы м и водотрубными.

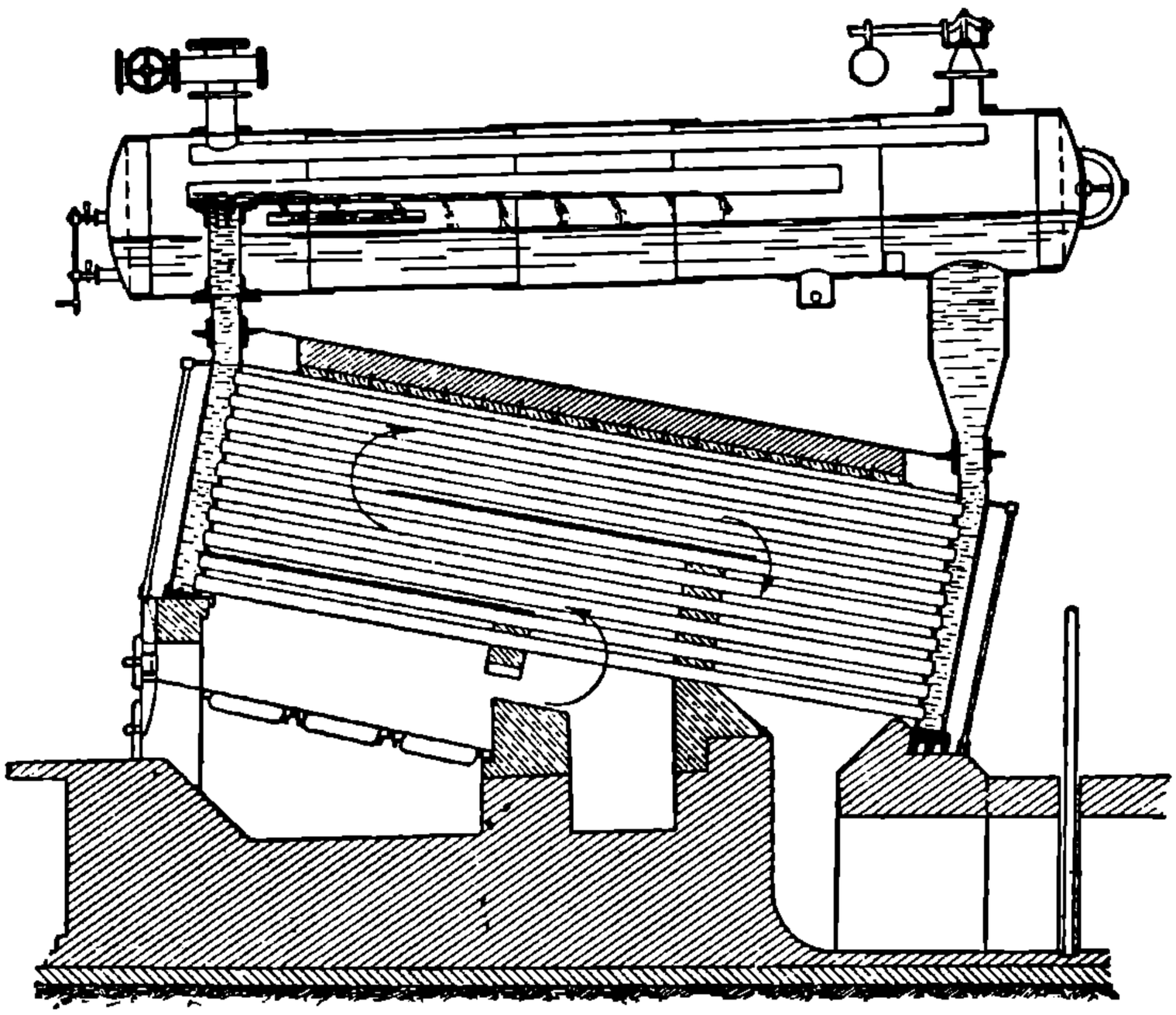
НБ УДУНТ (ДІІТ)

Горизонтальные водотрубные котлы

Горизонтальные водотрубные котлы могут быть в основном подразделены на камерные и секционные. В настоящее время камерные водотрубные котлы совершенно не строятся ввиду устарелости их конструкции, но они еще довольно часто встречаются в фабрично-заводских котельных установках.

Водотрубный котел Штейнмюллера

Кипятильные трубы, в которых вода нагревается и превращается в пар, расположены несколькими рядами с небольшим



Фиг. 114. Водотрубный котел Штейнмюллера (продольный разрез).

подъемом к фронту котла. Передние и задние концы труб выходят в камеры, имеющие вид плоских коробок (фиг. 114 и 115). Над трубами и коробками расположен барабан, который служит паросборщиком. Камеры для соединения с барабаном переходят в горловины, прикрепленные снизу к барабану.

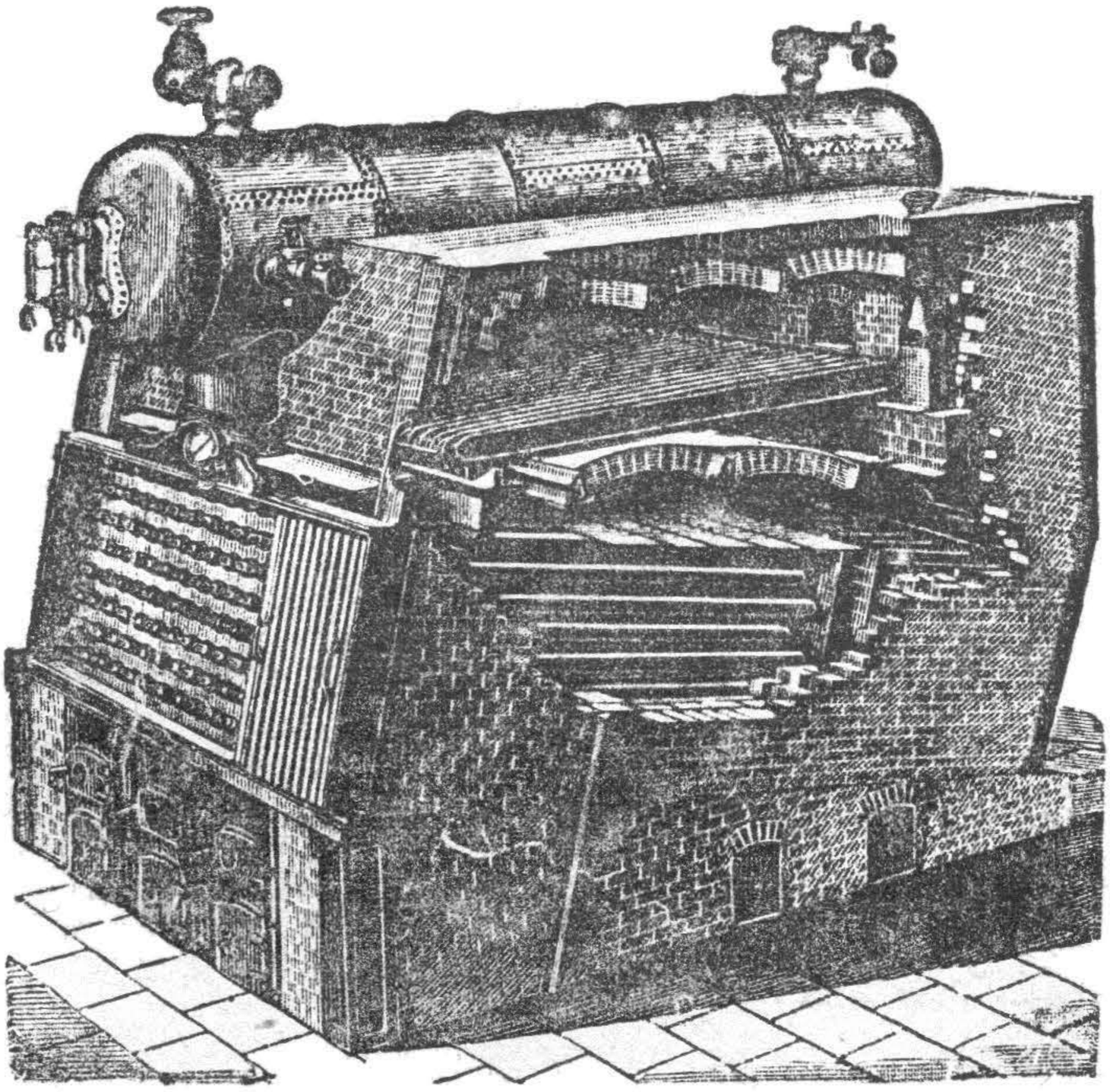
Вода находится в трубах, камерах и нижней части барабана.

Перегородки, поставленные поперек (фиг. 114) или вдоль и поперек, образуют дымоходы, называемые соответственно вертикальными или горизонтальными. Газы из топки, помещающейся под котлом, проходят по дымоходам, обогревая поверхность труб. Пароперегреватель помещается в пространстве между верхним рядом труб и барабаном на пути газов из первого во второй дымоход.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Верхний барабан в котлах Штейнмюллера изолируется от газов с целью избежать бурления воды в барабане, что способствовало бы увлажнению пара в паровом пространстве.

Питание производится в барабан, откуда вода проходит через заднюю горловину и заднюю камеру в кипятильные трубы. Здесь вода, нагреваемая газами, превращается в пар, который поднимается вместе с водой, еще не успевшей испариться, в переднюю камеру. Движение воды основано на том, что в задней камере вода менее нагрета и потому более плотна, чем в передней камере, где к тому же находится смесь воды и пара. Из камеры пар (с горячей водой) через горловину поднимается в барабан



Фиг. 115. Водотрубный котел Штейнмюллера с пароперегревателем.

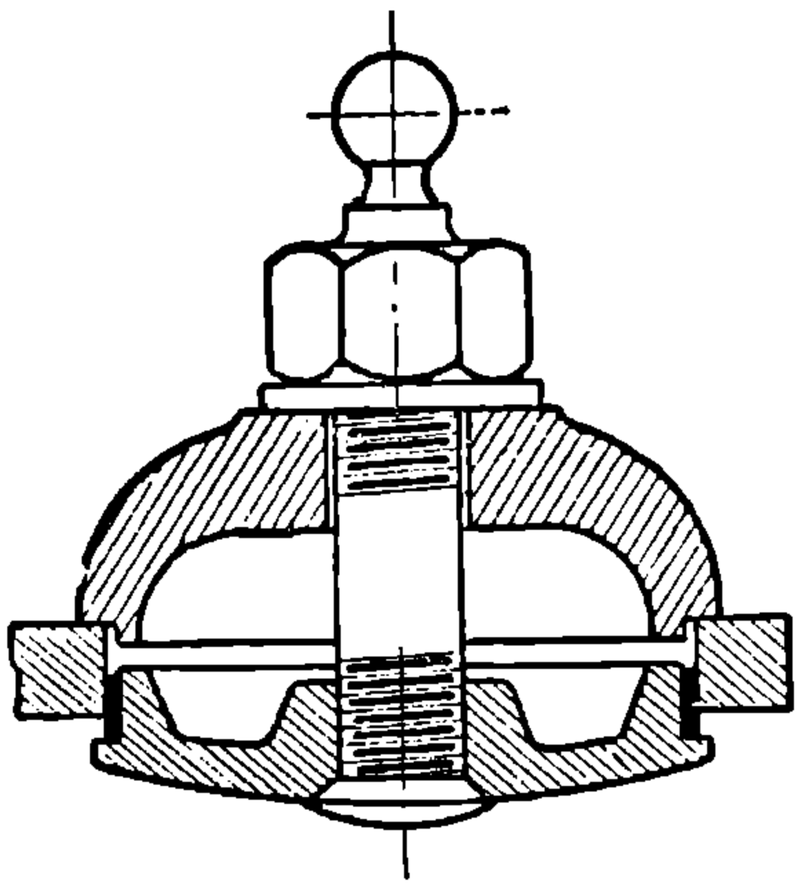
около его переднего днища. Над горловиной находится плоская труба, которая выводит пар прямо в паровое пространство. Благодаря трубе пару не приходится пронизывать всю толщу воды в барабане, что вызвало бы сильное бурление воды над горловиной и увлажнение пара. Кроме того, сильное бурление воды около переднего днища влияло бы на показания водоуказательных стекол. Труба для вывода пара переходит в плоскую, открытую сверху коробку, по дну которой захваченная паром вода стекает вниз в барабан, смешиваясь с остальной водой.

Котел покоится на чугунных башмаках, поставленных под камерами. Задняя камера лежит на катках, на которых она мо-

НБ УДУНТ (ДІТ)

жет свободно передвигаться по башмаку при расширении котла от нагревания.

Камера имеет вид больших плоских коробок с узкими боковыми сторонами. Вверху к камерам привернуты на болтах горловины для соединения камер с барабаном. Задняя стенка камеры служит трубной решеткой, т. е. имеет ряды круглых отверстий, в которых развальцованы концы труб. В лицевой стенке камеры имеются отверстия (люки), необходимые для того, чтобы при сборке котла вставлять трубы на место и развальцовывать их, а у работающего котла — осматривать трубы и чистить их. Люки в стенке коробки закрываются крышками, причем до давления 10 *ати* крышки ставятся снаружи, а при давлении свыше 10 *ати* крышки заводятся через отверстия овальной формы в коробку и закрывают отверстия изнутри, так что давлением пара их прижимает к стенке камеры, что делает замыкание крышек плотным и совершенно безопасным (фиг. 116)



Фиг 116. Крышка лючка водотрубного котла.

Большие плоские стенки камер легко выпучиваются давлением пара. Для их укрепления ставят анкерные болты, которые стягивают стенки между собой. Давление пара передается на болты, и они удерживают стенки от выпучивания.

Недостаток котлов Штейнмюллера — камеры с плоскими стенками, у которых могут быть разрывы анкерных болтов.

Дно передней камеры защищено от нагревания выступом кладки (фиг. 114). Если этот выступ разрушится, то сварной шов дна камеры перегреется от действия пламени и жара, что повердет к его разрыву. Необходимо строго следить за тем, чтобы выступ кладки, закрывающий низ камеры, был всегда в целости.

Выпучины и разрывы нижних кипятильных труб вызываются накипью, которая больше всего отлагается в этих трубах вследствие усиленной их работы. При несвоевременной чистке или форсированной работе котла стенки труб над топкой накаляются и дают выпучины и разрывы.

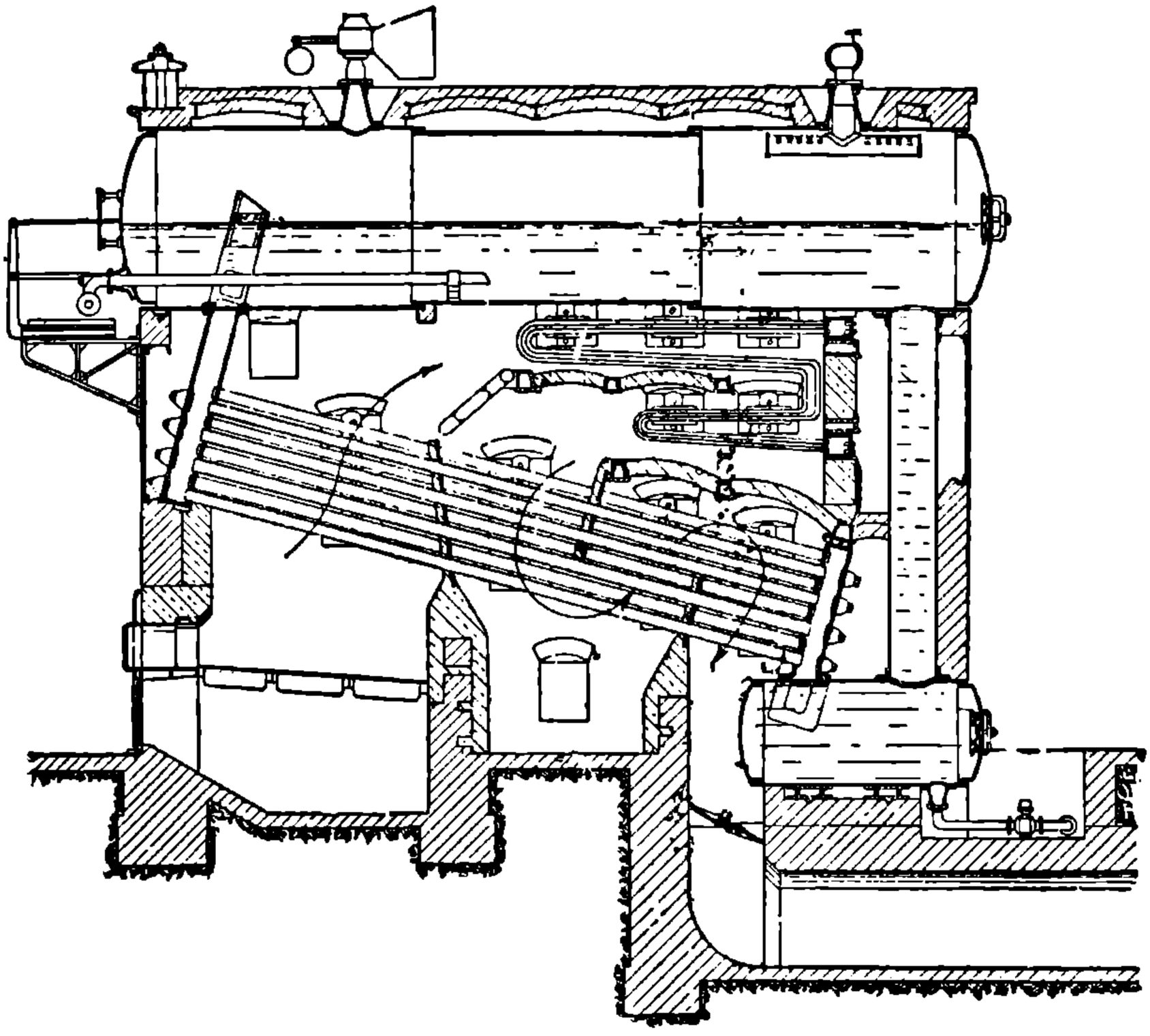
При упуске воды происходит прогиб верхних рядов труб, если вода оголила их. Трубы перегреваются, удлиняются и дают прогиб.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Водотрубный котел Фицнер и Гампер

Котел Фицнер и Гампер имеет такие же две камеры, как и котел Штейнмюллера, но отличается от котла Штейнмюллера соединением задней камеры с барабаном. Камера соединена с барабаном через грязевик и широкую трубу, называемую циркуляционной (фиг. 117).

Вода из барабана опускается по циркуляционной трубе в грязевик, где получает медленное движение вследствие довольно значительного диаметра грязевика. Примеси, содержащиеся в



Фиг. 117. Водотрубный котел Фицнер и Гампер.

воде, успевают осесть в грязевике, а вода из него поднимается в коробку и расходится по кипятильным трубам.

Более сложное соединение задней камеры котла Фицнер и Гампер имеет то достоинство, что вводится грязевик. Кроме того, циркуляционная труба благодаря своей большой длине значительно более упруга, чем более короткая и широкая задняя горловина у котла Штейнмюллера. Благодаря этому получается более свободное удлинение кипятильных труб в сторону циркуляционной трубы, между тем как у котлов Штейнмюллера вследствие малой упругости горловины могут страдать ее фланцы, приклепанные к барабану.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

Основной недостаток котла Фицнер и Гампер тот же, что и котла Штейнмюллера, — именно наличие двух камер, недостаточно надежных вследствие плоских стенок большого размера.

Водотрубный котел Шухова

Уменьшение камер (разделение их) достигается в котле Шухова, весьма распространенном в СССР (фиг. 118). В нем трубы расположены пучками, по 23 труб в пучке (старая конструкция — 19). Передние и задние концы трубок входят в небольшие барабаны, называемые головками. Каждая головка имеет одну крышку, при открытии которой становятся доступными для осмотра и чистки трубы всего пучка. Пучки труб расположены по два в вертикальном ряду, а головки их должны сообщаться между собой для прохода пара и воды. Для этой цели к головкам приклепываются плоские горловины (в виде тарелки с отверстием по середине). Горловины изнутри свертываются между собой болтами или склепываются, что делается через открытые крышки головок.

Верхние головки соединены с барабаном при помощи горловины, задние — при посредстве труб.

Питание котла производится в барабан, из которого вода опускается в задние головки, из них распределяется по трубам. Здесь вода, нагреваемая газами, превращается в пар, который по трубам поднимается в передние головки. Из них пар вместе с неуспевшей испариться водой проходит в барабан по трубе, которая вставлена в соединительную горловину и выходит в паровое пространство (фиг. 119). Благодаря трубе пару не приходится пронизывать всю толщу воды в верхней головке и в барабане.

Труба для вывода пара переходит в лоток, по которому захваченная паром вода стекает в барабан.

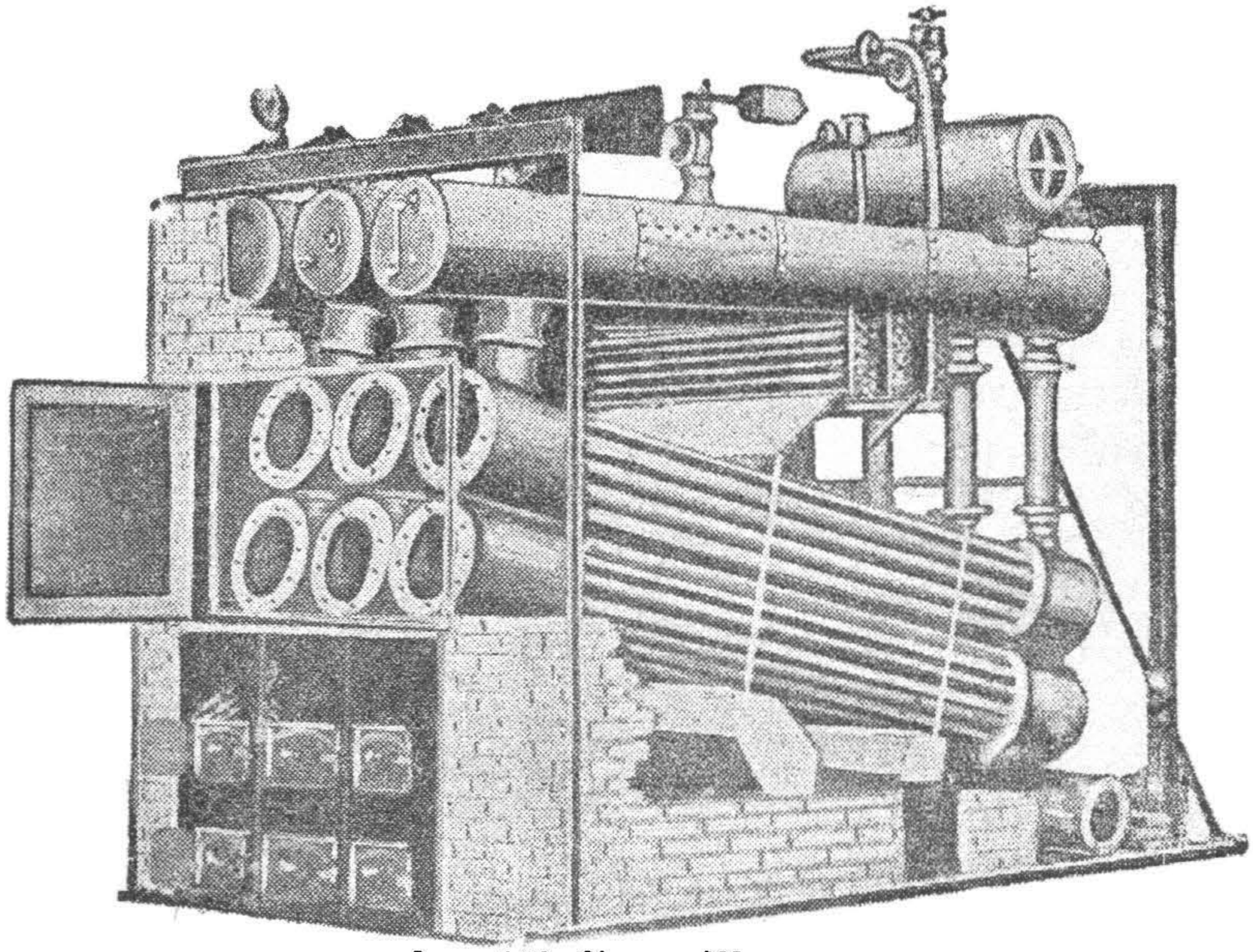
Остановимся несколько на устройстве крышки головки.

Изнутри к боковой поверхности головки приклепано опорное кольцо с утолщениями в двух местах (по диаметру). Бока крышки несколько сплющены, чтобы боком ее можно было вставить внутрь головки. После этого крышку повертывают так, что сплющенные места совпадают с утолщениями кольца, притягивают ее откидными болтами к опорному кольцу и затягивают болты. Во время работы котла крышка прижимается паром и затяжкой болтов.

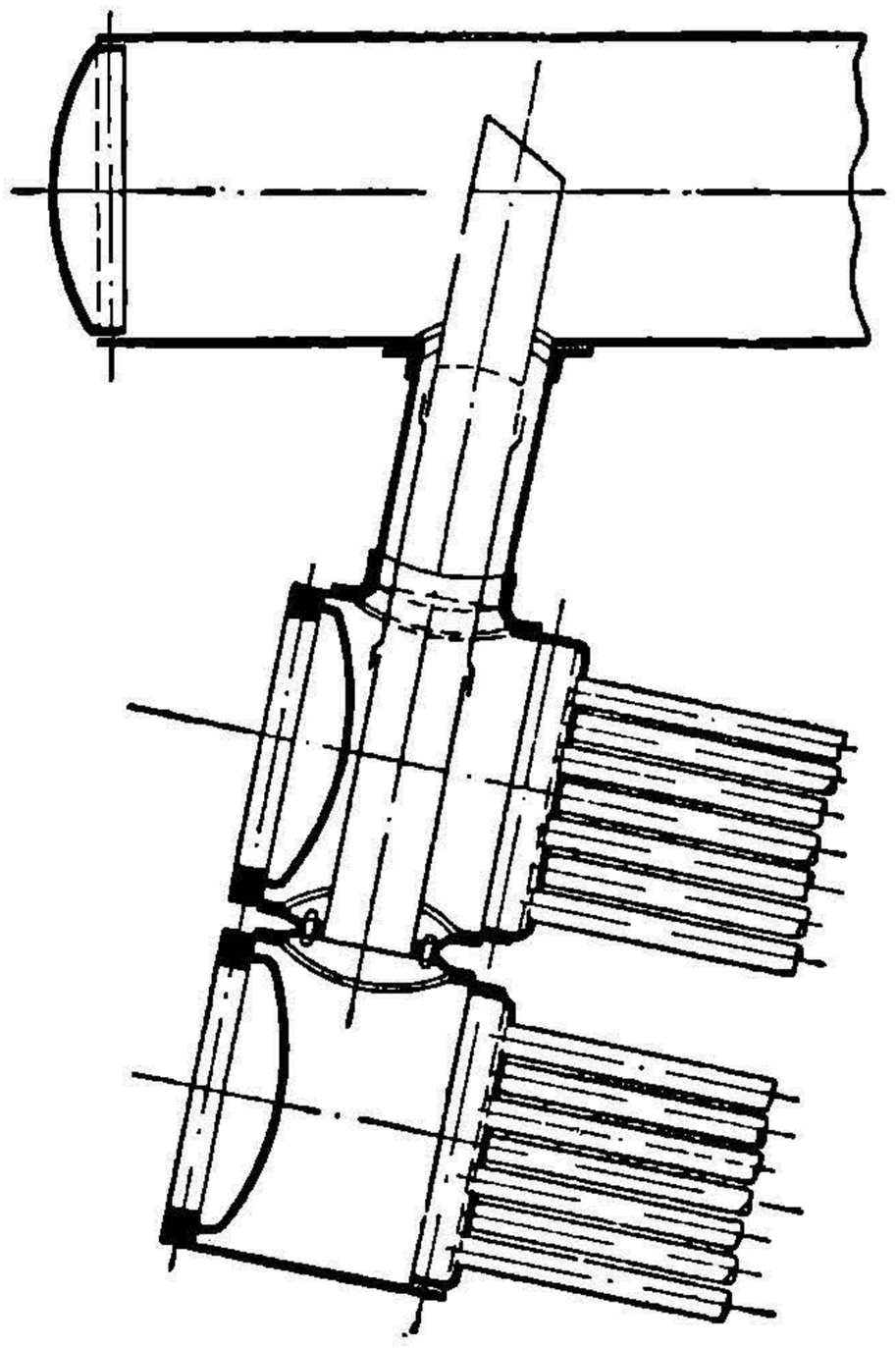
Котел Шухова удобен тем, что при открытии крышки головки делаются доступными для осмотра и чистки сразу 28 (19) труб. Котел состоит из одинаковых составных частей, из которых можно собирать котлы разных поверхностей нагрева, что уменьшает стоимость котлов.

Слабым местом котла является соединение головок, если оно сделано не на заклепках, а на болтах. В этом случае трудно достигнуть надлежащей плотности соединения, и в нем во время работы иногда появляется течь.

НБ УДУНТ (ДІТ)



Фиг. 118. Котел Шухова.

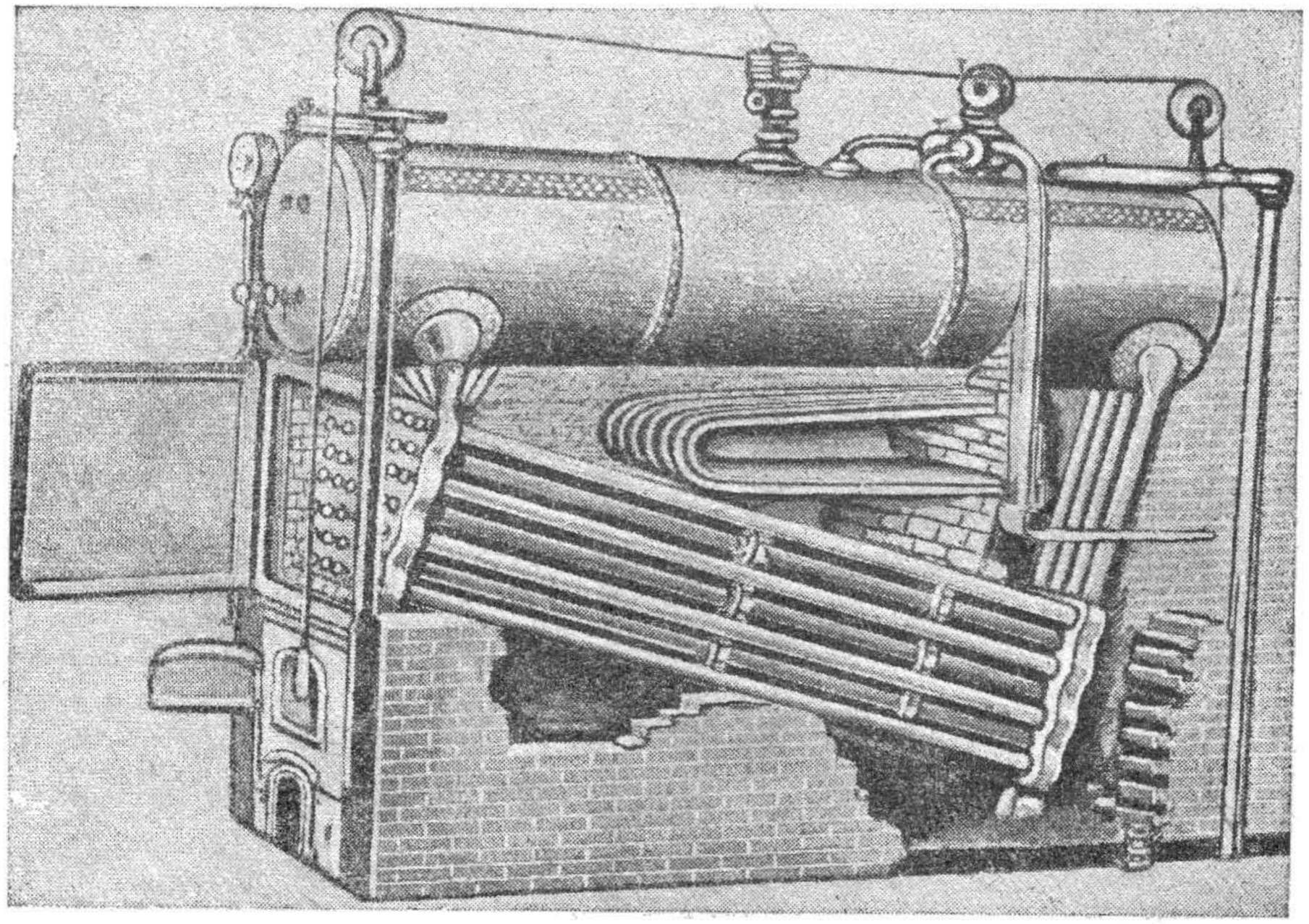


Фиг. 119. Передняя часть котла Шухова в разрезе.

НБ
УДУНТ
(ДІІТ)

Водотрубный котел Бабкок и Вилькокс

У котлов Бабкок и Вилькокс (фиг. 120) каждый вертикальный ряд труб имеет две отдельных коробки (переднюю и заднюю), которые можно назвать однорядными. В этом выгодное отличие котлов Бабкок и Вилькокс от котлов Штейнмюллера и Фицнер и Гампер, где с каждого конца имеется для всех труб одна общая камера с большими плоскими стенками, требующая укрепления их анкерными связями и вообще недостаточно надежная. Коробка, если смотреть на нее спереди, имеет волнистый вид, так как охватываемые ею трубы через одну смещены немного вбок



Фиг. 120. Водотрубный котел Бабкок и Вилькокс.

вследствие своего расположения (фиг. 121 и 122) в шахматном порядке (как клетки одного цвета на шахматной доске). Каждая коробка соединена с барабаном трубой, называемой циркуляционной. Одним концом она раскатана в верхнем донышке секции, другим — в небольшой по высоте плоскодонной горловине, приклепанной снизу к барабану.

Вода, находящаяся в барабане, через задние циркуляционные трубы опускается в задние коробки, распределяясь по трубам, где она нагревается до кипения и испаряется. Смесь пара и воды поднимается в передние коробки, а из них через передние циркуляционные трубы — в барабан (фиг. 123). Движение (циркуляция) воды основано на том, что в задних циркуляционных трубах и коробках вода менее нагрета и потому более плотна, чем в передних коробках, где к тому же имеется смесь воды и легкого пара.

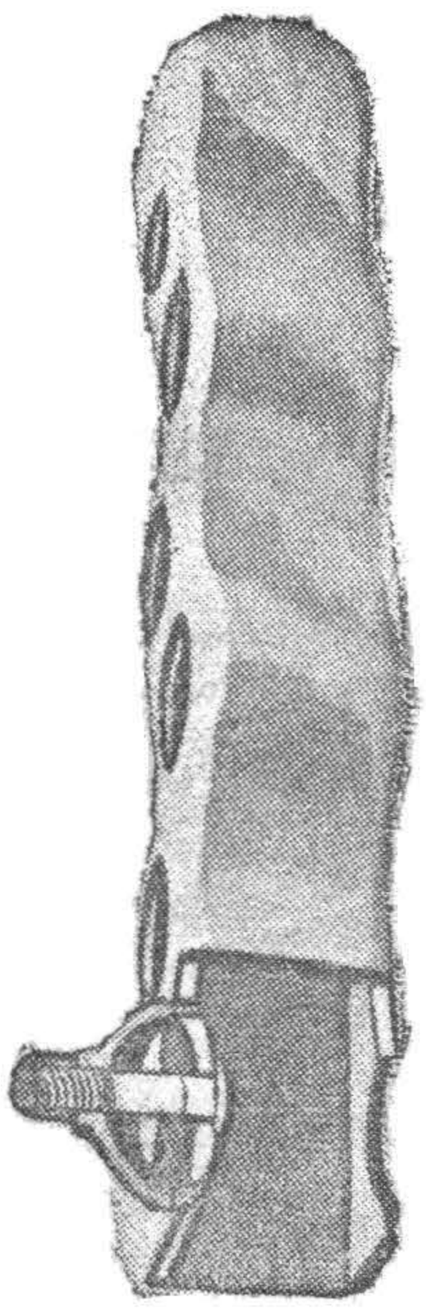
НТБ УДУНТ (ДІІТ)

Под задними коробками расположен грязевик цилиндрической или призматической формы, с которым коробки сообщаются при посредстве коротких грубок. Разные примеси, содержащиеся в воде, при ее прохождении через задние коробки оседают в грязевике, а из него удаляются при продувке котла.

Движение газов происходит по трем вертикальным дымоходам. На пути из первого дымохода во второй газы обогревают пароперегреватель и нижнюю поверхность барабана. После тре-



Фиг. 121. Коробка котла Бабкок и Вилькокс (вид спереди).









Фиг. 122. Коробка котла Бабкок и Вилькокс. Установка крышки и детали крышки.

тьего дымохода газы проходят между задними циркуляционными трубами, опускаются вниз вдоль коробки и уходят в боров.

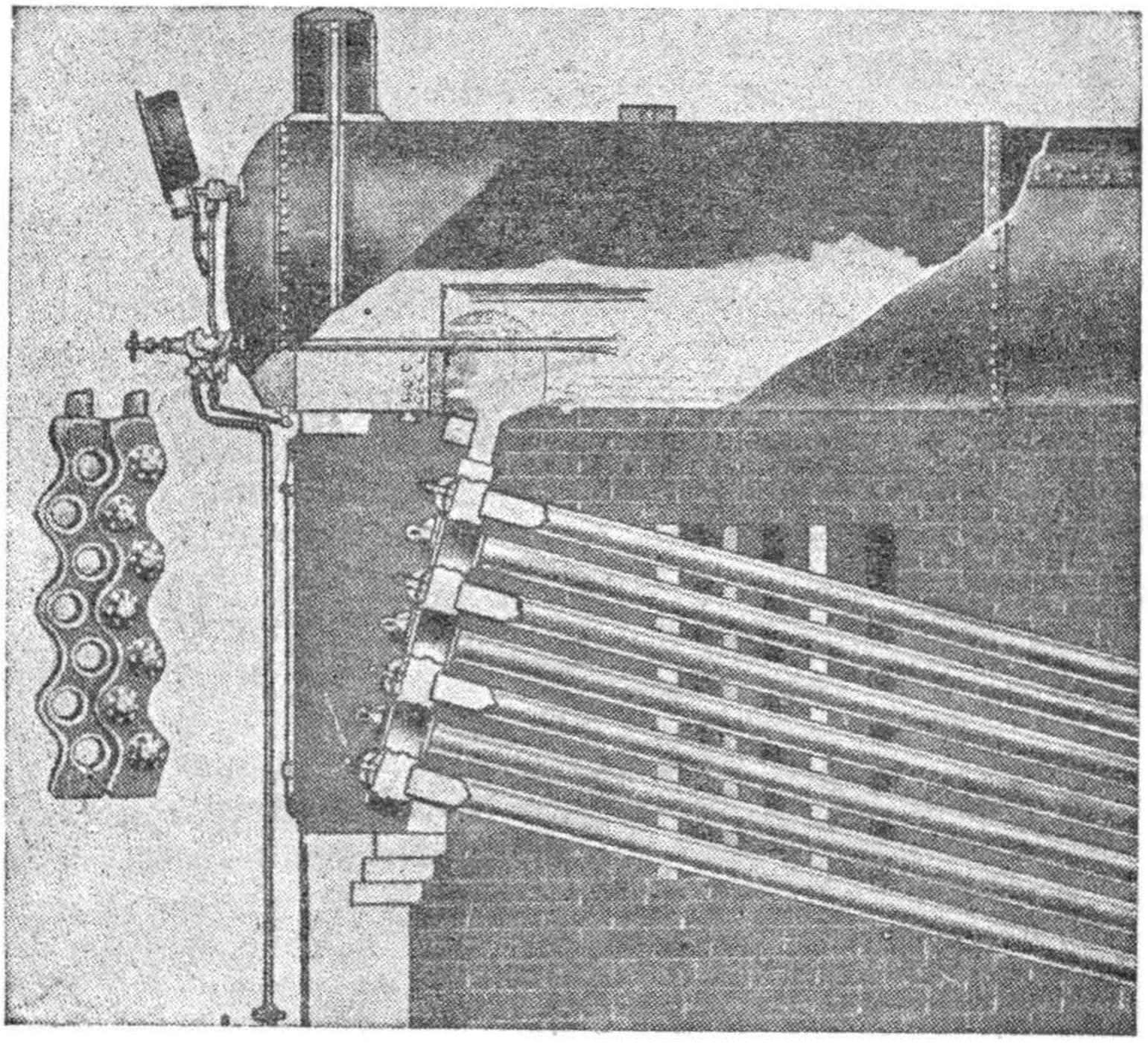
Достоинства и недостатки горизонтальных водотрубных котлов

Водотрубные котлы состоят из частей сравнительно малого размера, благодаря чему толщина стенок этих частей даже при больших давлениях выходит небольшой. Поэтому водотрубные котлы применимы для давления от 12 до 20 *ати* и выше. Площадь, занимаемая водотрубными котлами, невелика. Вследствие небольшого содержания воды водотрубные котлы быстро растапливаются. Наконец, эти котлы безопаснее других типов котлов: разрыв кипятильной трубы особой опасности не пред-

НБ УПУНТ (ДІТ)

ставляет и не влечет за собой взрыва котла. Из места разрыва одной трубы вырывается лишь сравнительно небольшое количество пара. Однако при этом возможны несчастные случаи вследствие того, что через неприкрытую или открываемую топочную дверцу пар ошпаривает людей в котельной, часто выбрасывая к тому же жар из топки. Поэтому за двумя нижними рядами труб необходимо постоянно наблюдать.

Недостатком горизонтальных водотрубных котлов является то, что накипь отлагается не равномерно на всех трубах, а больше всего на нижних рядах, вследствие чего трубы начинают очень



Фиг. 123. Передняя часть котла Бабкок и Вилькокс.

плохо работать, испаряя мало пара. Поэтому жесткая вода совершенно недопустима для питания водотрубных котлов.

Уход за горизонтальными водотрубными котлами

Наружная поверхность труб заносится золой и сажей, которые плохо проводят теплоту, и потому котел начинает хуже работать, давая меньше пара. Трубы очищают во время работы котла, обдувая их паром. Для этого на боковых стенках котлов против дымоходов имеются рамки с продолговатыми отверстиями. В них вставляется брандспойт от линии перегретого пара. Вырываясь с большой скоростью, пар сдувает с труб сажу и золу. Двигать брандспойт нужно по движению газов, например в первом дымоходе снизу вверх, а во втором — сверху вниз. Насыщенный

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

пар для обдувки применять не следует вследствие того, что влага его способна уплотнять золу и сажу на трубах.

Крышки лючков ставятся на прокладках из клингерита или красной меди, или плотность их достигается притиркой к кольцевому выступу, к которому они прижаты. После постановки крышек и растопки котла они начинают течь, и их необходимо осмотреть и подтянуть. Необходимо следить за тем, чтобы крышки не пропускали. Вследствие пропаривания лючков на поверхности камер или коробок текут струйки воды, вызывая ржавление их стенок. На грязевик, расположенный под задними коллекторами, тоже стекают струйки воды, вызывая ржавление грязевика. При длительном пропаривании лючков разъедаются кольцевые выступы на крышках и стенках, и приходится их растачивать.

Вертикальные водотрубные котлы

У вертикальных водотрубных котлов трубы идут круто кверху. Трубы вводят непосредственно в барабаны, расположенные обычно поперек котла (фиг. 124). Коробки оказываются излишними, что значительно упрощает устройство котлов. Второе преимущество этих котлов — в том, что они имеют большое напряжение поверхности нагрева вследствие энергичной циркуляции воды. Третье преимущество — малая занимаемая площадь.

Количество барабанов бывает от двух до пяти. Четырех- и пятибарабанные котлы громоздки, дороже в изготовлении и занимают большую площадь; по этим причинам (и некоторым другим) они в последнее время не строятся.

Кипятильные трубы расположены по отношению к стенке котла неодинаково (фиг. 125): часть труб подходит к стенке радиально (под прямым углом) или почти радиально, остальные подходят к стенке косо (в разной мере). Косая вальцовка труб менее надежна, чем прямая, и требует некоторого утолщения стенки котла или увеличения диаметра барабана. То и другое затрудняет изготовление барабанов и увеличивает их стоимость. С целью избежать косых отверстий и косой вальцовки изгибают трубы так, чтобы концы их подходили к стенке котла радиально (это дает также возможность вводить больше труб в барабаны, т. е. увеличивать их количество в котле).

Наряду с этим применялась ступенчатая форма стенки, при которой каждая труба подходит к своему месту в стенке под прямым углом, оставаясь сама прямой на всей длине. Котлы обоих типов будут описаны ниже.

Вертикальный водотрубный котел Гарбе

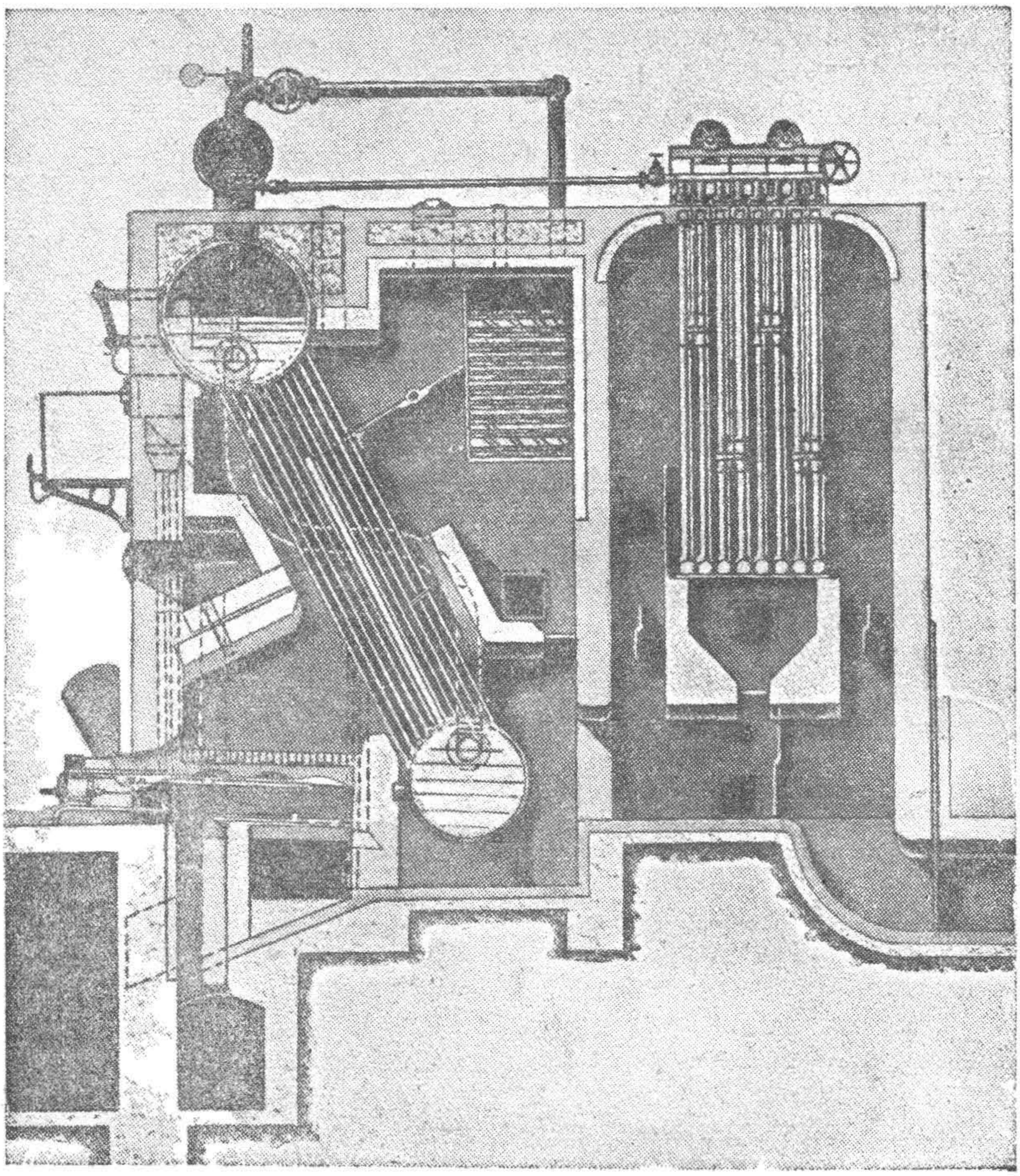
Ступенчатые барабаны были предложены инж. Гарбе, почему соответствующий котел называется по его имени.

Барабан со ступенчатой стенкой (плитой) показан на фиг. 126. Одна половина барабана штампована плоскими уступами, которые имеют одно направление. В стенке каждого уступа просвер-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

лены два отверстия, в которые входят и развальцовываются концы труб. Благодаря тому, что все уступы имеют одно направление, все трубы поперечного ряда (не только средние, но и крайние) входят в стенки уступов под прямым углом.

Общее расположение труб между барабанами показано на фиг. 125. Трубы стоят двойными поперечными рядами. Каждые

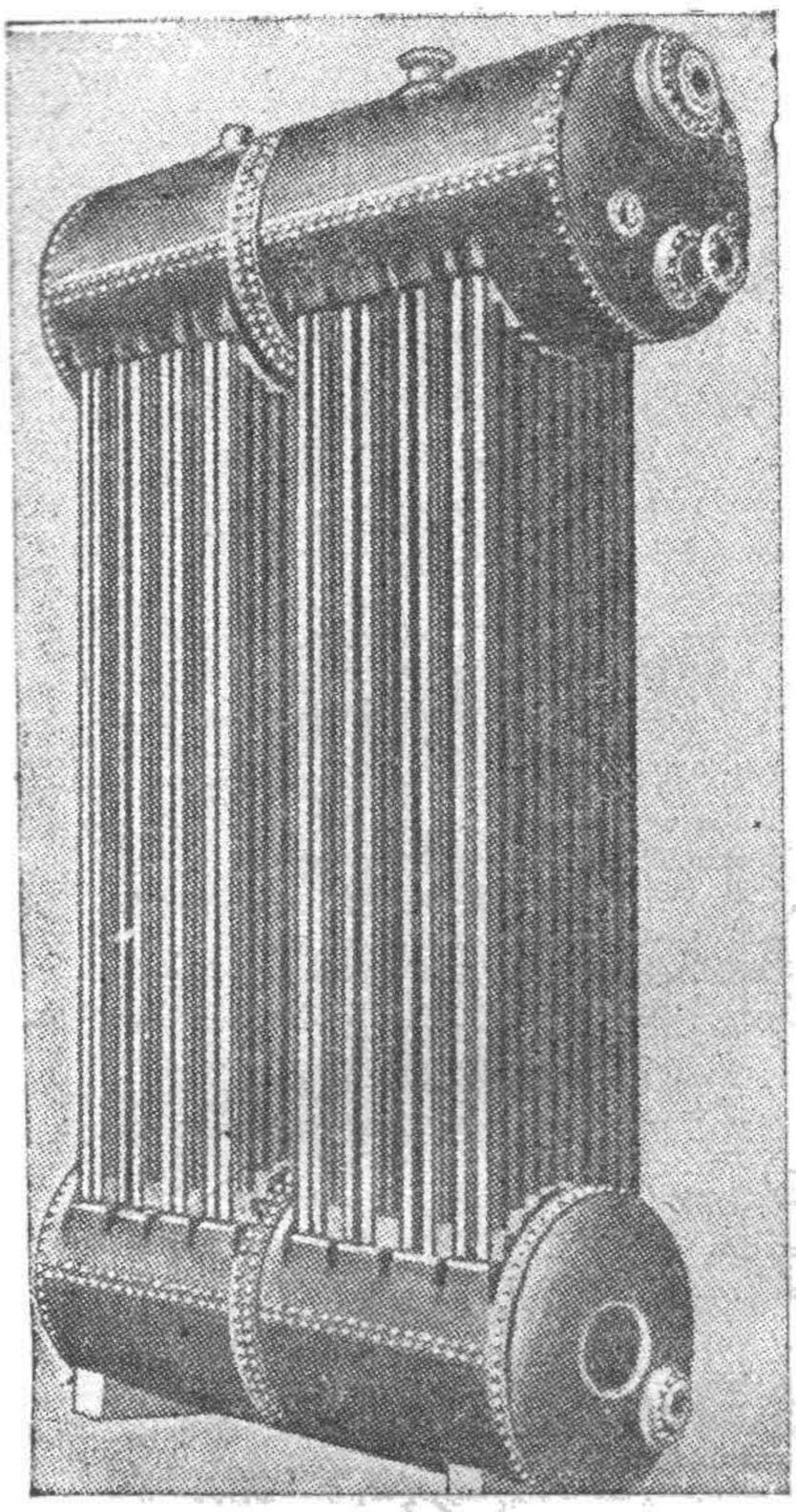


Фиг. 124. Вертикальный водотрубный котел Гарбе.

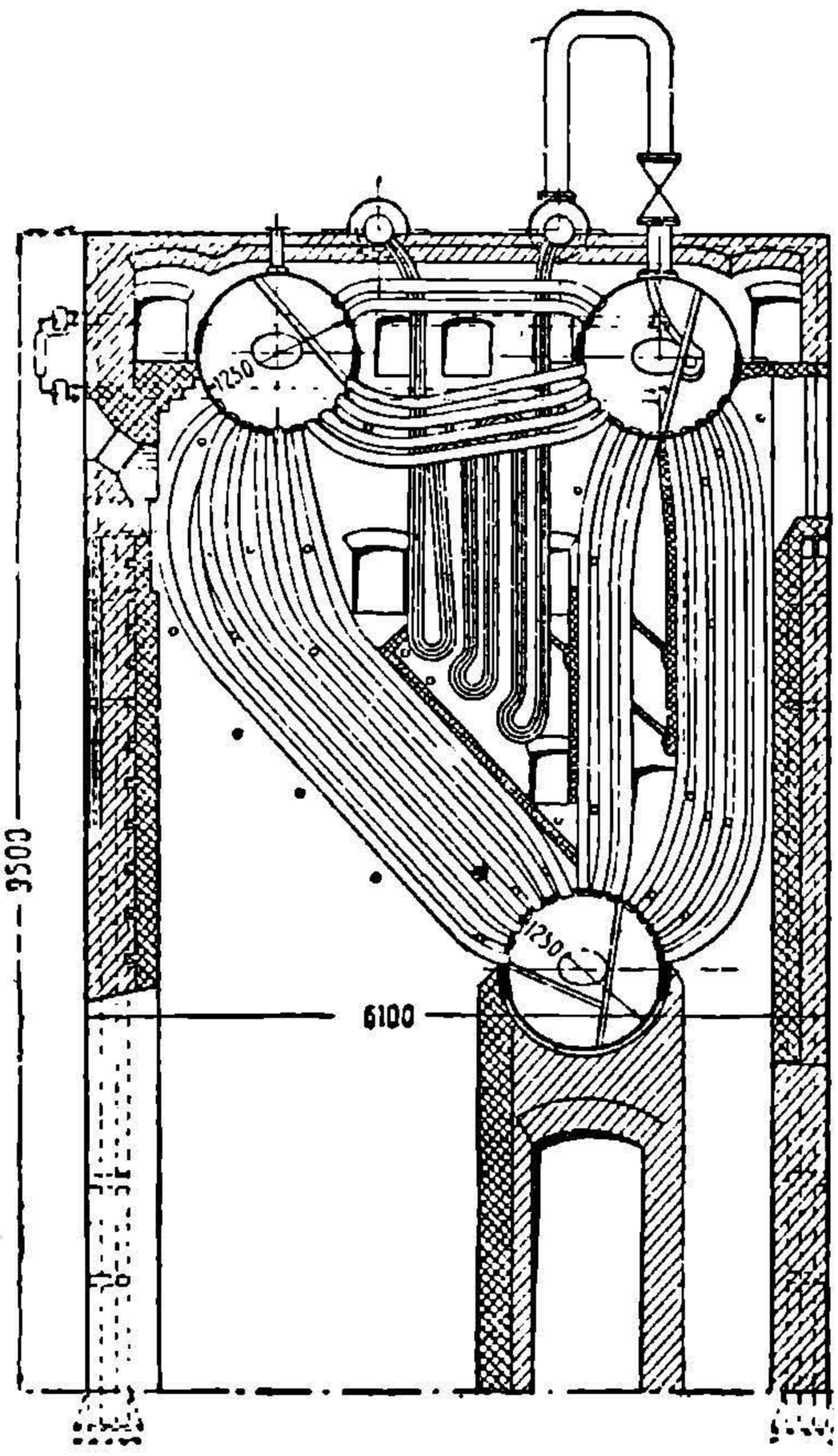
два ряда несколько отодвинуты от соседних двух рядов труб, — получаются как бы узкие коридоры между парными рядами, что требуется для постановки труб и в случае их удаления. Существуют и другие (видоизмененные) способы размещения труб.

Газы в описываемом котле направляются перегородкой, поставленной посредине пучка (всех рядов) труб, вдоль них от нижнего барабана к верхнему, не доходя до последнего (фиг. 124). Газы из топки, поднимаясь вверх, обогревают трубы, расположенные перед перегородкой, проходят между ней и верхним бараба-

НТБ УДУНТ (ДІІТ)



Фиг. 125. Барабаны и трубы котла Гарбе.



Фиг. 127. Трехбарабанный котел с изогнутыми трубками.



Фиг. 126. Барабан котла Гарбе с штампованной плитой (стенкой).

НБ УДУНТ (ДІТ)

ном в перегреватель, а из него опускаются вдоль задних рядов труб и уходят из котла.

Питание котла производят в верхний барабан, из которого вода по задним рядам труб опускается вниз, а по передним рядам (до перегородки), сильно обогреваемым газами, поднимается в верхний барабан, по пути испаряясь. Иногда для улучшения циркуляции воды по сторонам котла ставят трубы, дополнительно соединяющие барабаны между собой. Эти трубы, называемые циркуляционными, идут в кладке котла или снаружи ее, следовательно, газами вовсе не обогреваются. Вода из верхнего барабана опускается по циркуляционным трубам в нижний барабан и расходится из него по кипятильным трубам, поднимаясь в них вверх и по пути испаряясь.

Трехбарабанный вертикальный водотрубный котел

Котел, как видно из названия, имеет три барабана: один внизу и два вверху (фиг. 127). Кипятильные трубы идут прямыми пучками, расположенными между верхними барабанами и нижним. Трубы переднего пучка приходятся над топкой котла. В свободном пространстве между пучками помещается пароперегреватель.

Дымоходы образуются тремя перегородками. Первая перегородка отделяет верхний пучок, примыкая к последнему ряду его труб и не доходя до верхнего барабана. Вторая перегородка примыкает к заднему пучку, спереди соприкасаясь с первым рядом его труб, не доходя до обоих барабанов. Третья перегородка поставлена приблизительно в середине заднего пучка, упираясь в верхний барабан и не доходя до нижнего.

Газы идут следующим образом. На выходе из топочного пространства газы обогревают передний пучок, двигаясь вдоль труб. Повернув над перегородкой поперек пучка, газы проходят через перегреватель и разветвляются на два потока: основной поток газов, обогнув вторую перегородку сверху, опускается вниз вдоль первых трех рядов заднего пучка; ответвленный поток опускается вниз, в угол между двумя пучками. В этом углу легко осаждается зола. Ответвленный поток газов сносит золу за барабан, где она падает в золовой бункер.

Основной и ответвленный потоки встречаются на повороте в последний дымоход (под третьей перегородкой) и поднимаются вдоль труб этого дымохода, уходя в дымосос.

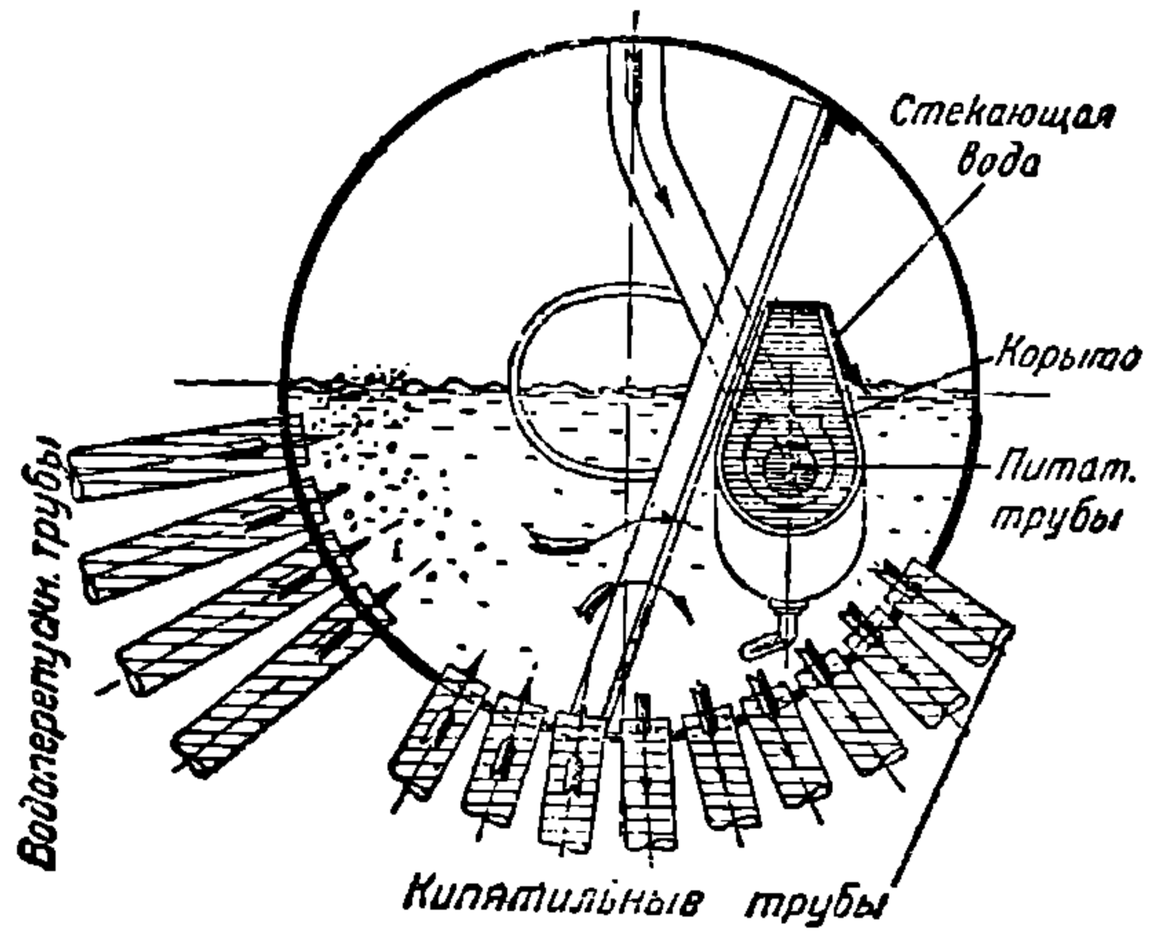
Питание и движение воды (циркуляция) в котле происходят следующим образом:

Водяное пространство заднего барабана делится перегородкой на две половины, причем перегородка разбивает и пучок труб на две части (из трех и пяти труб в каждом поперечном ряду). Перегородка не является глухой, а имеет довольно длинную щель на середине своей высоты. К верхней части перегородки крепится корыто, крышка которого расположена выше уровня воды. Вода по трубе подводится в корыто и через его борт стекает узким слоем вниз в отделенные перегородкой трубы (т. е. расположенные справа от перегородки). По этим трубам вода спускается

РЕПОЗИТОРИЙ УДУНТ (ДІІТ)

в нижний барабан, по пути нагреваясь. Из барабана вода поднимается как в трубы переднего пучка, так и в три ряда труб заднего пучка (расположены слева от водяной перегородки); таким образом часть воды из нижнего барабана попадает в задний верхний барабан. Эта вода через щель перегородки переходит в правую половину (фиг. 128) барабана, смешивается со свежей питательной водой и опускается снова в трубы, т. е. вовлекается в круговорот всей воды.

Вода, поднявшаяся по трубам переднего пучка, на пути сильно нагревается (горячими газами и лучеиспусканием из топки на передние ряды труб), частично испаряется и попадает в виде пароводяной смеси в передний барабан. Здесь пар отделяется от воды и поднимается в паровое пространство барабана и через пароперепускные трубы попадает в задний барабан, а из него



Фиг. 128. Верхний барабан вертикально - водотрубного котла.

в пароперегреватель. В барабане поставлена перегородка, не позволяющая бурлящей воде попадать в пароперепускные трубы.

Горячая вода, отделившаяся от пара, из переднего барабана переходит в задний, смешивается в нем с остальной водой и снова с ней циркулирует (как описано выше).

Из описания циркуляции воды в котле видно, что трубы переднего пучка являются исключительно подъемными, а трубы заднего пучка делятся на две группы: передние ряды (3) их являются подъемными, а задние — спускными.

Итак, циркуляция воды в описанном котле идет так. В заднем верхнем барабане питательная вода смешивается с притекающей в этот барабан горячей водой. Опускается вода в нижний барабан через спускные трубы заднего пучка. Из нижнего барабана вода попадает в оба верхних, причем из переднего переходит в задний и затем проходит под перегородкой поперек нижних концов труб.

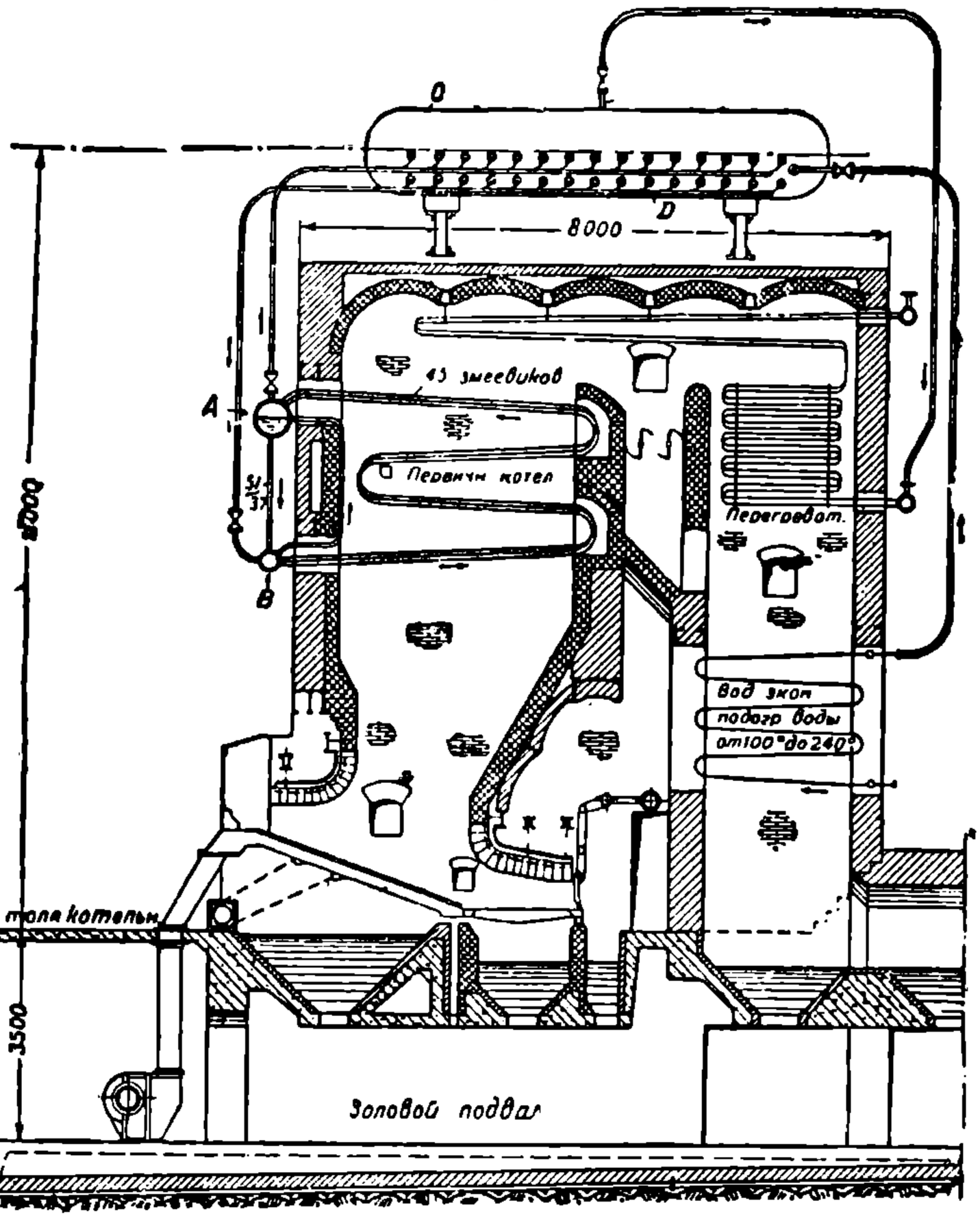
9. Котлы высокого давления

Паровые двигатели, применявшиеся до настоящего времени, работали на давлении пара до 15—20 *ат*, и соответственно для

НБ УДУНТ (ДІІТ)

таких же давлений строились и паровые котлы. Однако за последние приблизительно 20 лет теоретически и практически убедились, что выгоднее работать на паре высокого давления, именно от 30 до 100 *ат* (и выше). Поэтому явилась необходимость строить котлы, способные давать пар столь высокого давления.

Из применяющихся в настоящее время систем котлов некоторые не строятся для давлений, превышающих 12 *ат*, например



Фиг. 129. Котел высокого давления вторичного действия.

жаротрубные котлы. Они имеют барабан большого диаметра (до 2,5 *м*), толщина стенок его при давлениях свыше 12 *ат* получается столь значительной, что изготовлять барабан нерационально.

Для давлений от 12 до 20 *ат* применяются почти исключительно водотрубные котлы разных типов. Их поверхность нагрева состоит из труб небольшого диаметра, обычно 95 *мм*, со стенками толщиной в 3,5 *мм*. Барабаны, назначение которых содержать некоторый запас воды, получаются сравнительно не-

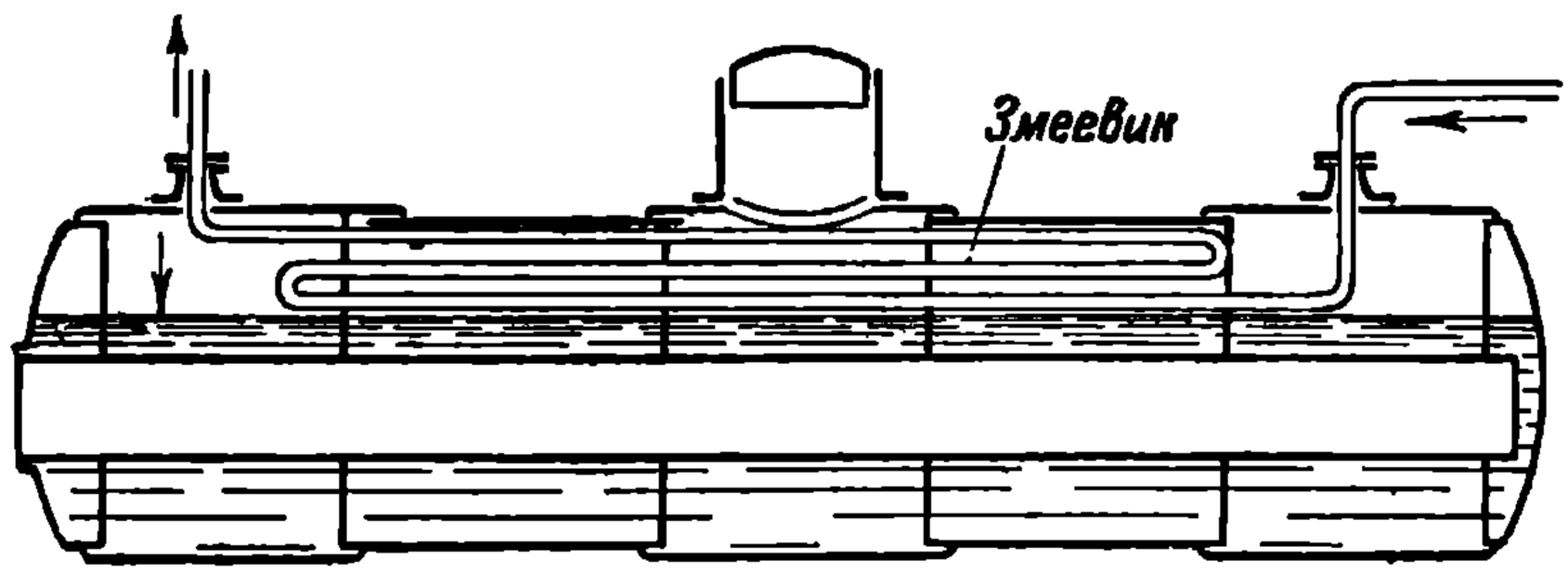
НБ УДУНТ (ДІІТ)

большого диаметра, и соответственно небольшая толщина стенок не затрудняет изготовления барабанов.

При постройке водотрубных котлов для высокого давления пришлось уменьшить диаметр барабанов с целью получить приемлемую для их изготовления толщину стенок. Однако для давлений от 40 *ат* оказалось уже невозможным склепывать барабаны из листов (вследствие значительной толщины стенок), и потому перешли к изготовлению цельных — без швов — барабанов или сварных.

Такая конструкция барабана явилась самым существенным изменением при построении водотрубных котлов обыкновенных типов для пара высокого давления. Наряду с этим стали строить водотрубные котлы иных, новых, типов.

Примером котла высокого давления является изображенный на фиг. 129 котел, представляющий собой соединение двух



Фиг. 130. Котел Рутса.

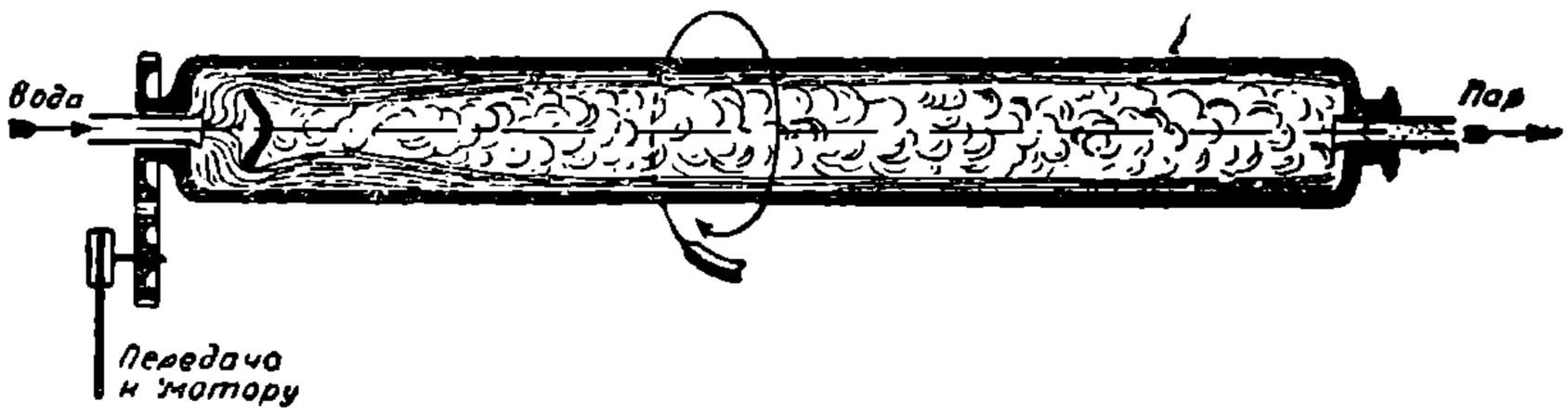
котлов, которые мы будем называть первичным и вторичным. Первичный котел состоит из многих рядов изогнутых в несколько колен труб; верхние концы их входят в барабан небольшого диаметра, а нижние концы имеют горизонтальный коллектор (общая коробка). Барабан и коллектор помещены снаружи котла и сообщаются между собой по его фронту циркуляционными трубами. Барабан частично заполнен водой, которая по циркуляционным трубам опускается в коллектор, расходится по кипятильным трубам-змеевикам, помещенным в первом дымоходе котла, нагреваясь в трубах и превращаясь в пар, который служит для образования пара во вторичном котле. Устройство вторичного котла следующее.

В обыкновенном барабане, помещенном на котле и приблизительно наполовину заполненном водой, находится змеевик в виде нескольких рядов изогнутых труб. Во входные концы труб змеевика поступает пар из первичного котла. Проходя через змеевик, пар нагревает и испаряет воду в барабане, а сам охлаждается и конденсируется, уходя через отводящую трубу обратно в первичный котел. Таким образом в барабане происходит парообразование за счет епла, которое приносит с собой пар, получаемый в первичном котле. Другими словами, вторичный котел, дающий пар в производство, обогревается не непосредственно

НБ УДУНТ (ДІІТ)

газами, а паром из первичного котла. Благодаря этому опасность пережога труб во вторичном котле устранена, так как температура пара сравнительно низка. Змеевики же первичного котла, обогреваемые газами, не могут подвергнуться пережогу при нормальных условиях, потому что в нем циркулирует одна и та же, конечно, совершенно чистая, вода. Таким довольно сложным соединением и взаимодействием двух котлов устраняется опасность перегрева кипятильных труб.

Теперь перейдем к рассмотрению котлов, еще более отличных по своему устройству, чем предыдущий, от котлов низкого давления. В изображенном на фиг. 130 котле системы Рутса барабан содержит не воду, а какую-нибудь жидкость, у которой давление ее пара при высоких температурах невелико. В паровом пространстве барабана помещается змеевик, в который поступает вода, подлежащая превращению в пар. Происходит это следующим путем. Жидкость в барабане нагревается, как в обыкновенном котле, т. е. при посредстве топки. Пар жидкости нагревает и испаряет воду в змеевике, и полученный внутри змеевика водяной пар уходит к месту назначения. Пар в барабане, отдав свою



Фиг. 131. Котел Атмос.

теплоту змеевику, конденсируется снова в жидкость, которая за счет постоянного притока тепла продолжает непрерывно испаряться.

Итак, в барабане происходит передача тепла через жидкость и ее пар к воде в змеевике, где и получается водяной пар требуемого давления. Преимущества рассмотренного котла те, что в нем давление пара жидкости невелико, водяной же пар образуется в трубах змеевика, способных выдерживать высокие давления. Кроме того, образование накипи в змеевике пережога труб не вызовет, так как температура пара данной жидкости сравнительно невысока.

Котел Атмос, изобретенный шведским инж. Бломквистом, состоит из нескольких труб, установленных в топке (фиг. 131). Однако эти трубы не остаются неподвижными, а вращаются от мотора, делая приблизительно 300 оборотов в минуту. В трубы с одного конца нагнетается подогретая в экономайзере вода. Она вращается вместе с трубами, причем вследствие вращения ее прижимает к стенкам сосуда. Количество воды в трубе такое, что она не заполняет трубы, а лишь в виде довольно тонкого кольцевого слоя прилегает к стенкам трубы. Для регулирования

НБ УДУНТ (ДІІТ)

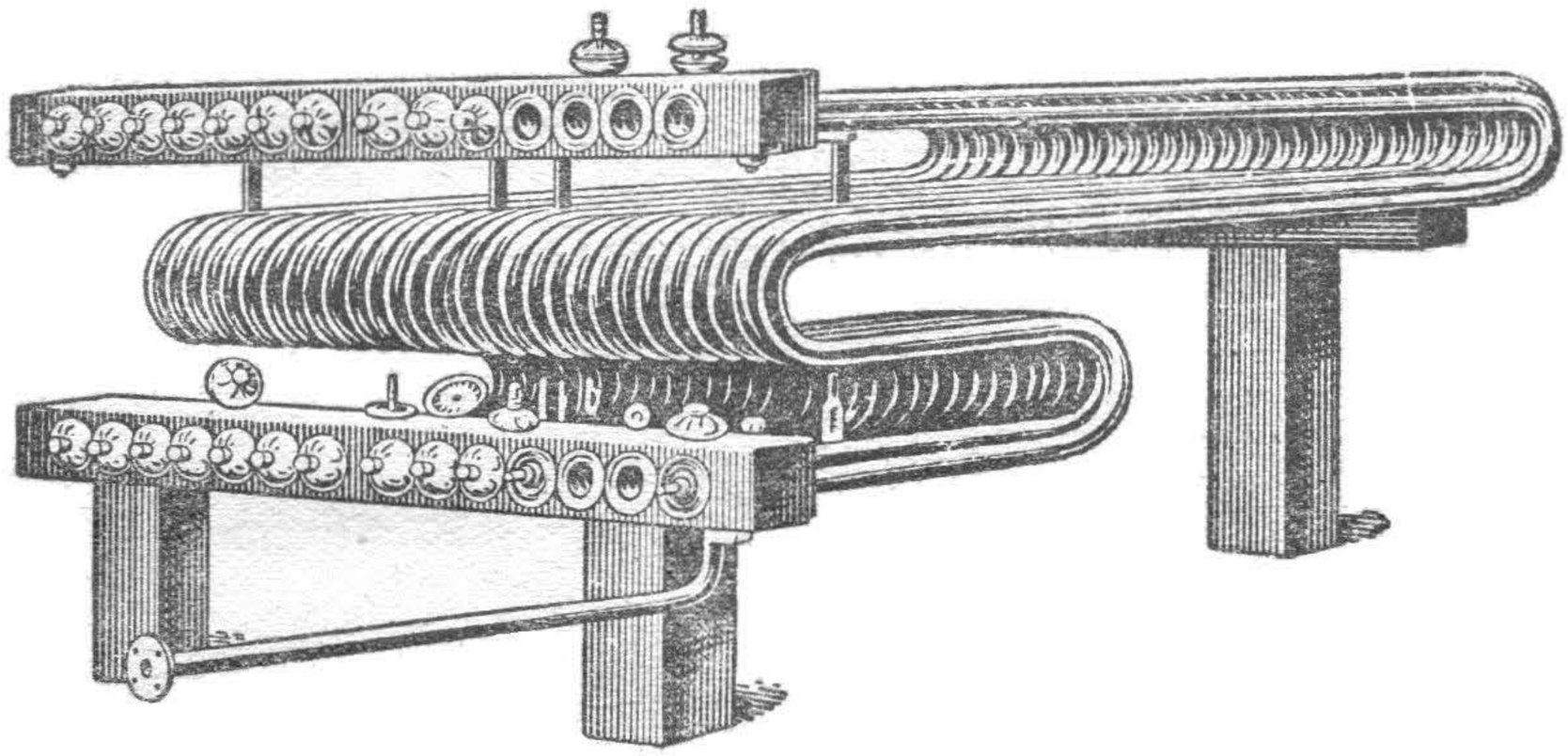
подачи воды в трубе имеется особого устройства регулятор. Образование пара происходит следующим образом.

У самой стенки трубы вода превращается в пар, пузыри которого остальной водой вытесняются во внутреннее пространство трубы. Выжимание происходит потому, что вода гораздо плотнее, чем пар, вследствие чего ее сильнее прижимает вращением к стенкам. Значит, у стенки вращающейся трубы будет непрерывно образовываться пар, место которого тут же будет занимать вода. Пар по внутреннему пространству трубы отводится через другой конец к перегревателю.

10. Пароперегреватель

Устройство пароперегревателя

Для получения перегретого пара (см. раздел «Перегретый пар») насыщенный пар пропускают через ряд трубок, обогреваемых га-



Фиг. 132. Пароперегреватель.

зами (фиг. 132). Пар, двигаясь в трубках, повышает за счет теплоты газов свою температуру. Перегреватель может иметь отдельную топку или помещаться в дымоходах котла (см. фиг. 117, 120 и 127). Последний способ расположения перегревателя является наиболее распространенным, почему мы только на нем и остановимся.

Входные концы трубок перегревателя заводятся в общую коробку, в которую поступает пар из котла. Выходные концы трубок тоже имеют общую коробку, в стенке которой они развальцованы. Из этой коробки пар уходит в паровую линию.

Температуру перегретого пара нужно иметь возможность регулировать, так как она может в некоторых случаях оказаться слишком высокой. Для этой цели можно поместить перегреватель как бы в отдельной камере и регулировать количество проходящих через него газов заслонкой (фиг. 117). Если температура перегретого пара высока, то заслонки несколько прикрывают,

НБ УДУНТ (ДІІТ)

и часть газов минует перегреватель, проходя непосредственно из одного дымохода в другой. Недостаток этого способа тот, что заслонки обычно страдают от высокой температуры газов, горят и коробятся. Поэтому некоторые заводы заслонок не ставят (фиг. 120 и 127), газы всегда полностью проходят через перегреватель, а температура перегретого пара регулируется следующим способом: если температура перегретого пара высока, то часть насыщенного пара из котла пускается в паровую линию, где насыщенный пар смешивается с перегретым и понижает его температуру.

На перегревателе устанавливается следующая арматура:

1) предохранительный клапан,

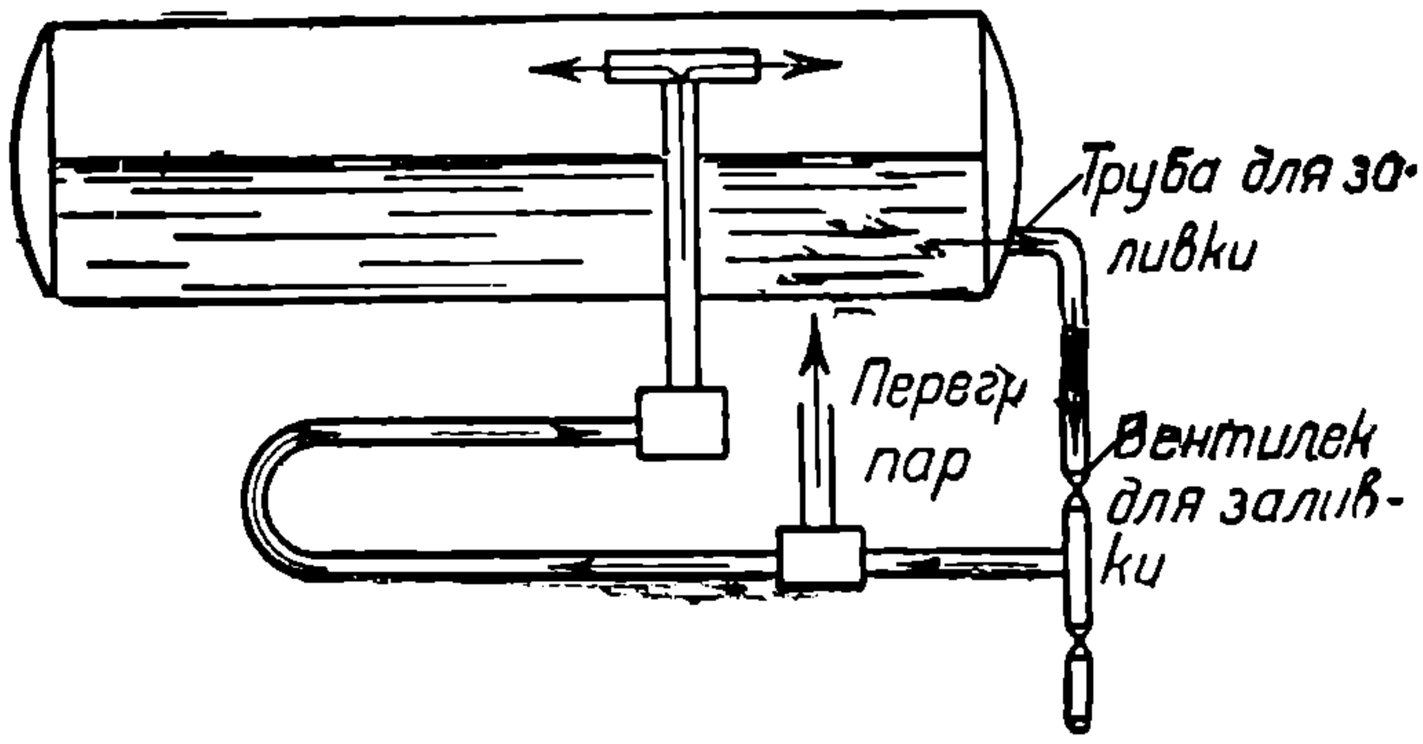
2) вентиль для выпуска воды из него (см. ниже),

3) вентили для впуска пара из котла в перегреватель и для выпуска из него в линию,

4) термометр для наблюдения за температурой пара.

Уход за перегревателем

1. Перегреватель во время растопки, как и котел, должен быть отъединен от паровой линии.



Фиг. 133. Схема заливки пароперегревателя водой.

Для этого выпускной вентиль на нем должен во время растопки оставаться закрытым (как, понятно, и во время остановки котла).

2. Чтобы в перегревателе не могло получиться давления большего, чем в котле, вследствие, например, неплотного закрытия заслонок (см. ниже), перегреватель во время растопки должен быть соединен с паровым пространством котла. Для этого впускной вентиль должен оставаться во время растопки котла открытым. Пар, образующийся из конденсационной воды, скопившейся в перегревателе, будет иметь свободный выход в паровое пространство котла.

3. Ввиду того, что во время растопки нет движения пара через трубки перегревателя, необходимо принять меры к тому, чтобы трубки не перегрелись. Если перегреватель отделяется от дымоходов заслонками, то их держат во время растопки закрытыми,

НБ УДУНТ (ДІТ)

не пуская газы через перегреватель. Если газы во время растопки котла должны проходить через перегреватель, то его необходимо залить во время растопки водой. Для этой цели имеется труба с вентилем на ней, сединяющая перегреватель с водяным пространством котла (фиг. 133). Открывают вентиль и оставляют его открытым до окончания растопки. Недостаток способа в том, что при частых растопках на стенках перегревателя осаждается накипь, ухудшающая передачу тепла от газов к пару. Образования накипи в перегревателе можно избежать, если во время остановок держать его соединенным с паровым пространством котла или с паровой линией. Пар в трубках перегревателя будет конденсироваться, и в них накопится конденсационная вода, не дающая накипи. Можно также охлаждать пароперегреватель во время растопки, пропуская через него пар.

4. Когда растопка закончена и давление в котле доведено до предельного (и, если это требуется, снижено до рабочего — см. в разделе «Арматура»: манометр и предохранительный клапан), включают перегреватель в работу. Для этой цели:

1) открывают заслонки для пропуска газов через перегреватель;

2) выпускают из перегревателя воду и сырой пар, открыв продувочный вентиль; если перегреватель заливался водой, то перед этим необходимо закрыть вентиль, соединяющий его с водяным пространством котла;

3) осторожно открывают выпускной вентиль;

4) во время работы котла регулируют открытие заслонок, наблюдая за температурой перегретого пара по термометру на выходе из перегревателя.

Трубки перегревателя во время работы котла покрываются снаружи сажей, которая должна удаляться, чтобы она не уменьшала передачи тепла от газов к пару. Стенки труб очищаются от сажи обдувкой их перегретым паром, для чего в кладке котла против перегревателя имеются соответствующие отверстия. Обдувку нужно производить от одного до трех раз в сутки

ВОПРОСЫ

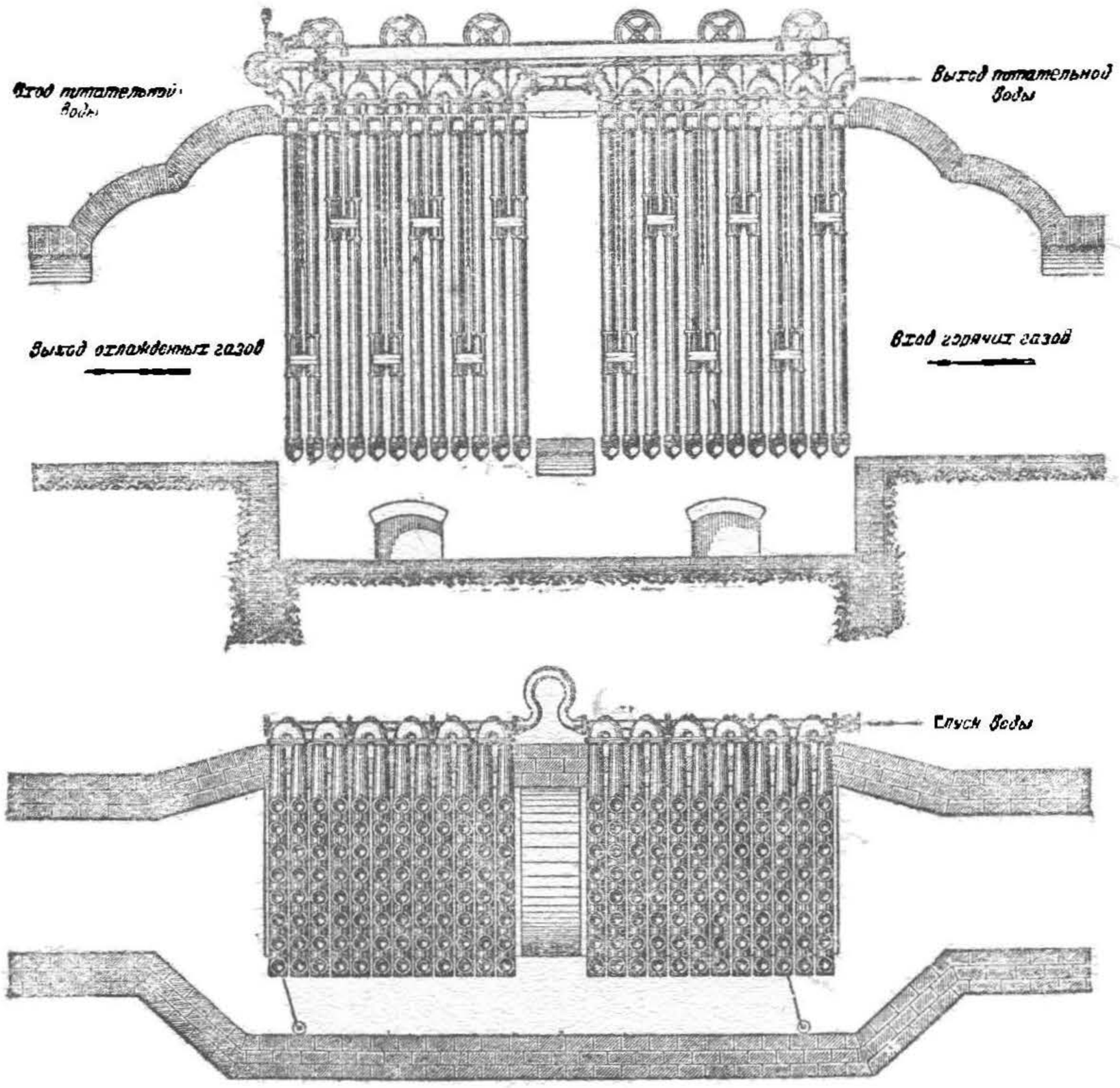
Как получается в котле перегретый пар?
Как устроен перегреватель пара?
Для чего служат заслонки у перегревателя?
Какая арматура и для чего устанавливается на перегревателе?
Почему перегреватель во время растопки следует отделить заслонками от дымоходов или залить водой?
Как включают перегреватель в рабсту по окончании растопки?
Чем регулируется температура перегретого пара?
Как очищаются трубки перегревателя от сажи?

11. Водяной экономайзер

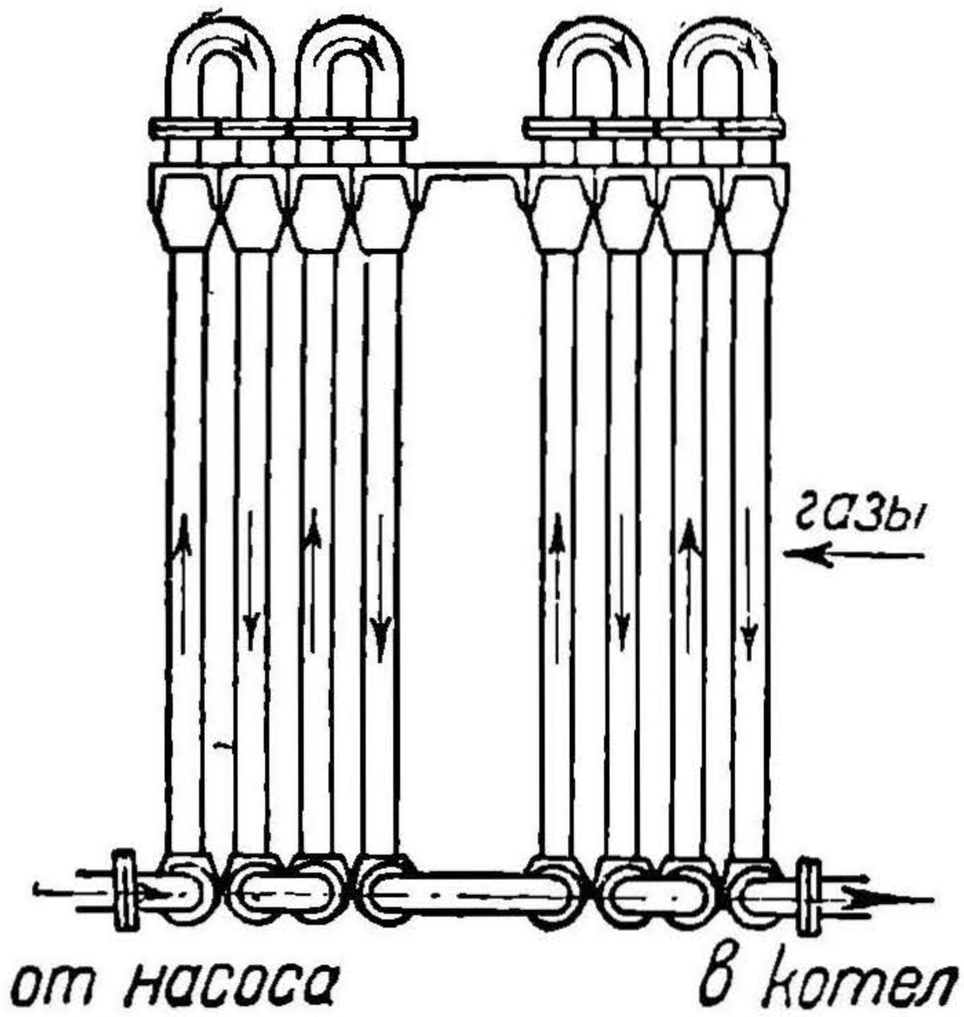
Газы в котельной установке не могут охладиться до температуры воды, а вода у поверхности нагрева кипит или близка к тем-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

пературе кипения. Вот почему они уходят из котла с довольно высокой температурой, примерно в 250—300°, а иногда и выше.



Фиг. 134. Гладкотрубный экономайзер (продольный вид и вид сверху).



Фиг. 135. Схема движения воды и газов в экономайзере.

Если бы газы после котла выпускались прямо в дымовую трубу, то они уносили бы много теплоты.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

С целью использовать уносимую газами теплоту (уменьшить потерю с отходящими газами), на их пути в дымовую трубу ставят прибор, называемый экономайзером. Этот прибор состоит из ряда труб, через которые движется вода, проходя по очереди из одного ряда в другой, а между трубами идут газы, обогревая их снаружи. Вода движется в общем навстречу газам (фиг. 134 и 135). Поэтому при входе в экономайзер холодная вода встречает уходящие газы, охлажденные, но все же имеющие более высокую температуру, чем вода. Двигаясь в экономайзере и постепенно подогреваясь, вода встречает все более горячие газы. Итак, при встречном движении воды и газов между ними сохраняется разность температур, необходимая для передачи теплоты. Такое встречное движение воды и газов называется противотоком и дает даже возможность нагревать воду выше температуры уходящих из экономайзера газов. Например, газы могут уходить из экономайзера, имея температуру 120°, а вода в экономайзере может нагреться, скажем, до 150°.

До какой температуры можно нагревать воду в экономайзере

По ходу воды экономайзер расположен между насосом и котлом (фиг. 136). Значит, насос питает котел через экономайзер. Поэтому вода проходит через экономайзер под давлением насоса, несколько превышающим давление в котле, благодаря чему ее можно нагревать выше 100°. Но не следует доводить воду до кипения, так как образование пара в экономайзере недопустимо: чугунные трубы, из которых он обычно изготовляется, полопаются, как только холодная вода попадет на перегретые части. Кроме того, пар в трубах при соприкосновении с холодной водой из задних рядов станет конденсироваться, отчего в трубах получатся сильные водяные удары, ведущие к разрыву труб. Поэтому предельный нагрев воды в экономайзере должен быть на 40—60° ниже температуры кипения воды, которая, как известно, зависит от давления. Например, если котел работает на 10 *ат*, то температура кипения воды равна 183°, а в экономайзере ее можно подогреть примерно до 130°.

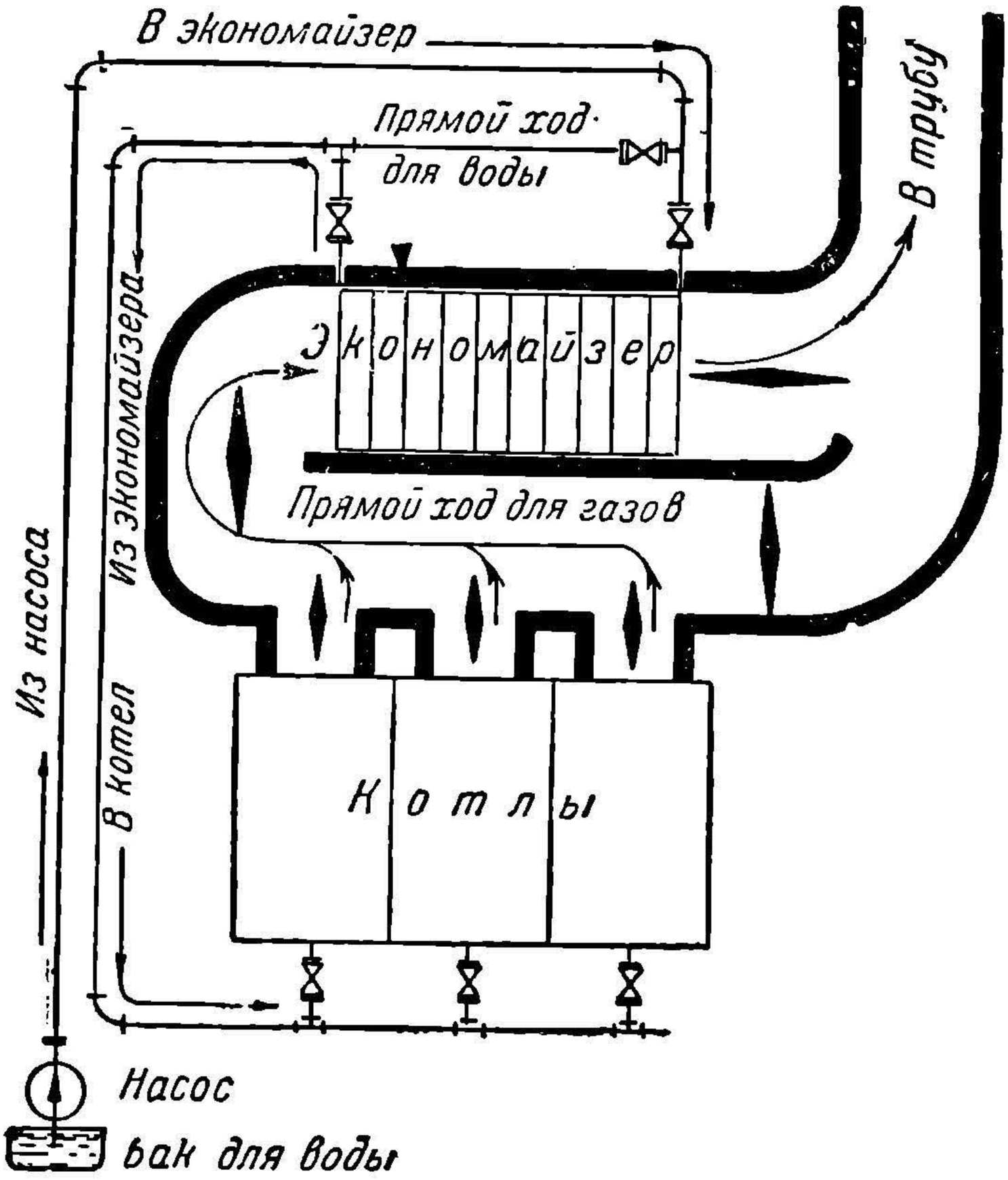
Температура воды, поступающей в экономайзер

Температура воды, поступающей в экономайзер, не может быть произвольной. При холодной воде передние трубы (считая по ходу воды) потеют и ржавеют, на них снаружи осаждаются водяные пары из охладившихся газов. Воду до экономайзера приходится подогревать, считаясь с количеством водяных паров в отходящих газах. Если топливо сырое и содержит много водорода (дрова, торф, мазут) или топка работает на паровом дутье, то в газах оказывается много водяных паров и приходится давать в экономайзер воду, подогретую до 50—70° При топливе сухом и содержащем мало водорода (антрацит при вентиляторном дутье) температура питательной воды может быть понижена до 20°.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Устройство экономайзеров

Наибольшим распространением пользуются два типа экономайзеров: Грина и Каблица. Экономайзер Грина (фиг. 134) состоит из гладких чугунных труб. Каждый ряд труб имеет по общей коробке вверху и внизу. Распределение воды бывает двоякое: или она переходит из одного ряда в другой или под-



Фиг. 136. Схема установки экономайзера.

водится сразу ко всем рядам труб через нижние коробки по общей впускной трубе. Из верхних коробок вода собирается в общую выходную трубу.

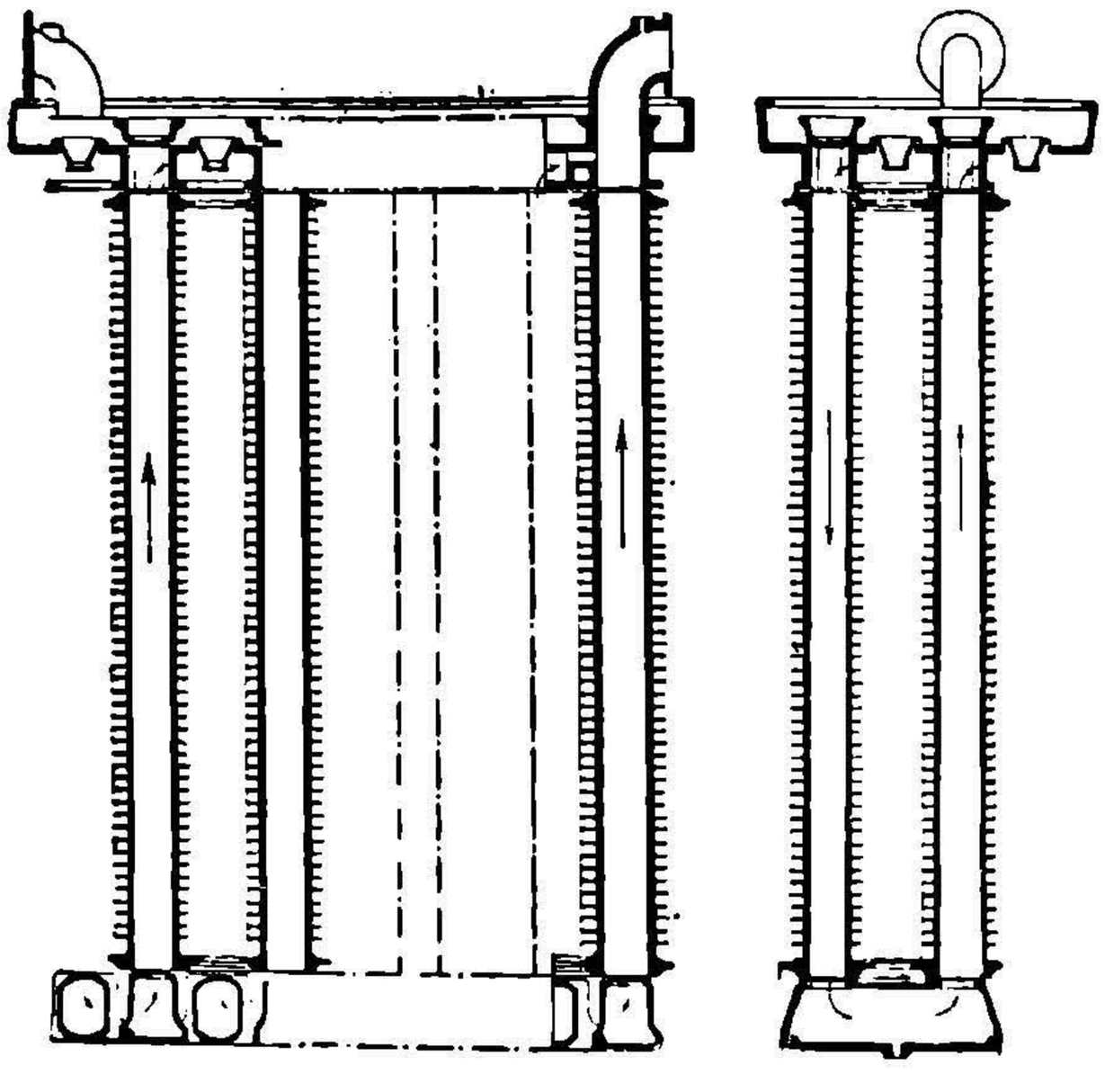
Экономайзер Каблица (фиг. 137) имеет на трубах ребра, что увеличивает поверхность нагрева труб. Поэтому общее количество труб и площадь, занимаемая ими, получаются меньше, чем в экономайзере Грина. Вода переходит последовательно из одной трубы в другую, в одной поднимаясь, в следующей опускаясь.

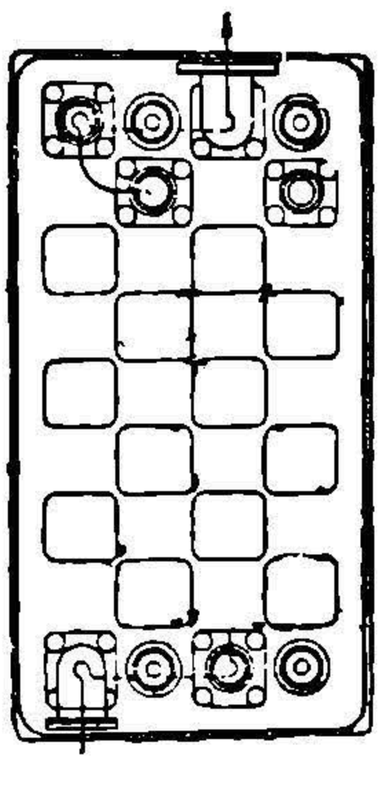
Экономайзеры Грина и Каблица различаются между собой также по способу очистки труб от сажи и золы, о чем см. ниже.

Наряду с описанными типами экономайзеров встречается осо-

НБ УДУНТ (ДІТ)

бый тип экономайзера, устанавливаемого не отдельно от котла, а в непосредственной близости к нему — в общей с ним обмуровке. Такой экономайзер изготовляется обычно из тех же основных частей, что и котел. Например, в вертикальных водотрубных котлах экономайзер состоит из железных труб и двух барабанов. Преимущества общего с котлом экономайзера заключаются





Фиг. 137. Схема экономайзера Каблица.

в том, что установка занимает меньше места и вместе с тем уменьшается присос воздуха через кладку в экономайзере.

Общая схема установки экономайзера показана на фиг. 138. Газы по выходе из котла идут в боров, в котором установлен экономайзер, а из него в трубу. Если экономайзер нужно по какой-либо причине остановить (например на ремонт, при перегреве и т. д.), то газы должны итти, минуя его. Для этой цели рядом с экономайзером имеется боров прямого хода. Через него и пускаются газы в случае выключения экономайзера.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

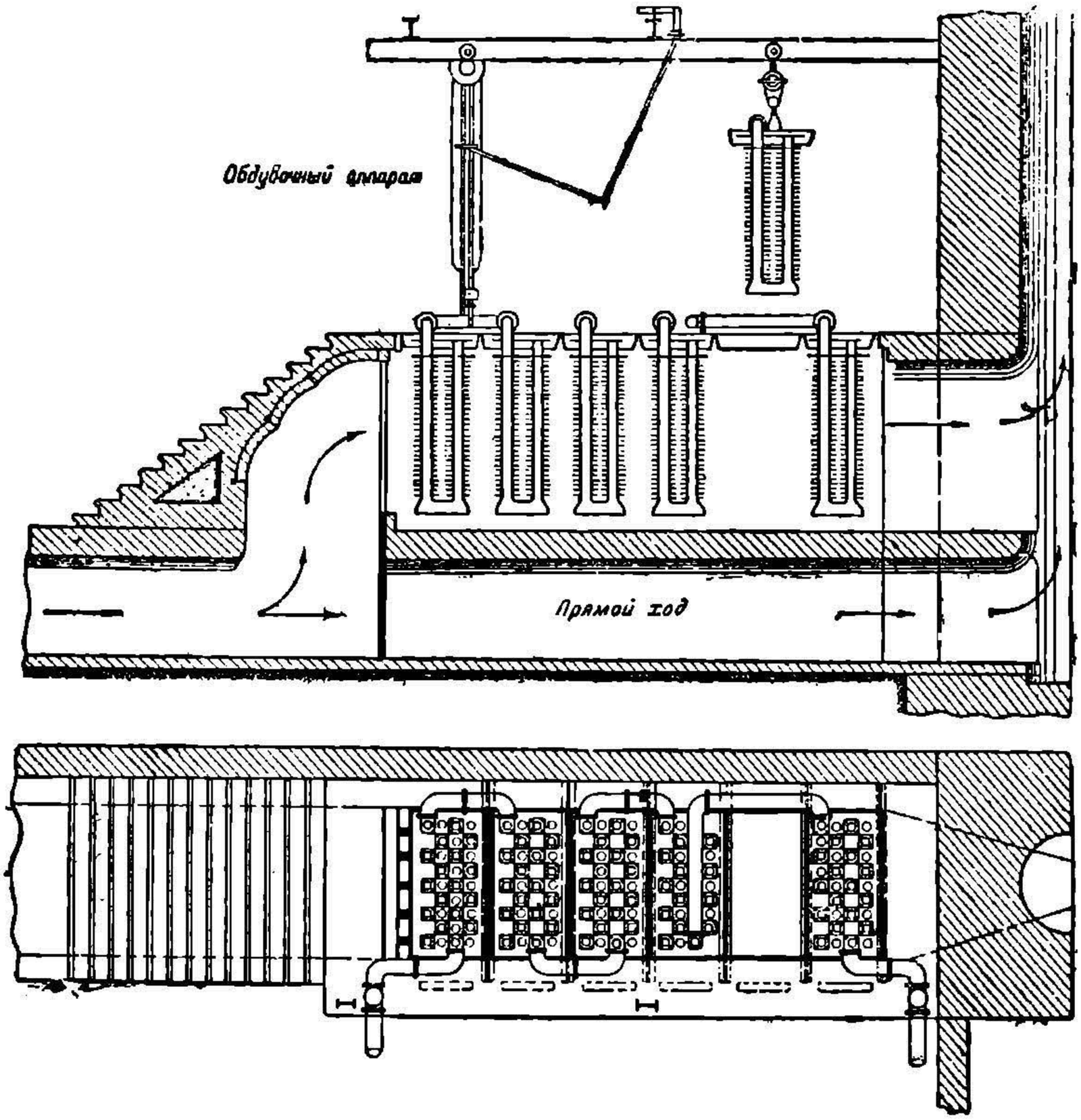
Арматура на экономайзере

На каждом экономайзере должна быть следующая арматура:

1) манометр — для наблюдения за давлением в экономайзере;

2) предохранительный клапан с предельным давлением приблизительне на полатмосферы выше, чем в котле;

3) два термометра: один на впускной трубе, другой на выпускной; ставятся для наблюдения за начальной и конечной температурой воды;



Фиг. 138. Схема установки экономайзера Каблица.

4) вентили — впускной и выпускной; с их помощью экономайзер отключается от насоса и котла;

5) продувочный кран, который служит для выпуска воды из экономайзера.

Уход за экономайзером

Перед растопкой котла экономайзер должен быть обязательно заполнен водой, но так как котел во время растопки не питается, то газы пускаются не через экономайзер, а на прямой ход. Для этого открывают заслонку прямого хода и закрывают заслонки экономайзера (фиг. 136).

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Вода в экономайзере может во время растопки случайно напреться, например вследствие того, что заслонки экономайзера неплотно закрыты и пропускают через него газы. Поэтому выпускной вентиль во время растопки необходимо держать открытым: случайно нагревшаяся вода будет иметь выход в паровой котел.

Когда котел включен в линию и начинается его питание, необходимо пустить газы через экономайзер. Для этого сначала открывают заслонки, ведущие в экономайзер, а потом уже закрывают заслонку прямого хода. Если сначала выключить прямой ход, то газам до момента открытия заслонок экономайзера не будет выхода в трубу, вследствие чего они начнут выбиваться из топки и неплотностей кладки наружу, и котельная наполнится дымом.

Необходимо наблюдать за исправностью всей арматуры находящегося в работе экономайзера: ежедневно продувать манометр, предохранительный клапан, спускной кран и не допускать в них течи.

По термометрам нужно следить за тем, какова температура питательной воды и насколько она нагревается в экономайзере. Недостаточная температура воды (при входе в экономайзер) вызывает, как мы знаем, его ржавление. Если температура воды на выходе начинает подниматься, приближаясь к точке кипения, необходимо часть газов пустить на прямой ход, открыв для этого немного его заслонку.

Если в экономайзере появятся стуки, то это укажет, что он перегрелся, что в нем уже имеется паровое пространство. Попадая туда, холодная вода производит конденсацию пара и вызывает удары в трубах, которые могут привести к их разрыву. Необходимо немедленно выключить экономайзер, пустив не только газы, но и воду на прямой ход. Для воды имеется прямая питательная линия от насоса к котлу (фиг. 136). На ней открывают вентиль, после чего закрывают впускной и выпускной вентили экономайзера. Чтобы ускорить охлаждение экономайзера, пускают в него снизу воздух, открыв дверцу зольника (канала для сажи под ним — см. ниже).

Необходимо иметь в виду, что при перегреве экономайзера нельзя поднимать предохранительный клапан, полагая выпустить через него пар. Это не приведет к цели, так как вызовет понижение давления в экономайзере и дальнейшее испарение в нем воды.

Для остановки экономайзера при обладающем котле переводят сначала газы и воду на прямой ход, после чего запирают действующие линии газов и воды. Если сначала запереть линии газов и воды, то до момента открытия линий прямого хода газам и воде не будет прямого выхода, вследствие чего газы будут прорываться в котельную, а в водяной линии может быть повреждение.

При остановке котла на обеденный или ночной пере-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

рыв экономайзер (как и во время растопки) должен быть соединен с котлом, т. е. выпускной его вентиль оставляют открытым.

Чистка экономайзера от золы и накипи. Трубы экономайзера покрываются сажей и золой, от чего вода в нем нагревается меньше, а газы уходят более нагретыми.

Для очистки труб экономайзера Грина имеется соответствующий механизм (фиг. 134) следующего устройства: трубы каждых двух рядов охвачены скребками, подвешенными на концах цепи, перекинутой через блок. Вращаясь на валу при помощи механизма то в одну, то в другую сторону, блок поднимает и опускает скребки, которые счищают от труб золу и сажу. Скребки должны находиться в постоянном движении, непрерывно очищая трубы. Канавки блоков должны находиться в сухом состоянии, без смазки, так как она вызывает лишь скольжение цепи на одном месте. С течением времени цепи вытягиваются, тогда для их укорочения снимают одно звено. Когда цепь одной стороной, прилегающей к шкиву, износится, то ее перевертывают и кладут на блок другой стороной. Иногда для полного удаления сажи с труб экономайзера Грина применяется выжигание сажи. Спускают воду из экономайзера, снимают впускную и выпускную трубы, открывают лючки вверху на сборных коробках и пропускают через экономайзер газы. Сажа на трубах выгорает, причем трубы от горячей сажи и газов не перегреваются, так как они открыты, и через них все время проходит воздух. После прожигания экономайзеру дают остыть, и только тогда его можно опять заполнить водой и пустить в работу.

У экономайзера Каблица для очистки ребристых труб применяется пароструйный обдувочный аппарат. Он состоит из нескольких труб, снизу закрытых, с отверстиями в стенках. Трубы подвешены на подвижной раме, передвигающейся вдоль экономайзера. Трубы через лючки в верхней плите опускаются в экономайзер, и в них по шарнирному паропроводу пускается перегретый пар. Вырываясь из отверстий трубок, пар сдувает с труб экономайзера золу и сажу, которые скопляются в канале под экономайзером (зольнике). Произведя обдувку через один ряд лючков, трубы поднимают наверх и опускают в следующий ряд лючков и т. д. Обдувка производится на ходу экономайзера 2—3 раза в течение суток. Счищаемая сажа и зола скопляются в зольнике, откуда их выгребают через люки, закрываемые крышкой.

Трубы экономайзера покрываются внутри накипью, которая удаляется так же, как из кипятильных труб водотрубных котлов, например фрезерами (шарошками), приводимыми в движение гибким валом от электромотора. Экономайзер Грина выключают, дают ему остыть и выпускают из него воду. После этого открывают лючки в соединительных коробках и производят через них чистку. Экономайзер Каблица можно чистить по частям. Для этого поднимают наверх одну батарею, вставляя вместо нее соединительную трубу и закрыв место батареи сверху железным листом.

НБ УДУНТ (ДІТ)

Экономайзер продолжает работать, поднятая батарея подвергается чистке.

ВОПРОСЫ

Могут ли отходящие газы охладиться в котле до температуры кипения воды?

Какая приблизительно температура у газов на выходе из котла?

До какой температуры можно нагревать воду в экономайзере?

От чего зависит температура воды, поступающей в экономайзер?

Как устроены экономайзеры Грина и Каблица?

Какая арматура должна быть на экономайзере?

Что нужно сделать с экономайзером перед растопкой котла?

Почему во время растопки котла нельзя пускать газы через экономайзер?

Когда и как газы пускают через экономайзер?

В чем состоит наблюдение за арматурой экономайзера?

На что указывает появление стуков в экопомайзере и что нужно предпринять в этом случае?

Нужно ли при перегреве экономайзера поднять предохранительный клапан?

Как останавливают экономайзер?

Как производится чистка экономайзера от золы и накипи?

12. Воздушный экономайзер (воздухоподогреватель)

Из предыдущего раздела мы узнали, что часть тепла, уносимого отходящими газами, возвращают обратно в котел, ставя за ним экономайзер, подогревающий питательную воду. Теплотой отходящих газов можно также подогревать воздух, необходимый для горения в топке. Горячий воздух, как показал опыт, очень облегчает сжигание влажных топлив, как подмосковный уголь, торф и дрова.

Влага, содержащаяся в топливе, берет теплоту на свое испарение от горящего слоя, вследствие чего его температура понижается. При большой влажности топлива температура понижается настолько, что горение в топке значительно ухудшается, идет медленно и неустойчиво, и топка легко глохнет даже при умелой и внимательной работе кочегара. Применение в этом случае подогретого воздуха значительно улучшает горение в топке. Благодаря горячему воздуху горение в слое усиливается и теплоты выделяется больше, вследствие чего подсушка и возгорание свежего топлива ускоряются. Потеря теплоты на подсушку сырого топлива становится относительно меньше (за счет теплоты горячего воздуха и усиления горения) и уже мало влияет на горение топлива, вследствие чего оно становится вполне устойчивым. Вместе с тем уменьшается избыток воздуха, необходимый для полного горения топлива, что также усиливает горение.

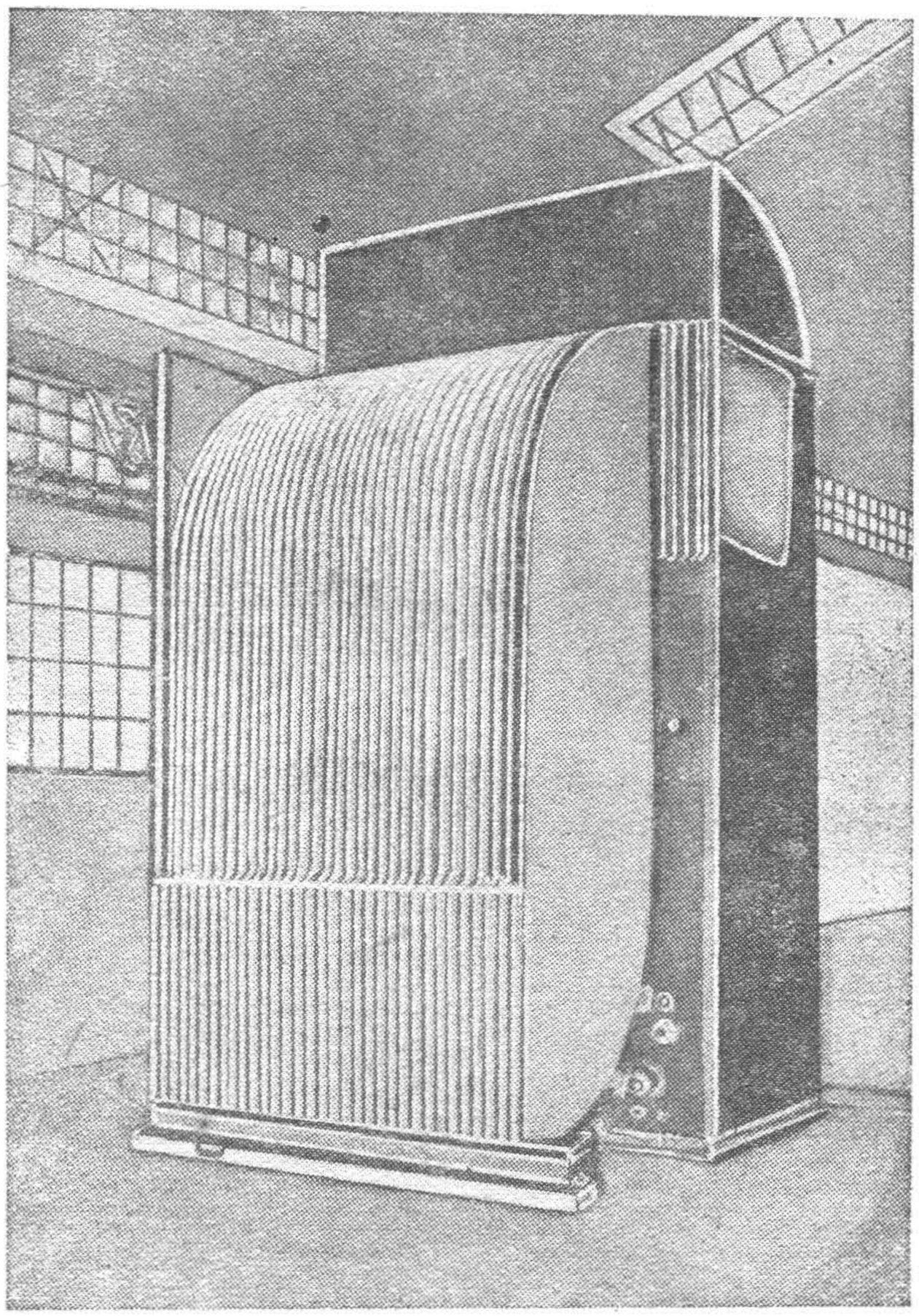
Для подогрева воздуха применяются приборы, называемые воздушными экономайзерами или воздухоподогревателями. Существуют три типа воздухоподогревателей: трубчатые, пластинчатые и регенеративные.

Трубчатые воздухоподогреватели имеют в общем такое же устройство, как и водяные экономайзеры. Они со-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

стоят из труб, через которые вентилятором нагнетается воздух. Газы, двигаясь между трубами, обогревают их и передают свою теплоту воздуху, который по выходе из труб оказывается уже горячим.

Пластинчатый воздухоподогреватель (фиг. 139) состоит из ряда плоских камер (карманов), имеющих сечение в виде узкого прямоугольника. Через камеры движется подогре-



Фиг. 139. Пластинчатый воздухоподогреватель.

ваемый воздух. Камеры имеют очертание буквы П с округлен-ными поворотами. Скругление углов необходимо для того, чтобы на поворотах не получались мертвые пространства, в которых застаивался бы воздух. Благодаря этим скруглениям воздух идет потоком одинаковой ширины, с плавными поворотами. Воздух входит в плоскую камеру с одного конца и, пройдя путь в виде буквы П, выходит уже подогретым из другого конца камеры.

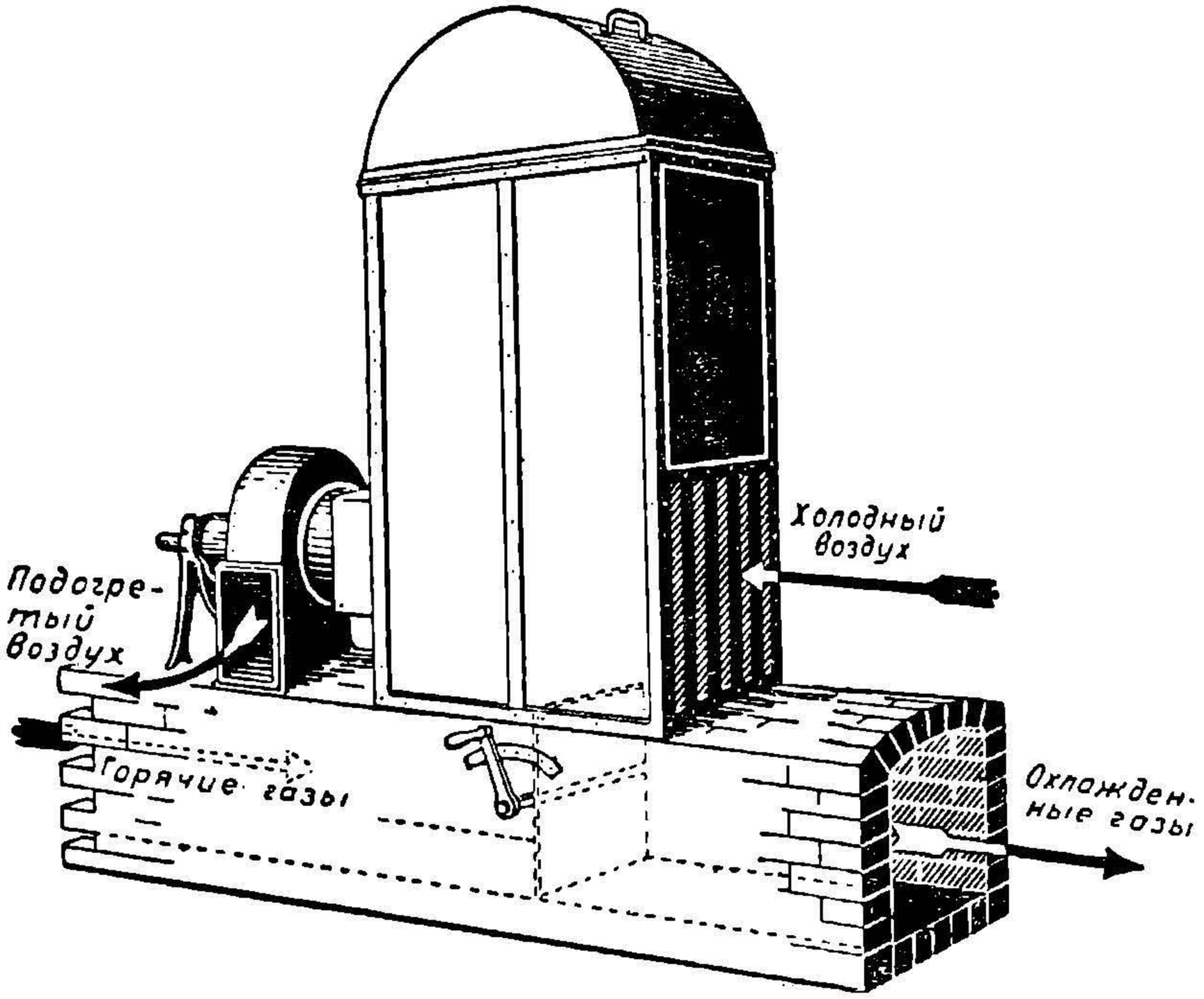
Плоские камеры образуются из листов железа (пластин), расположенных на известном расстоянии друг от друга; сверху они закрыты общим кожухом с поперечной перегородкой по средней

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

плоскости. Кожух образует наружные стенки воздухоподогревателя. Газы движутся в промежутках между отдельными камерами, нагревая через стенки последних воздух.

Благодаря разделению воздуха и газов на ряд тонких струй прогревание всего воздуха значительно ускоряется, а встречное движение воздуха и газов позволяет ему нагреваться до высокой температуры.

Общий вид установки описанного воздухоподогревателя показан на фиг. 140. Он помещается за котлом и водяным экономайзером над боровом. Газы из борова поднимаются в воздухо-



Фиг. 140. Установка пластинчатого воздухоподогревателя.

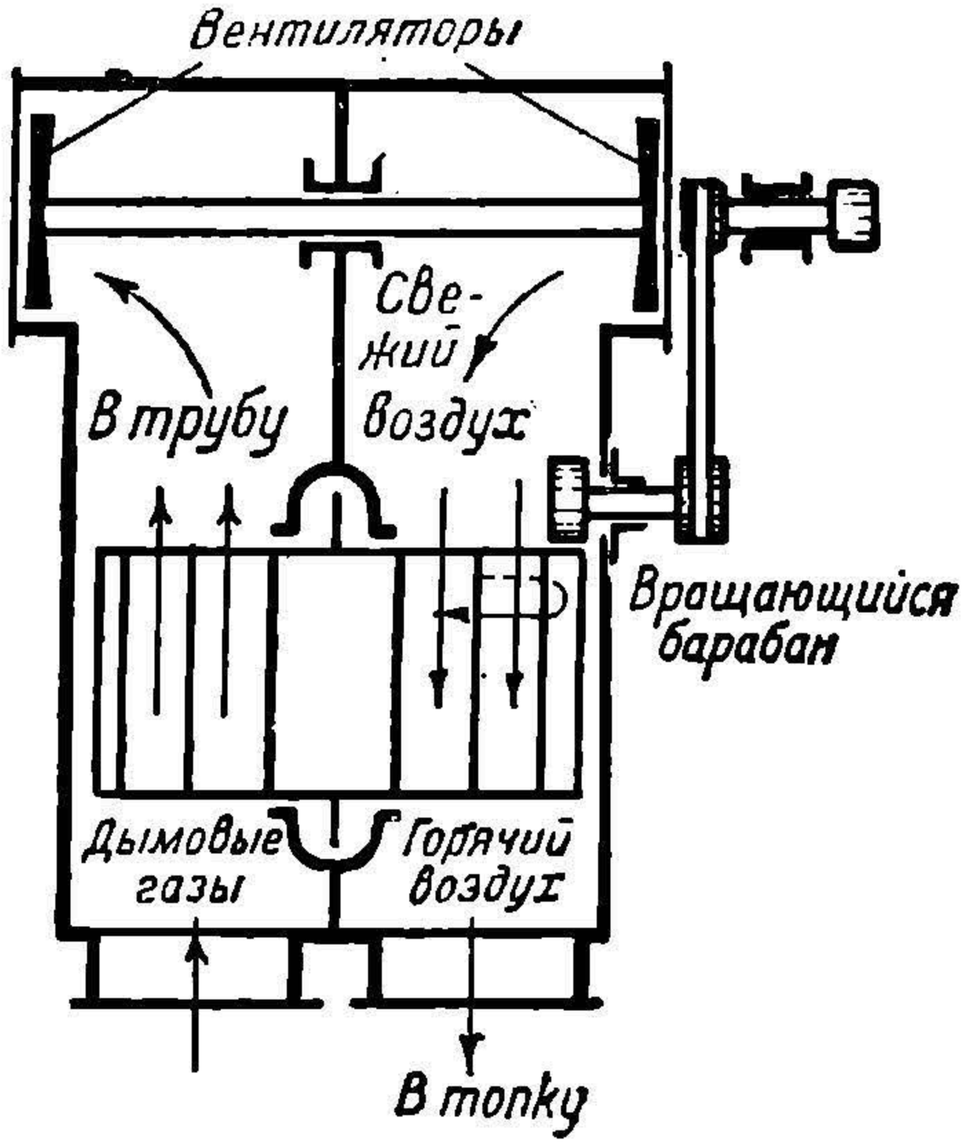
подогреватель и, пройдя последний, опускаются снова в боров. Воздух нагнетается в воздухоподогреватель вентилятором, входя в него со стороны, противоположной входу газов.

Воздухоподогреватель системы инж. Юнгстрема имеет, в отличие от предыдущих, особого рода устройство и действие. Его основная часть—барабан, внутреннее пространство которого заполнено пластинами из листового железа (фиг. 141). Для этой цели барабан разделен рядом радиальных перегородок на несколько секторов (пространства между двумя перегородками, идущими по радиусу). В каждом секторе помещается набор близко расположенных между собой пластин, закрепленных в общей рамке. Между пластинами получаются сквозные узкие каналы, расположенные кругами.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

Барабан помещен в цилиндре, в средней его части. Между барабаном и днищами цилиндра имеются два свободных пространства. Каждое из них продольной перегородкой разделено на две половины. Значит, цилиндр по обе стороны барабана разделен на две продольные половины. Одна из них служит для прохода газа, другая для прохода воздуха. Для отсасывания газов и нагнетания воздуха с каждой стороны цилиндра имеются соответствующие трубы и вентиляторы.

На своем пути в цилиндре газы должны пройти через соответствующую половину барабана. Газы движутся между пластинами, нагревая их и охлаждаясь сами. Так как общая поверхность пластин весьма значительна, то газы быстро охлаждаются и из барабана выходят с достаточно низкой температурой. Теплота газов остается в пластинах секторов, которые подвергались обогреванию.



Фиг. 141. Схема воздухоподогревателя Юнгстрема.

Повернем теперь барабан на полоборота так, что нагретые секторы окажутся с той стороны цилиндра, которая служит для прохода воздуха. Протекая между нагретыми пластинами, воздух забирает теплоту, накопленную в пластинах, и нагревается.

Для равномерного и непрерывного действия воздухоподогревателя барабан находится в постоянном медленном вращении. Каждый его сектор равномерно проходит газовую и воздушную стороны цилиндра. Проходя через газовую сторону, сектор нагревается, а двигаясь через воздушную сторону, сектор охлаждается.

Из описания воздухоподогревателя Юнгстрема видно, что действие его основано на накоплении пластинами тепла и отдаче этого тепла. Накопление тепла и затем отдача его называются регенерацией тепла, а соответствующие аппараты — регенеративными.

ВОПРОСЫ

Для каких топлив преимущественно применяется подогрев воздуха, и в чем заключается польза подогрева?

Как устроены трубчатые воздухоподогреватели?

Как устроены пластинчатые воздухоподогреватели?

Имеет ли пластинчатый экономайзер преимущества перед трубчатым и какие именно?

Как устроен воздухоподогреватель системы Юнгстрема?

На чем основано действие воздухоподогревателя Юнгстрема?

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ОТДЕЛ V

НАСОСЫ И АРМАТУРА ПАРОВЫХ КОТЛОВ И УХОД ЗА НЕЙ

Для того, чтобы котел мог действовать, необходимо иметь устройства, питающие его водой и отводящие из него пар к местам потребления. Кроме того, на котле должны быть приборы, служащие для наблюдения за уровнем воды и давлением пара в котле, и вспомогательные к ним приборы, имеющие назначение увеличить безопасность работы котла.

Устройство для питания котлов водой и наблюдения за ее уровнем состоит из следующих основных частей:

1. Насосы для подачи воды.
2. Водяные трубопроводы.
3. Питательные и обратный клапаны.
4. Водоуказательные стекла и водопробные краны.
5. Прибор, регулирующий питание котла водой (уровень воды в котле).
6. Спускной (продувочный) кран и спускная линия.

Основные части устройства для наблюдения за давлением пара и для его отвода к местам потребления:

1. Манометр.
2. Предохранительный клапан.
3. Паровой запорный вентиль на котле.
4. Паропроводы к местам потребления пара с промежуточными вентилями.
5. Приборы для отделения и отвода воды, захваченной паром или полученной в нем во время движения по трубам.

Значение арматуры по наблюдению за уровнем воды и давлением пара. Всякий кочегар знает, что котел — очень опасный аппарат. Открывая какой-нибудь кран, он видит, с какой силой из него вырывается пар. Когда давление в котле быстро переходит за предельное, то начинают реветь предохранительные клапаны, сотрясая воздух котельной выпускаемым паром. Чувствуется, какая большая сила заключена в котле. Эта сила, или, правильней, энергия в виде теплоты горячей воды и давления пара, удерживается стенками котла и производит работу вне котла под управлением человека. Но если стенки котла по какой-либо причине разорвутся, то энергия горячей воды и

НБ УДУНТ (ДІІТ)

пара сразу освобождается и, вырвавшись на волю, производит колоссальную работу разрушения. Она разрушает и разносит котельное помещение с находящимися в нем котлами, оборудованием и приборами, превращая все в кучу развалин. Части взорвавшегося котла оказываются разбросанными на далеком расстоянии вне котельной. Часто взрыв одного котла вызывает взрыв и соседних котлов. Люди, находившиеся в момент взрыва в котельной, гибнут, обваренные горячим паром. Таковы ужасные последствия взрыва котла.

Как указывалось, к взрыву котла приводят трещины и разрывы его стенок. По каким же причинам рвутся стенки котла? Основных причин две: или давление в котле больше предельного, т. е. больше того, на которое рассчитаны котел и его стенки, или сами стенки потеряли свою прочность, стали неспособны выдерживать предельное давление пара. Последнее, помимо разных других причин, очень часто бывает от перегрева стенок при упуске воды, т. е. когда уровень воды опустится ниже огневой линии (см. стр. 170 и 256).

Для безопасной работы котла на нем, как упоминалось, устанавливаются приборы, показывающие уровень воды в котле и давление пара, именно водоуказательные стекла, водопробные краны, манометр и предохранительные клапаны. Устройство этих приборов и уход за ними будут подробно описаны ниже. Знание кочегаром своих обязанностей и добросовестное отношение к ним, внимательное наблюдение за арматурой и ее исправностью вполне обеспечивают безопасность работы котла.

1. Примеси в воде и ее очистка

В воде, которой мы пользуемся, обычно бывают примеси двух родов. Один род примеси мы хорошо знаем в жизни: это муть, которая видна простым глазом и которая часто легко оседает на дно, если дать воде постоять спокойно. Вода после этого становится чище и прозрачнее. Муть эта наощупь и на-глаз — твердые частицы глины, песка и т. д. Эти примеси хотя и находятся в воде, но в ней не растворяются, а лишь плавают в ней — в виде мелких частиц. Будем называть эти примеси нерастворимыми. В котле они образуют грязь и ил.

Но в воде есть другого рода примеси, которые не делают воду мутной, она остается при наличии их совершенно прозрачной. Эти примеси так же незаметны для глаза, как, например, растворившаяся в воде соль или сахар. Тем не менее и эти примеси обнаруживаются, но уже иначе: при кипячении или испарении воды они осаждаются на дне и стенках сосуда в виде твердого вещества— накипи. При изучении этих примесей оказалось, что некоторые из них не что иное, как часто встречающиеся в природе и хорошо нам знакомые вещества, именно: мел, известь, гипс. Эти примеси можно называть растворимыми. Каким же путем эти

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

вещества попадают в воду? Это происходит следующим образом:

Дождевая вода, проникая в глубину земли, встречает там указанные вещества, а они способны в ней растворяться, как растворяется, например, соль. Когда эта вода подземным путем выходит к ключам, питающим реки, или к местам, где имеются колодцы, то в ней уже оказываются в растворенном виде мел, известь, гипс и т. д. В речной воде те же вещества растворяются, если они оказываются в грунте русла реки.

Обычно всякая вода (ключевая, речная и морская), за исключением дождевой, содержит в себе то или иное количество растворенных примесей. Если растворенных примесей в воде много, то вода называется жесткой. Воду, содержащую мало примесей, называют мягкой. Очень жесткая вода мало пригодна для питания котлов, так как она дает много накипи. О том, насколько вредна бывает накипь вследствие того, что она плохой проводник тепла, подробно указано в разделе «Передача тепла».

Растворимые примеси — гипс и известь, содержащиеся в воде, — при нагревании ее ведут себя неодинаково. Известь выделяется из воды в твердом виде, а гипс продолжает оставаться в кипящей воде в растворенном виде. По этой причине различают жесткость временную и постоянную. Примеси, составляющие временную жидкость, при нагревании воды выделяются, а примеси, образующие постоянную жесткость, остаются растворенными и в кипящей воде. Однако в котле последние примеси тоже выделяются. Происходит это потому, что количество их непрерывно увеличивается, они насыщают воду, после чего избыток их начинает выделяться и осаждаться на стенках котла.

В котельной практике необходимо определенно знать, какой водой питаются котлы — мягкой или жесткой. Жесткость воды измеряется количеством примесей в определенном объеме воды. Говорят что вода имеет один градус жесткости, если куб. метр ее содержит 10 *г* растворенной окиси кальция. Следовательно, градус жесткости есть мера для определения жесткости воды. Если, например, в литре воды содержится 0,07 *г* окиси кальция, то говорят, что вода имеет 7 градусов жесткости. Вода до 8 градусов называется мягкой, от 8 до 16 градусов — средней жесткости, а свыше 16 градусов — жесткой.

Жесткость можно определить приблизительно, смешивая и взбалтывая воду со спиртовым раствором мыла. Мягкая вода остается чистой и сразу дает пену. Жесткая вода мутнеет и пены сразу не дает. Чем жестче вода, тем больше необходимо прибавлять мыльного раствора, чтобы получающая пена держалась 5 минут. Для определения жесткости применяются колба, бюретка и пипетка. В бюретке разводят мыльный раствор, концентрация (степень крепости) которого должна быть такова, чтобы одно деление бюретки соответствовало одному градусу жесткости. В колбу пипеткой вводят 40 $см^3$ воды, прибавляют немного мыльного раствора и смесь взбалтывают. Прибавляют и взбалтывают мыльный раствор, несколько раз, пока пена будет держаться

НБ УДУНТ (ДІІТ)

5 минут. Если, например, израсходовали 12 делений мыльного раствора, то вода имеет жесткость 12 градусов.

Помимо мути и растворимых примесей, дающих накипь, в воде растворен еще и воздух. Воздух (собственно, его составная часть — кислород) вызывает ржавление стенок котла. Воздуха в воде содержится тем больше, чем вода холоднее. При подогревании воды растворенный в ней воздух удаляется.

Наконец, в воде могут оказаться смазочные масла, если для питания котлов применяют воду, полученную охлаждением отработавшего пара паровых машин. Пар уносит из паровой машины и смазочные масла, которые при конденсации пара переходят в воду и попадают в паровой котел. Масло очень плохой проводник тепла, и, даже покрывая стенки котла тонким слоем, оно значительно опаснее накипи.

Очистка воды от нерастворимых примесей (песка, глины, ила и т. п.). Воду очищают двумя способами: отстаиванием или фильтрацией. Для отстаивания устраивают резервуары, в которых вода очень медленно движется. Не очень мелкие частицы нерастворимых примесей во время движения воды в резервуаре остаются на его дне.

Фильтрацию приходится применять для тех примесей, которые не осаждаются вследствие своей легкости или находятся в воде в очень мелком виде (например, глина). Для фильтрации пропускают воду через несколько слоев песка или измельченного кокса. Примеси остаются на фильтрующих материалах, а очищенная вода собирается в нижней части фильтра.

Для удаления воздуха из воды более употребительны два следующих способа: 1) подогревание воды и 2) сильное перемешивание и разбрызгивание воды. Подогревание воды выгоднее всего производить отработавшим паром.

Воздух можно также удалить из воды, если ее сильно перемешивать и устроить сток воды тонким слоем. Для этой цели в воду, находящуюся в специальных резервуарах, пускают пар через сопла. Пар подогревает воду, приводит ее в сильное движение и разбрызгивает, что способствует выделению воздуха. Дальше вода стекает по нескольким лоткам, расположенным один под другим, и из нее дополнительно выделяется воздух.

Очистка воды от растворимых примесей достигается следующим способом: воду пропускают через аппарат, который содержит некоторые вещества, действующие на растворенные примеси так, что они становятся нерастворимыми и могут быть удалены осаждением или фильтрацией.

Часто воду не очищают от растворенных в ней примесей, а стараются на них воздействовать в котле так, чтобы накипь получалась мягкой и легкой отстающей от стенок котла при их очистке. Для этой цели пускают в котел соду или некоторые другие вещества, количество которых не может быть произвольным, а должно строго определяться по составу воды. Иногда применяют для разрыхления накипи такие вещества, как отвар льняного семени, крахмал и т. д. Однако, эти вещества при некоторых

НБ УДУНТ (ДІІТ)

условиях могут вредно действовать на стенки котла. Поэтому применять их допустимо только для котлов низкого давления и с разрешения учреждений, которые работают над вопросами борьбы с накипью.

Наконец, для того, чтобы накипь легче отставала во время чистки от стенок, их перед наполнением котла водой протирают мазутом или графитом. Стенки не должны смазываться, их нужно только протереть насухо тряпкой, смоченной мазутом. Лишь при таком применении нефти нет опасности перегрева стенок котла. При жирной смазке стенки могут перегреться и дать выпучины, в особенности в низких местах котла, куда нефть будет стекать с жирно смазанных поверхностей. Смазка графитом, разведенным на масле или мазуте, тоже должна сводиться к протиранию стенок. Протирка мазутом допустима только для котлов низкого давления.

Для удаления примесей и мути, которые плотно не осели на стенки котла, применяют продувку котла. Она заключается в том, что выпускают часть воды из котла, причем последняя увлекает с собой не осевшие на стенки примеси, муть и куски накипи. Подробно о том, как производят продувку, см. раздел «Продувочный кран».

ВОПРОСЫ

Какого рода примеси бывают в воде?
Из чего состоят нерастворимые примеси?
Какие вещества дают растворимые примеси?
Какую воду называют жесткой и какую мягкой?
Что такое временная жесткость?
Что такое постоянная жесткость?
Чем измеряется жесткость воды?
Какую воду (в градусах жесткости) называют жесткой, а какую мягкой?
Как приблизительно определяется жесткость воды?
Содержится ли в воде воздух?
Могут ли оказаться в воде смазочные масла и откуда?
Какой вред приносят котлу смазочные масла?
В чем сущность способов очистки воды от растворимых примесей?

2. Насосы

Питание котла водой может производиться непрерывно или с перерывами (периодически). При периодическом питании вода в котле убывает некоторое время, потом открывают питательный клапан и пополняют убыль воды. В котел быстро поступает сравнительно большое количество холодной воды. Она схлаждает горячую воду и понижает давление в котле тем больше, чем больше был перерыв в питании и чем быстрее подавалась вода. Чтобы удержать (поднять) давление, приходится усиливать топку. Вследствие неравномерности работы котла периодическое питание вызывает некоторый перерасход топлива и не позволяет держать вполне равномерное давление.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Непрерывное питание не имеет этих недостатков, и его по возможности следует применять, в особенности в котлах с малым объемом воды.

Производительностью питательного прибора называется количество воды, которое он подает в час при нормальных для него условиях (числе ходов или числе оборотов). Существуют правила НКТ, которые определяют количество питательных приборов в котельной и их производительность. Под котельной разумеется несколько котлов (начиная с одного), находящихся в одном помещении. Котельная должна обслуживаться не менее чем двумя питательными приборами, которые приводятся в движение независимо один от другого, т. е. один из насосов должен быть с паровым двигателем. Производительность каждого из насосов должна быть не менее чем удвоенный расход воды, требуемый на все котлы при усиленной их работе.

При трех и более насосах в котельной часть из них, с производительностью не менее половины общей, должна быть с паровыми двигателями. Общая производительность всех насосов должна быть не менее утроенного расхода воды всеми котлами при усиленной их нагрузке.

При наличии двух инжекторов производительность каждого из них должна быть не менее утроенного расхода воды котлами при усиленной нагрузке. При установке трех и более одинаковых инжекторов производительность каждого из них должна быть не менее учетверенного расхода воды котлами при усиленной их нагрузке, деленного на число инжекторов.

Для питания котлов служат три рода приборов: 1) поршневые насосы, 2) центробежные насосы и 3) инжекторы.

Поршневые насосы

Устройство

Поршневой насос имеет следующее устройство (фиг. 142):

Основной частью насоса является цилиндр, в котором движется поршень в виде стакана с донышком посредине, то приближаясь к крышке данной полости, то удаляясь от нее. Когда поршень отходит от крышки (скажем, правой полости на чертеже), то в полости получается сильно разреженное (безвоздушное) пространство, вследствие чего под давлением наружного воздуха вода через всасывающую трубу вгоняется в полость, куда она проходит, приподнимая клапаны, поставленные в нижней стенке полости. Эти клапаны открываются внутрь цилиндра и работают лишь при всасывании, отчего они и называются всасывающими.

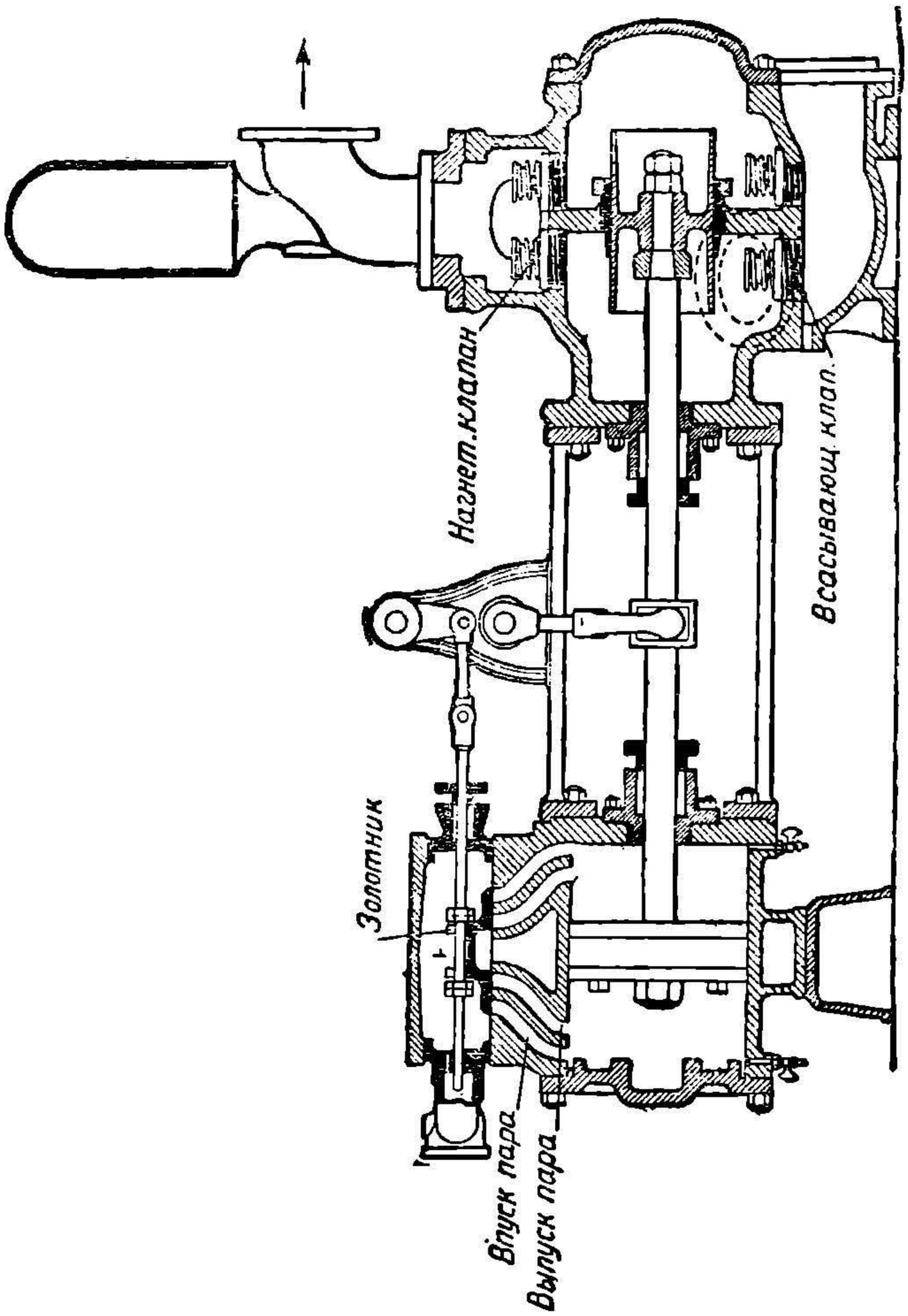
На обратном ходу поршень начинает давить на воду, которая закрывает всасывающие клапаны и приподнимает клапаны, расположенные в верхней стенке полости, открывающиеся в нагнетательную линию (т. е. в сторону котла). Эти клапаны во время всасывания давлением воды в нагнетательной линии прижаты

НБ УДУНТ (ДІІТ)

к своему седлу и открываются только при нагнетании, почему и называются нагнетательными.

Так работает каждая из двух полостей цилиндра. Когда из одной полости происходит выталкивание воды, то в другую вода всасывается. Такой насос называется насосом двойного действия.

Насос приводится в движение паровой машиной. Она представляет собой цилиндр с поршнем, который приводится в дви-



Фиг. 142. Паровой насос Вортингтона, продольный разрез.

жение паром. Пар может входить в цилиндр с каждой стороны поршня через соответствующие каналы в верхней части цилиндра. На фиг. 142 видны четыре канала: из них два внешних (ближе к крышкам цилиндра) служат для впуска пара, а два внутренних для выпуска пара. Допустим, что поршень занимает крайнее левое положение. Пар, пройдя в цилиндр с левого конца через соответствующий канал, толкает поршень вправо, пока он не дойдет до своего крайнего положения. В этот момент, и даже

НБ УДУНТ (ДІТ)

несколько раньше, должен прекратиться впуск пара в цилиндр. Это происходит так, что впускной канал перекрывается особой подвижной крышкой в виде коробки, называемой золотником. Вследствие этого доступ пара в канал из пространства над коробкой прекращается.

Но одновременно с этим золотник открывает впускной канал в правой стороне цилиндра. Пар поступает уже сюда и движет поршень влево. Отработавший пар, наполняющий левую полость цилиндра, должен уйти, для чего имеется выпускной канал, который в это время открывается внутренней кромкой золотника. Пар из канала проходит в пространство под золотником, куда подведена выхлопная (отводящая пар) труба.

Паровая машина и насос имеют общий шток, т. е. их поршни сидят на концах одного и того же стержня. Золотник паровой машины передвигается от штока. Последний при каждом ходе своем поворачивает рычаг, который действует на золотник.

Обычно паровые насосы для котельных ставятся сдвоенные, т. е. два насоса на одной общей станине. При этом шток одного насоса управляет золотником другого. Движение золотников рассчитано так, что не бывает момента, чтобы впускные каналы у обоих насосов оказались одновременно закрытыми. Вследствие этого, в каком положении ни остановились бы паровые поршни, всегда какой-нибудь впускной канал будет открыт, и пар пойдет через него при открытии вентиля в цилиндр, т. е. насос с места начнет работать.

Давление воды в насосе

Насос подает воду в котел, паром которого он приводится в движение. Какое давление должна иметь вода в насосе, чтобы пройти в котел? Ей необходимо поднять тарелку обратного клапана, на который давит вода из котла. Следовательно, давление воды в насосе должно быть несколько больше, чем давление в котле, тем более, что ей нужно пройти по трубопроводу, на что требуется тоже некоторый излишек давления. Как же пар может дать воде требуемое давление, превышающее его собственное?

Давление пара на паровой поршень через общий шток прямо передается водяному поршню и воде. Если бы оба поршня были одинакового диаметра, то в водяном цилиндре получалось то же давление, что и в паровом. и вода в котел не шла бы. В действительности же паровой поршень имеет большую площадь, чем водяной (фиг. 142). Полное давление парового поршня передается на водяной, но распределяется на меньшую площадь. Вследствие этого на каждом квадратном сантиметре площади водяного поршня давление получается больше, чем на квадратном сантиметре парового. Значит, давление воды в насосе оказывается выше, чем в котле, что и требуется для того, чтобы вода могла пройти в котел.

Вот численный пример. Допустим, что диаметр водяного поршня равен 6 *см*, а парового — 9 *см*. Соответственно их пло-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

щади будут 28,3 и 63,6 *см*², или площадь парового поршня в 2,25 раза больше площади водяного. Допустим, что давление пара по манометру 5 *ати*, или 6 *ата*, т. е. пар на каждый квадратный сантиметр давит с силой в 6 *кг*. Полное давление на паровой поршень равно, следовательно, 63,6 × 6 *кг* = 382 *кг*. Это общее давление передается на водяной поршень, распределяясь на его площади. Разделив 382 *кг* на величину площади водяного поршня — 28,3, получим его давление, равное 13 *ат* против 6 *ат* давления пара.

Вода в насос может поступать самотеком, т. е. из бака, расположенного выше насоса, или он может забирать воду с некоторой глубины. Теоретически глубина всасывания может быть до 10 *м*: она равна столбу воды, который воздух в состоянии поднять (см. раздел «Физика в котельной»), но на практике глубина всасывания не должна превышать 5—6 *м*, так как во всасывающей трубе нельзя получить полного разрежения. В нее всегда попадает небольшое количество воздуха вследствие разных неплотностей и водяные пары из воды вследствие испарения воды при невысоких температурах. Производя во всасывающей трубе некоторое давление, воздух и водяные пары соответственно уменьшают высоту всасывания. Если же вода горяча, то ее пары дают уже довольно значительное давление, например, при 80° давление паров равно 0,5° *ат*. Высота всасывания уменьшается в этом случае на 5 *м*. Поэтому, если насос качает горячую воду, то водяной бак должен стоять выше насоса, чтобы вода в него шла самотеком.

Уход за насосом

Пуск насоса очень прост, но требует обязательной предосторожности в обращении с паровым цилиндром. Именно, открыв вентиль на нагнетательной водяной линии, необходимо перед пуском пара в паровой цилиндр обязательно открыть имеющиеся на нем снизу продувочные краны, которые служат для выпуска конденсационной воды. Если этого не сделать, то в цилиндре получится удар поршня через конденсационную воду в крышку, отчего последнюю может оторвать, а также может погнуть и шток насоса. Паровой вентиль открывают осторожно, пока насос не начнет медленно работать. Когда после нескольких ходов поршня из кранов станет вырываться пар, их закрывают, а открытие парового вентиля постепенно увеличивают.

Неисправности насоса происходят от: 1) присасывания воздуха в насос, 2) неисправного действия клапанов и 3) неплотности поршня.

Если насос забирает воду из бака, расположенного ниже его, то во всасывающей трубе имеется разрежение. Когда появляются неплотности во фланцах трубы или трещины и сквозные проржавления в ее стенках, то воздух начинает проникать в трубу, вследствие чего подача насоса ухудшается. Она вовсе прекращается, если вследствие присоса воздуха разрежение

УДУНТ (ДІІТ) НБ

в трубе настолько уменьшится, что наружный воздух своим давлением уже не поднимает столба воды во всасывающей трубе до уровня насоса. Чтобы обнаружить, где присасывается воздух, нужно на ходу насоса поднести к предполагаемому месту неплотности пламя свечи. Если присасывание есть, то пламя тянется к неплотному месту вместе с воздухом.

Непосредственно в насос воздух может проникать через неплотный сальник штока. В каждой полости водяного цилиндра во время всасывающего хода бывает разрежение, и если сальник неплотен, то через него в цилиндр будет засасываться воздух. Сальник нужно подтянуть, а если это не поможет, то остановить насос и перебить сальник.

Неисправное действие клапанов бывает вследствие их неправильной отрегулировки или неплотности. Высота подъема клапана должна быть правильно отрегулирована. Если подъем слишком велик (например, вследствие слабой пружины), то клапан неправильно садится; если подъем слишком мал, то клапан пропускает меньше воды, чем следует. Неплотность клапанов происходит вследствие их износа от продолжительной работы или истирания их песком, примешанным к воде. Наконец, клапан, хорошо действовавший, начинает пропускать воду, если под него попал сор или крупный песок, мешающий ему плотно садиться на седло. Если имеется неплотность в нагнетательных клапанах, то вода из нагнетательной линии уходит обратно в цилиндр (во время всасывающего хода). При неплотности всасывающих клапанов часть воды во время нагнетательного хода вытесняется из цилиндра обратно во всасывающую трубу. Для проверки нагнетательных клапанов останавливают насос и открывают кран на его цилиндре. Если из крана, не прекращаясь, будет течь вода, то, значит, нагнетательные клапаны пропускают. Для проверки всасывающих клапанов открывают кран на ходу насоса и приставляют к нему смоченный палец. Если при этом не будет происходить отчетливого присасывания и отталкивания пальца, то всасывающие клапаны неисправны. Для исправления клапанов необходимо осмотреть их, очистить от грязи и, если требуется, притереть. На случай, если клапаны, окажутся выбитыми и потребуют переточки, нужно иметь исправные запасные клапаны.

Неплотность поршня происходит вследствие его износа от трения о стенки втулки, в которой он ходит. В этом случае вода из каждой полости насоса при нагнетательном ходе переходит в другую полость, в которой в это время происходит всасывание. Понятно, что подача воды уменьшается. Для устранения неплотности поршня необходимо произвести соответствующий ремонт насоса.

ВОПРОСЫ

В чем недостатки периодического питания котлов?
Какие преимущества непрерывного питания котлов?
Как устроен водяной цилиндр поршневого насоса?
Для чего служат клапаны и как они работают?

НБ УДУНТ (ДІТ)

Как устроен паровой цилиндр питательного насоса?
Что больше в насосе — давление пара или давление воды? Как достигается разница давлений?
Как пускать поршневой насос?
Какие неисправности бывают в поршневых насосах и причины их?
Как устраняются неисправности насоса?

Центробежные насосы

Центробежные насосы работают особым способом, уяснить который нам помогут два следующих опыта.

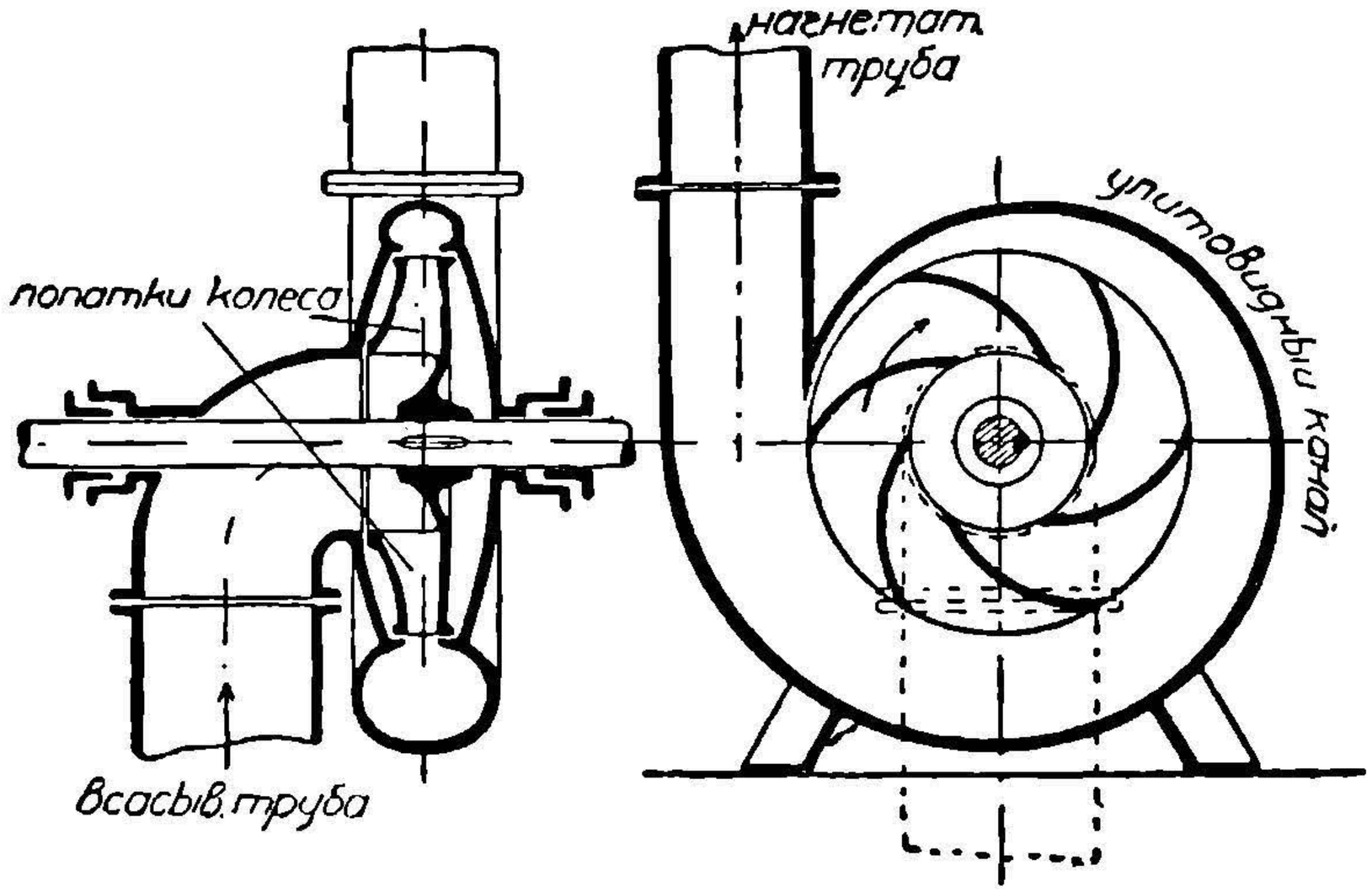
Станем вращать привязанный на нитке камешек, гирьку и т. п. Мы почувствуем, как нитка натягивается, и чем быстрее происходит вращение, тем сильнее натяжение нитки. При достаточно быстром вращении нитка может оборваться. Чтобы натягивать нить и даже разорвать ее, нужна какая-то сила. Очевидно, что в теле, приведенном во вращение, появляется сила, которая стремится удалить тело от центра (оси) вращения, заставляя его как бы бежать от центра, почему силу и называют центробежной.

Еще один опыт покажет нам действие центробежной силы. Станем вращать стакан с водой, привязанный к бечевке. Если это делать достаточно быстро, то вода из стакана не выльется даже в верхней части его кругового пути, где он опрокинут вверх дном. Центробежная сила, которая появилась при вращении, стремится отдалить воду от центра и прижимает ее ко дну стакана. При достаточно быстром вращении центробежная сила превышает силу тяжести (вес) воды, и последняя из стакана не выливается.

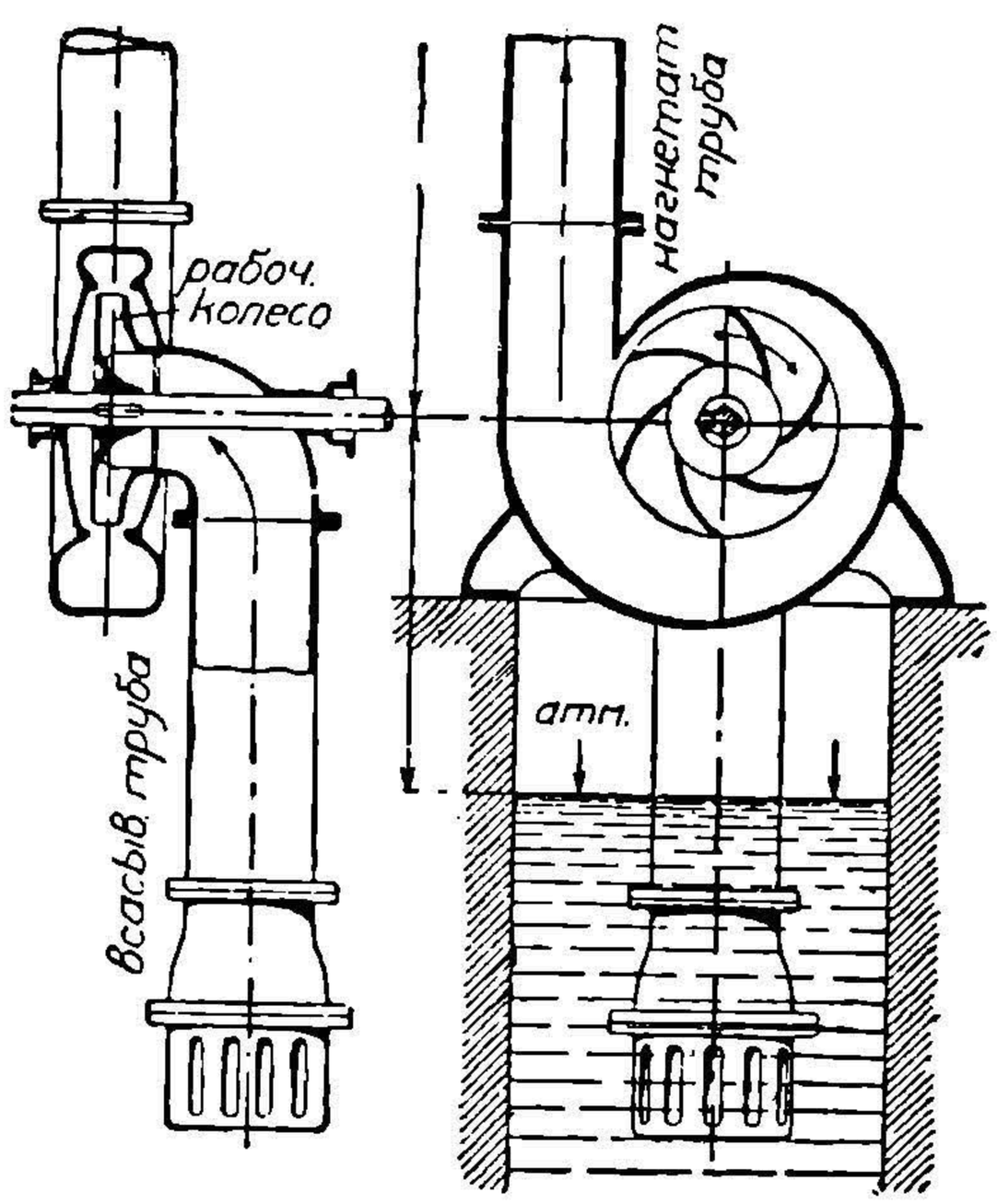
Центробежные насосы устроены именно так, что они нагнетают воду действием центробежной силы. В них имеется вращающееся колесо с косыми (наклонно расположенными) лопатками (фиг. 143—144 и 145). Вода подводится к лопаткам от средины колеса, т. е. к внутренним краям лопаток, подхватывается ими и вместе с ними вращается. Вследствие вращения в каждой частице воды появляется центробежная сила, которая гонит ее вдоль лопаток к их наружному краю. Здесь вода попадает в улитовидный канал, который окружает вращающееся колесо. С каждой лопатки вода отбрасывается в канал. Так как колесо вращается очень быстро, то вода от действия центробежной силы получает напор, который движет ее к нагнетательной трубе В центральной же части колеса вследствие отвода воды получается разрежение, благодаря которому давлением атмосферы вода по всасывающей трубе непрерывно вгоняется в насос (фиг. 145).

Центробежные насосы имеют следующие преимущества перед поршневыми: 1) они проще в устройстве, 2) дешевле в цене, 3) экономичнее. Но центробежные насосы требуют особого привода для себя — от электромоторов, паровой турбины или ременного.

НБ УДУНТ (ДІІТ)



Фиг. 143—144. Центробежный насос (продольный и поперечный разрезы).



Фиг. 145. Схема установки центробежного насоса.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Неисправность центробежных насосов происходит обычно от следующих причин:

1) присоса воздуха во всасывающую трубу вследствие неплотностей в ней или присоса в насосе вследствие пропуска в сальниках;

2) недостаточного числа оборотов;

3) от засорения сетки на клапане всасывающей трубы, которая ставится, чтобы в насос не попадал сор; от засорения лопастного колеса.

Для пуска центробежного насоса требуется, чтобы всасывающая труба была заполнена водой. Вращаясь при пуске в воздухе, лопастное колесо создает лишь небольшое разрежение в трубе, и наружный воздух поднимает в ней столб воды на незначительную высоту, т. е. насос не сможет забрать воду. Поэтому входной конец всасывающей трубы снабжают обратным клапаном, а сверху около насоса на ней ставят трубочку с краном. Через трубочку всасывающую трубу заливают водой, а клапан удерживает воду от вытекания из насоса. В верхней части трубы должен быть воздушный кран, чтобы при заливке трубы воздух из нее мог выходить наружу. Когда заливка окончена, закрывают оба крана — на трубочке и воздушный — и пускают насос.

На нагнетательной трубе имеется задвижка. В начале пуска центробежного насоса задвижка должна быть закрыта, так как насос должен пускаться на холостом ходу. Это облегчает пуск, так как требует значительно меньше энергии от мотора или трансмиссии. После пуска мотора задвижку постепенно открывают, нагрузка насоса увеличивается, так как он начинает давать воду.

Открытие задвижки увеличивают, пока не установят требуемой подачи воды.

ВОПРОСЫ

R чем сущность действия центробежных насосов?
Как устроен центробежный насос?
Укажите преимущества центробежных насосов.
Как пускают центробежные насосы в ход?
Перечислите неисправности центробежных насосов и причины их.

Инжекторы

Устройство

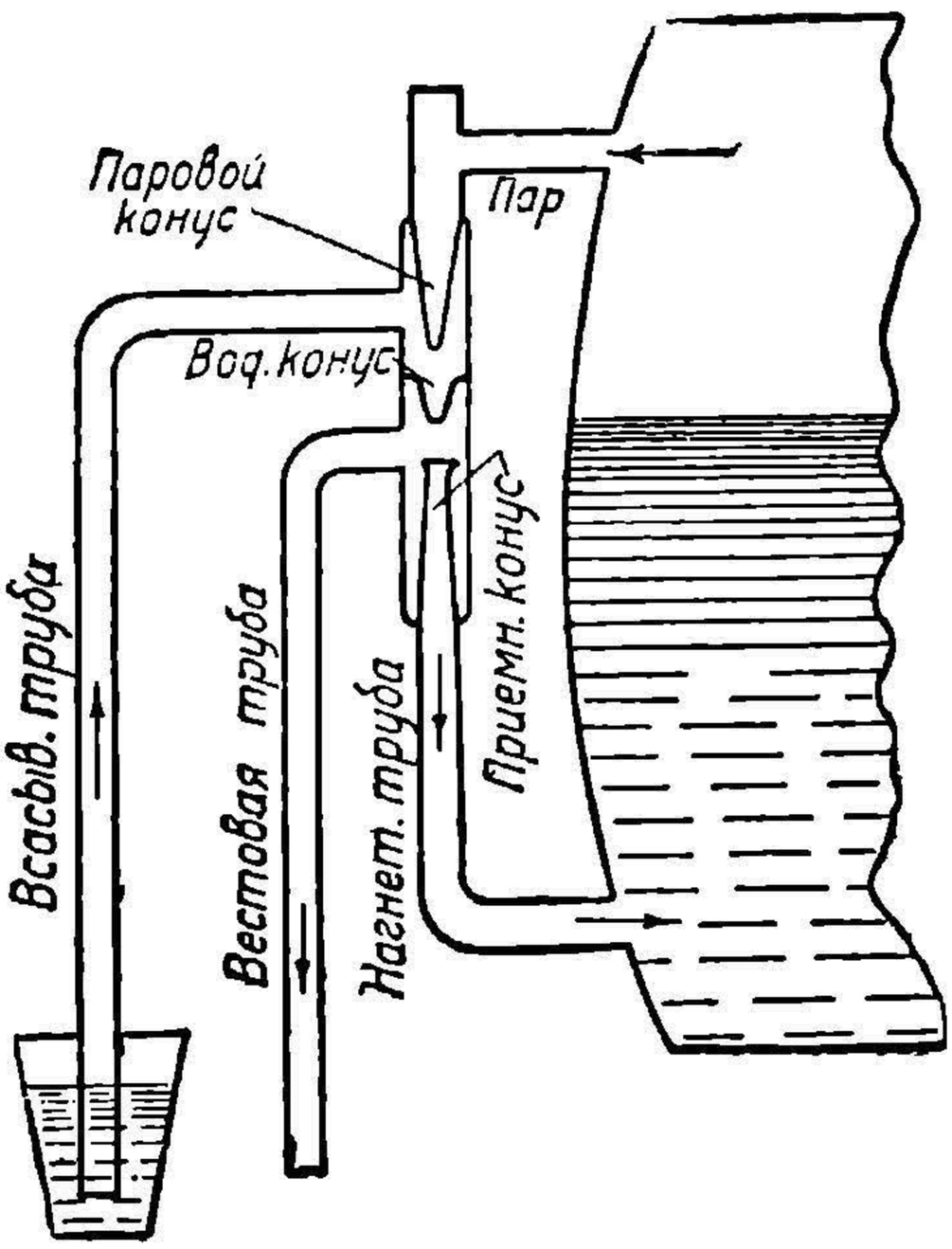
Для питания паровых котлов помимо насосов применяются еще приборы, называемые инжекторами и отличающиеся тем, что они не содержат никаких движущихся частей.

Инжектор по своему устройству очень прост. В нем имеются три конуса, вставленных в общую камеру в виде втулки (фиг. 146 и 147). Сверху к камере подведена труба для пара, снизу от нее идет труба в водяное пространство котла. Пар про-

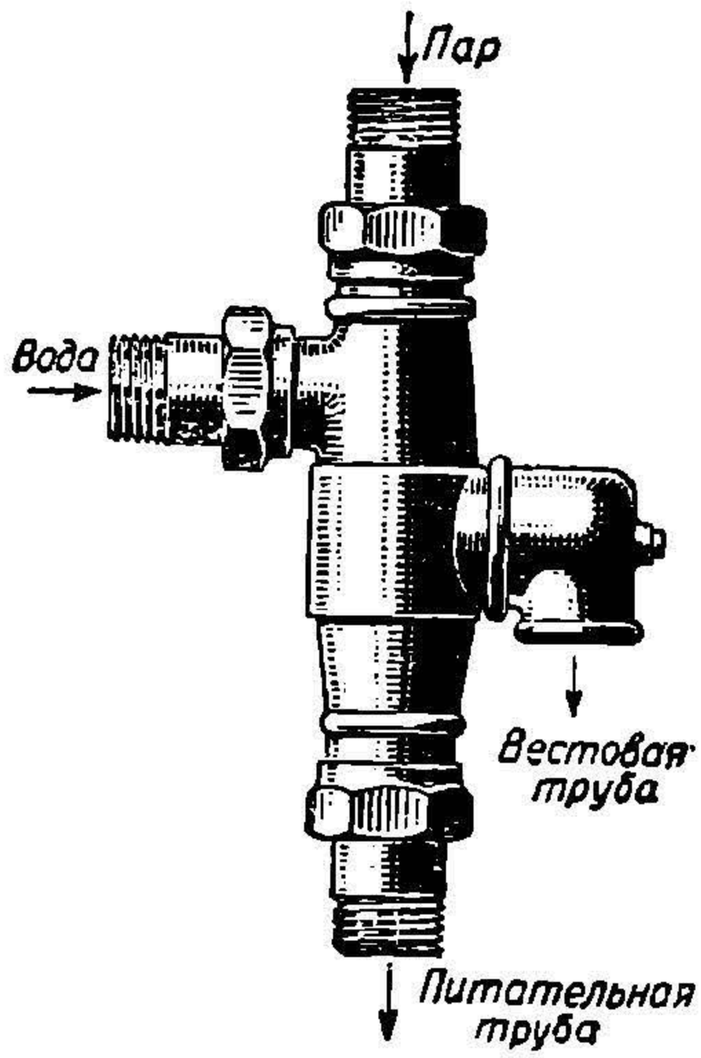
НБ УДУНТ (ДІІТ)

ходит через верхний конус, называемый паровым, и вырывается из его устья струей, имеющей очень большую скорость. Паровая струя захватывает и уносит с собой воду из всасывающей трубы, подведенной около конуса в камеру. Вследствие непрерывного захватывания воды вокруг устья парового конуса поддерживается разрежение, благодаря которому происходит постоянный приток воды из всасывающей трубы.

Смесь пара и воды проносится в следующий конус, называемый водяным, причем по пути пар конденсируется, а вода за счет его теплоты нагревается. Из этого конуса вырывается уже струя горячей воды, которая попадает в последний приемный конус. В нем струя постепенно расширяется, отчего ее скорость уменьшается, но вместе с тем, как доказано опытом, давление увеличивается настолько, что вода проходит в котел.



Фиг. 146. Схема установки инжектора.



Фиг. 147. Инжектор

Из описания устройства и действия инжектора мы видим, что он имеет следующие преимущества:

1) не содержит движущихся частей;
2) имеет простое устройство и занимает мало места;
3) подогревает воду за счет тепла рабочего пара.

Глубина всасывания воды у обыкновенного инжектора не превышает 2 *м*.

Температура питательной воды, поступающей в инжектор, не должна быть выше 40°. Она подогревается при смешении с паром приблизительно на 50° и при выходе из водяного конуса имеет температуру около 90°, т. е. близкую к кипению.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Уход за инжектором

При пуске инжектора необходимое давление сразу не получается, и вода задерживается в камере инжектора. Необходимо временно дать ей выход из камеры, для чего имеется сливная (вестовая) труба, в которую в начале и вытекает вода, не прошедшая в котел. Пускается инжектор при помощи крана на всасывающей трубе и вентиля на паровпускной трубе. Открывают сразу кран на всасывающей трубе и постепенно — паровпускной.

Неисправности инжектора при пуске заключаются в том, что он или вовсе не забирает воду или скрывает, т. е., засосав воду, перестает дальше действовать.

Причины неисправности могут быть следующие:

1. Слишком высокая температура всасываемой воды. В этом случае вода перед приемным конусом закипает. Необходимо пустить для питания более холодную воду.

2. Инжектор нагрелся вследствие неплотности паровпускного или питательного клапана. В первом случае в инжектор во время его бездействия проникает пар, во втором случае — горячая вода из котла. Необходимо охладить инжектор, облив его холодной водой.

3. Засорение всасывающей трубы, вследствие чего в инжектор идет недостаточно воды.

4. Прикипание питательного клапана, в силу чего вода не проходит в котел, а выбрасывается из вестовой трубы.

Неисправности в работе инжектора заключаются в том, что он не всю воду подает в котел, а часть теряет наружу. Эти неисправности обычно зависят от неправильной установки парового конуса по отношению к водяному, от осаждения накипи в инжекторе.

Универсальный инжектор Кертинга

Универсальный инжектор Кертинга надежнее обыкновенного: он берет воду с глубины до 6 *м* и может работать на более теплой воде. По своему устройству это — сдвоенный инжектор, т. е. он состоит из двух наборов конусов: один из них засасывает воду, а другой нагнетает ее в котел. Оба набора находятся в общей коробке, разделенной перегородкой на две камеры (фиг. 148—149). В перегородке имеется проход для воды из первого во второй набор. В паровые конусы пар течет из общего канала через отверстия с клапанами. Засасываемая вода через прямоугольные отверстия по краю нижнего конуса вытесняется к устью водяного конуса второго набора. Здесь струя пара захватывает воду и гонит ее в нагнетательный конус. В нем скорость воды уменьшается, за счет чего повышается ее давление. Через отверстия у нижнего края нагнетательного конуса вода уходит из инжектора в котел.

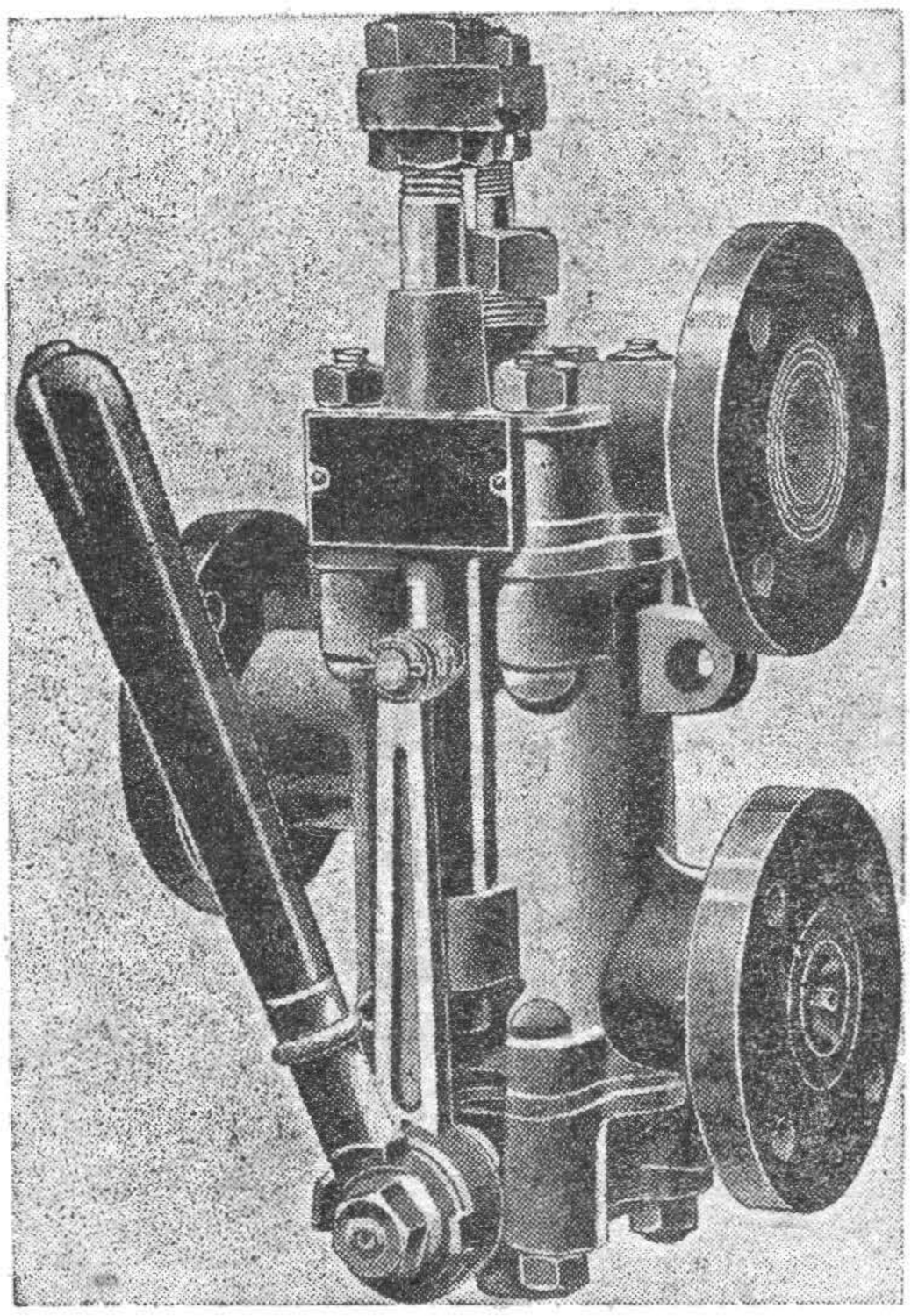
Для пуска инжектора служит кран под наборами конусов, при помощи которого вода из них в течение несколь-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

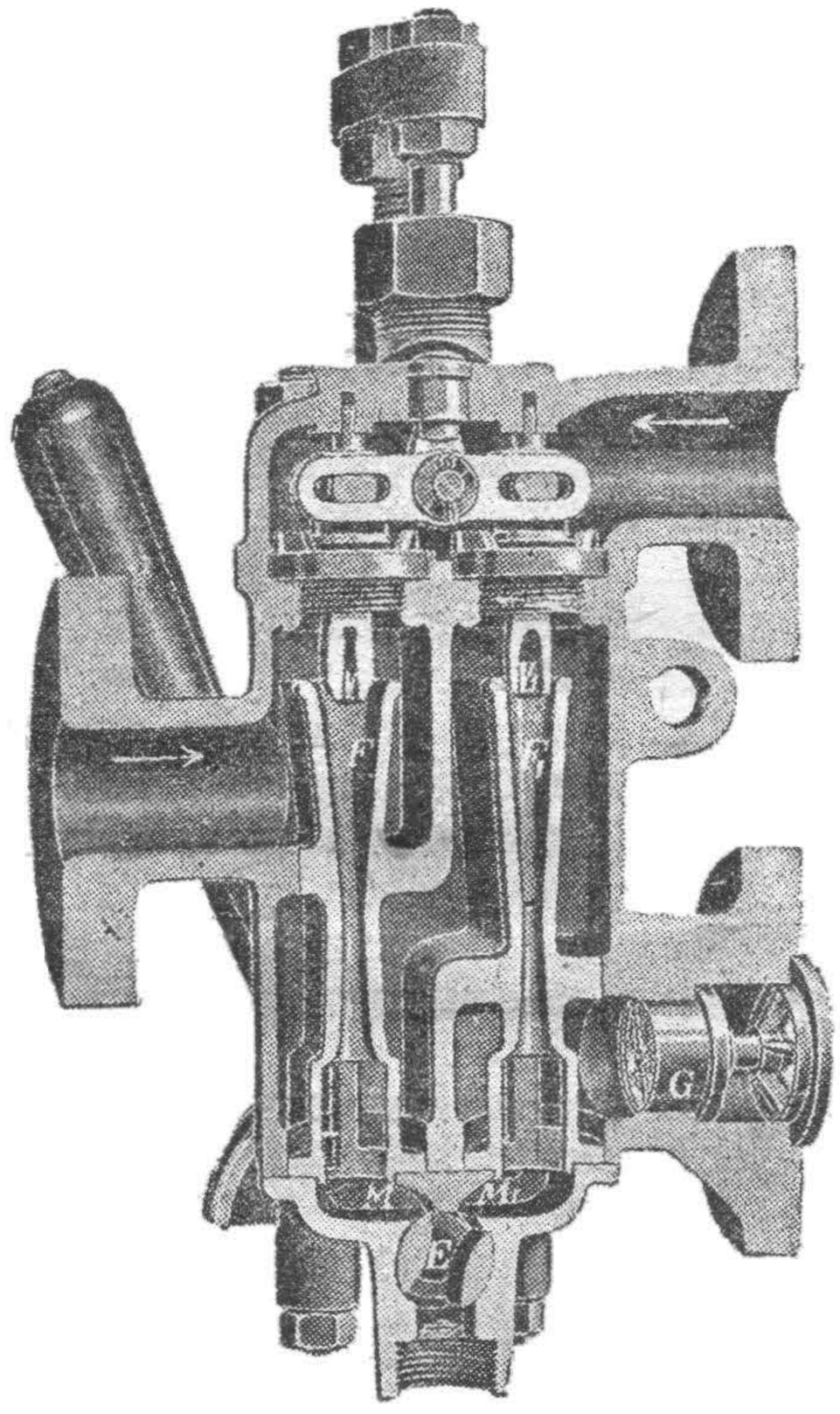
ких секунд выпускается наружу, пока она не получит достаточного давления, чтобы пройти в котел. Ручка крана при помоши рычажка действует также на клапаны над паровыми конусами, закрывая и открывая их.

Пуск происходит следующим путем:

Ручку крана из положения неработающего инжектора, когда клапаны закрыты, медленно повертывают вправо (по фиг. 149). Открывается клапан над левым набором, а отверстие крана



Фиг. 148. Инжекторная установка.



Фиг. 149. Универсальный инжектор Кертинга.

открывает выход всасываемой воды наружу. При дальнейшем повертывании ручки открывается правый клапан, а отверстие крана дает выход воде наружи из правого набора конусов. Когда ручка доводится до крайнего правого положения, кран закрывается, и вода из инжектора идет уже в котел

ВОПРОСЫ

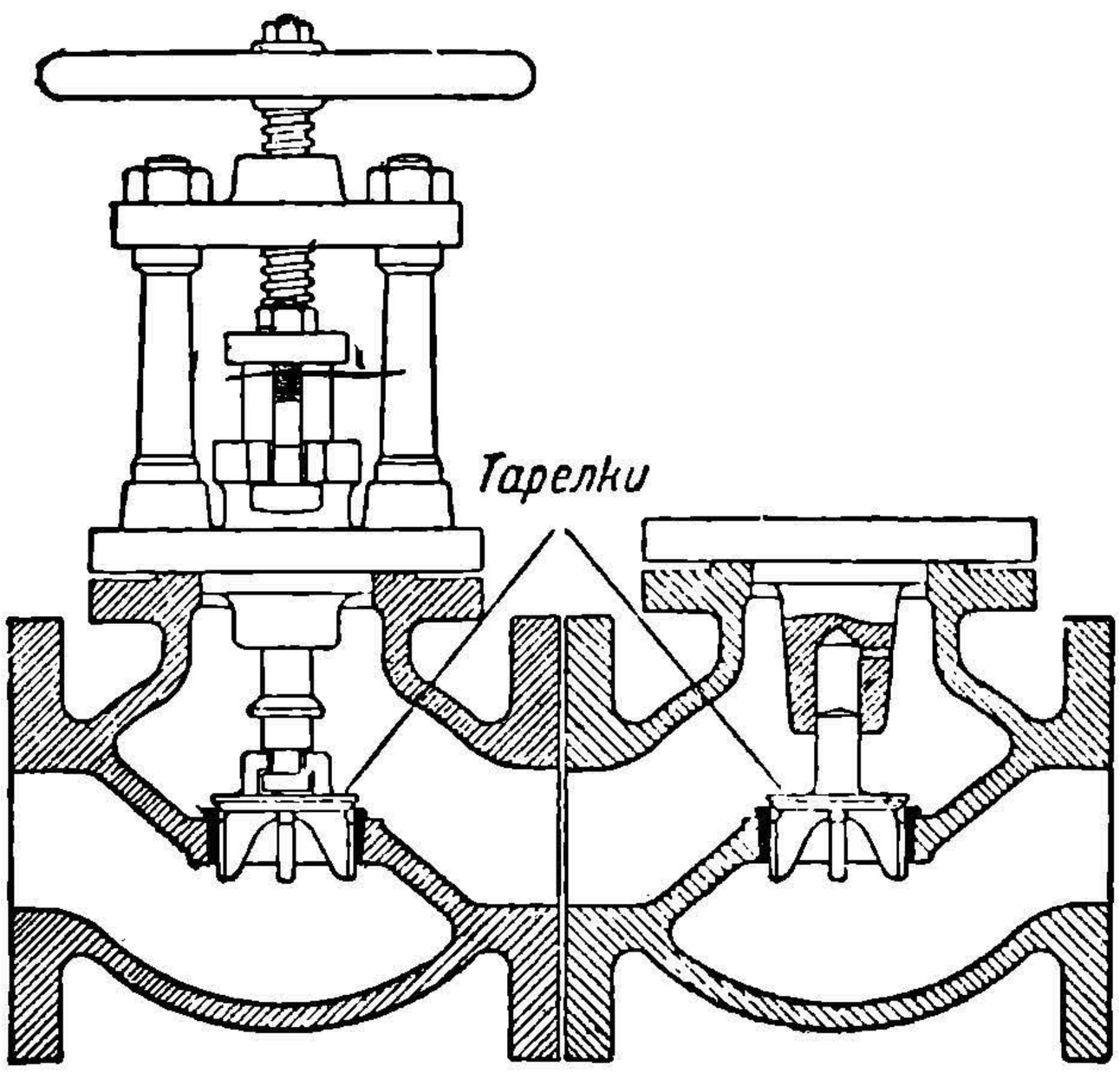
Как устроен и как действует инжектор (простой)?
Какая глубина всасывания у простого инжектора?.
Какова должна быть температура питательной воды, идущей в инжектор?
Как пускается инжектор в ход?
Перечислите неисправности простого инжектора и причины их.
Как устроен универсальный инжектор?

НБ УДУНТ (ДІІТ)

3. Питательный и обратный клапаны

Питательный клапан служит для впуска воды в котел, позволяя регулировать ее количество, увеличивая, если это требуется, питание в одном котле и уменьшая в другом. Обратный клапан необходим для того, чтобы при остановке питания котла вода из него не могла уйти обратно в питательную линию, т. е. обратный клапан не должен выпускать воду из котла.

Ближе к котлу находится питательный вентиль (кран); запере в его, можно в случае необходимости, не останавливая вовсе котла, разобрать и проверить неисправный обратный клапан.



Фиг. 150. Питательный и обратный клапаны.

Устройство питательного клапана показано на фиг. 150. Тарелка закрывает проходное отверстие в перегородке в полости клапана. Тарелка держится на штоке (стержне), который на наружном конце имеет резьбу и вращается в поперечине. Вращая стержень маховичком, поднимают или опускают тарелку на ее седло (втулка в отверстии), т. е. регулируют приток воды или прекращают его на время.

Обратный клапан по своему устройству очень прост. Он не имеет выведенного наружу штока, и поднимание и опускание тарелки происходят под давлением воды. Когда вода идет в котел, то она поднимает тарелку клапана, так как имеет большее давление, чем вода в котле. Если питание прекращают, остановив насос или закрыв питательный клапан, то вода, стремясь уйти из котла в линию, прижимает тарелку обратного клапана к гнезду и запирает себе таким образом выход То же самое

НБ УДУНТ (ДІІТ)

происходит, конечно, при неисправности питательного клапана, разрыве труб в питательной линии или экономайзере, что весьма уменьшает опасные последствия в этих случаях.

Из сказанного ясно значение обратного клапана для безопасности котла. При неисправном состоянии он пропускает горячую воду из котла в питательную трубу, которая нагревается сильнее обычного, чем и обнаруживается неисправность клапана.

Пропуск воды бывает по следующим причинам:

1. Плохая притирка тарелки к седлу.
2. Раковины, выбоины или разъедание на опорной кромке седла.
3. Перекос тарелки.
4. Попадание сора, тряпок и пр. под тарелку.

Для приведения обратного клапана в исправное состояние закрывают запорный кран или клапан, который стоит ближе к котлу. После этого можно снять крышку обратного клапана, дающую доступ к тарелке для ее осмотра и исправления. Если же, наоборот, обратный клапан находится ближе к котлу, то для его-исправления приходится останавливать котел.

ВОПРОСЫ

Каково назначение питательного клапана?
Для чего нужен обратный клапан?
Что должно ближе стоять к котлу — питательный или обратный клапаны, и почему?
Как устроен питательный клапан?
Увеличивает ли обратный клапан безопасность работы котла?
Как обнаруживается и устраняется неисправность обратного клапана?

4. Автоматическое питание паровых котлов

Ранее мы обращали внимание на преимущества непрерывного питания паровых котлов, которое по возможности и следует применять, в особенности в котлах с малым объемом воды.

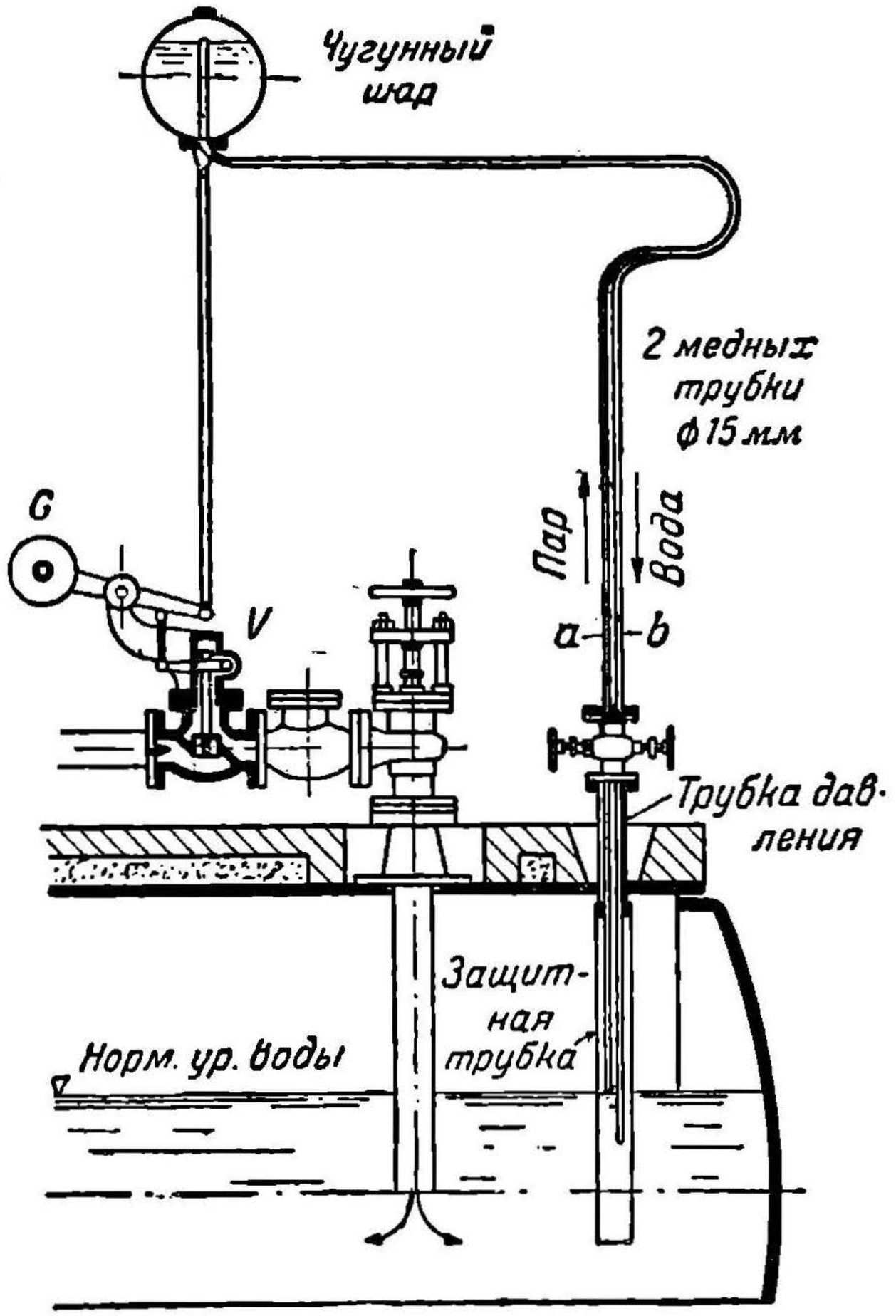
При равномерном расходе пара можно установить подачу насоса и отрегулировать водяные клапаны у котлов так, что питание будет почти точно соответствовать расходу воды (расходу пара) и вода будет держаться почти на одном уровне. Другое дело — при колеблющемся (неравномерном) расходе пара. Приходится по водоуказательным стеклам часто регулировать питание, в противном случае уровень воды будет непрерывно то быстро подниматься, то быстро опускаться.

Этого недочета в непрерывном питании можно избежать помощью приборов, которые автоматически регулируют питание котла, поддерживая в нем постоянный уровень (т. е. давая ему колебаться в небольших пределах). Рассмотрим устройство одного из таких автоматов.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Автоматический регулятор уровня воды системы Ганнемана

На шток питательного клапана действует при помощи штанги и ряда рычажков чугунный пустотельный шар (фиг. 151). Он может заполняться водой из котла или оставаться некоторое время пустым благодаря обратному перетеканию воды из него в котел (все это, как мы увидим ниже, происходит в зависимости от уровня воды в котле). Шар, заполненный водой, давит на шток с тарелкой и держит клапан закрытым. Если шар пуст, то контргрузом его поднимает и открывает предохранительный клапан.



Фиг. 151. Автоматический регулятор уровня системы Ганнемана.

Наполнение или опорожнение шара происходит при помощи двух медных трубок, которые ведут из котла к шару. По одной из них (на фиг. 151 правая) вода из шара может вытечь в котел или подняться обратно. По второй трубке (на фиг. 151 левая) в шар может пройти пар из котла. Происходит это, когда вода в котле опустится ниже нормального уровня. Так как конец паровой трубки оканчивается на этом уровне, то в трубку проникает пар. Пройдя в верхнюю часть шара, пар вытесняет воду в котел. Контргруз поднимает пустой шар и шток клапана с тарелкой кверху, и питание котла начинается. Вода в котле поднимается, перекрывает конец паровой трубки и разобщает шар и паровое пространство. Пар, оставшийся в шаре, начинает конденсироваться, вследствие чего давление в шаре уменьшиться, и вода из котла заполнит его почти доверху. Шар опустится и закроет клапан, прекратив питание.

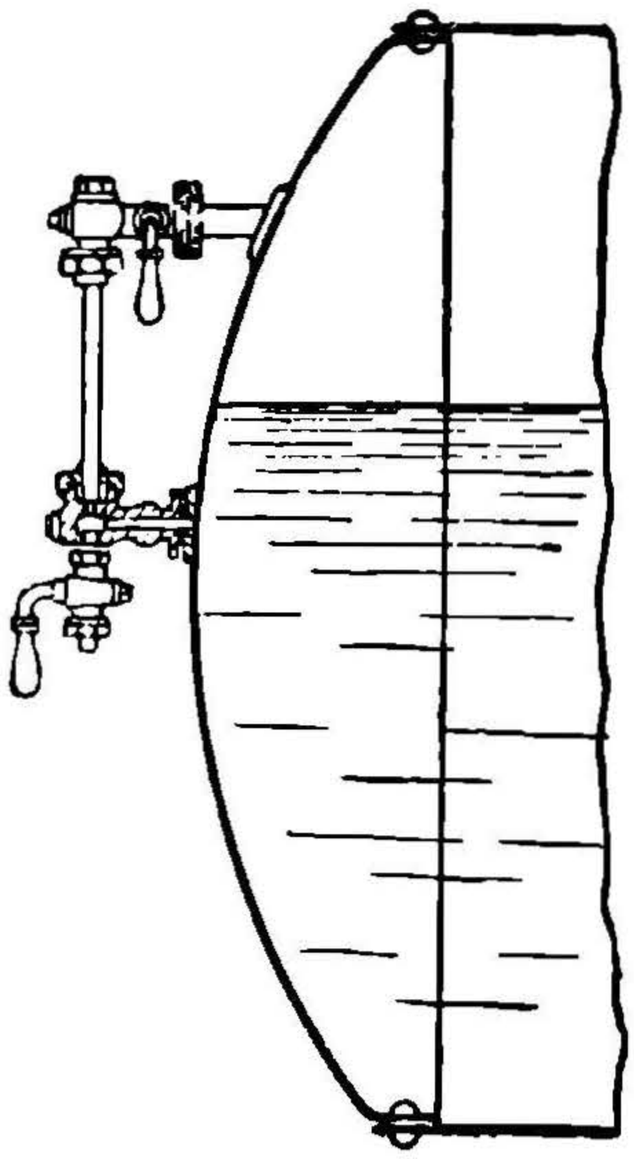
НБ УДУНТ (ДІІТ)

Водоуказательные стекла

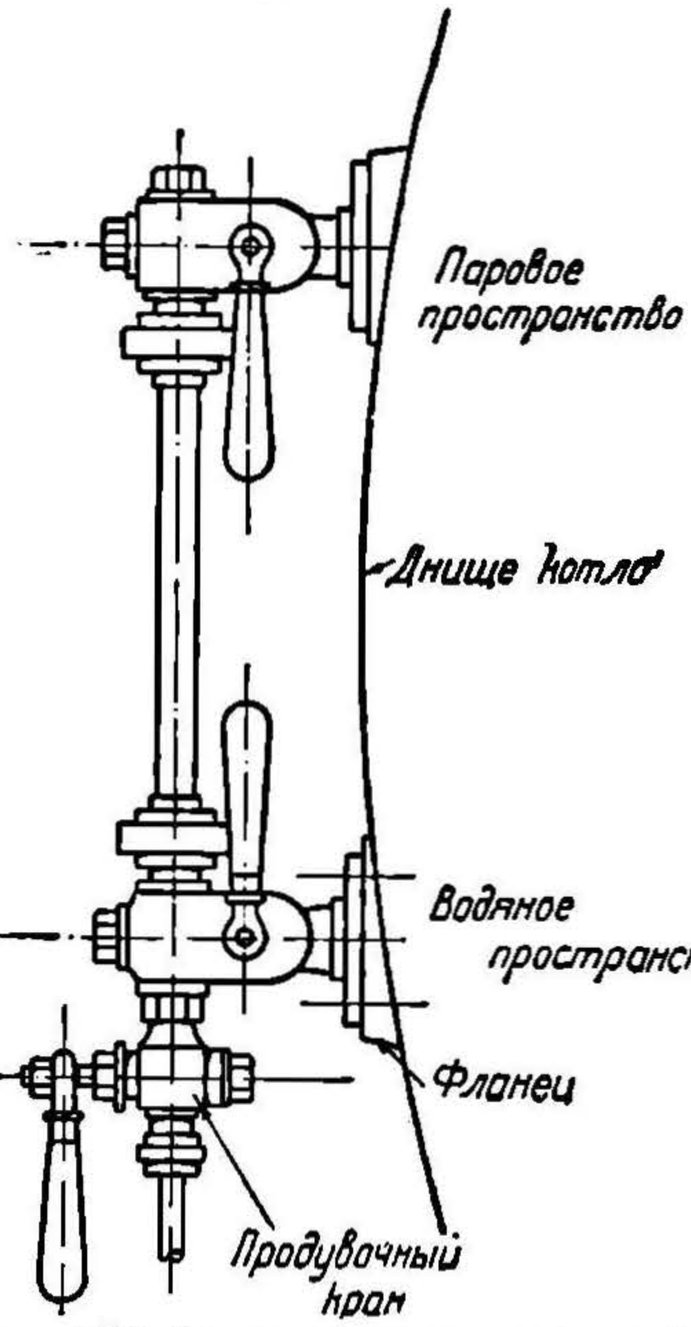
Устройство

Водоуказательные стекла [1] показывают уровень воды в котле. Действие их основано, как указывалось ранее, на том, что вода в двух сообщающихся сосудах стоит на одном уровне. В нашем случае такими сообщающимися сосудами будут котел и стекло.

Основные части водоуказательного стекла — два крана и стеклянная трубка (фиг. 152). Краны имеют оправу для закрепления помощью сальника поставленной между ними трубки. Они поме-



Фиг. 152. Установка водоуказательного стекла.



Фиг. 153. Водоуказательное стекло

щаются на днище котла, причем верхний кран своим каналом выходит в паровое пространство, а нижний — в водяное. Стеклянная трубка через краны сообщается с водяным и паровым

[1] По правилам НКТ СССР: На котлах, построенных до 1930 г., допускается одно водоуказательное стекло с двумя пробными кранами в этом случае. На котлах, построенных после 1930 г., поверхностью нагрева свыше 100 $м^2$, должно быть не менее двух водоуказательных стекол. При двух водоуказательных стеклах пробные краны необязательны. У водотрубных котлов с продольными барабанами на каждом барабане должны быть, по крайней мере, одно водоуказательное стекло и пробные краны. У водотрубных котлов с поперечными барабанами должно быть поставлено не менее двух водоуказательных стекол на том барабане, за уровнем воды в котором ведется наблюдение. У котлов Шухова на двух барабанах должно быть поставлено по одному стеклу, а на прочих — пробные краны. Водоуказательные стекла (трубки) должны быть снабжены предохранительными щитками (ограждениями). Для стекол Клингера щитки не требуются.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

пространствами, и вода в ней держится на том же уровне, что и в котле.

Устройство сальников для закрепления и уплотнения трубки следующее (фиг. 152 и 153). Обойма крана имеет втулку, в которую входит соответствующий конец стеклянной трубки. В кольцевой зазор между втулкой и стеклом закладываются резиновое кольцо и бронзовая втулка. На втулке крана снаружи ее имеется резьба, на которую навертывают гайку. При своем навертывании гайка через бронзовую втулку давит на резиновое кольцо, которое раздается в стороны и прижимается боковыми поверхностями к трубке и внутренней поверхности втулки, благодаря чему пар и вода не могут пробиться наружу.

На днище у стекла ставится металлический указатель, показывающий низший допускаемый уровень (100 *мм* над огневой линией). Кроме того, полезно иметь метку для высшего допускаемого уровня. Кочегар должен внимательно следить, чтобы вода не опускалась ниже низшего допускаемого уровня. С другой стороны, при питании котла не следует переходить за высший допускаемый уровень. При непрерывном питании следует держать уровень приблизительно посредине между высшим и низшим допускаемыми уровнями.

Водоуказательных стекол на котле обычно бывает два. Если стекла находятся в исправном состоянии, то вода в них стоит на одном уровне и слегка колеблется. Последнее происходит от бурления воды в котле.

Неисправности водоуказательных стекол

Водоуказательные стекла часто бывают неисправны. Причины их неисправностей могут быть следующие:

1. Засорение парового или водяного крана— полное или частичное. Происходит вследствие попадания в каналы кранов сора, грязи и пены из бурлящей воды в котле.

При полном засорении парового крана вода в стекле подтягивается к верхней гайке вследствие того, что пар в стекле сконденсировался, а свежий не может попасть в стекло. Значит, над водой нет давления, и ее поднимает вверх давлением из котла. При неполном засорении вода будет стоять на правильном уровне, но мало колебаться.

При полном засорении водяного крана вода в стекле стоит совершенно неподвижно, не колеблясь, и постепенно ее уровень повышается, так как на ней понемногу конденсируется пар. При неполном засорении уровень воды правильный, но колебания его очень слабые.

Засорение водяного или парового крана устраняется продувкой (см. ниже).

2. У открытого крана пробка частично или полностью перекрывает канал. Бывает это по невнимательности кочегара, поставившего ручку после продувки крана

НБ УДУНТ (ДІІТ)

в неправильное положение, или вследствие того, что ручка свернулась относительно пробки, например при открывании туго закипевшей пробки. Необходимо иметь риски на торцах пробок, по которым можно проверять правильное положение пробок.

Последствия полного или частичного перекрытия кранов те же, что при засорении. При полном перекрытии парового крана вода подтягивается к верхней гайке; при полном перекрытии водяного крана вода стоит неподвижно, и постепенно ее уровень поднимается. При частичном перекрытии парового или водяного крана уровень воды правильный, но почти не колеблется.

3. Закупорка концевых отверстий стеклянной трубки вследствие того, что резиновое кольцо сальника выдавилось через кромку стекла и закрыло полностью или частично его просвет. Бывает в том случае, если стекло нижним концом не упирается в закраину или верхним концом не перекрывает закраины вследствие своей недостаточной длины. Неправильности показаний стекол при полной или частичной закупорке концевых отверстий стеклянной трубки те же, что и в предыдущих двух случаях неисправности стекол.

При закупорке нижнего конца стеклянной трубки необходимо довести ее до закраины (см. как вставляется стекло). Если закупоривается верхний конец трубки, необходимо ее сменить, поставив более длинную трубку.

4. Перекрытие канала парового крана концом стеклянной трубки. Бывает, если поставлено слишком длинное стекло. Вызывает повышение уровня воды в стекле. Необходимо поставить более короткое стекло (см. как вставляется стекло).

5. Пропаривание кранов (парового, водяного и спускного) вследствие плохой притирки, износа пробок или неплотности сальника. При пропаривании парового крана несколько уменьшается давление в паровой части стекла, отчего уровень воды стоит выше, чем следует. Если пропаривает водяной кран, то происходит уменьшение давления в водяной части стекла, и уровень воды стоит ниже правильного. То же самое происходит, если парит продувочный кран.

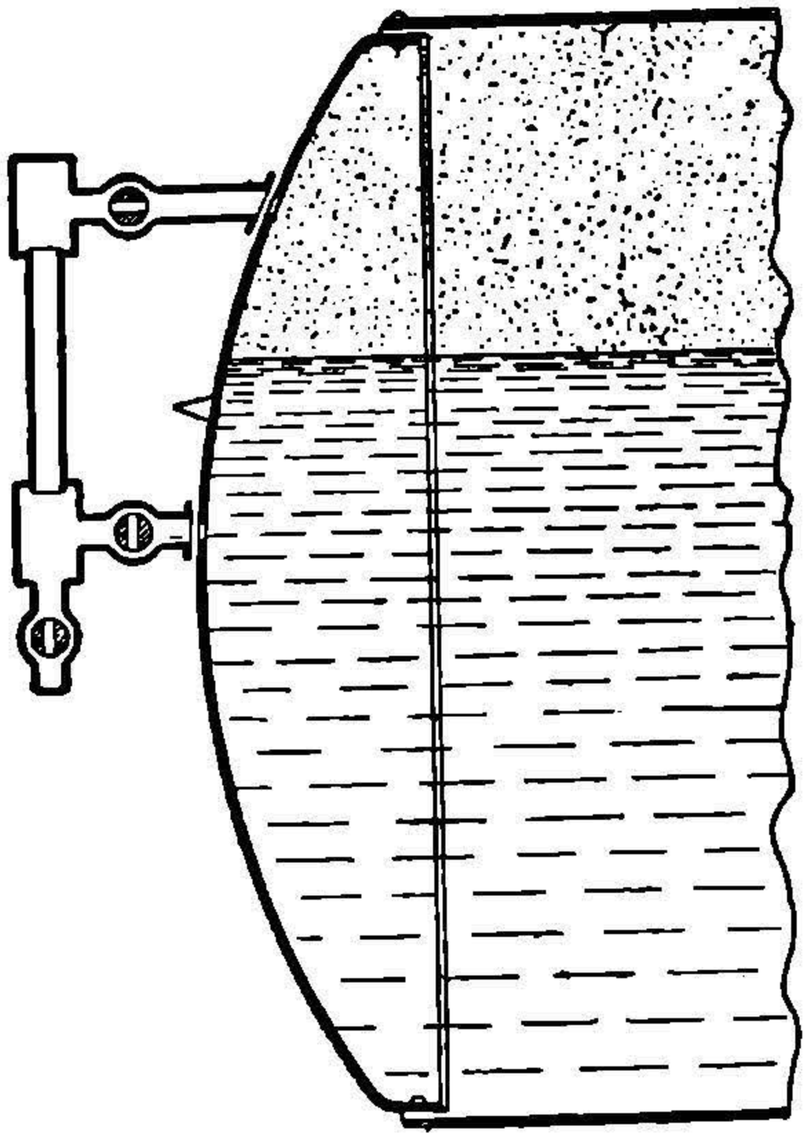
Продувка водоуказательных стекол

Засорение водоуказательных стекол устраняется продувкой парового и водяного кранов, каждого в отдельности (фиг. 154 и 155). Для продувки открывают продувочный кран, водоуказательное стекло соединяется с наружным воздухом, и давление в нем падает. Вследствие этого давлением из котла выдавливает из засоренного канала крана грязь, пену или сор наружу, и канал прочищается. Следует продувать не оба крана одновременно, а каждый в отдельности, для чего, продувая водяной, необходимо закрыть паровой кран, и наоборот. После продувки закрывают продувочный кран и смотрят, как вода поднимается в стекле. Если она поднимается достаточно быстро, то продувка удалась. Весь ход продувки будет таков:

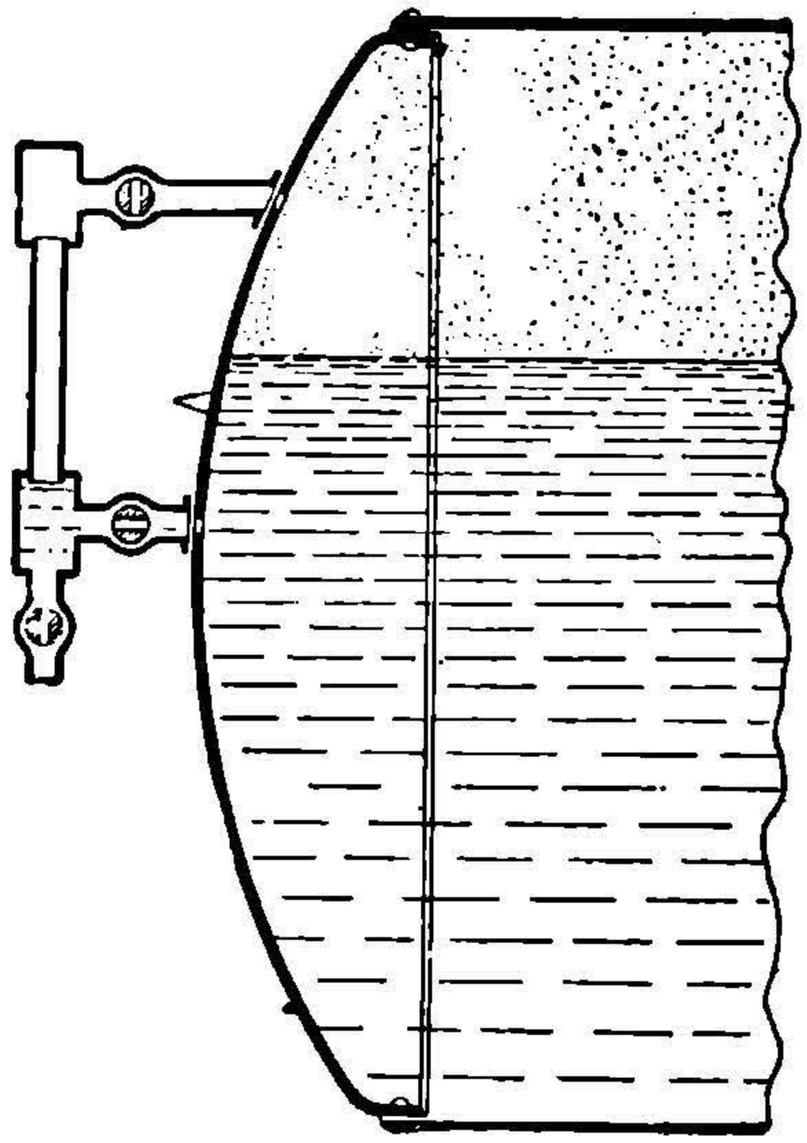
НБ УДУНТ (ДІТ)

1. Открытие продувочного крана.
2. Закрытие водяного крана.
3. Открытие водяного и закрытие парового.
4. Открытие парового крана и закрытие продувочного крана (и наблюдение за тем, как поднимается вода в стекле).

Повертывать краны после продувки следует медленно и осторожно, чтобы в водоуказательном стекле не происходило ударов воды и пара. Закрывание и открывание кранов должно быть правильное, т. е. полное, о чем можно судить по их ручкам, которые нужно точно ставить в соответствующее положение.



Фиг. 154. Продувка парового крана.



Фиг. 155. Продувка водяного крана.

Водоуказательные стекла продуваются не только при замеченном и явном засорении, но и вообще не менее трех раз в смену, а при грязной воде и чаще, хотя бы стекла по внешнему виду и не нуждались в продувке. Делается это с целью убедиться по поднятию воды в полной исправности стекол и для предупреждения начал засорения. Кроме того, повертыванием пробок при продувке предохраняют их от закипания. У закипевших кранов бывали неоднократные случаи поломок и ошпаривания кочегара, когда он с силой повертывал ручку пробки для продувки или смены лопнувшего стекла. Итак, кочегар, который продувает стекла только тогда, когда они уже засорились, показывает этим крайнюю небрежность и непонимание своих обязанностей.

Если после продувки вода в стекле не поднимается или поднимается медленно, необходимо прочистить канал проволокой, для чего против каналов в обоймах (оправах) стекла имеются отверстия, закрытые пробкой. Оба крана закрывают,

НБ УДУНТ (ДІТ)

вывинчивают пробку, в отверстие вставляют проволоку и, открыв кран, просовывают проволоку в канал, прочищая его. После прочистки канала необходимо продуть кран с целью убедиться, что прочистка вполне удалась.

Бывает так, что при вполне исправных стеклах вода в двух стеклах стоит не на одном уровне, а в одном выше, чем в другом. Это может быть у стекол, поставленных на двух продольных барабанах одного и того же котла. Причина такого явления—в неодинаковой работе обеих половин топки котла, например, скажем, правая половина топки работает сильнее, чем левая. В этом случае в правом барабане вода будет стоять выше, чем в левом, главным образом вследствие более сильного движения и бурления пара в нем. Одна половина топки может лучше работать, чем другая, вследствие того, что она: 1) менее зашлакована, или 2) горение на ней идет усиленно, в то время как другая половина находится на прогаре, 3) имеет более сильное дутье, и т. д. Когда наблюдаются такие случаи, необходимо выяснить их причину и принять меры к ее устранению.

Как вставляются стекла

Водоуказательные стекла (трубки) лопаются в работе, и их приходится заменять новыми. Для этого закрывают оба крана — водяной и паровой, после чего свинчивают гайки сальника и вынимают втулки и резиновые кольца. Новое стекло вставляется через оправу парового крана сверху. Для этого имеется отверстие, закрытое пробкой. На стекло надевают снизу оба комплекта сальников с гайками и вставляют стекло в водяной кран и доводят его до закраины. Верхний и нижний комплекты сальников ставятся на место, причем гайки завертываются не сразу, а в два-три приема по очереди каждая. Гайки должны навертываться прямо, без перекоса.

Стекла в работе лопаются по следующим причинам:

1. Неправильная продувка стекол.

а) Если, продув паровой кран, закрывают сначала его, а потом для продувки открывают водяной. В этом случае вода сразу бросается вверх в стекло, и от ее удара или внезапного нагрева стекло может лопнуть.

б) Если после окончания продувки быстро закрывают продувочный кран, то причиной поломки является внезапное повышение давления в стекле.

2. Если пустить в новое непрогретое стекло горячую воду.

3. Внезапное охлаждение стекла струей холодного воздуха, например при открывании окон или дверей в котельной.

4. Перекос стекла. Бывает в следующих случаях:

а) при неправильной установке крана на днище,

б) при изменении формы днища от нагрева,

в) если краны ослабли и недостаточно прочно держатся на днище.

5. Если стекло не получено необходимой длины, а отрезано от длинного куска. В этом случае на кромке отреза иногда ока-

НБ УДУНТ (ДІТ)

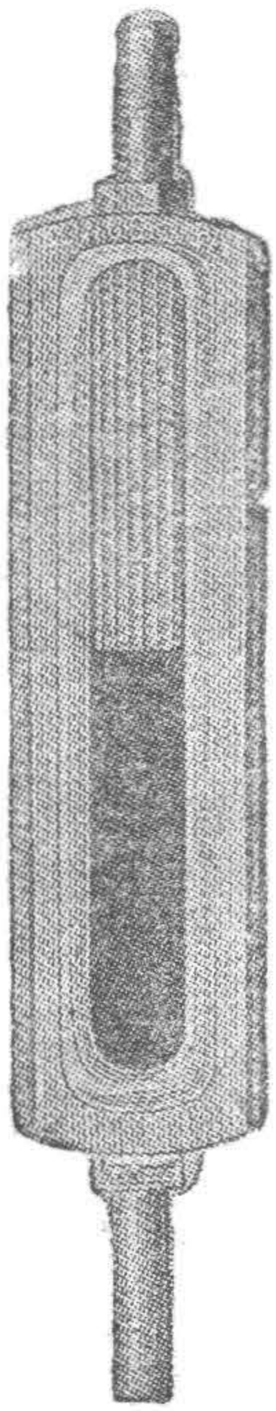
зываются трещины, вследствие которых стекло может лопнуть в работе.

6. Утонение стекла от износа.

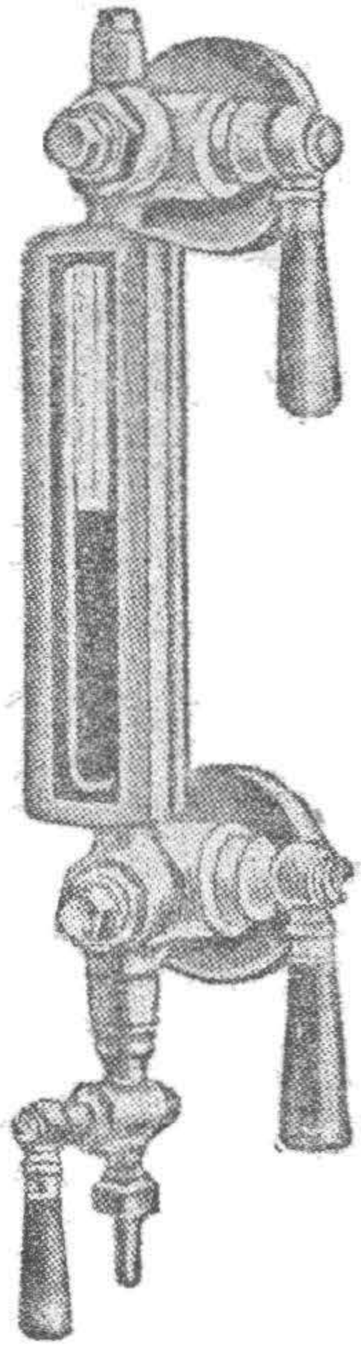
7. Плохой материал стекла.

Стекла Клингера

Стекла Клингера имеют более сложное устройство, чем описанные выше обыкновенные (круглые) стекла, но зато они удобнее и безопаснее в работе. У них круглое стекло заменено плоским толстым стеклом, которое поставлено в передней открытой стороне бронзовой коробки (фиг. 156). Бронзовые же трубки на донышках коробки вставлены в сальники на кранах, как концы обыкновенного круглого стекла (фиг. 157). Особенность плоского стекла та, что на его внутренней (задней) поверхности имеются продольные бороздки. Благодаря этим бороздкам вода в стекле кажется темной. Получается ясная, отчетливая разница между темной полосой воды в стекле и светлой полоской пара над ней. Помимо этого, плоские стекла значительно реже лопаются, чем круглые, и обычно остаются на месте в коробке, не разлетаясь кусками в стороны. В отношении продувки к ним должны применяться все правила, указанные выше.



Фиг. 156. Коробка со стеклом Клингера.



Фиг 157. Водоуказательное стекло Клингера.

ВОПРОСЫ

Что показывают водоуказательные стекла и на чем основано их действие?

Что такое низший допускаемый уровень?

Допускается ли, чтобы вода опустилась ниже низшего допускаемого уровня?

На каком уровне нужно держать воду при непрерывном питании?

Сколько стекол должно быть на котле?

Укажите признаки неисправности водоуказательных стекол.

Перечислите причины неисправностей водоуказательных стекол и способы устранения этих неисправностей.

Для чего производится продувка водоуказательных стекол и в чем ее сущность?

В каком порядке производят продувку?

Как проверять правильное (т. е. полное) открытие кранов?

Сколько раз в смену нужно продувать стекла и когда?

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Что нужно сделать, если продувка не удалась, и как?

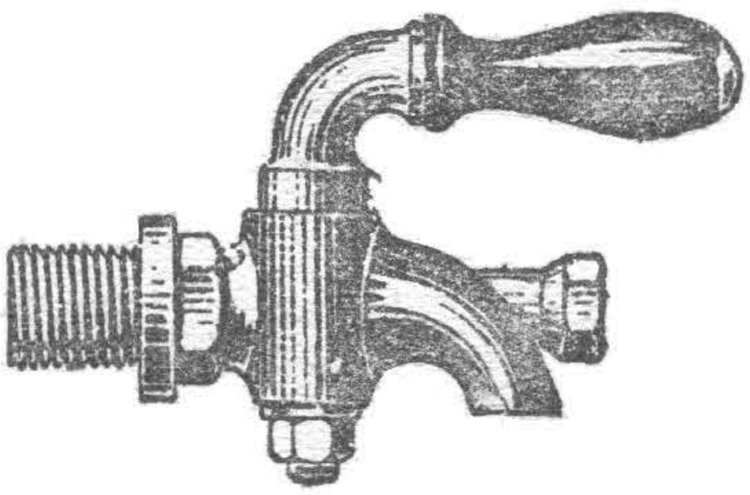
В каких случаях вода в двух стеклах, установленных на разных барабанах, может быть не на одном уравне?

6. Пробные краны

Пробные краны чаще всего устраиваются в виде обыкновенных кранов с пробкой, подтягиваемой при ее ослаблении или износе гайкой снизу (фиг. 158).

На котле должно быть не менее двух кранов: один на низшем допускаемом уровне, другой — на высшем.

Горячая вода, вытекающая из крана, превращается в ясно видный белый пар вследствие того, что ее давление понижается до 1 *ат*, и она оказывается перегретой для такого давления. Температура воды должна снизиться до 100°, т. е. вода должна выделить (отдать) излишек своей теплоты. Этот излишек теплоты уходит на испарение ч а с т и воды. Поэтому из-под крана идет



Фиг. 158. Пробный кран.

хорошо видимая смесь пара и водяной пыли. Если под нее подставить, например рукавицу, то последняя покроется водяной пылью.

Не то бывает, если из крана идет один только пар. Он становится видимым только на некотором расстоянии от крана и затем снова исчезает. Если под него что-нибудь подставить, то никакого увлажнения не происходит.

Из изложенного ясно, что, о т к р ы в а я п р о б н ы й к р а н, м ы м о ж е м с у д и т ь, н а х о д и т с я л и у р о в е н ь в о д ы н и ж е и л и в ы ш е е г о. П о л ь з у я с ь ж е о б о и м и к р а н а м и, м о ж н о о п р е д е л и т ь, н а х о д и т с я л и у р о в е н ь в о д ы м е ж д у н и м и, к а к э т о д о л ж н о б ы т ь, и л и н е т. Если вода упущена, то из нижнего крана пойдет малозаметный пар. Если вода перекачена, то из верхнего крана будет итти густой белый пар.

П р о б н ы м и к р а н а м и п о л ь з у ю т с я:

1. Если в водоуказательных стеклах не стало видно воды. Необходимо установить, действительно ли упущен уровень или он находится только несколько ниже гайки и потому не виден, но еще выше нижнего крана.

2. Для проверки водоуказательных стекол, когда нет уверенности в их полной исправности.

НБ УДУНТ (ДІТ)

3. В случае кратковременной порчи стекол, пока принимаются меры для их исправления.

Работать на пробных кранах не кратковременно не разрешается, так как нельзя знать точного положения уровня и легко упустить его. Следовательно, если неисправность водоуказательных стекол не кратковременная, то котел необходимо остановить.

Для поддержания пробных кранов в исправном состоянии их необходимо раза два-три в смену продувать. Если продувка не удается, то забитый канал прочищают проволокой, вывинтив пробку, закрывающую отверстие в канал. Кран во время вывертывания пробки должен быть, понятно, закрыт.

ВОПРОСЫ

Для чего на котле ставятся пробные краны?
На каком уровне ставятся пробные краны?
В каких случаях пользуются пробными кранами?
Что значит, если из нижнего пробного крана идет пар?
Что в этом случае следует сделать?

7. Спускной (продувочный) кран

Из котла при полной его остановке на чистку или ремонт приходится выпускать воду. У работающего котла выпускают ежедневно или через другие промежутки времени часть воды для удаления скопляющейся в котле грязи и не приставшей к стенкам накипи. Это называют продувкой котла. Для этой цели служит водяная линия, идущая от самого низкого места котла или из грязевика, если он имеется.

На водяной линии около котла устанавливают запорный клапан или кран (фиг. 159). После продувки котла грязь и накипь могут быть зажаты между седлом и тарелкой клапана, клапан останется в этом случае неплотно закрытым и будет пропускать воду из котла. Краны часто не закрываются после продувки по другой причине. Именно пробка крана во время продувки сильнее нагревается, чем обойма крана, и заедает в ней; пробку оказывается очень трудным повернуть на место. Поэтому желательно ставить на водяной линии оба прибора, что делает ее запирание, конечно, значительно более надежным: в случае неплотности или полного отказа одного прибора будет действовать другой.

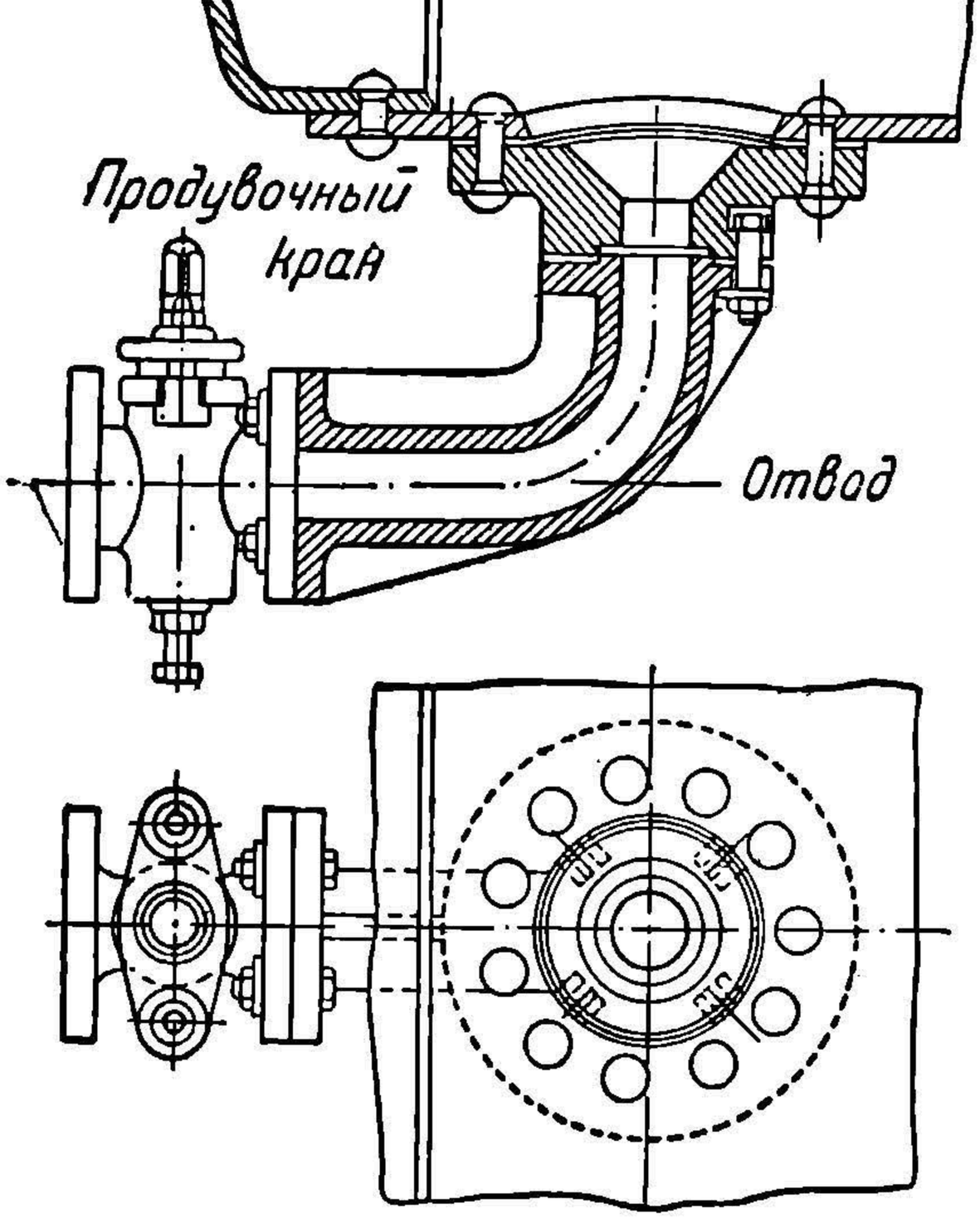
Сроки продувки устанавливаются заведующим котельной или механиком и зависят от качества воды (количества и состава примесей) и от нагрузки котла. При усиленной работе (большой съем пара) котел приходится продувать чаще.

Продувку желательно производить не на ходу котла, а к концу перерыва (если они бывают) и при пониженном давлении пара. Продувка на ходу котла менее достигает цели, так как примеси находятся в движении, не оседая в более низких местах котла, откуда их легче увлекает водой при

НБ УДУНТ (ДІІТ)

продувке. Понижение давления котла желательно в целях безопасности: в случае неисправности крана из котла меньше уйдет воды, пока будут приняты необходимые меры (см. ниже).

Перед продувкой необходимо проверить исправность продувочной линии. Отвод между котлом и продувочным краном может быть забит накипью и грязью, вследствие чего он будет холодный наощупь. В этом случае продувку производить нельзя: при прорыве пробки получится сильный водяной удар, как если бы сразу открыли кран (или вентиль). Необходимо также проверить кран, осторожно повернув его на очень небольшой угол. Тугой кран нельзя поворачивать, насаживая на ключ трубу: можно легко сломать кран или отвод и быть ошпаренным горячей водой. У тугого крана слесарь должен ослабить пробку, надев на нее предохранительную скобу, благодаря которой пробка не может выскочить из крана по какой-нибудь случайности.



Фиг. 159. Спускной (продувочный) кран.

Если продувка производится на ходу котла, то следует ослабить горение в топке на случай неисправности продувочного крана.

Когда все проверено, то подкачивают в котел воды на ¾ стекла, чтобы ее было достаточно для продувки. После этого осторожно открывают продувочный кран и закрывают его, когда уровень воды в стеклах будет еще на 3—5 *см* выше низшего допускаемого уровня. Если кран находится позади котла, то продувку нужно делать вдвоем: один кочегар должен находиться у спускного крана, другой должен следить за водоуказательными стеклами. При закрывании крана необходимо повертывать пробку в ту же сторону, как и при открывании. Благодаря полным оборотам при повертывании обе половины

НБ УДУНТ (ДІТ)

(стороны) пробки испытывают по очереди нажатие от давления из котла, и пробка равномернее срабатывается и дольше сохраняет свою плотность.

Если после продувки кран не закрывается, то следует немедленно питать котел, чтобы не упустить в нем воду.

Спустя некоторое время после продувки следует пощупать рукой спускную линию за краном. Если кран пропускает, то труба будет горяча. В этом случае нужно попытаться повернуть кран на полный оборот и проверить, пропускает ли он после этого.

ВОПРОСЫ

Где на котле устанавливается спускной (продувочный) кран?
Какую цель преследует продувка котла?
Опишите, как производится продувка котла.
Что следует сделать, если кран после продувки не закрывается?
Как убедиться в том, пропускает ли продувочный кран?

8. Манометр

Манометр служит для измерения давления в котле. Пользуясь им, поддерживают необходимое давление, которое никогда, конечно, не должно превышать предельного.

Давление в метрической системе мер измеряется в атмосферах. Манометр не учитывает одной атмосферы давления, которая является давлением окружающего нас воздуха, в частности давлением и в холодном открытом котле. Чтобы определить полное абсолютное давление в котле, необходимо к показанию манометра прибавить одну атмосферу. Например, если по манометру *7 ат*, то абсолютное давление в котле — 8 *ат*.

С устройством манометра в общих чертах мы уже знакомы (см. стр. 20). Разгибание пустотелой пружины *1* овального сечения в манометре системы Бурдона (фиг. 160) происходит по следующей причине:

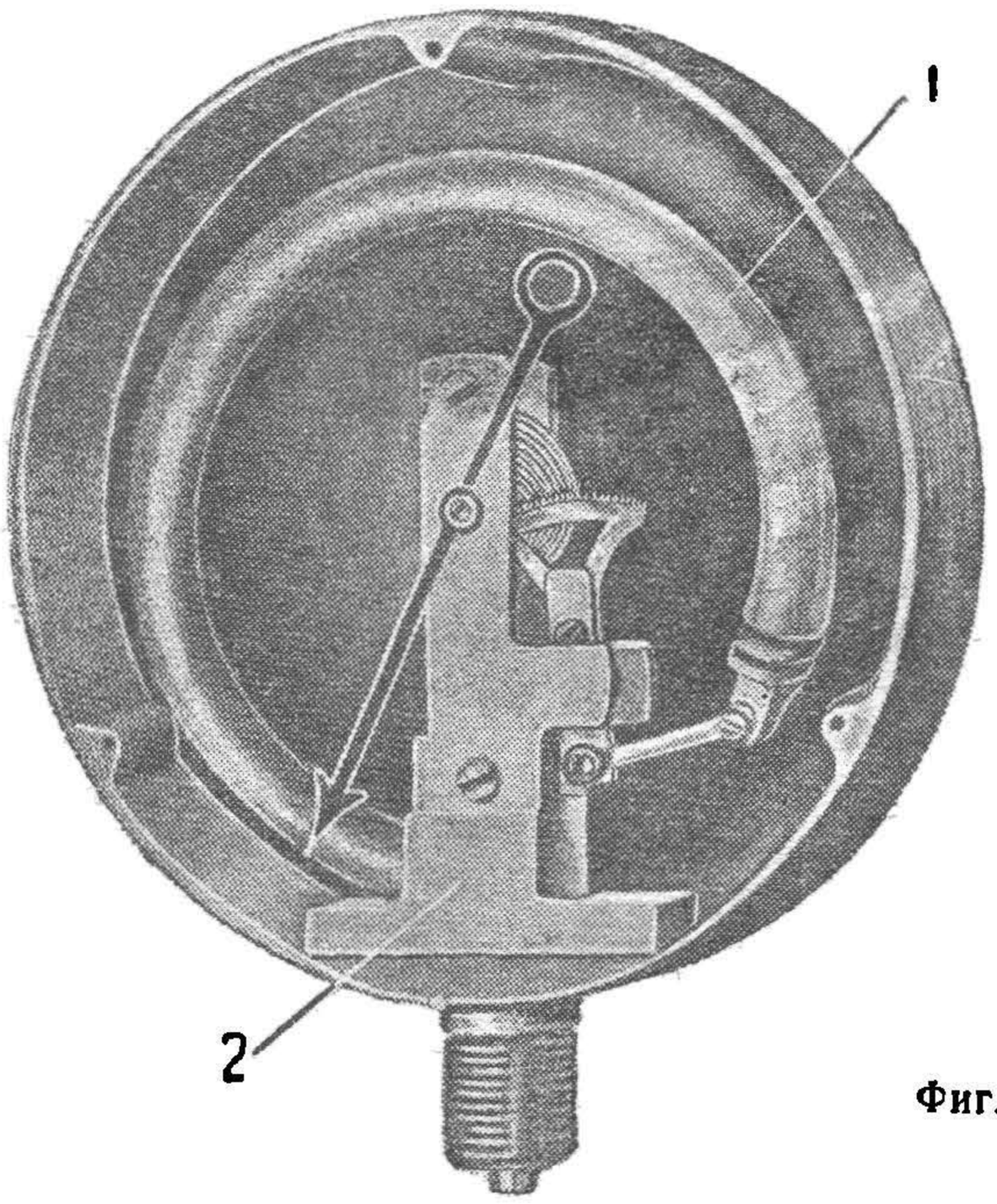
Две стороны пружины — выпуклая и вогнутая (находящаяся ближе к оси стрелки) — неодинаковы по площади: у выпуклой стороны площадь больше. Это так же, как, например, у обода колеса площадь стороны, на которую надета шина, больше той, в которую входят спицы. Давление пара действует на пружину одинаково на каждый квадратный сантиметр, однако в общем по всей величине оказывается на выпуклой стороне больше, чем на вогнутой. Вследствие этого пружина разгибается, причем ее свободный конец отходит от своего начального положения, и тем больше, чем больше давление в котле. Движение свбодного конца передается помощью механизма стрелке, которая по шкале указывает давление.

Предельное давление для котла обязательно отмечается на шкале красной чертой.

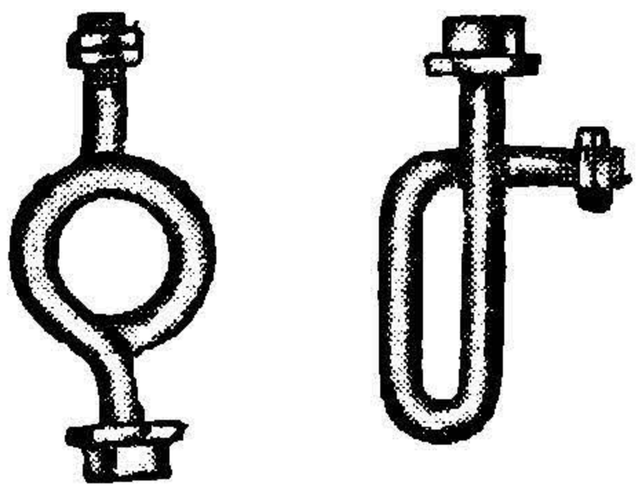
НБ УДУНТ (ДІТ)

Если на котел манометр ставится вновь, то необходимо проверить, есть ли на шкале красная черта и соответствует ли она предельному давлению.

В манометре системы Шефер и Бурденберг взамен трубчатой пружины имеется пластинчатая. Чтобы пружина была более упругой, ее делают волнистой. Под давлением пара она прогибается и посредством рычажков и зубчаток приводит в движение стрелку, показывающую на шкале давление (фиг. 19).



Фиг. 160. Манометр Бурдона.



Фиг. 161. Сифонные трубки.

Сифонная трубка

Пружина манометра боится действия горячего пара: она от него легко портится, и манометр начинает неправильно показывать. Кроме того, может распаяться неподвижный конец пружины, впаянный в соединительную муфточку *2*. Ввиду этого манометр соединяют с паровым пространством котла трубкой, которая имеет небольшой (обычно в $1\frac{1}{2}$ оборота) змеевичок, называемый сифоном (фиг. 161). В нем пар охлаждается и конденсируется, а получившаяся вода скопляется и остывает. Давление горячего пара передается через холодную воду. что предохраняет пружину от порчи.

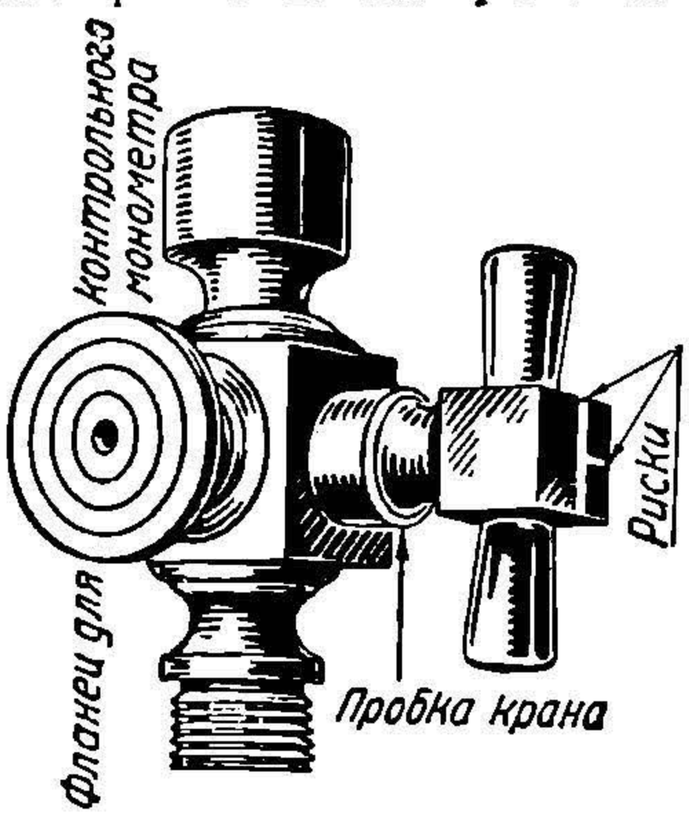
Трехходовый кран

Между манометром и сифонной трубкой ставится особый кран, называемый трехходовым (фиг. 162 и 163). Он дает возможность проверять исправность манометра.

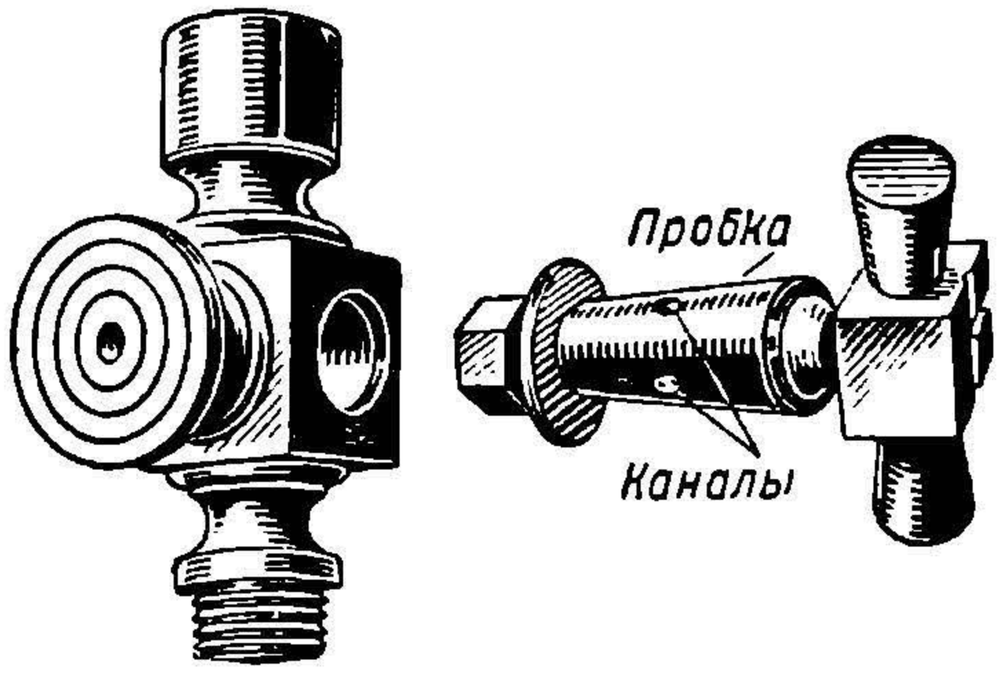
НБ УДУНТ (ДІІТ)

В пробке трехходового крана имеются два канала: один сквозной и другой — доходящий только до сквозного (под прямым углом к нему). Обойма крана тоже имеет спереди канал. Его выходное отверстие находится в центре круглого фланца, о назначении которого будет сказано ниже.

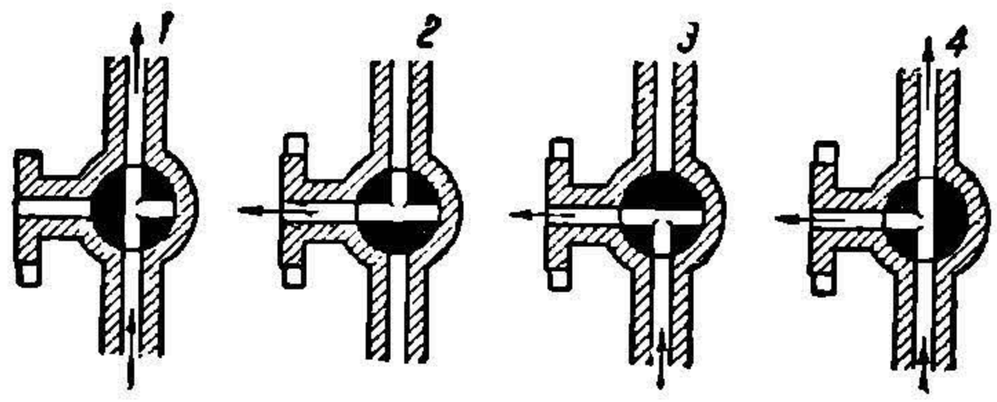
Пробка крана может занимать четыре положения, которые изображены на фиг. 164:



Фиг. 162. Трехходовой кран манометра.



Фиг. 163. Трехходовой кран манометра в разобранном виде.



Фиг. 164. Четыре положения трехходового крана.

1) Р а б о ч е е, — когда сквозной канал соединяет манометр с сифонной трубкой (т. е. котлом), а поперечный обращен к глухой стенке обоймы.

2. П о л о ж е н и е п р о в е р к и м а н о м е т р а н а н у л ь — сквозной канал совпадает с отверстием в корпусе крана, а поперечный обращен вверх к манометру.

3. П о л о ж е н и е д л я п р о д у в к и с и ф о н н о й т р у б к и — сквозной канал сообщается с отверстием в обойме крана, а поперечный канал обращен к сифонной трубке.

4. П р о в е р о ч н о - и с п ы т а т е л ь н о е — сквозной канал соединяет манометр с котлом, поперечный повернут в обратную сторону — к каналу в обойме крана.

Проверка манометра

Когда кран повернут во в т о р о е п о л о ж е н и е, то манометр отключен от котла и сообщается с наружным воздухом; давление в нем падает до атмосферного, и стрелка должна, не

НБ УДУНТ (ДІІТ)

задерживаясь, опуститься на нуль. При включении после такой проверки манометра в действие (для чего нужно осторожно повернуть кран в рабочее положение) стрелка манометра должна достаточно плавно, без скачков и задержек, вернуться в прежнее положение.

При третьем положении сифонная трубка соединена с наружным воздухом. Происходит продувка сифонной трубки, и воду из нее паром выдавливает наружу. Продувают сифонную трубку при приемке смены, а также в том случае, когда после проверки манометра на нуль стрелка медленно поднимается или не доходит до прежнего положения (см. ниже «Неисправности манометра»). После продувки сифонной трубки нельзя сразу перевести кран в рабочее положение (включить манометр). В сифонной трубке нет уже сконденсированной воды, что, однако, как указывалось выше, необходимо для сохранности пружины. Ввиду этого нужно поставить кран на короткое время в промежуточное положение, осторожно повернув его на восьмую оборота; в сифонной трубке успеет сконденсироваться пар, после чего осторожно повертывают кран полностью в рабочее положение, т. е. включают манометр.

Четвертое положение трехходового крана необходимо при гидравлическом испытании котла и для проверки рабочего манометра. При обычном рабочем положении крана прикрепляют контрольный (точный) манометр и осторожно переводят кран в четвертое положение. Пар давит одновременно на контрольный и рабочий манометры, и если их показания совпадают между собой, то рабочий манометр точен.

На пробке трехходового крана имеются риски, указывающие направление каналов. При помощи этих рисок можно безошибочно ставить кран в любое из указанных положений. Повертывание крана при продувках и переключениях должно производиться медленно и осторожно. При быстром повертывании пар будет через воду резко ударять в пружину, или давление в ней будет сразу падать; то и другое ведет к порче пружины и механизма.

Манометр проверяют, становясь на смену, и один раз в течение нее. Помимо того проверку манометра производят, как только замечено будет, что стрелка манометра долго стоит совершенно неподвижно или что она не дошла до красной черты, а предохранительный клапан парит.

Если, однако, стрелка манометра долго стоит неподвижно в начале растопки котла (после того как предохранительный клапан опущен), то необходимо постучать пальцем по коробке манометра, чтобы стронуть стрелку с места.

При растопке котла необходимо для взаимной проверки манометра и предохранительного клапана (см. также раздел «Предохранительный клапан») довести давление в котле до предельного, хотя бы соседние котлы работали на меньшем давлении (после чего питанием холодной воды в котел и ослаблением топки снижают давление в котле до требуемого).

НБ УДУНТ (ДІТ)

Неисправности манометра

При проверке манометра на нуль могут обнаружиться следующие неисправности:

1. Стрелка манометра не опускается на нуль (когда трехходовой кран поставлен в положение проверки).

2. При обратном повертывании трехходового крана в рабочее положение (включение манометра) стрелка от нуля поднимается медленно или не доходит до прежнего положения.

Первый случай неисправности указывает на засорение каналов крана и чаще всего на то, что прокладка между отростком манометра и краном перекрывает их каналы. Необходимо снять манометр, проверить положение прокладки, поставить манометр на место и продуть его снова. Если после этого стрелка манометра не опустится на нуль, то, очевидно, он неисправен, и его необходимо быстро сменить или остановить котел.

Второй случай неисправности может зависеть:

1) тоже от засорения в пробке крана,

2) от засорения сифонной трубки,

3) наконец от того, что прокладка между сифонной трубкой и краном перекрывает их отверстие.

Необходимо продуть сифонную трубку, для чего ее соединяют с наружным воздухом, поставив кран в третье положение. Если продувка сифонной трубки не дает нужного результата, то необходимо остановить котел, так как и исправный манометр не будет в этом случае правильно показывать.

ВОПРОСЫ

Для чего на котле ставится манометр?
Как работает манометр с пружиной Бурдона?
Что такое сифонная трубка и для чего она ставится?
Для чего служит трехходовой кран и как он устроен?
Как расположены каналы трехходового крана при рабочем положении манометра, при его проверке и при продувке сифонной трубки?
Как и когда производится проверка манометра на нуль?
Как производится продувка сифонной трубки?
Перечислите неисправности манометра.
Что следует сделать, если установлено, что манометр неисправен.

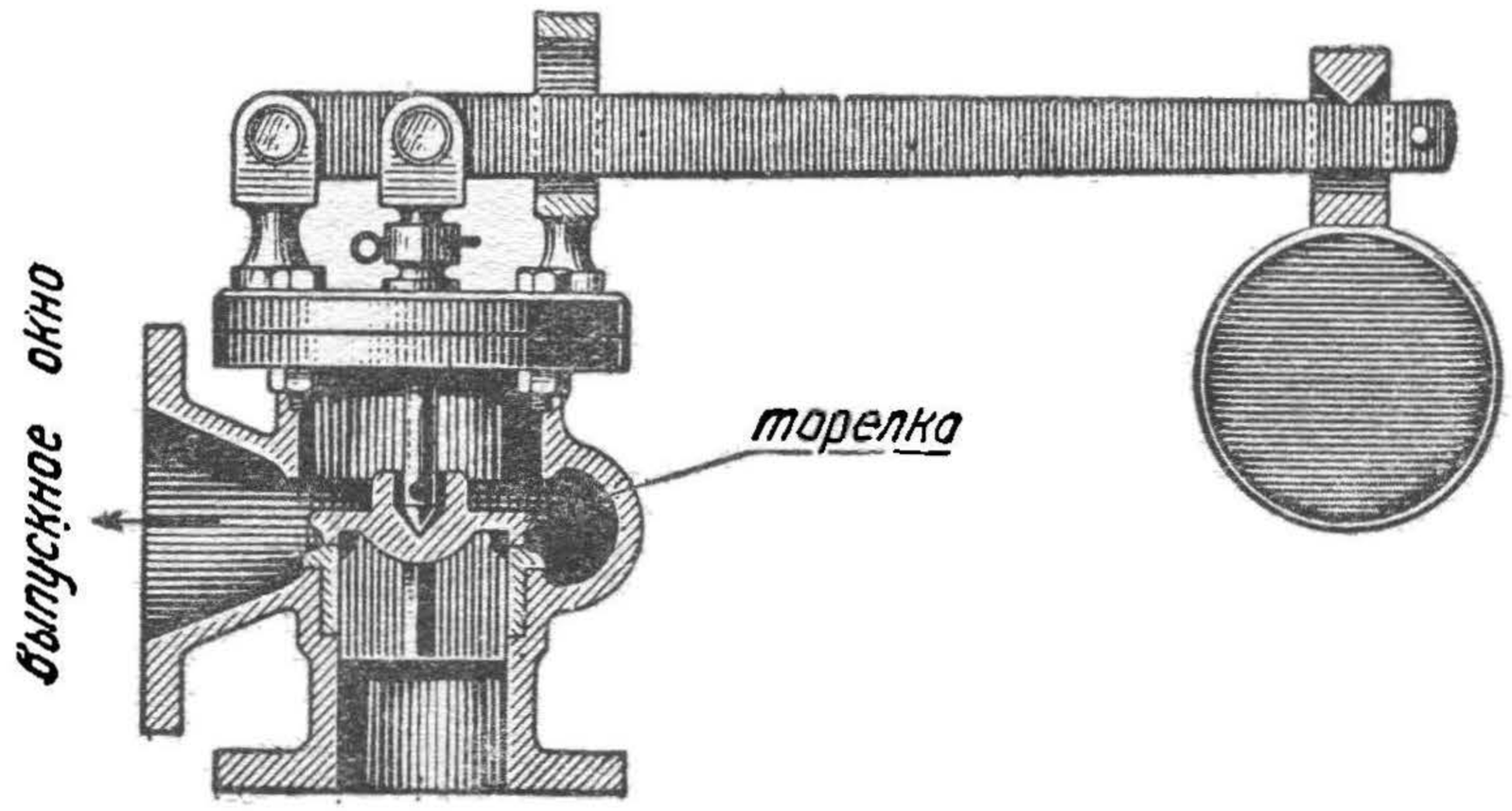
9. Предохранительный клапан

Устройство

Предохранительный клапан, если давление в котле переходит за предельное, выпускает часть лишнего пара, что замедляет подъем давления. Шум от вырывающегося пара указывает кочегару, что нужно немедленно принять меры к снижению давления. Наконец предохранительный клапан и манометр контролируют (проверяют) друг друга тем, что при предельном давлении переход стрелки за красную черту и открытие клапана должны точно совпадать.

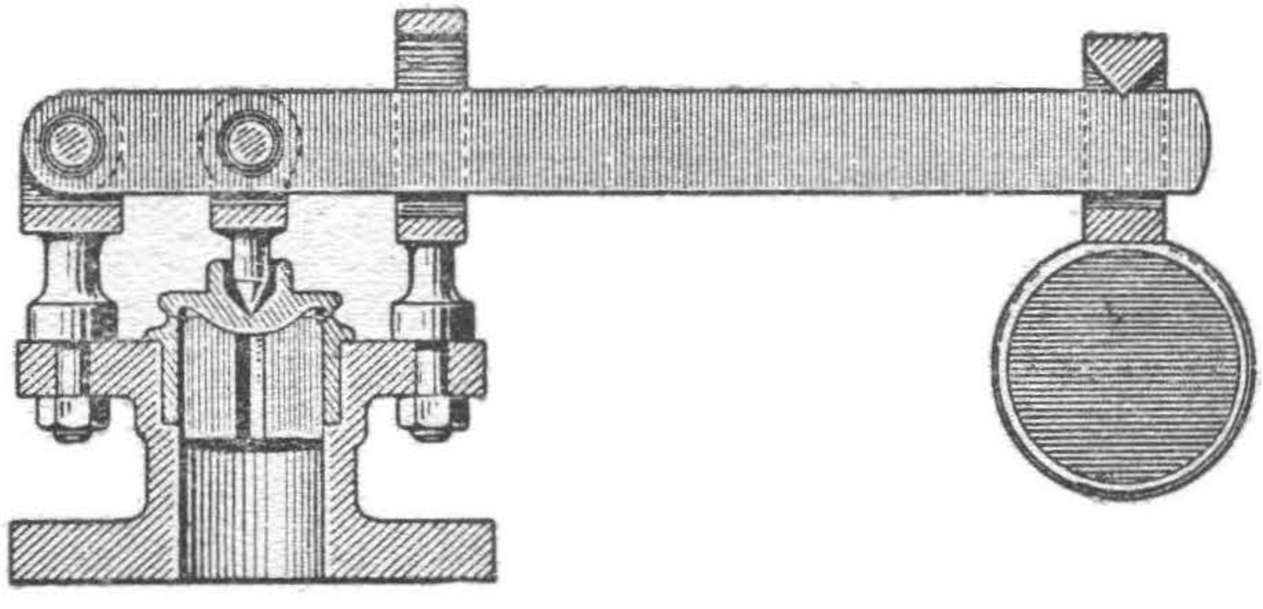
НБ УДУНТ (ДІІТ)

Устройство предохранительного клапана видно на фиг. 165 и 166. Выход пара из отверстия клапана закрывается тарелкой. Она сидит на втулке, вставленной в отверстие и называемой седлом. Крылья тарелки не позволяют ей перекашиваться относительно седла.



Фиг. 165. Предохранительный клапан.

На тарелку снизу давит пар, стремясь ее поднять и вырваться из клапана. Сверху на тарелку передается давление от груза на конце рычага. Этот груз и длина рычага подобраны так, что тарелка поднимается, как только давление в котле превысит предельное, т. е. как только стрелка манометра начинает переходить за красную черту.



Фиг. 166. Предохранительный клапан.

Если груз увеличить или сдвинуть дальше на рычаге, то клапан своевременно при предельном давлении уже выпускать пара не может. Еще хуже будет, если рычаг заклинить, т. е. вставить в скобу клин, который не позволит рычагу вовсе подниматься. Некоторые кочегары продслывают такие вещи, желая «нагнать пару в котле», чтобы давление не садилось, когда начнется усиленный расход пара. Делают это также иногда с целью устранить пропаривание клспана, когда он по какой нибудь причине (см. ниже) выпускает пар преждевременно, еще до предельного

НБ УДУНТ (ДІІТ)

давления. Нечего говорить, что всякая перегрузка клапана, а тем более заклинивание рычага, совершенно недопустимы, так как позволяют давлению пара в котле переходить за предельное, что легко может вызвать взрыв котла.

По правилам НКТ на котле должно находиться не менее двух предохранительных клапанов. Один из них должен быть закрыт запертым на замок футляром (коробкой), который не позволяет сдвигать или увеличивать груза на рычаге. Рычаг клапана можно приподнимать для продувки (см. ниже) при помощи прикрепленной к нему цепочки, проходящей через футляр.

Продувка

С целью убедиться, что клапан находится в исправном состоянии и пропускает пар, производят его продувку. Для этого осторожно и немного приподнимают рычаг (что при предельном давлении требует незначительного усилия), и клапан должен запарить. После того как рычаг опущен, парение должно прекратиться. Продувать клапаны нужно обязательно, становясь на смену, и не менее одного раза в течение ее и, кроме того, разумеется, как только замечают, что клапан не парит, когда стрелка манометра стала переходить за красную черту. Необходимо также продуть клапан и в случае его преждевременного парения.

Неисправности

Неисправности предохранительного клапана сводятся к тому, что:

он своевременно не открывается при переходе давления за пределы (запаздывание клапана);

пропаривает, т. е. выпускает пар, не поднимая тарелки, еще до предельного давления.

Причинами несвоевременного открытия клапана являются:

1. Тарелка клапана прикипела к седлу. В этом случае при продувке рычаг приподнимается с усилием, так как на него снизу через прикипевшую тарелку не передается давление пара и, следовательно, руке приходится выдерживать тяжесть груза. Необходимо попытаться повернуть шток клапана, если он вращается независимо от рычага, или легонько постучать сбоку по штоку. Из осторожности можно перед этим легко вставить клин в скобу, чтобы рычаг сразу не откинуло, если тарелка отстанет, а в котле случайно давление больше предельного. Конечно, клин после этого нужно немедленно вынуть.

2. Перегрузка клапана — груз увеличен или сдвинут (если это возможно) дальше к концу, так что на тарелку приходится сверху большее давление, чем следует.

3. Рычаг клапана сдвинулся вбок и прижался к скобе. Трение об нее задерживает своевременное поднятие клапана. Происходит иногда вследствие того, что при продувке тянут рычаг вбок (встав не против него, а сбоку), сдвигая и прижимая его к себе.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ВОПРОСЫ

Что такое предохранительный клапан и для чего он ставится на котле?

Сколько предохранительных клапанов ставится на котле?

Почему один предохранительный клапан заключается в запираемый на замок футляр?

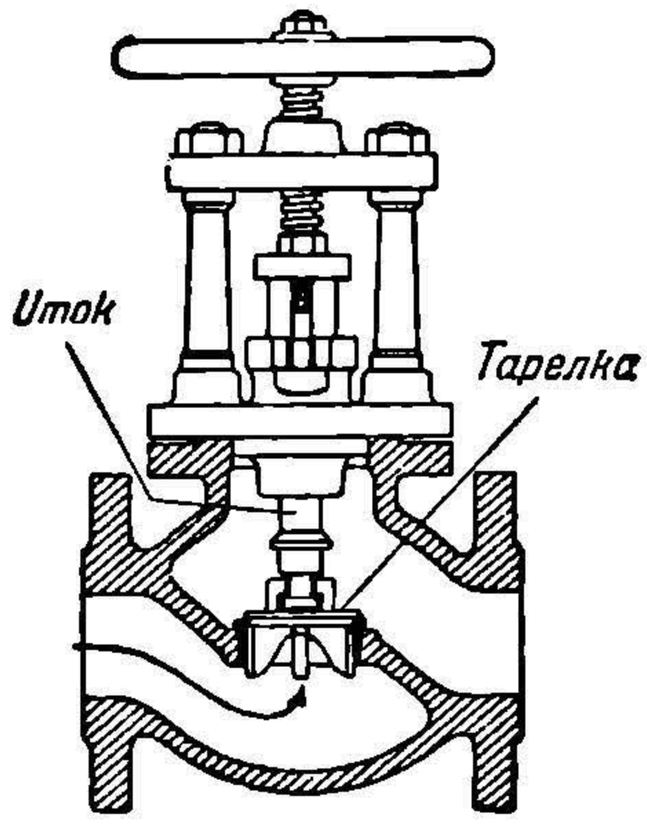
Как производится продувка предохранительного клапана?

Перечислите неисправности предохранительного клапана и способы их устранения.

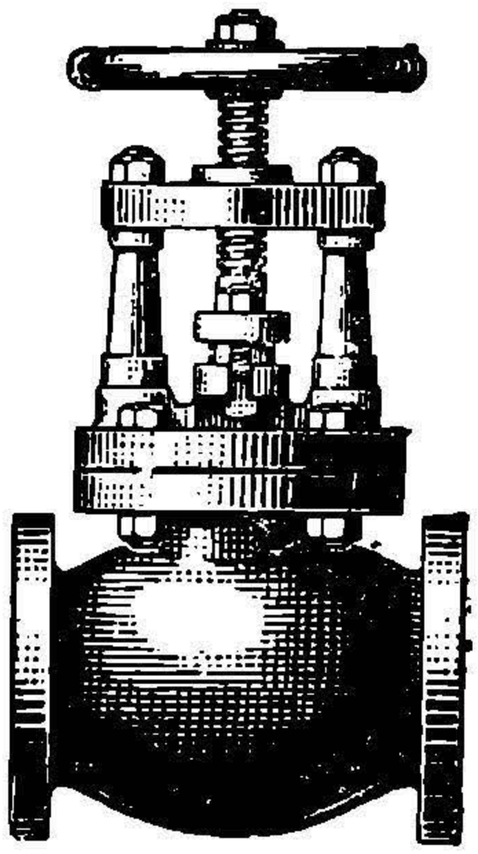
10. Паровой запорный вентиль

Устройство

Паровые запорные вентили выпускают пар из котла в паропровод, по которому он уходит к месту своего назначения. Внутренняя полость парового вентиля (фиг. 167 и 168) разделена на



Фиг. 167. Паровой вентиль (разрез).



Фиг. 168. Паровой вентиль (внешний вид)

две половины перегородкой с проходным отверстием, закрываемым тарелкой. Тарелка поднимается и опускается при помощи стержня, на конце которого она держится. Стержень проходит через крышку, имеет на наружном конце винт в поперечине, вращением которого стержень получает свое движение.

Тарелка изготовляется из бронзы или стали, как материалов, которые меньше страдают и разъедаются горячим паром. Она имеет ребра, которые ходят в верхней цилиндрической части вентиля и не позволяют ей перекашиваться и неправильно садиться на седло. Последнее представляет собой втулку, изготовленную также из бронзы или стали и плотно вставленную в отверстия перегородки. Опорные кромки седла и тарелки должны быть хорошо притерты друг к другу, чтобы не пропускать пара.

Для уплотнения шпинделя (стержня с винтом), т. е. чтобы между ним и крышкой не пропаривало, в последней устроен сальник. Это кольцевая выточка во втулке, прилитой к крышке. В выточку набивается прокладка и вставляется бронзовая втулочка,

НБ УДУНТ (ДІІТ)

которую можно подтягивать к крышке болтами для поджимания прокладки. Уплотнение получается от того, что прокладка раздается и плотно прижимается к поверхности выточки и к шпинделю и мешает пропуску пара.

Тарелка вентиля ставится обычно так, чтобы пар шел из котла под тарелку, т. е. стремился отжать от седла, поднять ее (фиг. 167). Этим облегчается открывание клапана, и, кроме того, шпиндель во время открывания не может оборваться, так как он давлением пара через тарелку сжимается, а не растягивается. Наконец, если котел стоит, то пар из действующей линии прижимает тарелку к седлу, что делает закрытый вентиль более надежным в смысле пропуска пара в остановленный котел. На корпусе вентиля обычно имеется стрелка, указывающая направление пара под тарелку.

Обходная линия

Если большие паровые вентили установлены с подводом пара над тарелкой, то при них устраивают обходную паровую линию с небольшим вентилем. Перед включением котла открывают этот вентиль, пар проходит через обходную линию в паропровод и оказывается по другую сторону тарелки главного вентиля. Теперь его уже легко открыть, так как давление пара действует на тарелку с обеих сторон (не только со стороны шпинделя), причем одно давление уравнивает другое. Получается так, что подъем тарелки происходит как бы при отсутствии давления.

Как открывать паровой вентиль. Водяной удар

Открывают паровой вентиль только после того, как давление в растапливаемом котле уравнено с давлением в линии. Если в линии давление ниже предельного, а в растапливаемом котле доведено до предельного для проверки манометра и предохранительного клапана, то необходимо снизить давление в котле питанием и прекращением топки. Перед открыванием вентиля нужно из него выпустить воду, если она может скопиться в нем, для чего должен быть спускной кран. Открывать вентиль необходимо как можно медленнее и осторожнее, в особенности, если пар впускается в холодный паропровод. В этом случае первый пар сразу конденсируется, и если за ним из котла вырвется в трубу много пара, то произойдет внезапный подъем давления в паропроводе — паровой удар, представляющий опасность для труб. Но она чрезвычайно увеличивается, если в паропроводе имеется конденсационная вода (например от остывшего пара или вследствие неплотного вентиля). Пар гонит воду с большой скоростью, и она бьет с силой в вентили, колена и т. д., разбивая их или трубы. Такие случаи разрывов и поломок труб и вентилей от водяных ударов бывали очень часто, и не раз они вызывали даже взрывы котлов. При медленном открывании вентиля пар выходит в трубу постепенно, в небольшом количестве, труба прогревается, и давление в ней не может подниматься толчками и ударами.

НБ УДУНТ (ДІТ)

Открытие клапана должно быть полное, чтобы тарелка не мяла, т. е. не понижала давление пара. Но не следует дожимать шпиндель до отказа, что затруднило бы потом закрывание клапана.

Ошибочное открытие другого вентиля

В заключение заметим, что бывали случаи, когда кечегар по недосмотру или ошибке открывал клапан не растопленного котла, а соседнего остановленного, в который врывался пар из действующего паропровода и обваривал людей, находившихся в остановленном котле для чистки или ремонта его. Конечно, такого случая не может быть, если на вентиле остановленного котла поставлена заглушка, как этого требуют правила НКТ.

Неисправности парового вентиля

Неисправный паровой вентиль в закрытом положении пропускает пар, что вызывается неплотностью между тарелкой и седлом. Происходит она чаще всего по следующим причинам:

1) вследствие плохой притирки опорных кромок тарелки и седла;

2) вследствие неравностороннего износа их в работе, выбоин и т. д.;

3) при перекосе седла и гнезда.

Неплотность парового котла способствует скоплению воды в паропроводе от конденсации просочившегося пара и может быть причиной водяного удара.

ВОПРОСЫ

Опишите устройство парозапорного вентиля.
Как следует открывать парозапорный вентиль?
Что произойдет, если быстро открыть паровой вентиль для соединения работающего котла с холодным паропроводом?
Перечислите неисправности парового вентиля.

11. Паропровод

Пар из котла по паропроводу уходит к местам потребления. Паропровод состоит из отдельных труб, которые изготовляются из чугуна, железа и стали. Чугун — мало подходящий материал для паропроводов: он хрупок и ломается при ударном действии на него воды и пара, почему чугунные трубы недостаточно надежны и при давлении свыше 8 *ат* вообще не применяются.

Соединения труб

Трубы соединяются между собой посредством стягиваемых болтами фланцев, которые у чугунных труб отливаются за одно целое с ними, а у железных труб изготовляются отдельно и укрепляются на их концах разными способами: раскаткой, посадкой в горячем состоянии, приваркой или приклепыванием (последнее для труб большого диаметра). Бывают еще соедине-

НБ УДУНТ (ДІТ)

ния с свободными фланцами. На трубу свободно надет фланец, который опирается на буртик (выступ) в конце трубы. Два фланца стягиваются болтами и прижимают друг к другу соседние буртики труб. Между фланцами для плотности соединения помещается прокладка — кольцо из картона, асбеста, клингерита и т. д. Прокладка, сжатая болтами, туго заполнает все неровности и мельчайшие углубления на поверхности фланца, так что пар (или вода) уже не может пробиться наружу.

Прокладочные кольца

Прокладочный материал выбирается в зависимости от того, где его нужно ставить. Картон применяется главным образом для воды, но он пригоден и для насыщенного пара. Его размачивают в воде и пропитывают льняным маслом или смазывают графитовой мазью, приготовленной из графитового порошка и смазочного цилиндрового масла. Толщина картона не должна быть больше 3 *мм*, так как он недостаточно прочен и может быть разорван и выжат давлением пара на боковую кромку. Для перегретого пара наиболее подходящим прокладочным материалом является асбест. Он лучше держится (не пристает к фланцам), если его натереть насухо графитом или предварительно смазать маслом и потом покрыть графитом. Резина для паропроводов непригодна, так как она портится, теряя упругость и становясь хрупкой.

Для пара высокого давления применяются металлические прокладки — медные готовые кольца с зубчатыми кольцевыми выступами на опорной поверхности. Эти выступы при затяжке сминаются и хорошо уплотняют фланцы.

Прокладочные кольца должны быть достаточно широки и наружным краем должны подходить возможно ближе к болтам. Если болты проходят через прокладку, то отверстия для них должны быть правильно расположены. Тогда у прокладок не получится морщин между болтами, нарушающих плотность соединения. Внутренний край кольца, обращенный к пару, не должен доходить до просвета трубы, так как в противном случае при затяжке он выдавится внутрь трубы и будет задерживать конденсационную воду, что может вызвать водяной удар.

Пропаривание фланцев устраняется тем, что подтягивают все болты, а не только около того места, где пропаривает. Если прокладку прорвало, то затяжкой ничего не сделаешь, можно только оборвать болты или сорвать на них резьбу. Нельзя добиться уплотнения сильной затяжкой и при тонких фланцах. В этом случае по соседству с сильно затянутым болтом фланец изгибается, отчего плотность в этом месте нарушается.

Компенсаторы

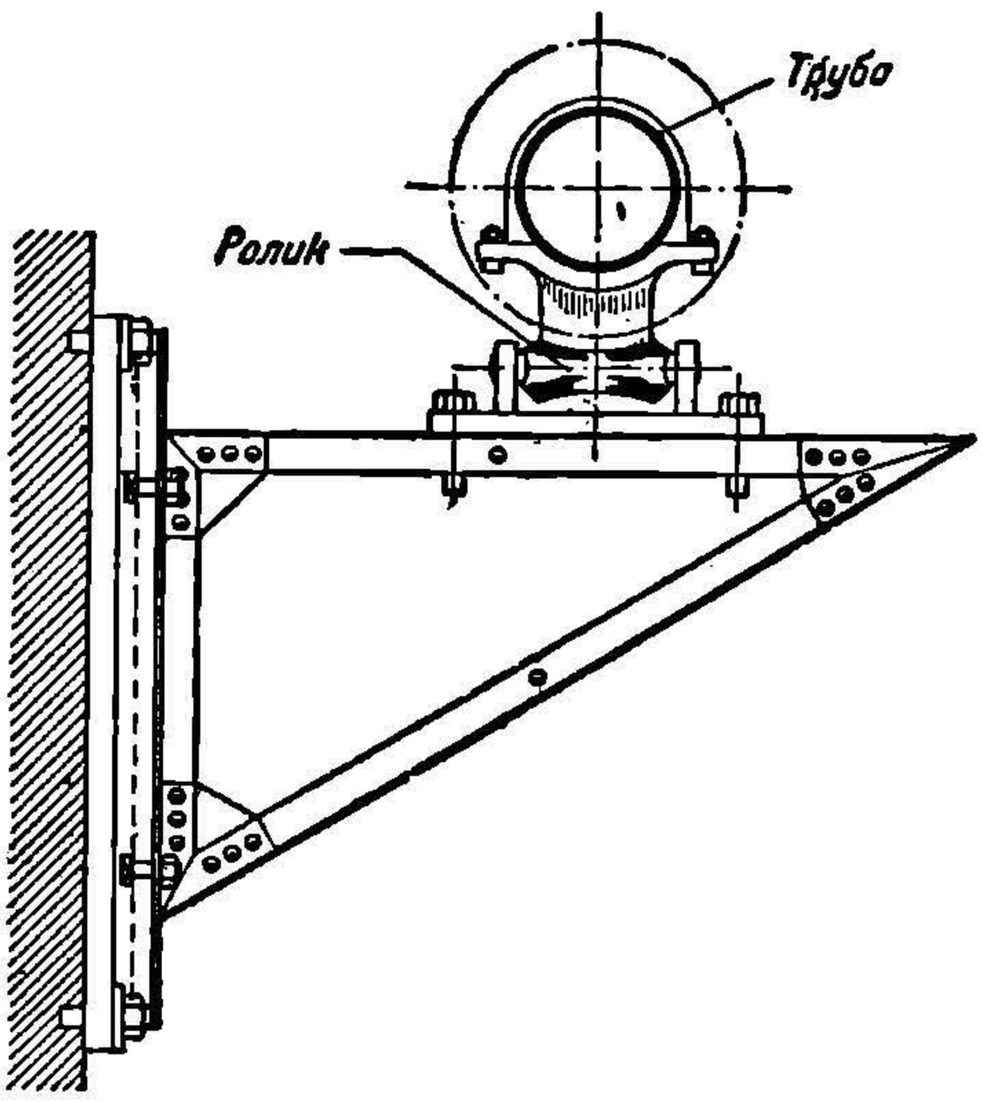
Паропровод при нагревании удлиняется, и если ему некуда удлиняться, то он выгнется, что расстроит соединения, а главное — может вызвать повреждение труб. Чтобы паропровод мог свободно удлиняться, на нем местами ставят согнутые дугой

НБ УДУНТ (ДІІТ)

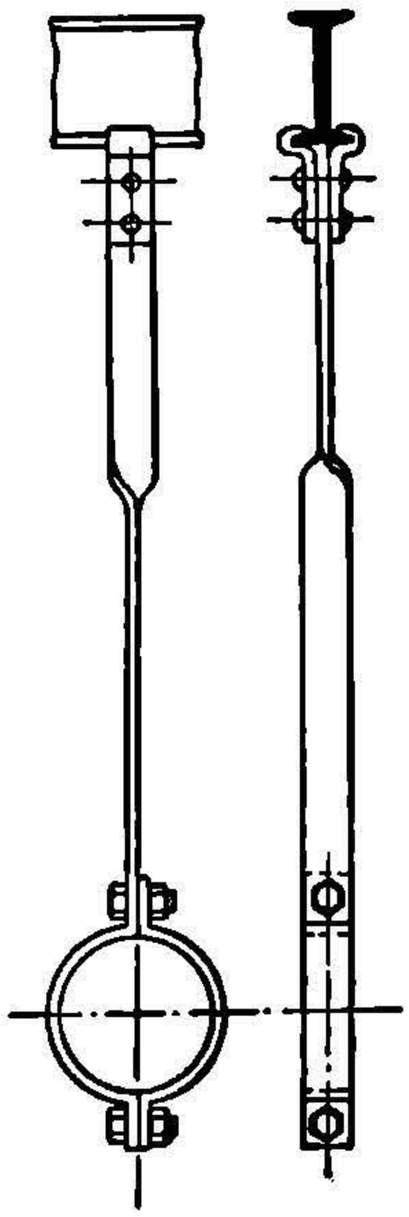
трубы, называемые компенсаторами (фиг. 20). Они пружинят и принимают на себя удлинения отдельных участков паропровода.

Подвижные опоры

С удлинением паропровода приходится считаться и при устройстве опор, на которые он опирается: они не должны мешать удлинению труб. Это может быть достигнуто разными способами. На фиг. 169 показана опора, укрепленная на стене. Она имеет ролик, на котором лежит труба. Благодаря роликам паропровод свободно перемещается вдоль своей оси. Другой способ дать



Фиг. 169. Подвижная опора (ролик) паропровода.



Фиг. 170. Подвижная подвеска паропровода.

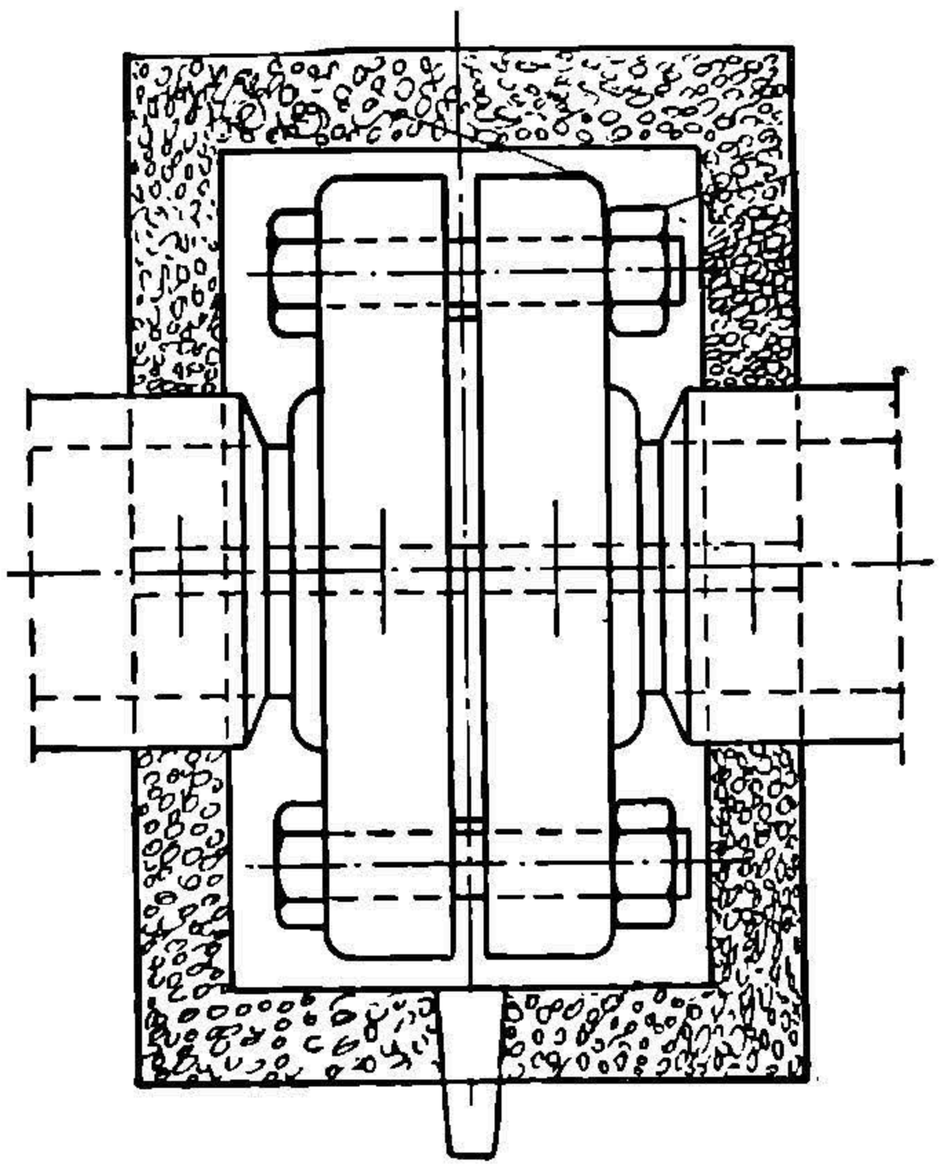
подвижность трубам показан на фиг. 170, где представлена подвеска паропровода к потолку (к балкам). Длинные полосы железа, на которых висят трубы, легко изгибаются и поэтому не препятствуют удлинению труб. Подвесной хомут, который надет на трубу, передвигается вместе с ней по серьге, укрепленной на балке. Описанные опоры — простейшего устройства; встречаются и более сложно устроенные, но точно так же действующие.

Однако на паропроводе не все опоры бывают подвижные. Между двумя компенсаторами должна быть помещена опора, на которой труба закреплена наглухо. От каждой неподвижной опоры трубы будут удлиняться в одну и другую стороны к соседним компенсаторам. Неподвижные же опоры на паропроводе необходимы для того, чтобы он не мог иметь колебаний и сотрясений, вызываемых, например, паровыми двигателями.

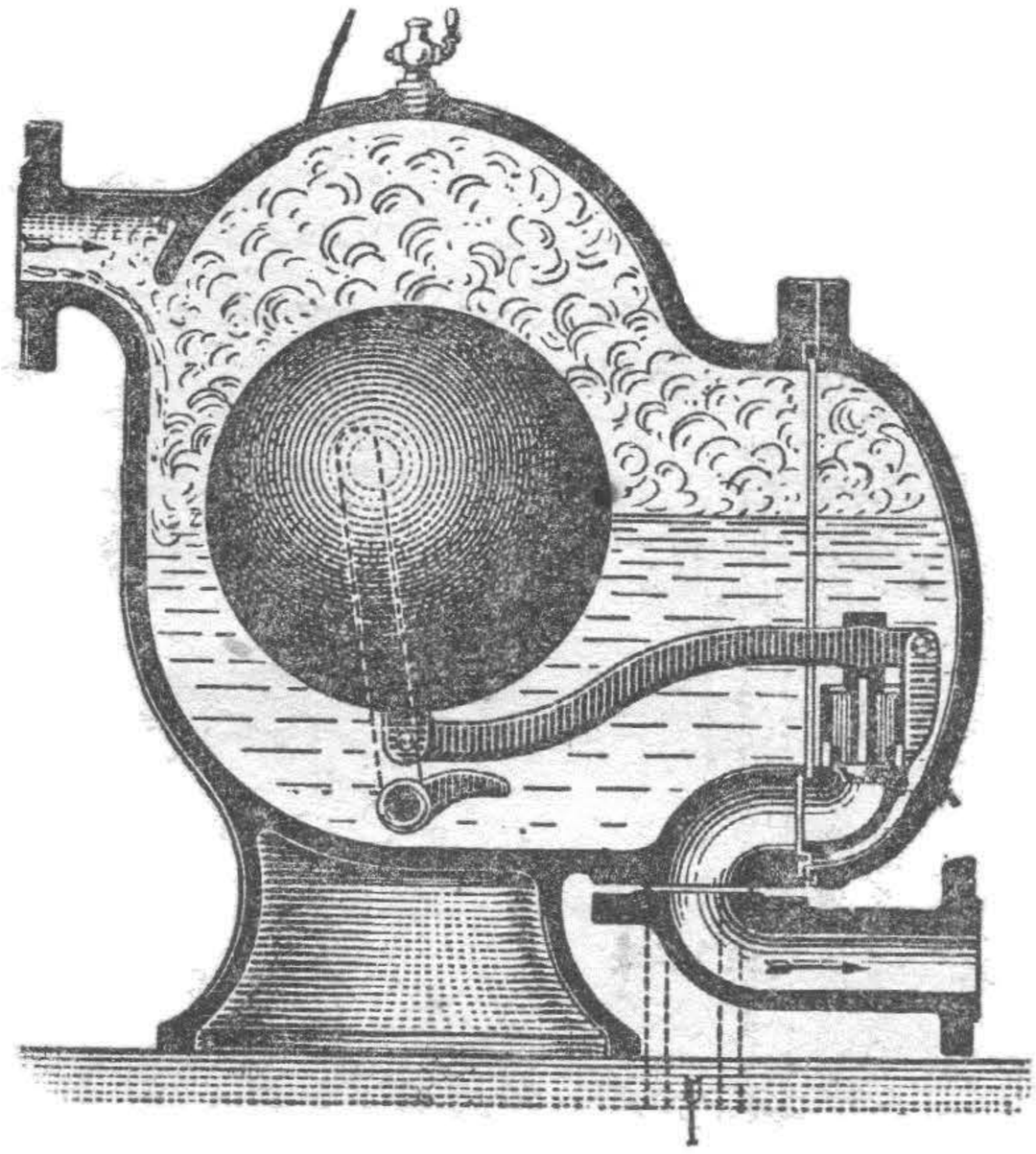
НБ УДУНТ (ДІІТ)

Изоляция труб

Стенки труб хорошо проводят (пропускают через себя) теплоту, которая нагревает воздух вокруг паропровода. Вследствие потери тепла насыщенный пар конденсируется, а у перегретого пара понижается температура. Потерю тепла можно значительно уменьшить, изолируя трубы, т. е. покрывая их материалом, плохо проводящим теплоту. Этот материал должен быть также по возможности легким, несгораемым и не портящимся от действия высокой температуры. Применяют для изоляции паропровода асбест, шлаковую шерсть, пробку (обрезки) и инфузорную землю. Пробковые обрезки склеивают в плиты. Из шелковых очесов



Фиг. 171. Изоляция фланцевого соединения.



Фиг. 172. Конденсационный горшок с закрытым поплавком.

изготовляют жгуты, которыми обматывают трубы, предварительно обложенные асбестовым картоном. Часто применяют смеси из двух изоляционных материалов. Например, асбест с инфузорной землей замешивают на воде, получается тестообразная масса, которую слоями накладывают на трубы.

Фланцы труб тоже изолируют, но так, чтобы к ним был всегда удобный доступ, что необходимо для подтяжки болтов в случае пропаривания. Для этого фланец закрывается коробкой из листового железа с двойными стенками; между стенками коробки находится изоляционная масса. Снизу от фланца через коробку пропускается трубка, по капанию из которой обнаруживается течь во фланце. Снявши коробку, устраняют течь (фиг. 171).

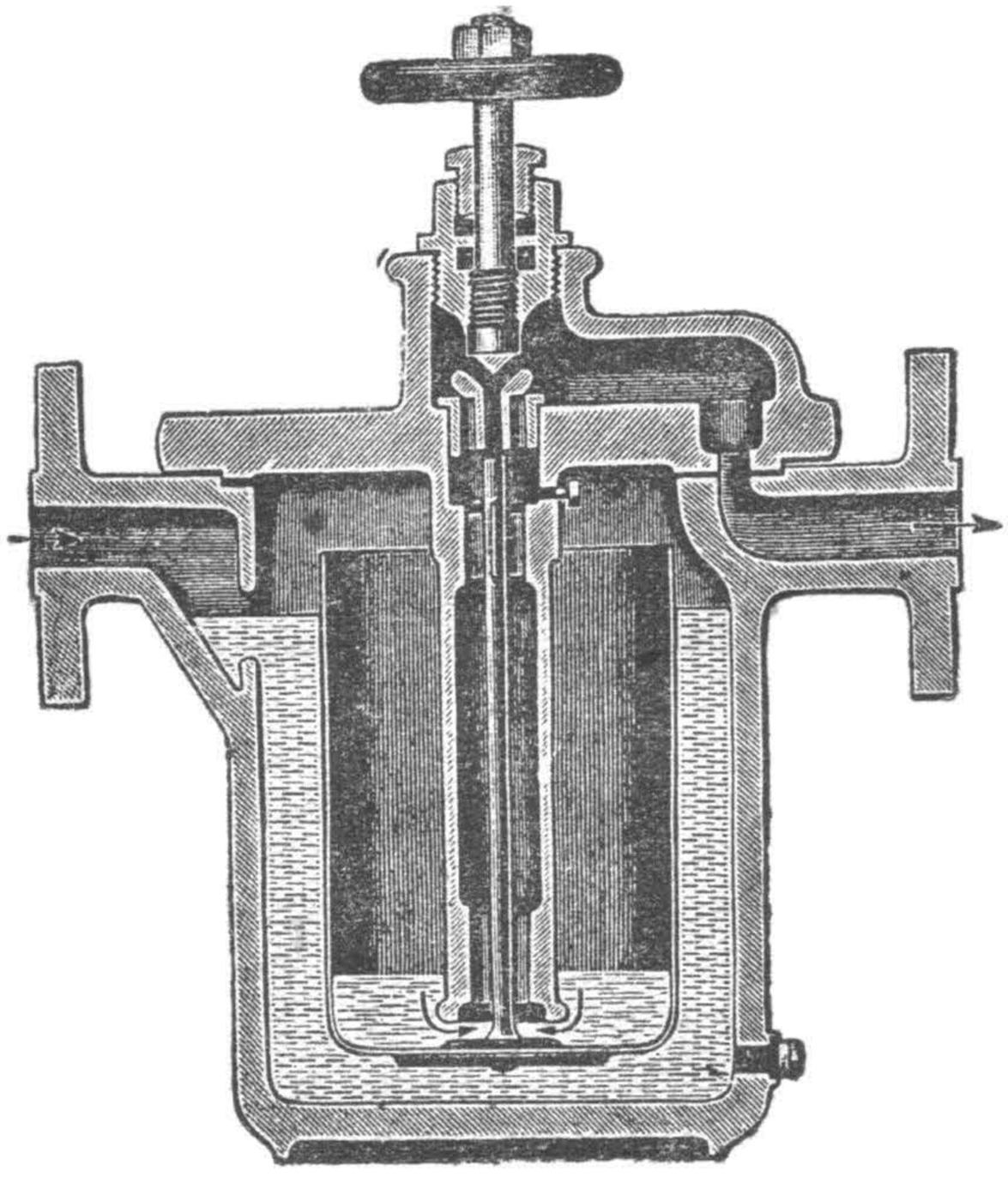
Водоотводчики

Изоляция уменьшает потерю тепла паром, но не сводит ее вовсе на-нет. Поэтому даже в хорошо изолированных паропро-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

водах конденсация все-таки в некоторой мере происходит. Кроме того, в пар еще в котле попадает водяная пыль из сильно бурлящей на поверхности воды. Это увлажнение пара зависит от устройства котла, и оно увеличивается: 1) если котел работает напряженно, 2) если уровень воды в нем стоит высоко, или в тех случаях, когда сразу увеличивается расход пара и в котле падает давление.

Так или иначе, на стенках труб и в несущемся насыщенном паре имеется водяная пыль. Оставаясь на стенках, вода стекает в более низкие места паропровода, а водяная пыль в паре частично оседает там, где он меняет свое направление, например на поворотах, в особенности на подъемах, а также и вентилях. Следовательно, в каждом паропроводе имеются места, где скопляется и задерживается вода. Для ее удаления из этих мест устанавливаются самодействующие водоотводчики (конденсационные горшки), и, кроме того, где это необходимо, ставят еще спускные краны для продувки вручную.



Фиг. 173. Конденсационный горшок с открытым поплавком.

Пользуясь кранами, удаляют из холодного паропровода воду, набравшуюся в нем от остывшего пара, который остался после остановки котла, а также просочился через запертый, но неплотный вентиль. Это обязательно нужно сделать, чтобы избежать водяного удара в момент открытия вентиля. Продувка паропровода перед пуском необходима, конечно, также и при перегретом паре.

Что касается водоотводчиков, то они действуют так: вода в них из мест скопления непрерывно стекает по подводящей трубке, а выливается в сливную трубу благодаря какому-нибудь самодействующему устройству. Например, в конденсационном горшке, изображенном на фиг. 172, это зажрытый поплавок, который плавает в воде и помощью рычажка держит открытым выпускной клапан. Вода непрерывно вытекает из конденсационного горшка. Пар, находящийся в верхней части прибора, не может уходить через клапан, так как последний находится в воде. Если

НТБ УДУНТ (ДІТ)

же уровень воды вследствие отсутствия притока ее понизится, то поплавок, опустившись, закроет клапан.

Перед пуском пара в магистраль и во время ее прогрева необходимо для ускоренного отвода конденсационной воды (ее в это время много) приподнять клапан выше. Делается это вручную при помощи ручного рычага, который поднимает рычаг клапана. Необходимо также перед тем открыть воздушный кран вверху, на конденсационном горшке. Он служит для выпуска воздуха, который мог засосаться в конденсационный горшок, если в остывшем паропроводе установилось разрежение.

Исправность конденсационного горшка проверяется поднимением ручного рычага. Если клапан заел или внутрь поплавка вследствие его неплотности набралась вода, то это при некотором навыке чувствуется, когда ручным рычагом действуют на клапан и рычаг внутри горшка.

Существуют также конденсационные горшки с открытым поплавком, имеющим вид обыкновенного открытого сосуда (фиг. 173). Вода стекает в горшок, заполняет сначала кольцевое пространство вокруг поплавка, а потом переливается внутрь поплавка, вследствие чего он опускается. К поплавку прикреплен стержень с клапаном вверху, который закрывает выходной канал для воды в крышке горшка. Когда поплавок от налившейся в него воды опустится (и стержень с ним), то клапан откроется, а вода из поплавка под давлением в горшке вытеснится через трубку вокруг стержня в выходной канал. После этого поплавок всплывает, и клапан закрывает выходное отверстие до следующего накопления воды.

Удаление конденсационной воды перед пуском пара производится открытием обводного канала в крышке. Тогда вода течет непосредственно через канал, а поплавок бездействует. Этим ускоряется отвод воды, а вместе с тем удаляется и воздух, попавший в прибор, когда паропровод стоял и остыл до разрежения в нем.

Водоотделители

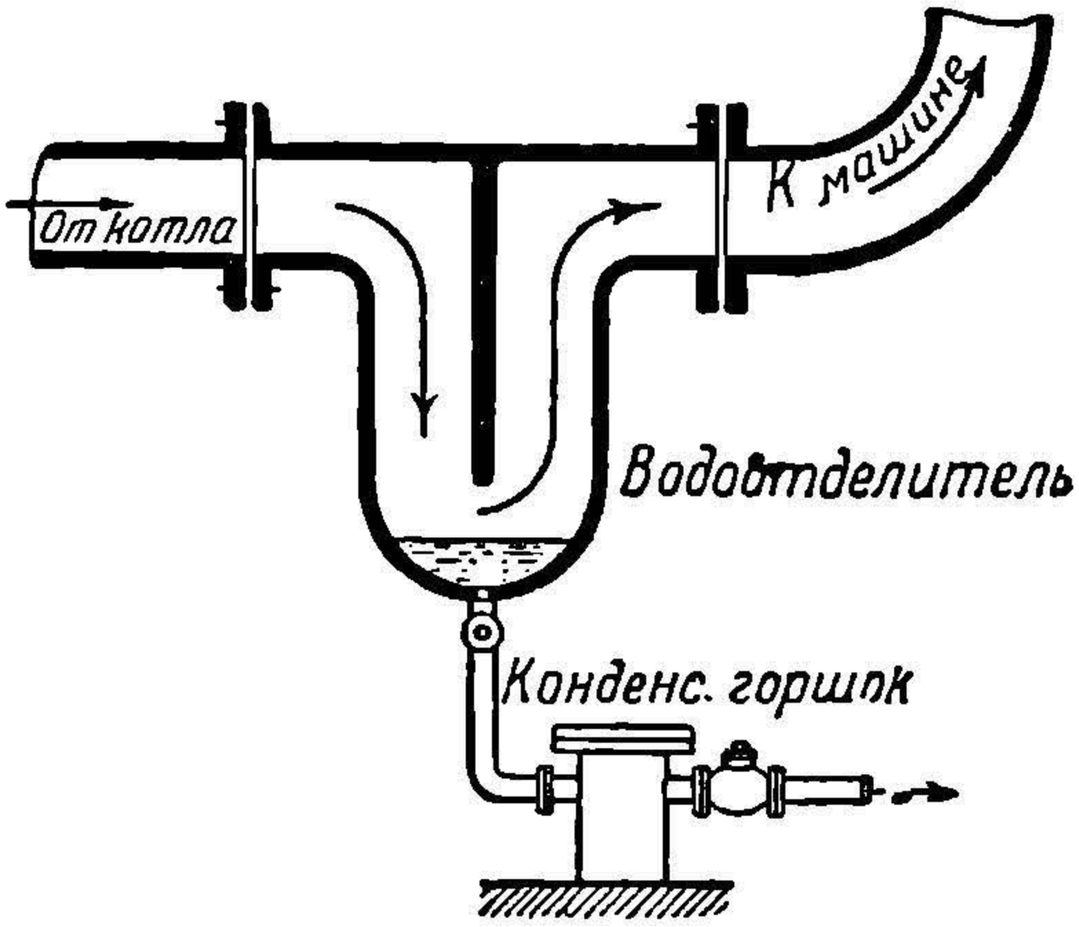
До сих пор говорилось об отводе воды, скопившейся по тем или иным причинам в паропроводе. Помимо этого, на паропроводе устанавливаются приборы, которые служат для отделения водяных частиц, несущихся с паром. На фиг. 174 показан такой прибор, называемый водоотделителем. Он имеет вид коробки с двумя патрубками. Перегородка после входного патрубка отклоняет пар книзу, заставляя ее обходить. Частицы же воды, продолжая нестись по прежнему направлению, налетают на перегородку, по ней стекают вниз и удаляются отводчиком воды.

Действие всех водоотделителей основано на том, что пару в них приходится менять один или несколько раз свое направление (иногда непрерывно), что он делает легче, чем вода. Она, как значительно более плотное вещество, продолжает двигаться в прежнем направлении, натыкается на перегородку или стенки прибора и стекает вниз.

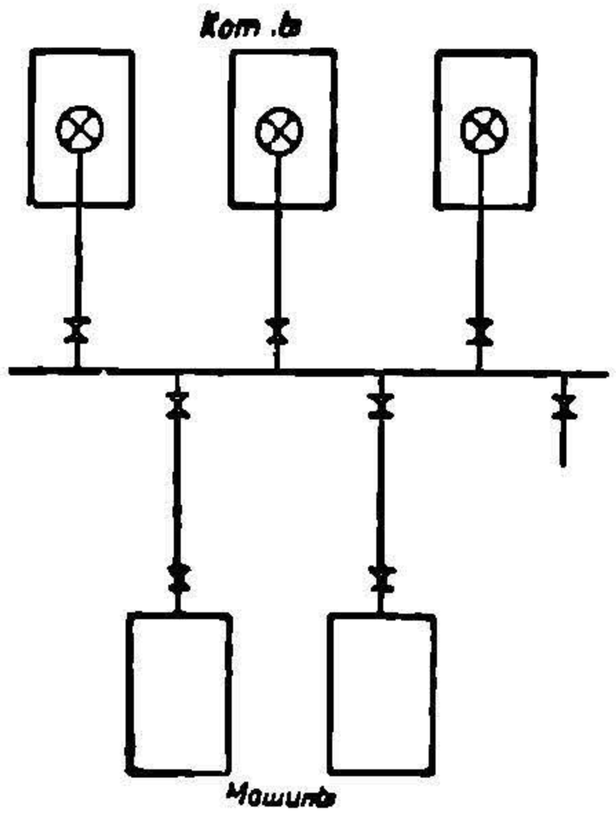
НБ УДУНТ (ДІІТ)

Расположение паропроводов

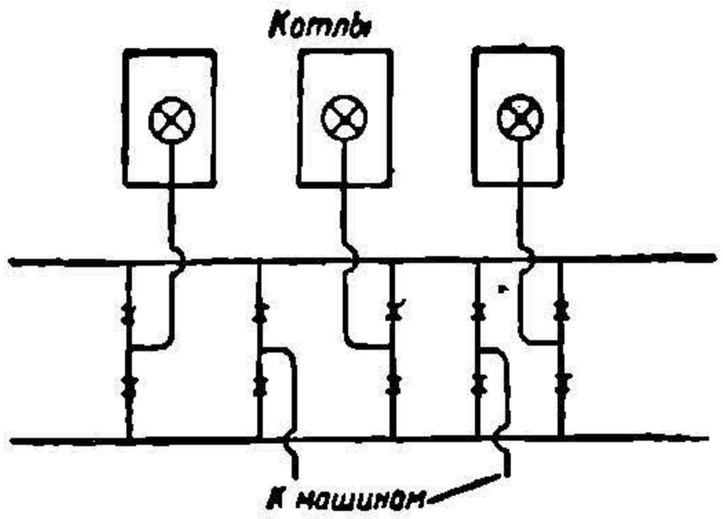
Пар из нескольких котлов может собираться в одном главном паропроводе, из которого он уже расходится в разные места потребления, к отдельным двигателям (фиг. 175). При какой-нибудь неисправности в паропроводе приходится выключать часть его, иногда значительную, и останавливать котлы, соединенные с выключенной частью. Может случиться, что окажутся выключенными два и больше котлов.



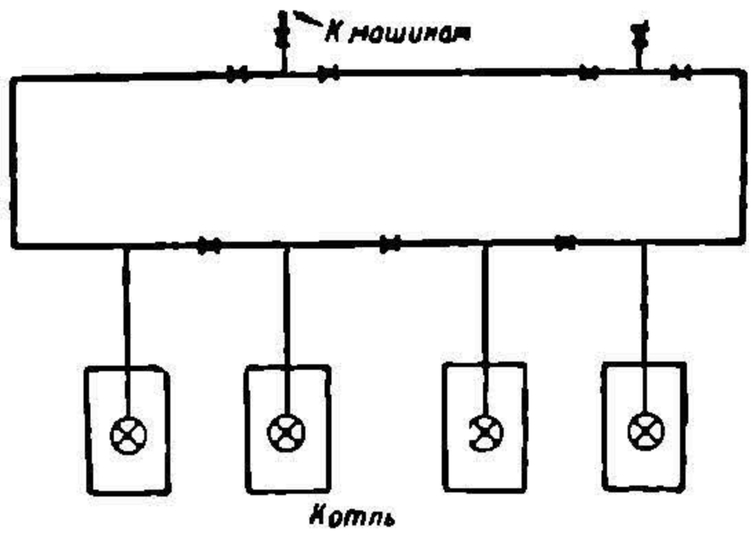
Фиг. 174. Схема установки водоотделителя и конденсационного горшка.



Фиг. 175. Одиночный паропровод.



Фиг. 176. Двойной паропровод.



Фиг. 177. Кольцевой паропровод.

С целью избежать таких вынужденных остановок при повреждении одиночного паропровода устраивают не одну, а две главных линии, присоединяя к каждой из них все котлы (фиг. 176). Такой паропровод называется двойным. В работе находится одна линия, другая бездействует, являясь только запасной. В случае порчи линии, находящейся под паром, ее выключают, а котлы переводят на запасную, и все они продолжают работать.

На фиг. 177 показан кольцевой паропровод. При нормальной работе он весь (на всей своей длине) находится под паром, т. е. пар движется как левой, так и правой стороной паропровода. При повреждении в каком-нибудь месте паропровода

НБ УДУНТ (ДІІТ)

выключают участок, в состав которого входит поврежденное место, а остальная часть паропровода продолжает работать.

ВОПРОСЫ

Из какого металла изготовляется паропровод?
Как соединяются между собой паропроводные трубы?
Для чего между фланцами кладется прокладка?
Из чего делаются прокладочные кольца?
Какие прокладочные кольца применяются при паре высокого давления?
Как устаназливаются прокладочные кольца?
Укажите назначение компенсатора.
Для чего служат подвижные опоры? Как они устроены?
Для чего нужно покрывать трубы плохо проводящим тепло (изолирующим) материалом?
Какой материал служит для изоляции паропроводов?
Как изолируют фланцы?
Для чего устанавливаются конденсационные горшки и как они устроены?
Для чего на паропроводах ставят водоотделители?
Укажите преимущество двойного паропровода перед одинарным.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ОТДЕЛ VI

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

1. Взрывы паровых котлов

Перед тем как приступают к постройке котла на заводе, его рассчитывают, руководствуясь требованиями заказчика (предельное давление пара, поверхность нагрева котла и т. д.), определяют размеры котла и толщину его стенок, чтобы они могли свободно выдержать давление пара и вообще быть прочными и надежными в работе.

Завод, производя котлы, должен не только правильно сконструировать его — рассчитать и исполнить чертежи, но, понятно, и хорошо изготовить котел, дав соответствующего качества материалы и применяя правильные способы изготовления. Хотя все это достаточно сложное и ответственное дело, но заводы, строящие паровые котлы, имеют достаточный опыт в этой области и выпускают, вообще говоря, котлы прочные и надежные.

Тем не менее, как хорошо известно из практики, паровой котел — аппарат опасный, так как при некоторых условиях он может взорваться, вызывая гибель людей и причиняя большие материальные разрушения. Причины взрыва парового котла сводятся к тому, что или давление в нем повысилось настолько (сверх предельного), что стенки котла не могут выдержать такого давления и должны разорваться, или стенки потеряли свою прочность и, ослабев, рвутся даже при рабочем давлении пара (не выше предельного).

Давление в котле сверх предельного может оказаться в случае неисправности или порчи манометра и предохранительных клапанов, вследствие навешивания на клапаны добавочного груза или заклинивания рычагов.

Чаще всего, однако, взрывы паровых котлов зависят от того, что стенки котла потеряли свою прочность (в той или иной мере). Это бывает в следующих случаях:

1. Уровень воды в котле опустился ниже огневой линии. Происходит оголение части поверхности нагрева котла от воды. Эта оголенная поверхность соприкасается уже с паром, который ее плохо охлаждает. Газы перегревают стенку, отчего она размягчается и теряет свою прочность, и давлением пара ее выпучивает

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

и рвет. Понижение уровня воды в котле может произойти по следующим причинам:

а) несвоевременное питание котла по небрежности кочегара,

б) неисправность насосов,

в) неверные показания водоуказательных стекол,

г) пропуск воды продувочным краном,

д) течь в котле.

2. Произошел обвал кладки выше огневой линии. Газы начинают обогревать стенки котла, омываемые паром, вследствие чего эти стенки перегреваются.

3. Накопился толстый слой накипи на поверхности, сильно обогреваемой газами. Накипь плохо пропускает теплоту, т. е. мешает воде охлаждать стенки, вследствие чего они перегреваются.

4. Стенки котла могут ржаветь изнутри и снаружи или разъедаться некоторыми веществами, содержащимися в воде. Разъедания и протравления уменьшают толщину стенок и ослабляют их. При значительном ослаблении (что зависит от глубины протравлений, площади, которую они захватили, и места расположения) стенки не выдерживают давления пара и дают разрывы.

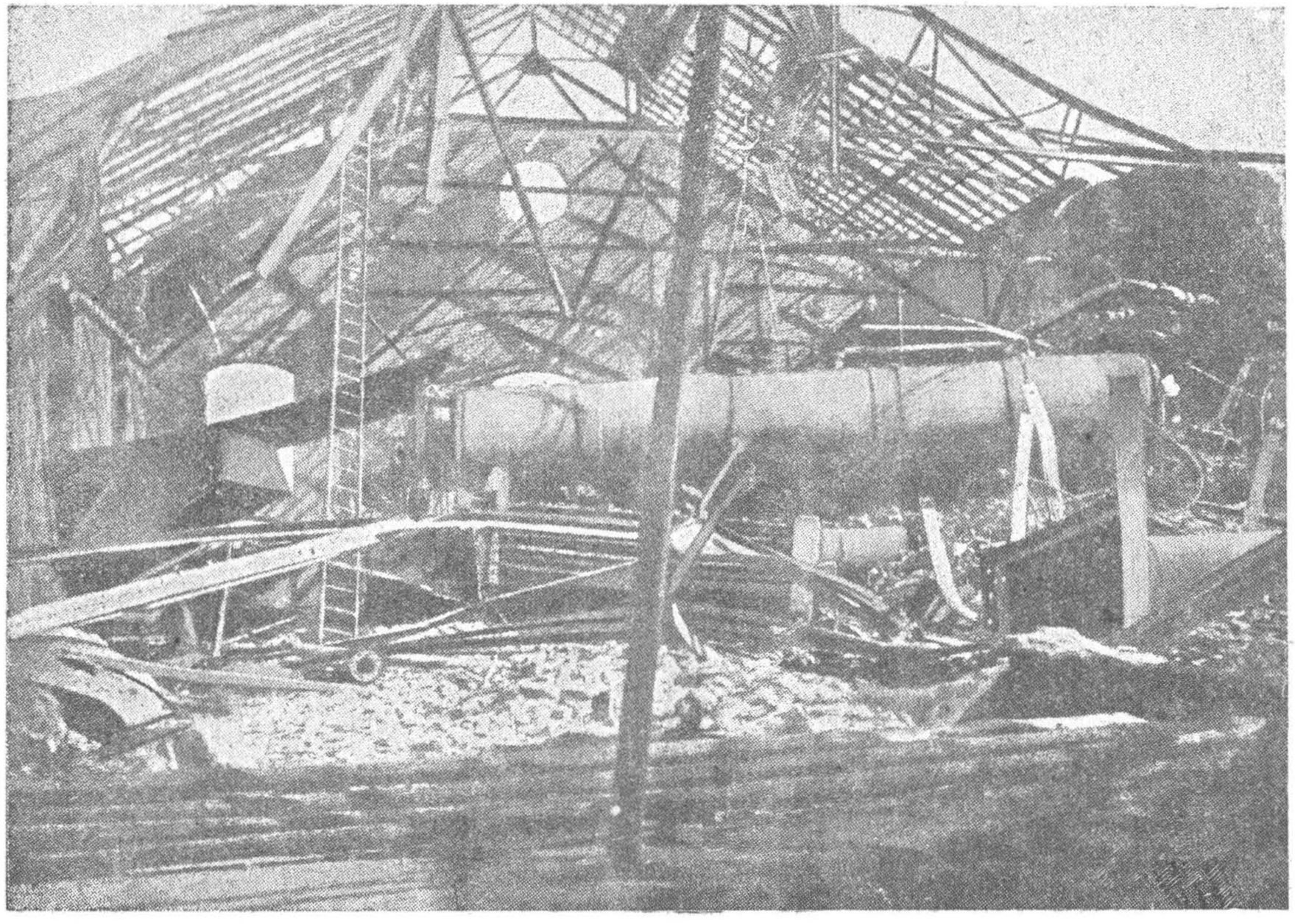
5. Вследствие тяжелых условий работы котла (перегрузка, частые охлаждения воздухом при забросках и т. п.) или от долголетней службы материал стенок может в некоторых местах сделаться хуже. Именно, железо становится менее прочным и менее способным удлиняться. В таком железе при перегрузке или ударах легко появляются трещины.

Случаи разных повреждений в котле, которые рассмотрены выше, опасны тем, что часто приводят к взрыву котла с обычными последствиями. Почему взрыв котла так опасен, откуда берется его разрушительная сила?

Когда в котле появляется повреждение — разрыв или трещина, то давлением пара в месте повреждения оттибает стенку. Пар и вода получают свободный выход наружу, и давление в котле резко падает. Вода оказывается перегретой для упавшего давления. Например, если котел работал при давлении в 10 *ата*, которое упало до 1 *ата*, то вода оказывается перегретой на 83° (183 и 100°), вследствие этого в каждом килограмме воды сразу освобождаются 83 *кал* тепла, которое мгновенно превращает соответствующее количество воды в пар. Значительное количество пара, получившегося мгновенно, как пороховые газы при воспламенении пороха, производит те большие разрушения, которые бывают при взрыве котла. Попадание выброшенной воды на жар и сильно нагретую кладку увеличивает силу взрыва.

Из сказанного ясно, что при взрыве не так опасен пар, бывший в паровом пространстве котла, сколько вода, дающая мгновенно пар (за счет освободившейся теплоты), действующий, вследствие быстроты своего образования, как пороховые газы. Понятно, что чем больше воды в котле, тем вообще разрушительнее бывает взрыв. Поэтому котлы с большим объемом воды,

НБ УДУНТ (ДІІТ)



Фиг. 178. Последствия взрыва парового котла.

НБ
УДУНТ
(ДІІТ)

например жаротрубные, опаснее при взрывах, чем котлы с малым объемом воды, например водотрубные. У последних к тому же при взрыве кипятильной трубы не может вырваться много пара, и потому обычной картины взрыва при аварии кипятильной трубы не бывает. Пар, однако, вырвавшись через топочную дверцу, выбрасывает из топки жар и часто ошпаривает близко стоящих людей.

ВОПРОСЫ

Перечислите причины, могущие вызвать взрыв парового котла
Опишите, как происходит взрыв парового котла.
Взрыв каких котлов опаснее: жаротрубных или водотрубных? Почему?

2. Технический надзор за паровыми котлами

Ввиду той опасности, которую представляет каждый котел в отношении взрыва, за ним должно быть не только постоянное наблюдение со стороны обслуживающего персонала, но и технический надзор со стороны государства. Поэтому существует техническая инспекция, обязанность которой — нести надзор за прочностью и безопасностью котла. Для этой цели техническая инспекция производит наружные и внутренние осмотры и гидравлические испытания котла.

Наружный осмотр

Наружный осмотр состоит в том, что у горячего (работающего) котла проверяют исправность арматуры и соответствие ее правилам техники безопасности. Наряду с этим в надлежащих случаях проверяют общее состояние котельной и знакомство кочегаров со своими обязанностями. Наружные осмотры производятся ежегодно.

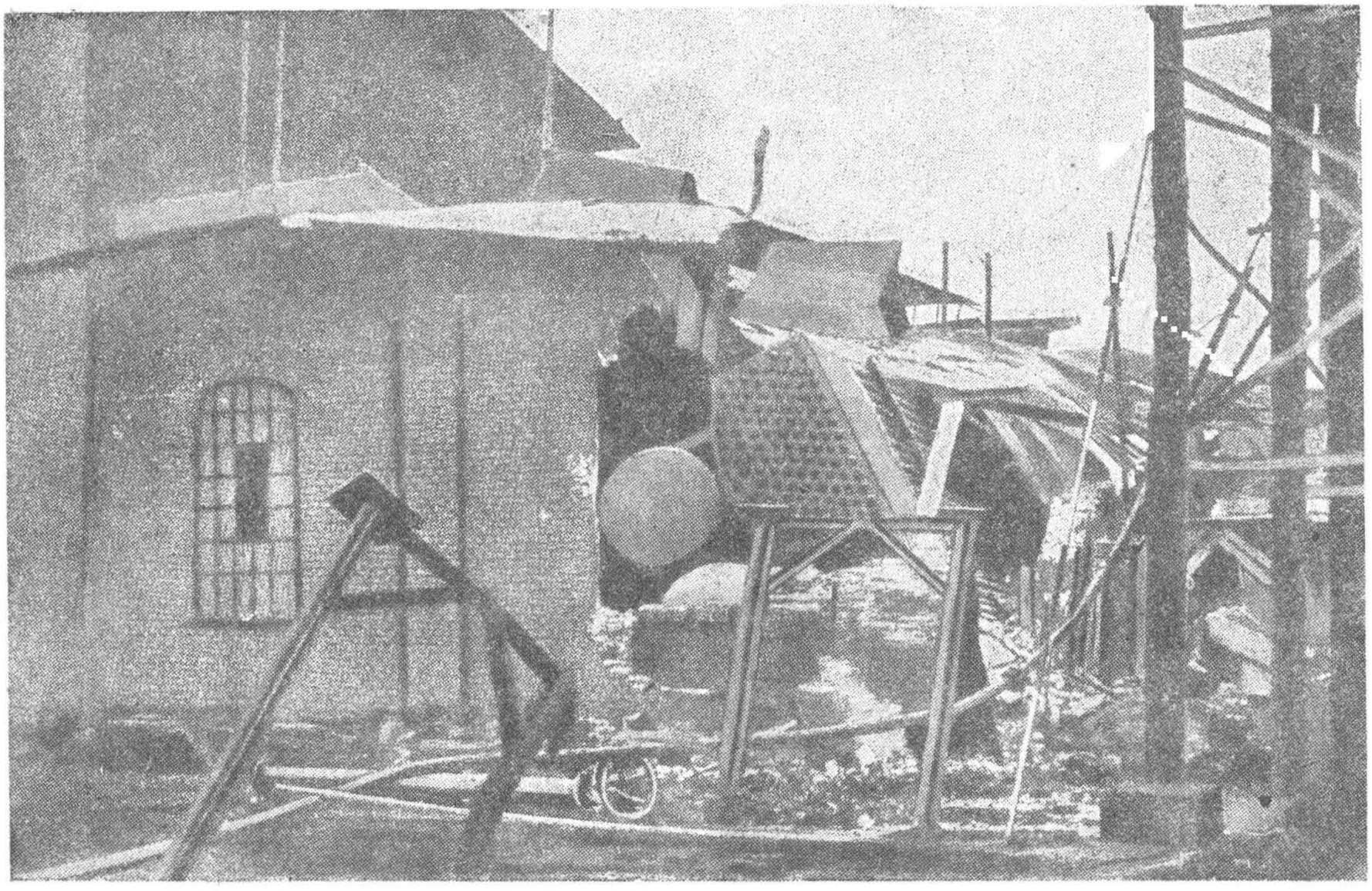
Внутренний осмотр

Внутренний осмотр заключается в том, что остановленный и открытый котел осматривают внутри и снаружи для выяснения того, не появились ли выпучины, не заметно ли трещин, каково состояние протравлений, если они имеются на стенках котла.

Гидравлическое испытание

Гидравлическое испытание имеет целью испытать котел на прочность и швы его на плотность. В наполненном водой холодном котле поднимают помощью гидравлического насоса давление выше предельного рабочего давления. Именно, котлы с предельным давлением до 5 *ат* испытываются двойным давлением, например котел, имеющий предельное давление 3 *ат*, должен быть испытан давлением в 6 *ат*. Котлы, предельное давление которых свыше 5 *ат*, испытываются давлением на 5 *ат* больше предельного. Например котел, имеющий предельное давление 7 *ат*, испытывается на 12 *ат*. Котел с предельным давлением в 15 *ат* испытывается на 20 *ат* и т. п.

ПБ УДУНТ (ДІІТ)



Фиг. 179. Последствия взрыва парового котла.

НБ
УДУНТ
(ДІІТ)

Когда давление в котле поднимут до требуемого, то в течение 5 минут наблюдают за контрольным манометром, установленным на трехходовом кране. Если в котле имеется течь вследствие трещин, неплотностей в швах и т. п., то давление в нем падает, что и обнаруживается по контрольному манометру. Для выяснения места течи необходимо осмотреть наружную поверхность стенок котла, что делается уже при предельном давлении. Падение давления во время гидравлического испытания может происходить вследствие неплотностей в крышках люков, лазов или в заглушках, которые должны быть тоже осмотрены.

К внутреннему осмотру и гидравлическому испытанию требуется соответствующая подготовка котла.

Приготовление котла к внутреннему осмотру

1. Котел останавливают, охлаждают и выпускают из него воду.

2. Ставят заглушки на паровой, водяной и спускной линиях.

3. Тщательно очищают стенки котла внутри от накипи и грязи, а снаружи (в дымоходах) от золы и сажи.

4. Если в котле обнаружены неисправности, то производят соответствующий ремонт, на что должно быть обращено внимание технического инспектора при осмотре им котла.

Примечание. О всех замеченных неисправностях, которые по тем или иным причинам не были устранены, должно быть обязательно сообщено техническому инспектору.

5. Все люки и лазы как в самом котле, так и в кладке его должны быть открыты для предстоящего внутреннего осмотра.

Приготовление котла к гидравлическому испытанию

1. После полной остановки котла, отъединения его заглушками, наружной и внутренней очистки устраняют все замеченные неисправности и производят ремонт котла, если это требуется

При работе внутри котла и в дымоходах запрещается пользоваться керосиновыми лампами (и иными лампами с открытым огнем).

Ручные электрические лампы и подводка к ним должны находиться под напряжением не свыше 24 вольт.

2. Перед гидравлическим испытанием предохранительные клапаны заклинивают, а водоуказательные стекла перекрывают.

3. Наполняют котел водой и производят гидравлическое испытание с целью выяснить неплотности в котле. Под пробным давлением котел держится в течение 5 минут.

4. Подчеканка швов, в которых оказалась течь, должна производиться обязательно при опорожненном котле.

5. До осмотра котла техническим инспектором запрещается смазывать или натирать поверхность котла изнутри нефтью и всякими другими веществами, употребляемыми против прикипания накипи или ржавления стенок.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ВОПРОСЫ

Почему необходим технический надзор за паровыми котлами?

В чем заключается наружный осмотр, внутренний осмотр и гидравлическое испытание котла?

Как котел должен быть подготовлен к внутреннему осмотру, к гидравлическому испытанию?

3. Правила ухода за паровыми котлами

Общие правила

1. Каждый кочегар обязан знать правила ухода за паровыми котлами, которые он обслуживает.

2. Кочегар обязан точно исполнять все распоряжения механика или заведующего котельной, а также лиц, их заменяющих.

3. Кочегар отвечает перед администрацией и судом за повреждения котла или несчастные случаи, которые произошли по его невнимательности или небрежности.

4. Котельное помещение следует: а) содержать в чистоте и порядке, б) держать достаточно освещенным и в) не заставлять посторонними предметами.

5. Выходы из котельной во время работы не должны запираться на ключ или засов.

6. Посторонние лица без разрешения администрации не должны допускаться в котельную.

7. Становясь на работу, кочегар обязан принять котел, проверить правильность его работы и исправность всей арматуры (приемка смены, дежурства).

8. На дежурстве кочегару строго воспрещается заниматься посторонними работами, читать и в особенности спать.

9. Пока в топке есть огонь, кочегар не имеет права оставлять котел без надзора, хотя бы на короткое время. Если оказалась крайняя необходимость в отлучке, следует поставить вместо себя другого по указанию заведующего.

10. Замеченные во время работы котла неисправности следует немедленно устранять.

11. Если кочегар не может сам устранить неисправность, он должен сразу уведомить о том механика или заведующего котельной.

12. По окончании дежурства (смены) кочегар обязан сдать котел сменщику (кочегару, становящемуся на новую смену). Лишь сдав смену, как полагается (см. раздел «Порядок сдачи и приемки смены»), кочегар может уйти с своего дежурства.

13. Во время пожара или каких бы то ни было аварий (несчастных случаев) вне котельной или при стихийных бедствиях (наводнение, буря и т. п.) кочегар должен оставаться в котельной на своем посту.

14. Если пожар начинает угрожать непосредственно котельной, то нужно немедленно принять сле-

НБ УДУНТ (ДІТ)

дующие меры к полной остановке котлов и предупреждению их взрыва (на случай пожара в котельной):

а) пустить полным ходом питательные насосы,

б) залить топки водой и опустить дымовые заслонки;

в) открыть предохранительные клапаны (для снижения давления в котле);

г) закрыть окна и двери, чтобы остановить приток (тягу) наружного воздуха в котельную (приток воздуха может способствовать начинающемуся пожару).

15. Если котельная где-нибудь начинает гореть, то необходимо тушить загоревшееся место водой (мазут — песком, огнетушителями) и выпуском пара в котельную из предохранительных клапанов и кранов арматуры. Пар будет обволакивать место пожара и мешать притоку воздуха к нему.

16. Если пожар угрожает жизни кочегара, то, выполнив все указанные правила и уведомив всех подсобных рабочих, кочегар может оставить место дежурства или котельную.

17. При несчастных случаях с людьми в котельной кочегар должен спешно принять все необходимые меры для устранения или уменьшения несчастья в зависимости от того, что потребуется, например остановить необходимые механизмы, аппараты, выключить ток, закрыть пар, залить огонь и т. д. Необходимо принять срочные меры к оказанию пострадавшему медицинской помощи.

В каких случаях необходимо немедленно остановить котел и уведомить о том механика или заведующего котельной

18. Когда давление в котле поднимается выше предельного и стрелка манометра переходит за красную черту, несмотря на действие предохранительных клапанов и принятые меры к снижению давления: а) прикрытие поддувала (остановку дутья), б) опускание дымовой заслонки и в) усиленное питание котла.

19. а) Если уровень воды в котле опустился ниже низшего допустимого, б) если уровень воды быстро падает, приближаясь к низшему допустимому, несмотря на усиленное питание.

20. Если перестанет действовать один из следующих приборов:

а) все питательные приборы, или

б) оба водоуказательные стекла и пробные краны, или

в) оба предохранительных клапана, или

г) манометр;

д) при повреждении главных паропроводов или главных вентилей (задвижек).

21. Если в котле замечена течь, выпучина, стали раскаляться где-нибудь стенки котла или стала изменяться где-нибудь форма (очертание) стенки.

22. При обвале обмуровки или расстройстве перегородок дымоходов, вследствие чего: а) обнажилось паровое пространство котла и газы начали обогревать его (газы пошли выше

РБ УДУНТ (ДІТ)

огневой линии); б) газы пошли на прямой ход, например из первого дымохода в третий (минуя второй); в) пламя стало ударять в стенку котла, хотя и омываемую водой, но не защищенную предохранительной кладкой.

23. Когда слышен шум пара в дымоходах.

24. При сильном взрыве или непрекращающихся взрывах газов в топке или дымоходах.

25. При начавшемся пожаре в котельной.

26. Если в работе котла замечены необычные и непонятные явления.

Какие меры необходимо принять для быстрой остановки котла в случаях, указанных в предыдущем параграфе

27. Закрыть поддувало (прекратить дутье); опустить дымовую заслонку.

28. Выбросить жар из топки, а в крайнем случае, где этого нельзя сделать, залить жар водой (соблюдая осторожность, чтобы не получить ожогов).

29. Открыть топочные дверцы и дымовую заслонку (для охлаждения котла).

30. Закрыть паровой вентиль к общему паропроводу (чтобы можно было снизить давление в котле).

31. Постепенно выпускать пар через предохранительные клапаны.

32. Немедленно уведомить механика или заведующего котельной.

Обычные остановки котла — см. стр. 271.

Подготовка холодного котла к растопке

33. Прежде чем холодный котел (стоявший для осмотра, чистки или ремонта) будет наполнен водой и растоплен, кочегар должен осмотреть котел и удостовериться в том, что:

а) поверхность котла хорошо очищена от накипи, золы и сажи;

б) зола спущена (выгреблена) из дымоходов;

в) на стенках и трубах котла нет отдулин, трещин и значительных протравлений (разъеданий);

г) отверстия в стенках для арматуры и каналы арматуры хорошо очищены;

д) в обмуровке нет трещин и выпавших кирпичей, особенно у огневой линии (сводики огневой линии не повреждены);

е) перегородки дымоходов находятся в исправном состоянии;

ж) вся арматура: насосы, водоуказательные стекла, манометр, предохранительные клапаны, паровой вентиль, спускной кран и т. д. — вполне исправна и готова к работе;

з) внутри котла нет людей и не оставлены (забыты) тряпки, инструменты, гайки и т. п.; после осмотра котла внутри следует немедленно закрыть люки;

НБ УДУНТ (ДІІТ)

и) сняты заглушки, поставленные на паровой. водяной и спускной линиях для отъединения неработающего котла от других, работающих.

Наполнение котла для растопки

После того как установка осмотрена и проверена исправность арматуры, кочегар может приступить к наполнению котла водой, а затем к его растопке. Необходимо:

34. Приоткрыть предохранительный клапан или открыть воздушный кран (чтобы дать выход воздуху).

35. Наполнить котел водой не более, чем до середины водоуказательного стекла.

36. Проверить уровень воды в котле посредством водоуказательных стекол и пробными кранами.

37. Заполнить экономайзер водой.

38. Выключить экономайзер из газового потока, закрыв его заслонки и открыв заслонки прямого хода (чтобы при растопке газы шли, минуя экономайзер).

39. Не выключаемый (заслонками от дымоходов котла) пароперегреватель следует соединить с водяным или паровым пространством котла (по указанию заведующего котельной).

40. Выключаемый (от дымоходов) перегреватель следует на время растопки выключить из газового потока, для чего необходимо: а) закрыть заслонки, б) соединить перегреватель с паровым пространством котла.

Растопка и пуск котлов в ход

Разводить огонь в топке можно лишь, выполнив все указанное в предыдущих параграфах («Подготовка холодного котла и растопка» и «Наполнение котла»). Растапливать котел следует по возможности медленно.

41. Для выпуска воздуха из котла необходимо приподнять предохранительные клапаны (или открыть воздушный кран, предназначенный для выпуска воздуха, если такой кран имеется на котле).

Предохранительные клапаны (или воздушный кран) остаются открытыми до тех пор, пока из них сильно не пойдет пар, после чего их опускают (кран закрывают).

42. Пока предохранительные клапаны открыты (т. е. пока в котле нет давления), нужно подтянуть гайки на крышках тех лазов и люков, которые во время остановки котла снимались или отвертывались.

43. Закрыв предохранительный клапан, кочегар следит за подъемом давления в котле по манометру и за водоуказательными стеклами.

44. В вертикальных водотрубных котлах при расширении воды от нагревания уровень ее сильно поднимается. Необходимо время от времени спускать воду через продувочный кран, поддерживая уровень в стекле нормальным.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

45. Давление в котле должно подниматься до тех пор, пока стрелка манометра не дойдет до красной черты. Как только стрелка начнет переходить за черту, клапаны должны начать выпускать пар. Этим проверяется исправное действие предохранительных клапанов.

46. Включать котел в линию (соединять с общим паропроводом) можно лишь при условии, что давления в них одинаковы. Если давление в паропроводе ниже предельного, то и давление в котле необходимо соответственно снизить.

47. Паровой вентиль следует открывать медленно и осторожно, прислушиваясь к тому, не получаются ли в паропроводе удары (в противном случае легко может быть паровой или водяной удар в паропроводе и разрыв его). Одновременно необходимо выпустить конденсационную воду из паропровода, а конденсационные горшки должны быть открыты на прямой ход.

48. У выключенного (от дымоходов котла) перегревателя нужно открыть заслонки.

49. Перегреватель не выключенный (от дымоходов) необходимо продуть (выпустить охлаждавшую его воду).

50. После открытия парового вентиля необходимо пустить в действие экономайзер, открыв для этого его заслонки и закрыв заслонки прямого хода (см. уход за экономайзером).

Уход за котлом во время работы

Обслуживание котла во время работы состоит в основном в том, чтобы: 1) поддерживать в нем постоянный уровень воды (небольшое колебание уровня), т. е. питать котел по возможности непрерывно и соответственно расходу пара; 2) поддерживать в котле постоянное давление пара, не давая давлению снижаться во время большого расхода пара и переходить за предельное при снижении (падении) расхода; 3) наблюдать за всей арматурой и проверять ее исправность, как указано в следующих параграфах.

Ремонт котла во время работы (как и во время растопки) запрещается.

Не допускается также подчеканка швов и заклепок.

Подтягивание гаек у крышек лазов и люков допускается лишь с разрешения механика или заведующего котельной или лиц, их заменяющих, и под их наблюдением. Длина ручки гаечного ключа не должна быть больше шестикратной ширины отверстия в ключе для гайки (например, при ширине отверстия в 40 *мм* длина ручки не больше 240 *мм*). Насаживать на ручку ключа трубу или захватывать (повертывать) его другим ключом строго запрещается.

51. Все вентили следует открывать медленно и осторожно. Краны необходимо также медленно закрывать. Медленное открывание и закрывание обязательны, чтобы в трубопроводах не получались сильные толчки и удары от вырывающейся или останавливаемой струи пара или воды.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

52. Уход за вентилями: а) крышки сальников следует своевременно и ровно подтягивать и, когда требуется, подбивать; б) шпиндели вентилей необходимо очищать от грязи и пыли и смазывать не густо маслом (чтобы они легко ходили и не заедали); в) тарелки (клапаны) вентилей следует осматривать при первой возможности и, если требуется, притирать к седлу.

53. Наблюдать за водоуказательными стеклами и держать уровень воды в котле приблизительно на середине стекла.

54. Уровень воды не должен ни в коем случае опускаться ниже низшего уровня (ниже металлического указателя, который должен быть выше гайки стекла не менее чем на 25 *мм*).

55. Продувать стекла следует при приемке и не менее трех раз в смену, а при грязной воде — значительно чаще (не ожидая явного засорения стекол).

56. Водоуказательные стекла и щитки к ним следует содержать чистыми и хорошо освещенными.

57. Если вода ушла под нижнюю гайку (упущена) и при проверке водяным пробным краном из него пойдет пар (сухой), то необходимо немедленно остановить котел (по правилам, изложенным в § 27—32).

58. Насосы (и инжекторы) должны быть всегда вполне исправны и готовы к работе. При приемке следует каждый из них опробовать, а в смену пользоваться ими попеременно, пуская каждый из них 2—3 раза в течение смены.

59. В случае неисправности всех насосов необходимо немедленно остановить котел.

Наблюдать за давлением в котле по манометру и ни в коем случае не допускать перехода давления за предельное (переход стрелки за красную черту).

60. Проверять исправность манометра проверкой его на нуль при приемке смены, не менее, чем раз в смену, и кроме того, как только будет замечено, что стрелка манометра долго стоит совершенно неподвижно или что она не дошла до красной черты, а предохранительный клапан уже парит. При проверке манометра стрелка должна плавно вернуться в прежнее положение.

Если после проверки манометра стрелка медленно поднимается или не доходит до прежнего положения, то необходимо продуть сифонную трубку.

Трехходовой кран надлежит повертывать (закрывать или открывать) медленно и осторожно.

61. Если манометр окажется неисправным, то его необходимо немедленно сменить или остановить котел.

62. Если давление в котле поднимается выше предельного и стрелка манометра переходит за красную черту, то кочегар должен: а) прикрыть поддувало (остановить дутье), б) опустить дымовую заслонку, в) усилить питание котла.

Если, несмотря на принятые меры, давление продолжает повышаться сверх предельного, кочегар должен немедленно остановить котел.

63. Предохранительные клапаны следует проверять при

НБ УДУНТ (ДІІТ)

приемке и по крайней мере раз в смену, осторожно приподнимая их за конец рычага.

64. Тарелку клапана необходимо ежедневно слегка поворачивать вокруг своей оси (если это позволяет устройство предохранительного клапана).

65. Рычаги предохранительных клапанов не должны туго вращаться на болтах и тереться о вилки.

66. Перемещать груз на рычагах предохранительных клапанов, подвешивать добавочный груз, а тем более заклинивать рычаги, — строго запрещается.

67. В случае неисправности обоих предохранительных клапанов необходимо немедленно остановить котел.

Продувка котла

70. Сроки продувки устанавливаются заведующим котельной или механиком и зависят от качества воды и нагрузки котла.

71. Продувку желательно производить не на ходу котла, а к концу перерыва и при пониженном давлении пара (если это возможно по условиям работы котельной).

72. Если котел продувают на ходу, то горение в топке должно быть ослаблено, а продувку следует производить вдвоем: один кочегар находится у продувочного крана, другой наблюдает за водоуказательными стеклами, манометром, топкой.

73. Если продувочный кран находится позади котла, то продувку следует производить вдвоем: один кочегар находится у спускного крана, другой следит за водоуказательными стеклами.

74. Перед продувкой проверяют, не забит ли отвод грязью и накипью, для чего нужно его ощупать рукой — холодный отвод указывает обычно на то, что он забит.

75. Необходимо проверить пробку крана (не заела ли она), осторожно повернув его на небольшой угол. Пробку нельзя повертывать, насаживая на ключ трубу: можно легко сломать кран или отвод и быть ошпаренным. В случае, если кран не повертывается, необходимо довести об этом до сведения старшего по котельной.

76. Необходимо осмотреть, не производится ли ремонт на продувочной линии и нет ли людей около выходного конца линии (если труба выведена на двор котельной и не ограждена или не имеет прочного козырька на конце).

77. Проверяют продувкой исправность водоуказательных стекол.

78. Наполняют питательный бак водой

79. Подкачивают в котел воды на $\frac{3}{4}$ стекла.

80. Открывают немного кран. Если продувка при небольшом открытии не начинается, то закрывают кран и доводят об этом до сведения старшего по котельной.

81. Открыв кран, наблюдают за стеклами. Закрывают продувочный кран. когда уровень воды в стеклах будет на 3—5 *см* выше низшего допускаемого уровня.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

3 руб., пер. 1 р. 5.
21 - 25 - 3. 2

Сканировала Сидорчик Е.В.

НБ
УДУНТ
(ДІІТ)