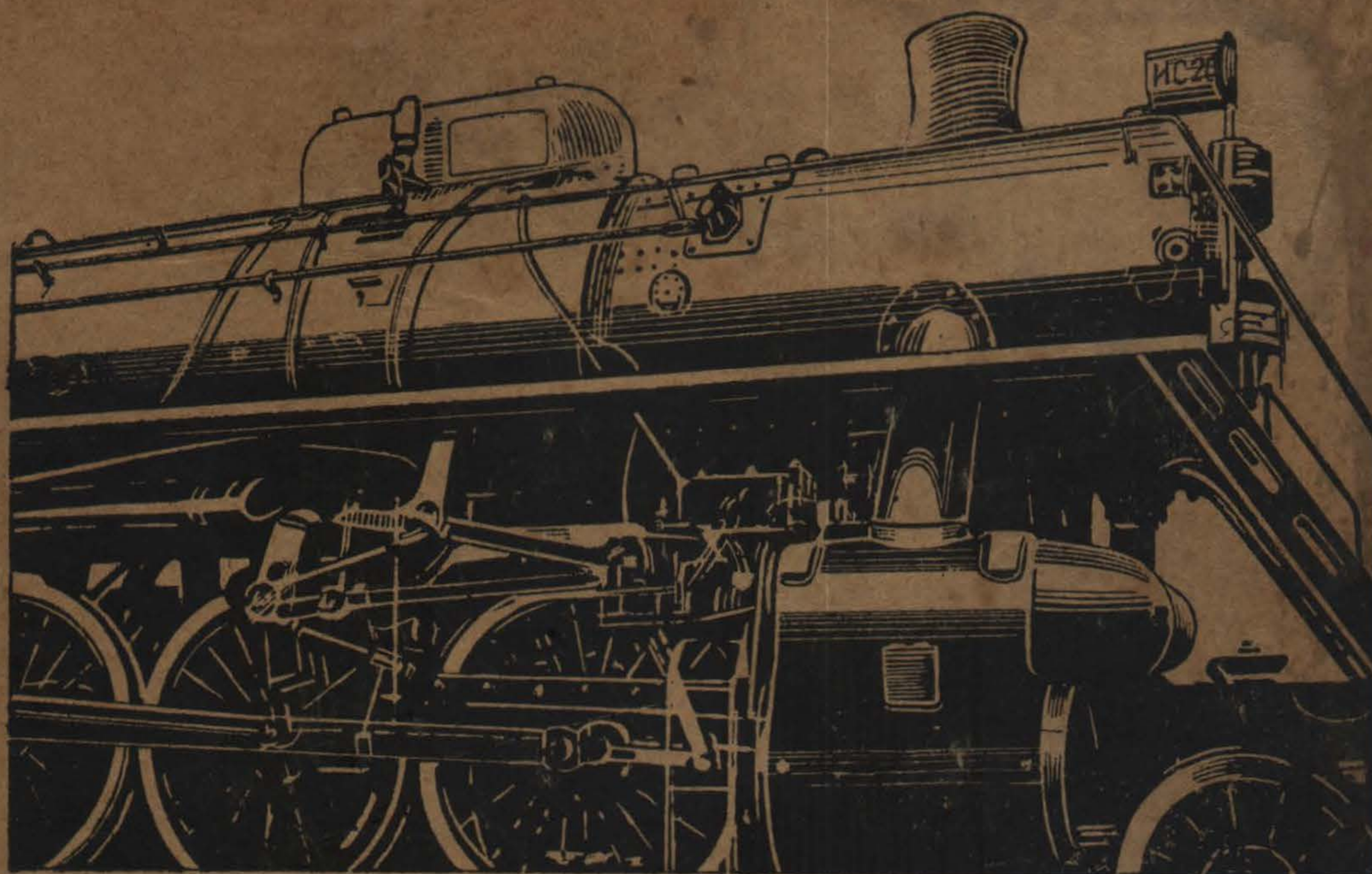


621.133

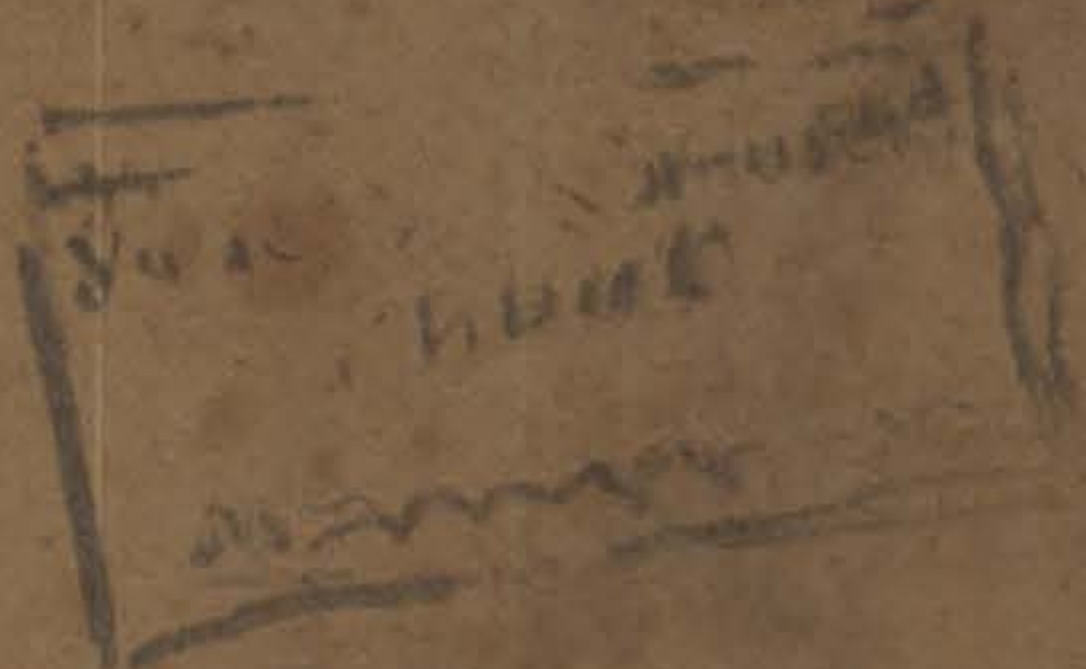
Я. 657.

Л. Б. ЯНУШ



КОНСТРУКЦИИ ПАРОВОЗОВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ СССР

Выпуск 4



ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ НКПС
МОСКВА

1934

НТБ
ДНУЖТ

Л. Б. ЯНУШ

621 2-
J 657

7742

1934

КОНСТРУКЦИИ ПАРОВОЗОВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ СССР

ВЫПУСК IV

ПАРОПРОВОД, ПАРООТВОД,
ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛИ и ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛИ
С ПОРШНЕВЫМИ НАСОСАМИ

ОДОБРЕНО
ЦЕНТРАЛЬНЫМ ОТДЕЛОМ ПОД-
ГОТОВКИ КАДРОВ НКПС В КА-
ЧЕСТВЕ УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ
ДЛЯ ВТУЗОВ Ж.-Д. ТРАНСПОРТА

7742

ПРОВ. № 1967

35487

НТБ
ДНУЖТ

Четвертый выпуск *«Конструкции паровозов жел. дор. СССР»* посвящен конструкции паропровода, пароотвода, пароперегревателей и, наконец, водоподогревателей. Глава, посвященная пароперегревателям, сопровождается историей применения перегретого пара.

В главе *«Водоподогреватели»* автор излагает все типы водоподогревателей, как-то: поверхностные водоподогреватели Кнора, *«Борец»* Коломенского завода, Элеско, водоподогреватели смешения *«Красный Путиловец»*, Вортингтон.

Редактор К. Мелешко.

Корректор Н. Скрипичин.

Техн. Редактор Д. Фрейман.

Уполн. Главлита № У-83797

ЖДИЗ 395 Ж 1-а

Зак. тип. № 9308.

Тираж 8170 экз.

Разм. бум. $72 \times 105 - \frac{1}{16} - 15\frac{1}{8}$ п. л. + 2 вклейки $\frac{1}{4}$ п. л.

Сдано в произв. 23/XI—33 г.

авт. л. 27, печ. зн. в 1 печ. л. 71248.

Подп. к печати 7/VI-34 г.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

в книге Л. Б. Януш „Конструкции паровозов железных дорог СССР“

Стр	Строка	Напечатано	Должно быть
27	2 снизу	В середине	В середине
28	5 „	в середине	в середине
32	5 сверху	Л и с о в ы м	Л ы с о в ы м
32	Подпись под фиг. 33	Л и с о в а	Л ы с о в а
35	4 сверху	на $C^y =$	На $C =$
47	9 „	клапанов-регуляторов	клапанных регуляторов
48	1 снизу	(фиг. 46).	(фиг. 60).
49	5 сверху	4 (фиг. 57) и 6 (фиг. 56)	4 (фиг. 56) и 6 (фиг. 57)
52	9 „	Б — В	Б — Б
57	за олок таблицы 3	Площадь полного откры- тия $см$	Площадь полного откры- тия $см^2$
71	13 снизу	1 — 4 — 0 ВБ	0 — 4 — ВБ
71	13 „	1 — 3 — 1 Л	2 — 3 — 1 Л
74	2 сверху	заметно перепада	заметного перепада
76	20	0 — 5 — 0 3Ш	0 — 5 — 0 ЭШ
91	13 „	отработанного пара	отработавшего пара
94	23 снизу	отработанного пара	отработавшего пара
99	10 сверху	Сквозь центральное от- верстие звездчатой на- садки, служащее для центрирования прибора, которым производится проверка конуса, во вре- мя выхлопа идет сплош- ная струя пара	Центральное углубление звездчатой насадки слу- жит для центрирования прибора, которым произ- водится проверка конуса
114	20 „	0—3—0+0—3—0 Θ	0—3—0+0—3—0 Θ ^ч
114	20 „	на б. М.-Казанскую ж. д.	На М.-Казанскую ж. д.
128	7 и 8 „	элемента в пароперегре- вателе	элементам пароперегре- вателя
135	26 „	часто	часть
167	13 снизу	который и будет	которые и будут
169	10 и 11 свер- ху	совершенными	совершенным
177	1 сверху	по спусковой трубе,	по спускной трубе,
177	2 „	спусковая трубка	спускная трубка
190	7 „	подъем 11 $см$	подъем 11 $мм$

НТБ
ДНУЖТ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая книга является одним из выпусков общего труда автора по вопросу о конструкциях наших советских паровозов.

В книге сделана попытка наиболее подробно осветить сравнительно мало изученные явления, происходящие в сухопарнике и паропроводе паровозов, отражающиеся на степени влажности пара и на бросании паровозом воды, а также приведены формулы для определения размеров паровозных регуляторов, которые до сих пор совершенно отсутствовали в современной паровозной литературе.

Борьба с влажностью пара—это борьба за экономию топлива на паровозах. Поэтому, поставив перед собой целью разъяснить нашим паровозникам, в чем заключается сущность упомянутых явлений, я указываю и меры по борьбе с этими вредными явлениями.

Если эта книга поможет, хотя бы и в незначительной степени, повысить экономичность наших паровозов и, следовательно, поможет хотя-бы отчасти выполнить одну из важнейших директив партии и правительства в жесткой борьбе за экономию топлива, то моя цель будет достигнута.

При рассмотрении явлений, происходящих в паровом пространстве котла, следует все таки сказать, что некоторых явлений без специальных опытов мы точно объяснить пока не можем и здесь мы вынуждены оставаться пока в области догадок и предположений.

Всех лиц, которые будут пользоваться моей книгой, я прошу сообщить мне свои замечания и указания по поводу затронутых в книге вопросов, имеющих большое значение при конструировании и эксплуатации паровозов.

Считаю своим долгом выразить глубокую благодарность б. Начальнику ЦЛПБ Н. А. Максимова, старшему инспектору ТООГПУ Д. В. Аркадьеву и б. Директору Ленинградского дома техники им. тов. Сталина Р. А. Гроссману за предоставленный материал по мощным паровозам ИС и ФД.

Автор.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

П А Р О П Р О В О Д

1. ПАРОСУШИТЕЛИ

Выходящий из воды пар и заполняющий паровое пространство котла и паровой колпак всегда содержит в себе механическую примесь воды, наличие которой определяет влажность пара, выражаемую в процентах от полного весового количества смеси. Опыты показали, что средняя влажность пара колеблется от 5 до 10%¹. Присутствие воды в паре объясняется, во-первых, тем, что пузырьки пара, по мере поднятия через слой воды в паровое пространство, захватывают за собой брызги воды и уносят их вместе с собой из котла; во-вторых, насыщенный пар частью переходит в капельно-жидкое состояние (конденсируется) и постепенно увлажняется при соприкосновении со стенками паропроводов.

Увлажнение пара приносит вред, так как ведет к понижению экономичности работы паровоза: при работе перегретым паром присутствие воды отражается на падении перегрева. В паровозах, работающих насыщенным паром, водяная примесь непроизводительно уносит с собой теплоту из котла. Каждый лишний процент влажности уменьшает температуру перегрева в среднем на 9–10° Ц и повышает расход топлива почти на 1%. Густота и объем водяных брызг, подмешанных к пару, уменьшаются по мере возвышения над зеркалом испарения. Чем, следовательно, выше уровень отбора пара, тем более увеличивается сухость рабочего пара.

Присутствие воды в паре вредно также потому, что вместе с водой из котла уносится накипь. При испарении этой воды в пароперегревателе накипь оседает на элементах, причиняя заростание их внутри, и этим еще более понижает перегрев, вызывая также чрезмерное накаливание трубок элементов, отчего они быстро коробятся и перегорают. Это особенно заметно при мелких трубках пароперегревателя Чусова ($d=18/24$ мм), которые скорее зарастают накипью, чем трубки пароперегревательных элементов Шмидта, имеющих большой диаметр ($d=27/34$ мм или $29/36$ мм). При исчезновении водяных капель в среде самого пара, частицы накипи в виде сухой пыли уносятся паром далее в машину. Пылевидные частицы сухой накипи, уже осевшие на стенках элементов пароперегревателя или паропроводов, также частично увлекаются паром ввиду трения частиц пара о стенки, покрытые слоем накипи. Попадая в золотниковую коробку и цилиндры, пылинки накипи вызывают сработку трущихся поверхностей золотниковых и поршневых колец, скалок, рабочих поверхностей цилиндра и золотниковых втулок, а также могут служить причиной задиров. Вместе с остатками смазки, накипь образует

¹ См. непосредственные данные опытов над типами паровозов, помещенные в книге проф. С. П. Сыромятникова „Исследование рабочего процесса паровозного котла и пароперегревателя“, Берлин 1923 г., стр. 197–234, а также в его же книге „Тепловой процесс паровоза“ Гостехиздат, Москва 1926 г., стр. 250–260. Кроме того, непосредственные данные по опытам над паровозами 1–3–1 С^У, 2–3–1 Л и 1–4–0 Щ^Ч см. книги инж. Р. П. Гриненко „Результаты опытов над паровозами типа 1–3–1 С^У и 2–3–1 Л“. Транспечать, Москва 1927 г., выпуск № 61, стр. 76–85 и 104–118, и далее „Результаты опытов над паровозом типа 1–4–0 серии Щ^Ч“. Транспечать, Москва 1927 г., выпуск № 62, стр. 22–33. „Непосредственные данные опытов 1, цикла с паровозами 1–3–1 С 20, 2–3–ОБ-17, 1–3–ОНП 142 и 1–3–ОНВ 84-го Одесса 1916 г.“

нагар на стенках паровпускных каналов и других поверхностях цилиндров и золотниковых коробок. Нагар представляет иногда совершенно плотную и твердую корку, которая едва поддается зубилу. Нагар причиняет заростание паровпускных окон, отверстий смазочных трубочек и продувательных кранов.

Кроме уноса водяных брызг в виде механической примеси, наблюдаются явления бросания воды, при которых против основания колпака на поверхности воды образуется как-бы столб (смерч), входящий в колпак на известную высоту.

Подъем воды в колпак происходит чаще всего вследствие волнения поверхности воды при тряске котла в пути, причем всплескиваемая масса воды увлекается в среду несколько пониженного давления, т. е. в паровой колпак. Высота подъема столба воды, очевидно, соответствует тому вакууму, который образуется в колпаке. Например, достаточно вакуума всего в $0,05 \text{ кг/см}^2$, чтобы вода поднялась на высоту 500 мм. Такой вакуум может образоваться внезапно в моменты резких открытий регулятора. Менее резкие его колебания могут получаться в пути и независимо от открытия регулятора. При сохранении неизменной комбинации p и v , т. е. открытия регулятора и отсечки, расход пара, а с ним и вакуум в колпаке могут нарастать автоматически при изменении скорости движения, т. е. при разгонах или изменении профиля пути.

Поясним это следующим примером. Пусть паровоз 1—3—1 С идет со скоростью 60 км/час, при вполне открытом регуляторе и отсечке 0,3. При этих условиях его машина за каждый ход поршня потребляет около 0,17 кг пара (см. диаграмму фиг. 1¹). Число оборотов движущих колес в секунду определится из выражения:

$$n = \frac{60 \cdot 1000}{3,14 \cdot 1,83 \cdot 60 \cdot 60} = 2,9 \text{ оборота.}$$

(1,83—диаметр специальных колес паровоза 1—3—1 С при толщине бандажа 65 мм).

Так как за каждый оборот совершается по четыре одиночных хода поршня обеих машин, то число одиночных ходов поршня составит:

$$2,9 \times 4 = 11,6 \text{ ходов}$$

Секундный расход пара машиной будет равен:

$$11,6 \times 0,17 = 1,98 \text{ кг.}$$

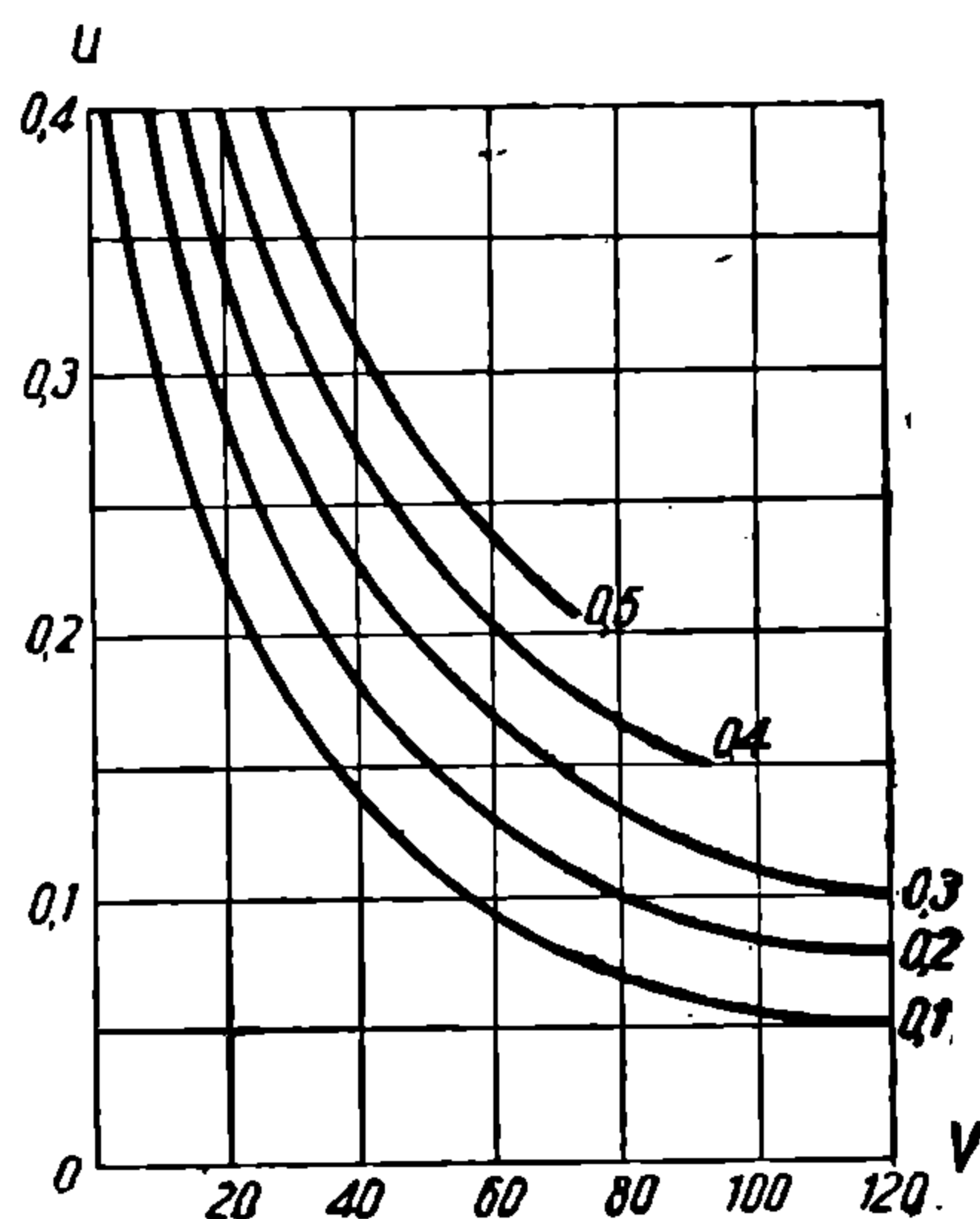
Представим теперь, что скорость поезда возросла до 70 км/час, причем машинист не тронул ни регулятора, ни винта, т. е. комбинация управления паровозом осталась той же. При этих условиях на один ход поршня по диаграмме фиг. 1 имеем расход пара 0,15 кг, но число оборотов возросло до

$$n = \frac{70 \cdot 1000}{3,14 \cdot 1,83 \cdot 60 \cdot 60} = 3,4 \text{ оборота.}$$

Число ходов в секунду — $3,4 \times 4 = 13,6$ ходов. Средний расход пара машиной — $13,6 \times 0,15 = 2,02 \text{ кг}$, т. е., как видно, автоматически возрос.

Чтобы определить, что происходит в паровом колпаке во время бросания воды, т. е. в каком виде увлекается вода — в капельном или другом состоянии — на одном из паровозов 0—4—00^В было на стенке колпака установлено водомерное стекло Клингера. Когда происходило бросание воды, то в этом стекле ясно был виден уровень воды, поднимавшийся выше половины колпака.

Бросание воды цельными порциями того или иного объема, помимо того вреда, который вообще приносит вода в паре, очень опасно для машины, так



Фиг. 1. Диаграмма расхода пара за один ход поршня при разных скоростях и отсечках паровоза 1—3—1С.

¹ См. Опыты 1912—1914 г. на 6. Никол. жел. дор., изд. 1925 г., стр. 322.

как, попадая в цилиндр, вода производит на ходу паровоза гидравлические удары, которые обычно ведут к выбитию цилиндрических крышек, разбитию самих цилиндров, поломкам и обрывам частей движущего механизма машин и пр.

Следует заметить, что применяемые системы паросушителей, которые рассмотрены ниже, далеко несовершенны и лишь в весьма малой степени предохраняют от бросания воды и осушают пар от примеси водяных брызг. Неудовлетворительность действия зиждется в самом их принципе. Стараясь предохранить полость сухопарника от проникновения в нее воды, сухопарник от остального объема парового пространства отделяют разными щитами, диафрагмами, сетками и прочими приспособлениями, расположенными внизу, у основания колпака. Легко себе представить, что при захлебывании брошенной водой всех низко расположенных путей, по которым протекает пар в сухопарник, образуется как бы водяная пробка, которая разобщает сухопарник от остальной части котла; но так как пар из сухопарника мгновенно уйдет в машину, то в сухопарнике образуется глубокий вакуум. Паросушитель при этом срывает с места разностью давлений, а не ударом воды, как это принято думать. Воду конечно тоже сильно толкнет в средину пониженного давления, где она, кроме того, сильно вскипает и уносится в регулятор.

Увлажнение пара и отдельные случаи бросания воды зависят также и от других причин. Главнейшими из них являются высокий уровень воды в котле, загрязнение котла накипью при неудовлетворительных промывках, при резком взятии с места задним ходом и т. д. Полезным иногда бывает проверить горизонтальность котла при постановке паровоза на ровном пути и в случае, если передние рессоры просели, перед котла с рамой следует приподнять выравниванием рессорного подвешивания.

Весьма существенным является уровень отбора пара — чем он выше, тем меньшую влажность имеет рабочий пар. Для выяснения опытным путем влияния этого обстоятельства на одном из выпущенных Путиловским заводом в 1903 г. товарном паровозе 0—4—0 О^в, работавшем на б. Ник. ж. д., нормальный колпак был заменен более высоким — на 520 мм, — насколько это допускал габарит и была соответственно повышена регуляторная головка¹. По сведениям, сообщенным дорогой, на этом паровозе случаи бросания воды бывали значительно реже, чем на других паровозах такого же типа, имевших колпаки обычной высоты. Устройство высокого колпака дает, кроме того, возможность держать в котле более высокий уровень воды сравнительно с другими паровозами, что в некоторых случаях, например, при ведении тяжелых поездов на больших и длинных подъемах, может иметь существенное значение. Постановка таких колпаков на мощных паровозах с высоко поднятыми котлами, однако, невозможна по условиям габарита.

Большое влияние на степень влажности пара имеют объем парового пространства и напряженность зеркала испарения. На прибывших к нам из Америки паровозах 1—5—1 Т^в и 1—5—2 Т^а паровое пространство котла выполнено по американским нормам (см. табл. 1), отличным от наших, почему в этих паровозах паровое пространство, по отношению к прочим размерам котла, оказалось меньшим, чем на наших паровозах. Это обстоятельство сделало работу паровозов 1—5—1 Т^в и 1—5—2 Т^а на жесткой воде очень тяжелой, так как ввиду понижения перегрева, вследствие большой влажности пара, понизилась и экономичность паровоза в целом; на этих паровозах часто происходят и случаи бросания воды. Другие наши мощные паровозы — 1—5—1 ФД и 1—4—2 ИС имеют паровые пространства, приближающиеся по соотношению с прочими размерами котла к нашим лучшим паровозам 1—3—1 С, С^у и 0—5—0 Э. В действительности и влажность пара на них также оказалась значительно ниже, чем на паровозах американской постройки 1—5—1 Т^в и 1—5—2 Т^а. Особо характерными и показательными являются данные седьмой строки табл. I, где приведены напряженности зеркала испарения или количества пара в килограммах, снимаемых с 1 м² зеркала испарения в сек. при $Z_k = 40$.

¹ См. Известия бюро совещательных съездов № 7 и 12—1912 г., инж. М. В. Гололобов. — К вопросу о возможности конденсации пара в пароперегревателе и о бросании воды паровозами.

Таблица 1

Паровозы	1-5-0 ЕЛ	1-4-2 ИС	2-3-0 К	2-3-0 КУ	2-3-1 Л	2-4-0 М	1-3-1 С	1-3-1 СУ	1-5-2 ТА	1-5-1 ТВ	1-5-1 ФД	0-5-0 Э	0-4-0 У
1. Объем паровозного пространства м^3	3,370	6,175	2,607	2,940	5,130	5,000	4,000	4,740	6,760	5,960	6,175	4,415	2,510
2. Зеркало испарения м^2	11,44	17,60	9,61	10,28	13,74	13,10	11,60	12,85	18,06	16,75	17,60	11,88	9,45
Отношения													
3. $\frac{\text{Объем паров. простр.}}{\text{испар. пов. нагр.}}$	0,0139	0,0209	0,0158	0,0163	0,0189	0,0193	0,02	0,0242	0,0178	0,0175	0,0209	0,0227	0,0143
4. $\frac{\text{Объем паров. простр.}}{\text{пл. колосн. решетки}}$	0,560	0,880	0,957	0,925	1,100	0,835	1,050	1,000	0,845	0,811	0,880	0,990	0,830
5. $\frac{\text{Зеркало испарен.}}{\text{пл. колосн. решетки}}$	1,90	2,50	3,53	3,23	2,95	2,18	3,05	2,71	2,26	2,29	2,50	2,66	3,12
6. $\frac{\text{Зеркало испарен.}}{\text{испар. пов. нагр.}}$	0,0472	0,0597	0,0575	0,0570	0,0507	0,0505	0,560	0,0658	0,0476	0,0475	0,0597	0,0610	0,0532
7. Количество кг пара, снимаемых с 1 м^2 зеркала испарения в сек. при $Z_k = 40$.	0,234	0,186	0,208	0,199	0,229	0,210	0,198	0,171	0,234	0,227	0,186	0,186	0,194

Наименьшая цифра 0,171 падает на паровоз 1—3—1 СУ, являющийся пока наилучшим нашим паровозом по теплотехническим качествам. Наибольшую цифру из паровозов, построенных у нас,—0,229, имеет малоэкономичный паровоз 2—3—1 Л.

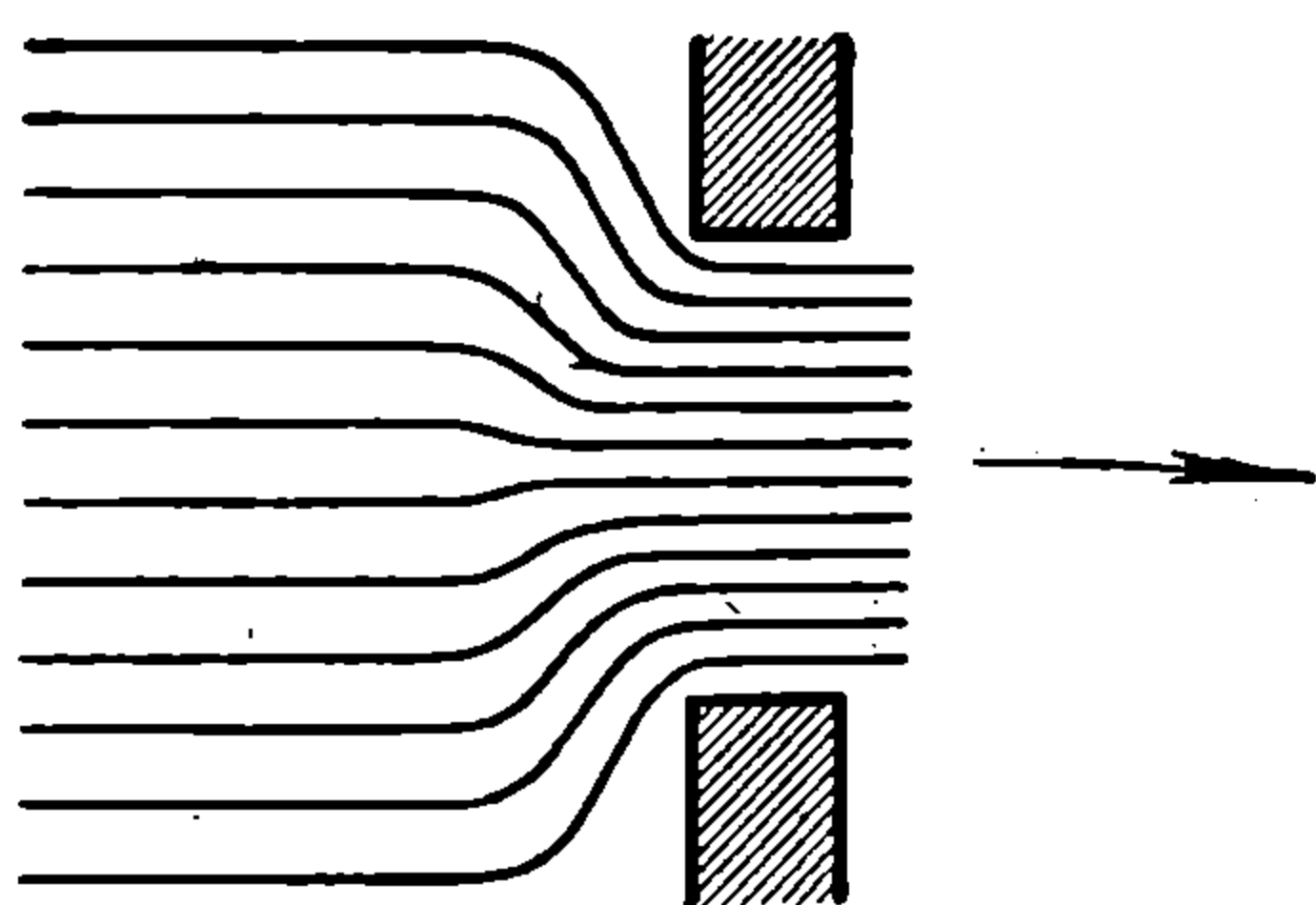
Паровое пространство котла характеризуется также отношением диаметра цилиндрической части к высоте парового пространства при определенном уровне воды (обычно берут 100 мм над наивысшей точкой неба огневой коробки со стороны воды). Это отношение составляет величину: для 1—3—1 С и СУ —4,4, для 0—5—0 Э —4,02, т. е. лежит в пределах 4—4,5.

Практикой установлено, что на унос воды влияют пропуск поршней и золотников и другие утечки пара в машине. Интересным обстоятельством является при этом то, что расход воды увеличивается не только вследствие необходимости приготовления большего количества пара, расход которого повышен утечками, а возрастает обыкновенно много быстрее, так как сам по себе унос воды становится больше. Объяснить это явление можно следующими предположениями. Прежде всего, во всем паропроводе и регуляторе существует явление пульсации пара (этот вопрос подробно будет изложен в § 3), происходящее вследствие того, что паровыпускные окна паровых цилиндров открыты не постоянно, а открываются периодически при движении золотников. Понятно, что в тот момент, когда одно из окон открыто, пар течет по паропроводу с наибольшей скоростью; в промежутках же между двумя смежными открытиями (считая, конечно, все цилиндры машины) пар должен останавливаться, но так как в машине есть утечка, то течение пара не прекращается, а лишь только периодически замедляется. Это и наводит на мысль, что главный унос воды и происходит как раз в моменты замедленного течения пара на утечку. Казалось бы, на первый взгляд должно получиться обратное, т. е. с понижением скорости пара унос воды также должен понижаться, однако, он возрастает. Чтобы объяснить это явление, представим себе, что частицы пара с подмешанными к ним более тяжелыми частицами воды направляются к регулятору (фиг. 2). Перед самым входом в регулятор, крайние струйки из общего потока влажного пара, стремясь также проникнуть в отверстие регулятора, изменяют свое направление, приближаясь к центральным струйкам. Капельки воды, несомые крайними струйками пара, обладая большей инерцией, отбрасываются в первоначальном направлении и, ударяясь о края отверстия регу-

тора, в него не проникают. Чем, следовательно, меньше будет отверстие регулятора и больше скорость пара, тем меньше может проникнуть в него воды. При падении скорости пара капельки воды, заряжаемые меньшей кинетической энергией, будут, по инерции, слабее отсеиваться от пара на края отверстия регуляторной головки и большее количество их сможет попасть в регулятор.

Таким образом, мы приходим к выводу, что для каждого определенного открытия регулятора и данного расхода пара существует некоторая скорость, при которой унос воды достигает максимума. При изменении скорости и в сторону падения и в сторону повышения, унос воды, очевидно, уменьшается. При нулевой скорости, конечно, не может быть никакого уноса. Этот случай был бы только при идеальном состоянии машины, при котором отсутствовали бы всякие утечки. Максимальная скорость пара в момент впуска в цилиндр должна соответствовать несколько пониженному уносу воды сравнительно с максимальным.

Как показывает практика, большое влияние на унос воды оказывает неплотность фланцев регуляторной трубы и регуляторной головки. При расположении регуляторной трубы в паровом пространстве котла, через неплотности получается подсос воды внутрь, особенно при погружении трубы в воду



Фиг. 2.

при ее высоком уровне. Бывают случаи появления в самой трубе или регуляторной головке сквозных раковин, свищей и т. д. Пропаривание сквозь них при закрытом регуляторе часто наводит на мысль, что регулятор пропускает. Однако, как видно, регулятор может быть и не при чем. При езде же с открытым регулятором, благодаря меньшему давлению в регуляторной трубе, чем в котле, получается через сквозное отверстие в стенке трубы подсос воды. Поэтому мы рекомендуем на паровозе, сильно расходующем воду, обращать внимание на плотность фланцев регуляторной трубы и на возможность дефектов в самой трубе и других частях,

и в случае, если такие дефекты будут обнаружены, следует их немедленно устранить.

Придают также большое значение положению парового колпака на котле. Существует мнение, что для получения наиболее сухого пара паровой колпак следует относить дальше от топки. Этим объясняется, что преобладающее большинство наших паровозов имеют паровой колпак, установленный на первом звене цилиндрической части котла. Отступление от этого правила на некоторых паровозах, например, 0—4—0 О^в, 1—4—0 Щ и др., вызвано исключительно развеской котла для перенесения центра тяжести котла в сторону топки. Колпак на этих паровозах установлен на втором звене цилиндрической части. На части паровозов 0—5—0 Э^у и Э^м паровой колпак отнесен на второй барабан для размещения на первом барабане водоочистителя. Существует, однако, и противоположное мнение. Во-первых, в тех паровозах, где колпак подвинут ближе к топке, повышение влажности пара замечено не было. Во-вторых, богатейшая американская практика как раз рекомендует ставить паровой колпак, примерно, на середине котла, причем американцы приводят при этом весьма веские соображения, а именно: при негоризонтальном расположении котла на подъеме или уклоне колебания уровня воды в котле по его концам будут наибольшими. Сильное же повышение уровня воды против места отбора пара, т. е. против колпака, будет способствовать увеличению влажности пара. На середине же котла уровень воды почти не зависит от негоризонтального расположения его оси—колпак как-бы занимает нейтральное положение. Следует отметить, что наибольший расход пара, а следовательно и напряженность парового пространства, происходит, главным образом, на подъеме, т. е. при понижении уровня воды в передней части котла. Вследствие же того, что циркуляция воды в котле в верхних слоях всегда направлена вперед, а на поверхности воды зачастую

плавает пена, эта пена будет сбиваться как-раз в передней части котла, откуда у нас принято отбирать пар. При сильном волнении воды от тряски в пути, наибольшее всплескивание также должно получиться по концам котла, а не в середине. Для окончательного выяснения влияния положения парового колпака на сухость пара у нас намечается сделать специальные опыты.

И, наконец, последней и наиболее реальной мерой борьбы с влажностью пара и бросанием воды есть постановка рациональной системы паросушителя. Несмотря, однако, на множество систем применяемых паросушителей, вопрос о рациональной его системе до сих пор остается открытым и в настоящее время Институт реконструкции тяги НКПС начал обширные опыты с разнообразными системами паросушителя для выбора наиболее рациональной и практически пригодной конструкции.

Одна из предложенных систем будет испытана и на Октябрьских жел. дорогах.

Заграничная техника также не дает пока удовлетворительного решения вопроса о паросушителе. Например, на американских паровозах 1—5—1 Т^Б и 1—5—2 Т^А паросушитель пришлось заменить примитивной диафрагмой с отверстиями.

О неудовлетворительном разрешении вопроса о борьбе с бросанием воды уже говорилось. По нашему мнению, наличие внизу у основания сухопарника диафрагм, щитов и прочих устройств, применяемых в различных системах паросушителей, о чем будет сказано ниже, не может принести существенной пользы. Сухопарник должен совершенно свободно сообщаться с паровым пространством цилиндрической части котла.

Отсеивание капелек воды от пара осуществляется испытанным и вполне надежным способом почти во всех системах. Пар заставляют при течении делать повороты, при которых более тяжелые капельки воды отсеиваются в сторону центробежной силой. Но отсеянную воду вернуть в котел, однако, не удастся. Дело в том, что по тем трубочкам, отверстиям, желобам и пр., по которым сепарированная вода должна стекать обратно в котел, получается встречный ток пара, стремящегося проникнуть в сухопарник, где давление ниже, чем в котле. Этим паром отсеянную воду и несет обратно к регулятору. Получается, следовательно, как-бы замкнутый цикл: в одном месте вода отделяется от пара, а в другом снова им подхватывается. Не помогают при этом и трубки, опускаемые в водяное пространства котла. По ним получается не отвод воды из сухопарника в котел, а, наоборот, встречный подсос воды в сухопарник.

Таким образом, рациональная система паросушителя будет осуществлена только тогда, когда изобретательская мысль даст удовлетворительное решение вопроса об отводе отделенной от пара воды обратно в котел.

Вопрос о паросушении на паровозах, повторяем, очень важный и еще не решенный. Его решение есть выполнение одной из важнейших директив партии и правительства о жесткой борьбе за экономию топлива.

Все паросушители могут быть подразделены на две группы. К первой относятся паросушители такого устройства, в которых колпак как бы отделен от котла и пар попадает к регулятору особыми, предоставленными ему, путями. Ко второй группе относятся паросушители, установленные на самом регуляторе.

Все паросушители изготавливаются из железа СТО.

Из рассмотрения причин, могущих влиять на унос или бросание воды, вытекает, что вторые, по идее, более правильны, чем первые.

Существует также мнение, что в самом паросушителе скорость пара полезно понижать, предоставляя его течению возможно более широкое пространство. Этим стремятся уменьшить унос воды. В действительности это не совсем так. Если вспомнить, что основным и вполне надежным принципом отсеивания воды от пара является поворот пара, при котором капельки воды отлетают в сторону от центробежной силы, то совершенно очевидно, что чем большую скорость пар и капли воды будут иметь в момент поворота, тем энергичнее будет протекать отделение воды. Поэтому, в том месте паросушителя, где происходит поворот пара, сечение полезно уменьшать, а не увеличивать, как принято думать. Поворот пара должен быть резкий, по возможности, короткий и при наибольшей скорости, но без мятая пара. До этого поворота скорость пара должна быть действительно возможно замедленной. Это и должно быть учтено при конструировании паросушителя.

статком паросушителя такого является то, что, вследствие образования вакуума в сухопарнике, при захлебывании диафрагмы бывают случаи ее срывания. Поэтому, в некоторых паросушителях к диафрагме добавлен еще вертикальный цилиндр 5 (фиг. 4), поставленный на диафрагму против круглого выреза в ней и снабженный сверху отражательным зонтом 6, прикрепленным к нему на четырех стойках.

Для получения более замедленного входа пара, диаметр этого цилиндра паросушителя в паровозах последующих построек (1—3—1 С, 0—5—0 Э) увеличен до 500 мм и более (фиг. 5). Диафрагма 1 — сплошная, имеет вид кольца, в которое опущен цилиндр 2, скрепленный с диафрагмой кольцевым угольником. Зонт, состоящий из плоского днища, собранного из двух половин 3—3 и цилиндра 4, прикреплен к цилиндру 2 на восьми стойках.

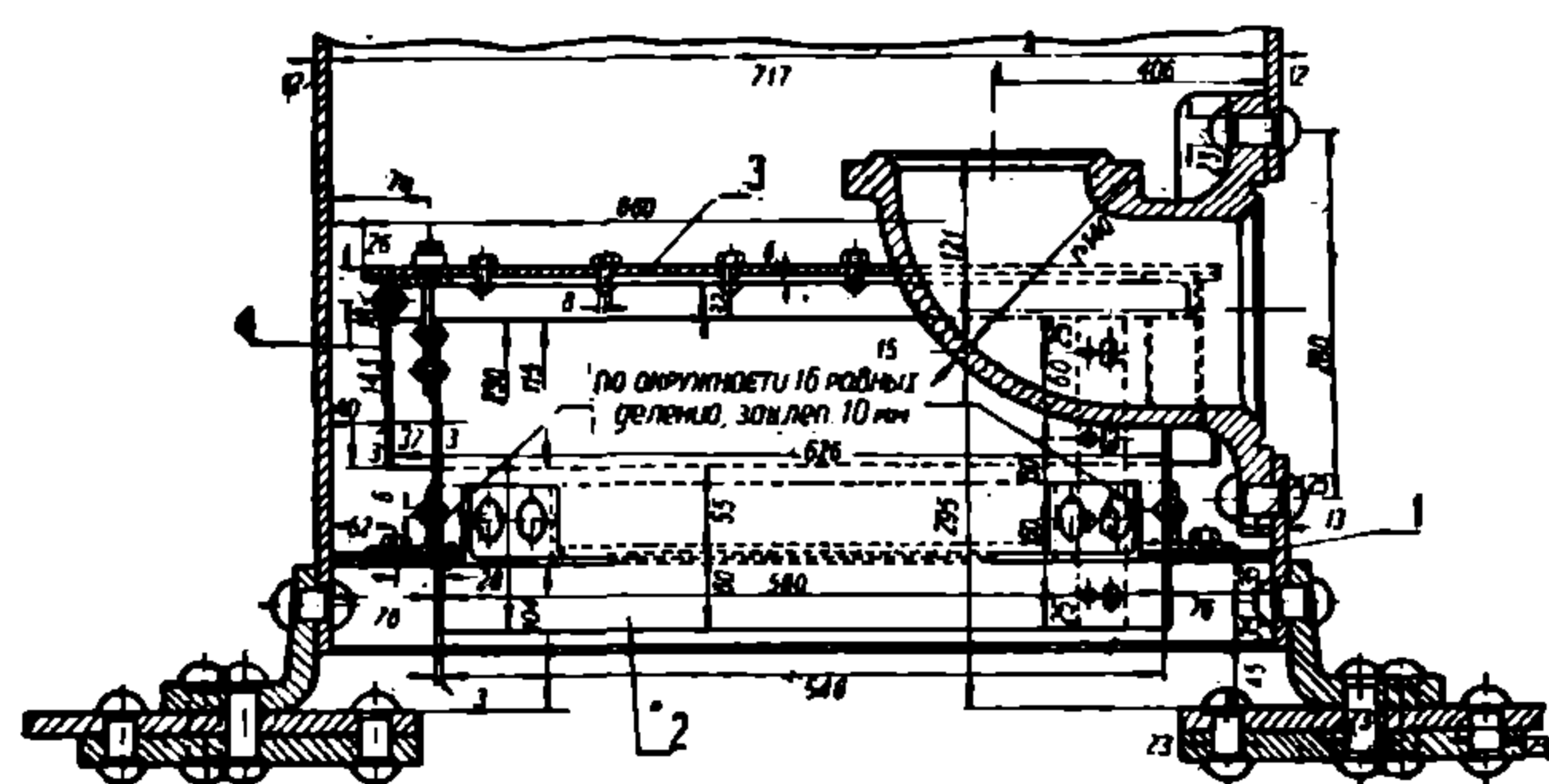
На фиг. 6 представлен паросушитель такого же устройства. Диафрагма 1, состоящая из двух половинок, перегораживает барабан парового колпака по всему диаметру; в диафрагме вы-

Фиг. 3. Двойная диафрагма в паровом колпаке паровоза 0-4-00В.

1—2—диафрагма, 3—скоба, 4—соединительная планка.

(фиг. 7), имеющие уклон к середине колпака, считая ее по плоскости продольного разреза колпака вместе с котлом. Вода при ударе о боковую стенку цилиндра 2 или цилиндра 4 отражательного зонта стекает по этим желобам, а из цилиндра 4 по трубкам 7, впаянным в стенку барабана 4. Из пространства над диафрагмой 1 вода должна стекать обратно в котел через трубки 8, впаянные в диафрагму 1. Наличие желобов дает несколько лучшее отделение воды, так как препятствует самостеканию капель воды с нижних краев цилиндров, где они должны были бы захватываться паром, вытекающим из под этих краев.

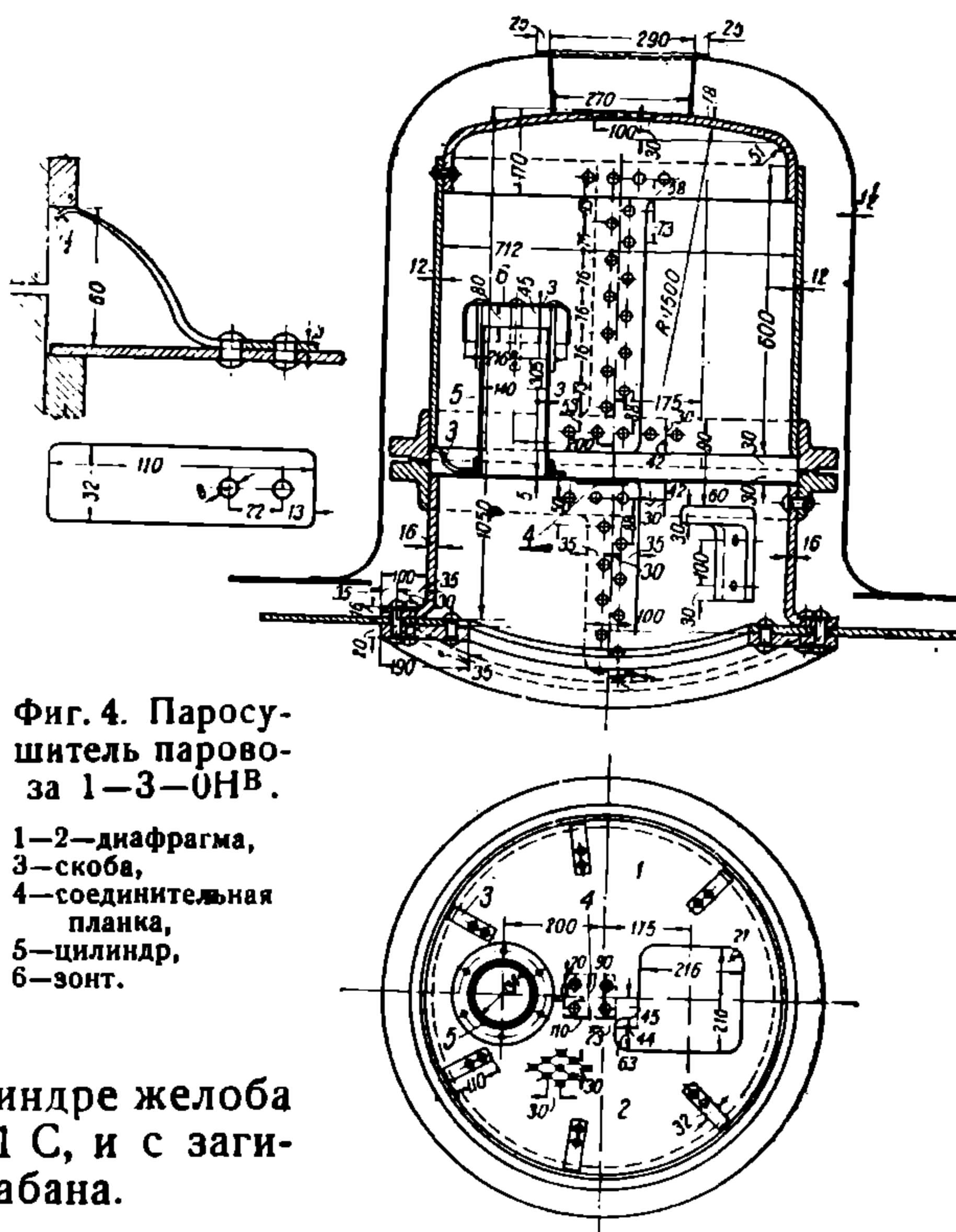
На фиг. 8 представлен паросушитель паровозов 1—3—1 С^у, который имеет то же устройство, что имеют паровозы 0—4—0 V^б, с добавлением лишь на наружном цилиндре желоба с трубками, как на паровозах 1—3—1 С, и с загибом верхнего края внутреннего барабана.



Фиг. 5. Паросушитель паровоза 0—5—0 Э.

- 1—диафрагма, 2—цилиндр, 3—зонт, 4—цилиндр зонта.

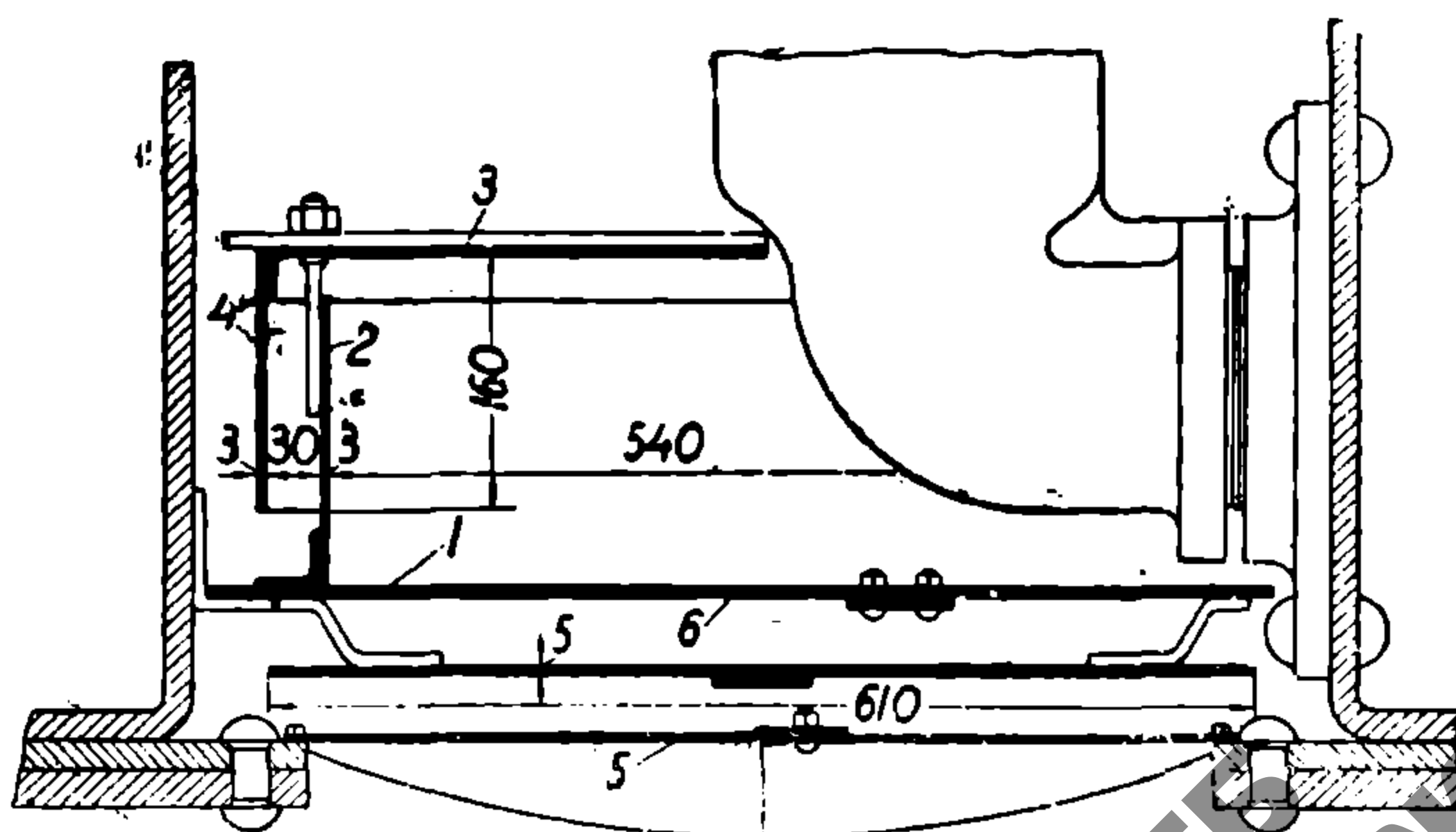
стенкам барабанов цилиндрической части котла. Задний конец трубы запаян днищем. Для прохода пара на верхней стороне трубы сделаны узкие прорезы, через которые пар поступает в трубу и по ней в паровой колпак из наивысших слоев всего парового пространства. Чтобы препятствовать захлестыванию воды в прорезы трубы, они ограждены наклонными желобами, идущими вдоль всей трубы. Выведенный в колпак, пе-



Фиг. 4. Паросушитель паровоза 1—3—0 НВ.

- 1—2—диафрагма, 3—скоба, 4—соединительная планка, 5—цилиндр, 6—зонт.

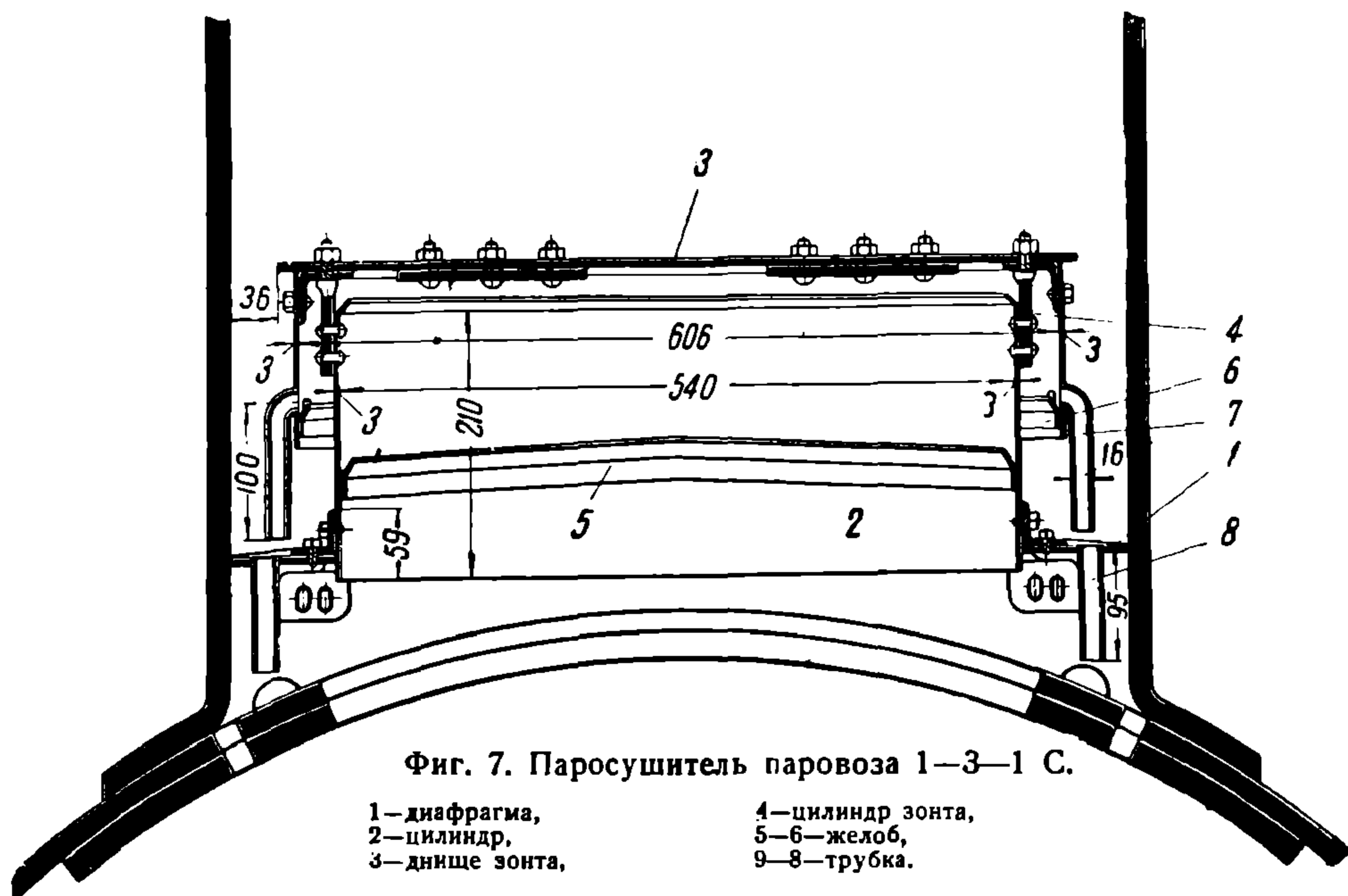
На фиг. 9 представлен паросушитель, примененный на паровозах 1—3—0 Н^ч, 2—3—1 Л, 1—3—1 С^в и др. Вдоль всей цилиндрической части котла, начиная от верхней части парового пространства котла, укреплена парособирательная труба 1, диаметром 170 мм, состоящая из нескольких частей, из которых передняя загнута кверху и через паросушитель пропущена в паровой колпак. Труба в нескольких местах схвачена хомутами 2, которыми подвешивается к



Фиг. 6. Паросушитель паровоза 0—4—0 V^б.

- 1—диафрагма, 2—цилиндр, 3—днище зонта, 4—цилиндр зонта, 5—диафрагма, 6—отражательный лист.

редний открытый конец трубы снабжен отражательным зонтом 3 обычного устройства.

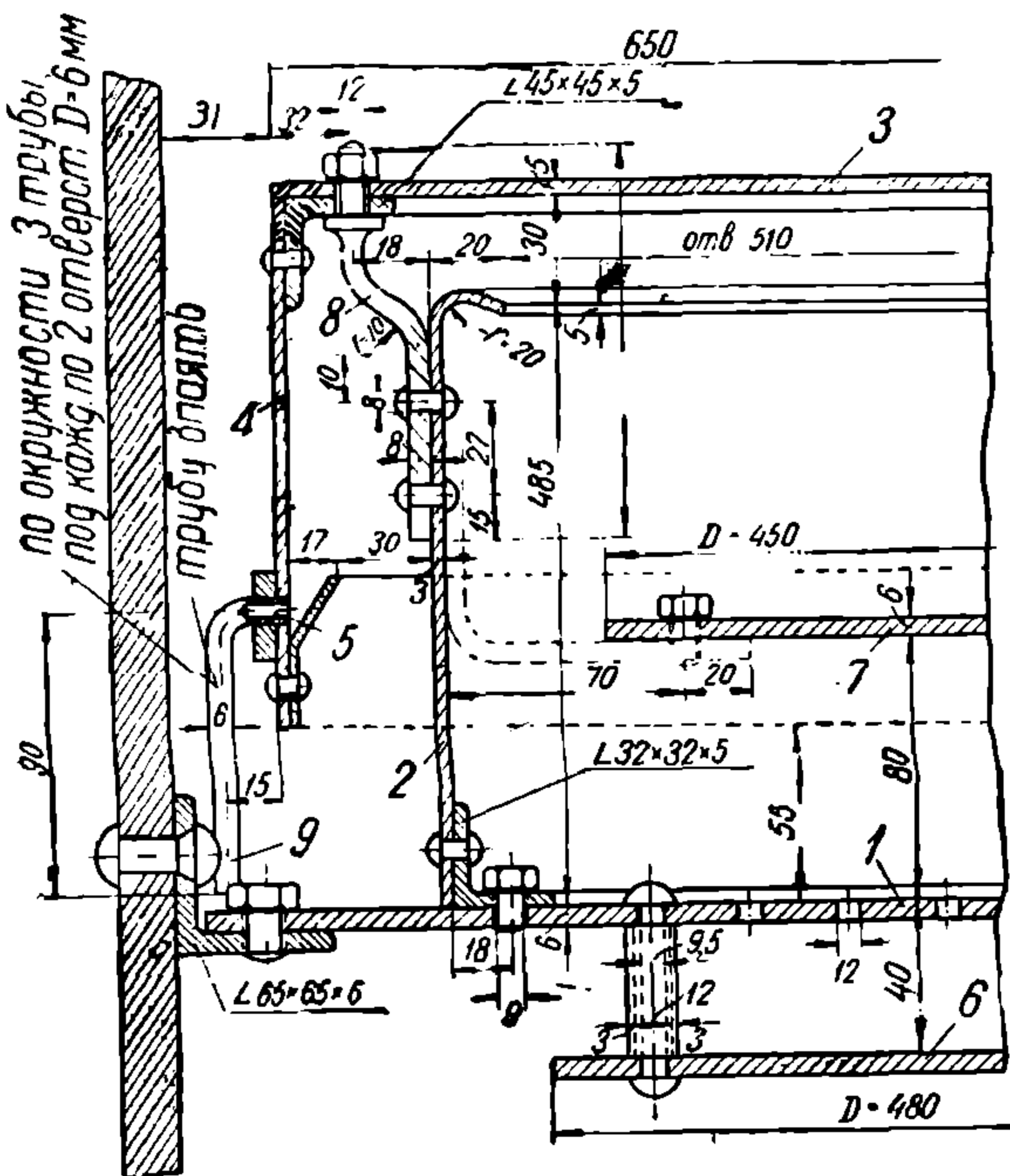


Фиг. 7. Паросушитель паровоза 1—3—1 С.

1—диафрагма,
2—цилиндр,
3—дно зонта,

4—цилиндр зонта,
5—6—желоб,
9—8—трубка.

Основной паросушитель, расположенный у основания колпака, представляет собою два расположенных друг над другом диска 1 и 2 (фиг. 10), из которых в нижнем 2 прорезано отверстие, а верхний диск 1 сплошной. Края обоих дисков отогнуты в виде желобов; в нижний желоб впаяны трубки 3.



Фиг. 8. Паросушитель паровоза 1—3—1СУ

1—диафрагма,
2—цилиндр,
3—днище зонта,
4—цилиндр зонта,
5—желоб,
6—7—отражательный лист,
8—стойка,
9—трубка.

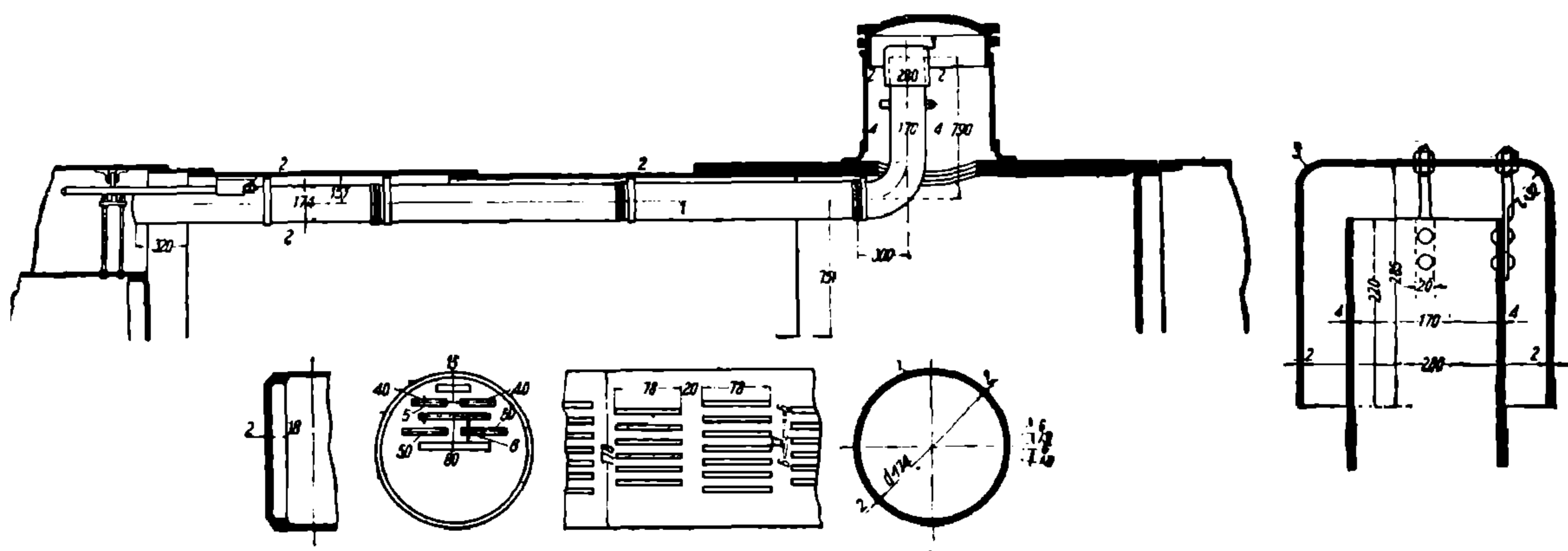
Назначение парособирательной трубы — давать отбор пара через большую суммарную площадь всех верхних прорезов, а также препятствовать образованию вакуума в сухопарнике при захлебывании паросушителя, расположенного в нижней части сухопарника, и тем препятствовать бросанию воды.

Но, как показала наша эксплуатационная практика, — это мероприятие не оправдало возлагавшихся на него надежд: влажность пара не уменьшается и бросание воды при этой трубе бывает не меньше, чем в паровозах без этой трубы.

Как видно из фигуры 11, паросборная труба на паровозе 1—3—1 С^у при уровне воды в полстекла захлестывается водой (расстояние от уровня воды до верха паросборной трубы всего только $655 + 70 - 179$ мм, а при уровне в $\frac{3}{4}$ стекла труба находится в воде) расстояние от уровня воды до верха паросборной трубы только $655 + 70 - 601 = 124$ мм. Кроме того, труба отбирает пар из

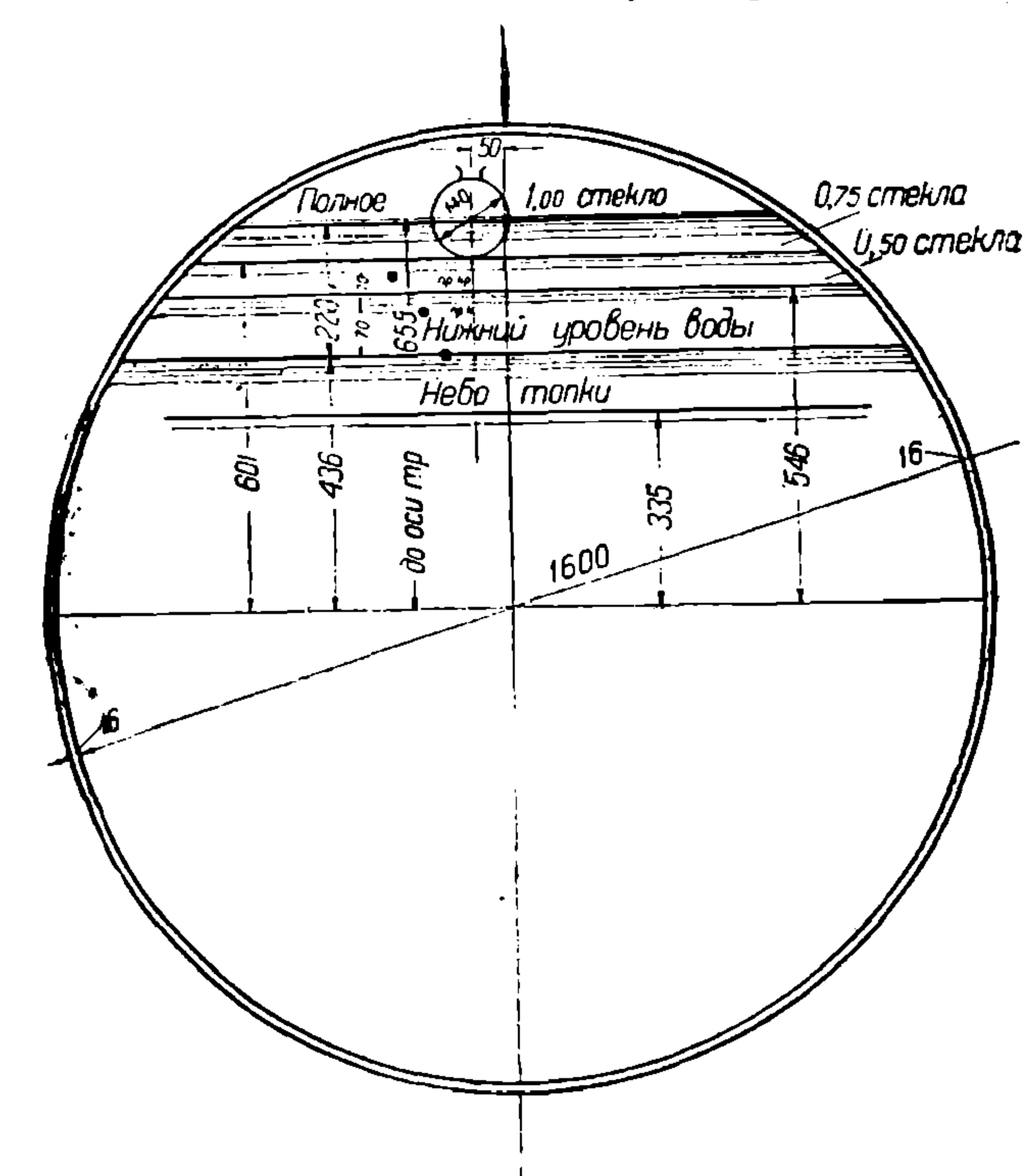
цилиндрической части котла, где влажность его значительно больше, чем в верхней части сухопарника.

На основании этих соображений и данных практики, эта паросборная труба на новых паровозах 1—3—1 С^у и 0—5—0 Э не ставится. Заграничная практика также дает отрицательную оценку постановке паросборной трубы и на всех заграничных паровозах ее также не ставят.



Фиг. 9. Парособираательная труба паровоза 2—3—1—Л.
1—парособираательная труба, 2—хомут, 3—зонт.

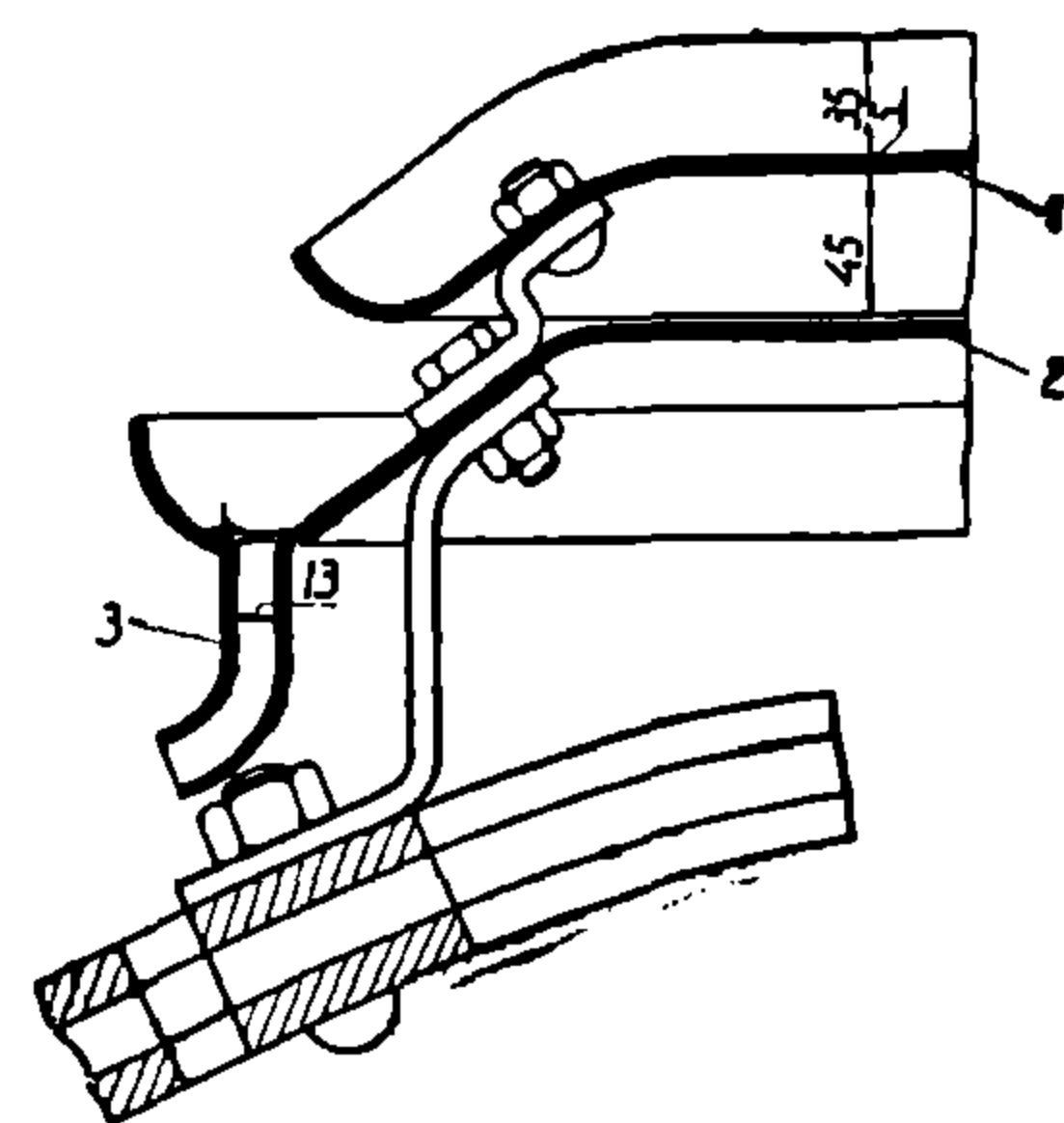
На паровозах 2—4—0 М (фиг. 12) паросушитель представляет собою сплошной диск, расположенный у основания колпака, вокруг которого пар протекает в колпак; на регуляторной же головке поставлен цилиндр, через который пар поступат к регулятору из наивысшей точки парового колпака.



Фиг. 11. Расположение парособираательной трубы относительно уровня воды в котле при установке трубы на паровозе 1—3—1 С^у

Весь паровой колпак наглухо разделен поперечной вертикальной перегородкой 2 на две части, из которых в задней расположен паросушитель, а в передней регулятор. Передняя часть колпака, кроме того, изолирована

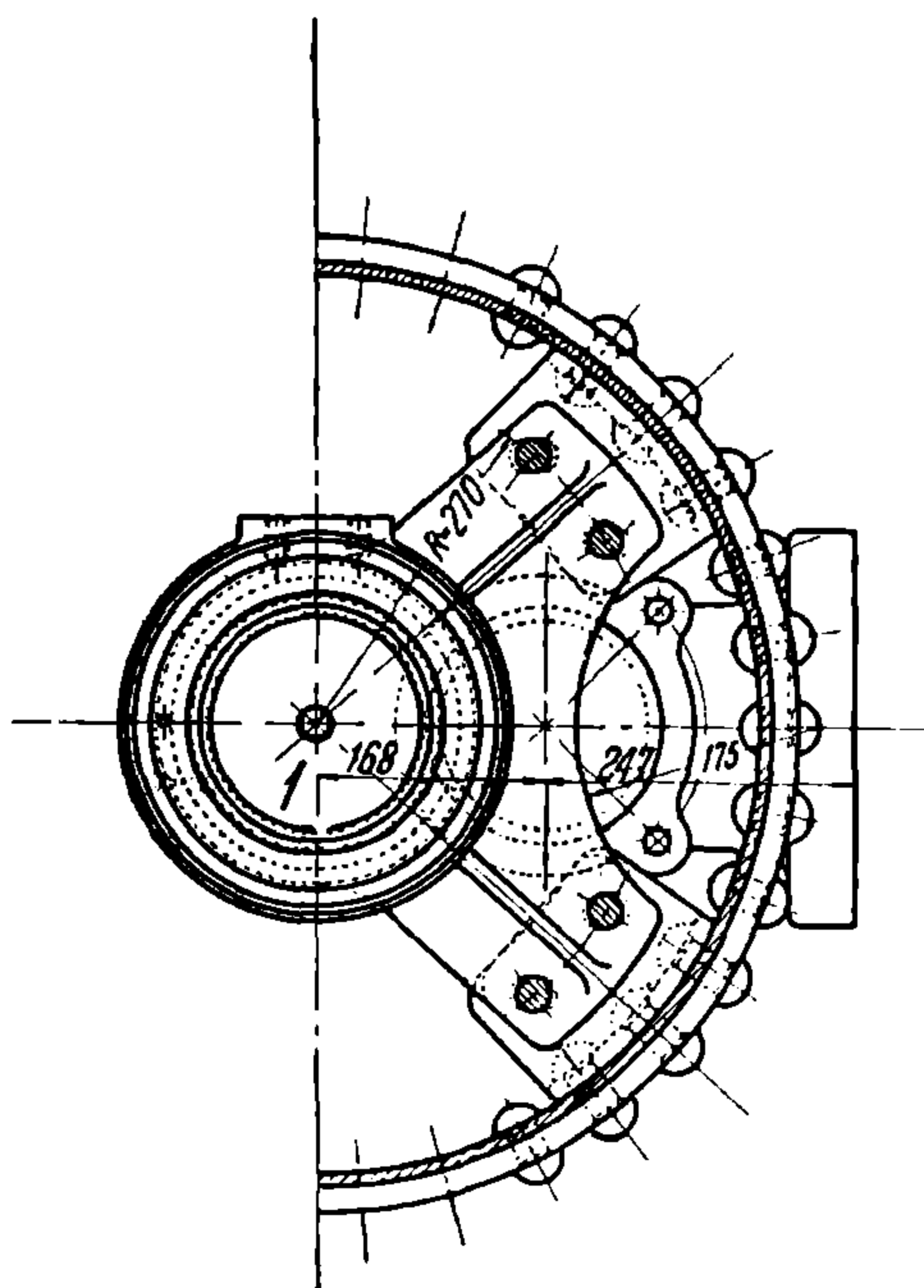
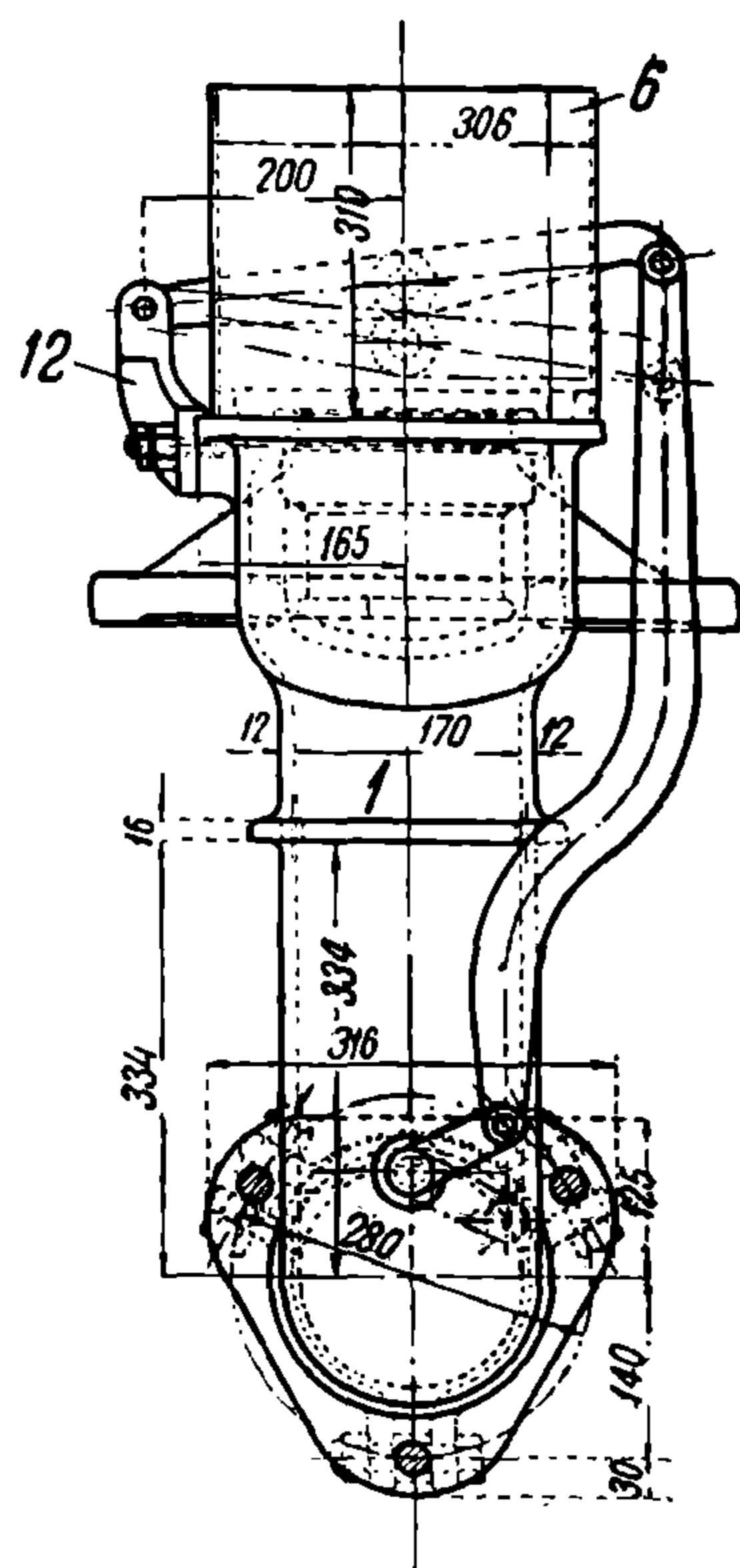
На части паровозов 0-5-0Э^у применен паросушитель, представленный на фиг. 13 и 14. Паросушитель состоит из трубы 1, имеющей уширение в верхнем конце, расположен-



Фиг. 10. Паросушитель паровоза 2—3—1 Л.
1—2 диафрагма, 3—трубка.

ной под самой крышкой колпака, откуда этой трубой и производится отбор пара, т. е. из того места, где пар имеет наибольшую сухость.

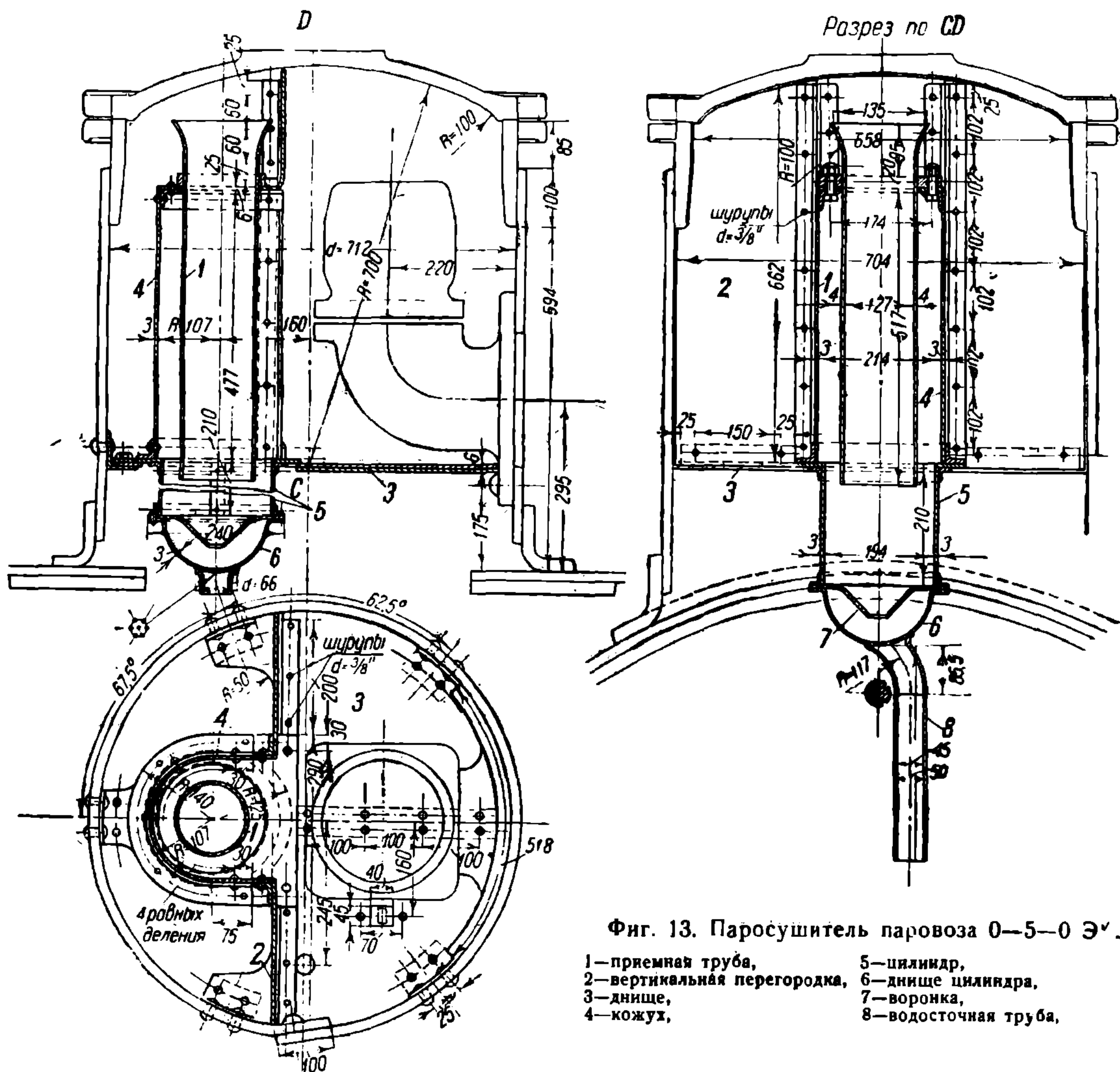
Technical drawing of a mechanical device, likely a pump or valve assembly, showing a cross-section with various components labeled with numbers (1-16) and dimensions (e.g., 300, 712, 310, 572, 170, 785, 170, 5). The drawing includes a central assembly with a handle (H) and a lever (10). The device is mounted on a base with a curved bottom section (16) and a vertical section (13). The overall height is 711 and the width is 572.



- 1—регуляторная головка,
- 2—большой клапан,
- 3—малый клапан,
- 4—глухая гайка,
- 5—тоже,
- 6—парособиратель,
- 7—регуляторная труба,
- 8—наконечник регуляторной трубы,
- 9—прокладное кольцо.
- 10—скоба для трубы,
- 11—штука,
- 12—кронштейн,
- 13—диафрагма (из двух частей),
- 14—планка,
- 15—тоже,
- 16—стойка для диафрагмы,
- 17—тоже,
- 18—поддержка регуляторной головки—правая,
- 19—тоже—левая,
- 20—глухая гайка.

14

помещена воронка 7, имеющая внизу отверстие. К днищу 6 припаяна труба 8, против которой в днище высверлено несколько отверстий. Пар из парового колпака к регулятору протекает следующим путем: попадая из верхней части колпака в уширенный конец трубы 1, пар течет по этой трубе вниз, затем вытекает через ее свободный нижний конец и попадает сперва в цилиндр 5, откуда, поднимаясь далее в кожух 4 и обтекая трубу 1 снаружи, выходит в прямоугольное отверстие вертикальной перегородки 2, через которое вступает в переднее отделение колпака, где помещен регулятор. Если вместе с паром в трубу 1 попадает вода, то при устремлении смеси вниз вода отбрасывается

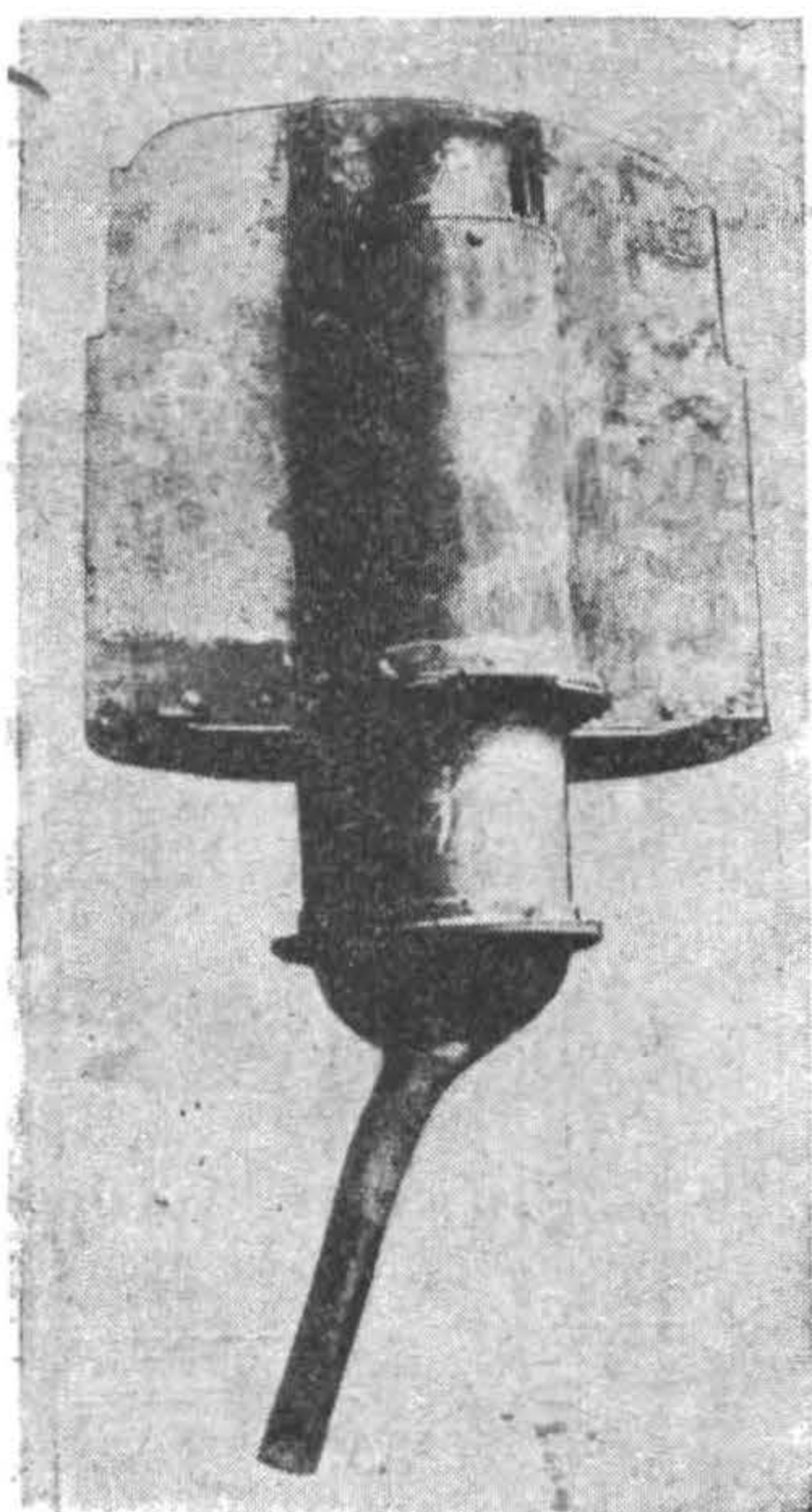


в воронку 7 и далее стекает по трубе 8 обратно в котел. В случае оседания капель воды на внутренней поверхности трубы 1 и при их стекании вниз, пар сможет захватить их только с небольшого участка нижнего края трубы 1, обращенного к вырезу в перегородке 2.

На практике такая система паросушителя, однако, не оправдалась. Вакуум относительно котла, создаваемый регулятором внутри парового колпака (о чем уже говорилось выше), вызывает подсос воды по водосточной трубе 8. Поэтому на последующих 0-5-0 Э^в Э^м перешли обратно к конструкциям, описанным выше (фиг. 5-8).

На фиг. 15 представлен центробежный паросушитель, применяемый на паровозах 1-5-1 Т^б и 1-5-2 Т^а. Этот паросушитель, который следует отнести ко второй группе, расположен в наивысшем пространстве парового

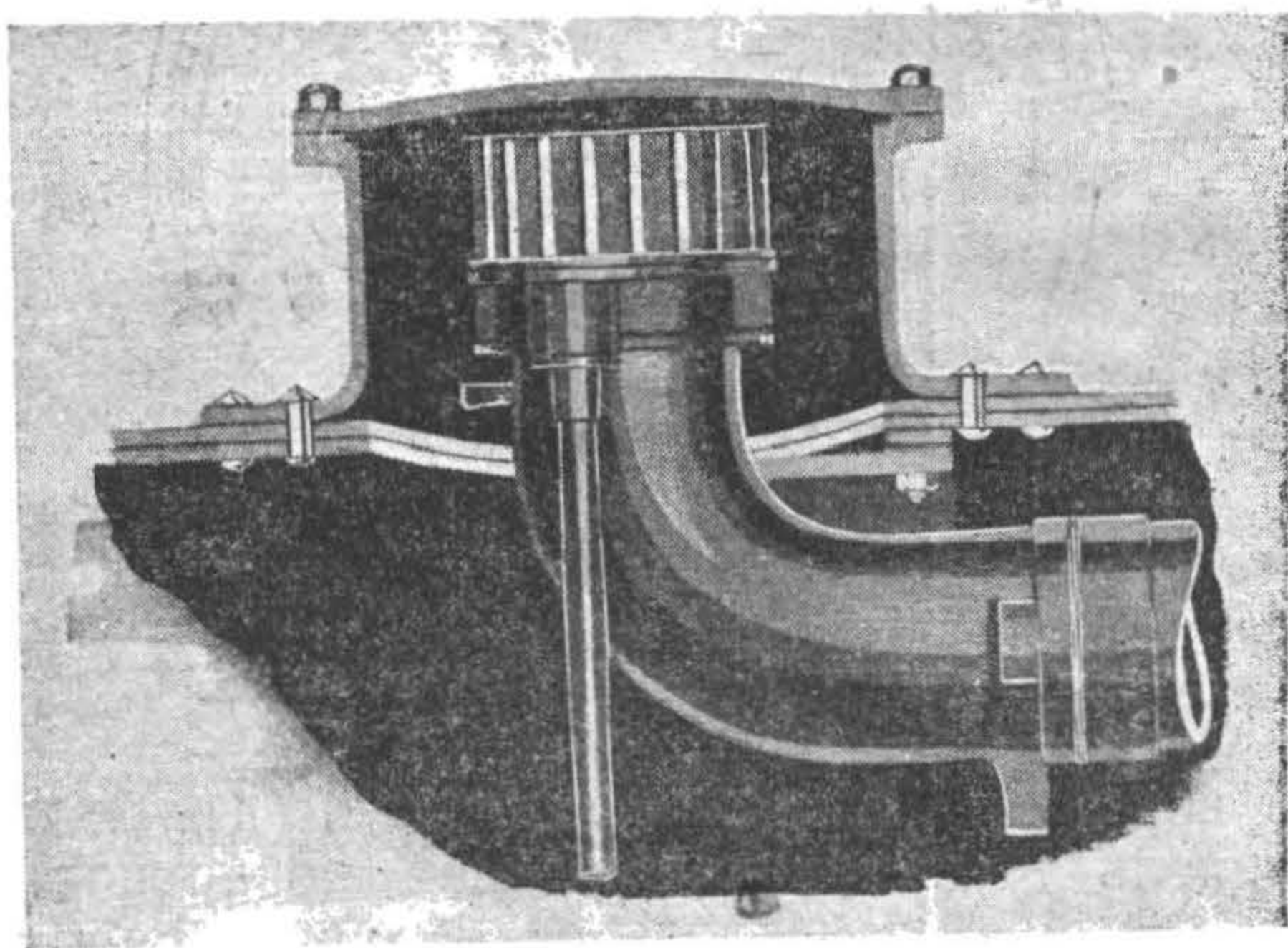
колпака и поставлен на головку регуляторной трубы. Паросушитель не имеет никаких движущихся частей. Пар вступает внутрь паросушителя через вертикальные зазоры, расположенные по окружности и образующиеся между вертикальными изогнутыми щитами. Поверхность этих щитов расположена, кроме того, касательно к общему кругу, который может быть описан около наружной вертикальной поверхности паросушителя.



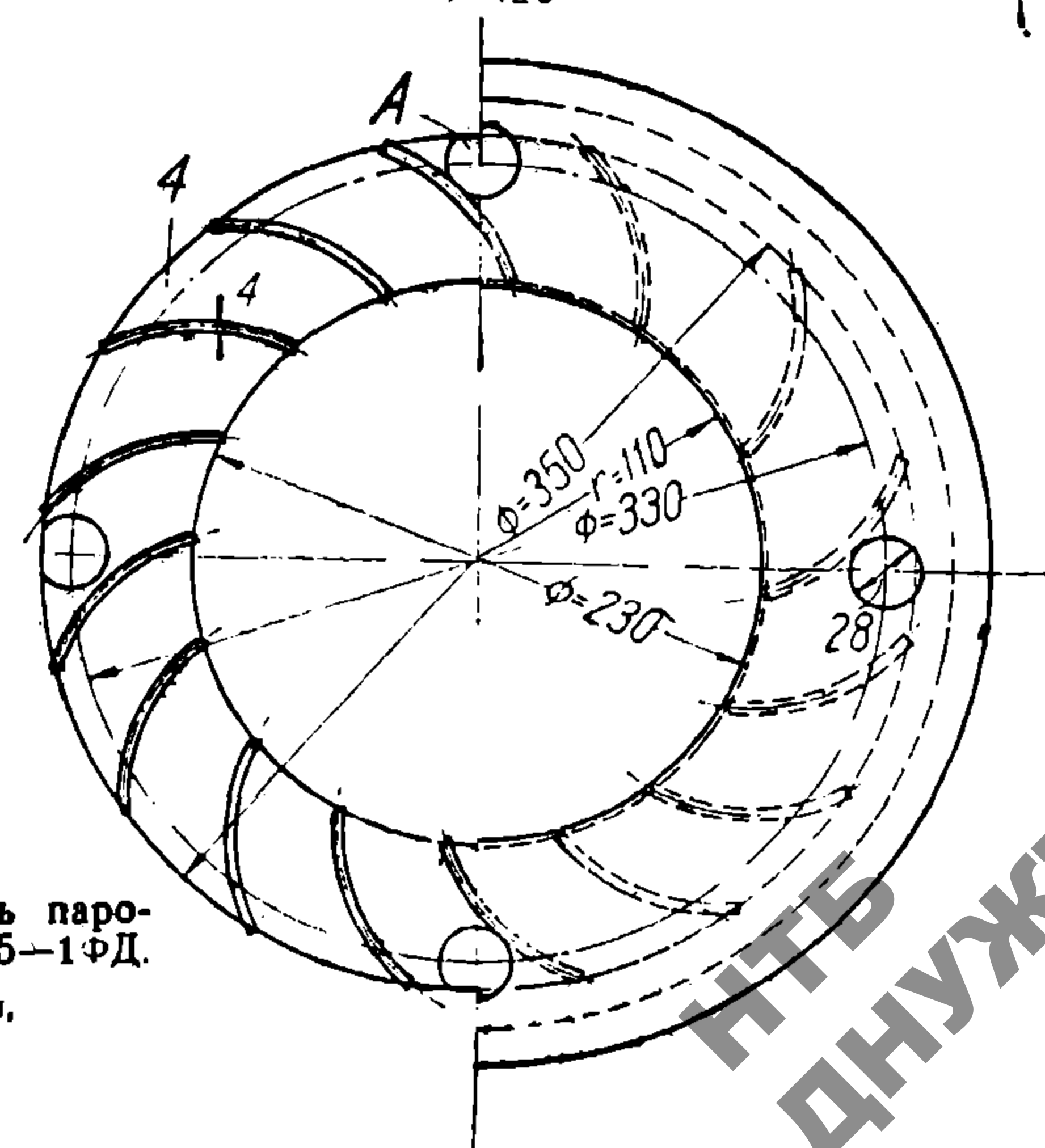
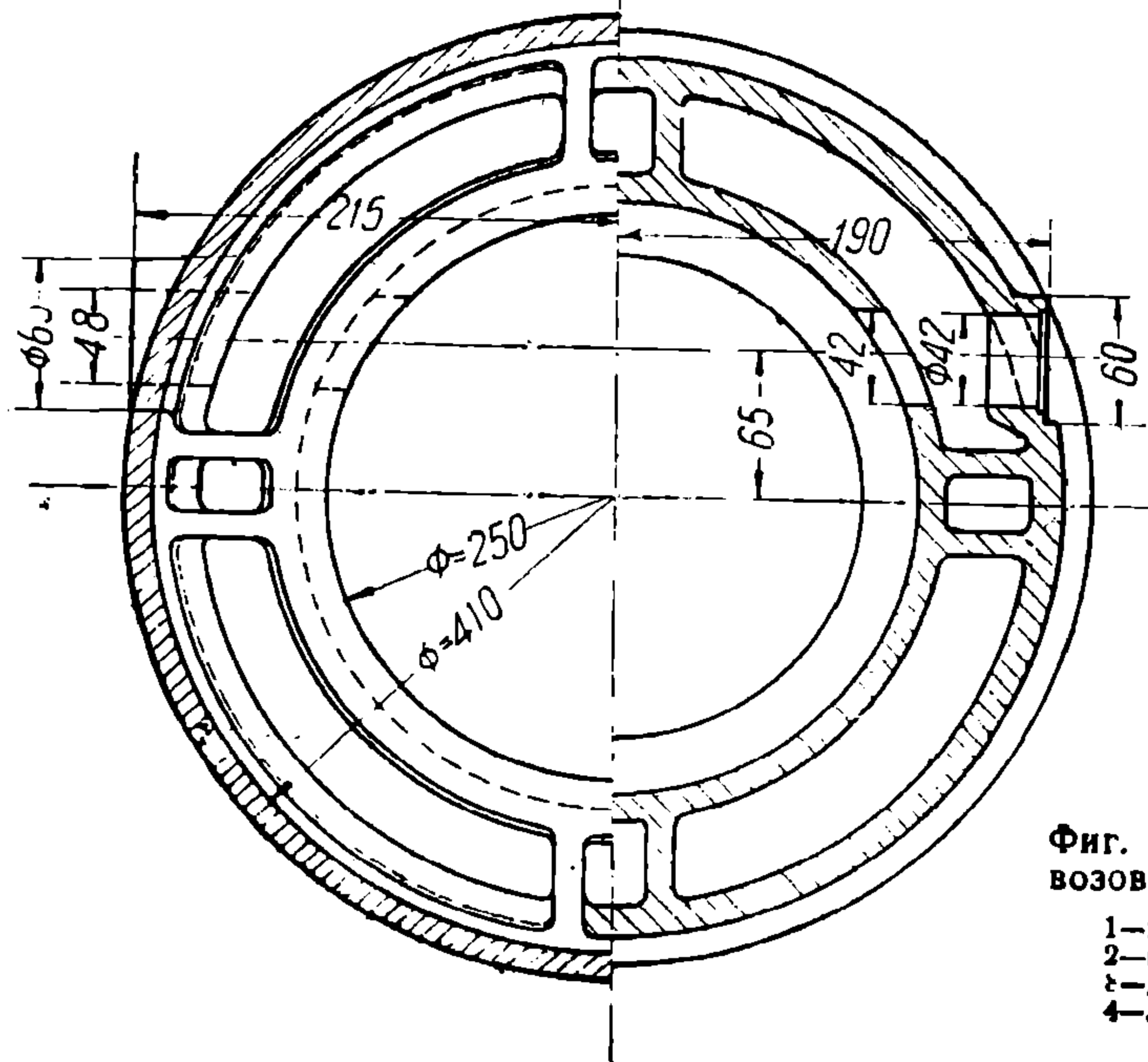
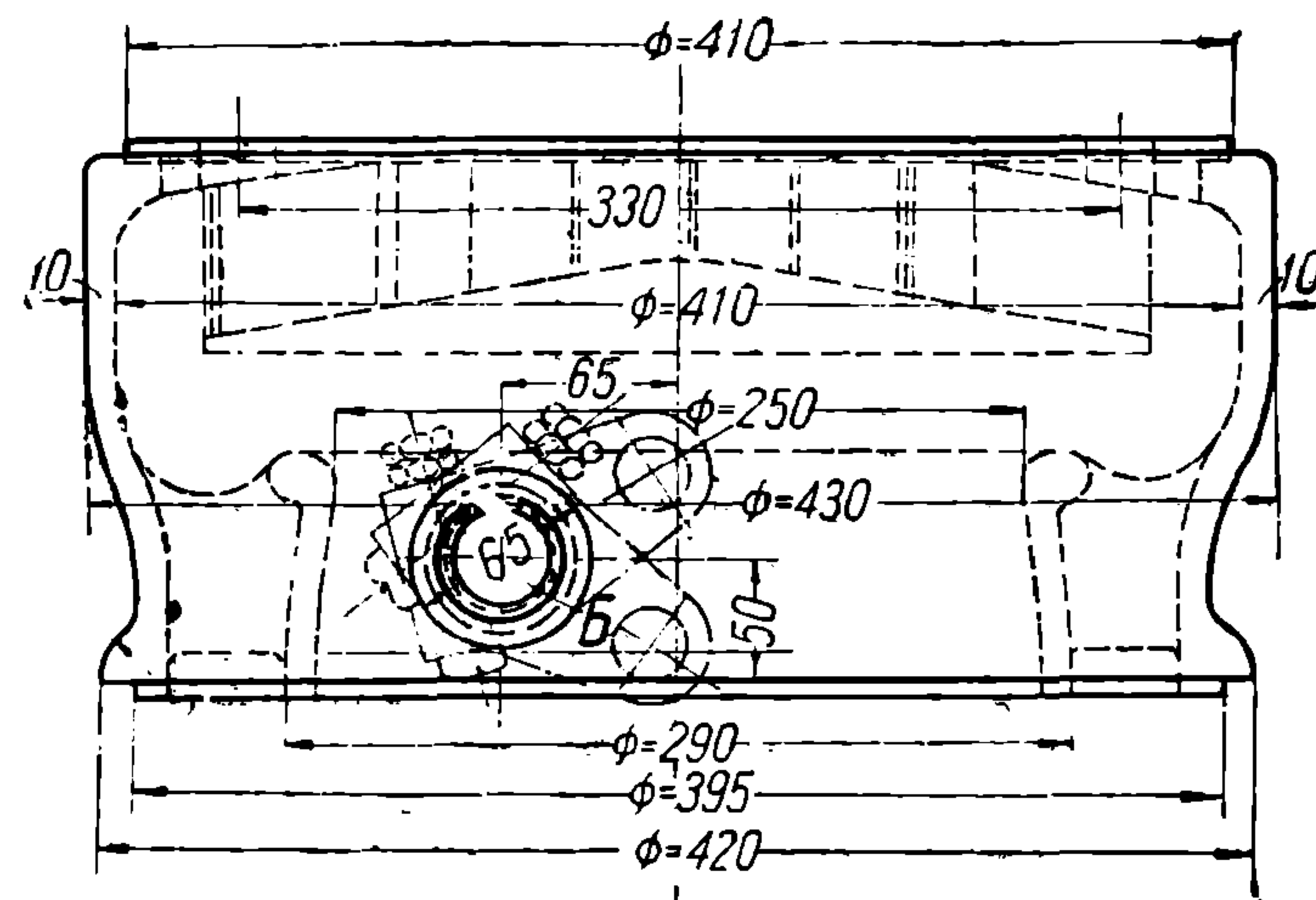
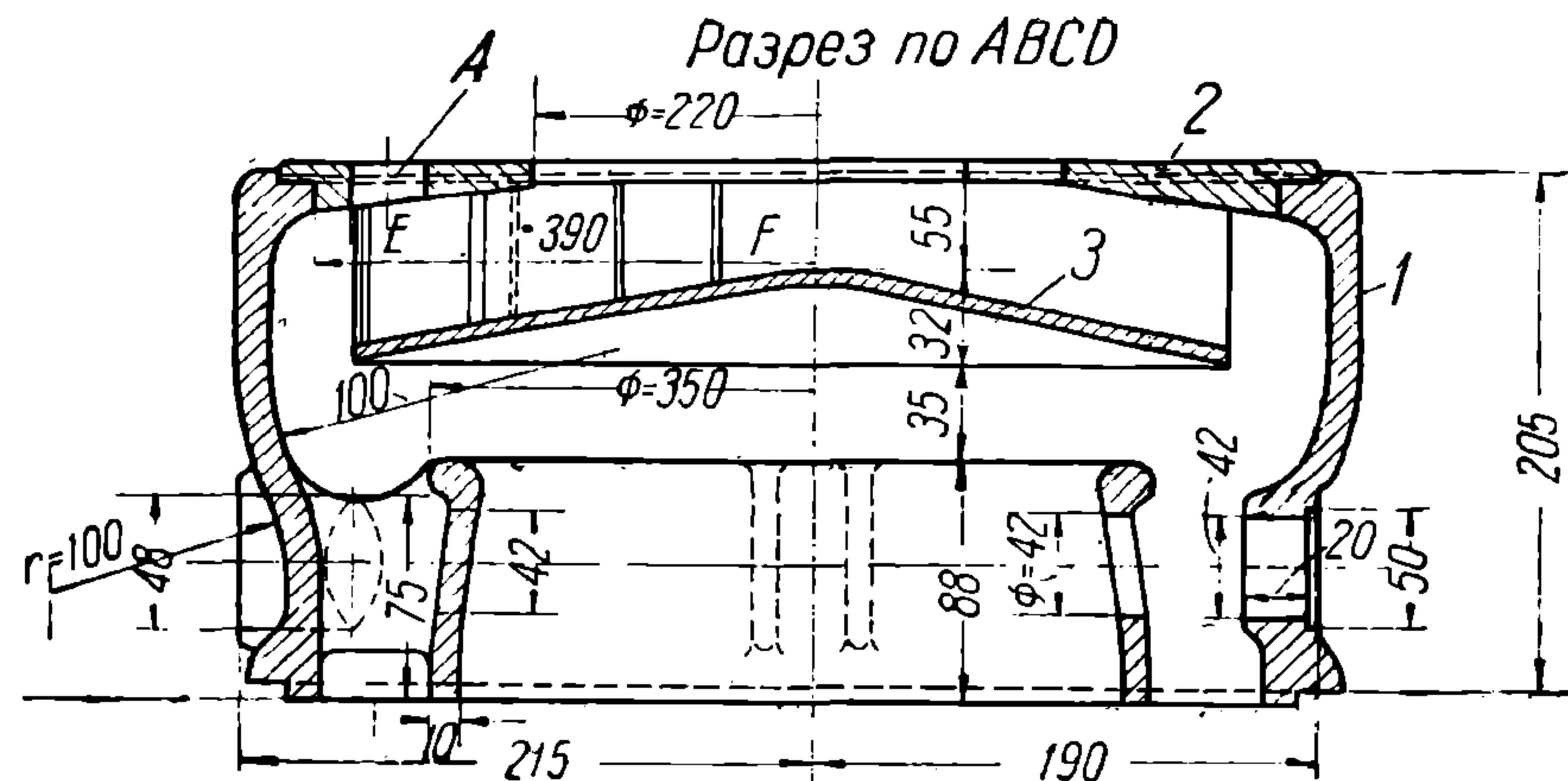
Фиг. 14. Паросушитель паровоза 0—5—0 Э.

При движении пара вдоль искривленных прозоров развивается центробежная сила, которою более тяжелые капельки воды и накипи отбрасываются к наружным поверхностям и, стекая с них вниз, отводятся обратно в котел через несколько водоотводных трубок, прикрепленных к днищу паросушителя. Осушенный от воды и очищенный от накипи пар вступает в регуляторную трубу и далее в пароперегреватель. Влажность пара на паровозах 1—5—1 Т^Б и 1—5—2 Т^А оказалась весьма значительной, о чем уже говорилось. В этих паровозах, кроме малого объема парового пространства, сказались также наличие термосифонов, малая высота парового колпака, жесткость воды на тех участках, где паровозы начали свою службу, и, наконец, подсасывающее действие водоотводных трубок, через которые вода стекала не обратно в котел, а, наоборот, подсасывалась кверху, что нужно отнести к серьезным недостаткам этого паросушителя. Позднее он был заменен обыкновенной диафрагмой. На том же принципе основан паросушитель, представленный на фиг. 16 и установленный на паровозах 1—4—2 ИС и 1—5—1 ФД. Коробка 1 сверху закрыта крышкой 2, имеющей на середине круглое отверстие. Против этого отверстия расположено коническое дно 3 крышки, пространство же между крышкой 2 и дном 3, служащее для прохода пара в сухопарную трубку, разгорожено 16 изогнутыми по цилиндрическим поверхностям лопатками 4, которые приварены как к крышке 2, так и к днищу 3. При протекании вдоль лопаток водяные брызги под действием центробежной силы отбрасываются к наружным стенкам коробки 1 и далее стекают в котел через специальные дырочки, сделанные в отливке корпуса запорного клапана (фиг. 91). Пар проникает в среднюю горловину коробки 1, расположенную против дна 3, и идет в сухопарную трубу. Отверстия А служат для пропуска стержней болтов, скрепляющих паросушитель с корпусом запорного клапана. Через отверстие Б проходит вал запорного клапана, об устройстве которого будет сказано ниже. Действие такого паросушителя теперь только выясняется.

В разное время делались попытки применения вращающихся паросушителей, производящих отделение воды центробежной силой при быстром вращательном движении. По такой системе был в 1909-10 г. сконструирован паросушитель Маевского, представляющий собою колесо с лопатками, приводимое в быстрое вращательное движение помощью сегнерова колеса. Не касаясь действия этого прибора, как паросушителя, и вопроса о влиянии его на влажность пара, укажем, что на Путиловском заводе еще



Фиг. 15. Паросушитель паровозов 1—5—1 Т^Б и 1—5—2 Т^А.



Фиг. 16. Паросушитель паровозов 1—4—2 ИС и 1—5—1 ФД.

1—коробка паросушителя,
2—крышка коробки,
3—дно крышки,
4—лопатка.

НТБ
ДНУЖТ

в 1910 г. были сделаны опыты для определения величины работы, которую нужно затратить на отбрасывание от регулятора воды таким вращающимся колесом с лопатками. Для этого у паровоза были вынуты золотники, чтобы можно было выпускать пар из котла в конус. Перед регуляторной головкой было установлено горизонтальное колесо Маевского, ось которого была пропущена через крышку колпака и на нее был насажен шкив; таким образом, колесо можно было приводить извне в быстрое вращательное движение (до 1500—2000 оборотов в минуту) от установленного вблизи электромотора. Когда вызывалось бросание воды, то число оборотов колеса быстро падало до нескольких сотен, несмотря на то, что мотор развивал до 15 л. с.; колесо захлебывалось и вода показывалась из паровходящей трубы. Выяснилось таким образом, что колесо паросушителя Маевского, как и следовало ожидать, роли водоудержателя выполнять не может; энергии сегнерова колеса может хватить только на вращение паросушителя, когда он вполне исправен. Описанный опыт дает право сомневаться вообще в возможности устройства водоудержательных приборов, основанных на отделении воды центробежной силой при вращении самой системы.

Таким образом, из обзора всех применяемых на наших паровозах систем паросушителей, включая и американскую систему, следует, что ни в одной системе не решен вопрос о возвращении сепарированной от пара воды обратно в котел.

Конструкторская и изобретательская мысль, при создании новых систем паросушителей, должна учитывать следующие положения, которые мы выдвигаем и еще раз конкретизируем:

1) отсутствие всяких щитов, диафрагм и прочих преград, мешающих свободному сообщению сухопарника с паровым пространством котла;

2) отбор пара должен производиться из наивысшей точки сухопарника;

3) в паросушителе должен быть создан крутой и короткий поворот пара, при котором пар должен развить наивысшую скорость с целью наиболее эффективного сепарирования воды;

4) суметь собрать сепарированную от пара воду в особом месте и при помощи наиболее простого приспособления вернуть ее в котел;

5) нужно учесть возможность захлебывания паросушителя водой при сильном ее бросании, при котором в основном проходе пара может образоваться водяная пробка, разобщающая на мгновение сухопарник от внутренней полости паросушителя; но так как из этой полости пар сразу уйдет в машину, то в паросушителе должен образоваться глубокий вакуум (относительно котла), почему внешним давлением паросушитель окажется сорванным с места или смятым. Поэтому должен быть обеспечен приток пара во внутреннюю полость паросушителя, помимо основного пути, через дополнительный проход, закрытый в нормальных условиях работы. Такое повышение давления в паросушителе через дополнительный проход создаст встречный подпор воде, брошенной в основной проход, и таким образом воспрепятствует бросанию воды в регулятор, а следовательно и в машину.

В заключение следует указать, что на увеличение влажности пара влияет и способ управления паровозом. Здесь значительную роль играет открытие регулятора. Машинисты прекрасно знают, что степень открытия регулятора отражается на том, как паровоз держит воду. Паровозом управлять следует так, чтобы он как можно меньше расходовал воды — в этом залог наибольшей экономии топлива.

2. РЕГУЛЯТОРЫ

Регулятор представляет собою прибор, которым машинист производит выпуск пара из котла в машину.

Регуляторы, применяемые на паровозах, разделяются на две группы: к первой группе принадлежат плоские устарелые регуляторы, а ко второй — клапанные регуляторы, получившие распространение на большинстве паровозов, построенных в 1910 г. и позднее: 1—3—1 С, 1—5—0 Е, 2—3—1 Л, 2—3—0 У^у

и др., а также и на всех новейших: 1—3—1 С^У, 0—5—С Э^У, Э^М, 2—4—0 М, 1—5—1 ФД, 1—5—1 Т^Б, 1—5—2 Т^А, 1—4—2 ИС.

Регулятор обычно помещается в паровом колпаке, т. е. в пространстве наиболее сухого пара.

На паровозах 2—4—0 М и части 0—4—0 V^Б применены два регулятора, из которых один занимает обычное положение в паровом колпаке (котловой регулятор), а другой вынесен за пароперегреватель (машинный регулятор). При обращении с паровозом, имеющим два регулятора, следует все время держать котловой регулятор вполне открытым, а управление движением паровоза производить машинным регулятором.

Преимущества вынесенного из котла регулятора заключаются в следующем.

1) Элементы пароперегревателя все время, т. е. и при закрытом регуляторе, наполнены паром, почему они лучше предохранены от перегорания.

2) При взятии с места паровоз сейчас же начинает работать перегретым паром, что при частых остановках дает некоторую долю сбережения пара и топлива.

3) Буксование паровоза при взятии с места меньше; происходит это по следующим обстоятельствам: перегретый пар при расширении быстрее теряет давление, чем насыщенный. Следовательно, чтобы реализовать при перегретом паре ту же силу тяги по цилиндрам, как и при насыщенном, работая с расширением, диаметр цилиндров для перегретого пара должен быть соответственно увеличен. Поскольку паровоз, оборудованный только внутренним регулятором, может начать работать с места насыщенным паром, постольку и размеры его цилиндров при начале разгона будут несколько преувеличенными, вследствие чего некоторый избыток цилиндровой силы тяги и может вызвать буксование.

4) Очень важным достоинством наружного регулятора, расположенного в дымовой коробке, является то обстоятельство, что перегретый пар может быть использован во вспомогательных устройствах во всякое время. В старых паровозах только 3 и 4% всего пара использовалось вспомогательными приборами паровоза. Но по мере того как увеличивались размеры и мощность паровоза, возросло также требование на подачу пара к вспомогательным устройствам. Современный паровоз снабжен компрессором, генератором для освещения, водяным насосом, механизмом для качания колосников, прибором для продувки труб, стокером и другими вспомогательными устройствами. Количество пара, поглощаемого ими, колеблется от 5 до 10% всего даваемого котлом пара и экономия, происходящая при подаче к ним перегретого пара, является значительной. Опыты указывают, что использование перегретого пара уменьшает потребление пара этими установками до 10%. Соответственным образом происходит и некоторая экономия топлива. На паровозах, отапливаемых нефтью, где перегретый пар употребляется для распыления, кроме экономии топлива, достигается также более эффективное сгорание.

5) Паровоз гораздо послушнее в руках машиниста, так как перекрытие регулятора немедленно прекращает доступ пара в машину; при перекрытии же внутреннего регулятора, работа продолжает производиться тем паром, который уже проник в объем пароперегревателя. Это вызывало случаи поломок подвижного состава при управлении паровозом машинистом, работавшим ранее на бесперегревных паровозах.

6) Порча регулятора (машинного) не требует бросания поезда и вызова резерва, так как при этом может быть перекрыт внутренний (котловой) регулятор, а первый отнят от места, осмотрен и либо исправлен, либо совсем вынут. Следовать с поездом дальше можно, управляя котловым регулятором.

7) Более низкий габарит в САСШ и Зап. Европе, чем в СССР, так стеснил котел, что сухопарник оказался почти уничтоженным, почему внутренние регуляторы пришлось бы располагать очень близко к уровню воды в котле.

Первый (котловой) регулятор, при наличии второго (машинного), предназначен, главным образом, для того, чтобы можно было при прорыве частей пароперегревателя отделить пароперегреватель от котла. Для этой цели обычно мог

бы служить не регулятор, а запорный вентиль, более простой и дешевый, чем регулятор. Такой вентиль был первоначально запроектирован на первом предварительном проекте паровоза 2—4—0 М (1923 г.) и осуществлен на новейших паровозах 1—5—1 ФД, 1—5—1 Т^б, 1—5—2 Т^а и 1—4—2 ИС (фиг. 70), при наличии на этих паровозах (кроме паровоза М) многоклапанного регулятора, вынесенного из котла.

Плоский регулятор

Плоский регулятор состоит из головки 1 (фиг. 17, 19 и 20), устанавливаемой нижним фланцем на колено регуляторной трубы, с которой головка сообщается своей внутренней полостью.

Обращенная назад плоская сторона головки образует зеркало, в котором сделаны два одинаковых окна А—А (фиг. 20) для прохода пара. К зеркалу пришабривается большой золотник 2, к которому пришабривается малый золотник 3. Окна А сделаны продолговатой формы, причем верхняя горизонтальная грань их ограничена ломаной линией, образующей тупой угол, вершина которого выдается кверху на середине обоих окон. Такое очертание требует минимальной длины хода большого золотника по зеркалу, которая при полном его сдвиге равна наибольшей высоте одного из окон с небольшим припуском. Этим уменьшается работа, которую необходимо затрачивать при управлении регулятором на передвижение золотников.

Возвышение середины окон вверху дает при начале сдвигания золотника вниз постепенное возрастание площади открытия регулятора, чем обеспечивается плавное трогание с места.

В регуляторах паровоза 0—5—0 Э (1913 и 1915 гг. и др.) окна А имеют расширение от зеркала внутрь головки, чем несколько уменьшается мятие пара при проходе через эти окна. Для облегчения пришабривания золотника 2 к зеркалу оба окна А окаймлены плоскими выступами, к которым золотник и пришабривается. В этих выступах проточены канавки для удержания смазки, о поступлении которой к регулятору будет сказано ниже.

Жесткость зеркала регуляторной головки придается одной или двумя перегородками или ребрами Б, расположенными внутри в верхней части головки в плоскостях, перпендикулярных зеркалу. При отсутствии таких перегородок в первоначальных регуляторах паровозов 1—3—ОН^у, Н^у зеркало выпячивалось внутрь, что причиняло сильный пропуск пара.

Золотник 2 имеет в середине большое окно В, в точности соответствующее по размерам одному из окон А головки, и два малых окна Г—Г, называемых разгрузочными. Оба окна Г окаймлены выступами, к которым пришабривается малый золотник 3, направляемый по поверхности большого направляющими планками Д, отлитыми вместе с большим золотником 2.

Оба окаймляющих окна Г—Г выступа имеют ниже этих окон добавочную ширину, по которой скользят пришабренные к ним части малого золотника 3.

Золотник 3 имеет вид вытянутой рамки с продолговатым прорезом Е, верхняя перекладина Ж которого своей внутренней выступающей плоскостью пришабривается к выступу, окаймляющему верхнее разгрузочное окно Г большого золотника, а нижняя перекладина З, расположенная непосредственно под вырезом Е, к нижнему окну Г большого золотника. Над перекладинами Ж и З сделаны вырезы И, через которые облегчается впуск пара в разгрузочные окна Г золотника 2 по всей их ширине, когда они открыты малым золотником 3. В нижней части этого золотника сделано ушко, в которое вставляется валик привода из будки машиниста, об устройстве которого будет сказано ниже. Малый золотник 3 таким образом непосредственно связан с приводом, от которого и получает движение. Для перемещения же большого золотника по зеркалу, не связанного непосредственно с приводом, служат выступы К—К в малом золотнике, расстояние между которыми допускает свободный ход малого золотника 3 по большому 2. Движение золотника 2 начинается вниз вслед за тем, как верхний выступ К золотника 3 упрется в верхнюю грань золотника 2; аналогичное движение вверх золотник 2 получает от нижнего выступа К золотника 3.

У обоих золотников на каждой стороне их рабочей поверхности должны быть спилены фаски ($1/2 - 1$ мм), которые оказывают существенное препятствие задирам и заеданию трущихся поверхностей.

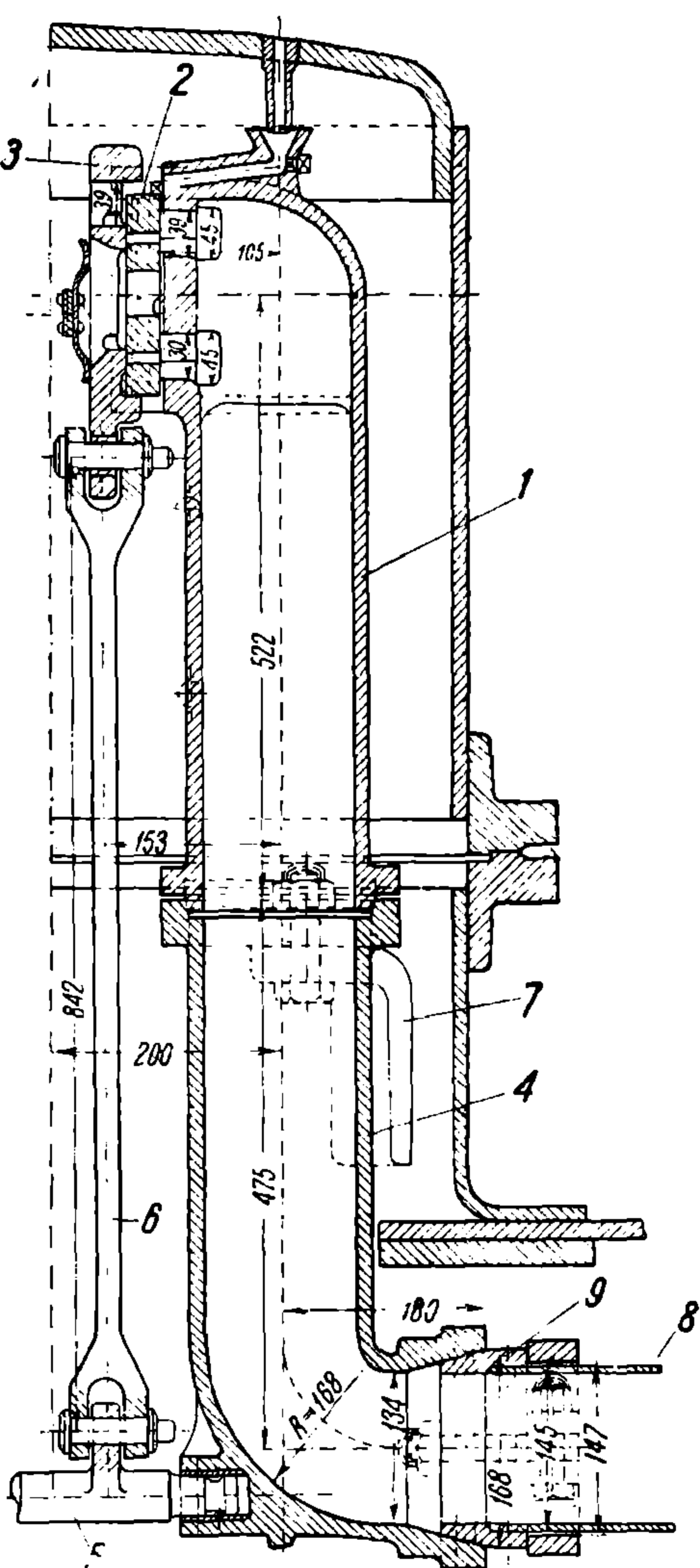
Направление большого золотника 2 по зеркалу обеспечивается двумя планками 4—4, имеющими в сечении Г-образную форму и укрепленными по бокам зеркала на шпильках. Выступающие к середине края планок захватывают большой золотник 4, предотвращая его отваливание от зеркала. То же самое в отношении малого золотника достигается перекладной 5, перекинутой поперек регулятора с одной планки 4 на другую. К перекладной 5 против продольных бортов малого золотника 3 приклепана пара плоских пружинок 6, прижимающих малый золотник к большому и последний к зеркалу. При наличии пружинок и небольших зазоров между краями большого золотника 2 и планками 4—4 золотники могут быть отжаты внутренним давлением из регуляторной головки, происходящим вследствие нагнетания воздуха в головку поршнями при движении паровоза, когда переводной винт переставлен на обратный ход для дачи контр-пара. Золотники могут быть отжаты также и при охлаждении паровоза, когда вследствие конденсации пара в паровом пространстве котла образуется разрежение. Шурупы 7 в верхней части головки ограничивают ход золотника 2 кверху при перекрытии регулятора. Воронка Л в верхней части головки и канал М, идущий от воронки и имеющий наклон к зеркалу, служат для подачи смазки к зеркалу. Против воронки в крышке колпака установлена масленка, устройство которой рассмотрено ниже. Шурупом 8 закрывается конец канала М позади воронки, после его присверливания насквозь.

Согласно правилам заводского ремонта, толщина регуляторного золотника (большого) должна быть не менее 15 мм.

Действие регулятора заключается в следующем: когда регулятор закрыт, среднее окно золотника 2 становится против глухого промежутка между окнами А—А зеркала; разгрузочные окна Г—Г того же золотника приходятся при этом как раз на середине окон А—А. Малый золотник 3 своими перекладными Ж и З становится против окон Г—Г большого золотника 2 и их перекрывает. Таким образом, пар пройти внутрь регуляторной головки не может. При открытии регулятора механизм привода оттягивает сперва малый золотник 3 вниз на величину его свободного хода относительно большого золотника 2, который при этом продолжает оставаться на месте. Малый золотник 3, будучи в плотную прижат к большому только небольшими площадками своих перегородок Ж и З, в остальной части испытывает двухстороннее давление пара, почему допускает легкую передвигу от руки машиниста. Когда малый золотник двинут полностью, то разгрузочные окна Г—Г имеют полное открытие и в них устремляется пар. По заполнении регуляторной головки и паропровода, пар образует внутри них известное давление и создает противодействие, передаваемое изнутри через всю площадь окон А—А на золотник 2 и таким образом его разгружает. Разгрузка большого золотника производится паром, проходящим через его малые окна Г—Г, почему этим окнам и дано название разгрузочных. Без наличия малого золотника и разгрузочных окон большой золотник, имеющий значительную площадь и нагруженный односторонним давлением, был бы в момент открытия прижат к зеркалу с такой силой, что передвижение его рукой человека было бы невозможно. По мере дальнейшего движения вниз малого золотника, его верхний выступ К, прижатый к верхнему краю большого золотника 2, тянет и его за собою вниз. По мере перемещения золотника 2, наступает одновременное открытие обоих окон А—А, из которых верхнее освобождается верхним краем золотника 2, а нижнее нижним краем большого окна В того же золотника. При полном открытии регулятора, оба окна А—А открыты совершенно, причем нижнее из них точно совпадает с окном В золотника 2. Разгрузочные окна Г—Г при полном открытии регулятора занимают следующее положение: верхнее располагается против глухого промежутка между окнами А—А зеркала, а нижнее сходит с зеркала и располагается под ним. Таким образом, пар через эти окна при полном открытии регулятора, или близком к нему открытии, идти не может. Это может происходить лишь только тогда, когда большой золотник чуть сдвинут, давая небольшое открытие окон А—А, окна же Г—Г при этом еще не успеют сойти с тех же окон А—А.

При таком открытии регулятора пар идет, следовательно, четырьмя путями, т. е. через два разгрузочных отверстия Г—Г и через небольшие площади окон А—А, приоткрытых непосредственно самим золотником 2. При закрытии регулятора малый золотник 3 подтягивается вверх на длину свободного хода до упора нижнего выступа К в нижний край большого золотника 2, который сперва остается в прежнем положении. При подтянутом малом золотнике 3, окна Г—Г будут перекрыты, что, однако, площадь сечения для выхода пара, если регулятор был до этого открыт полностью или почти полностью, не убавит, т. е., несмотря на поворот регуляторной рукоятки в сторону закрытия к середине сектора, регулятор будет продолжать оставаться на том открытии, которое он имел до этого. Убавление открытия регулятора без обратного сдвига большого золотника 3 может получиться лишь при его незначительном открытии, когда окна Г—Г не успеют сойти с окон А—А зеркала, или при открытии только на малый золотник. После того как нижний выступ К золотника 3 упрется в большой золотник 2, дальнейшее подтягивание рукоятки в сторону закрытия будет перемещать большой золотник 2 кверху, чем площадь открытия регулятора будет убавляться и при крайнем положении рукоятки совсем закроется. Для того чтобы перейти с открытия большого золотника на открытие малого (с большого перекрыться на малый), регулятор должен быть сперва закрыт полностью и после открыт на малый. При следовании с поездом паровозным бригадам следует при управлении плоским регулятором применять следующий прием: дав надлежащее открытие регулятора на большой, обязательно после этого подтянуть к себе малый. Этим движением, как это следует из вышесказанного, в величине открытия регулятора изменения не произойдет, но за то большой золотник не будет находиться на весу, а упрется в нижний выступ К малого золотника 3, удерживаемого в определенном положении приводом. Если, не подтянув к себе малый золотник, оставить большой на весу, то от собственного веса последний самовольно может сползти вниз и дать увеличение открытия, а если регулятор уже был до этого открыт полностью, то большой золотник верхним краем может заскочить за выступ верхнего окна А и дать перекося, при котором его нельзя будет

совершенно перекрыть, что, как известно, может повлечь за собою тяжелые последствия.



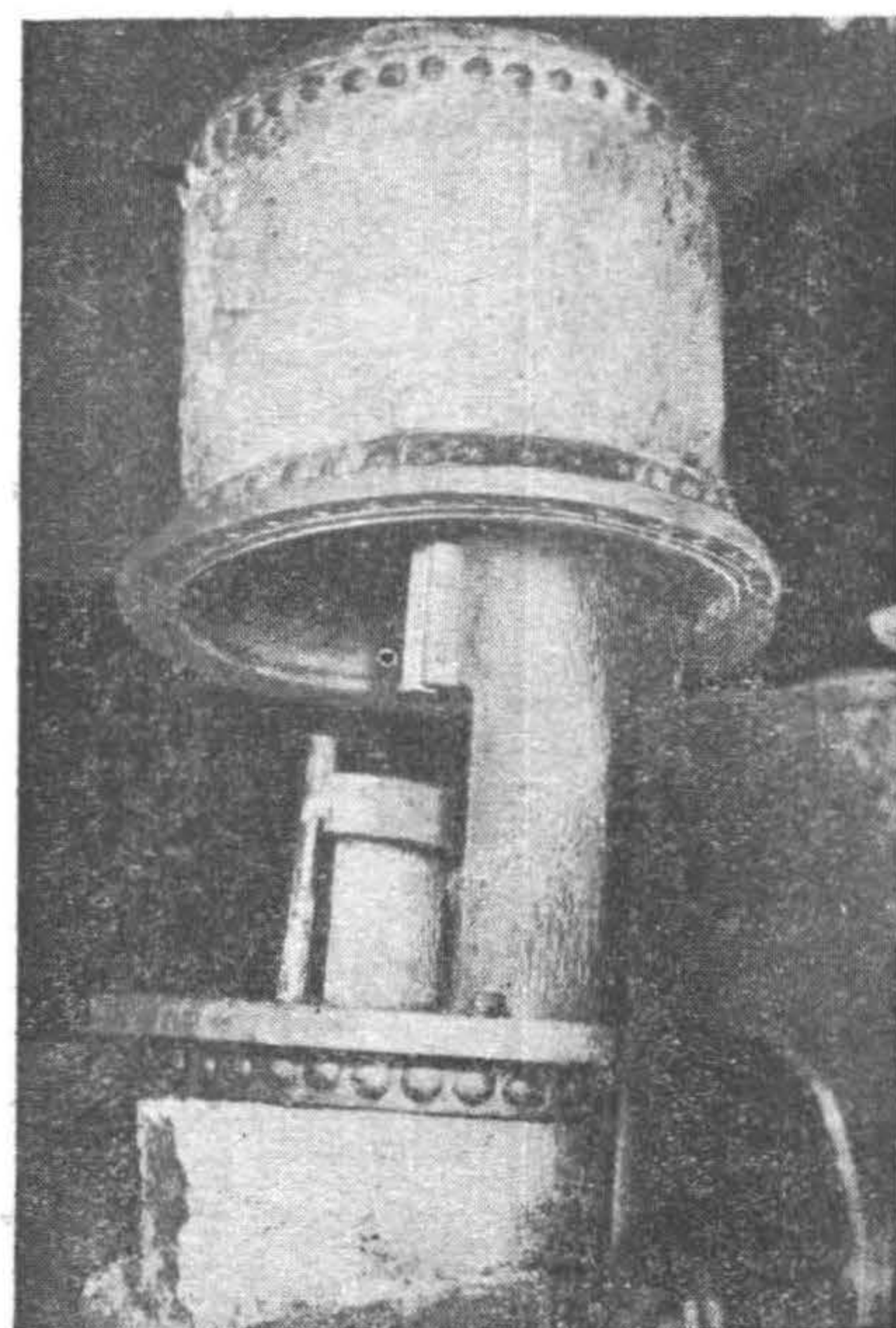
Фиг. 17. Регулятор паровоза 0—4—0В.

- 1—регуляторная головка,
- 2—большой золотник,
- 3—малый золотник,
- 4—колено регуляторной трубы,
- 5—регуляторный вал,
- 6—привод от регуляторного вала,
- 7—скоба,
- 8—регуляторная труба,
- 9—наконечник трубы.

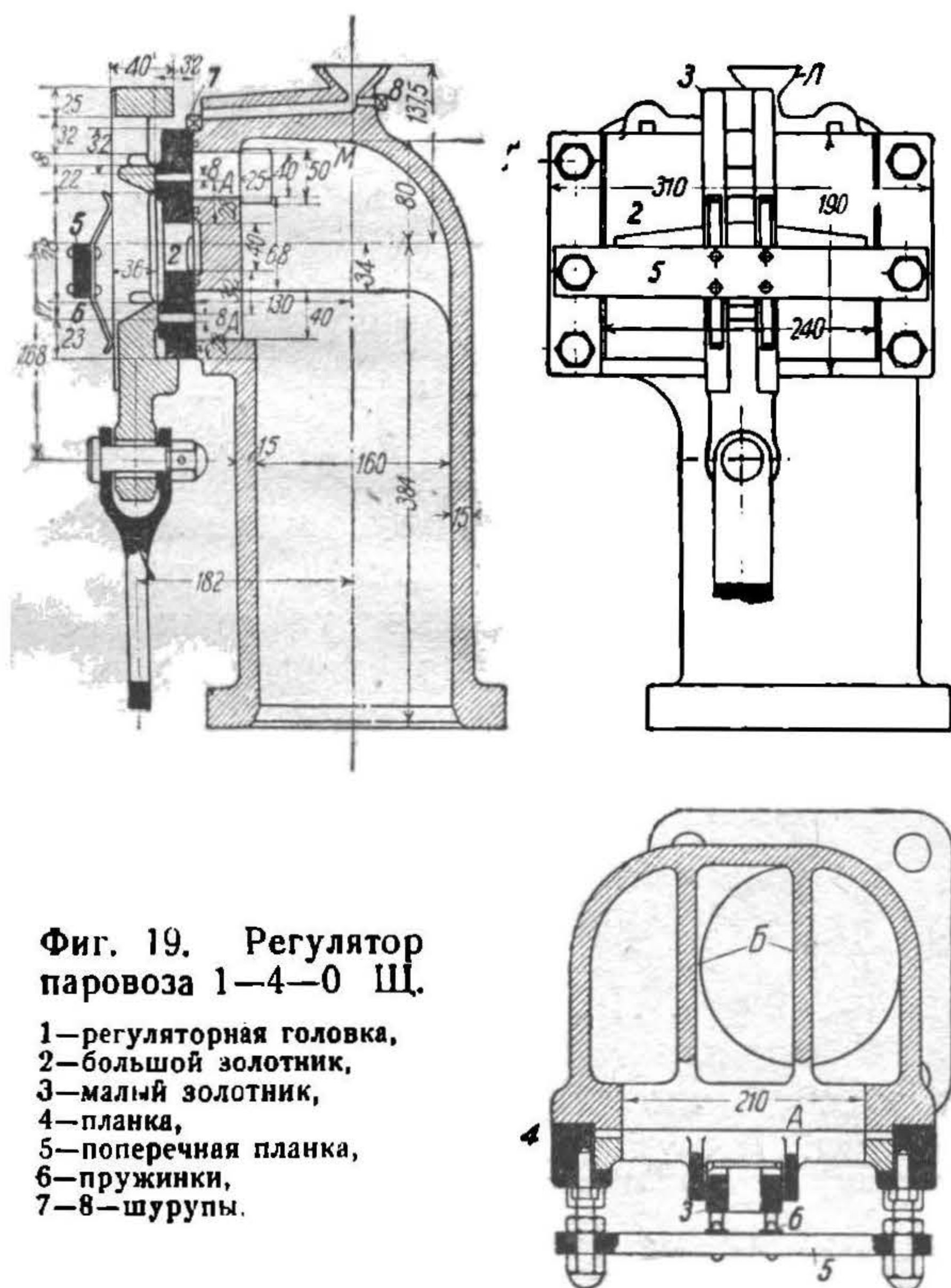
совершенно перекрыть, что, как известно, может повлечь за собою тяжелые последствия.

Поясним сказанное диаграммой фиг. 21. Дуга З—0 изображает сегмент регуляторной рукоятки, а деления на ней от 0 до 10—положения самой рукоятки (для паровоза 0—4—00^В). Если двигать рукоятку в сторону открытия (от 3 к 0), то при повороте рукоятки на 3-а открытия регулятора не произойдет и лишь только малый золотник сдвинется на величину своей перекрыши. В а малый золотник начнет открывать и в В даст свое полное открытие в 6 см². В той же точке В получит начало сдвига и большой золотник, но открытие регулятора

не изменится до точки *c*, в которой большой золотник будет сдвинут на всю свою перекрышу. Начиная от точки *c*, большой золотник начнет давать открытия, а площадь открытия малым начнет перекрываться. Но так как в начале перекрытие этой площади начнет опережать открытие большим, то общая площадь живого сечения сперва пойдет на убыль (до $4,5 \text{ см}^2$), но в точке *d*, где площадь, открытая малым золотником, закроется, открытие одним большим золотником снова дойдет до 6 см^2 . Это является недостатком в принятых размерах регулятора паровоза 0—4—0 0^в. После точки *d* и до точки *e* открытие, даваемое большим золотником, будет быстро возрастать и в точке *e* дойдет до полной величины в 115 см^2 . При обратном движении рукоятки (от 0 к 3) до точки *h* будет двигаться только малый золотник, но перекрытия при этом он не даст. Начиная от точки *h* и до точки *i*, большой золотник при сдвиге даст перекрытие и в точке *i* регулятор будет закрыт. От *i* до 3 большой золотник будет сдвинут на величину своей перекрыши. Таким образом, из этой диаграммы видно, что при одних и тех же положениях рукоятки открытие регулятора будет зависеть от того, в которую сторону была повернута рукоятка, т. е. влево или вправо. То же самое легко проследить по фиг. 22.



Фиг. 18. Расположение регуляторной головки в сухопарнике паровоза 0—4—0 0^в.



Фиг. 19. Регулятор паровоза 1—4—0 Ш.

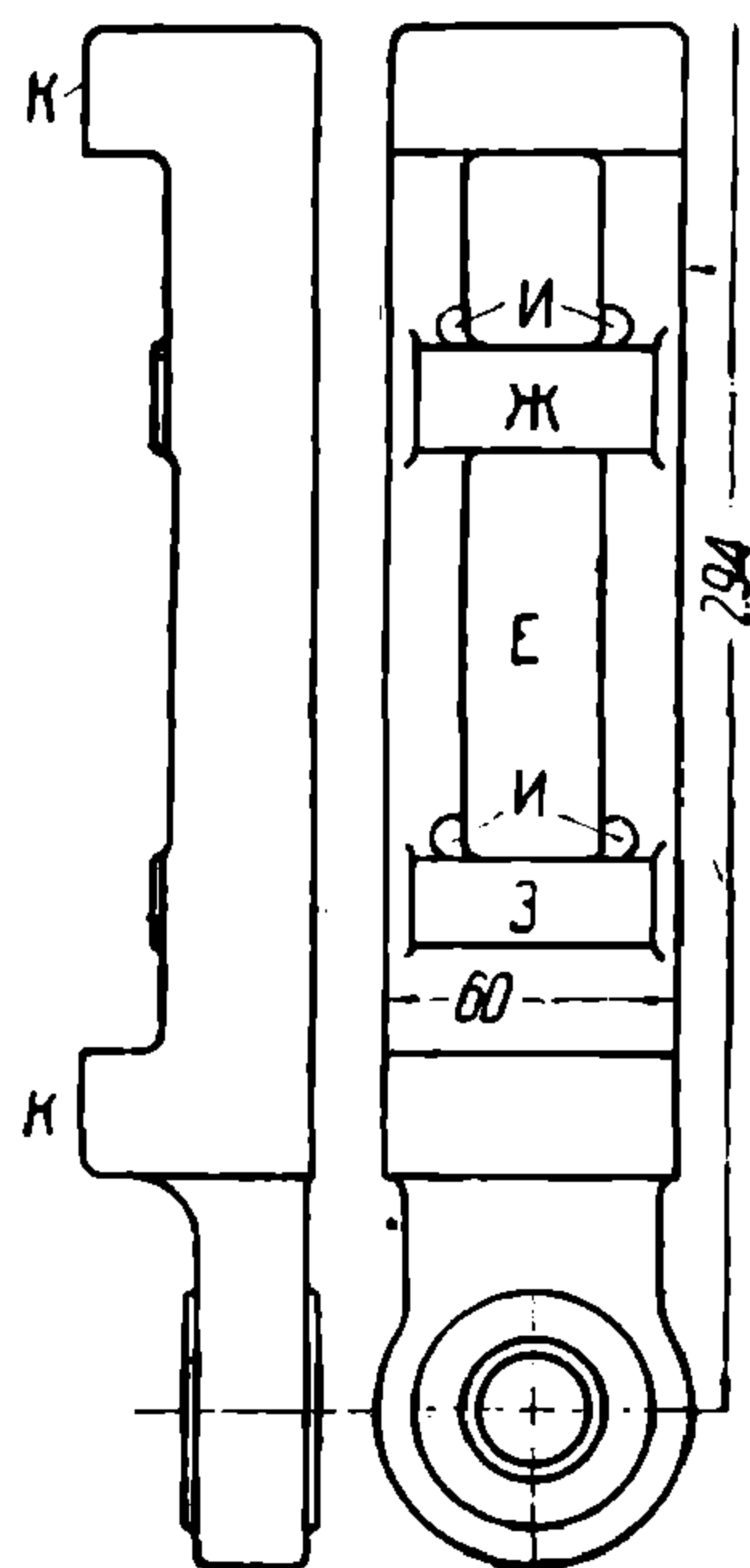
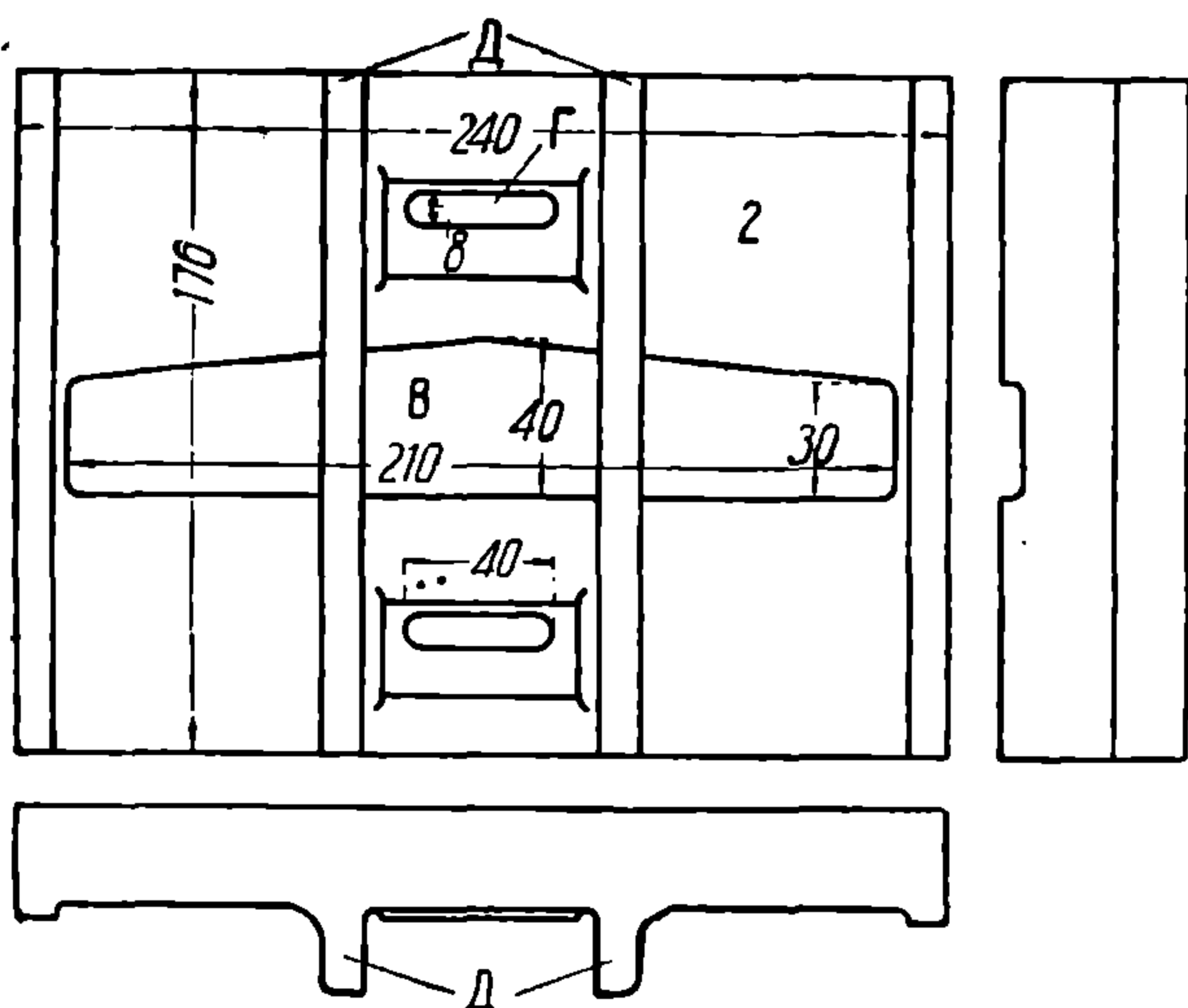
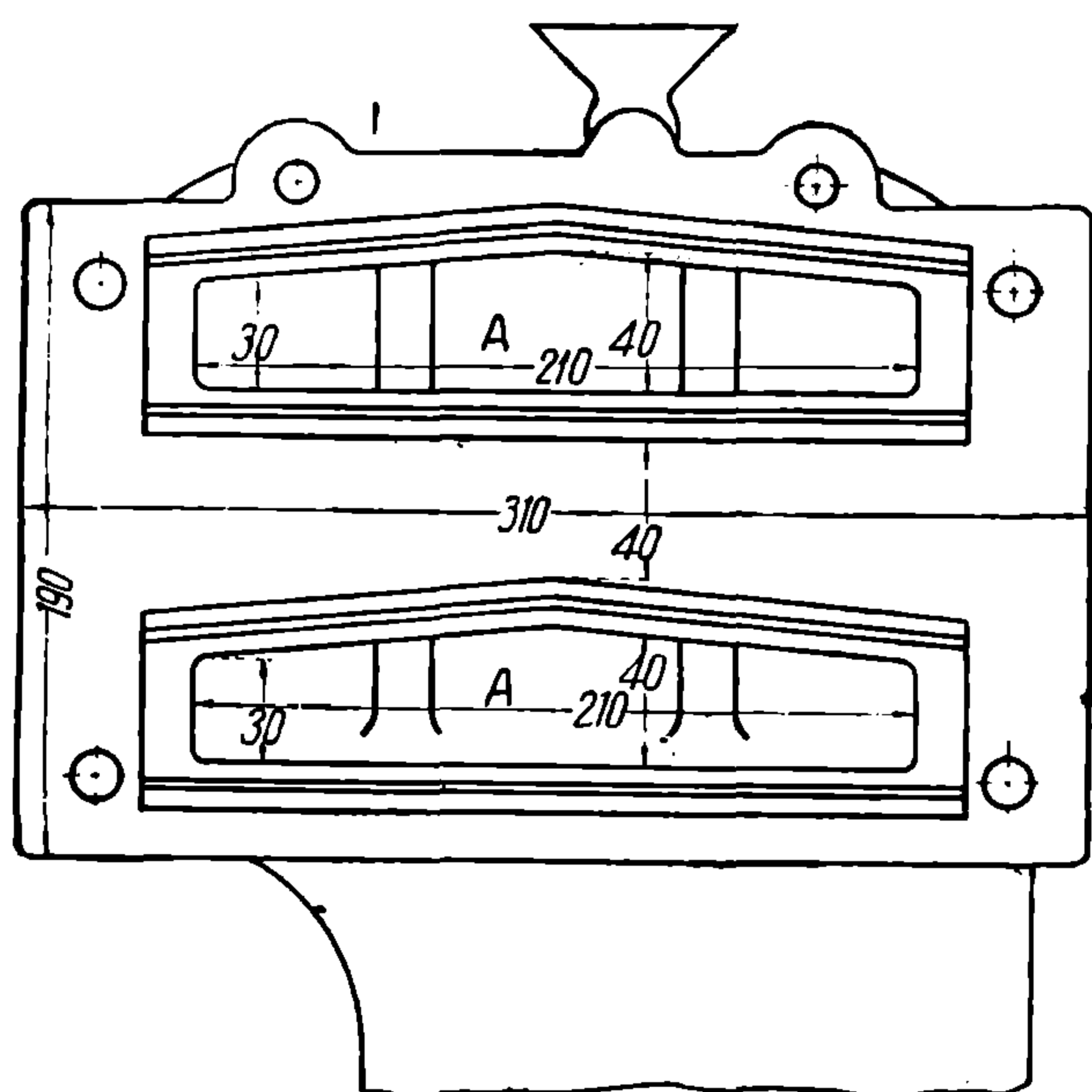
- 1—регуляторная головка,
- 2—большой золотник,
- 3—малый золотник,
- 4—планка,
- 5—поперечная планка,
- 6—пружинки,
- 7—8—шурупы.

На фиг. 23 представлен плоский регулятор паровозов 0—5—0 Э 1912, 1915 г.г. Направление большого золотника достигается боковыми выступами *H—H*, отлитыми вместе с регуляторной головкой по бокам золотникового зеркала. Отваливанию того же золотника препятствуют две плоские планки 4—4. Для поступления смазки из регуляторной масленки, вместо воронки, вверху головки имеется покатый лоток, из которого смазка стекает на зеркало и распределяется по канавкам в выступах вокруг окон *A—A*; по бокам тех же выступов сделан ряд небольших выточек, также задерживающих смазку. Малый золотник 3 для зацепления за большой 2 имеет выступы *K*, обращенные не в сторону зеркала, как в предыдущем регуляторе, а сделанные с боков. Эти выступы упрутся в планки *Д*, отлитые вместе с золотником 2 и служащие также для направления малого золотника 3. Нижнее ушко малого золотника имеет втулку 9, в которую вставляется валик привода.

На фиг. 24 и 25 представлен плоский регулятор паровозов 1—3—0 Н^в. Большой золотник его 2 отличается от предыдущих тем, что снизу он имеет ушко с продолговатым отверстием, в которое вставлен валик привода, имеющий в указанном отверстии свободный ход и оттягивающий золотник при закры-

тии и открытии. Этот золотник имеет только одно разгрузочное отверстие Г. Малый золотник 3 сделан не в виде рамки, а имеет Т-образную форму. Движение золотник 2 получает непосредственно от валика, входящего в продолговатое отверстие его ушка. Верхней перекладной золотника 3 производится перекрытие разгрузочного окна Г большого золотника 2. Средняя часть золотника

сделана в виде узкой планки, а уширенный нижний конец имеет ушко для того же валика, который вставлен и в ушко большого золотни-



Фиг. 20. Золотники регулятора паровоза 1—4—0 Ц.

ка. Направление малого золотника производится двумя парами планок Д большого золотника, из которых две верхние направляют верхнюю перекладку малого золотника, а две нижние его уширенный нижний конец. Перекладна 5 имеет диагональное расположение; к середине приклепана пружинка 6, надавли-

вающая на среднюю узкую часть малого золотника 3. При открытии регулятора, валик привода тянет вниз малый золотник 3, оставляя предварительно большой золотник 2 на месте; после того как этот валик пройдет свободный ход, начинает перемещаться и большой золотник. В остальном работа регулятора ничем не отличается от предыдущих.

На фиг. 26 представлен плоский регулятор, примененный на части паровозов 1—5—0 Е^л—690 и 801 до последнего.¹ Валик, вставленный в ушко малого золотника 3, расположен параллельно золотниковому зеркалу, а не перпендикулярно, как в других паровозах, что вызвано иным устройством привода, о котором будет сказано ниже. Ниже зеркала регуляторная головка имеет два горизон-

¹ См. А. И. Липец — „Паровозы Декапод“. 1920 г., стр. 70.

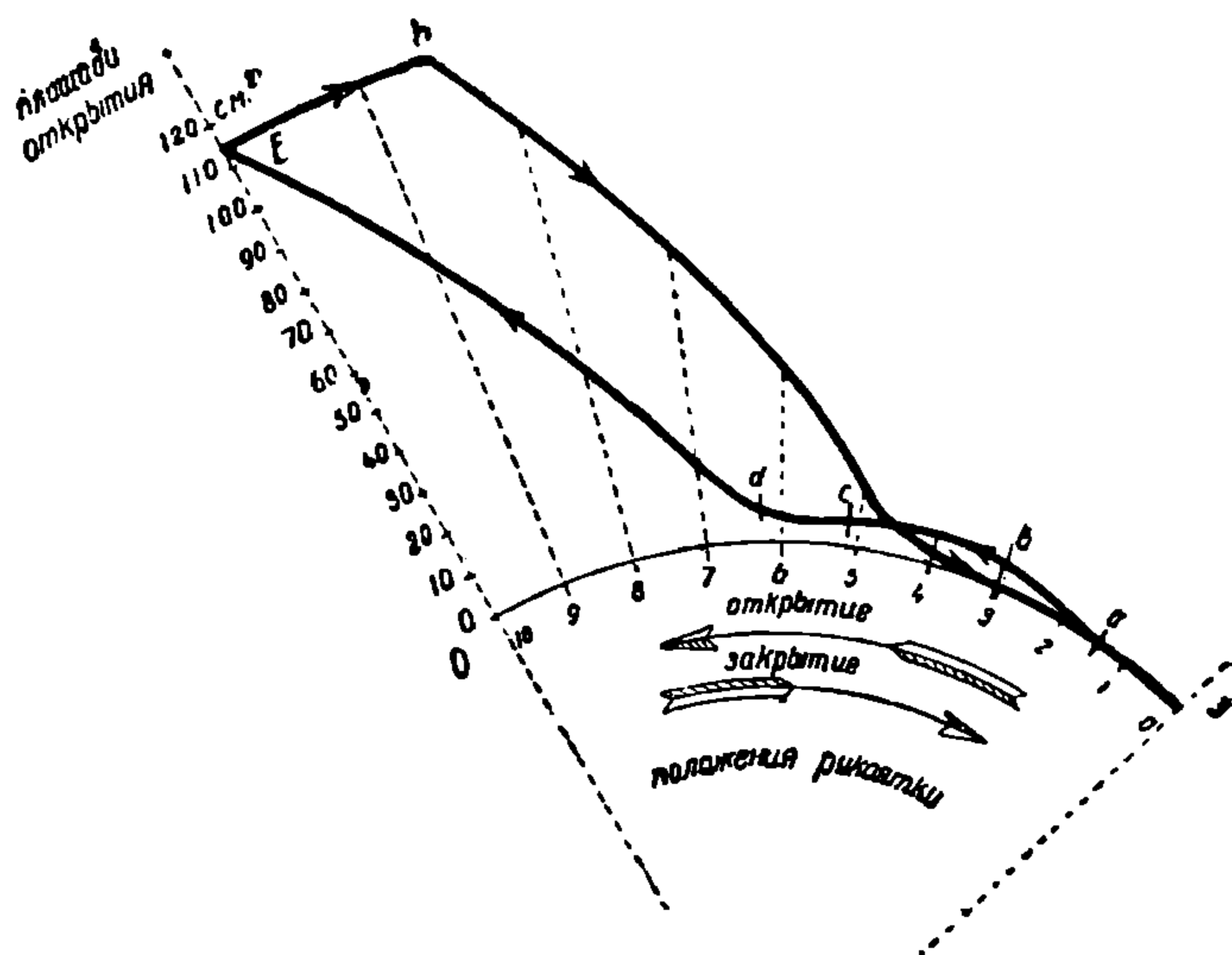
тальных прилива *О*, к которым прикрепляется кронштейн регуляторного вала, об устройстве которого также будет сказано ниже. Задний прилив головки *П*, в виде горизонтальной полки, служит для укрепления регуляторной головки к колпаку помощью особого кронштейна, приклепанного к его стенке. В других паровозах такое укрепление имеют регуляторные трубы, о которых будет сказано ниже.

Плоский регулятор имеет следующие недостатки:

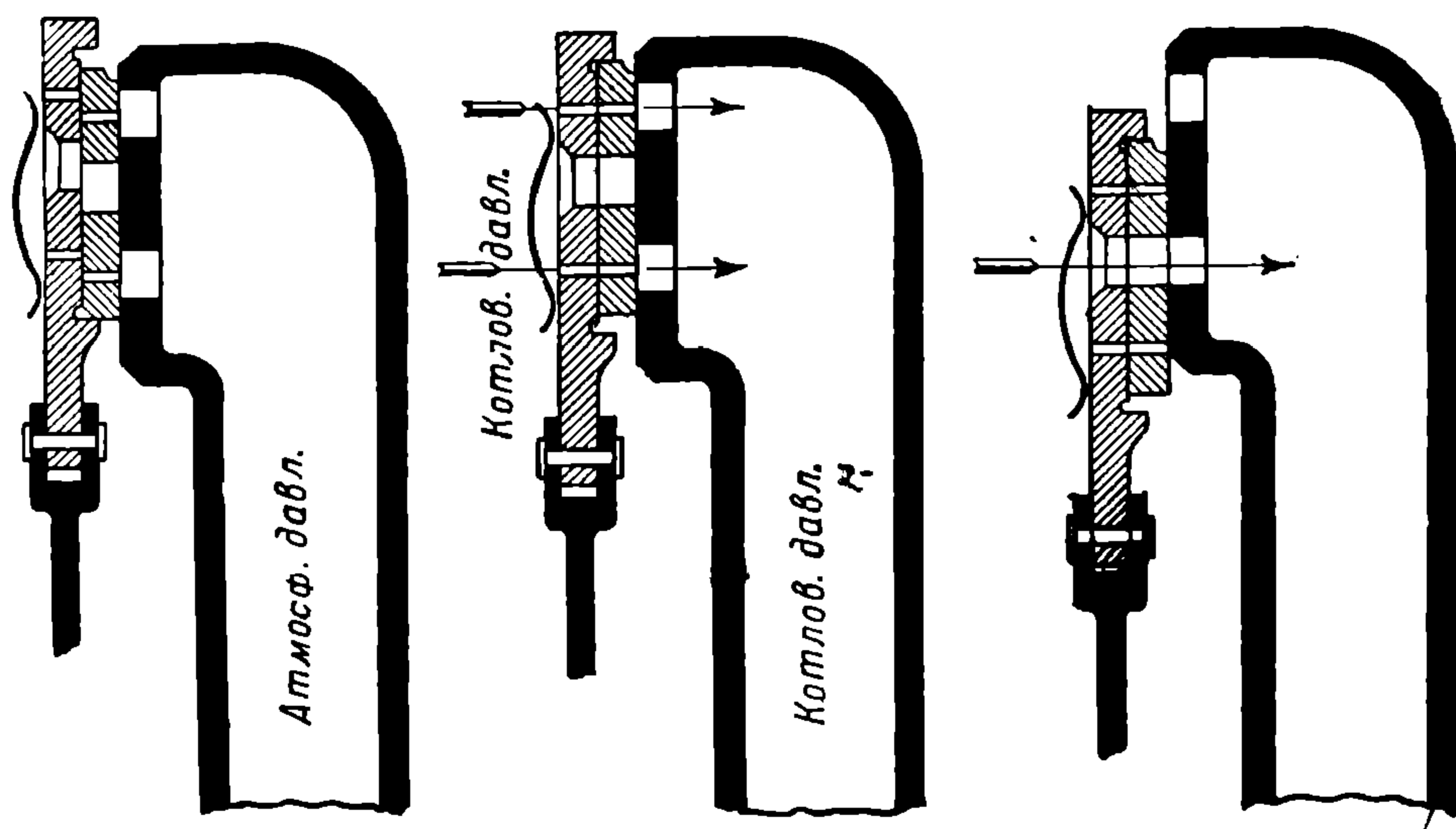
а) необходимость пришибивания золотников к зеркалу усложняет изготовление и ремонт регулятора;

б) золотники часто дают пропуск пара в закрытом положении, что можно видеть по парению через клапаны *Р* и *К* у *а* или через открытые продувательные краны при закрытом регуляторе. Конденсации пара, протекающего через закрытый регулятор, в пароперегревателе не происходит, что подтверждено специальными опытами¹, но зато происходит в цилиндрах, что может повести к замораживанию или поломкам цилиндров и машин;

в) при разъединении привода регулятор остается открытым, что вызывает самовольный приток пара к машине;



Фиг. 21. Диаграмма открытий регулятора в зависимости от положения рукоятки для паровоза 0—4—0 ОВ.



Фиг. 22. Схемы открытия плоского регулятора.

г) золотники плоских регуляторов требуют смазки, чего не требуют клапаны клапанных регуляторов. Необходима специальная масленка. Золотники подвержены заеданию;

д) золотниковое зеркало расположено вертикально, почему отбор пара регулятором производится не из наивысшей точки парового колпака.

¹ См. „Известия бюро совещательных съездов“ №№ 7 и 12, 1912 г., статья *М. И. Гололобова* — „К вопросу о возможности конденсации пара в пароперегревателях и о бросании паровозом воды“.

а) он более послушен в руке машиниста, так как открывается постепенно без срывов, которые наблюдаются при клапанных регуляторах;



1—регуляторная головка,
2—большой золотник,
3—малый золотник,
4—планка,
5—поперечная планка,
6—пружина,
7—8—шурупы.

б) золотники прижаты паром к зеркалу, удерживаются в определенном положении, не требуя того приспособления, которое требуют клапанные регуляторы для удерживания клапанов на определенной высоте подъема. Это приспособление сделано в секторе регуляторной рукоятки и в самой рукоятке (см. ниже).

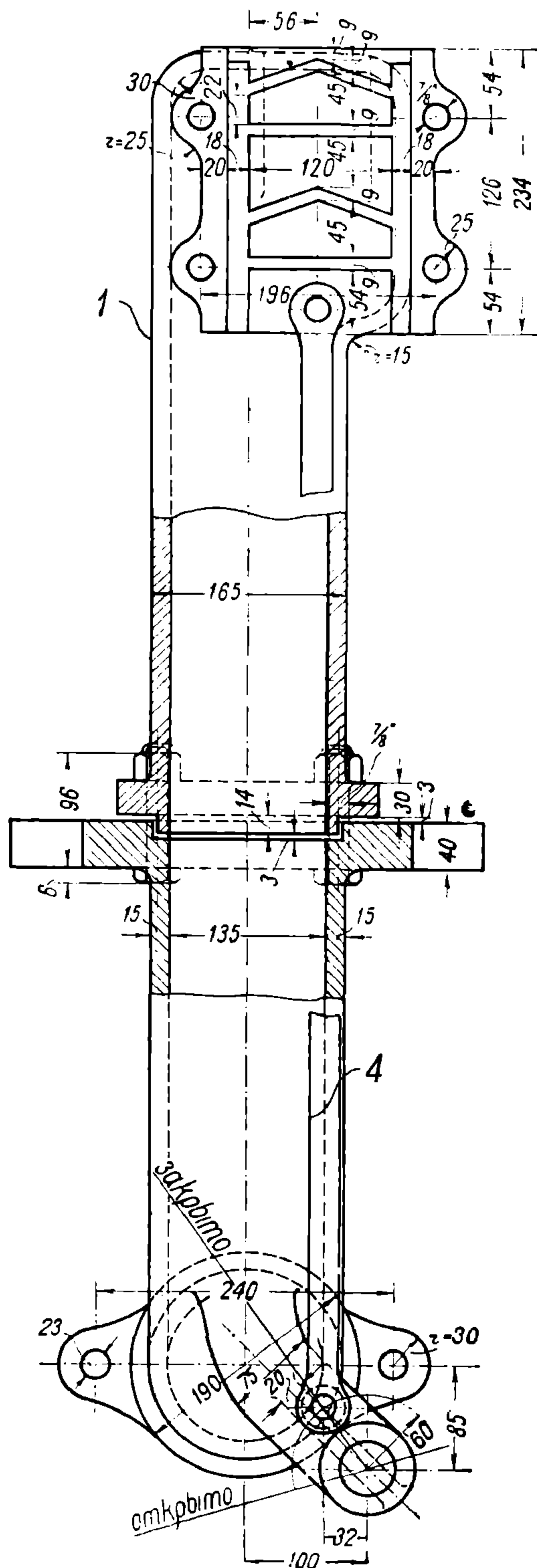
Клапанный регулятор.

Наибольшим распространением на наших паровозах пользуется клапанный регулятор Цара. Головка клапанного регулятора Цара 1 (фиг. 27, 28, 29 и 30), в отличие от головки плоского регулятора, состоит из двух камер: наружной А и внутренней Б, представляющих одну целую отливку. Кольцевой борт наружной камеры вокруг верхнего отверстия, обточенный на конус, является седлом большого клапана 2. Снизу (фиг. 27) или сбоку (фиг. 31) головка имеет фланец В, которым она прикрепляется к регуляторной трубе. Камеры А и Б соединены друг с другом четырьмя крестообразно расположенными ребрами, идущими вдоль кольцевого промежутка между стенками обеих камер. Полость внутренней камеры Б имеет цилиндрическую форму и служит для направления цилиндрического поршня большого клапана 2. Нижнее отверстие Г в этой камере служит для прохода пара из нее в регуляторную трубу, а также для стока могущей накопиться в камере Б воды. Большой клапан 2 притирается к седлу головки и своим цилиндрическим поршнем свободно входит во внутреннюю камеру Б. Кроме направляющего хвостовика, большой клапан имеет направление ребрами Д в верхней части головки.

К верхнему отверстию Ж этого клапана по конической поверхности притирается малый клапан 3. Непосредственно под притиркой клапана 2 в верхней его части сделаны два противоположных отверстия Е—Е, через которые пар, прошедший малый клапан, идет в регуляторную головку.

Непосредственно под притирочной поверхностью большого клапана 2, в нем сделан вертикальный цилиндрический выступ 3, между краем которого и цилиндрической расточкой наружной камеры А головки 1 ниже седла остается зазор. При начале подъема большого клапана сечение для выхода пара не увеличивается до тех пор, пока весь цилиндрический выступ клапана не выйдет из головки регулятора (фиг. 30). Этим устраняется возможность внезапного увеличения площади открытия регулятора от срыва при начальном усилии нажатия руки машиниста на рукоятку для подъема большого клапана.

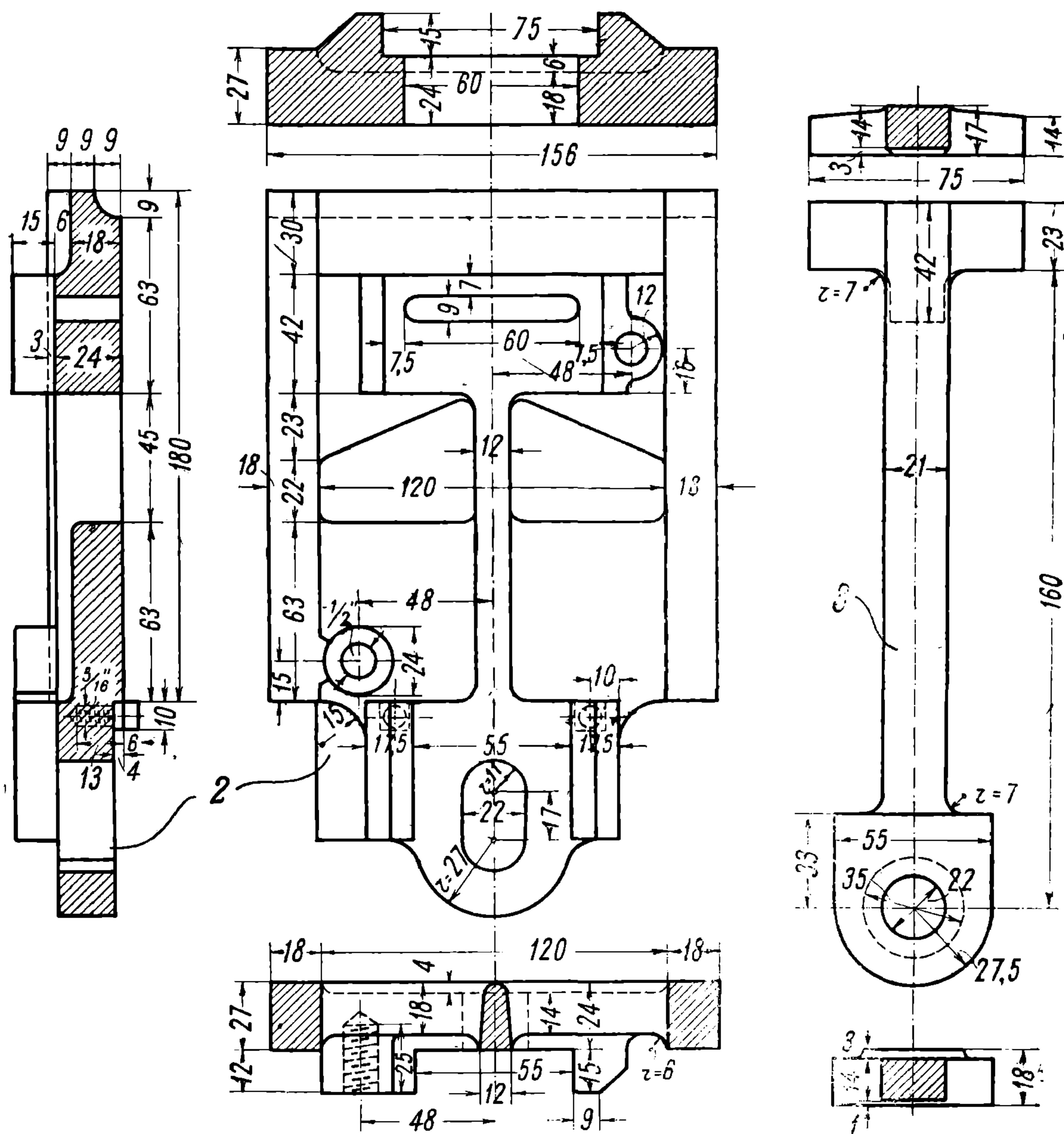
В середине пустотелого поршня большого клапана 2 сделаны две втулки, из которых верхняя сидит на трех ребрах, а нижняя на четырех. Общими



Фиг. 24. Регулятор паровоза 1—3—0 НЗ.

- 1—регуляторная головка,
- 2—большой золотник,
- 3—малый золотник,
- 4—колесо регуляторной трубы.

втулками направляется стержень малого клапана 3. На нижний его конец навинчивается глухая гайка 4, самоотвинчиванию которой препятствует шплинт. Привод присоединен к верхнему двойному ушку малого клапана. Нижний наружный край направляющего цилиндрического поршня большого клапана должен быть закруглен для того, чтобы при возможном незначительном перекашивании клапана во внутренней камере Б головки не могло получиться



Фиг. 25. Золотники регулятора паровоза 1—3—0 НВ.

заедания, при осадке клапана вниз, в момент прикрытия регулятора. Кроме того, поршень клапана 2 по внутренней камере Б не должен ходить слишком туго. Обе указанные причины могут вызвать отставание гайки 4, навинченной на хвостовик малого клапана 3, от нижней направляющей втулки в середине поршня большого клапана 2, при закрытии регулятора оставляя большой клапан на некоторое мгновение на весу. Последующая за этим осадка клапана вызывает удар втулки о гайку 4, от чего поверхности втулки и глухой гайки разбиваются. Такие случаи в практике замечались. Кроме того, замечались

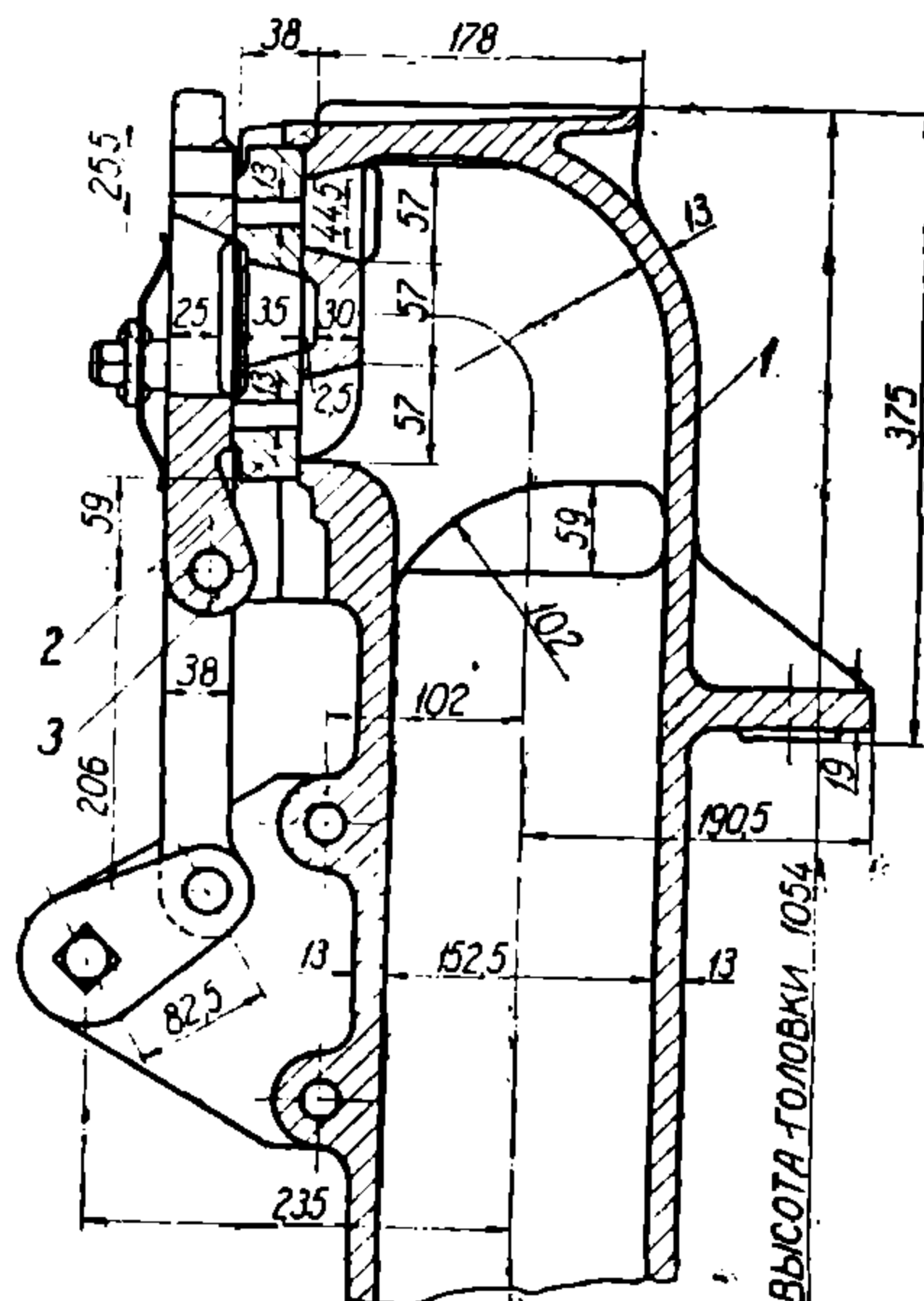
трещины в стенке вертикальной части большого клапана, почему толщину стенок следует увеличить или добавить еще одно ребро *Д*, сделав их пять вместо четырех.

При открытии регулятора сперва начинает подниматься малый клапан 3 до тех пор, пока нижняя гайка 4 не упрется в нижнюю втулку поршня большого клапана 2. Когда регулятор открыт на малый клапан, пар идет через этот клапан и попадает в пустотелый поршень большого клапана 2, откуда имеет три выхода: два в верхние отверстия *Е* и один в нижнее отверстие *Г* камеры *Б*. Через оба отверстия *Е* пар течет в кольцевой зазор между обеими камерами *А* и *Б* и оттуда в регуляторную трубу. Часть пара, вытекающая через нижнее отверстие *Г*, в трубу попадает прямо. Площадь полного открытия малого клапана в два раза превосходит суммарную площадь всех трех отверстий, благодаря чему пар успевает накапливаться во внутренней камере регуляторной головки, а следовательно и образовать достаточное давление на поршень большого клапана снизу, которое его и разгружает, давая легкий подъем.

Перед началом открытия большого клапана, он, однако, полностью не разгружен, так как диаметр поршня (145 мм) меньше диаметра клапана у притирочной поверхности (161 мм для паровозов 1—3—1 С и С^у). Неуравновешенная кольцевая поверхность клапана испытывает давление, равное давлению в регуляторной трубе, которое зависит от скорости движения. При езде на малый клапан с большой скоростью манометр золотниковой коробки иногда показывает очень низкое давление, которое может дойти до 1,5—2 ат при полном котловом давлении. Открытие регулятора на большой скорости в этом случае более трудно, чем при малой скорости. Это свойство регулятора хорошо известно машинистам.

Увеличение площади открытия регулятора, в зависимости от подъема клапанов, видно по диаграмме фиг. 32. Первый период есть подъем малого клапана, который характеризуется увеличением площади открытия от 0 до 6,3 см². Клапан при этом приподнят на высоту 10 мм. В этот момент площадь открытия малым клапаном равна площади всех трех отверстий, через которые пар идет дальше. Поэтому дальнейший подъем малого клапана не сможет вызвать увеличение площади для прохода пара, и мы имеем первую горизонтальную ступень. После полного подъема малого клапана начинается подъем большого (второй период). Площадь открытия сперва возрастает до 38 см², после чего наступает вторая горизонтальная площадка вследствие выхода наружу цилиндрической заточки большого клапана. После выхода этой заточки наступает третий период открытия, при котором площадь открытия нарастает почти по прямой до полного открытия в 110 см².

При взятии с места, т. е. в момент самого незначительного расхода пара, пар успевает накапливаться во всем паропроводе. Упругостью сжатого инерцией струи пара и направленной обратно большой клапан иногда подбрасывается вверх, что причиняет рвачки и буксование. При открытии большого клапана малый остается попрежнему открытым, почему ток пара через него и через три вышеуказанные отверстия не прекращается. Для перекрытия регулятора с большого клапана на малый не нужно, как в плоском регуляторе, сперва его закрыть совершенно, а затем открыть малый. Регуляторную рукоятку клапанного регулятора для этого нужно только подтянуть обратно; большой клапан при этом будет осажен на седло давлением пара и своим весом. Положение регуляторной рукоятки клапанного регулятора, в отличие от рукоятки плоского регулятора, всегда соответствует действительному положению регулятора.

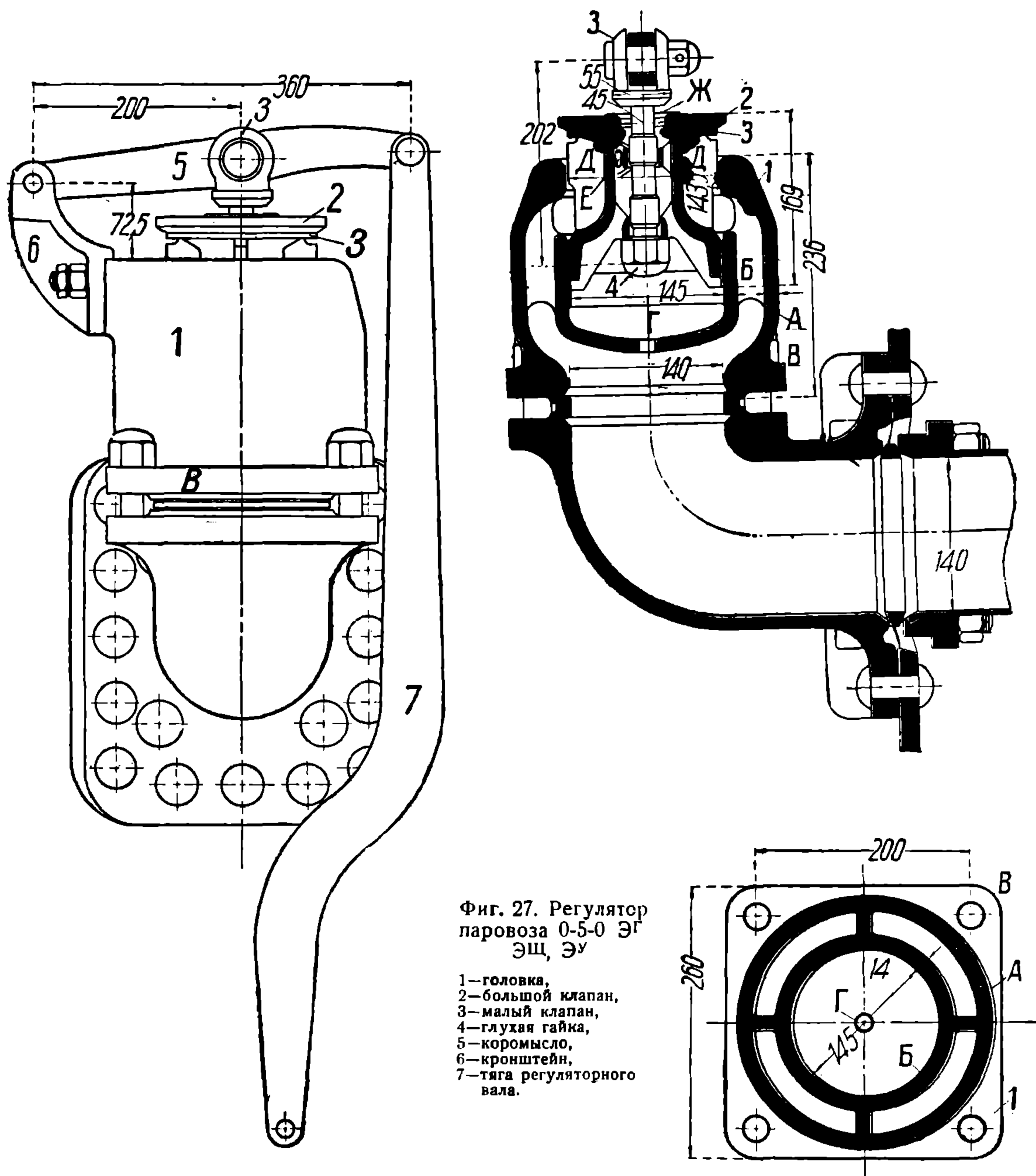


Фиг. 26. Регулятор паровоза 1—5—0 ЕЛ.

- 1—регуляторная головка,
- 2—большой золотник,
- 3—малый золотник.

Для закрепления валика, около которого поворачивается коромысло 5, соединенное с малым клапаном 3, к головке 1 сбоку прикрепляется кронштейн 6. Другой конец коромысла 5 соединен с тягой 7, идущей к регуляторному валу.

Как было выяснено при рассмотрении плоского регулятора, при движении паровоза с перекинутым на обратный ход переводным винтом, давлением воздуха из регуляторной головки золотники отжимаются от зеркала и воздух



проникает в котел, чем регуляторная головка предохраняется от разрыва. На паровозах 2—3—1 Л, для отжатия в тех же случаях клапанов от сидел, плечо 5 имеет для валика, соединяющего плечо с тягой к регуляторному валу, отверстие не круглое, а продолговатое (фиг. 31), благодаря чему при закрытом регуляторе клапан может несколько приподниматься.

Большой клапан регулятора паровозов 1—5—0Е^Л двумя круглыми отверстиями Е не снабжен, так что пар при открытии малого клапана может

пройти только через нижнее отверстие внутренней камеры головки. Этим предполагалось получать следующее:¹

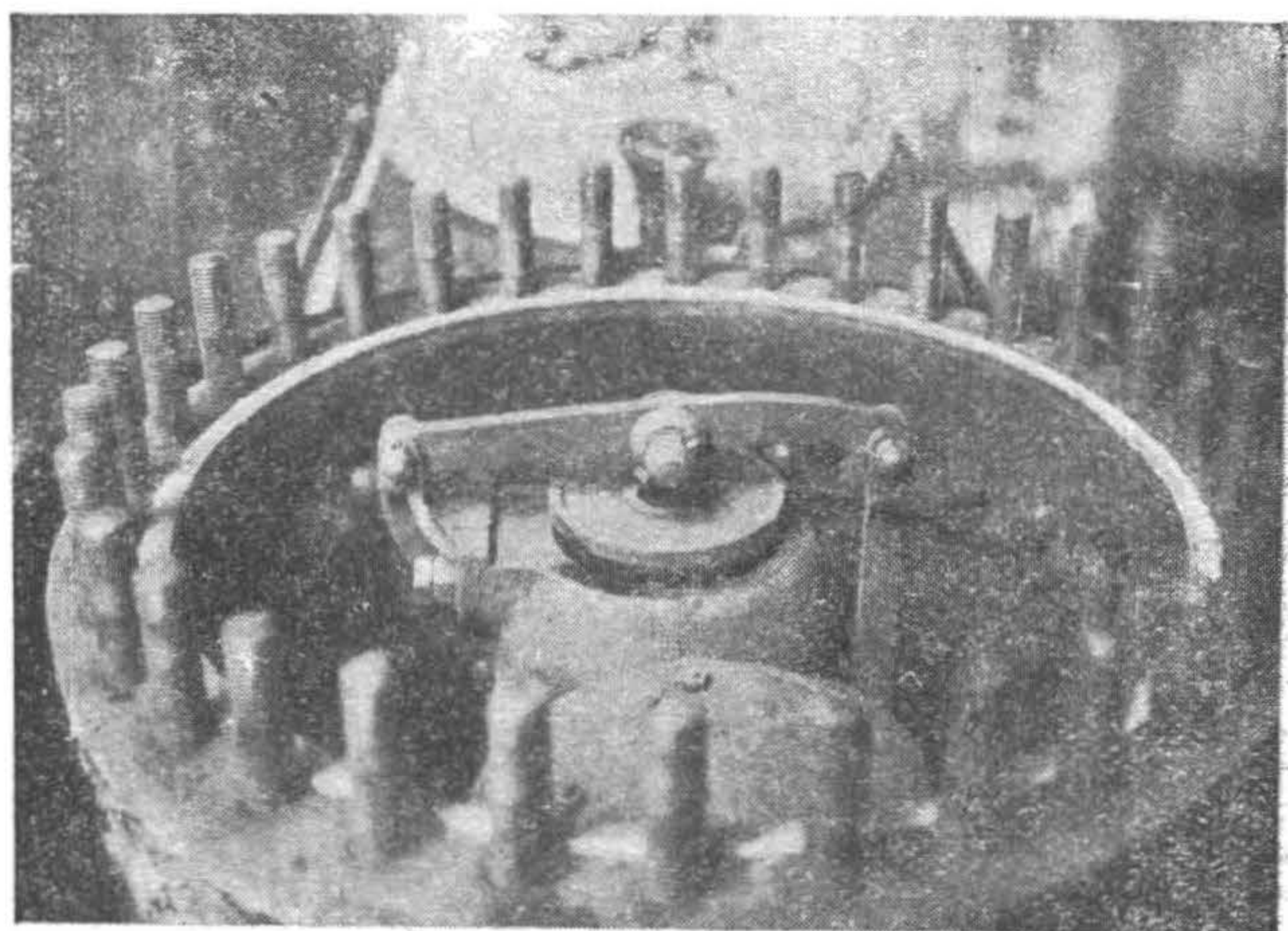
а) в регуляторной трубе должно устанавливаться меньшее давление, что дает возможность пользоваться малым клапаном, вместо паровоздушных при езде под уклон, и обходиться без байпасов;

б) во внутренней камере головки, под большим клапаном, устанавливается во время работы несколько повышенное давление, что должно облегчать открытие большого клапана.

В случае же надобности эти отверстия всегда могли быть высверлены при дальнейшей службе.

Регуляторы Царя паровозов 1—5—0 Е^Ф и Е^К были спроектированы с таким соотношением его размеров, при которых значительно большая площадь полного открытия регулятора (211 см² против 110 см² на Э) была получена за счет увеличения диаметра большого клапана, при нормальной высоте его подъема.

В результате получился регулятор столь громоздких размеров, что открытие его на большой клапан на паровозах 1—5—0 Е^Ф и Е^К не под силу даже двум лицам и требовало предварительной постановки переводного винта на центр. Паровозы 1—5—0 Е^Ф и Е^К имеют привод, сконструированный по русским чертежам, т. е. с внутренним регуляторным валом. Паровозы же



Фиг. 28. Расположение регулятора в паровом колпаке паровоза 2—3—1 Л.

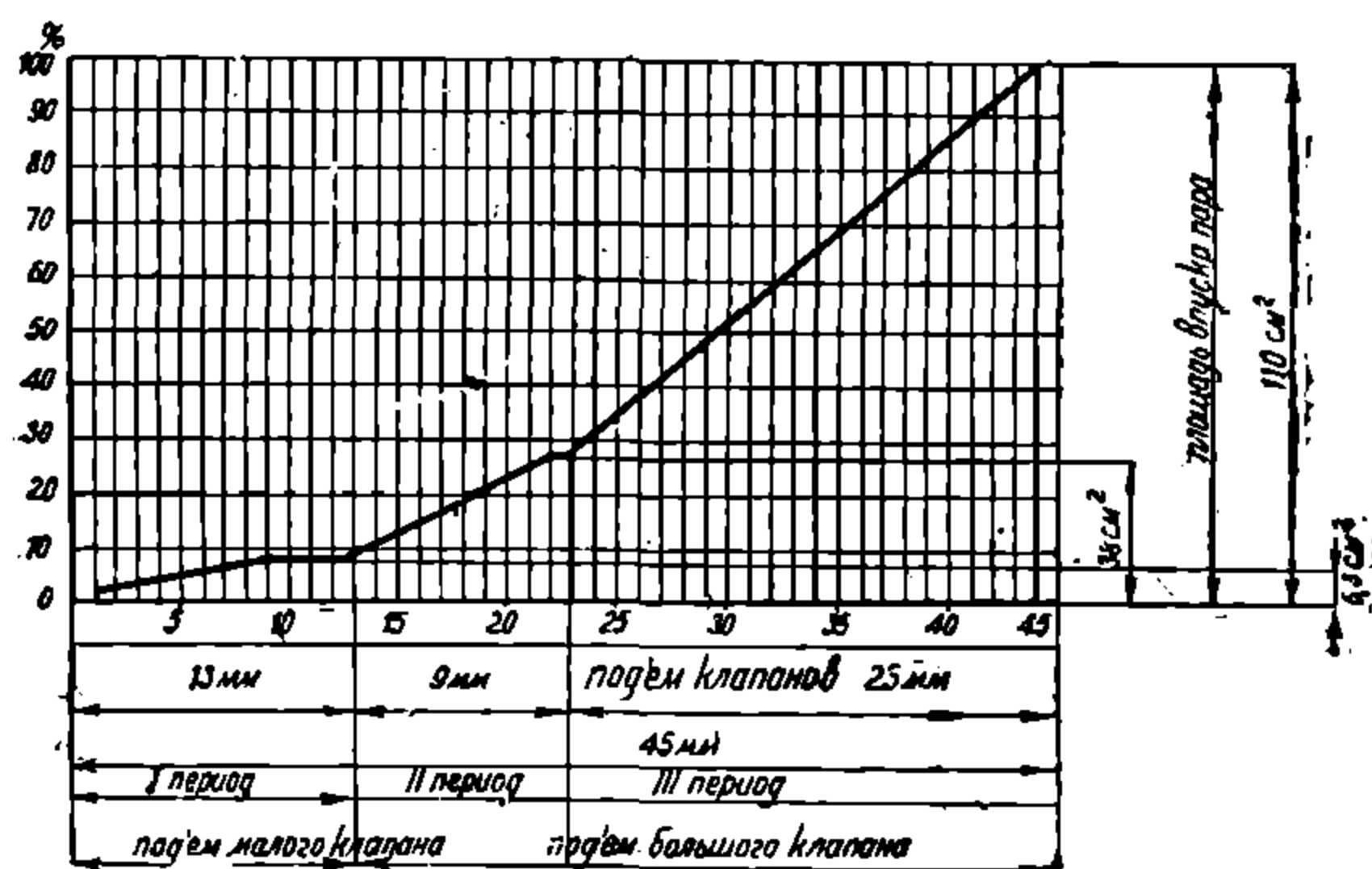


Фиг. 29. Головка регулятора паровоза 1—3—1 С. Фиг. 30. Регулятор паровоза 1—3—1 С. (разрезная модель).

1—5—0 Е^С имеют наружный привод американской системы, который дает легкое открытие того же регулятора. Впоследствии регулятор на паровозах 1—5—0 Е^Ф и Е^К был несколько переконструирован, причем, например, на Ека-

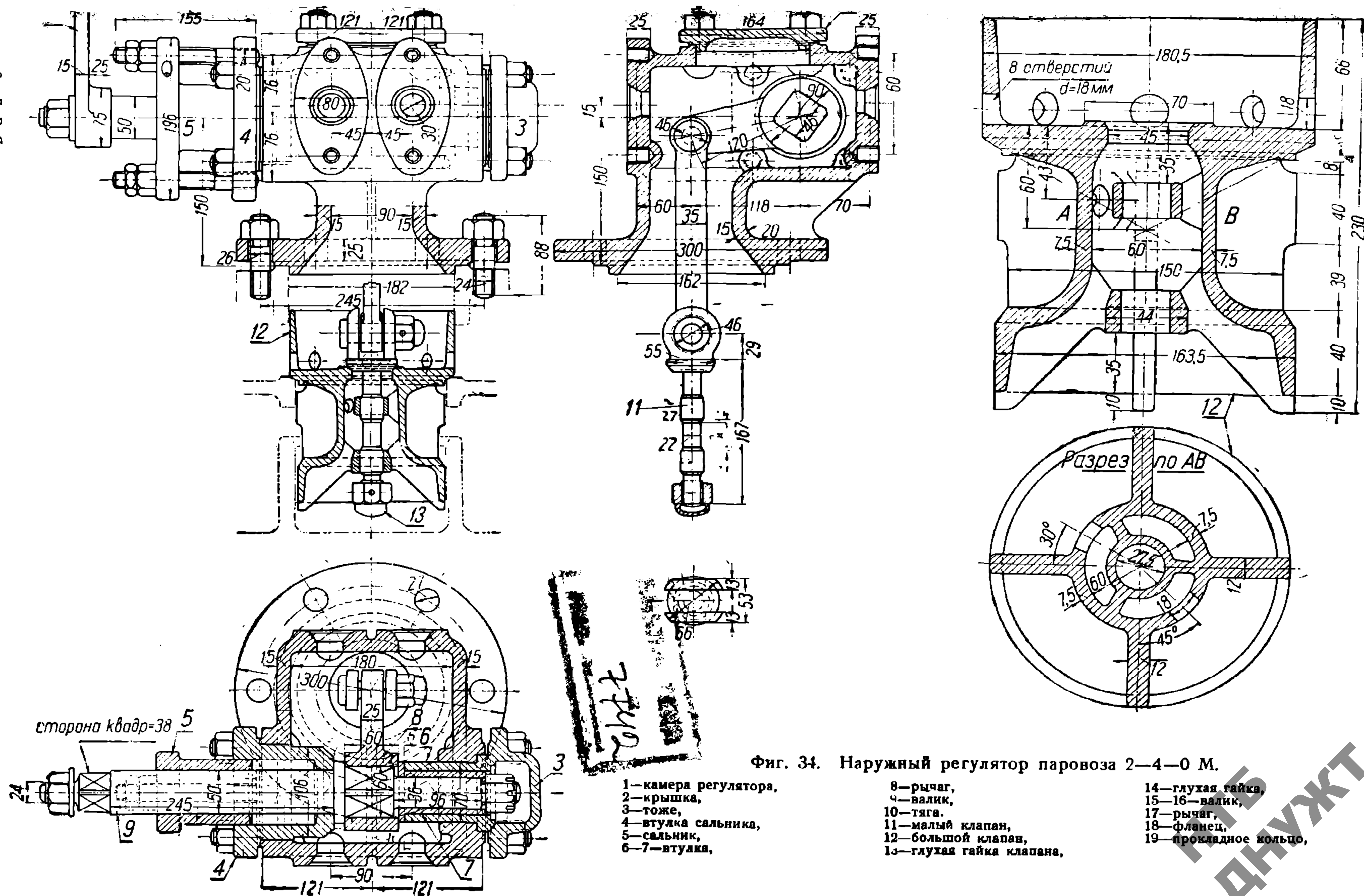
увеличен до диаметра самого клапана надёлкой 8, а чтобы клапан с надёлкой пролезал во внутреннюю камеру Б, верхнее отверстие наружной камеры А расточено и в него вставлена втулка 3, образующая седло большого клапана 2.

5—коромысло,
6—кронштейн,
8—наделка на большой клапан,
9—штулка седла клапана.



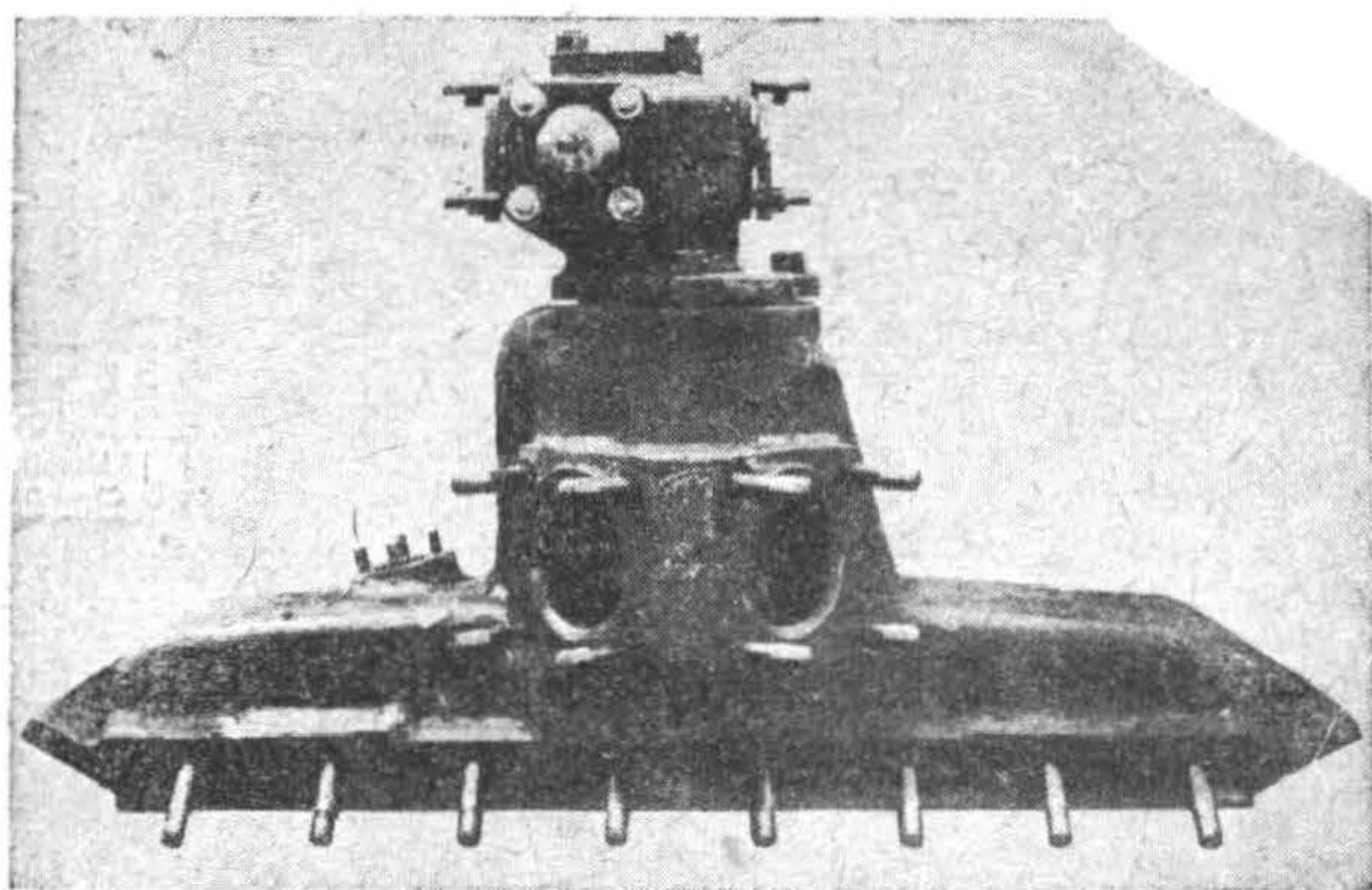
На фиг. 34 и 35 представлен наружный регулятор того же паровоза. Головка регулятора образована верхними приливами камеры пароперегревателя, в кото-

^о Для паровозов 1-3-1 С и С^у

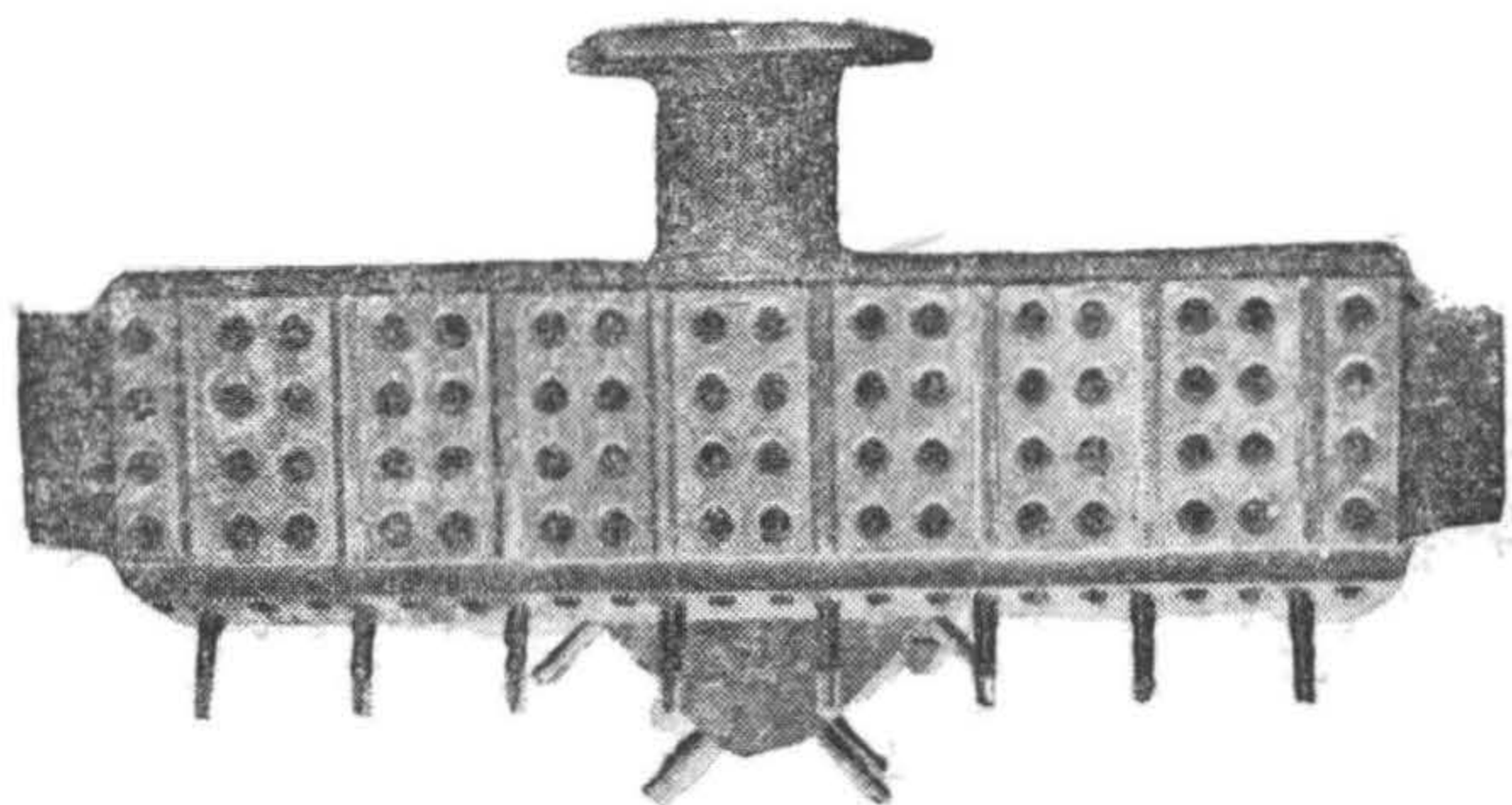


рую погружены клапаны регулятора. Перегретый пар попадает из отделения насыщенного пара в пространство над клапанами регулятора, через отверстия *М*, сделанные в верхнем цилиндрическом приливе большого клапана *12*, направляемого верхней частью прилива камеры пароперегревателя. Привод к клапанам выведен сверху, через особую коробку *1*, укрепленную на камере пароперегревателя (об устройстве привода см. ниже). Коробка *1* имеет четыре фланца, по два с каждой стороны, к которым присоединены трубы, идущие к насосам — тормозному, водоподогревателю, сифону и пр.

Кроме клапанного регулятора Цара, представляющего теперь нормальную деталь советских паровозов, на пяти паровозах 0—5—0 Э 1913 г. был применен клапанный регулятор американской конструкции (фиг. 37).¹ В головку регулятора *1* вставлен двухседельный клапан *2*, закрепленный на стержне *3*, свя-



Фиг. 35. Коллектор пароперегревателя и наружный регулятор паровоза 2—4—0 М. Вид спереди.



Фиг. 36. Тот-же коллектор. Вид снизу

занном снизу с приводом от регуляторного вала. Сверху на стержень одет сепаратор *4* в виде колокола, а на регуляторную головку установлена коробка *5*. Клапан уравновешен верхним и нижним давлением. При открытии регулятора, пар, поступая в кольцевую щель между сепаратором и коробкой *5*, сейчас же отклоняется вниз; вода, увлеченная паром, отбрасывается к середине и отводится обратно в котел средним пустотелым каналом отливки клапана и отверстиями *А*, сделанными в поршне клапана. Нижняя притирка клапана служит препятствием пропуску пара через нижний направляющий поршень клапана при закрытом регуляторе. Этот регулятор на практике оказался неудовлетворительным, так как при заказе тех же паровозов в 1913 г. Сев.-Донецкой ж. д. (с цилиндрами 630 мм), по желанию дороги, был поставлен плоский регулятор, который далее сохранился и на паровозах 0—5—0 Э 1915 г. Главным недостатком явилась трудность притирки одного целого клапана к двум седлам.

Преимуществом клапанных регуляторов являются:

а) простота изготовления и ремонта; клапаны требуют простой притирки,
б) клапаны регулятора не имеют трущихся поверхностей, а потому не требуют смазки;

в) отсутствует заедание клапанов, почему пропуски пара через клапаны при закрытом регуляторе представляют собою весьма редкое явление;

г) регулятор отбирает пар из наивысшей точки парового пространства, т. е. наиболее сухой;

д) в наружном регуляторе, при перегретом паре, может быть применен только клапанный регулятор, так как золотники плоского регулятора будут коробиться и дадут сильный пропуск пара; кроме того, смазка к золотникам должна быть высокого качества;

е) при разъединении привода регулятор автоматически закрывается и не допускает самовольного тока пара в машину.

¹ Описание клапана имеется в Bulletin de l'Assoc. du Congrès Intern. de Chemins de Fer за 1911 г., стр. 1322, или Organ за 1911 г.

Многоклапанный регулятор

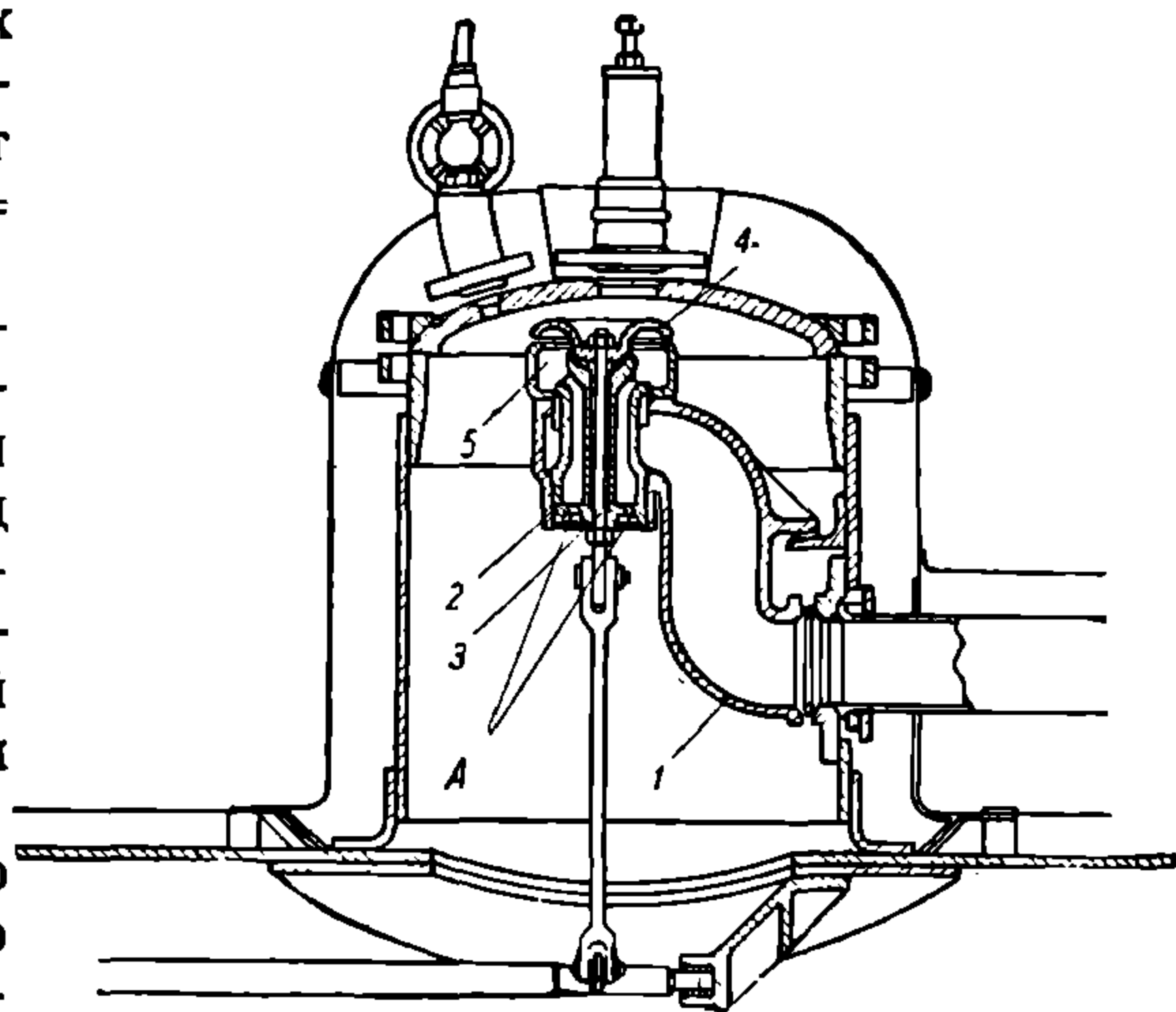
Увеличение размеров паровых цилиндров на мощном паровозе отразилось на размерах паропровода.

Если на паровозах 1—3—1—С и С^у клапанный регулятор Цара имеет полную площадь открытия 110 см^2 , при размерах цилиндров на С^у $d = 550 \text{ мм}$ (диаметр) и $l = 700 \text{ мм}$ (ход поршня) и на С^у $d = 575 \text{ мм}$ и $l = 700 \text{ мм}$, то на паровозах 1—4—2 ИС и 1—5—1 ФД площадь полного открытия регулятора составляет $234,8 \text{ см}^2$ при размерах цилиндров: $d = 670 \text{ мм}$ и $l = 770 \text{ мм}$.

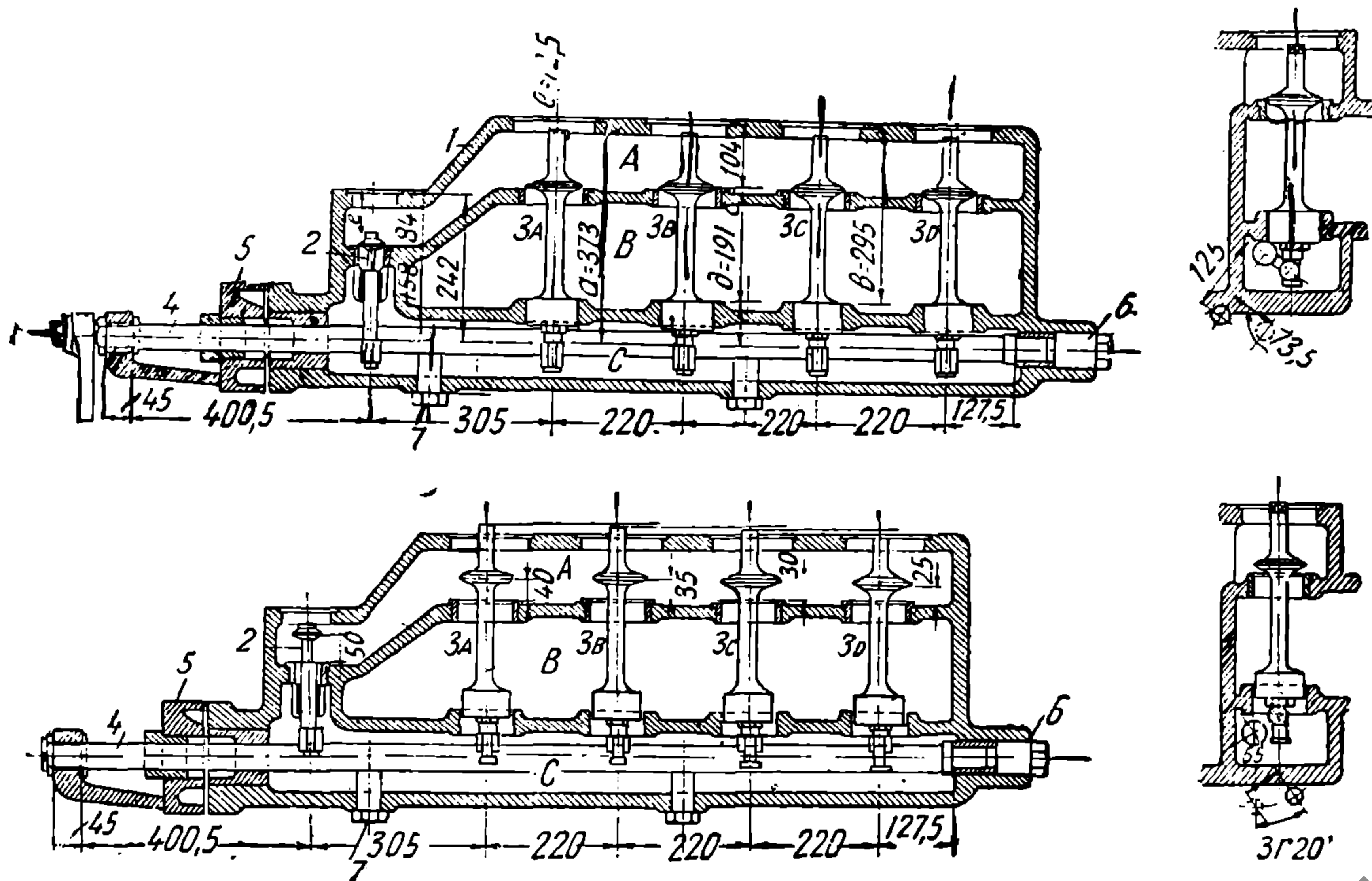
При площади в $234,8 \text{ см}^2$ обыкновенный клапанный регулятор Цара принял бы столь большие размеры, при которых открытие его станет не под силу машинисту. Отсюда и явилась необходимость перейти на такой тип регулятора, при котором, даже при самой большой площади его открытия, им легко было бы управлять от руки.

При расположении многоклапанного регулятора за пароперегревателем, его клапаны, находясь в среде высокоперегретого пара, испытывают коробление.

При клапане большого диаметра это коробление становится столь заметным, что приводит к пропуску пара. Это ограничивает размеры клапанов выносных регуляторов и требует перехода от одного большого клапана к нескольким, но



Фиг. 37. Клапанный регулятор на части паровозов 0—5—0 Э 1913 г.



Фиг. 38. Многоклапанный регулятор паровозов 1—4—2 ИС и 1—5—1 ФД.

1—камера,
2—малый клапан,

3—большой клапан,
4—регуляторный вал,

5—сальник,
6—втулка конца вала,

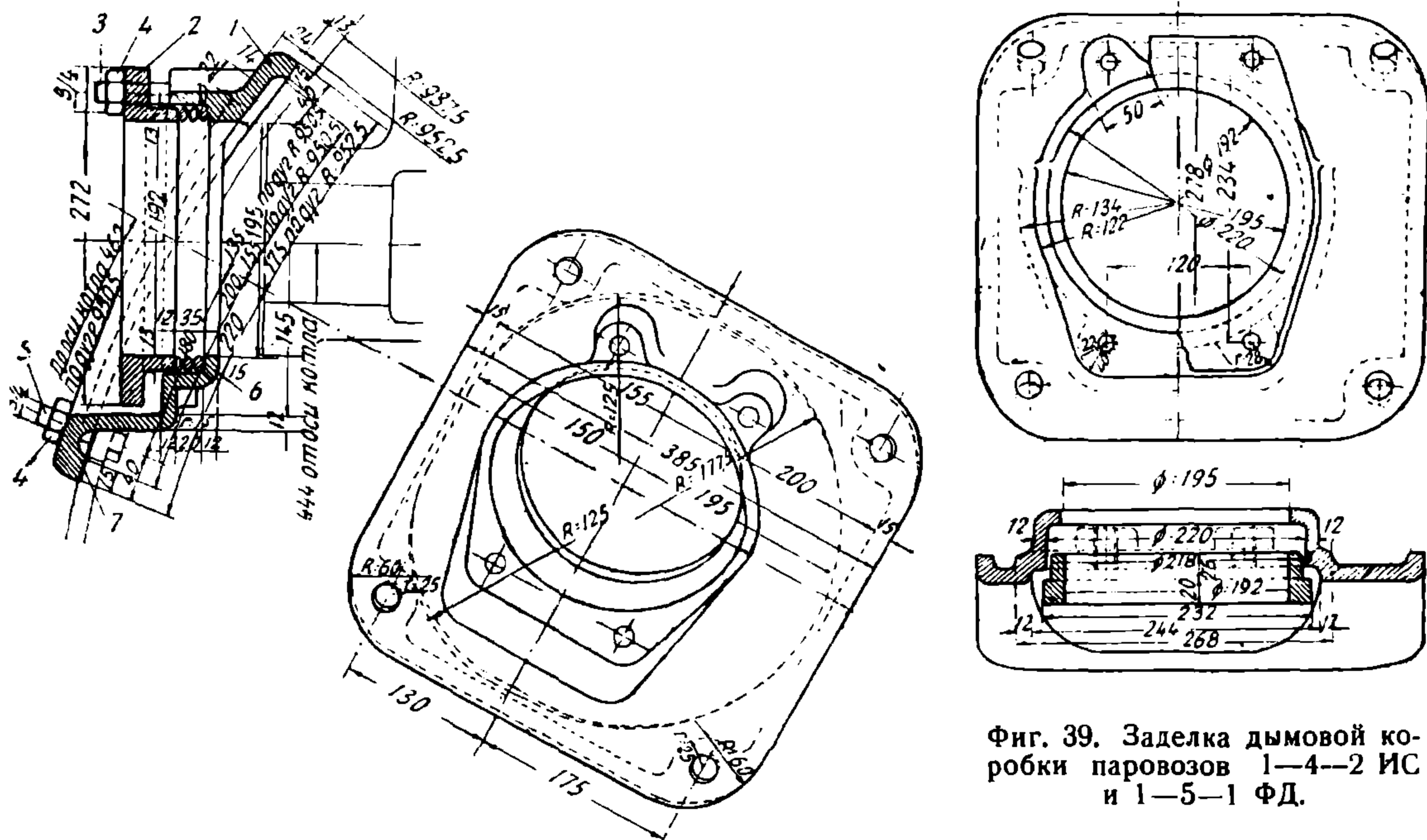
7—ввертыш.

меньшего диаметра, при которых пропуск вследствие коробления не будет столь заметным.

Американский многоклапанный регулятор, примененный на паровозах 1—4—2 ИС, 1—5—1 ФД, 1—5—1 Т^Б и 1—5—2 Т^А, сконструированный на основании всех высказанных положений, имеет очень легкое открытие, что позволяет машинисту плавно трогать с места и не утомляет его при управлении регулятором в пути. Вместе с тем регулятор не имеет заметного пропуска пара при закрытом положении вследствие применения нескольких клапанов впускных и одного разгружающего, которые вследствие небольшого диаметра не дают сильного коробления.

На паровозах 1—4—2 ИС и 1—5—1 ФД применен пятиклапанный регулятор, а на 1—5—1 Т^Б и 1—5—1 Т^А семиклапанный; устройство и действие их совершенно одинаково.

На фиг. 38, 40, 41 и 43 показан пятиклапанный регулятор. Головка регулятора 1 представляет одну отливку с камерой пароперегревателя (фиг. 51) и установлена в дымовой коробке поперек ее вверху на угольниках, как



Фиг. 39. Заделка дымовой коробки паровозов 1—4—2 ИС и 1—5—1 ФД.

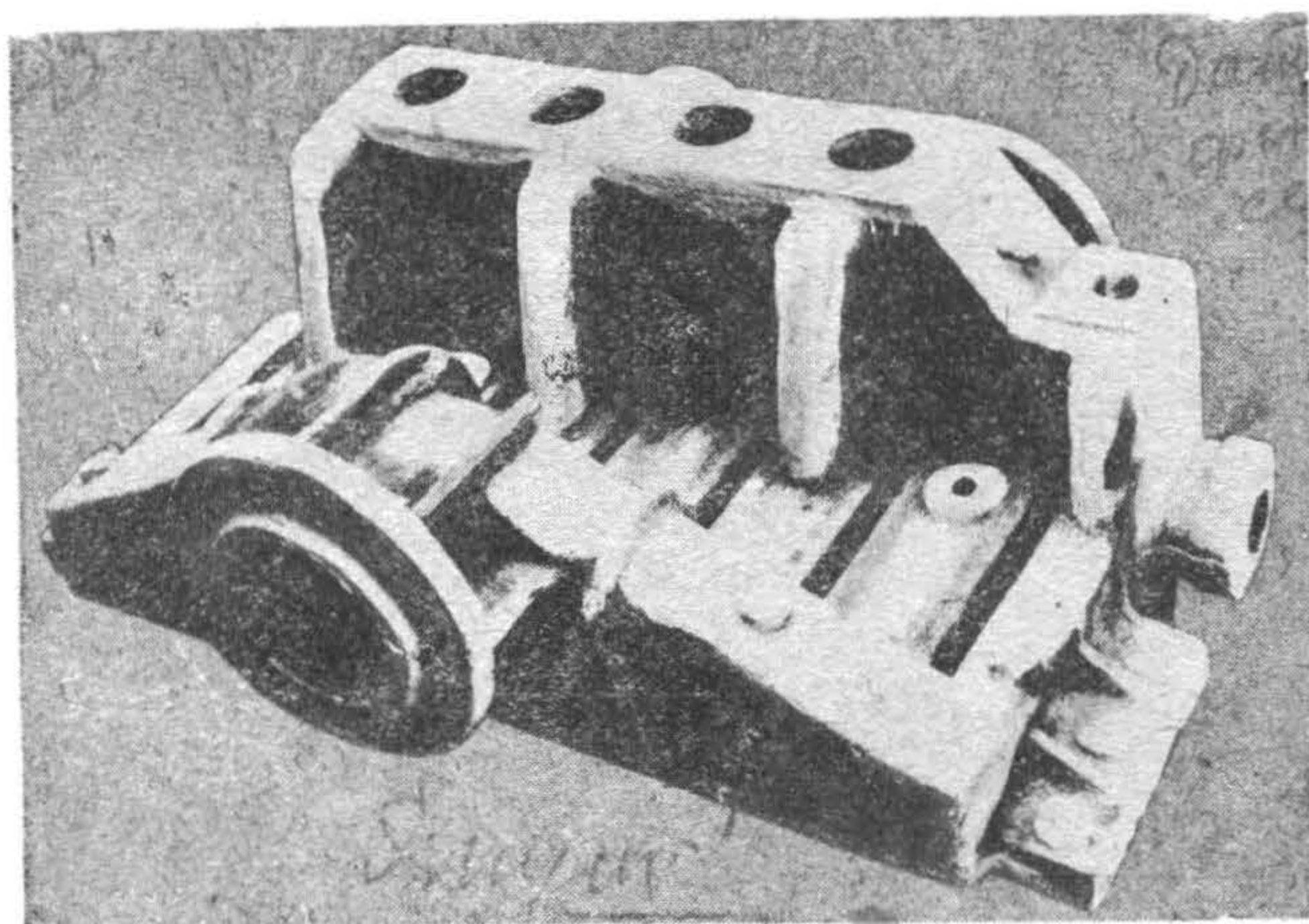
обычно устанавливаются все камеры пароперегревателя (фиг. 45, 48 и 49). Малый или разгружающий клапан 2 (фиг. 38) расположен со стороны входа регуляторного вала 4. Остальные четыре клапана 3 совершенно одинаковы и расположены по одной линии в ряд вдоль всей камеры.

Камера, содержащая все пять клапанов и являющаяся регуляторной головкой, имеет три горизонтальных отделения, расположенные одно над другим. Верхнее отделение А, расположенное над всеми пятью клапанами, постоянно сообщено с камерой перегретого пара. В перегородку, разграничивающую это отделение от следующего расположенного под ним, вставлены седла, к которым притираются клапаны. Второе отделение Б, расположенное под четырьмя клапанами 3 (за исключением малого 2), постоянно сообщено с паропроводом, идущим к цилиндрам паровой машины. Самое нижнее отделение В, примыкающее сбоку к обратной стороне малого клапана 2, вмещает в себя регуляторный вал 4, входящий в это отделение через сальник 5 с асбестовой набивкой. Это отделение является разгружающим.

Четыре больших клапана 3 имеют на своих вертикальных стержнях цилиндрические поршеньки, свободно входящие в круглые направляющие отверстия, сделанные в следующей перегородке, которой отделяется среднее отделение Б от нижнего В. Поршеньки по диаметру почти одинаковые с клапанами. Против каждого клапана на регуляторном валу имеются парные кулачки,

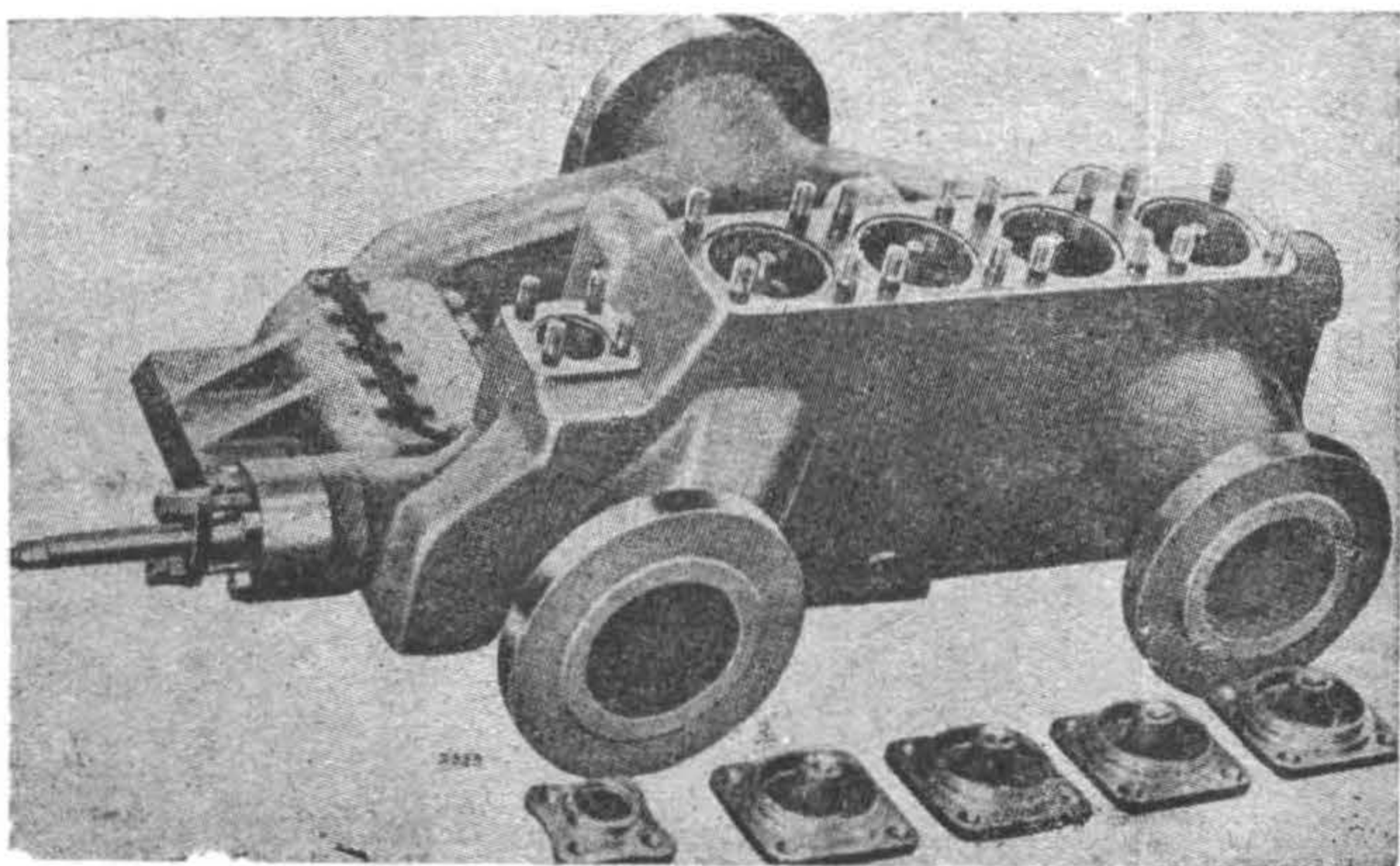
между которыми заводятся нижние концы стержней клапанов. Кулачки располагаются между двумя утолщениями стержней. Для возможности снятия, постановки и притирки клапанов над каждым клапаном имеется отъемная крышка, которая ставится на медном прокладном кольце. Крышки также дают направление верхним концам стержней клапанов. Эти концы имеют или поперечные выточки или квадраты для вращения клапанов при притирке. Над всеми крышками в стенке дымовой коробки сделан вырез, закрываемый съемной крышкой. Регуляторный вал от прогибания вследствие реакции со стороны клапанов удерживается ввертышами 7, ввинченными в днище камеры. Та часть утолщенного стержня клапана, которая располагается как раз над кулачком вала 4, делается у разных клапанов неодинаковой длины. Наибольшую длину вниз имеет утолщение малого клапана 2, следующую за ней длину выступа имеет соседний большой клапан 3, затем второй клапан 3, третий и т. д. Кулачки вала 4 сделаны одинаковыми для всех клапанов.

Действие многоклапанного регулятора заключается в следующем. При первоначальном повороте регуляторного вала 4 кулачек малого клапана 2, при подъеме вверх, нажимает сперва только на утолщение стержня этого клапана, так как оно книзу выдается больше, чем у всех последующих

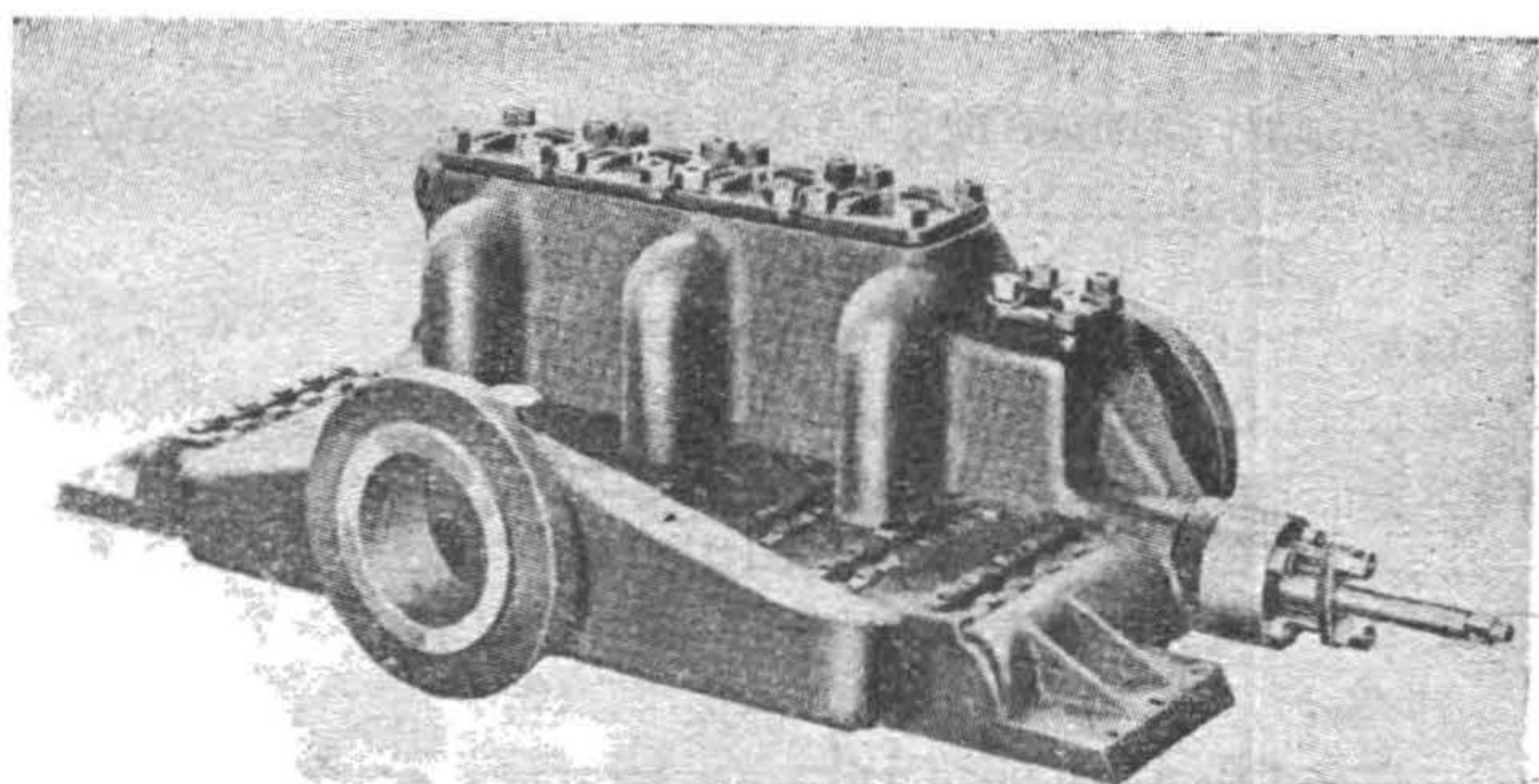


Фиг. 42. Отливка коллектора и головки регулятора, до обработки паровозов 1—4—2 ИС и 1—5—1 ФД.

практика рекомендует давать вначале открытие крайним клапанам, а потом средним.



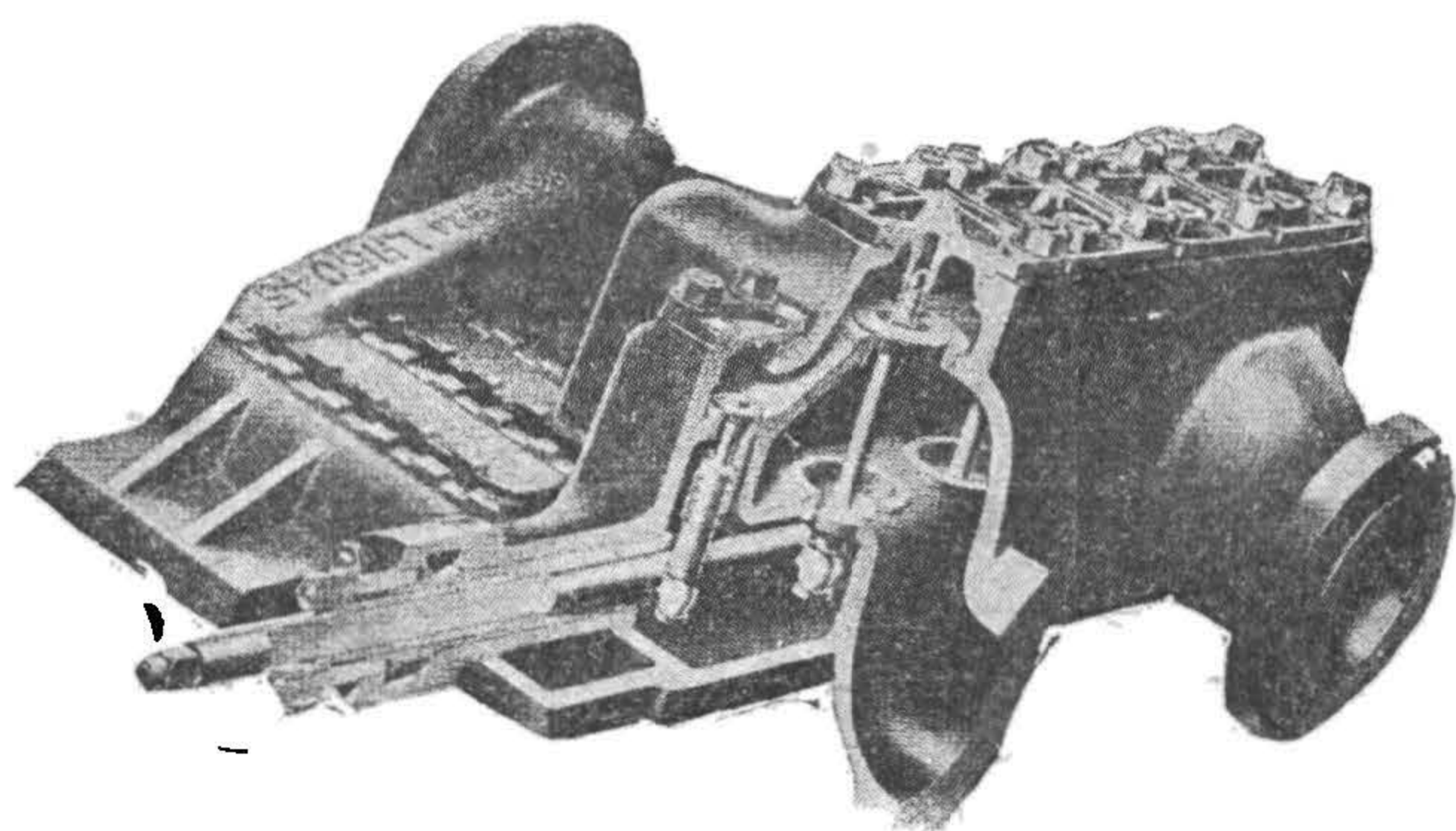
Фиг. 40. Наружный вид многоклапанного регулятора.



Фиг. 41. Тоже — вид сзади.

больших клапанов 3, которые при этом остаются закрытыми. Пар из верхнего отделения камеры А, через открытый клапан 2, попадает в нижнее (разгружающее) отделение В и образует давление снизу на все поршеньки больших клапанов 3, что приводит к их разгрузке. При дальнейшем повороте регуляторного вала 4 кулачки дают последовательный подъем клапанов 3, причем последовательность зависит от длины выступающих вниз утолщений стержней клапанов. Чем, следовательно, выступ выдается вниз дальше, тем раньше начнется подъем клапана. Американская

Открытие регулятора очень легкое. При длине рычага регуляторной рукоятки 610 мм и давлении в котле 16 кг/см², усилие на рукоятку для поднятия разгружающего клапана составляет 28 кг, а для открытия больших клапанов 14 кг. Это дает очень плавное трогание с места.



Фиг. 43. Головка многоклапанного регулятора в разрезе.

После закрытия регулятора, часть пара, оставшаяся в нижнем (разгружающем) отделении В камеры, постепенно выходит через неплотности поршеньков в среднюю камеру Б, а из нее наружу.

Для помещения сальника регуляторного вала в дымовой коробке сбоку вырезается отверстие, к краям которого с наружной стороны прикрепляется специальная коробка (фиг. 39), входящая внутрь дымовой коробки.

Для смазки сальника служит масленка (фиг. 47) в которую смазка вводится помощью специального насоса, изображенного на фиг. 52. Смазка предварительно вводится в насос через боковую пробку и после выдавливается винтом через небольшой клапанок, помещенный внизу насоса. Для введения смазки в масленку, из нее вывинчивается пробка и в ее отверстие ввинчивается конец насоса. Насос должен давать давление до 10 кг/см².

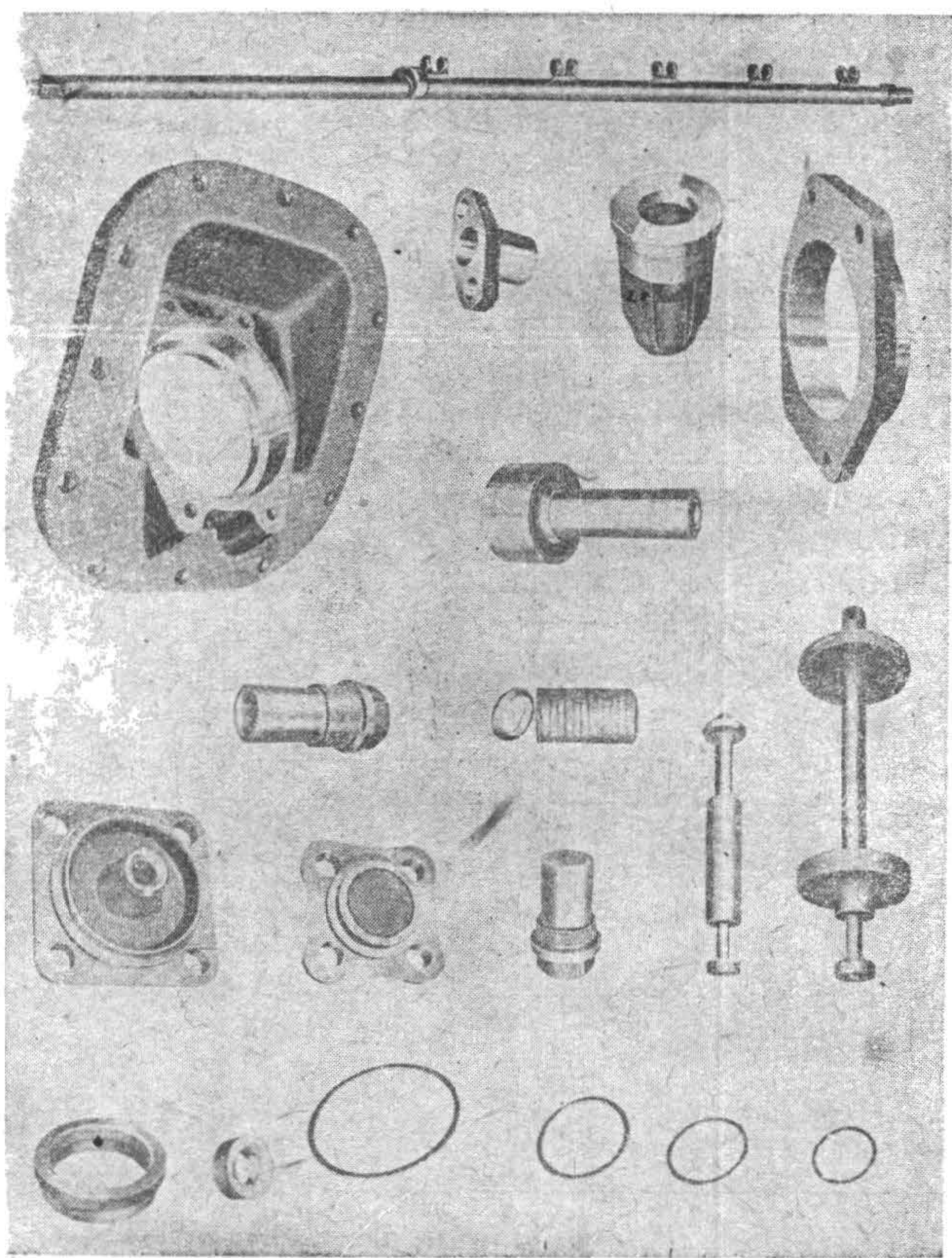
Для отвода конденсационной воды из разгружающей камеры В служит небольшое отверстие, к которому присоединена трубка, идущая к продувочным кранам цилиндров.

Правильное действие регулятора требует, чтобы при крайнем положении регуляторной рукоятки в будке машиниста (при закрытом положении) малый (разгружающий) клапан был также закрыт. В случае пропуска, неправильного впуска пара или тяжелого открытия и пр., следует перед осмотром клапанов сперва тщательно исследовать привод, регуляторный вал и его сальник.

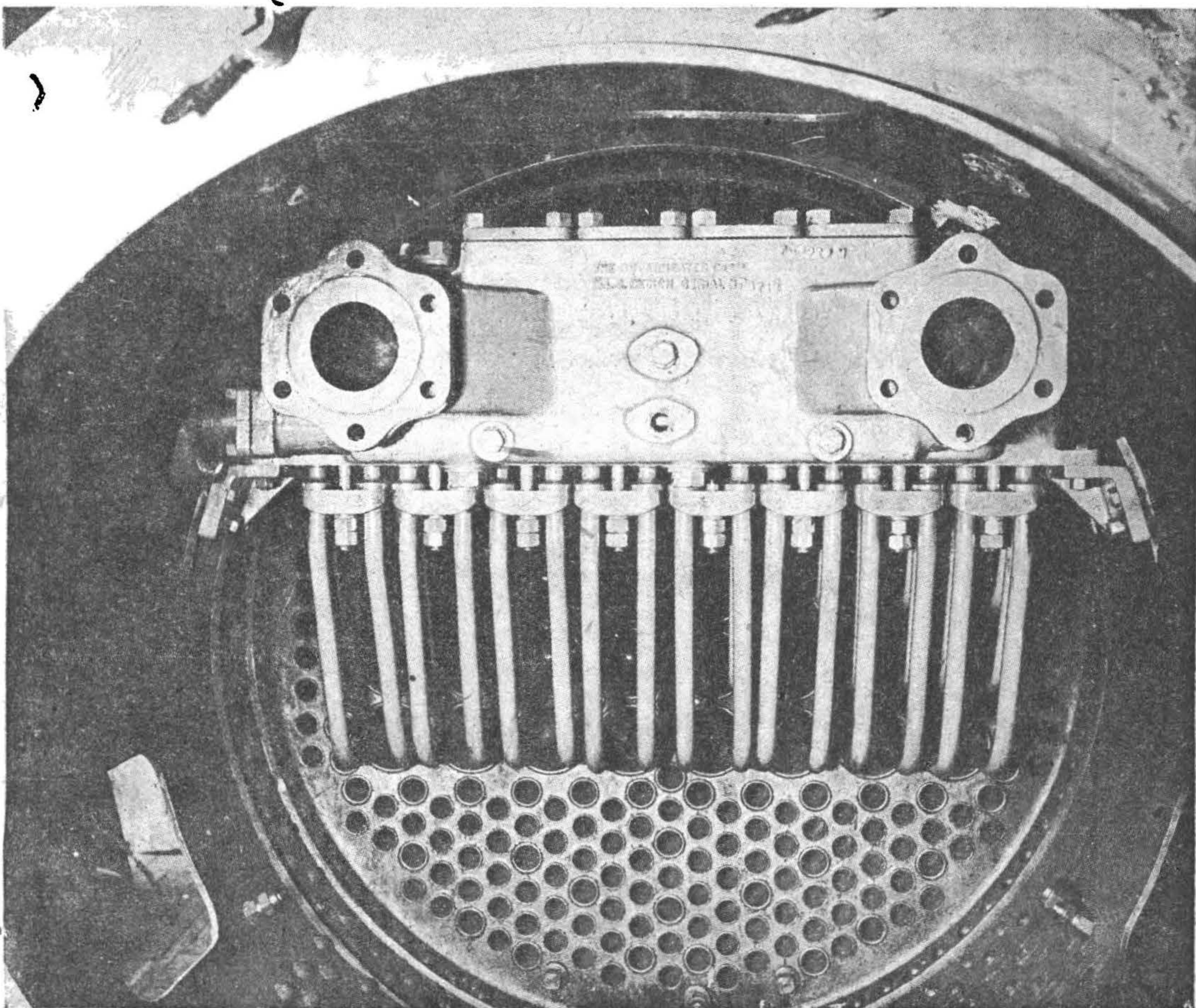
При необходимости притирки клапанов или других исправлений, нужно снять верхнюю крышку с дымовой коробки и разъединить регуляторный вал и привод, затем снять крышки клапанов и, поворачивая регуляторный вал, приподнять клапаны и затем вынуть их.

Перед постановкой клапанов на место следует как клапаны, так и их разгружающие поршни тщательно очистить от накипи.

При установке клапанов нужно следить за тем, чтобы они приходились по отношению к регуляторному валу в том же положении, которое они занимали



Фиг. 44. Детали многоклапанного регулятора.

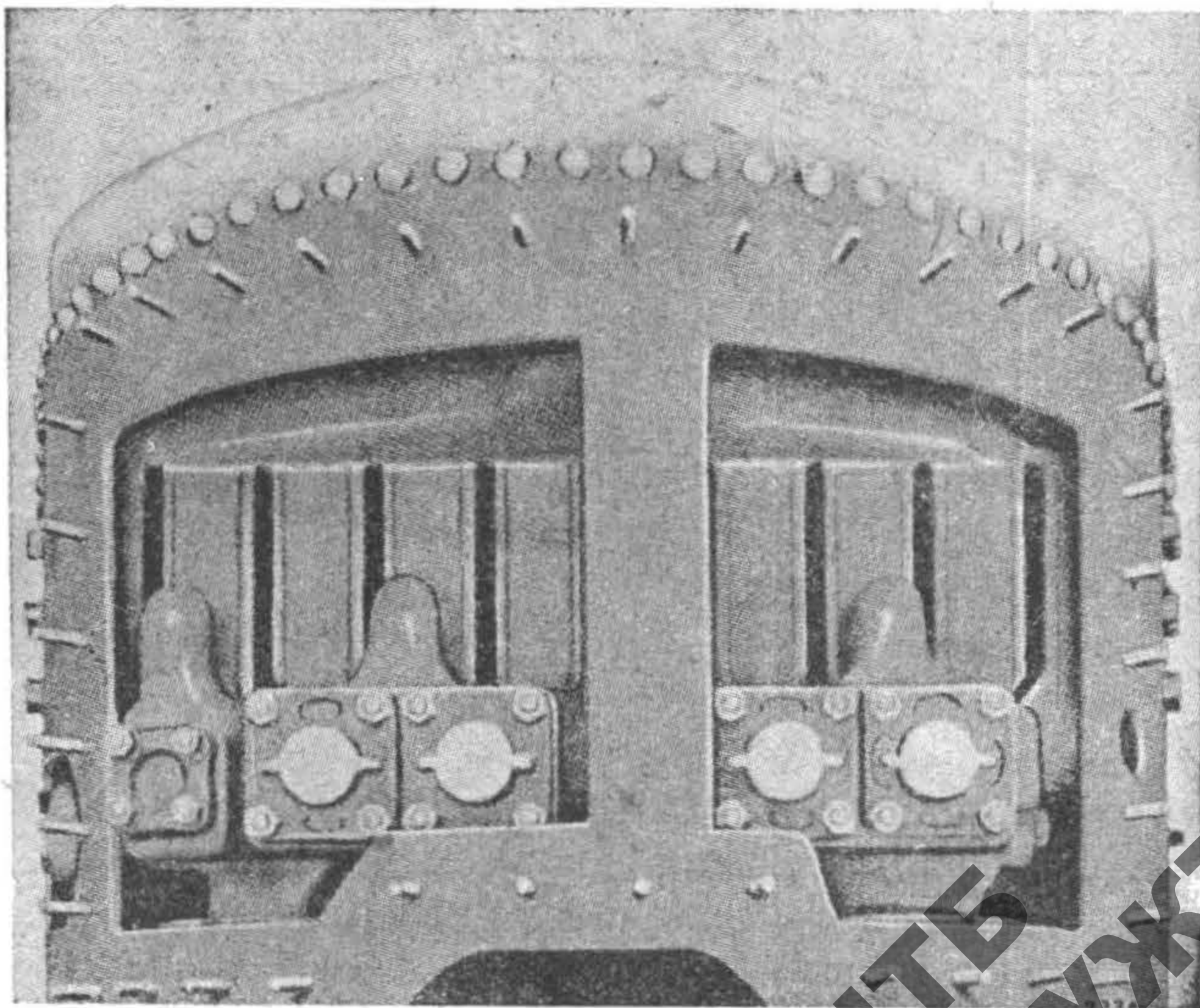


Фиг. 45. Расположение многоклапанного регулятора в дымовой коробке.

до их снятия. Сначала следует поставить малый клапан, затем слегка поворачивать регуляторный вал в направлении закрытия клапанов так, чтобы кулачки захватили уширения на нижних концах стержней клапанов.

Перед постановкой крышек на клапаны следует вращением регуляторного вала испытать правильность его работы, при которой все клапаны должны последовательно открываться и закрываться. Особенное внимание должно быть обращено на тщательность постановки прскладок под крышки — только после этого можно крепить крышки.

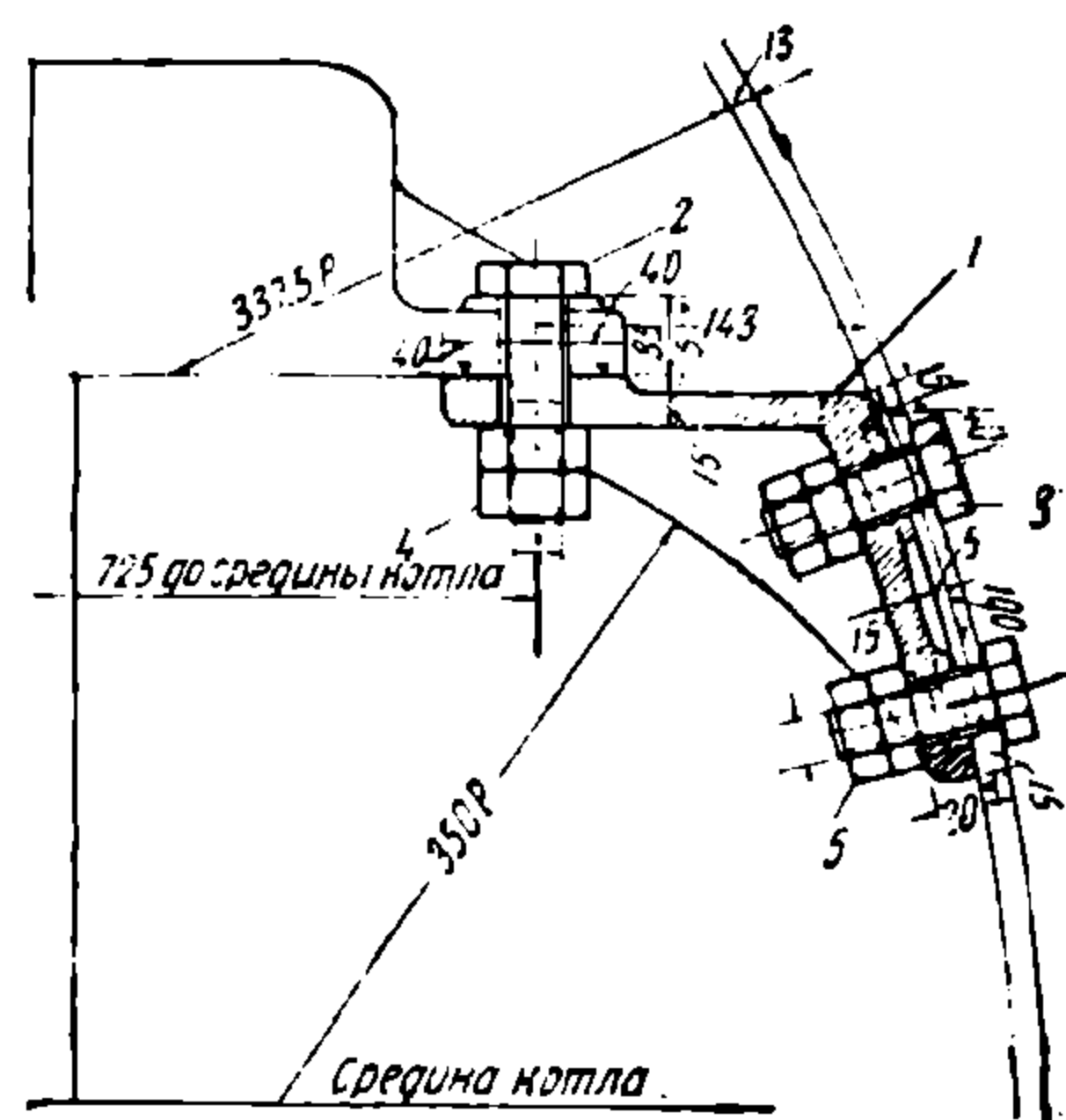
Если необходимо снять регуляторный вал, его отъединяют от привода и поворачивают так, чтобы кулачки вышли из соприкосновения с концами стержней клапанов, затем отнимают крышку сальника и вынимают лабиринтовую втулку вала, после чего вал выводится наружу.



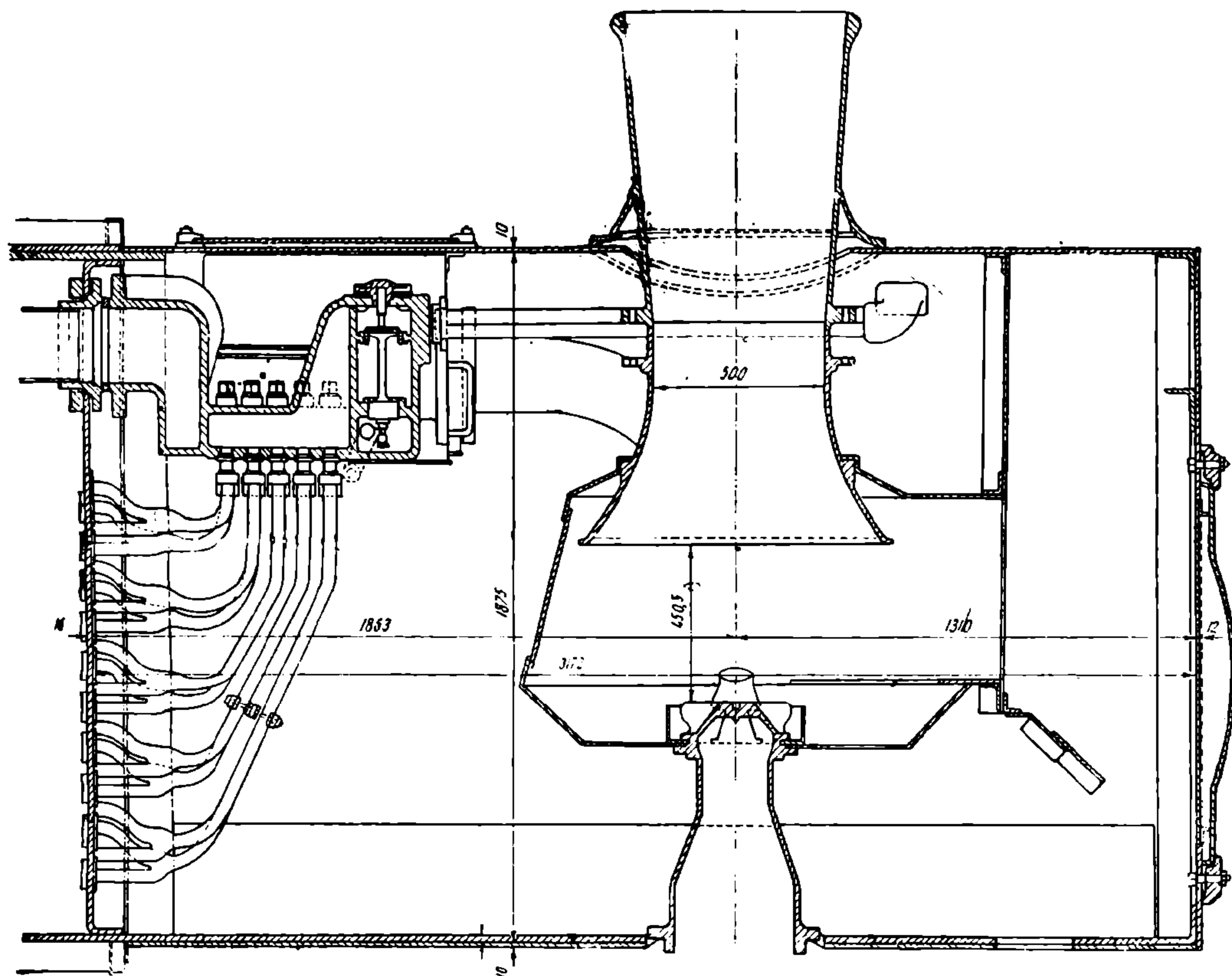
Фиг. 46. Расположение многоклапанного регулятора в дымовой коробке. Вид сверху.

На фиг. 44 представлены отдельные детали многоклапанного регулятора. На фиг. 51 и 47 даны чертежи камеры пароперегревателя и головки регулятора и отдельные детали многоклапанного регулятора паровозов 1—4—2 ИС и 1—5—1 ФД.

Малый клапан 2 имеет сверху диаметр 50 мм, отверстие же в седле этого клапана диаметром 40 мм. Полный подъем клапана—50 мм. Большие клапаны 3 состоят из двух частей: верхней, образующей сам клапан с поршеньком, и нижней, ввинченной снизу в верхнюю часть клапана. Верхние части для всех клапанов совершенно одинаковые, нижние же (хвостовики) отличаются высотой утолщенного стержня. От самовывинчивания хвостовики предохранены стержнями, продетыми сквозь поршеньки клапанов и расклепанными по концам. Утолщенная часть стержня хвостовика первого из клапанов 3 А подобрана снизу против утолщения хвостовика клапана 2 на 10 мм. Следовательно, клапан 3А начинает открываться тогда, когда малый клапан 2 приподнят на 10 мм. Утолщения хвостовиков следующих клапанов, т. е. 3В, 3С, 3Д, подобраны снизу последовательно друг за другом по 5 мм. Таким образом, открытие клапанов идет в такой последовательности: когда первый из клапанов 3А поднимется на высоту 5 мм, начинает подниматься следующий за ним 3В.



Фиг. 48. Угольник для укрепления коллектора паровозов 1—4—2 ИС и 1—5—1 ФД.

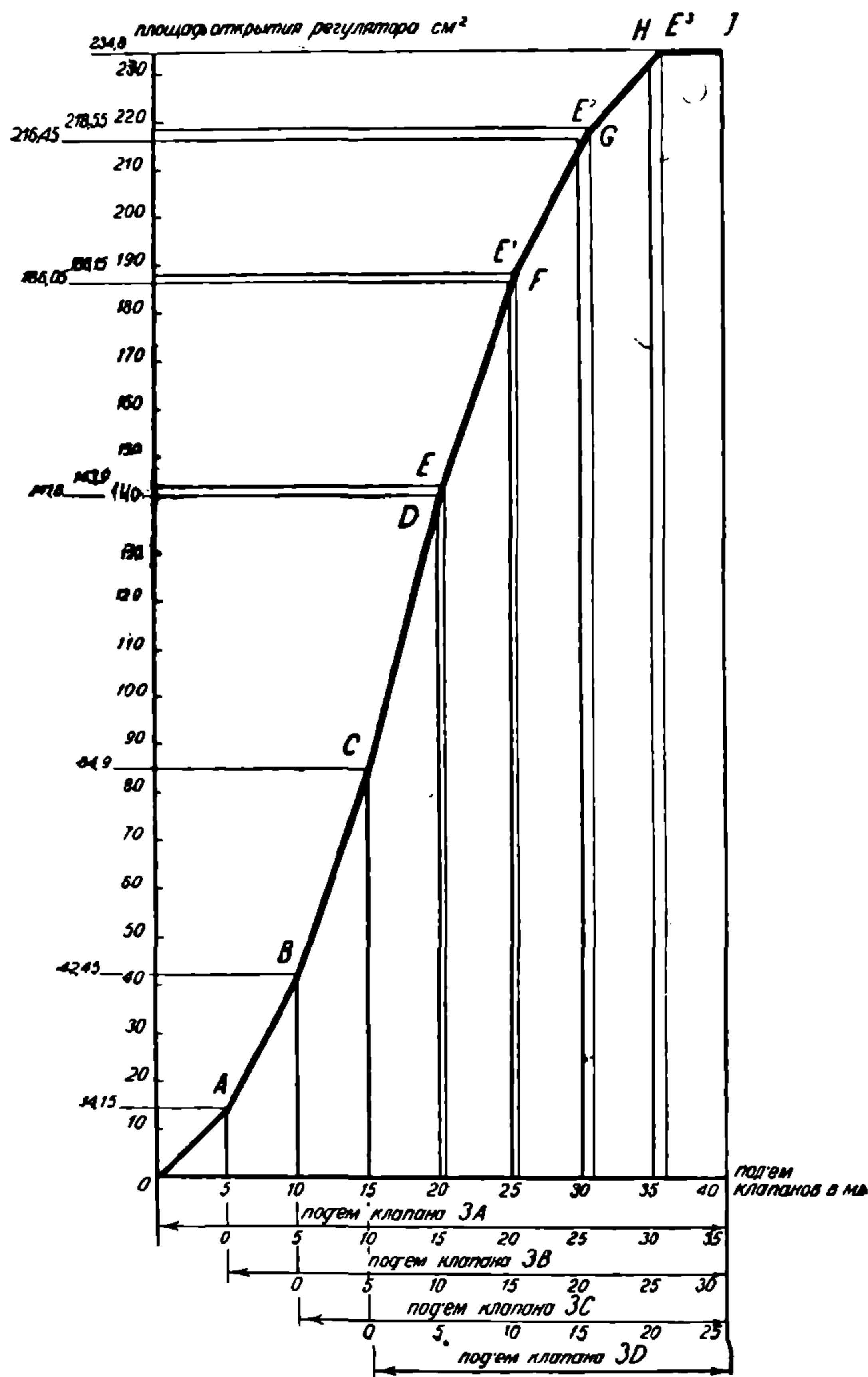


Фиг. 49. Расположение многоклапанного регулятора в дымовой коробке паровоза 1—4—2 ИС.

Когда 3В достигнет подъема также 5 мм, начинает открываться 3С и т. д., т. е. с интервалом в 5 мм. Когда регулятор открыт полностью, то клапан 2 приподнят на 50 мм, 3А на 40 мм, 3В на 35 мм, 3С на 30 мм и 3Д на 25 мм.

Диаметр клапанов 3—102 мм. Отверстие в седлах клапанов—90 мм. Полная площадь открытия регулятора—234,8 см² (малый клапан 2 в счет не идет). Диаметр поршеньков клапанов 3—89 мм; отверстия для них—90 мм, так что они входят с зазором в 1 мм.

Диаграмма открытия регулятора представлена на фиг. 50. По горизонтальной оси отложены высоты подъема клапанов 3А, 3В, 3С и 3D. По вертикальной оси нанесены площади открытия регулятора.



Фиг. 50. Диаграмма открытия регулятора паровозов 1—4—2 ИС и 1—5—1 ФД.

пара, будет бесполезен. Такие же точки перегиба для других клапанов будут соответственно в точках E^1 , E^2 , E^3 .

Инструкция по проверке многоклапанного регулятора

Согласно стандарта ОСТ 1453, камера пароперегревателя, по окончании обработки, испытывается гидравлическим давлением на 30 ат, с сообщением обеих полостей камеры, т. е. насыщенного и перегретого пара и регуляторной головки. Кроме того, отдельно испытываются отделения насыщенного и перегретого пара и регуляторная головка с собранными клапанами, сальником, пробками и крышками на давление в 15 ат, с целью осмотра и установления мест неточной сборки и притирки. Продолжительность обеих

кальной оси нанесены площади открытия регулятора. Отрезок ОА дает увеличение площади открытия вследствие подъема первого клапана 3А до высоты 5 мм, после чего начинает открываться второй клапан 3В. Отрезок АВ дает увеличение площади открытия при подъеме клапанов 3А и 3В. В точке В начинает давать открытие третий клапан 3С и т. д. Точка Е является перегибом ломаной линии $ABCDEFGH$, происходящим вследствие того, что при подъеме клапана 3А на высоту 21 мм, он дает наибольшую площадь открытия, равную 58,7 см². Дальнейший подъем этого клапана уже не дает увеличения площади открытия, так как при подъеме клапана на 21 мм площадь прохода пара между седлом и клапаном по боковой цилиндрической поверхности, равная $3,14 \cdot 9 \cdot 2,1 = 58,7 \text{ см}^2$

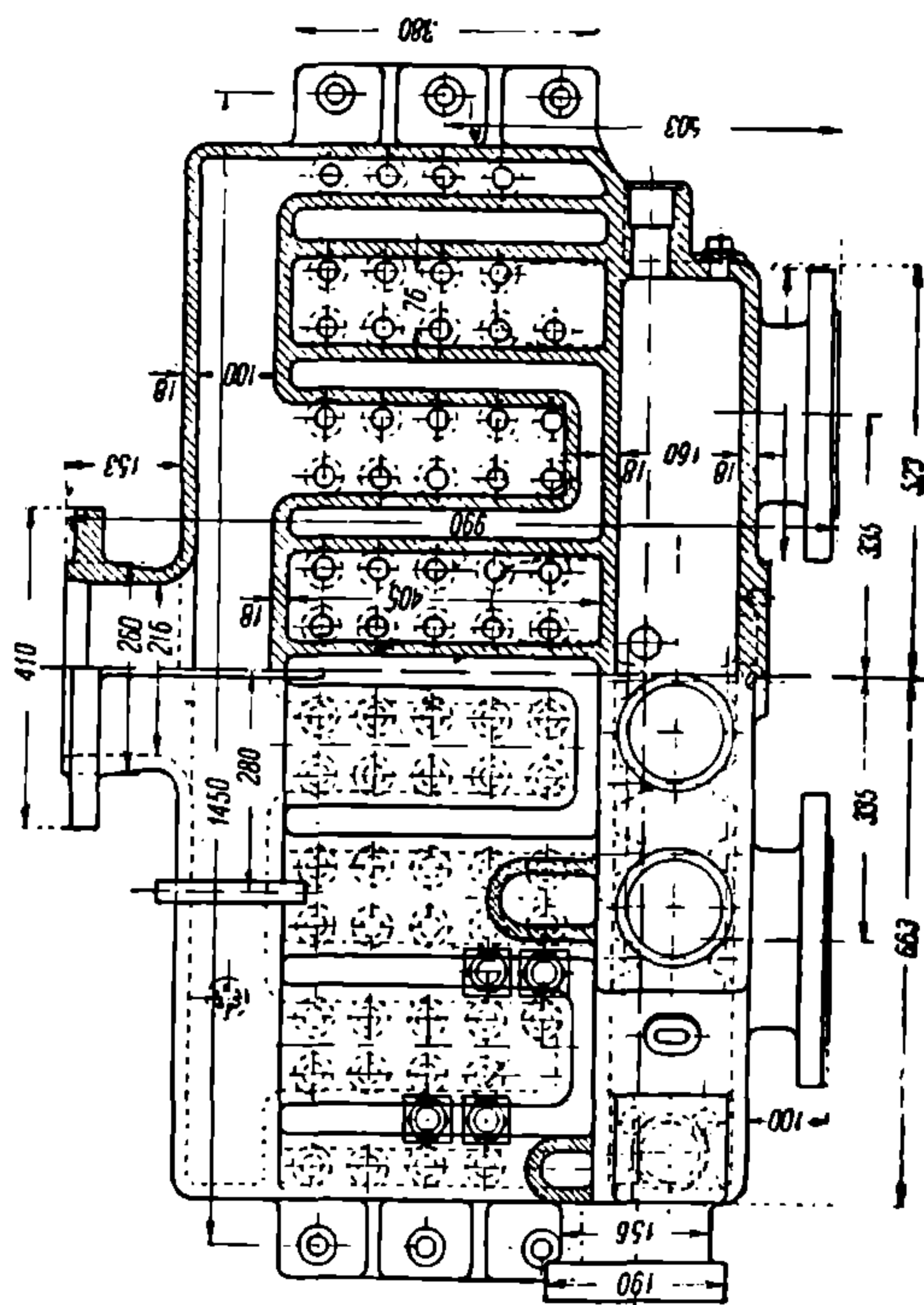
(9 — диаметр отверстия в седле клапана), будет одинакова с кольцевой площадью, образованной отверстием в седле, за вычетом площади сечения стержня клапана, диаметр которого равен 25 мм. Эта площадь равна

$$\frac{3,14 \cdot 9^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 2,5^2}{4} = 58,7 \text{ см}^2,$$

а потому дальнейший подъем клапана, в отношении увеличения площади для прохода

упорами и концами лабиринтовой втулки сальника должны быть 0,5 мм. При обработке вала нужно строго соблюдать расстояния между осями кулачков и следить за их профилем и размерами. Следует также тщательно проверить расстояния между вертикальными осями верхних крышек и гнезд клапанов, а также отверстий, направляющих поршеньки.

1) проверить все размеры коробки, указанные на фиг. 38. Все размеры должны быть соблюдены точно;



Фиг. 51. Коллектор и головка многоклапанного регулятора паровозов 1—4—2 ИС и 1—5—1 ФД.

-
- Фиг. 52. Насос для введения смазки в сальник.

**Фиг. 52. Насос
для введения
смазки в саль-
ник.**

б) проверить центральное положение кулачков вала по отношению к вертикальной оси клапанов и отрегулировать $\frac{1}{2}$ мм зазор у задней опоры, для чего завернуть втулку 6 до отказа, продвинуть вал до упора во втулку и сделать отметку на валу по плоскости сальника 6. Сдвинуть вал назад на $\frac{1}{2}$ мм, после чего проверить калибром сдвиг и центральное положение кулачков, для чего установить вал, как указано на фиг. 53. При этом калибр должен пройти во все прозоры между кулачками. Навязку отрегулировать за счет подреза опорной втулки 6.

Установить $1\frac{1}{2}$ мм зазор у задней втулки и центральное положение кулачков,отрегу-

лизовать $1/2$ мм зазорами с каждой стороны у передней опоры;

- 7) насадить на вал рычаг;
- 8) вставить клапаны, не нарушая установку вала по пункту 6;
- 9) повернуть вал так, чтобы хвостовики клапанов заскочили за кулачки вала и были зажаты ими за нижние уширения хвостовиков; при этом угол, составленный рычагом с вертикалью, должен равняться $34^{\circ}20''$;
- 10) проверить одновременное нажатие кулачков вала на хвостовики клапанов, для чего испробовать все клапаны путем поднятия их кверху. Подъема клапанов при этом быть не должно;
- 11) поставить все крышки, которые должны свободно одеваться на хвостовики клапанов и свободно садиться на посадочное место;
- 12) снять крышки;
- 13) повернуть рычаг на угол $31^{\circ}20''$ и проверить подъем клапанов. Подъем их должен быть равен:

клапана 2 .	. 50 мм	клапана 3C	. 30 мм
„ 3A .	. 40 „	„ 3D	. 25 „
„ 3B .	. 35 „		

При этом проверить также последовательность открытия клапанов.

При подъеме клапана 2	на 10 мм	должен начать открываться клапан 3А
"	" 3А	" 5 " 3В
"	" 3В	" 5 " 3С
"	" 3С	" 5 " 3D

14) путем промеров и подсчетов проверить для всех клапанов (кроме клапана 2) при подъеме их, равном 40 мм, недоход хвостовика клапана до крышки $h=2,5$ мм (фиг. 53), а также величину f , на которую нижний обрез направляющего поршенька клапана не доходит до верхнего обреза направляющего отверстия стенки головки регулятора.

Величина f должна равняться 10,5 мм. Все промеры и подсчеты свести в прилагаемую табл. I-а; все размеры, указанные в ней, должны быть выдержаны (по фиг. 38 и 53);

15) разность между f и h не должна быть меньше 8 мм.

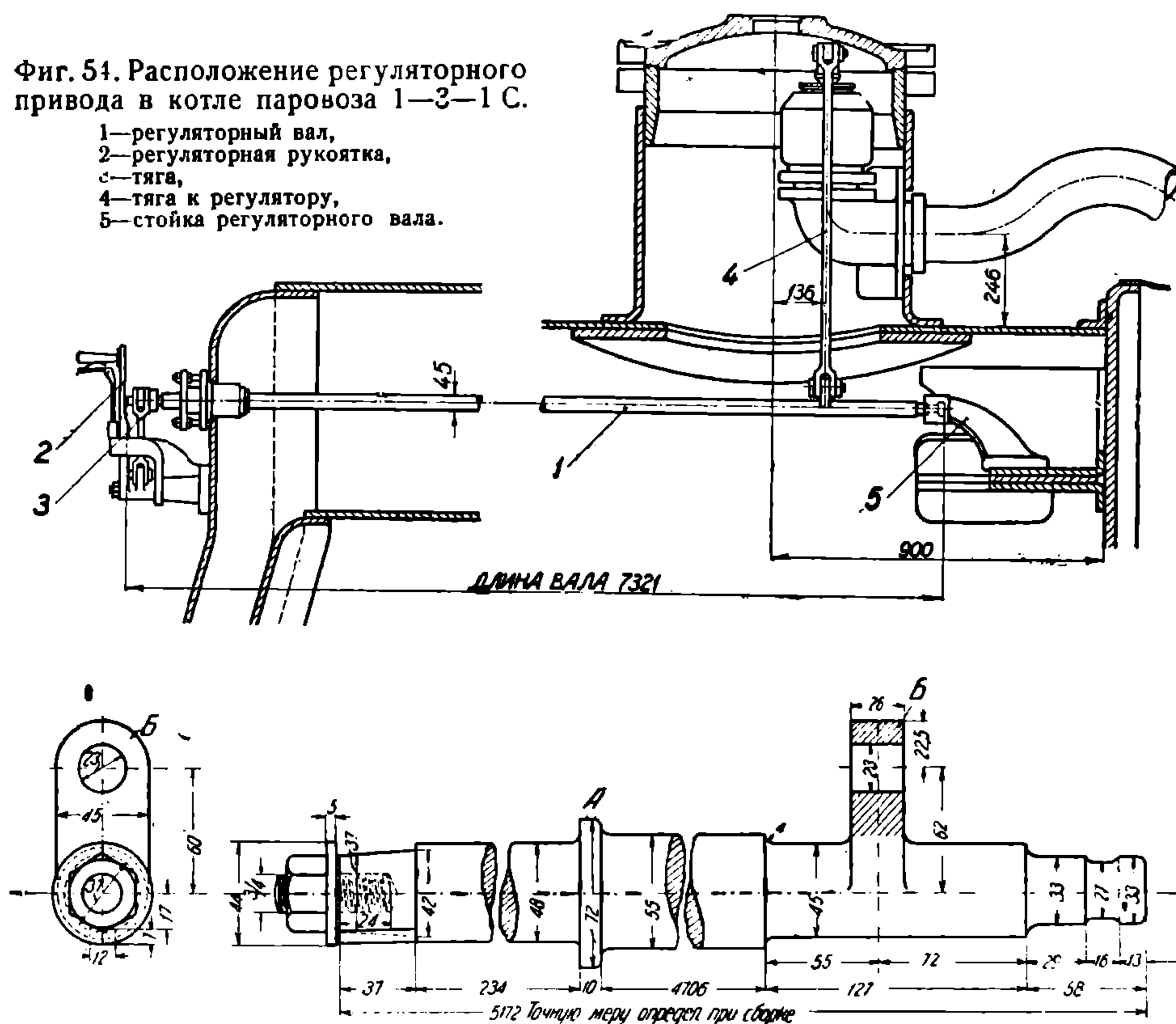
Таблица I-а

Клапаны	a	b	c	$g=b-c$	e	k	p	h	l	f	$f-h$
3A, 3B, 3C, 3D	373	295	104	191	12,5	64	34	2,5	333	10,5	8

Промер размеров a, b, c, g, l производить до постановки клапанов

Фиг. 54. Расположение регуляторного привода в котле паровоза 1—2—1 С.

- 1—регуляторный вал,
- 2—регуляторная рукоятка,
- 3—тяга,
- 4—тяга к регулятору,
- 5—стойка регуляторного вала.



Фиг. 55. Регуляторный вал паровоза 0—4—0 ОВ.

Механизм привода регуляторов

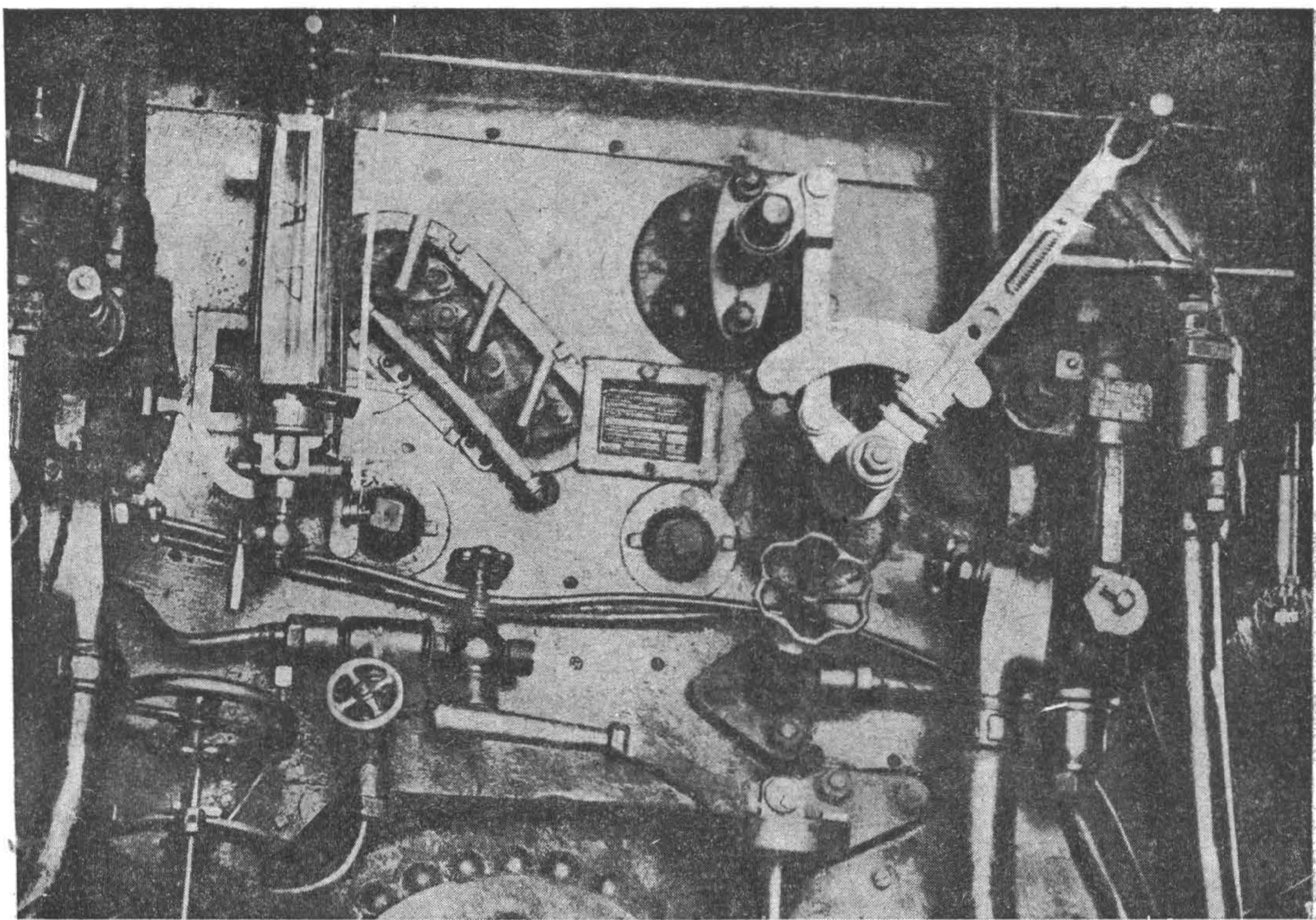
Привод к регулятору, расположенному внутри котла, имеет следующее устройство: вдоль всего котла внутри проходит регуляторный вал 1 (фиг. 54 и 55), выходящий наружу задним концом через сальник в лобовом листе. На этом конце вала сделан квадрат, на который одевается рукоятка 2, либо непосредственно, либо одевается привод от рукоятки, расположение которого выбирается так, чтобы управление регулятором было наиболее удобным и требовало затраты наименьшей силы. Рукоятка поворачивается на угол, определяемый сектором, на концах которого поставлены буквы „О“ и „З“, что означает—открыт и закрыт. Регуляторная рукоятка и весь привод должны

быть так сконструированы, чтобы при открытии регулятора рукоятка толкалась от себя, а при закрытии на себя. На конце сектора, соответствующем закрытому положению регулятора, и на самой рукоятке сделано особое приспособление, позволяющее запира́ть регулятор в закрытом положении во время стоянок паровоза под парами.

Это приспособление представляет отверстие, в которое заводится ушко замка, замыкаемого на ключ. Иногда изготовляют специальные ключи.

От регуляторного вала кверху идет тяга 3 к самому регулятору (фиг. 54).

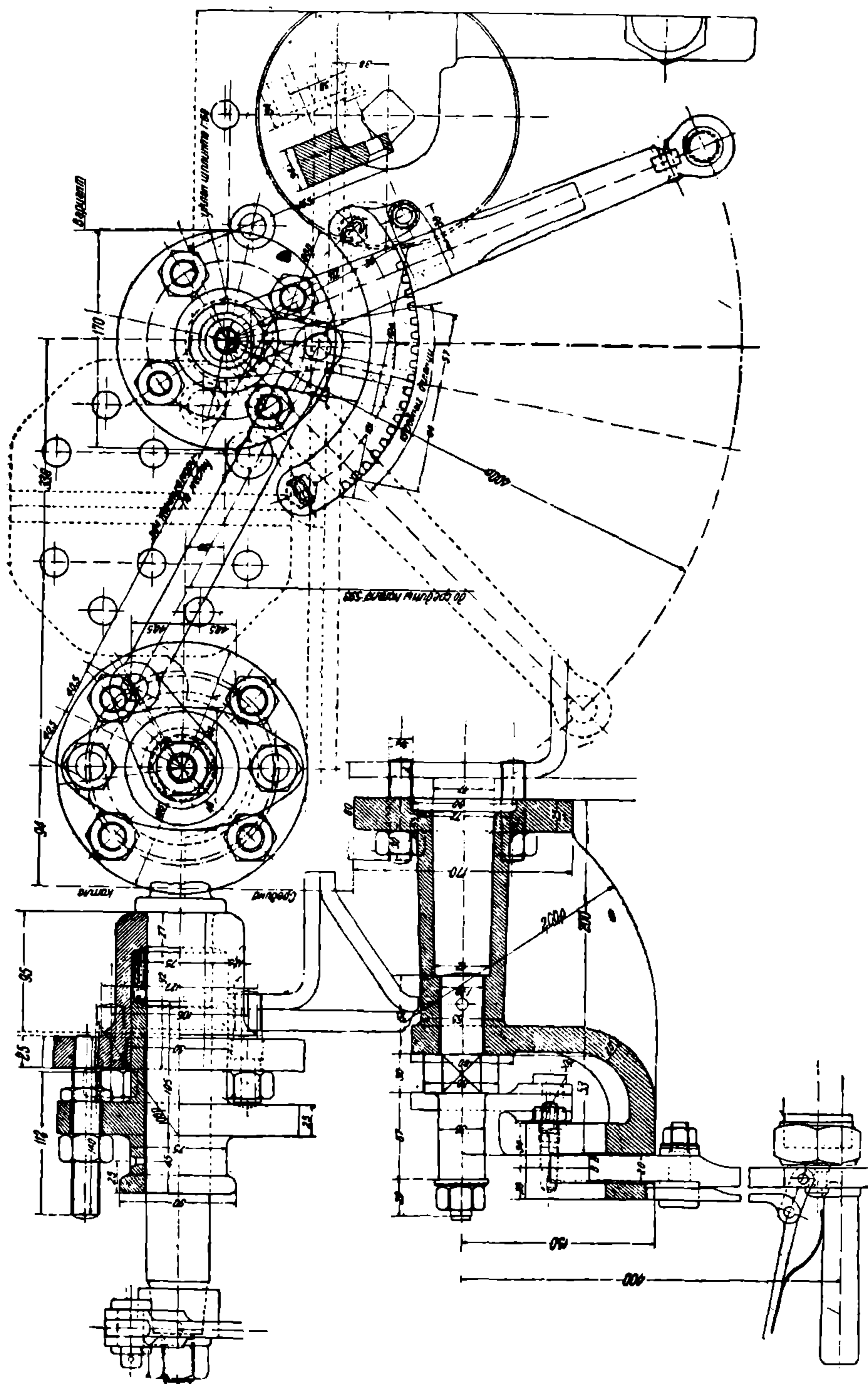
При постановке клапанов-регуляторов Цара на первые пять паровозов 1—3—1 С, построенных в 1910 г. Сормовским заводом, предполагалось, что клапаны в приподнятом положении вполне будут удерживаться на весу силой трения в сальнике регуляторного вала и в шарнирах, а потому особого при-



Фиг. 58. Регуляторная рукоятка паровоза 2—3—1 Л.

способления для удержания клапанов в определенном положении сделано не было. На практике, однако, были случаи самопроизвольного закрытия регулятора. Это заставило сектор регуляторной рукоятки для клапанного регулятора снабжать зубцами (фиг. 57), за которые зацепляется зубчатая вилка 3, подаваемая вдоль регуляторной рукоятки от скобы 4 с пружиной 5. На паровозах 1—3—1 С, С^у, 0—5—0, Э^у и др. эта скоба расположена под рукояткой и при взятии рукой поднимается вверх от нажатия большим пальцем; от этого вилка 3 приподнимается и рукоятка, освобождаясь от сцепления с сектором, может быть повернута на требуемый угол. При опускании рукоятки рукой, плоская пружинка 15 тянет вилку вниз и производит сцепление ее зубцов с зубцами сектора. При этом регуляторный вал закрепляется и регулятор не может самозапира́ться или изменить своего положения. На паровозах 2—3—1 Л зубцы на секторе сделаны не по верхней дуге, а по нижней (фиг. 58). Вилки и привод к ней сконструированы так, что скоба расположена над рукояткой и при взятии рукой пригибается вниз четырьмя пальцами руки с правой стороны. На секторе привода клапанного регулятора поставлены деления $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, указывающие по положению рукоятки степень открытия регулятора.

При плоских регуляторах таких делений обыкновенно не наносят, так как положение рукоятки может и не соответствовать действительному открытию регулятора (см. фиг. 21).

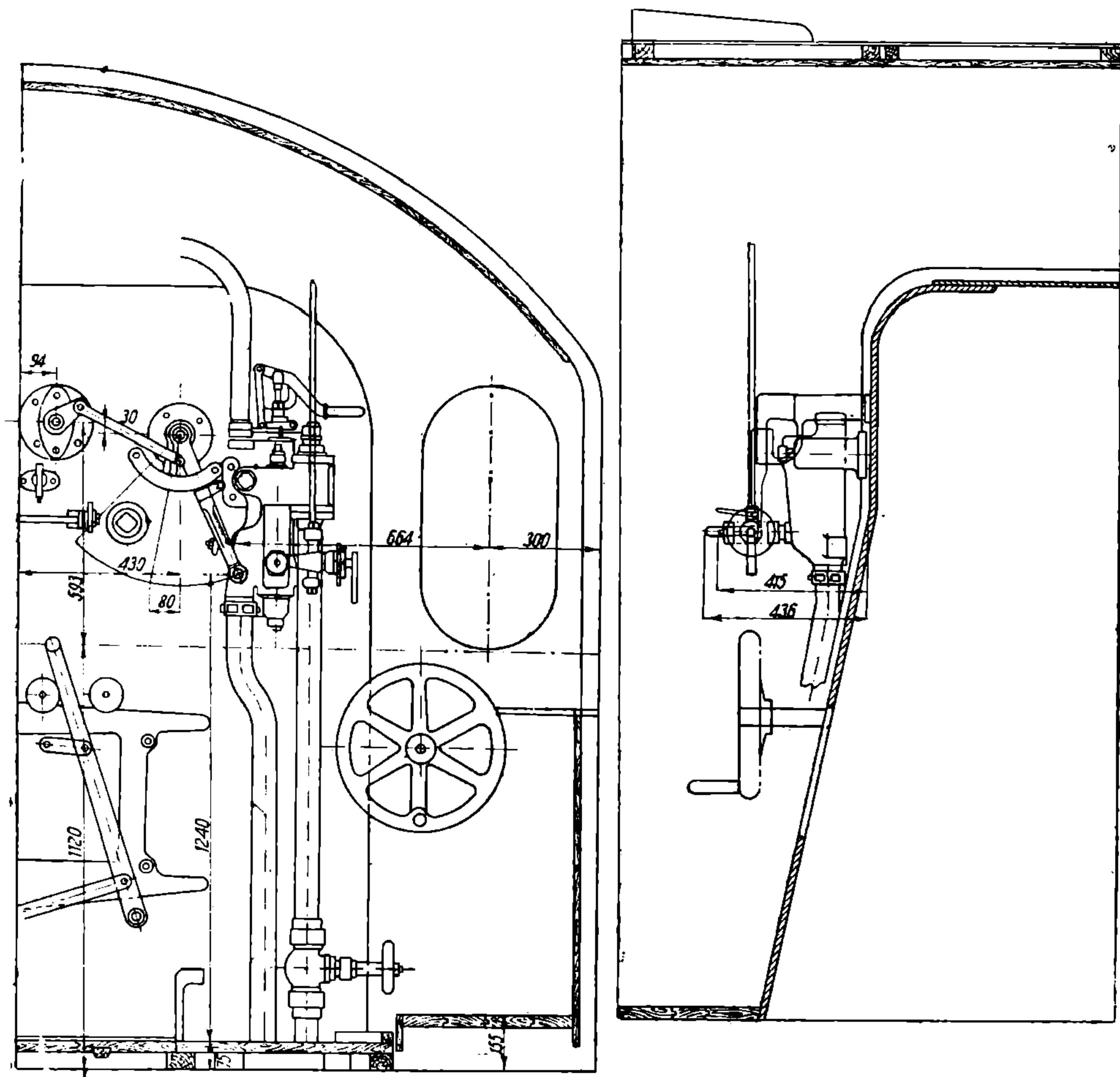


Фиг. 59. Регуляторная рукоятка паровоза 1—3—1 СУ,

На паровозах 1—3—1 СУ выпуска 1928 г. и последующих, для удобства управления, рукоятка обращается вниз (фиг. 59 и 60), благодаря чему машинист может достать до нее совершенно свободно. При такой постановке регуляторной рукоятки встретилось, однако, неудобство в доступе к ручке вследствие наличия штуцера пожарного рукава на правом инжекторе (фиг. 46).

Поэтому на всех паровозах штуцер пожарного рукава, на котором поставлен также трехпроходной кран для поливки топлива и золы, должен быть установлен только на левом инжекторе. В соответствии с этим должны быть расположены и трубки, идущие от трехпроходного крана.

Втулки сальника 4 (фиг. 57) и 6 (фиг. 56) должны быть снабжены отверстием для смазки. Регуляторный вал имеет буртик А, в который упирается втулка сальника при ее постановке и притягивании гайками на шпильках, ввернутых



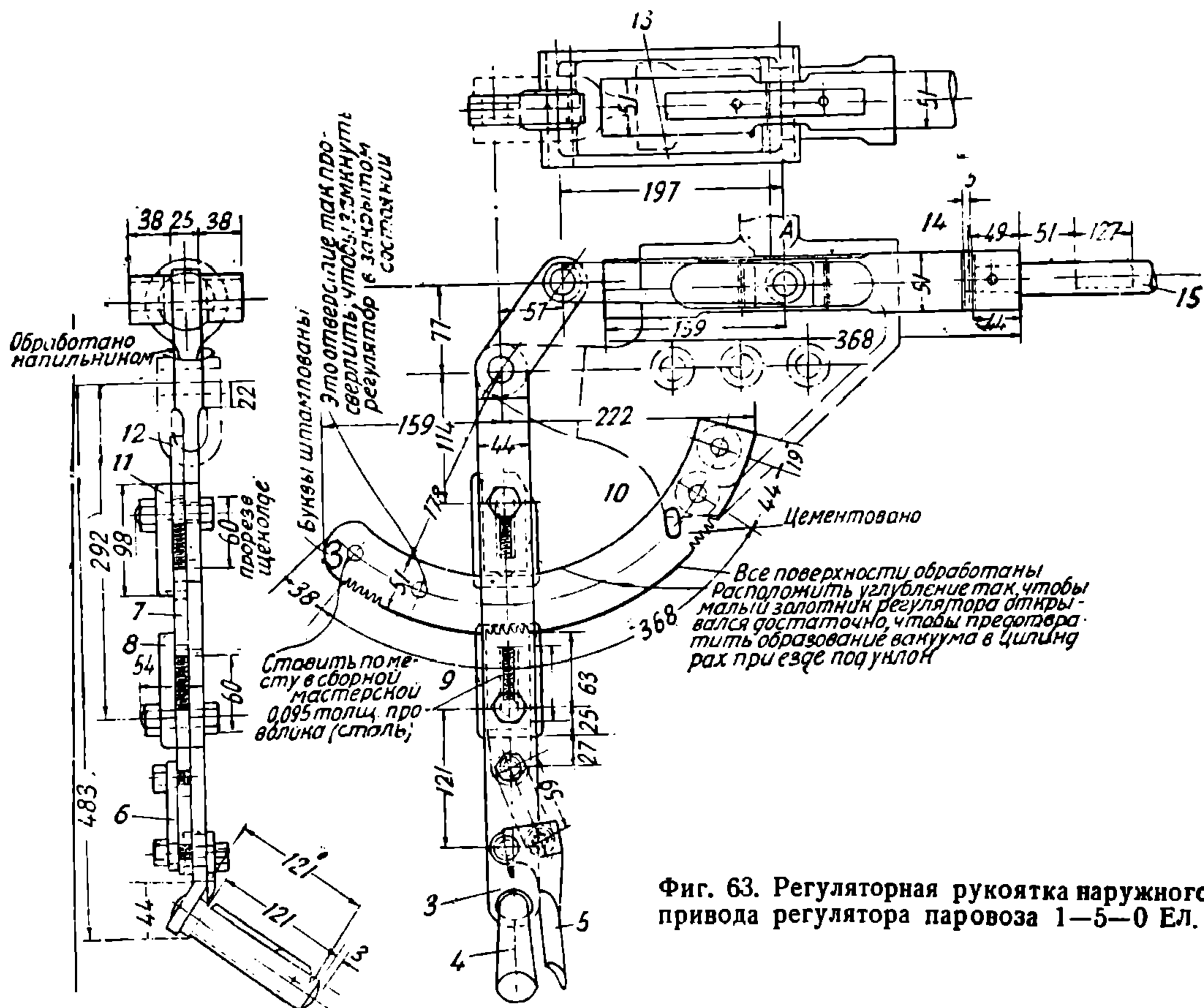
Фиг. 60. Расположение регуляторной рукоятки на паровозе 1—3—1 СУ

в лобовом листе. Между буртиком А и втулкой сальника 6 (фиг. 57) иногда вставляется грундбукса, прикрепляемая шурупом в втулке. Вдоль котла регуляторный вал схвачен одной или двумя поддержками, препятствующими его провисанию и дрожанию во время хода. На переднем конце вал имеет плечо Б (фиг. 55), откованное заодно с валом, с которым помощью валика соединяется регуляторная тяга, присоединенная валиком непосредственно к регуляторным золотникам или клапанам. У валика, соединяющего плечо регуляторного вала Б с тягой, должна быть поставлена не шпилька, а разводная медная чека и шайба. Обычно ставят железный шплинт, но он ржавеет, выпадает или ломается, что приводит к разъединению привода. Передний конец вала укрепляется либо в специальной стойке, поставленной на контрфорс передней решетки (фиг. 61) или прикрепленной к передней части барабана цилиндрической части котла под паровым колпаком, либо в специальном гнезде, сделанном в колене регуляторной трубы (фиг. 17). На укрепленный конец вала одевается бронзовая втулка, которая входит в гнездо стойки или колена регуляторной трубы. От выпадения из гнезда втулка удерживается шплинтом.

Собранный механизм регуляторного привода паровозов 1—4—2 ИС и 1—5—1 ФД подвергается следующей проверке.

1) Рукоятка регулятора ставится в закрытое положение и свертные муфты привода регулируются так, чтобы кулачки вала внутри регуляторной коробки нажали на нижнюю часть хвостовиков клапанов. Для этого, отняв любую крышку клапанов (фиг. 38), следует потянуть за верхний хвостовик клапана вверх. Подъема клапана при этом быть не должно, а он должен быть прижат к седлу.

2) При положении рукоятки на середине сектора, положение компенсаторного рычага должно быть вертикальным. При каждом крайнем положении рукоятки, т. е. открытом или закрытом, отклонение компенсаторного рычага должно быть симметричным.



Фиг. 63. Регуляторная рукоятка наружного привода регулятора паровоза 1—5—0 Ел.

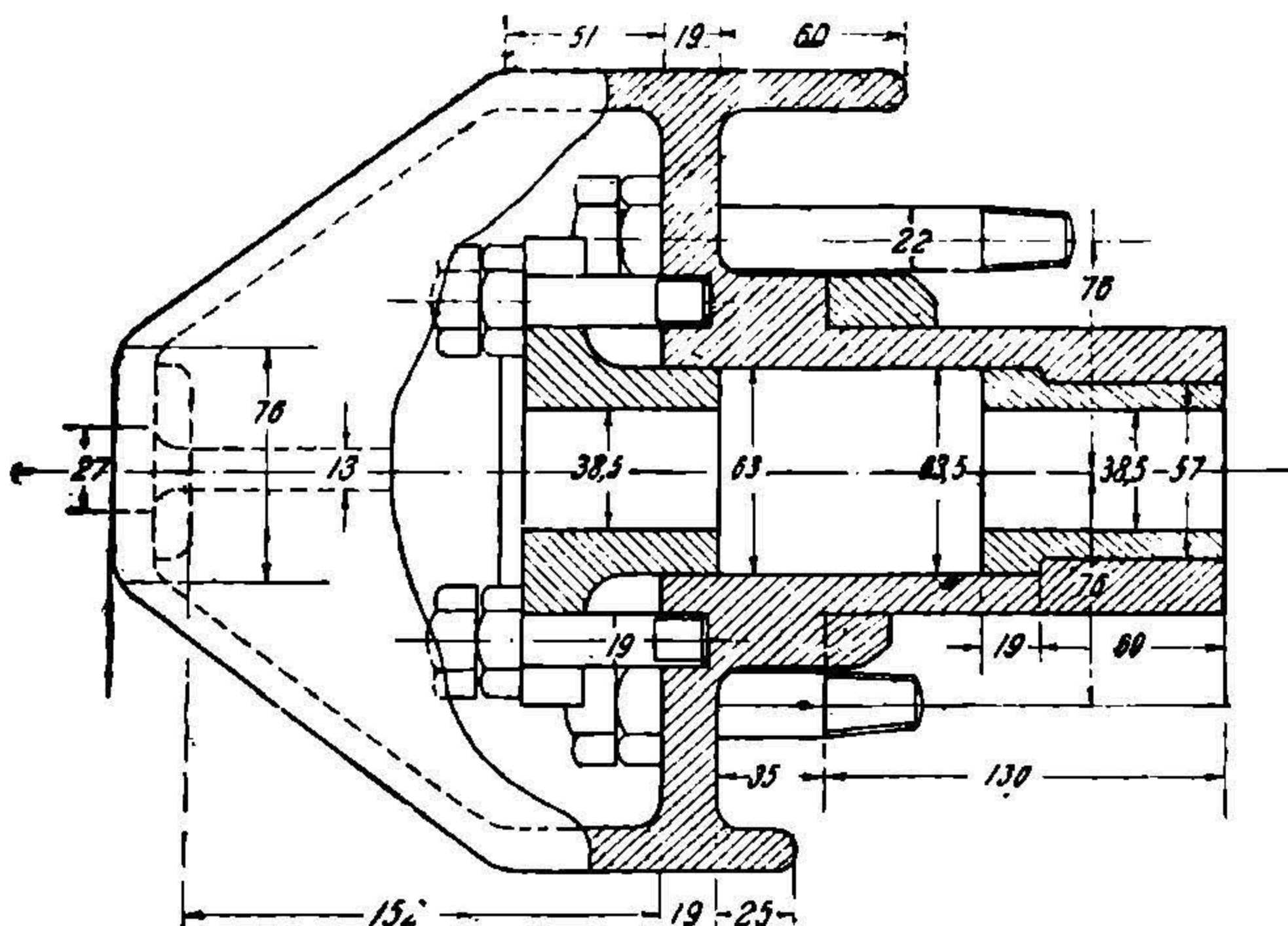
3) При крайних положениях рукоятки тяга, расположенная позади компенсаторного рычага, должна плотно лежать на направляющей (не должно быть зазора). При среднем положении рукоятки то же должно относиться к передней тяге.

На паровозах 1—5—0 Е^Ф и Е^К, имеющих привод с внутренним регуляторным валом, были впоследствии установлены подвески для вала внутри котла, что устранило наблюдаемое до этого времени привисание вала и перекос его в сальники, а также предупредило порчу гнезда регуляторной головки, куда вставлен передний конец регуляторного вала. Кроме того, наблюдались случаи, когда регуляторный привод на этих паровозах пружинил, что также затрудняло открытие регулятора; но когда он открывался, то давал подъем сразу на всю величину перемещения соответствующего пружинению привода.

На паровозах 2—4—0 М привод ко второму (машинному) регулятору сделан тоже снаружи котла. От рукоятки приводится во вращение регуляторный вал, идущий вдоль всего котла снаружи. В переднем конце вал имеет плечо, соединенное тягой с плечом, насаженным на короткий вал, входящий через сальник

в коробку (фиг. 34 и 35), укрепленную на камере пароперегревателя над регулятором.

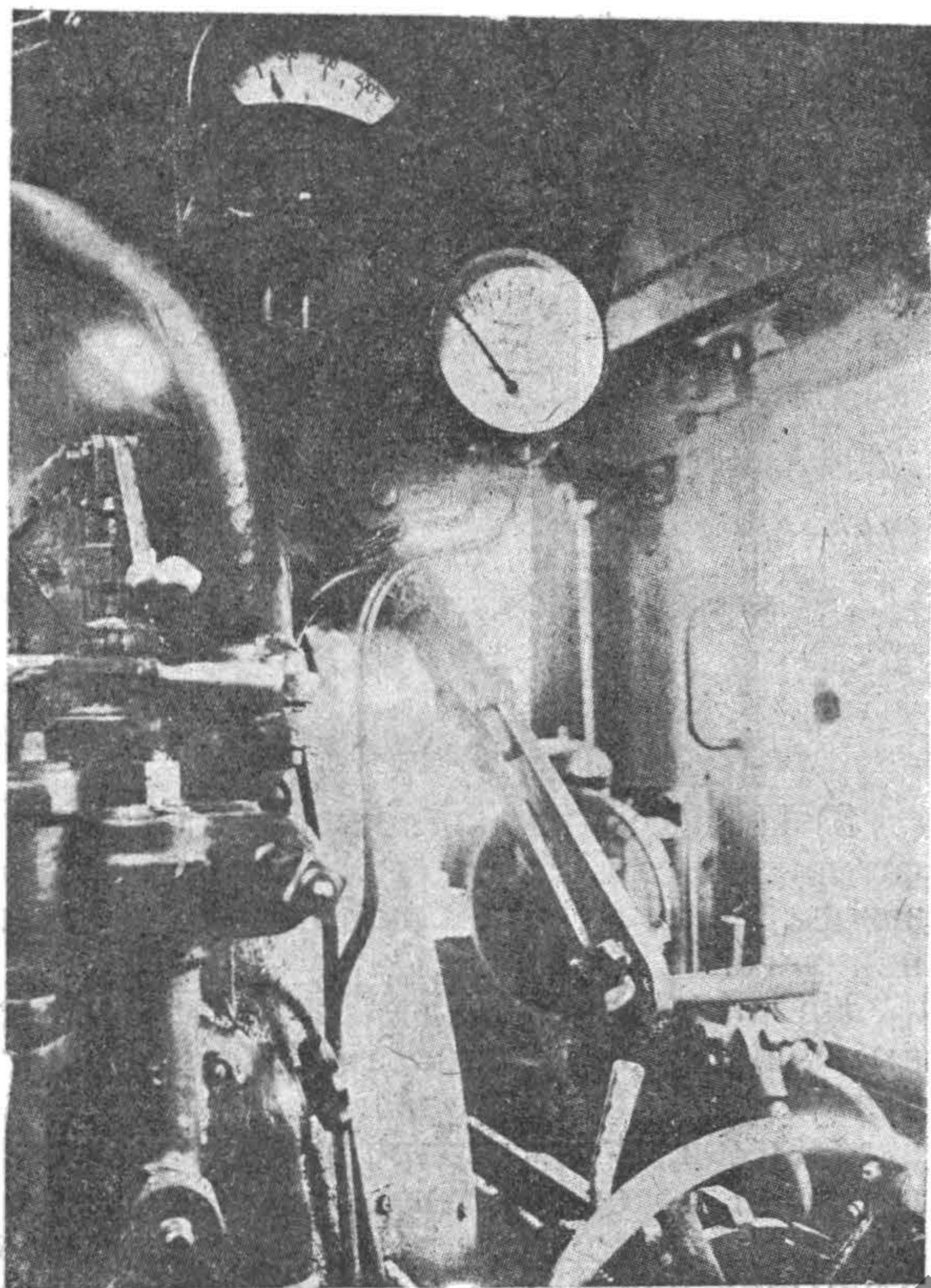
На фиг. 68 представлено расположение привода ко второму регулятору на паровозе 0—4—0 V^Б, а на фиг. 69 — сам регулятор. Регуляторная головка 1 фланцем А присоединяется к среднему фланцу отделения перегретого пара камеры пароперегревателя. Боковые фланцы Б—В отводят пар в паропроводящие трубы. Фланцы В—В служат для постановки паровоздушных клапанов. Сверху на головку регулятора ставится коробка 2, через которую проходит привод к клапанам регулятора от регуляторного вала. На фиг. 70 представлена комбинированная регуляторная рукоятка того же паровоза 0—4—0 V^Б, расположенная на лобовом листе кожуха топки, устройство которой заключается в следующем: на оси рукоятки 1 насажены два двухплечих рычага 2



Фиг. 64. Сальник регуляторного вала на паровом колпаке паровоза 1—5—0 ЕЛ.

и 3, из которых первый подвижный, т. е. поворачивается вместе с поворотом рукоятки, а второй закреплен неподвижно. Тяга 4 идет к регуляторному валу внутреннего регулятора, а 5 к валу — —
наружного. При том расположении тяг 4 и 5, которое изображено на фиг. 70, т. е. когда тяга 4 присоединена к неподвижному рычагу 3, а тяга 5 к рычагу 3, внутренний (котловой) регулятор открыт, а наружный (машинный) закрыт. При повороте рукоятки 6 вместе с ней поворачиваются и рычаги 6 и 2, которые, действуя на тягу 5, открывают наружный регулятор. Внутренний же регулятор, соединенный с неподвижным рычагом 3, остается в прежнем открытом положении. Когда по той или иной причине требуется перейти от работы с наружным регулятором к работе с внутренним, следует выбить из тяг 4 и 5 валики, присоединяющие их к рычагам 2 и 3, и присоединить их так, чтобы тяга 4 была присоединена к рычагу 2, а тяга 5 к рычагу 3. Тогда наружный регулятор будет открыт и при поворотах рукоятки 6 будет неподвижен, внутренний же регулятор будет приведен в действие от той же рукоятки.

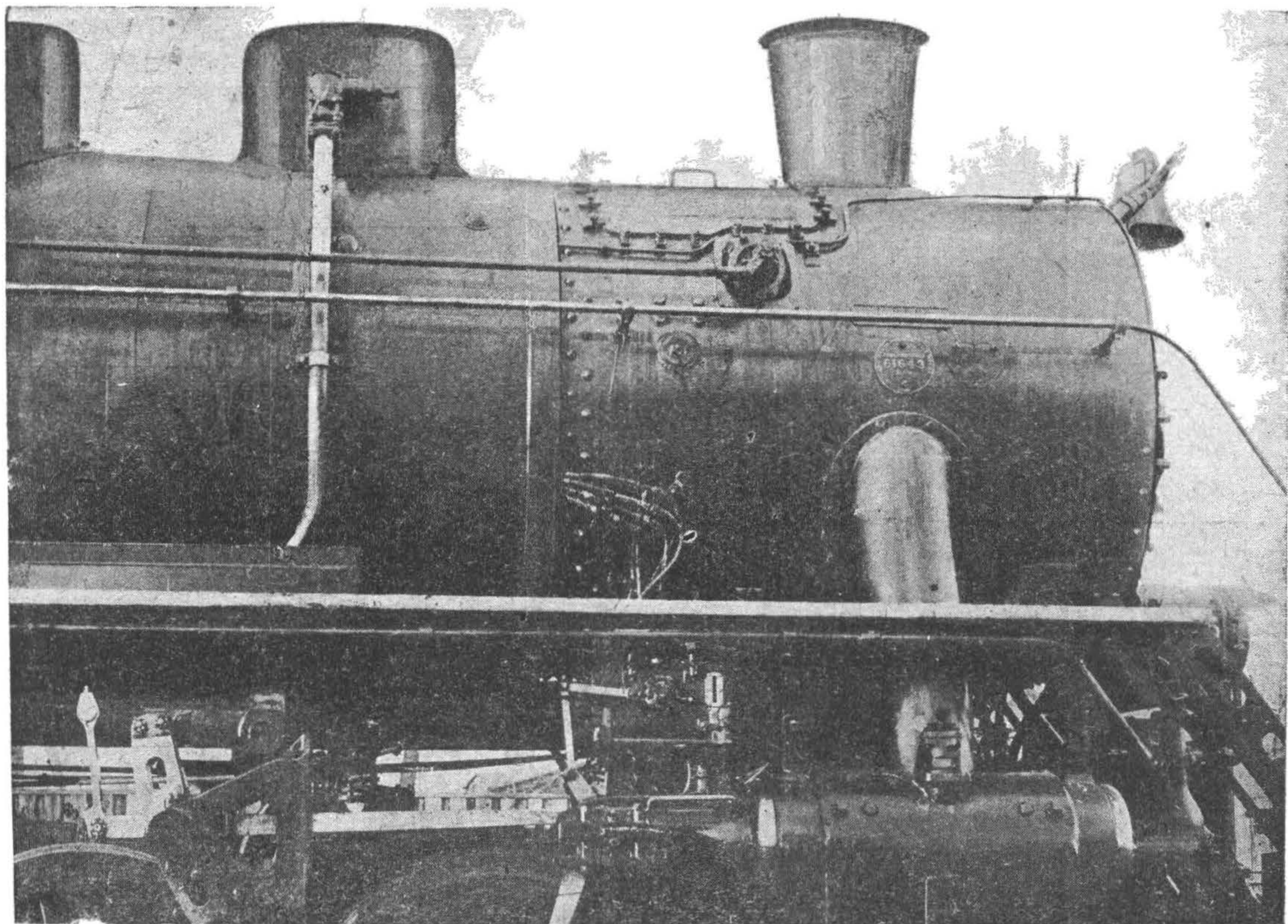
Согласно правилам заводского ремонта, предельная слабина валиков привода во втулках допускается не более 0,5 мм.



Фиг. 65. Расположение регуляторной рукоятки на паровозе 1—4—2 ИС.

Материалы регуляторов и их частей

Регуляторные головки, малые золотники плоских регуляторов и большие клапаны клапанных регуляторов отливаются из чугуна Чл. 2, камера пароперегревателя и головка многоклапанного регулятора из чугуна Чл. 1. Чугунное литье должно удовлетворять стандарту ОСТ 970. Чл. 1—временное сопротивление изгибу 32 кг/мм^2 ; стрела прогиба—8 мм. Чл. 2—врем. сопр, 28 кг/мм^2 ; стрела прогиба—6 мм. Для уменьшения трения и легкости пришабрения большого золотника к зеркалу плоского регулятора, его изготовляют из бронзы. Регуляторные валы тяги и малые клапаны клапанных регуляторов изготовляются из стали СТЗ, прочие мелкие части—из железа СТО.



Фиг. 66. Расположение привода многоклапанного регулятора у дымовой коробки паровоза 1—5—1 ТБ.

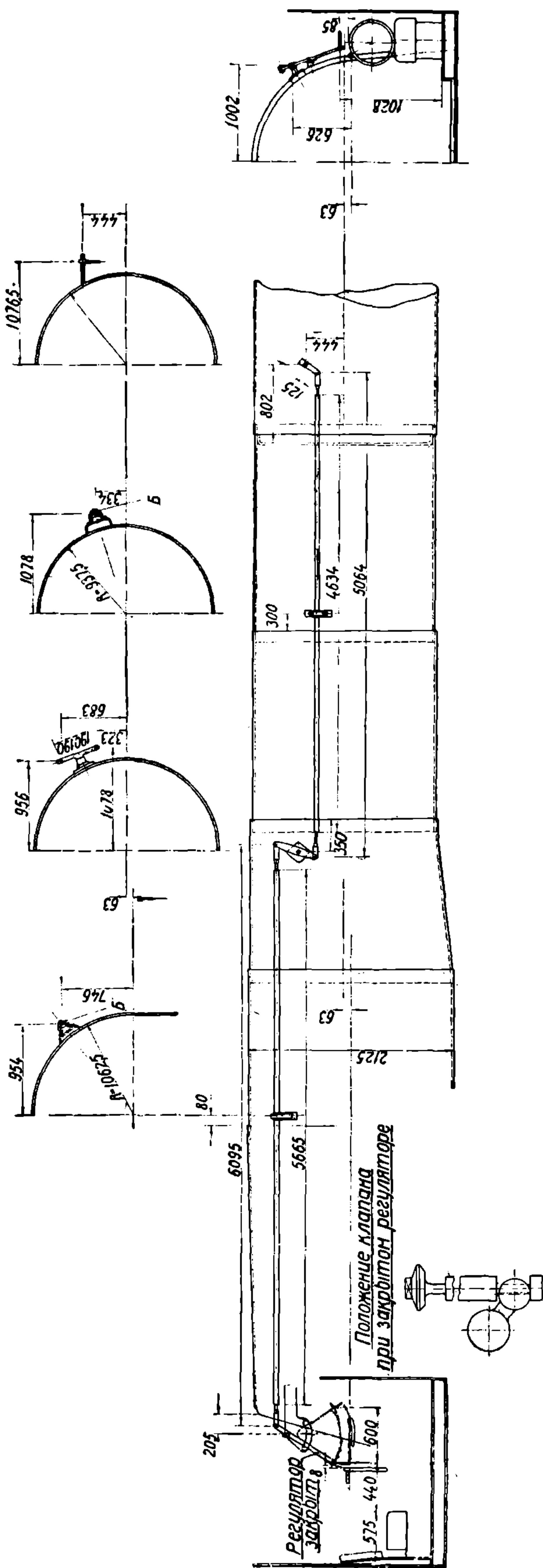
На паровозе 2—3—0 Б первоначально малый золотник изготовлялся из стали. Были, однако, случаи его заедания, почему впоследствии золотник стали изготовлять из чугуна, соответственно усилив его заплечики.

Клапаны многоклапанного регулятора изготовляются из нержавеющей стали „Энерж 2“. Она обладает высокими механическими качествами и очень высокой стойкостью против ржавления и образования коррозии, находясь под действием высокоперегретого пара. Химический состав и механические свойства стали „Энерж 2“ приведены в табл. 2 (по данным завода Электросила).¹ Эта сталь изготовляется на заводе Электросила в Ленинграде.

Ковка стали—при 1150° , конец—при 875° ; отжиг—при 860° .

Отдельные хвостовики клапанов, которые вставляются снизу и заводятся в кулачки вала, изготовляются из стали СТ 5. Регуляторный вал многоклапанного регулятора изготовляется из стали СТ 5 и цементируется с последним отжигом в пределах $425\text{—}450^\circ$.

¹ Подробно см. Проф. Н. А. Минкевич.—„Свойства, тепловая обработка и назначение стали и чугуна“. 1932 г., стр. 598—602.



Фиг. 67. Расположение механизма регуляторного привода на паровозах 1--4--2 ИС и 1--5--1 ФД.

Таблица 2

Термическая обработка	Механические качества				Химический состав (проц.)							
	Времен. сопро- тивл. кг/мм ²	Предел упру- гости кг/мм ²	Относит. удлин. % <i>l</i> = 10 <i>d</i>	Процент- ное сжа- тие %	C	Cr	Ni	Si	Mn	W	P	S
Отожженная при 860°	50	26	23	72	0,14—0,22	11—14	0,50	до 0,35	до 0,50	до 0,15	до 0,03	до 0,02
Закаленная при 1 050° на воздухе и отпу- шенная до 500°	125	95	9	56								
Закаленная при 1 050° на воздухе и отпу- шенная до 600°	85	65	13	62								

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ОТКРЫТИЯ РЕГУЛЯТОРА. НАИВЫГОДНЕЙШИЕ И НЕОБХОДИМЫЕ ПЛОЩАДИ ОТКРЫТИЙ. УСИЛИЯ В ПРИВОДНЫХ МЕХАНИЗМАХ РЕГУЛЯТОРОВ

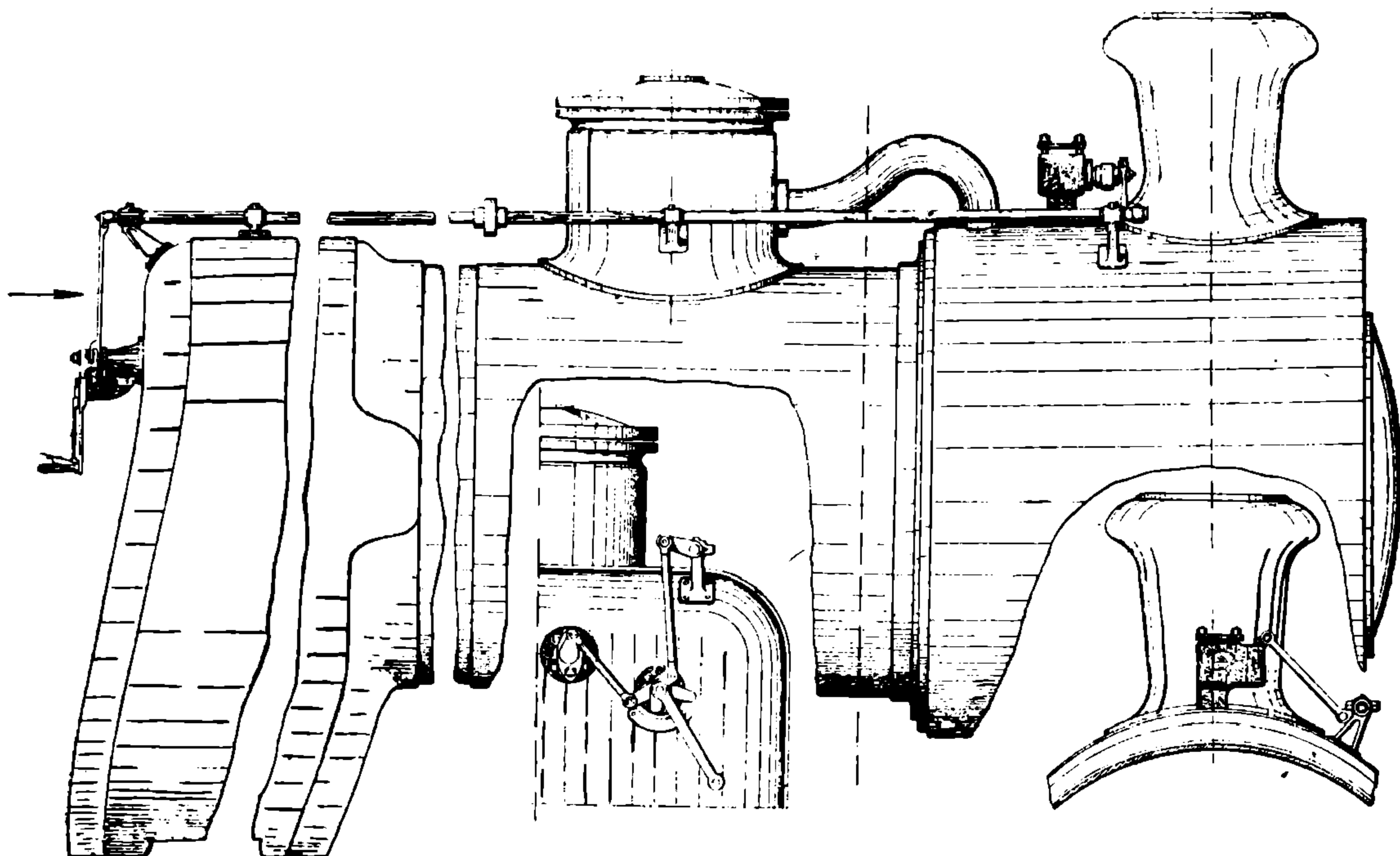
Существует два мнения о том, какое открытие регулятора нужно считать наивыгоднейшим, — полное или не полное.

Паровозных машинистов обыкновенно обучают ездить всегда с вполне открытым регулятором и регулировать работу машины только отсеч-

кой. Повседневная практика показывает, однако, всю ошибочность такого управления паровозом и разумность навыков машинистов, которые на основании опыта чаще ездят с подтянутым регулятором, находя наивыгоднейшую степень его открытия. Машинист видит, что здесь теория расходится с практикой.

Если бы паровоз работал абсолютно сухим паром, в его машине не существовало бы утечек пара и конденсации, и парораспределение было бы идеально точно и т. д.; тогда действительно, наибольшее открытие регулятора было бы наивыгоднейшим.

В действительности ни одно из этих условий не выполнимо, а потому здесь мы сталкиваемся с противоречиями между жизнью и теми псевдо-теориями, которые излагаются в популярных брошюрах и даже в инструкциях.



Фиг. 68. Расположение привода к наружному регулятору на паровозе 0—4—0 VB.

При рассмотрении этого вопроса мы коснемся следующих основных положений.

1. Существует для данного расхода пара вполне определенная, предельная площадь открытия регулятора, составляющая, как правило, только часть полной площади (около $\frac{1}{5}$), при которой скорость пара при протекании через регулятор достигает своего максимума. Если регулятор перекрыть за этот предел, то в золотниковой коробке давление начинает падать очень резко—и тем больше, чем меньше будет открыт регулятор. При увеличении открытия регулятора сверх этого предела повышение давления в золотниковой коробке идет очень медленно, а в некоторых случаях остается почти без изменения. Таким образом, применение открытия регулятора за $\frac{1}{5}$ дает очень незначительный выигрыш в повышении силы тяги (фиг. 71, 72, 73).

2. Замечено, что прикрытый регулятор способствует подсушке пара вследствие отсеивания части водяных брызг в сторону по инерции, почему они не попадают в отверстие регулятора. Отсев получается тем энергичнее, чем меньше отверстие и чем больше входная скорость пара (об этом уже говорилось выше, фиг. 2).

Подсушка пара в прикрытом регуляторе происходит также вследствие редукции давления, т. е. понижения давления пара без совершения работы. В паре при этом остается то же количество тепла, но так как давление пони-

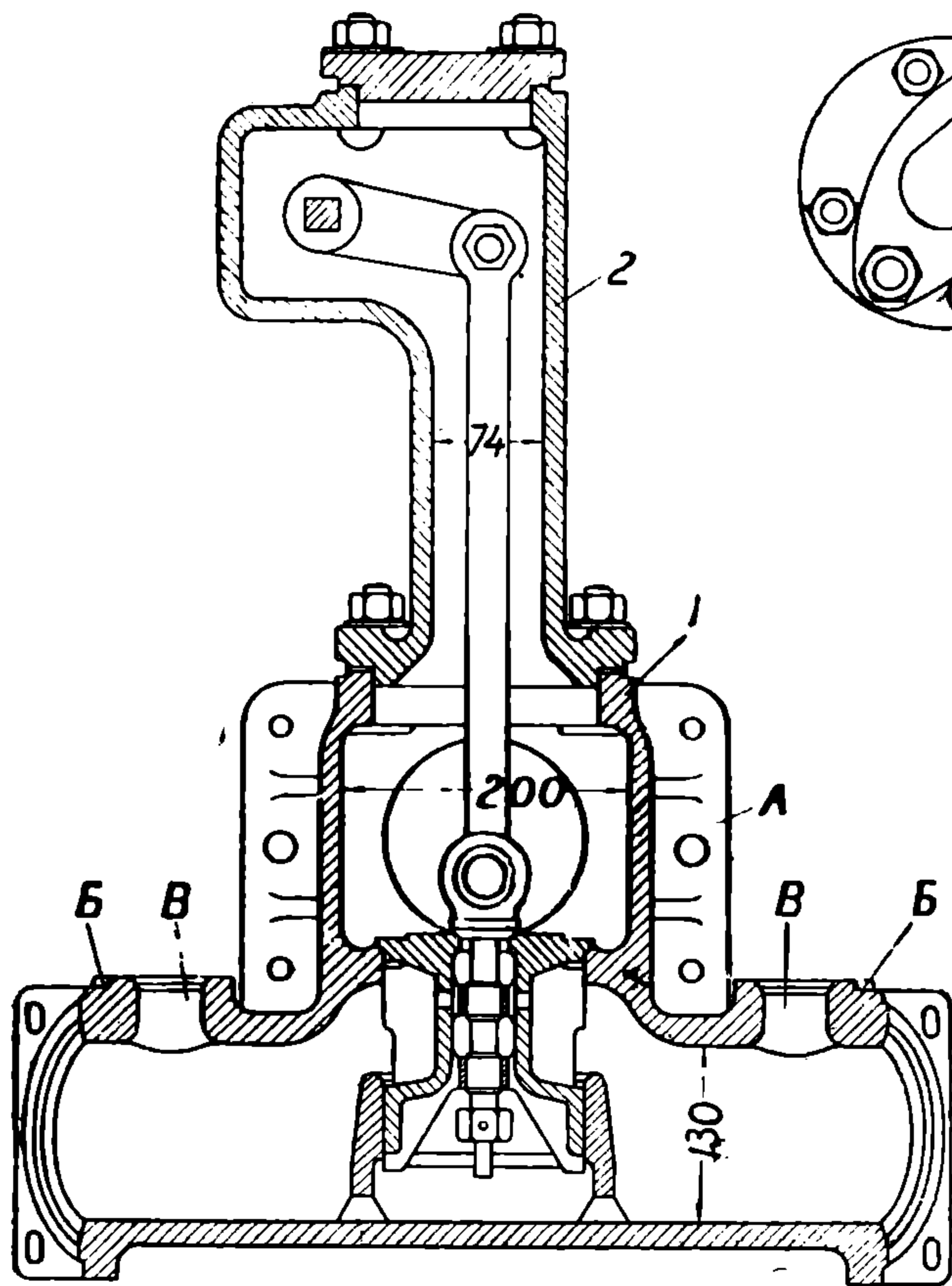
жается, а внешней работы нет, то излишняя теплота выделяется и идет на осушение пара. Определим, как произойдет подсушка пара, если пар в котле имеет давление 13 кг/см^2 по манометру и влажность 10% , а давление за регулятором упало на 1 ат . Составим следующее уравнение:

$$x_k r_k + q_k = x_p r_p + q_p,$$

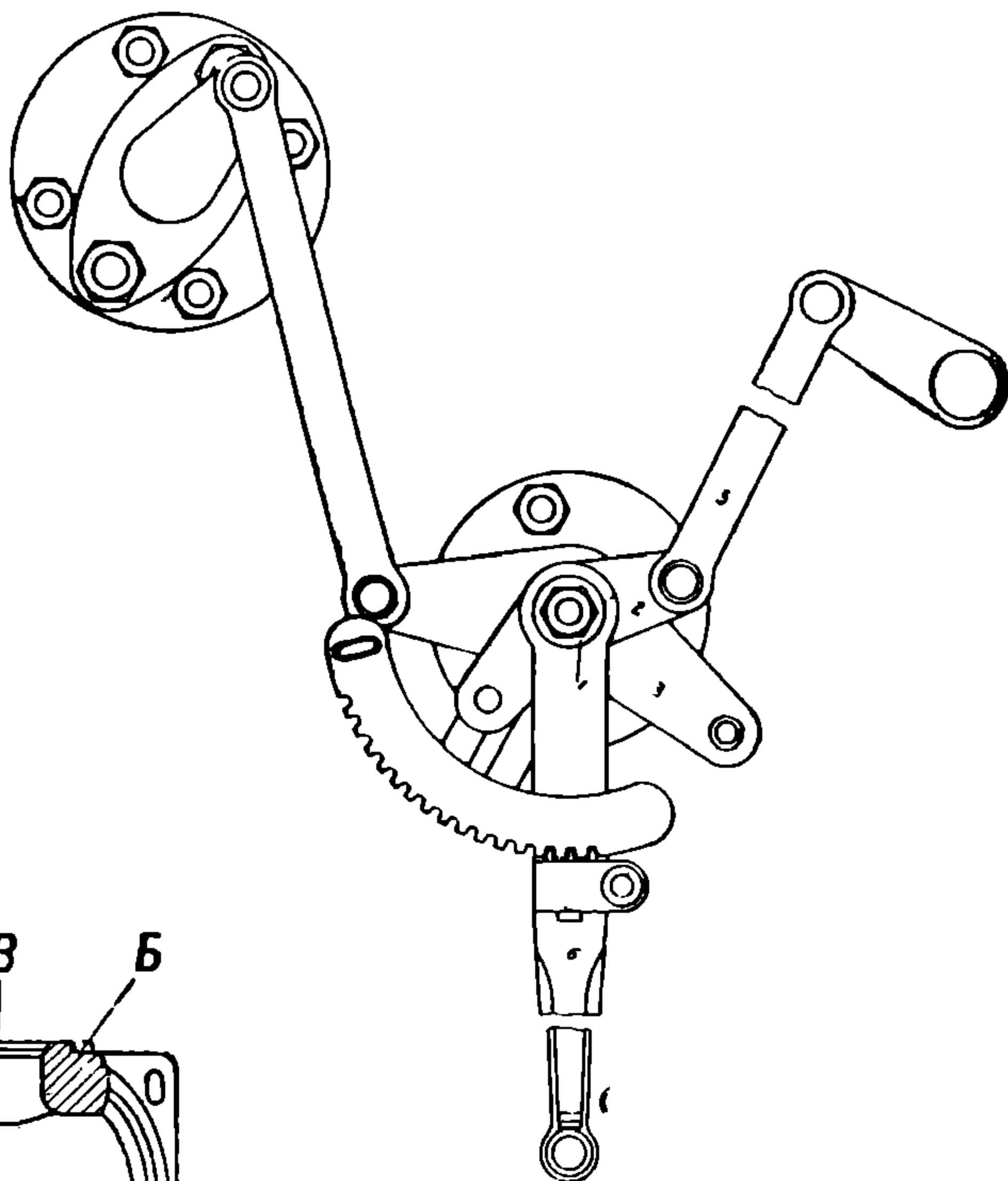
где: x_k — сухость пара в котле, x_p — сухость пара в регуляторной трубе, r_k и r_p — полная теплота испарения, q_k и q_p — теплота воды для пара, соответственно, в котле и регуляторной трубе. Имеем:

$$0,90 \cdot 669,7 + 197,3 = x_p \cdot 668,9 + 193,7.$$

Отсюда $x_p = 0,907$, т. е. влажность пара понизилась на $0,7\%$.



Фиг. 69. Наружный регулятор паровоза 0—4—0 ВБ.



Фиг. 70. Комбинированная регуляторная рукоятка паровоза 0—4—0 ВБ.

- 1—ось рукоятки,
- 2—подвижной рычаг,
- 3—неподвижный рычаг,
- 4—тяга внутреннего регулятора,
- 5—тяга внешнего регулятора.

Тем или иным образом полученная подсушка пара в паропроводе за регулятором, конечно, повышает перегрев и ведет к увеличению экономичности паровоза, что машинисты прекрасно и подмечают. Выгоды работы более сухим паром при этом настолько ощутительны, что ими совершенно перекрывается тот ущерб, который наносит мятие пара в регуляторе, вызывающее падение давления в машине.

3. Большой или меньший пропуск поршней и, главным образом, золотников увеличивает расход пара. Уменьшая давление в золотниковой коробке уменьшением открытия регулятора, можно снизить потерю пара через золотники.

4. Уменьшение работы пара в цилиндрах, в зависимости от профиля пути, можно производить, либо прикрывая регулятор, либо подтягивая винт, либо делая и то и другое вместе. Парораспределительный механизм бывает часто разработан и не дает достаточно точной работы при малых отсечках, почему сильное подтягивание переводного винта при очень малых отсечках сбивает машину с правильной работы (паровоз начинает подергивать). В таких случаях,

при несколько отпущенном реверсе все равно приходится уменьшать открытие регулятора.

5. При малых отсечках впуска получаются и меньшие отсечки выпуска, а следовательно выхлоп пара из цилиндра получается более кратковременный, но и более резкий; это, способствует вырыванию огня из топки вследствие менее равномерной тяги, почему возрастают тепловые потери в котле.

В существующих паровозах площадь полного открытия регулятора составляет от 1,26 до 4,57% от площади всех поршней цилиндров машины однократного расширения, или от площади поршня цилиндра низкого давления двухцилиндровой машины компаунд, или от суммы двух площадей поршня цилиндров низкого давления четырехцилиндровой машины компаунд (см. табл. 3). Для машин компаунд это берется потому, что площади поршня цилиндра низкого давления примерно вдвое больше площади поршня высокого давления.

Таблица 3

Серии паровозов	Площадь полного открытия см ²	В процентах от площади всех поршней для паровозов компаунд всех поршней цилиндров низкого давления	Серии паровозов	Площадь полного открытия см ²	В процентах от площади всех поршней; для паровозов компаунд всех поршней цилиндров низкого давления
2—3—0 Б	90,5	1,91	1—3—0 НП	87,0	1,90
1—5—0 ЕФ, ЕС, ЕК	211,0	3,30	0—4—0 ОВ	115,0	2,77
1—5—0 ЕЛ	169,2 клап. 169,2 плоск.	2,60 2,60	1—3—1 С	110,0	2,32
1—4—2 ИС	234,8	3,33	1—3—1 СУ	110,0	2,12
2—3—0 К	96,4	1,77	1—5—1 ТБ	352,2	4,57
2—3—0 КУ	99,0	1,90	1—5—2 ТА	352,2	4,57
2—3—1 Л	181,1	2,72	2—3—0 УУ	66,5	1,26
2—4—0 М	157,8 внутр. 162 1 наружн.	2,29 внутр. 2,36 наружн.	1—5—1 ФД	234,8	3,33
			1—4—0 ЩЩЧ	147,0	3,20
			0—4—0 ЫЧ	98,5	2,01
			0—5—0 Э1915 г.	148,4	2,23
			0—5—0 ЭШ, ЭГ, ЭУ ЭМ	110,0	1,66

Опыты указывают, однако, на то, что изменение открытия регулятора от I до 1/6 почти не отражается на индикаторной диаграмме и на расходе пара. Поэтому рекомендуют площадь полного открытия регулятора делать в пределах 0,8—1% от площади поршней всех цилиндров или поршней всех цилиндров низкого давления паровозов компаунд, что дает возможность более легко открывать регулятор меньшего размера¹. На основании опытов считают, напр., что размеры регулятора на паровозе 0—4—0—0^B преувеличены в четыре раза.

На фиг. 71, 72 и 73, представлены кривые

$$F_k = f(\rho)$$

при различных ϵ (наполнениях) и скоростях для паровоза 1—3—1—С, где F_k — касательная сила тяги в кг и ρ — степень открытия регулятора. Из этих кривых, подчиняющихся одному и тому же закону для всех паровозов, ясно видно, что при увеличении открытия регулятора, примерно, до 1/10 полная сила тяги возрастет быстро. Между 1/10 и 1/6 наступает перегиб, вслед за которым увеличение открытия регулятора, т. е. свыше 1/6, лишь в весьма слабой степени отражается на повышении силы тяги.

¹ Опыты 1911—1914 г. на 6. Ник. ж. д. Том 1. 1925-г., стр. 88 и 92. Там это соотношение ошибочно увеличено в 10 раз.

О преувеличении размеров площадей регуляторов на существующих паровозах говорили также Барбье¹, Брилле² и Лангрод³.

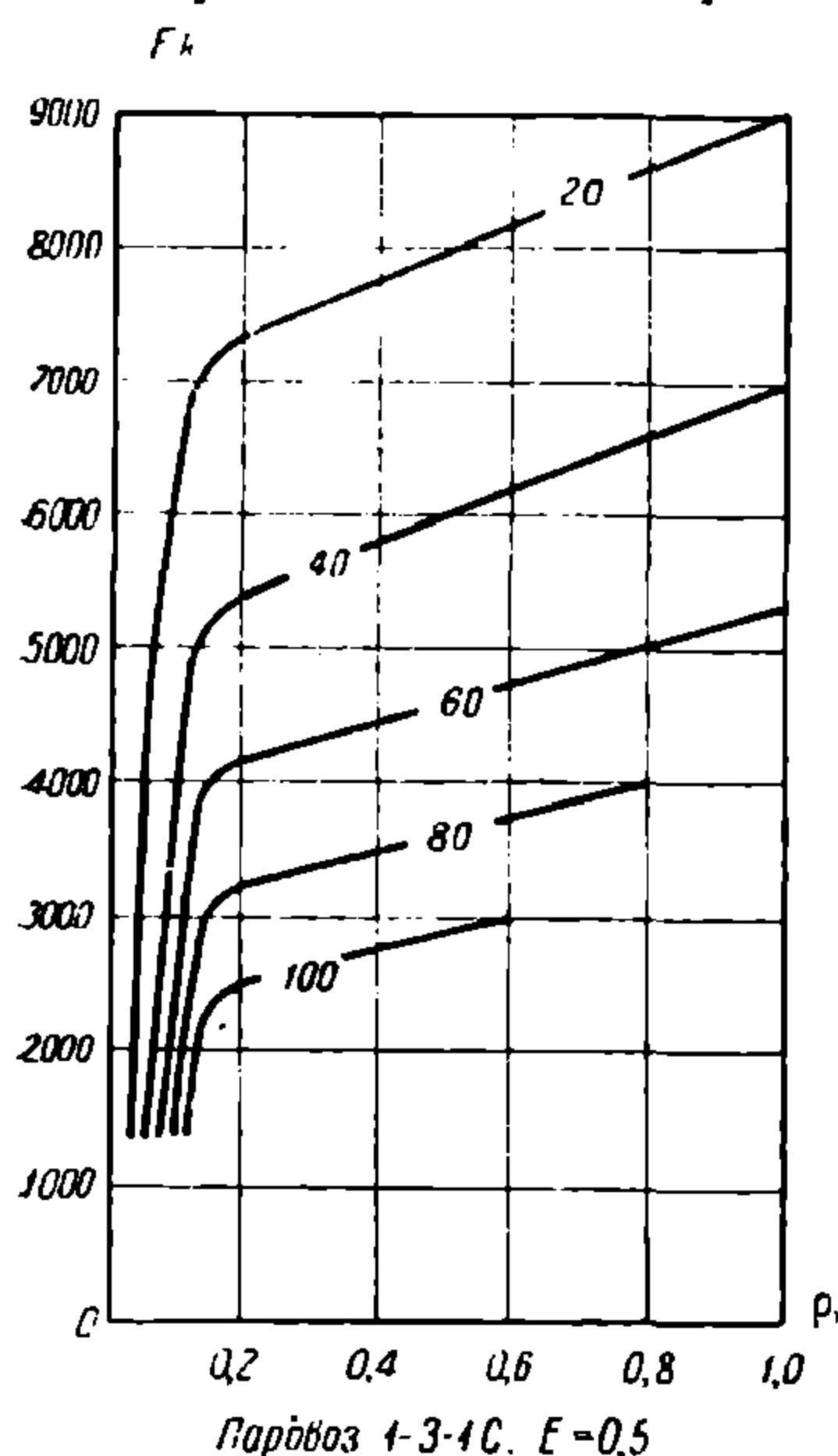
Германские нормы, однако, дают размеры регулятора от 4 до 8‰ поперечного сечения цилиндра, что, например, для двухцилиндрового паровоза однократного расширения составит от 2 до 4‰⁴.

По мнению Американской компании паровозных пароперегревателей, сухопарная труба, регулятор и регуляторная труба должны иметь в сечении площадь для прохождения пара не менее свободной площади сечения пароперегревательных элементов (считая по одному кружку в элементе Шмидта или Элеско)⁵.

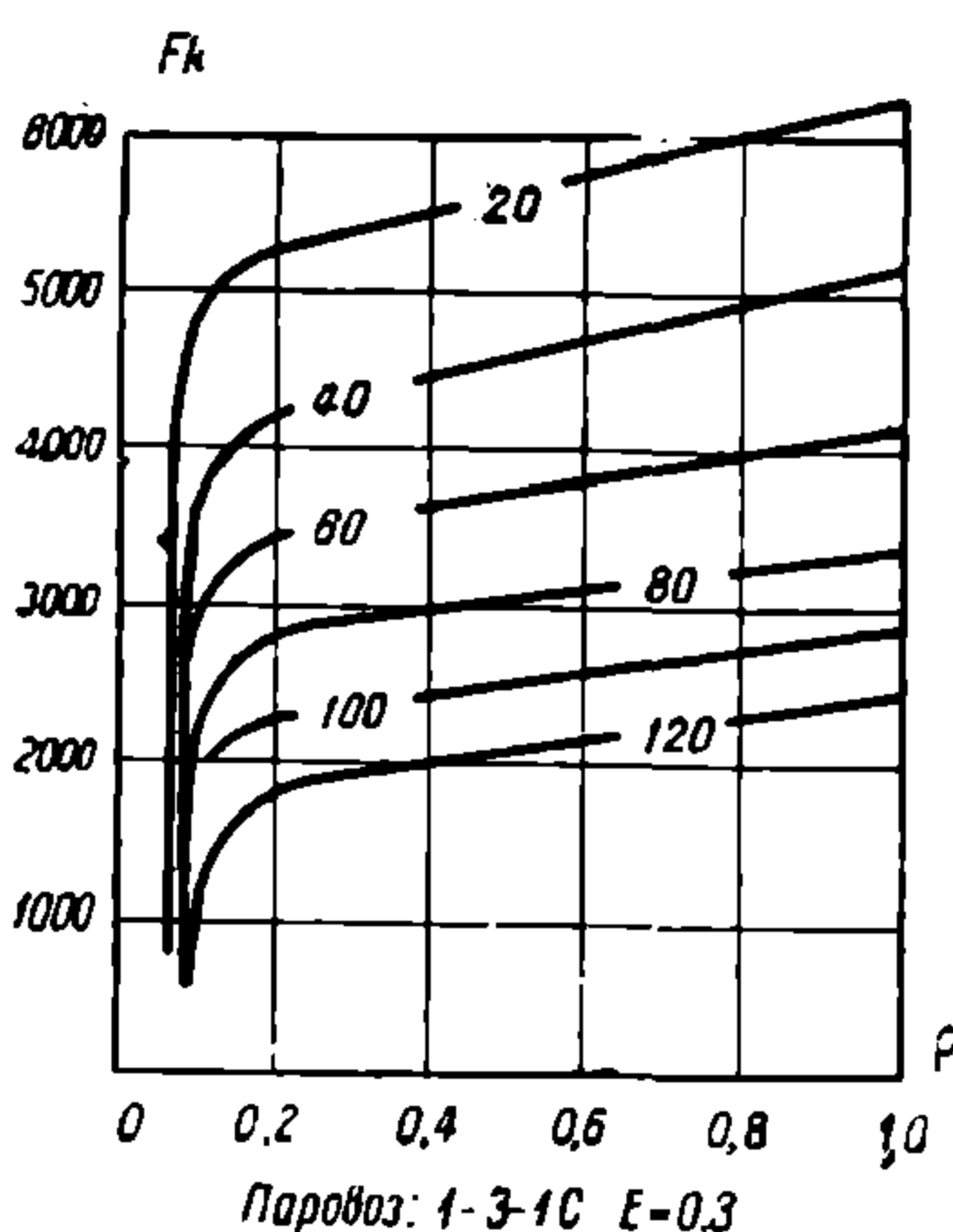
По мнению А. И. Липеца, требование это основывается, однако, на недоразумении. Оно имеет, повидимому, целью добиться того, чтобы сопротивление для прохождения пара через регулятор было не более, чем сопротивление

при проходе через элементы пароперегревателя. Однако, сопротивление последних зависит не столько от площади сечения, сколько от периметра сечения и длины трубок⁶. Поэтому, если делать свободное сечение сухопарной трубы и регулятора одинаковыми

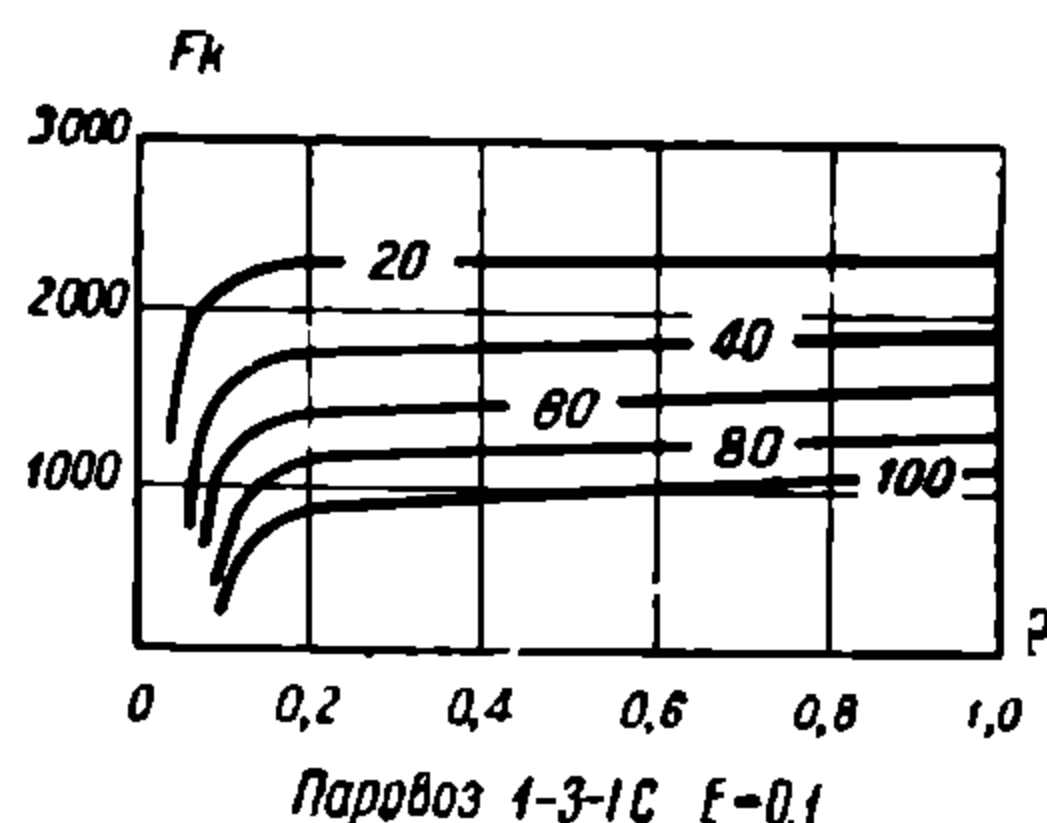
со свободным сечением элементов, считая в каждом элементе по одному кружку, то сопротивление прохождению пара будет много меньше в сухопарной



Фиг. 71.



Фиг. 72.



Фиг. 73.

трубе и регуляторе, чем в пароперегревателе. Отсюда А. И. Липец делает вывод, что можно значительно уменьшить сечение сухопарной трубы и регулятора без опасности перехода через значение сопротивления элементов.

Анализируя данные о регуляторах, помещенные в табл. 3, и имея вышеприведенные суждения больших авторитетов о размерах регуляторов, мы не можем не прийти к заключению, что в данном вопросе нет однообразного и устойчивого мнения.

Нормы, выработанные германской и, главным образом, американской практикой, дают большие размеры регуляторов; опыты же французских железных дорог, опыты в СССР и теоретический анализ Лангрода, подкрепленный практикой австрийских жел. дор., рекомендуют давать меньшие размеры, что избавит от применения излишне громоздких регуляторов.

Пусть течение сухого насыщенного пара происходит по паропроводу, имеющему сечение p (фиг. 74). Если в этом паропроводе имеется местное сужение, площадь которого обозначим через p_m и которой может быть уподоблена площадь открытия регулятора, то пар, протекая через это сужение, увеличивает скорость. Если это сужение не достигло некоторого предела,

¹ Revue. Général 1898, стр. 435.

² Там-же, стр. 365.

³ Glaser's Appaen 1906, январь, стр. 3.

⁴ Игель — Руководство к паровозостроению. 1924, стр. 118.

⁵ А. И. Липец — Паровозы Дежапод. 1920 г., стр. 69.

⁶ Проф. Сыромятников — Тепловой процесс паровоза. 1926. стр. 173.

то, не считая сопротивления течению, состояние пара после сужения, характеризуемое его основными параметрами, т. е. давлением и удельным объемом, становится тем же, каксе пар имел до этого сужения. Поэтому и скорости течения пара, как до сужения, так и после него, можно считать одинаковыми.

Когда же местное сужение паропровода перейдет этот предел, то через него сможет за тот же промежуток времени перетечь меньшее весовое количество пара, а потому и давление пара за сужением должно будет понизиться.

Задача, следовательно, заключается в том, чтобы определить этот предел.

Известно, что скорость истечения пара не может превзойти некоторой предельной величины, которая определяется из формулы:

$$W = \sqrt{2g \frac{K}{K-1} p \cdot v \left[1 - \left(\frac{p_m}{p} \right)^{\frac{K-1}{K}} \right]}, \quad (1)$$

где $K=1,135$ для сухого насыщенного пара, p и v — давление и удельный объем пара в сечении p и p_m — давление в рассматриваемом сечении p_m .

Для критического соотношения давлений имеем:

$$\frac{p_m}{p} = \left(\frac{2}{K+1} \right)^{\frac{K}{K-1}} \quad (2)$$

Для сухого насыщенного пара это обращается

$$p_m = 0,577p. \quad (2-a)$$

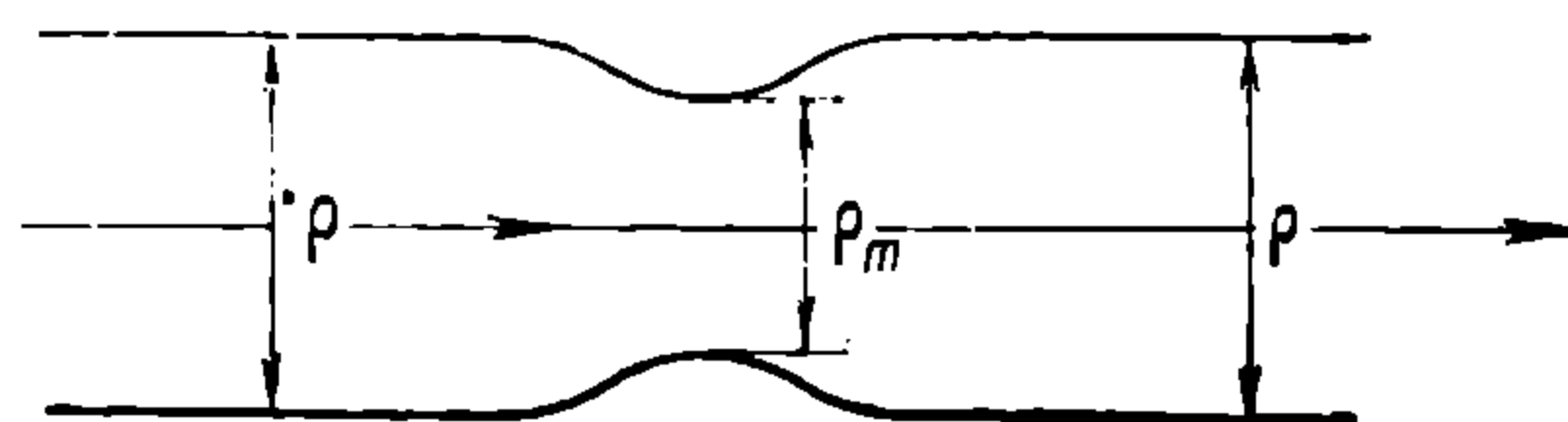
Вставляя соотношение (2) в формулу (1), получим

$$W = \sqrt{2g \frac{K}{K+1} \cdot p \cdot v} \quad (3-a)$$

По Молье, имеем $p^{\frac{15}{16}} \cdot v = 1,7235$.

Отсюда

$$p \cdot v = \frac{1,7235}{p^{\frac{15}{16}}} \cdot p = 1,7235 p^{0,06}$$



Фиг. 74.

Подставляя это значение в формулу 3-а и принимая $g=9,81 \text{ м/сек.}^2$, получаем:

$$W = 422 p^{0,03}, \quad (3-b)$$

где W — выражено в м/сек. , а p в кг/см^2 .

Если в единицу времени по паропроводу протекает $U \text{ кг}$ пара, то имеем следующее соотношение:

$$U = \frac{p W}{V}$$

или переходя к сечению p_m , которому соответствует W_m , и подставляя W_m из формулы (3-б), а p_m из формулы (2-а), возведя его в степень 0,97, будем иметь:

$$U = \frac{p_m W_m}{V_m} = 134 p_m p^{0,97} \quad (4)$$

где U — выражено в кг/сек. , p_m — в м^2 , p — в кг/см^2 , V_m — удельный объем пара в сечении p_m .

Следовательно, $U \text{ кг/сек.}$ есть максимальное количество пара, которое может при данном давлении пройти через сечение p_m , если не считать сопротивление течению. Если машина в течение того же времени, т. е. одной секунды, потребляет меньшее количество пара, то падение давления произойти не должно. В противном случае регулятор создаст мятие пара и вызовет падение давления.

Из формулы (4) имеем:

$$p_m = \frac{U}{134 p^{0,97}}.$$

В знаменатель этой формулы нужно ввести еще коэффициент, характеризующий торможение пара в регуляторе при его переходе из узкого сечения в широкое, что, согласно принципу Борда, пропорционально квадрату скорости. Следовательно:

$$p_m = \frac{U}{\alpha \cdot 134 p^{0,97}}$$

Коэффициент α зависит от гидравлического радиуса площади открытия регулятора, т. е. им может быть оценено совершенство регулятора со стороны торможения пара. Это очень отчетливо видно по кривым

$$F_k = f(\rho)$$

при заданных скоростях и отсечках. Здесь торможение пара характеризуется степенью падения силы тяги при уменьшениях открытия регулятора от 1 до $1/8$.

Возьмем для сравнения два паровоза: 2—3—ОБ и 1—3—1С. Размеры машины, диаметры движущих колес и давление в котле у них одинаковые. Парораспределение лучше на С. Первый паровоз имеет плоский регулятор (полная площадь открытия — $90,5 \text{ см}^2$), второй — клапанный Цара (полная площадь открытия — 110 см^2). Полный гидравлический радиус площади наибольшего открытия плоского регулятора паровоза 2—3—ОБ

$$r = \frac{\omega}{P} = \frac{90,5}{72} \cong 12 \text{ мм},$$

где ω — площадь наибольшего открытия в см^2 ; P — полный периметр всех элементов этой площади в см . Для паровоза 1—3—1С при клапанном регуляторе

$$r = \frac{\omega}{P} = \frac{110}{113} \cong 10 \text{ мм},$$

т. е. меньше, чем на Б в 1,2 раза. Если посмотреть на кривые

$$F_k = f(\rho)$$

фиг. 75 и 76, то сразу бросается в глаза, что в то время как на 2—3—ОБ, при меньшей площади полного открытия регулятора, чем на 1—3—1С, падения силы тяги при изменениях открытия регулятора от 1 до $1/8$ почти не происходит, на 1—3—1С такое падение силы тяги заметно. Отсюда видно, как конфигурация отверстий головки регулятора может влиять на торможение.

Гутермунт нашел, что для прямоугольных отверстий и насыщенного пара при наивысшей, т. е. критической скорости

$$\alpha = 0,933.$$

Принимая это значение, будем иметь

$$\rho_m = \frac{V}{125 \cdot \rho^{0,97}} \quad (5)$$

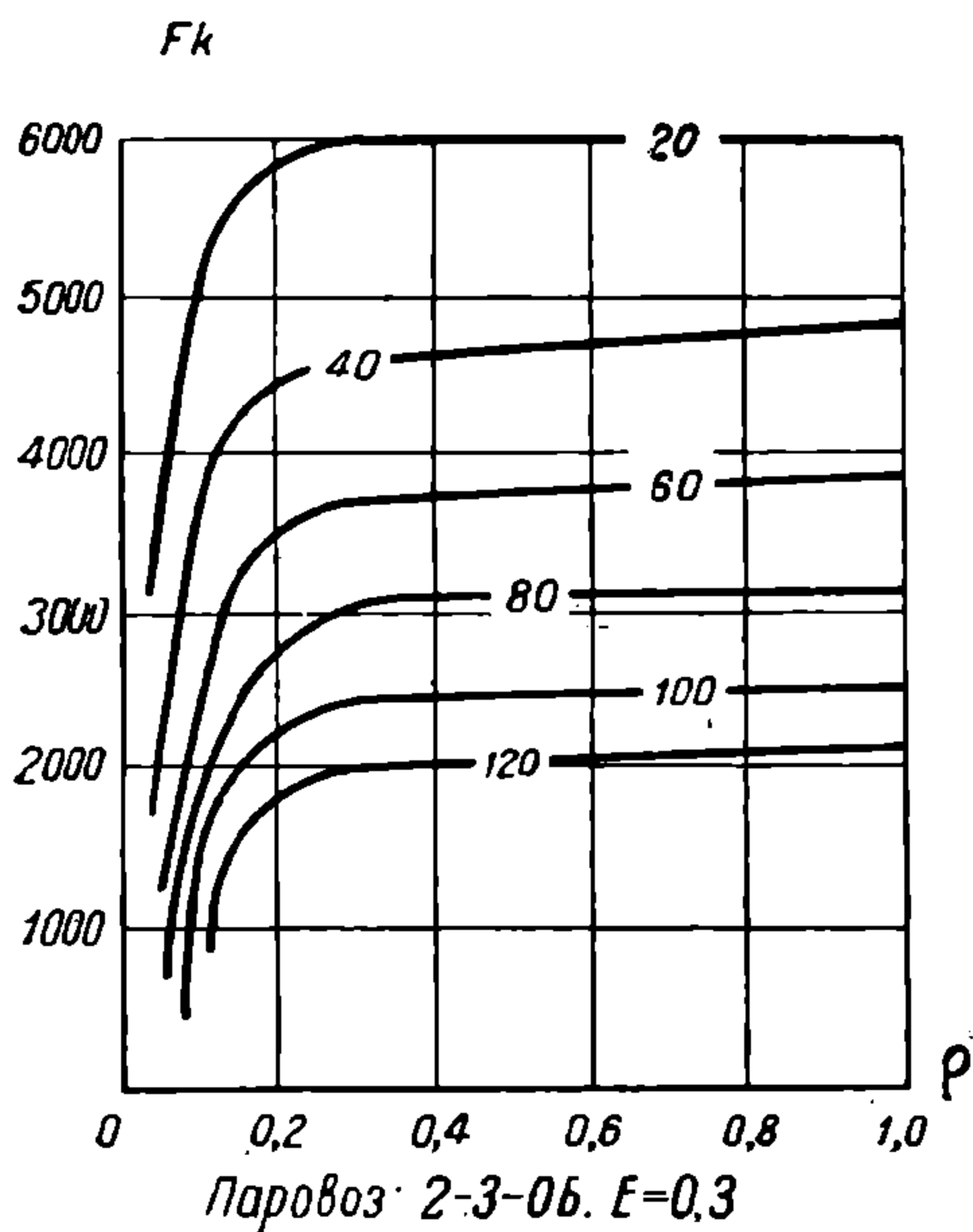
Формула (5) могла бы служить для определения теоретических площадей открытия регуляторов по заданным максимальному расходу пара в единицу времени и его давлению лишь только в том случае, если бы течение пара через регулятор было постоянным, т. е. с постоянной скоростью.

Однако, при более глубоком анализе происходящих в паровозе явлений, мы должны придти к выводу, что такого установившегося течения пара через регулятор, т. е. с постоянной скоростью, — на самом деле нет.

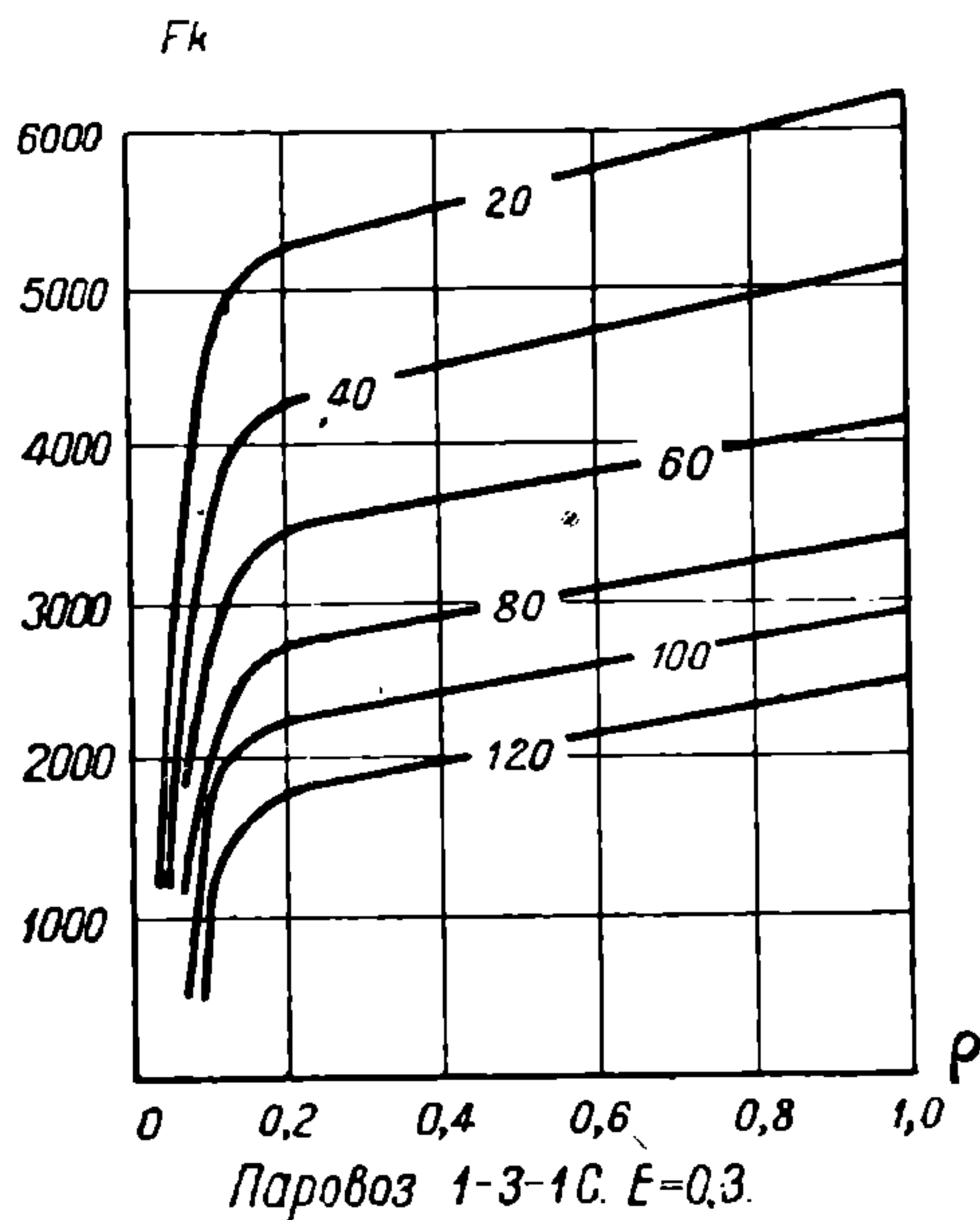
Возьмем для примера нормальную двухцилиндровую машину однократного расширения. За период полного оборота движущих колес наступает четыре периода впуска пара. Если машина работает с наполнением 50%, то конец одного периода впуска почти совпадает с началом следующего. Если бы в начале и конце каждого периода, т. е. в момент малых открытий паровпускных каналов золотником, не существовало торможения пара, то можно было бы считать, что при взятом наполнении 50% потребление пара цилиндрами из золотниковых коробок, или вернее из паропровода, было бы почти непрерывным. При наполнении меньше чем 50% непрерывность уже нарушается. Однако, в действительности, благодаря тормозящему действию малых открытий каналов перед концом или вначале (неполнота индикаторной диаграммы), даже при наполнении больше чем 50%, равномерного потребления пара из паропровода не происходит. Доказать это очень легко. Возьмем выпуск пара. Эта фаза в парораспределении имеет гораздо более длительные периоды, чем периоды впуска. Например, при наполнении 10%, выпуск вместе с предварением имеет 60—70% хода поршня. Таким образом, конец одного выхлопа пара всегда перекрывает начало следующего. Вместе с этим даже при самой малой отсечке впуска, а следовательно и выпуска, при большой скорости движения, можно ясно слышать каждый отдельный выхлоп. Следовательно, если выпуск пара в конус

происходит не непрерывной струей, а толчками, то тем более такие толчки должны существовать в паропроводе свежего пара при значительно меньших отсечках. Поэтому и скорость пара в регуляторе должна меняться (пульсировать) в пределах от 0 (при отсутствии пропусков в машине, т. е. в идеальном случае) до W_{\max} . И эта скорость W_{\max} может оказаться значительно больше той средней скорости W , которую мы получили, дав площади открытия регулятора такую величину, которая определяется по формуле (5), при том предположении, что пар будет течь через регулятор непрерывно. Значение скорости W_{\max} может легко превысить те максимальные значения, которые даны в формулах (1) и (3).

В результате, давление в золотниковых коробках будет испытывать колебания, причем понижение давления вследствие торможения пара регулятором будет происходить как раз в период впусков.



Фиг. 75.



Фиг. 76.

Таким образом, при определении площади открытия регулятора в формулу (5) следует ввести некоторый дополнительный множитель, который учитывал бы, с одной стороны, изменение отсечки пара и, с другой стороны, количество периодов впуска за один оборот движущих колес, которое, как известно, зависит от системы машины. Лангрод¹ дает следующие значения для этих множителей:

$$\eta = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{100 - e}{e}}$$

для машины с четырьмя периодами впуска, т. е. машины однократного расширения двухцилиндровой и четырехцилиндровой и машины компаунд четырехцилиндровой;

$$\eta = \pi \sqrt{\frac{100 - e}{e}}$$

для машины с двумя периодами впуска, т. е. компаунд двухцилиндровой.

По аналогии, для машины однократного расширения трехцилиндровой:

$$\eta = \frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{100 - e}{e}}.$$

Здесь e — наполнение в процентах хода поршня, причем его следует брать не более $e = 50\%$.

¹ Glasers Annalen 1906 г., январь, стр. 3.

Тогда формула (5) преобразуется таким образом:
 для паровозов однократного расширения двух- и четырехцилиндровых и компаунд четырехцилиндровых

$$\rho = 0,0125 \frac{U}{P^{0,97}} \sqrt{\frac{100 - e}{e}}, \quad (6)$$

для компаунд двухцилиндровых

$$\rho = 0,0250 \frac{U}{P^{0,97}} \sqrt{\frac{100 - e}{e}}, \quad (6-a)$$

для паровозов однократного расширения трехцилиндровых

$$\rho = 0,0084 \frac{U}{P^{0,97}} \sqrt{\frac{100 - e}{e}}, \quad (6-b)$$

Из рассмотрения этих формул, которые могут служить для расчета площадей внутренних регуляторов, прежде всего, можно установить то, что при одинаковых прочих условиях двухцилиндровая машина компаунд требует больших площадей регулятора, а трехцилиндровая машины меньших; все прочие машины занимают среднее положение. Поэтому обычно применяемый способ определения регулятора по соотношению с площадями поршней паровых цилиндров, без учета системы машины, нужно считать неправильным.

Обращаемся вторично к кривым (фиг. 71, 72, 73), имеющим для всех паровозов один и тот же характер. Можно видеть, что перелом кривых, асимптотически приближающихся к двум прямым, образующим тупой угол, вполне соответствует критической скорости пара. До этого перегиба повышение давления пара при увеличении открытия регулятора происходит очень быстро. После же перелома повышение давления идет очень медленно и происходит только вследствие все убывающего торможения пара в регуляторе, которое, как было выяснено, пропорционально квадрату скорости пара при выходе через регулятор в регуляторную трубу.

Следует отметить, что некоторый объем пароперегревателя, находящийся между регулятором и машиной, не может быть компенсатором колебаний скорости, так как его объем, так же как и объем самого паропровода, малы в сравнении с объемом потребляемого пара. Это подтверждается также характером кривых фиг. 71, 72, 73, которые остаются одинаковыми как для паровозов с перегревом, так и без перегрева. Поэтому можно считать, что формулы (6), (6-a) и (6-b) относятся и к тем, и к другим паровозам.

Теперь переходим к наружным регуляторам. Для них имеем

$$\rho = 48U \sqrt{\frac{V}{P}},$$

где

$$V = 47,1 \frac{273 + t_{\text{пер.}}}{10\,000P} - 0,016 \text{ м}^3/\text{кг}$$

($t_{\text{пер.}}$ — температура перегретого пара P — кг/см² абс.), или вводя коэффициент торможения $\alpha = 0,9$

$$\rho = 53,5U \sqrt{\frac{V}{P}}. \quad (7)$$

Влияние системы машины и отсечки будет тем же, как и при внутренних регуляторах.

Формулы для расчетов регуляторов паровозов:

а) с четырьмя периодами впуска

$$\rho = 84U \sqrt{\frac{V}{P} \cdot \frac{100 - e}{e}} \quad (8)$$

б) с шестью периодами впуска

$$\rho = 56U \sqrt{\frac{V}{P} \cdot \frac{100 - e}{e}} \quad (8-a)$$

где U — кг/сек; P — кг/см² абс.

¹ Проф. В. Шюле — Техническая термодинамика, 1922 г. стр. 173.

Примеры. Определить необходимую площадь регулятора для паровоза 1—3—1С при скорости 100 км/час и отсечке 0,4. При этих данных за один ход поршня расходуется около 0,15 кг пара¹.

В течение одной секунды, при скорости 100 км/час, поршни обеих машин сделают по 4,75 двойных хода. Всего, следовательно, за тот же промежуток времени будем иметь 19 одиночных ходов поршней обеих машин. Секундный расход пара составит $U_{сек.} = 19 \cdot 0,15 = 2,85$ кг.

Подставляя эти данные в формулу (6), получим:

$$\rho = 0,0125 \frac{2,85}{130,97} \sqrt{\frac{100-40}{40}} \cong 0,00317 \text{ м}^2 \cong 32 \text{ см}^2.$$

Возьмем теперь при той же скорости отсечку 0,1. Расход пара за один ход поршня 0,1 кг¹

$$U_{сек.} = 19 \cdot 0,1 = 1,9 \text{ кг.}$$

$$\rho = 0,0125 \frac{1,9}{130,97} \sqrt{\frac{100-10}{10}} \cong 0,00516 \text{ м}^2 \cong 52 \text{ см}^2.$$

Как видно и в том и в другом случае, сечение площади регулятора должно быть меньше существующего (110 см²); в первом случае открытие составляет 29% или $\frac{1}{3}$, а во втором 50% или $\frac{1}{2}$.

Возникает поэтому вопрос: не являются ли принятые площади открытий регулятора на наших паровозах слишком преувеличенными? Быть может, их размеры могут быть значительно уменьшены и ими будет гораздо легче управлять? Такое уменьшение регуляторов на самом деле было бы нецелесообразно. Если посмотреть на фиг. 75 и 76, то из них видно, что при клапанном регуляторе Цара (нормальном на наших паровозах), вследствие некоторого торможения в нем пара, колебание силы тяги в пределах ρ от 1 до $\frac{1}{5}$ все же получается в несколько сот кг. Эти несколько сот кг на затяжном подъеме могут иногда сыграть решающую роль — вытянет ли паровоз поезд. В этом случае машинист, забывая про наивыгоднейшую езду, чтобы не стать на подъеме, совершенно правильно дает полное открытие регулятора. Тоже происходит и при езде во время сильных метелей, а также при падении давления пара в котле при займах у котла, что видно из следующего примера.

Возьмем опять тот же паровоз 1—3—1С и определим необходимую площадь регулятора при следующих обстоятельствах: пусть машина потребляет в секунду 4 кг пара (это больше, чем дает котел, т. е. делая займы), наполнение — 40%. Давление пара в котле упало до 6 кг/см². По формуле (6) получим:

$$\rho = 0,0125 \frac{4}{6,97} \sqrt{\frac{100-40}{40}} \cong 0,00935 \text{ м}^2 \cong 94 \text{ см}^2,$$

т. е. площадь почти равна полному открытию регулятора.

Таким образом, принятые полные площади регуляторов на наших паровозах нужно рассматривать как запасные, но не рабочие в нормальных условиях.

Для получения полной необходимой площади на запас нужно к наибольшей рабочей площади прибавить примерно 50—60%.

Теперь обратимся опять к наружному регулятору.

Пример. Определить площадь полного открытия наружного регулятора на паровозе 2—4—ОМ при скорости 60 км/час, отсечке 0,3 и температуре перегрева 350°C. При этих данных за один ход поршня расходуется около 0,18 кг² пара. В течение одной секунды при скорости 60 км/час поршни всех

¹ Опыты 1912—1914 г. г. на б. Николаевской жел. дор. 1925 г., стр. 322, фиг. 876. У читателя может возникнуть такой вопрос. Кривые фиг. 876 даны при $\rho = 1$; если нами будет определена другая площадь регулятора, то не отразится ли это на расходе пара за ход поршня, почему в таком случае и расчет будет неверен? Ответ дает фиг. 878, где $\rho = \frac{1}{5}$. По кривым этой фигуры видно, что расход пара против $\rho = 1$ несколько уменьшается; поэтому определенная площадь регулятора будет иметь некоторый запас, но не недостаток.

² Главнейшие результаты опытов над паровозами 2—4—ОМ, 1930 г., стр. 23.

трех машин совершают по 3 двойных хода. Всего, следовательно, за тот же промежуток времени будем иметь 18 одиночных ходов поршней трех машин. Секундный расход пара составит

$$U_{\text{сек.}} = 18 : 0,18 = 3,24 \text{ кг.}$$

Определим V :

$$V = 47,1 \frac{273 + 350}{10\,000 \cdot 14} - 0,016 = 0,184 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Далее, по формуле (8-а)

$$\rho = 56 \cdot 3,24 \sqrt{\frac{0,184}{14} \cdot \frac{100 - 30}{30}} = 32,7 \text{ см}^2.$$

Таким образом, формулы 6, 6-а, 6-б, 8 и 8-а для расчета регулятора должны быть окончательно преобразованы путем введения в них еще дополнительного коэффициента 1,6, дающего запас площади при займах у

котла и пониженном давлении пара в котле.

Внутренний регулятор для паровозов однократного расширения двух- и четырехцилиндровых и компаунд четырехцилиндровых

$$\rho_{\text{см}^2} = 200 \frac{U}{p^{0,97}} \sqrt{\frac{100 - e}{e}}. \quad (9)$$

Тоже для компаунд двухцилиндровых

$$\rho_{\text{см}^2} = 400 \frac{U}{p^{0,97}} \sqrt{\frac{100 - e}{e}}. \quad (9-а)$$

Тоже для однократного расширения трехцилиндровых

$$\rho_{\text{см}^2} = 133 \frac{U}{p^{0,97}} \sqrt{\frac{100 - e}{e}} \quad (9-б)$$

Наружные регуляторы для паровозов однократного расширения двух- и четырехцилиндровых и компаунд четырехцилиндровых

$$\rho_{\text{см}^2} = 135U \sqrt{\frac{V}{p} \cdot \frac{100 - e}{e}}. \quad (10)$$

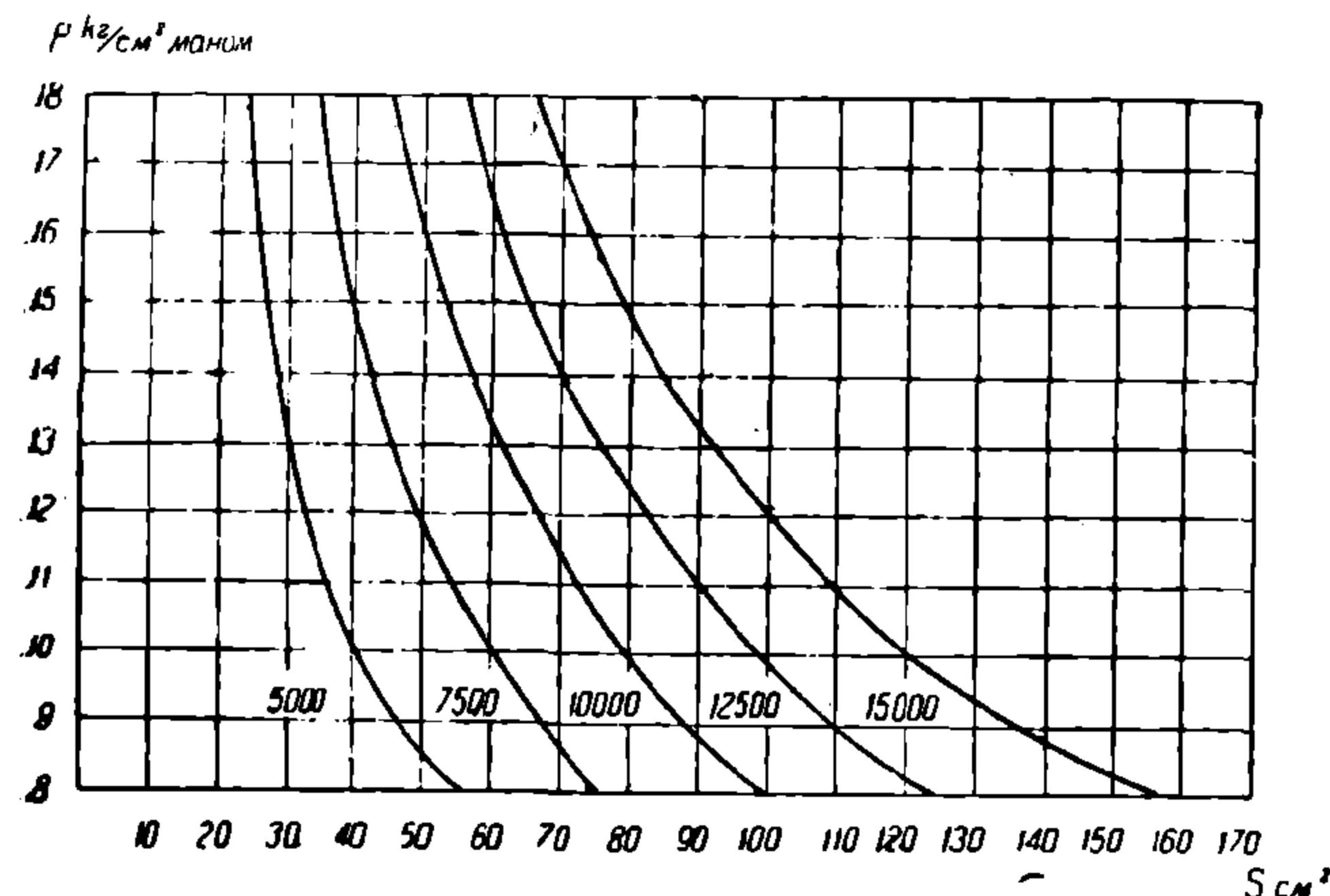
То же для трехцилиндровых однократного расширения

$$\rho_{\text{см}^2} = 90U \sqrt{\frac{V}{p} \cdot \frac{100 - e}{e}}. \quad (10-а)$$

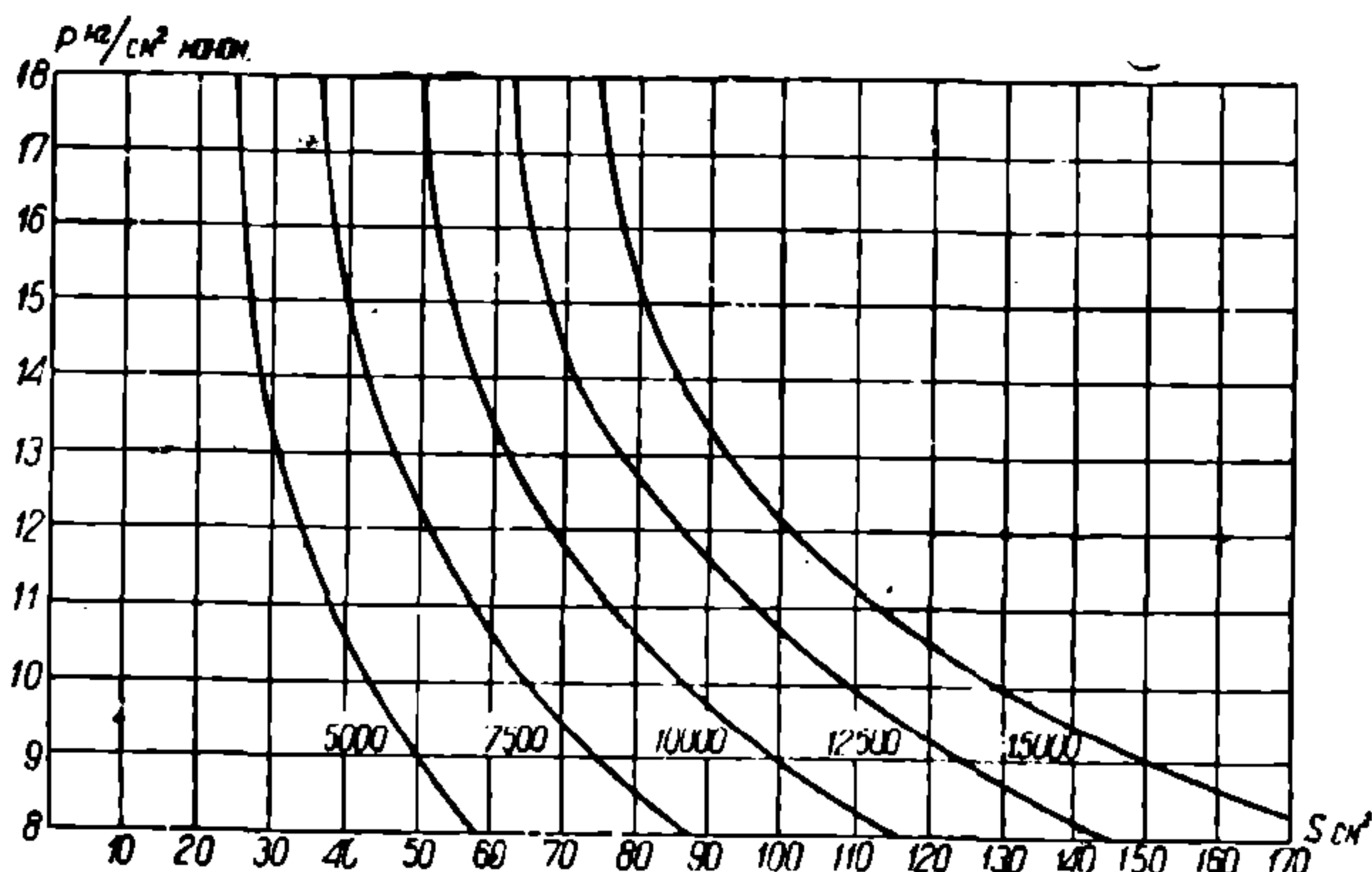
Этими формулами (9, 9-а, 9-б, 10 и 10-а) мы и рекомендуем пользоваться для расчета необходимых площадей полных открытых регуляторов.

Для проверки правильности выведенных формул, главным образом, принятых коэффициентов желательно сделать специальные опыты.

На фиг. 77 и 78 даны диаграммы для расчета внутренних и наружных регуляторов для паровозов однократного расширения двух- и четырехцилиндровых, определенных по этим формулам. Для трехцилиндровых паровозов однократного расширения следует взять $\frac{2}{3}$ полученных значений. Среднее соотноше-



Фиг. 77. Диаграмма для расчета площадей внутренних регуляторов паровозов однократного расширения двух- и четырехцилиндровых.



Фиг. 78. Диаграмма для расчета площадей наружных регуляторов паровозов однократного расширения двух- и четырехцилиндровых.

ние площадей внутреннего и наружного регулятора при одинаковых условиях и при температуре перегрева 350° составляет

$$\frac{p_{нар.}}{p_{внутр.}} \cong 1,1 \text{ или } p_{нар.} \cong 1,1 p_{внутр.}$$

Наименьший ход золотников плоского регулятора выбирается в следующих пределах: малого по большому 17—20 мм, большого—50—55 мм.

Наименьший подъем клапанов клапанных регуляторов Цара: малого—13—15 мм, большого—30—35 мм.

Усилие на регуляторную рукоятку не должно превосходить 25—30 кг.

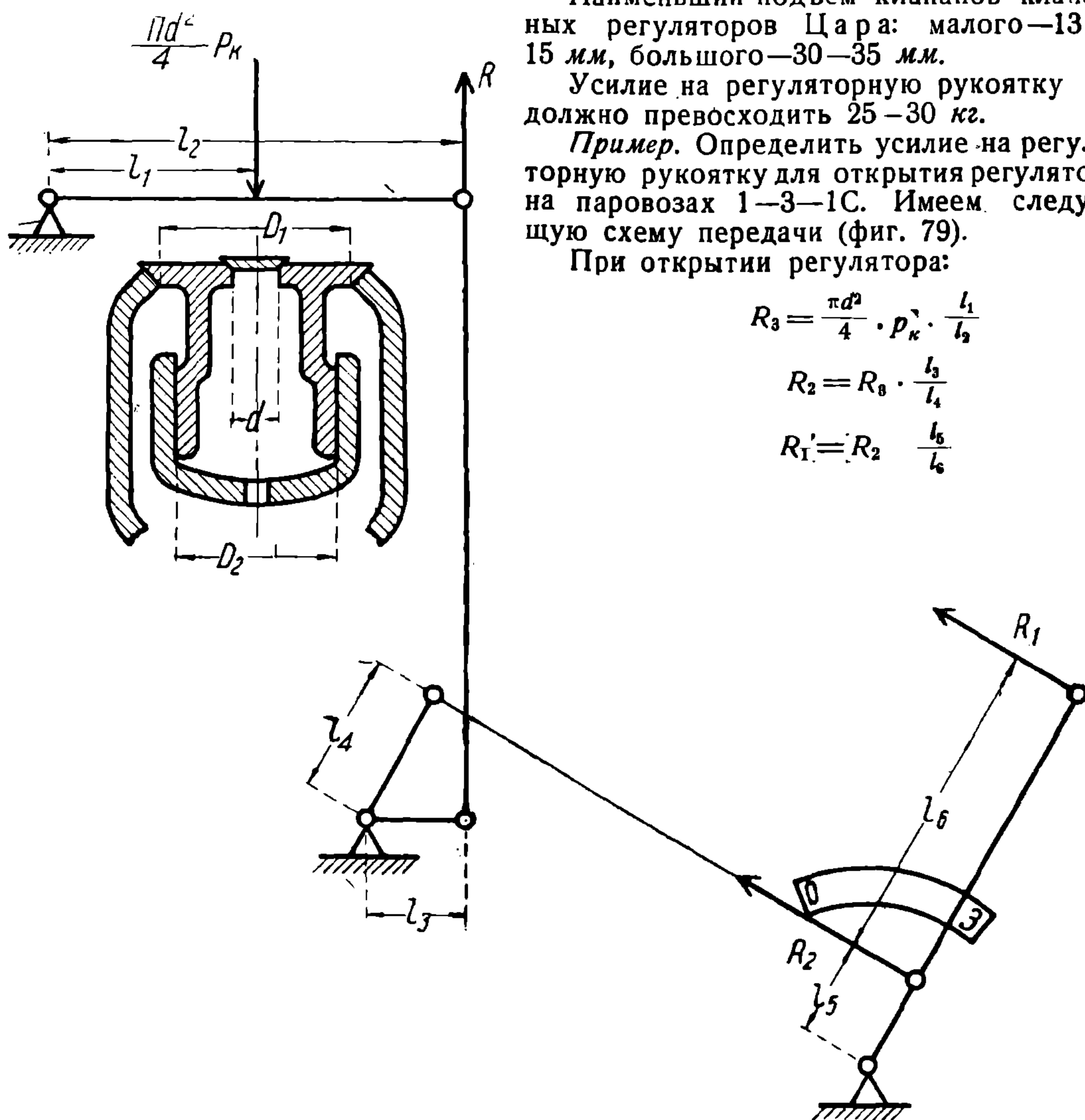
Пример. Определить усилие на регуляторную рукоятку для открытия регулятора на паровозах 1—3—1С. Имеем следующую схему передачи (фиг. 79).

При открытии регулятора:

$$R_3 = \frac{\pi d^2}{4} \cdot p_k \cdot \frac{l_1}{l_2}$$

$$R_2 = R_3 \cdot \frac{l_3}{l_4}$$

$$R_1 = R_2 \cdot \frac{l_5}{l_6}$$



Фиг. 79. Схема регуляторной передачи паровоза 1—3—1 С.

Для паровоза 1—3—1С имеем $d = 50$ мм, $D = 161$ мм, $D_2 = 145$ мм, $p_k = 13$ кг/см², $l_1 = 200$ мм; $l_2 = 360$ мм; $l_3 = 72,5$ мм; $l_4 = 72,5$ мм, $l_5 = 72,5$ мм, $l_6 = 400$ мм.

$$\frac{\pi d^2}{4} p_k = \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} \cdot 13 = 254,8 \text{ кг.}$$

$$R_3 = \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} \cdot 13 \cdot \frac{20}{36} = 141,7 \text{ кг.}$$

$$R_2 = 141,7 \cdot \frac{7,25}{7,25} = 141,7 \text{ кг.}$$

$$R_1 = 141,7 \cdot \frac{7,25}{40} = 25,6 \text{ кг.}$$

Коэффициент передачи

$$K = \frac{R_1}{\frac{\pi d^2}{4} p_k} = \frac{25,6}{254,8} = \frac{1}{10}$$

Определим теперь усилие на рукоятку для открытия большого клапана при большой скорости, когда давление в регуляторной трубе составляет половину котлового. Имеем

$$\begin{aligned} & \left(\frac{\pi_1 D_1^2}{4} - \frac{\pi_1 D_2^2}{4} \right) (p_k - 0,5 p_k) = \\ & = \left(\frac{3,14 \cdot 16,1^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 145^2}{4} \right) (13 - 0,5 \cdot 13) = 250,3 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Усилие на рукоятку будет.

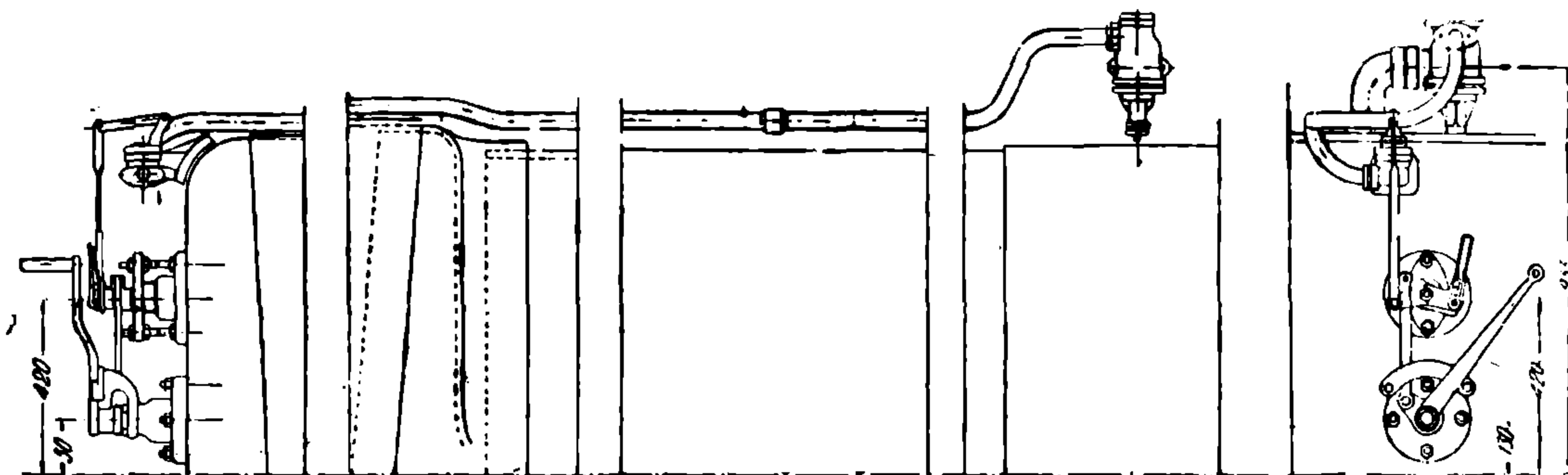
$$250,3 \cdot \frac{1}{10} = 25 \text{ кг,}$$

т. е. то же, что и при открытии малого клапана. В самом невыгодном случае, т. е. когда давление в регуляторной трубе упадет до 1 *атм abs.*, чего на самом деле при вполне открытом малом клапане произойти никак не может, усилие на рукоятку для открытия большого клапана получает максимальное значение в 50 кг.

В случае получения при проектировании регулятора больших усилий на рукоятку, можно применить либо приспособление Лысова (фиг. 27), либо регуляторный привод по американской системе (фиг. 48 и 49). При еще больших размерах надо переходить к многоклапанным регуляторам (фиг. 31 и следующие).

4. КЛАПАН ДЛЯ ВПУСКА МАЛОГО КОЛИЧЕСТВА ПАРА В ЦИЛИНДРЫ МАШИНЫ ПРИ ЕЗДЕ С ЗАКРЫТЫМ РЕГУЛЯТОРОМ

При езде с закрытым регулятором получается тормозящее действие от разрежения с нерабочей стороны поршня, уменьшаемое применением клапанов Риккура, паровоздушных клапанов или байпасов (об этом подробно будет



Фиг. 80. Расположение клапана.

сказано при описании машины). Вместе с этим циркулирование воздуха в паровых цилиндрах, сильно прогретых перегретым паром, способствует сгоранию смазки, а следовательно и задирам как золотниковых колец и втулок, так и стенок цилиндра и поршневых колец. При езде с паром может получиться только разложение смазки от высокой температуры, но воспламенение ее в среде пара невозможно. Горение и главное образование нагара происходит, следовательно, при езде без пара.

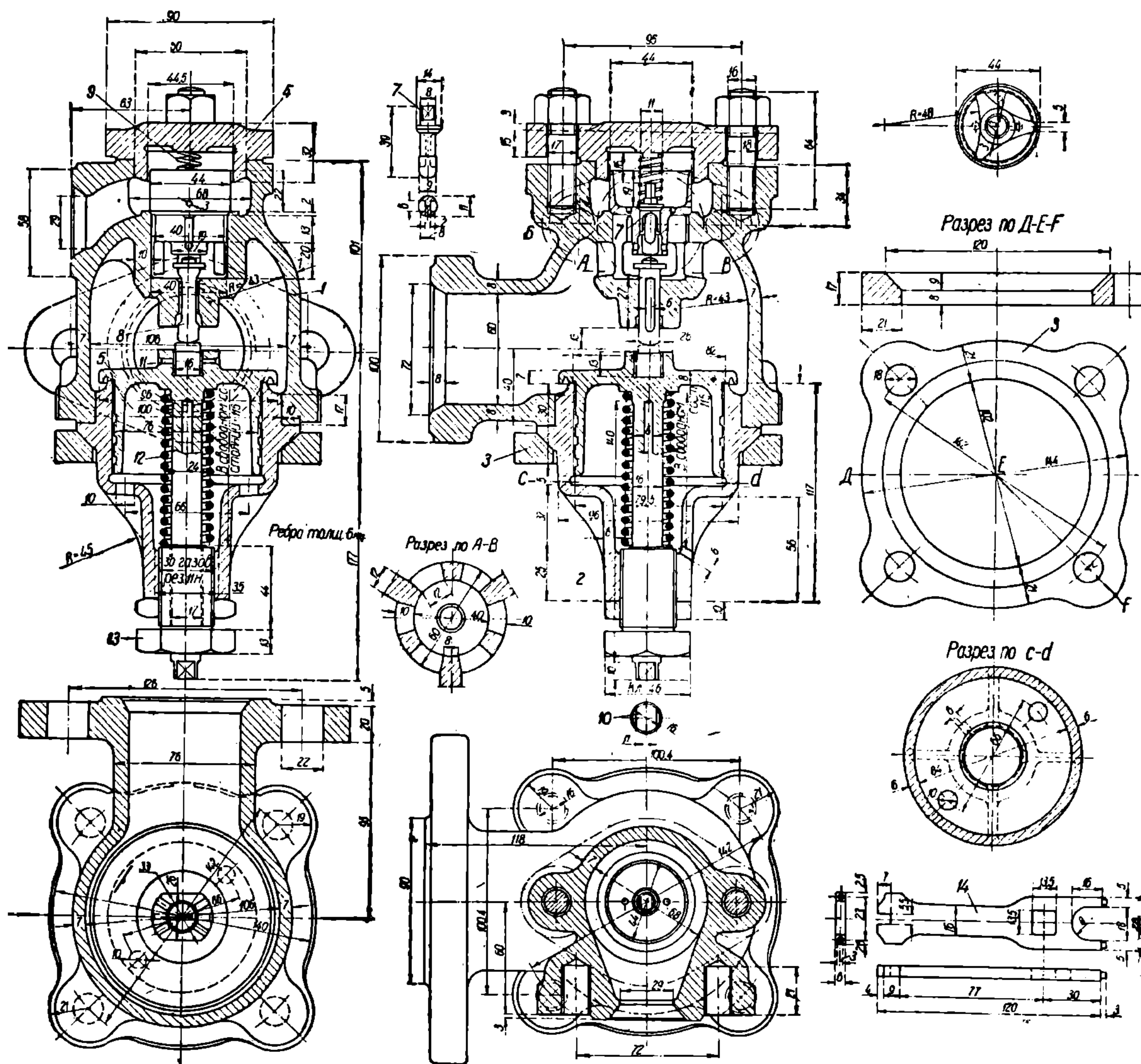
Для устранения горения смазки при езде с закрытым регулятором и устранения тормозящего действия разрежения в цилиндрах с нерабочей стороны поршня, на паровозах иногда устанавливается специальный клапан. На мощном паровозе, кроме того, при езде без пара, этот клапан, создавая паровое противодействие при подходе движущего механизма к мертвым положениям, поглощает инерцию возвратно движущихся масс и тем самым способствует устранению постукивания дышл, что становится особенно заметно при разработке

Technical drawing of a mechanical assembly, likely a valve or actuator, showing multiple views and detailed dimensions. The drawing includes a side view at the top, a front view in the middle, and a detailed view of a component at the bottom. Dimensions are given in millimeters. Key components are labeled with numbers 1 through 19. The text "ОТ ОСИ КОМПЛ. 420" is visible on the front view, and "СРЕДИНА КОМПЛ. 420" is visible on the side view.

- 1—рычаг регуляторного вала,
- 2—замыкатель на рычаге регуляторного вала,
- 3—скоба замыкателя,
- 4—пружинка замыкателя,
- 5—рычаг ручного привода,
- 6—замыкатель на рычаге ручного привода,
- 7—штулка замыкателя,
- 8—контргайка штулки,
- 9—рычаг замыкателя,
- 10—стойка рычага,
- 11—пружина рычага,
- 12—тяга привода,
- 13—коромысло привода,
- 14—трубы от клапана до соединительной гайки,
- 15—трубка от соединительной гайки до прибора,
- 16—штулка рычага ручного привода.

5*

котла 2 регуляторного привода за замыкатель 6 — привода к прибору. Вследствие нажима, в тот момент, когда регулятор будет закрыт, привод, идущий к прибору, будет сдвинут. Тяга 12 открывает клапан внутри коробки, установленной на верхнюю часть лобового листа кожуха топки. Пар, притекающий в эту коробку из парового пространства внутри кожуха топки, пройдет через открытый клапан в трубу, идущую в переднюю часть котла (фиг. 80), где



Фиг. 82. Клапан беспарного хода на паровозе 2—3—0 УУ.

1—кожух клапана,
2—коробка клапана поршня,
3—крепительное кольцо коробки,
4—крышки кожуха,
5—клапан-поршень,

6—паровпускной клапан,
7—малый клапан,
8—подъемный стержень клапана,
9—пружина малого клапана,
10—шпилька подъемного стержня,

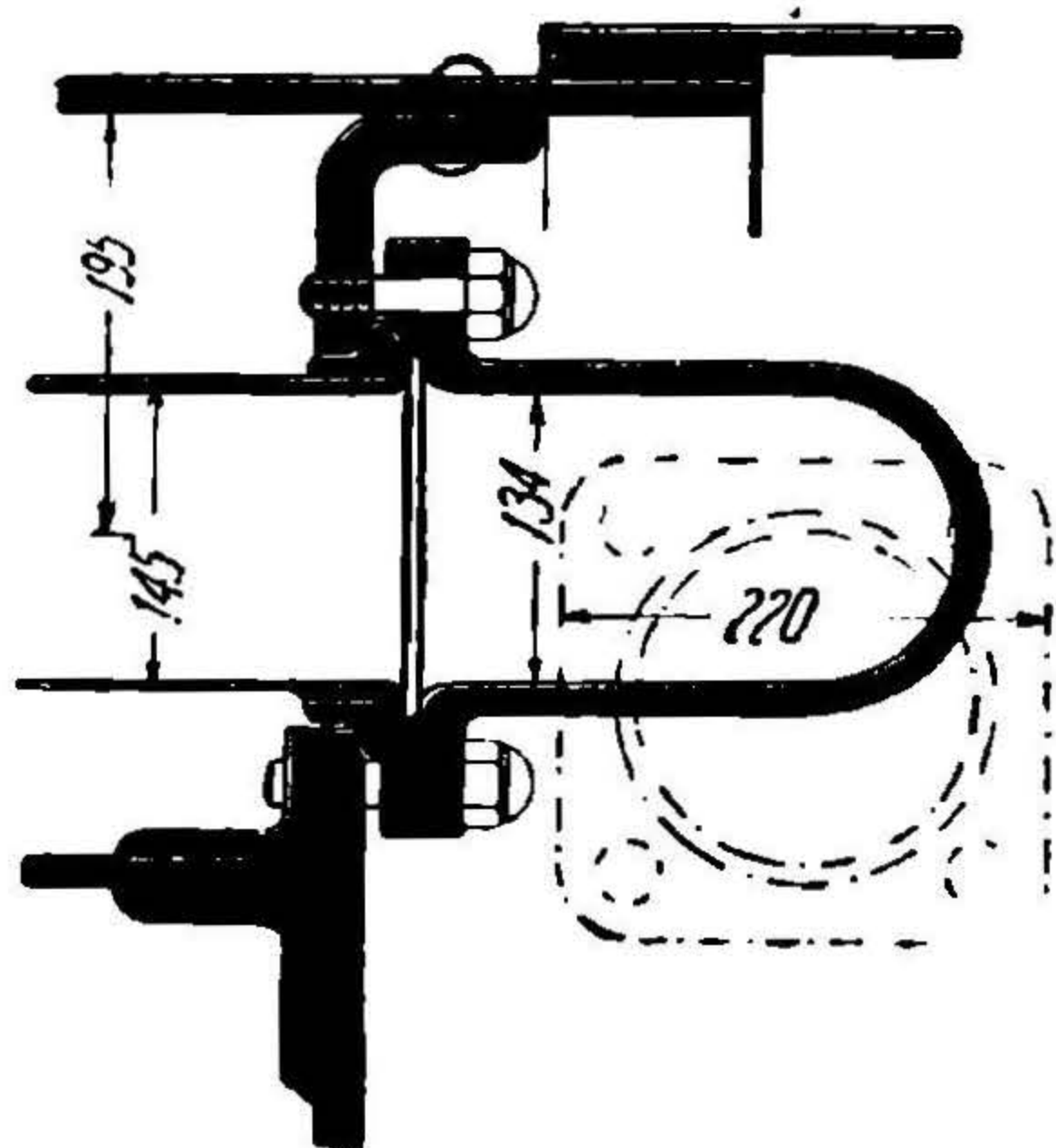
11—заклепка шпильки,
12—пружина клапана-поршня,
13—пробки в коробке клапана поршня,
14—ключ для притирки клапана.

трубы подведены к клапану, представленному на фиг. 82. Этот клапан поставлен на отделение перегретого пара камеры пароперегревателя посредством изогнутого колена. При открытом регуляторе пар, протекая в корпус клапана, вызывает давление на поршень клапана 5 и осаживает его вниз до упора о седло; пружинка 12 будет при этом в сжатом положении. При закрытии регулятора пружинка разжимается и тянет поршень-клапан 5 кверху. Клапан 5 надавливает при этом на хвостовик малого клапана и приподнимает его, впуская пар, притекающий к клапану по трубе в колено и далее, через камеру пароперегревателя, в машину.

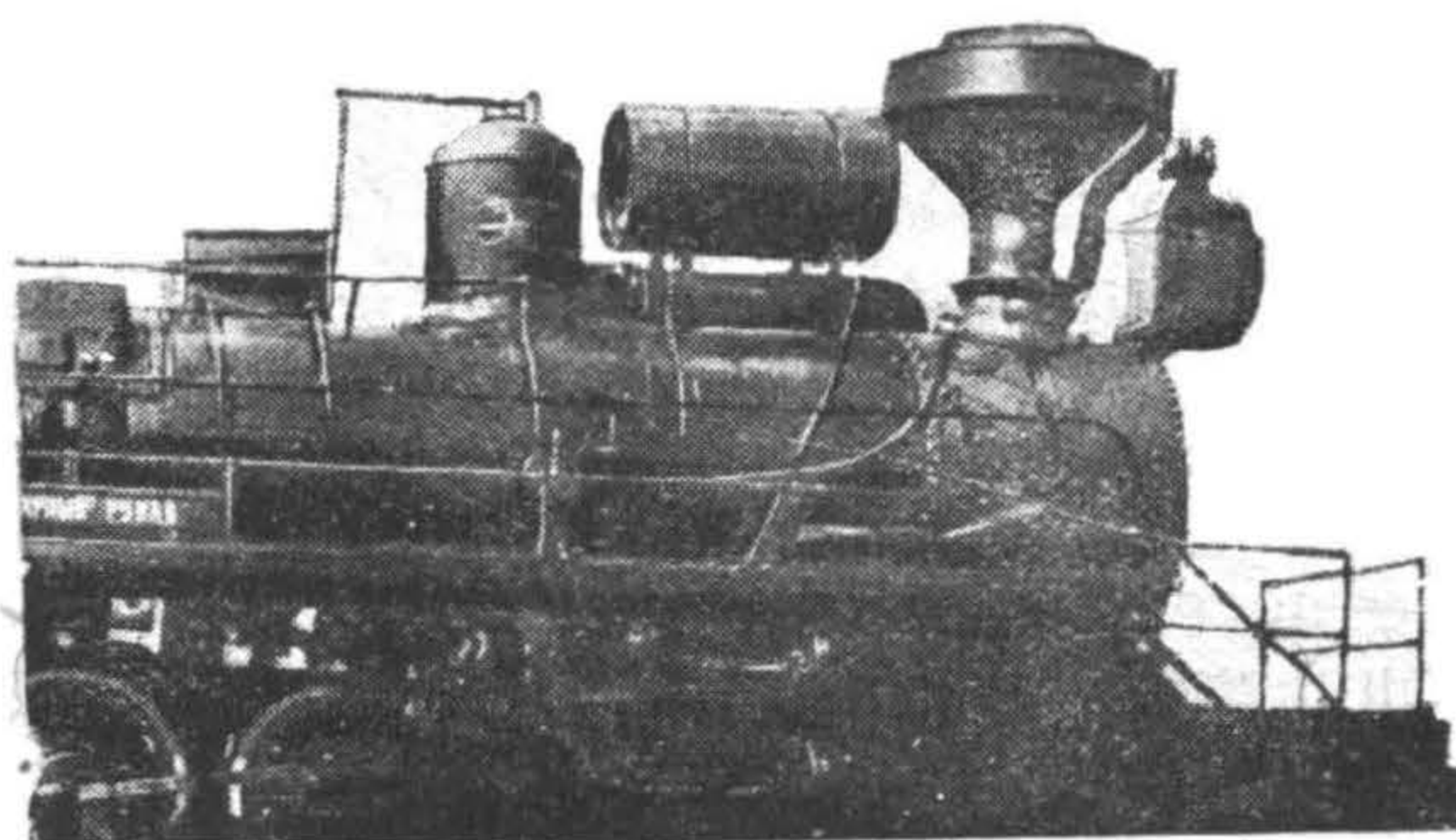
5. РЕГУЛЯТОРНАЯ ТРУБА

Регуляторная или сухопарная труба, непосредственно примыкающая к регулятору, служит для провода пара либо к паровходящим трубам на паровозах без пароперегревателей, либо к камере пароперегревателя на паровозах с пароперегревателями.

На фиг. 17 и 83 представлена регуляторная труба и ее фланцы на бесперегревном паровозе, расположенная внутри котла. Труба состоит из литого колена 3, на верхний фланец А которого ставится головка регулятора. Колено прикрепляется к стенкам парового колпака, помощью скоб, отлитых в верхнем фланце и скрепленных болтами с угольниками 7, прикрепленными к стенке колпака. В нижней части колена сделано гнездо Б для укрепления конца ре-



Фиг. 83. Передний конец регуляторной трубы на паровозе 0—4—0 ОВ.

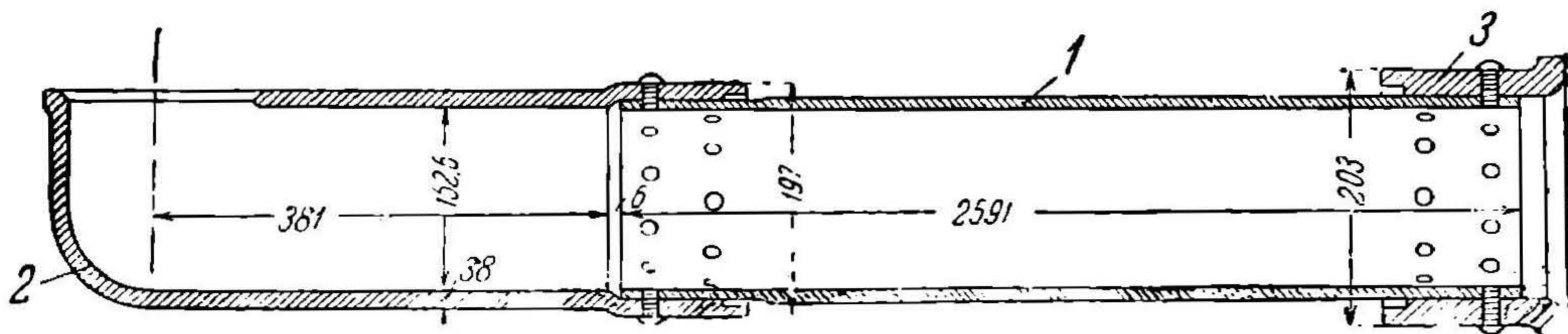


Фиг. 84. Расположение наружной регуляторной трубы на паровозе 1—4—0 ЩЧ.

гуляторного вала. Задняя часть регуляторной трубы 8 соединяется позади с коленом 4 фланцем 9, входящим в колено по конусу, а передним выходит через отверстие в передней решетке (фиг. 83), где укрепляется фланцем, приваренным к трубе и прижатым к решетке коленом, в котором сделаны фланцы для присоединения паровходящих труб, причем в двухцилиндровых паровозах компаунд колено имеет только один фланец, так как весь пар направляется по одной паровходящей трубе к цилиндру высокого давления.

Паровозы, оборудованные пароперегревателями, имеют регуляторные трубы, идущие как внутри котла, так и вынесенные из паровых колпаков наружу, что зависит от конструкции камеры пароперегревателя (коллектора).

Наружное расположение регуляторной трубы имеет то удобство, что камера пароперегревателя сразу может быть установлена на направляющих угольниках



Фиг. 85. Регуляторная труба паровоза 1—5—0 ЕК.

1—железная часть трубы, 2—заднее колено, 3—фланец.

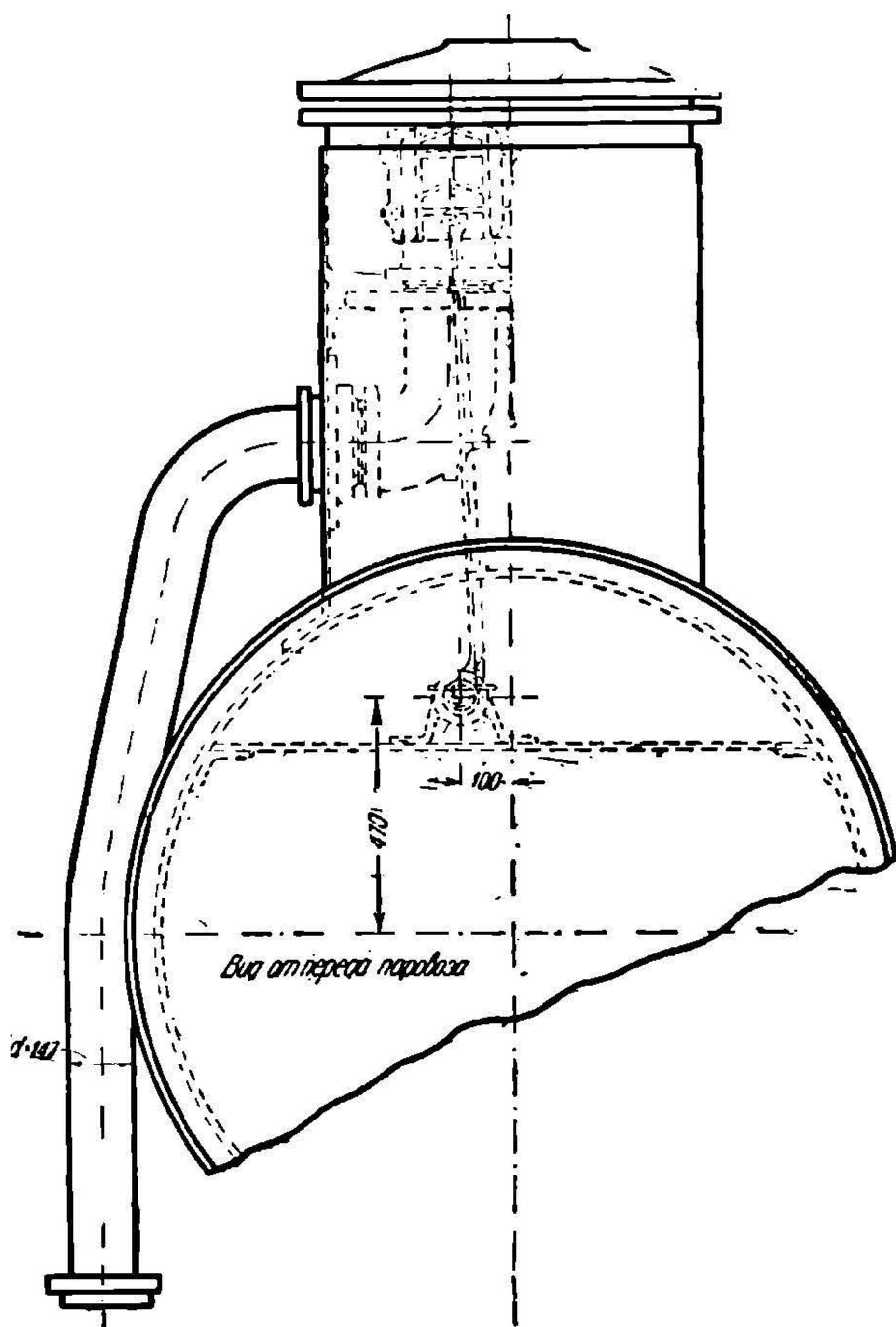
дымовой коробки, не требуя при этом точной выверки по высоте. Вся неточность положения фланца камеры, к которому присоединяется регуляторная труба, может быть при этом легко компенсирована подгибанием наружной регуляторной трубы до полного совпадения ее фланцев как с постоянным фланцем на паровом колпаке, так и с фланцем камеры пароперегревателя.

Когда регуляторная труба имеет внутреннее расположение, то ее концевой фланец закреплен в передней решетке. Камера пароперегревателя для данного

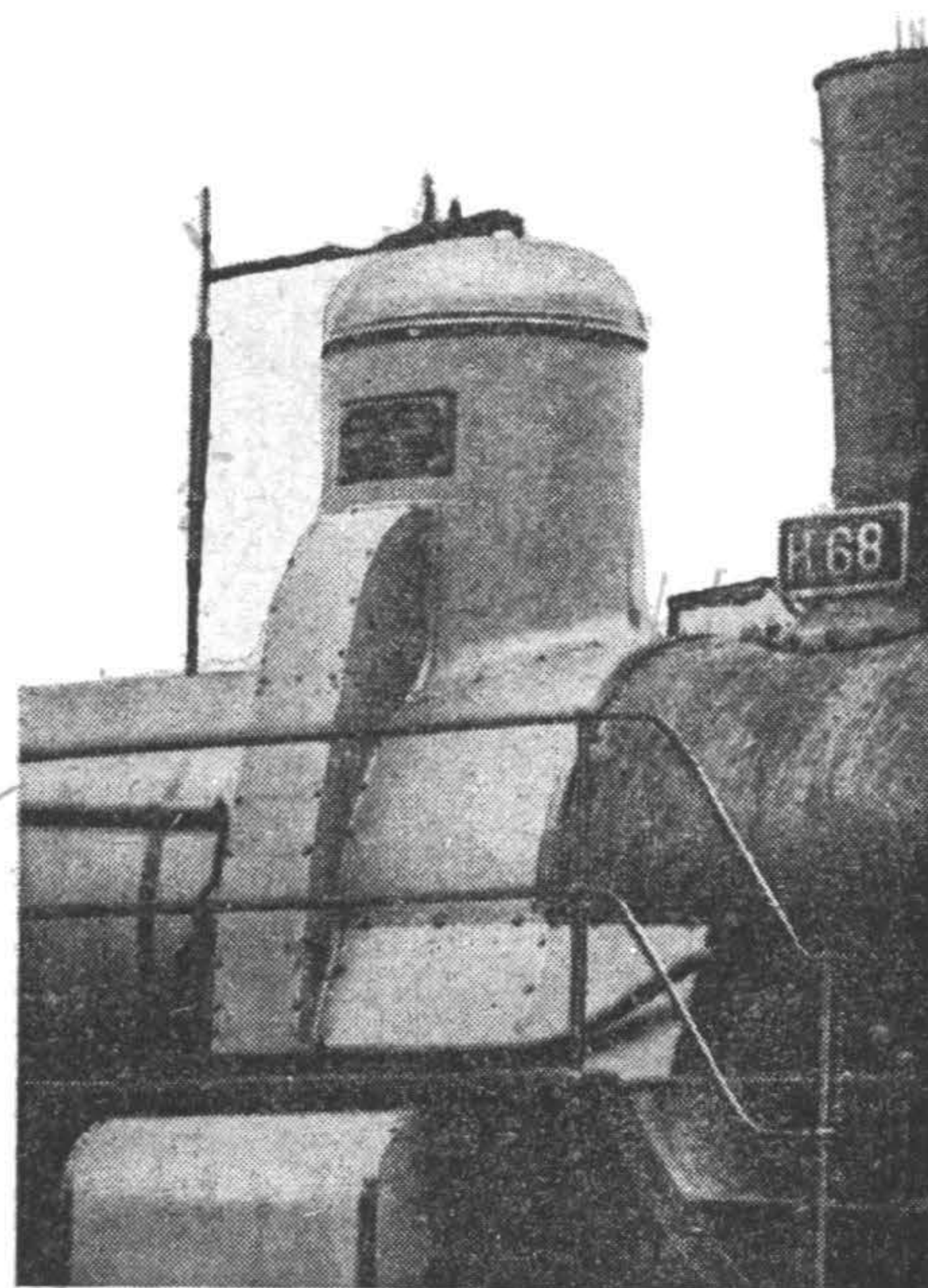
Примером внутренней регуляторной трубы паровозов с перегревом американской постройки может служить труба паровозов 1—5—0 Е^к, изображенная на фиг. 85. Железная часть трубы 1 присоединяется сзади к фланцу колена 2 и впереди к фланцу 3 шурупами или заклепками. Края фланцев обчеканиваются по трубе; также обчеканиваются головки шурупов или заклепок, чем достигается непроницаемость.

Передний фланец 3 трубы 1 прижимается к отверстию в передней решетке, а между ним и камерой пароперегревателя прокладывается кольцо, имеющее шаровую поверхность со стороны фланца и плоскую, притертую поверхность по фланцу камеры пароперегревателя. Применение таких фланцев в данном месте

очень удобно, так как при них легко сделать установку, ибо эти кольца допускают перемещения фланца камеры, не требуя очень точной ее установки на направляющих угольниках.



Фиг. 89. Регуляторная труба паровоза 1—3—0 НУ.



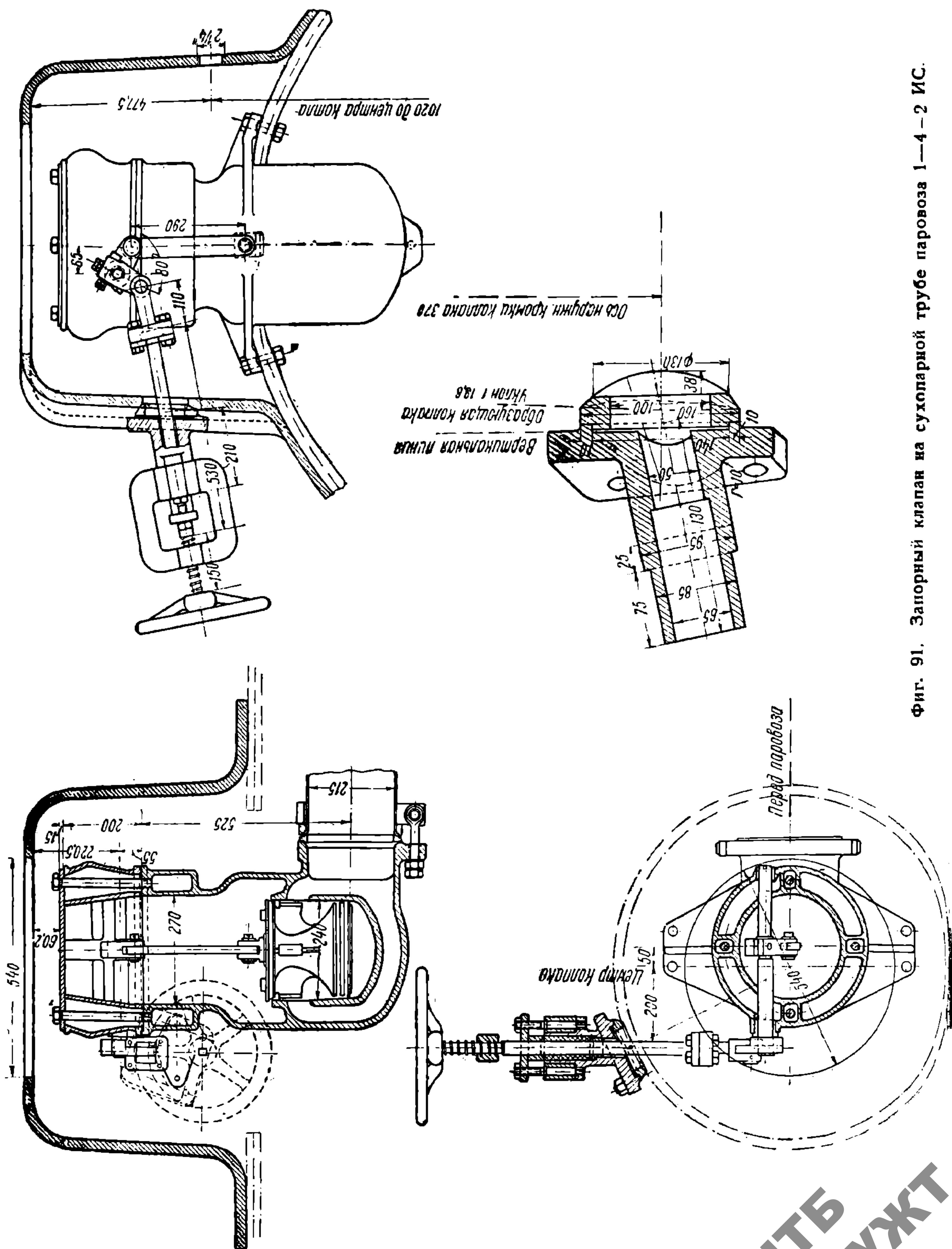
Фиг. 90. Наружный вид парового колпака и регуляторной трубы на паровозе 1—3—0 НУ.

На фиг. 86 представлена регуляторная труба паровозов 1—3—1 С. Колено 1 прикреплено к стенке парового колпака изнутри. Труба 2 фланцами 3 и 4 соединена с коленом 1 и камерой пароперегревателя.

На паровозах 1—3—1 С^в, С^у, 1—4—0 V^в, 1—3—1 Л и др. регуляторная головка отлита вместе с коленом регуляторной трубы (фиг. 87).

На фиг. 88 представлено переднее колено регуляторной трубы 1 на части паровозов 0—4—0 V^в (с одним регулятором), вынесенной за камеру пароперегревателя. Камера имеет на отделении перегретого пара только один средний фланец, к которому и прикреплен задний фланец А этого колена. К передним двум фланцам Б—Б колена присоединены паровходящие трубы. Фланцы В—В служат для постановки паровоздушных клапанов. Колено опирается на поперечный угольник 2, прикрепленный по концам к угольникам 3—3, присоединенным к стенкам дымовой коробки. Если колено применено на паровозе с перегревом, то верхний фланец его Г заглушается. То же колено применено и на паровозах 0—4—0 V^в без перегрева. В этом случае регуляторная труба, расположенная на всех паровозах 0—4—0 V^в, снаружи котла одинакова, и присоединяется

к фланцу Г колена, через которое пар поступает к фланцам Б — Б' паровходящих труб; тогда заглушается фланец А. На трех паровозах 0—4—0 V^Б с двумя регуляторами это колено заменено рассмотренной выше головкой второго регулятора (см. фиг. 69),

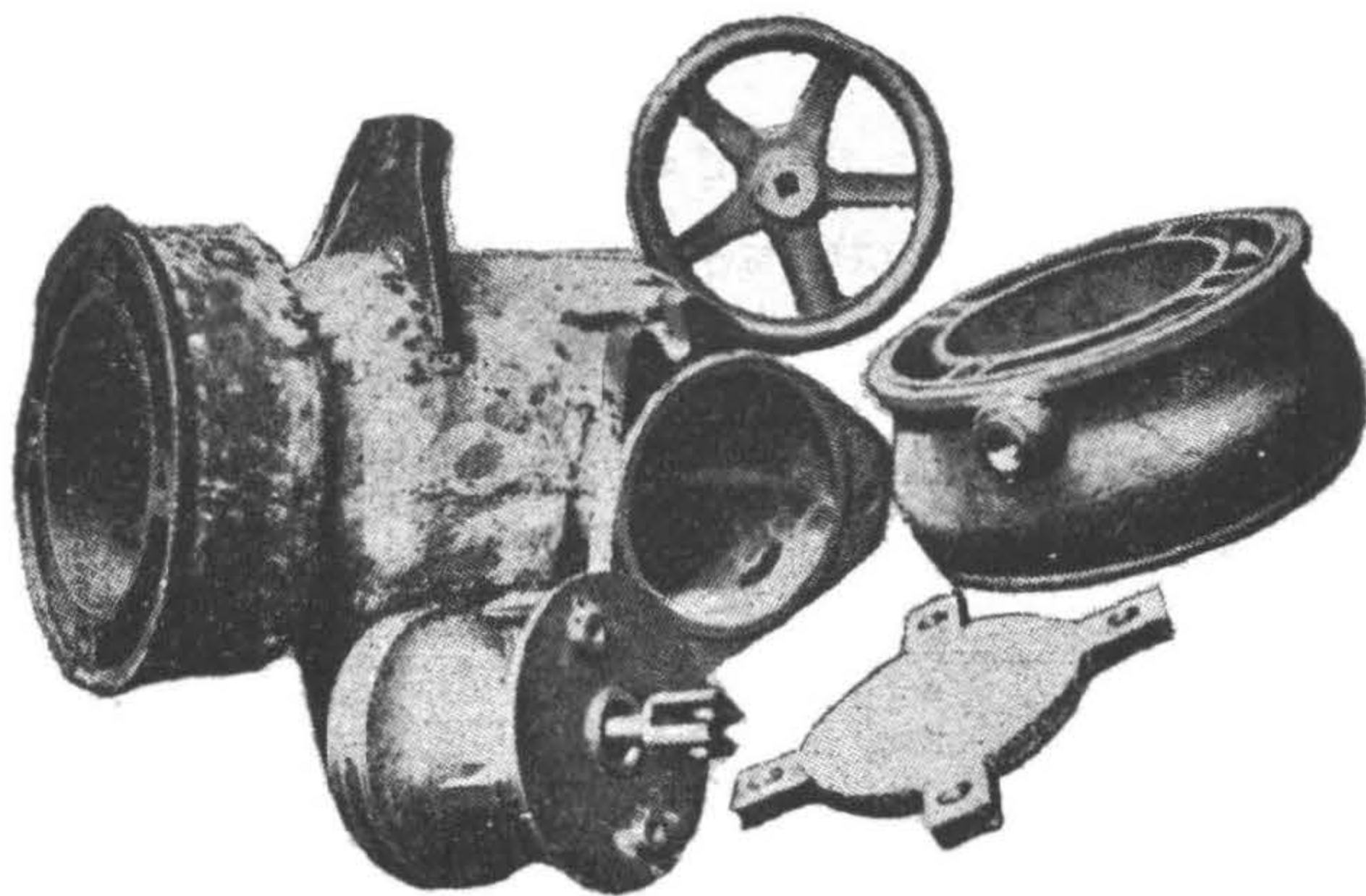


Фиг. 91. Запорный клапан на сухоларной трубе паровоза 1—4—2 ИС.

На паровозах 1—3—0 НУ, типа 1910 г. (фиг. 89 и 90), для освобождения пространства дымовой коробки от паровходящей трубы, регуляторное колено выведено из парового колпака в бок.

На паровозах 2—3—1 Л на регуляторной трубе установлен воздушный клапан, который всасывает при езде с закрытым регулятором воздух в пароперегреватель и охлаждает элементы (устройство всех воздушных и паровоздушных клапанов будет пояснено в следующих частях этой книги, где будет дано описание арматуры машины).

Регуляторная или вернее сухопарная труба паровозов 1—5—1 ТБ, 1—5—2 ТА, 1—5—1 ФД и 1—4—2 ИС, идущая из парового колпака к пароперегревателю, если будет необходимо отделить пароперегреватель от котла при прорыве элемента или другой порче, имеет запорный вентиль, привод которого выведен наружу и имеет маховичек с левой стороны на сухопарнике (фиг. 91 и 92). Для того чтобы не допускать чрез-



Фиг. 92. Запорный клапан и паросушитель паровоза 1—4—2 ИС.

мерного давления в пароперегревателе в то время, когда запорный вентиль и регулятор, на камере пароперегревателя или на регуляторной трубе желательно установить предохранительный клапан.

При прохождении пара по регуляторной трубе, она испытывает значительные температурные удлинения. Изменения длины становятся особенно заметны при наружном расположении трубы. Тот изгиб трубы вниз, который делается для присоединения трубы к коллектору, является, следовательно, и компенсатором, дающим возможность трубе удлиняться. Удлинения одного погонного метра стальной трубы показаны в табл. 4.

Таблица 4

Состояние пара	Н а с ы щ е н н ы й			Перегретый до 350°C
	$p = 10$ кг/см ² маном.	$p = 12$ кг/см ² маном.	$p = 15$ кг/см ² маном.	
Удлинение мм	2,0	2,1	2,2	3,8

Изгиб трубы не должен быть слишком резким; минимальный радиус его берется в пределах

$$r_{\min} = \text{от } 3d \text{ до } 4d,$$

где d — диаметр трубы снаружи.

Диаметр регуляторной, также как и всякой другой паровой трубы, определяется из следующего уравнения:

$$U = \frac{\pi d^2}{4} \cdot W \cdot \gamma, \quad (1)$$

где U — секундный расход пара машиной в кг/сек., W — скорость течения пара по трубе и γ — удельный вес пара в кг/см³. Из этого уравнения

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{U}{W \cdot \gamma}}. \quad (2)$$

Скорости W обыкновенно даются значения не выше 50—80 м/сек.¹, причем нижний предел должен соответствовать насыщенному, а верхний перегретому пару.

¹ *Игель* — Руководство к паровозостроению, 1924 г., стр. 122; *Н. И. Карташов* — Курс паровозов, ч. 2, изд. 1932 г., стр. 16; Проектирование паровоза — Труды МИИТа, вып. XXXI, стр. 179. В некоторых руководствах даются и пониженные значения для скорости, особенно для насыщенного пара; напр., *Д. Д. Наумов* — Проектирование паровозов.

При таком значении, заимствованном из практики стационарных паровых котлов, в паропроводе не образуется заметно перепада давлений.

Такое обобщение, однако, мало пригодно для паропроводных труб паровозного котла, так как при принятии указанных скоростей размеры труб выходят чрезмерно малыми, что видно из следующего примера.

Если расход пара машиной паровоза 1—3—1 С равен 2,85 кг/сек. (из условий примера на стр. 63), то, при давлении его 13 кг/см² и скорости пара 50 м/сек, получим:

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{2,85}{50 \cdot 6,89}} = 0,072 \text{ м} = 72 \text{ мм}.$$

Существующий диаметр—150 мм (см. табл. 5).

Таблица 5

Диаметры регуляторных, паровходящих, паровыхходящих и ресиверных труб

Серии паровозов	Регуля- торная	Паровхо- дящая	Паро- выходя- щая	Реси- верная	Серии паровозов	Регуля- торная	Паровхо- дящая	Паровы- ходящая	Ресивер- ная
2—3—ОБ	140,0/152	130/142,0	170/179	—	1—3—1С ^У	140/150	130/140	200/235	—
1—5—ОФ, ЕС, ЕК	152,5/165	140/152,5	—	—	1—5—2ТА	216/246	190/220	—	—
1—5—ОЕЛ	152,5/165	140/152,5	—	—	1—5—1ТБ	215/245	190/220	—	—
1—4—ЦИ	134/144	120/130	150/160	—	2—3—ОУУ	130/142	108/120	—	150/160
1—4—2ИС	215/227	192/204	—	—	2—3—ОУ	134/145	110/118	—	150/160
2—3—ОК	134/144	120/130	150/160	—	1—5—1ФД	215/227	192/204	—	—
2—3—ОКУ	134/144	121/130	150/160	—	1—4—ОЩП	160/174	140/154	160/168	—
2—3—1Л	175/189	140/150	200/206	—	1—4—ОЩ	—	—	—	—
2—4—ОМ	170/180	140/150	200/206	—	ЩЧ	160/173	160/174	230/236	210/219
1—3—ОНВ	—	—	—	—	0—4—ОЫ	120/130	134/145	230/240	210/218
НВ	135/161	135/145	200/206	180/188	0—4—ОЫП	120/130	120/130	150/160	—
1—3—ОНУ	—	—	—	—	0—4—ОЫЧ	134/144	134/145	230/240	220/230
НУ	147/159	147/159	227/241	227/241	0—4—ОЫУ	134/145	120/130	130/139	207/220
1—3—ОНП	135/161	135/145	160/170	—	0—5—ОЭ	140/150	130/140	170/180	—
0—4—ООВ	135/145	134/140	200/206	230/238	0—5—ОЭУ	143/152	130/140	170/180	—
1—3—1С	150/164	130/144	160/168	—	0—4—ОВ	134/144	120/130	150/160	—
1—3—1СВ	134/144	120/130	168/178	—	0—4—ОВС	—	—	—	—
					VB	150/164	130/144	160/168	—

Это расхождение указывает либо на преувеличенные существующие размеры труб, либо на несоответствие принятых значений скоростей.

Нетрудно показать, что все дело заключается именно в скорости. Если вспомнить, что при работе паровой машины потребление пара из паропровода идет не непрерывно, а по мере открытия паровпускных каналов золотниками, то станет совершенно понятным, что, как в регуляторе, так и в остальном паропроводе, скорость пара меняется от максимума до минимума. Все же пределы скоростей для стационарных паропроводов определены для непрерывного тока пара при постоянной установившейся скорости. Поэтому, чтобы в моменты максимумов скорость пара не выходила за установленные пределы 50—80 м/сек., средняя скорость пара, которую следует ввести в формулу (2), должна быть значительно понижена.

Для того чтобы определить значение средней скорости, нужно знать периоды ее колебаний, в зависимости от числа оборотов движущих колес, системы машины и отсечки. Все это выражается теми же коэффициентами η , которые вошли в формулы для расчета регуляторов (см. стр. 61)—именно для машины простого действия двух-и четырехцилиндровой и компаунд четырехцилиндровой:

$$\eta_1 = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{100 - e}{e}},$$

для двухцилиндровой компаунд:

$$\eta_2 = \pi \sqrt{\frac{100 - e}{e}},$$

трехцилиндровой простого действия:

$$\eta_3 = \frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{100 - e}{e}},$$

воза, 1931 г., стр. 45, дает для насыщенного пара W_{20} м/сек. и для перегретого $W = 40$ м/сек; Д. Н. Бабенко — Крепостной расчет паровоза (Груды МИИТа, выпуск XXXI, стр. 179) дает для насыщенного пара 16—30 м/сек. и перегретого 50—80 м/сек.

где e — наполнение в процентах. При $e = 30\%$ для машины, простого действия и $e = 50\%$ для компаунд, эти коэффициенты обращаются в

$$\eta_1 = 2,39; \eta_2 = 3,14; \eta_3 = 1,60.$$

Значения средних скоростей соответственно будут:

для насыщенного пара

$$W_1 = \frac{50}{2,39} = 21 \text{ м/сек.}$$

$$W_2 = 16$$

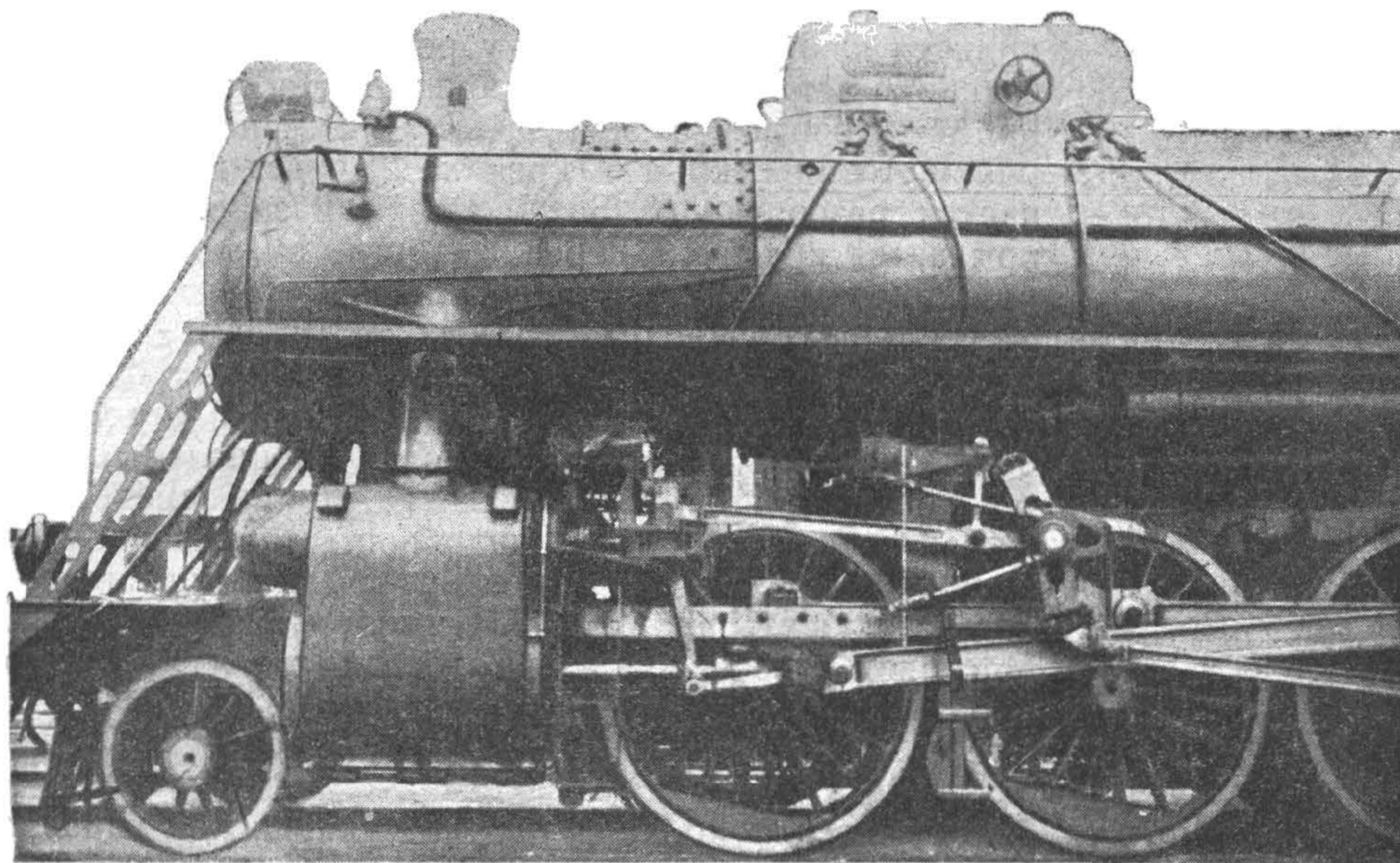
$$W_3 = 31$$

для перегретого пара

$$W_1 = \frac{80}{2,39} = 33 \text{ м/сек.}$$

$$W_2 = 25$$

$$W_3 = 50$$



Фиг. 93. Передняя часть паровоза 1—4—2 ИС.

Таковыми значениями скоростей мы и рекомендуем пользоваться для расчета диаметров всех паровходящих труб, причем для регуляторной трубы следует принимать пар только насыщенный.

Пример. Определить необходимый диаметр регуляторной трубы паровоза 0—5—0Э^у для расхода пара, соответствующего форсировке $Z_m = 45 \text{ кг/м}^2$ в час.

Имеем

$$U = \frac{45 \cdot 197,6}{3600} = 2,47 \text{ кг/сек.},$$

$$d_{\max} = 1,13 \sqrt{\frac{2,47}{21 \cdot 6,43}} = 0,152 \text{ м или } 152 \text{ мм};$$

существующий диаметр—143 мм.

Толщина стенок трубы определяется из следующего уравнения:

$$\delta = \frac{p \cdot d}{2K} + C \quad (3);$$

где δ — толщина стенки в см, p — давление пара в кг/см^2 , d — диаметр трубы в см, K — допускаемое напряжение на растяжение или сжатие, в зависимости от того, где расположена труба, т. е. внутри котла или снаружи, которое для стали может быть для обоих случаев принято от 600 до 800 кг/см^2 , C — величина, учитывающая износ труб и утонение стенки вследствие изгиба трубы, которую следует принимать не менее 3—4 мм.

Определить толщину стенки трубы при $p = 13 \text{ кг/см}^2$ и $d = 130 \text{ мм}$ внутри.

Имеем

$$\delta = \frac{13 \cdot 13}{2 \cdot 600} \cdot 0,4 = 0,54 \text{ см или } 5,5 \text{ мм.}$$

Короткое колено регуляторной трубы, прикрепленное к стенке колпака (фиг. 86), отливается из стали (Ст. Л I, ОСТ 791). Остальные литые части трубы изготавливаются из чугуна ЧЛ I, ОСТ 970, железные трубы — из железа Ст. 3, ОСТ 5098, фланцы и прочие части — из железа Ст. 3, прокладные кольца — из красной меди или ковкого чугуна.

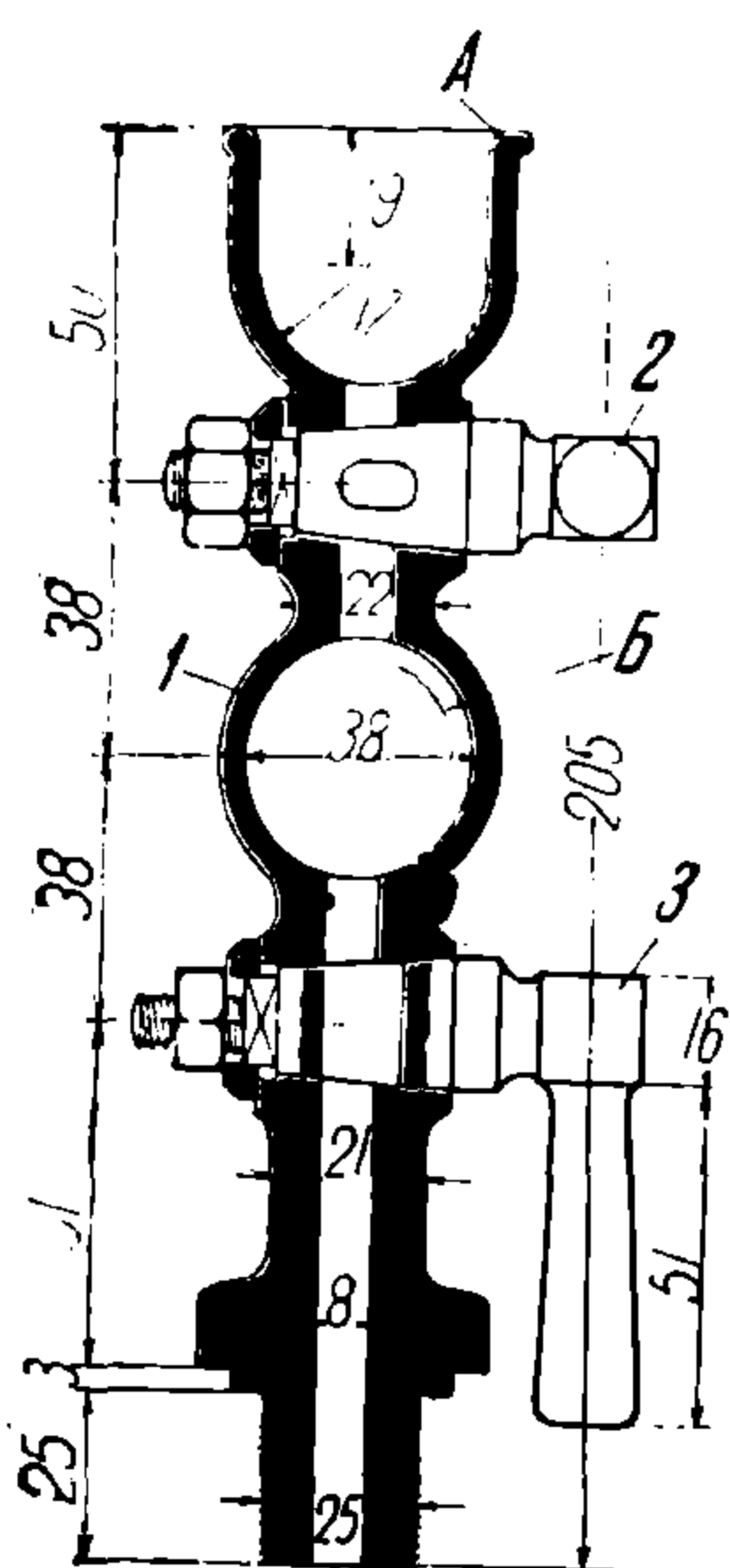
6. РЕГУЛЯТОРНАЯ МАСЛЕНКА

Регуляторная масленка 1 для смазки золотников плоского регулятора (фиг. 94) ввинчивается в стойку, которая, в свою очередь, ввинчивается в крышку парового колпака. Нижний конец стойки, имеющий вид трубки, подводится к воронке или лотку регуляторной головки. Масленки имеют верхнюю воронку А, два краника 2 и 3 и промежуточный резервуар Б. Смазка наливается в воронку А при открытом кранике 2, через который заполняется резервуар Б. Затем краник 2 закрывается, а открывается краник 3, через который смазка вытекает из резервуара к регуляторной головке.

На первых пятнадцати паровозах 0—5—0 Э^ш был применен плоский регулятор, а на остальных 0—5—0 З^ш клапанный. Так как крышки колпачков отливались по одной модели, в которой сделан специальный фланец с отверстием под стойку масленки, то при замене плоского регулятора клапанным надобность в масленке отпала, почему отверстие для стойки в крышке колпака пришлось заглушить пробкой на изолирующей прокладке. Масленки и ее краники изготавливаются из арматурной бронзы, как и прочая арматура котла.

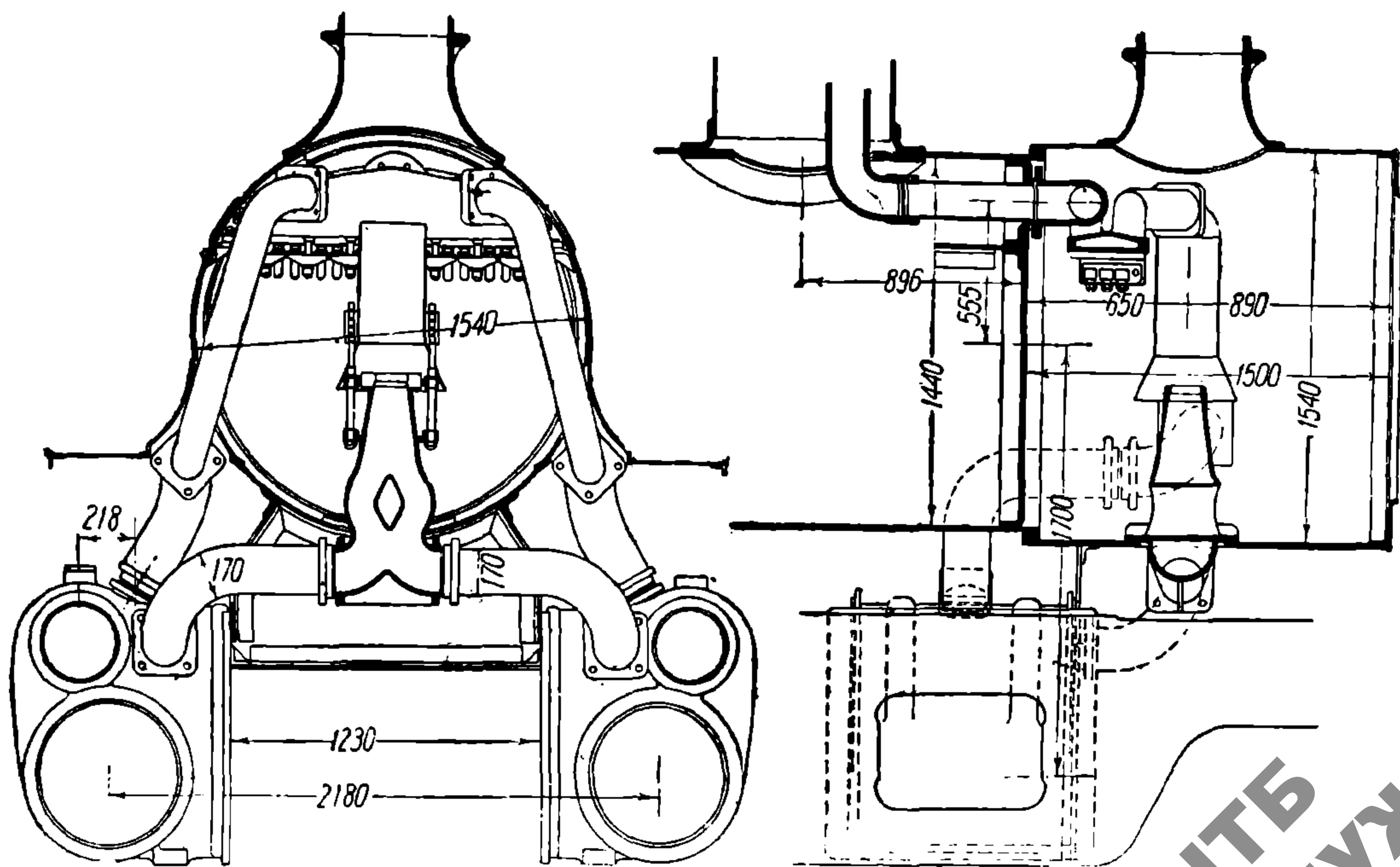
7. ПАРОВХОДЯЩИЕ ТРУБЫ

Паровходящие трубы служат для прохода пара в цилиндры. В паропроводах безперегревных паровозов эти трубы вверху присоединены к фланцам колена регуляторной трубы, а внизу к фланцам цилиндров. В двух цилиндровых



Фиг. 94. Регуляторная масленка паровоза 1—4—0 Ц.

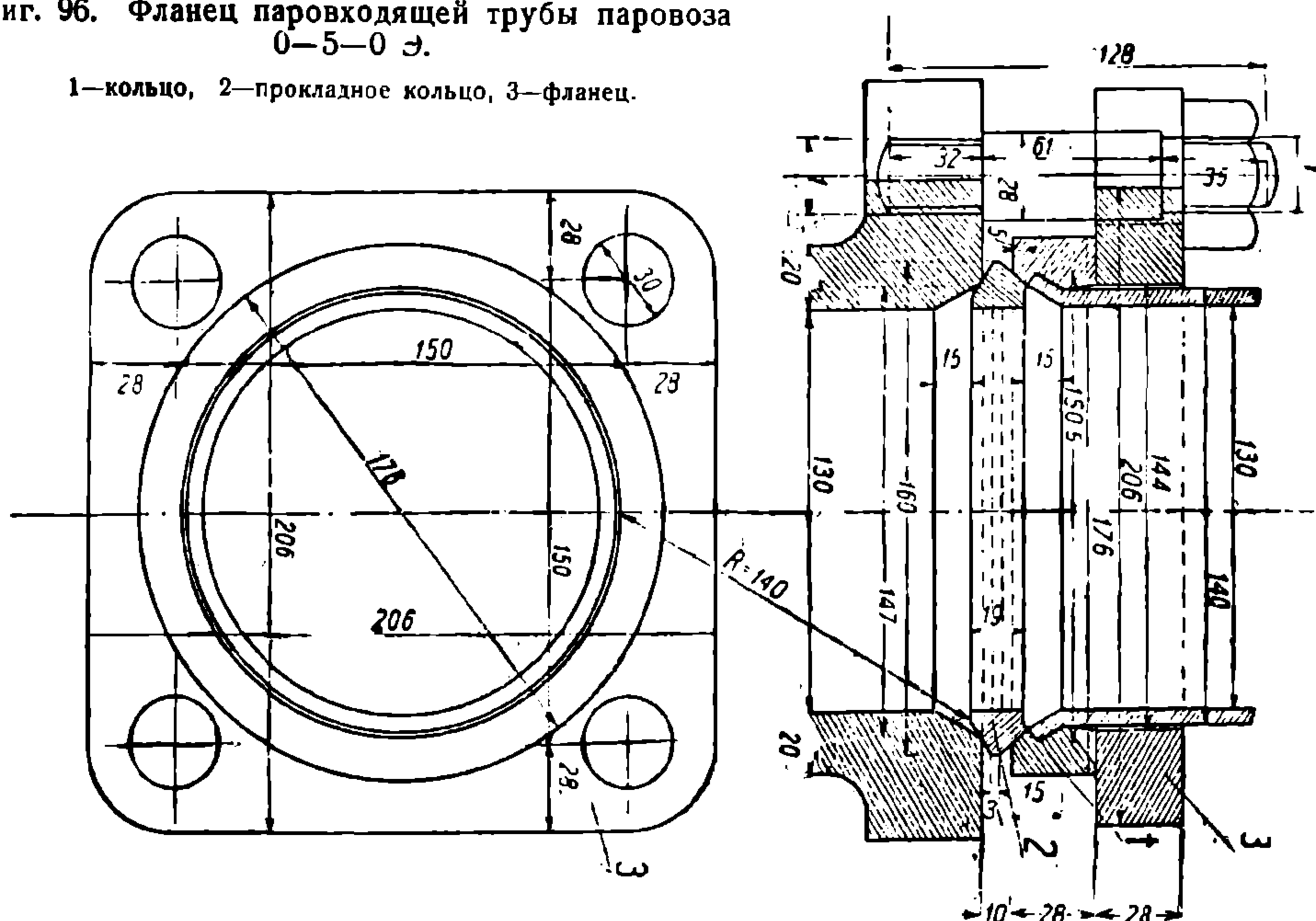
1—кожух масленки,
2 и 3—краники.



Фиг. 95. Расположение паровых труб в дымовой коробке паровоза 1—3—0 НЦ.

Фиг. 96. Фланец паровходящей трубы паровоза
0—5—0 Э.

1—кольцо, 2—прокладное кольцо, 3—фланец.



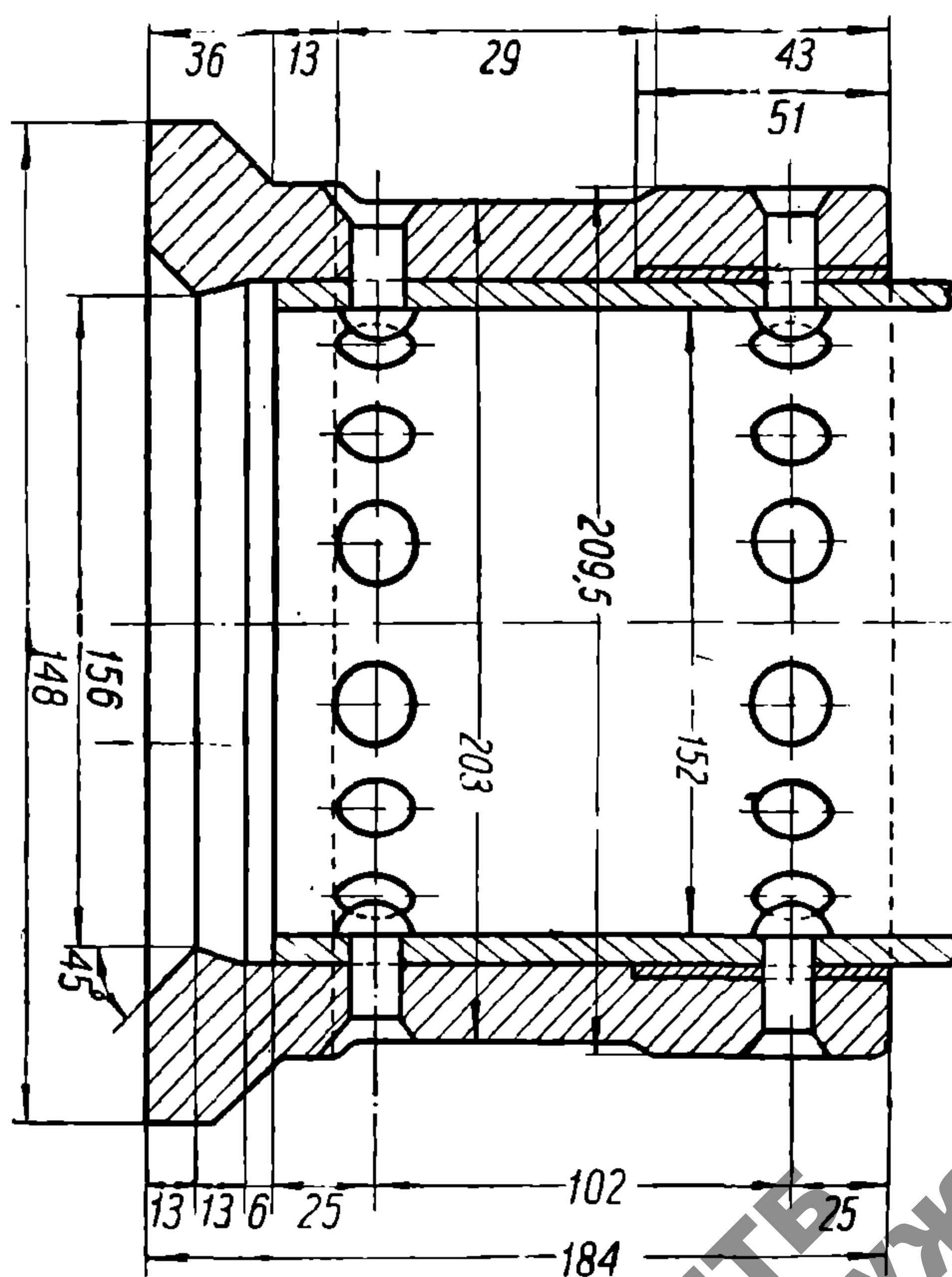
паровозах компаунд паровходящая труба идет только к цилиндру высокого давления (правому). В паровозах с пароперегревателями паровходящие трубы вверху присоединены к камере пароперегревателя.

На фиг. 95 представлено общее расположение паровых труб в дымовой коробке на паровозах 1—3—0 Н^П, а на фиг. 96 показан фланец паровых труб паровоза 0—5—0 Э. К трубе приваривается кольцо 1, коническая проточка которого упирается в чечевичное прокладное кольцо 2. Нажим производится фланцем 3, притягиваемым гайками на шпильках или болтах. На паровозах 1—5—0 Е фланцы труб соединяются при помощи плоско чечевичных колец (фиг. 97).

В зависимости от расположения паровходящих фланцев камеры пароперегревателя (об устройстве камер будет сказано ниже), паровходящие трубы идут от камеры либо прямо вниз (камера Сормовского завода) или сперва вперед, а затем плавно загибаясь вниз (камеры остальных типов).

На паровозах 0—5—0 Э^У и 1—3—1 С^У, имеющих паровходящие трубы, идущие от камеры вперед, часто наблюдаются случаи пропаривания верхних фланцев труб, а иногда и трещины в самих трубах.

Значительно реже бывают случаи пропаривания труб, идущих книзу (паровозы 1—3—1 С).



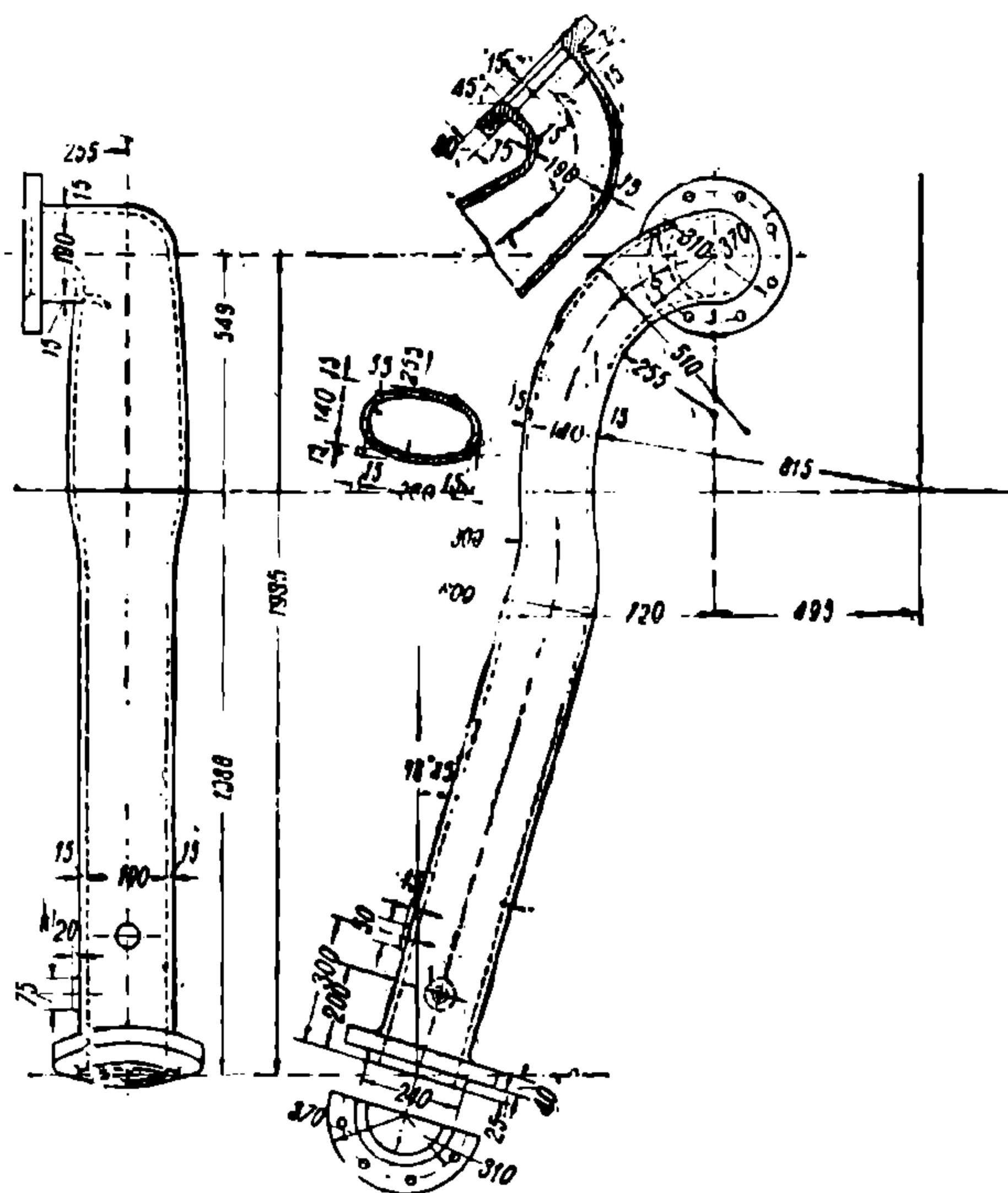
Фиг. 97. Фланец регуляторной трубы паровоза
1—5—0Е.

Фиг. 98. Тройник паровходящих труб паровоза 2—3—1Л.

Причинам ослабления фланцев труб отчасти способствует и форма труб, имеющая изгиб на 90° около верхнего фланца, а также и материал их, который не эластичен (ст. 3). Все изменения длины труб, в зависимости от температуры, воспринимаются этим изгибом трубы у верхнего фланца, причем, как показывают наблюдения, соединение это расстраивается обычно постепенно.

На паровозах 2—3—1 Л паровходящие трубы имеют тройники (фиг. 98), присоединяемые к двум соседним с каждой стороны цилиндрам — одному наружному и другому внутреннему. На тройниках сделан фланец для постановки пирометра.

На паровозах большой мощности 1—5—1 Т^Б и 1—5—2 Т^А паровходящие трубы получают диаметр внутри 190 мм, т. е. значительно больше того, который имеют трубы наших паровозов (табл. 5). При столь солидных размерах труба настолько загораживает внутреннее пространство дымовой коробки, что снятие и постановка элементов пароперегревателя очень затруднены. Поэтому на части длины труба несколько сплющена, имея в сечении форму овала, площадь которого равновелика площади круглого сечения трубы в остальной части. Труба паровоза 1—5—1 Т^Б представлена на фиг. 99. Как видно, труба представляет отливку вместе с верхним и нижним фланцами; толщина стенок—15 мм.



Фиг. 99. Паровходящая труба паровоза 1—5—1 ТБ

Паропроводные трубы пропускаются через вырезы в листах дымовой коробки. Зазоры вокруг труб заделываются железом толщиной 3—5 мм. В паровозах угольного отопления нижние части паровых труб должны быть защищены от прогорания чугунными или железными кожухами с огнеупорной обмазкой.

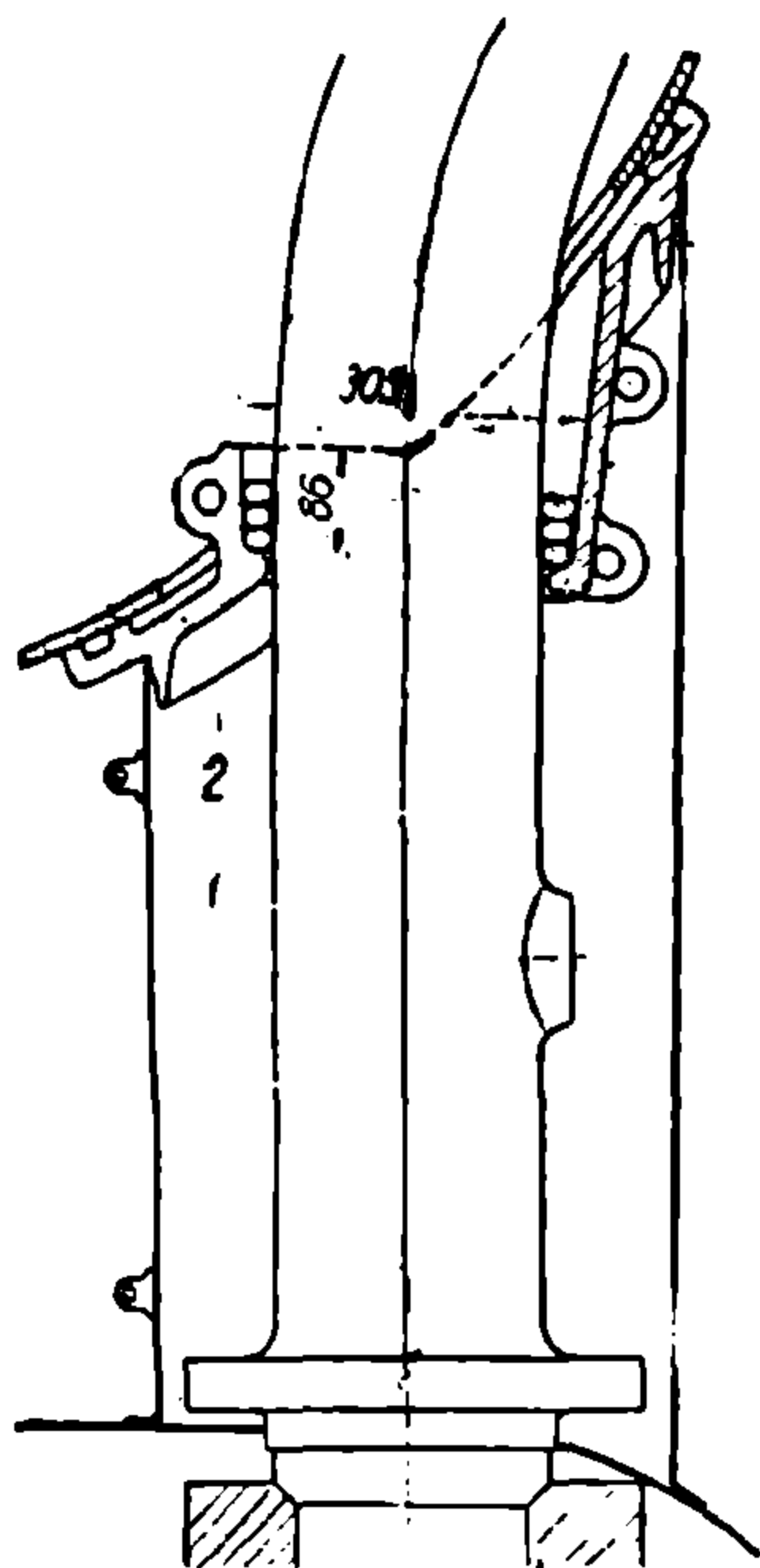
На фиг. 100 представлена паровходящая труба паровозов 1—5—0 Б. Труба 1 пропущена через литой кожух 2, прикрепленный к дымовой коробке. Пространство в кожухе вокруг труб обмазывается огнеупорной обмазкой. Снаружи трубы зашиваются кожухами.

На паровозах 0—4—0 БП, в самом низу паровходящей трубы, сделан тройник 1 (фиг. 101), на который установлен клапан Рикера. Тройник внизу непосредственно присоединен к цилиндру.

Паровходящие трубы должны иметь минимальное количество фланцев, но должны допускать как легкую постановку, так и снятие при выбранных размерах дымовой коробки. Трубы не должны иметь резких изгибов; минимальный радиус загиба для стальных паровходящих труб берется по тому же соотношению, как и для регуляторных труб

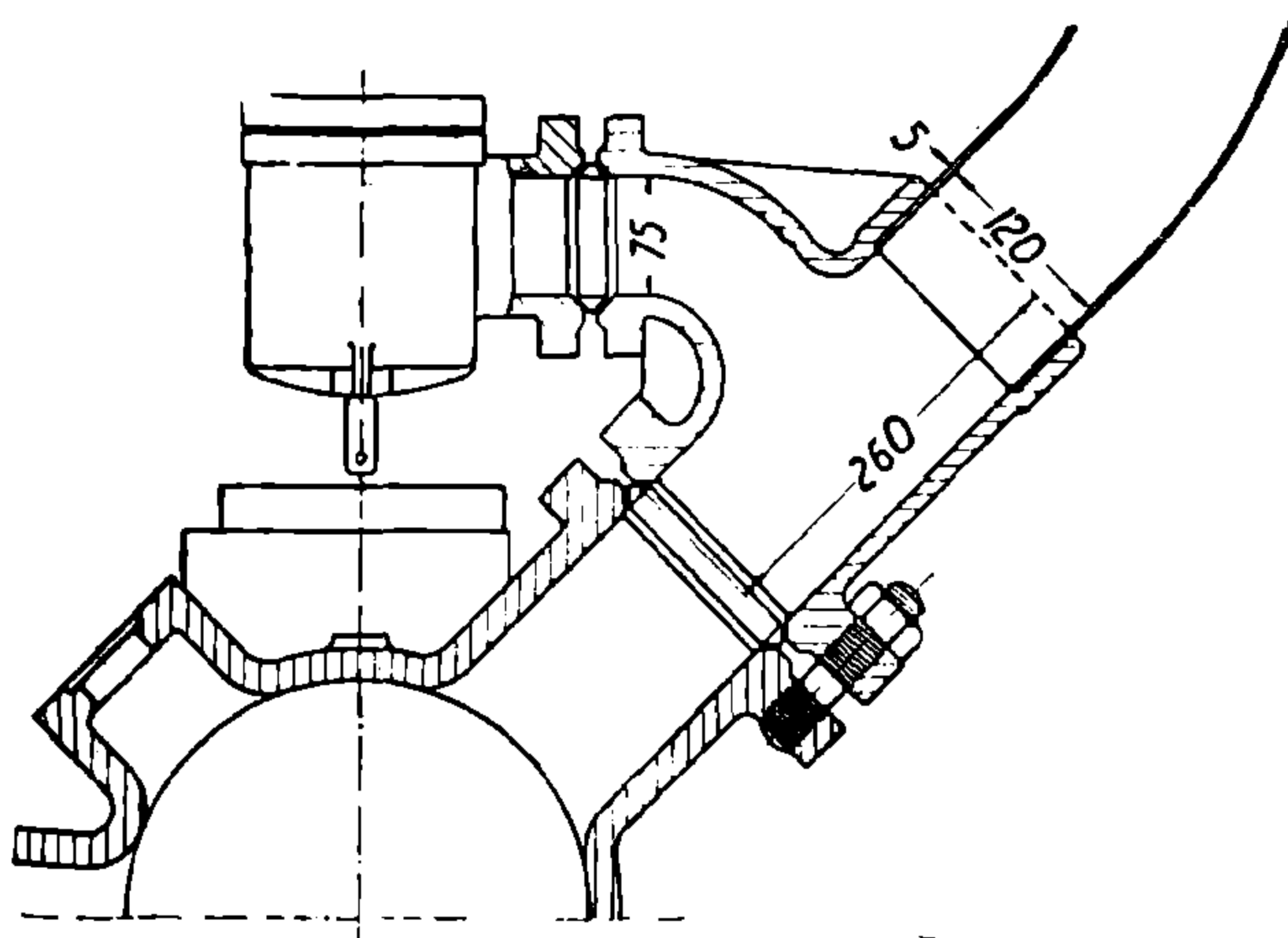
$$r_{\min} = \text{от } 3d \text{ до } 4d,$$

где d — наружный диаметр трубы.



Фиг. 100 Паровходящая труба паровоза 1—5—0 БК.

1—труба, 2—кожух трубы.



Фиг. 101. Установка клапана Рикера на паровходящей трубе паровоза 0—4—0 БП.

При прохождении пара паровходящие трубы значительно удлиняются, особенно при перегреве; поэтому должны быть приняты конструктивные меры для возможности свободного расширения. Величина удлинения одного погонного метра стальной трубы показана в табл. 4. При неподвижном укреплении обоих концов трубы следует ввести необходимое число дуговых соединений, способствующих расширению. При коротких и прямых трубах должны применяться сальники.

Расчет диаметров паровходящих труб и толщины их стенок производится по тем же формулам, которые даны для расчета регуляторных труб.

При пользовании формулой (2), под U следует понимать не все количество пара, расходуемое машиной в секунду, а только расходуемое одним цилиндром, т. е.

$$\frac{U}{2} \text{ кг/сек.}$$

Если машина двухцилиндровая компаунд, то, очевидно, следует принимать U полностью; при трехцилиндровой машине, в зависимости от расположения паропровода к среднему цилиндру, следует принимать:

$$\frac{2U}{3} \text{ кг/сек.}$$

Коэффициент η , учитывающий колебание скорости, следует принимать тот же, который принят для двухцилиндровых паровозов компаунд, т. е.

$$\eta = \pi \sqrt{\frac{100 - e}{e}},$$

так как при отводе пара в один цилиндр колебание скорости в трубе за один оборот может происходить только два раза. Для трехцилиндрового паровоза соответственно будет

$$\eta = \frac{2\pi}{3} \sqrt{\frac{100 - e}{e}},$$

Количество пара, протекающего в единицу времени по паровходящей трубе, будет для двух- и четырехцилиндрового паровозов простого действия в два раза меньше количества пара, протекающего по регуляторной трубе за ту же единицу времени. Следствием этого, однако, не может быть двойное уменьшение площади живого сечения паровходящей трубы в сравнении с регуляторной, так как число периодов колебания скорости также понизится в два раза. Это отразится на необходимости двойного снижения и средней скорости. Одновременного тока пара для обоих цилиндров по регуляторной трубе не происходит; порции пара, предназначенные для каждого цилиндра в отдельности, проскакивают через регуляторную трубу поочередно. Из табл. 5 видно, что размеры паровходящих и регуляторных труб для одних и тех же паровозов не сильно отличаются друг от друга, а на паровозе 0—4—0 ЫП даже совершенно одинаковы. Различие диаметров вызвано тем, что по регуляторной трубе протекает пар насыщенный, а по паровходящей перегретый.

Для определения диаметра паровходящих труб при перегретом паре, удельный вес перегретого пара должен быть взят по следующему выражению:

$$\gamma = \frac{10\,000}{\frac{47,1}{p} T - 160} \text{ кг/м}^3,$$

где T — абсолютная температура пара, а p — давление в кг/см^2 .

При перегреве до 350° и давлении 13 ат по манометру

$$\gamma = 5,77 \text{ кг/м}^3.$$

Пример. Определить диаметр паровходящей трубы для паровоза 1—3—1 С. При секундном расходе пара машиной 2,85 кг/сек. и отсечки 0,3 имеем:

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{2,85 \cdot 0,5}{17 \cdot 4,77}} = 149 \text{ мм};$$

здесь скорость была подсчитана так:

$$W = \frac{80}{3,14 \sqrt{\frac{100 - 30}{30}}} = 17 \text{ м/сек.};$$

существующий диаметр—130 мм.

Толщина стенок старых медных паровходящих труб не должна быть менее 3 мм, а железных 2 мм. Чугунные трубы допускаются не тоньше 5 мм.

Все паровходящие и регуляторные трубы должны испытываться гидравлическим давлением на 20 ат.

Трубы изготавливаются из стали Ст. 2 и Ст. 3, фланцы и кольца — из Ст. 3. Прокладные кольца — чугунные. Применение меди при перегреве недопустимо, так как медь от нагрева свыше $300\text{—}350^\circ$ теряет прочность.

НТБ
ДНУЖТ

П А Р О О Т В О Д

8. КОНУС

Тяга в котле, создаваемая отработавшим паром, связывает котел с машиной в одно целое, представляющее паровоз. При увеличении количества потребляемого машиной пара, вследствие развития ею потребной мощности, большее количество пара выбрасывается в конус. Вследствие увеличения тяги, котел начинает сильнее готовить пар и тем самым автоматически приспособливается к потребностям машины.

Эта органическая связь котла с машиной, т. е. генератора с двигателем, или самый принцип паровоза был схвачен Стефенсоном, с именем которого связано создание первого практически пригодного к службе паровоза „Рокета“ 1829 г., который уже заключал в себе все основные элементы современного паровоза, т. е. жаротрубный котел и двухцилиндровую поршневую машину, связанные друг с другом конусом. Создание этого паровоза может быть названо началом новой эры передвижения; оно и дало толчок к широчайшему развитию железнодорожного сообщения во всех странах.

Отсюда видно, какую наиважнейшую роль в общей схеме рабочего процесса паровоза представляет конус, а потому его размеры, устройство и установка на паровозе имеют исключительное влияние на работу паровоза в целом.

Необходимый для сгорания топлива на колосниковой решетке атмосферный воздух подводится через поддувала зольника; топочные газы, получившиеся в процессе сгорания топлива, идут по жаровым и дымогарным трубам в дымовую коробку и оттуда через дымовую трубу уходят в атмосферу. Для того чтобы пройти через поддувала зольника, колосниковую решетку и через толщу топлива на колосниках, атмосферный воздух должен преодолеть сопротивление в вышеуказанных пунктах своего пути. Точно также и топочные газы (или газы сгорания) для того чтобы уйти в атмосферу, должны преодолеть сопротивление при прохождении их по жаровым и дымогарным трубам через искроудержательные приборы и петикот. Причина, которая обуславливает течение газового потока из топки в дымовую коробку и заставляет атмосферный воздух и газы сгорания преодолевать вышеуказанные сопротивления, — называется тягой. Тяга получается за счет разрежения (вакуума) в дымовой коробке вследствие совместной работы конуса и дымовой трубы.

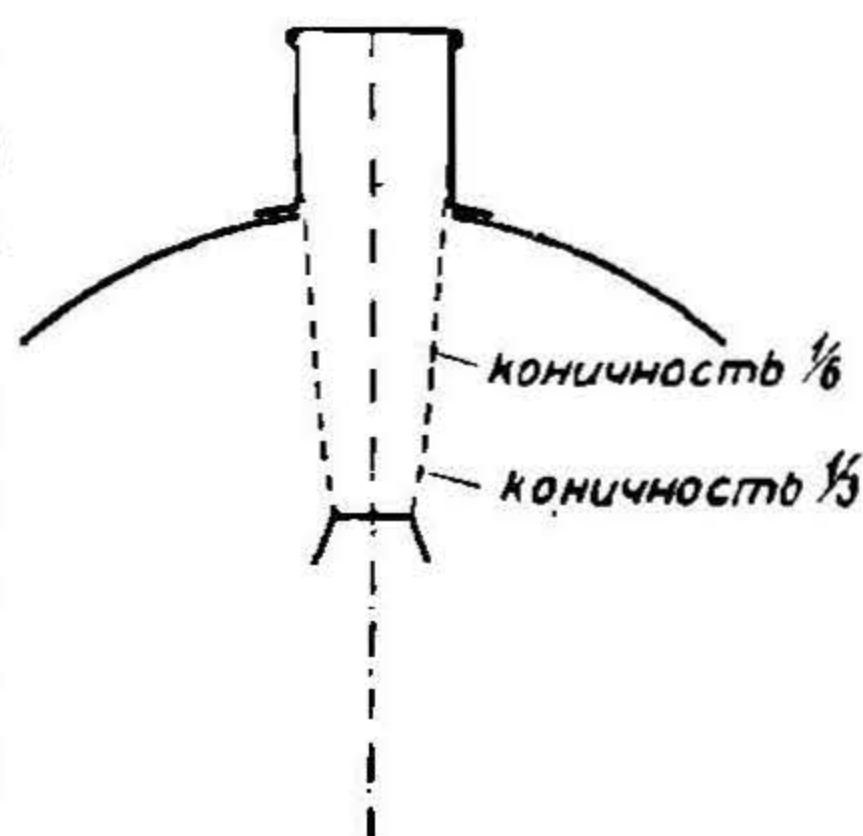
На основании своих опытов проф. Гросс установил, а повторными опытами Штраль подтвердил, что: 1) выходящая из конуса струя пара имеет коноидальную форму, которую без большой погрешности можно считать конической; вблизи конуса на небольшое расстояние коничность $1/3$, а затем, под влиянием давления стремящихся в дымовую трубу газов сгорания коничность паровой струи переходит в $1/6$ (фиг. 103); 2) выходящая из конуса струя пара по периферии своей не гладкая, не резко ограниченная (фиг. 102), а как бы ворсистая, прерывистая, т. е. с неровной боковой поверхностью, благодаря чему такая паровая струя захватывает находящийся вблизи ее слой газов сгорания и вместе с собой увлекает эти газы в дымовую трубу, причем

происходит перемешивание газов с паром на некоторой толщине по периферии паровой струи, но полного перемешивания не наблюдается — в середине трубы — пар, а по периферии — газы.

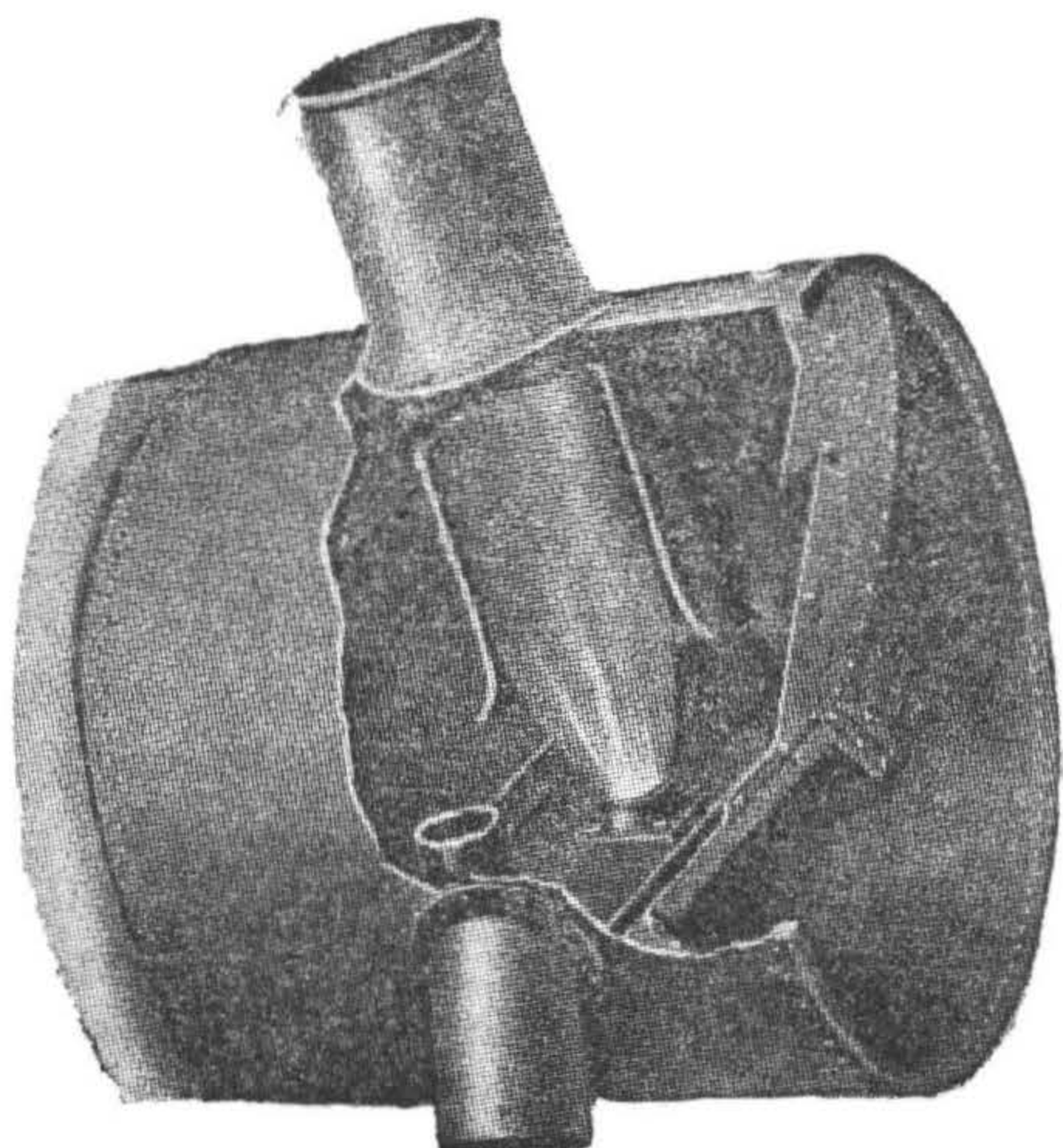
Во время работы машины в периоды предварений выпуска получается быстрый и резкий толчок пара в конус, после чего давление в цилиндре быстро падает и оставшаяся часть пара вытекает из цилиндра с меньшей скоростью по мере вытеснения ее поршнем. Наблюдения показали, что та часть пара, которая создает толчек, расширяется при выходе из конуса сильнее, чем последующая часть. Пар, истекающий с большой скоростью, нагоняет в дымовой

трубе парогазовую смесь предыдущего выпуска и, сообщая ей толчок, вылетает наружу. Таким образом в паровой струе наблюдается явление пульсации.

На некоторой высоте дымовой трубы (вблизи выходного отверстия дымовой трубы) смесь газов и пара полностью заполняет все сечение дымовой трубы (фиг. 102), вследствие чего в дымовой трубе образуется пробка, которая разоб-
щает дымовую коробку от атмосферы, чем и создается разрежение (вакуум) в дымовой коробке. На место ушедших с паром в атмосферу газов сгорания в дымовую коробку



Фиг. 103. Очертание паровой струи, вытекающей из конуса.



Фиг. 102. Вид струи пара, выходящей из конуса.

притекает из топки (по жаровым и дымогарным трубам) новая порция топочных газов и таким образом создается непрерывный газовый поток из топки в дымовую коробку, чем обеспечивается сильное парообразование в котле.

Если мы обозначим:

p_a — давление атмосферного воздуха, в кг/м^2 , абс.;

p_z — давление в зольнике (в поддувале), в кг/м^2 , абс.;

p_t — давление в огневой коробке (в топке) в топочном пространстве над слоем топлива, в кг/м^2 , абс.;

p_k — давление в дымовой коробке, в кг/м^2 , абс.;

то можем математически выразить перепады давлений в зольнике, в топке и в дымовой коробке, обуславливающие тягу.

Разность давлений (перепады) $p_a - p_z$; $p_a - p_t$ и $p_a - p_k$, выраженные в абсолютных давлениях в кг/м^2 , можно выразить через соответствующие величины разрежений (вакуума) в миллиметрах водяного столба (фиг. 105).

$p_a - p_z = r_z$ — это есть разрежение (вакуум) в зольнике,

$p_a - p_t = r_t$ — " " " " топке,

$p_a - p_k = r_k$ — " " " " дымовой коробке.

При средних наполнениях 20—30%, во время движения можно считать

r_z от 10 до 30 мм водяного столба,

r_t " 40 70 "

r_k " 80 " 180 " "

Следовательно, можно написать равенство:

$$p_a - p_k = (p_a - p_z) + (p_z - p_t) + (p_t - p_k)$$

или

$$r_k = r_z + (r_t - r_z) + (r_k - r_t).$$

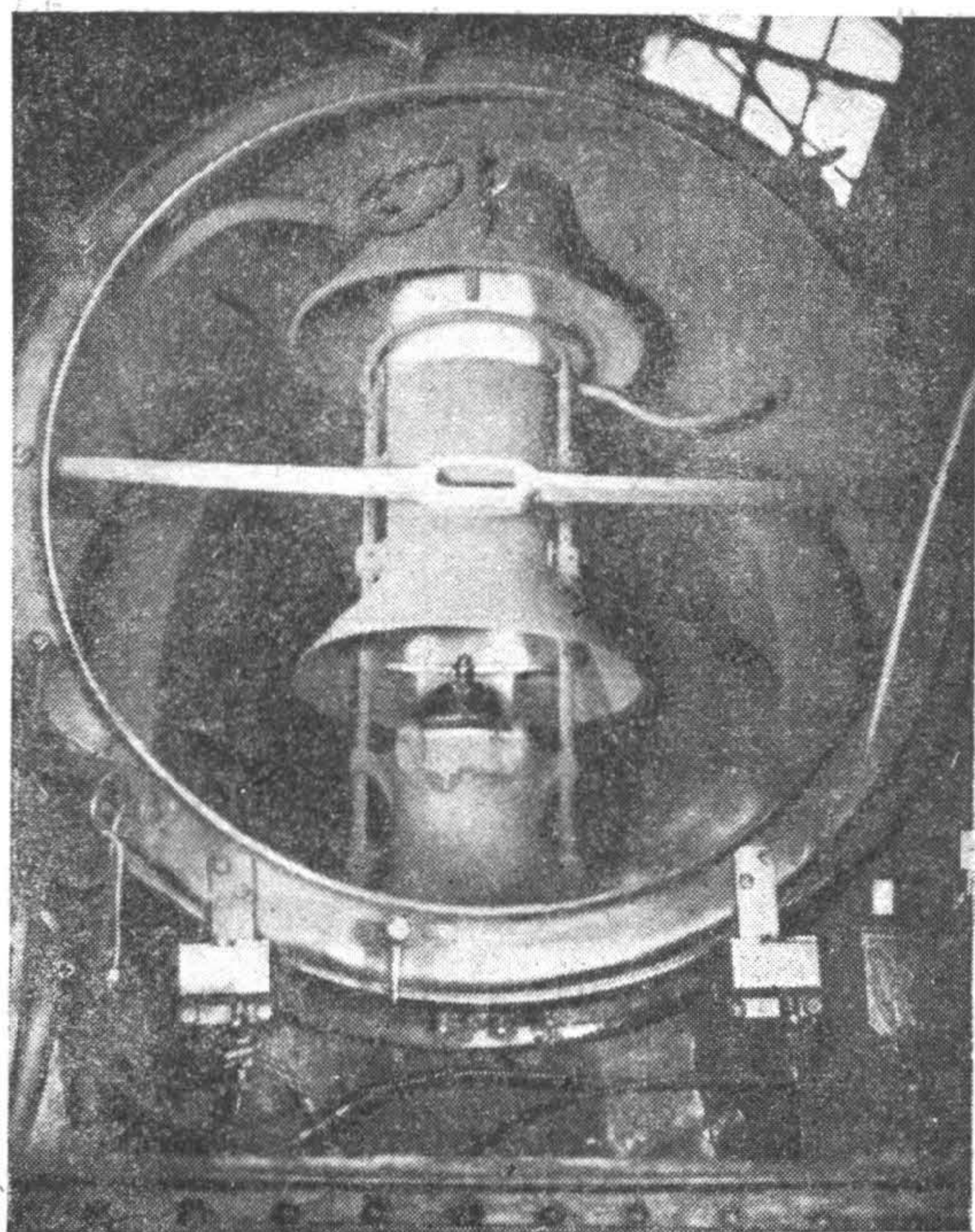
Так выражается баланс разрежений.

НТБ
ДНУЖТ

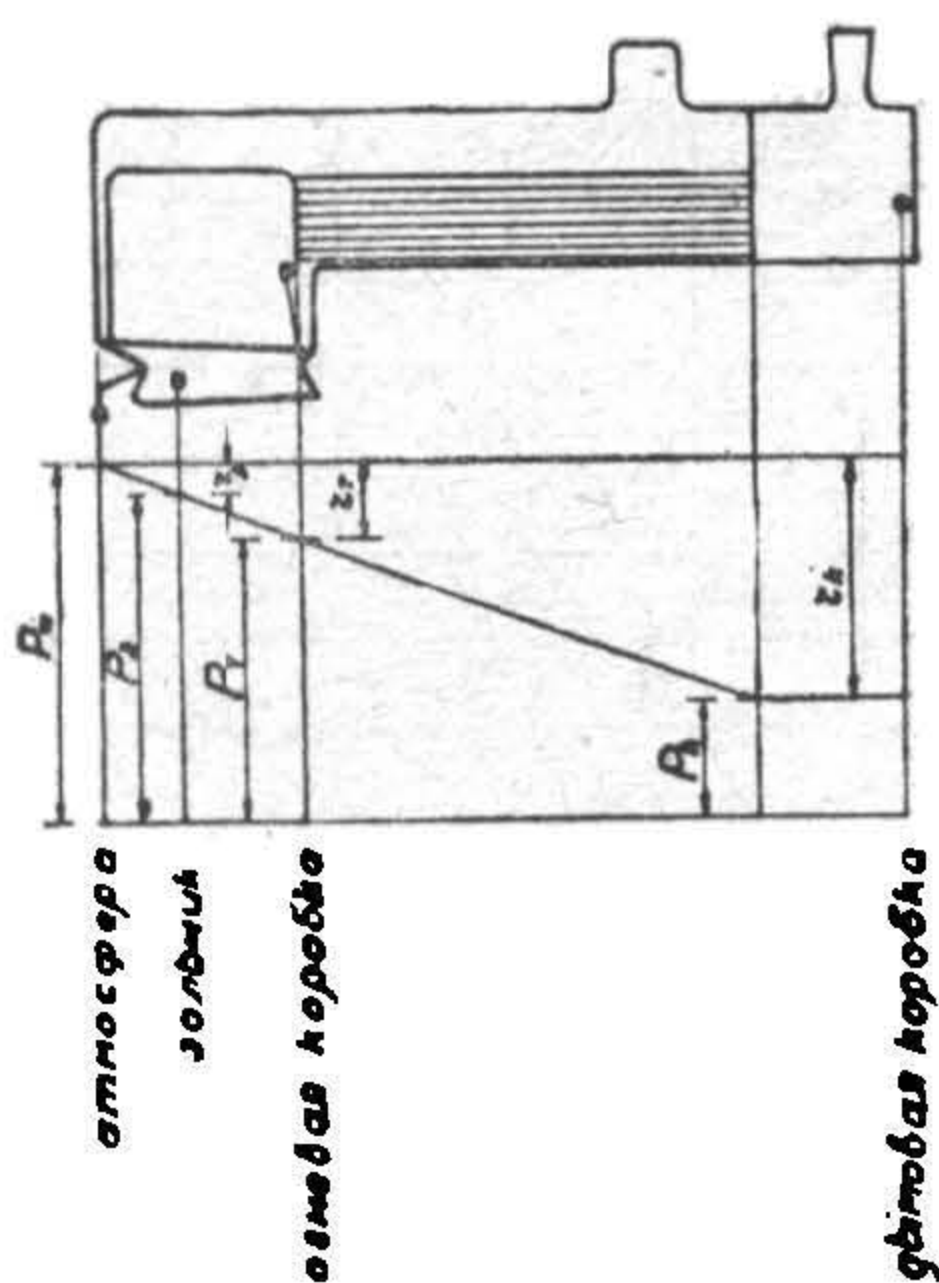
Общий режим рациональной эксплуатации котла должен быть направлен на уменьшение всех сопротивлений для прохождения газового потока, для чего надо держать вполне открытыми дверцы поддувала, очищать топку и зольник от золы и шлаков, очищать дымогарные, жаровые трубы от сажи и завалов, слой топлива на колосниках держать такой толщины, который только достаточен для рационального сжигания данного сорта топлива, т. е. не заваливать топку топливом и т. д.

Общеизвестные формулы, служащие для расчета конуса и дымовой трубы, как выведенные на основании теории (Цейнера-Греве, Штраля и др.), так и эмпирические (Мейера, фон-Борриса, Обергетмана, Вагнера, Госса и др.), уже устарели и не дают надежных результатов. Каждый спроектированный по этим формулам вытяжной аппарат (конус и дымовая труба) в натуре иногда совершенно видоизменяется. Поэтому мы этих формул и не приводим, рекомендуя читателю целый ряд общеизвестных курсов проф. Н. И. Карташова, Мухачева и др.

За последние годы, на основании новейших опытов, как в Европе и Америке, так и у нас в СССР,—значительно изменился взгляд на работу конуса, который уже отходит от прежней круглой формы. Новая конфигурация конуса, однако, еще окончательно не установлена. Здесь паровозной технике предстоит еще пройти некоторый экспериментальный путь, который единственно и может дать правильное решение вопроса. В этом отношении нужно приветствовать труды Института реконструкции тяги, давшего уже много ценного материала, проливающего свет на те весьма сложные и еще малоизученные явления, которые происходят в дымовой коробке паровоза.



Фиг. 104. Вид дымовой коробки паровоза 2—3—1Л во время работы конуса.



Фиг. 105. Диаграмма разрежений в паровозном котле.

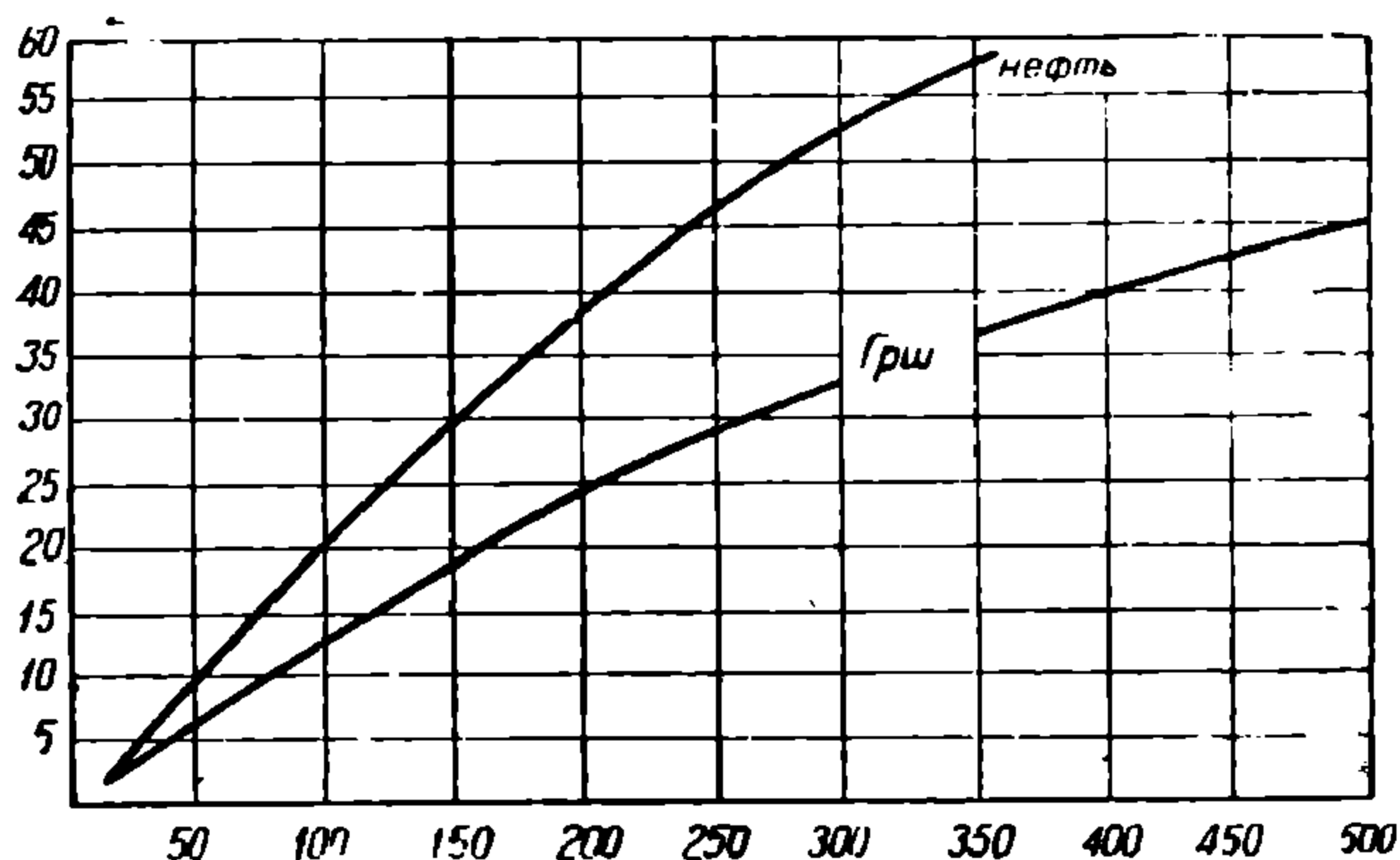
Конуса, применяемые на паровозах, бывают с постоянным и переменным сечением.

Конуса постоянного сечения имеют постоянную площадь сечения, которая не может быть изменяема во время работы. Для того чтобы изменить сечение постоянного конуса, нужно сменить конусное кольцо.

Конуса переменного сечения могут быть регулируемыми и во время работы паровоза.

Для данного сечения конуса и для данного вида и сорта топлива отношение всех продуктов сгорания к весу пара, полученного в ту же единицу времени, постоянно (это отношение колеблется в очень узких пределах); — это значит, что в топку поступает атмосферный воздух в количестве, пропорциональном весу выхлопного пара (в одну и ту же единицу времени), т. е. конус автоматически регулирует интенсивность работы котла в зависимости от расхода пара машины. Но в действительности конус работает не вполне автоматически, что можно видеть по диаграмме зависимости Z_k от U (фиг. 106); где кривая Z_k от U при увеличении U загибается вниз, и таким образом увеличение интенсивности парообразования Z_k не пропорционально U . Это происходит

вследствие того, что при большом расходе топлива и энергичном парообразовании выделяется больше продуктов сгорания, которые движутся по жаровым и дымогарным трубам уже с большей скоростью, т. е. скорость движения газового потока возрастает, а вследствие этого увеличивается температура отходящих газов, что ведет к увеличению тепловых потерь и к понижению коэффициента полезного действия котла, как это ясно видно



Фиг. 106. Зависимость Z_k от U для паровоза 1—3—1 С.

по фиг. 107. Поэтому при возрастании форсировки увеличение количества газов сгорания идет быстрее, чем увеличивается количество пара, даваемое котлом за тот же промежуток времени.

Поясним сказанное на следующем примере: пусть паровоз 1—3—1 С работает на угле с форсировкой

$$U = 200 \text{ кг/час м}^2,$$

тогда по кривой

$$Z = f(U),$$

представленной на фиг. 106, будем иметь:

$$Z_k = 24 \text{ кг/час м}^2.$$

Количество пара, которое дает котел в течение часа, составит:

$$24 \cdot 207 = 4968 \text{ кг/час};$$

здесь 207 — испаряющая поверхность нагрева этого паровоза. Пусть теперь расход топлива, равный первоначально

$$200 \cdot 3,8 = 760 \text{ кг/час},$$

(3,8 — площадь колосниковой решетки), увеличится в два раза, т. е.

$$U = 400 \text{ кг/час м}^2;$$

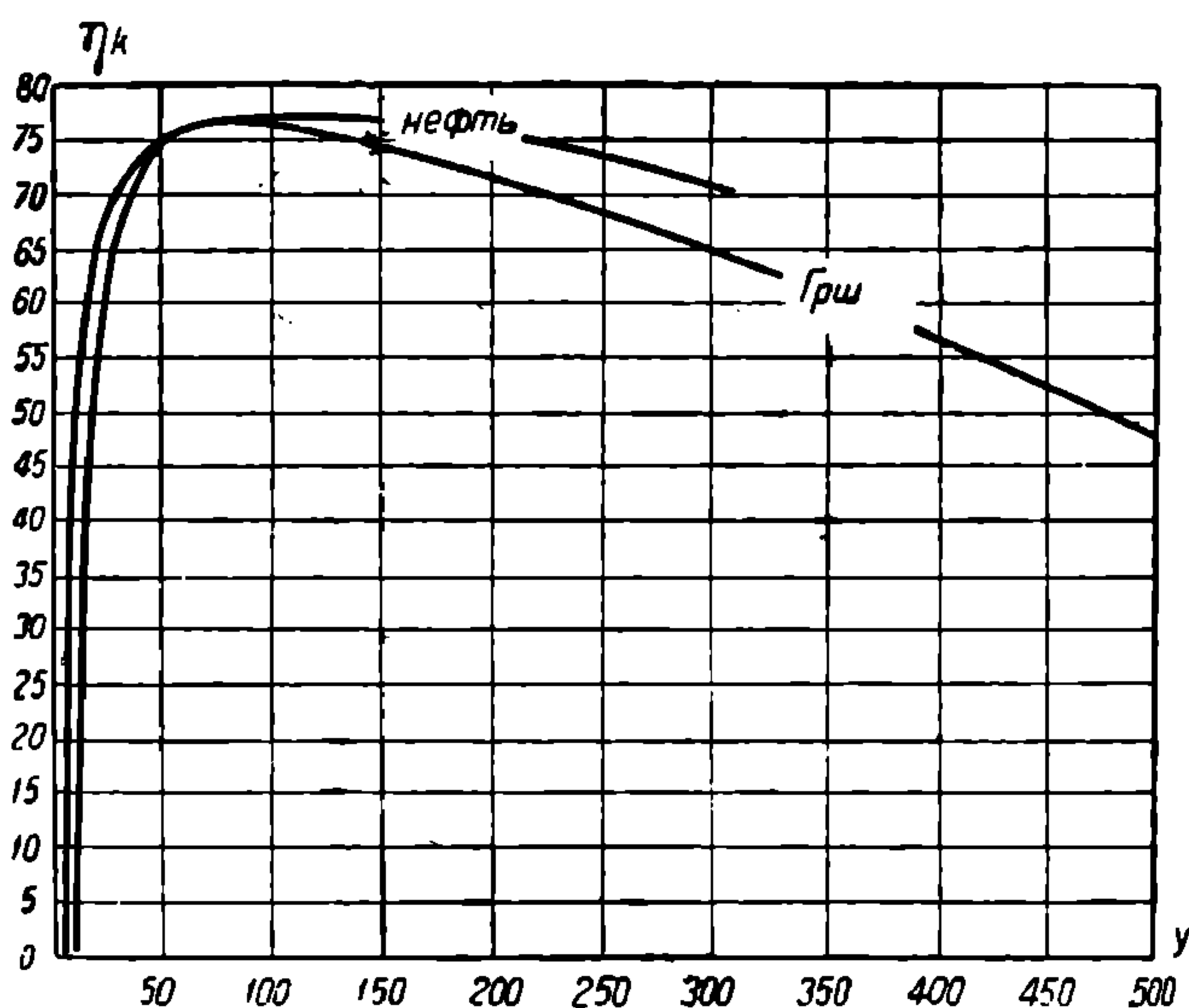
по той же кривой находим

$$Z_k = 40 \text{ кг/час м},$$

т. е. количество пара возрастет до 8280 и будет выше, чем в первом случае в

$$\frac{8280}{4968} = 1,66 \text{ раза,}^n$$

а не в два раза, как повысился расход топлива. Изменение сечения конуса есть единственное средство для увеличения интенсивности парообразования и снижения неполноты сгорания при больших форсировках, вследствие чего весьма часто ставится конус переменного сечения. На наших паровозах конус переменного сечения очень распространен, и машинисты весьма часто пользуются переменным конусом для увеличения форсировки котла. В 1925 г. НКПС сделал специальный опрос дорог — какому конусу, постоянному или переменному, дороги отдают предпочтение при угольном отоплении. Из 27 дорог того времени 14 дорог отдали предпочтение переменному конусу, а 12 дорог — посто-



Фиг. 107. Зависимость коэффициента полезного действия котла от U паровоза 1—3—1 С.

янному конусу, одна дорога воздержалась от ответа. Таким образом, более половины всех дорог нашей сети отдают предпочтение переменному конусу при угольном отоплении.

Если проследить за всеми видоизменениями, которые претерпел конус, создающий тягу на паровозе, за все время существования паровоза вообще, то можно различить периоды переходов конуса то к постоянному, то к переменному сечению. Это показывает, что до настоящего момента эксплуатационная практика не дала определенного ответа, какой конус применять предпочтительнее — постоянный или переменный.

Паровоз, который вышел из рук Стефенсона был оборудован простой вытяжной трубой, выведенной к основанию дымовой трубы, представляющей зачаток конуса современного паровоза. Этот простейший пароструйный аппарат не имел регулирующего приспособления, т. е. являлся как-бы конусом постоянного сечения.

Начиная с семидесятых годов прошлого столетия часть паровозов, которые строились, как у нас, так и за границей, были оборудованы конусом переменного сечения. Главный расцвет паровозов „компаунд“, т. е. конец прошлого столетия, характеризуется возвратом к конусу постоянного сечения. Последующий период паровозов с пароперегревателями, начиная с паровозов С и Э, был вторичным переходом к конусу переменного сечения и, наконец, самый последний период мощного паровоза является поворотом опять к конусу постоянного сечения.

При поднятии парообразовательной способности котла и снижении тепловых потерь в топке вследствие подтянутого конуса, мы однако не можем быть гарантированы в том, что и то и другое приведет к повышению мощности и экономичности паровоза в целом. В самом деле, большая скорость истечения пара через конус получается за счет повышения противодавления в цилиндрах паровой машины, почему ее мощность и экономичность от этого падают. Поэтому затягивание конуса является полезным для котла, но вредным для машины. Для паровоза-же в целом оно может или ничего не дать или может быть полезным лишь только при самом умелом и осторожном обращении с конусом, чего на практике достигнуть очень трудно. Это заставляет на мощном паровозе отходить от переменного конуса, и тем более, что при современной конструкции выходного сечения конуса, в виде звездочки или четырехдырчатой, устройство конуса переменного сечения трудно осуществимо по конструкции.

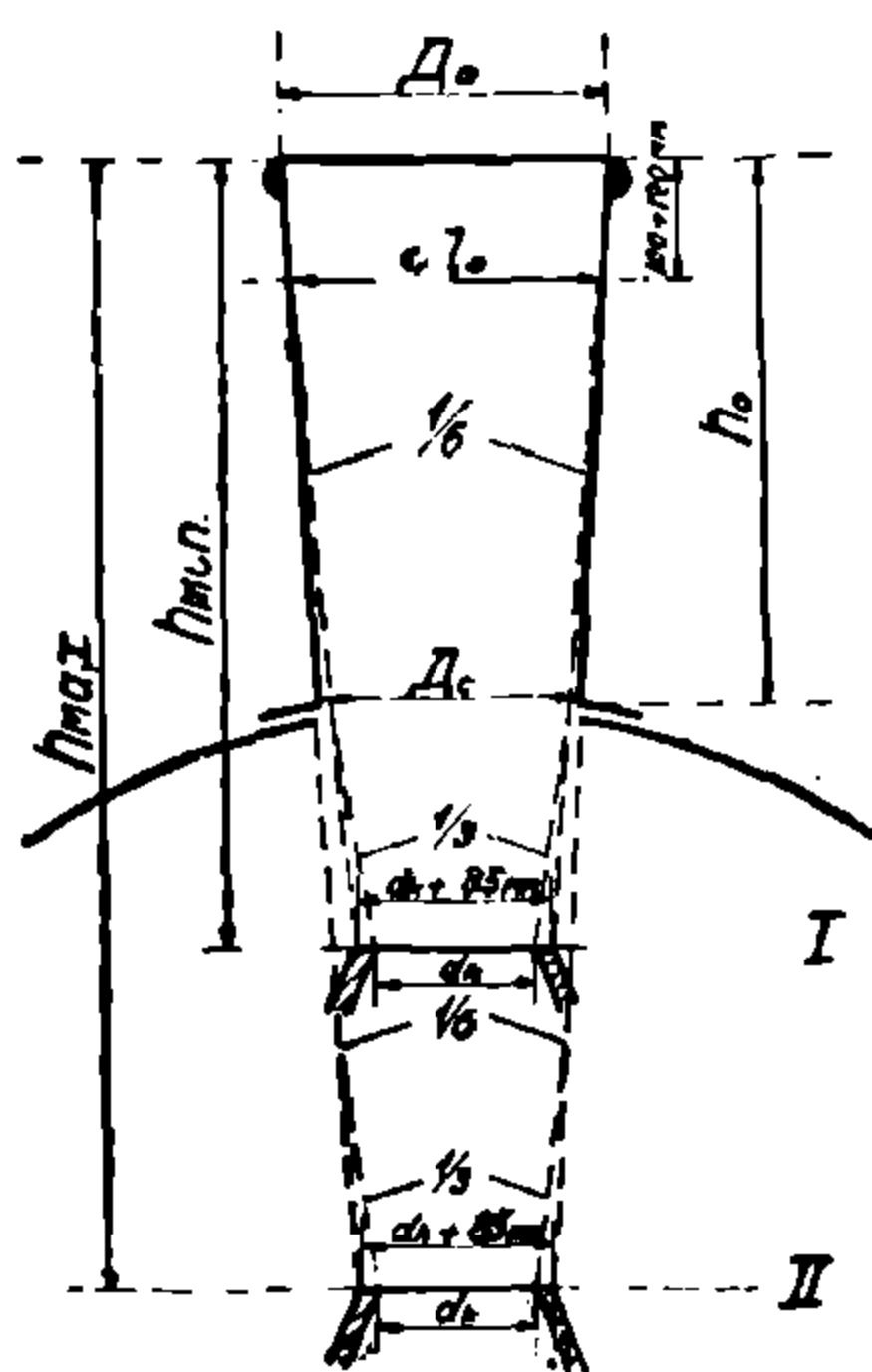
Конусность дымовой трубы берут в пределах $1/9—1/11$ в Германии ее берут равной $1/5$.

Высота дымовой трубы снаружи — h_o берется в зависимости от габарита. Положение выходного отверстия конуса, относительно выходного отверстия дымовой трубы, Штраль рекомендует определять следующим образом. Когда будут определены диаметры узкого сечения D_c и выходного отверстия D_a дымовой трубы, то на расстоянии $100—120$ мм от выходного отверстия дымовой трубы отмечают диаметр D_o (фиг. 108), а затем из концов этого диаметра проводят прямые с конусностью $1/6$ до диаметра

$$d_1 = d_k + 85 \text{ мм} \quad (1)$$

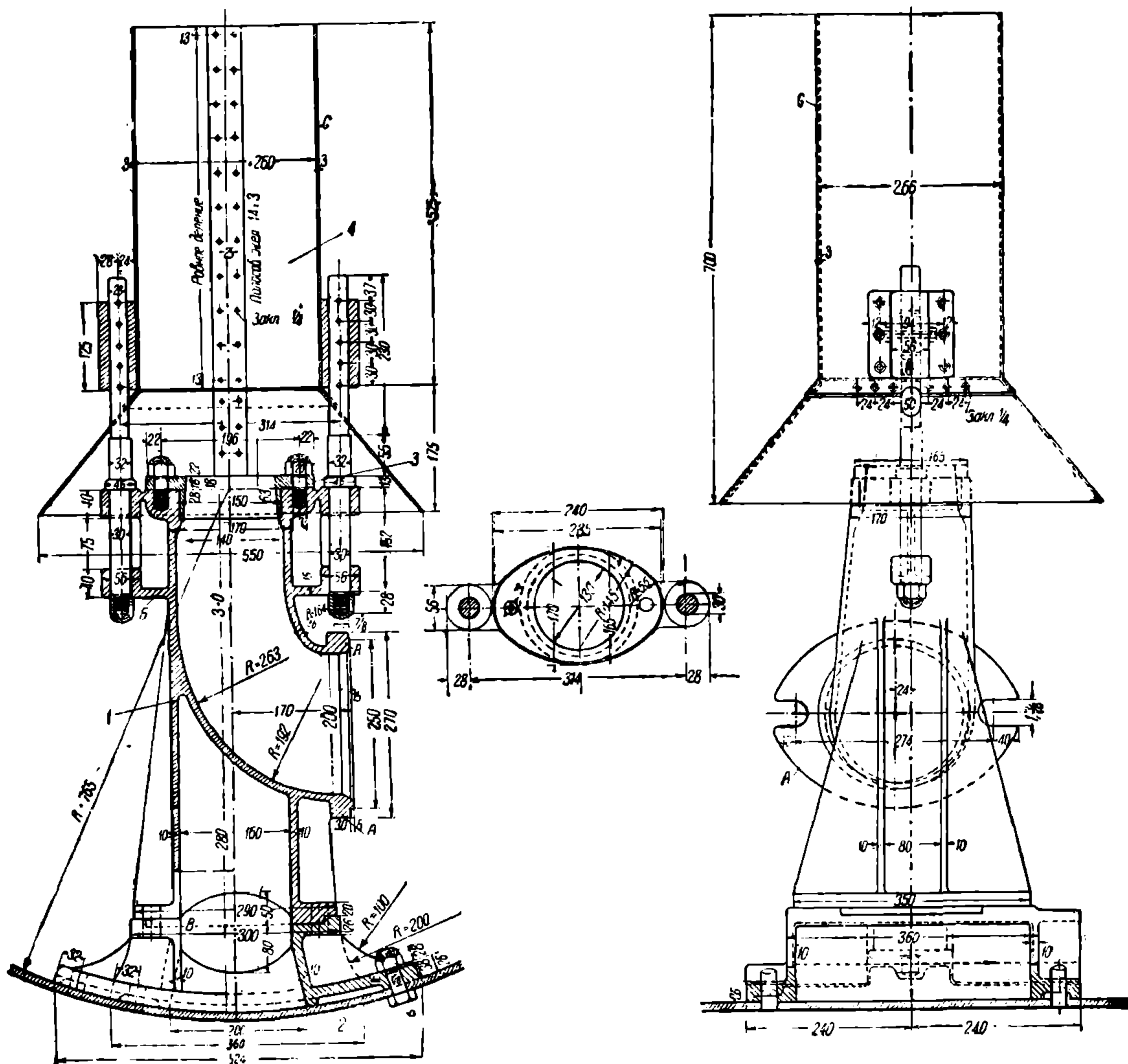
Это положение I — наивысшее допустимое положение конуса. Формулу (1) Штраль дает как эмпирическую для всех паровозов; d_1 и d_k здесь взяты в мм. Если же конус снабжен рассекателем, ширина которого $S \leq 0,1 d_k$, то прямые, ограничивающие паро-газовую струю, надо проводить уже с конусностью не $1/6$, а с конусностью, определяемой по формуле (2):

$$\frac{1}{x} = \frac{d_k}{6(d_k - S)} \quad (2)$$



Фиг. 108.

В этих пределах можно располагать конус при данных размерах и при данном положении дымовой трубы, причем в случае переменного конуса верхнее положение груши (вполне затянутый конус) должно быть не выше положения I, а при вполне опущенном конусе выходное отверстие его не должно быть ниже положения II (фиг. 108).



1—корпус, 2—основание, 3—кольцо.

Таким образом, если мы примем обозначения, данные на фиг. 108, то относительное расположение конуса и дымовой трубы в положениях I и II выразится так:

$$\begin{aligned} \max h &= x(D_c - d_1) + h_0 \\ \min h &= x(D_n - d_1), \end{aligned}$$

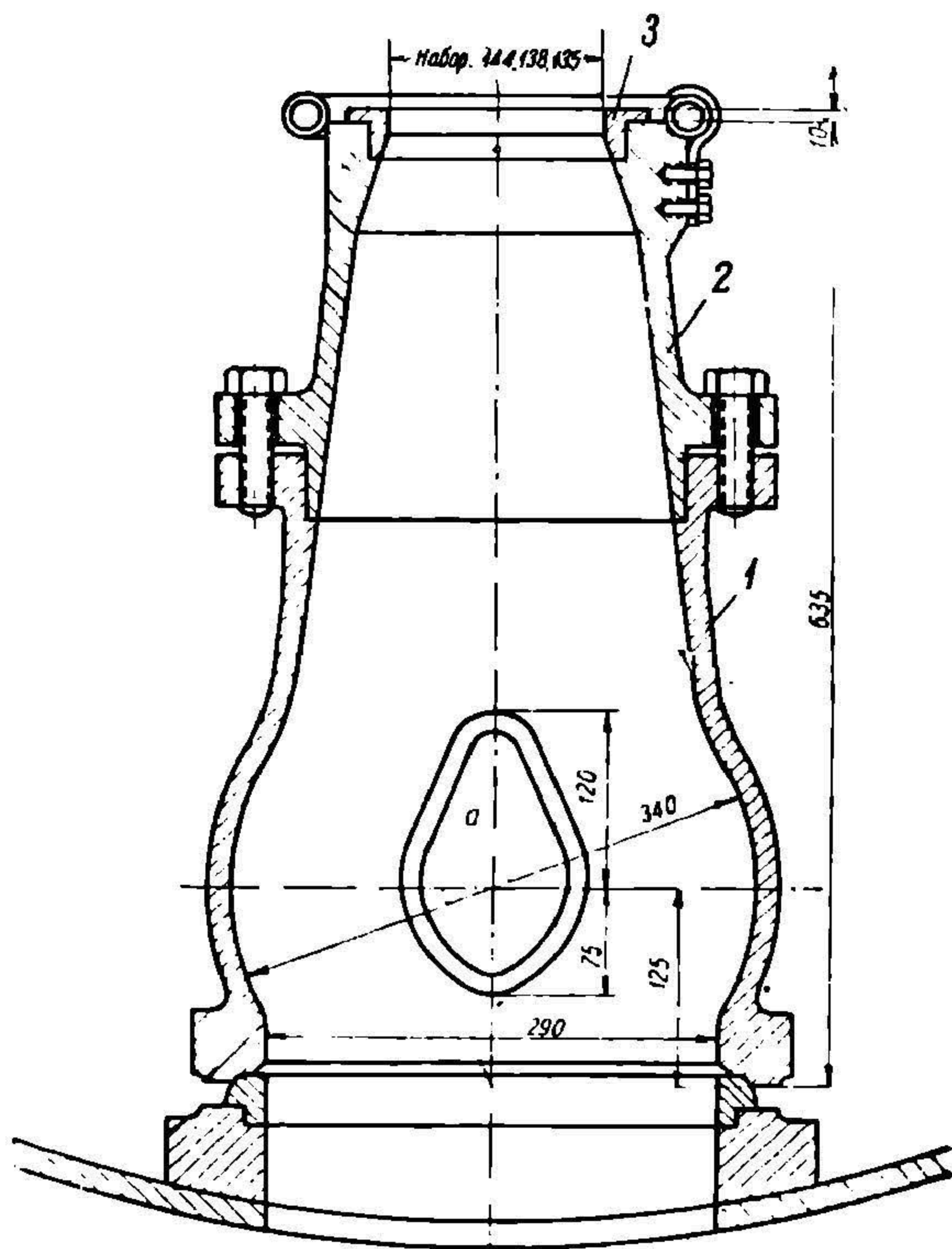
где $x=6$ при конусе без рассекателя а при рассекателе x определяется из формулы (2).

Большое отверстие конуса и низкое его расположение уменьшают противодействие и повышают мощность паровоза. Поэтому надо, по возможности, брать большую площадь сечения и располагать его возможно ближе к тах h (положение II по фиг. 108).

На фиг. 109 представлен конус постоянного сечения паровозов 0—4—0 ОВ. Конус состоит из главной части 1 (корпуса), укрепленной на основании 2, к верхней части которой прикреплено кольцо 3, расточенное на конус. Это кольцо, представляющее устье конуса, дает окончательное направление струе выхлопного пара и тем оказывает решающее влияние на процесс всей работы выхлопного пара.

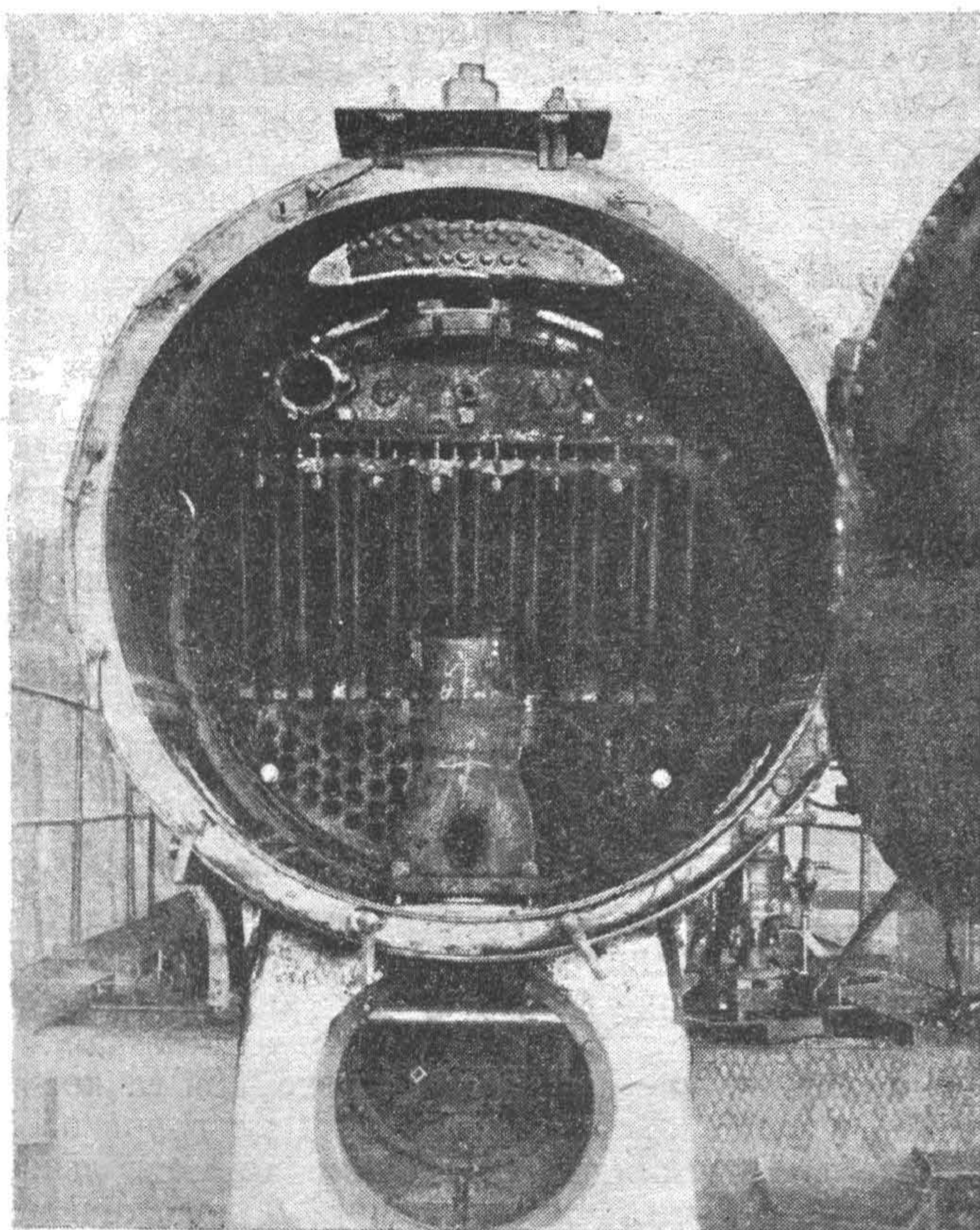
Нормальный размер конуса — см. табл. 6.

При необходимости изменить сечение постоянного конуса, следует сменить его верхнее кольцо. Паровыходящая труба из цилиндра низкого давле-



Фиг. 110. Конус паровоза 1—3—1СУ.

1—корпус конуса,
2—головка конуса,
3—кольцо.



Фиг. 111. Расположение конуса в дымовой коробке паровоза 1—3—1 СУ.

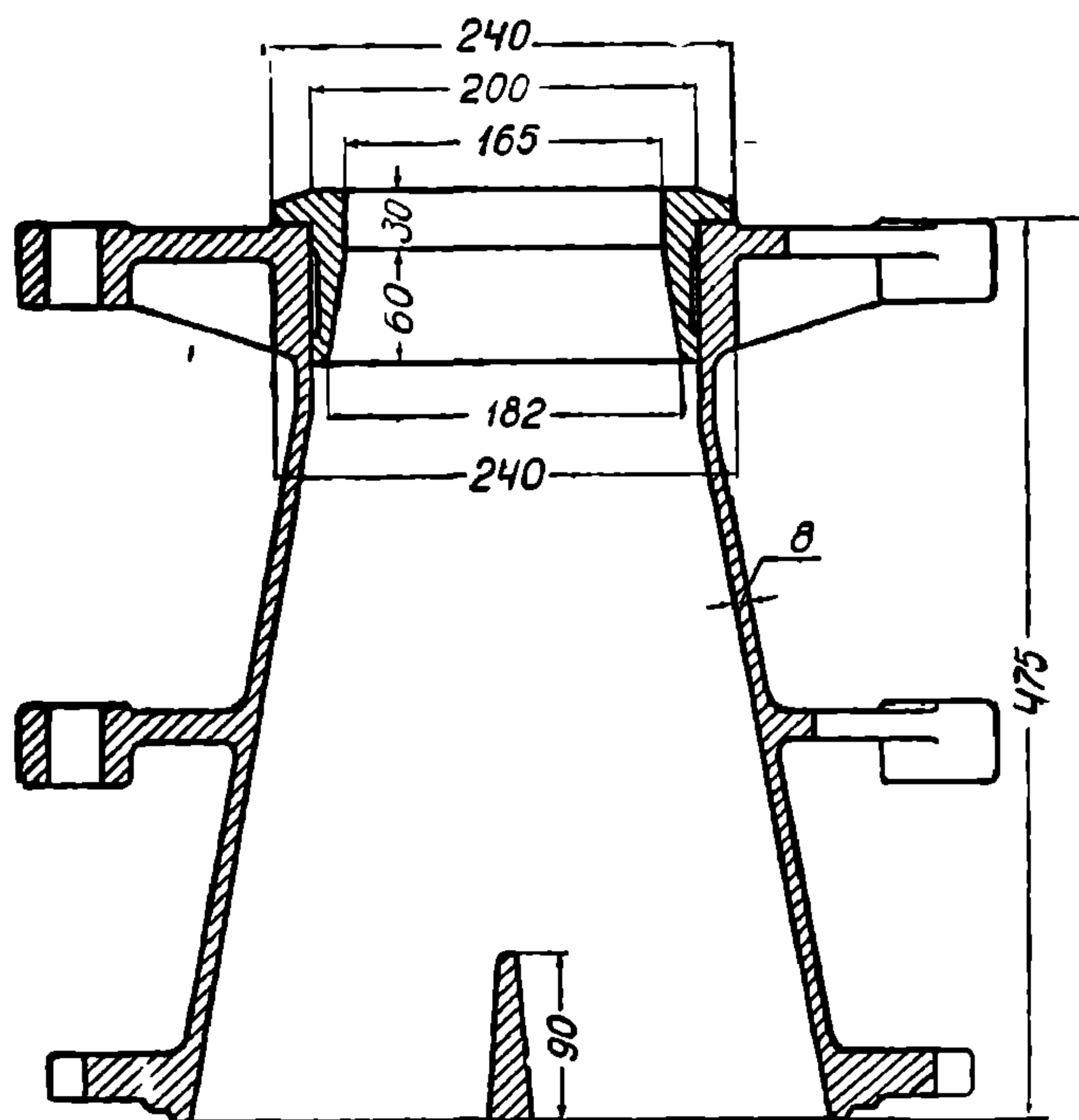
ния присоединена к боковому фланцу А. В верхней части конуса имеются державки Б, в которых укрепляются стойки петикота. Прорез В дает прямой доступ к нижнему люку передней решетки при промывках, для направления струи воды в люк из рукава, а также для пропуска прутьев.

Конус постоянного сечения, примененный на паровозах 1—3—1 С_У, представлен на фиг. 110 и 111. Конус 1 имеет съемную конусную головку 2, сделанную для того, чтобы постоянная головка могла быть заменена головкой, имеющей приспособление для изменения сечения конуса, т. е. конструкцией предвидена возможность замены конуса постоянного сечения — переменным. В верхнюю часть головки впрессовано кольцо 3, имеющее книзу коническую расточку, а в самой верхней части образующее устье конуса — цилиндрическое, для лучшего направления струи

пара. Вокруг головки сверху укреплено сифонное кольцо. Сквозной проход А, изолированный от внутреннего пространства конуса глухой стенкой, служит для доступа к люку передней решетки.

На фиг. 112 представлен конус постоянного сечения паровозов 2—4—0 М.

На этих паровозах применены два варианта конусов и дымовых труб (табл. 6). Вначале была применена более узкая дымовая труба (диаметр в узком сечении 470 мм), которая, как показал опыт, стесняла выход газов наружу, создавая подпор их в дымовой коробке. Чтобы получить, однако, необходимую тягу, конус первоначально был поставлен довольно узкий (диаметр 150 мм), что отразилось на повышении противодавления в машине. Таким образом,



Фиг. 112. Конус паровоза 2—4—0 М.

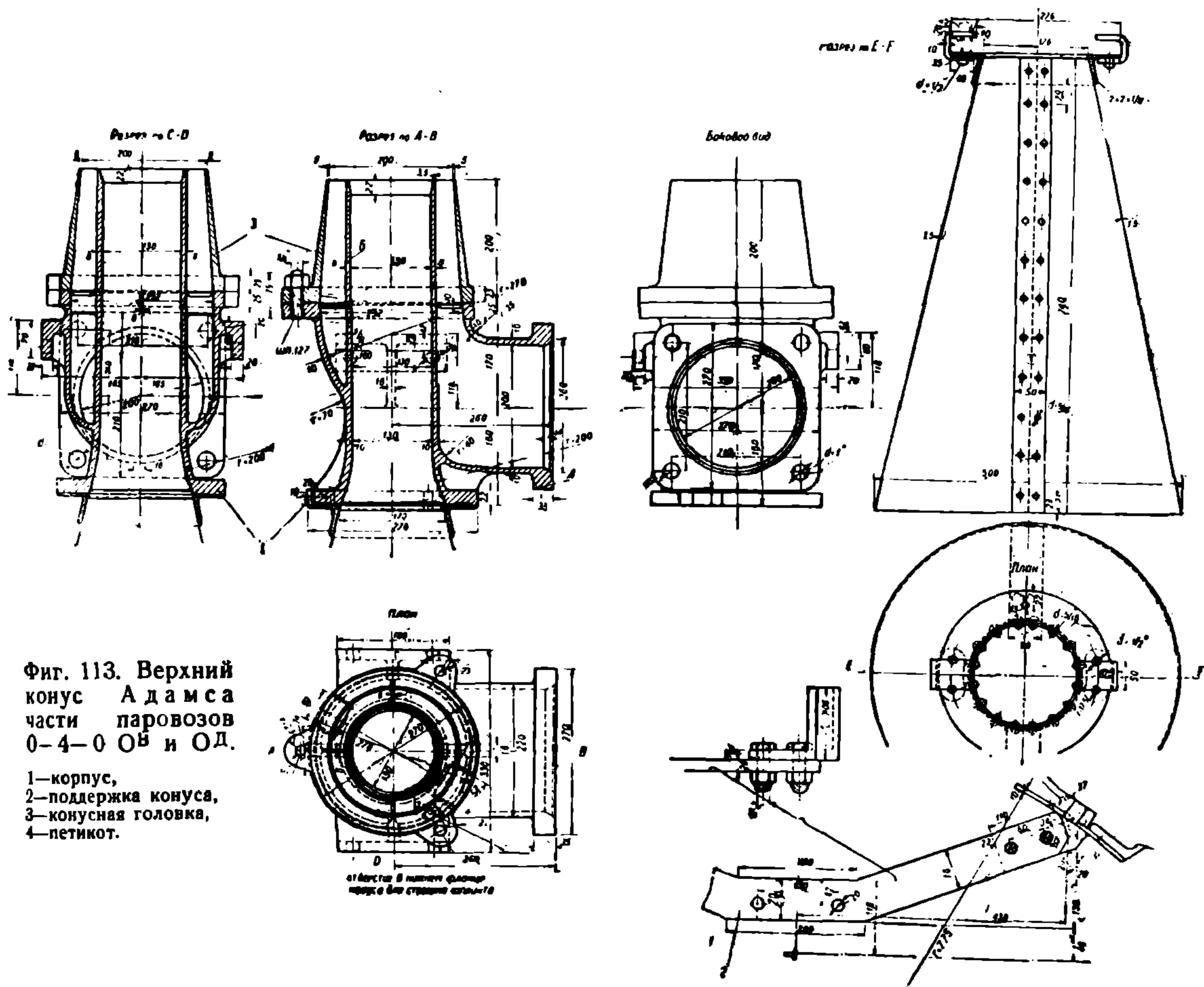
одной из причин неудовлетворительной работы паровоза 2—4—0 М было малое сечение устья дымовой трубы и, вследствие этого, малый диаметр конуса. Работа паровоза несколько улучшилась при увеличении узкого сечения трубы до 530 мм и конуса до 165 мм.

Все эти конуса являются нижними в отличие от верхних конусов Адамса, примененных на части паровозов 0—4—0, ОД и ОВ (фиг. 113, 114). Это уже устаревшая и более не применяемая конструкция. Конус 1 подвешен к дымовой коробке, вверху на двух железных перекладинах 2—2, прикрепленных с обеих сторон к стенкам дымовой коробки. Пароисходящая труба от левого цилиндра подводится к фланцу А конуса 1, на верхнюю часть которого вокруг пустотелой литой трубы Б устанавливается конусная головка 3, оканчивающаяся на уровне трубы Б и входящая в устье дымовой трубы. К трубе Б снизу подвешен пети-

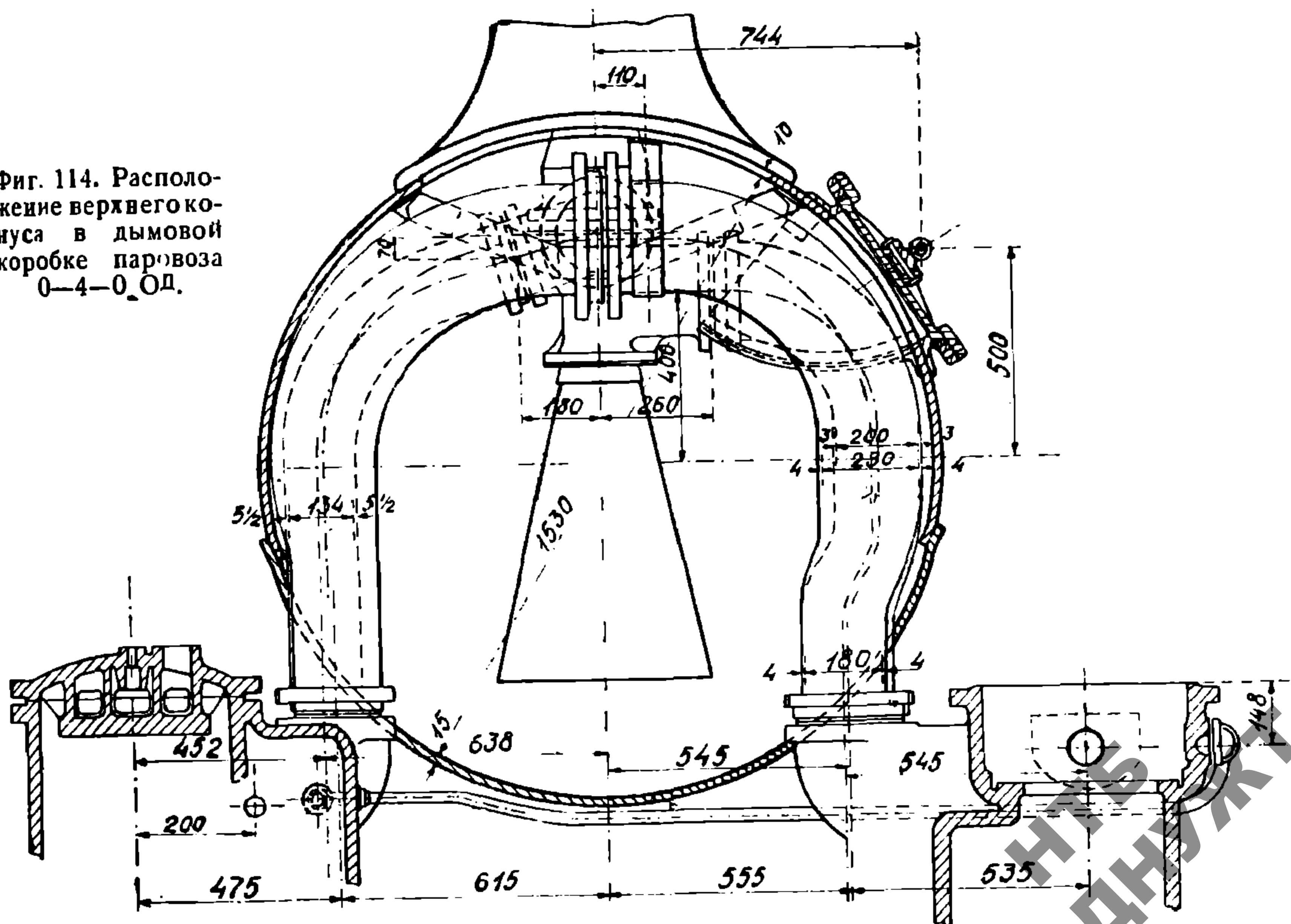
кот 4, прикрепленный к фланцу трубы Б скобками. Струя выхлопного пара, текущая по кольцевому зазору между головкой 3 и трубой Б, образует, следовательно, кольцевую струю, засос-же газов из дымовой коробки происходит из верхних слоев через пространство вокруг конусной головки 3, а из нижних через петиот 4.

На фиг. 115 представлен конус переменного сечения паровозов 1—3—1 С. Конус 1 имеет снизу два фланца А—А, которыми он устанавливается на основание 2, к нижним фланцам которого присоединены пароисходящие трубы от обоих цилиндров. Раздвоенный книзу конус создает легкий доступ к нижнему люку передней решетки. На конус 1 сверху ставится цилиндрическая головка 3, на верхней части которой укреплено кольцо 4.

Изменение сечения конуса достигается поднятием или опусканием груши 5. Груша сделана пустотелой, в виде усеченного конуса. Внутренняя втулка ее Б, насаживаемая на шпindel 6, скрепляется с наружной конической частью груши тремя ребрами. Груша на шпинделе укрепена остroконечной гайкой 7. Шпindel 6 направляется внутрь втулки Б, отлитой вместе с головкой 3 и соединенной с ней тремя ребрами. В шпинделе выточено прямоугольное отверстие Г, в которое вставлен закругленный конец рычага 8, насаженного на вал 9 и закрепленного на нем шпонкой. Вал закреплен на конусной головке в его приливе Д скобкой 10. Поворачивая вал 9 и действуя на рычаг 8, производят поднятие или опускание шпинделя 6, а вместе с ним и груши 5.

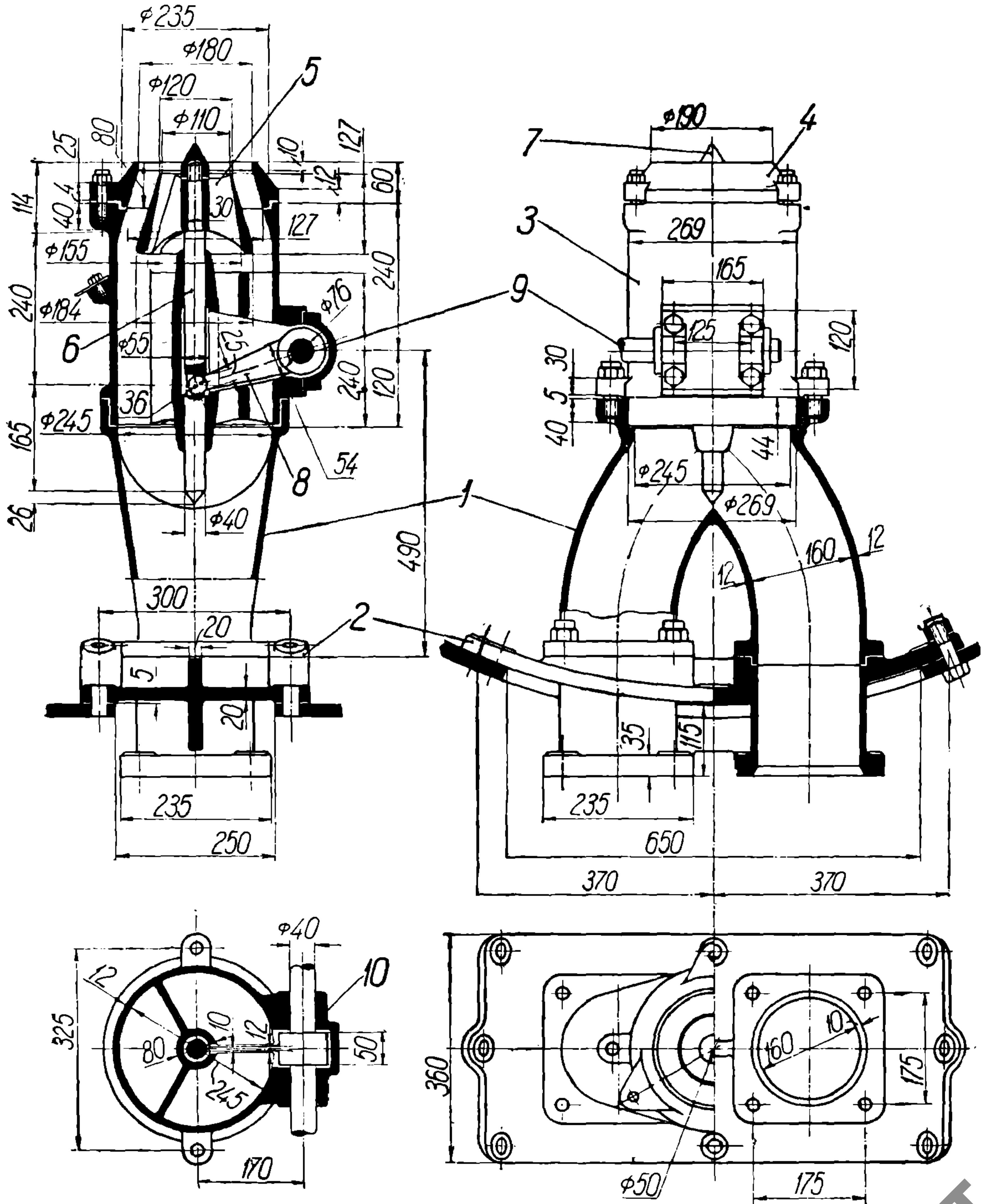


Фиг. 114. Расположение верхнего конуса в дымовой коробке паровоза 0-4-0 ОД.



Рычаг 8 движется при этом в плоскости среднего ребра, в котором сделан соответствующий вырез.

При подъеме груши, сечение конусного зазора между внутренней поверхностью кольца 4 и наружной поверхностью груши 5 суживается. Вся площадь сечения конуса, слагаемая из этого зазора и сечения внутри груши, при этом уменьшается. При вполне затянутом конусе, наружный край груши в самом



Фиг. 115. Конус паровоза 1—3—1 С.

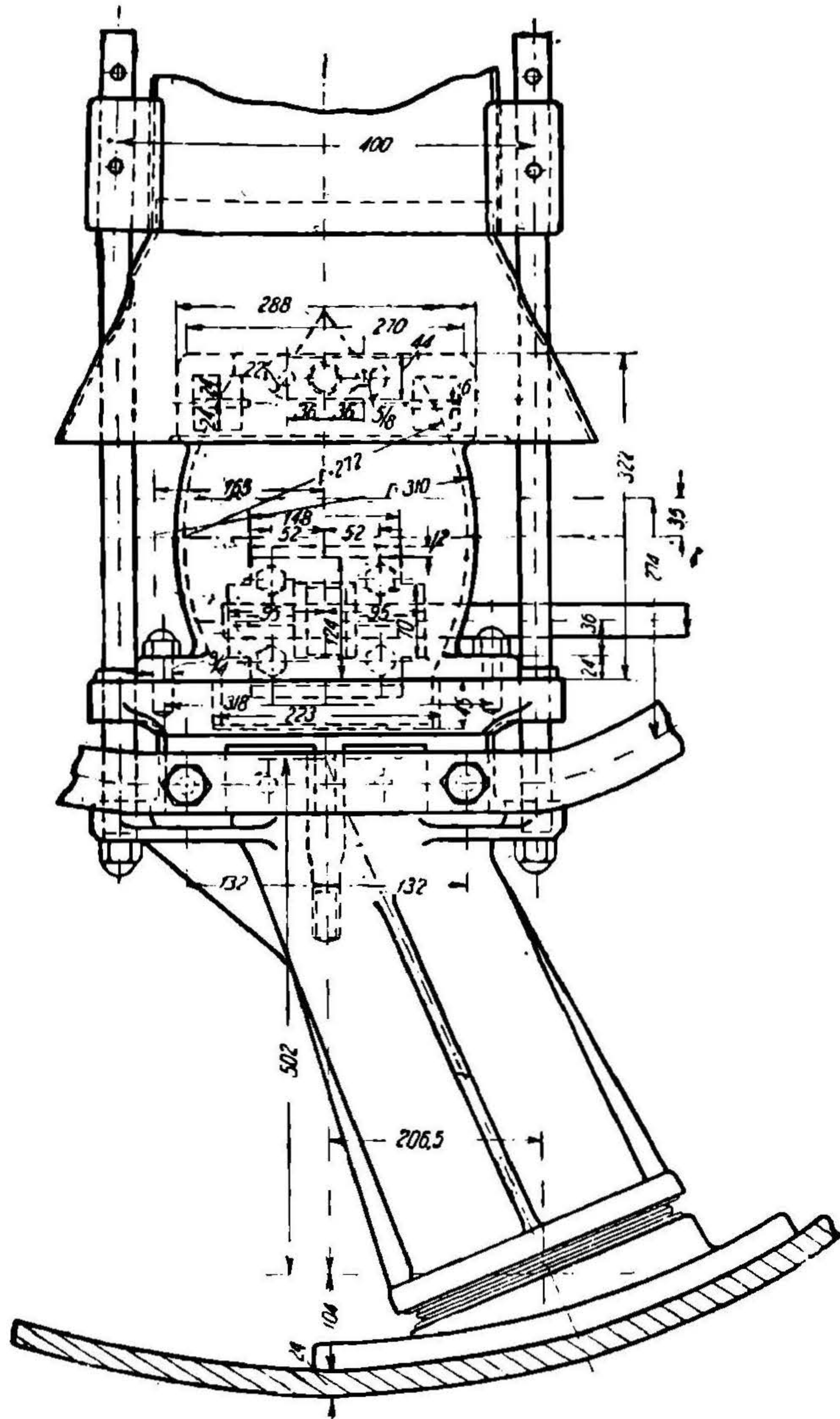
1—конус.
2—основание конуса,
3—головка конуса,
4—кольцо,

5—груша,
6—шпindelь,
7—гайка,

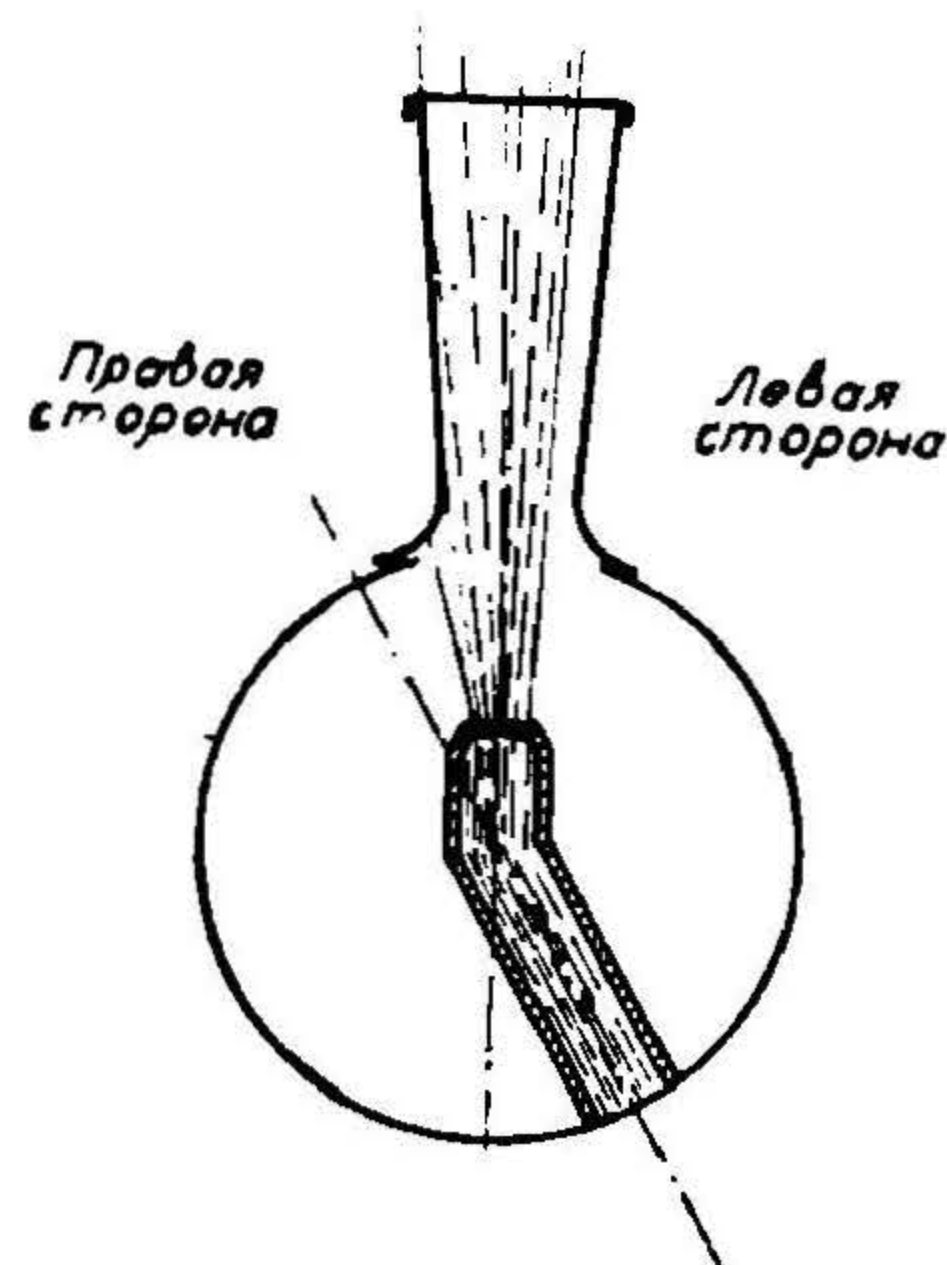
8—рычаг привода,
9—вал привода,
10—скоба вала привода.

левая. Это в отдельных случаях приводит также к проходу атмосферного воздуха внутрь дымовой коробки, вдоль левого бока дымовой трубы. Для избежания этого, находят полезным при установке конуса, после проверки его по оси дымовой трубы, передавать его ось в левую сторону на несколько мм. Это дает хорошие результаты.

Переменный конус паровозов 0—5—0 Э (фиг. 120) имеет привод снизу. Для предотвращения дрожания груши и шпинделя, что сильно расшатывает привод, а иногда ведет к случаям срыва груши, поставлена пружина, дающая означенным частям более устойчивое положение.



Фиг. 118. Конус паровоза 1—4—0 Ш.



Фиг. 119. Схема, показывающая неправильное действие конуса на паровозе 1—4—0 Ш.



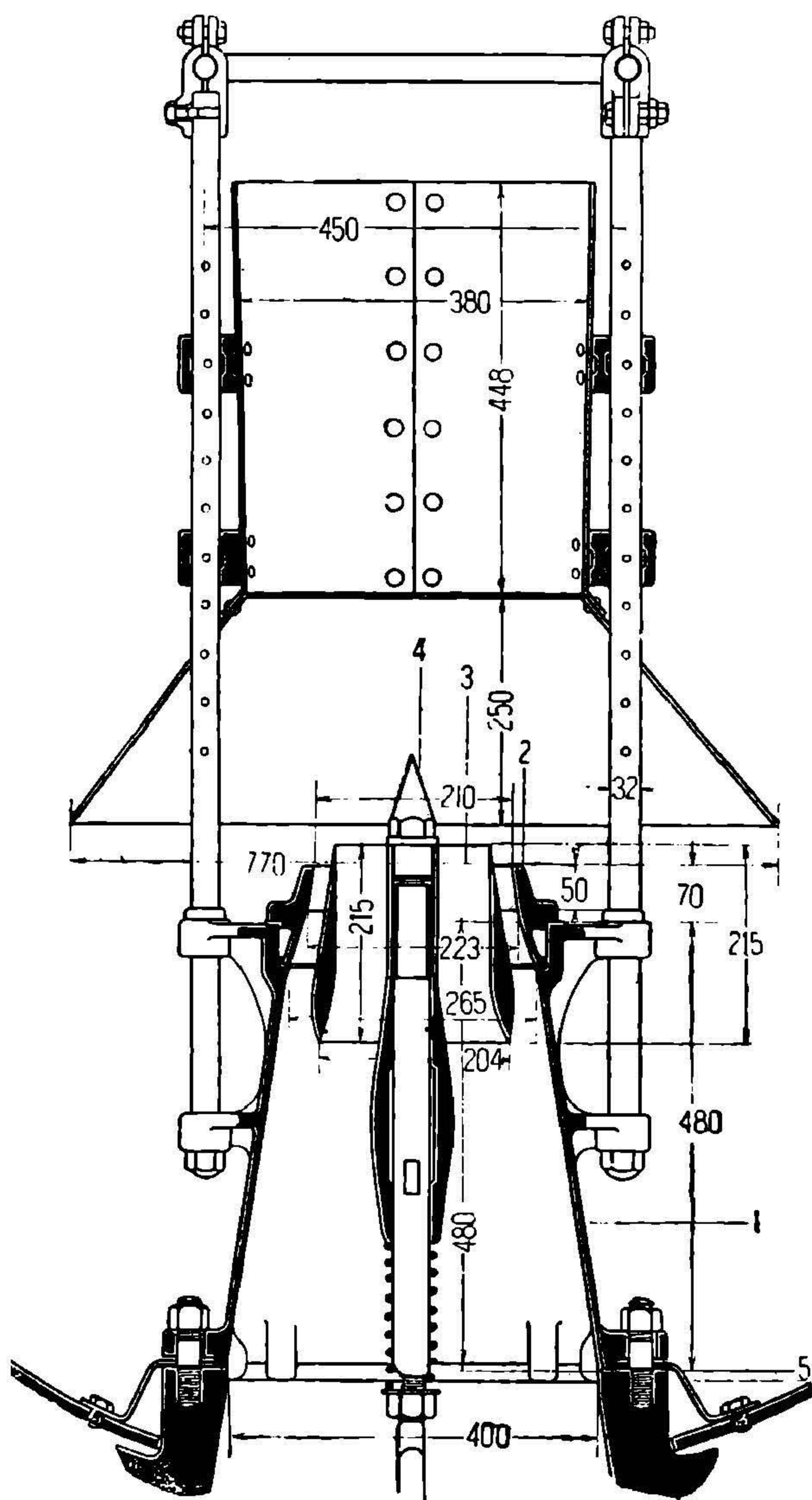
Фиг. 120. Конус с петикотом паровоза 0—5—0 Э.

На фиг. 121 представлен конус паровозов 2—3—1 Л. Ниже уширенное основание конуса 1, по которому течет выхлопной пар из всех четырех цилиндров, сделано прямоугольным. Верхняя часть кольца 2 расточена на конус, образующая которого параллельна образующей конуса наружной поверхности груши 3. Края груши снизу заострены для лучшего рассеечения струи пара. Верхняя гайка 4 сделана остроконечной, с целью избежания вихревых движений в струе пара. Основание конуса, представляющее прилив с внутренним цилиндром, закрыто кожухом 5.

После опытных поездок с паровозом 2—3—1 Л, выявивших преувеличение диаметра выходного отверстия груши, конус был несколько переделан,

причем был поставлен рассекаатель, представляющий трехгранную призму, поставленную острием вниз и укрепленную за средину к шпинделю (фиг. 122 и 123). Укрепленный таким образом рассекаатель легко может быть повернут в любое положение и затем закреплен в нем верхней конгргайкой. Цель, которую преследует постановка рассекаателей, заключается в следующем: для образования надлежащей тяги воздуха необходимо бывает сузить конус. При доста-

точном сужении может, однако, произойти образование зазора между струей выхлопного пара и стенкою дымовой трубы, что должно препятствовать разрежению в дымовой коробке. Рассечение струи



Фиг 121. Конус паровоза 2—3—1 Л.

1—основание
2—кольцо,
3—груша,

4—глухая гайка,
5—кожуха.



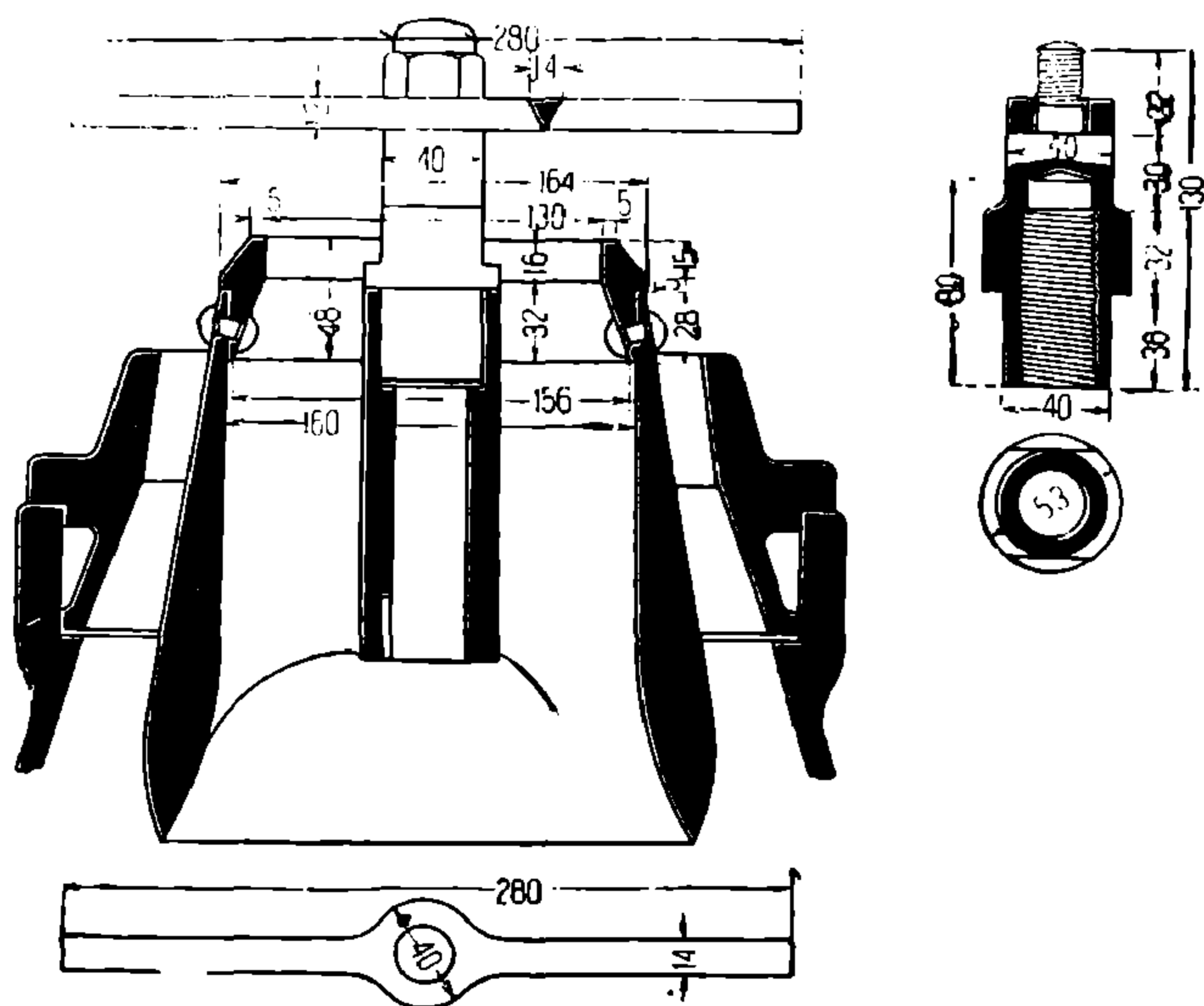
Фиг. 122. Конус паровоза 2—3—1 Л с рассекателем.

пара помощью рассекаателя заставляет струю заполнить весь объем дымовой трубы. Такое уширение струи над рассекателем хорошо заметно на фиг. 104.

При применении рассекаателей надо быть осторожным, чтобы не расширить струю пара более того, что нужно для совершенного заполнения дымовой трубы. По опытам Бориса, рассекаатели оказывались более полезным применять при высоком конусе, чем при низком.

Проф. Госс высказывается против применения рассекаателей, считая, что для лучшего действия паровой струи она должна быть сжатой и плотной. Однако, согласно новейших исследований, о которых будет сказано ниже, рекомендуется, наоборот, делать рассечение струи пара применением различных форм специальных насадок на конуса, из которых примененные на наших паровозах рассмотрены ниже.

Как показывает опыт ¹, значительное влияние на повышение работоспособности струи пара, вытекающей из конуса, оказывает поверхность трения паровой струи об отходящие газы. Это трение, как уже было выяснено выше, вызывает перемешивание пара и газов по периферии паровой струи, и чем, следовательно, большее количество газов войдет в парогазовую смесь, тем выше будет коэффициент полезного действия конуса.



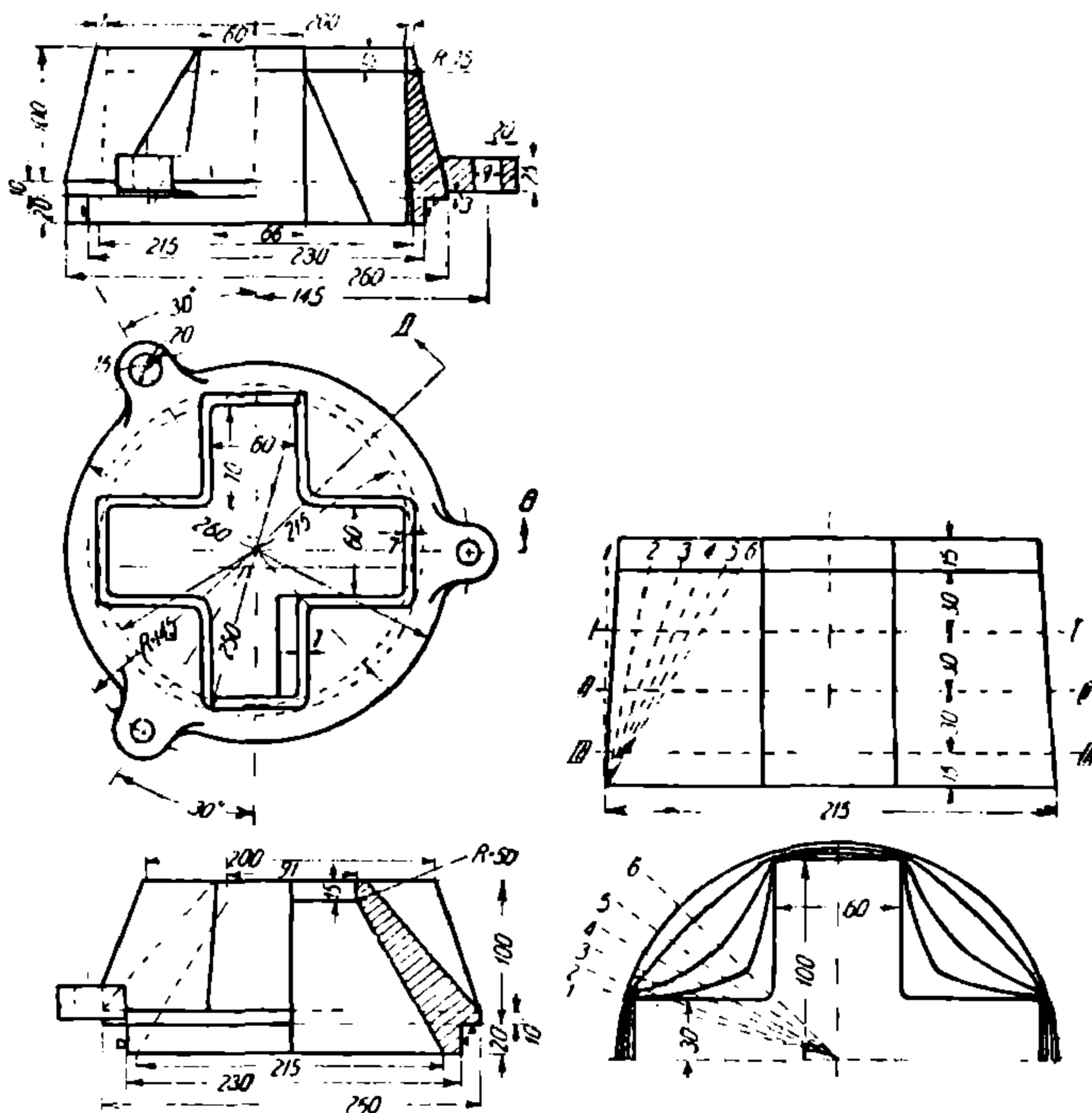
Фиг. 123. Изменение груши и рассекатель конуса паровоза 2-3-1 Л.

конуса не круглое, а какое либо другое очертание. Паровая струя при таком конусе на некоторой высоте также отойдет от геометрического конуса и вследствие этого расширит площадь своей периферийной поверхности. Совершенно очевидно, что, получив дополнительную площадь трения о газы, паровая струя сможет более полно перемешаться с газами, т. е. эффект разрежения в дымовой коробке при том-же количестве отработанного пара повысится.

В действительности это целиком и оправдалось.

Различные видоизменения, которые за последние годы претерпела конусная насадка с круглым сечением, разнообразные формы которой можно видеть, например, в „Американской паровой энциклопедии“ 1930 г., на стр. 366—372, а также в перечисленных выше статьях, начиная с простейшей прямоугольной формы и кончая более сложной, вызваны стремлением повысить коэффициент

Известно, что из всех существующих плоских геометрических фигур круг имеет самый короткий периметр. Поэтому, делая конус круглым, что, казалось бы, при круглой дымовой трубе, должно наилучшим образом вписывать в нее парогазовую смесь, мы тем самым и паровой струе также придаем очертание, приближающееся в поперечнике к круглому. При этом, однако, наружная „коническая“ поверхность струи будет наименьшей. Поэтому явилась мысль придать выходному отверстию



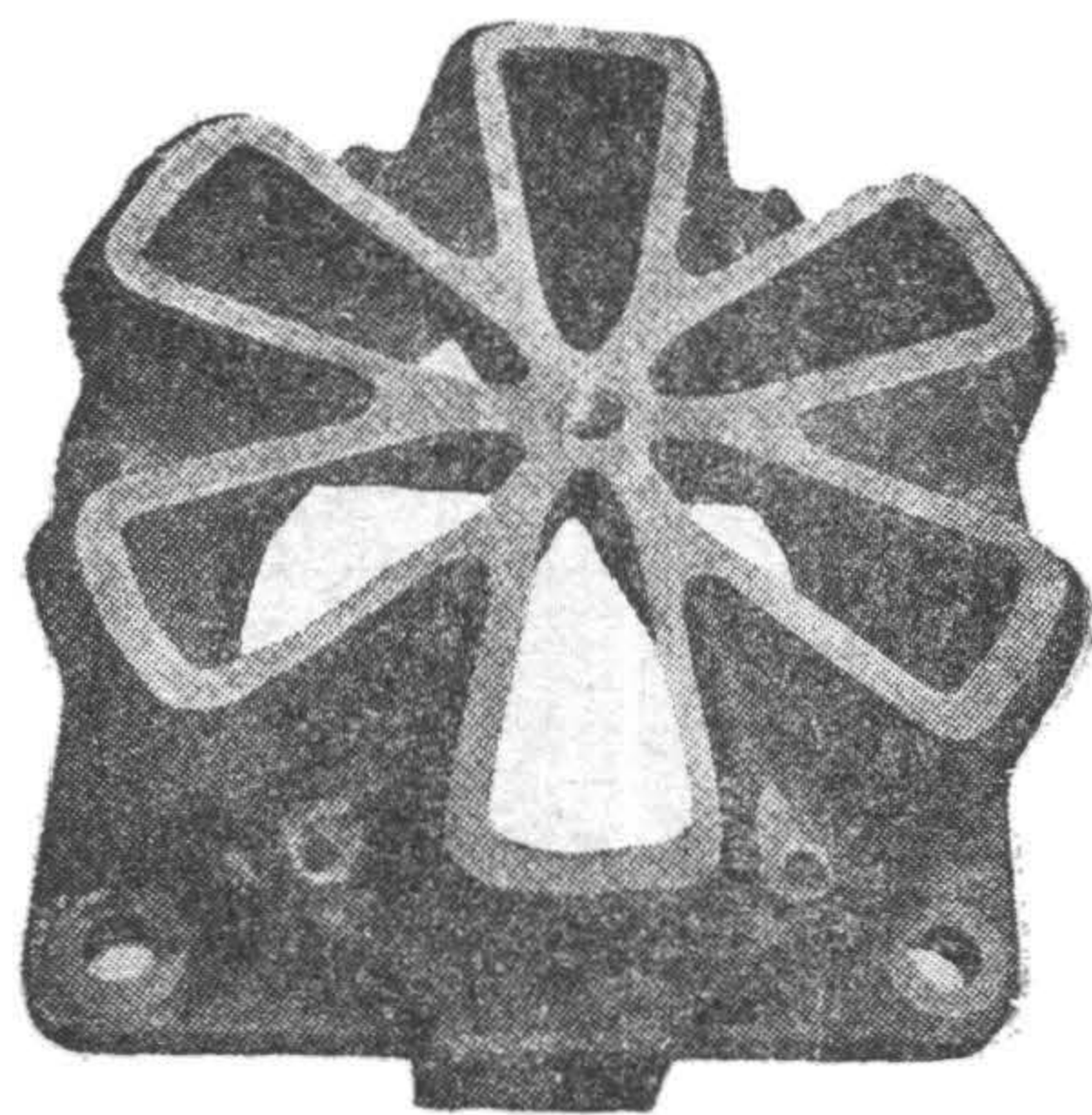
Фиг. 124. Насадка конуса паровоза 0-5-0 Э с крестообразным выходным отверстием.

¹ Опыты, производившиеся за последние годы в целом ряде стран, опубликованы в следующих журнальных статьях: *Revue générale* за 1928 г., стр. 191 и 283; *Bulletin de l'Ass. de C. J.* за 1929 г., стр. 1090; *Organ* за 1930 г., стр. 122 и 166; *Railway Mechanical Engineer* за 1930 г., стр. 499, и 1932 г., стр. 219; „Железнодорожное Дело“ за 1931 г., № 10, стр. 36, статья И. Е. Германа — „Паровозный конус“.

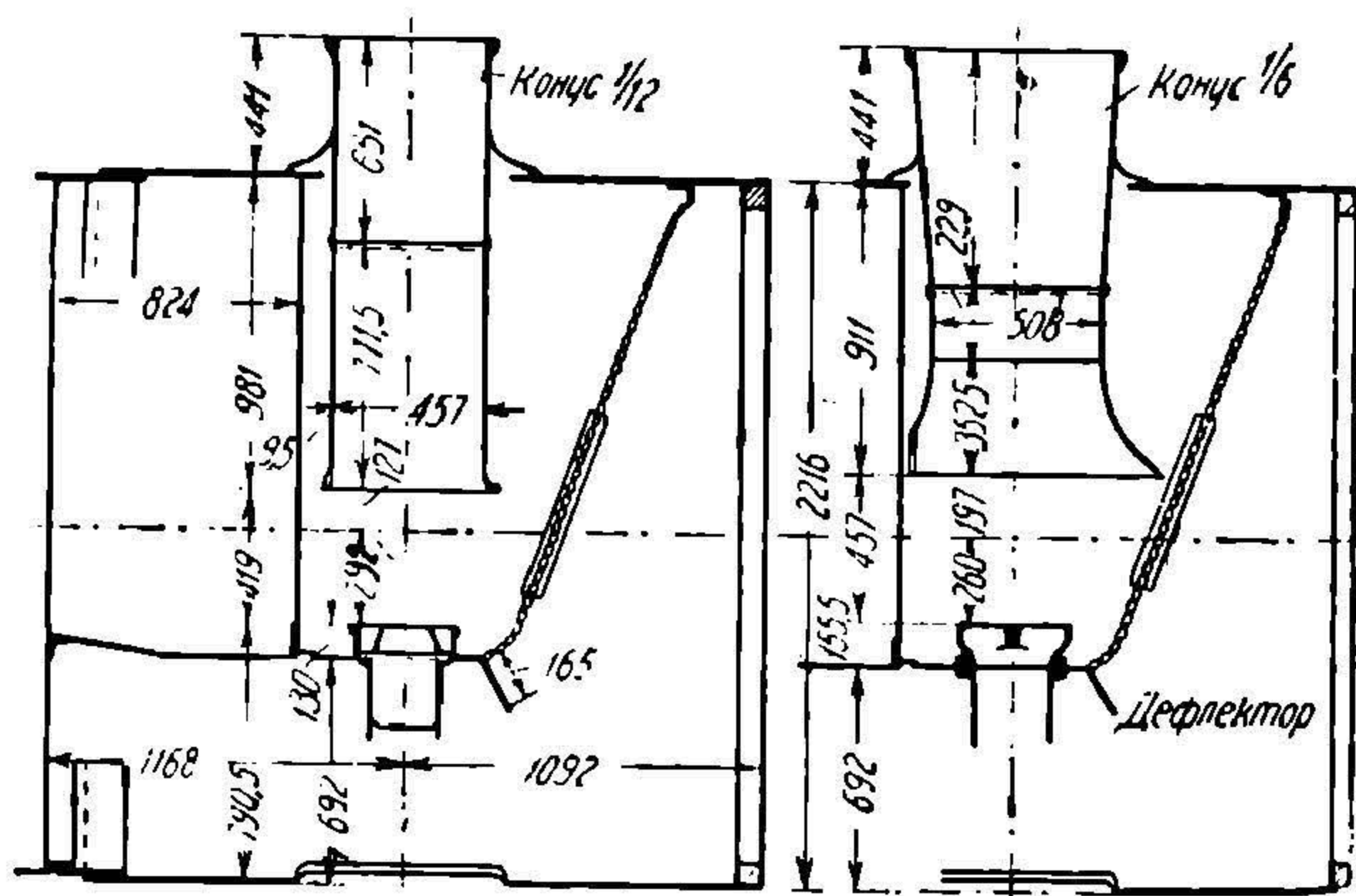
полезного действия конуса, при возможном одновременном снижении противодавления с нерабочей стороны поршней паровых цилиндров машины. На французском паровозе Пасифик с четырехцилиндровой машиной компаунд, серии 3501, применены двойной конус и двойная дымовая труба.¹

Двойные конуса и трубы были испытаны также на японских², бельгийских и американских железных дорогах. Не касаясь всех видоизменений формы выходного отверстия конуса, подвергнутых испытаниям в мировой паровозной практике последних лет, так как это выходит за пределы настоящего труда, посвященного исключительно нашим советским паровозам,—укажем только на те формы конусов, которые были испытаны у нас в СССР.

Необходимо при этом остановиться также на высоте расположения конуса в дымовой коробке. Низкое расположение конуса, т. е. на уровне оси котла или ниже его, издавна применяемое американцами, известно было у нас под названием „американского конуса“, в отличие, например, от верхнего конуса Адамса, применяемого на некоторых паровозах 0—4—0 ОД и ОВ (фиг. 114); такой конус у нас называли в старину германским. В настоящее время, как в заграничной, так и нашей практике,



Фиг. 125. Звездчатая насадка конуса (пенсильванский конус).



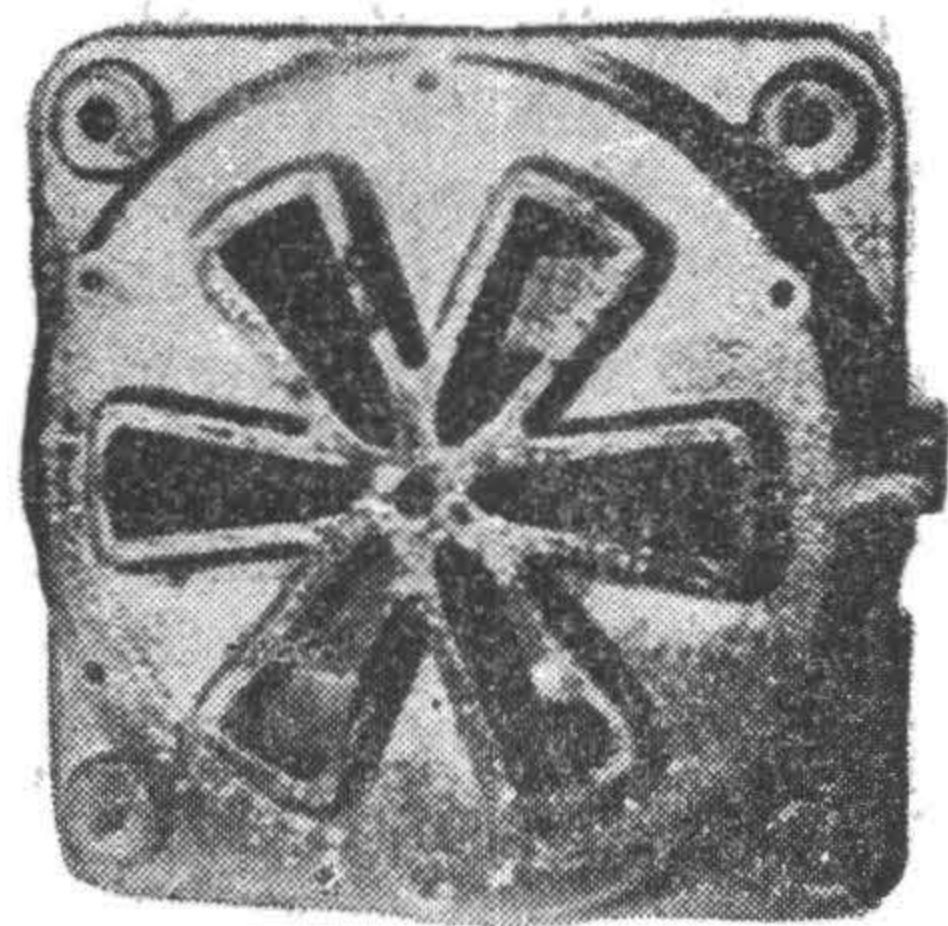
Фиг. 126. Изменения приборов тяги на американском паровозе 1—4—1 в связи с применением звездчатого конуса.

будет завален мусором, находящимся в дымовой коробке, который через конус может легко проникнуть внутрь паровых цилиндров, особенно при контрпаре.)

Низкое расположение конуса вызвано также необходимостью утапливать дымовую трубу внутрь дымовой коробки, ввиду невозможности вывести полную ее высоту наружу из-за габарита. При этом можно предполагать, что применение петикотов, назначением которых является захват газов паровой струей из разных точек дымовой коробки по ее высоте, вряд ли будет целесообразно.

Согласно теории о взаимодействии между периферийной поверхностью паровой струи и газами и образования парогазовой смеси, вследствие трения, что прекрасно согласуется с опытом, наличие петикота не может быть

верхний конус совершенно вытеснен нижним, о чем уже упоминалось. Это станет совершенно понятно, если вспомнить, что для повышения работоспособности паровой струи, истекающей из конуса, мы стремимся к возможному увеличению площади соприкосновения паровой струи с дымовыми газами. Совершенно очевидно, что, опуская конус возможно ниже, мы удлиняем тот участок струи пара, на протяжении которого идет образование парогазовой смеси. (Опустить конус на самое дно дымовой коробки, однако, невозможно, потому что при езде с закрытым регулятором конус

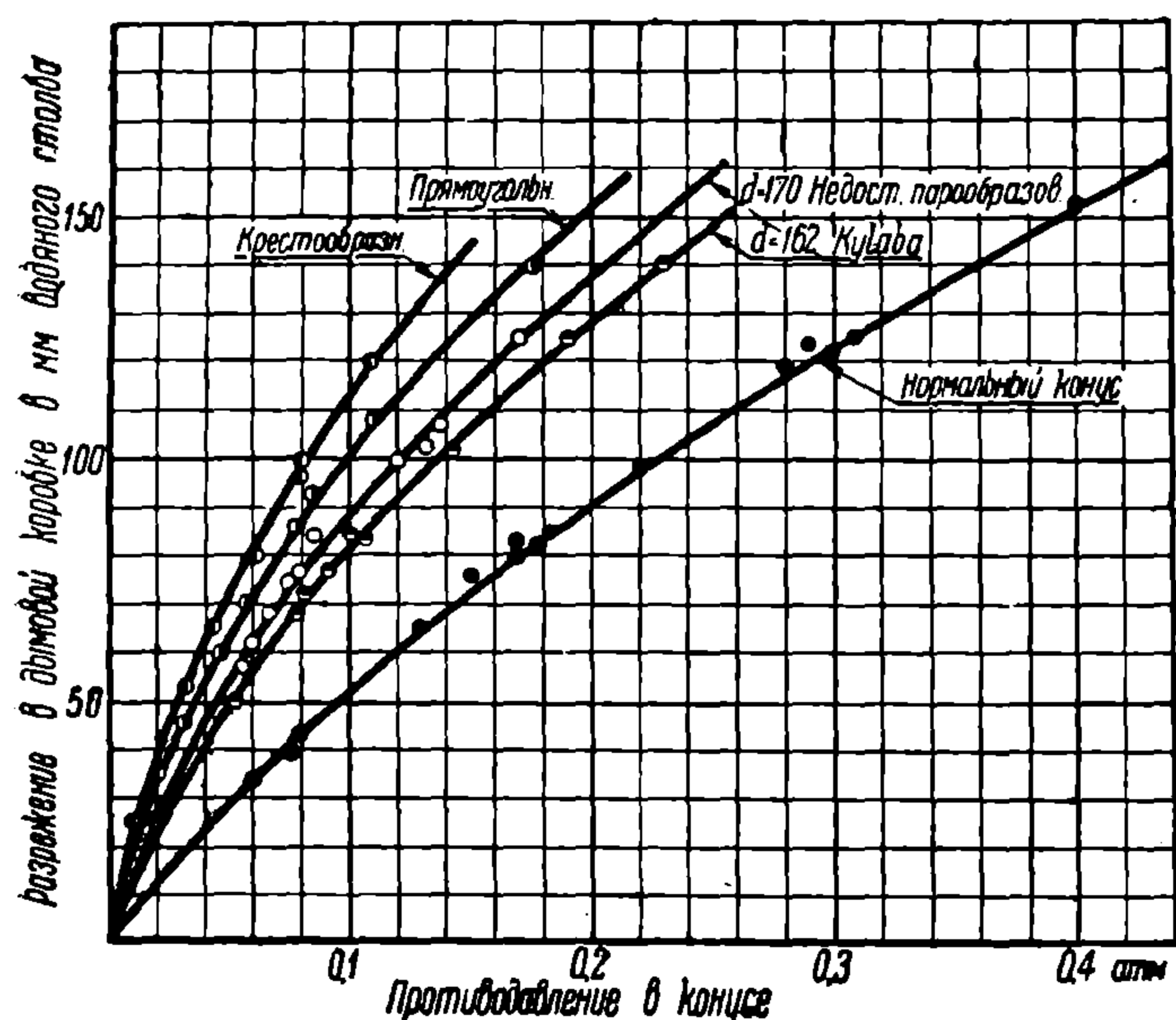


Фиг. 127. Звездчатая насадка конуса паровозов 1—5—1 ТВ и 1—5—2 ГА.

¹ Revue générale за 1931 г., 2 сем. стр. 18.

² The Locomotive за 1931 г., XXXVII № 461, стр. 12.

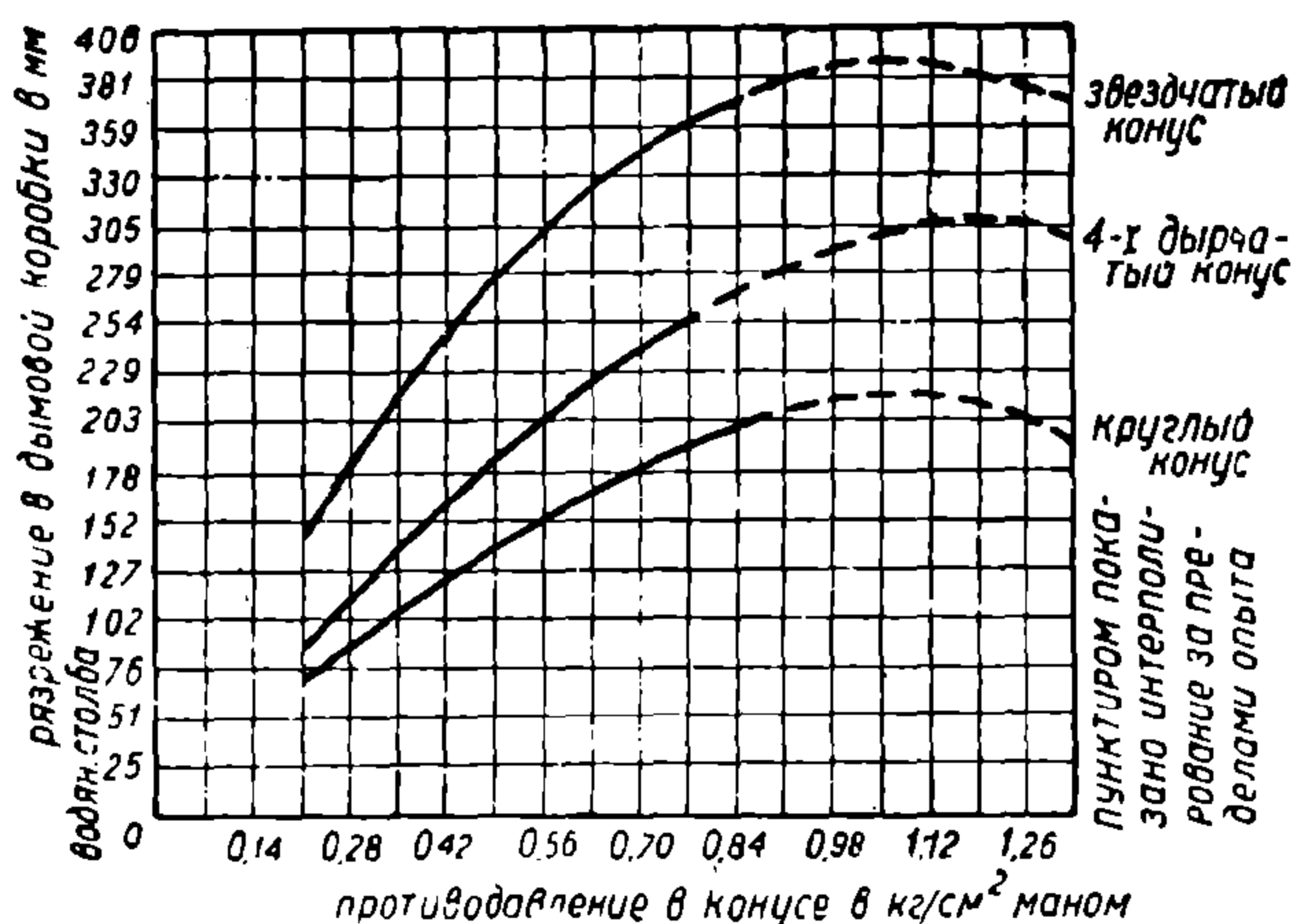
оправдано. Окружая паровую струю непроницаемой оболочкой, петикот как бы сокращает полезную поверхность паровой струи, в то время когда другие меры (звездчатый и крестообразный конус, низкое его расположение и пр.)



Фиг. 128. Опыты 1930–31 г. на Моск.-Курской ж. д. паровоз 0–5–0Э.

направлены как-раз к наибольшему возможному увеличению этой поверхности. Возможность снятия петикотов с существующих паровозов, на которых они стоят, конечно нужно проверить опытом. Не давая паровой струе расширяться за тот предел, при котором струя не может быть целиком вписана в узкую дымовую трубу, петикот конечно отчасти выполняет роль усилителя тяги. При широких же дымовых трубах, снабженных колоколом (раструбом), примененных на новейших паровозах 1–4–2 ИС, 1–5–1 ФД и др., а также и более старых 1–3–1 С и СУ, петикот совершенно ничем не может быть оправдан. На основании долголетней службы паровозов 1–3–1 С и СУ, не снабженных петикотами, установлено, что их котлы обладают прекрасной парообразовательной способностью. Тоже можно сказать про котлы американских паровозов, а также и про наши новейшие паровозы 1–4–2 ИС и 1–5–1 ФД. На этих паровозах применены дымовые трубы больших диаметров, что, при совместном применении их со звездчатым конусом, дало наилучшие результаты. На фиг. 126 показаны те переделки, которые сделаны на американском паровозе 1–4–1 в связи с заменой старого конуса звездчатым; как видно, старая узкая цилиндрическая труба заменена широкой конической.

В период 1930–1931 г.г. Научно-исследовательским тяговым Институтом НКПС на Моск.-Курской ж. д., на паровозе 0–5–0 Э, были испытаны почти все конфигурации насадок конусов и петикотов и различные положения их по высоте относительно дымовой трубы.¹ Наилучшие результаты при этом дал конус с крестообразным отверстием насадки (фиг. 124). Аналогичные опыты в тот же примерно период проделали и американцы, причем наилучшие результаты дала звездчатая насадка (пенсильванский конус², фиг. 125). Такая насадка конуса

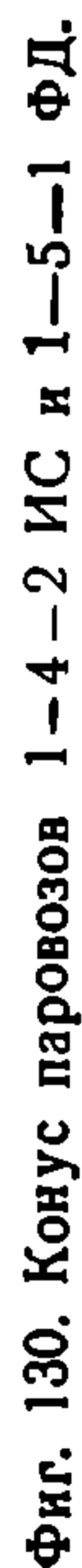


Фиг. 129. Опыты 1930 г. на Пенсильванской ж. д.; паровоз 1–5–0.

¹ Жел.-дорожное Дело. 1931 г. № 10, стр. 36, И. Е. Герман—„Паровозный конус“.

² Railway Mechanical Engineer, 1932 г. стр. 219.

Эта насадка, повидимому, должна иметь преимущество перед крестообразной, так как периметр ее, а следовательно и паровой струи, должен быть больше.

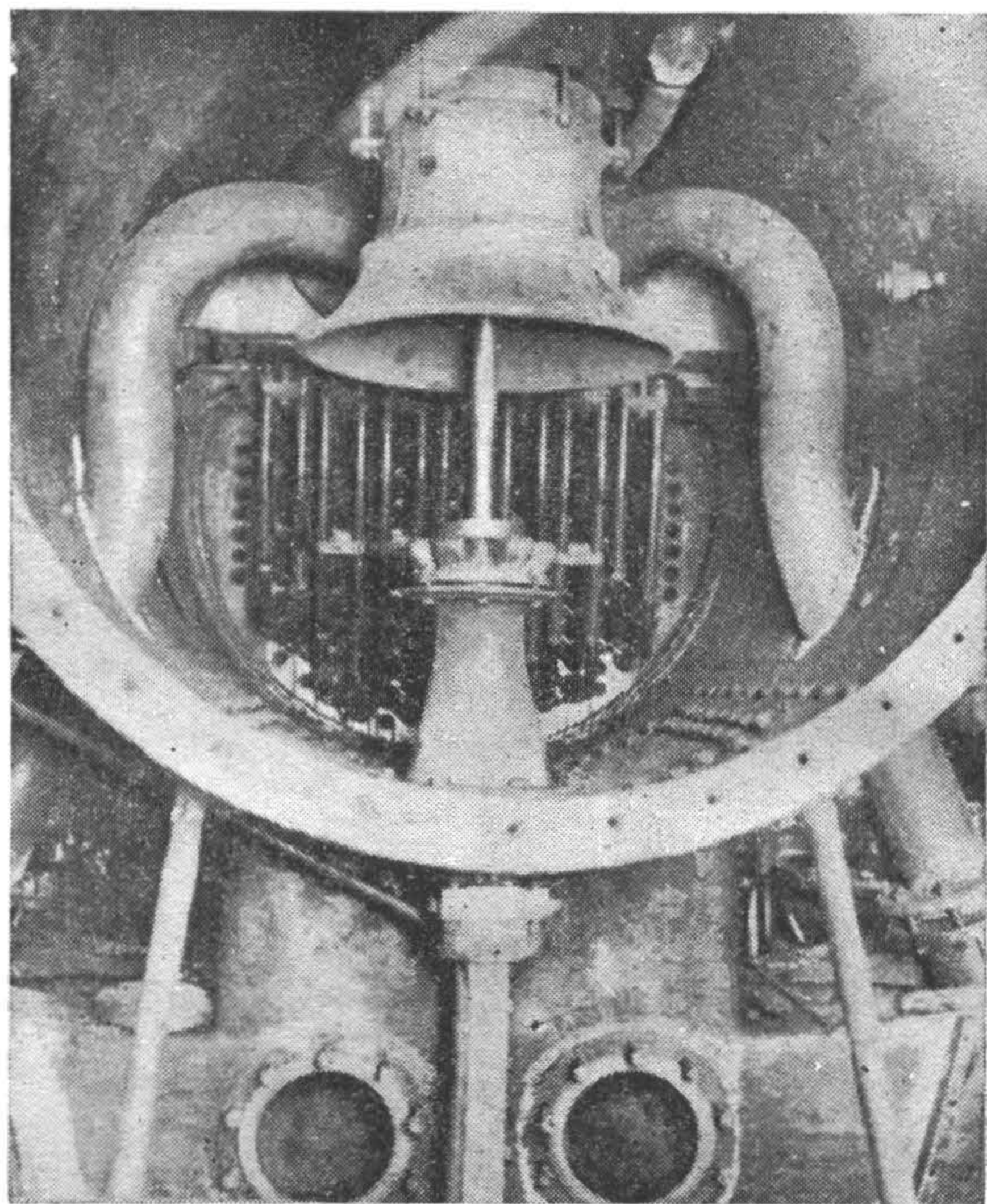


1—колонка конуса, 2—звездчатая насадка.

Нельзя все-таки в данный момент сказать, что окончательная конфигурация конусной головки уже твердо установлена. Здесь еще нужны длительные эксплуатационные опыты, о чем уже говорилось ранее. Доказанным сейчас является, однако, безусловное превосходство рассмотренных насадок перед круглой. Если взглянуть на кривые фиг. 128, полученные на паровозе 0—5—0 Э, и на кривые фиг. 129 по данным испытания паровоза 1—5—0 Пенсильванской жел. дор., представляющие зависимости разрежения в дымовой коробке от противо-давления в конусе, то можно установить следующий, очень интересный факт. Прежде всего, того же разрежения можно добиться при рассмотренных насадках за счет меньшего противодействия в конусе или при том же противодействии можно получить более сильное разрежение, т. е. повысить тягу в котле. И то, и другое ведет к повышению мощности паровоза, что получается вследствие увеличения площади выходного отверстия испытываемых насадок перед обыкновенной круглой насадкой. Увеличение площади, давая более свободный выход отработанному пару, способствует повышению среднего индикаторного



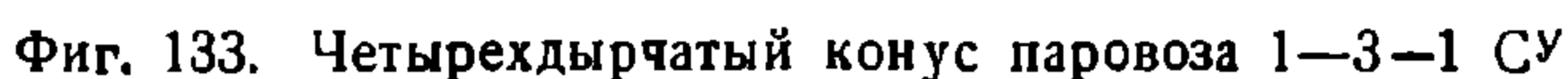
Фиг. 131. Конус паровозов 1—4—2 ИС и 1—5—1 ФД.



Фиг. 132. Дымовая коробка паровоза 1—4—2 ИС.

давления, а следовательно и индикаторной силы тяги за счет понижения вредных сопротивлений в самой машине. В этом есть главная ценность и неопоримое преимущество рассматриваемых насадок перед круглыми. При увеличенном отверстии круглой насадки ($d = 170$) на паровозе 0—5—0 Э (фиг. 128), противо-давление также было заметно снижено, но при этом ощущалось недостаточное парообразование, т. е. мощность паровоза этим поднять не удалось. По кривым фиг. 129, довольно смело интерполированным за пределы полученных при опытах с пенсильванским паровозом 1—5—0 (показаны пунктиром), можно сделать вероятное предположение, что для каждого типа испытываемой насадки конуса существует максимум того разрежения в дымовой коробке, которое при данной насадке может быть достигнуто. Этот максимум должен наступить в пределах от 0,9 до 1,2 кг/см² (маном.); дальнейшее повышение противо-давления станет, следовательно, бесполезным, так как не сможет повысить разреже-ния в дымовой коробке. Это надо иметь ввиду при обращении с конусом переменного сечения там, где он поставлен. Затягивание конуса с известного предела, примерно, за 0,7 кг/см² (маном.) в конусе становится все менее и менее выгодным, так как противодействие начинает расти заметно быстрее, чем нарастает разрежение в дымовой коробке. Кривые фиг. 129 показывают также, что американские паровозы работают с значительно большими противо-давлениями в конусе, чем наши.

На фиг. 130 и 131 показан конус паровозов 1—4—2 ИС и 1—5—1ФД со звездчатой насадкой, а на фиг. 132 его расположение в дымовой коробке паровоза 1—4—2 ИС. Площадь выходного сечения запроектирована в трех вариантах: 227; 242,4 и 261 см^2 .



На фиг. 133 представлен четырехдырчатый конус, запроектированный Центально-локомотивным проектным бюро для паровоза 1—3—1 С^у. Этот конус дает отдельный выхлоп пара из одного и другого цилиндров, причем из одного цилиндра выхлоп получается через одну пару крутых отверстий, а из другого через другую пару таких-же отверстий. Разделение пара, как видно из фиг. 133, начинается с самого низа соответствующим расположением каналов, дающих постепенное отклонение каждой струе в стороны и затем направление их

в круглые верхние отверстия. Во все четыре отверстия вверх конуса впрессовываются кольца, имеющие три варианта диаметров выходных отверстий

$d = 75, 80 \text{ и } 85 \text{ мм.}$

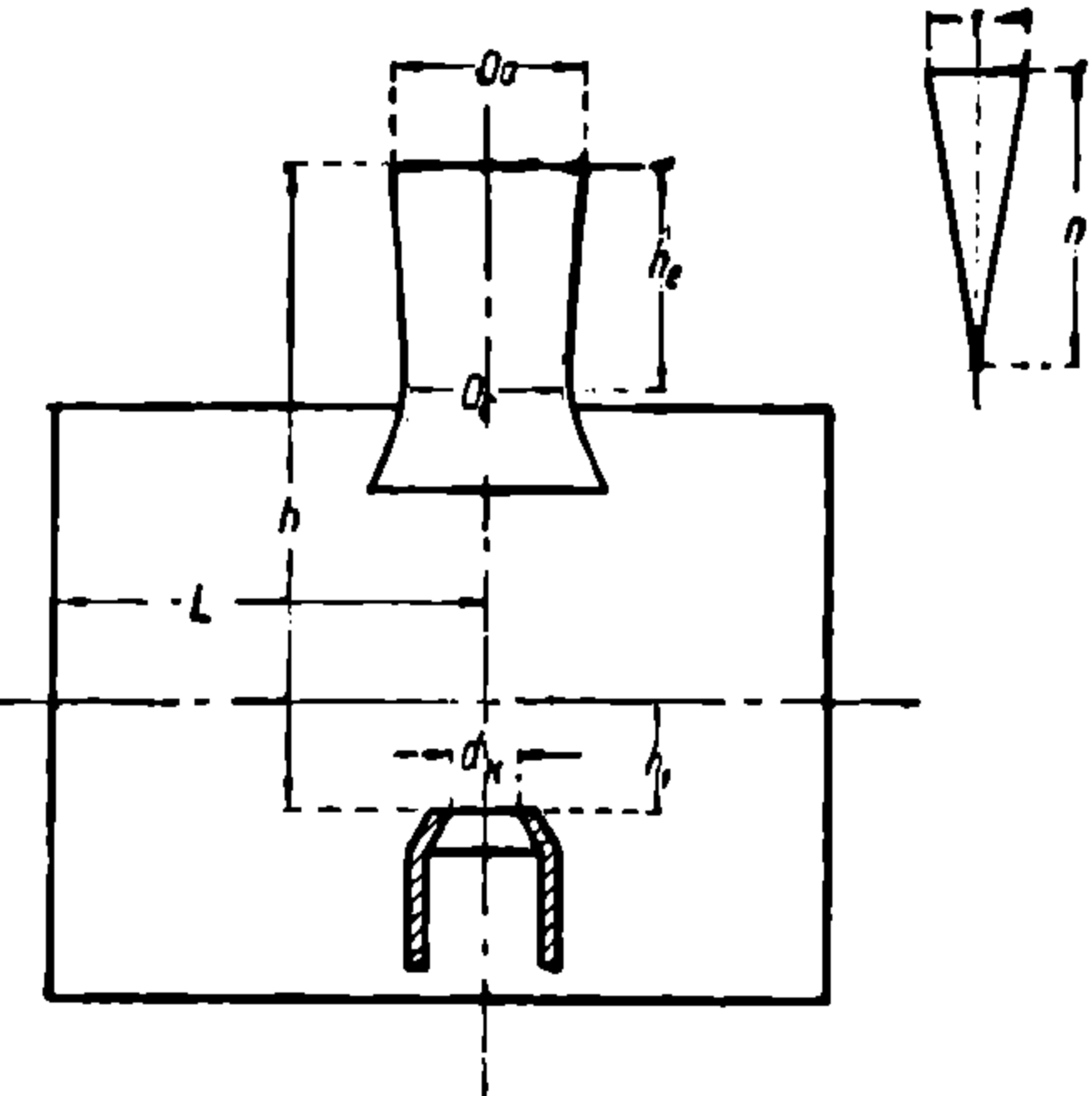
В верхней части имеется кольцевой канал, заменяющий отдельную сифонную трубку.

При помощи этого конуса делается попытка повысить взаимодействие между струей пара и газами путем увеличения поверхности соприкосновения. Дальнейший опыт покажет, какова будет работа такого конуса.

Размеры конусов и дымовых труб указаны в табл. 6

9. ПЕТИКОТ, ОТРАЖАТЕЛЬНЫЕ ЛИСТЫ И ДЕФЛЕКТОР В ДЫМОВОЙ КОРОБКЕ

Назначение петикотов, как было указано выше, сводится к тому, чтобы струя выхлопного пара могла захватить объем топочных газов из нижнего пространства дымовой коробки.



Эскиз к таблице 6.

Размеры конусов и дымовых труб и их взаимное

№№ по порядку	Серия паровозов	Тип конуса	Форма отверстия насадки	Площадь отверстия конуса см² наиб. наим.	dк мм
1	2-3-ОБ	Пост.	Кругл.	154	140
2	1-5-ОЕФ, Е, ЕК	•	•	181,5	152
3	1-5-ОЕЛ	Перем.	•	189-51	180
4	1-4-ОИ	Пост.	•	143	135
5	1-4-2-ИС	•	Звездч.	227, 242, 4, 261²	170-176-183³
6	2-3-ОК	•	Кругл.	143	135
7	2-3-ОКУ	•	•	196	158
8	2-3-1 Л	Перем.	•	261-168	210
9	2-4-ОМ	Пост.	•	214	165
10	1-3-ОНВ	•	•	133	130
11	1-3-ОНУ, У	•	•	133	130
12	1-3-ОНП	•	•	133	130
13	0-4-ООВ	•	•	133	130
14	1-3-1С	Перем.	•	189-51	180
15	1-3-1СВ	Пост.	•	154	140
16	1-3-1СУ	•	•	154	140
17	1-5-2ТА	•	Звездч.	257	181³
18	1-5-1ГБ	•	•	233-254-281	172,5-180-189,5
19	2-3-ОУУ	•	Кругл.	133	130
20	2-3-ОУ	•	•	154	140
21	1-5-1ФД	•	Звездч.	227-242,4-261	170-176-183³
22	1-4-ОЩ, ЩЧ	Перем.	Кругл.	189-51	180
23	1-4-ОЩП	•	•	189-51	180
24	1-4-ОЫ	Пост.	•	143	135
25	0-4-ОЫПЫЧ	•	•	133	130
26	0-4-ОЫУ	Перем.	•	189-51	180
27	0-5-О Э 1912 г. 1913 г.	Пост.	•	172	148
28	0-5-О Э 1915 г. ЭШ, ЭГ, ЭУ	Перем.	•	189-51	180
29	0-5-ОЭМ	Перем. и пост.	Перем. и пост.	189-51	180
30	0-4-ОВ	Пост.	•	143	135
31	0-4-ОВС, ВБ	Перем.	•	165	145

¹ Для труб длиной 1055 и 1244 мм. ² Три варианта. ³ Эквивалентные диаметры круга. ⁴ Да

Петикот обычной конструкции представлен на фиг. 109. Он укреплен на стойках, вделанных в державки конусного основания. В стойках сделан ряд отверстий, которые допускают закрепление петикота на любой высоте. Для этого через отверстия в стойках и втулках следует продеть шпильки, по одному на каждую стойку.

Кроме петикотов такого устройства, на паровозах 2—3—1 Л и 1—4—0 М применены петикоты, укрепляемые в верхней части дымовой коробки на стойках, прикрепленных к дымовой трубе (фиг. 134). Верхний петикот служит для засоса газов из верхней части дымовой коробки, а также может быть установлен, по желанию, на любой высоте.

Регулировать высоту подъема петикота следует, сообразуясь с характером горения на колосниковой решетке. Если, например, сильно прогорает топливо на передней части решетки, то, значит, тяга по нижнему ряду дымогарных труб слишком велика; в этом случае нижний петикот должен быть поднят. При отсутствии достаточного горения в той же части решетки, петикот следует опустить. То же следует делать и при прогорании топлива под шуровочным отверстием, что указывает на сильную тягу по верхним рядам труб.

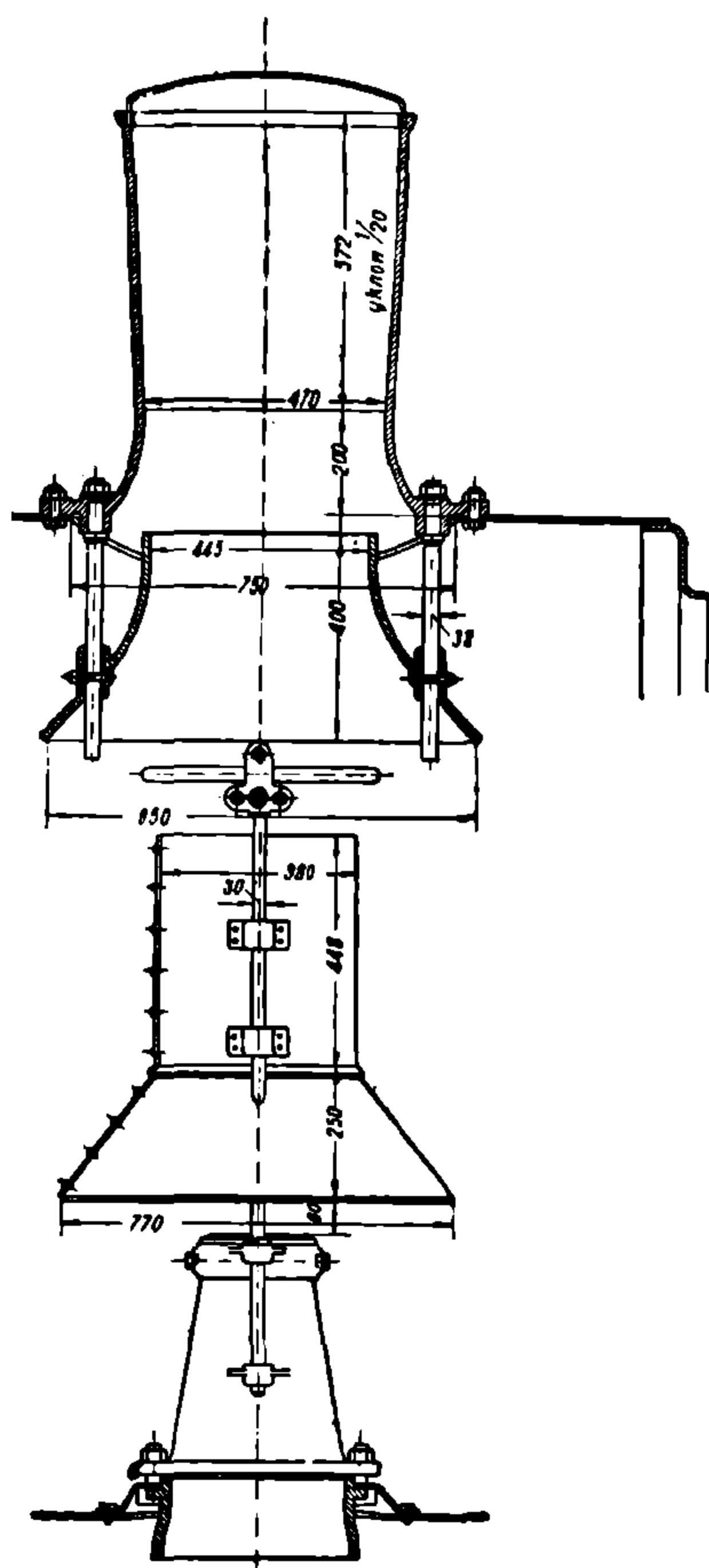
Наиболее же равномерного горения по всей колосниковой решетке можно добиться, выбросив всякие петикоты; об этом уже говорилось выше.

Кроме регулирования тяги воздуха и получения равномерного горения по всей площади колосниковой решетки при помощи петикотов, при широких колосниковых решетках, применяются также отражательные листы (фиг. 135). (Вариант внутреннего устройства дымовой коробки на паровозах 2—4—0 М).

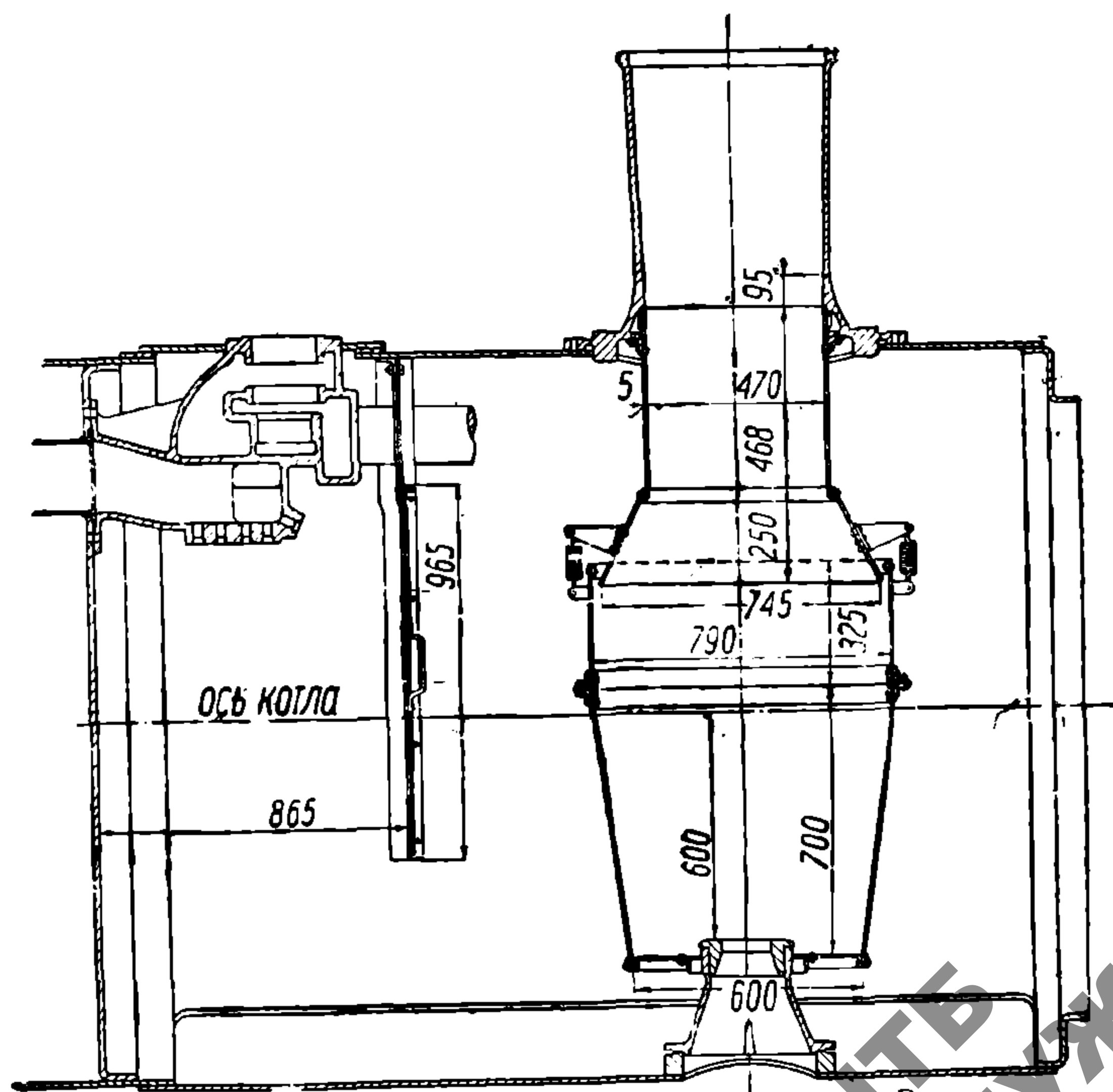
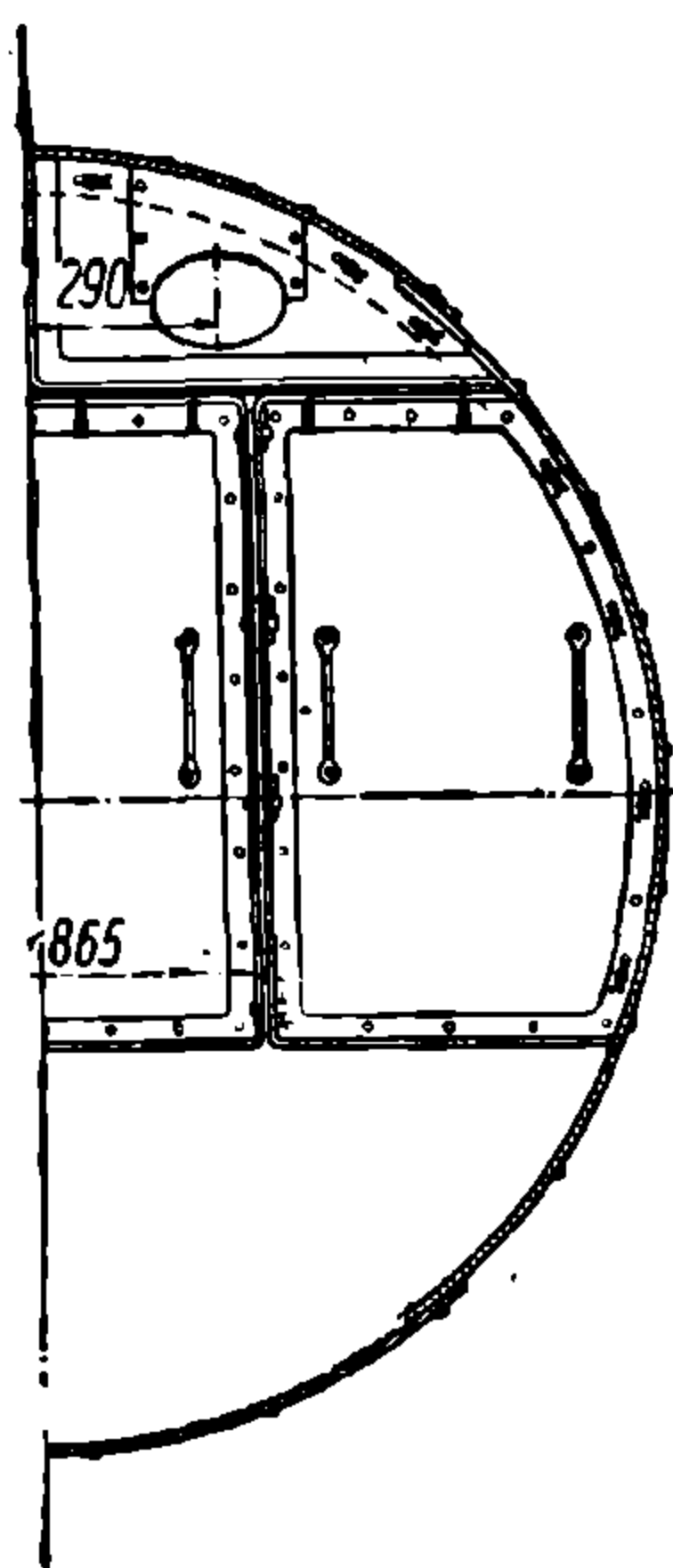
расположение для некоторых паровозов

Таблица 6

D_a мм	D_c мм	h_o мм	h мм	h_1 мм выше оси котла со знаком +, ниже —	$1/n$	L мм
570	440	1 180	2 260	+ 70,0	1/9,1	906
462	462	964	2 080	— 316,0	0	914
584	457	1 050	2 036	— 82,5	1/8,2	889
490	410	823	1 950	— 26,0	1/10	920
644	500	865	1 055,5	— 442,5	1/6	1 863
490	410	825	1 952	— 28,0	1/10	865
560	440	1 200	2 120	— 120,0	1/10	865
545	470	750	2 270	— 277,5	1/10	2 035
527—600 ⁴	470—530	572—700	2114,5 2314,5	400—600	1/10	1 728
560	410	1 180	2 493	— 149,0	1/7,8	650
560	410	1 180	2 493	— 149,0	1/7,8	650
560	410	1 180	2 493	— 149,0	1/7,8	650
560	400	1 275	2 626	— 1,0	1/8	600
540—566 ¹	450	700—875	2 040—2 215	— 170,0	1/7,8	1 200
565	440	1 050	2 151	— 400,0	1/11	1 325
563	470	1 020	2 050	— 140,0	1/11	1 284
663	500	980	2 009	— 262,0	1/6	1 695
672	500	1 030	2 155	— 325,0	1/6	1 450
570	440	1 160	2 317	— 10,0	1/9	856
570	410	1 160	2 325,5	— 18,0	1/8	956
644	500	865	1 055,5	— 442,5	1/6	1 863
570	440	1 230	2 275	+ 144,0	1/9,5	854
570	440	1 150	1 799	+ 540,0	1/9	1 132
550	400	1 490	2 378	— 28,0	1/10	650
525	410	1 165	2 178	— 28,0	1/10,1	920
550	440	1 170	1 832	+ 342,0	1/10,6	920
530	430	880	2 111	0,0	1/8,8	1 020
540	440	880	2 101	+ 10,0	1/8,8	1 020
550	440	880	2 101	+ 10,0	1/8,8	1 020
490	410	823	1 950	— 28,0	1/10	920
535	450	680	1 770	— 20,0	1/8	1 030



Фиг. 134. Расположение пес-
тикетов на паровозе
2—4—0 М.



Фиг. 135. Расположение отражательного листа в дымовой коробке на паровозе 2—4—0 М.

Отражательные листы дают возможность регулировать горение не только вдоль колоснико-
вой решетки, но и поперек, а также служат
и для удержания искр. Такой вариант устрой-
ства приборов, регулирующих тягу воздуха и
горения по всей площади колосниковой ре-
шетки, и был предложен на части паровозов
2—4—0 М с целью усилить горение на боках
решетки, протекающее менее удовлетвори-
тельно вследствие малых наклонов боковых стенок
золяника.

Такие же отражательные листы применены
и на паровозах американской постройки 1—5—0
ЕФ ЕС ЕК, 1—5—1 ТБ и 1—5—2 ТА.

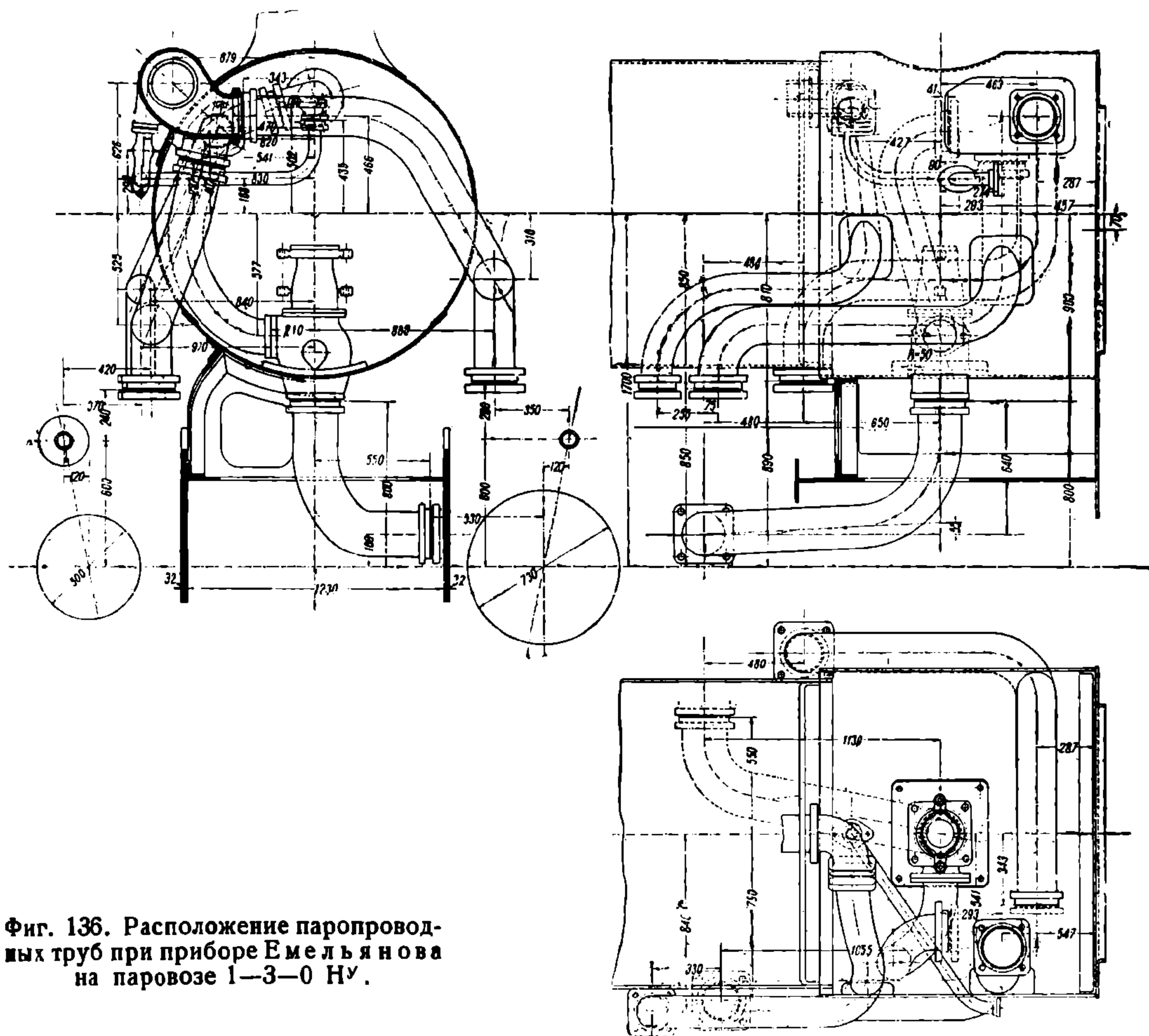
Дефлектором называется поворотный лист—
заслонка впереди конуса (фиг. 126), который
может быть установлен и закреплен в желае-
мом положении, соответствующем лучшей тяге
и меньшему искрению.

Наши опыты с паровозом 1—5—1 ФД по-
казали, что американский способ расположения
искроудержательной сетки и отражательного
листа не оправдали себя. Парообразование за-
метно улучшилось, не влияя на увеличение
искрения при постановке сетки по типу, при-
меняемому на паровозах 1—3—1 С и СУ
(фиг. 172 и 173 2-го выпуска „Конструкций па-
ровозов жел. дор. СССР“).

Отражательный лист препятствует правиль-
ному ходу газового потока по жаровым тру-
бам, создавая некоторый подпор между перед-
ней решеткой и отражательным листом. Кроме
того, затрудняется доступ к присоединениям

элементов пароперегревателя к коллектору. То же самое было подтверждено обширными опытами в течение нескольких лет в САСШ на ж. д. Миссури — Пасифик с паровозами 1—4—1. При последовательном увеличении диаметра конуса со 152 мм до 171 мм, был увеличен и диаметр дымовой трубы с 457 до 559 мм. Высота конуса была уменьшена с 730 до 508 мм, причем петикот и отражательный лист были выброшены, так как измерения показали, что присутствие этого листа увеличивает сопротивление проходу газов и разность вакуума по его сторонам. Работа паровоза и парообразование при этом резко улучшились.

Петикот и отражательные листы изготавливаются из железа СТО.



Фиг. 136. Расположение паропроводных труб при приборе Емельянова на паровозе 1—3—0 НУ.

10. ПАРОВЫХОДЯЩИЕ И РЕСИВЕРНЫЕ ТРУБЫ

Паровыходящие трубы, идущие от цилиндров к конусу, имеют фланцы того-же устройства, как и фланцы паровыходящих труб. Двухцилиндровые паровозы компаунд со следующими приборами отправления: краном Линднера, прибором Линднера, пробкой добавителя — имеют паровыходящую трубу только из цилиндра низкого давления (левого). При приборах отправления Дульца, Емельянова или Петрова, паровыходящая труба идет и от прибора отправления к конусу (фиг. 136)¹.

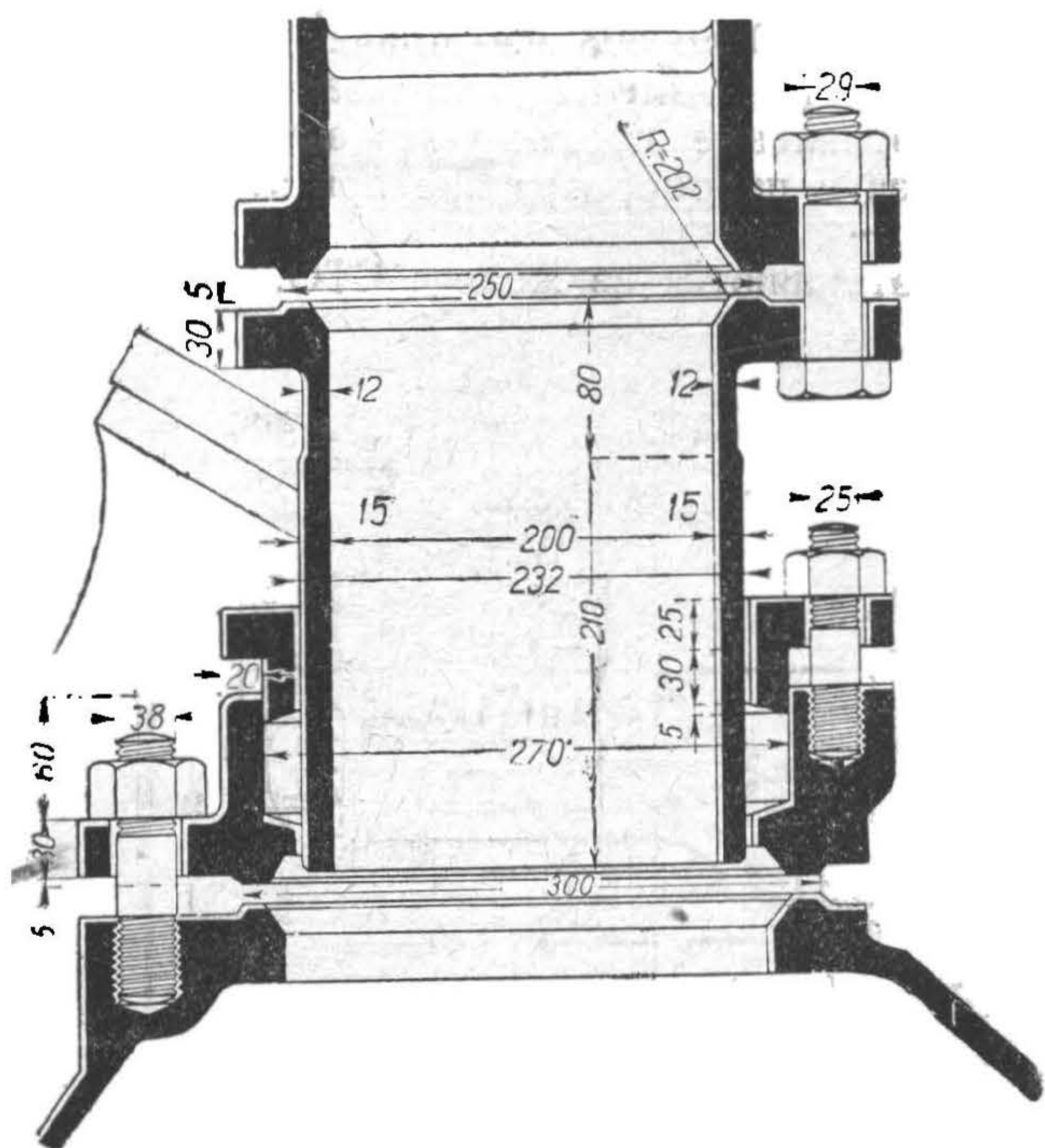
На паровозах 1—3—1 С^У (фиг. 137) паровыходящие трубы сделаны в виде коротких, литых патрубков, которые присоединены одним фланцем к цилиндрам, а другим фланцем, имеющим сальник, к выхлопной коробке, расположен-

¹ О приборах отправления будет сказано ниже.

ной в междурамном креплении под дымовой коробкой и цилиндрами, в которой установлен водоподогреватель Кнорра. Сальник дает возможность трубе свободно удлиняться при нагревах.

На паровозах американской постройки 1—5—0Е, 1—5—1 Т^Б и 1—5—2 Т^А паровыходящие трубы заменены каналами внутри отливки цилиндров, образующих также и опору под дымовой коробкой. Об устройстве цилиндров будет сказано при описании машины.

На паровозах 1—5—1 ФД и 1—4—2 ИС выхлоп пара производится через золотниковую втулку не в пароотводные каналы самого цилиндра, а в отдельные выхлопные трубы, идущие снаружи и прикрепляемые одним концом к золотниковым крышкам, а другим концом к конусному тройнику, отлитому вместе с цилиндрами в части междурамного скрепления (фиг. 138, 139 и 140). Это дало возможность получить более простую модель, а следовательно и менее сложную отливку. Об устройстве цилиндра будет сказано подробно в описании машины.



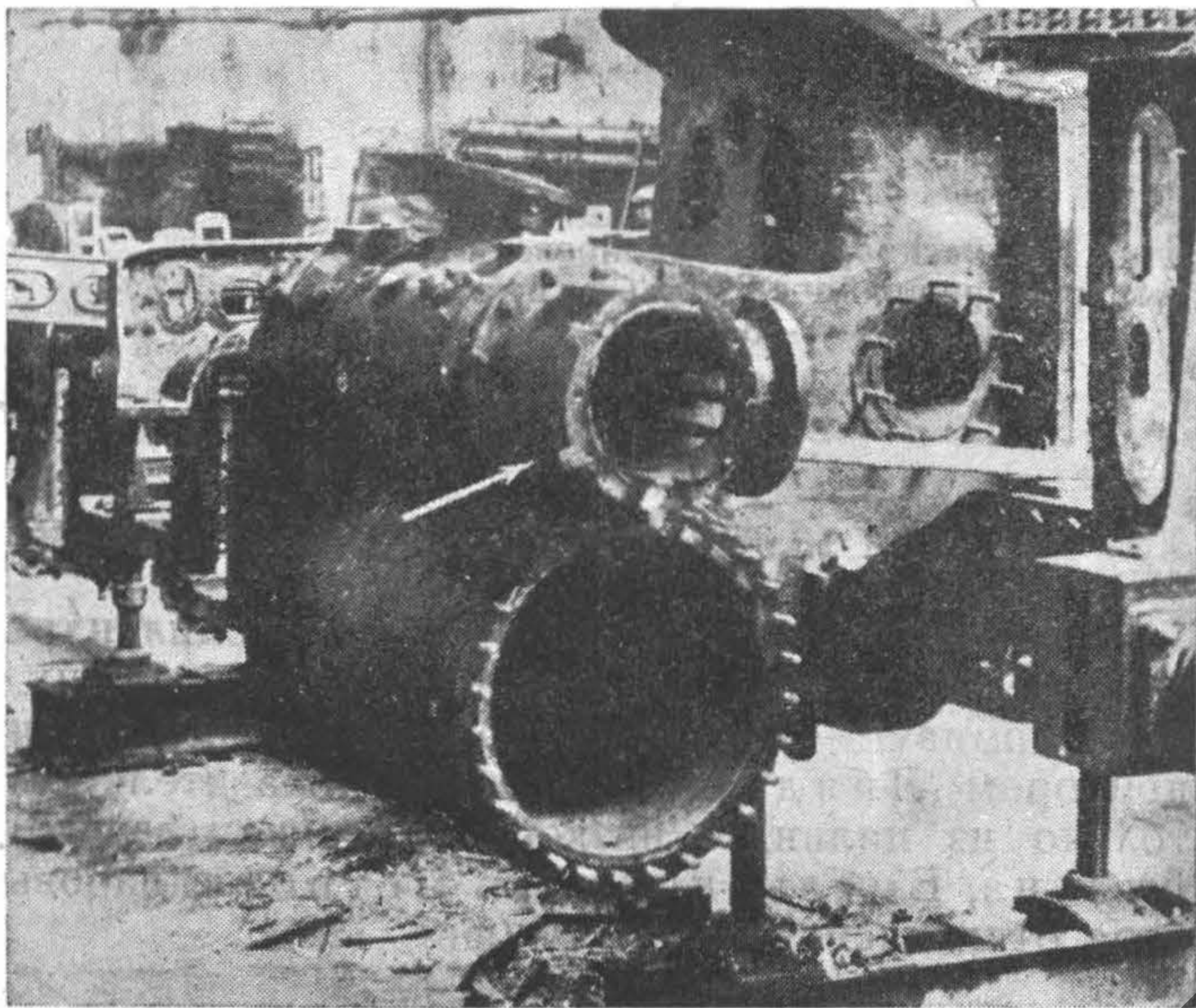
Фиг. 137. Паровыхлопная труба паровоза 1—3—1 СУ.

Паровыходящие каналы в средних цилиндрах паровозов 2—3—1 Л и 2—4—0 М сделаны внутри отливки цилиндров.

На паровозах 1—3—0 Н^П, модернизированных из 1—3—0 Н^В на б. Ленинградском ремонтном заводе б. Сев.-Зап. ж. д., паровыходящие трубы снабжены особыми литыми коленами, присоединенными одним фланцем непосредственно к цилиндрам, а другим фланцем—к остальной части трубы. В этом колене внутри сделана воронка А (фиг. 141), отбирающая пар к верхнему фланцу Б, к которому присоединена труба мягкого пара, идущая в водоподогреватель.

В самом нижнем месте перегиба паровыходящих труб должен быть установлен кран для отвода собирающейся в ней воды.

Диаметры паровыходящих и ресиверных труб выбираются такие: паровыходящие—от 150 до 200 мм, толщина стенок—4—5 мм, ресиверные—от 200 до 241 мм при толщине стенок 5—6 мм. При выборе диаметра труб следует проверить скорость текущего по ним пара, которая не должна превышать 15—30 м/сек.



Фиг. 138. Паровыхлопная коробка правого цилиндра паровоза 1—5—1 ФД.

Трубы не должны иметь резкие перегибы и суженные места.

На паровозах 0—3—0 + 0—3—0 и Ө и Ө^ч передняя поворотная тележка, приводимая в действие машинами низкого давления, имеет ресиверные и парoisходящие трубы, снабженные шарнирами и сальниками, допускающие изгибы этих труб при отклонениях тележки. На фиг. 142 представлен шарнир пароотводной трубы паровоза 0—3—0 + 0—3—0 Ө.

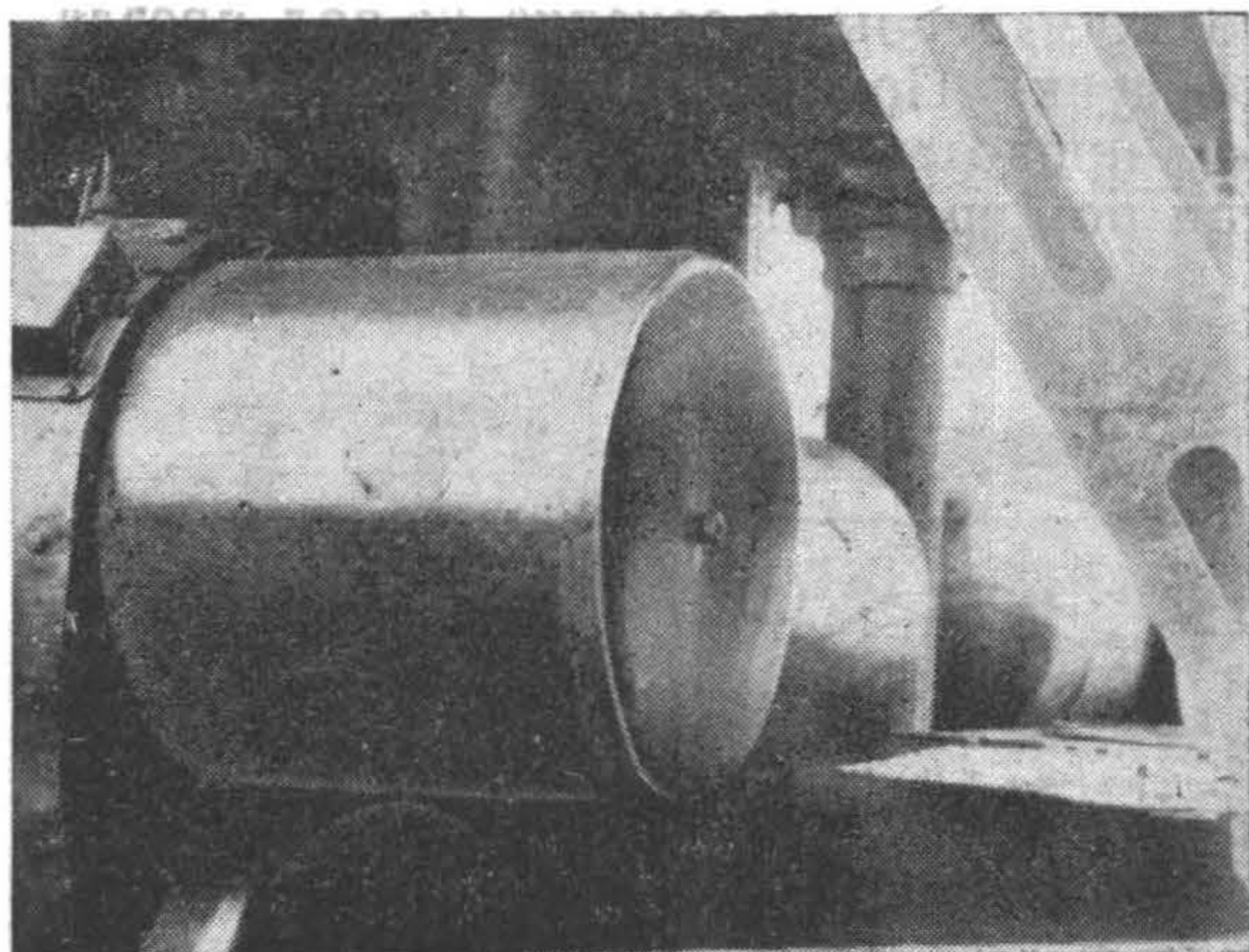
Толщина медных старых ресиверных труб не должна быть менее 3 мм, а паровыходящих 2 мм, соответственно—для железных 2 мм и 1½ мм; чугунные трубы допускаются не тоньше 5 мм.

Все трубы должны испытываться гидравлическим давлением: ресиверные на 12 ат и паровыходящие на 8 ат.

Железо на трубы — СТ 3, тоже чугун — Чл. 1.

Фланцы и кольца — из СТ 3. Прокладные кольца — из чугуна.

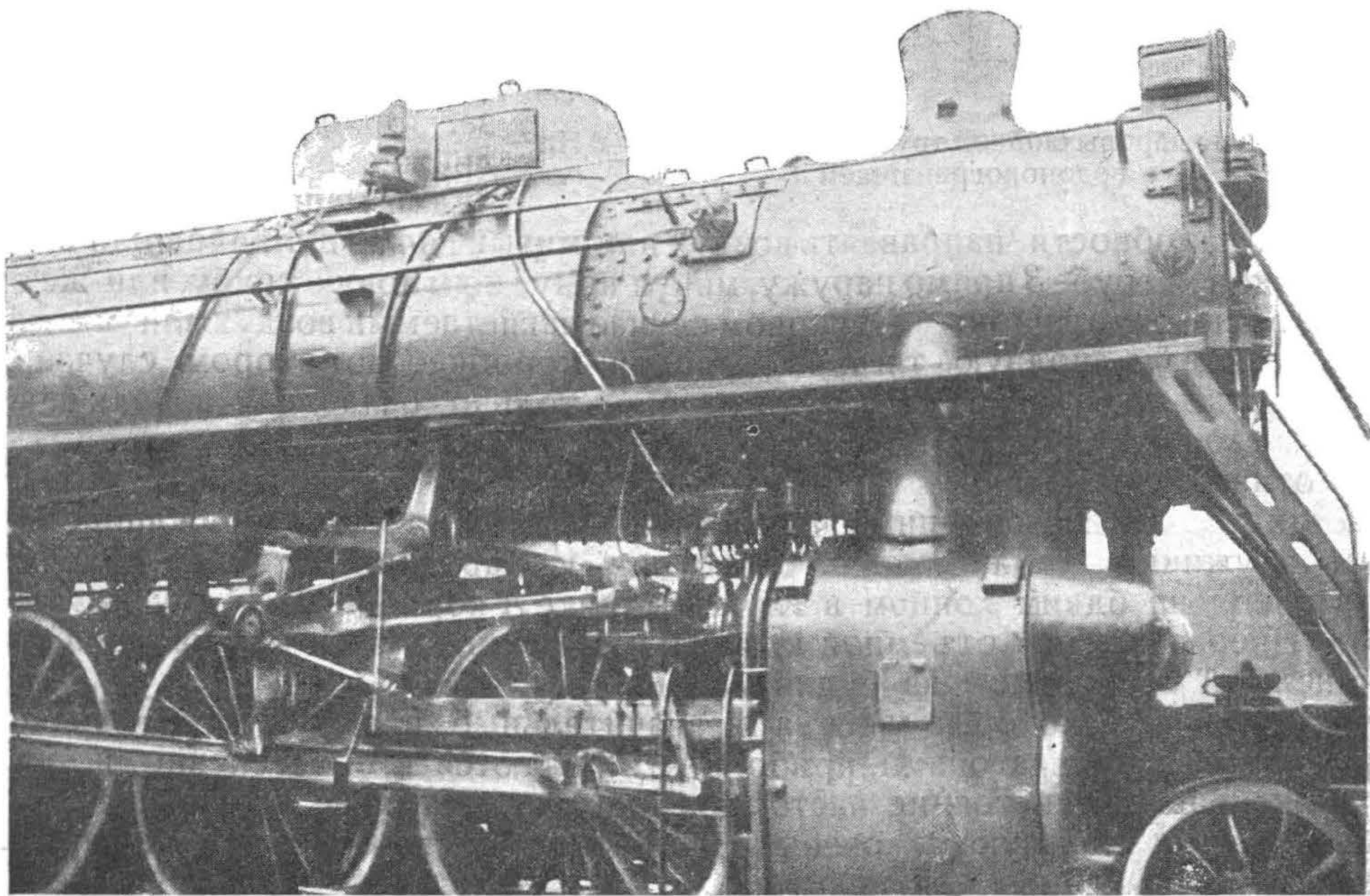
Диаметры труб для некоторых серий паровозов приведены в табл. 5.



Фиг. 139. Обшивка паровыхлопных труб паровоза 1—5—1 ФД.

11. МОДЕРАТОР И ЗАДВИЖКА ДЫМОВОЙ КОРОБКИ

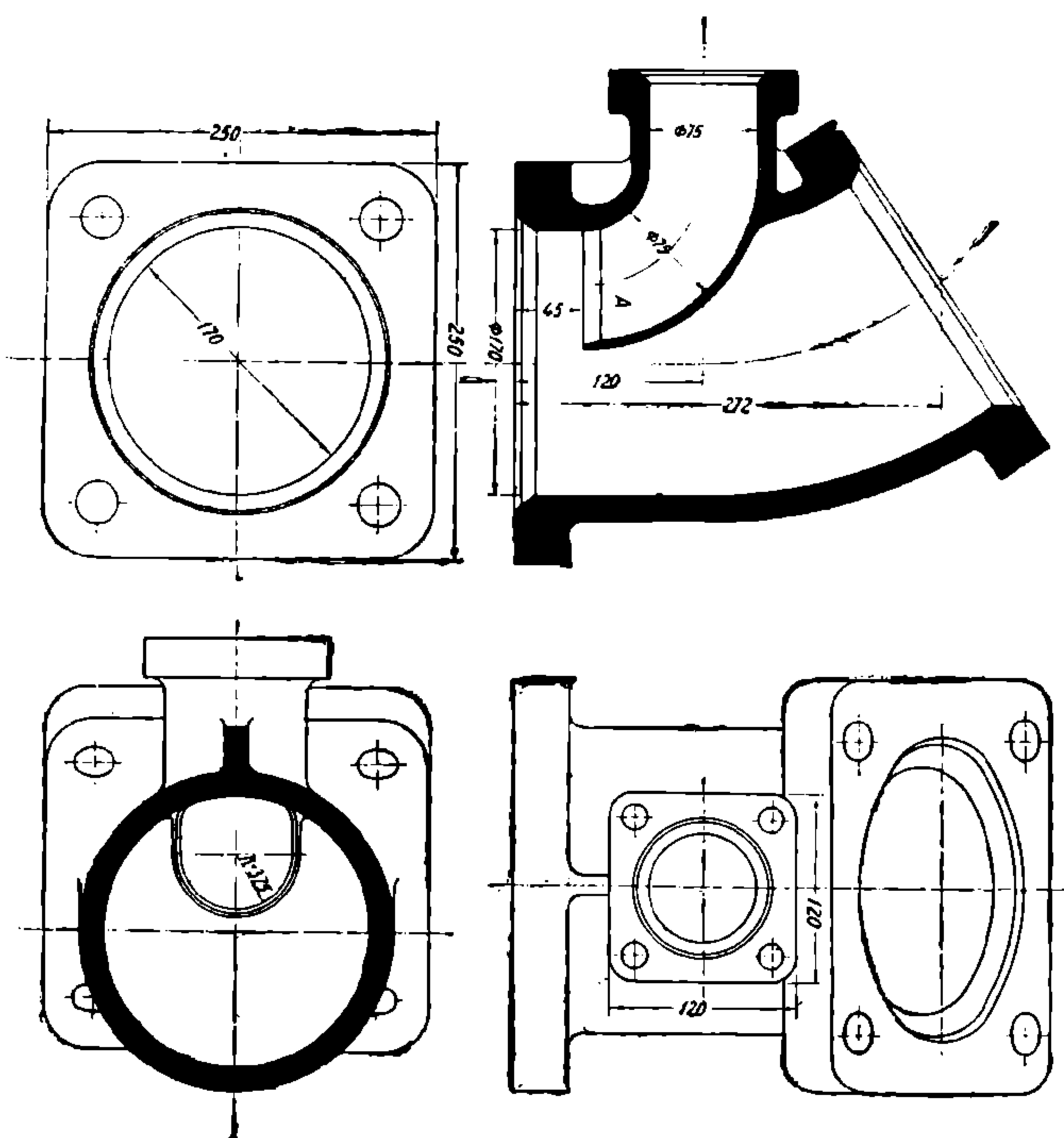
Модератором называется прибор, позволяющий выпускать выхлопной пар не через конус и дымовую трубу, а через особую трубу, мимо дымовой коробки



Фиг. 140. Передняя часть паровоза 1—4—2 ИС.

Этим, по желанию, устраняется разрежение, создаваемое выхлопным паром, и, следовательно, прекращается горение топлива тогда, когда сильного паробразования не требуется, напр., при маневрах, выезде паровоза из депо под поезд с заправленной топкой и т. д.

Кроме того, при движении под уклон с закрытым регулятором у паровозов наблюдается сильная тяга в дымовой коробке, создаваемая воздухом, засосанным цилиндром через клапан Риккура и выталкиваемым вместо пара через конус, что ведет к непроизводительному сгоранию топлива. Помощью модератора машинист может совершенно парализовать эту тягу. На нефтяных паровозах маневры и отцепка из-под поезда могут производиться при погашенной форсунке. При взятии с места можно парализовать сильные выхлопы пара и тем предотвратить унос несгоревшего топлива в дымовую трубу. Наконец, при помощи модератора можно при контрпаре совершенно устранить доступ



Фиг. 141. Колено паровыхлопной трубы паровоза 1—3—0 Нп с водоподогревателем.

продуктов горения из дымовой коробки в паровые цилиндры, что имеет важное значение, особенно при нефтяном отоплении, ввиду нередких случаев порчи цилиндров от взрывов.

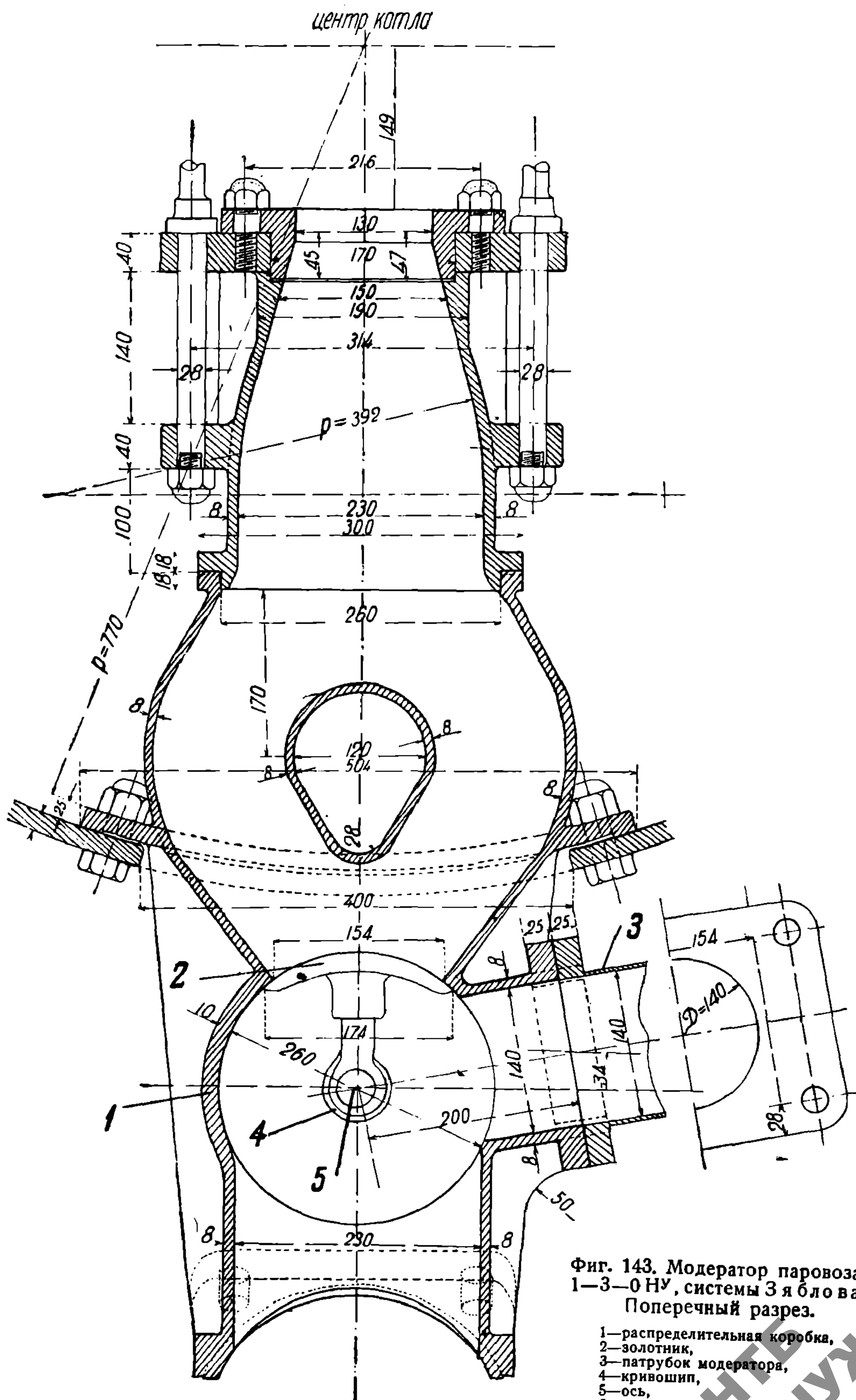
смотря по надобности, направлять воздух или мятый пар из цилиндра или в конус, или по боковой трубе 3 прямо наружу, минуя конус и дымовую трубу, или же одновременно и в конус и наружу. В первом случае нагнетаемый воздух или мятый пар будут развивать полную тягу в дымовой коробке; во втором случае тяга будет вполне парализована, а в третьем — только ослаблена в большей или меньшей степени, смотря по положению золотника.

На фиг. 143 и 144 представлен модератор системы Зяблова, примененный на паровозах 1—3—0 Н^у. Уничтожение и ослабление тяги в дымовой коробке достигается путем отведения отработавшего пара или нагнетаемого воздуха прямо в атмосферу, минуя конус и дымовую трубу. Модератор состоит из чугунной распределительной коробки 1, отлитой вместе с основанием конуса, и поворотного золотника 2, устанавливаемого на продолжении пароисходящей трубы между конусом и цилиндром паровоза. Золотник приводится в движение особым приводом из будки машиниста и позволяет,

Золотник 1 насажен на два кривошипа 4—4, укрепленных на поворотной оси 5 шпонками. В уширенные части гнезд в золотнике для кривошипов вставлены пружинки, прижимающие золотник к наружной стенке коробки 1. Ось закреплена одним концом в глухой стенке А коробки 1, а другим концом выходит через сальник отъемной крышки 6. На самый конец оси насажен рычаг, соединенный с проводом из будки машиниста.

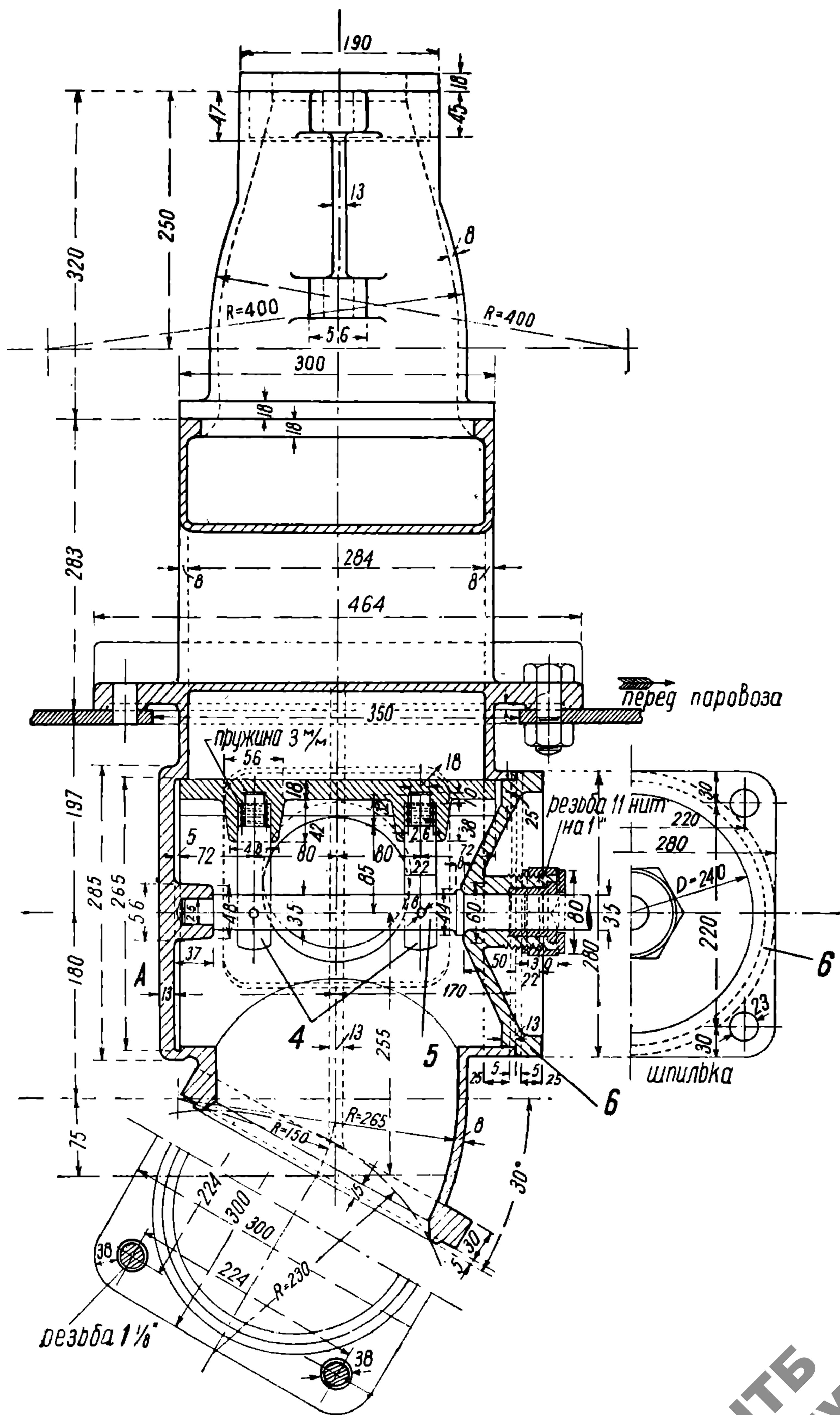
Несмотря на некоторые весьма незначительные преимущества паровозов, оборудованных модераторами, приборы эти являются второстепенными, почему на их исправное состояние часто должного внимания не обращается, машинисты же ими пользуются очень редко. Поэтому на более новых паровозах их не ставят.

Для той же цели служат и простые задвижки, примененные на большей части паровозов 0—4—0 0^д и 0^в. Устройство задвижки представлено на фиг. 146. В стенке дымовой коробки слева, под самой дымовой трубой, пробурывается отверстие, вокруг которого снаружи укрепляется литая рамка 1, которой направляется плоская задвижка 2. Она может быть отодвинута назад от привода 3 из будки машиниста; при этом задвижка открывает отверстие



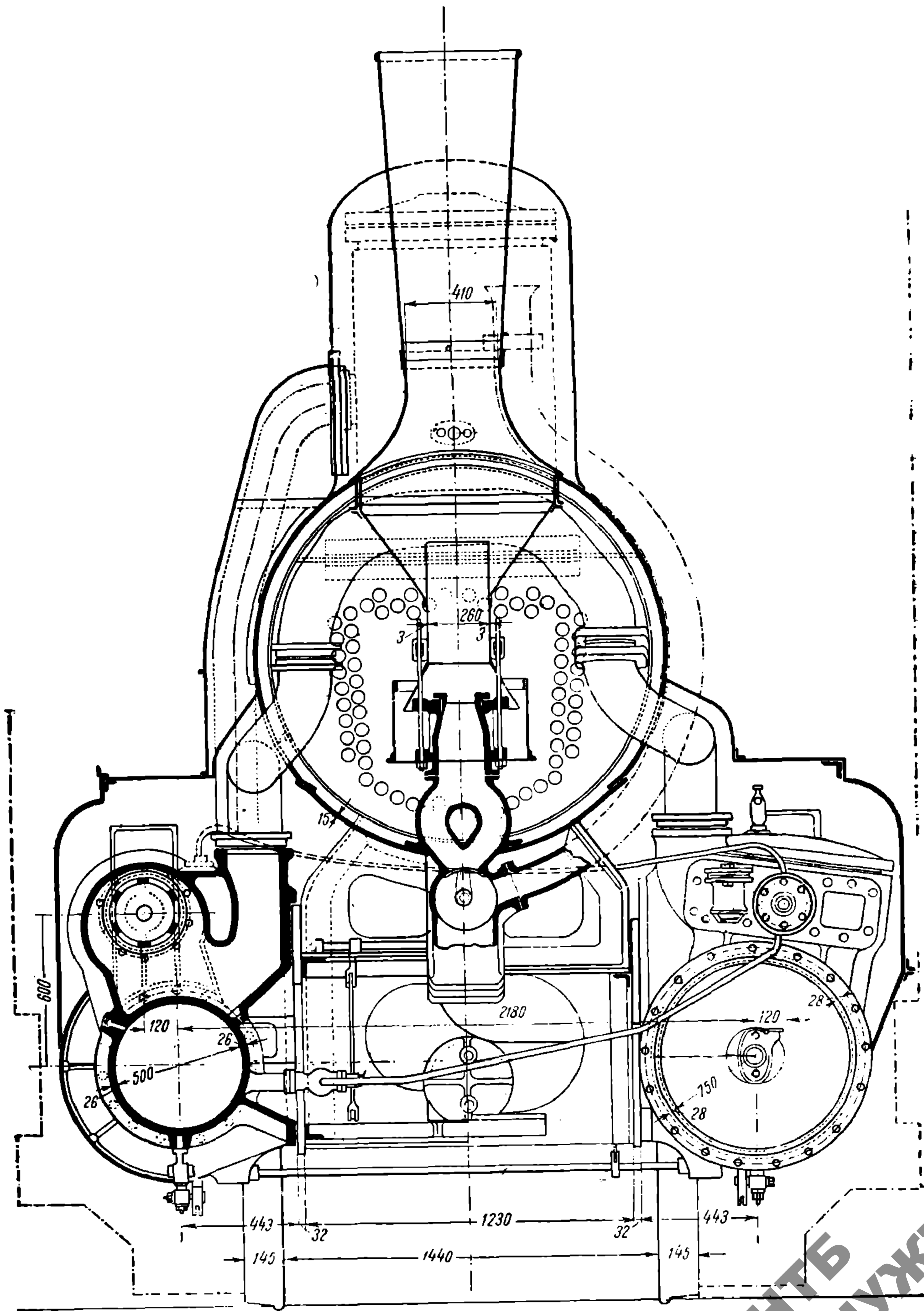
Фиг. 143. Модератор паровоза
1—3—0 НУ, системы 3 я блока.
Поперечный разрез.

- 1—распределительная коробка,
- 2—золотник,
- 3—патрубок модератора,
- 4—кривошип,
- 5—ось,
- 6—крышка.

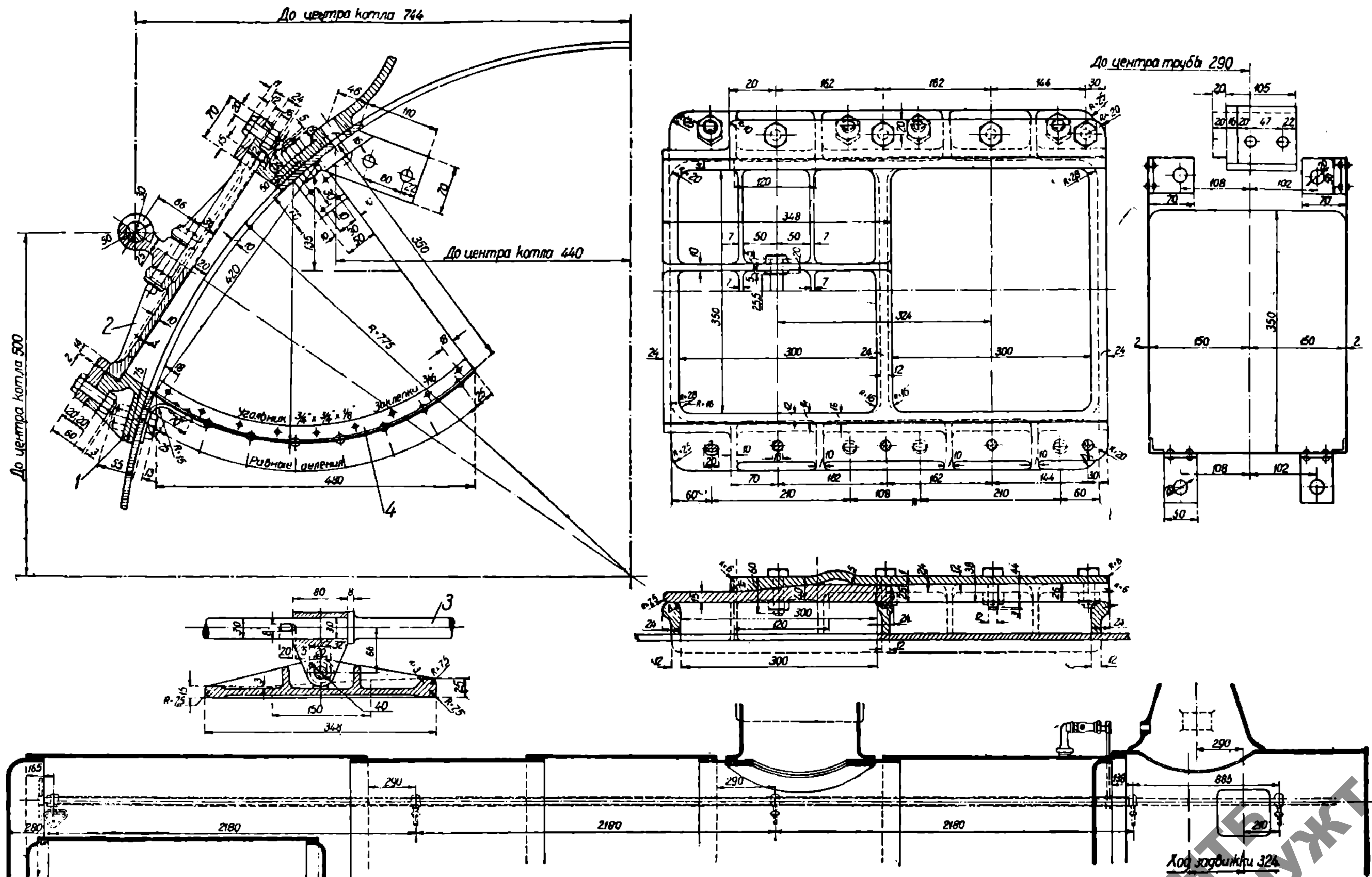


Фиг. 144. Модератор паровоза 1—3—0 НУ — продольный разрез.

и тем самым сообщает дымовую коробку с атмосферным воздухом, препятствующим разрежению в ее пространстве. Для направления воздуха прямо в дымовую трубу устроен кожух 4. В действительных условиях, этими за-
вижками почти никогда не пользуются, почему их снимают, зашивая отверстия в стенке дымовой коробки.



Фиг. 145. Расположение труб на паровозе 1—3—0 НУ.



Фиг. 146. Задвижка дымовой коробки паровоза 0-4-0 ОД и ОВ
1—рама, 2—заслонка, 3—тяга привода, 4—кожух

П А Р О П Е Р Е Г Р Е В А Т Е Л И

12. КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА¹

Идея применения перегретого пара так же стара, как и самый паровоз. Говард еще в 1832 г. подсчитал, что перегрев должен дать до 30% экономии пара.

Первые сведения о применении перегретого пара к паровозам относятся к 1839 г. В Англии братья Роберт и Вильям Хоутзорн в 1839 г. взяли английский патент на свой перегреватель. Соответствующий французский патент был выдан в 1840 г. англичанину Джону Хоутзорн на паровозный пароперегреватель.

Затем в 1849 г. французский инж. Кюйяк взял французский патент на „применение пара не насыщенного, а перегретого“. К этому патенту в 1850 г. Моншель, в то время директор железной дороги Монтеро-Трой (во Франции), взял патент на паровозные перегреватели.

Несколько позже английский инж. Джемс Эдуард Мак-Конель, служивший в то время на Лондон-Северо-Западной железной дороге, в 1852 г. взял английский патент на „усовершенствованные устройства для железных дорог паровых машин и других приборов“.

Эти первоначальные предложения замечательны тем, что они послужили образцами для всех последующих систем перегревателей, вплоть до современных.

В период с 1855 по 1873 г. включительно было выдано 6 французских, 2 английских и 4 американских патента на паровозные перегреватели, причем все эти изобретения, по существу, представляли собою некоторые видоизменения основных типов: Хоутзорн, Мак-Конель и Моншейль. Из всех этих 12 патентов были: один по типу Моншейль с одной жаровой трубой, с тою только разницей, что в жаровой трубе были расположены перегревательные трубки не горизонтально, а вертикально, змеевиком; пять патентов на пароперегреватели по типу Моншейль с различными вариантами его основной идеи; три патента на перегреватели по типу Мак-Конель в дымовой коробке; два патента на перегреватели, представляющие собой довольно близкую разновидность с перегревателями в дымовой коробке, от которых они отличались лишь тем, что перегревательная камера из дымовой коробки была перенесена в цилиндрическую часть котла.

Только что сделанный беглый обзор восемнадцатилетнего периода попыток применить перегретый пар к паровозам показывает, что, за очень небольшим исключением, все эти попытки выражались в вариантах ранее предложенных перегревателей Мак-Конель и Моншейль. Но среди систем этого периода не было ни одной новой идеи, если не считать американского патента Вениамина Грейфорда (1863 г.) на перегреватель в цилиндрической части котла, у дымовой коробки, который в сущности скорее играл роль паросушителя, чем перегревателя. Впоследствии инж. Лопушинским, Кленчи и Пилок — Слуц-

¹ Часть этой главы заимствована из книги „П а р о в о з“ под ред. проф. Сыромятникова, часть I, стр. 264.

ким были сделаны попытки провести в жизнь идею В. Грейфорда, но безуспешно.

Таким образом, в течение восемнадцати лет многие техники Европы и Америки пытались найти надлежащие конструкции паровозных перегревателей, но все их попытки успеха не имели, потому что среди них не оказалось конструктора.

Затем идет двадцатидвухлетний период полного затишья в применении перегретого пара к паровозам.

В это время в паровозостроении наступает расцвет паровозов-компаунд. В конце 70-х годов начинается стремление к повышению рабочего давления пара и применению к паровозам принципа „компаунд“. Это в значительной степени уменьшило тепловые потери в цилиндрах и увеличило экономичность паровозов.

Ничтожная экономия, которая получилась от применения примитивных перегревателей того времени, конечно ничего не значит по сравнению с экономией, получаемой от применения более высокого давления пара и принципа „компаунд“. Вследствие этого, паровозостроители того времени увлеклись паровозами компаунд с повышенным давлением пара и оставили разработку перегревателей.

Таким образом в историческом ходе развития паровозных перегревателей приходится различать следующие четыре периода.

1) Первоначальный период с 1839 по 1854 г. включительно. Этот период дал основные формы паровозных перегревателей: в дымовой коробке, в одной жаровой трубе и в отдельных жаровых трубах (прототип современных форм). В этот период был построен первый в мире паровоз с перегревателем.

2) Период бесплодных исканий с 1855 по 1873 г. включительно. Это — период энергичных работ многих техников Европы и Америки. В течение этого восемнадцатилетнего периода было выдано двадцать патентов на паровозные перегреватели; было построено несколько паровозов с перегревателями, но тем не менее этот период не оставил нам ничего ни поучительного, ни интересного и не дал новых форм. Все работы этого периода были безуспешны.

3) Период затишья, с 1874 по 1896 г. включительно. В этот период не было сделано никаких работ по паровозным перегревателям.

4) Эра перегретого пара с 1897 г. и до наших дней. Здесь надо выделить два периода, имеющих для наших паровозов большое значение: период умеренного перегрева в начале и после период высокого перегрева.

Самое главное развитие конструктивных деталей перегревателей было произведено в Германии В. Шмидтом.

В. Шмидт первоначально разработал конструктивные детали перегревателя Моншеля в одной жаровой трубе и дал паровозной технике перегреватель, известный под названием „перегреватель В. Шмидта первой системы“, или перегреватель в одной жаровой трубе, на который В. Шмидт получил немецкий патент в 1896 г.

Эта первая его система, хотя и дала вполне удовлетворительные результаты со стороны температуры перегрева, которая была от 300 до 350° Ц, но с конструктивной стороны оказалась совершенно неподходящей для эксплуатации.

Тогда В. Шмидт взялся за конструктивную разработку перегревателя по типу братьев Р. и В. Хоутзона и создал перегреватель, известный под названием „перегреватель В. Шмидта второй системы“, или перегреватель в дымовой коробке, на каковой перегреватель В. Шмидт получил немецкий патент в 1899 г.

Но и эта конструкция оказалась чрезвычайно неудобной в эксплуатации. После этого В. Шмидт начал работать над конструкциями перегревателя в жаровых трубах и достиг блестящих результатов, дав миру первую жизненную конструкцию паровозного пароперегревателя. Этот перегреватель известен под названием „третьей системы“ или перегреватель в жаровых трубах.

Первый паровоз в России с пароперегревателем появился в 1902 г., введенный по инициативе одного из выдающихся знатоков подвижного состава

Е. Е. Нольтейна. Это был паровоз типа 2-3-0 М.-Казанской ж.-д., которому впоследствии, при объединении серий паровозов для всех российских железных дорог, была присвоена серия 3. Паровоз был снабжен пароперегревателем Шмидта второй системы, расположенным в дымовой коробке. Теплота к трубам этого пароперегревателя подводилась по жаровой трубе, имеющей в диаметре 285 мм и идущей от задней к передней решетке параллельно дымовым трубам.¹ По прошествии двух лет на Моск.-Казанскую ж. д. поступило восемь таких же паровозов, но несколько измененных в деталях. В 1907 г. на б. М.-В.-Рыб. жел. дор. поступило восемь паровозов типа 1—3—0 (ныне Н_П^П), из которых четыре были оборудованы перегревателями Шмидта той же системы; жаровая труба имела диаметр 299 мм.

Как на иностранных, так и на наших первых паровозах 2—3—0 3 и 1—3—0 Н_П^П, пароперегреватель Шмидта в дымовой коробке оказался мало пригодным к службе. Одним из главнейших его недостатков была хроническая течь жаровой трубы, ввиду постоянного расстройств ее соединения с решетками. Кроме того, этот пароперегреватель сильно загромождал дымовую коробку и утяжелял перед паровоза.

Первыми паровозами в России, оборудованными четырехтрубными пароперегревателями Шмидта третьей системы в жаровых трубах, являются паровозы 0—3—0 + 0—3—0 Ө', начавшие поступать на б. М.-Казанскую ж. д. в 1905—1906 г.г. Последующий период характеризуется началом постройки для сети российских жел. дор. более мощных паровозов (2—3—0 К, К^у, У, У^у, Б 1—3—1 С, 1—4—0 Щ^и, 0—5—0 Э и др.), большинство которых оборудовалось четырехтрубными пароперегревателями Шмидта третьей системы. В тот же период производилась и частичная модернизация старых паровозов, снабжаемых пароперегревателями, главным образом, системы Шмидта (2—3—0 Г^и, 1—3—0 Н^П, 0—4—0 О^П и др.).

Параллельно с распространением пароперегревателей Шмидта с 1910 по 1917 г. появилось и несколько русских жаротрубных пароперегревателей: Ноткина в двух вариантах, Куликовского, Фармаковского, Неймайера и др.²

Наибольшее распространение из них получили пароперегреватели Ноткина, которыми вначале были оборудованы все паровозы 1—3—1 С первых выпусков (1910—1913 г.г.), и Неймайера, применявшиеся на части тех же паровозов (1915—1917 г.г.). Вследствие большой сложности и целого ряда конструктивных недостатков, присущих и тому и другому пароперегревателю, они не могли вытеснить с русских дорог шмидтовского пароперегревателя.

До 1921 г. наши паровозы с пароперегревателями работали с так называемым „умеренным перегревом“, т. е. со средней температурой перегретого пара в 270—300° Ц и с максимальной температурой 330° Ц. Поднимать температуру перегретого пара выше 330° Ц считалось опасным, так как боялись загорания смазки, коробления и тому подобных явлений. Поверхность нагрева пароперегревателей паровозов, построенных за этот период, заключалась в пределах от 21 до 30% испаряющей поверхности нагрева (см. таблицу 7).

Но практика применения высокоперегретого пара к паровозам показала, что эти опасения преувеличены и в советском паровозостроении в 1921—22 г.г. стали постепенно переходить к работе высокоперегретым паром, а с 1923 г.

¹ Чертежи и подробное описание этого перегревателя, имеющего теперь только историческое значение, можно найти: 1) в статье М. В. Гололобова — К вопросу о применении перегретого пара в паровозах. Вестник О-ва Техников за 1906 г. 2) Труды XXVII Сов. Съезда Тяги, вопрос 5. Доклад А. О. Чечота — О службе паровозов с перегревателями Шмидта на М.-В.-Рыб. жел. дор. 3) Труды XXV Сов. Съезда Тяги, вопрос 17. Доклад С. Н. Игнатова — О службе паровозов с перегревателями М.-Каз. ж. д. 4) Е. Г. Кестнер — Эксплуатация и построение паровозов с перегревателями. Москва. 1914 г., стр. 70. 5) Д. В. Новов — Перегретый пар и паровозы. Екатеринославль, 1914 г., стр. 68.

² Описание этих пароперегревателей, имеющих также только исторический интерес, можно найти в книге инж. Д. В. Новова — Перегретый пар и паровозы. Екатеринославль, 1914 г. О пароперегревателе Неймайера см. К. Ф. Неймайер — Перегретый пар и выгоды его применения на паровозах и пароходах, Н.-Новгород, 1910 г.

Характеристика пароперегревателей паровозов железных дорог СССР

Серии паровозов	Испаряющая поверхность нагрева со стороны воды $H_1, м^2$	Поверхность нагрева пароперегрев. $H_2, м^2$	Отношение $\frac{H_2}{H_1} \%$ в процентах	Число элементов
2-3-0 Б	164,5	41,0	24,9	24
2-3-0 Г П	168,9	47,5	28,1	24
1-5-0 Е Ф Е С , Е К	239,8	61,3	25,6	28
1-5-0 Е Л	241,9	66,9	27,7	28
2-3-0 З	144,5	31,0	21,5	21
1-4-2 И С	163,5	40,4	24,7	21
2-3-0 К	295,2	148,4	50,2	33
2-3-0 К У	164,3	40,0	24,3	21
2-3-1 Л	180,8	47,6	26,2	24
2-4-0 М	271,3	85,5	31,5	36
1-3-0 Н П	262,7	95,6	36,4	40
1-3-0 Н Ч	119,3	36,3	30,4	21
0-4-0 О Ч	131,1	36,3	27,7	21
1-3-1 С	127,0	40,1	31,6	21
1-3-1 С В	207,3	52,7	25,1	24
1-3-1 С У	207,3	52,7	25,1	24
1-5-2 Т А	198,8	72,6	36,5	32
1-5-1 Т Б	380,5	160,0	42,1	44
2-3-0 У У	340,0	150,0	44,1	42
1-5-1 Ф Д	152,0	38,9	25,6	21
1-4-0 Ц П	295,2	148,4	50,2	33
1-4-0 Ц Ч	168,0	40,8	24,3	24
0-4-0 Ы П Ы Ч	176,9	59,0	33,4	27
0-5-0 Э 1912-13 г.	147,4	43,0	29,2	24
0-5-0 Э 1915 г. Э Г , Э Ш	194,3	53,7	27,6	27
0-5-0 Э У Э М	207,2	49,7	24,0	25
0-4-0 V	197,6	64,6	32,7	32
0-4-0 V С V Б	163,5	40,4	24,7	21
0-3-0 + 0-3-0 В Ч	179,0	43,1	24,1	24
0-3-0 + 0-3-0 В Б	178,1	47,4	26,6	24

все новые паровозы уже снабжаются увеличенным перегревателем, поверхность нагрева которого составляет от 33 до 37% от испаряющей поверхности нагрева (табл. 7). В результате получилось, что теперь средняя температура перегретого пара равна 350—370°, а максимальная равна 400° Ц.

Эта эпоха характеризуется вытеснением шмидтовского перегревателя перегревателем С. М. Чусова, более эффективным с тепловой стороны, но самый последний период (1931—1932 г.) может быть назван возвратом к шмидтовскому пароперегревателю на тех дорогах, где по условиям жесткости воды работа перегревателя Чусова оказалась хуже, чем перегревателя Шмидта. В данное время на все вновь строящиеся паровозы 1-3-1 С^У и 0-5-0 Э^М ставится только перегреватель Шмидта.

В позднейший период с 1931 г. у нас появилась совершенно новая система мелко-жаротрубного американского перегревателя Элеско (тип Е), который установлен на самых мощных паровозах как американской (1-5-1 Т^Б и 1-5-2 Т^А), так и нашей постройки (1-5-1 ФД, 1-4-2 ИС). Поверхность нагрева этого перегревателя доведена до 50% от испаряющей. Служба этого нового для нас перегревателя теперь только выясняется.

13. СИСТЕМЫ ПРИМЕНЯЕМЫХ В СССР ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЕЙ

Здесь мы коснемся только тех основных систем перегревателей, которые получили пока преимущественное распространение на наших паровозах; это будут перегреватели Шмидта, Чусова и Элеско.

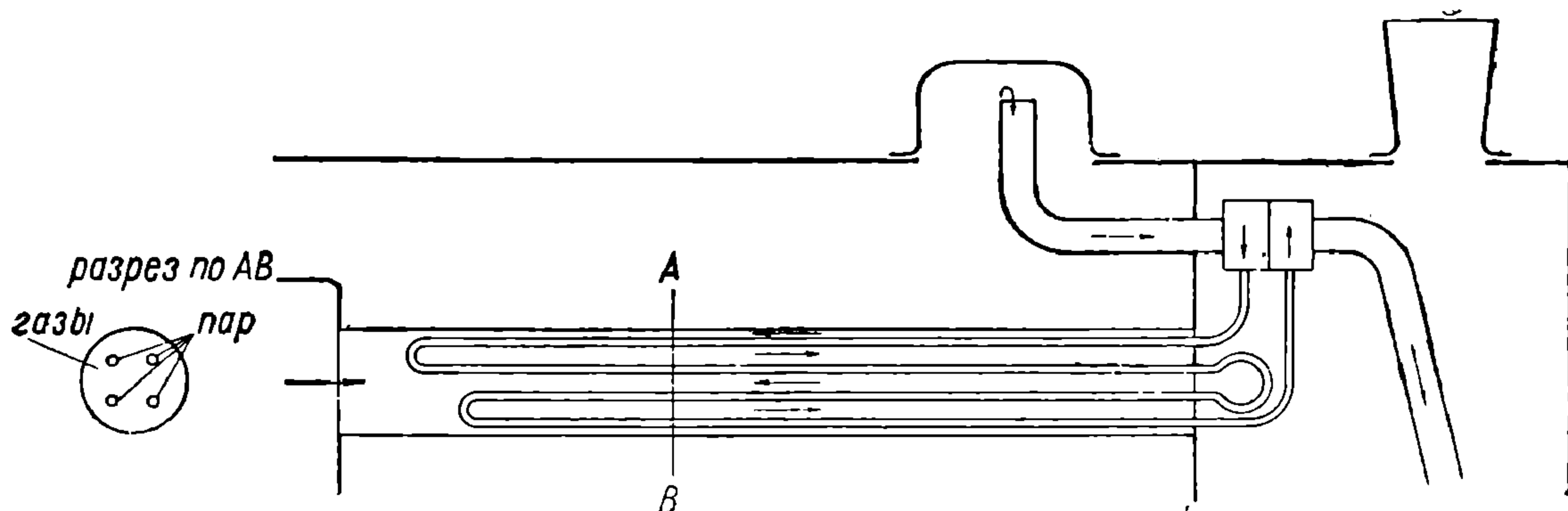
Вопросы о системе пароперегревателя, выборе диаметра трубок элементов и определении их поверхности нагрева представляют собою сложнейшую теплотехническую проблему, над решением которой работают многие выдающиеся теплотехники как у нас, так и за границей.

Влияние чистой теплотехники на формы и размеры перегревателей и самые теплотехнические расчеты, касающиеся определений размеров перегревателей, выходят за пределы настоящего труда, дающего лишь обзор применяемых в СССР конструкций деталей паровозов. Поэтому всем интересующимся теплотехническими вопросами, касающимися пароперегревателя, мы рекомендуем специальные труды по этим вопросам.¹

Все указанные выше системы перегревателей расположены в жаровых трубах и носят название жаротрубных перегревателей.

На фиг 147, 148 и 149 представлены схемы перегревателей Шмидта, Чусова и Элеско.

Топочные газы перетекают из огневой коробки в дымовую коробку по жаровым и дымогарным трубам. Разделение газового потока между теми и



Фиг. 147. Схема пароперегревателя Шмидта.

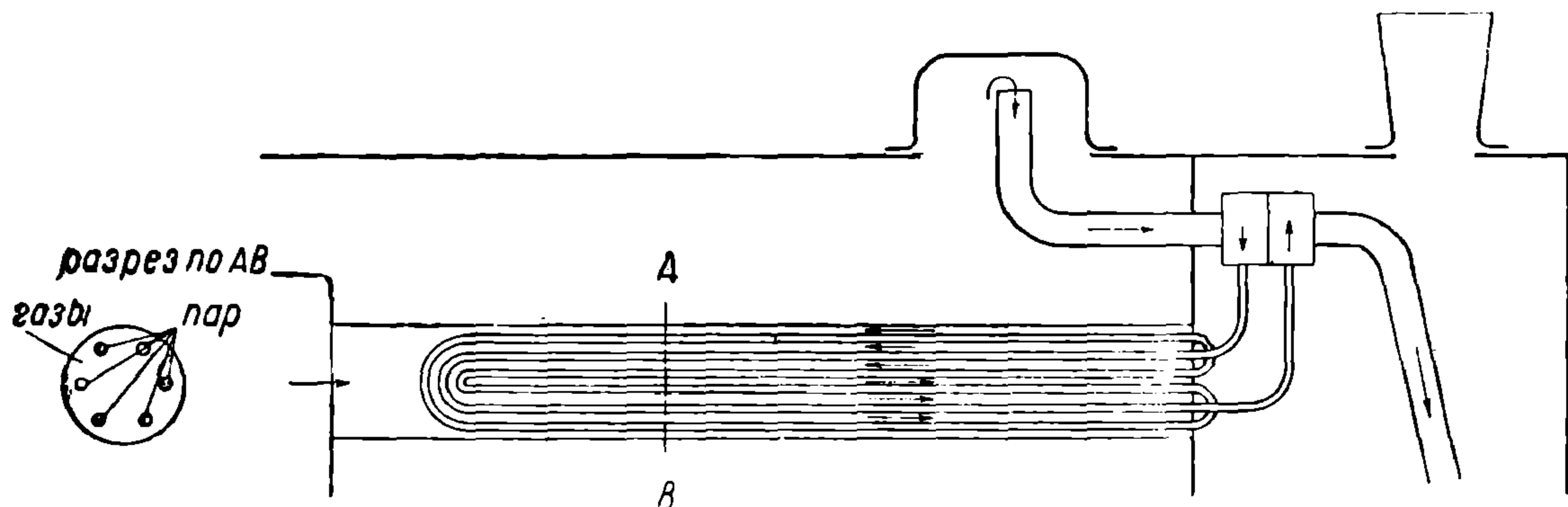
другими трубами на две порции зависит от средних удельных сопротивлений, которые газы встречают при перетекании. Сопротивления эти, как известно из гидродинамической теории, обратно пропорциональны гидравлическим радиусам живого сечения труб. Если будем считать, что в жаровые трубы вступила β -я часть общего газового потока, то на долю дымогарных труб останется часть $(1-\beta)$. Величина β называется коэффициентом разделения газов и заключается в пределах 0,4—0,7; при мелко-жаротрубных перегревателях, где дымогарные трубы почти отсутствуют, $\beta = 0,1—0,95$. Часть β газового потока, вступившая в жаровые трубы и протекающая параллельно трубкам элементов и наружным стенкам жаровых труб, отдает тепло на две стороны, т. е. на перегрев и на испарение. Таким образом элемент пароперегревателя получает только часть того тепла, которое содержится в газовом потоке, идущем по жаровой трубе. Чем больше тепла элемент может получить из жаровой трубы, тем выше будет температура перегрева, а следовательно и более совершенным, с теплотехнической стороны, будет данный элемент перегревателя. Обозначая эту часть тепла через β^1 , причем β^1 называется вторым коэффициентом разделения газов, будем иметь, что на долю стенки жаровой трубы остается $1-\beta^1$; β^1 —обычно заключается в пределах 0,6—0,7.

Количество развиваемого котлом тепла пропорционально количеству сжигаемого топлива. При возрастании форсировки, большее количество тепла приходится и на долю перегрева. Поэтому всякий жаротрубный пароперегреватель увеличивает температуру перегрева с увеличением форсировки. В этом заключается основное теплотехническое свойство каждого жаротрубного пароперегревателя.

Как видно из фиг. 147, 148 и 149, общая схема всех жаротрубных перегревателей одна и та-же. Насыщенный пар при выходе из сухопарника по регуляторной трубе поступает сперва в отделение насыщенного пара коллектора перегрева-

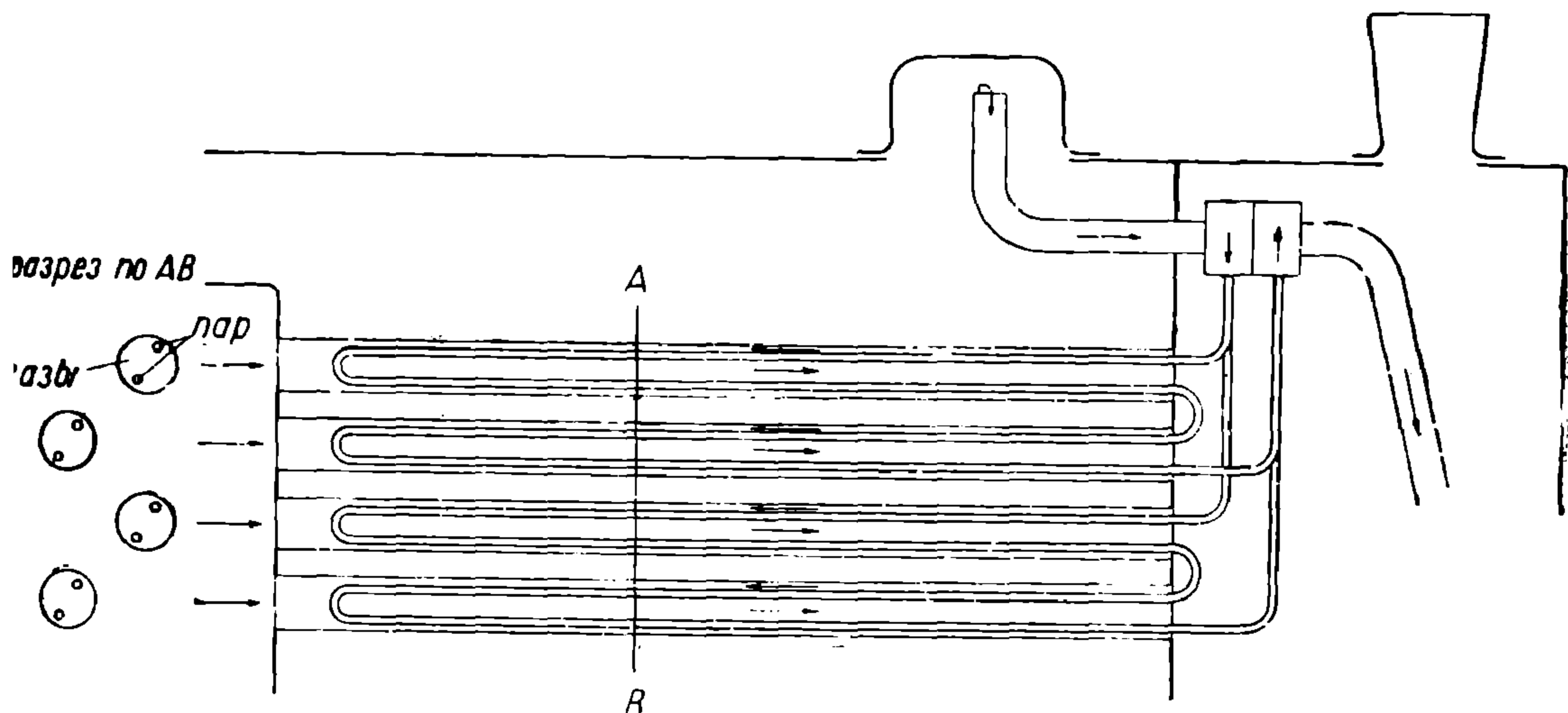
¹ См. Проф. С. П. Сыромятников. — Исследование рабочего процесса паровозного котла и пароперегревателя, Берлин 1932 г., стр. 91—135. Его же — Тепловой процесс паровоза, стр. 129—173. Н. И. Белокоп — Новый метод расчета пароперегревателей (работа пока еще не опубликована) и др.

теля, расположенного в верхней части дымовой коробки. Из отделения насыщенного пара пар распределяется по трубкам элементов перегревателя и перегретым возвращается обратно в коллектор, но в другое его отделение, служащее для собирания перегретого пара. Из этого отделения перегретый пар поступает в машину. Оба отделения коллектора совершенно изолированы друг от друга.



Фиг. 148. Схема пароперегревателя Чусова.

Элемент Шмидта (фиг. 147) имеет четыре трубки, имеющие последовательное соединение. Пар в пределах этого элемента последовательно обтекает все эти трубки, меняя направление три раза, имея, следовательно, два противотока топочным газам и два параллельных тока. Элемент Чусова (фиг. 148) — шеститрубный; в нем трубки имеют параллельное соединение. Пар, вступая в этот элемент, разбивается по трем тонким трубкам, расположенным параллельно друг другу, и, после поворота в самом конце элемента, по другим трем таким-же трубкам возвращается обратно, собираясь перед выходом в одну общую трубу, по которой достигает отделения перегретого пара коллектора.



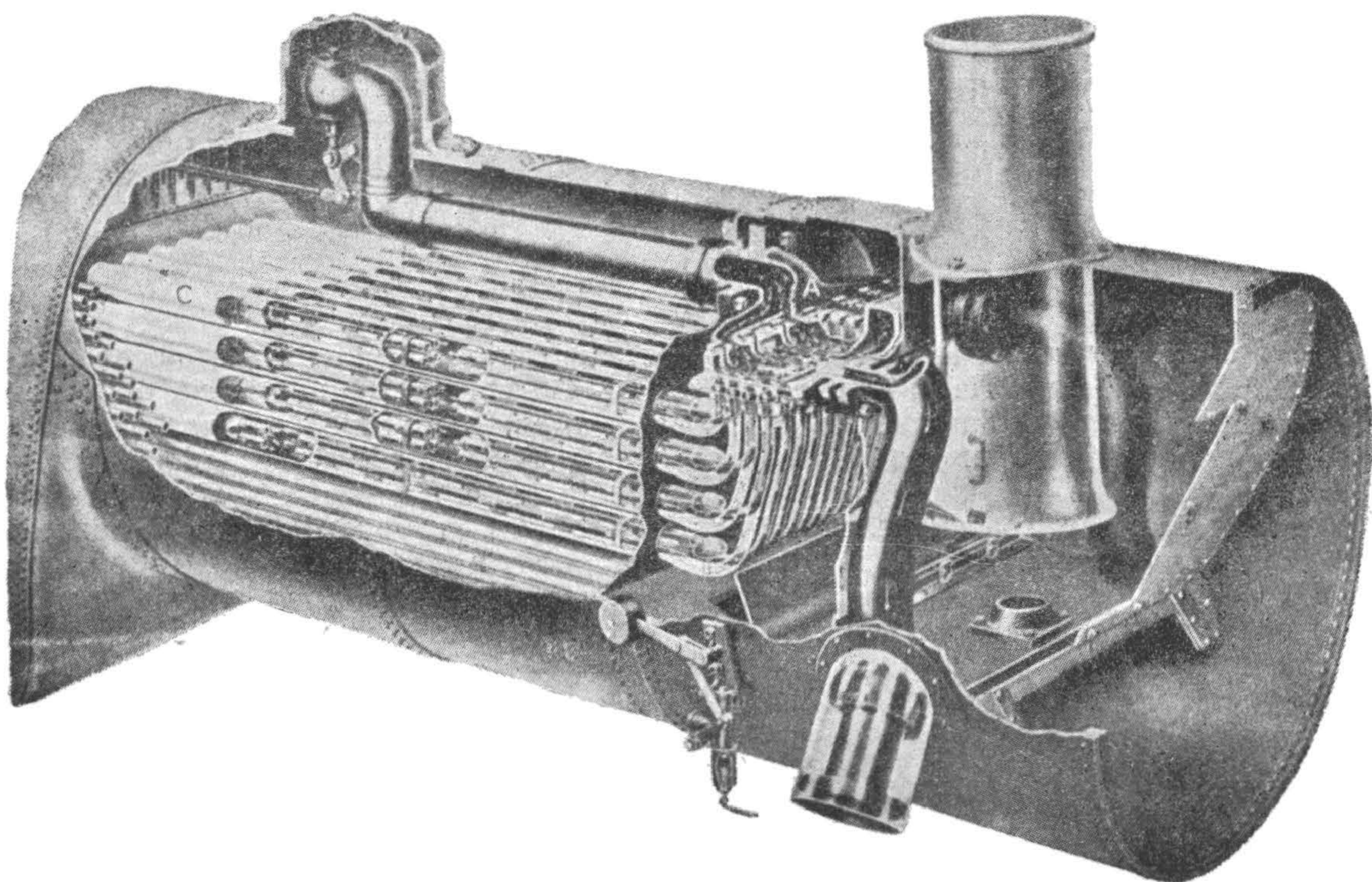
Фиг. 149. Схема пароперегревателя Элеско.

Элемент Элеско (фиг. 149) — восьмитрубный — представляет собою сдвоенную систему двух отдельных элементов, соединенных параллельно; в каждом из них имеется по четыре трубки, соединенных последовательно. Каждое колено, образованное двумя трубками, расположено в отдельной жаровой трубе уменьшенного диаметра. Следовательно, весь элемент занимает четыре жаровых трубы. Обе струи пара, пущенные параллельно друг другу, имеют, как в эле-

менте Шмидта, два противотока топочным газам и два параллельных тока, меняя направление три раза.

Теплопередача от газов к пару происходит более интенсивно в той части элемента перегревателя, в которой направление потоков пара и газов расположены друг к другу навстречу; при параллельном их токе теплопередача происходит менее интенсивно. При этом в пределах элемента Чусова, пар получает более сильный перегрев, чем в элементе Шмидта при одной и той же длине обоих элементов.

Тепловое преимущество элемента Чусова перед элементом Шмидта вытекает из следующего.



Фиг. 150. Расположение пароперегревателя Шмидта в котле.

1) Поверхность нагрева одного погонного метра длины элемента Чусова на $0,025 \text{ м}^2$ (или на 6,6%) больше элемента Шмидта той же длины.

2) В пределах элемента Чусова пар разбивается на более тонкие струйки, почему теплопередача увеличивается.

3) При течении по жаровой трубе газы при элементе Чусова разделяются на две порции, из которых наружная отдает теплоту частью на перегрев, а частью на испарение, а внутренняя, попавшая в среднее междутрубное пространство, вследствие слабого перемешивания с наружной порцией, сосредоточивает теплоотдачу только на одном перегреве. Элемент Шмидта такого разделения потока газов дать не может.

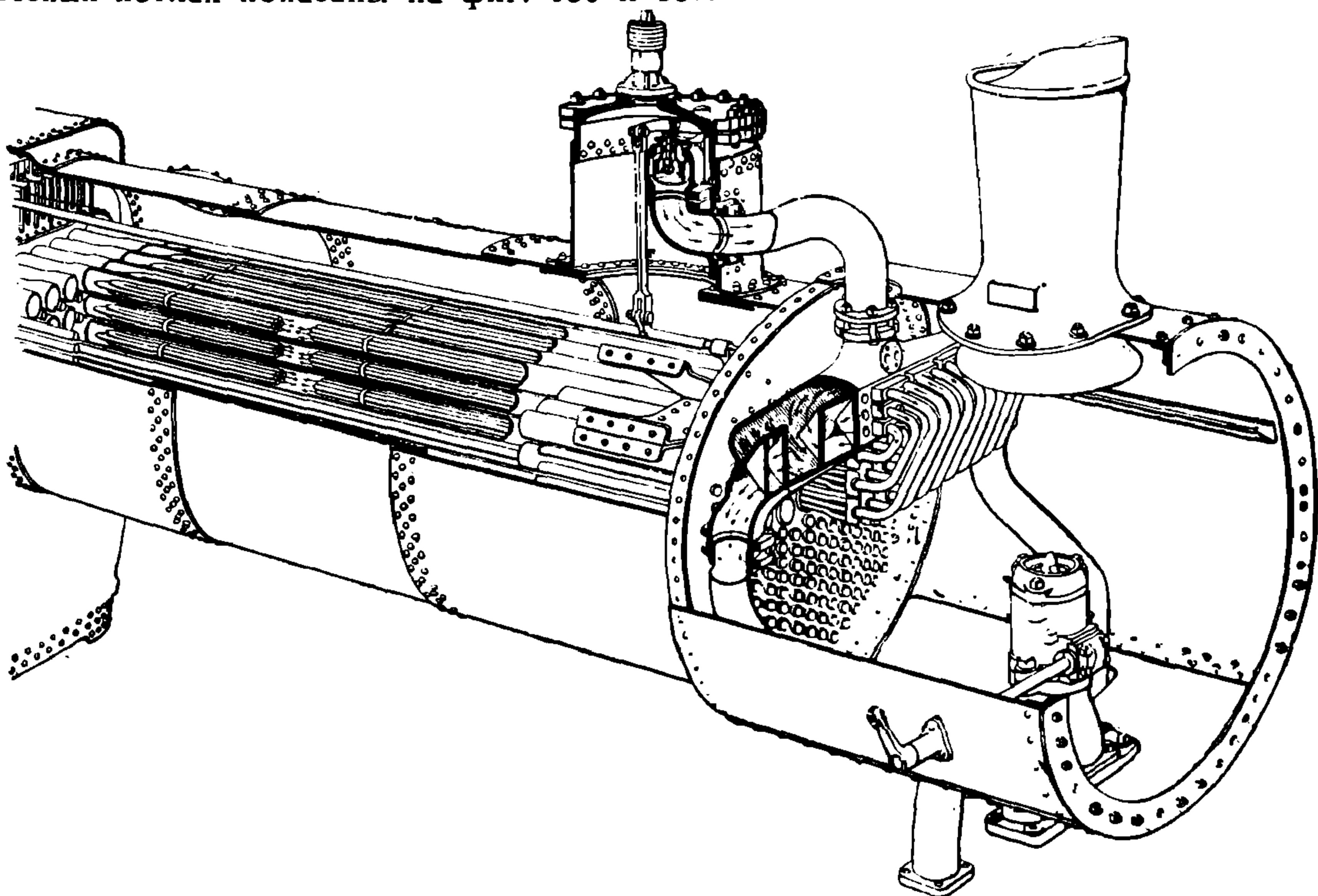
4) Площадь живого сечения жаровой трубы при элементе Чусова на 25% больше, чем при элементе Шмидта; благодаря этому обслуживание пароперегревателя производится большим объемом газов.

5) Мятие пара при проходе по элементу Чусова меньше, чем по элементу Шмидта, так как первый имеет меньшее число крутых поворотов и пути пара в пределах элемента короче.

Благодаря этим преимуществам пароперегреватель Чусова при прочих одинаковых условиях дает температуру перегрева на $20\text{—}25^\circ$ выше пароперегревателя Шмидта, что увеличивает мощность паровозов почти на 6%.

В последующей эксплуатации, однако, обнаружались довольно серьезные недостатки тонких трубок Чусова перед трубками Шмидта, имеющими большой диаметр. Поэтому за последние годы, по желанию некоторых дорог, пришлось частично вернуться к шмидтовскому пароперегревателю. Об этом подробно будет сказано ниже при рассмотрении конструкций элементов.

Общие виды расположения перегревателей Шмидта и Чусова в паровозных котлах показаны на фиг. 150 и 151.



Фиг. 151. Расположение пароперегревателя Чусова в котле паровоза 1—3—1 С.

14. КАМЕРЫ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЕЙ (коллекторы)

На наших паровозах применяются следующие типы камер пароперегревателей

1. Камера Шмидта, получившая самое широкое распространение на паровозах более старых построек в период преобладающего положения пароперегревателя Шмидта, а также и на некоторых новых паровозах 1—3—1 С^У.

2. Камера Шмидта, измененная Коломенским заводом, получившая незначительное распространение на некоторых паровозах, спроектированных Коломенским и Брянским заводами (2—3—0 К, 1—4—0 Щ^П и др.).

3. Камера Сормовского завода, имеющая распространение на паровозах 1—3—1 С, на которых вначале устанавливались русские системы пароперегревателей Ноткина, Неймайера и др.

4. Камера Чусова, получившая распространение на большинстве новых паровозов, а также модернизированных в самое последнее время. Камеры изготовляются также по моделям, приспособленным к большинству старых перегревных паровозов, в качестве запасных частей к ним.

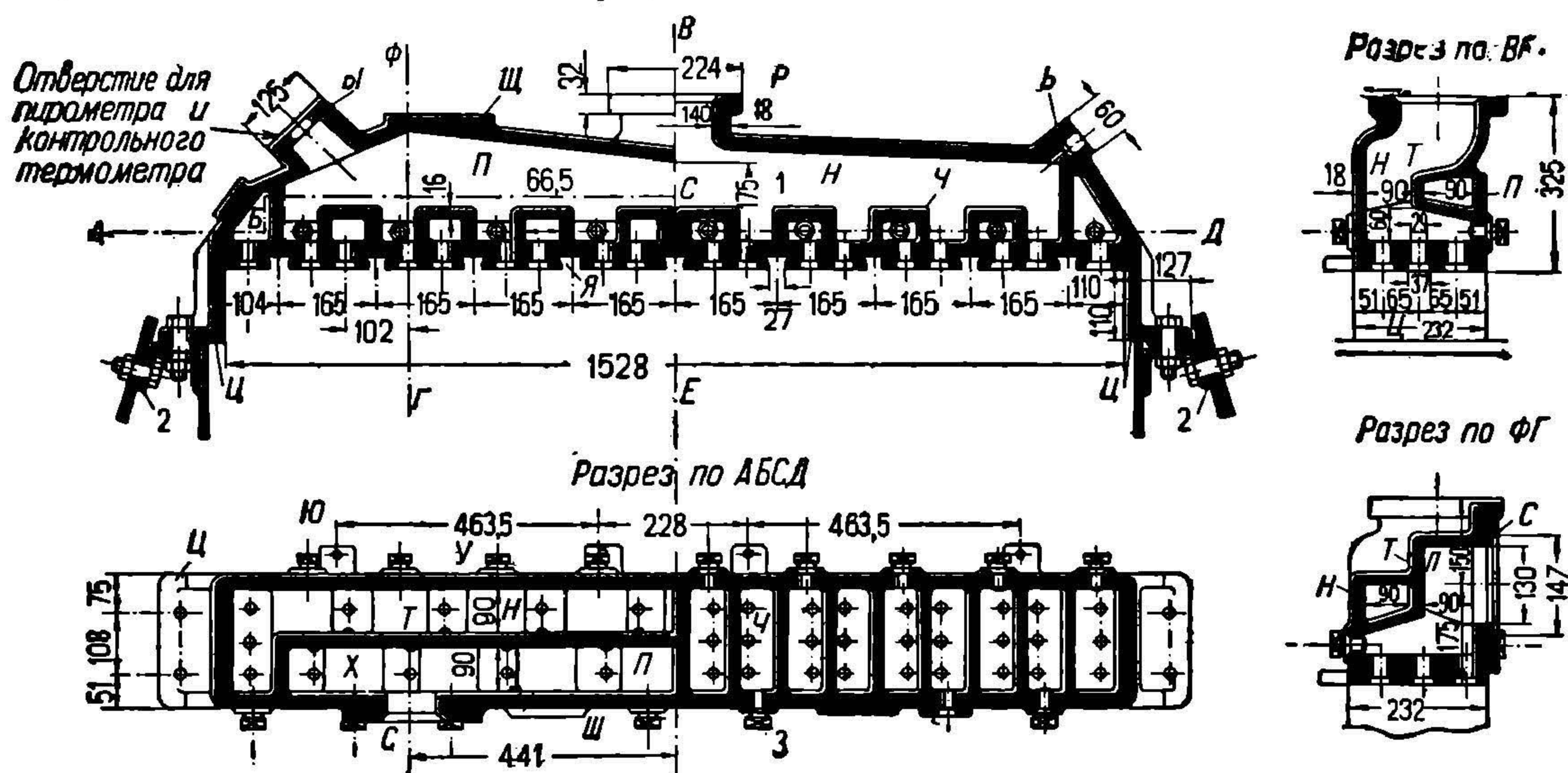
5. Камера, примененная на части паровозов 0—5—0 Э и 0—4—0 V^Б, собранная из двух отдельных частей — насыщенного и перегретого пара.

6. Камера, соединенная вместе с головкой многоклапанного регулятора, примененная на всех новых мощных паровозах 1—5—1 Т^Б, ФД, 1—5—2 ТА 1—4—2 ИС, 2—7—2.

7. Сварная камера.

1. Камера Шмидта, как и все прочие камеры пароперегревателей, представляет продолговатую пустотную отливку, имеющую внутри целый ряд перегородок, дающих надлежащее направление потоку пара. На фиг. 152 и 153

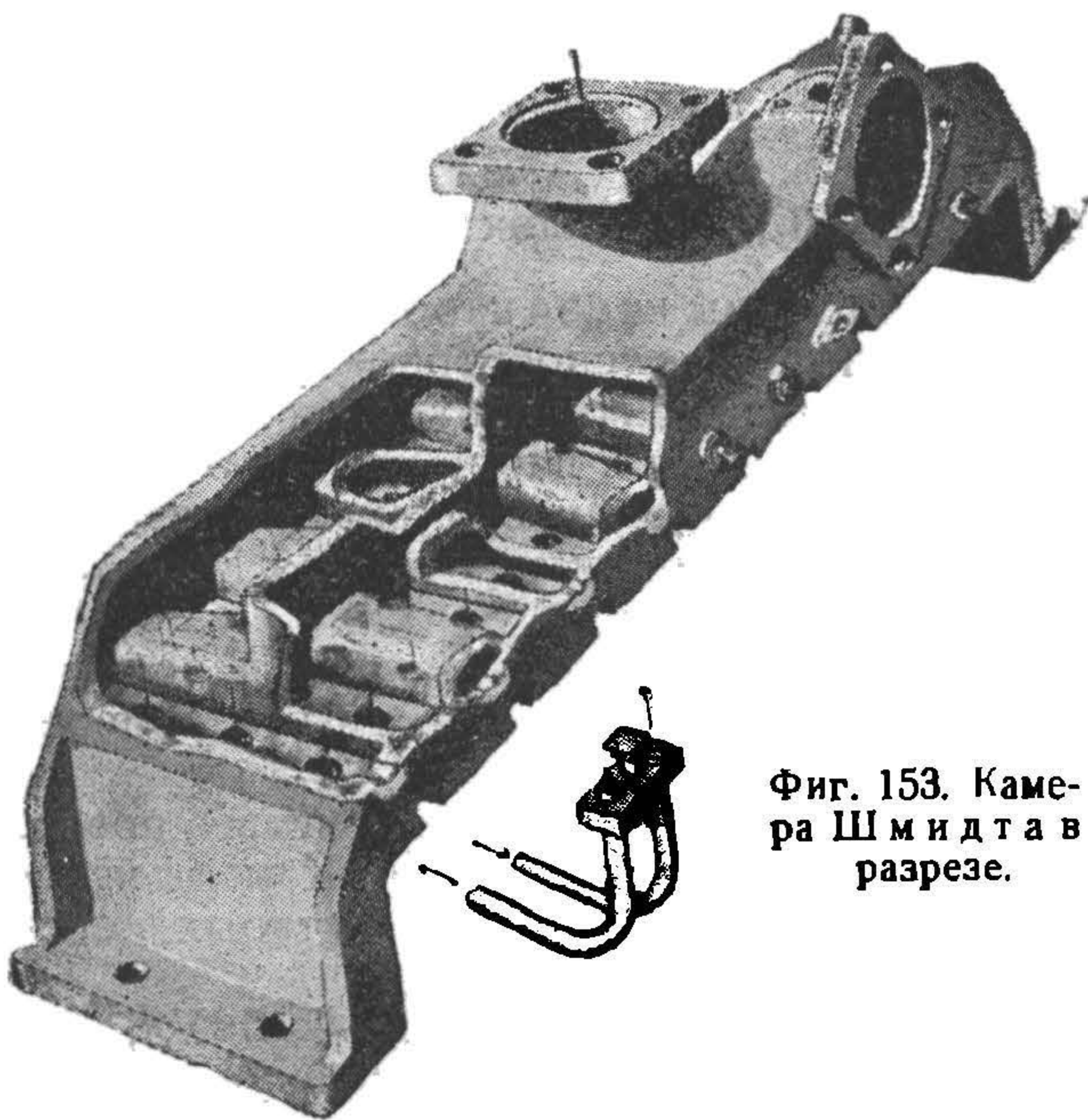
изображена камера I паровозов 0—5—0 Э типа Ш м и д т а. Впуск пара из котла в отделение насыщенного пара *H* производится через фланец *P*. Перегретый пар выходит из отделения перегретого пара *П* в машину через фланцы *СС*. Оба отделения изолированы друг от друга перегородкой *T*, расположенной вертикально вдоль всей камеры.



Фиг. 152. Камера Ш м и д т а паровоза 0—5—0 Э 1915 г.
1—камера, 2—угольник, 3—заглушка

Отверстия, распределяющие пар по элементам, сделаны в плоском днище камеры. Эти отверстия расположены продольными и поперечными рядами. Число продольных рядов всегда равно числу горизонтальных рядов элементов

или числу горизонтальных рядов жаровых труб; в данном случае имеется три ряда. Число поперечных рядов всегда равно двойному числу элементов в каждом горизонтальном ряду, а, так как каждый элемент должен иметь в камере два отверстия — одно впускное и другое выпускное, — то число поперечных рядов должно быть всегда четным; в данном случае — восемнадцать. Разделение отверстий на выпускные *У* и впускные *Х* начинается от крайнего левого ряда по плану, причем все нечетные ряды отверстий являются впускными, а все четные выпускными. Соответственно с этим, внутренние поперечные перегородки *Ч* расположены таким образом, что все впускные отверстия сообщены с задним отделением камеры, т. е. с насыщенным паром, а все выпускные — с передним отделением или с перегретым паром.



Фиг. 153. Камера Ш м и д т а в разрезе.

В свою очередь, элементы верхнего ряда жаровых труб присоединены к заднему продольному ряду камеры, среднего ряда — к среднему продольному ряду и нижнего — к переднему ряду.

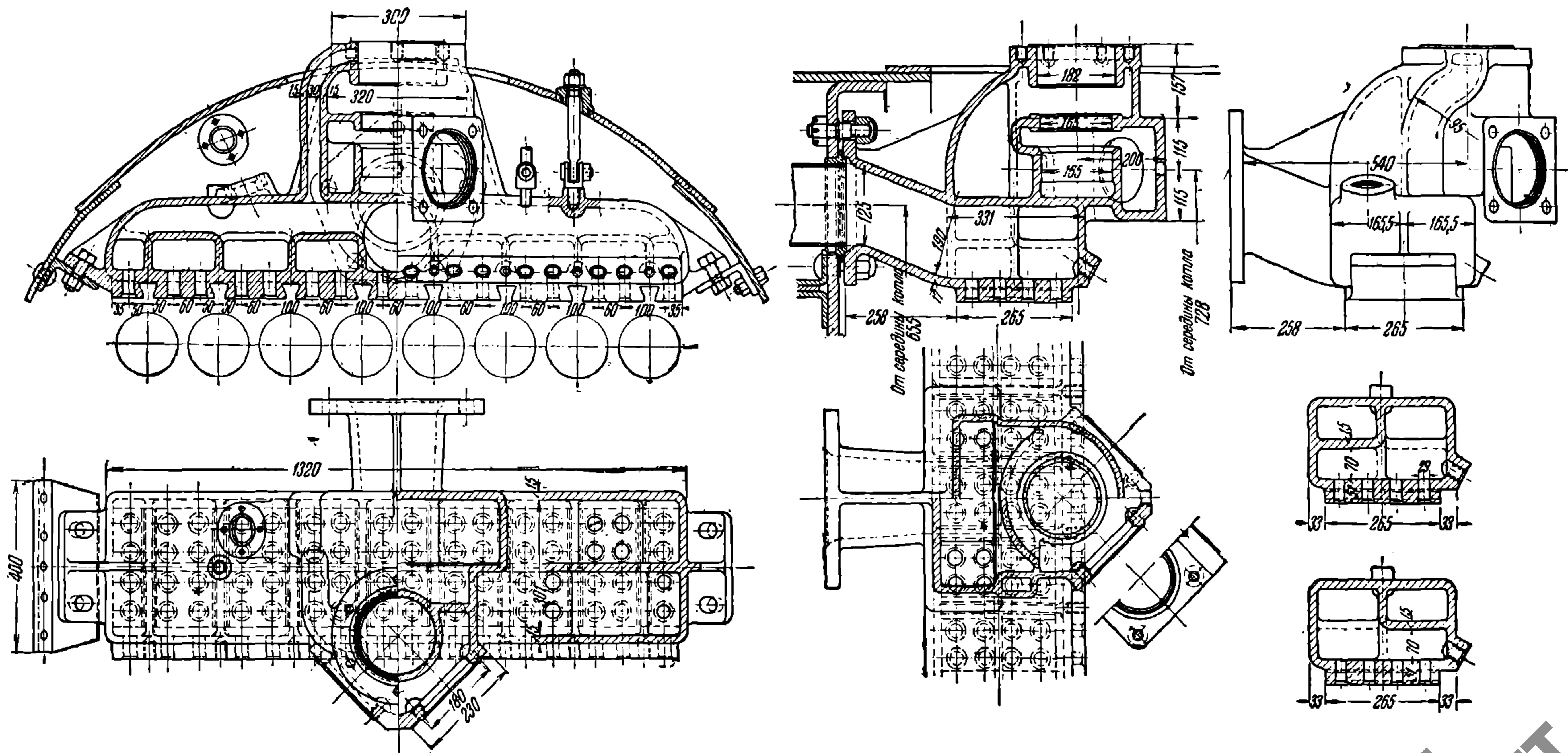
Для укрепления камеры внутри дымовой коробки по концам сделаны два прилива *цц*, опирающиеся на два направляющие угольника 2 — 2, прикреплен-

ные к стенкам дымовой коробки болтами. Оба прилива закреплены на угольниках четырьмя болтами, по два с каждой стороны. Отверстия в приливах для болтов делают овальными с той целью, чтобы при удлинении камеры от нагрева не подрезало болтов.

Кроме перечисленных основных фланцев, камера имеет еще несколько фланцев меньших размеров; из них *шш* служат для привода пара к байпассам при открытии регулятора. Отверстия этих фланцев всегда соединены с насыщенным паром для того, чтобы в момент открытия регулятора пар сразу попал в байпассы и перекрывал их ранее того момента, когда пар успеет пройти через весь пароперегреватель и поступить в машину; иначе, при неподготовленных байпассах, пар может попасть в цилиндр по обе стороны поршня и взятие с места сразу не последует. Фланцы *щщ*, расположенные сверху на отделении перегретого пара, служат для постановки паровоздушных клапанов, засасывающих смесь пара с воздухом в машину при езде с закрытым регулятором. В последнее время вместе со снятием заслонки пароперегревателя (о них см. ниже) постановка паровоздушных клапанов частично производится на отделении насыщенного пара с той целью, чтобы при езде с закрытым регулятором всасываемая смесь пара с воздухом проходила предварительно через элементы пароперегревателя и тем предохраняла их от прогорания, что могло бы произойти при сильном огне в топке и движении газов по жаровым трубам, когда элементы, вследствие закрытия регулятора, не наполнены паром. Фланец *ы* на отделении перегретого пара служит для установки пирометра, а другое его отверстие для контрольного термометра (о пирометрах ниже) и, наконец, фланец *ь* на том-же отделении камеры — для отвода пара к цилиндру автомата заслонок. Этот штуцер ставится на отделение перегретого пара для того, чтобы заслонки открывались лишь только тогда, когда пар дойдет до отделения перегретого пара, т. е. в момент, когда весь пароперегреватель будет наполнен паром. Ввиду снятия заслонок этот фланец заглушается, и на новых камерах его не делают. Пробочками заглушаются отверстия, через которые выбиваются шишки после отливки камеры. Выступы *ю* служат для прикрепления кожуха механизма заслонок. Гнезда *я*, идущие снизу поперек всего днища камеры, служат для закрепления головок болтов, которыми элемент притягивают к камере. Число этих гнезд равно числу элементов пароперегревателя в одном горизонтальном ряду; расположены они в промежутках между каждой парой рядов отверстий впускных и выпускных (о прикреплении элементов к камере см. ниже).

Рассмотренная камера по расположению главного впускного фланца *р* (сверху) представляет собою обычную конструкцию, применяемую на паровозах в СССР. При ней регуляторная труба выходит наружу из парового колпака, затем идет над котлом и передним концом опускается в прорез барабана дымовой коробки для соединения с фланцем *р* камеры пароперегревателя.

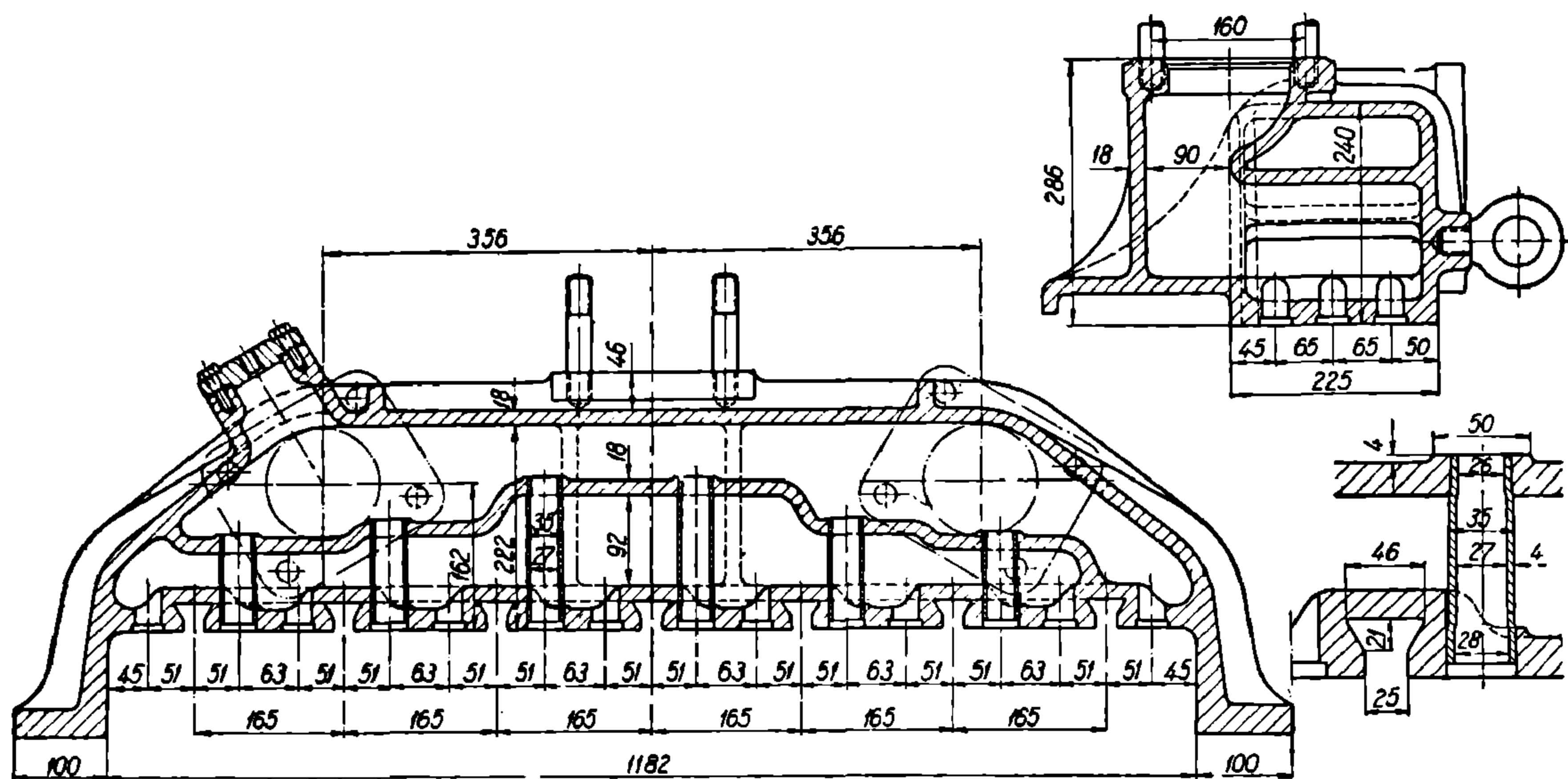
Наружное расположение регуляторной трубы имеет то удобство, что камера сразу может быть установлена и закреплена на направляющих угольниках, не требуя при этом точной выверки на высоте. Вся неточность положения фланца *р* может быть при этом легко компенсирована подгибанием наружной регуляторной трубы до полного совпадения ее фланцев с постоянными фланцами на паровом колпаке и на пароперегревательной камере. Когда регуляторная труба имеет внутреннее расположение, то ее концевой фланец закреплен в передней решетке. Камера пароперегревателя для данного случая должна иметь впускной фланец *р*, расположенный не сверху, а сбоку — позади камеры. Достичь совпадения фланцев камеры и решетки в этом случае значительно труднее, так как для этого необходимо точно установить камеру на требуемой высоте, для чего, если это потребуется, под опорные приливы камеры на направляющие угольники приходится подкладывать прокладки. На паровозах 0—5—0 Э 1915, ЭГ и ЭШ имеется 25 элементов пароперегревателя, размещенных следующим образом: в верхнем ряду 7, в среднем и нижнем по 9. Камера на этих паровозах применена та же, что и на паровозах Э 1912 г., рассчитанная, однако, на 27 элементов. При приспособлении этой камеры для 25 элементов, четыре лишних отверстия, расположенные в заднем ряду по два с каждой стороны, не сверлятся.



Фиг. 155. Камера пароперегревателя паровоза 2—4—0 М.

НТБ
ДНУЖТ

Пароперегревательная камера Шмидта, применяемая на паровозах 1—3—1 С^у, 2—3—1 Л, 1—5—0 Е и др. (фиг. 154 и 204), несколько отличается от рассмотренной выше расположением поперечных перегородок, чем в ее конструкцию введено заметное упрощение. Система разбивки поперечных рядов отверстий изменена следующим образом: крайние одиночные ряды являются впускными для насыщенного пара, все-же остальные ряды одного наименования распола-

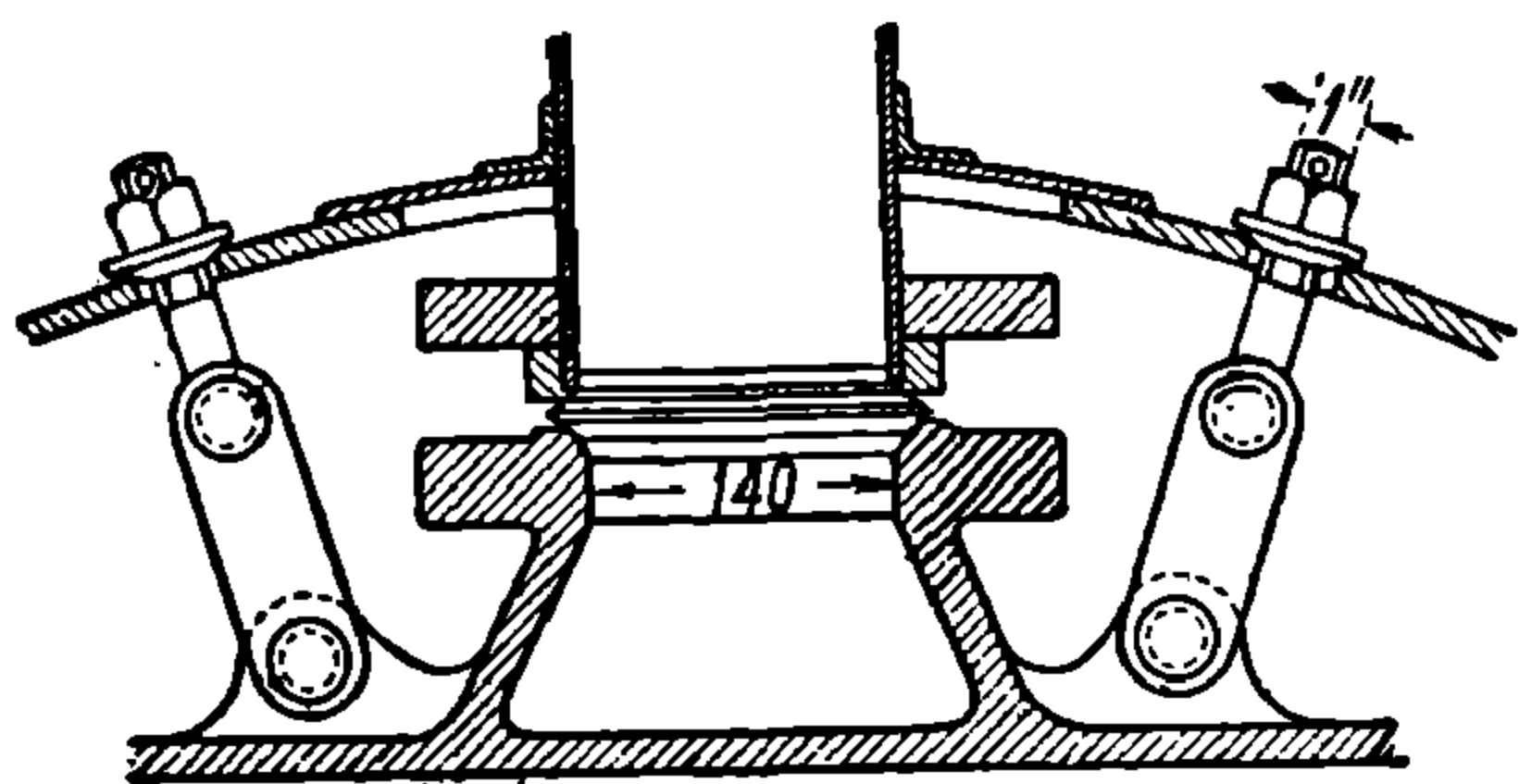


Фиг. 156. Камера пароперегревателя паровоза 2—3—0 К.

гаются попарно, т. е. за парой впускных перегретого пара следует пара выпускных насыщенного и т. д. При такой разбивке пар вступает в элементы, расположенные, например, в левом крайнем вертикальном ряду, через левые соединительные трубы, а выходит через правые в следующем соседнем ряду — наоборот, — вступает через правые, а выходит через левые. Таким образом, переходя от одного вертикального ряда элементов к следующему, мы видим, что направление тока пара каждый раз меняется. В предыдущей же камере, как го понятно, ток пара во всех элементах направлен только в одну сторону.

При симметричных элементах направление тока пара совершенно безразлично. Такими симметричными элементами являются, например, элементы Чусова. В элементах Шмидта одно колено длиннее другого, почему элемент не является симметричным. Пар в элемент Шмидта лучше впускать так, чтобы

он доходил сперва до длинного конца, а после попадал в короткий. При этом пар, не имея вначале высокого перегрева, лучше будет охлаждать длинное колено, дальше выступающее в сторону огня. Все элементы Шмидта по расположению колен устроены одинаково; обыкновенно левое колено (если смотреть на паровоз спереди) делают более длинным, чем правое. Отсюда, как следствие, вытекает то, что при несимметричных элементах Шмидта первая камера (фиг. 152) имеет некоторое, хотя и весьма незначительное, пре-

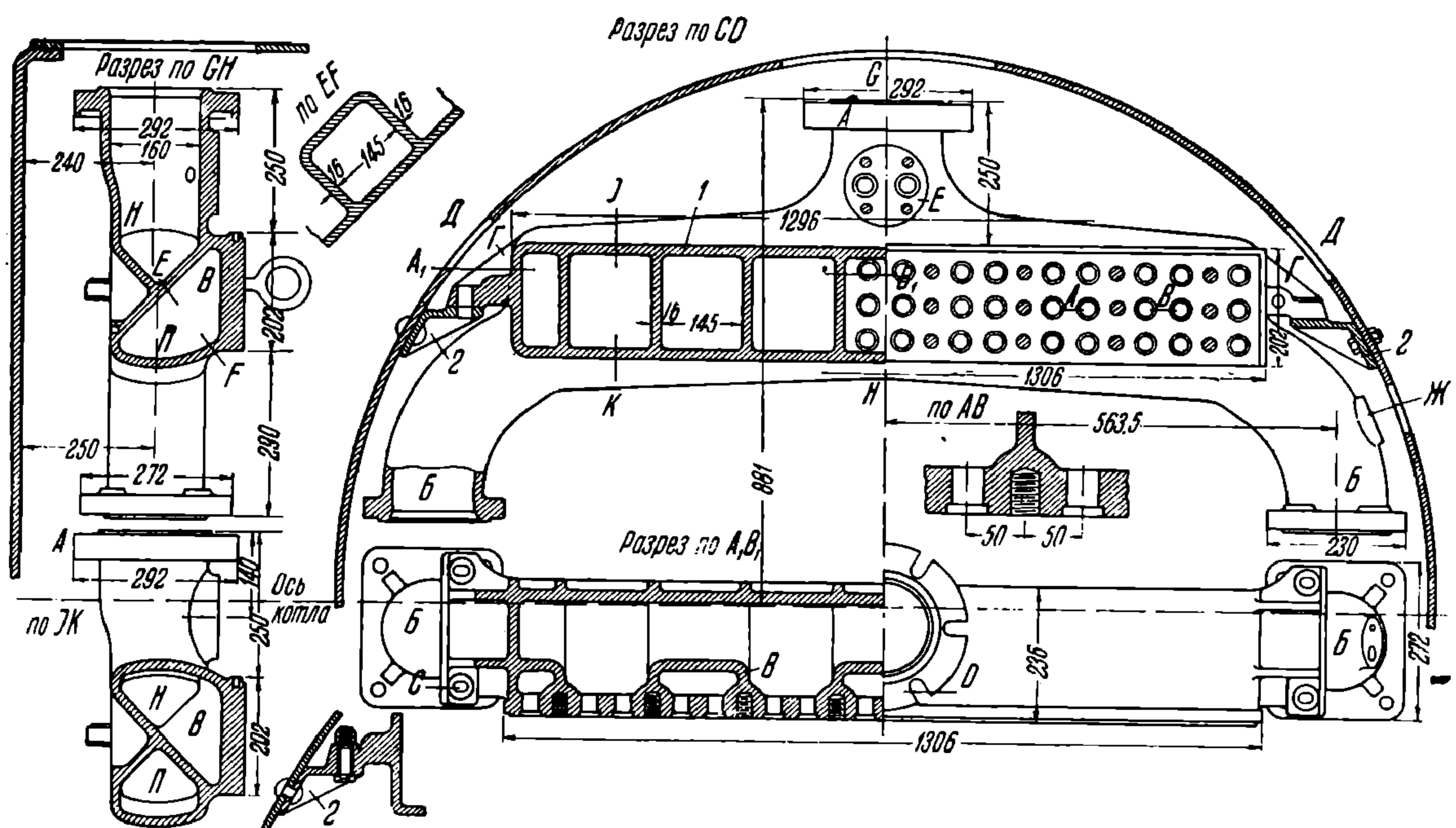


Фиг. 156-а. Подвески камеры пароперегревателя в дымовой коробке паровоза 2—3—0 Б.

имущество. Следует, конечно, отдать предпочтение второй камере (фиг. 154 и 204), как более простой. Надо отметить, что все остальные, перечисленные в начале камеры, кроме измененной Коломенским заводом, имеют расположение отверстий, распределяющих пар по элементам, одинаковое со второй камерой (фиг. 154 и 204).

На фиг. 155 представлена камера Шмидта паровозов 2—4—0 М, имеющая прилив головки второго (машинного) регулятора. Наружный продольный ряд распределительных отверстий, соответствующий нижнему (пятому ряду) элементов, сделан на переднем скошенном крае камеры. Для прикрепления элементов этого ряда в камеру ввернуты шпильки, расположенные против поперечных гнезд для болтов, которыми притягиваются остальные четыре ряда элементов. Фланцы, выводящие перегретый пар в машину, расположены на середине коробки.

На фиг. 36 представлен вид той-же камеры снизу.



Фиг. 157. Камера пароперегревателя паровоза 1—3—1 С.

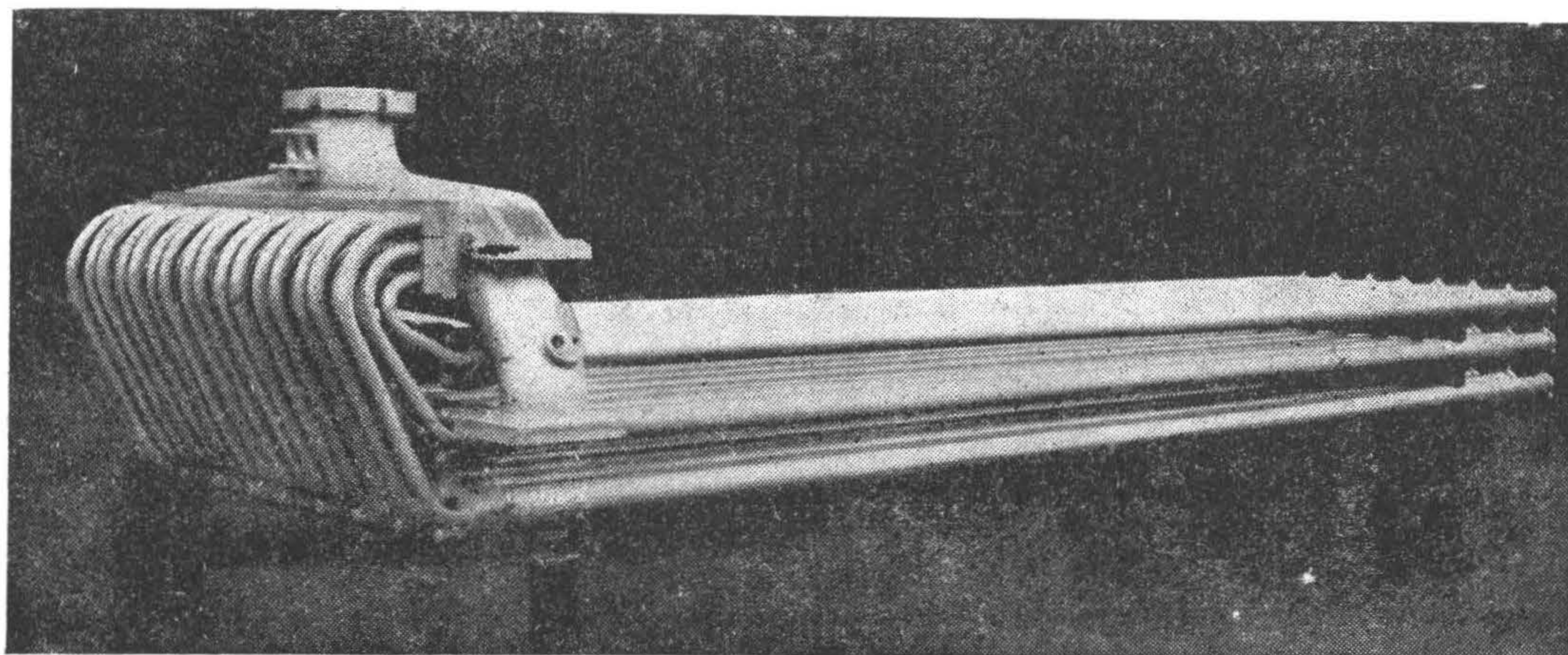
2. Камера Шмидта, измененная Коломенским заводом, представлена на фиг. 156. В ней достигнуто наибольшее возможное упрощение отливки; внутренняя полость имеет только одну сплошную перегородку, разделяющую отделение насыщенного пара от перегретого, все-же поперечные перегородки отсутствуют; они заменены рядом коротких патрубков, ввальцованных верхними концами во внутреннюю перегородку камеры, а нижним—в ее днище. Патрубки проходят сквозь отделение насыщенного пара и отводят перегретый пар из элементов в отделение перегретого пара. Камера была применена на паровозах 2—3—0 К и 2—3—0 Б и 1—4—0 Щ^П. Эта камера имеет тот недостаток, что, при неплотности вальцовки патрубков, может происходить смешение насыщенного пара с перегретым. Поэтому широкого распространения эта камера не получила.

На паровозах 2—3—0 Б установка камеры такого устройства произведена несколько необычным способом. Камера опирается на боковые угольники, прикрепленные к дымовой коробке, но болтами с ними не соединяется. Вместо этого камера подвешена двумя подвесками (фиг. 156-а). Это устройство оказалось сложнее и менее удобным, чем обычное, а потому и не получило распространения. Такие же подвески имеет камера паровоза 2—4—0М (фиг. 155), но как дополнительные.

3. Камера Сормовского завода—представлена на фиг. 157 и 158. Эта камера является одной из лучших камер. В ней отделение насыщенного пара Н расположено сверху и перегретого П снизу. Оба отделения имеют форму пустотелых трехгранных призм, сомкнутых друг с другом вершинами двухгранных углов. При этом перегретый пар хорошо изолирован от насыщенного.

Впускной фланец *А* расположен сверху, на отделении насыщенного пара. Фланцы *ББ*, выводящие перегретый пар в машину, обращены книзу. Практикой установлено, что случаи пропаривания фланцев паропроводных труб бывают значительно реже при камере Сормовского завода, чем при камерах других систем, где эти фланцы обращены вперед.

Отверстия, к которым присоединены трубки элементов, сделаны на передней вертикальной стенке камеры, в связи с чем для прикрепления элементов служат ввернутые в корпус камеры шпильки, которые расположены рядами, по три штуки против поперечных перегородок. Система расположения отверстий совершенно та же, что и в камере Шмидта по фиг. 154; к верхнему ряду отверстий присоединен нижний ряд элементов, к среднему — средний ряд и к нижнему — верхний; это хорошо видно на фиг. 158. Присоединение элементов пароперегревателя не снизу, а спереди коробки, нужно считать выполненным

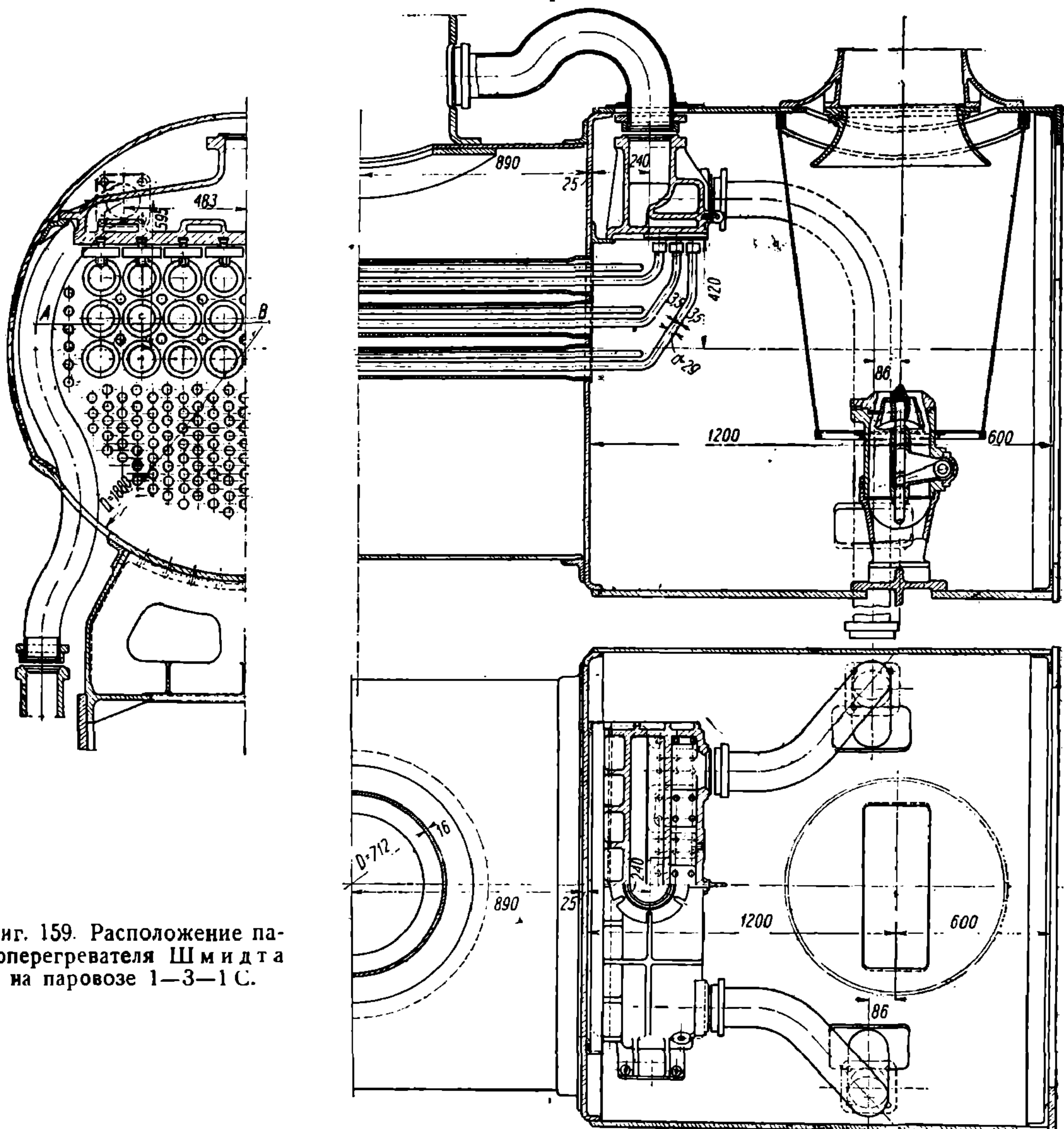


Фиг. 158. Камера пароперегревателя паровоза 1—3—1 С с элементами Ноткина.

также удачно. Изогнутые соединительные трубки элементов являются прекрасными компенсаторами при удлинении элементов, почему соединение этих труб с коллектором пропаривает много реже. При соединении трубок элементов снизу (что применяется во всех остальных камерах) это соединение довольно часто расстраивается. Поперечные перегородки *В* расположены вертикально и имеют форму треугольников, входящих своими вершинами в место стыка отделений насыщенного и перегретого пара. Основания треугольников расположены вертикально и примыкают к передней вертикальной стене камеры. Этими перегородками весь фронт коробки разбивается на ряд секций, из которых крайние, имеющие по одному вертикальному ряду отверстий, соответствуют перегретому пару, а все остальные, вмещающие по два ряда отверстий, последовательно чередуются, соответствуя то насыщенному, то перегретому пару. Для сообщения обоих отделений камеры с соответствующими секциями, во внутренних диагональных стенках против каждой секции сделаны окна. Камера устанавливается на направляющие угольники 2—2 боковыми приливами *ГГ*. Направляющие угольники имеют длину, почти равную длине дымовой коробки. Это дает возможность, установив камеру на угольники в передней части дымовой коробки и подвесив ее через вырез для дымовой трубы, подвинуть ее далее на место. Правый направляющий угольник приклепан заклепками, а левый поставлен на болты, что вызвано необходимостью отвалки одного угольника при постановке и снятии камеры. Приливы *ГГ* имеют для болтов овальные отверстия, дающие камере свободно удлиняться. В стенке дымовой коробки, против того места, где располагается камера, сделаны два выреза *ДД*, через которые производится крепление глухих гаек, болтов, которыми коробка привинчивается к угольникам. После закрепления гаек, оба выреза заделываются обшивочным железом на шурупах. Для зацепления и подвешивания камеры при подъемах с обеих ее сторон ввинчены петли. Фланец *Е* для отвода

пара к байпассам расположен в верхней части коробки. Боковой фланец Ж служит для постановки пирометра. При увеличении числа горизонтальных рядов элементов эта камера требует расширения по высоте, почему поместить ее в дымовой коробке затруднительно.

С 1914 г. на паровозах 1—3—1 С Невским и Харьковским заводами ставился пароперегреватель Шмидта. Расположение пароперегревателя Шмидта на паровозе 1—3—1 С представлено на фиг. 159.



Фиг. 159. Расположение пароперегревателя Шмидта на паровозе 1—3—1 С.

4. Камера Чусова — представлена на фиг. 160 и 161.⁶ Расположение главных фланцев и отверстий для присоединения элементов совершенно то же, что и в камере Шмидта по фиг. 154. Отделения насыщенного и перегретого пара устроены в виде круглых труб, совершенно изолированных друг от друга не только своими стенками, но и воздушными прослойками между стенками, благодаря которым теплоотдача от перегретого пара к насыщенному сведена до минимума.

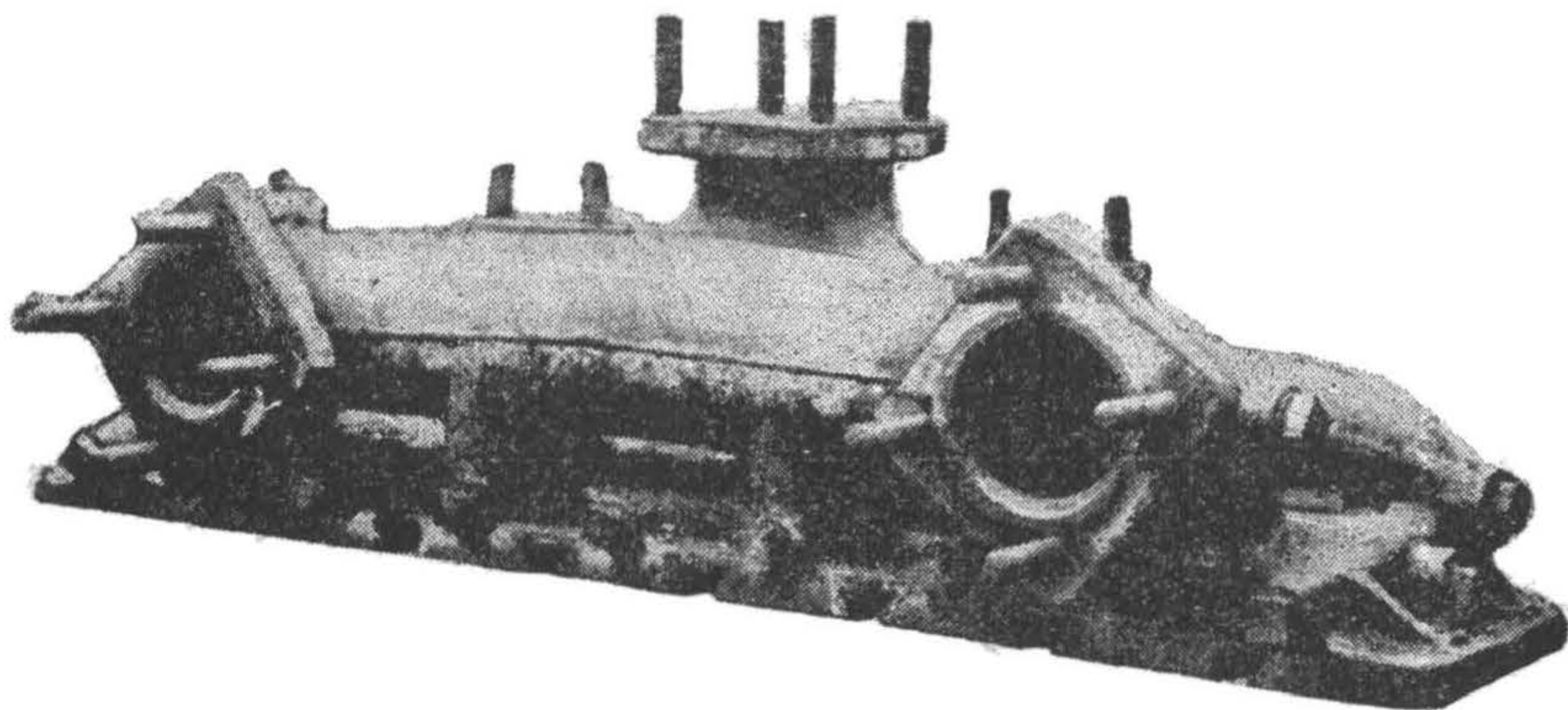
Посмотрим однако, насколько велико влияние теплопередачи от перегретого пара к насыщенному в пределах камеры пароперегревателя, через его вертикальную стенку, разделяющую камеру насыщенного пара от камеры перегретого пара. Возьмем общее выражение коэффициента теплопередачи:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\sigma}{\lambda}},$$

где α_1 — коэффициент теплопередачи к стенке; α_2 — тоже — от стенки; σ — толщина стенки в метрах и λ — коэффициент теплопроводности материала стенки.

В данном случае мы будем иметь теплопередачу от пара к пару через стенку камеры. Если принять в соображение, что коэффициент теплопередачи от газов к пару в трубках элементов пароперегревателя близок к 30 cal^1 , т. е. мало отличается от коэффициента теплопередачи от газов к воде в дымогарных трубах и, кроме того, что теплопередача от газов к стенкам дымогарных труб и элемента в пароперегревателе остается одинаковой, т. к. условия теплообмена тождественны, то можно считать, что и в последующей стадии теплопередачи, т. е. от стенок к воде или от стенок к пару, будет почти одинакова и иметь величину, близкую к 1000 cal . Принимая это значение и толщину стенок камеры $\sigma = 0,02 \text{ м}$ и коэффициент теплопередачи чугуна $\lambda = 40 \text{ cal}$, будем иметь:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{1000} + \frac{1}{1000} + \frac{0,02}{40}} = 400 \text{ cal}.$$



Фиг. 160. Камера Чусова.

Количество тепла, могущее перейти от перегретого пара к насыщенному, получит выражение

$$Q = k \cdot h \cdot H (t_u - t_k),$$

где h — число часов передачи теплоты, H — площадь вертикальной стенки камеры м^2 , t_u — температура перегретого пара и t_k — температура насыщенного пара. Если примем $h = 1$ час; $H = 0,15 \text{ м}^2$ (приблизительно для паровоза 0—5—0 Э), $t_u = 350^\circ\text{C}$ и $t_k = 194^\circ\text{C}$, то будем иметь

$$Q = 400 \cdot 1 \cdot 0,15 (350 - 194) = 9360 \text{ cal}.$$

Чтобы представить себе, какую часть своего тепла в процентах может при этом потерять перегретый пар, возьмем полное теплосодержание перегретого пара при его часовом расходе 8000 кг , которое (при отнесении к 1 кг) имеет следующее выражение:

$$\lambda = q + r + c_p (t_u - t_k);$$

для одного кг пара при 14 ат это составит:

$$\lambda = 669,7 + 0,54 (350 - 194) = 754 \text{ cal},$$

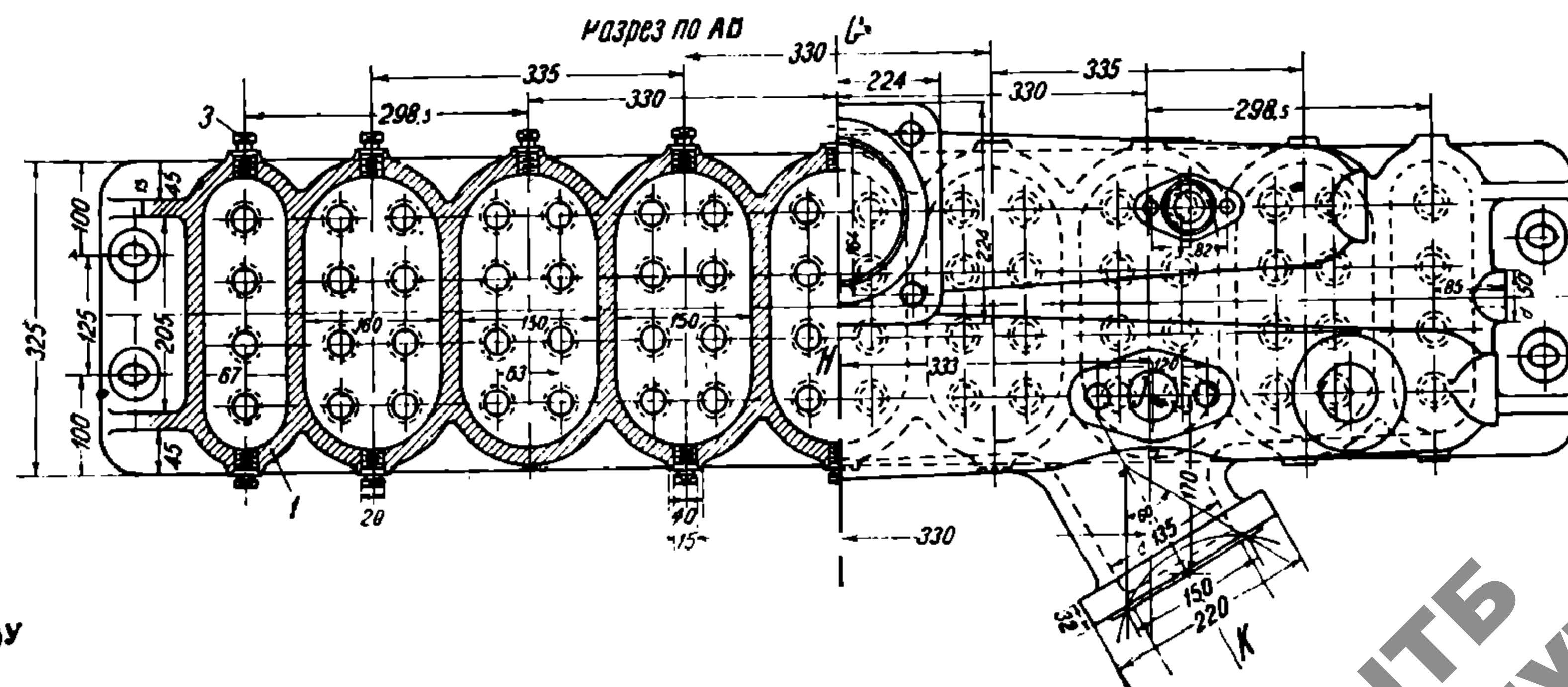
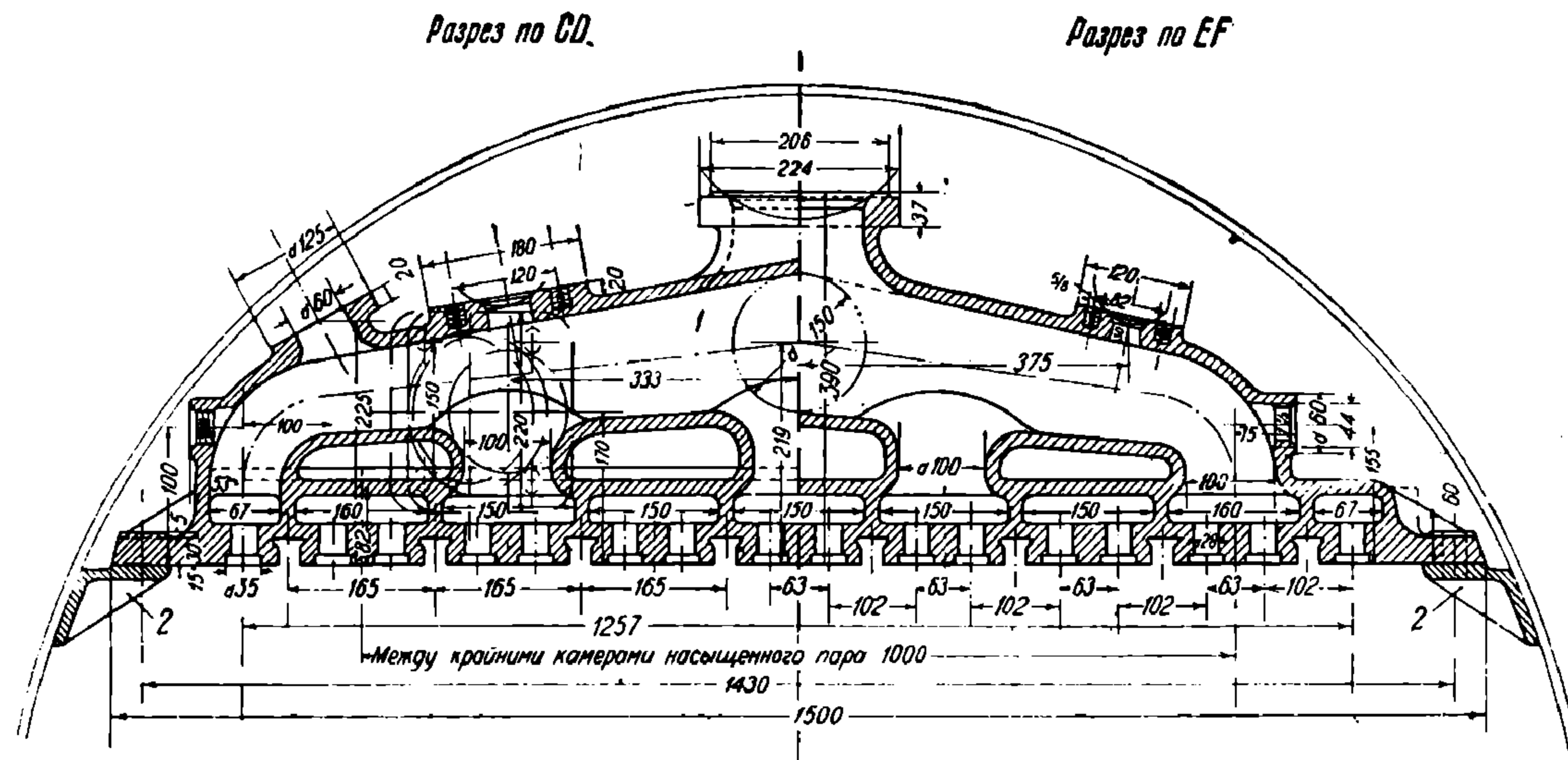
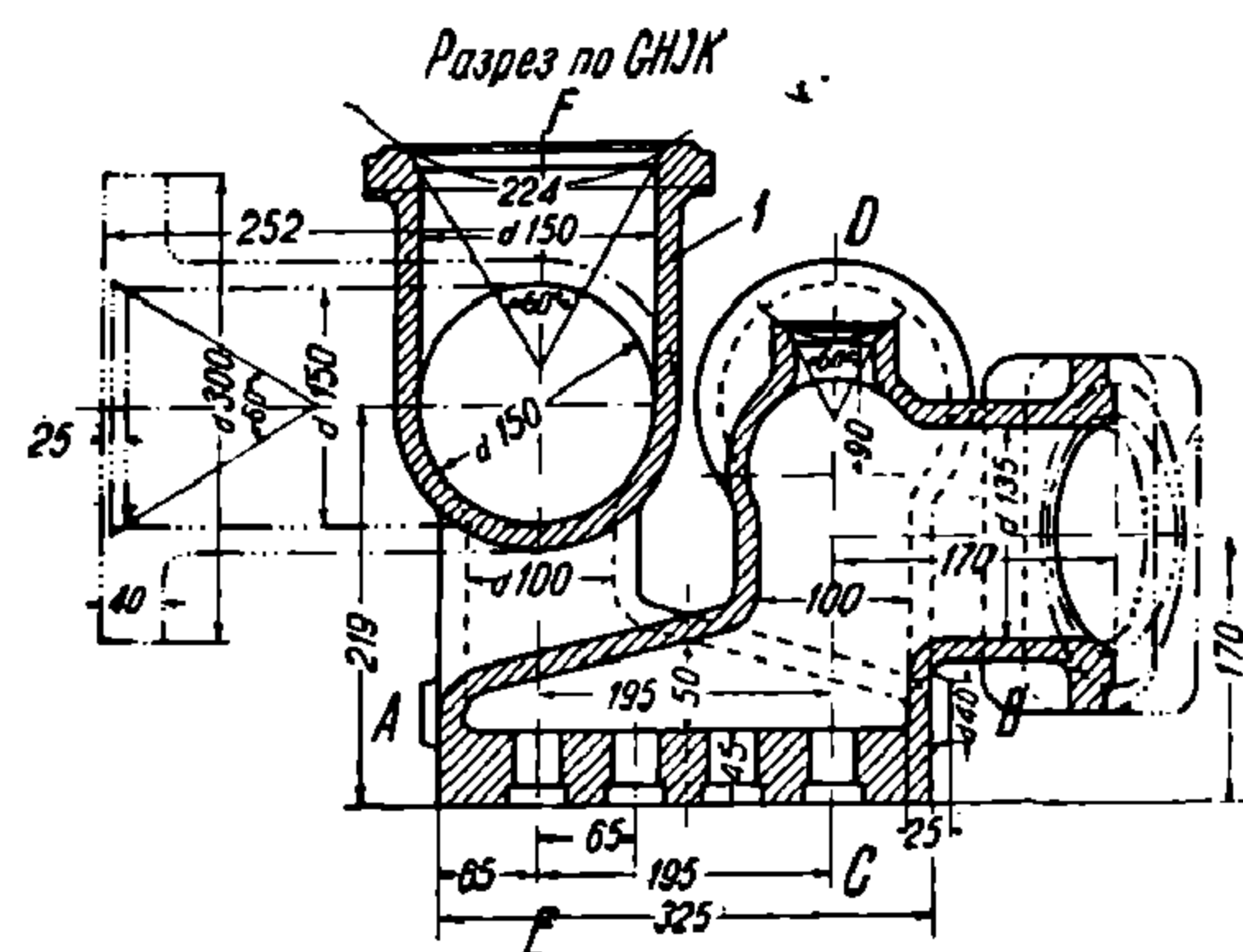
а для всего количества пара:

$$8000 \cdot 754 = 6032000 \text{ cal}.$$

Потеря 9360 cal от этого количества составит $0,16\%$, что может вызвать потерю температуры всего на 1°C . Это количество, как видно, ничтожно, почему не может иметь практического значения.

Отсюда можно сделать следующий вывод: упрощение конструкции камеры, удешевляющее ее стоимость, уменьшающее вес и уменьшающее брак при отливке или сварке, имеют гораздо более важное значение, чем создание раз-

¹ См. С. П. Сыромятников. Тепловой процесс паровоза 1933 г., стр. 160 и 161.



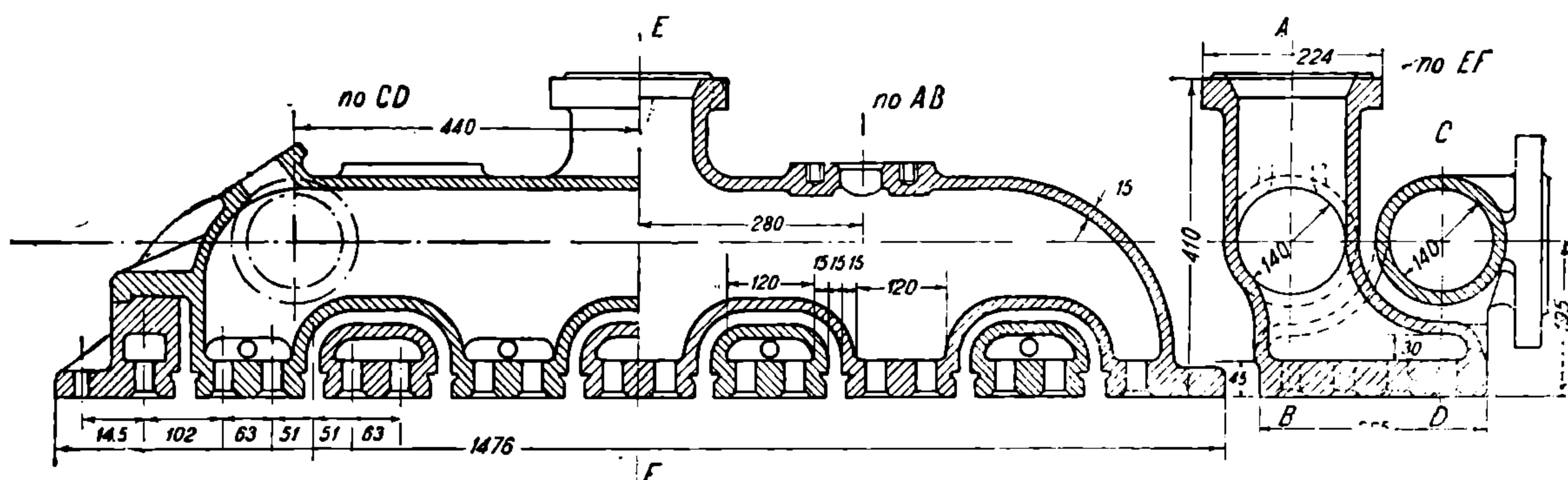
Фиг. 161. Камера Ч у с о в а на паровозе 0—5—0Эу
1—камера, 2—угольник, 3—заглушка.

1—камера, 2—угольник, 3—заглушка.

НТБ
ДНУЖТ

деления полости насыщенного пара от перегретого воздушной прослойкой, получаемое за счет усложнения коллектора. Поэтому следует предпочесть камеру по типу 1—3—1 С^У (фиг. 154), как более простую по сравнению камерой Чусова.

5. Составная камера паровозов 0—5—0 Э^У и 0—4—0 В^Б — представлена на фиг. 162. Эта камера по форме напоминает камеру Чусова. Характерным для этой камеры является то, что она состоит из двух отдельных частей, скрепленных друг с другом болтами по концам. Преимуществом составной камеры является полная изоляция отделения насыщенного пара от перегретого, а также возможность испытания гидравлическим давлением каждой части камеры в отдельности. В предыдущих камерах, в которых отделение насыщенного пара отлит за одно целое с отделением перегретого, внутри отливки могут образоваться раковины, пустоты или трещины в перегородках, разграничивающих одно отделение от другого; их заменить иногда довольно трудно. Если данный дефект действительно окажется, то будет происходить смешение насыщенного пара с перегретым. Имея устройство, при котором возможность такого смешения совершенно устраняется, составная камера в то же время имеет весьма существенный недостаток, заключающийся



Фиг. 162. Составная камера паровоза 0—4—0 Э^У.

в том, что от неодинаковых температур камера насыщенного и перегретого пара расширяется и коробится по разному, а так как каждый элемент прикрепляется одной соединительной трубой к части насыщенного пара камеры, а другой к части перегретого, то незначительное перемещение частей относительно друг друга расстраивает соединение элементов с камерой, и оно пропаривает.

6. Камера пароперегревателей мощных паровозов, вмещающая в себе и регуляторную головку многоклапанного регулятора, — представлена на фиг. 51. Отличительной особенностью этой камеры является разделение пустыми промежутками отдельных секций, к которым присоединены элементы. В эти пустые промежутки сверху закладываются болты, которыми элементы присоединяются к камере и которые проходят, следовательно, сквозь ее.

7. Сварная камера — изготовлялась сперва в 1930—1931 г.г., в виде опыта, на заводах Коломенском, Брянском и Харьковском и была поставлена на нескольких паровозах 0—5—0 Э^М. В настоящее время на Харьковском заводе разработали довольно удачные конструкции сварных камер, из которых камера системы инж. Дорошенко (фиг. 163) ставится на все выпускаемые заводом паровозы 0—5—0 Э^М. По расположению отделений насыщенного и перегретого пара камера Дорошенко имеет сходство с камерой Шмидта по фиг. 154. Внутренние перегородки сделаны наклонными.

Преимуществом сварных камер является их легкость и простота изготовления, почему они и начинают вытеснять литые камеры. Заводская стоимость камеры Дорошенко — 507 р. 21 к. При наличии в камере головки переднего регулятора, замена литья сваркой мало пригодна, почему в данном случае сварные камеры не применимы.

На фиг. 164 представлена сварная камера, изготовленная на Коломенском заводе в числе 16 штук. Эта камера сварена из отходов паропроводных труб.

Материал и испытание камер. Оба отделения камеры, по окончании ее обработки, испытываются гидравлическим давлением в 30 ат; кроме этого, одно из отделений испытывается отдельным давлением в 5 ат. Продолжительность обоих испытаний—5 минут. При испытании не должно обнаруживаться течи или просачивания. Камеры пароперегревателей преимущественно отливались из стали марки Ст Л 1 ОСТ 1453 и ОСТ 791.

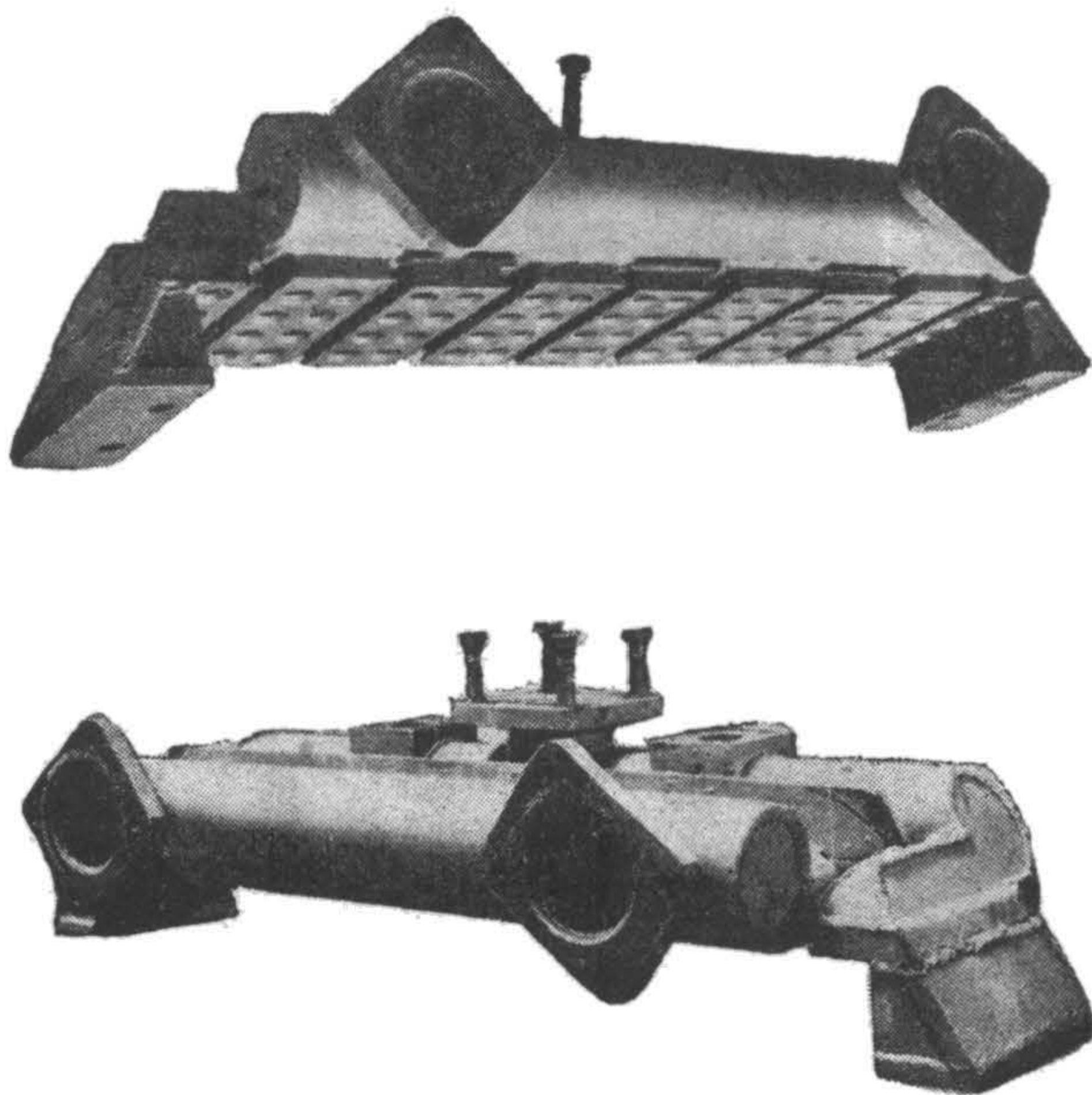
Отливка получает в своих частях неравномерный нагрев, вызывающий в ней значительные напряжения, которые при недостаточной прочности материала должны повести к трещинам.

При высоких качествах чугунового литья, камеры вполне могут быть отливаемы и из чугуна, причем, как то показал опыт с паровозами 0—5—0 ЭГ, ЭШ и 1—5—0 Е, имеющими чугунные камеры пароперегревателей, никаких неприятностей с ними не получалось. Кроме того, чугун лучше сопротивляется химическому действию перегретого пара, чем сталь.

На новейших паровозах 1—4—2 ИС, 1—5—2 ФД и др. камеры пароперегревателя отливаются только из чугуна.

Чугун, применяемый для отливки камер, должен быть марки Чл. 1 (ОСТ 970), предназначенный для особо ответственных частей. Материал испытывается на изгиб; испытание производится над образцом в 650 мм длины, 30 мм диаметром, при расстоянии между опорами 600 мм. Сопротивление изгибу определяется по формуле $0,0567 P$, где P —груз, доводящий до излома. Сопротивление изгибу должно быть не менее 32 кг/мм^2 , стрелка прогиба не менее 8 мм. Камеры, отлитые из стали или чугуна, должны быть отожжены.

Сварные камеры изготавливаются из стали Ст 3.

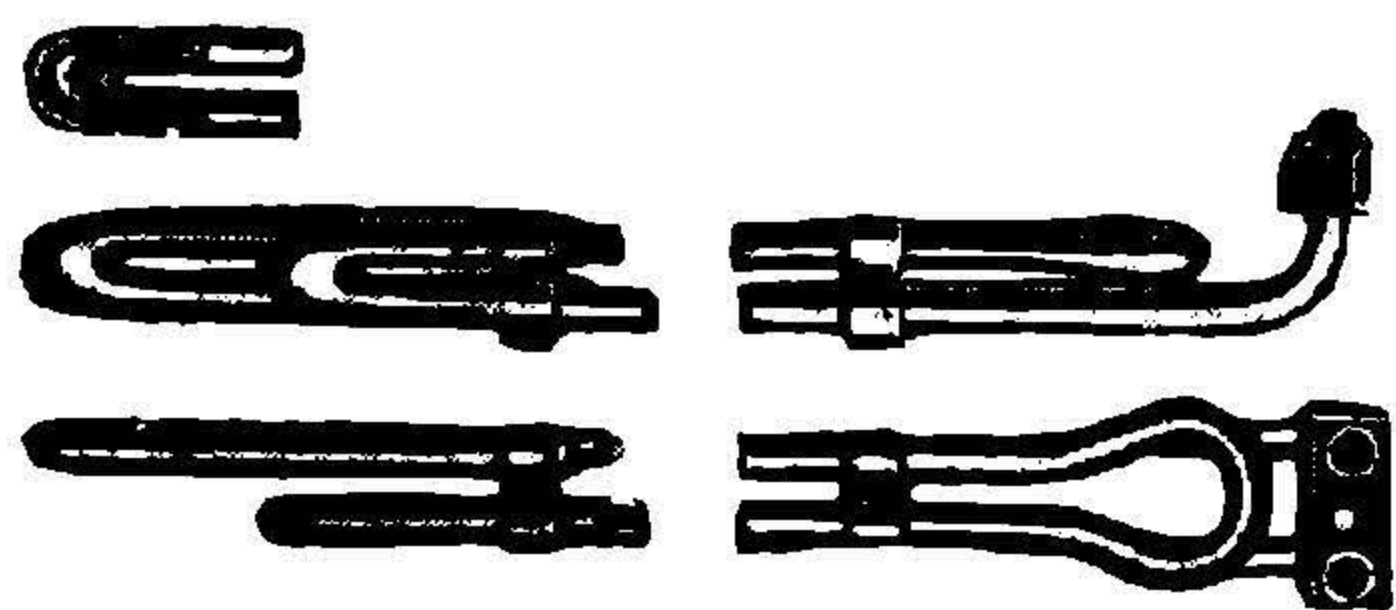


Фиг. 164. Сварная камера.

15. ЭЛЕМЕНТЫ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЕЙ

Элементы пароперегревателей, применяемые сейчас на наших паровозах, как было выяснено в § 13, принадлежат только к трем системам: четырехтрубному Шмидта, шеститрубному Чусова и восьмитрубному Элеско.

Четырехтрубный элемент Шмидта, представленный на фиг. 165 и 166, состоит из трех отрезков цельнотянутых трубок, диаметром 27/34 (наименьший) или 29/36 (наибольший), соединенных между собой либо непосредственно, либо при помощи специальных колпачков. Средний отрезок трубки, имеющий, по сравнению с обоими крайними, двойную длину, загибается у своей середины, образуя петлю, которая располагается в дымовой коробке перед входом в жаровую трубу. У обоих крайних отрезков отгибаются концы, которыми элемент соединяется с камерой (коллектором). Когда все отрезки трубок



Фиг. 165. Элемент Шмидта.

загнуты, задние концы их соединяются друг с другом, образуя непрерывный проход для пара. Концы элементов располагают на расстоянии 600—700 мм от задней (огневой) решетки, чем эти концы предохраняются от чрезмерного накаливания. Площадь живого сечения прохода в наконечнике обыкновенно

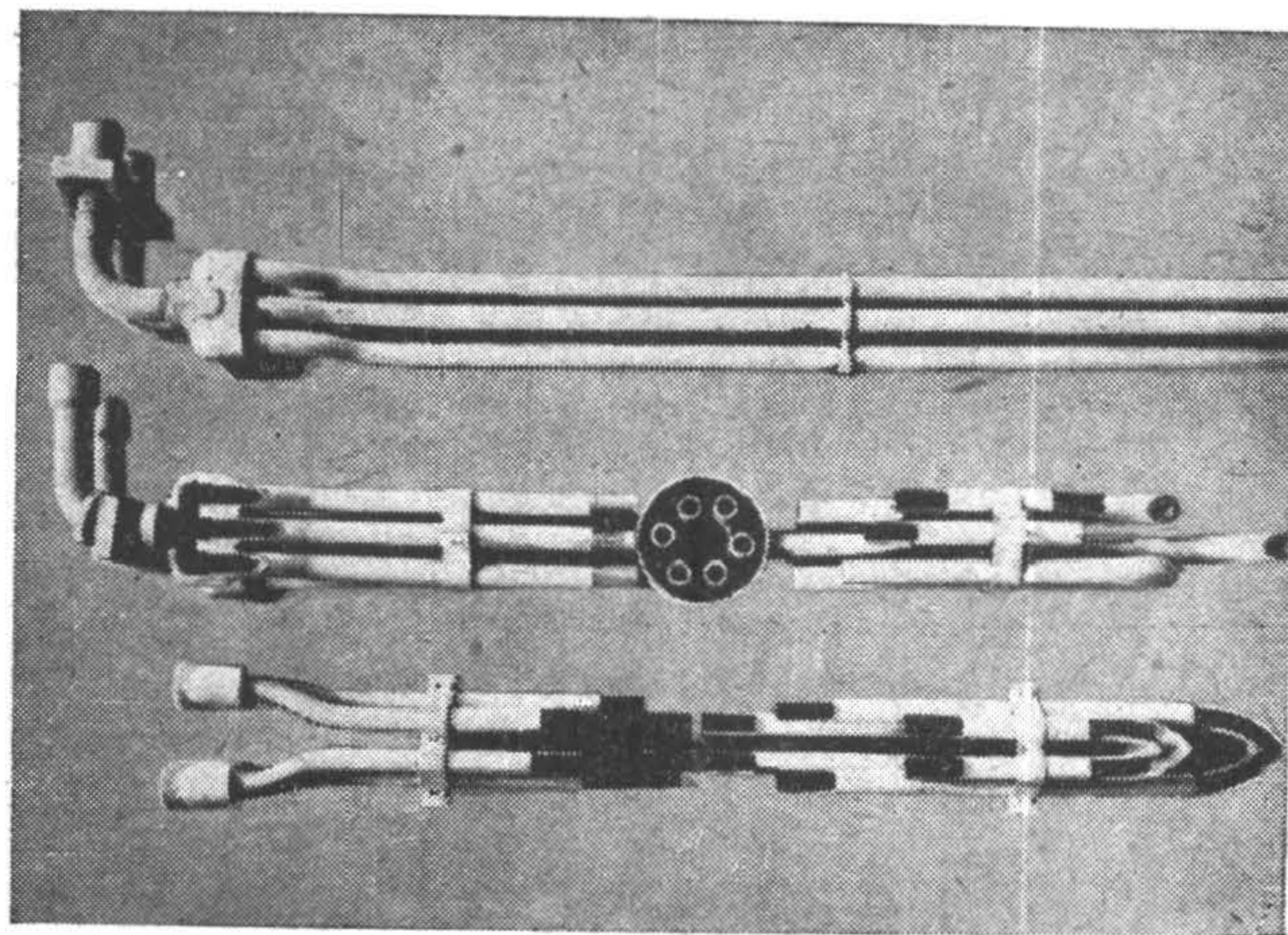
увеличивается для предотвращения мятая пара при повороте. При прохождении через наконечник пар основательно перемешивается, что способствует энергичному отнятию им тепла от стенок элемента. Задние стенки наконечника утолщены, что делает эти места, как подвергающиеся действию наиболее высоких температур, хорошо сопротивляющимися разъедающему действию топочных газов. Одно колено элемента Шмидта делают длиннее другого, чтобы оба утолщенные наконечника не были расположены рядом, чем проход газов по жаровым трубам был бы сильно стеснен и элемент подвержен частым засорениям. Передняя петля элемента укрепляется распоркой. Иногда к петле приваривается ушко, в которое продевается болт, вставленный нижним концом в хомут.

Шеститрубный элемент пароперегревателя Чусова представлен на фиг. 167 и 169.

Соединительные трубы от коллектора разветвляются на три более тонкие параллельные трубки, образующие три расположенные друг над другом колена.

Разветвление трубок в более старом варианте элемента Чусова достигается колпачком, представленным на фиг. 170, в котором сделано четыре отверстия — переднее несколько большего диаметра для соединительной трубы и три задних для трубы самого элемента. Все три трубки элемента к колпачку привариваются, а соединительная в колпачок ввинчивается.

В последнем варианте элемента Чусова соединение трубок элемента с соединительной трубкой достигнуто без колпачка (фиг. 169). В соединительную трубу вставляется средняя трубка элемента и приваривается к ней, а верхняя и нижняя трубки имеют загнутые концы, которые привариваются к соединительной трубке против сделанных для них специальных отверстий. Этот вариант является лучшим не только по своей простоте и наименьшему весу, но и потому, что он не дает резких изменений направления прохода пара по элементу.



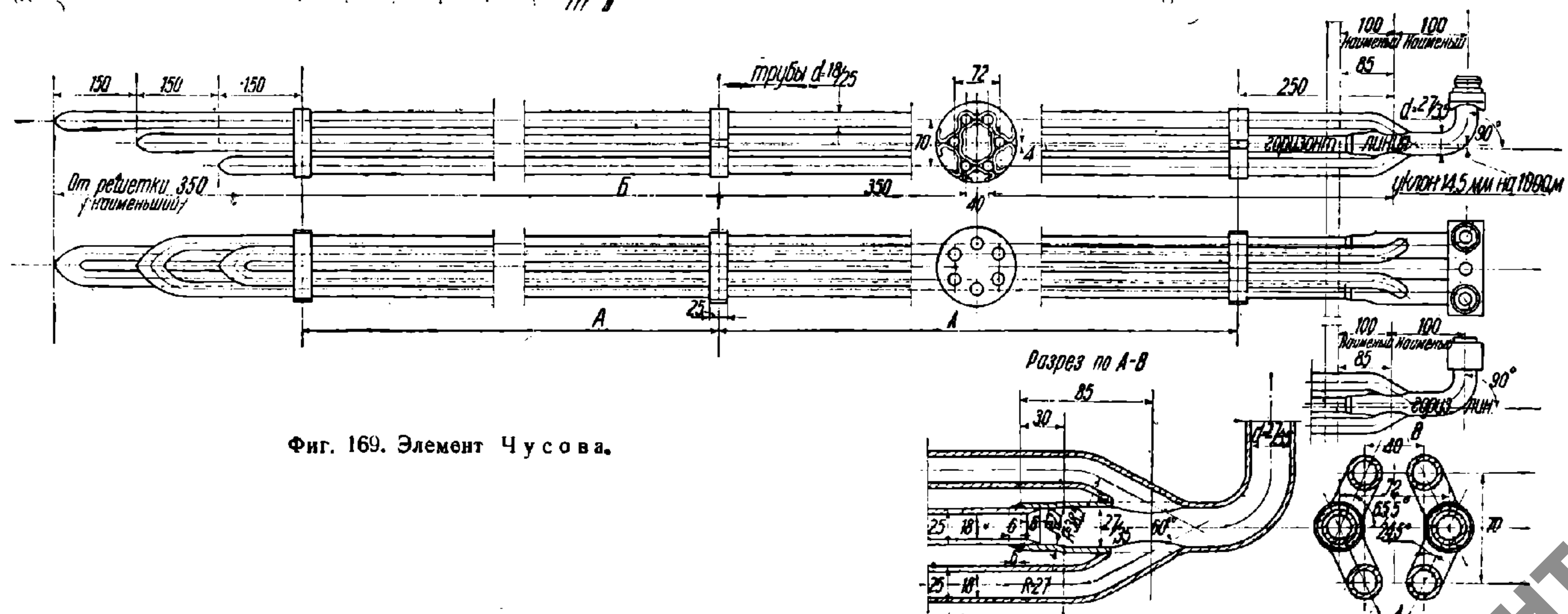
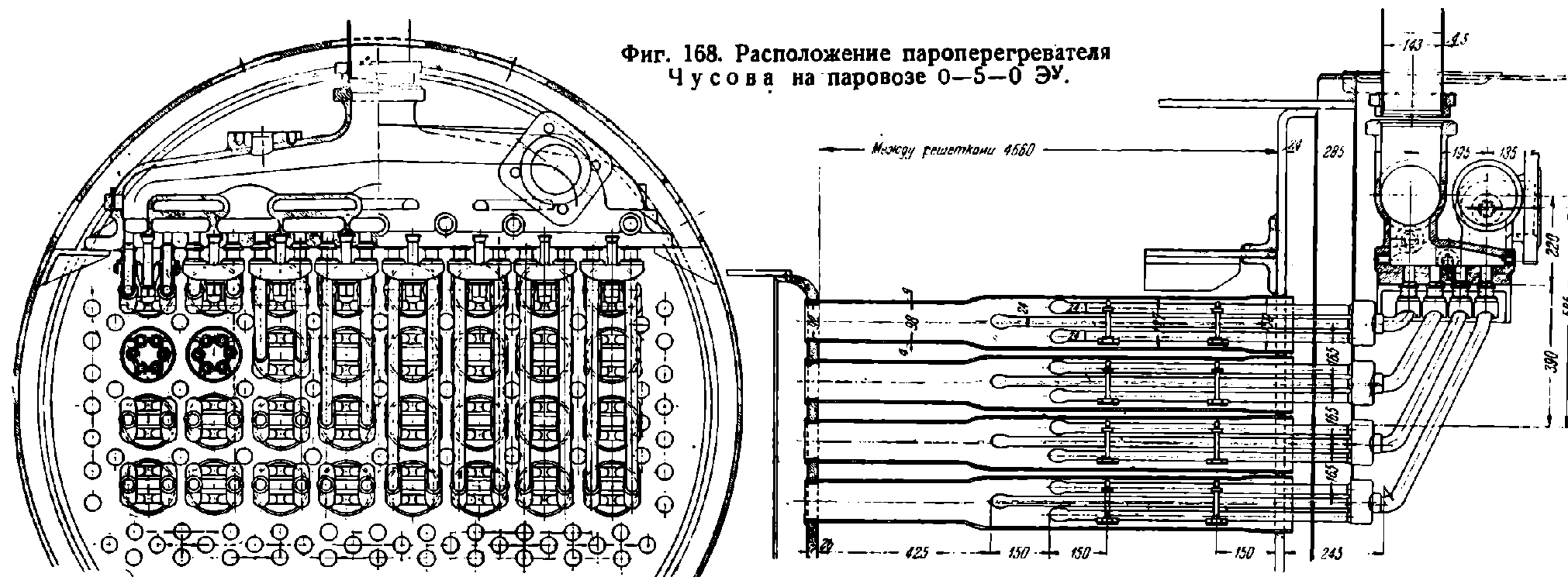
Фиг. 167. Элемент Чусова.

На фиг. 171 представлен вариант переднего конца элемента Чусова, предложенный П. И. Петровым, где в соединительный колпачок трубки элементы входят своими загнутыми концами. Перемычки колпачка заклиниваются между изогнутыми концами крайних трубок и совершенно препятствуют отрыву колпачка от элемента. Все трубки к колпачку привариваются.

Во всех вариантах элемента Чусова оси концов трубок элементов расположены в одной вертикальной плоскости. Для того чтобы эти трубки в сечении элемента были расположены по кольцу, трубки верхнего и нижнего витков имеют подгибы к середине.

Элемент Элеско (тип. Е) состоит из двух параллельных ответвлений и изготовлен из цельнотянутых трубок, диаметром 24/30 мм. Такие элементы применены на всех мощных паровозах 1—5—1 Т^Б, ФД, 1—5—2 Т^А и 1—4—2 ИС. Каждый виток помещается в четырех жаровых трубах, диаметром 82,5/89 мм (фиг. 172 и 173).

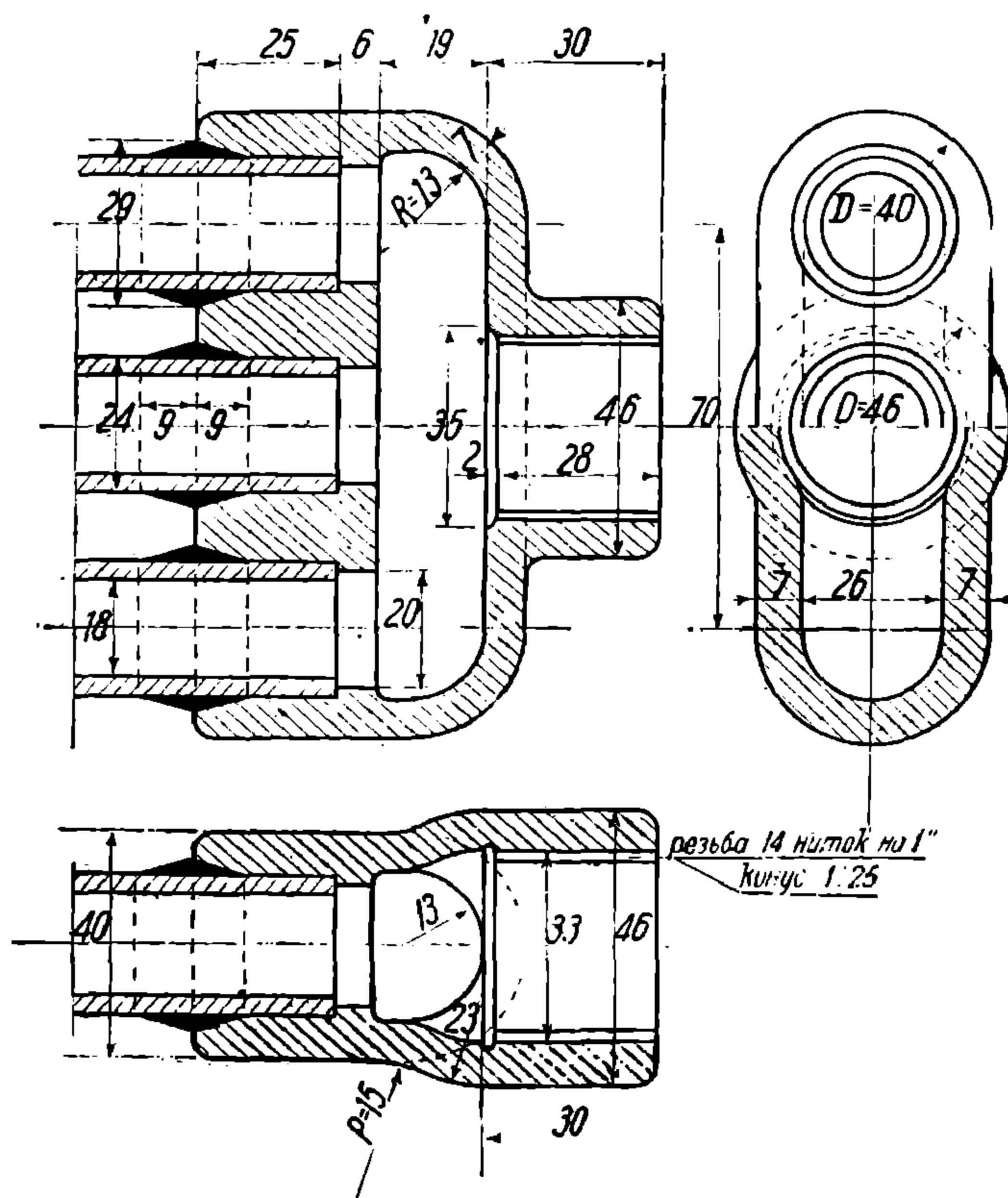
Причины, заставившие остановиться на таком типе пароперегревателя, заключаются в стремлении к уменьшению диаметра жаровых труб, а следовательно и отверстий в решетках. Эксплуатационная практика как наших, так и зарубежных дорог показала, что расстройство соединений концов труб с решетками бывает меньше у дымогарных, чем у жаровых труб,



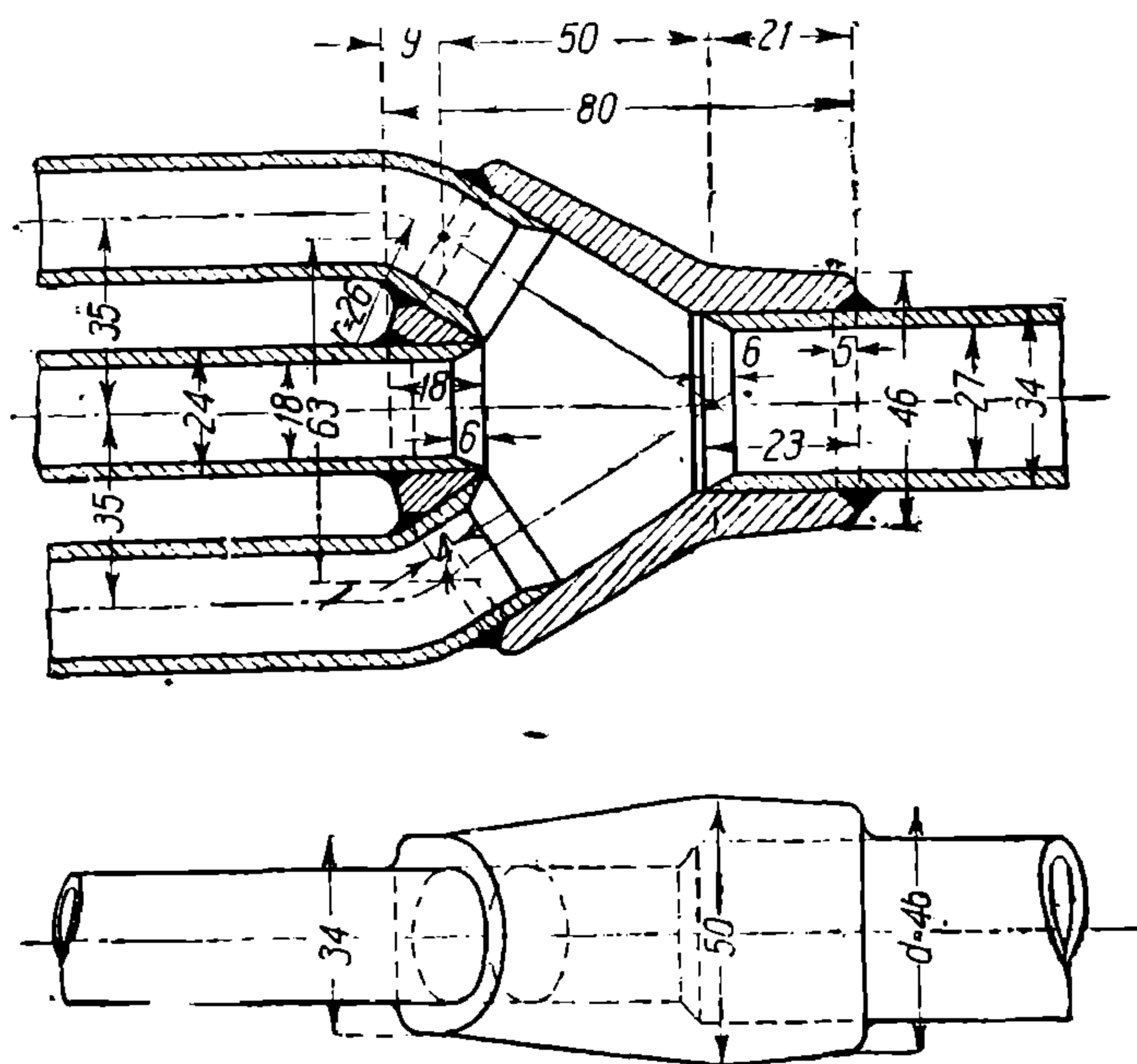
НТБ
ДНУЖТ

которые вообще были подвержены течи. Отсюда—стремление к возможному уменьшению диаметра жаровых труб. На паровозах 1—4—2 ИС и 1—5—1 ФД установлено 33 элемента.

Для размещения каждого элемента в четырех жаровых трубах нужно было бы иметь $33 \times 4 = 132$ жаровых трубы. Такого количества жаровых труб поместить в решетке однако не удалось. Поэтому из общего числа элементов 33-х — 31 элемент полный — нормальный расположен каждый в четырех жаровых трубах; всего жаровых труб $31 \times 4 = 124$. Остальные два элемента не полные и размещены каждый в трех жаровых трубах; $2 \times 3 = 6$. Всего жаровых труб $124 + 6 = 130$. Неполные элементы состоят из двух частей. Одна часть расположена в двух жаровых трубах и ни чем не отличается от половины полного элемента; другая же часто входит только в одну жаровую трубу, т.е. представляет неполный виток. При таком расположении элементов коллектор имеет пять рядов соединений вдоль



Фиг. 170. Передний литой колпачек элемента Чусова.

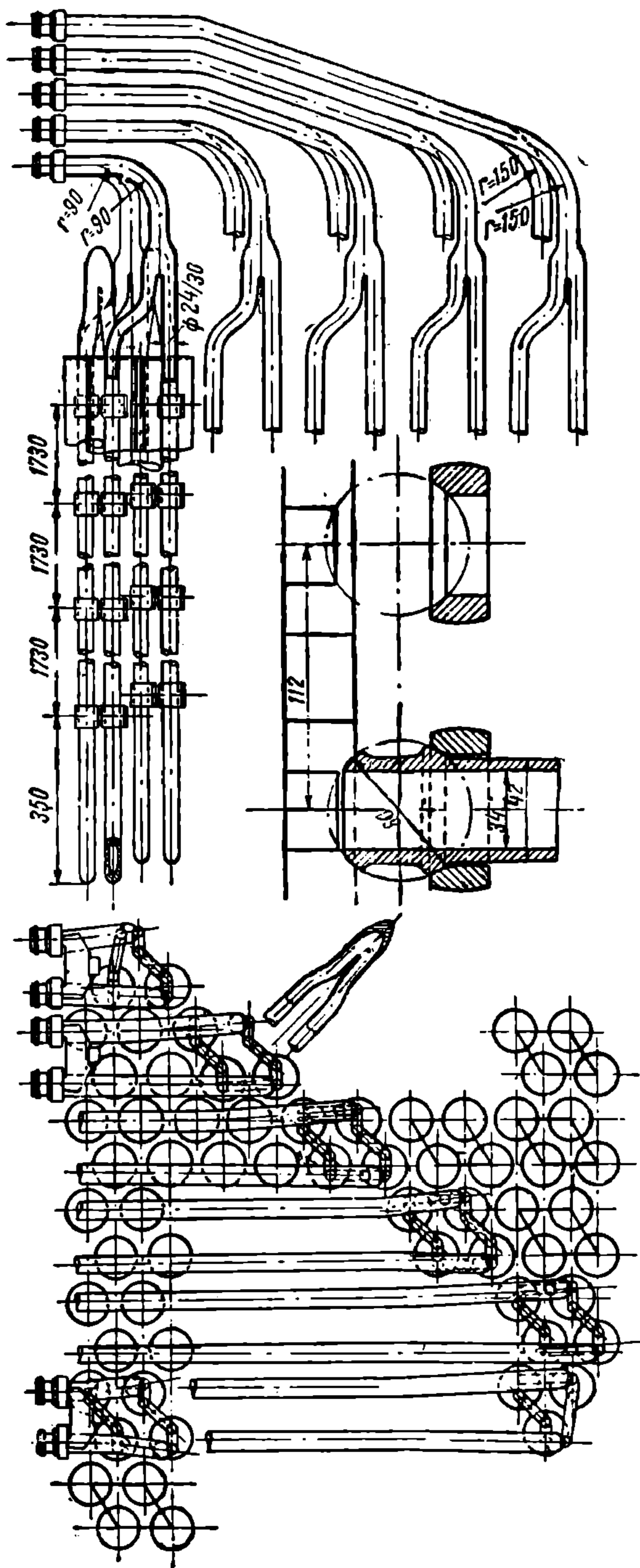


Фиг. 171. Передний колпачек элемента Чусова по системе Петрова.

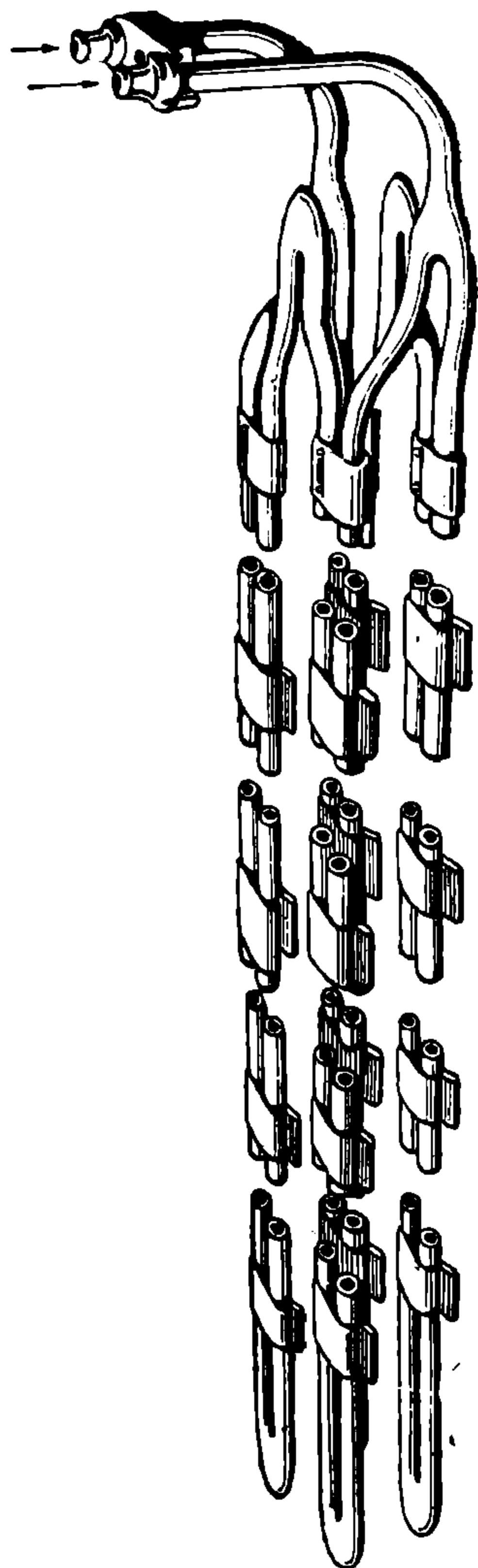
котла и семь поперек. Крайние вертикальные ряды имеют по четыре элемента, а пять средних по пять. Трехтрубные элементы расположены в левом верхнем ряду и в нижнем втором от правого края. Производство элементов пароперегревателей, как в СССР, так за границей, характеризуется главным образом теми технологическими процессами, которые заводы применяют при изготовлении задних соединительных колпачков элементов. В нашей литературе имеются описания способов изготовления элементов как на заводах в Германии и Чехословакии, так и на заводах Американской компании

¹ К. А. Миловидов. Производство элементов пароперегревателей системы Шмидта. Берлин 1925 г.

паровозных пароперегревателей ¹. Мы здесь не будем касаться всех этих приемов и ограничимся только сообщением кратких сведений о тех приемах которые освоены в отечественном производстве элементов.



Фиг. 172. Элементы пароперегревателя Э леско на паровозах 1-4-2 ИС и 1-5-1 ФД.



Фиг. 173. Элемент Элёско.

Конструкция концов элементов зависит, главным образом, от тех технологических процессов, которые были применены при изготовлении концов.

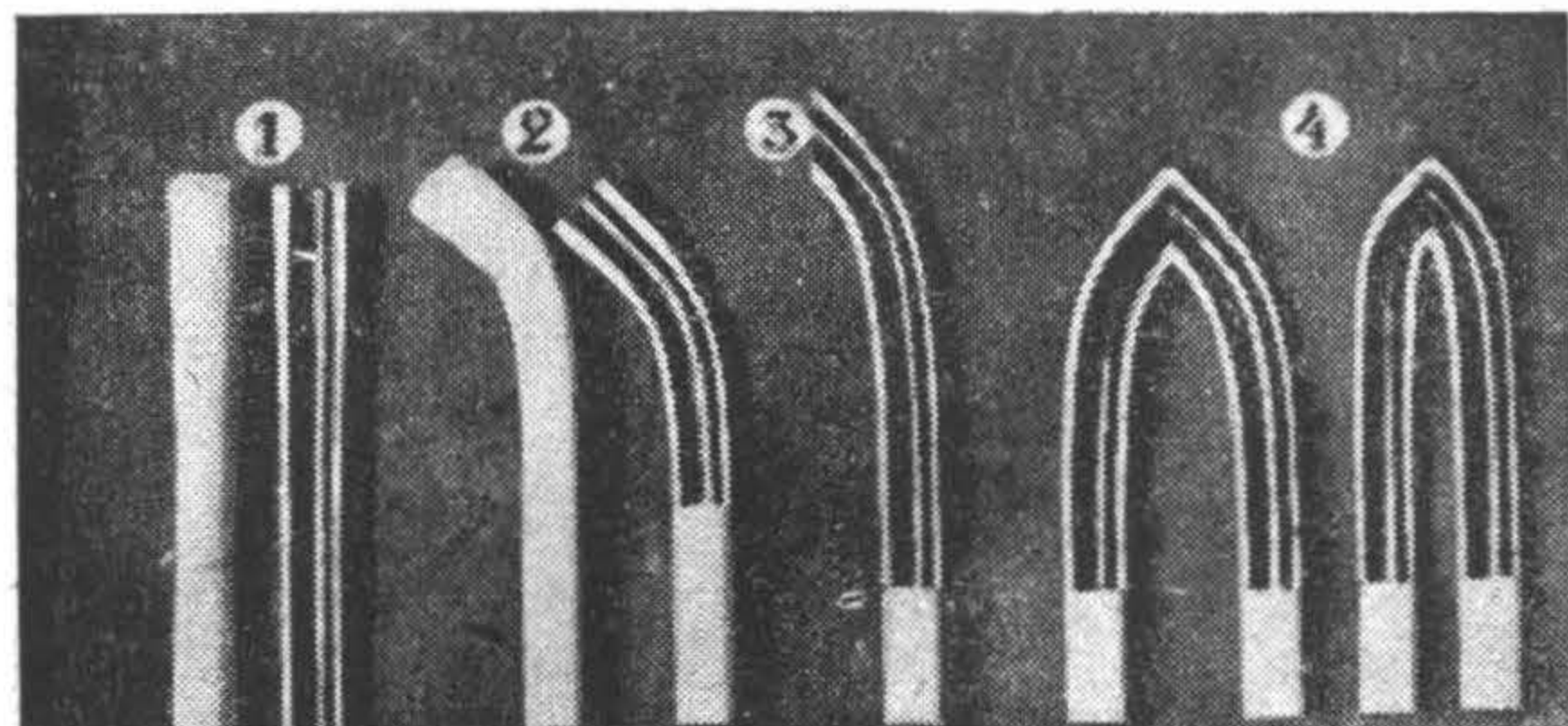
Наиболее старой и ныне не применяемой конструкцией сращивания задних концов трубок являлся литой стальной колпачек, в отверстия которого оба

¹ А. И. Липец.. Паровозы декапод. Нью-Йорк 1920 г., стр. 240—245.

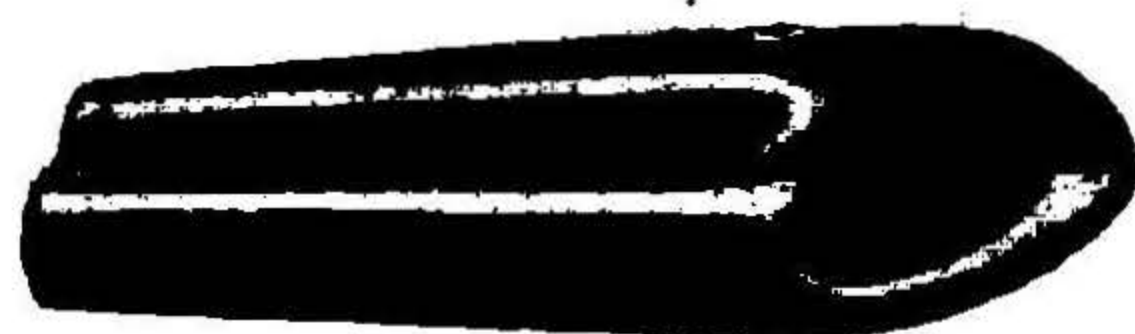
конца трубок входили на резьбе. Такой способ был почти в самом начале изготовления элементов оставлен по причине его дороговизны и сложности.

Позднее все другие способы соединений уступили место сварке. Образование же концов элементов путем загиба одной цельной трубки не применялось в виду сильного утонения канала внутри трубки, который вследствие сплюсненности самого загиба приобретал овальное, а не круглое сечение.

Кроме того, при таком способе соединения не могло быть осуществлено утолщение стенки трубы на самом загибе.



Фиг. 174. Конец элемента, образованный сваркой двух трубок.



Фиг. 175. Сварной конец элемента.

На фиг. 174 представлен задний конец элемента, образованный путем сварки одного конца трубки с другим.

Операция 1-я включает в себе подготовку двух концов соединяемых трубок, стенки которых осаживаются до толщины 7 мм. Во 2-й операции концы трубок загибаются, в 3-й операции обрезаются и фрезеруются по плоскости, параллельной продольной оси трубки, и после (4-я операция) свариваются.

Приготовленный таким способом наконечник элемента виден на фиг. 175.

При этом способе, однако, получался довольно значительный непровар места соединения трубок, а так как место сварки оказалось обращенным в сторону огня, то были случаи прорыва элемента по месту сварки. В 1930 г. этот способ был запрещен и теперь более не применяется.

Исключительным распространением пользуется теперь соединение концов трубок, достигаемое путем приварки к ним штампованных колпачков.

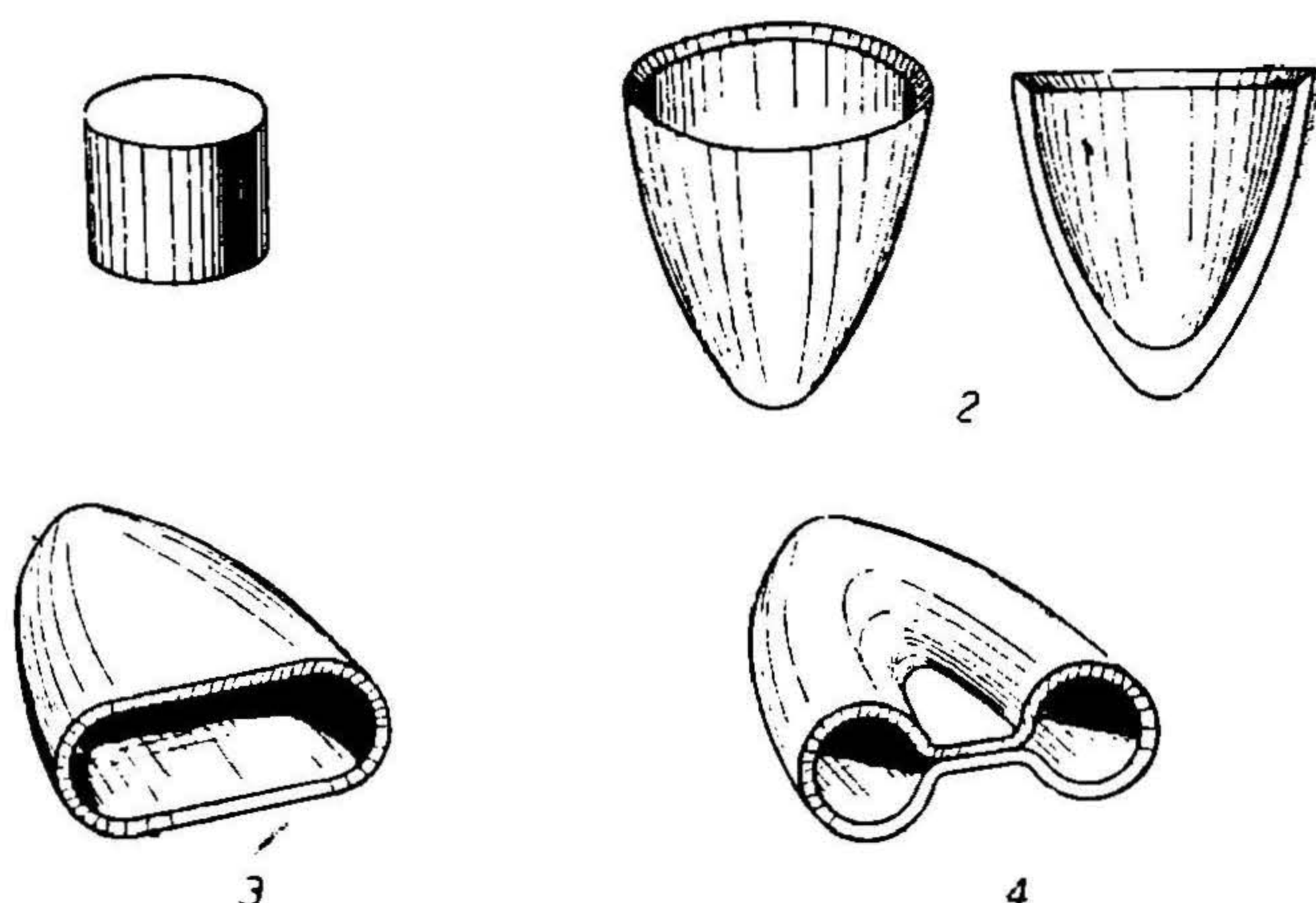
На фиг. 176 представлен задний концевой колпачек в последовательных стадиях штамповки.

Завод „Красный Профинтерн“ (б. Брянский) изготавливает задние колпачки элементов Чусова за три нагрева до температуры белого каления (1000—1020°) при следующих операциях.

Операция 1. От круглого стального стержня (Ст 2), диаметром 50 мм (в холодном состоянии), отрезается заготовка, имеющая следующую длину:

для малого заднего колпачка
„ большого „

35 мм
60 „



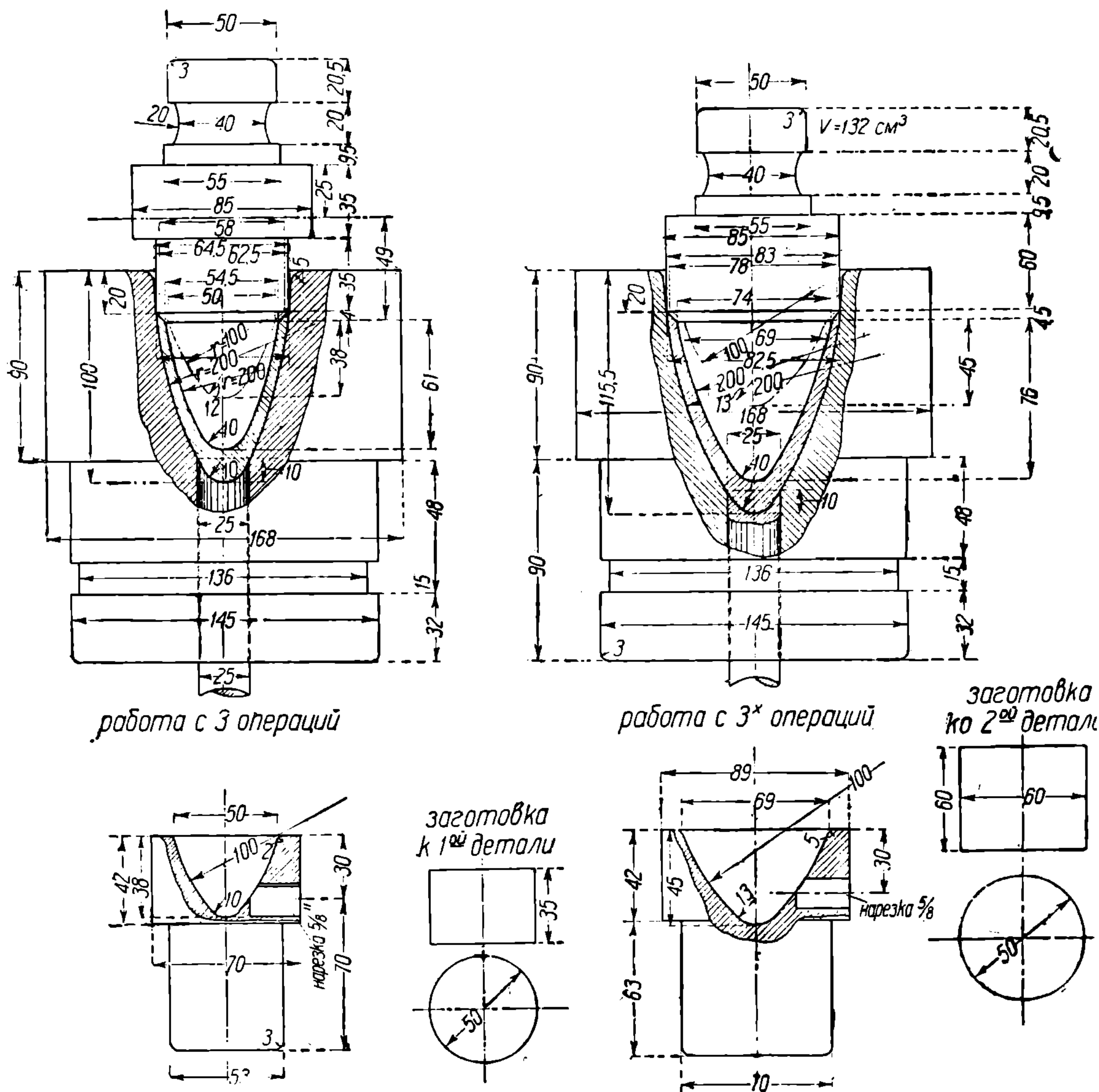
Фиг. 176. Последовательность изготовления заднего колпачка элемента штамповкой.

Операция 2. После нагрева заготовка с трех раз штампуется на оправке в круглую чашку, стенка которой с последнего раза приобретает требуемую толщину. Поверхность по наружному краю скошена внутрь под углом около 45°.

Операция 3. При втором нагреве чашка сплющивается в штампе на оправке до ширины, имеющей в поперечнике 25,5 мм внутри.

Операция 4. При третьем нагреве сплюснутая чашка сминается по середине до совершенного прижатия одного края к другому, образуя по краям два круглых отверстия требуемого диаметра.

На фиг. 177, 178 и 179 показаны профили колпачков в различных стадиях штамповки и контуры всех штампов и оправок, которые применяются Брянским заводом.



Фиг. 177. Штамповка заднего колпачка элемента Чусова.

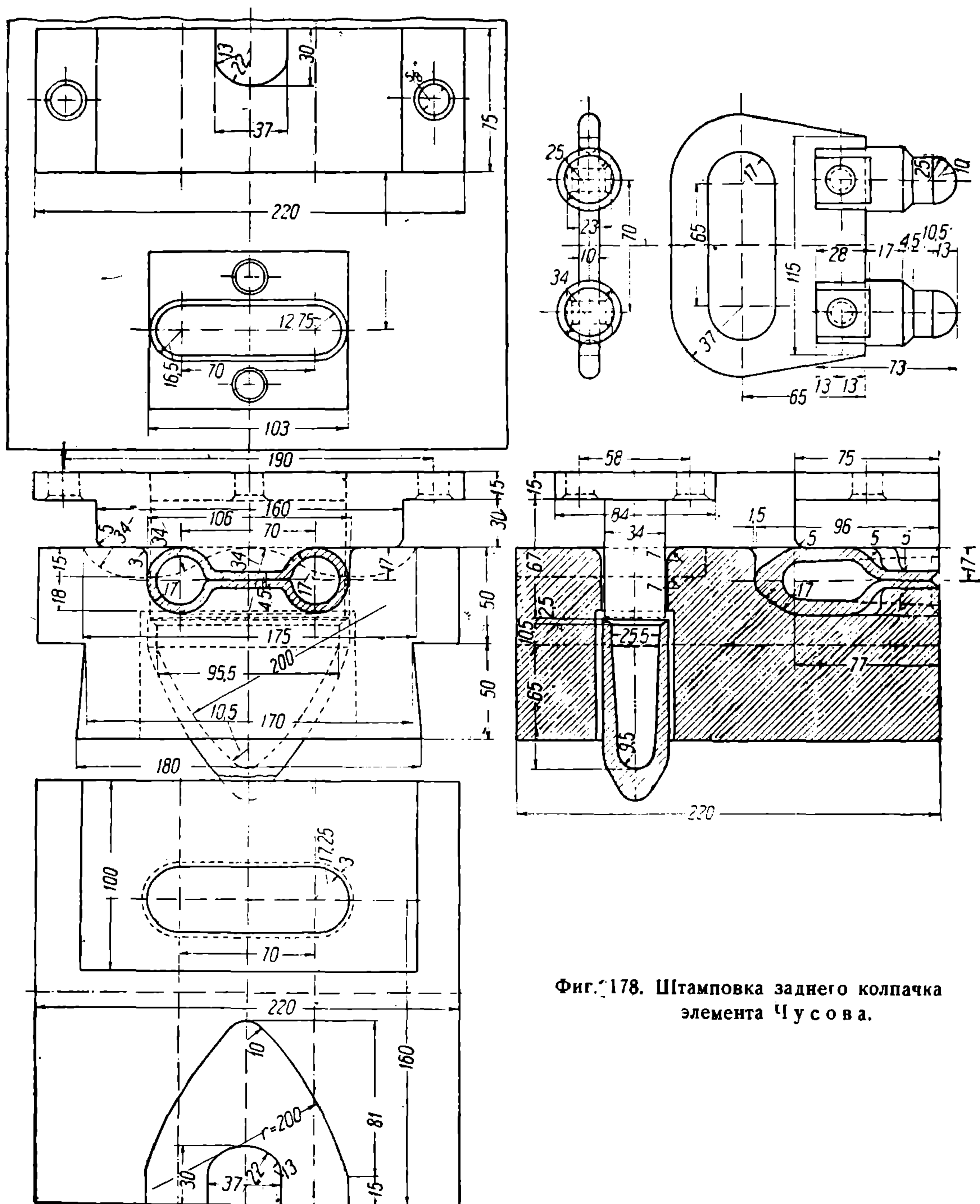
Готовый колпачек одевается на два конца трубок и к ним приваривается. Все пространство под скошенным краем колпачка, как вокруг трубок, так и на перемычке, заполняется при сварке.

Конец элемента перегревателя Чусова с приварным штампованным колпачком показан на фиг. 180 и 181. Совершенно тот же прием применяется для изготовления колпачков элементов Шмидта и Элеско.

Не меньшим распространением пользуются теперь колпачки системы П. И. Петрова (Луганский завод), представленные на фиг. 182.

Штампованный колпачек имеет два высверленные внутри его канала, расположенные под острым углом один к другому. В эти каналы вставлены и затем

приварены загнутые концы трубок. Перемычка колпачка между двумя трубками образует как бы клин, который препятствует срыву колпачка с трубок даже при неудовлетворительной сварке.



Фиг. 178. Штамповка заднего колпачка элемента Чусова.

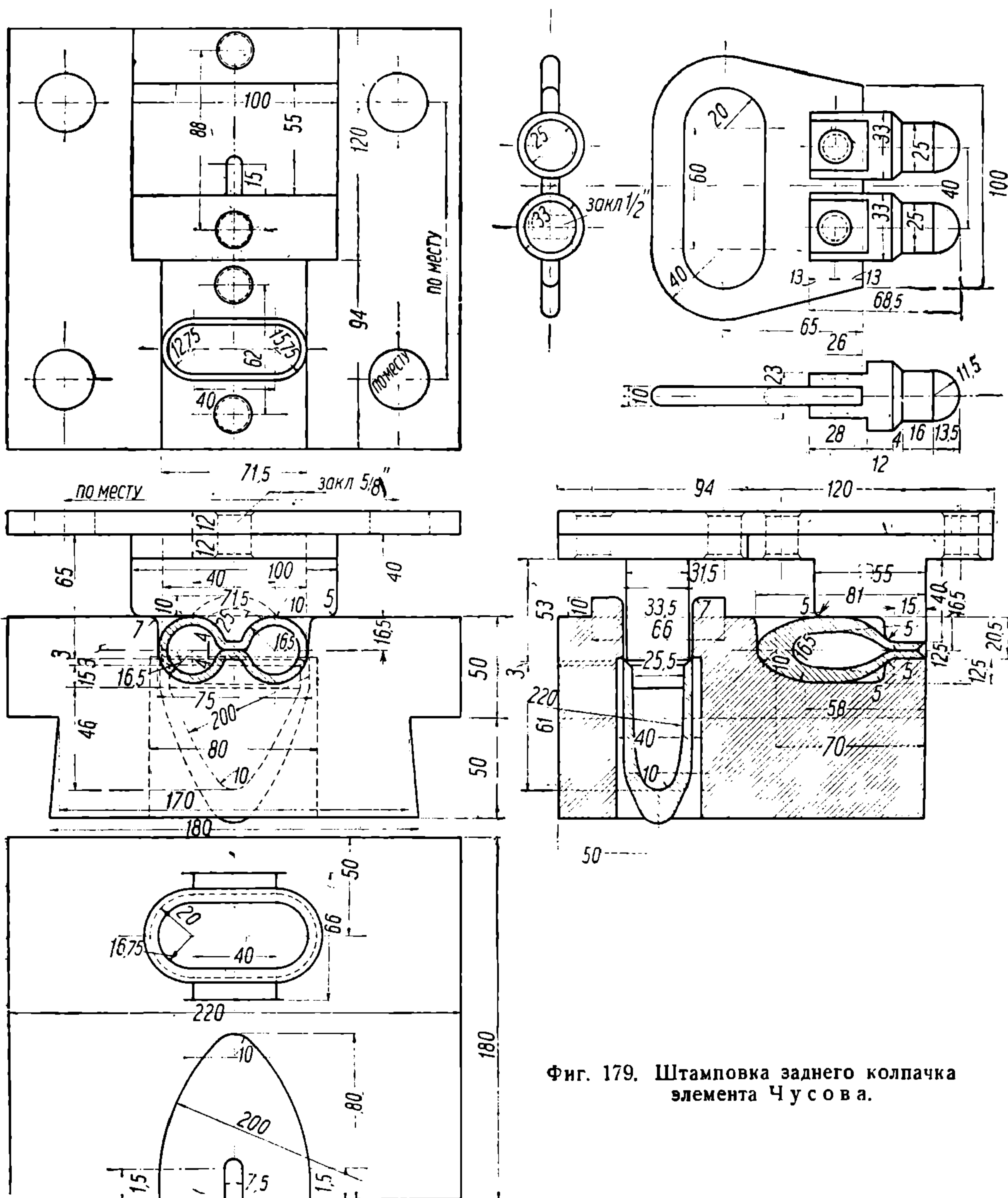
Для изготовления таких колпачков берется круглая сталь Ст 2 и режется на куски нижеследующих размеров:

Для элементов Чусова — мал. колп. $d = 52$ мм, длина — 65 мм, вес — 1,09 кг.
 " " Чусова — больш. колп. $d = 56$ мм, длина — 70 мм, вес — 1,36 кг.
 " " Шмидта при труб. 27/34 мм $d = 70$ мм, длина — 80 мм, вес — 2,40 кг.

Штамповка производится с одного нагрева в обыкновенном разъемном штампе под падающим молотом при 3—4 ударах бабы. Обсечку заусенца,

образующуюся по разьему штампа, рекомендуется делать сейчас-же под небольшим приводным или паровым молотом.

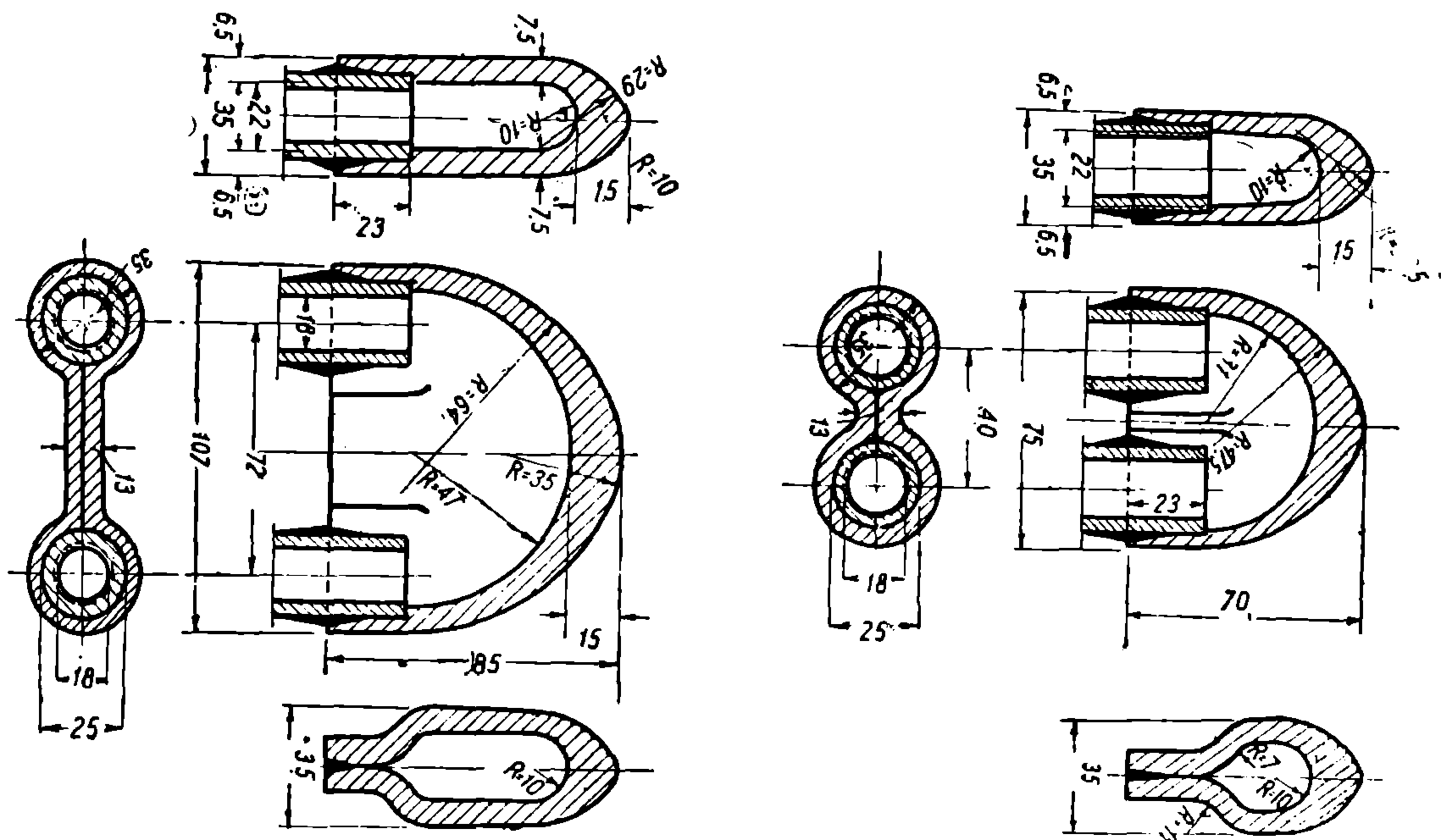
После штамповки в колпачке сверлятся указанные выше каналы без разметки в специальных приспособлениях, показанных на фиг. 183 и 184. Колпачек заклады-



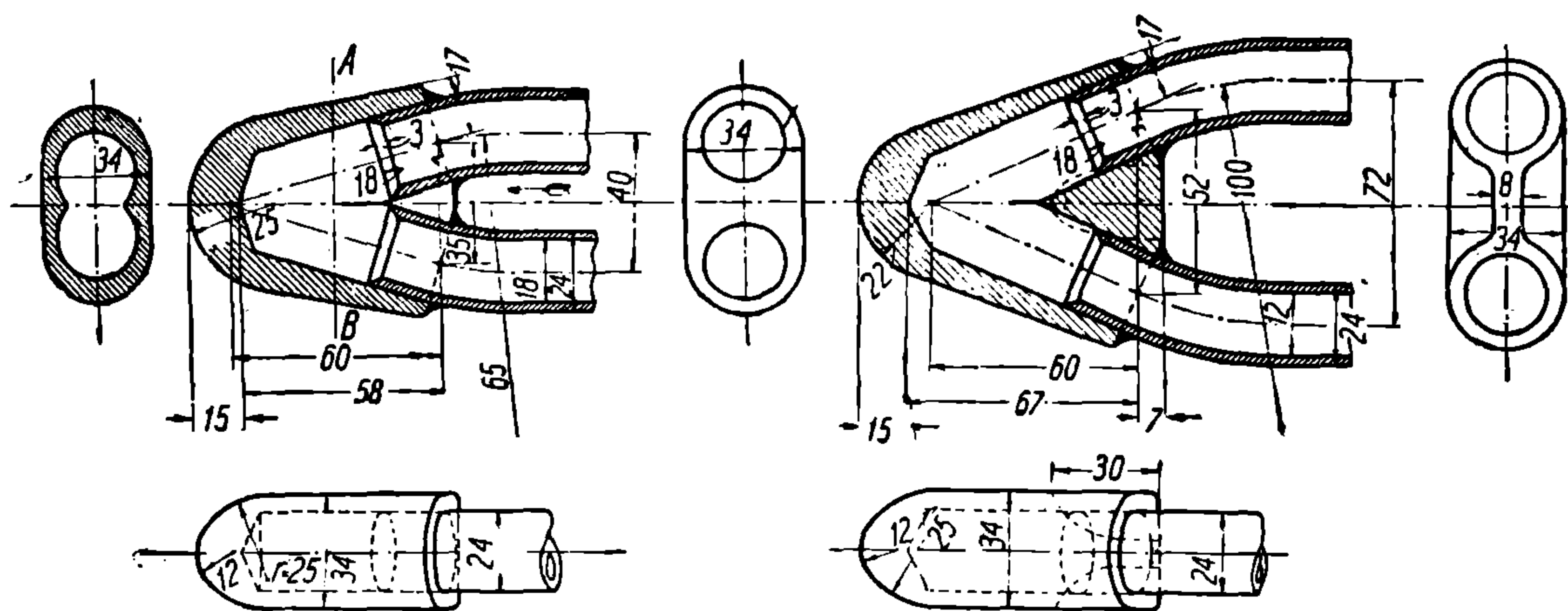
Фиг. 179. Штамповка заднего колпачка элемента Чусова.

вается в углубление шестигранной коробки и зажимается вместе с ней в небольшие параллельные тиски, укрепленные на столе небольшого сверлильного станка. Коробка должна опираться на тиски своей нижней площадью *ав*, перпендикулярной оси сверла. После сверления одного канала, коробка с колпачком поворачивается до упора в тиски другой площади *ав* и после сверления второго канала колпачек выталкивается каким либо штырем через отверстие *С*.

Такой способ изготовления колпачков впервые был применен на Луганском заводе в октябре 1926 г. Почти одновременно стали применять его Брянский,



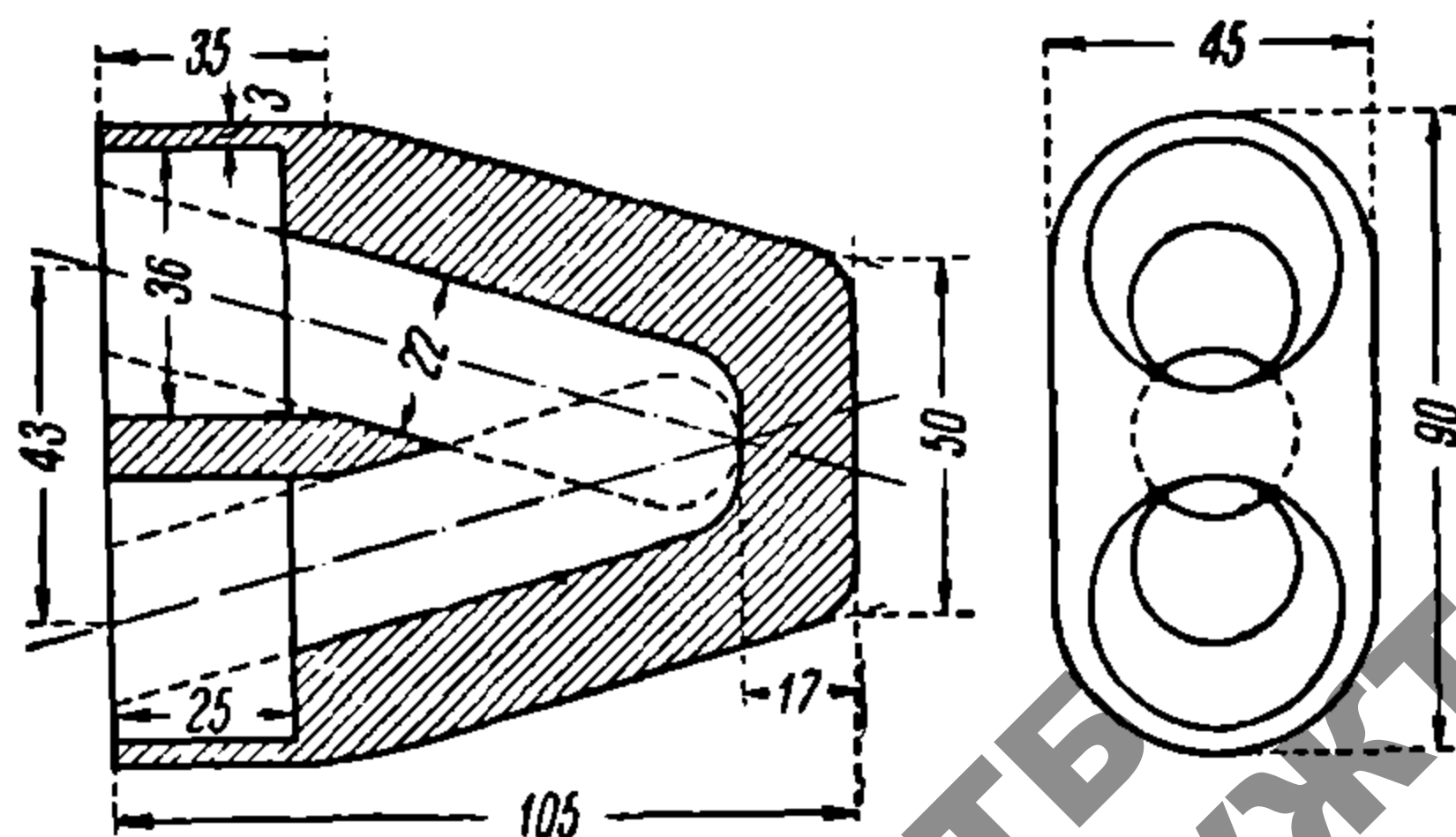
Фиг. 180 и 181. Штампованный задний колпачек элемента Чусова.



Фиг. 182. Задний штампованный колпачек элемента Чусова по системе Петрова.

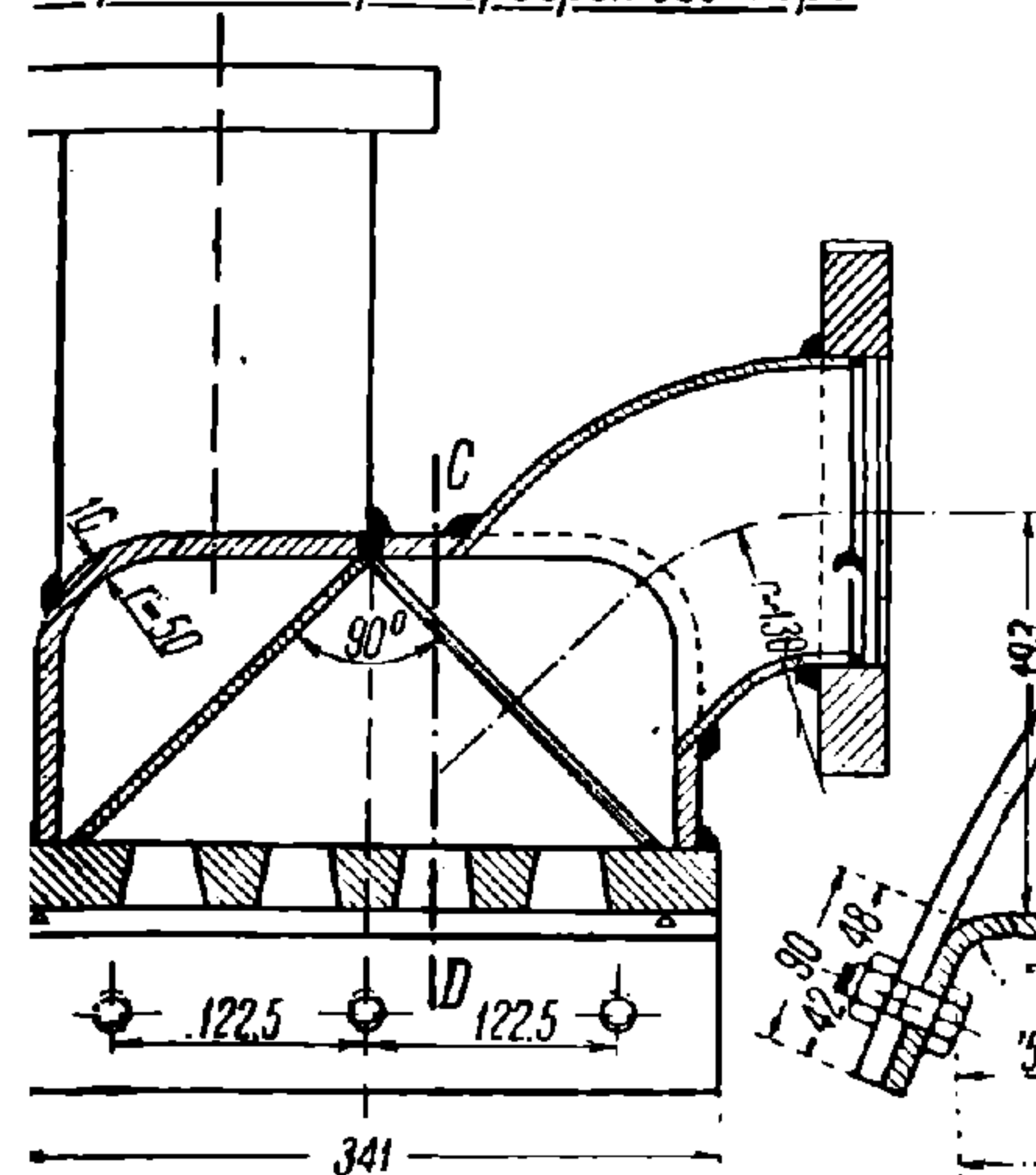
Сормовский и Харьковской заводы. Благодаря дешевизне и простоте этот способ ввели у себя некоторые железнодорожные мастерские при ремонте элементов пароперегревателей, изготовленных другими заводами без задних колпачков.

Приемы изготовления колпачков на Луганском и Брянском заводах почти одинаковы. Разница состоит лишь в том, что на Брянском заводе, при наличии в кузнице падающих молотов, штам-

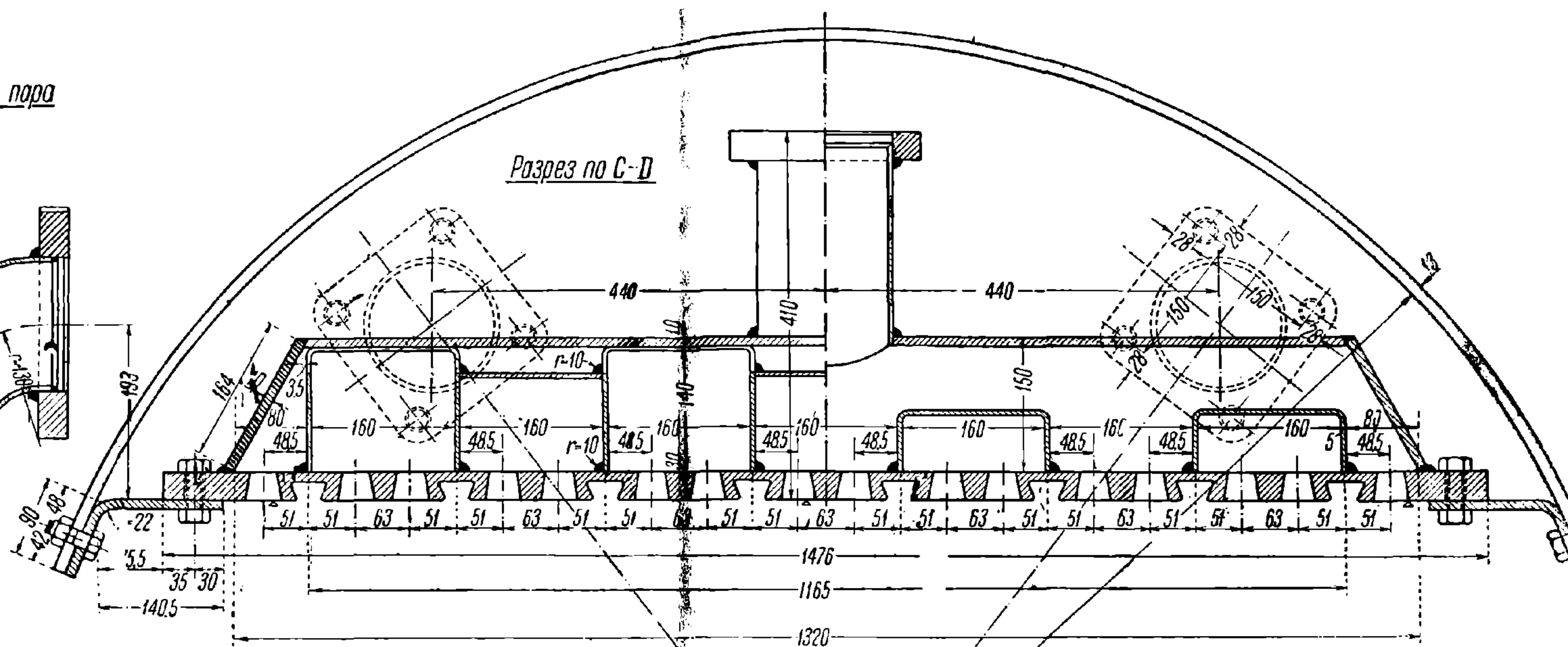


Фиг. 182-а. Задний штампованный колпачек элемента Шмидта.

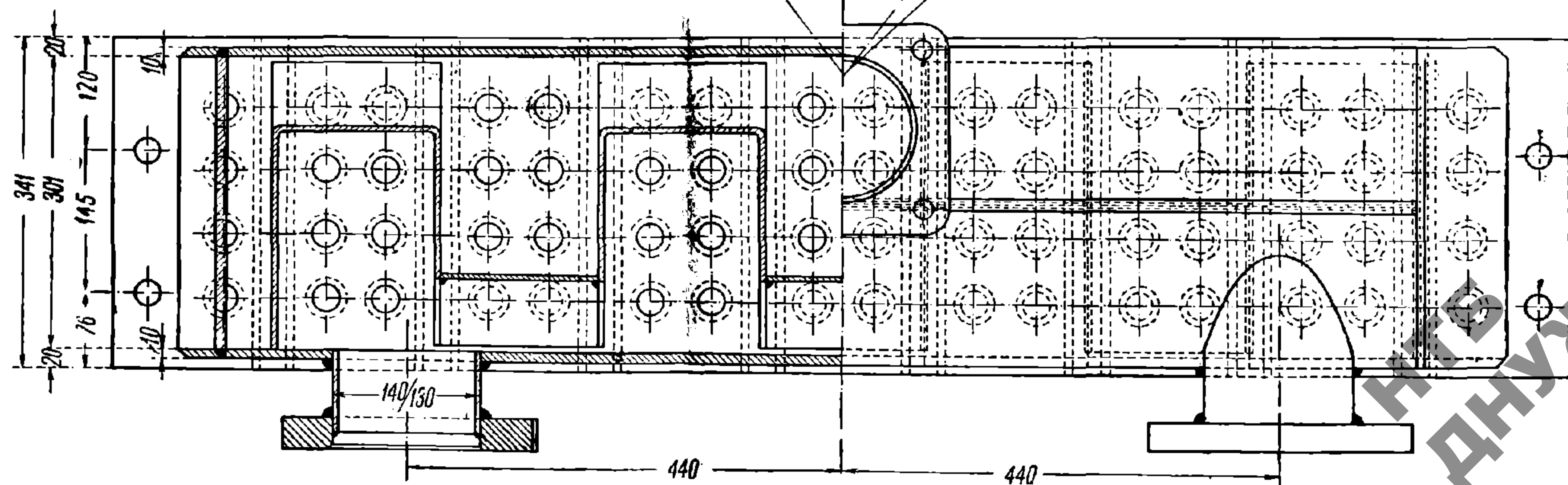
Разрез по камере перегретого пара

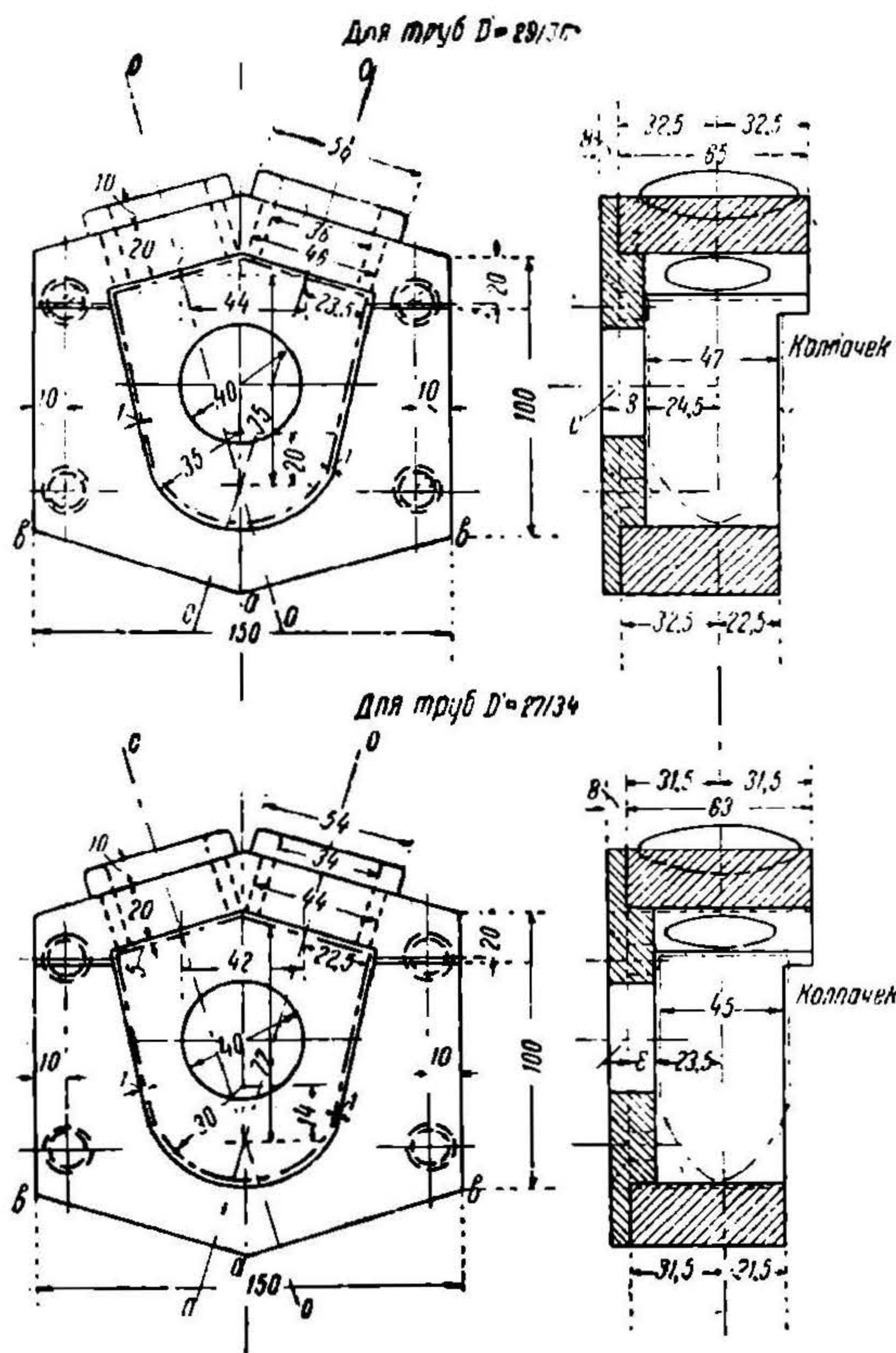


Разрез по C-D

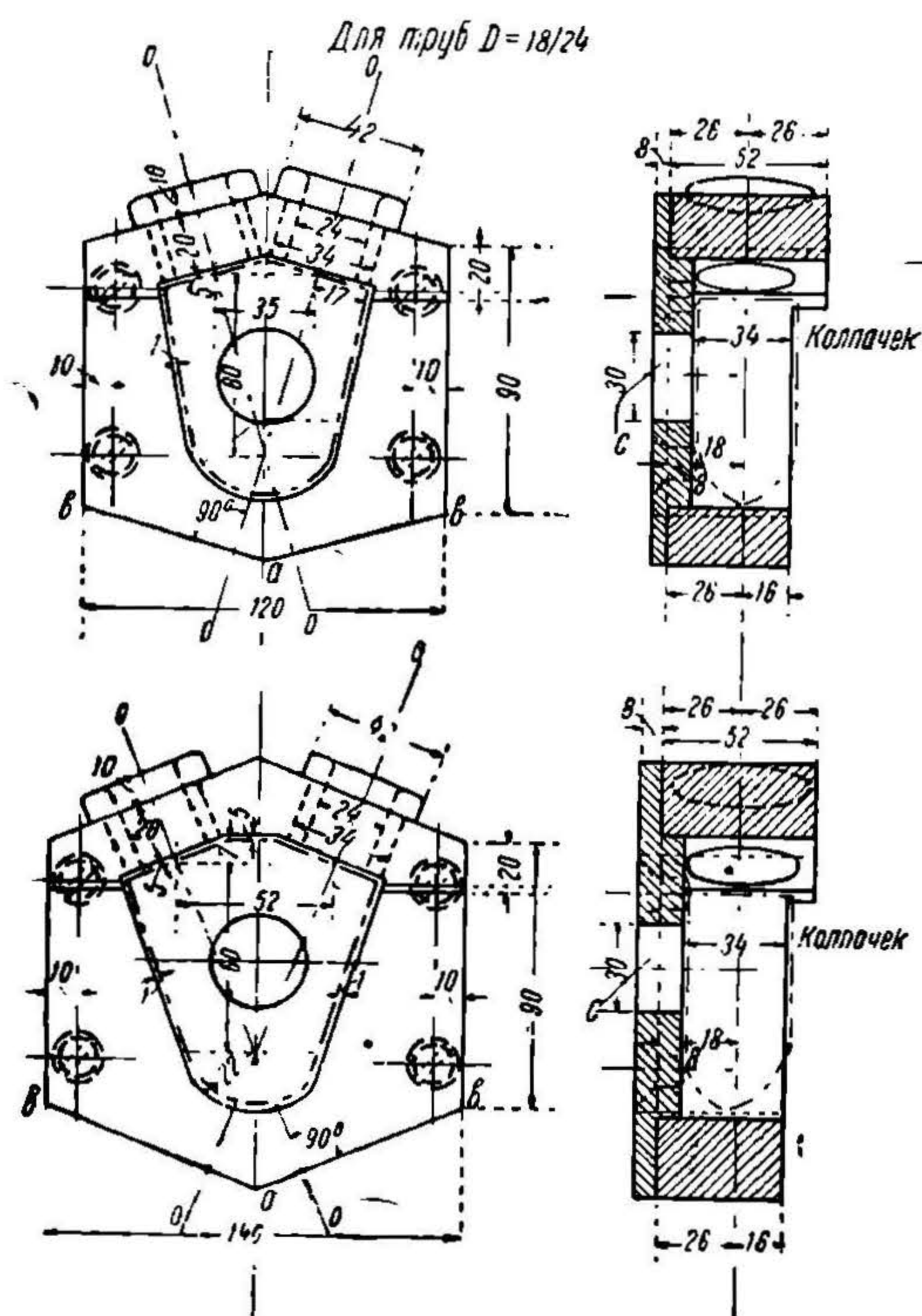


163. Сварная камера пара-
газа 0—5—0 ЭМ системы
Дорошенко.

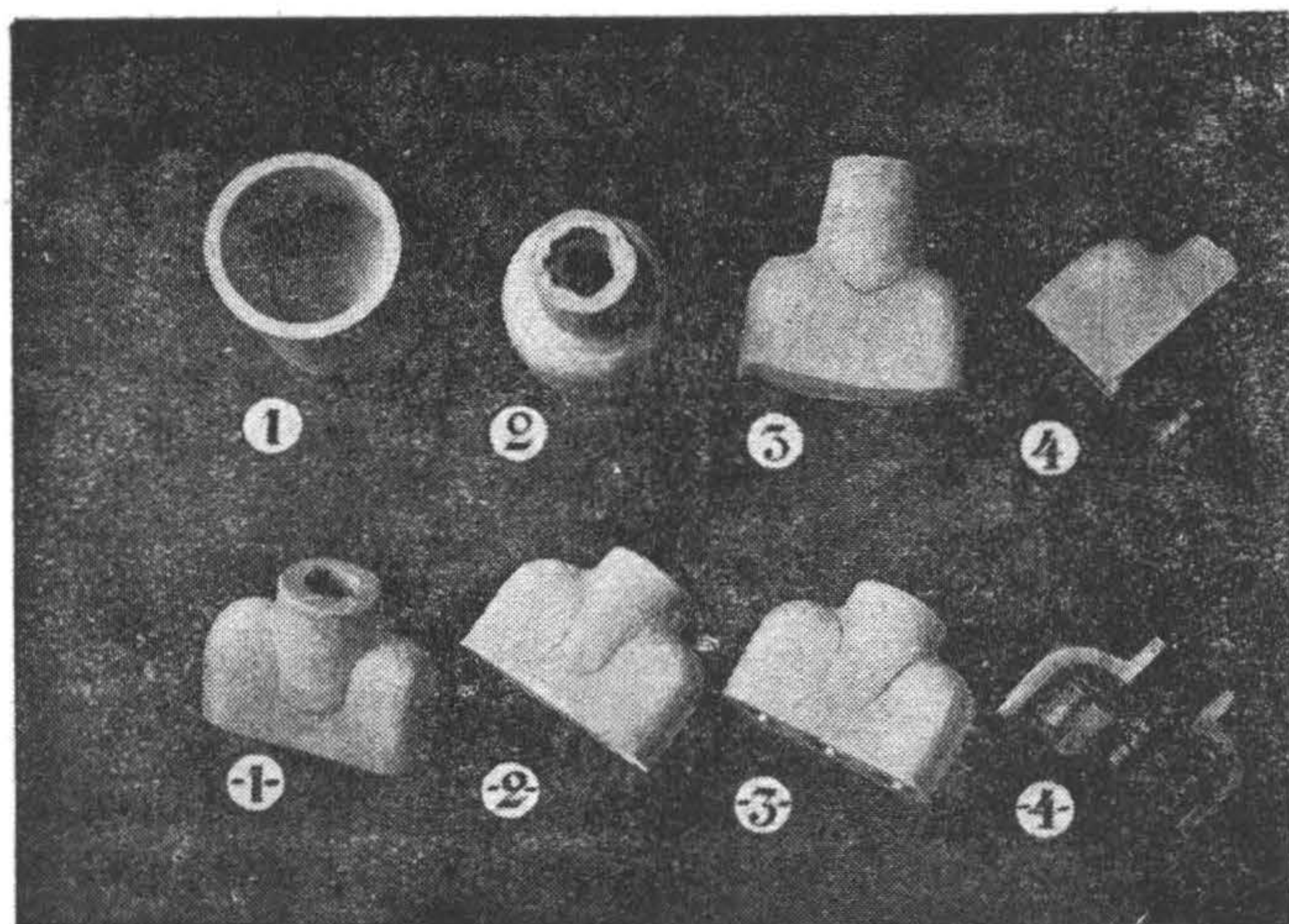




Фиг. 183. Изготовление заднего колпачка элемента Шмидта по системе Петрова сверловкой.



Фиг. 184. Изготовление заднего колпачка элемента Чусова по системе Петрова сверловкой.



Фиг. 185. Штамповка переднего колпачка элемента Чусова.

сверления двух каналов под углом, привело к конструкции, представленной на фиг. 182-а. Здесь загиба концов труб не требуется. Прямые концы труб входят в развернутые в начале каналы колпачка и далее к нему привариваются. Такой колпачек вполне может быть рекомендован для широкого применения.

На фиг. 185 показан передний колпачек элемента Чусова в последовательных стадиях своей штамповки. Фиг. 187, 188 показывает процесс штамповки

повка заготовок для колпачков получается чище и обходится вдвое дешевле.

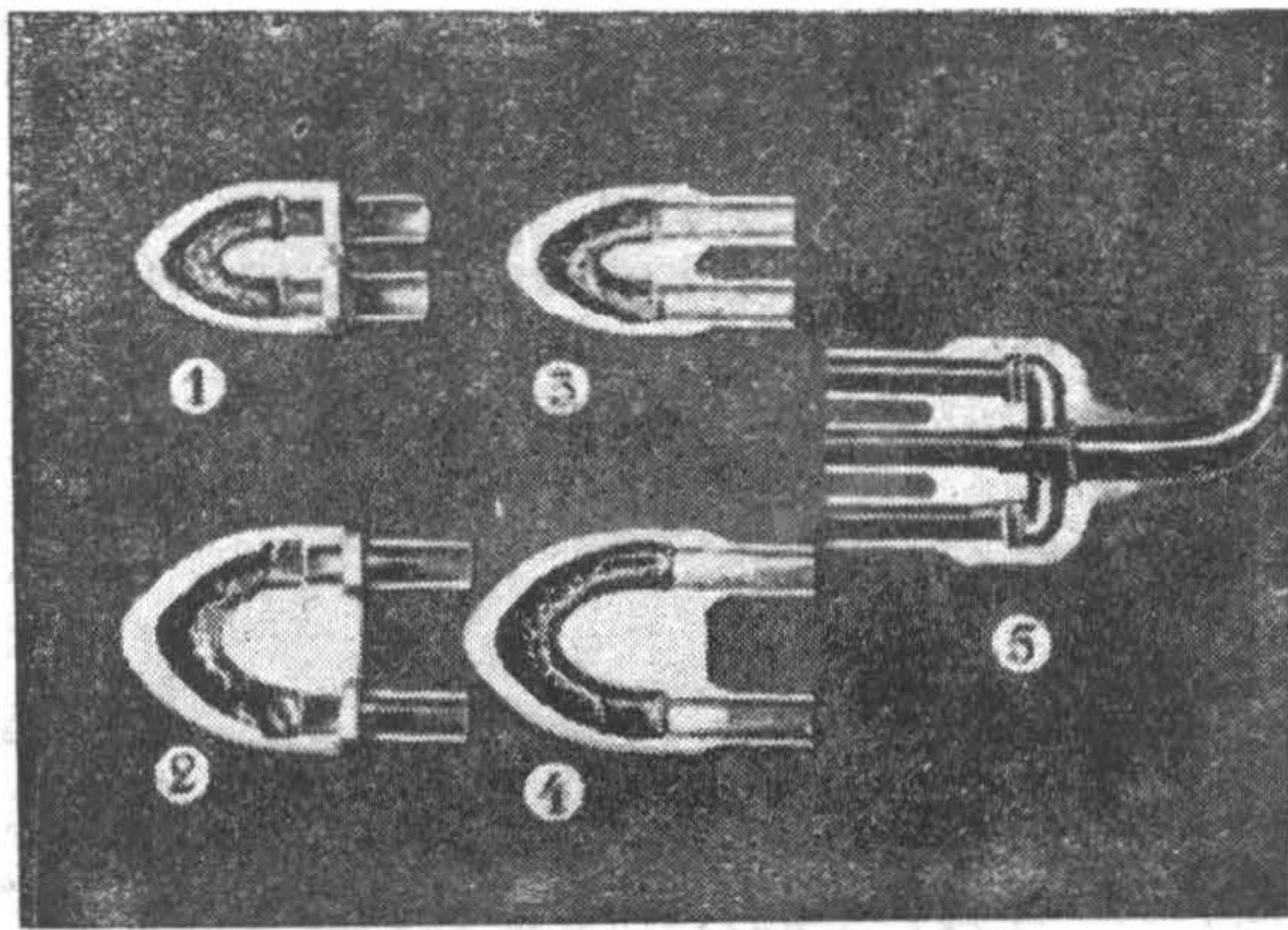
Стоимость одного большого колпачка для элемента Чусова на Луганском заводе обходится 80,8 коп., а на Брянском—50,2 коп.; тоже для малого колпачка: по Луганскому заводу—71,4 коп., а по Брянскому—44,2 коп. Эта калькуляция относится к 1931 г.

Кроме рассмотренных выше колпачков, штампованного и по системе П. И. Петрова, одно время применялись и литые стальные колпачки, показанные на фиг. 186. Ввиду большой дороговизны их в сравнении с только что рассмотренными, они больше не изготавливаются.

Дальнейшее упрощение колпачка, получаемого путем

сверления двух каналов под углом, привело к конструкции, представленной на фиг. 182-а. Здесь загиба концов труб не требуется. Прямые концы труб входят в развернутые в начале каналы колпачка и далее к нему привариваются. Такой колпачек вполне может быть рекомендован для широкого применения.

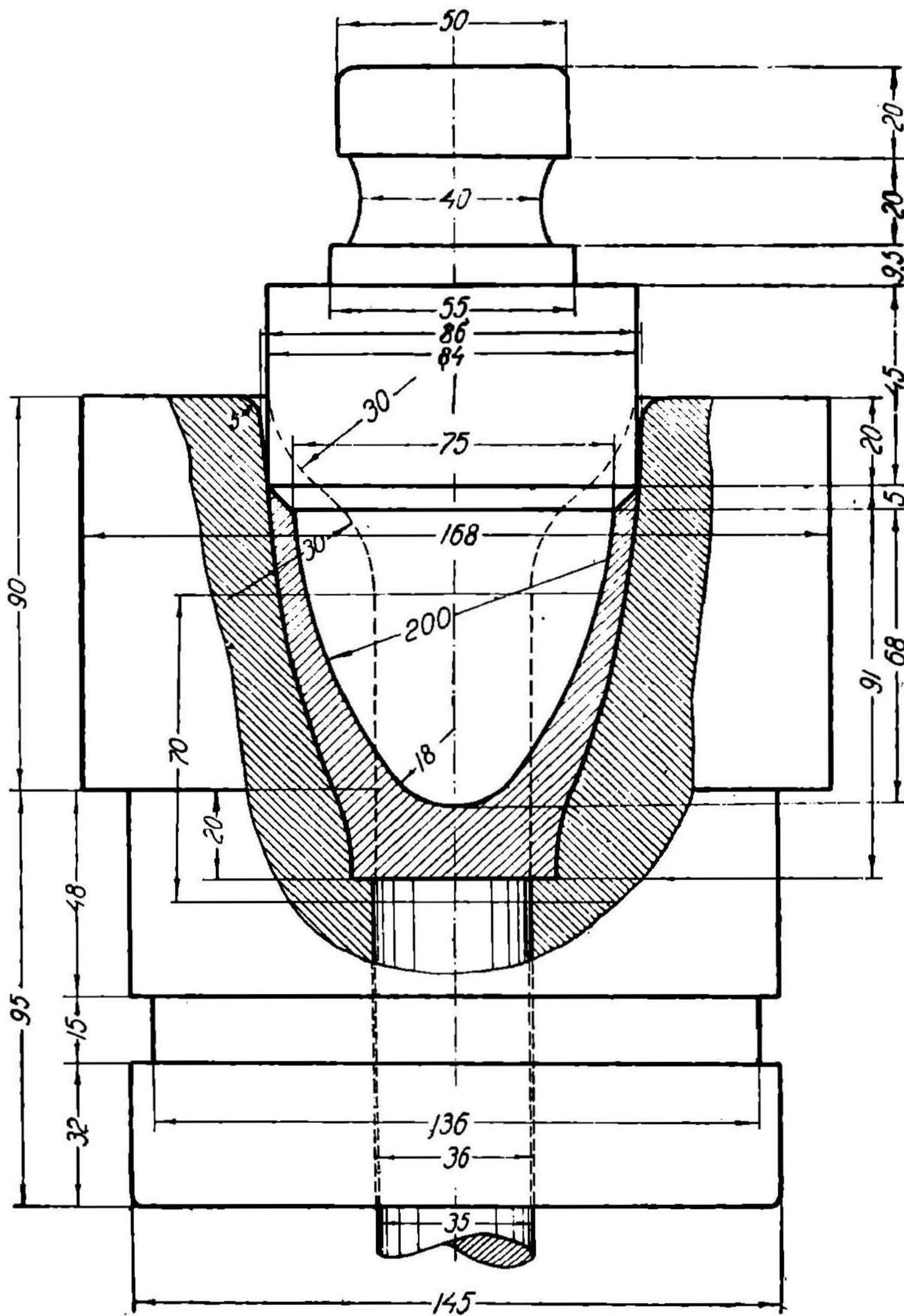
На фиг. 185 показан передний колпачек элемента Чусова в последовательных стадиях своей штамповки. Фиг. 187, 188 показывает процесс штамповки



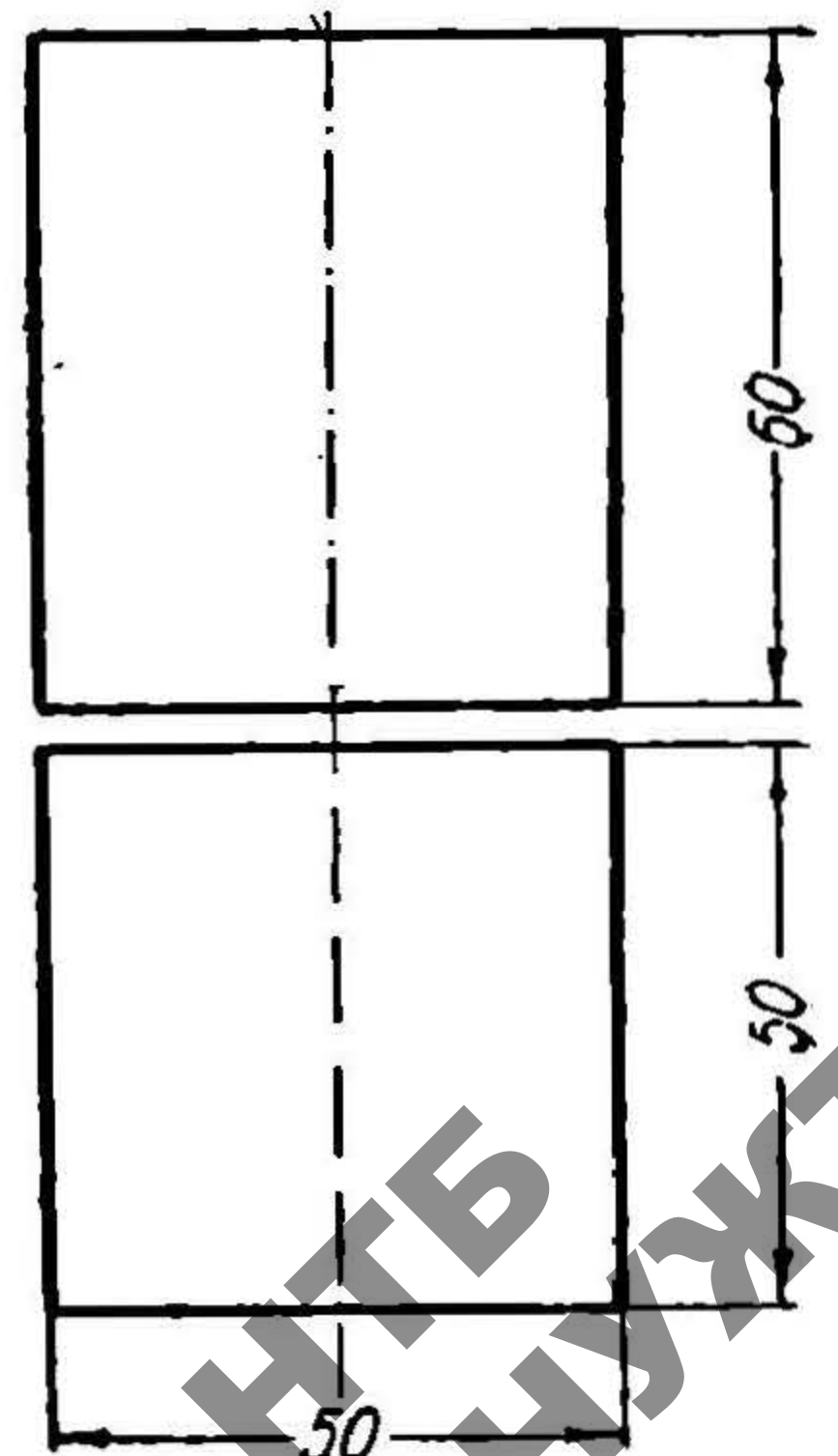
Фиг. 186. Задние и передние колпачки элемента Чусова.

переднего колпачка элемента Чусова, применяемый на Брянском паровозостроительном заводе. Процесс изготовления в общем сходен с тем, который применен для изготовления задних колпачков элементов и кратко рассмотрен выше.

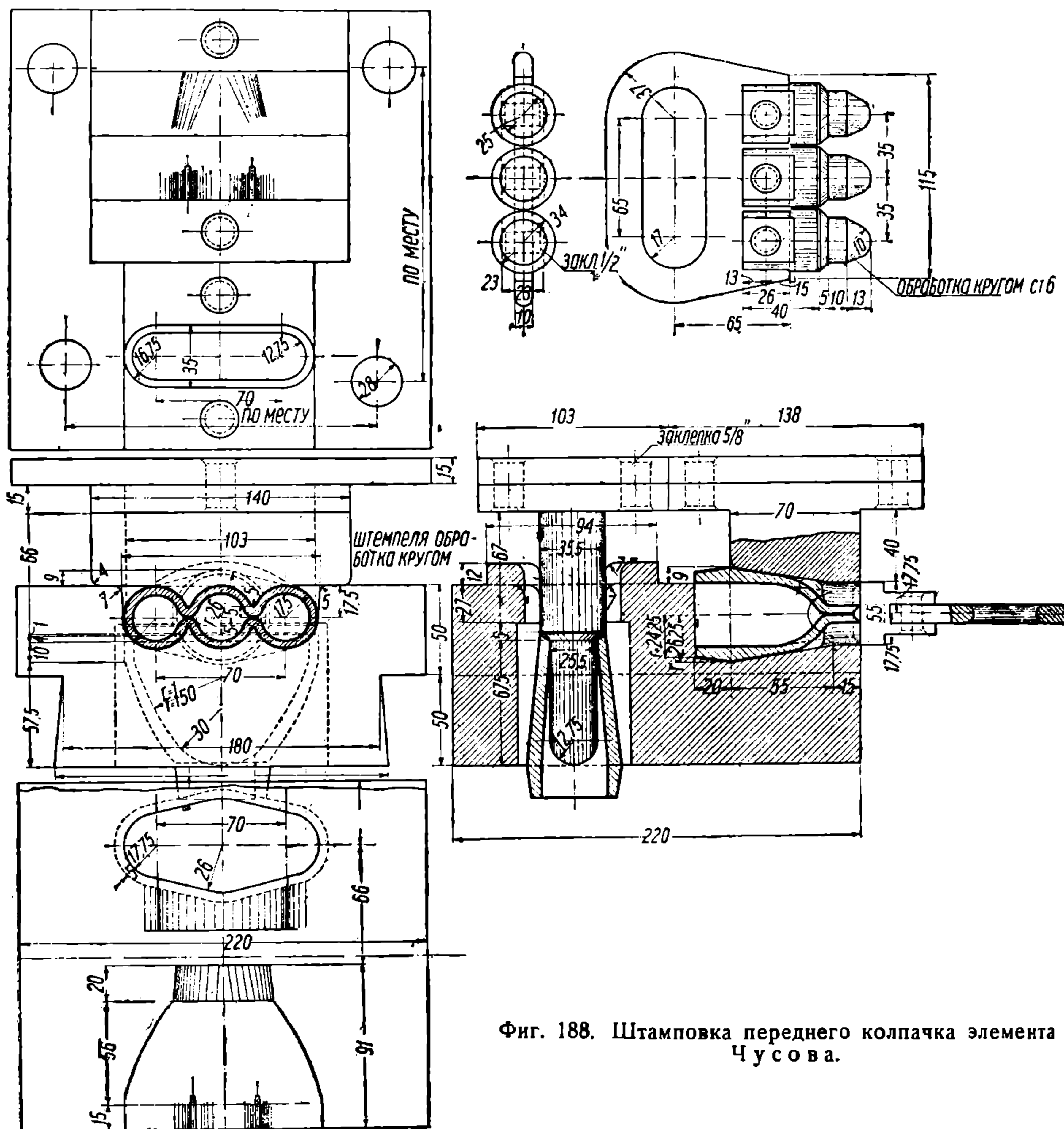
Весьма существенной частью всякого элемента являются поперечные подпорки трубок внутри жаровой трубы. На фиг. 189 и 190 показаны различные конструкции подпорок элементов Чусова. Подпорки (на фиг. 189) *a* и *d* имеют тот недостаток, что наружный хомутик подпорки на части длины не соприкасается с трубками элемента, образуя прозор, в котором могут застревать угольки и сажа. Кроме того, сам хомутик создает препятствие



Фиг. 187. Штамповка переднего колпачка элемента Чусова.



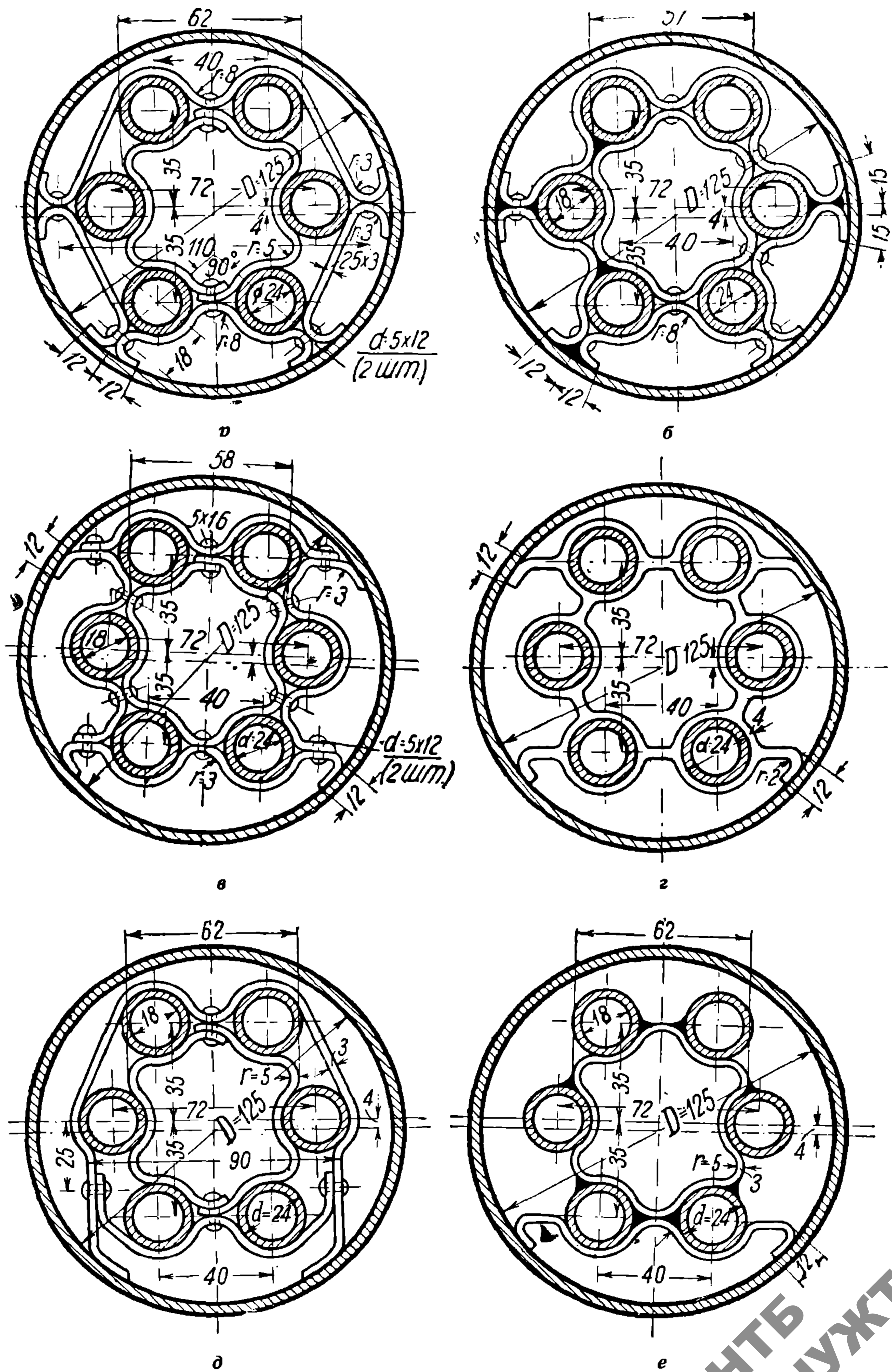
проходу газов. Приварка подпорок к трубкам (фиг. 189-е и 158-е) не рекомендуется, так как трубки и хомуты легко сжечь. Подпорка (фиг. 189-г), вырезанная прессом из обрезков листового железа, менее удобна тем, что может быть поставлена только до сварки трубок с колпачками. Снятие такой подпорки с элемента может производиться только после разрубки ее на части; кроме того, штампованные подпорки, имеющие отверстия большего диаметра, чем труба,



Фиг. 188. Штамповка переднего колпачка элемента Чусова.

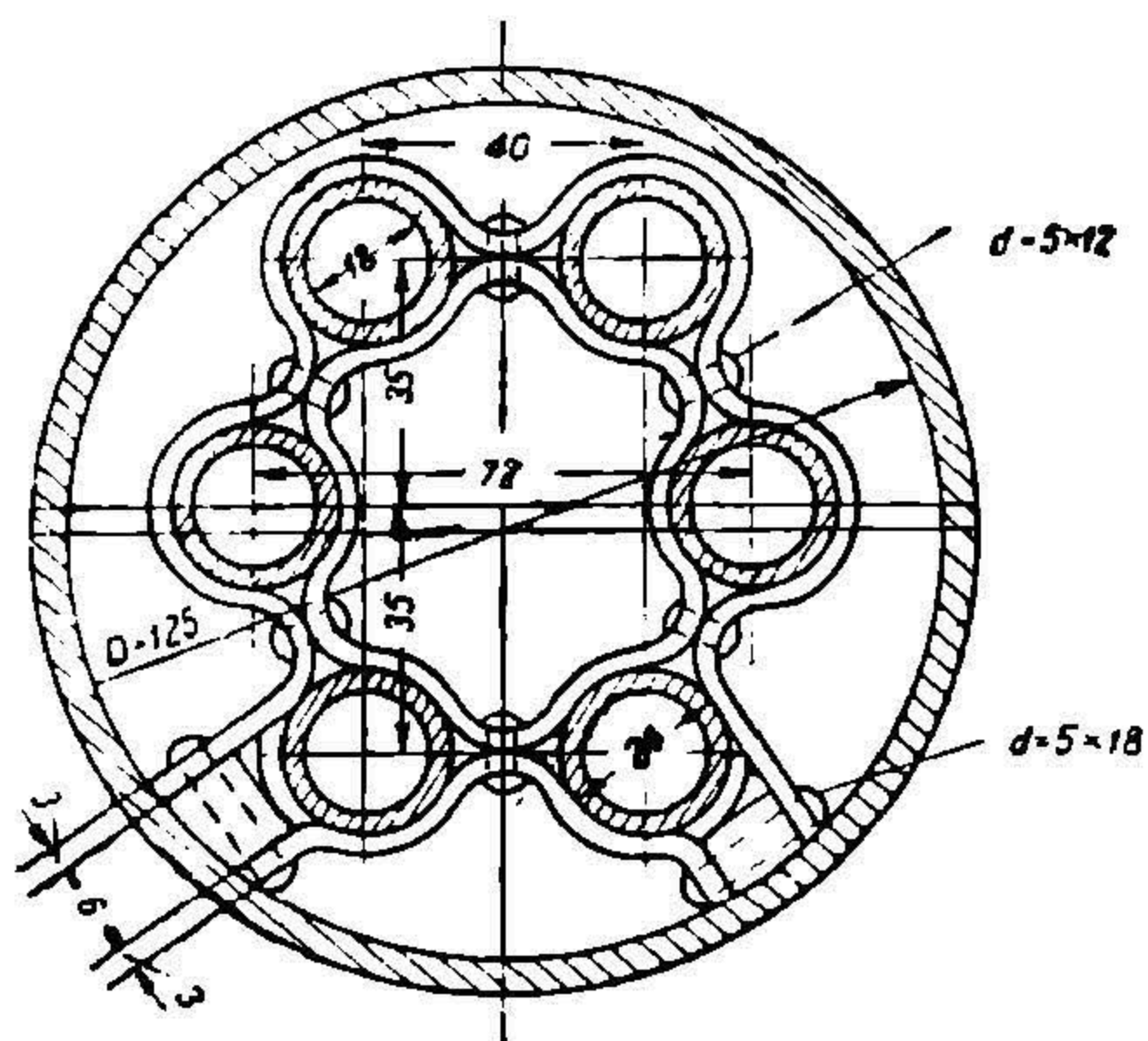
для возможности свободного надевания с конца, не могут дать плотного соединения: бывают случаи, что подпорки, продвигаясь по трубам, сбиваются в одном месте. Подпорка на фиг. 189-ж, имеющая хомуты, опирающиеся на стенку жаровой трубы торцевыми поверхностями концов, должна быть изъята из обращения, так как от дрожания элемента в жаровой трубе концы хомутов, как показывают наблюдения, производят протирание стенки жаровой трубы. Наиболее хорошую подпорку следует считать по фиг. 189-в, склепанную из отдельных хомутов, которые очень плотно охватывают все трубки.

Каждый виток элемента Элеско связан по длине четырьмя хомутами, имеющими опорные ножки только внизу, что позволяет легко производить вставку элемента в жаровую трубу (фиг. 191).



Фиг. 189. Подпорки элемента Чусова в жаровой трубе.

При постановке элемента в жаровую трубу нужно строго следить за тем, чтобы число поддержек было полное и чтобы они были равномерно распределены по длине трубок элемента. Введение элемента в жаровую трубу не должно встречать никаких сопротивлений — при этом допускается пользование небольшим ломиком. Чрезвычайно пагубно на элементах и на перегреве отражается постановка элемента под большим усилием. Очень часто при этом



Фиг. 189-ж. Подпорка элемента Чусова в жаровой трубе.

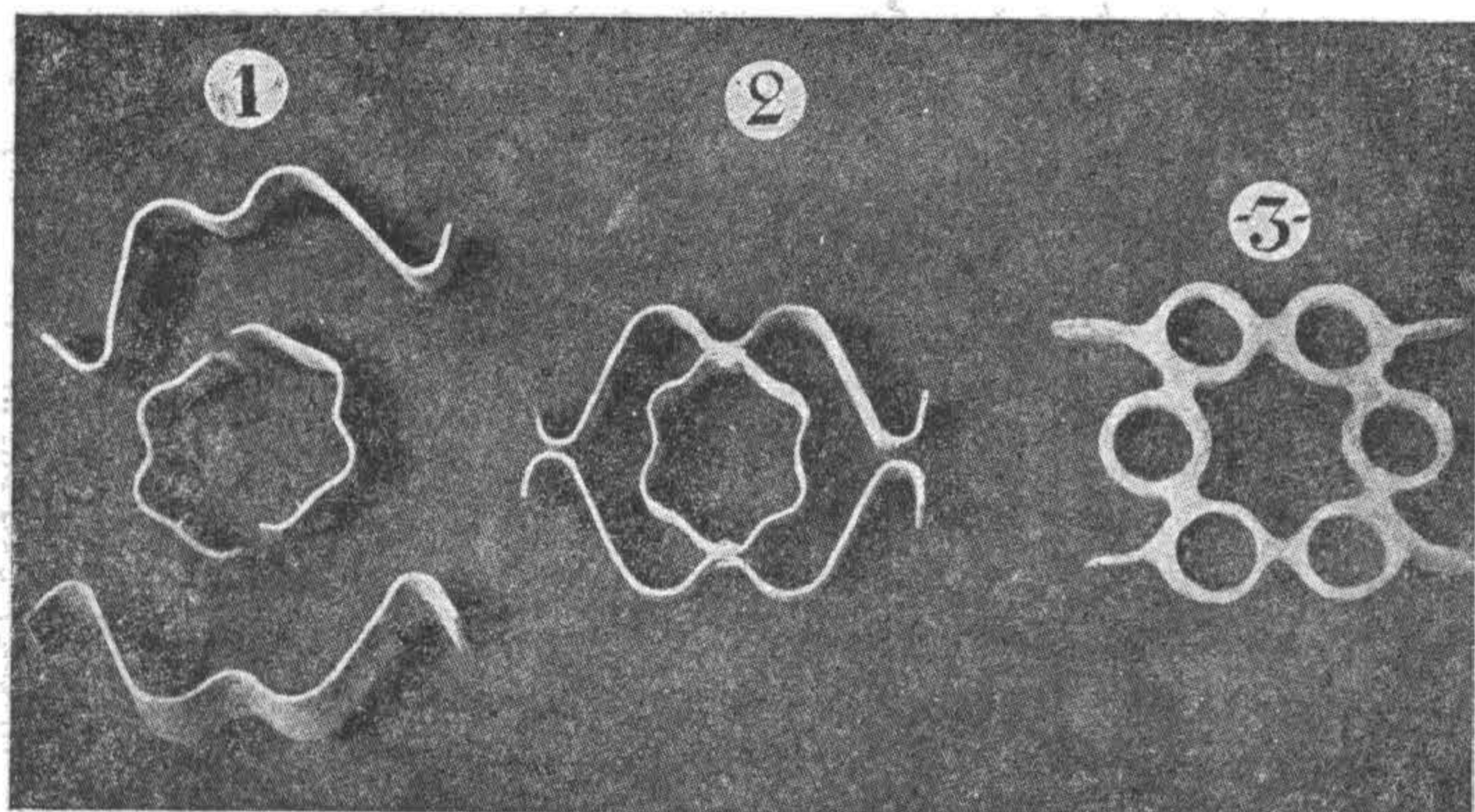
поддержки, застрявшие в жаровой трубе при вдвигании элемента, сбиваются в одном месте у начала жаровой трубы, и трубки находятся не в подвешенно-укрепленном положении, а попросту лежат на нижней части жаровой трубы. Степень засоряемости элементов от этого увеличивается, перегрев за отсутствием полного омыwania элементов топочными газами сильно падает, нижняя часть жаровой трубы заслоняется лежащим на ней, забитым слоем сажи, элементом и т. д. Кроме того, от тряски элемент болтается и расстраивает соединение его с камерой. Удлинение элемента от нагрева происходит при этом не назад, как это следует, а вперед, что также ведет к расстройству указанного соединения.

Переднюю подпорку не следует располагать у самого конца жаровой трубы. Ее нужно отно-

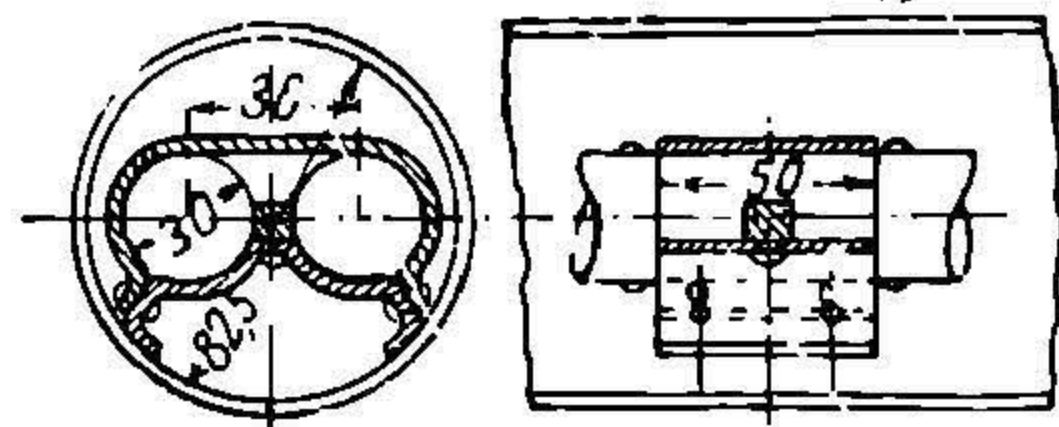
сить назад на 600—500 мм, чтобы пригонка концов элементов к камере, требующая их вертикальной гибкости, не была затруднена.

Кроме подпорок, состоящих из хомутиков, охватывающих трубки, в элементе Шмидта у задних концов применяются выступы, которые привариваются либо к заднему колпачку, либо прямо к трубкам.

Как было выяснено вначале, пароперегревательные элементы Чусова дают более высокий перегрев, чем элемент Шмидта и Элеско, при равном числе элементов. В этом заключается теплотехническое преимущество этих элементов перед остальными. Однако, из специального опроса дорог вытекает определенное желание их перейти обратно на перегреватель Шмидта. Главнейшие мотивы отказа от перегревателей Чусова следующие: во-первых, при неизбежном бросании воды происходит быстрое заростание тонких трубок накипью, вследствие чего задние концы элементов перекаливаются и быстро прогорают; это обстоятельство, при хроническом недостатке запасных элементов, заставляет ездить с некоторым количеством заглушенных или вынутых элементов, что снижает пе-



Фиг. 190. Поддержки элементов Чусова в жаровой трубе.



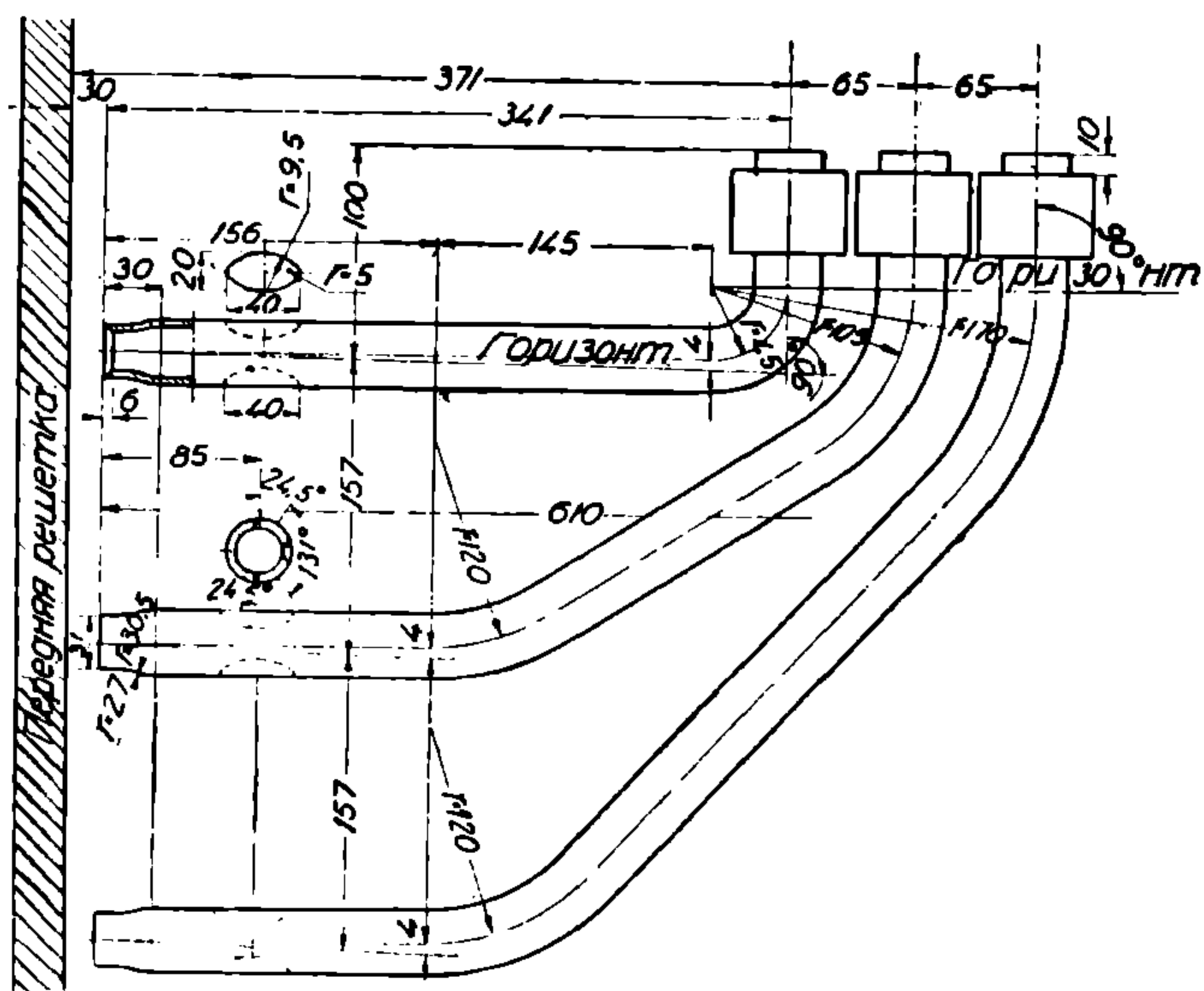
Фиг. 191. Поддержки элементов Элеско в жаровой трубе.

регрев, а следовательно и мощность паровозов; во-вторых, при бросании воды в однооборотных элементах Чусова вода не успевает испариться во время своего прохождения по трубкам элемента (вследствие краткости пути в однооборотном перегревателе) и масса воды попадает в перегревательную коробку и оттуда в цилиндры. При трехоборотных элементах Шмидта бросание воды в перегреватель не отражается так пагубно на машине, так как попавшая в эле-

менты вода (вследствие более длинного пути прохождения по трехоборотному элементу) в большинстве случаев успевает испариться.

и нагрузки на оси. Поэтому в современных паровозных котлах не представляется возможным иметь достаточные размеры поверхности испарения и парового пространства, вследствие чего парообразование происходит довольно бурное, беспокойное, особенно при больших форсировках. Еще надо учесть и то обстоятельство, что во время движения паровоза происходит бурление воды в котле, вследствие чего сравнительно небольшое паровое пространство всегда заполнено крупными брызгами и волнами. В результате паровое пространство наполнено „мокрым“, насыщенным паром. Кроме этого, габаритные условия не позволяют поместить сухопарник достаточного объема. Поких трубок ($d=18/24$ мм) либо вернуться к элементам Элеско ($d=24/30$).

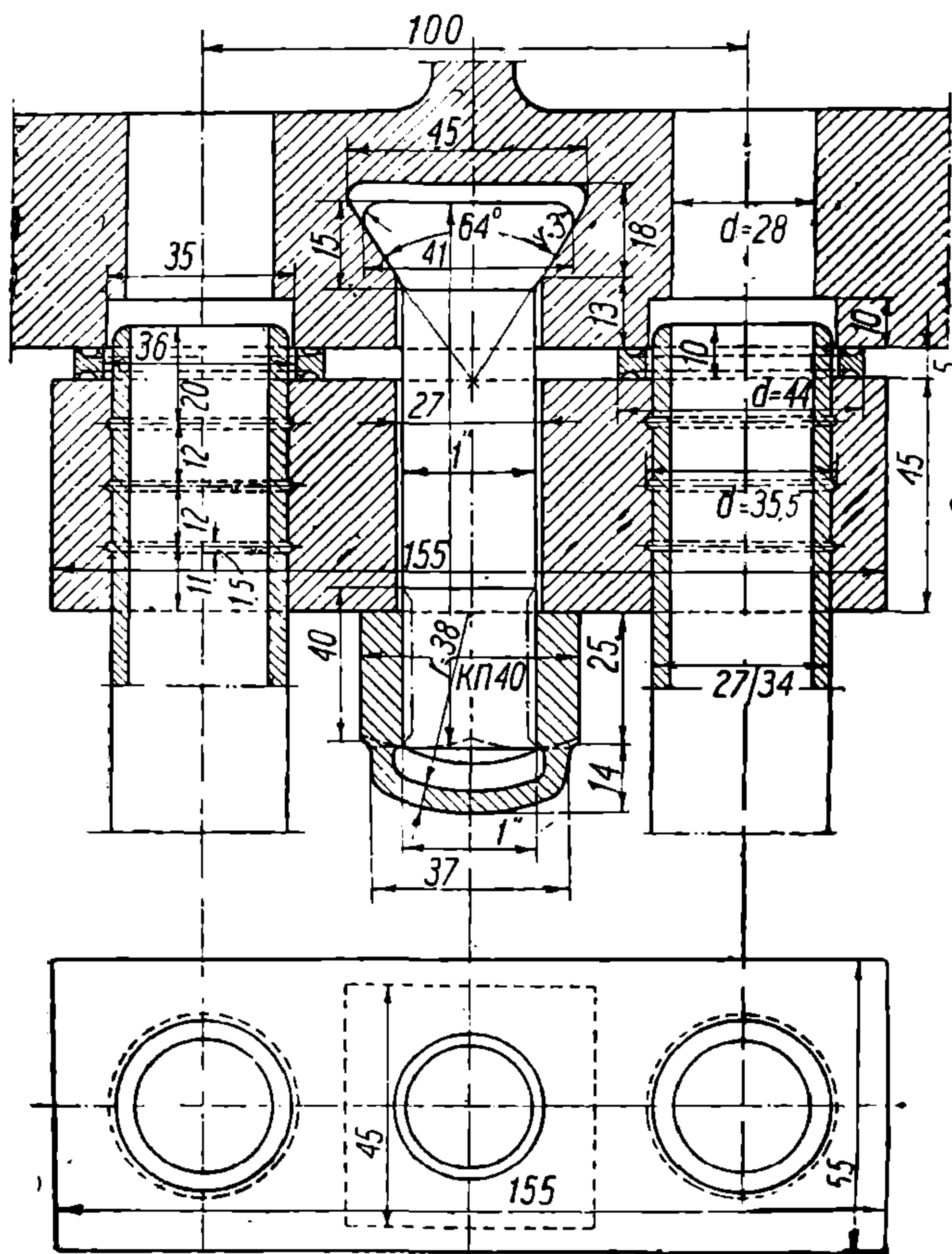
О влиянии диаметра трубок на теплотехнические свойства элементов проф. Сыромятников говорит следующее¹.



¹ С. П. Сыромятников, Тепловой процесс паровоза. 1933 г., стр. 169 и 170.

Элементы изготавливаются из стальных цельнотянутых труб марки „Ст. 2“. После штамповки концы труб должны быть отожжены.

Перед сваркой элементов должно быть обращено особое внимание на абсолютную чистоту подвергающихся сварке поверхностей, как наружных, так и внутренних.



Фиг. 193. Деталь прикрепления элементов к камере жестким фланцем.

вленным металлом из стенок трубок, создавая тем весьма плотное и непроницаемое соединение.

Соединительные трубки отгибаются таким образом, чтобы концы их были расположены вертикально и перпендикулярно дну камеры.

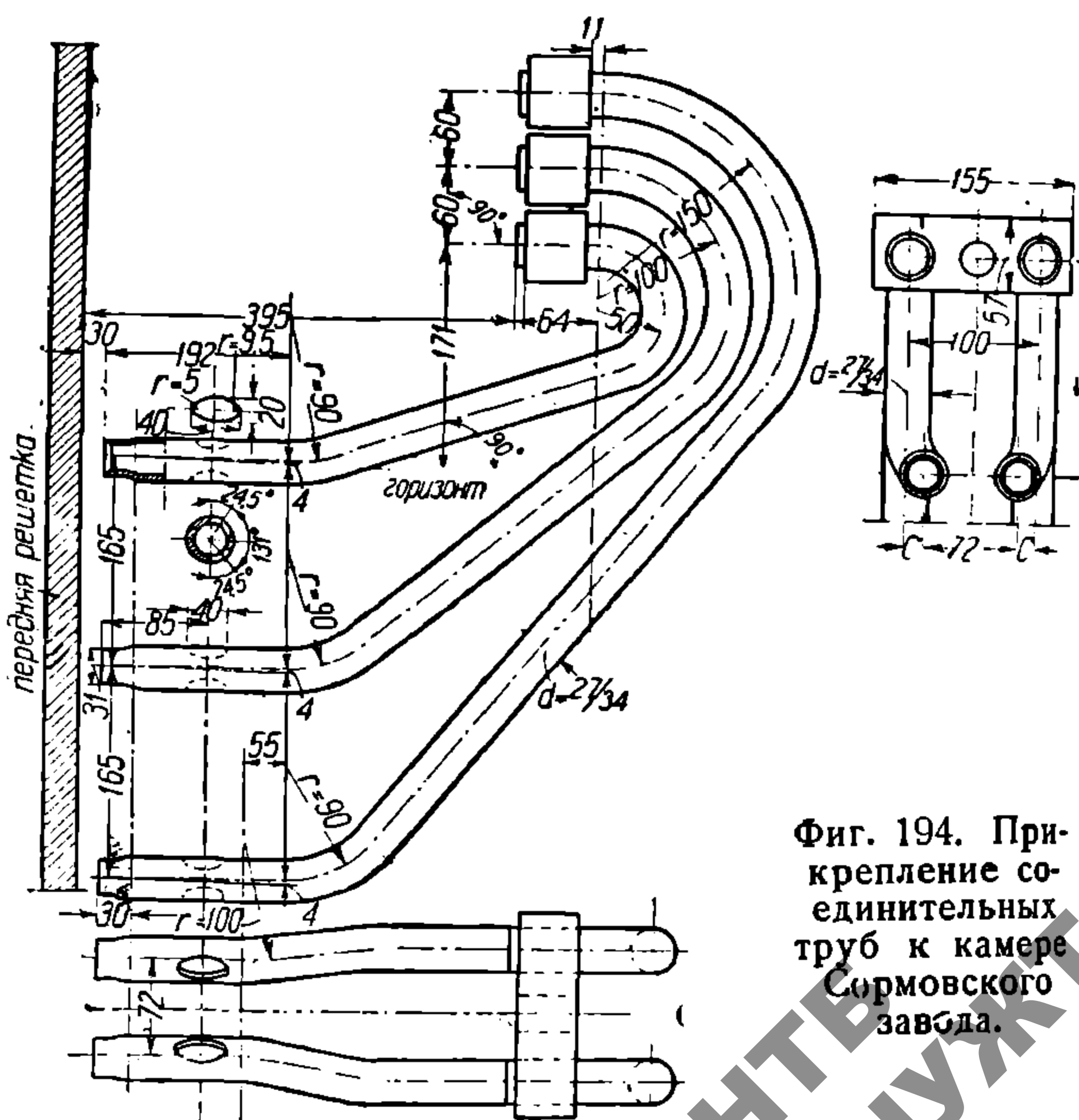
Через среднее отверстие фланца продевается болт, имеющий сверху призматическую головку (в виде ласточкиного хвоста), на нижний конец которого навинчивается глухая гайка. Для плотности соединения на выступающие поверх фланца концы трубок одеваются кольца из красной меди, имеющие сверху и снизу полукруглые канавки.

Применяются также и чечевичные кольца, обработанные по шаровой поверхности.

16. СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЕЙ С КАМЕРОЙ

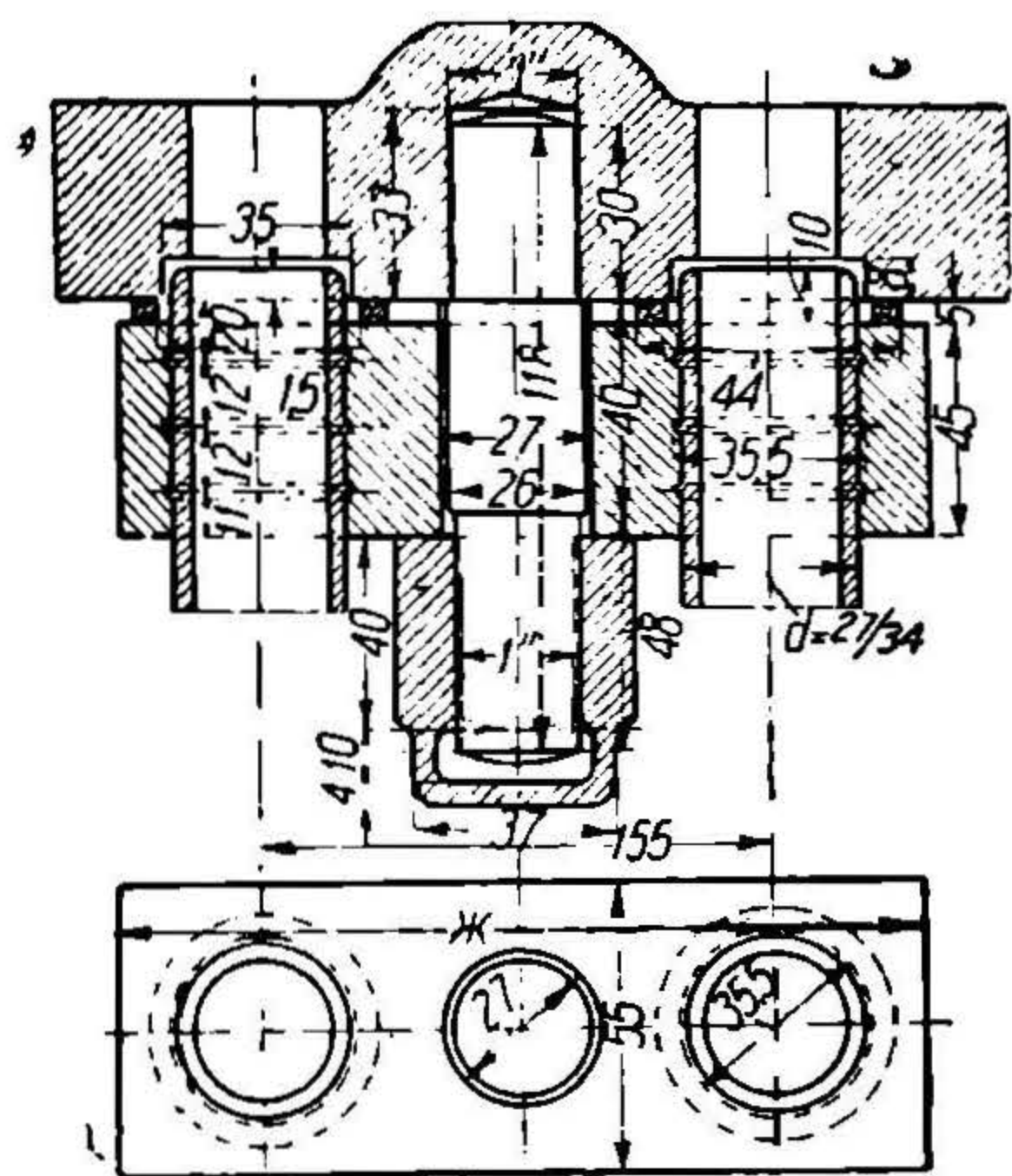
Это соединение—общее для всех элементов, почему они (за исключением элементов Элеско) взаимозаменяемы. Элементы Элеско не могут быть взаимозаменяемыми с элементами Чусова или Шмидта вследствие специальной разбивки жаровых труб и их малого диаметра при элементах Элеско. Соединение же элементов Элеско с камерой одинаково с прочими.

Это соединение имеет довольно большое число конструкций. Наиболее старая (жесткая) конструкция изображена на фиг. 192 и 193. Обе соединительные трубки ввальцованы в отверстия прямоугольного фланца, в стенках отверстий которого предварительно вытачиваются три полукруглые канавки, которые при развальцовке заполняются выда-



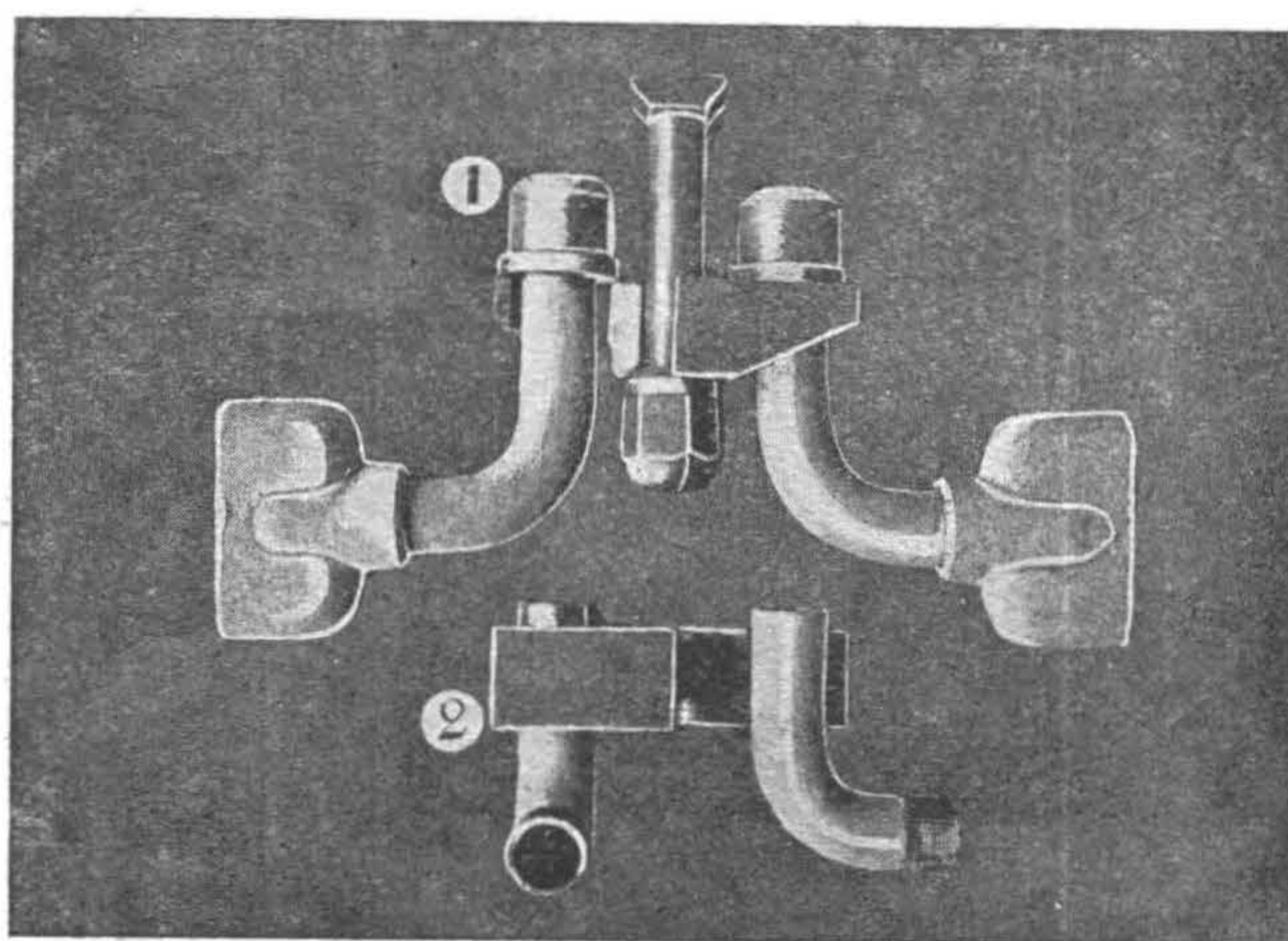
Фиг. 194. Прикрепление соединительных труб к камере Сормовского завода.

Для прикрепления элементов к камере Сормовского завода соединительные трубки отгибаются так, что концы их, вваль-



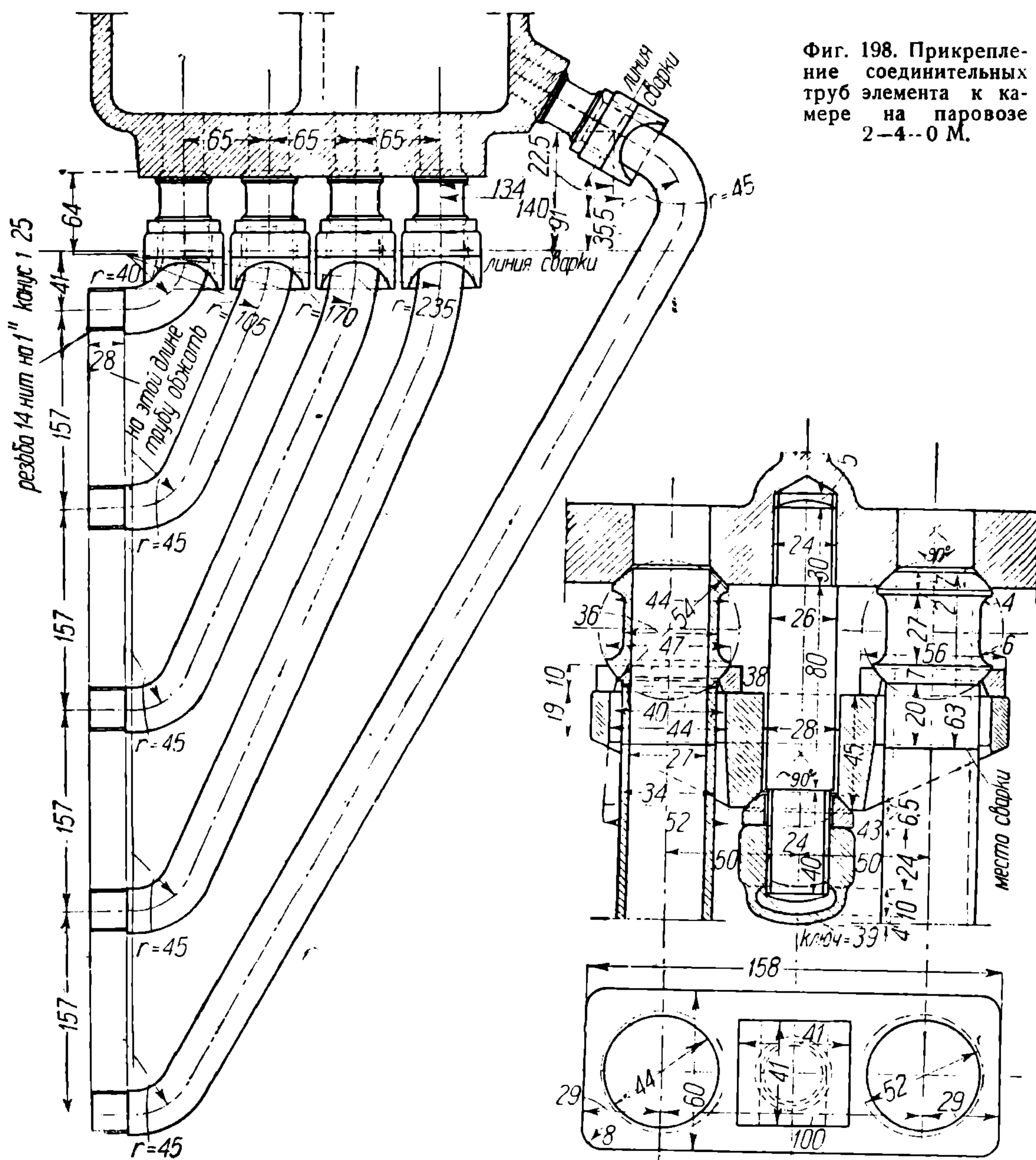
цованные в прямоугольный фланец того же устройства, занимают горизонтальное положение. Фланцы средними своими отверстиями притягиваются на шпильки, ввинченные горизонтально. Плотность достигается теми

Прикрепление элементов жестким фланцем требует весьма точной пригонки; необходимо, чтобы оба конца соединительных труб элемента были перпендикулярны камере, иначе фланец, притягиваемый болтом, будет косить, что должно неизбежно привести к парению соединения при работе. Нормальное-же положение фланца нарушается вследствие перекоробливания элемента при нагревах.



149

Чтобы избежать трудности при пригонке жестких креплений элементов пароперегревателей к камере, стали широко применять способ крепления элементов с шаровыми наконечниками и свободным фланцем. Этот способ впервые был применен на паровозах 1—5—0 Е^Л¹, а позднее на всех паровозах 0—5—0 Э^Г и 485 паровозах 0—5—0 Э^Ш². Позднее по такому способу прикреплялись элементы на паровозах 0—5—0 Э^У, 1—3—1 С^У и др. (фиг. 196, 197, 198 и 199).



Фиг. 198. Прикрепление соединительных труб элемента к камере на паровозе 2—4—0 М.

На концы соединительных трубок навариваются железные шаровые головки 1, обжатые с боков. Верхние и нижние края их обточены и шлифованы по шаровой поверхности. Гнездо вокруг отверстия в камере должно быть выточено только по конической поверхности с углом в 45° к основанию. Применение

¹ См. А. И. Линец — «Паровозы Декапод», 1920 г., стр. 62—63.

² См. Ю. В. Ломоносов — «Паровозы Э, ЭГ и ЭШ», 1924 г., стр. 25.

шаровой поверхности вокруг отверстия камеры при таком соединении элемента недопустимо. Это, однако, кое-где применялось.

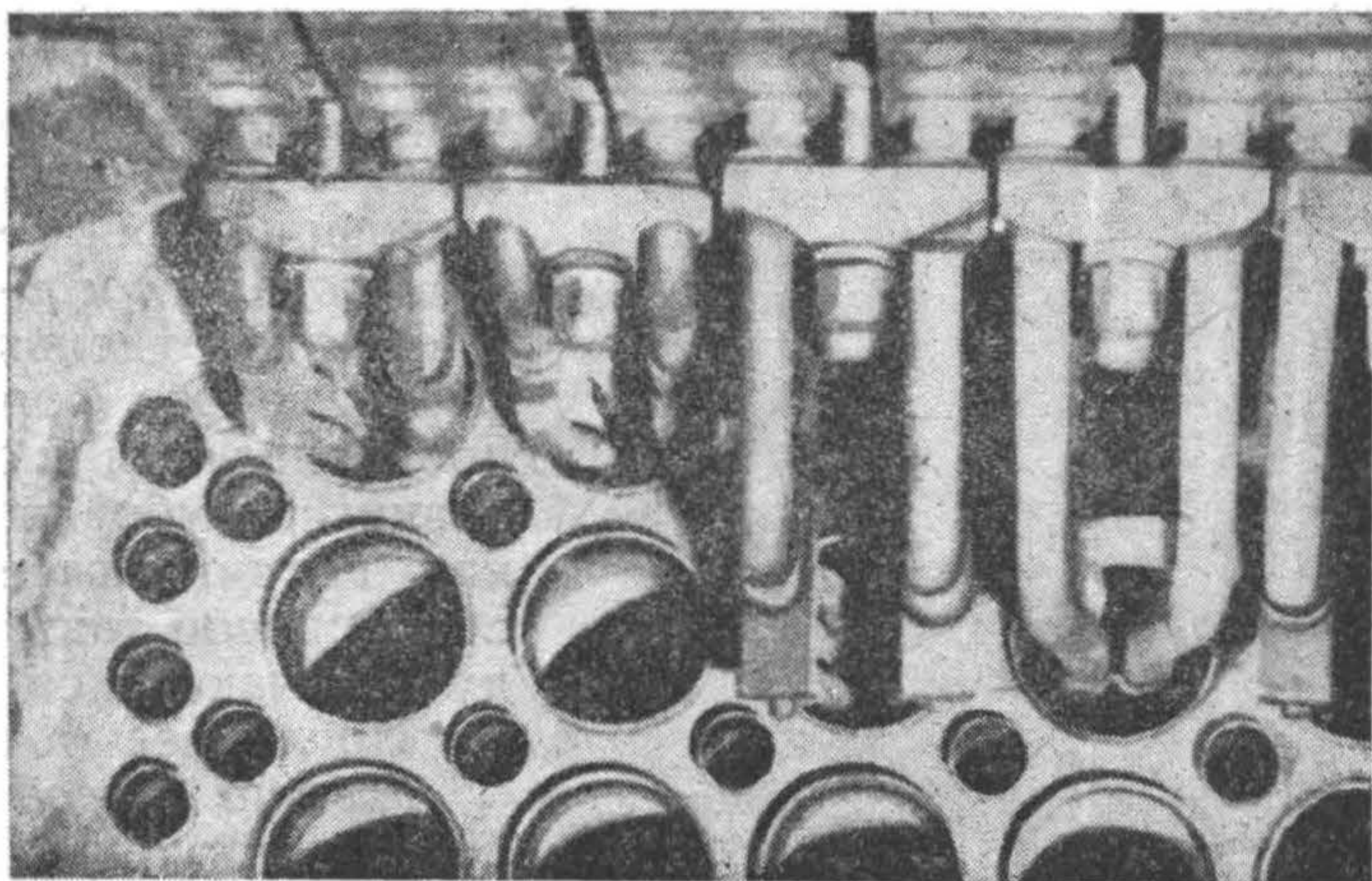
Обе головки прижимаются к камере фланцем 2, который свободно одевается на соединительные трубы до наварки на них шаровых головок. Отверстия во фланце расширяются книзу, допуская некоторый перекося соединительных трубок, пропущенных через фланец. Между фланцем и нижними краями головок прокладываются кольца 3, прилегающие к фланцу по плоским поверхностям, а к наконечникам по вогнутым сферическим, что обеспечивает передачу равномерного нажатия от фланца на обе головки при незначительном их перекося. Болт 4 пропускается через среднее отверстие фланца и входит в такие же углубления камеры. Некоторая свобода фланца относительно болта достигается незначительным зазором между стержнем болта и отверстием фланца и прокладной шайбой 5, подложенной под гайку болта 6, причем шайба ложится в зенковку фланца вокруг отверстий для болта, сделанную сферической.

Указанный усовершенствованный способ крепления элементов может быть применен и к камере Сормовского завода. Высота всего соединения больше, чем соединения с жестким фланцем, во-первых, из-за наличия шаровых головок

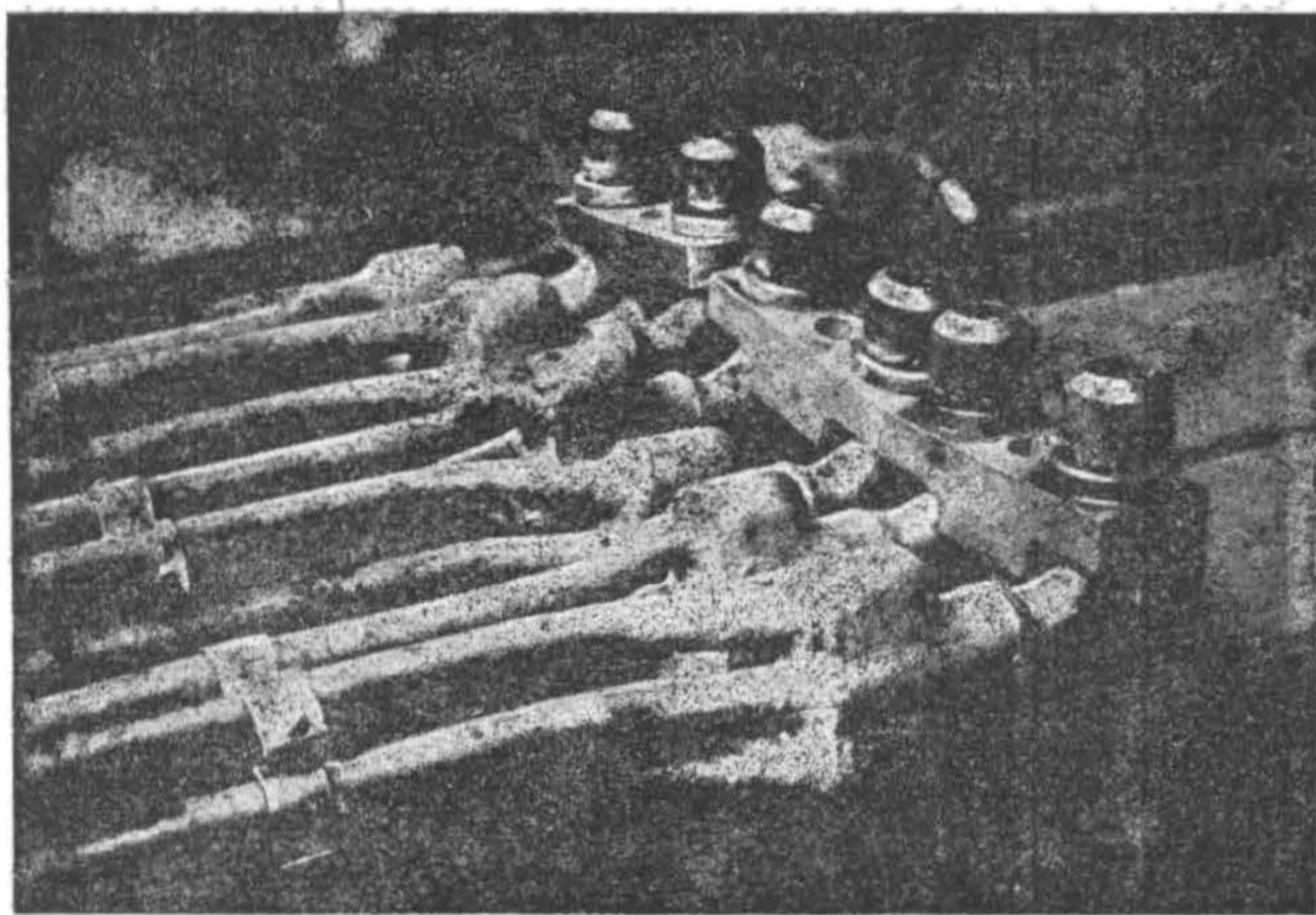
и, во-вторых, из-за большей высоты фланца. Соединительные трубки от этого стали несколько короче, что нельзя считать полезным, так как гибкость их при этом уменьшилась.

На паровозах 1—3—0 Н^П (модернизированных из 1—3—0 Н^В) и 0—4—0 О^Ч, в связи с применением второго способа крепления элементов к камере, сделан второй вариант разбивки труб в решетках, при котором жаровые трубы опущены ниже, чем по первому варианту разбивки для тех-же паровозов. При этом удалось освободить место для помещения шаровых наконечников, оставив камеру на предельной высоте, обусловливаемой размером дымовой коробки¹.

На фиг. 198 показано крепление элементов к камере на паровозе 2—4—0 М. Нижний ряд элементов прикреплен к скошенному краю камеры на шпильке, а остальные на болтах. Все соединения имеют шаровые наконечники. На фиг. 200 представлены передние концы элементов Чусова с шаровыми наконечниками, приготовленные к постановке в котел. На фиг. 201 представлены



Фиг. 199. Прикрепление элементов Чусова к камере на шаровых наконечниках.

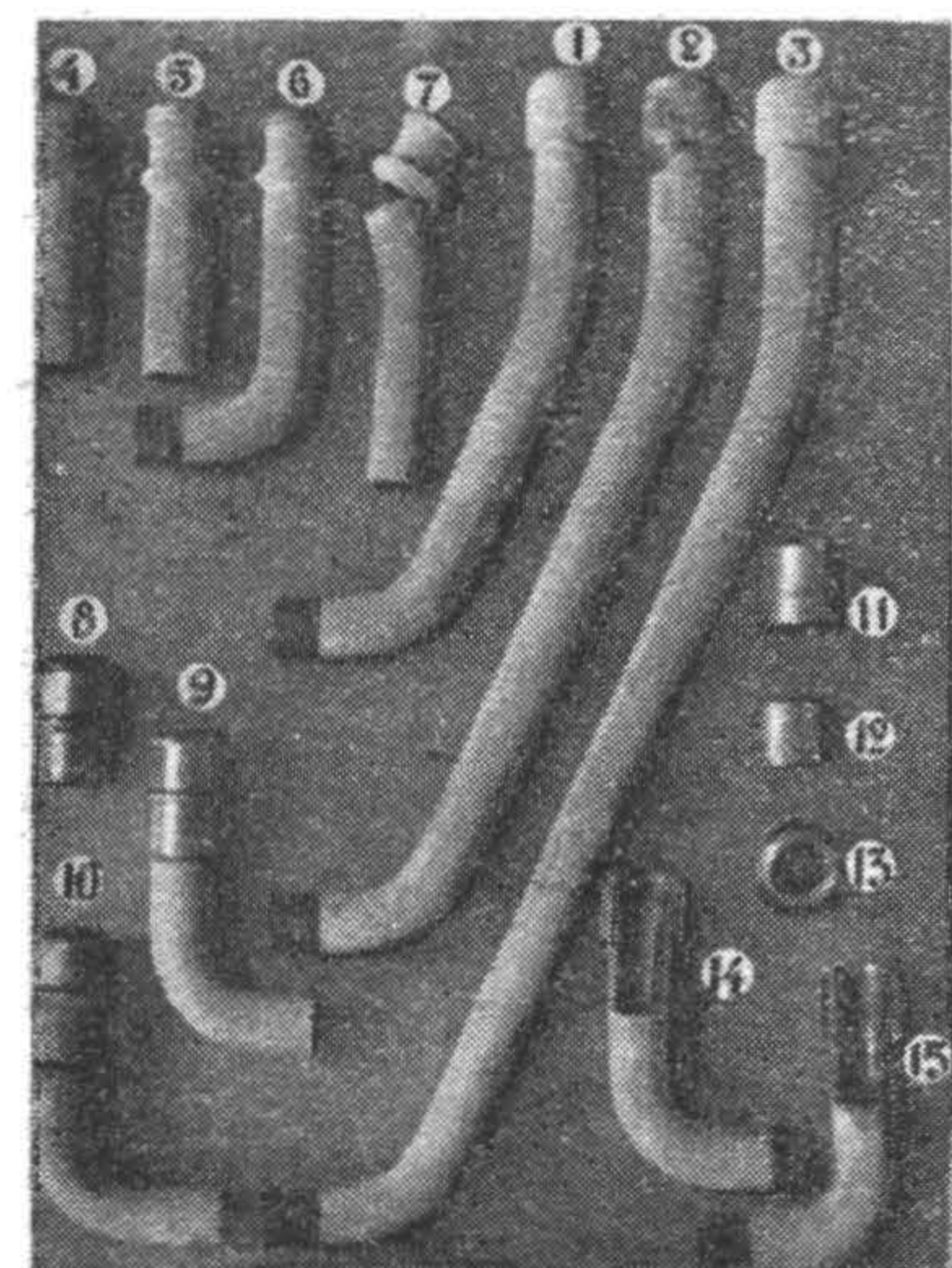


Фиг. 200. Передние концы элементов Чусова с шаровыми наконечниками.

¹См. Януш Л. Б. — Паровозы жел. дор. СССР. Выпуск 1, Котел, стр. 91.

соединительные трубки элементов Чусова. Шаровые наконечники надставлялись следующими тремя способами.

Первый способ — сферическая головка образуется из материала самой трубы осадкой ее на прессах, до изгиба обрезков труб 4 и 5. После обсадки трубы поступают для предварительной обработки головок по шаблонам 6. После гибки труб головки шлифуются баббитовыми шарошками. Этот способ был вскоре оставлен, так как при нем замечались на дорогах обрывы труб у самих головок 7. Происходило это от перегрева труб при обсадке, отчасти от нарушения структуры волокон материала труб при обсадке, вызывавшего гофрирование стенки труб под головки.



Фиг. 201. Соединительные трубки элементов Чусова.

Второй способ — сферические головки вытачиваются из отдельных кусков круглой стали, примерно той-же формы, что и в первом случае 8, и привариваются к обрезкам труб. Чтобы сварка головки с трубой не находилась у головки, последние вытачиваются с небольшим хвостовиком. Этот способ также не долго практиковался, ввиду замечающихся обрывов труб в местах сварки 10. Последнее объясняется недостатком сварки.

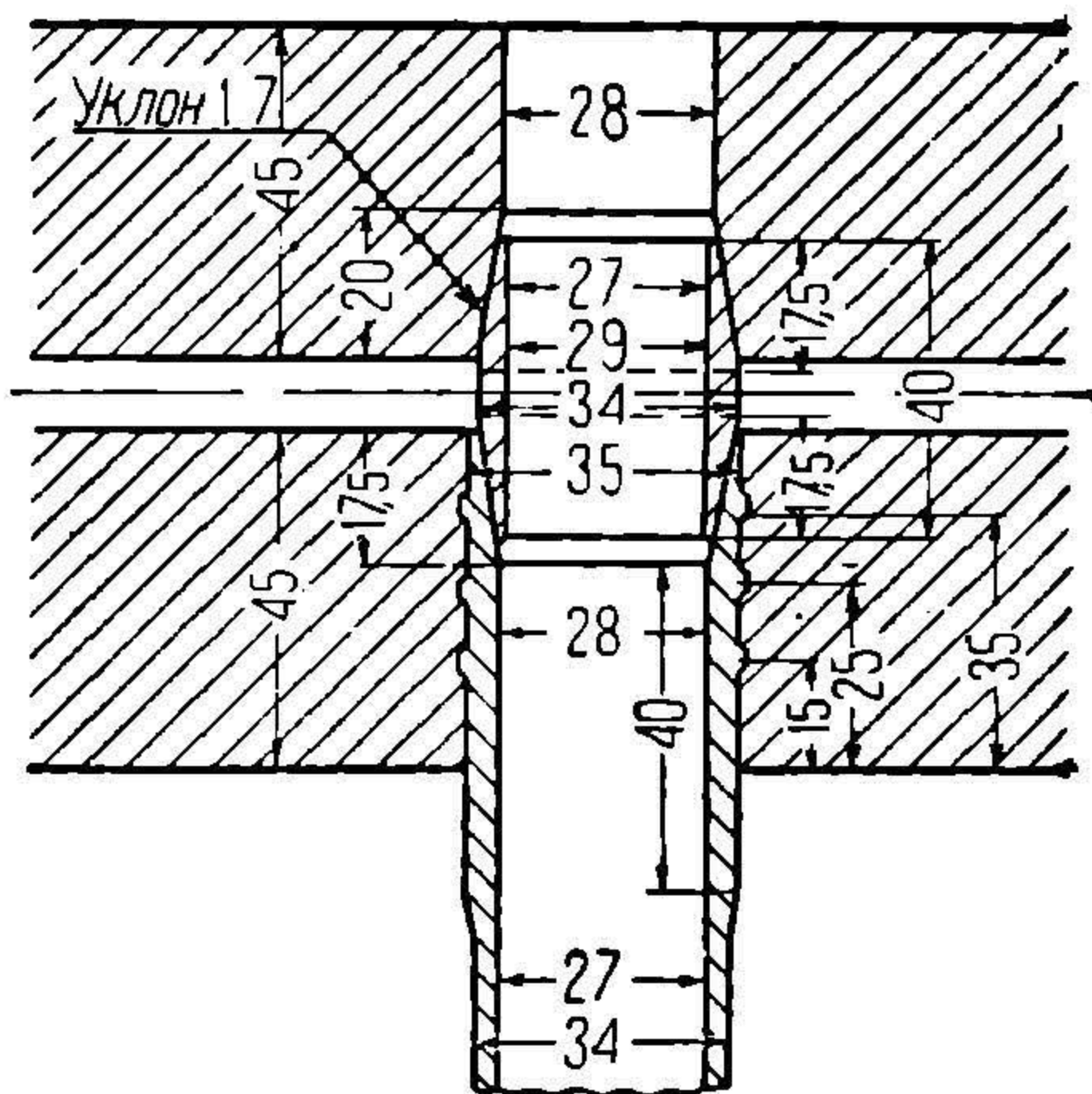
Третий способ изготовления сферической головки, оказавшийся удачным по своей простоте, прочности и надежности в работе, состоит в выполнении отдельной сферической головки и раскатке внутри ее конца трубы 14, 15.

Этот способ исключительно принят теперь и не вызывает никаких нареканий со стороны железных дорог (подробно об изготовлении элементов см. доклад С. М. Чусова на XXXV съезде инженеров тяги, стр. 263—268).

На фиг. 202 представлено соединение элементов с камерой, по предложению Рязанцева. Между камерой и фланцем вставлена двухконусная втулка. Такой способ, как давший на дорогах удовлетворительные результаты, циркуляром Центрального управления тяги НКПС от 8/VIII 1932 г. за № ЦТ—31а/4, предлагается применять на всех паровозах, проходящих заводский ремонт. Конусная втулка должна изготавливаться из твердой стали (Ст. 5), так как при применении мягких сортов стали в боках втулки наблюдались вдавливания, которые могут способствовать пропариванию.

На фиг. 202-а представлено соединение элемента с коллектором по системе Рязанцева, но с усиленными двухконусными втулками, т. к. по первоначальному варианту (фиг. 202) наблюдалось смятие втулок по бокам. Кроме того, уплотнение втулок снизу произведено не в развертку трубы, а во фланец, что нужно считать более правильным, так как развертку фланца произвести легче, чем трубы. Соединение труб с фланцем получено путем сварки.

Конструкции фланцев и болтов при всех способах креплений представлены на фиг. 203. Постоянное плотное соединение между камерой и элементами зависит от прочности и упругости употребляемых болтов. Поэтому необходимо, чтобы эти болты были сделаны из материала, имеющего очень высокое сопротивление разрыву и высокий предел упругости. Для изготовления болтов нельзя поэтому пользоваться обыкновенным болтовым железом, так как изготавливаемые из него болты будут постепенно



Фиг. 202. Уплотнение соединительных труб по способу Рязанцева.

растягиваться при закреплении гаек. Компания паровозных пароперегревателей (САШ) изготавливает болты из материала, обладающего пределом упругости $57,5 \text{ кг/мм}^2$. У нас для болтов применяется осевая сталь СТ5 (временное сопротивление— $50—60 \text{ кг/мм}^2$ и относительное удлинение не менее 16%). Только при таком материале может быть обеспечено вполне плотное соединение элементов с камерой.

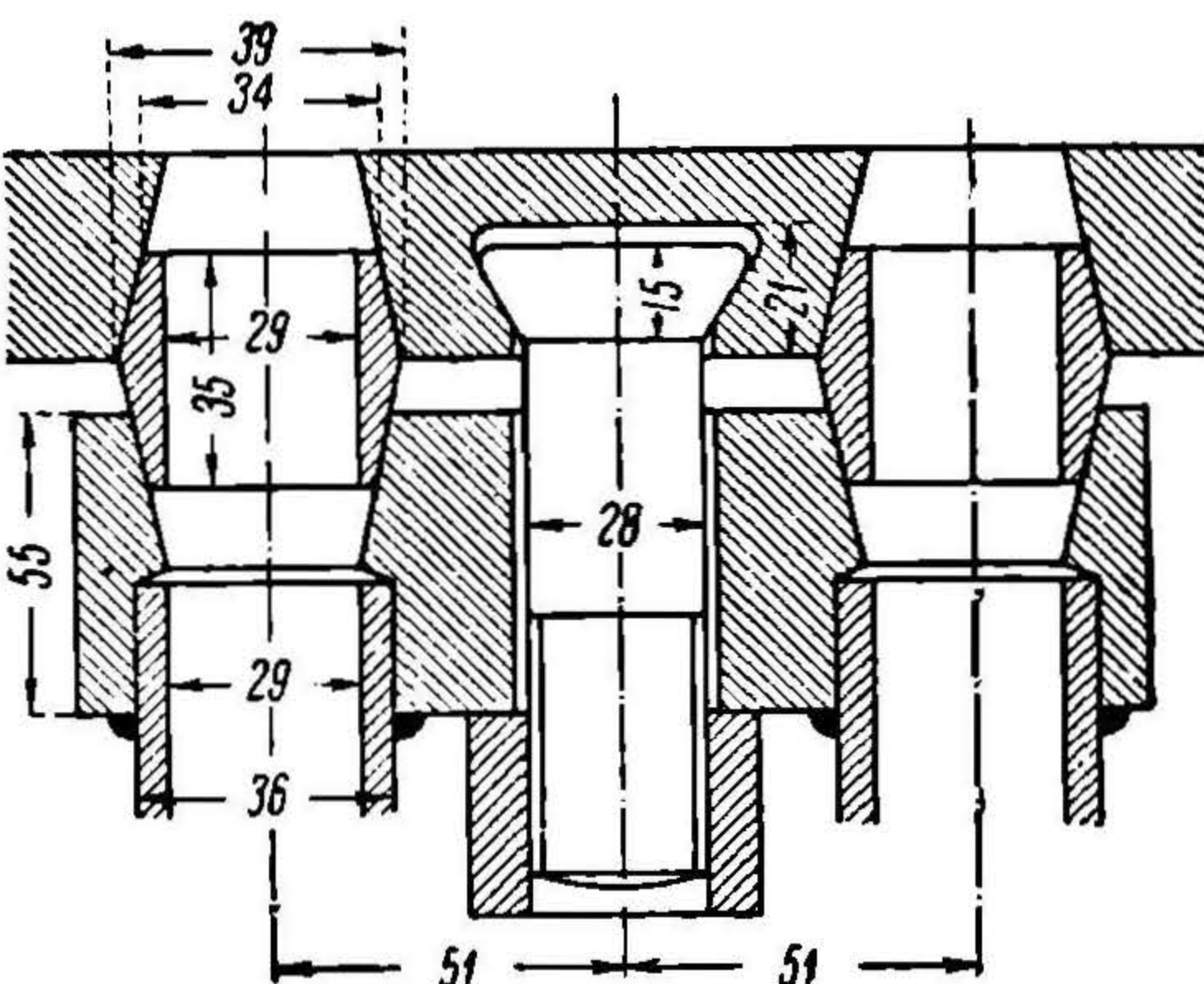
Наиболее часто встречающаяся форма головки болтов—призматическая со скошенными краями (фиг. 193 и 196). При такой форме головки наблюдаются случаи отгибания краев головки при креплении гаек, а также раздавались в стороны края гнезд для болтов в камере. Были также случаи отламывания опорных бортов этих гнезд.

Эти обстоятельства, как известно, и послужили причиной замены такой формы головок болтов на прямоугольную головку (фиг. 204-а), несмотря на то, что надлежащая обработка прямоугольных гнезд в камерах и пригонка к ним болтов с прямоугольными головками производственно несколько труднее.

При переводе производства камер на Сормовском заводе со стального литья на чугунное с прямоугольными гнездами для болтов, были случаи отламывания бортов гнезд при креплении гаек заглушающих шайб для опробования камеры гидравлическим давлением при сдаче их инспектору НКПС. Изломы эти происходили по вершинам прямых углов сопряжения опорных бортов гнезд с вертикальными перемычками камеры. Так как при этом пришлось забраковать несколько чугунных камер, то производству грозила задержка в выпуске паровозов. Поэтому завод немедленно перешел обратно на изготовление камер со скошенными опорными бортами гнезд и к призматическим головкам болтов по старому чертежу (для стальных камер). Изломы при этом прекратились.

Причины, вызвавшие эти изломы, оказались следующие:

1) Опорные борты гнезд для болтов в камерах, несмотря на более слабый и хрупкий материал (чугун), не были усилены.



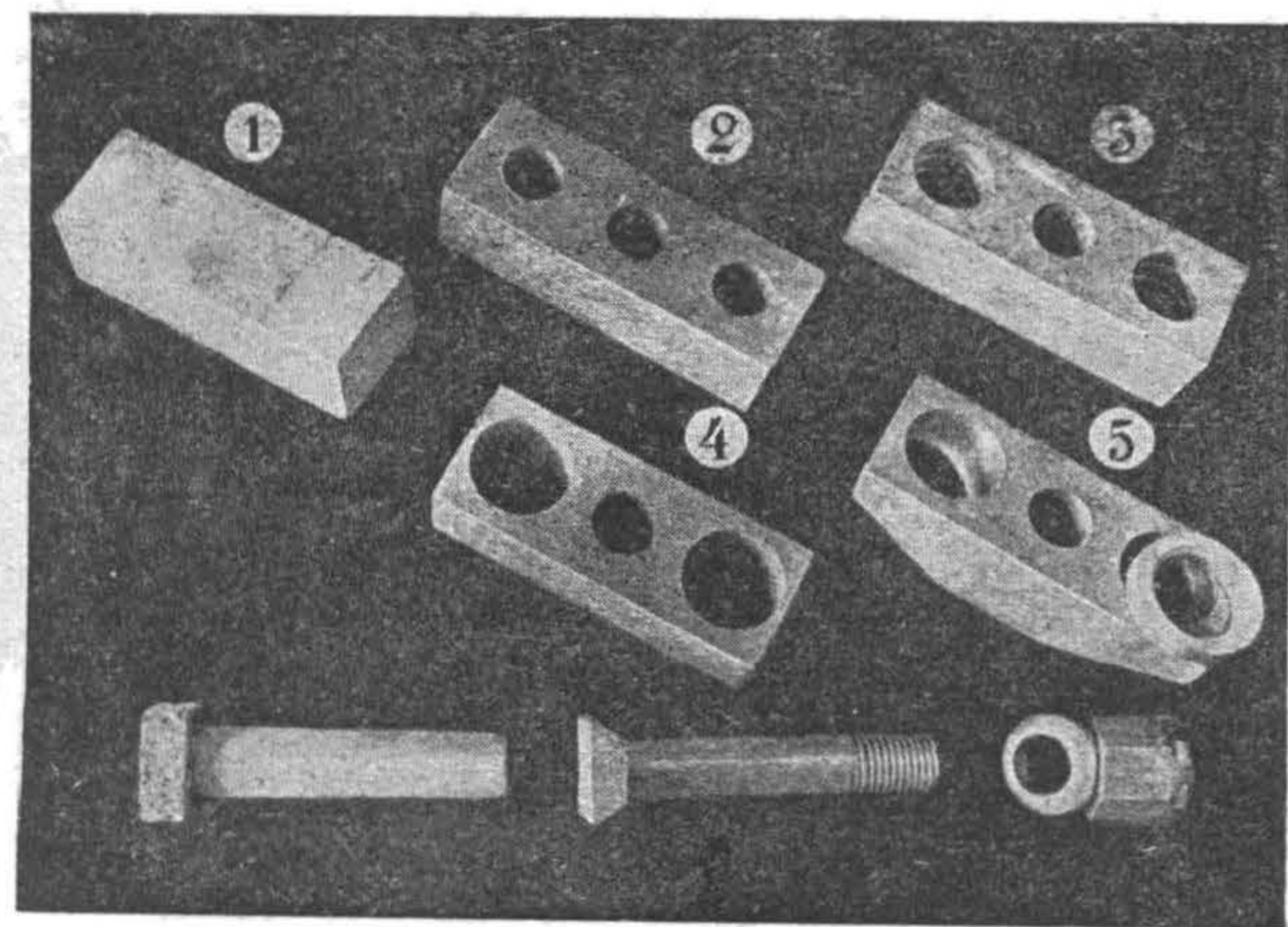
Фиг. 202-а.

2) Опорные поверхности делались под прямым углом к вертикальным перемычкам и при прострожке подрезались в своих вершинах.

3) Вследствие неточности обработки бортов гнезд не получался одновременный и равномерный упор обоих боков головки болта о борты гнезд, почему борты оказались неравномерно нагруженными.

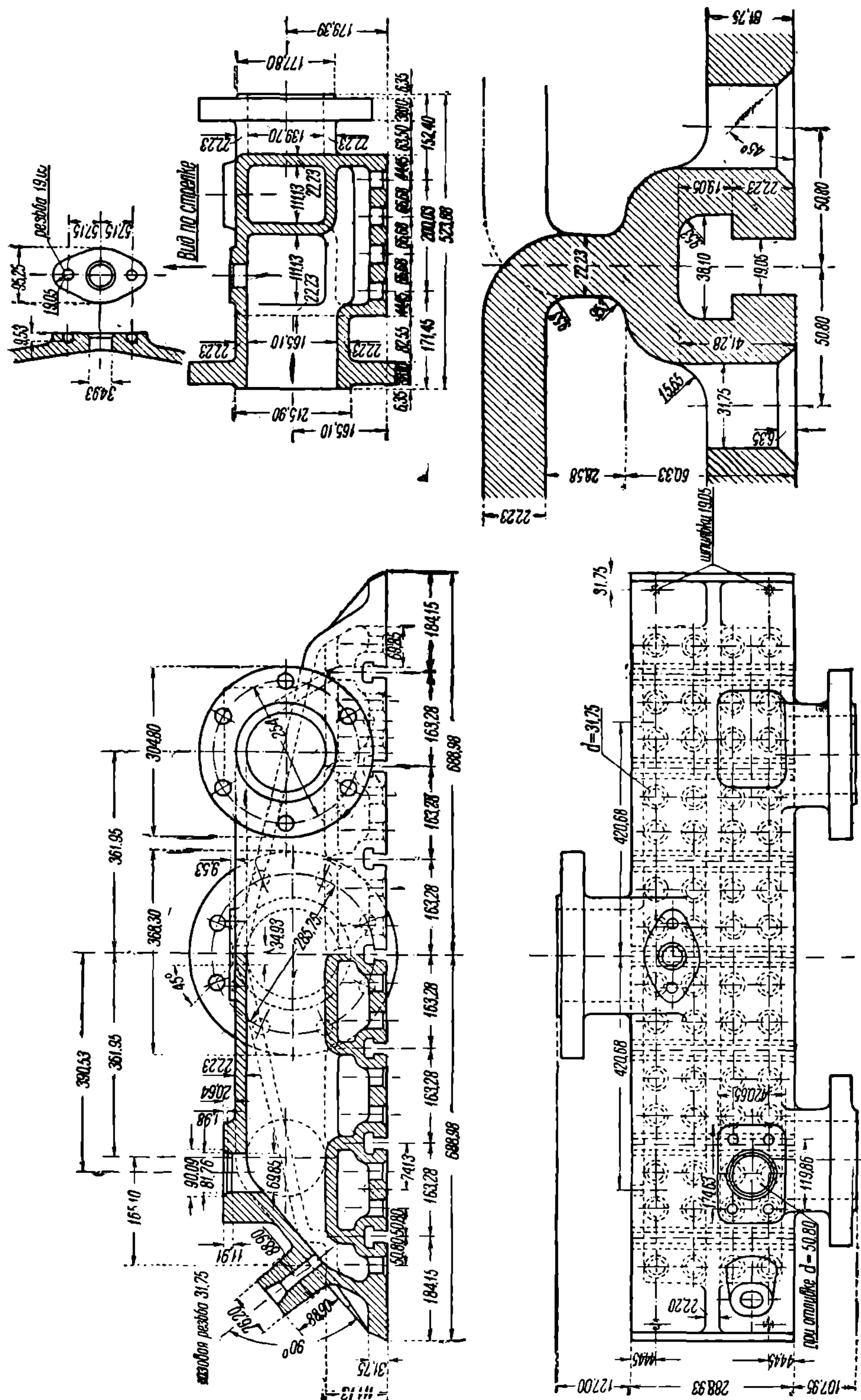
Отсюда видно, что эти изломы получились, главным образом, вследствие недопустимо слабых бортов, которые при чугунном литье должны быть значительно усилены.

Такие усиленные борты и применены в камерах паровозов 1—5—ОЕ (фиг. 204). Сплюсненные для прохода в гнезда болты (фиг. 204-а) имеют прямоугольные головки. Достижимое при этом соединение получается значительно солиднее, чем при не усиленных бортах гнезд. В самое последнее время от шаровых головок стали отходить, заменяя их втулками Рязанцева,



Фиг. 203. Фланцы и болты, соединяющие элементы с камерой.

зов 1—5—ОЕ (фиг. 204). Сплюсненные для прохода в гнезда болты (фиг. 204-а) имеют прямоугольные головки. Достижимое при этом соединение получается значительно солиднее, чем при не усиленных бортах гнезд. В самое последнее время от шаровых головок стали отходить, заменяя их втулками Рязанцева,



Фиг. 204. Камера пароперегревателя паровоза 1-5-0 Ел.

несмотря на то, что в заграничной практике это соединение применяется довольно успешно.

Проекты стандартов соединений элементов с камерой запроектированы с болтами, имеющими призматические головки со втулками Рязанцева. При этом принято во внимание следующее.

1) Необходимость полной взаимозаменяемости болтов для всех камер—литых и сварных.

2) Изготовление днища сварной камеры производится из обрезков рам, толщиной 30—32 мм. При данной толщине листов можно уместить гнезда только для болтов с призматической головкой, так как только при этой головке опорные борты гнезд получают требуемую прочность. Для получения той же прочности бортов для прямоугольной головки, толщина основания сварной камеры должна быть увеличена не менее как до 50 мм; это вызовет необходимость специальной прокатки листов, толщиной 50 мм, увеличит расход металла и повысит вес камеры.

3) Отгибание краев призматической головки кверху получалось в болтах, изготовленных из мягких сортов стали, которые, кроме того, вытягивались при креплении гаек. При изготовлении болтов из твердой стали СТ5 отгибание устранимо.

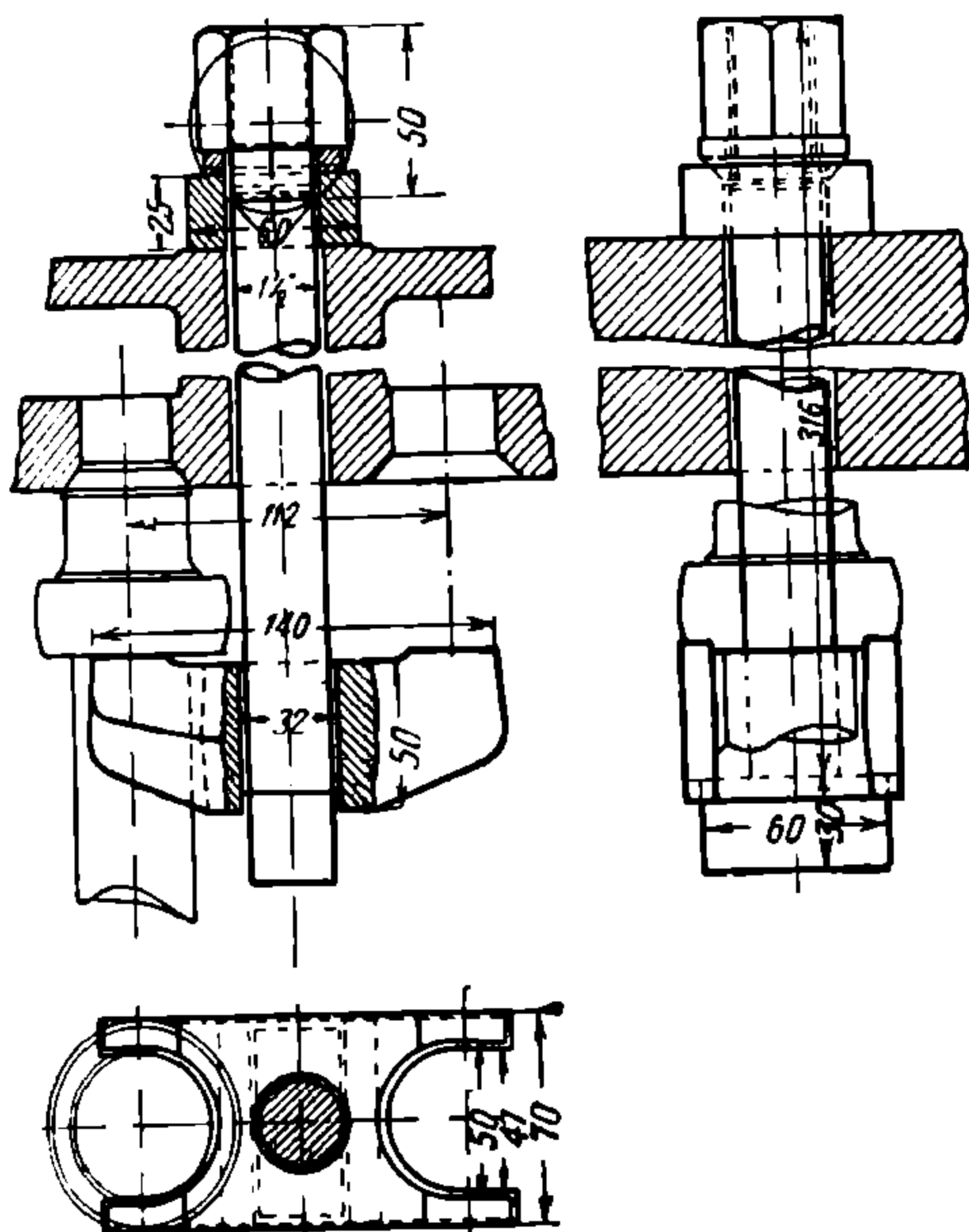
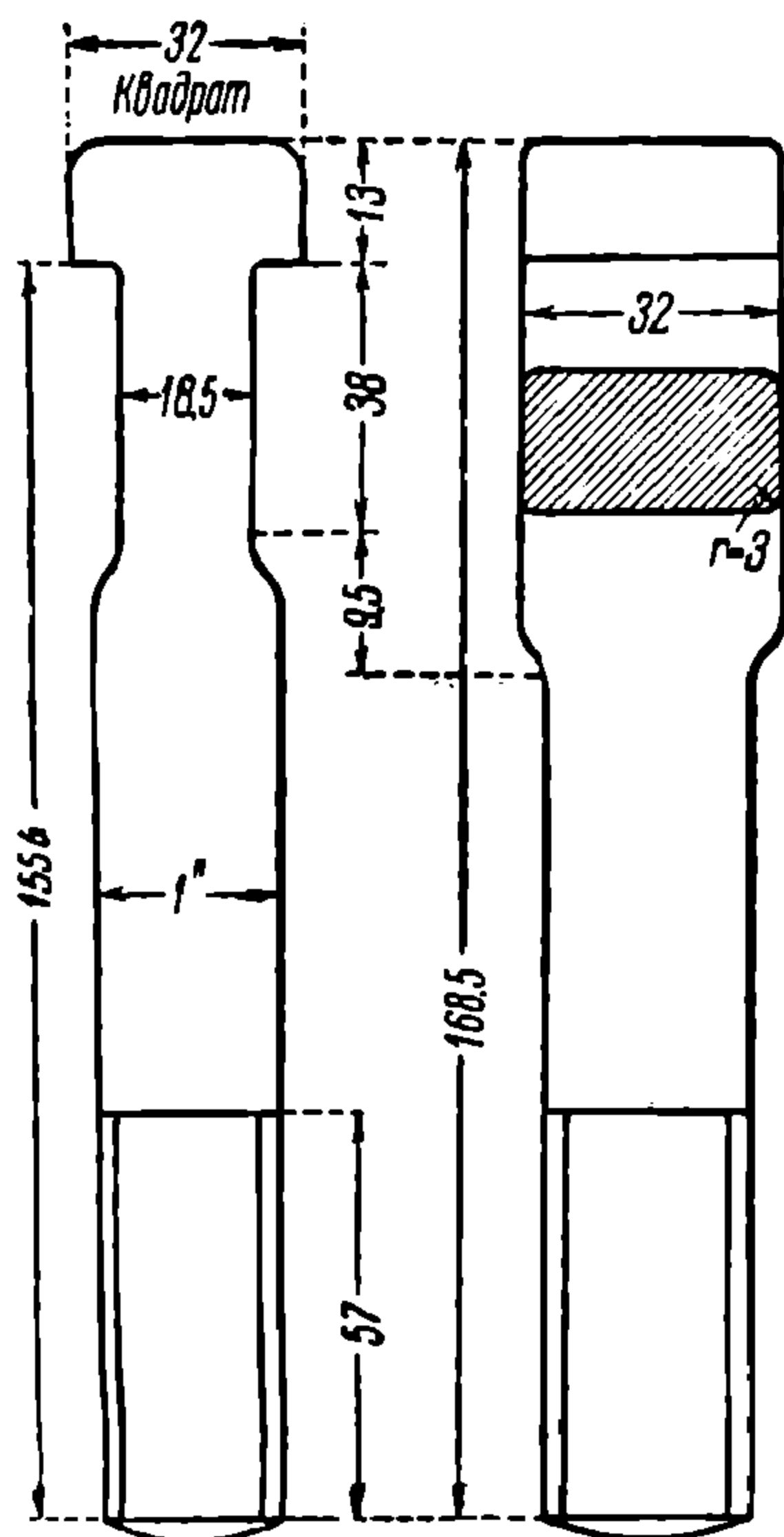
4) Подавляющее большинство существующих камер паровозов СССР имеют гнезда для призматических головок болтов, почему к ним подходят только такие болты.

5) Германские стандарты DIN — LON № 8001—8002 соединений элементов с камерой имеют болты с призматическими головками.

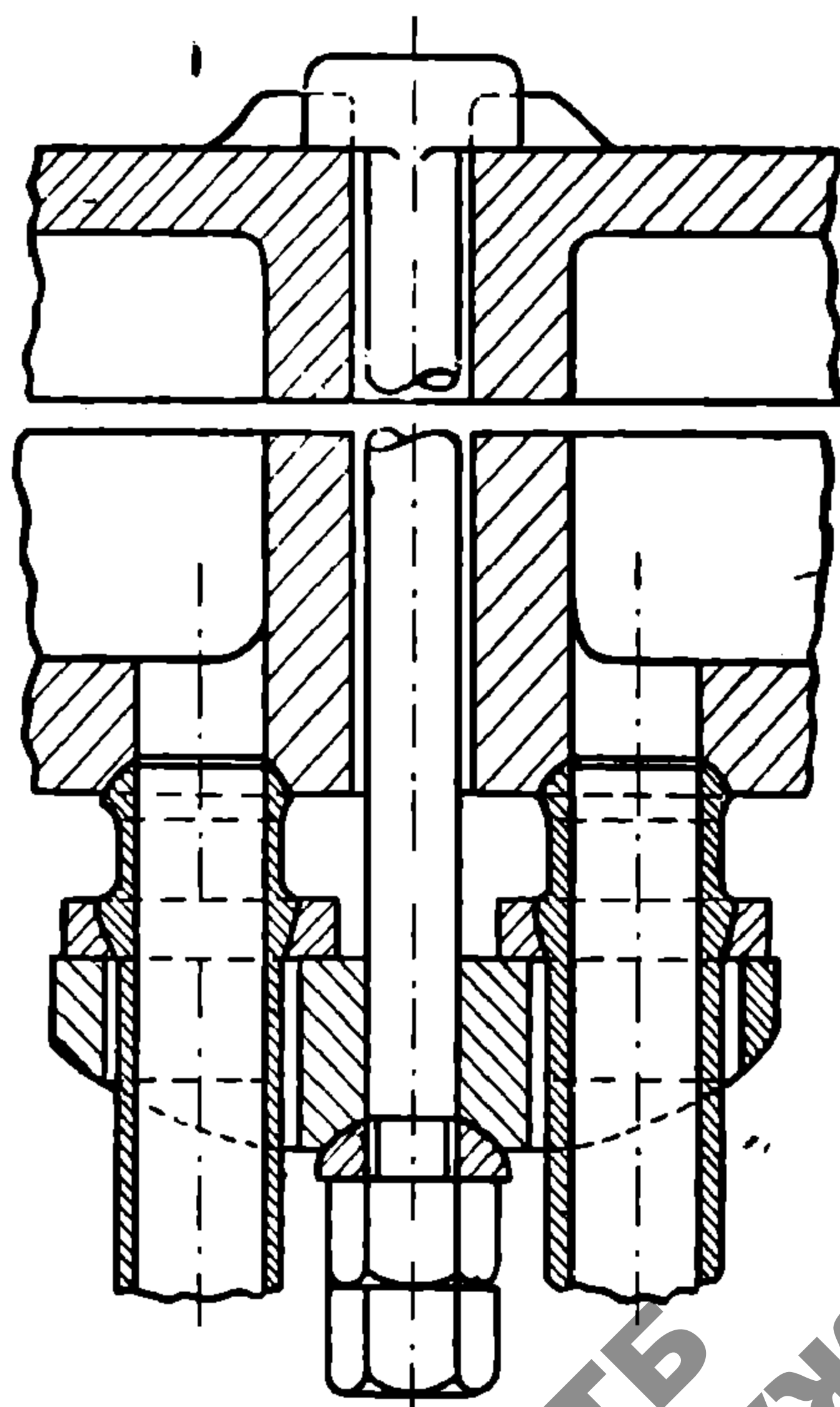
6) Опасность расклинивающих усилий от призматических головок болтов при креплении гаек, могущих вызвать отламывание бортов и появление трещин в днище литой чугуновой камеры, вполне устранена увеличением толщины днища до 50 мм, что принято почти во всех камерах паровозов СССР.

Еще более надежной конструкцией болта следует считать ту, при которой болт проходит сквозь камеру и имеет прямоугольную головку (фиг. 205 и 206). Такое соединение применено на мощных парово-

Фиг. 204-а. Болт скрепления элементов с камерой паровоза 1—5—0 ЕЛ.



Фиг. 205. Соединение элементов с камерой сквозным болтом на паровозах 1—4—2 ИС и 1—5—1 ФД.



Фиг. 206. Соединение элементов с камерой сквозным болтом.

зах при камерах с многоклапанным регулятором. Гайка на болт при этом может быть навинчена либо сверху (фиг. 205), либо, как обычно, снизу (фиг. 206):

В эксплуатации паровозов с пароперегревателями часто наблюдаются случаи пропаривания элементов в местах прикреплений их к камерам. Вред, приносимый этим явлением, очевиден сам по себе: утечка пара в дымовую коробку, препятствуя надлежащему разрежению в ней, создает пережог топлива, понижает мощность паровозов, вызывает опоздание поездов, повторность ремонта и т. д. Тщательное исследование причины пропаривания элементов выявило ряд недопустимых дефектов как в самих элементах, так и в способах их постановки. Наиболее типичными дефектами оказались плохо обработанные гнезда в камерах для шаровых головок элементов при укреплении их жесткими фланцами (фиг. 196), а также и самих головок; на тех и на других оставались риски. Имелись случаи постановки головок элементов на прокладки из листовой красной меди. Высота головок элементов и глубина профрезерованных гнезд камеры, в большинстве случаев, оказались разными; при стягивании парных головок одним фланцем, вследствие неравенства высот головок и гнезд, фланец перекашивался и прижатие головок к гнездам камеры получалось неодинаковым. Вследствие этого уже при гидравлическом испытании соединение давало течь, что в отдельных случаях маскировалось подкладыванием прокладок. На большинстве паровозов болты оказались изготовленными из мягкого железа, обладающего большим относительным удлинением; при затягивании гаек болты вытягивались, ослабляя нажатие фланцев на головки элементов. Кроме того, бока призматических головок отгибались кверху. Зазоры между головками болтов и пазами камеры оставлялись весьма значительными. В пазах образовывался слой нагара, так что при перестановке болтов наклонные бока призматических головок болтов ложились на прослойку нагара. Это также способствовало ослаблению элементов. Под шайбами, в местах прилегания их к фланцам, нагар не счищался до металла. Должное соответствие резьбы болтов и гаек не выдерживалось; некоторые гайки можно было отвинчивать рукой. Болты оказывались перекошенными относительно фланцев и не совпадали с центрами их отверстий.

При погрузке и выгрузке элементы сбрасывались, отчего появлялись искривления концов и соединительных труб.

Вывод из всего сказанного ясен: пропаривание и прочие неисправности элементов нужно, главным образом, относить к тем дефектам, которые были допущены в изготовлении и сборке, а также к небрежному и неправильному обращению с элементами.

Для устранения всех указанных дефектов рекомендуется проведение следующих мероприятий:

1. Точно выверить высоты парных головок элементов и гнезд камер.
2. Проверить пазы для болтов строго по шаблону, а болт сделать несколько удлиненным и из твердой стали, увеличив высоту их головок с тем, чтобы они входили в пазы лишь после очистки от нагара и края головок не отгибались вверх.
3. Гайки сделать полуторной высоты (можно сквозные) и резьбу нарезать так, чтобы гайка навинчивалась на болт только от ключа. Для легкости начального завинчивания тугих гаек, конец болта слегка заточить на конус.
4. Фланцы и все шайбы очистить от нагара для достижения плотного прилегания по металлическим поверхностям.
5. Все соединительные трубы элементов, не подходящие точно к гнездам камеры, подогнуть, нагревая паяльной лампой, не допуская принудительного притяжения головок к местам.

Изготовление паровозных пароперегревателей должно удовлетворять стандарту ОСТ 1453.

А. Технические условия

- а) Пароперегреватели изготавливаются по принятым к исполнению чертежам.
- б) Трубы должны быть изогнуты по шаблону согласно чертежу. Разность наибольшего и наименьшего диаметров в одном и том же сечении, в местах загибов, не должна превосходить 2 мм.

в) Толщина стенок концов элементов (образованных непосредственной сваркой труб) или колпачков (наконечников) должна быть соблюдена так, чтобы сохранить размер поперечного сечения для прохода пара.

г) Концы труб и фланцев должны быть исполнены так, чтобы обеспечивалось правильное положение элемента, укрепленного к пароперегревательной камере, и чтобы соединение элемента с камерой было точное и плотное, не вызывающее дополнительных напряжений в элементе.

д) Вводный фланец коробки перегревателя должен быть обработан настолько тщательно, чтобы поставленная на место перегревательная коробка была симметрична относительно оси передней решетки котла.

е) Внутренность труб должна быть возможно чистой, для чего трубы и элементы промывают водой, продувают воздухом или паром и обстукивают молотком.

ж) Пароперегревательные элементы должны быть взаимозаменяемы. Правильное положение элемента по чертежу и прикрепление его к коробке перегревателя должно быть проверено шаблоном. Допускается незначительная слесарная пригонка.

з) Болты для укрепления фланцев должны быть обработаны с допуском в диаметре $\pm 0,5$ мм. Фланцы должны быть обработаны с допуском в толщине ± 2 мм. Отверстия для болтов и труб должны быть расположены по шаблону. Отступление в разстоянии центров отверстий для болта ± 1 мм; для центров отверстий труб ± 1 мм.

и) Места сварки по наружному виду не должны иметь недостатков в виде непроваров, пористости, пережогов, утонений и должны обеспечивать прочность и плотность сваренных мест.

к) Плотность соединений с коробкой достигается согласно указаниям принятого к исполнению чертежа.

л) Коробка пароперегревателя (цельная или разъемная) должна удовлетворять ОСТ 791 на ответственное стальное литье СТЛ 1 или ОСТ 970 на чугунное литье марки ЧЛ 1.

м) Исправление крупных недостатков заваркой допускается при условии уведомления об этом приемщика и обязательного отжига после заварки (для стальных коробок).

н) Внутренние стенки (перегородки) коробки не должны иметь дефектов, допускающих проток пара из отделения насыщенного пара в отделение перегретого пара иным путем, кроме пути через элементы.

о) Внутренность камеры должна быть хорошо очищена от формовочной земли и тщательно промыта.

Б. Маркировка

На перегревательной камере отливается выпукло около 5 мм и высотой 30—35 мм марка или условный номер завода.

В. Правила приемки

а) Коробка перегревателя после окончательной обработки испытывается гидравлическим давлением на 30 атмосфер с сообщением обеих полостей, кроме того (для уверенности в непроницаемости внутренних стенок), одна из полостей коробки испытывается давлением в 5 атмосфер.

Продолжительность каждого испытания 5 минут. При испытании не должно обнаруживаться течи или просачивания.¹

б) Каждый элемент (с заглушенным фланцем) испытывается гидравлическим давлением в 25 атмосфер, причем не допускается никаких признаков течи или просачивания.

в) Плотность сборки по установке в котле выясняется при пробных поездках паровоза на пару, причем крепительные болты должны быть подтянуты в теплом состоянии как перед, так и после пробной поездки паровоза.

¹ Коробки перегревателя могут быть испытаны гидравлическим давлением предварительно до окончательной обработки.

17. ЗАСЛОНКИ

Все пароперегреватели, расположенные в жаровых трубах, вначале были снабжены механизмом заслонок, который состоял из железного кожуха, расположенного в дымовой коробке, в котором помещались все передние концы элементов, выступающие из жаровых труб, а также и все соединительные трубы. Топочные газы из всех жаровых труб не могли выйти в дымовую коробку, не пройдя через этот кожух. Передняя стенка кожуха имела откидную дверцу, открытие и закрытие которой производилось от особого автомата, приводимого в действие паром из отделения перегретого пара камеры, т. е. при открытом регуляторе. При закрытии регулятора заслонки автоматически закрывались и преграждали выход топочных газов из жаровых труб в дымовую коробку. Этим предполагалось предохранить элемент от перегорания, в то время как регулятор закрыт. На некоторых паровозах автоматы для закрытия и открытия заслонок имели, кроме того, особое регулирующее приспособление, позволяющее производить частичное, а также полное прикрытие заслонок и при открытом регуляторе, чем предполагалось регулировать степень перегрева.

Опыты 1911—1916 г.г. на бывш. Ник., Южн., Сев.-Донецких жел. дорогах¹ показали, что в товарной службе, особенно при угольном и дровяном отоплении, перегрев редко достигает 300°C , почему заслонки и автоматы, управляющие ими, являлись лишними. В Германии с 1915 г. на товарных паровозах ни заслонок, ни автоматов не ставят. Поэтому решено было изъять заслонки и с паровозов О—5—О, ЭГ и ЭШ. Действительно, при поступлении этих паровозов в эксплуатацию случаев прогорания элементов не наблюдалось. Доказанная опытом бесполезность заслонок вместе с тем отрицательным свойством их, которое заключается в том, что при закрытии регулятора и одновременно с ним заслонок выключается из работы вся поверхность нагрева жаровых труб, составляющая 25—30% испаряющей поверхности нагрева всего котла, послужили поводом к изданию ЦУЖЕЛ'ом приказа о снятии заслонок (сперва в виде опыта) со всех паровозов.²

Дальнейший опыт подтвердил вполне исправную службу элементов без заслонок и на тех паровозах, на которых мощность пароперегревателя, а с ней и перегрев были значительно повышены (О—5—О ЭУ и 1—3—1 СУ). Лишь для предосторожности на отделении насыщенного пара камеры пароперегревателей частично установлены паровоздушные клапаны, дающие ток смеси пара с воздухом в элемент, для их охлаждения при езде с закрытым регулятором. Эта смесь, отняв известную теплоту от элементов, попадает далее в цилиндры и их прогревает, не дав им за период езды без пара сильно остыть.

В паровозах, имеющих регуляторы, расположенные за пароперегревателями, элементы все время наполнены паром, которым и охлаждаются от перекаливания.

18. ПИРОМЕТРЫ

Пирометрами называются приборы, служащие для определения температуры перегрева пара.

Эти приборы по принципу своего действия разделяются на гидравлические и термоэлектрические. Первые основаны на расширении ртути и др. жидкостей от нагрева, в настоящее время больше не применяются. Исключительным же распространением пользуются пирометры термоэлектрические, как наиболее простые и надежные, почему в дальнейшем дано описание пирометров только термоэлектрических.

Действие термоэлектрического пирометра основано на следующем: если взять два разнородных металлических проводника и сварить или спаять их концами, то они образуют, так называемую, термопару или термоэлемент. При нагревании места спая и одновременном нахождении других концов проводников в более низкой температуре, термопара начинает развивать термоэлектродвижущую силу, величина которой измеряется милливольтами и зависит:

¹ См. „Паровозы Э, ЭГ и ЭШ“, 1924 г., стр. 25.

² За № 1416 от 8/VII—1924 г.

1) от материала термоэлектродов и 2) от температур нагретых и холодных их концов. Если соединить холодные концы термоэлектродов при помощи проводников, имеющих низкое сопротивление (чтобы не получить в них большого падения напряжения), с гальванометром, то последний покажет величину термоэлектродвижущей силы, развиваемой термопарой.

Так как термоэлектродвижущая сила зависит как от температуры нагретых (спаянных) концов, так и от температуры холодных, то очевидно, что при постоянстве второй температуры сила будет зависеть только от первой температуры, поэтому гальванометр может быть градуирован непосредственно на градусы Цельсия, температуры нагретого спая.

Для обеспечения постоянства температуры холодных концов термоэлектрода, их следует удлинить настолько, чтобы они оказались вынесенными в место с достаточно постоянной и низкой температурой. Для этой цели, чтобы не удлинять чрезмерно самих термоэлектродов, к ним присоединяются, так называемые, компенсационные провода, т. е. провода, изготовленные из тех же материалов, что и сами термоэлектроды. Холодные концы термопары отодвигаются, таким образом, на длину компенсационных проводов, а так как последние доходят до контактной коробки гальванометра, то очевидно, что температура холодных концов равна более или менее низкой и постоянной температуре гальванометра.

Так как при нормальной установке гальванометра в будке машиниста его температура, а следовательно и температура холодных концов равна около 35°C (в среднем принято), то показания гальванометра с температурной шкалой окажутся неправильными, а именно — преуменьшенными, ибо термопара градуируется при температуре холодных концов, равной 0°C . Поэтому, необходимо вводить поправку на нагрев холодных концов, что достигается перестановкой стрелки выключенного гальванометра на фактическую среднюю температуру холодных концов, т. е. на 35°C .

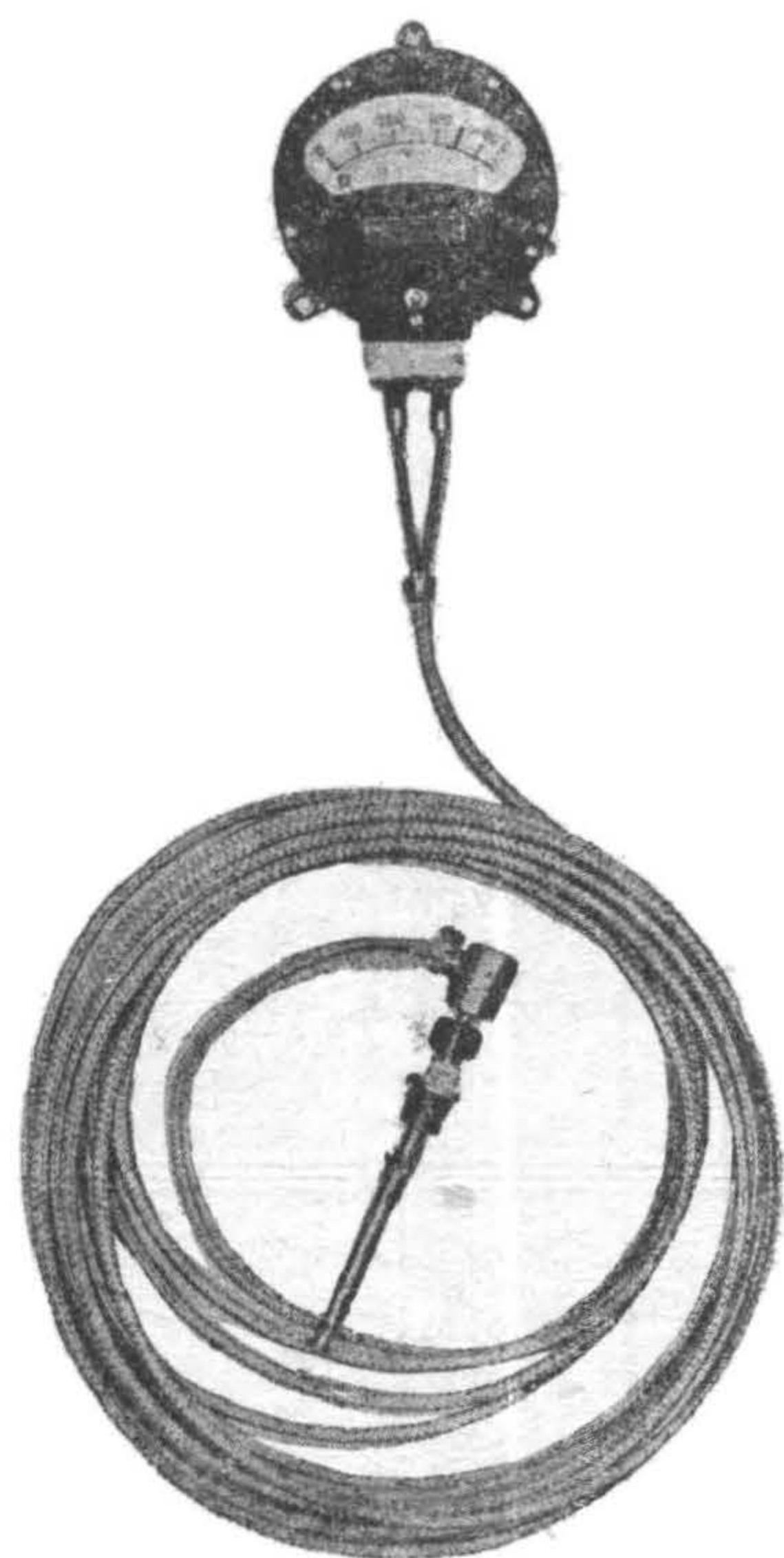
Искусственное удлинение термопары, достигаемое с помощью введения компенсационных проводов, полезно также и потому, что при этом устраняется нагрев холодных спаев вследствие теплопередачи термоэлектродов к арматуре и от близости их к отделению камеры перегретого пара, в которое погружены спаянные концы термоэлектродов.

Наибольшее распространение в последнее время получили пирометры типа КПП, изготавливаемые в Ленинграде, в Бюро по проектированию и изготовлению теплотехнических приборов (фиг. 207). Они имеют следующее устройство: термопара, погруженная в сферу перегретого пара, состоит из медного (положительного) и константанового (отрицательного) проводов 1 (фиг. 208), диаметром 1,5 мм, сваренных на конце А и изолированных друг от друга по всей длине, кроме точки спая А, оплеткой из асбестового шнура. Концы термоэлектродов 1 поджаты к клеммам 2, укрепленным в бакелитовом вкладыше 3, который вместе с термопарой вставлен в арматуру и закреплен в ее головке двумя винтами.

В боковой стенке головки 4 термопары имеется ниппель Б, через который внутрь головки вводятся компенсационные провода 5, также изолированные асбестом и поджимаемые к соответствующим клеммам, т. е. медной — к клемме медного термоэлектрода и константановой — к клемме константанового.

Сверху головка 4 арматуры термопары закрывается нарезной крышкой 6. Крышка 6 и боковая стенка головки 4 просверливаются и пломбируются после окончательной проверки термопары.

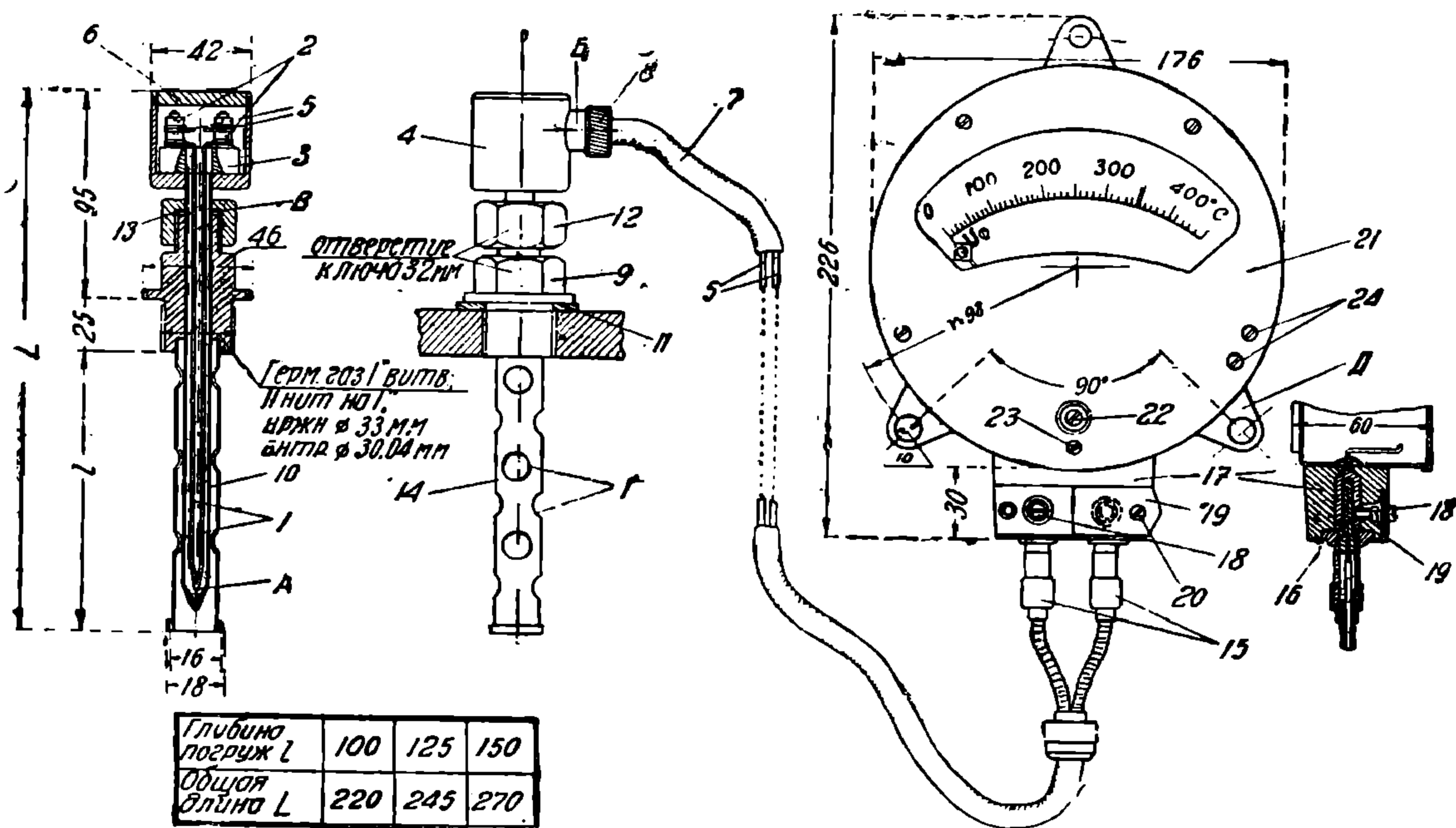
Компенсационные провода защищены луженой плетеной броней 7. Броня, а следовательно и компенсационные провода, удерживаются на месте с по-



Фиг. 207. Термоэлектрический пирометр.

мощью ниппельной муфты 8. Общая длина соединительных компенсационных проводов делается нормально 12 м, что вполне достаточно для покрытия расстояния от камеры пароперегревателя, где устанавливается термопара, до будки машиниста, где устанавливается измерительный прибор—гальванометр. Для мощных паровозов термопара может быть изготовлена с более длинными проводами.

Установка термопары на месте ее работы производится с помощью штуцера 9, одетого на защитную трубку 10 термопары, диаметром 10 мм, и ввинчиваемого в отверстие отделения перегретого пара камеры пароперегревателя. Для создания уплотнения ввода термопары, под заплечики штуцера 9 подкладывается клингерит или свинцовая прокладка 11. Термопара закрепляется в штуцере 9 с помощью гайки 12; при навинчивании гайки 12 на штуцер 9 она надавливает на заплечики В, составляющие одно целое с трубкой 10, под которыми имеется свинцовая или клингеритовая прокладка 13, и обеспе-



Фиг. 208. Термоэлектрический пирометр.

чивает таким образом неподвижное закрепление всей арматуры термопары в месте ее установки.

Для предохранения оболочки 10 термопары от механических повреждений и для предотвращения лучистого теплообмена между оболочкой и внутренней поверхностью стенок камеры пароперегревателя, в штуцер 9 заделана еще наружная защитная перфорированная трубка 14. Она снабжена отверстиями Г для того, чтобы дать пару возможность свободно омыwać внутреннюю защитную трубку 10. Длина наружной трубки 14, определяющая глубину погружения термопары в среду измеряемой температуры, бывает трех различных размеров, а именно: 100, 125 и 150 мм.

Бронированный кабель 7, идущий от термопары, оканчивается двойной вилкой 15, которая для присоединения термопары к гальванометру вставляется во втулки 16 контактной коробки 17, прикрепленной к гальванометру. Для устранения возможности ошибочного включения (при неправильной полярности стрелка гальванометра будет отклоняться влево от нуля шкалы) положительная вилка и соответствующая ей втулка сделаны меньшего сечения, чем отрицательные, благодаря чему перепутать их невозможно. Кроме того, для более легкого опознания вилок, гильза положительной вилки (правой) сделана красного цвета и отрицательной (левой) — черного.

Для жесткого крепления вилок 15 во втулках 16 и обеспечения между ними хорошего контакта при тряске на ходу паровоза служат зажимные винты 18.

С целью сделать их недоступными после монтажа пирометра, т. е. иными словами, во избежание случайного или умышленного нарушения хорошего контакта, они закрыты с лицевой стороны коробки 17 пластинкой 19, удерживаемой винтами 20. Герметичность ввода вилок 15 во втулки 16 достигается с помощью особых обтюрирующих резиновых втулочек. В пластинке 19, в правой ее части, выступающей над коробкой, высверлено отверстие так же, как и в головке правого винта 20. Таким образом, контактная коробка 17 может быть, при желании, запломбирована после закрепления вилок 15 во втулках 16.

Стрелочный гальванометр, заключенный в металлический литой кожух 12, предотвращающий проникновение внутрь прибора пыли и сырости, имеет шкалу от 0° до 450°Ц . Нормальный для паровозов предел перегрева в 350°Ц отчетливо отмечен на шкале красной чертой. Красная черта на делении шкалы гальванометра в 350°Ц не имеет того назначения, каковое ей присвоено в некоторых других приборах, напр., в манометрах, т. е. она отнюдь не означает принципиальной недопустимости повышения перегрева за контрольную черту; таковое, наоборот, полезно, так как это повышает экономию в расходе пара и топлива. Ограничение перегрева красной чертой на 350°Ц обуславливается только опасностью образования твердого коксового нагара в цилиндрах и золотниковых коробках в результате разложения смазки ненадлежащего качества. Необходимо помнить, что не смазка ограничивает перегрев, а повышение перегрева должно сопровождаться снабжением смазкой высокого качества (о смазке см. ниже). Поверх шкалы помещена схема термоэлектрического пирометра, соединительных компенсационных проводов и самого гальванометра. Под шкалой слева помещены обозначения класса и типа гальванометра: стрелочный, с постоянным магнитом и вращающейся рамкой (тип Де пре—д'Арсонваля), второй класс. Справа указан милливольтаж пирометра, равный 24,5 милливольтам при полном отклонении стрелки гальванометра.

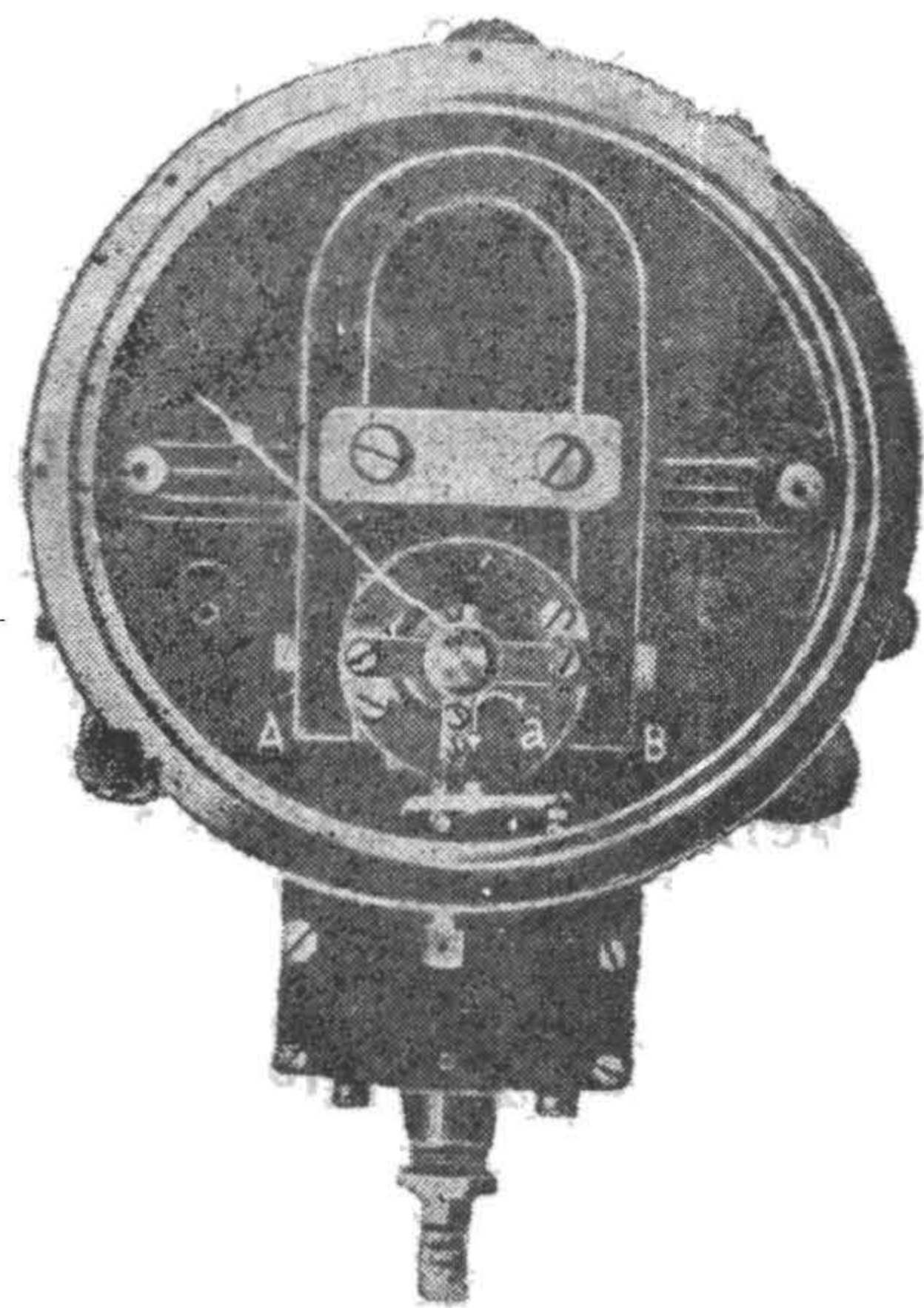
Двойной номер под шкалой означает: черное число—номер самого гальванометра и красное число—номер соответствующей ему термопары.

Принимая во внимание необходимость для точности показаний пирометра совпадения градуировочной и рабочей температур гальванометра и учитывая реальные условия работы гальванометра в будке машиниста на паровозе, градуировку приборов производят при температуре 35°Ц , каковая величина близка к средней температуре места его установки в будке машиниста. Градуировка ведется при вертикальном положении гальванометра, являющимся его нормальным положением, но, кроме того, гальванометр выверяется еще и при различных уклонах для обеспечения правильности его показаний на ходу паровоза. Точность показаний гальванометра гарантируется в пределах $\pm 5^{\circ}\text{Ц}$.

Механизм гальванометра состоит из подковообразного магнита (фиг. 209), между концами которого помещен якорь, на который намотана тоненькая изолированная проволока. Через эту обмотку якоря пропускается термоэлектрический ток, в зависимости от силы которого якорь делает более или менее значительный поворот, под влиянием притягивающего и отталкивающего действия концов магнита на обмотку якоря, по которой протекает ток.

С якорем соединена указательная стрелка, дающая отклонение при его повороте. Чтобы удержать стрелку от колебаний на ходу паровоза, она имеет на оси вращения спиральную пружинку, успокаивающую качание стрелки. Равновесие стрелки регулируется рычажком, являющимся противовесом.

В нижней части наружного кожуха гальванометра 21 (фиг. 208) имеется винт установки нуля, закрытый нарезной крышкой 22. Этот винт служит для выверки нулевого положения стрелки выключенного гальванометра. При жела-



Фиг. 209. Механизм гальванометра.

нии вводить в показания гальванометра поправки на нагревание холодных концов термопары автоматически, стрелка выключенного гальванометра должна быть поставлена с помощью этого-же винта на деление шкалы, отвечающее температуре холодных концов. В условиях обычной паровозной службы пирометра типа КПП, в котором, как было сказано выше, холодные концы помещаются в контактной коробке 17 гальванометра, а следовательно и имеют его температуру, таковая равна приблизительно 35°C . Во избежание манипуляций с установочным винтом несведующими лицами, последний, после установки, может быть запломбирован, для каковой цели в его крышке 22 и в пломбирном винте 23 просверлены соответствующие отверстия.

Пломбирные винты 24, имеющиеся на крышке кожуха гальванометра 21, предназначены для пломбирования крышки гальванометра, что необходимо, если есть при этом опасение, что гальванометр может быть вскрыт несведующими лицами. Кожух гальванометра снабжен тремя проушинами Д, служащими для установки гальванометра на месте его работы с помощью винтов или болтов.

Перед постановкой пирометра на паровоз прежде всего следует проверить правильный подбор комплекта пирометра, т. е. проверить, предназначена ли данная термопара для работы с данным гальванометром, в чем можно убедиться, сравнив номер, выбитый на крышке головки термопары 6 со второй половиной (написанной красной тушью) двойного номера на шкале гальванометра, которые должны совпадать. Работа термопары с другим, несоответствующим ей, гальванометром может повести к неправильным показаниям пирометра.

Температуру перегретого пара на паровозе с помощью пирометров можно измерить в двух точках: либо в камере пароперегревателя, либо в золотниковой коробке. И в том и в другом случае целесообразно установить термопару с правой стороны котла, так как гальванометр устанавливается в будке машиниста обычно также с правой стороны и, следовательно, проводка при этом значительно упрощается. Камеры пароперегревателей должны поэтому иметь фланцы под пирометры с правой стороны, а не с левой.

При выборе места установки на паровозе только одного пирометра решающими являются нижеследующие обстоятельства:

1) термопара, установленная в отделении перегретого пара камеры, даст температуру пара, выходящего из пароперегревателя, характеризуя тем самым работу всего котла и, в частности, пароперегревателя, что в условиях обычной паровозной службы как раз и является наиболее существенным и нужным для паровозного машиниста; 2) при попадании воды вместе с паром в пароперегреватель, температура в последнем резко снижается; таким образом, наличие термопары в камере пароперегревателя, немедленно реагирующей на температурный скачек, способствует предотвращению проникновения воды в цилиндры, так как стремительное отклонение стрелки гальванометра влево, которое не может не заметить машинист, позволяет ему своевременно прикрыть регулятор; 3) проводка от термопары до гальванометра при установке таковой в камере пароперегревателя проще, чем при установке ее в золотниковой коробке.

Все эти соображения говорят в пользу того, что при наличии на паровозе только одной термопары, таковую следует устанавливать именно в камере пароперегревателя.

Если на паровозе устанавливаются два пирометра для измерения температуры перегретого пара (что в настоящее время имеет место только при опытных поездках), то вторую термопару следует установить в золотниковой коробке. Второй пирометр будет давать температуру рабочего пара, поступающего в цилиндры. С помощью двух пирометров можно без труда установить перепад температуры между пароперегревателем и золотниками.

В месте постановки термопары, будь то фланец камеры пароперегревателя или золотниковой коробки, высверливается и нарезается дыра для штуцера 9. Штуцер имеет газовую резьбу в 11 ниток на 1 дм, наружный диаметр резьбы—33 мм, внутренний—30,04 мм.

Гайка 12 отвертывается и штуцер 9 вместе с наружной трубкой 14 снимается с арматуры термопары, после чего он заворачивается в нарезанную заранее дыру. Под штуцер перед заворачиванием подкладывается клингеритовая прокладка толщиной 2—3 мм. После этого, не разворачивая бронированной про-

водки 7, термopару вставляют в отверстие штуцера 9 и закрепляют в нем, для чего гайка 12 заворачивается до отказа. Перед заворачиванием гайки 12 следует убедиться в том, что уплотняющая шайба 11 не утеряна. Затем, постепенно разворачивая проводку, производят ее прокладку до будки машиниста.

При установке термopары в камере пароперегревателя следует вести проводку вдоль по обшивке котла, укладывая его вместе со смазочными трубками под общим кожухом. Далее провод загибается кверху и прокладывается по наружной торцевой стенке будки машиниста. В этой стенке над окном просверливается дыра диаметром не менее 35 мм, чтобы можно было протаскать через нее вилки 15 при вводе провода внутрь будки. Прикрепление провода при прокладке вдоль котла производится примерно через каждый метр, помощью скобок, закрепляемых сквозными болтиками. Если длина провода окажется слишком велика, то избыточную часть следует втащить в будку и, свернув ее в бухту, закрепить таковую на стенке близ гальванометра.

При установке гальванометра следует, по возможности, избегать прикрепления его к стенкам будки машиниста, так как на ходу паровоза будка сильно вибрирует, что затрудняет отсчеты по шкале гальванометра. Предпочтительнее устанавливать гальванометр на прочном кронштейне, прикрепленном к пароразборной колонке, так как в этом случае прибор лучше всего огражден от тряски. Видимость его машинистом, а также помощником, должна быть вполне ясной. Закрепление гальванометра на кронштейне производится болтами, пропущенными через проушины Д. Болты следует непременно закреплять контргайками. При выборе размеров кронштейна следует иметь в виду, что гальванометр не выносит нагревов выше 40—50°C.

Для присоединения термopары к гальванометру, из контактной коробки его 17 вывинчиваются винты 20, снимается планка 19 и отпускаются винты 18, после чего извлекается поджатая под них, короткозамыкающая прибор, медная проволока. Вилки 15, которыми оканчивается бронированный провод 17, вставляются в соответствующие им втулки 16 и зажимаются до отказа винтом 18. Затем снова одевается пластинка 19 и закрепляется на месте винтами 20. При желании, пластинка 19 может быть затем запломбирована лицом, которому поручено наблюдение за пирометрами.

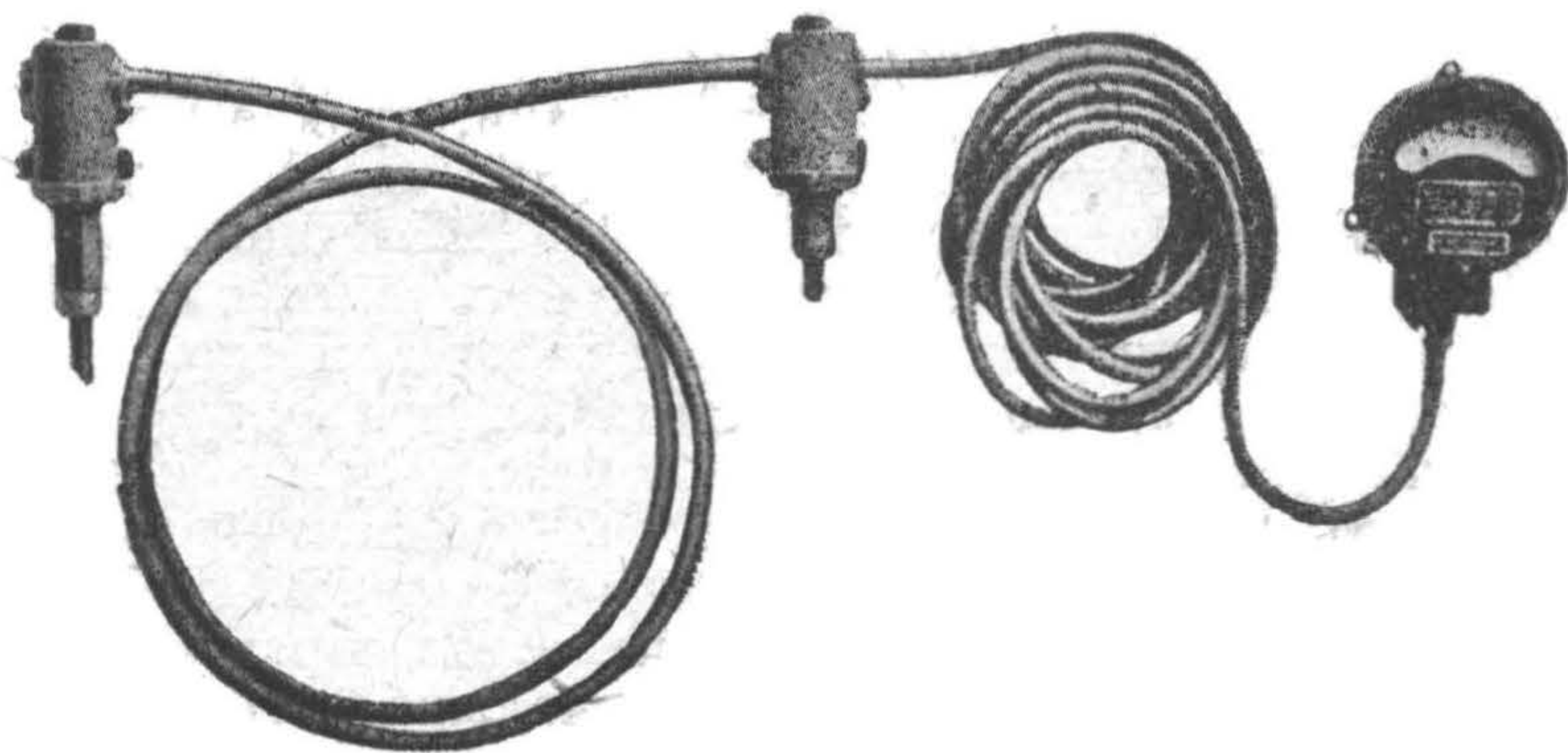
Для установки стрелки гальванометра на нуль свинчивается нарезная крышка 22, установочный винт вращается отверткой до тех пор, пока стрелка гальванометра не станет на нужное деление шкалы; затем опять навинчивается крышка 22, после чего она может быть запломбирована помощью пломбирного винта 23.

По снятии по тем или иным причинам термopары с паровоза следует, прежде всего, придерживая ключем штуцер 9, отвернуть гайку 12, вынуть термopару с арматурой из штуцера 9, а затем вывернуть и самый штуцер 9, а на его место поставить заглушку, снабженную такой-же нарезкой, что и штуцер.

В случае неправильных показаний пирометра необходимо, прежде всего, убедиться в том, не повреждена ли термopара, для чего следует снять ее и внимательно осмотреть. При повреждении термopары, следует, отделив последнюю от гальванометра, переслать в вышеупомянутое Бюро вместе с бронированным проводом для ремонта. Если наружный осмотр термopары не обнаружит никаких дефектов в арматуре, то следует осмотреть проводку и убедиться в целости брони. Если же никаких дефектов в термopаре и проводе не обнаружено, то следует снять ее и гальванометр с паровоза и переслать весь пирометр в целом в Бюро для ремонта. Во избежание болтания стрелки гальванометра в пути при пересылке, следует, сняв с контактной коробки 17 пластинку 19, замкнуть винты 18 накоротко, положив под них короткую медную проволоку.

На фиг. 210 показан термоэлектрический пирометр американской системы; действие его одинаково с предыдущим. Шкала милливольтметра разградуирована в температурах Цельсия, в пределах от 120° до 400°. Термopара 1 (фиг. 211) насыщенного пара вставлена в штуцер 2 и весь элемент ввинчивается в стенку цилиндрической части котла. Верхняя часть штуцера закрывается крышкой 3 и запломбировывается. Под крышкой 3 имеются четыре зажима. К зажимам R—1 и R—3 прикреплены концы задних проводов, а концы промежуточных проводов прикрепляются к зажимам R—2 и R—4. Два соединения B₁ и B₂ расположены по бокам штуцера. При помощи их

свинчиваются изоляционные трубки, защищающие задние и промежуточные провода. Промежуточные провода состоят из двух проволок, соединяющих элементы насыщенного и перегретого пара. Элементы перегретого пара по конструкции одинаковы с элементами насыщенного. Его термopара 4 также вставлена в штуцер 5, который ввинчен в камеру перегретого пара. В этом элементе имеются только два зажима $R-5$ и $R-6$ и только одно соединение B_3 . Для сохранения постоянства температуры, в которой находится



Фиг. 210. Термоэлектрический американский пирометр.

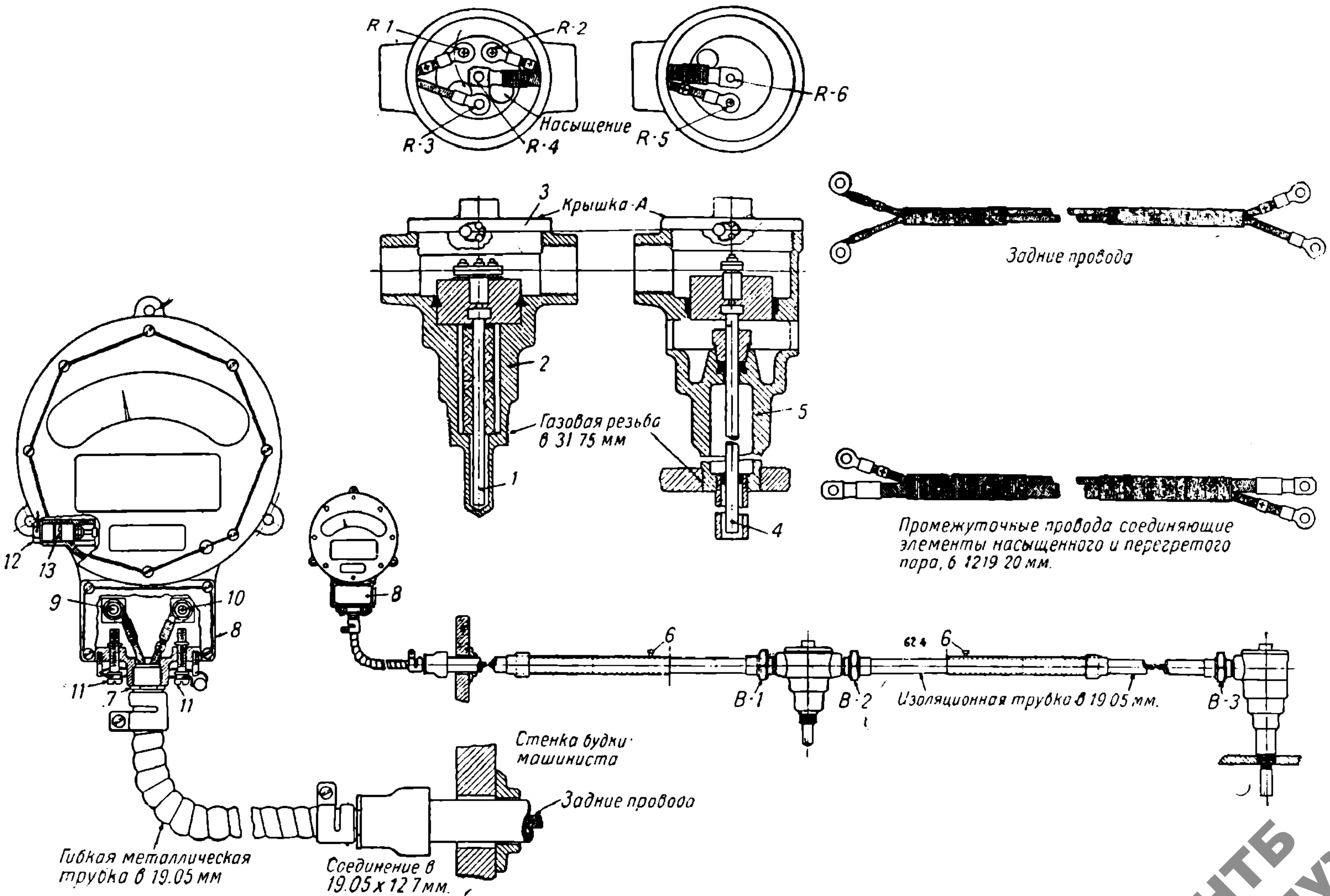
термopара насыщенного пара, элемент должен быть установлен в таком месте, где на него не могла бы влиять более низкая температура воды, вводимой в котел инжектором. Определение местоположения этого элемента находится также в зависимости от длины задних и промежуточных проводов, которая не должна быть изменена. Для укреп-

ления этого элемента в стенке котла необходимо высверлить отверстие и нарезать газовую резьбу диаметра $1\frac{1}{4}$ ".

Когда милливольтметр и элементы установлены на своих местах, нужно изогнуть изоляционную трубку соответственно направлению проводов, идущих от соединения B_3 в элемент перегретого пара, к соединению B_2 , элемента насыщенного пара. Изоляционная трубка затем отрезается точно по месту и на концах ее делается винтовая нарезка. Чтобы острый край трубки случайно не повредил изолировку проводов, создавая таким образом короткое замыкание, нужно развернуть или гладко спилить внутреннюю кромку краев трубки. На трубку навинчивается свободная часть соединения B_3 и проволоки промежуточных проводов притягиваются через нее и пропускаются через соединения B_3 и B_2 . Вслед за этим соединение B_3 свинчивается. Затем нужно отвернуть установочный винт 6 на конце трубки со стороны элемента насыщенного пара и вставить концы проводов в элемент насыщенного пара; затем прикрепить проволоки к зажимам, имеющимся на обоих элементах, и крепко свинтить соединения B_2 и B_3 , завернуть установочный винт 6 и прикрепить трубку к котлу скобами для предупреждения дрожания. Точно также нужно соответственно изогнуть изоляционную трубку, защищающую провода между концом элемента насыщенного пара и будкой машиниста, и отрезать ее, сообразуясь с длиной гибкой металлической трубки; затем сделать винтовые нарезки на обоих концах изоляционной трубки и развернуть внутренние концы трубки спереди и сзади с отрезком в 18×12 мм, вставить провода в трубку и установить ее на соответственное место, после того как концы проводов будут пропущены в элемент насыщенного пара; затем свинтить соединение B_1 . Концы проводов нужно прикрепить к зажимам R_1 и R_2 , находящимся в элементе насыщенного пара и отмеченным теми же значками, что имеются на проводах. Затем надо крепко затянуть соединение B_1 , одеть гибкую металлическую трубку на задний конец проводов, ввинтить ее крепко в отрезок 18×12 мм и зажать гайку. После этого нужно притянуть кверху концы проводов, пропустив их через отверстие в дне коробки 8, и прикрепить их к зажимам 9 и 10, на которых имеются те же значки, что и на проводах; затем нужно ввинтить гибкую металлическую трубку в дно коробки и, для прочности зажать, гайку.

После того как пирометр установлен, контрольные винты 11, проходящие через дно коробки 8, ввинчиваются до тех пор, пока они не упрутся в зажимы 9 и 10. Милливольтметр будет при этом выключен из цепи; стрелка, находясь теперь вне влияния термopара, должна показывать температуру насыщенного пара при рабочем давлении котла. Если стрелка не показывает

надлежащей температуры, нужно снять гайку 12 и при помощи отвертки поворачивать регулирующий винт 13 до тех пор, пока стрелка не станет на должной



Фиг. 211. Термоэлектрический американский пирометр.

температуре. Затем гайка 12 снова ставится и винт 11 отвинчивается до отказа. Этим милливольтметр снова включается в цепь и стрелка должна показывать температуру перегрева.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

В О Д О П О Д О Г Р Е В А Т Е Л И

19. ВВЕДЕНИЕ

В период 1926—1930 г.г. было изготовлено около 4 000 поверхностных водоподогревателей Кнорра (из них часть с небольшими конструктивными изменениями была изготовлена заводом „Борец“, в количестве 100—150 штук) и около 2 000 водоподогревателей смешения системы „Красный Путиловец“.

Часть всех этих водоподогревателей поставлена паровозостроительными заводами при постройке новых паровозов, но большая часть находится на складах как запасные части, которые должны ставиться при ремонте паровозов на ремонтных заводах.

В период 1928—1929 г.г. государственные тормозные заводы в Москве (1-й завод) и в Ярославле (2-й завод) оборудовали у себя специальные цеха для изготовления поверхностных водоподогревателей Кнорра. Оборудование этих заводов и выпущенная продукция в количестве 4 000 водоподогревателей представляют ценность более 11 млн. руб.

Практика эксплуатации водоподогревателей на наших дорогах показала, что для правильного и бесперебойного действия этих агрегатов требуется иметь в запасе большое количество отдельных деталей для быстрой замены сработавшихся частей. Наиболее часто приходится менять клапаны (как всасывающие, так и нагнетательные), вертикальный стержень ходопеременного золотника парораспределительной головки парового цилиндра, поршневые кольца, латунные трубки батареи водоподогревателя, медные прокладки крышек батареи и пр.

Стоимость запасных частей, которые требуется постоянно иметь на складах дорог для обеспечения бесперебойной работы водоподогревателей, представляет настолько большую величину, что заметно понижает выгоды эксплуатации водоподогревателей. При хороших условиях водоподогревательные устройства с поршневыми насосами могут дать экономию в топливе максимум 9—10%, но если вычесть отсюда стоимость запасных частей и работы по ремонту водоподогревателей, то чистого сбережения от экономии топлива остается каких-нибудь 1½—2% (учитывая эксплуатационные убытки от простоев паровозов из-за ремонта водоподогревателей). Это — в лучшем случае; но принимая во внимание, что в обычных эксплуатационных условиях водоподогреватели, вследствие постоянных неполадок, едва ли дают 10% экономии топлива, чистое сбережение в рублях будет меньше 1½—2%, а, быть может, будет и перерасход.

У нас не выяснилась точно величина экономии топлива от применения водоподогревателей с поршневыми насосами, т. е. величина ее в 9, 10 и даже 12%, которыми принято оперировать, представляют величину полученную при опытных поездках и указанную в иностранной технической литературе. Но здесь совершенно не учитываются эксплуатационные условия: быстрая сработка отдельных деталей водоподогревателей, возможность и стоимость получения запасных частей, простои паровозов из-за ремонта водоподогревателей, стоимость этого ремонта, работа паровозов с недействующими водоподогревателями, увеличение расхода свежего пара на сработанный насос и т. д.

Ввиду проводимой сейчас у нас экономии цветных металлов, очень трудно (и даже невозможно) рассчитывать на получение латунных трубок для батареи водоподогревателей Кнорра. В депо приходится ставить вместо латунных трубок железные. Легко себе представить, какова экономичность будет такого водоподогревателя, когда эти железные трубки моментально покрываются со стороны воды отложением накипи, а с наружной стороны, кроме того, трубки покрываются слоем смазки (из отходящего пара). При таких условиях водоподогреватель не дает никакой экономии. Но надо еще принять во внимание, что поршневой насос водоподогревателя при своем исправном состоянии потребляет около 2% свежего пара от всего количества, вырабатываемого котлом, а при изношенном состоянии насоса процент потребляемого им свежего пара увеличивается в несколько раз.

Все эти обстоятельства эксплуатации водоподогревателей показывают, что водоподогреватели с поршневыми насосами экономически невыгодны. Причину того, что за границей подобные водоподогреватели имеют довольно большое распространение, следует искать в существующем там положении: заинтересованность и конкуренция отдельных фирм, изготовляющих водоподогреватели, заинтересованность отдельных дорог в делах той или другой фирмы, климатические условия.

Но как бы то ни было, а нужно считаться с уже произведенным капиталовложением (свыше 11 000 000 руб., как это было указано выше), и нужно принять меры к тому, чтобы уже изготовленные водоподогреватели можно было эксплуатировать для того, чтобы хотя частично амортизировать этот капитал.

Поэтому было решено, что с 1930 г. прекращается дальнейшее изготовление водоподогревателей (как поверхностных, так и смешения), оборудование цехов государственных тормозных заводов по изготовлению водоподогревателей используется в течение 1931 г. на изготовление запасных частей в количестве, которое необходимо для эксплуатации всех установленных водоподогревателей Кнорра в течение одного года.

Дальнейшее изготовление запасных частей для водоподогревателей должно производиться на ремонтных заводах.

Так как подогрев питательной воды имеет большое значение для экономичности работы паровоза, то отказываться от подогрева питательной воды конечно нельзя. Вместо водоподогревателей с поршневыми насосами решено ставить инжекторы мягкого пара, которые представляют собою водоподогреватели смешения, где поршневой насос заменен пароструйным аппаратом.

Инжекторы мягкого пара в обычных эксплуатационных условиях дают 4—5% экономии топлива, но за то эта экономия есть чистая, так как эксплуатационные расходы по ремонту инжекторов мягкого пара ничтожны, стоимость инжектора мягкого пара не более 500—600 руб., тогда как стоимость водоподогревателя с поршневым насосом — 3 000—3 500 руб., При этом надо принять во внимание, что на изготовление инжекторов мягкого пара требуется металла меньше от 20 до 30 раз. В период 1930—1932 г.г. все вновь строящиеся паровозы выпускались заводами без водоподогревателей, с двумя обычными инжекторами свежего пара Фридмана RS № 11.

В настоящее время у нас выбраны инжекторы мягкого пара системы И. О. Трофимова, класса ТЗ и ИРТ'а, который и будет ставиться на все вновь строящиеся и все ремонтируемые паровозы. Левый инжектор будет мягкого пара, а правый свежего.

Так как эксплуатация поверхностных водоподогревателей и водоподогревателей смешения для их амортизации будет у нас производиться еще в течение нескольких лет, то, несмотря на отказ от водоподогревателей с поршневыми насосами, автор счел нужным дать подробное описание конструкций применяемых у нас водоподогревателей.

20. ТИПЫ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

Водоподогреватели, примененные на паровозах, предназначены для использования части отбросов теплоты, теряемых в атмосферу с отработавшим паром или с отходящими топочными газами и возвращаемых водоподогревателем в котел в виде сильно подогретой питательной воды (до 100° Ц и более).

При питании котла инжекторами свежего пара вода подается ими также подогретой, но этот подогрев, более низкий ($60-70^{\circ}\text{C}$), получается за счет теплоты свежего пара. Отсюда понятна получаемая экономия в топливе, которую дают паровозы, оборудованные водоподогревателями в сравнении с паровозами, работающими на инжекторах свежего пара. Вполне исправные водоподогреватели, как уже было сказано, дают 9—10% сбережения топлива.

Водоподогреватели дают возможность увеличить мощность паровозов, ими оборудованных, в сравнении с паровозами без водоподогревателей, при сжигании и тем и другим того же количества топлива. При нагреве воды до $60-70^{\circ}$, из нее начинает выделяться накипь, часть которой задерживается в водоподогревателе и не поступает в котел. Таким образом, водоподогреватели способствуют меньшему загрязнению котла и ведут к лучшей сохранности его стенок, более дешевому ремонту, увеличению пробега между промывками и увеличению теплопередачи, так как накипь является дурным проводником тепла и проч.

При водоподогревателях, использующих часть теплоты отходящего пара, выход его производится не только в атмосферу через конус, но часть поглощается и водоподогревателем, почему противодействие на нерабочую сторону поршня уменьшается, чем облегчается работа машины.

Уменьшение форсировки вследствие ослабления работы конуса компенсируется некоторым снижением расхода пара, получаемого от уменьшения противодействия. В некоторых случаях бывает полезно уменьшать сечение конуса в паровозах с водоподогревателями: этим, во-первых, усиливается работа конуса при необходимости получения более высоких форсировок и, во-вторых, вследствие некоторого добавочного противодействия в конусе, большая часть пара, при стремлении двигаться в сторону меньшего сопротивления, попадает в водоподогреватель, чем температура подогрева повышается.

При питании котла водоподогревателем, вода подается непрерывно, почему режим работы котла становится более равномерным и спокойным, чем уменьшаются порча его стенок и появление течи труб в решетках, происходящие вследствие неравномерных охлаждений и нагреваний. Работа паровозной бригады также значительно облегчается, так как при водоподогревателе нет надобности непрерывно следить за водоподогревательными приборами и периодически качать воду. Водоподогреватели можно в пути отрегулировать так, что подача воды будет равна расходу, т. е. уровень воды будет более или менее постоянным.

При применении водоподогрева возрастает производительность котла при том же часовом расходе топлива и тех же температурах газов в области расположения элементов пароперегревателя, почему уменьшается теплотополучение, приходящееся на долю каждого килограмма пара в пароперегревателе.

Вызываемое наличием водоподогрева понижение температуры перегретого пара достигает до $20-30^{\circ}\text{C}$, в зависимости от температуры питательной воды.¹

Несмотря на столь существенные преимущества водоподогревателей, они все-таки довольно сложны, требуют тщательного ухода и ремонта, подвержены легкому замораживанию и т. д., почему, как уже об этом упоминалось, они в скором времени окончательно уступят место инжекторам мягкого пара.

Из всех предложенных до настоящего времени систем водоподогревателей исключительное распространение получили только водоподогреватели, использующие для подогрева воды часть теплоты отработавшего пара машины и различных вспомогательных устройств, т. е. тормозного насоса, насоса самого водоподогревателя, подогрева смазочных аппаратов и т. д.

Во всех системах водоподогревателей, за исключением инжекторов мягкого пара, подача воды производится поршневыми насосами, приводимыми в действие свежим паром.

¹ См. Труды XXXVI съезда инженеров тяги в 1928 г., стр. 63, из доклада проф. Сыромятникова.

Все водоподогреватели, использующие для подогрева теплоту пара, разделяются на две основные группы:

- 1) водоподогреватели поверхностные,
- 2) „ „ смешения.

В первых пар непосредственно с водой не соприкасается, а только омывает некоторую поверхность нагрева, через которую теплота передается от пара к воде.

В водоподогревателях второй группы происходит непосредственное соприкосновение пара с притекающей и разбрызгиваемой водой.

Принцип действия вторых водоподогревателей нужно считать более совершенными, так как в них отсутствует преграда передаче теплоты через поверхности нагрева, всегда сопровождаемая некоторой потерей тепла. Поэтому теплота перегрева в водоподогревателях смешения должна быть несколько выше, чем в поверхностных. Опытными данными это вполне и подтвердилось.

Кроме того, в водоподогревателях смешения конденсат в смеси с подаваемой водой идет в котел, т. е. всегда используется. Таким образом, эти водоподогреватели дают также и экономию воды. Отложение накипи в водоподогревателе смешения меньше, чем в поверхностном, ввиду того, что около 10—15% питательной воды является конденсатом, свободными от вредных примесей. В водоподогревателях поверхностных конденсат не всегда может быть использован. Для этого должен быть обеспечен вполне свободный сток в тендер, что возможно только в том случае, если водоподогреватель расположен выше наивысшего уровня воды в тендере. Таким образом, поверхностный водоподогреватель следует, по возможности, располагать над котлом. В тех же случаях, когда за недостатком места или по размерам габарита этого сделать нельзя, поверхностный водоподогреватель вынужден будет работать с потерей конденсата.

Подогрев питательной воды на паровозах был применен еще в 1852 г., но тогда широкого распространения он не получил только потому, что был недооценен.

В России первый водоподогреватель был применен в 1911 г. на одном из паровозов 1—3—0 НВ на бывш. Сев.-Зап. жел. дор. Это был поверхностный водоподогреватель типа Кейль-Потанье, не получивший, однако, дальнейшего распространения ввиду целого ряда недостатков. Широкое распространение на паровозах в СССР водоподогреватели разных систем получили сравнительно недавно (с 1923—1924 г.).

В данное время применяются следующие типы водоподогревателей:

1) Поверхностные — а) Кнорр; б) несколько видоизмененный во второстепенных деталях водоподогреватель Кнорра, изготовляемый заводом „Борец“; в) Коломенского завода, имеющий отличный от водоподогревателя Кнорра насос и установленный на первых паровозах 1—3—1 С^у; г) Элеско, установленный на первом паровозе 1—5—1 ФД и на всех паровозах 1—5—2 Та.

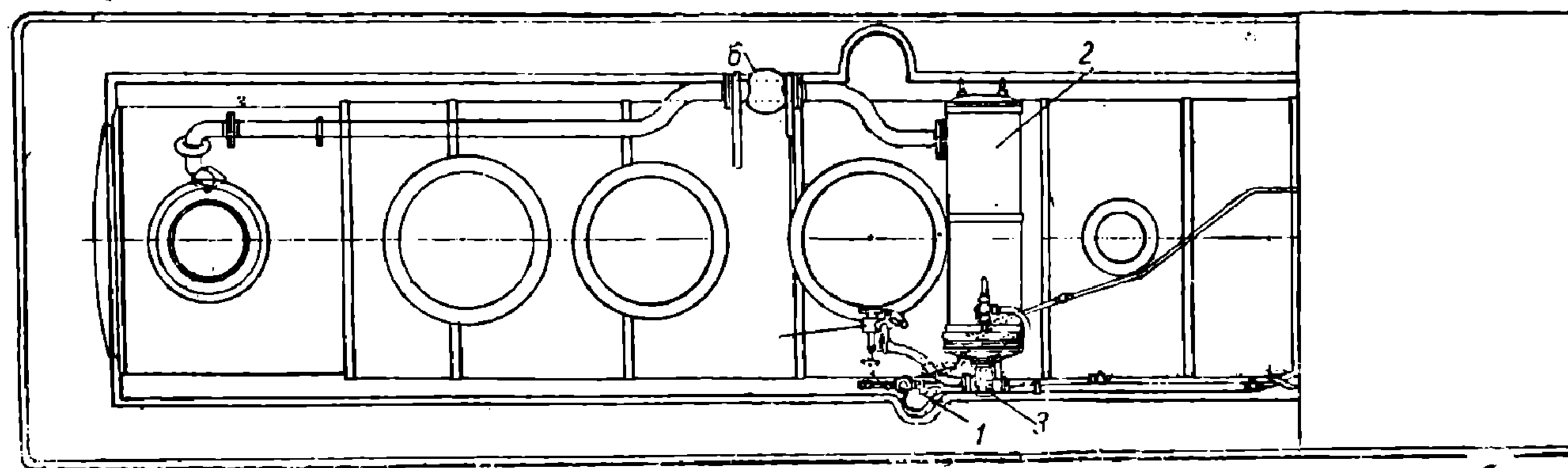
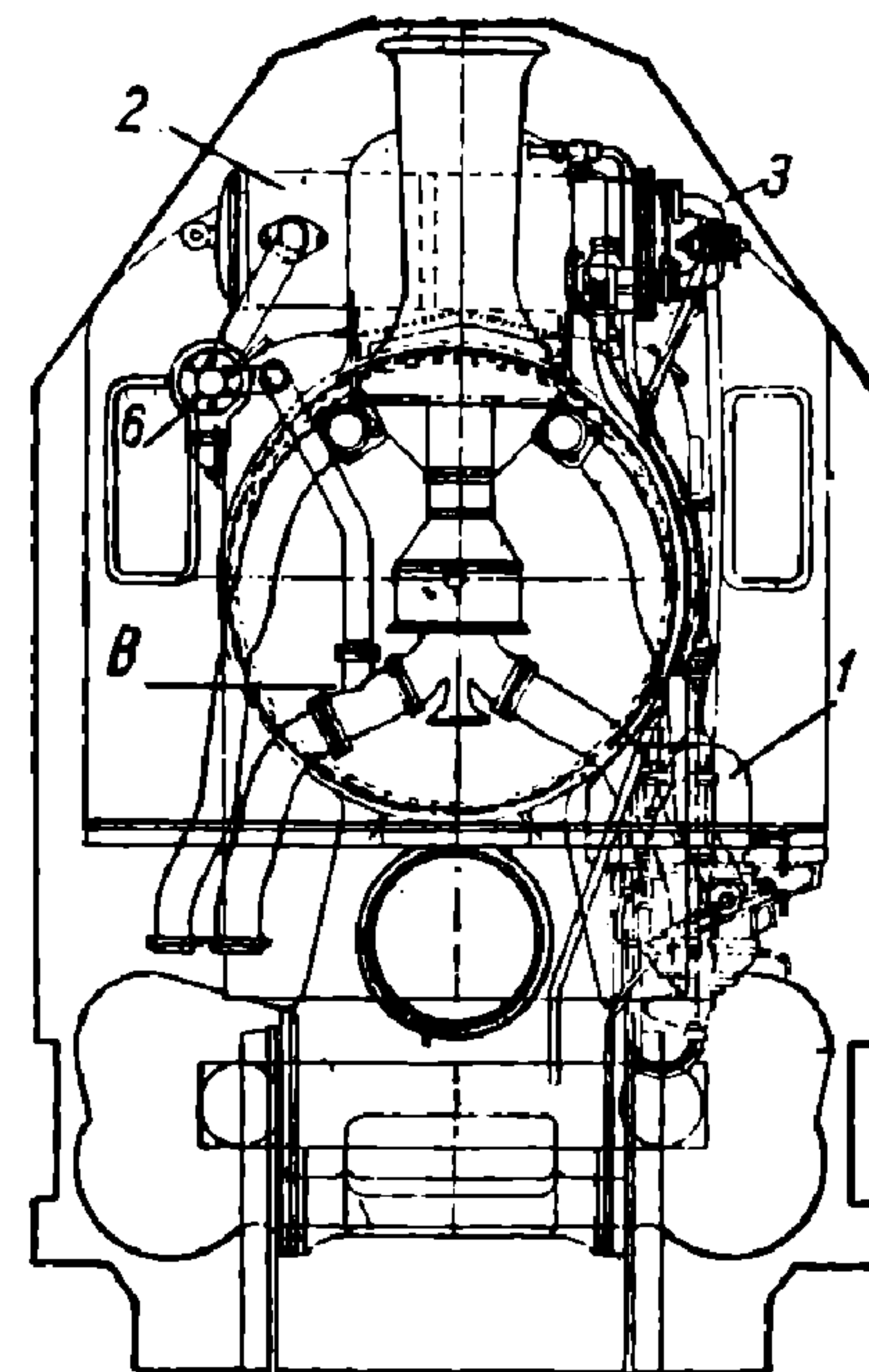
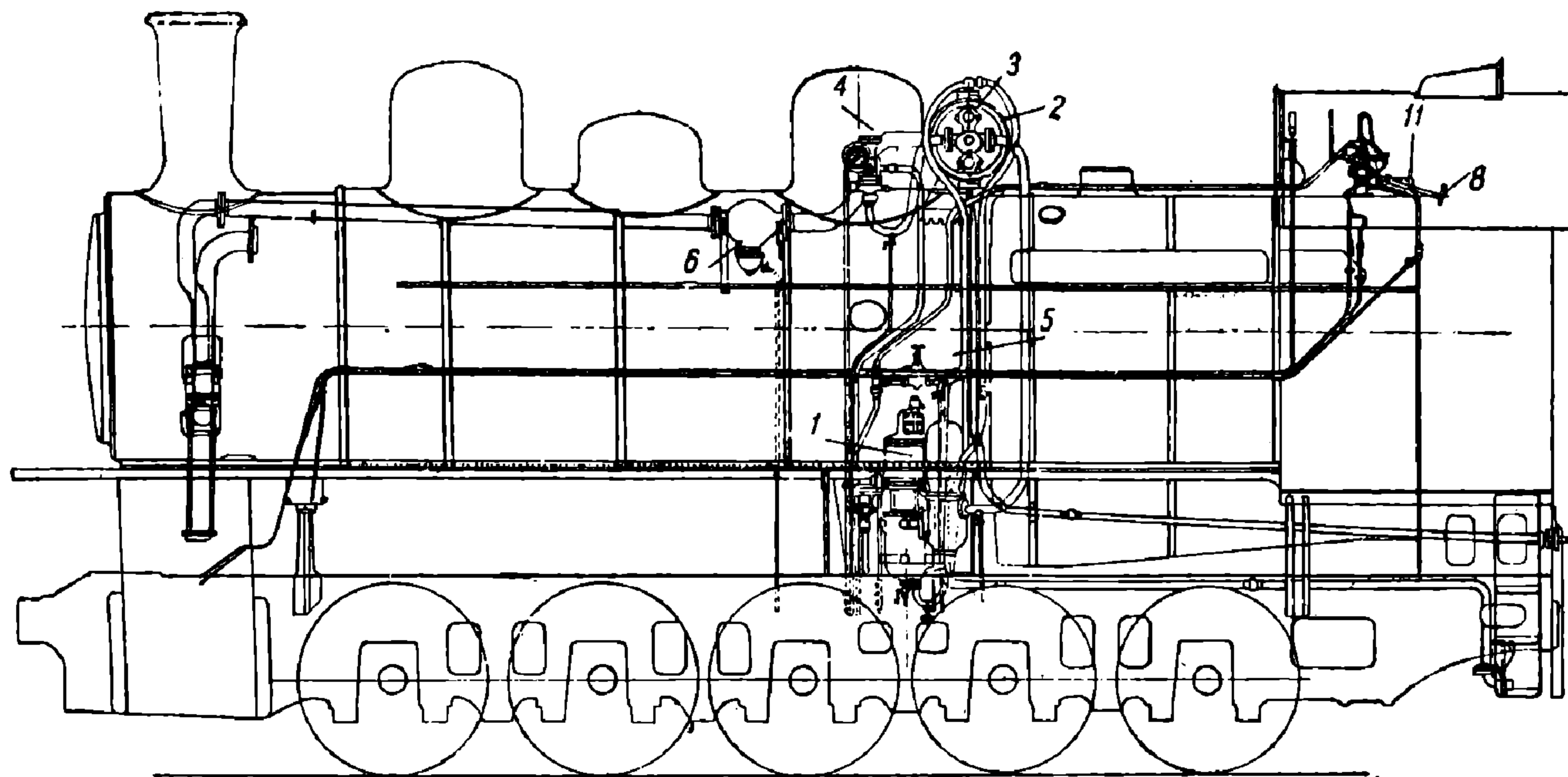
2) Смешения — а) Вортингтон, б) завода „Красный Путиловец“.

Рассмотрение их устройств помещено в последующих параграфах.

21. ПОВЕРХНОСТНЫЙ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЬ КНОРРА

Установка водоподогревателя состоит из следующих главнейших частей (фиг. 212 и 213): 1 — пароводяного насоса, 2 — батареи водоподогревателя или собственно водоподогревателя, 3 — переключательного крана, 4 — питательной коробки, 5 — автоматического парового клапана, 6 — маслоотделителя (применяемого только при использовании конденсата); 7 — запорного клапана или заслонки (не во всех установках), 8 — пускового вентиля, 9 — пульсирующего манометра, 10 — пирометра, 11 — вентиля для прогрева всасывающей трубы, 12 — разных кранов, 13 — тройников труб, штуцеров и прочих частей.

Все перечисленные части имеют следующее назначение: пароводяной насос 1, приводимый в действие свежим паром, производит присасывание воды из тендера и нагнетание ее через водоподогревательный агрегат в котел.

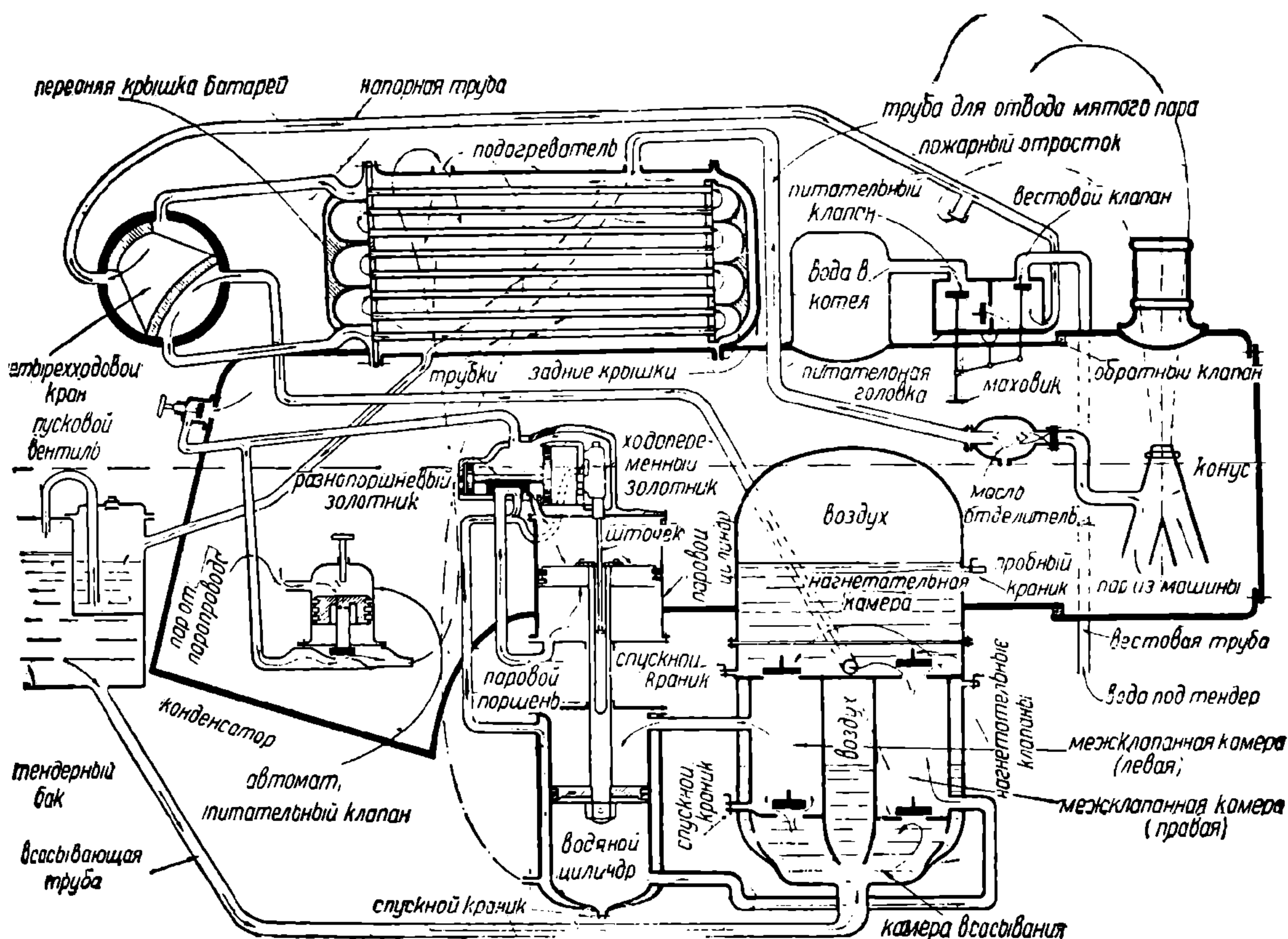


- 1—пароводяной насос,
- 2—батарея,
- 3—переключательный кран.
- 4—автоматический клапан,
- 6—маслоотделитель,
- 6а—малый маслоотделитель,
- 7—запорный клапан (не во всех установках),
- 8—пусковой вентиль,
- 9—пульсирующий манометр (не показан),
- 10—пирометр (не показан),
- 11—вентиль для прогрева всасывающей трубы,
- 12—спускные краны,
- 13—тройник трубы мягого пара,

Фиг. 212. Установка водоподогревателя Кнорра над котлом на паровозе 0—5—0ЭУ.

В батарее водоподогревателя происходит процесс теплопередачи от поступающей в него части отработавшего пара к воде, прогоняемой через агрегат насосом 1.

Переключательный кран 3 служит для ежесуточного изменения направления тока воды по трубам водоподогревателя 2, чем достигается следующее: при вступлении холодной воды в водоподогреватель от соприкосновения с его поверхностью нагрева вода начинает постепенно нагреваться; как только нагрев перейдет за $60-70^{\circ}$, из воды начинает выделяться накипь, которая сейчас же отлагается на стенках трубок и тем больше, чем выше становится подогрев. Если бы вода имела постоянно ток только в одну сторону, то начало поверхности нагрева водоподогревателя, считая таковую со стороны входа холодной воды, было бы свободно от накипи, а другая часть той-же



Фиг. 213. Схема водоподогревателя Кнорра.

поверхности, примыкающая к стороне выхода подогретой воды, покрылась бы толстым слоем накипи. Если-же ток воды менять каждые сутки (как это рекомендуют германские инструкции) или через какие-либо другие промежутки времени, связанные с пробегом паровоза, заставлять воду менять свое направление, то, очевидно, отложение накипи будет происходить по всему водоподогревателю равномерно. Кроме того, отложение накипи в трубках происходит более или менее рыхлым слоем. Эти выделения довольно хорошо отстают, если струя воды будет пущена против шерсти образования наслоений.

В питательной коробке 4 содержится питательный или обратный клапан, через который подогретая вода поступает в котел и который препятствует обратному выходу воды из котла.

Автоматический паровой клапан 5 служит для автоматического впуска части свежего пара из трубы, подводящей этот пар к насосу, в водоподогреватель при закрытом регуляторе. Если насос после закрытия регулятора будет продолжать подачу того-же количества воды, которое он подавал до закрытия,

то, ввиду прекращения питания водоподогревателя мятым паром из цилиндров, подогрев должен резко упасть. Расход воды из котла при этом становится меньше, почему и продолжать питание водой столь же интенсивно будет не только бесполезно, но даже вредно, так как излишняя подача холодной воды, не соответствующая расходу, должна сильно охладить котел, вызвав падение давления пара, течь труб и т. д. Для уменьшения подачи воды насосом и одновременного поддержания температуры подогрева на определенной высоте, следует каждый раз при закрытии регулятора уменьшать приток свежего пара в насос. При частых прикрытиях регулятора это было бы для паровозной бригады довольно обременительно, почему значительно удобнее производить автоматическое уменьшение подачи. Это производит автоматический паровой клапан. Производя, с одной стороны, отнятие части свежего пара, предназначенного в насос, клапан замедляет работу насоса и, следовательно, уменьшает подачу воды; с другой стороны, часть отнятого от насоса свежего пара идет в водоподогреватель и подогревает в нем воду в те промежутки времени, в течение которых водоподогреватель, вследствие закрытия регулятора, лишается главного источника теплоты, приносимого мятым паром из цилиндров.

Маслоотделитель 6 производит отделение смазки, выбрасываемой из цилиндров в виде капель с отработанным паром. Если пар, сгущенный в воду, после отдачи теплоты воде в водоподогревателе, будет возвращен в тендер и, следовательно, использован для дальнейшего питания котла, то поступление вместе с этой водой смазки будет загрязнять котел. Умеренное же количество смазки, не задерживаемое маслоотделителем и попавшее вместе с питательной водой в котел, будет даже полезным, так как препятствует прилипанию накипи к стенкам поверхности нагрева.

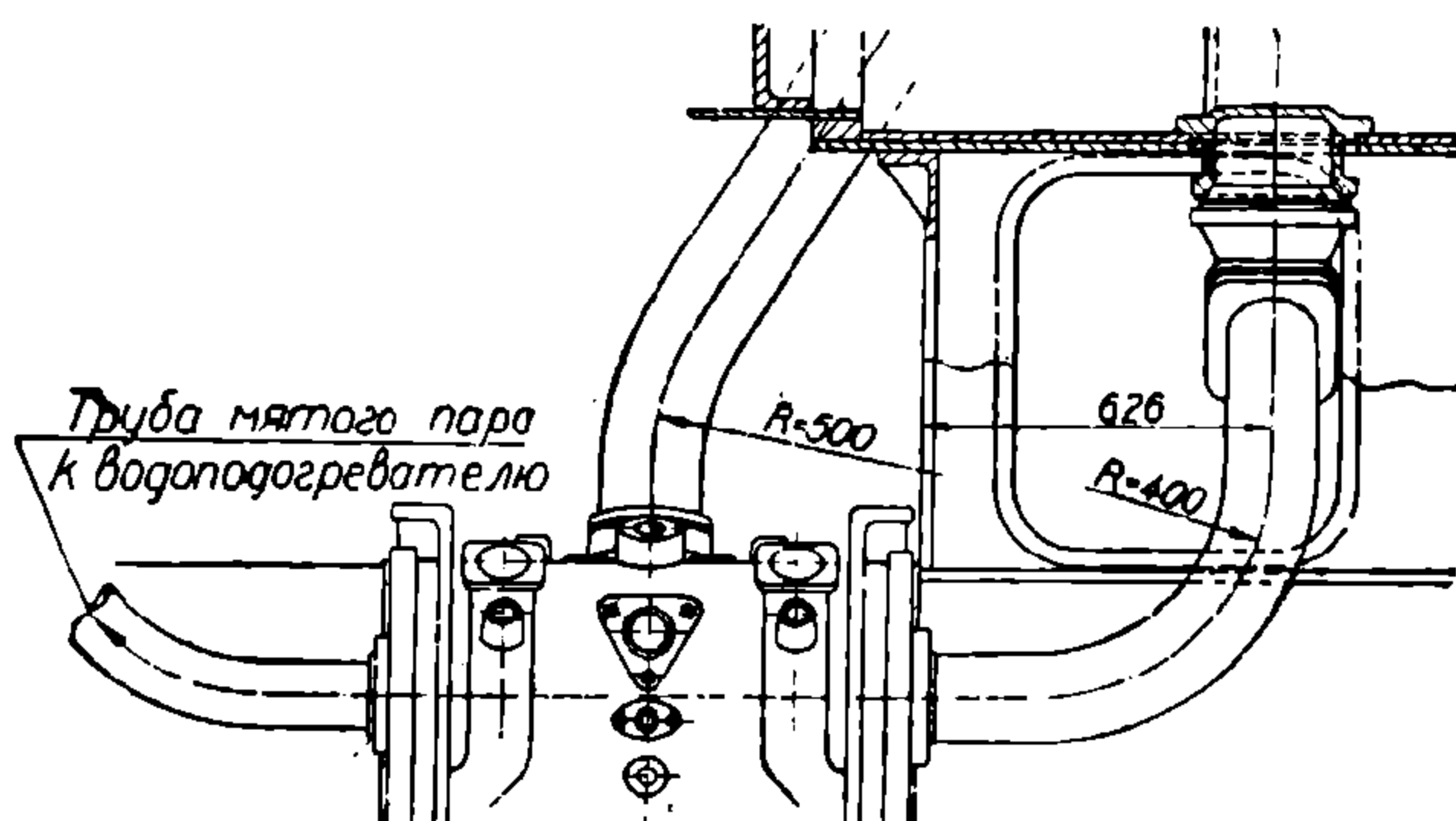
Запорный клапан или задвижка 7 служит для прекращения или уменьшения доступа мятого пара в водоподогреватель при порче водоподогревателя.

Пульсирующий манометр 9 дает возможность паровозной бригаде на ходу видеть, работает ли насос. Пирометр 10 дает возможность судить о степени подогрева. Вентиль 11 для прогрева всасывающей трубы помещается в будке машиниста и производит подачу свежего пара к нижнему месту всасывающей трубы; открытие вентилля должно производиться зимой при остановленном насосе.

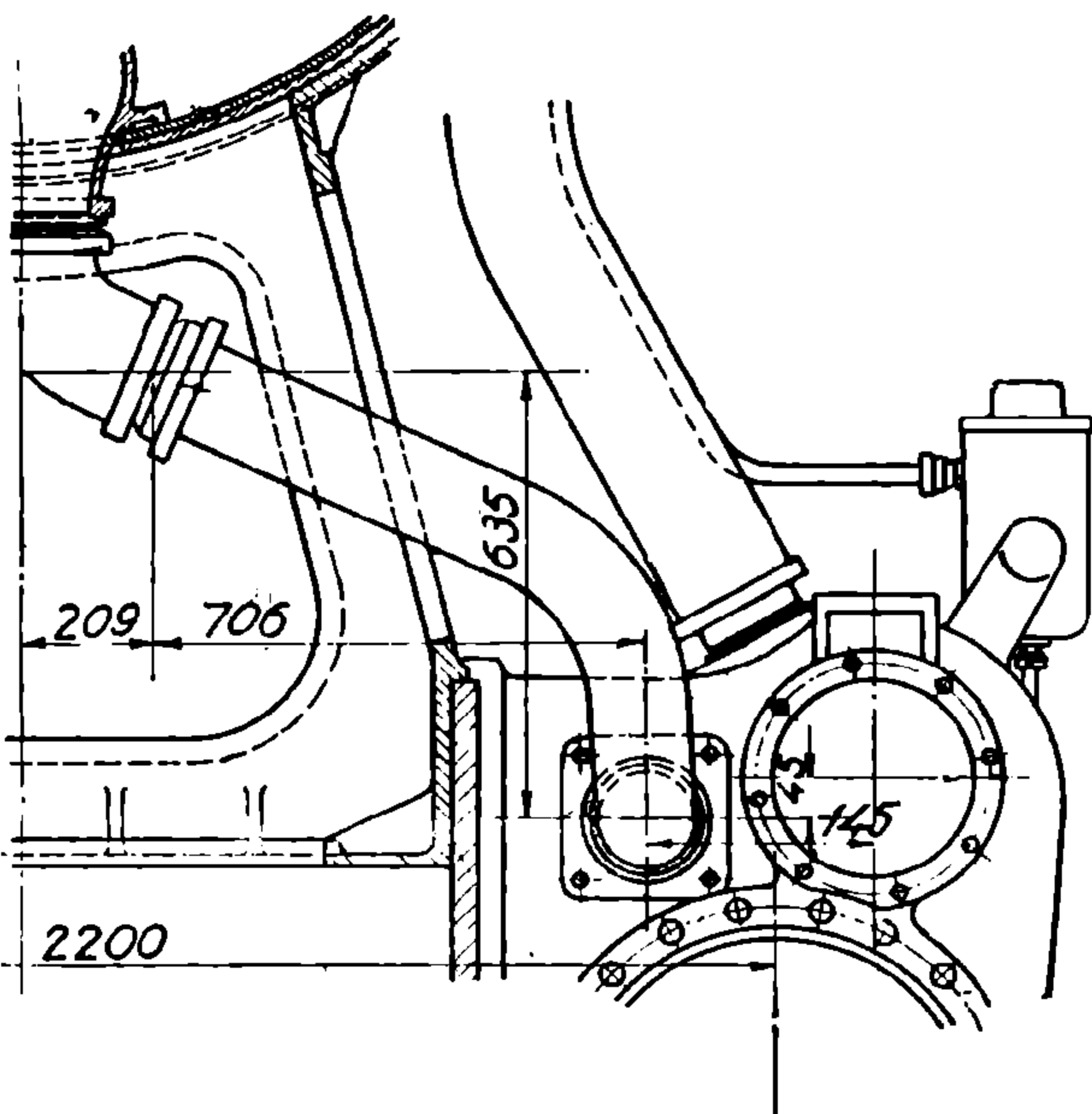
Схема действия водоподогревателя Кнорра заключается в следующем. От струи отработавшего пара, идущей из машины в конус, отделяется около 12,5—17,5%. Ответвленный пар течет по трубе к тройнику 13, где соединяются трубы от всех цилиндров; далее, по одной общей трубе пар идет в водоподогреватель 2. При использовании конденсата, образующегося из этого пара, после подогрева им воды и направляемого в тендер, мятый пар предварительно пропускается через маслоотделитель 6. Свежий пар из котла к насосу 1, пускаемый вентилем 8 для приведения его в действие, идет по паровой трубе. Отработавший пар из насоса идет по выхлопной трубе к тройнику 14, к которому присоединяется выхлопная трубка от тормозного насоса, а также трубка свежего пара от автоматического клапана 5. Для отделения смазки при использовании конденсата имеется еще малый маслоотделитель 6а. Вступивший в водоподогреватель пар омывает снаружи поверхность трубок, идущих вдоль всего барабана, и после отдачи теплоты воде, циркулирующей по трубкам и конденсации, стекает по трубе либо обратно в тендер, в случае использования конденсата, либо прямо на путь при невозможности использования конденсата, ввиду низкого расположения водоподогревателя, сильного прогрева питательной воды в тендере или загрязнения воды при неудовлетворительном действии маслоотделителей. Чтобы при высоком расположении водоподогревателя можно было, по желанию, впускать конденсат либо на путь, либо в тендер, устроен кран 15, от которого труба идет наружу, а другая труба к водоприемному рукаву правого инжектора или к специальному рукаву, отводящему конденсат в тендер. Вода из тендера присасывается водяным цилиндром насоса от левого водоприемного рукава по водоприемной трубе. Нагнетание воды тем-же цилиндром производится по нагнетательной трубе к переключательному крану 3, через который вода под давлением вступает в сеть труб водоподогревателя 2, омываемых снаружи мятым паром, где вода и подогре-

вается. Подогретая вода из трубок водоподогревателя 2 возвращается к крану 3, от которого по трубе поступает к питательной коробке 4 и через ее питательный клапан нагнетается в котел. Автоматический клапан 5 трубкой соединен со свежим паром в золотниковой коробке одного из цилиндров машины или с камерой пароперегревателя. При открытом регуляторе пар по этой трубке подходит к автомату 5 и закрывает доступ свежего пара из впускной трубки насоса в водоподогреватель. При закрытом регуляторе автоматический клапан 5 открыт.

Отбор мягого пара в водоподогревателе обычно делается или из выхлопных коробок цилиндров или прямо из выхлопных труб (фиг. 212). В наружных цилиндрах, отливаемых при машине однократного расширения для обеих сторон по одной модели и устроенных так, что парoisходящие трубы, присоединяемые к цилиндрам, расположенным не на середине, а сбоку (2—3—0 К, К^у, 1—3—0 Н^п и др.,



Фиг. 214. Отбор мягого пара в водоподогреватель на паровозе 2—3—0 К.



Фиг. 215. Отбор мягого пара в водоподогреватель на паровозе 2—3—0 К. Вид спереди.

фиг. 214 и 215) в цилиндре на выхлопной коробке делаются два фланца, расположенные с каждой его стороны, — один спереди, а другой сзади. Парoisходящие трубы присоединяются к передним фланцам, задние же свободные — заглушаются. Трубу для отбора пара в водоподогреватель удобнее всего присоединить к заднему заглушенному фланцу, сняв с него заглушку. На паровозах 1—3—0 Н^п, модернизированных из 1—3—0 Н^в, задний фланец выхлопной коробки цилиндра близко подходит к бандажу первого сцепного колеса. Кроме

того, на левой раме около этого фланца прикреплена стойка механизма продувательных кранов цилиндров. Эти два обстоятельства требуют либо делать в трубе мягого пара, идущей в водоподогреватель и присоединенной к фланцу, очень резкий изгиб, либо переделать механизм продувательных кранов, либо от использования фланца совершенно отказаться. Резкие повороты этой трубы, выполненные на некоторых паровозах 1—3—0 Н^п, потребовали замены железных труб медными, так как железные при столь крутых изгибах обыкновенно дают излом. Следует при этом отметить, что резкий поворот трубы вреден в том отношении, что сильно затрудняет ток пара в водоподогревателе. При установке водоподогревателей на части паровозов 1—3—0 Н^п, произведенной на Ленинградском ремонтном заводе, медных

прикрепленным к фланцу паровыхлопной коробки цилиндра, а другим — к фланцу укороченной пароисходящей трубы. Это колено сверху имеет фланец, к которому присоединена труба, идущая в водоподогреватель. Под этим фланцем внутри колена сделана воронка, забирающая пар в водоподогреватель и занимающая в живом сечении колена около $\frac{1}{5}$ площади (фиг. 141).

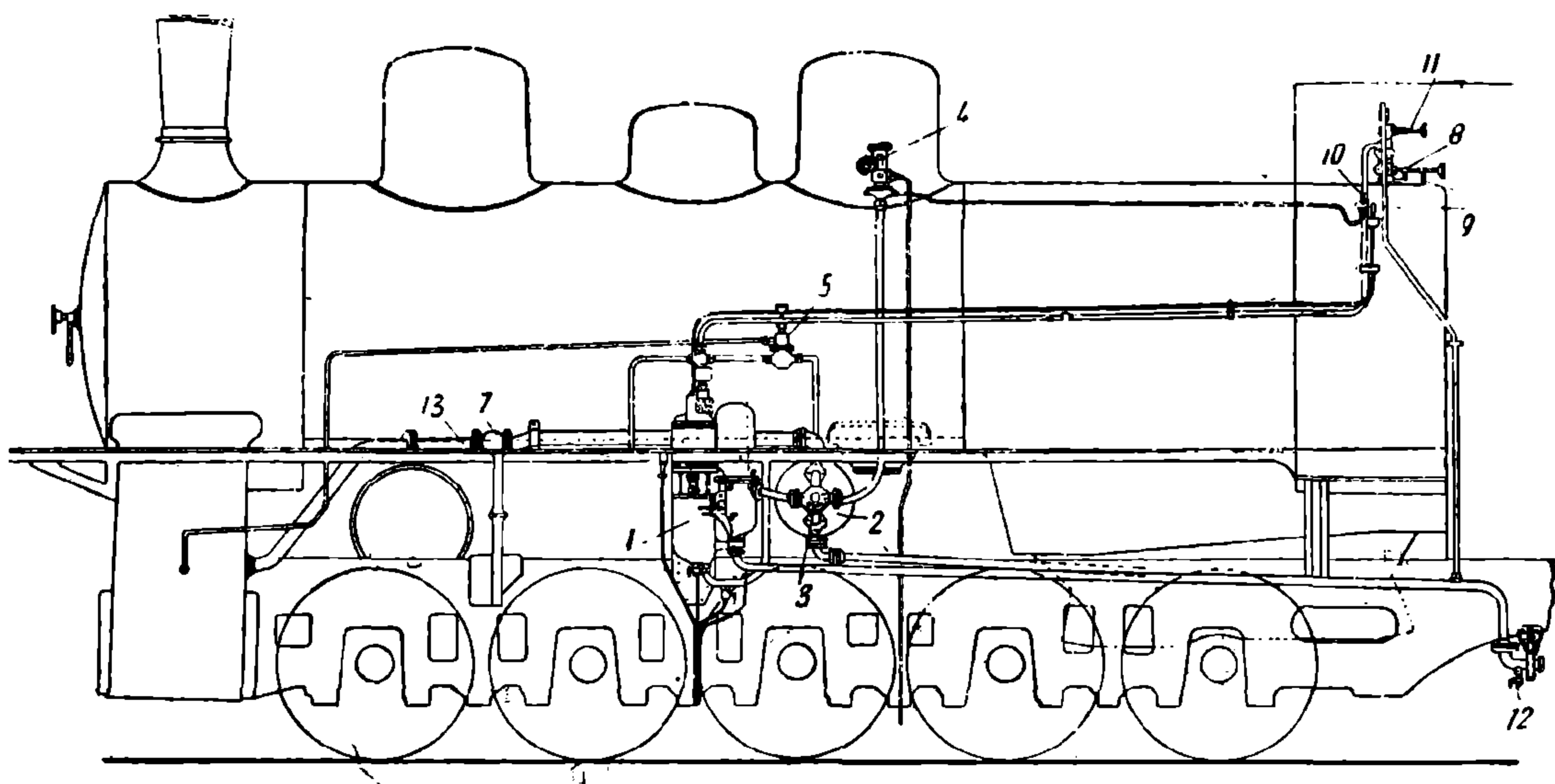
В цилиндрах паровозов 0—5—0 Э, 1—3—1 С и др. фланцы пароисходящих труб расположены в середине цилиндров, почему на выхлопных коробках пришлось сделать специальные отверстия, причем на паровозах 0—5—0 Э мятый пар в водоподогреватель отводится назад. На паровозах же 1—3—1 С так же, как и на 1—3—0 Н^П, оказалось более удобным выводить пар вперед. Трубы от обоих цилиндров сходятся в чугунном тройнике, причем соединение труб должно быть выполнено под острым углом. От этого тройника к водоподогревателю идет одна общая труба, по которой, в случае использования конденсата, установлен маслоотделитель.

Количество мятого пара, притекающего к водоподогревателю, зависит от диаметра подводящих труб. Этим количеством определяется и количество приносимого в водоподогреватель тепла, т. е. температура подогрева, которая должна быть близка к 100° Ц. Более низкие температуры должны указывать на какие-то неполадки в установке водоподогревателя, главной причиной которых является недостаток пара. Как показывают расчеты, в водоподогреватель должно вступать от $\frac{1}{6}$ до $\frac{1}{8}$ или 17,5—12,5% всего отработавшего пара. Так как пароисходящие трубы имеют в диаметре от 160 до 180 мм (внутри), то для того, чтобы вывести в водоподогреватель, напр., $\frac{1}{6}$ пара, площадь поперечного сечения трубы должна, казалось бы, составлять то же $\frac{1}{6}$ от площади пароисходящей трубы, т. е. иметь в диаметре всего 65—75 мм. На самом деле, ввиду существования в паропроводе сопротивлений (в изгибах трубы, в маслоотделителе, в запорном клапане и т. д.), такой диаметр труб оказался очень мал. Установлено, что диаметр трубы должен быть нормально около 120 мм. Применяются трубы, имеющие в диаметре 119 мм внутри и 127 мм снаружи. На паровозах 1—3—0 Н^П при указанном выше способе отбора пара трубы от обоих колен пароисходящих труб до соединительного тройника имеют диаметр 75/83 мм, а далее до водоподогревателя нормальные (119/127 мм). Уменьшение диаметра первой части трубопровода компенсируется, однако, наличием воронки в отливке колена пароисходящей трубы, производящей принудительный отбор пара из пароисходящей трубы. На опытах это обстоятельство подтвердилось тем, что температура подогрева свободно доходит до 90—100°, т. е. до тех же пределов, до которых доходит подогрев и на других паровозах. Выход пара в водоподогреватель происходит не непрерывно, а толчками, так что отдельные его порции не перемешиваются и каждая достигает водоподогревателя самостоятельно. Поэтому увеличивать сечение паропровода после соединения двух труб от обоих цилиндров в одну общую за тройником, до водоподогревателя, — нет надобности, и этот участок паропровода должен быть изготовлен из трубы того же диаметра, какой имеют трубы до тройника.

Кроме подбора труб надлежащего диаметра, паропровод должен быть так спроектирован и размещен на паровозе, чтобы длина его была наименьшей.

На паропроводе желательно установить запорный вентиль (такой вентиль входит в комплект частей водоподогревателя „Борец“) или заслонку, дающие возможность прекращать и регулировать приток пара в водоподогреватель. Полное прекращение доступа пара необходимо при порче водоподогревателя, иначе из трубы для стока конденсата получается сильнейшее парение, особенно зимой, затрудняющее безопасное ведение поезда, так как машинист совершенно не видит хвоста поезда. Вывести при этом пар в тендер при установке, предусматривающей использование конденсата, невозможно, так как в тендере произойдет быстрый нагрев воды и инжекторы откажутся действовать. При малом расходе воды и, следовательно, неполном использовании тепла, приносимого паром, вместе с конденсатом частично будет выходить и пар, также причиняющий парение. Кроме того, вытекая в атмосферу, эта часть пара непроизводительно уносит с собой ту энергию, которую она могла бы отдать на работу в конусе. В том случае, при наличии вентиля или заслонки, приток пара в водоподогревателе может быть убавлен.

Трубы должны быть прочно укреплены хомутами, чтобы не расстраивало фланцев. От сильного дрожания бывают случаи поломки труб. Фланцы труб, тройники и прочие части паропровода и водяных труб должны быть нормаль-

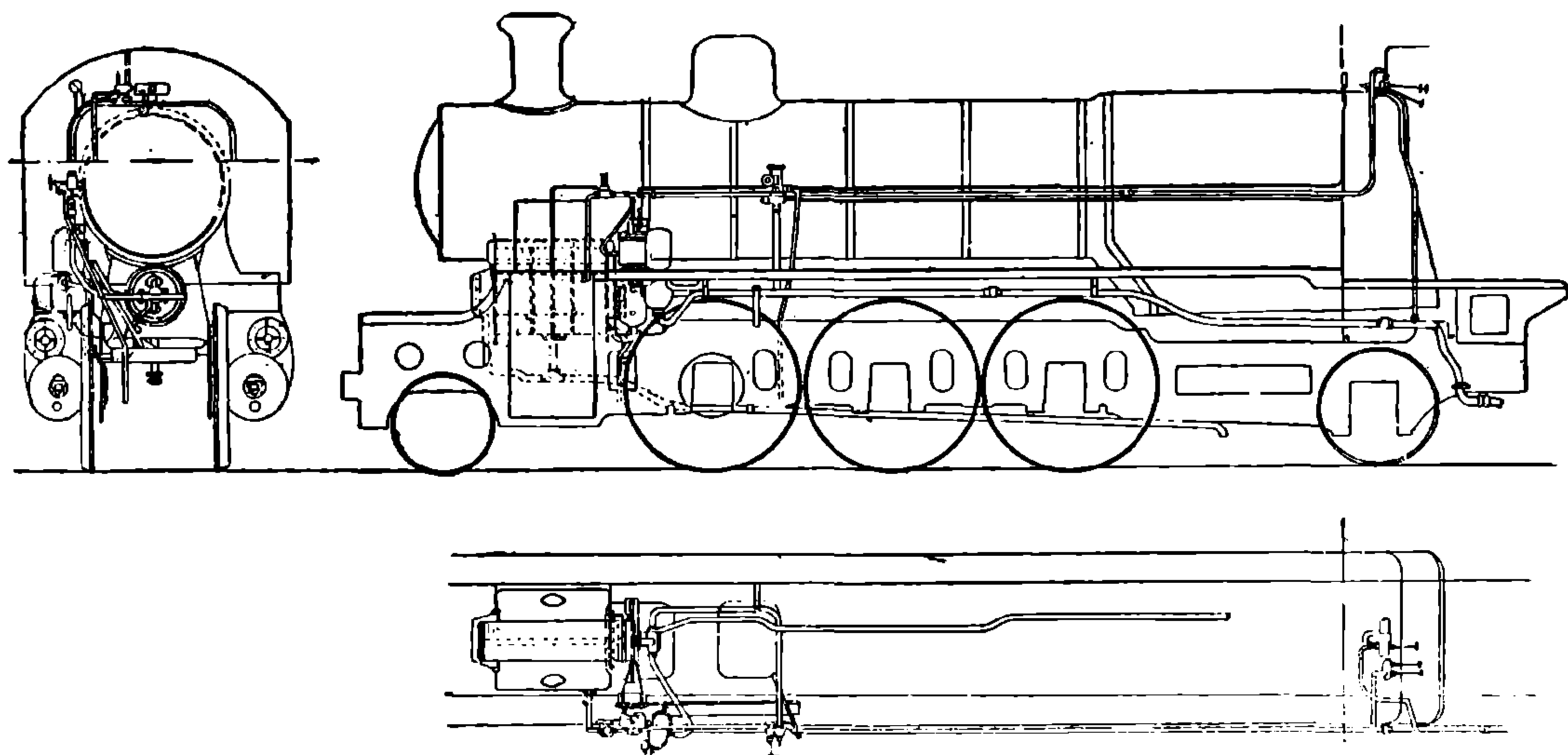


Фиг. 216. Установка водоподогревателя Кнорра под котлом на паровозе 0—5—0 ЭУ.

зованы или хотя-бы объединены для наибольшего числа ходовых серий паровозов.

Все водопроводные трубы должны быть вдоль котла расположены не горизонтально. В самых низких местах должны быть установлены спускные краники, к которым вода могла бы иметь свободный сток. Трубы должны иметь изгибы, позволяющие трубам свободно удлиняться от нагрева.

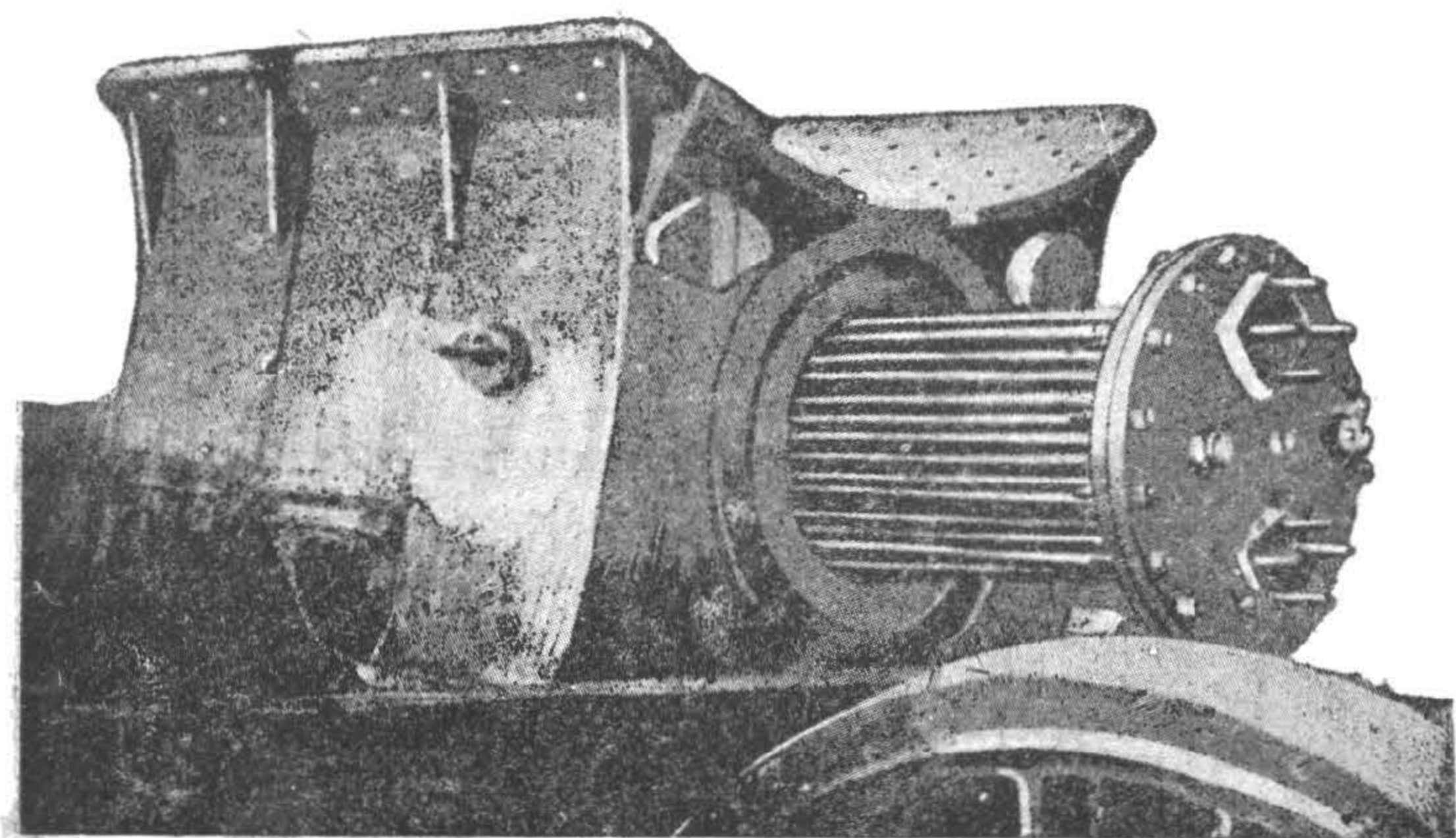
Сам водоподогреватель, как уже было указано выше, следует, по возможности, располагать на котле, причем, чтобы не безобразило вид паровоза, если



Фиг. 217. Установка водоподогревателя Кнорра на паровозе 1—3—1 СУ 1925—28 гг.

позволяет место, лучше установить вдоль котла, а не поперек. Расположение водоподогревателя должно быть, однако, выполнено с таким расчетом, чтобы вытаскивание целой батареи трубок из барабана водоподогревателя было совершенно свободно, что не требовало бы отнятия барабана от места, сопря-

женного с разъединением всех присоединенных к барабану труб (об устройстве водоподогревателя см. ниже). При установке необходимо также учитывать возможность удлинения водоподогревателя от нагрева.



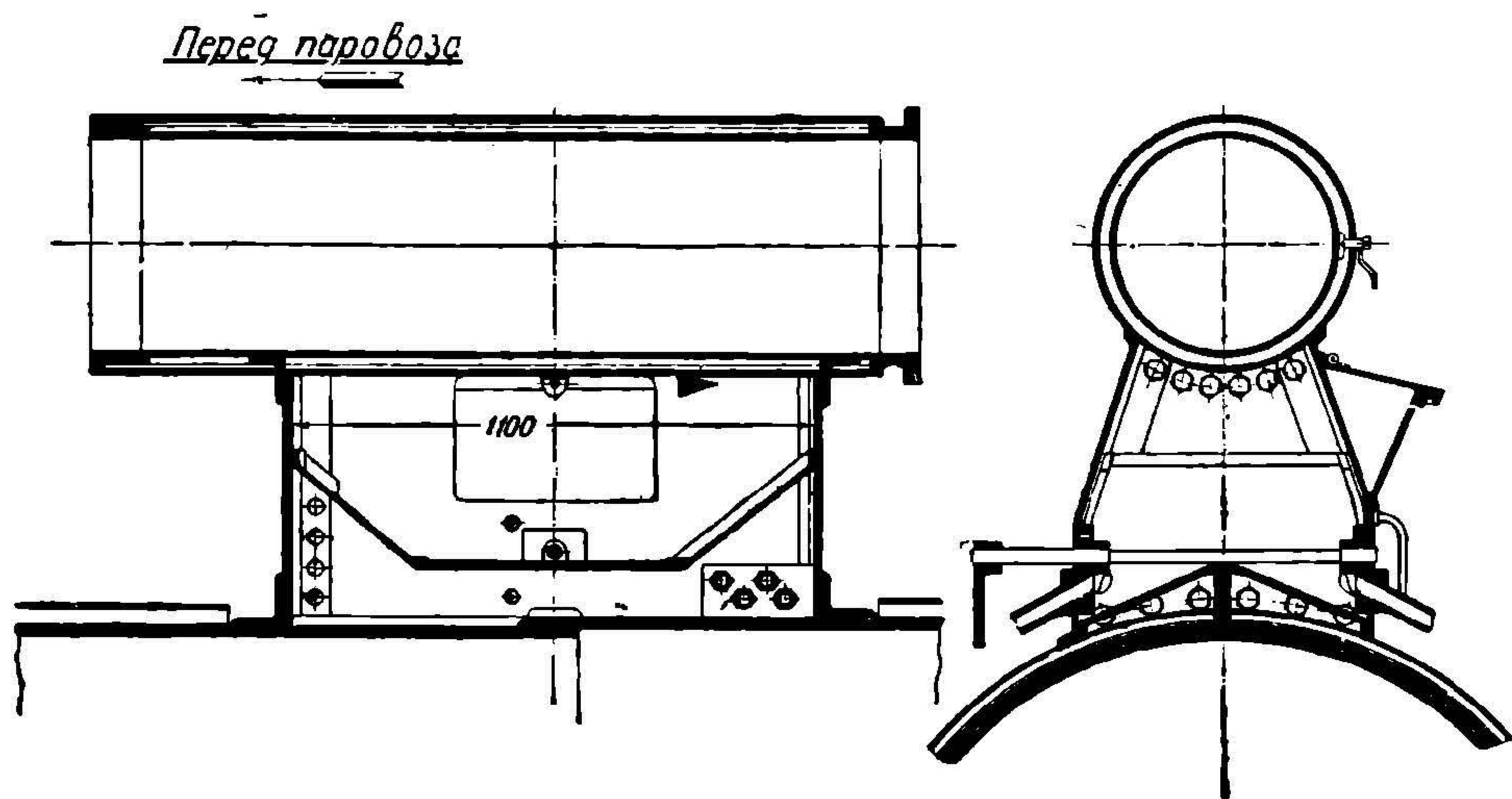
Фиг. 218. Водоподогреватель Кнорра, вставляемый в опору дымовой коробки на паровозе 1—3—1 С^У 1925—28 г.

На фиг. 212 представлено общее расположение водоподогревателей Кнорра, установленных на паровозе поверх котла, а на фиг. 216—под котлом (часть 0—5—0 Э^У).

На части паровозов 0—5—0 Э и 2—4—0 М водоподогреватели были расположены на дымовой коробке поперек котла перед дымовой трубой так же, как на нашем первом паровозе 1—5—1 ФД и на американских паровозах 1—5—2 Т^А, расположен водоподогреватель Элеско. Однако, ввиду некоторого перегруза переда паровоза 0—5—0 Э^У,

на последних Э^У водоподогреватель установлен за водоочистительным колпаком поперек котла.

На паровозах С^У для установки водоподогревателя использована и приспособлена опорная коробка междурамного скрепления под дымовой коробкой (фиг. 217 и 218). Неизолированный корпус водоподогревателя вставлен в коробку и расположен вдоль оси паровоза; передняя его крышка обращена назад. Спереди и сзади в опорной коробке против корпуса водоподогревателя



Фиг. 219. Установка подогревателя Кнорра на песочницу на паровозе 1—3—0 НП.

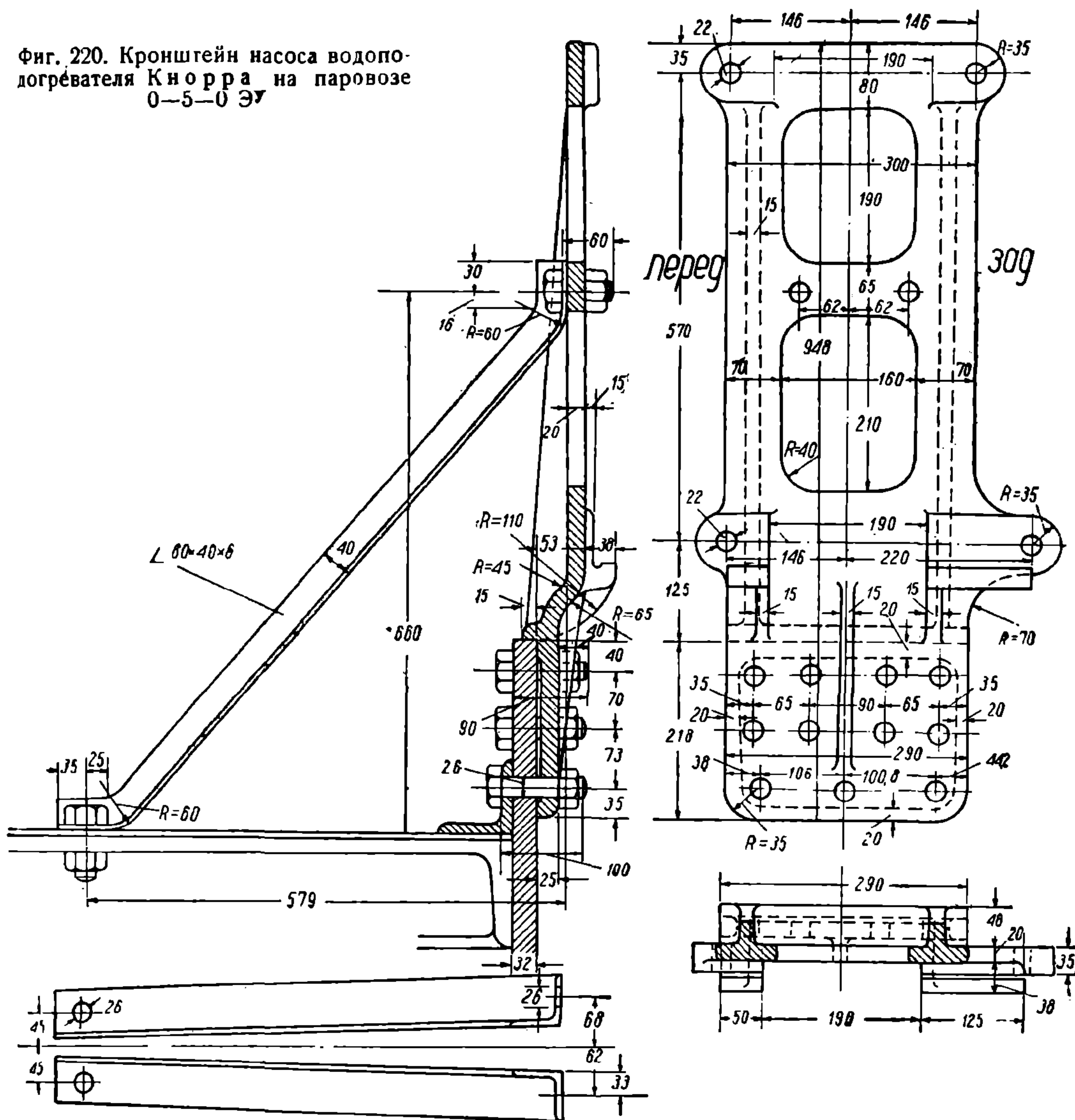
имеются круглые крышки, снимаемые при установке и ремонте водоподогревателя. Таким образом, корпус водоподогревателя не занимает лишнего места на паровозе и в то же время достаточно хорошо предохранен от ветра и холода; расположение под котлом, однако, не дает возможности использовать конденсат.

Отработанный пар из пароисходящих труб вступает в опорную коробку и главной своей массой направляется к конусу, оmyвая снаружи корпус водоподогревателя; часть же этого пара заходит в корпус через верхнее специаль-

ное отверстие. Конденсат из опорной коробки стекает по спусковой трубе, к которой присоединена и спусковая трубка корпуса водоподогревателя. Отработавший пар от насосов водоподогревателя и тормозного, а также свежий пар от автоматического клапана, подводятся непосредственно в корпус водоподогревателя.

На паровозах 1—3—0 Н^П, модернизированных из 1—3—0 Н^В Ленинградским ремонтным заводом (б. главн. мастерские С.-Зап. ж. д.) для установки

Фиг. 220. Кронштейн насоса водоподогревателя Кнорра на паровозе 0—5—0 ЭУ



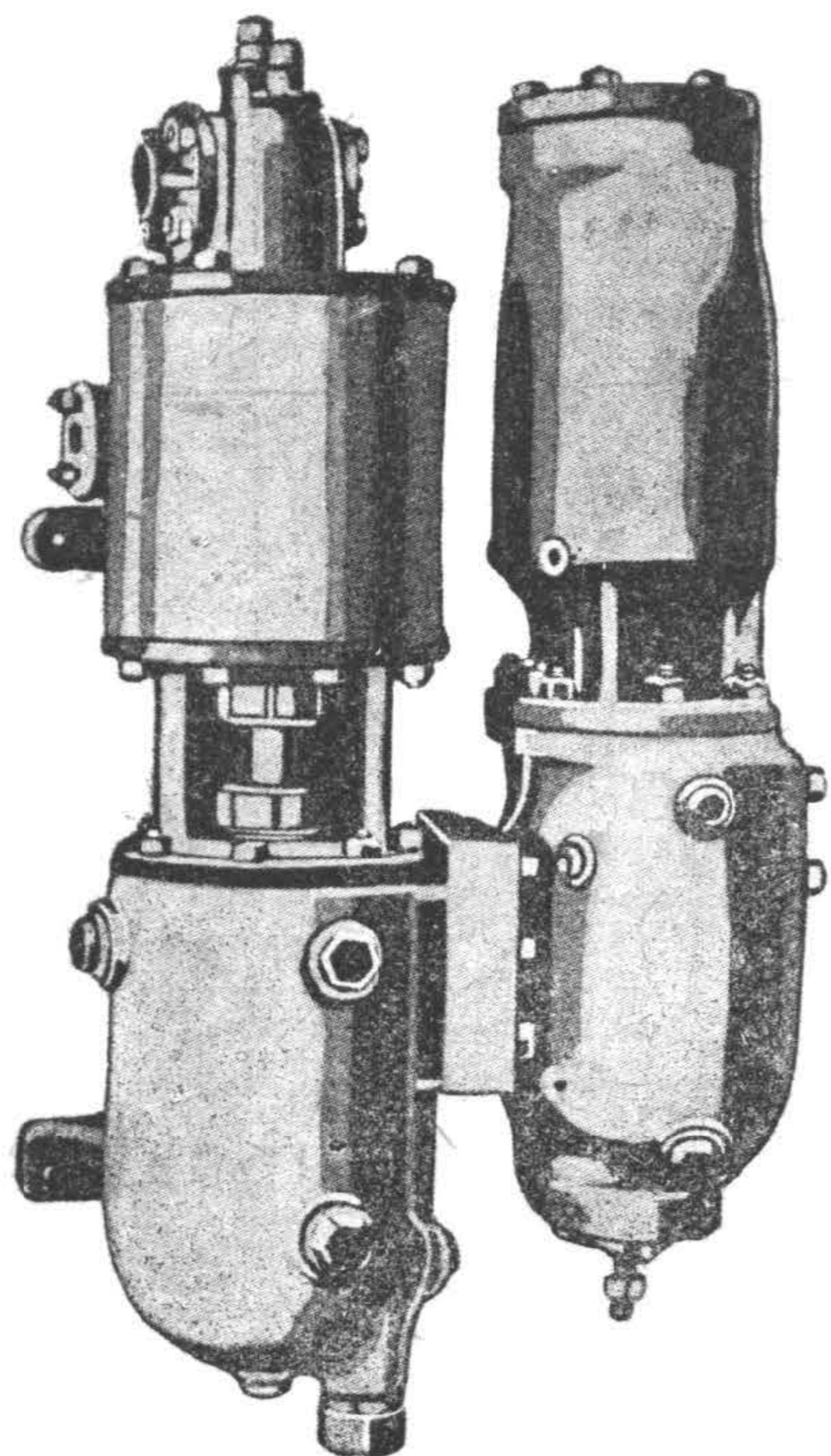
водоподогревателя использована четырехугольная песочница (фиг. 219). При принятой высоте постановки водоподогревателя, батарея трубок вполне свободно может быть вынута из барабана.

Насос обыкновенно располагается с левой стороны котла, где его вес уравновешивается насосом тормозным расположенным с правой стороны котла. Кронштейн насоса прикрепляется либо к котлу, либо к раме. Устройство кронштейна в первом случае много проще, но при этом требуется высверливать в стенках котла отверстия для постановки болтов или шпилек, что ослабляет стенку и, кроме того, вызывает в ней дополнительное напряжение от действия тяжести подвешенного насоса. Кронштейн делают либо литым, либо клепаным; кронштейн представлен на фиг. 220.

Насос должен быть установлен на такой высоте, чтобы оба сальника, как парового цилиндра, так и воздушного, были расположены над площадкой; в противном случае, набивка их будет затруднена, так как насоса прямо с земли не достать. Кроме того, при более высоком поднятении насоса, уменьшается вероятность попадания воды из тендера самотеком при остановленном насосе, отчего зимой насос может легко замерзнуть.

Питательную коробку обыкновенно устанавливают на водоочистительном колпачке слева, а если такого колпака нет, то на переднем барабане цилиндрической части котла слева в середине.

Всасывающе-нагнетательный пароводяной насос Кнорра — является вертикальным прямодействующим одноступенчатым клапанным насосом двойного действия. Насос состоит из двух разграниченных друг от друга половин, соединенных между собой фланцами на медной прокладке (фиг. 221, 222, 223). Левая половина представляет собою сам насос, состоящий из двух цилиндров: верхнего парового 1 и нижнего водяного 2. Нижняя часть правой половины 3 является клапанной коробкой, а верхняя 4 — воздушным колпаком.



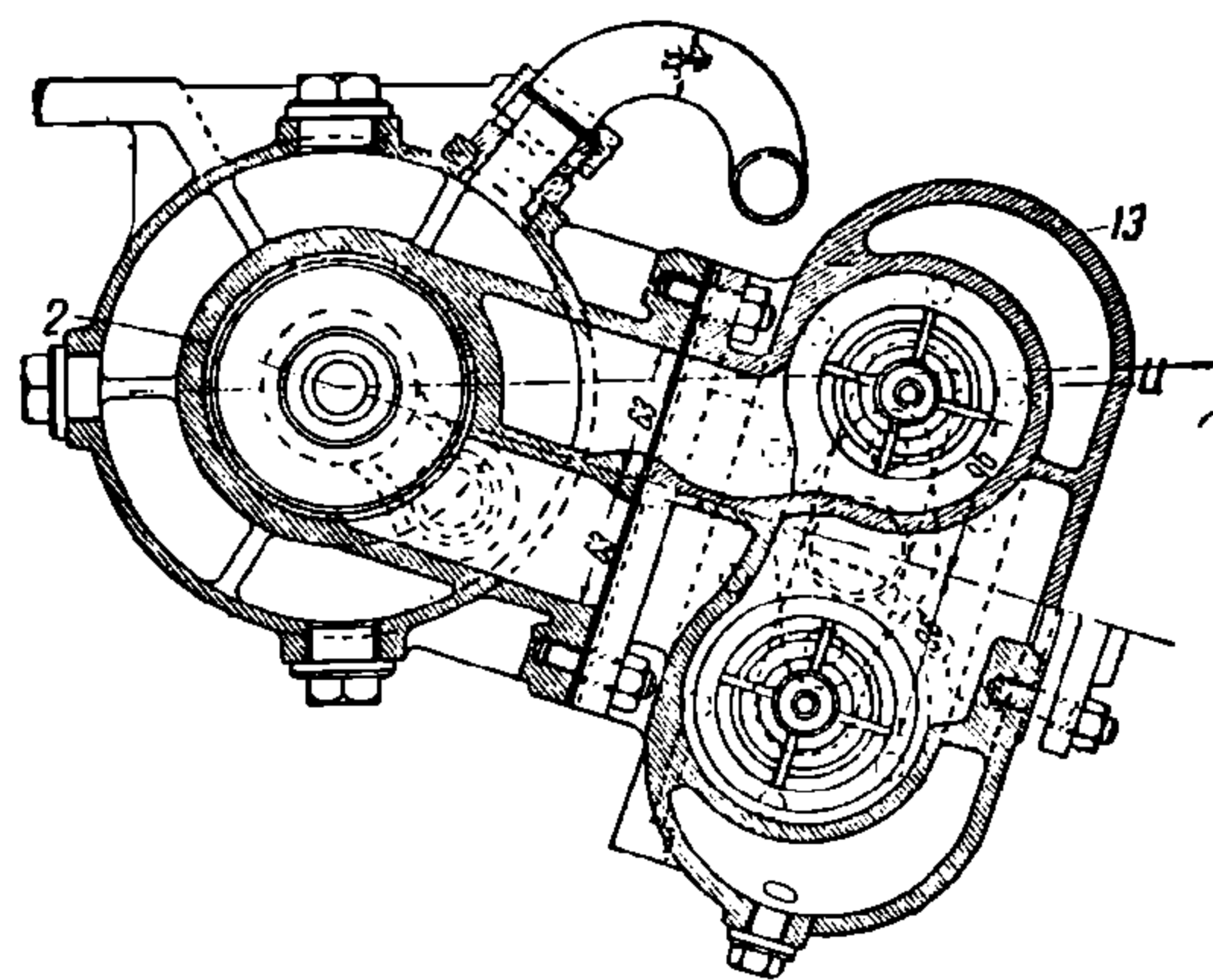
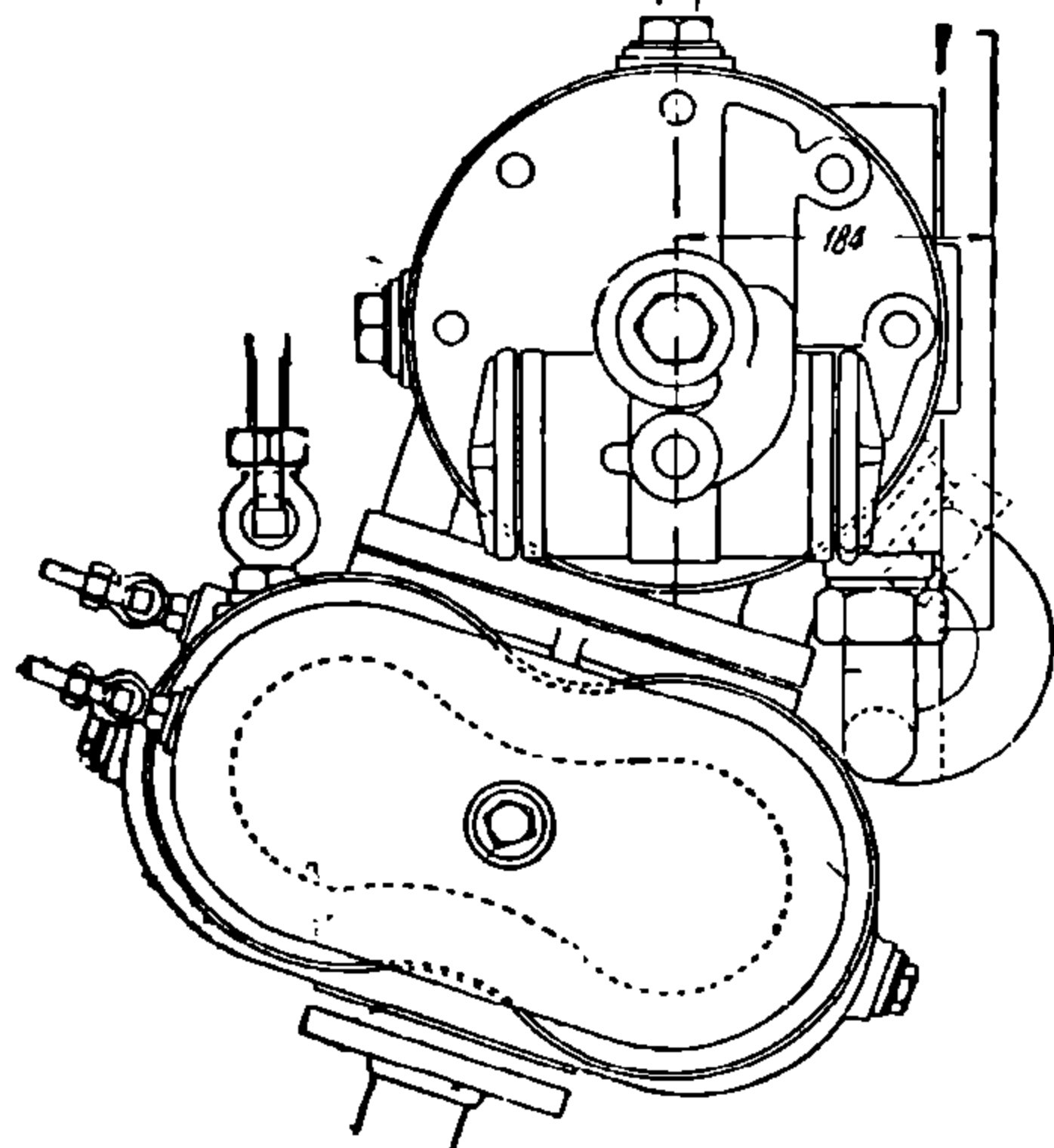
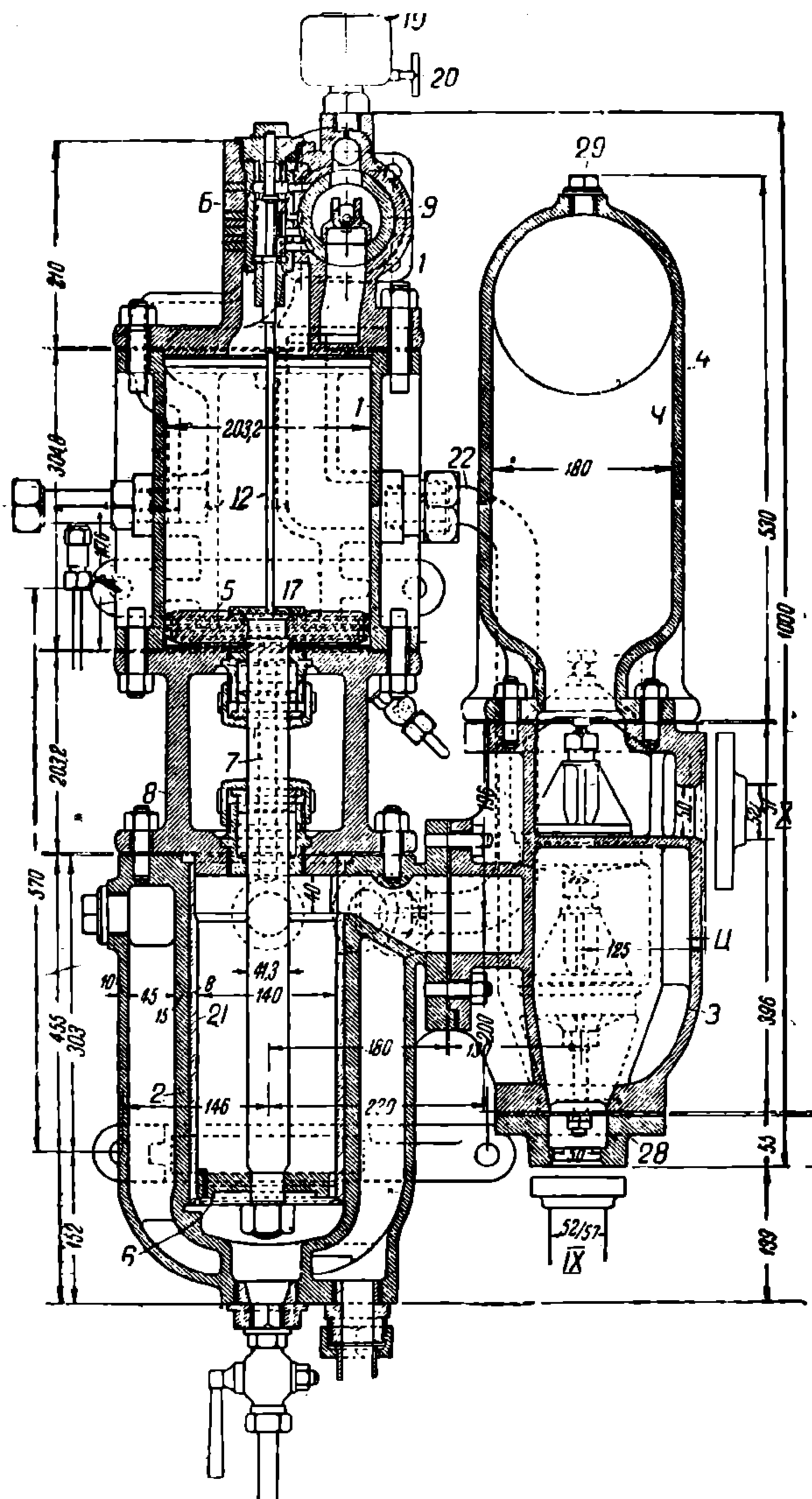
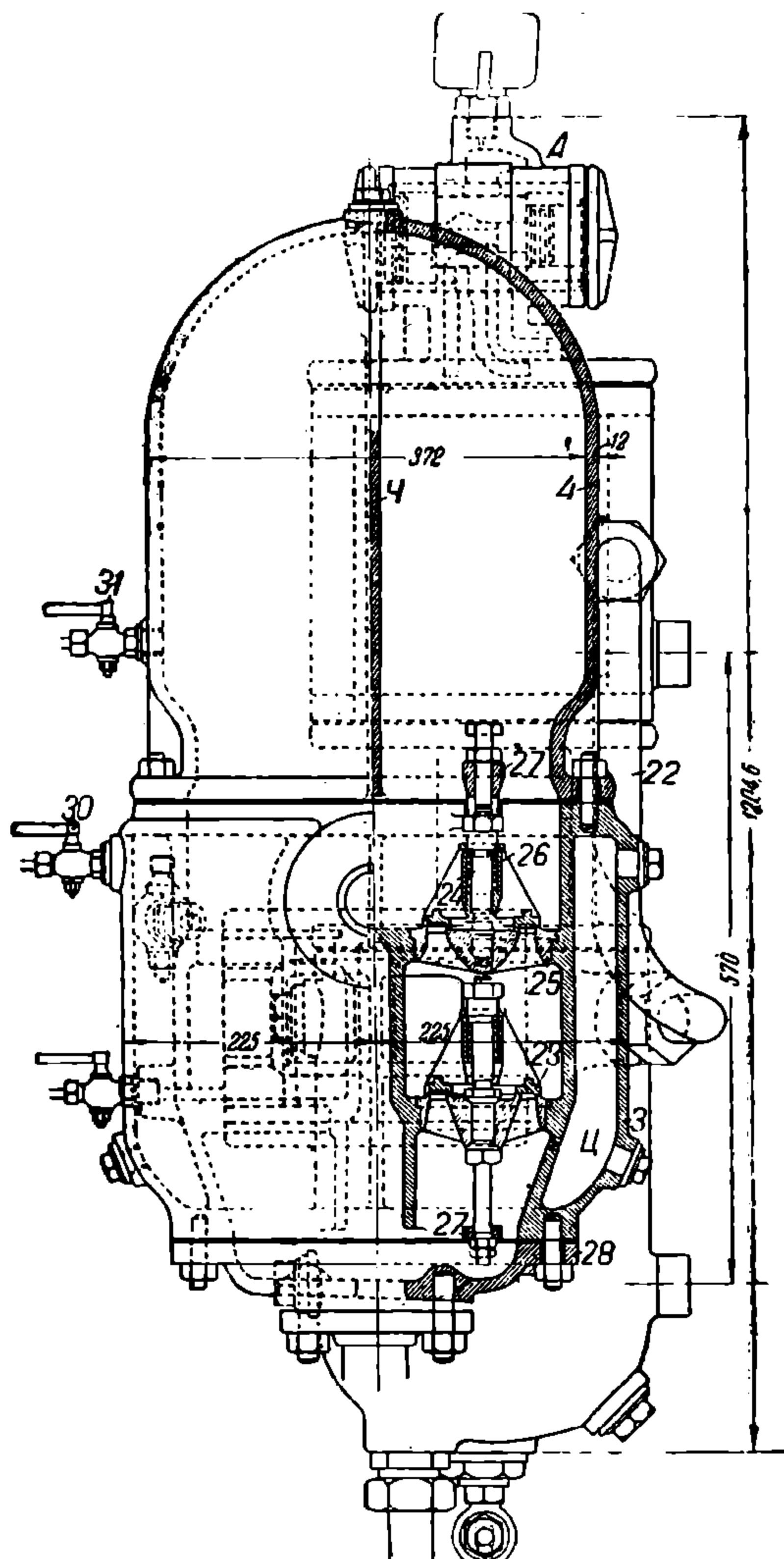
Фиг. 221. Насос водоподогревателя Кнорра.

В цилиндрах левой половины насоса имеются паровой и водяной поршни 5 и 6, насаженные на одном общем штоке 7 и двигающиеся вместе. Оба поршня имеют разрезные кольца. Паровой цилиндр с водяным соединены промежуточной фасонной частью 8, верхний фланец которой служит нижней крышкой парового цилиндра, а нижний — верхней крышкой водяного цилиндра. Обе крышки имеют сальники, через которые проходит поршневой шток. Между фланцами цилиндров и крышками прокладываются прокладки из красной меди. Цилиндры позади имеют по две поперечные лапы, которыми насос укрепляется на кронштейне. Плоскость лап, примыкающая к кронштейну, расположена не параллельно вертикальной плоскости, проходящей через середину насоса, а образует с нею угол $18^{\circ} 30'$, так как ширина клапанной коробки и воздушного колпака превосходит диаметр цилиндров.

Паровой цилиндр ничем не отличается от парового цилиндра тормозного насоса Вестингауза.

Парораспределительный механизм находится в верхней комплектной крышке 9, отлитой с двумя втулками — горизонтальной А и вертикальной Б. Движение поршней вверх и вниз происходит под давлением пара, впускаемого попеременно то на поршень парового цилиндра, то под этот поршень. Противоположная впуску свежего пара сторона поршня сообщается с атмосферой.

Парораспределительный механизм, изображенный отдельно на фиг. 224 и 225, состоит из двух отдельных механизмов. Один из них является главным распределительным и состоит из горизонтального коробчатого золотника 10, сидящего на штоке 10-а, изготовленном вместе с двумя поршеньками — одним большим В и другими малым Г. Второй механизм является вспомогательным и состоит из вертикального золотника 11, сидящего на длинном стержне 12 и закрепленного на нем между двумя его буртиками. Поршеньки штока горизонтального золотничка имеют разрезные кольца; золотничек соединен со штоком чекой. Весь механизм горизонтального золотника вставлен во втулку 13, впрессованную в горизонтальную втулку А компактной верхней крышки 9 парового цилиндра. Днище втулки 13 сделано плоским и образует зеркало, к которому притирается золотник 10, движущийся по зеркалу взад и вперед. Втулка с обеих сторон закрыта крышками 14 и 15. Зеркало имеет три канала: из них Д идет под поршень 5 парового цилиндра 1, Е — в выхлопной канал и Ж — над поршнем. Когда золотник 10 находится в правом крайнем положении, то пар



Фиг. 222 Насос водопологревателя Кнорра.

1—паровой цилиндр,
2—водяной
3—клапанная коробка,
4—воздушный колпак,
5—паровой поршень,
6—водяной
7—шток,

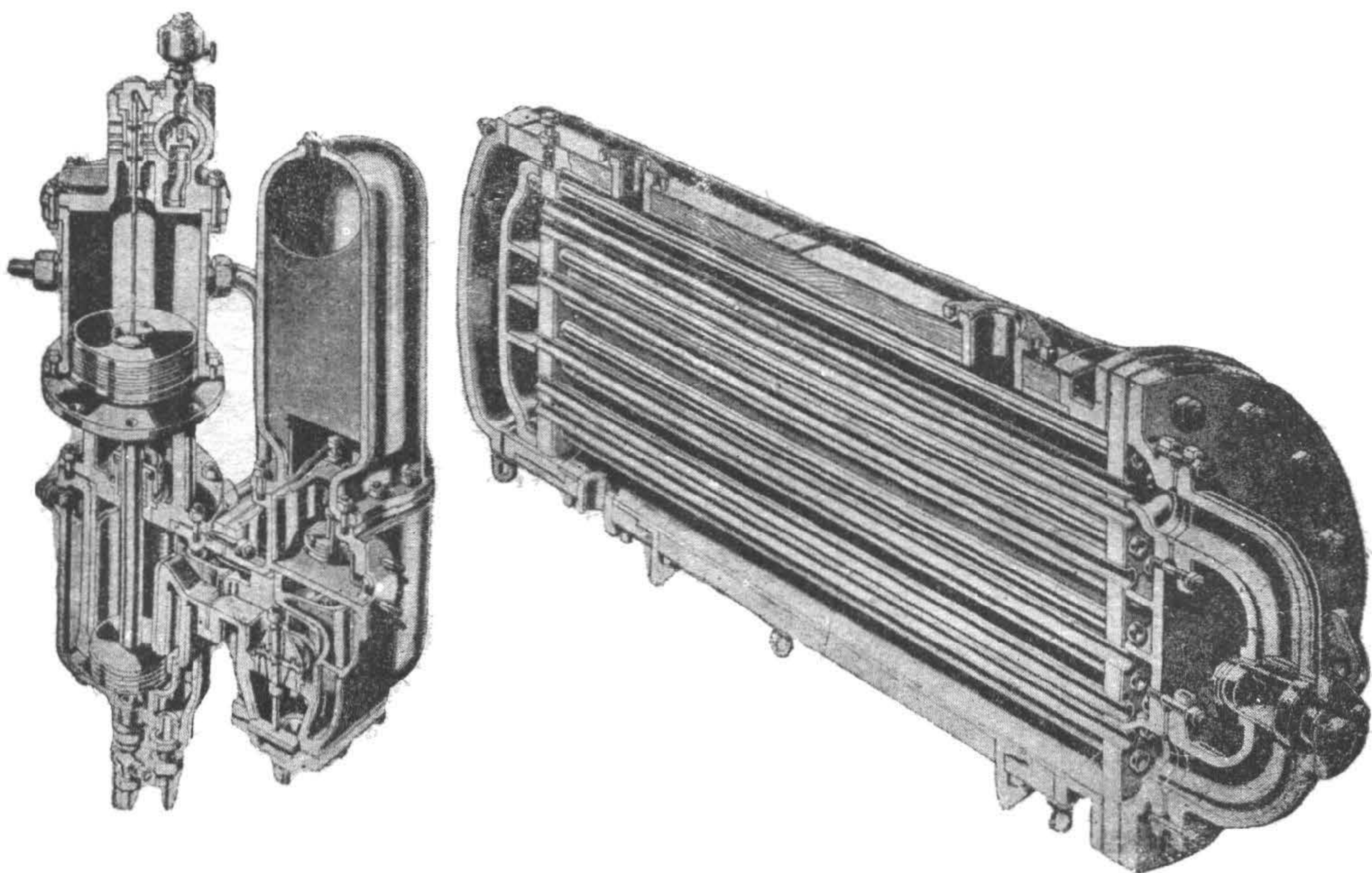
8—промежуточная часть,
9—верхняя крышка парового
цилиндра,
10—стержень вертикального
золотника,
17—планка парового поршня,
19—масленка,

20—барашек масленки,
21—бронзовая втулка водя-
ного цилиндра,
22—трубка,
23—всасывающие и нагнета-
тельные клапаны,
24—стержни клапанов,

25—седла клапанов,
26—пружинки клапана,
27—плнки всасывающих и
нагнетательных кл панов,
28—рышка клапанной коробки
29—пробочка воздушного кол-
пака.

через открытое окно *Ж* идет в верхнюю часть цилиндра над поршень *Б*, а из нижней части или из-под поршня *Б* пар вытекает по каналу *Д* под золотник *10* и затем через канал *Е* в атмосферу. Поршень *Б*, следовательно, движется вниз. Когда-же золотник примет крайнее левое положение, то будет открыто окно *Д* и окно *Ж* сообщено с выхлопным окном *Е*. Поршень *Б* будет двигаться вверх и т. д.

Попеременное движение взад и вперед горизонтальному золотнику *10* сообщается следующим образом: свежий пар из котла притекает во втулку *13* и, пока насос работает, все время находится во втулке между поршеньками *В* и *Г* над золотником *10*. Пространство за малым поршеньком *Г* постоянно сообщено с паровыпускным каналом *Е* и в нем постоянно поддерживается атмосферное давление; пространство-же за большим поршеньком *В* сообщается попеременно то со свежим паром, то с атмосферой.

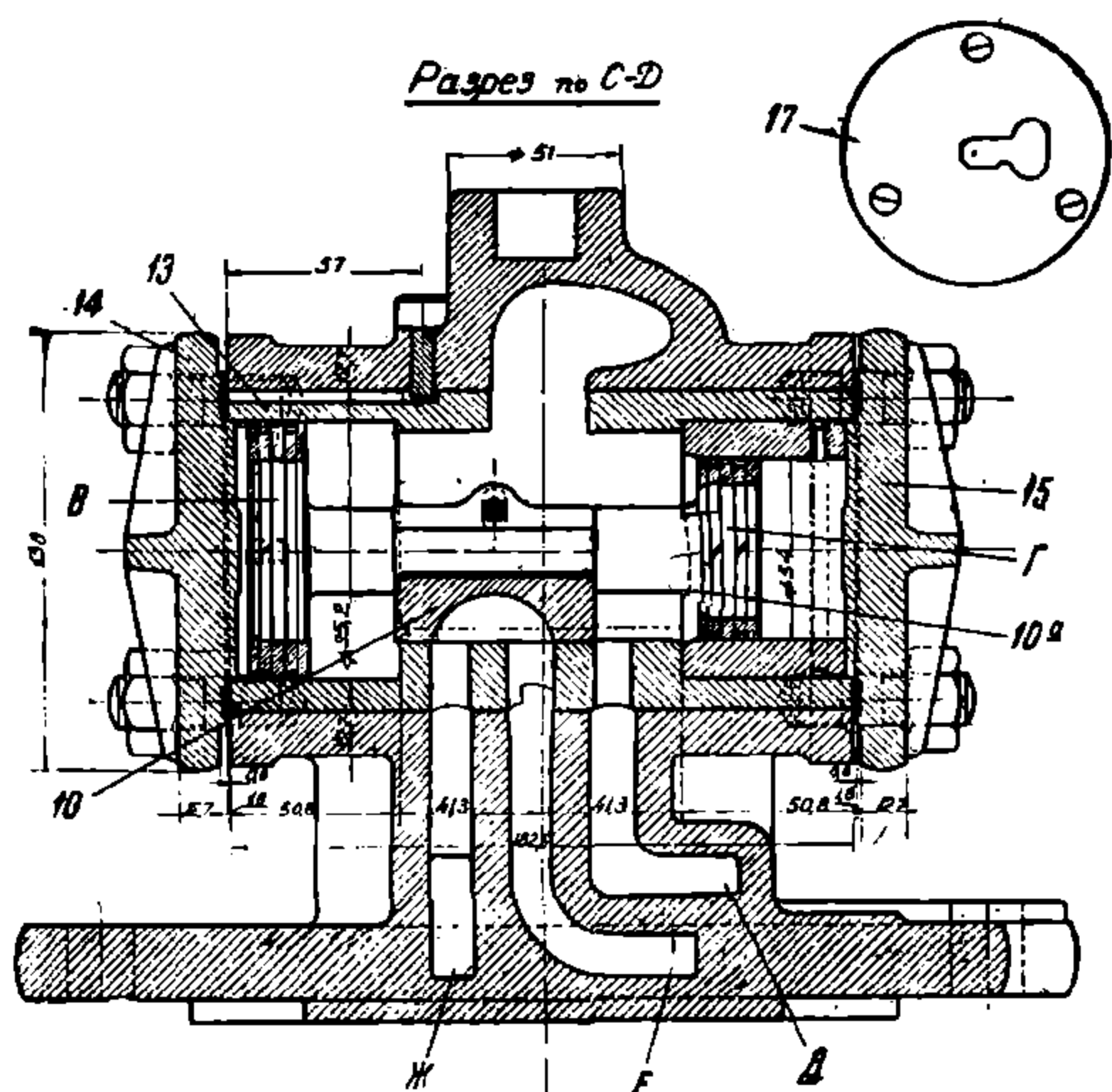


Фиг. 223. Насос и батарея водоподогревателя Кнорра в разрезе.

Когда в этом пространстве имеется свежий пар, то большой поршень *В* испытывает с обеих сторон одинаковое давление, т. е. оказывается разгруженным, а малый поршень *Г* с внутренней стороны имеет давление свежего пара, с наружной же—атмосферное давление. Под разностью указанных давлений, малый поршень *Г* перемещается вправо и тянет за собой золотничек *10*, а с ним и большой поршень *В*. В этот момент будет открыто левое впускное окно *Ж*, а правое *Д* сообщено с атмосферой; поршень *Б* будет двигаться вниз. Когда пространство за большим поршеньком *В* будет сообщено с атмосферой, то внутреннее давление между поршеньками *В* и *Г* передвинет их, а вместе и золотник *10* влево, вследствие того, что большее усилие будет приложено к большому поршеньку, так как его площадь больше; сообразно с этим поршень *Б* пойдет вверх.

Таким образом, для движения главного распределительного золотника *10* необходимо, чтобы осуществлялось попеременное сообщение пространства втулки *10* за большим поршеньком *В* то со свежим паром, то с атмосферой. Для этого и служит вспомогательный механизм вертикального золотничка *11*. Этот золотничек вставляется во втулку *16*, впрессованную во втулку *Б* крышки *9*, и притирается к ее зеркалу. Зеркало втулки имеет четыре канала. Через верхний канал *З* имеется постоянное сообщение между обеими втулками, благодаря чему вертикальная втулка *16* постоянно наполнена свежим паром. Второй канал сверху *К* сообщается с паровыпускным каналом *Е*, а оба

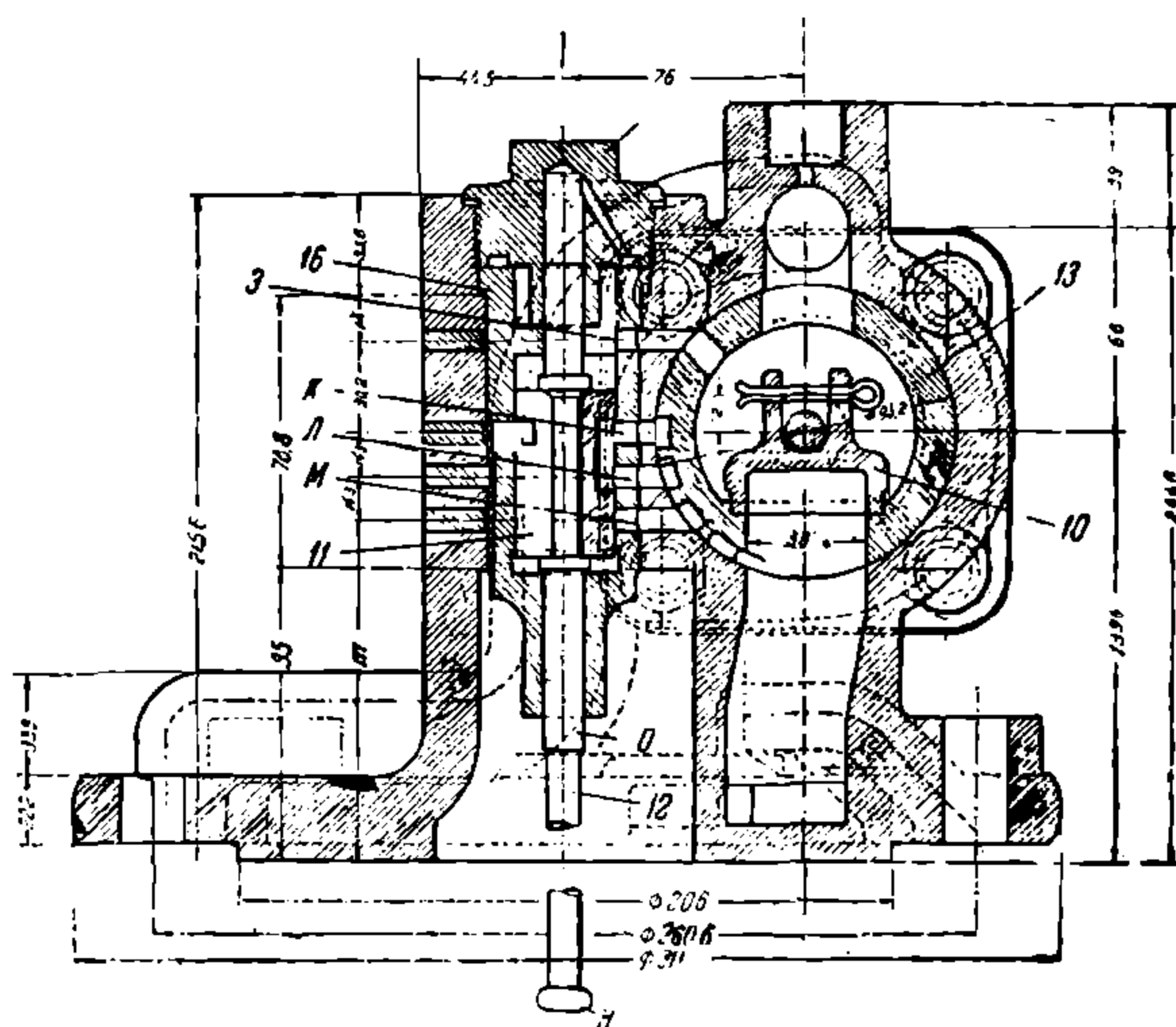
нижние канала *Л* и *М* идут в пространство горизонтальной втулки 15 за большой поршень *В*. Когда золотничек 11 приподнят вверх, то нижний канал *М* открыт; когда золотничек опущен, то третий по счету сверху канал *Л* выемкой в золотничке 11 сообщается с выпускными каналами *Е* и *К*. В первом случае происходит наполнение пространства за большим поршеньком *В* свежим паром, а во втором — сообщение этого пространства с атмосферой. Движение вверх



Фиг. 224. Парораспределительный механизм насоса водоподогревателя Кнорра.

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 10—горизонтальный золотник, | 13—втулка горизонтального золотника, |
| 10-а—шток горизонтального золотника, | 14—крышка, |
| 11—вертикальный золотник, | 15—втулка вертикального золотника, |
| 12—стержень вертикального золотника, | 17—планка парового поршня, |
| | 18—крышка. |

Сверление каналов *В*, *К*, *Л* и *М* во втулке *Б* крышки 9 производится насквозь; лишние отверстия, образованные при этом по наружному краю втулки, зашуруплены. В стенку втулки 7, впрессованной в крышку 9, ввинчен шуруп, входящий в прорез вертикального золотничка 11 и препятствующий его самопроизвольному поворачиванию. Втулка *Б* сверху закрывается крышкой 18, расточкой которой направляется верхний конец стержня 12. Канал *С* в крышке 18 служит для отвода конденсационной воды.



Фиг. 225. Тот же механизм в поперечном разрезе.

и вниз золотничек 11 получает от стержня 12, на котором он укреплен. Стержень 12 своим нижним концом входит в пустотелую скалку 7 поршней 5 и 6. Поршень 5 сверху имеет планку 17, в которой сделан прорез, ширина которого против оси скалки достаточна для прохода сквозь планку тонкой части стержня 12. Утолщение *Н* на конце стержня 12 и уступ 0 в верхней части стержня не могут пройти в прорез планки. Для того чтобы завести утолщение *Н* стержня 12 внутрь скалки, прорез планки 17 сбоку уширен настолько, что допускает проход через планку, отведенного в бок конца стержня, на котором сделано утолщение *Н*. Для движения поршней насоса вниз в самом конце хода, планка 17 задевает за утолщение *Н* стержня и передвигает его, а вместе с ним и золотничек 11 вниз. При движении поршней вверх, та же планка 17 задевает за уступ 0 стержня и передвигает золотничек 11 вверх.

В горизонтальную втулку *A* ввинчивается масленка *19*, через которую производится смазывание как парораспределительного механизма, так и поршня *5*. К последнему смазка подводится вместе с промасленным паром. Масленка имеет резервуар, наполняемый смазкой через верхнее отверстие, закрываемое затем пробкой. Внутри резервуара помещается тонкая вертикальная трубка, доходящая почти до верха резервуара и выходящая нижним концом во втулку *B*. Пар по трубке попадает в резервуар, наполненный смазкой, и, встречая поверхность охлаждения, конденсируется; а так как удельный вес воды больше веса смазки, то вода стекает вниз и непрерывно приподнимает смазку, которая стекает вниз по стенкам трубки. Для спуска воды при заправке масленки служит барашек *20*.

Полный цикл работы парового цилиндра насоса совершается, следовательно, таким образом: допустим, что перед пуском насоса в действие поршни от собственного веса опустились вниз. При открытии пускового вентиля, пар через канал *I* вступает в горизонтальную втулку *13* между поршнями *B* и *Г*. Вследствие того, что усилие, вызываемое давлением пара, приложенное к большому поршеньку *B*, будет больше, чем к малому *Г*, — оба поршня, а вместе с ними и золотничек *10*, передвинутся влево. Окно *Д* будет при этом открыто и через него пар потечет в нижнюю часть цилиндра под поршень *5*. От давления пара снизу поршень *5* начнет подыматься и, немного не доходя до конца своего хода, упрется планкой *17* в уступ *0* стержня *12*. От этого стержень *12* и насаженный на него золотничек *11* подымутся вверх, освободив тем самым нижний канал *M* в вертикальной втулке *16*. Притекающий в нее через верхний канал *3* из втулки *13* свежий пар устремится в канал *M* и своим давлением передвинет поршеньки *B* и *Г*, а с ними и золотничек *10* вправо. При этом золотничек *10* откроет канал *Ж* и пар устремится в верхнюю часть цилиндра над поршнем, двигая его вниз. Отработанный-же пар из-под поршня по каналам *Д* и *Е* и выемке в золотничек *10* уйдет в атмосферу. Немного не доходя до конца хода, поршень *5* планкой *17* заденет за утолщение *H* на стержне *12* и оттянет его, а вместе с ним золотничек *11* вниз. Пространство за большим поршеньком *B*, каналами *K*, *Л* и *M* и выемкой под золотничком *11* будет сообщено с атмосферой, отчего поршеньки *B* и *Г* и золотничек *10* снова передвинутся влево и т. д. Длина хода поршня *5* зависит от расстояния между утолщением *H* стержня *12* и его уступом *0*. Выгоднее, чтобы ход поршня был наибольший, но вместе с тем не должно происходить ударов его о крышки цилиндра. Если это (так же, как и в тормозном насосе) происходит, то, сообразно с тем, ударяет-ли поршень верхнюю или нижнюю крышку, следует либо укоротить стержень *13*, либо сделать на уступе *0* наделку в виде колечка.

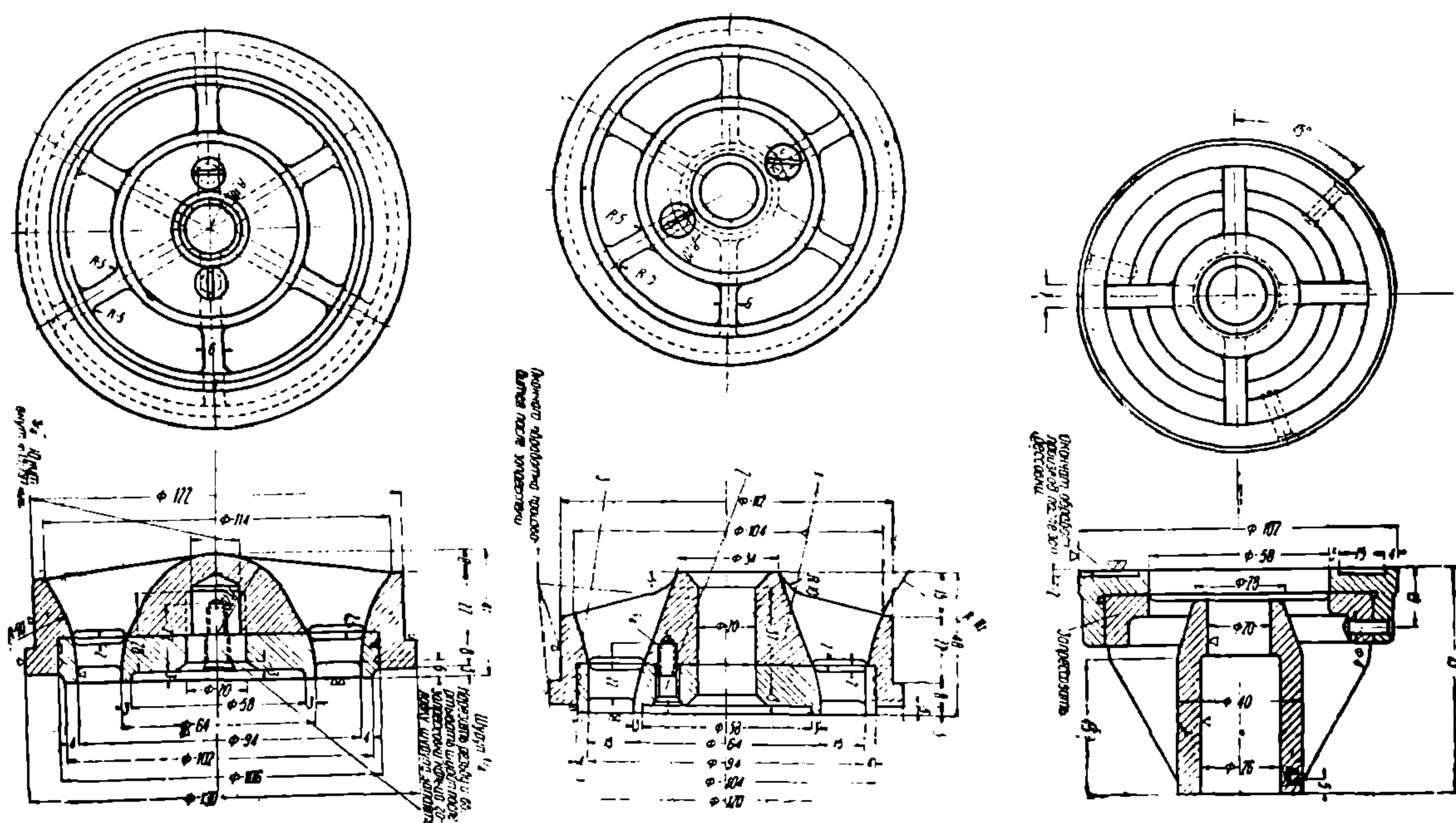
Вместе с паровым поршнем приводится в движение и водяной поршень, производящий всасывание и нагнетание воды. Во избежание ржавления стенок водяного цилиндра, внутри его расточки впрессована бронзовая втулка *21*. Поршневые кольца изготавливаются либо из баббита, либо из прорезиненной массы. Для защиты цилиндра от замораживания, он отливается с двойными стенками, образуя вокруг рабочей полости паровую рубашку, куда по трубке *22* впускается отработанный пар из парового цилиндра; отсюда, обогрев цилиндр, этот пар идет далее, в выхлопную трубку. В верхней части цилиндра помещаются каналы *П* и *Р*, соединяющие его с клапанной коробкой *3*. Благодаря расположению этих клапанов в наивысшей точке цилиндра, предотвращается образование вредных для правильной работы насоса воздушных мешков, а также несколько повышается уровень водяного цилиндра, что, как уже было сказано выше, препятствует попаданию воды из тендера самотеком.

В клапанной коробке помещаются четыре клапана *23*, из которых два нижних — всасывающие, а два верхних, расположенных под двумя нижними, — нагнетательные. Все четыре клапана плоско-кольцевого типа, с высокими ребрами, сходящимися кверху, вдоль средней направляющей втулки клапанов. Все клапаны направляются центральными железными стержнями *24*, укрепленными в седлах *25* гайками на шплинтах. Подъем клапанов ограничен 7—8 мм. Для смягчения подъема клапанов и своевременного их закрытия при перемене хода поршня служит пружинка *26*. Если закрытие клапанов будет запаздывать,

то часть воды успеет вернуться обратно, отчего производительность насоса станет меньше.

Седла клапанов вставляются в расточенные гнезда клапанной коробки и ложатся своими буртиками на клингеритовые прокладки. Нижние концы направляющих стержней всасывающих клапанов входят в поперечные планки 27, заводимые в особые пазы стенок клапанной коробки, и стягиваются гайками, навинчиваемыми на стержень под планками. Стержни нагнетательных клапанов укрепляются верхними концами тоже в поперечных планках 27, но не прямых, как нижние, а с приподнятыми средними частями. Стержни 24, пропускаемые через планки 27, сверху притягиваются контргайками.

Укрепление направляющих стержней клапанов насоса Кнорра указанными способами имеет тот недостаток, что планки часто самопроизвольно поворачи-



Фиг. 226, 227 и 228. Седла клапанов насоса Кнорра с частичной заменой бронзы чугуном.

чиваются и выпадают из пазов, отчего клапан вместе с седлом вываливается, что ведет к отказу действия насоса.

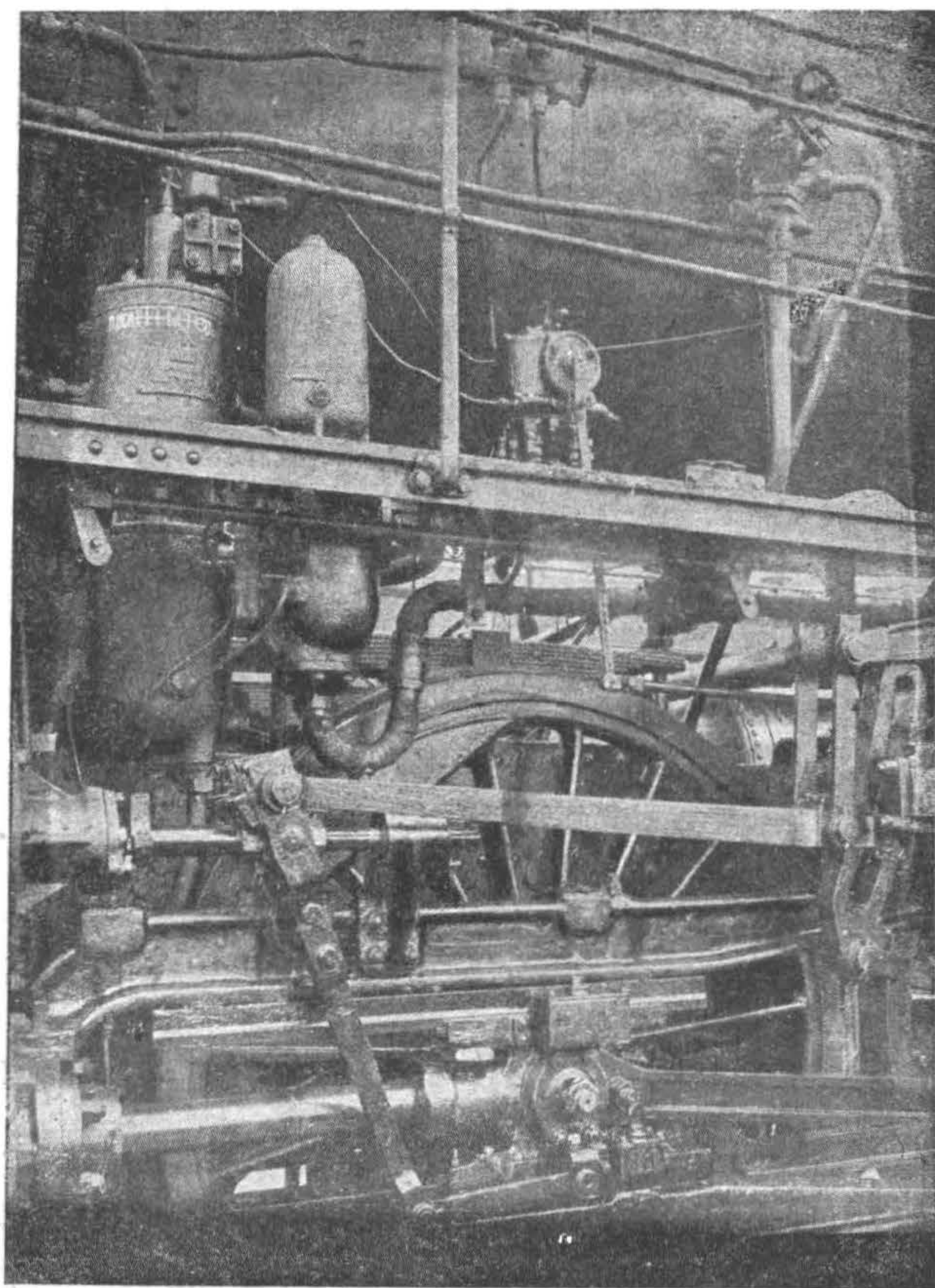
На фиг. 226, 227 и 228 представлены седла клапанов насоса Кнорра, в которых, с целью экономии цветных металлов, бронза частично заменена чугуном.

Пустотелое пространство вокруг всасывающих клапанов представляет собою воздухоборник на камере всасывания. Воздушный колпак является также воздухоборником на камере нагнетателя.

Колпак 3 усилен внутренней перегородкой 4 и сверху имеет пробочку 29.

Назначение воздухоборника на камере всасывания заключается в следующем. Струя всасываемой воды, в момент, когда поршень 5 изменяет направление хода, должна останавливаться. Обладая, однако, значительной инерцией и несжимаемостью, вода при резкой остановке вызовет сильный удар в камере всасывания. При последующем движении поршня и открытии соответствующего клапана, вода, в силу инерции, после остановки, сразу за поршнем не пойдет, отчего получится разрыв струи. При наличии же воздухоборника, вода при каждой перемене хода поршня не останавливается, а продолжает течь, устремляясь в воздухоборник, сжимая в нем воздух, чем и парализуется удар струи. Давление воздуха, увеличивающееся при сжатии, вытесняет воду сейчас же вслед за началом движения поршня, парализуя тем самым отставание от него воды или препятствуя разрыву струи. Кроме того, слой воздуха в воздухоборнике, находящийся вокруг клапанов, препятствует их замораживанию. Воздушный колпак 4 над камерой нагнетания выполняет ту же работу, как и воздухо-

сборник на камере всасывания, т. е. не допускает подачи воды толчками, которые получались бы при каждой перемене хода поршня; при наличии колпака, вода в котел подается плавно, без перебоев, непрерывной струей. Работа клапанов при этом происходит также без резких ударов о седла.



Фиг. 229. Расположение насоса Кнорра на паровозе 1—3—1 С^У.

возе 1—3—1 С^У представлено на фиг. 229.

Количество расходуемого насосом пара при вполне плотных поршнях парового и водяного цилиндров составляет около 2% от поданной насосом воды. Этот процент возрастает, однако, по мере ухудшения плотности поршней и замедления работы насоса, причем может достигнуть 8—10% и даже выше.

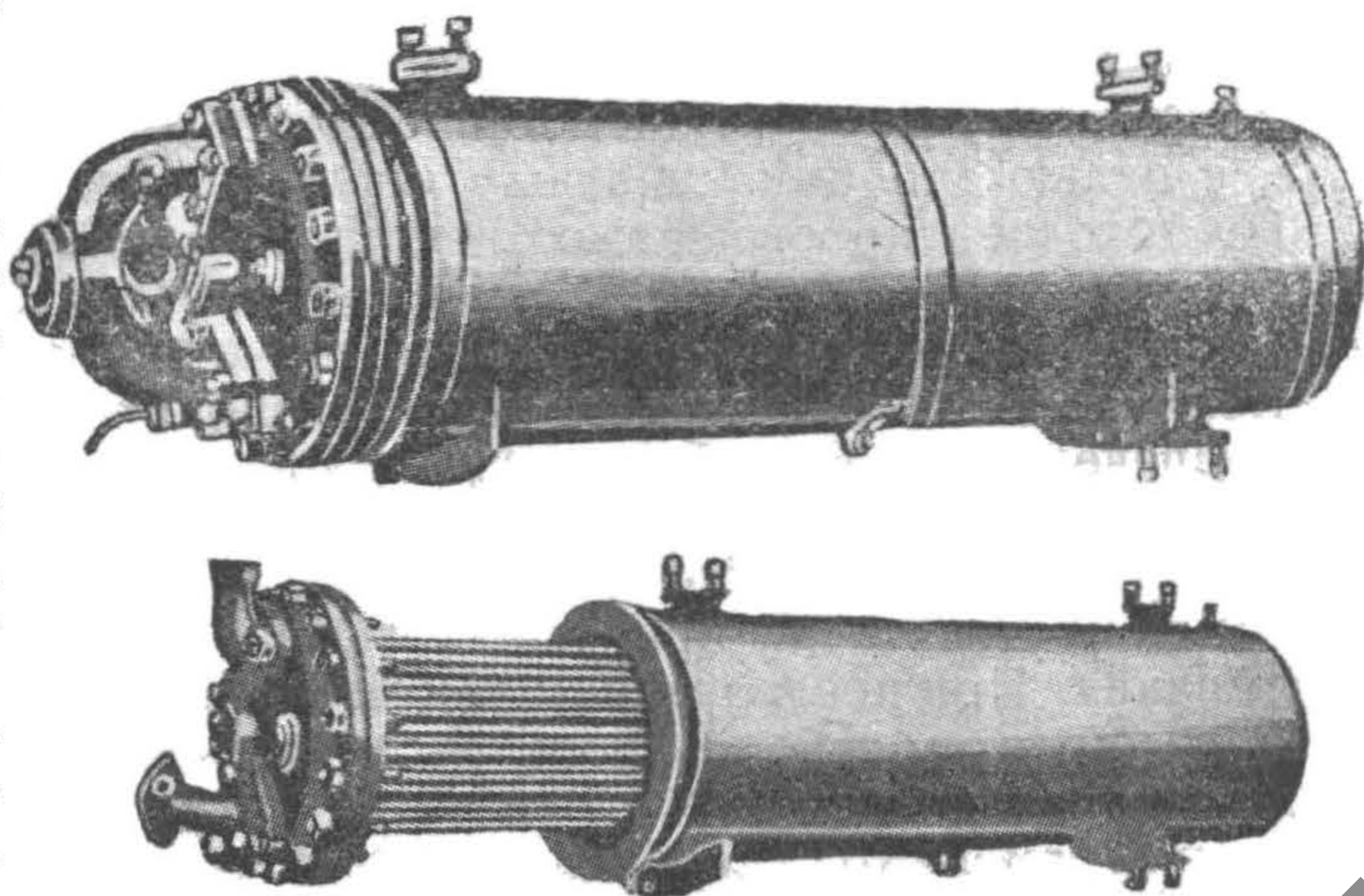
Батарея водоподогревателя — представляет собою цилиндрический барабан 1 (фиг. 230, 231, 232 и 223), в котором находится батарея латунных трубок 2, расположенных между двумя решетками, — передней 3 и задней 4. Задний конец барабана закрыт двумя крышками 5 и 6, а передний — крышкой 7, к которой примыкает переключительный кран.

Воздух, наполняющий оба воздухохранилища, выделяется из воды, к которой бывает примешан в виде пузырьков.

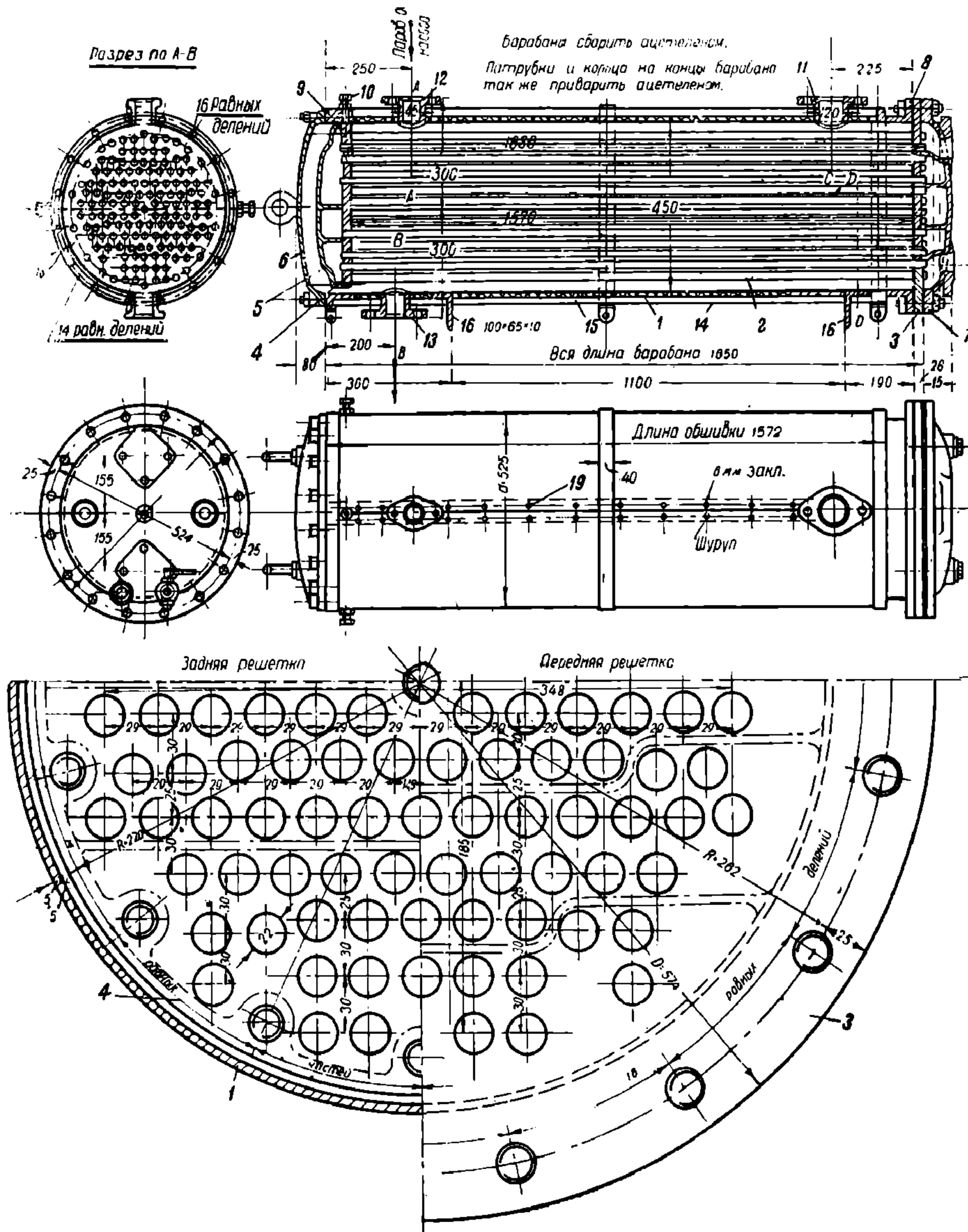
В случае, если насос начинает стучать, следует открыть успокоительный кран 30 на воздухохранилище камеры всасывания, затем несколько раз открыть кран 31 на воздушном колпаке.

При первом открытии крана 31 пойдет полностью воздух; когда же оттуда пойдет не только воздух, но и вода, оба крана 30 и 31 закрывают, после чего стук клапанов уменьшается.

Кроме этих успокоительных кранов, насос снабжен несколькими кранами, которые расположены в следующих местах насоса: на паровом цилиндре внизу, тоже — на водяном цилиндре, на левой промежуточной камере клапанной коробки (из правой камеры вода стекает прямо в паровую рубашку водяного цилиндра по особому канальчику), на нагнетательной камере клапанной коробки. После остановки насоса, особенно зимой, все краники должны быть открыты для спуска воды. Расположение насоса сист. Кнорра на паровозе 1—3—1 С^У представлено на фиг. 229.

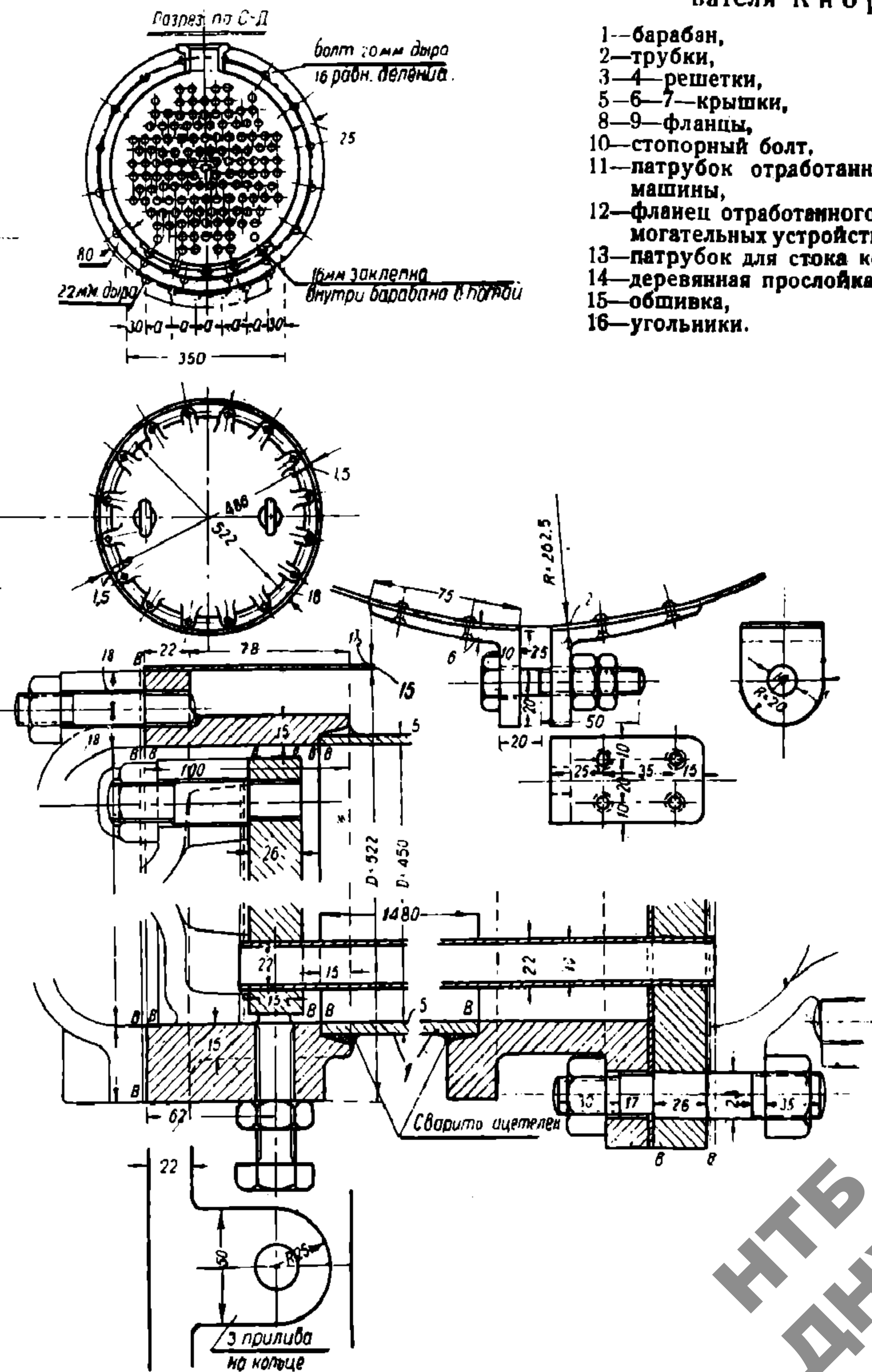


Фиг. 230 и 231. Батареи водоподогревателя Кнорра.



Фиг. 232. Батарея водоподогревателя К н о р р а.

- 1—барабан,
- 2—трубки,
- 3—4—решетки,
- 5—6—7—крышки,
- 8—9—фланцы,
- 10—стопорный болт,
- 11—патрубок отработанного пара машины,
- 12—фланец отработанного пара вспомогательных устройств,
- 13—патрубок для стока конденсата,
- 14—деревянная прослойка,
- 15—обшивка,
- 16—угольники.



НТБ
ДНУЖТ

Барабан сделан из железного листа, толщиной 5 мм, свернутого в цилиндр; по концам к цилиндру приварены фланцы—передний 8 и задний 9. Задняя решетка 4 имеет меньший диаметр, чем внутренний диаметр барабана, и свободно в него входит. Передняя-же решетка сделана большего диаметра, длина которого равна длине диаметра переднего фланца 8 барабана. При постановке всей батареи трубок, ввальцованных по концам в обе решетки, задняя решетка просовывается внутрь барабана, до заднего его конца, и укрепляется тремя стопорными болтами 10 в таком положении, при котором центр решетки будет совпадать с осевой линией цилиндра барабана. Эти болты не препятствуют перемещению решетки вдоль барабана, происходящему от удлинения трубок от нагрева. Кольцевой зазор между наружным краем решетки и внутренней поверхностью стенки барабана будет при этом одинаковой ширины.

Передняя решетка 3 примыкает к переднему фланцу 8 снаружи барабана; для изоляции между ними прокладывается медная или клингеритовая прокладка.

Внутренняя задняя крышка барабана 5 и наружная 7 имеют горизонтальные ребра, которыми крышки, так же, как и своими наружными краями, плотно примыкают к соответствующим решеткам. Для лучшей непроницаемости, по краям крышек и вдоль ребер прокладываются уплотняющие медные прокладки, вырезанные по очертанию крышек и их ребер, а на середине крышек имеется по натяжному болту. Горизонтальные ребра крышек разбивают всю батарею трубок на несколько секций. Если вода от переключательного крана идет сперва в верхнюю часть барабана и должна выйти из нижней (при перестановленном в другое положение кране—наоборот), то вода сперва может вступить только в верхнюю секцию трубок, обтекая которую попадает в пространство между верхним краем задней крышки и верхним горизонтальным ее ребром. В этом пространстве вода поворачивает и вступает в следующую секцию трубок, по которым течет по встречному, относительно предыдущих, направлению, т. е. от задней к передней крышке. Дойдя до этой крышки, вода, попадая в пространство между двумя горизонтальными ее ребрами, поворачивает и попадает в следующую, ниже расположенную, секцию и т. д., пока последовательно не обойдет всех секций батарей, после чего из последней (нижней) секции выходит в другое колено переключательного крана. Пройдя столь длинный путь по трубкам водоподогревателя, вода успевает достаточно подогреться.

Для того чтобы вода обошла последовательно все секции батареи, необходимо, чтобы крышки и их ребра были плотно прижаты к решеткам. В действительности, эта плотность часто нарушается, так как очень трудно одновременно достичь плотного прилегания и ребер и краев крышек к решеткам. В результате вода частично проникает в следующую секцию раньше времени, отчего подогрев падает. Бывают случаи неплотного прилегания крышек по краям—тогда крышки дают течь наружу. Устройство таких крышек следует поэтому отнести к конструктивным недостаткам водоподогревателя Кнорра.

Задний конец барабана закрывается глухой крышкой 6, прикрепленной к фланцу 9 гайками на шпильках.

Отработанный пар из машины входит через патрубок 11, приваренный к стенке барабана сверху, в передней его части, и имеющий на наружном конце фланец для прикрепления трубы мятого пара. Другой такой же фланец меньшего размера 12 служит для притока отработанного пара из насоса водоподогревателя и др. вспомогательных устройств. Входящий через фланцы 11 и 12 пар обогревает всю батарею трубок снаружи и, конденсируясь, стекает в нижний патрубок 13 и далее в прикрепленную к нему трубу. Для изоляции барабана от охлаждения наружным воздухом, он обшит слоем войлока и деревянной прослойкой 14 и снаружи имеет обшивку 15, стягиваемую тремя поперечными хомутами, имеющими внизу ушки для болтов.

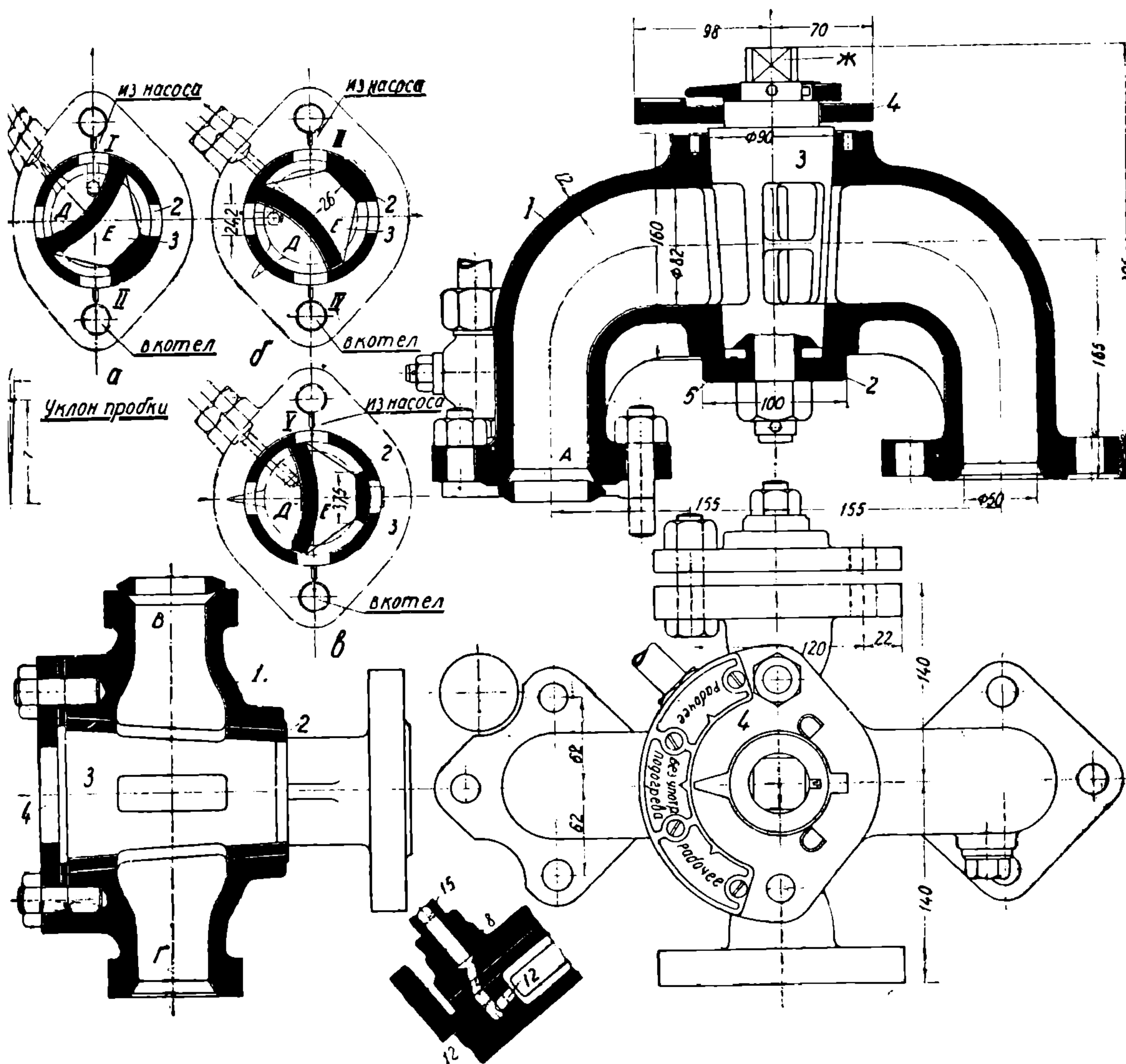
Для установки водоподогревателя на паровозе, к барабану приклепаны два угольника 16.

Батарея водоподогревателя испытывается гидравлическим давлением на 17 ат, барабан 1 испытывается не более, как на 6 ат.

Поверхность нагрева батареи—14,5 кв. м, число трубок—134 шт., диаметр трубок—19/22 мм.

На фиг. 233 представлен переключательный кран, присоединенный к барабану водоподогревателя.

Кран имеет корпус 1, отлитый с двумя коленами А и Б, присоединенными фланцами к передней крышке водоподогревателя и боковыми фланцами В и Г, к которым присоединены водоподающие трубы от насоса к питательной коробке. В средней части корпуса впрессована бронзовая коническая втулка 2, к которой притерта бронзовая коническая пробка 3, имеющая полукруглую выемку Д и сквозное окно Е. Квадратный хвостовик Ж служит для захвата ключем при переключении пробки. Пробка удерживается во втулке крышкой 4,



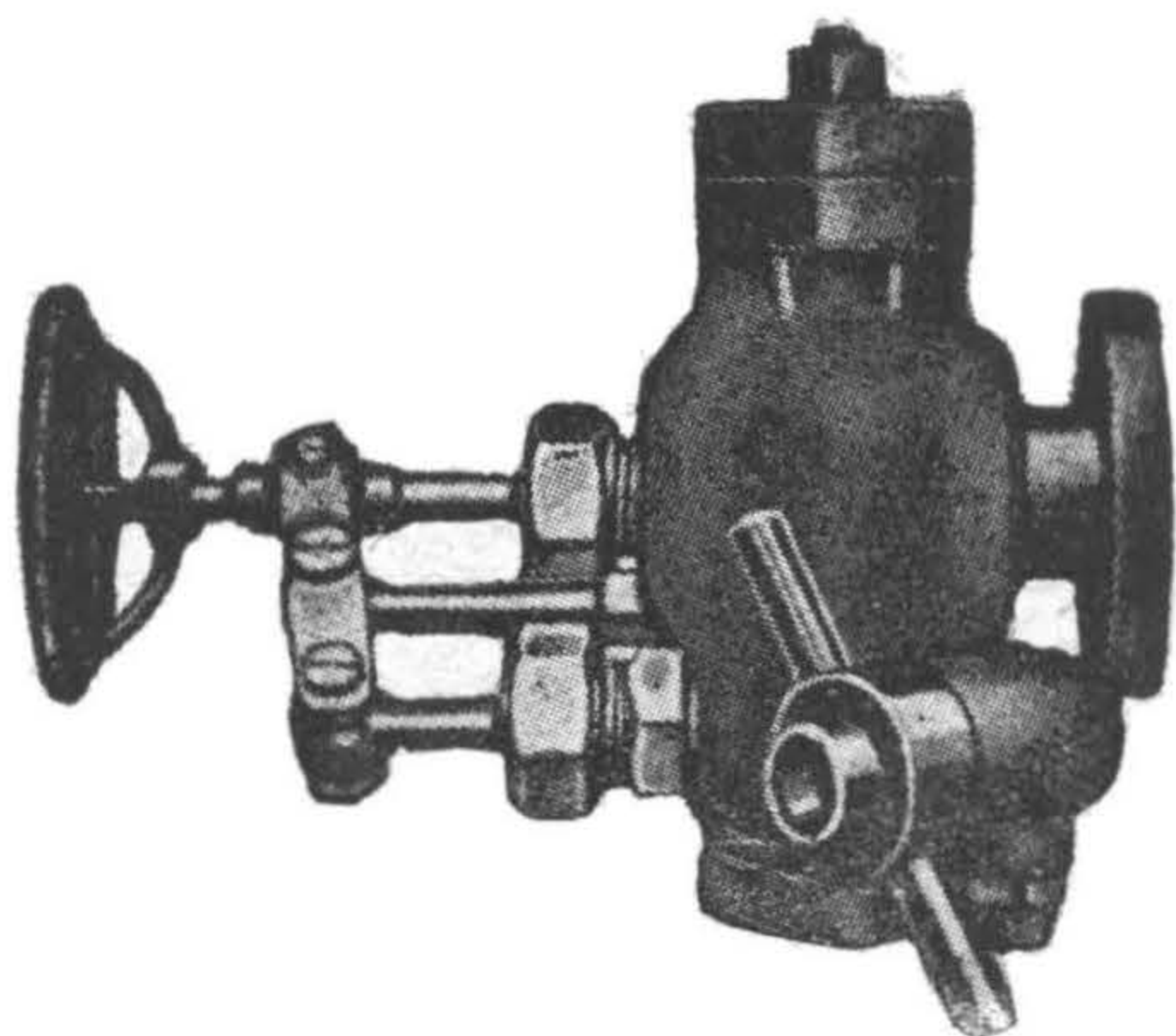
Фиг. 233. Переключательный кран батареи водоподогревателя Кн о р а.

1—корпус крана, 2—втулка, 3—пробка крана, 4—5—крышка пробки.

притягиваемой шпильками. Снаружи на квадратный хвостовик одета и закреплена шпилькой шайба, на которой указывается положение пробки по полукруглой табличке, прикрепленной к крышке 4 и имеющей надписи: по концам — „рабочее“ и по середине — „без употребления подогрева“.

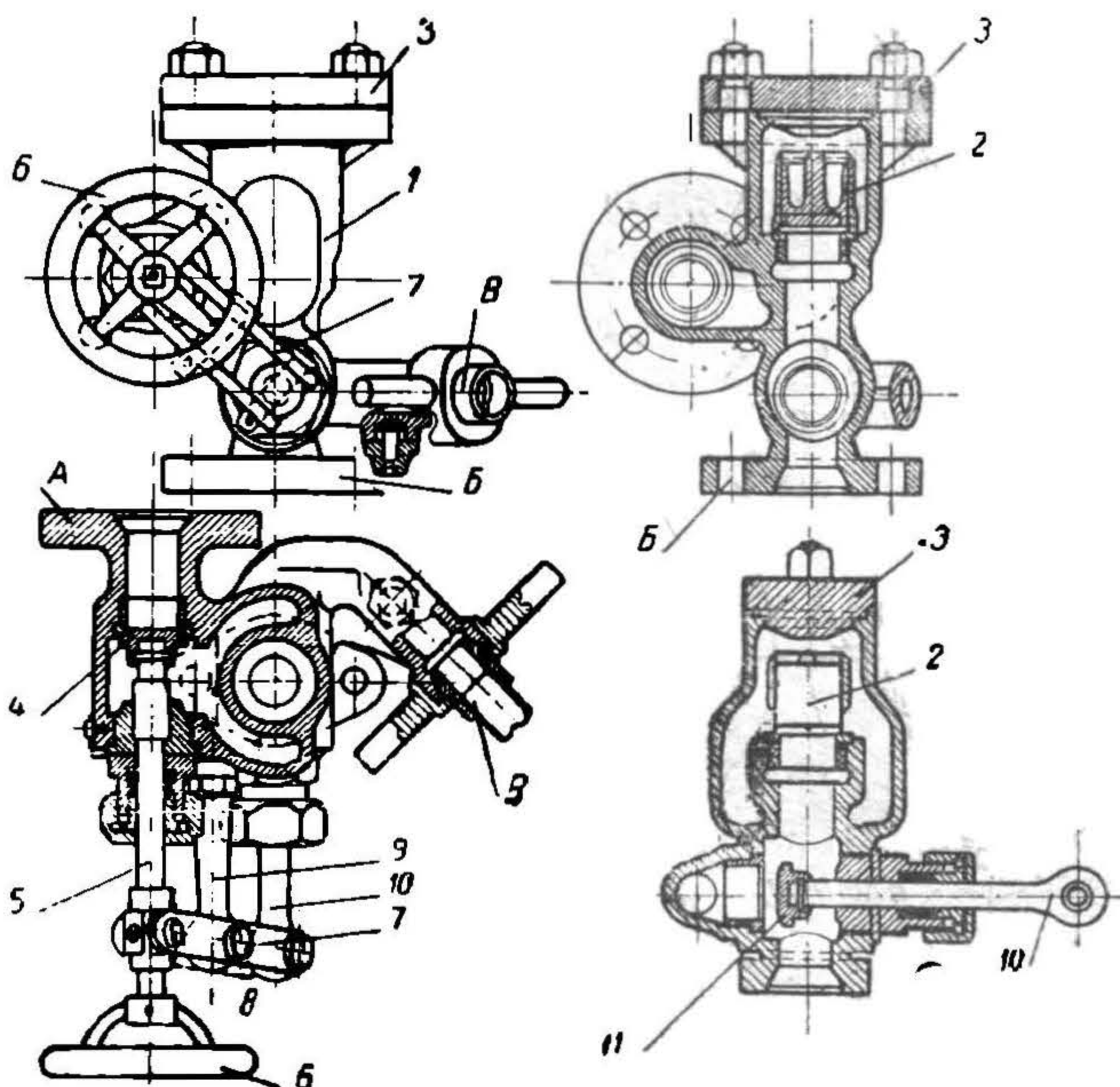
Задний конец пробки имеет крышку 5, на хвостовик пробки навинчиваются гайки и контргайки на шайбе для правильного натяга пробки. После закрепления пробки задним хвостовиком, следует немного отпустить гайку, чтобы пробка ходила не туго. Притянутая после этого крышка 4 будет удерживать

пробку в правильном отрегулированном положении. В широком конце пробки высверлено отверстие, расположенное под углом и примыкающее к выемке Д. При среднем положении пробки, при котором водоподогреватель будет выключен, этот канал совпадает с отверстием в корпусе крана снабженном спускным краником



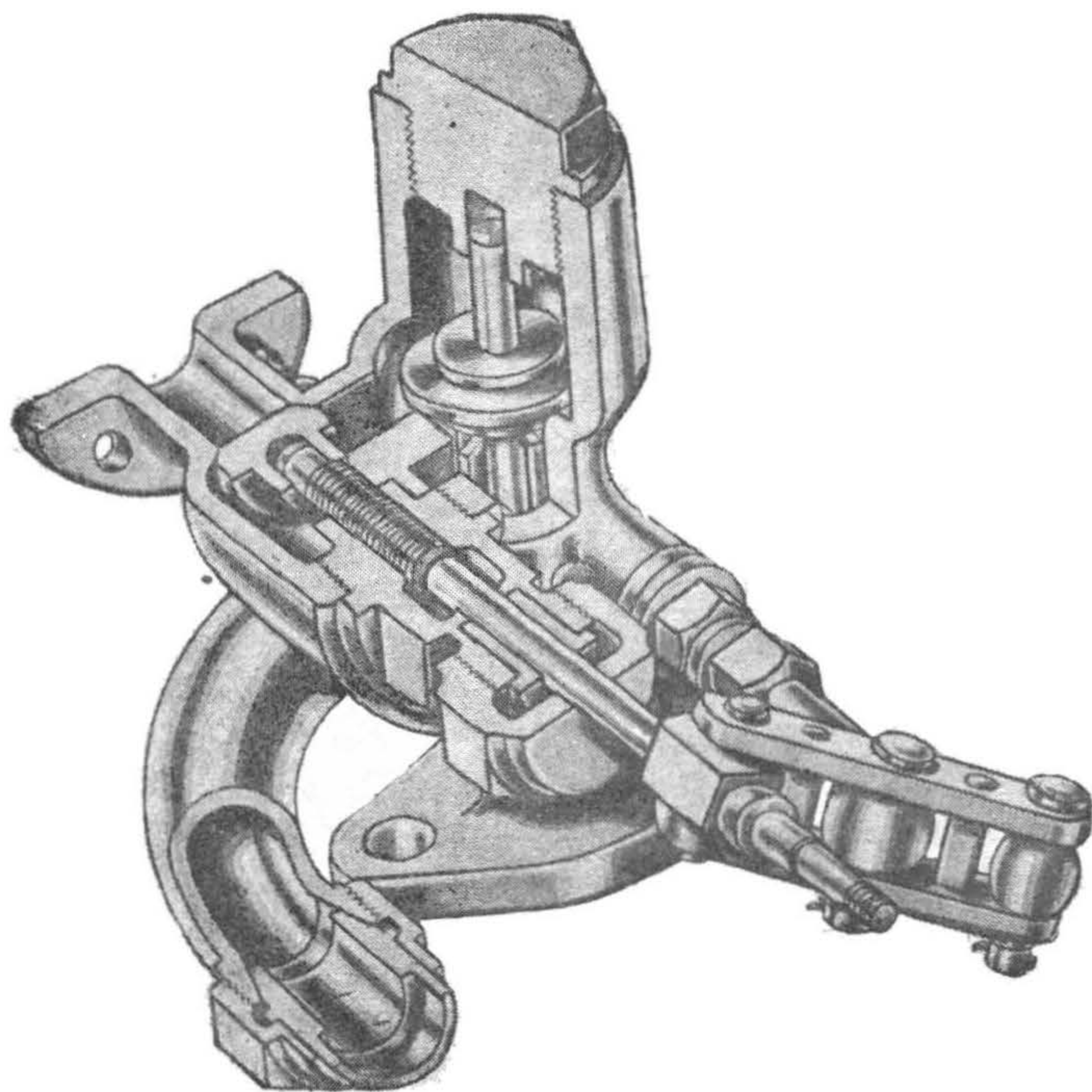
Фиг. 234. Питательная коробка.

благодаря чему водоподогреватель не остается наполненным водой, находящейся под давлением, а будет опорожнен, но не полностью, так как уровень отверстия расположен выше дна барабана. Для окончательного опоражнивания на передней крышке барабана есть еще специальный спускной краник.



Фиг. 235. Питательная коробка.

- 1—корпус,
- 2—питательный клапан,
- 3—крышка питательного клапана,
- 4—питательно-запорный клапан,
- 5—стержень питательного запорного клапана,
- 6—маховичек,
- 7—двухплечий рычаг,
- 8—валик двухплечего рычага,
- 9—стойка валика,
- 10—стержень спускного клапана,
- 11—спускной клапан.

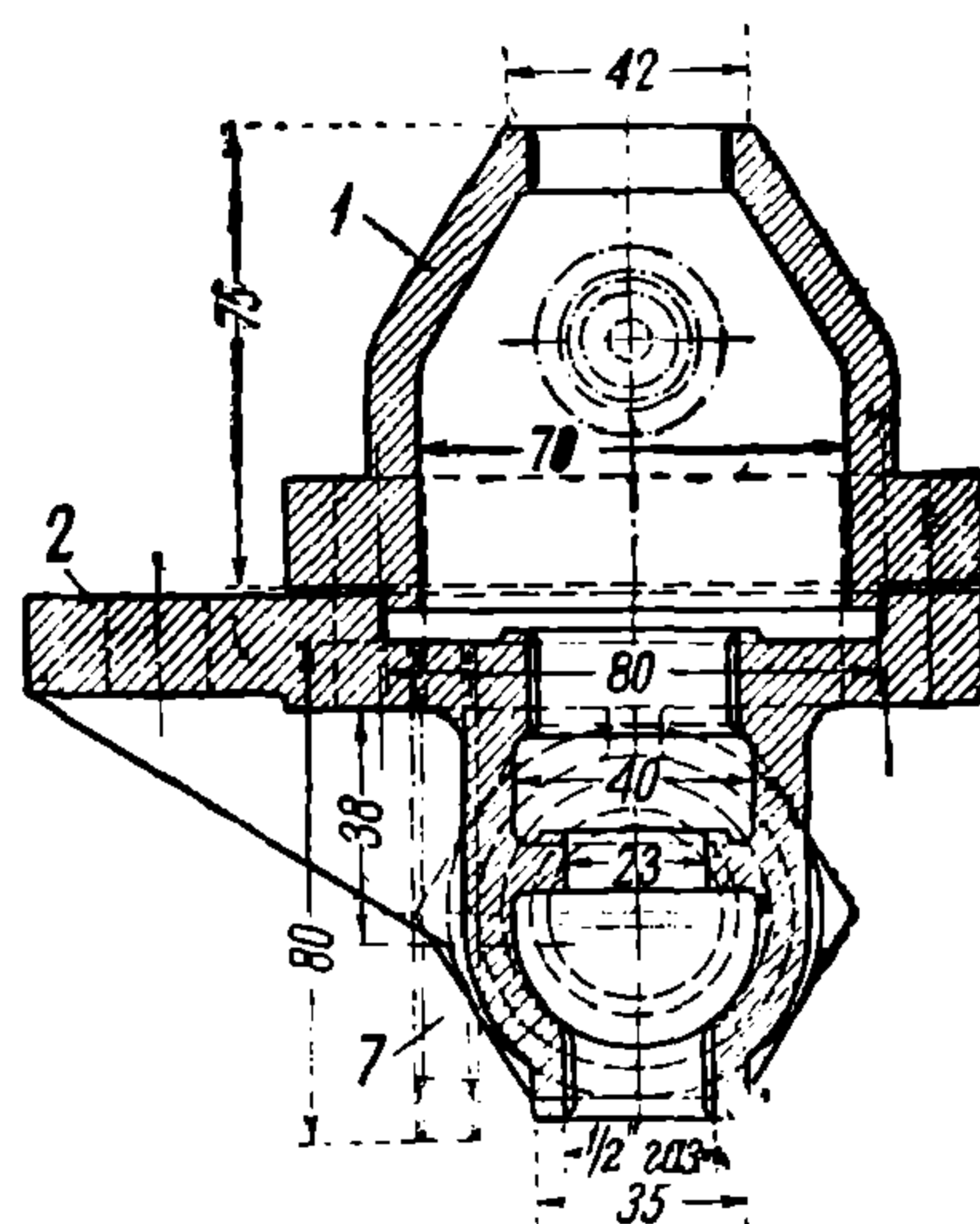
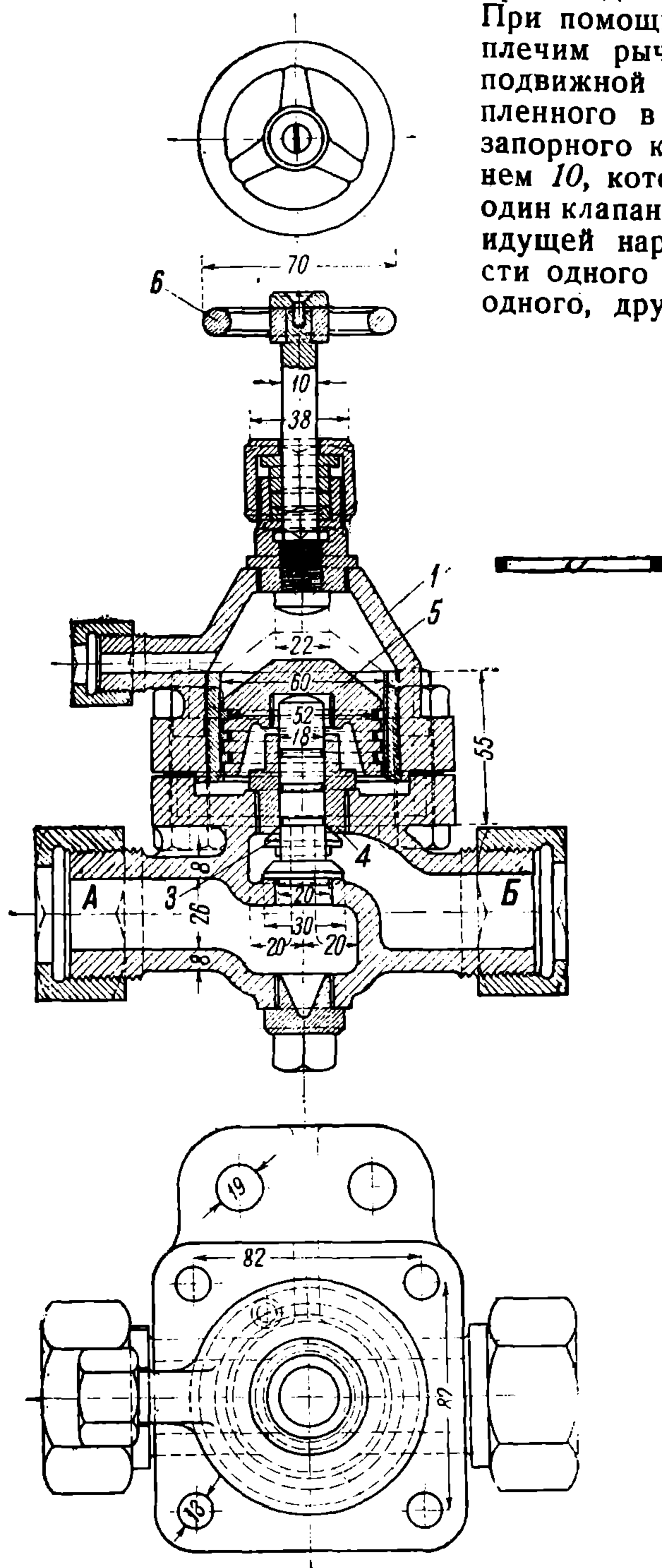


Фиг. 236. Питательная коробка в разрезе.

На фиг. 233 а, б, в показаны три положения пробки. При положении а, вода, притекающая из насоса по стрелке I, будет отклонена вниз и вступит в нижнюю часть водоподогревателя. Выходящая из него подогретая вода пойдет по стрелке II к питательной коробке. При повороте пробки в положение б, вода, идущая из насоса, будет отклонена в верхнюю часть водоподогревателя, по стрелке III, а подогретая выйдет по стрелке IV из нижней его части в питательную коробку. При положении в, вода прямо пройдет из насоса в питательную коробку по стрелке V, минуя водоподогреватель, который остается выключенным.

На фиг. 234, 235, 236 представлена питательная коробка, состоящая из корпуса 1, в который помещен питательный клапан 2, закрываемый сверху

крышкой 3, направляющей стержневой хвостик клапана. Фланцем А корпус прикрепляется к котлу, фланцем Б—к водоподающей трубе, а патрубком В—к трубе, выходящей наружу. Питательно-запорный клапан 4 имеет стержень 5 с прямоугольной резьбой, позволяющей при вращении стержня от маховичка 6 производить открытие и закрытие клапана. При помощи передачи, образованной двухплечим рычагом 7, вращающимся около неподвижной оси-валика 8, неподвижно закрепленного в стойке 9, стержень питательно-запорного клапана 5 сбалансирован со стержнем 10, который несет на своем конце еще один клапан 11, открывающий выход к трубе, идущей наружу. Благодаря такой связанности одного клапана с другим, при закрытии одного, другой одновременно открывается.



Фиг. 237. Автоматический паровой клапан.

- 1—верхняя часть корпуса.
- 2—нижняя
- 3—клапан,
- 4—штука,
- 5—поршень,
- 6—маховичек,
- 7—рычаг.

Таким образом, вода, нагнетаемая насосом, всегда будет иметь выход либо в котел, либо наружу. Этим устраняется опасность порчи и разрыва насоса, самого водоподогревателя, соединительных труб и других частей установки, от сильного напора воды, который должен был бы получиться вследствие

пуска насоса в действие, когда по забывчивости или невнимательности обслуживающего персонала одновременно не будет открыт питательно-запорный или другой выходной клапан. Вследствие указанного свойства, такая питательная коробка называется безопасной.

Практикой применения водоподогревателя Кнорра на наших дорогах установлено, что наилучшее действие насоса Кнорра получается, когда питательный клапан имеет подъем 11 см.

Патрубок спускной трубы имеет на конце нормальную резьбу 8 ниток на 1 дм и наружный диаметр 52 мм.

Автоматический паровой клапан — представлен на фиг. 237. О назначении этого клапана уже было сказано выше.

Корпус клапана состоит из двух частей 1 и 2, соединенных шпильками. Свежий пар из паропровода насоса притекает к отростку А, а по отростку Б выходит в водоподогреватель. К отростку В верхней части клапана притекает свежий пар из шиберной коробки цилиндра или камеры пароперегревателя. Сам клапан 3 притерт к седлу, расположенному в нижней части корпуса, и своим хвостовиком проходит сквозь втулку 4 в верхнюю часть корпуса, в которой на его конец одет поршень 5. Так как площадь поршня 5 больше площади клапана 3, то при открытии регулятора пар, попавший в верхнюю часть 2, надавливает на поршень с большей силой, чем свежий пар давит на клапан 3 снизу. От этого клапан 3 закрывается и преграждает доступ свежего пара из паропровода насоса в водоподогреватель. При закрытии регулятора, свежий пар открывает клапан 3 и начинает поступать в водоподогреватель. Регулирование подъема клапана 3 достигается маховичком 6 со стержнем. При закручивании до отказа, клапан 3 совершенно не будет давать доступ пару в водоподогреватель и при закрытом регуляторе. Регулируя указанным способом подъем клапана 3, можем в желаемой степени изменять работу насоса и степень подогрева как на стоянках, так и при езде с закрытым регулятором.

В поршеньке 5 сделана канавка $1 \times \frac{1}{2}$ мм, служащая для отвода конденционной воды под поршень и далее по трубке 7 наружу.

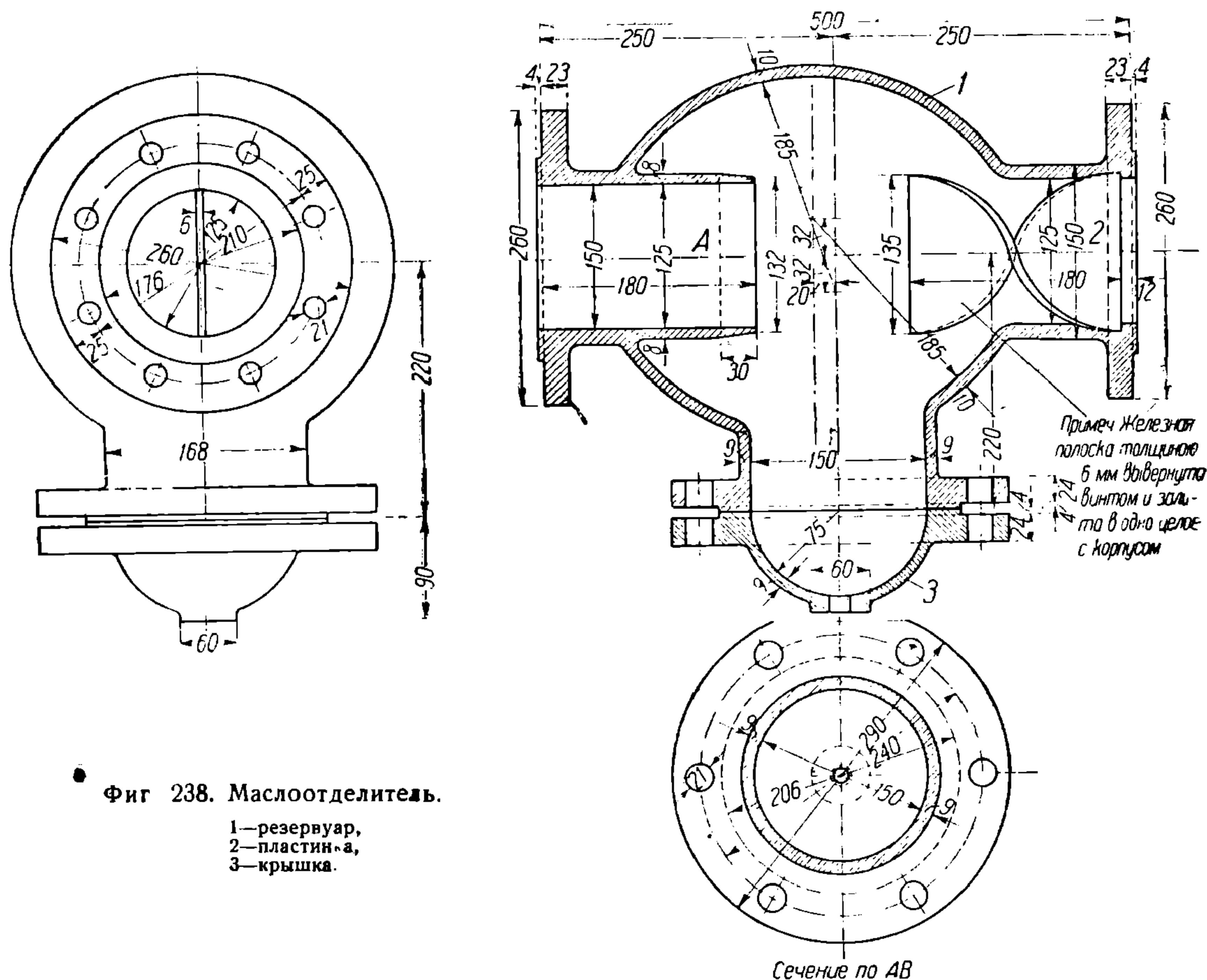
Маслоотделитель — представленный на фиг. 238, применяется (как уже сказано выше) только при использовании конденсата и устанавливается на паропроводе мягого пара. Этот прибор состоит из чугунного пустотелого резервуара 1, имеющего по краям фланцы, которыми он прикрепляется к фланцам частей трубы мягкого пара. В горловине резервуара, со стороны того фланца, через который мягкий пар вступает в маслоотделитель, имеется железная винтообразная пластинка 2, врезанная своими краями в толщину стенок резервуара. Со стороны другого фланца сделан широкий внутренний патрубок А, обращенный навстречу протекающему пару. В самом низу резервуара сделано отверстие, закрываемое крышкой 3, в которое укреплена отводная трубка. Действие маслоотделителя происходит следующим образом: как только струя мягкого пара, несущая с собой капли смазки, вступает в резервуар маслоотделителя, то ее сейчас же рассекает винтообразная пластинка, заставляющая струю в пределах резервуара изменить прямолинейное движение на винтообразное. Под влиянием центробежной силы капли смазки, как более тяжелые, разбрасываются в стороны и остаются в резервуаре; очищенный же от смазки пар течет во встречный патрубок А и далее в трубу, к водоподогревателю. Таким образом, устройство маслоотделителя должно обеспечивать непрерывное отделение смазки. К маслоотделителю паропровод мягкого пара следует прикрепить на сальнике для того, чтобы дать возможность паропроводу свободно расширяться.

Конструкция этого сальника очень проста и представляет собой конец трубы, вставленный в патрубок маслоотделителя и затянутый сальниковым фланцем с асбестовой набивкой. Постановка этого сальника обязательна. У нас раньше паропровод мягкого пара ставился без такого сальника и поэтому имело место постоянное лопанье маслоотделителей, каковое явление относили к неудачной конструкции маслоотделителя и перестали его ставить.

Постановка маслоотделителя вообще необходима, но настоятельно необходимой становится при инжекторах мягкого пара, так как иначе конусы инжектора

будут загрязняться маслом, что может повести к отказу инжектора и потребует разборки инжектора в пути для очистки конусов.

Поэтому вопрос о рациональной конструкции маслоотделителя приобретает особую остроту и кажущаяся неэкономичность маслоотделителя, вследствие дороговизны той или иной конструкции его, не должна смущать, ибо стоимость маслоотделителя (чугунное литье) не столь уж высока по сравнению с теми удобствами в эксплуатации, которые приносит хорошо работающий маслоотделитель.



Фиг 238. Маслоотделитель.

- 1—резервуар,
- 2—пластина,
- 3—крышка.

Пульсирующий манометр. Устанавливается на втулке горизонтального золотничка парораспределительного механизма насоса на пространстве между большим поршеньком и крышкой втулки. При работе насоса это пространство попеременно сообщается то со свежим паром, то с атмосферным давлением. По колебаниям стрелки манометра можно судить о том, работает ли насос.

Пиометр термоэлектрический или ртутный — своим хвостовиком вставляется в специальный капсюль на водонапорном патрубке питательной коробки. Определение температуры подогрева следует производить при значительных форсировках, установив подачу воды насосом, равную расходу воды котлом, когда уровень воды в стекле поддерживается постоянным. Если же уровень воды в стекле не держится постоянным, то температура подогрева может быть различной и по ней нельзя правильно судить о работе водоподогревателя.

Обращение с водоподогревателем Кнорра и уход за ним.

Перед пуском водоподогревателя надлежит убедиться: не закрыт ли питательно-запорный клапан в питательной коробке, открыт ли запорный тендерный клапан (если есть специальный кран на всасывающей трубе, то его также

надлежит открыть) и поставлен ли переключательный кран в надлежащее положение ¹. Надлежит предварительно смазать насос и закрыть все спускные краники, если они были открыты. После этого осторожно открыть пусковой ventиль, чтобы насос был пущен на тихий ход. Автоматический клапан должен быть при этом отрегулирован так, чтобы не было выхода пара из трубы, отводящей конденсат на путь.

Чтобы убедиться в том, подает-ли насос, следует открыть клапан, выводящий питательную воду из питательной коробки наружу; при действии насоса вода по отводящей трубе должна выбрасываться наружу. Тугой набивки сальников насоса следует избегать.

Если после пуска в ход насос не сразу засасывает воду, то для усиления всасывания надлежит на короткое время открыть кран на водяном колпаке насоса. Если питательный клапан пропускает, то насос и всасывающая труба могут сильно прогреться, отчего всасывание ухудшится. В этом случае на некоторое время надлежит закрыть питательно-запорный клапан питательной коробки и выпустить часть питательной воды наружу.

При движении с поездом, рекомендуется водоподогреватель пускать в действие сейчас же вслед за открытием регулятора; водоподогреватель должен продолжать работу в течение всего времени, пока регулятор открыт. Во время движения работу насоса следует регулировать так, чтобы уровень воды был постоянным и около $\frac{1}{2}$ водомерного стекла. Только при этих условиях, т. е. когда котел расходует столько воды, сколько подает насос, может получиться надлежащий подогрев и максимальная экономия топлива.

Число ходов насоса зависит от расхода воды, а потому не может быть постоянным. Нормально насос делает в среднем 15—20 двойных ходов в минуту.

При закрытии регулятора в пути на некоторое время и при коротких остановках, число двойных ходов поршня насоса в минуту должно быть около трех.

При длительных стоянках на морозе надлежит приоткрывать прогревательный ventилек так, чтобы во всасывающей трубе было слышно пощелкивание; после того как насос пущен в ход, подогревательный ventиль надо немедленно закрыть. Если воды в котле достаточно и качать некуда, можно остановить насос и немедленно открыть прогревательный ventиль. Лучше, если насос будет работать непрерывно, для чего его можно пустить немедленно. При остановке насоса закрывают тендерный ventиль и питательно-запорный клапан питательной коробки. Для предохранения от замораживания, надо выпустить воду из всех частей установки, для чего открываются все водяные и воздушные краны. Чтобы удалить остатки воды из насоса и водоподогревателя, поворачивают пробку переключательного крана через все положения, что дает наполнение водоподогревателя воздухом. Затем пускают насос на большое число ходов в минуту, пока не перестанет течь вода из всех кранов; для этого достаточно бывает пустить насос на 2—3 минуты. Удалив остатки воды из водоподогревателя, следует остановить насос так, чтобы поршневой диск насоса остался в своем верхнем положении, что делается с целью устранения водяного мешка над поршнем, откуда выпуск воды через спускной кран сделан быть не может. Поймать верхнее положение поршня при его остановке легко удастся, если закрыть пусковой ventиль в тот момент, когда стрелка пульсирующего манометра отклонится влево.

Летом и вообще в теплое время насос может быть пущен в ход или остановлен, смотря по необходимости. Если водоподогреватель, вследствие порчи, должен быть выключен, то следует закрыть запорный клапан или заслонку, а выхлопной пар тормозного насоса переключить наружу, иначе в конденсаторной трубе произойдет сильное парение, мешающее видеть паровозной бригаде сигналы. Насос и сам водоподогреватель будут при этом обогреваться паром от смазочных аппаратов Фридмана.

¹ По германской инструкции, в четные числа месяца кран ставится в правое рабочее положение, а в нечетные — в левое.

При порче только самого водоподогревателя, переключательный кран должен быть установлен в среднее положение, а насос остановлен. Качать воду надо в таком случае инжектором, насос же является только запасным питательным устройством. Качают воду насосом при включенном водоподогревателе (пробка в среднем положении) лишь только в случае порчи инжектора.

Время от времени водоподогреватель следует промывать от накипи. Сроки промывок различны, в зависимости от качества воды. При жесткой воде рекомендуется промывать через одну промывку паровоза, т. е. приблизительно 1 раз в месяц, при мягкой воде — через 3—4 месяца. Сроки промывки лучше установить на месте путем наблюдения за температурой подогрева. Когда она начинает снижаться по сравнению с предыдущей, то это верный признак засорения трубок накипью. Промывка делается от своего же насоса при перестановке пробки переключательного крана из того крайнего положения, в котором она находилась при предыдущей работе водоподогревателя, в противоположное же крайнее положение. При промывке запирается питательно-запорный клапан питательной коробки и вода под сильным напором от пущенного в ход насоса вместе с накипью выбрасывается наружу. Вслед за этим, отняв крышки водоподогревателя, следует трубки изнутри очистить металлической щеткой.¹ С течением времени трубки водоподогревателя покрываются снаружи тонким слоем смазки, которая выделяется из мятого пара, при его конденсации. Поэтому следует через 2½—3 месяца обмывать батареи снаружи для удаления этой смазки. С этой целью поступают так: в отверстие спускной трубы снизу забивается деревянная пробка и отнимается фланец колена трубок от автоматического клапана и от насосов—питательного и тормозного. Далее, при помощи пожарного рукава от инжектора, наполняют водоподогреватель водой и добавляют в него два ведра 15% раствора каустической соды. После этого, поставив фланец на место, пускают в водоподогреватель свежий пар от автоматического клапана или иным способом. С помощью этого пара раствор соды нагревается до кипения и кипятится 15—20 минут. Затем выколачивают пробку из спускной трубы и выпускают загрязненный смазкой раствор наружу. После этого, отняв тот-же фланец, промывают водоподогреватель от инжектора. Если промывки производить реже, чем указано выше, то следует кипятить дольше, а именно 25—30 минут. Крепость раствора каустической воды увеличивать не рекомендуется.

Из случаев неудовлетворительной работы можно указать на следующие.

а) Паровоз начинает расходовать слишком много воды: если закрыть регулятор и пустить насос в ход, то из спускной трубы водоподогревателя, вместо небольшого количества конденсата, вытекает много воды. В таком случае отъединяют трубу мятого пара внизу паровой рубашки водяного цилиндра насоса. Затем, при закрытом регуляторе и остановленном тормозном насосе пускают питательный насос в ход. Если при этом из спускной трубы водоподогревателя идет много воды, то, значит, имеется пропуск в трубках водоподогревателя. Если же из паровой рубашки водяного цилиндра насоса вытекает большое количество воды, то, следовательно, имеется трещина или излом в стенке водяного цилиндра. В случае пропуска труб, пробку переключательного крана следует поставить в среднее положение и доехать до депо, где произвести осмотр и ремонт. Если пропускает стенка водяного цилиндра, то насос должен быть остановлен и, по прибытии в депо, сменен его водяной цилиндр.

б) Насос начинает неравномерно работать, т. е. время одного двойного хода поршня сильно колеблется. Вероятная причина — неплотность клапанов — может быть устранена только в мастерских.

в) Малая подача насосом может быть вследствие неплотности колец водяного поршня.

¹ По германской инструкции рекомендуется очистку трубок водоподогревателя сист. Кнорра производить кипячением в содовой ванне или в растворе соляной кислоты (1 часть 20% раствора кислоты и 4 части воды). Барабан с трубками помещается в эту жидкость на 24 часа, после чего продувается паром или промывается водой с давлением 3—4 атмосферы.

г) Если температура подогрева недостаточно высока, что может быть определено или по пирометру или рукой, ощупывая питательную коробку, то причиной этого может быть неплотность прилегания перегородок к днищу водоподогревателя и к его обеим решеткам, недостаток мятого пара, забивка спускной трубы для конденсата грязью или смазкой, или заростание трубок накипью.

Если бросает воду в цилиндры, то причиной этого может быть также забивка спускной трубы для конденсата из водоподогревателя. В этом случае надо отнять спускную трубу и обеспечить свободный ход конденсата.

д) Отказ насоса идти в ход при открытии пускового вентиля может быть от неисправности парораспределительного механизма, недостатка смазки, заедания парораспределительных золотников или поршней. Иногда причиной является поломка или изгиб стержня, вертикального золотника или ослабление шурупов планки поршня.

е) Слишком медленный ход и даже остановка насоса, спустя короткое время после пуска в ход. Причина: малый подъем питательного клапана. Насос при этом может развивать в напорной магистрали в трубках водоподогревателя весьма большое давление, опасное для трубок.

ж) Отказ насоса качать воду при пуске, ненормальный беспокойный ход поршня, работа насоса вхолостую. Причина: нет доступа воды из тендера во всасывающую трубу, ввиду закрытия тендерного вентиля или крана, или сильного засорения сетки тендера.

Кроме того, может влиять неплотность всасывающей трубы, внезапное засорение этой трубы, неплотности клапанов, пропуск клапанных седел, заедание клапана, поломка клапана или поршня насоса и т. д.

Для устранения следует отнять воздушный колпак и крышку внизу клапанной коробки, осмотреть клапаны и их седла, удалить поломанные части с заменой их новыми, исправить как клапан, так и седло, если это окажется возможным. Для того чтобы вынуть нагнетательный клапан, надо отпустить наружный болт, вынуть скобу, а затем и сам клапан вместе с его седлом. Чтоб вынуть нагнетательный клапан, надо отвернуть гайку натяжного стержня, а затем вынуть клапан вместе с его седлом вверх, через место, соответствующее нагнетательному клапану.

Расшатывание клапанных седел устраняется натяжкой соответствующих крепящих болтов. Прежде этого надо, однако, убедиться в целости прокладки под бортами седел. Если прокладка неисправна, то надо ее заменить новой, хорошо промасленной. При постановке клапанов на место, ни в коем случае не крепить слишком туго натяжения болта — надо подтянуть их лишь настолько, чтобы седла не шатались. Шплинты в гайках ставить обязательно и разводить. Притирка клапанов делается после вынута их, на верстаке. Поломанную часть поршня заменить новой, поломанное кольцо — также. Осмотреть клапанные пружины и устранить причины заедания клапана.

Неплотность нагнетательного клапана сильно понижает производительность насоса, так как при нагнетании часть воды из нагнетательной камеры обратно попадает в промежуточную, а оттуда в цилиндр; таким образом, засасывание воды из тендера сильно уменьшается. При неплотности всасывающих клапанов, часть воды поступает обратно во всасывающую трубу. В таких случаях необходимо проверить высоту подъема клапанов, которая должна быть 7—8 мм.

Неплотности поршневых колец водяного поршня очень просто обнаруживаются постановкой манометра на напорный колпак. При неплотных кольцах, насос развивает неполное давление, которое, по остановке насоса, очень быстро падает до нуля. Насосный манометр в будке машиниста при неплотности поршня показывает, что насос работает с давлением меньшим, чем обычное. Надо иметь ввиду, что при исправном поршне давление пара, под которым обычно работает насос (при 20—24 об./мин.), приблизительно равно $1\frac{1}{2}$ котельного давления + 1 до $1\frac{1}{2}$ ат; при очень усиленной работе (30—40 об./мин.) это давление равно $1\frac{1}{2}$ котельного + 2—3 ат.

Если кольца неплотны, то это давление много ниже. Неплотность поршня может быть обнаружена тем, что при тихой качке не слышно ни малейшего стука питательного клапана. Можно также закрыть пробку питательного клапана, — насос будет ходить, почти не уменьшая скорости хода.

Неплотность поршня отнюдь не следует смешивать с течью труб или крышек подогревателя. Если неплотность поршня обнаружена, немедленно, по приезде в депо, приступают к ремонту. Для этой цели надо иметь запасные кольца из белого сплава следующего состава: свинца — 66 частей, олова — 20 частей, сурьмы — 10 частей, чистой красной меди — 4 части.

Кольца размерами: 142,5; 122,5 и 16,25 мм. Они пришабриваются по канавкам поршня так, чтобы были в них не туго, но и не слабо. Качка в долевом направлении недопустима. Затем кольцо разрезается косым замком в 7 мм шириною, после чего кольца пропиливаются в замке так, чтобы при вставке его в цилиндр оставался зазор не более $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ мм. Кольцо с пропиленным замком вставляют в соответствующую канавку поршня и пускают прямо в работу.

При осмотре поршня надо попутно осмотреть, исправна ли бронзовая втулка цилиндра; если будут обнаружены задиры, риски, забоины и т. п., то втулки, в зависимости от глубины повреждения поверхности, придется либо расточить, либо заменить новыми. Втулки впрессовываются на место давлением от 3 до 4 ат.

Горячая вода в тендере может также быть причиной отказа насоса или малой производительности. Зимой воду нужно охладить снегом. В другое время года, если это возможно, ехать до ближайшей станции, где можно добавить в тендер холодной воды.

Прогрев воды в тендере может произойти от случайного открытия или неплотности прогревательного вентиля. Вентилек держать закрытым при качке, при неплотности — притереть. Осмотреть и исправить, если потребуется, неплотности в манометре, который также может быть причиной прогрева. Нужно, однако, иметь в виду, что при низком расположении насоса, особенно опасаться отказа, даже при очень горячей воде, не приходится.

Отнюдь не допускать пропуска сальников; тщательно следить за их состоянием, по мере надобности крепить и менять набивку. Заботиться о смазке штока.

Сплав для колец заготовлять на месте, или, что проще и надежнее, требовать готовые барабаны от завода, изготовившего насос.

22. ПОВЕРХНОСТНЫЙ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЬ „БОРЕЦ“

Этот водоподогреватель представляет собою измененный во второстепенных деталях предыдущий водоподогреватель Кнорра.

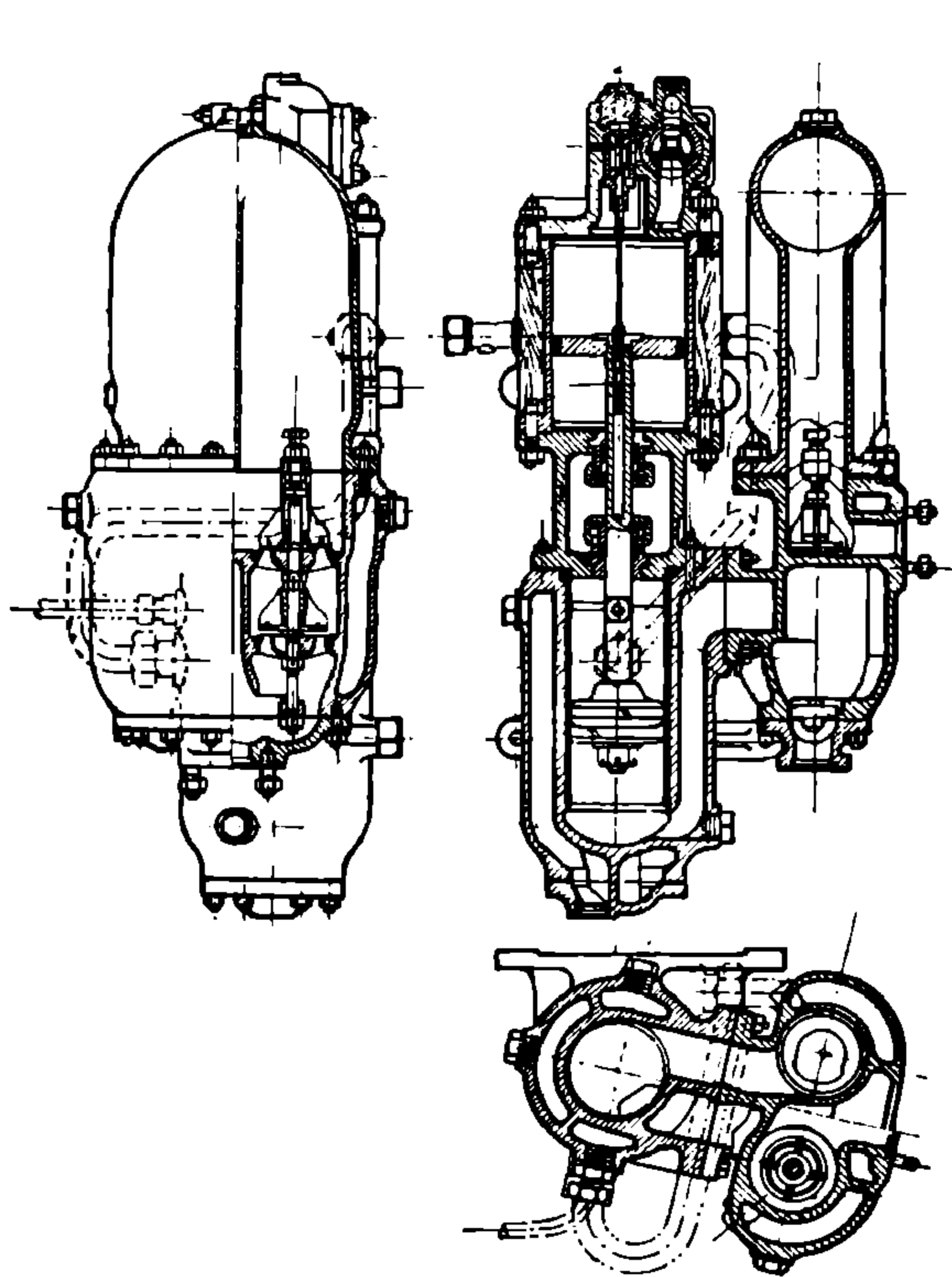
Расстояние между центрами лап для прикрепления насоса к кронштейну по вертикали и горизонтали отличается от тех же расстояний водоподогревателя Кнорра, почему при одном и том же кронштейне насосы обоих водоподогревателей не взаимозаменяемы. Это нужно отнести к недостаткам в конструкции „Борца“. Диаметр цилиндров: парового — 203 мм, водяного — 140 мм, ход поршней — 260 (фиг. 239).

Задняя решетка водоподогревателя со своей крышкой удерживается в барабане и внутри его при удлинении трубок от нагрева не по трем стопорным болтам, как у Кнорра, а по особым направляющим планкам. Решетка и крышки водоподогревателя „Борец“ имеют для этой цели специальные выточки. Батарея „Борец“ для установки на паровозе имеет не поперечные угольники, а специальные лапы. Пробка переключательного крана имеет рычаг; на секторе пробки сделаны надписи: включен, выключен — включен (фиг. 240).

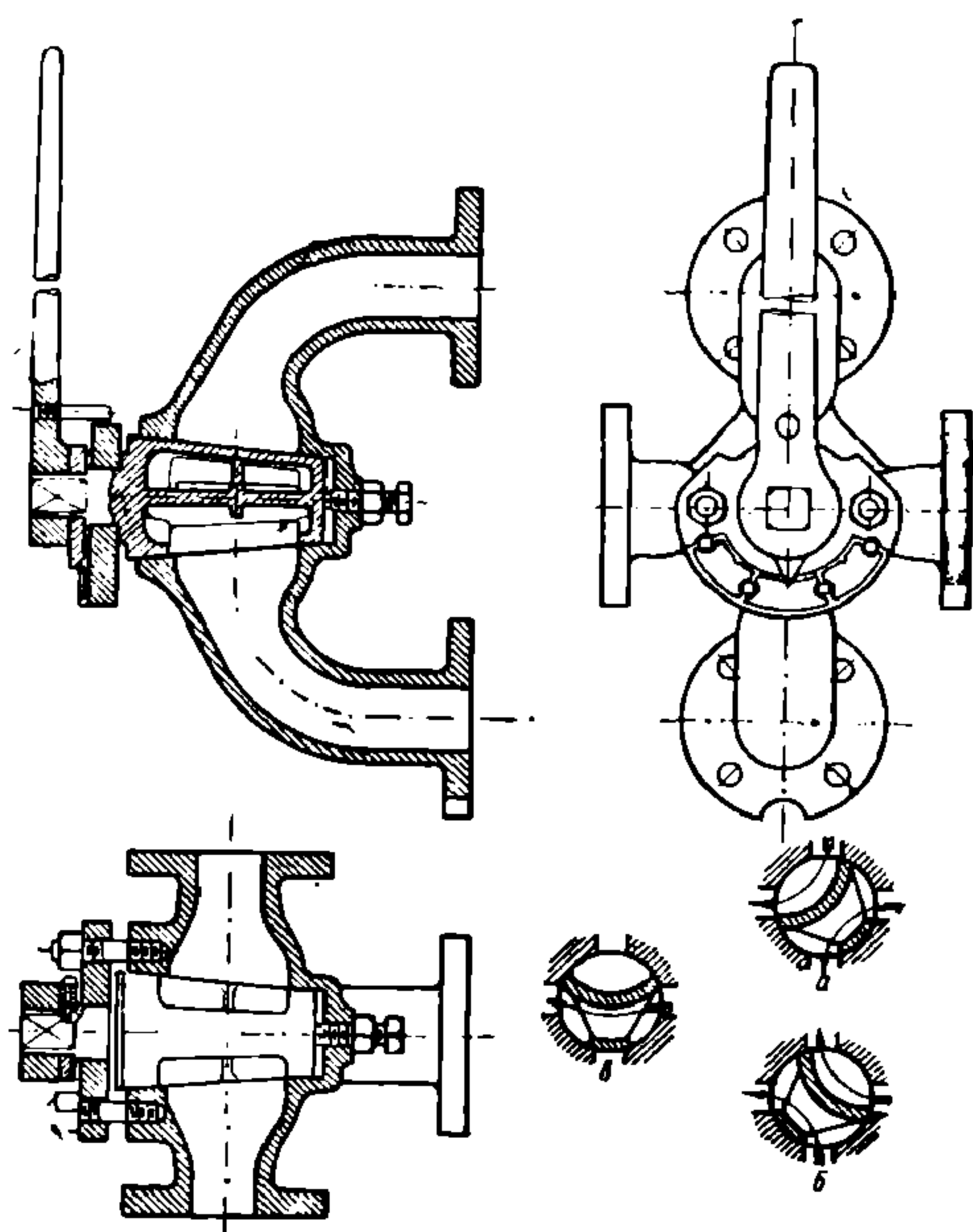
В комплект приборов водоподогревателя „Борец“ входит обратный клапан, помещаемый между пароисходящими трубами от обоих цилиндров и трубкою к водоподогревателю. Корпус этого клапана отлит из чугуна; самый клапан и его седло — бронзовые. В крышке клапана имеется особый нажимной болт, позволяющий изменять подъем клапана в желаемых пределах или совсем его закрыть.

Обратный клапан служит для того, чтобы при закрытом регуляторе не было пропуска мятого пара из насосов питательного и тормозного в конус. У корпуса клапана имеется штуцер, к которому присоединяется трубка (диаметром 25,4 мм) от автоматического парового клапана для питания водоподогревателя при закрытом регуляторе. Если у некоторых обратных клапанов такого штуцера нет, то последний помещен на трубе от клапана к водоподогревателю.

Автоматический клапан (фиг. 241) состоит из корпуса, который свинчивается из двух частей — нижней 1 и верхней 2. В нижней части корпуса имеется клапан 3, хорошо притертый к своему седлу. Хвостовик этого клапана входит в выемку штока 4; на другом конце этого штока сидит поршень 5. Из камеры над клапаном 3 пар может выходить в трубу, ведущую в водоподогреватель. Пространство же поршневой камеры поверх поршня сообщается помощью трубы с трубой, подводящей свежий пар из котла в насос. Сверху поршневая камера закрыта крышкой 6, привернутой шурупами 7, в которую ввинчен установочный болт 8. Помощью этого болта можно регулировать подъем клапана. Так как некоторый незначительный пропуск пара поршеньком 5 неизбежен, то пространство поршневой камеры над поршнем при помощи отверстия 1—1,5 мм сообщается с атмосферой. Пар, просочившийся через неплотности поршенька 5, через это отверстие выходит наружу и таким образом не мешает правильной работе автомата. Площадь верхнего поршенька рассчитана так, что достаточно давления на него 3 ат пара, чтобы опустить поршень 5 и плотно прижать клапан 3 к седлу.

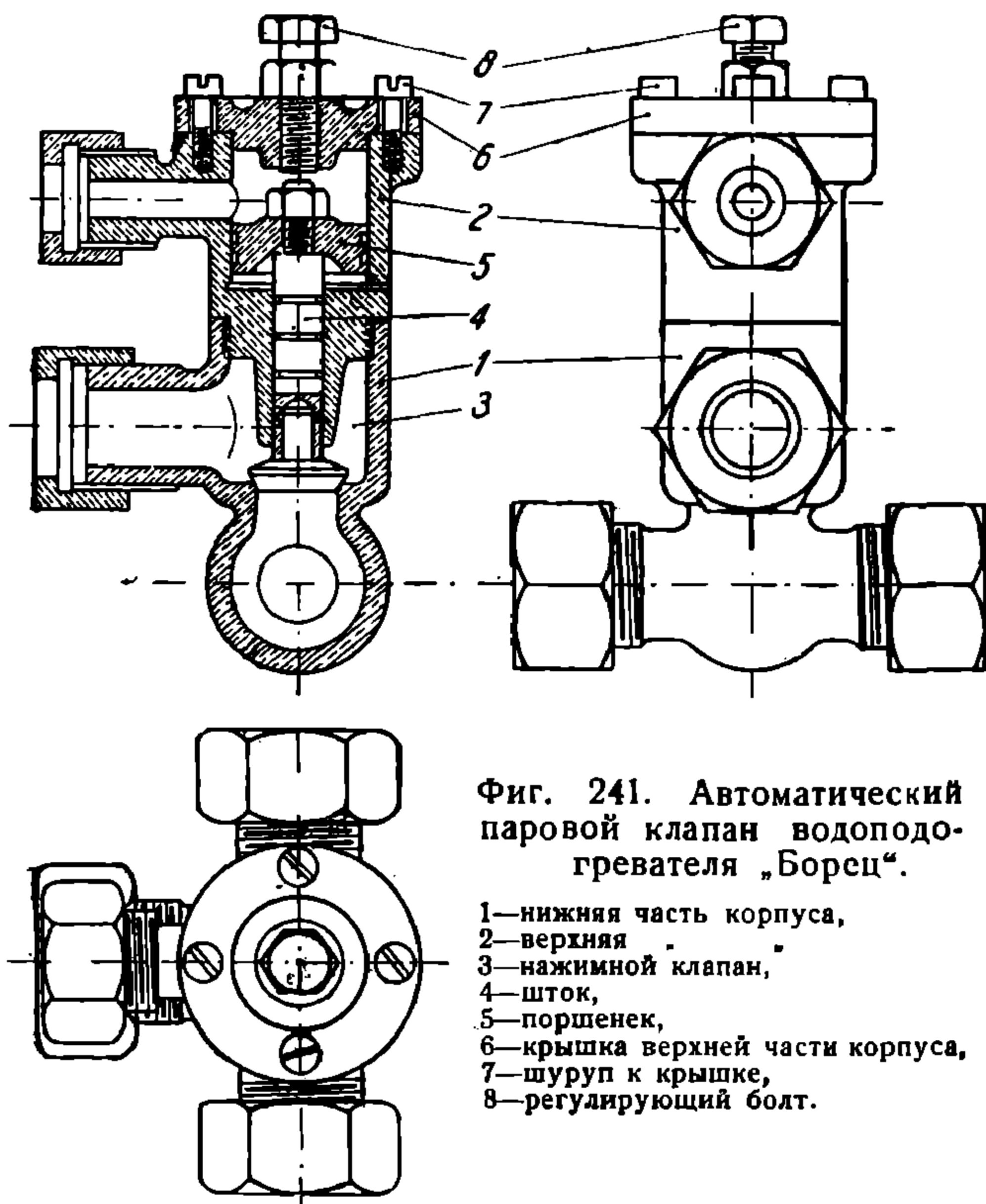


Фиг. 239. Насос водоподогревателя „Борец“.



Фиг. 240. Переключательный кран водоподогревателя „Борец“.

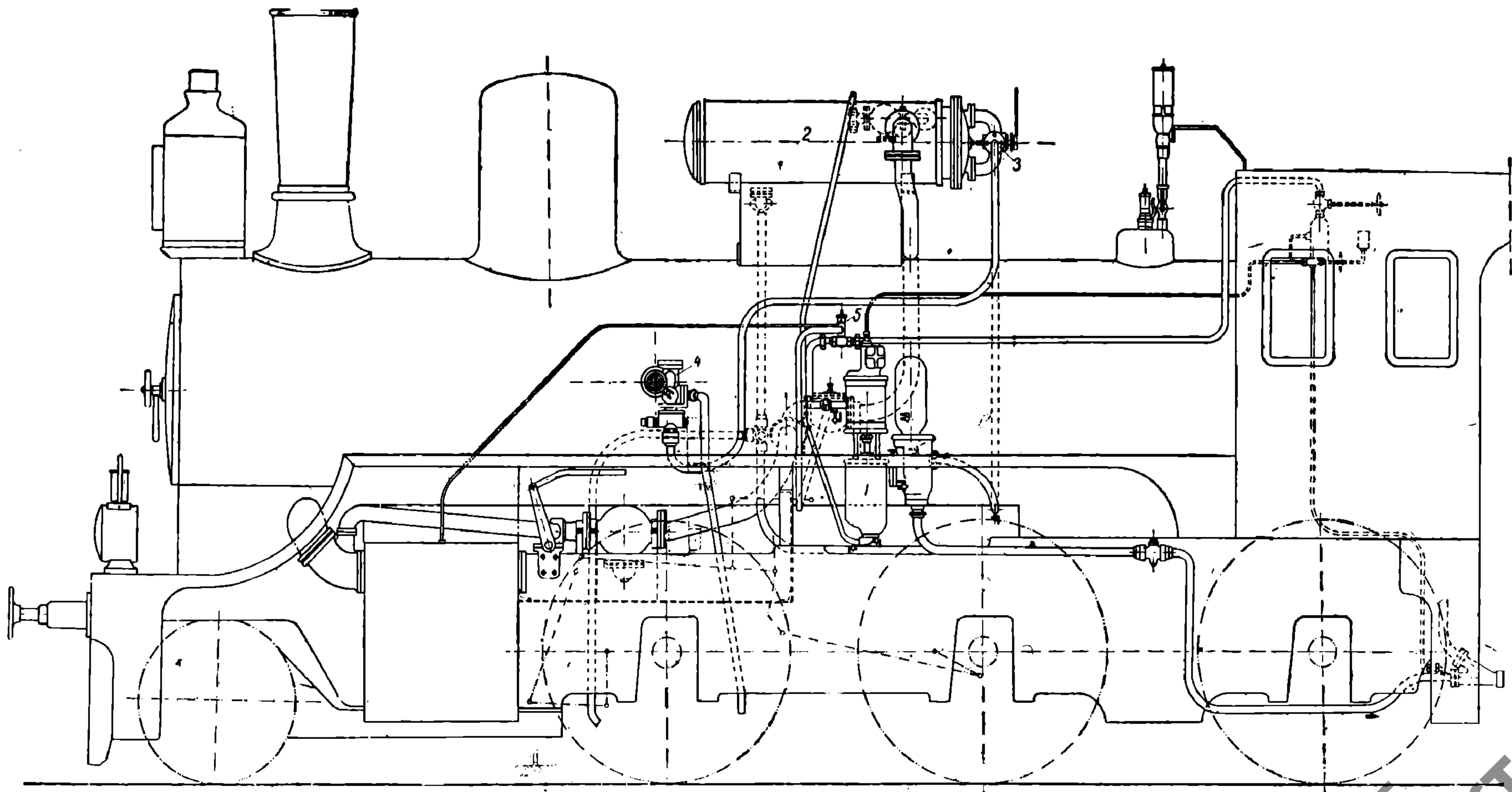
пан 3, хорошо притертый к своему седлу. Хвостовик этого клапана входит в выемку штока 4; на другом конце этого штока сидит поршень 5. Из камеры над клапаном 3 пар может выходить в трубу, ведущую в водоподогреватель. Пространство же поршневой камеры поверх поршня сообщается помощью трубы с трубой, подводящей свежий пар из котла в насос. Сверху поршневая камера закрыта крышкой 6, привернутой шурупами 7, в которую ввинчен установочный болт 8. Помощью этого болта можно регулировать подъем клапана. Так как некоторый незначительный пропуск пара поршеньком 5 неизбежен, то пространство поршневой камеры над поршнем при помощи отверстия 1—1,5 мм сообщается с атмосферой. Пар, просочившийся через неплотности поршенька 5, через это отверстие выходит наружу и таким образом не мешает правильной работе автомата. Площадь верхнего поршенька рассчитана так, что достаточно давления на него 3 ат пара, чтобы опустить поршень 5 и плотно прижать клапан 3 к седлу.



Фиг. 241. Автоматический паровой клапан водоподогревателя „Борец“.

- 1—нижняя часть корпуса,
- 2—верхняя
- 3—нажимной клапан,
- 4—шток,
- 5—поршень,
- 6—крышка верхней части корпуса,
- 7—шуруп к крышке,
- 8—регулирующий болт.

Установка водоподогревателя „Борец“ представлена на фиг. 242.



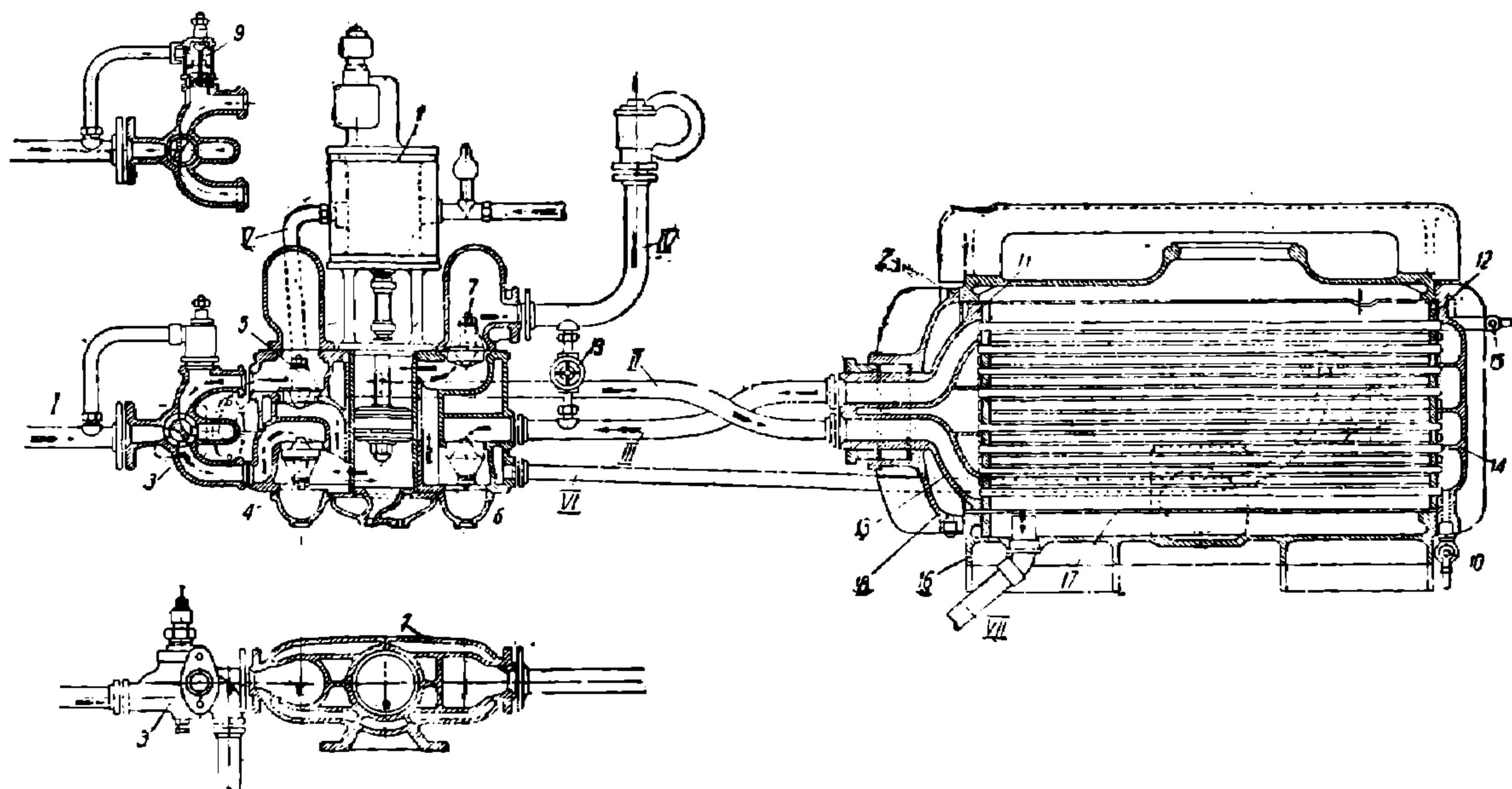
Фиг. 242. Установка водоподогревателя „Борец“ на паровозе 1—3—0 НП.

НТБ
ДНУЖТ

23. ПОВЕРХНОСТНЫЙ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЬ КОЛОМЕНСКОГО ЗАВОДА

Этот водоподогреватель, работающий по принципу Кайль-Потонье, был установлен на нескольких паровозах 1—3—1 С^у первого выпуска постройки Коломенского завода. Ввиду сложности его насоса и дороговизны ремонта, в последующих паровозах 1—3—1 С^у (выпуск 1926—1928 г.г.) он заменен водоподогревателем Кнорра; в эксплуатации водоподогреватель Коломенского завода на паровозах 1—3—1 С^у также заменяется водоподогревателем Кнорра.

Схема устройства и действия этого водоподогревателя следующая (фиг. 243). Вода из тендера по трубе *Т*, через особый кран *З*, всасывается насосом *И* под нижнюю часть водяного поршня, при ходе его вверх через клапан *4*; при обратном ходе вода выталкивается через клапан *5* обратно в кран *З* и отсюда



Фиг. 243. Водоподогреватель Коломенского завода.

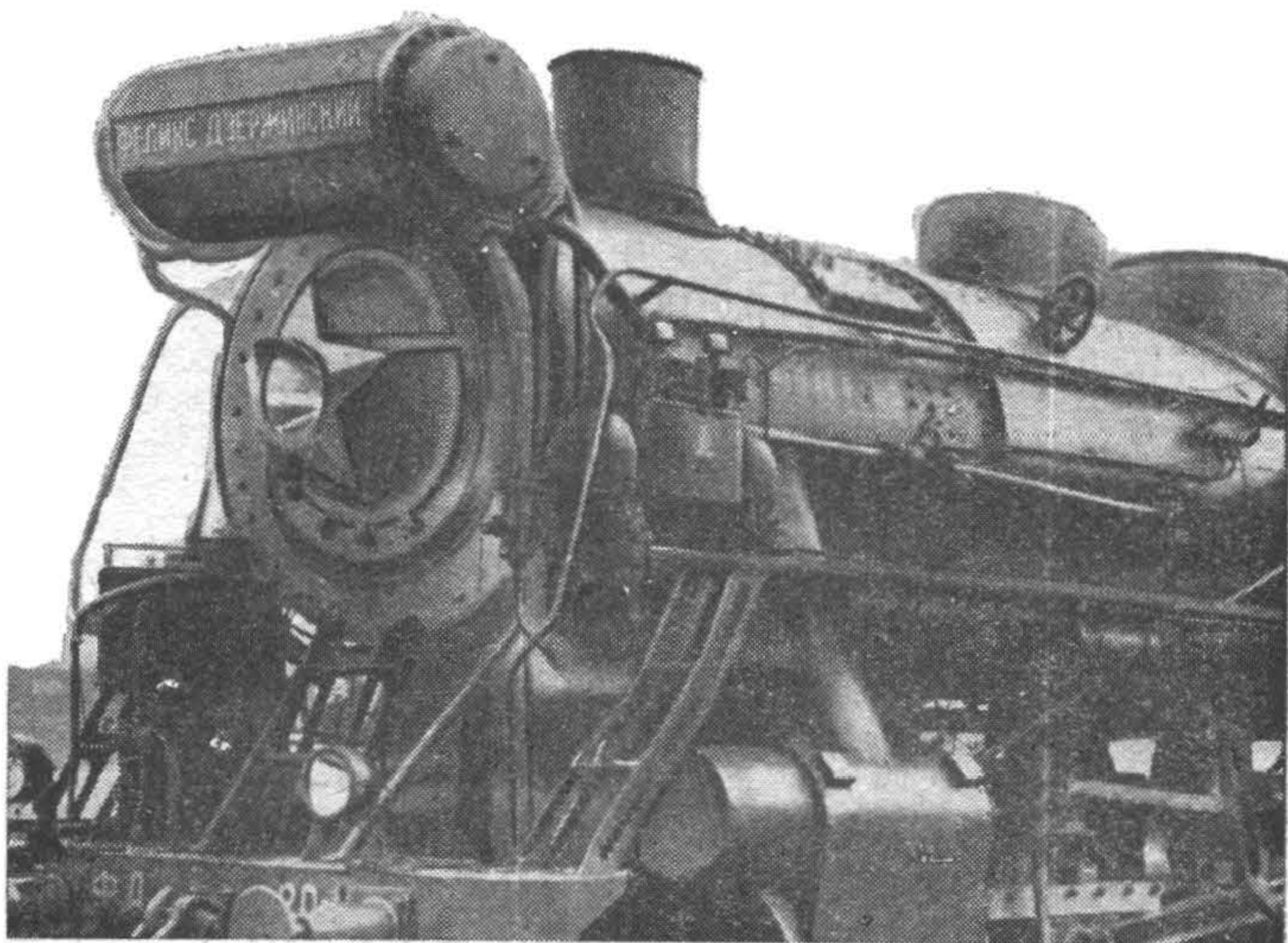
- 1—насос,
2—батарея водоподогревателя,
3—распределительный кран,
4—всасывающий клапан насоса холодной воды.
5—нагнетательный " " " "
6—всасывающий " " горячей воды,
7—нагнетательный " " " "
8—питательная коробка,
9—клапан.

- 10—спускной кран,
11—12—решетки батареи,
13—14—крышки батареи,
15—кран батареи для выпуска воздуха,
16—ресервная камера,
17—барабан,
18—крышка,
19—вентиль.

по трубе II направляется в батарею водоподогревателя 2. Из водоподогревателя горячая вода по трубе III через клапан 6 направляется в верхнюю часть водяного цилиндра, заполняя его при ходе поршня вниз, и затем при ходе поршня вверх выходит из насоса через клапан 7 и по трубе IV, через клапан питательной коробки 8, поступает в котел. Поршень водяного цилиндра снабжен разрезными уплотняющими кольцами баббитового сплава. Кран 3 служит для опоражнивания подогревателя без потери воды.

Перекрывая пробку крана, как показано на фиг. 243, вода, при ходе поршня вверх, будет засасываться не из тендера, так как труба I перекрыта пробкой, а из подогревателя 2 по трубке II. Далее, вода поступит через клапан 4 под поршень водяного насоса (при ходе его вверх) и при обратном ходе пройдет через клапан 5 в кран 3 и из него через особый клапан 9 поступит обратно в тендер; кроме того, вода из подогревателя может быть выпущена спускным краном 10. Отработанный пар парового цилиндра насоса по трубке V направляется в паровую рубашку, а отсюда по особой трубке VI в паровое пространство водоподогревателя. Батарея водоподогревателя состоит из двух железных решеток 11, 12, в которые своими концами завальцованы трубки. Внутри трубок циркулирует вода, а снаружи они омываются паром. К решеткам при-

крепятся крышки: одна — 13, через которую в батарею поступает холодная вода и затем выходит горячая вода, и другая крышка 14, закрывающая батарею с противоположной стороны. Обе крышки снабжены поперечными ребрами для того, чтобы дать воде несколько оборотов в батарее. На крышке 14 расположены внизу: кран 10 для выпуска из водоподогревателя воды, а наверху кран 15 для выпуска из батареи воздуха. Батарея водоподогревателя расположена в особой ресиверной камере. В этой камере расположен барабан листового железа 17, предохраняющий трубки от удара струи пара. В барабане 17 имеются отверстия, через которые часть пара из камеры 16 попадает внутрь барабана и омывает трубки, отдавая им свое тепло. Образующийся при этом конденсат вытекает по трубке VII.



Фиг. 244. Расположение водоподогревателя Элеско на паровозе 1—5—1 ФД.

Передняя крышка батареи 14 прикрепляется к камере 16 наглухо и закрывает ее от сообщения с атмосферой с одной стороны, а крышка 13 проходит своим цилиндрическим отростком через сальник отдельной крышки 18, которой камера 16 закрывается от сообщения с атмосферой с другой стороны.

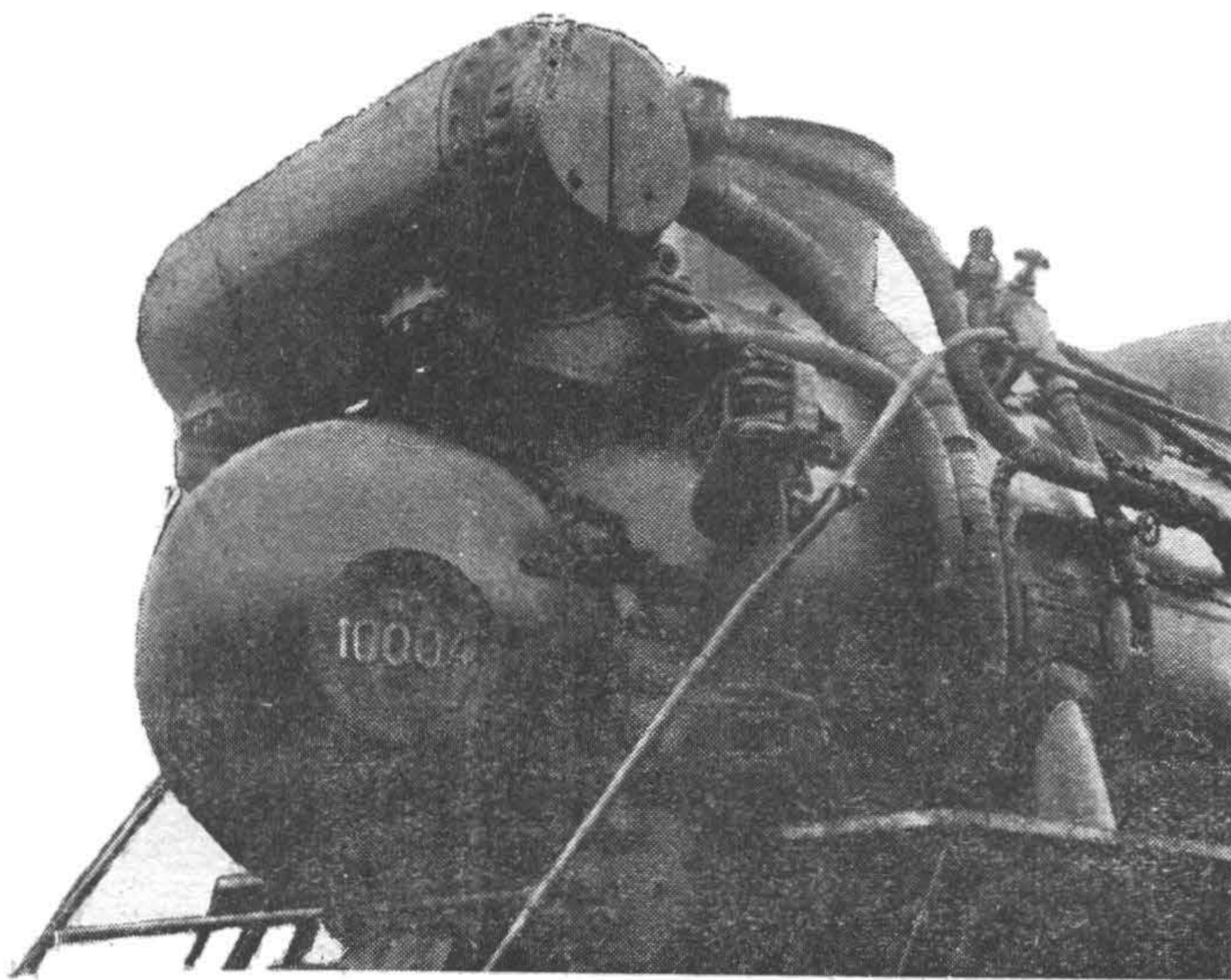
Наличие сальника в крышке 18 дает возможность свободно расширяться батарее от нагревания ее паром. Вышеописанное действие водоподогревателя и циркуляция в нем воды происходит лишь при закрытом вентиле 19, соединяющем трубы II и III, при открытом же вентиле 19 попадает опять в трубу II.

Таким образом происходит циркуляция воды в подогревателе, что может понадобиться во избежание замораживания.

Таим образом происходит циркуляция воды в подогревателе, что может понадобиться во избежание замораживания.

24. ПОВЕРХНОСТНЫЙ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЬ ЭЛЕСКО

Этот водоподогреватель установлен на первом паровозе 1—5—1 ФД и на всех паровозах 1—5—2 ТА (фиг. 244 и 245). Схема действия водоподогревателя Элеско сходна со схемой действия водоподогревателей Кнорра и „Борец“. Общая схема установки во-

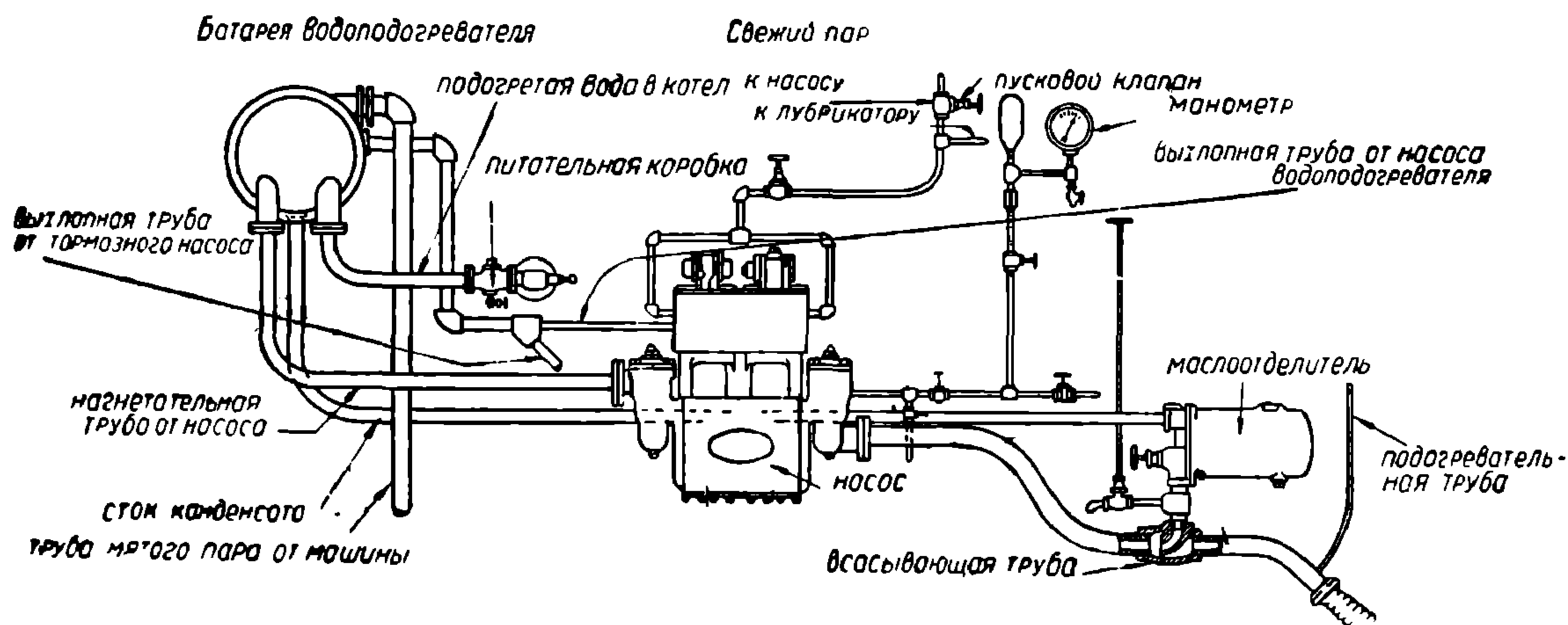


Фиг. 245. Расположение водоподогревателя Элеско на паровозе 1—5—2 ТА.

доподогревателя Элеско показана на фиг 246.

Насос Элеско С—1 (фиг. 247, 248, 249, 250)—сдвоенный, двойного действия; паровые цилиндры имеют диаметр 203 мм, водяные цилиндры — 140 мм и хода

поршней—229 мм. Оба паровые цилиндра получают пар из одной трубы свежего пара. Парораспределительный механизм правого цилиндра имеет то же устройство, которое имеет насос Вестингауза. В левом же цилиндре главный распределительный золотник приводится в действие двумя одинаковыми поршеньками, приводимыми в движение давлением пара, выпускаемого попеременно то с одной, то с другой стороны обоих поршеньков, причем этот пар, как видно на фиг. 248, поступает прямо из рабочей полости правого цилиндра. Пространство же между обоими поршеньками левого цилиндра над главным распределительным золотником постоянно наполнено свежим паром. Как видно на фиг. 248, трубки *А* и *Б* к правому цилиндру присоединены так, что впуск свежего пара по трубкам *А* или *Б* в парораспределительный механизм левого цилиндра получается тогда, когда поршень правого цилиндра подходит к се-

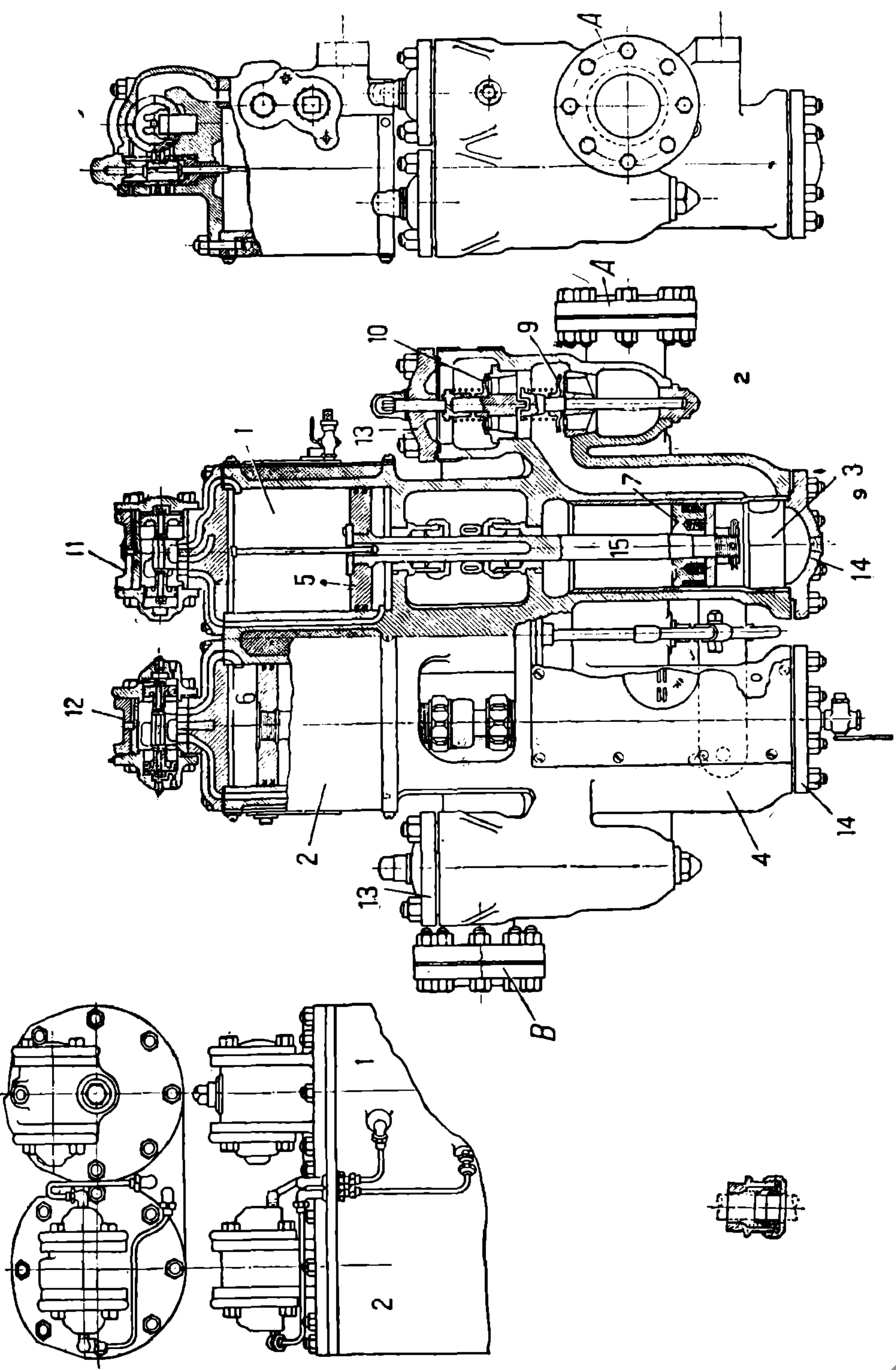


Фиг. 246. Схема установки водоподогревателя Элеско.

редине своего хода. В момент, представленный на фиг. 248, свежий пар впущен под поршень правого цилиндра. По трубе *А* свежий пар из нижней полости правого цилиндра перетекает в пространство по левую сторону левого поршенька *В* парораспределительного механизма левого цилиндра. Под давлением этого пара оба поршенька *В* и *Г*, а вместе с ними и золотник *Д*, перемещаются вправо и дают впуск свежего пара под поршень левого цилиндра. Когда поршень правого цилиндра, поднимаясь вверх, пройдет мимо трубки *Б*, то свежий пар по этой трубке поступит и с правой стороны поршеньков механизма левого цилиндра. Поршеньки при этом, однако, движения не получают, так как находятся в этот момент в уравновешенном состоянии. После того как правый поршень дойдет до верхнего крайнего положения, пространство под этим поршнем будет сообщено с атмосферой. По трубкам *А* и *Б* пар выйдет в атмосферу также с обеих сторон поршеньков *В* и *Г* механизма левого цилиндра. От этого золотник *Д* также перемещения не получит. Когда же правый поршень, идя вниз, пройдет мимо присоединения трубки *Б*, то свежий пар вступит в эту трубку и окажет давление на поршеньек *Г* справа. Это вызовет передвижение золотника *Д* влево и пар будет впущен в верхнюю полость левого цилиндра. Левый поршень начнет идти вниз и т. д.

Вместе с движением поршней паровых цилиндров 5 и 6 приводятся в действие поршни и водяных цилиндров 7 и 8. Каждый водяной цилиндр, как правый 3, так и левый 4, имеет по четыре клапана. Из них нижние всасывающие 9, а верхние нагнетательные 10. Всасывание воды из тендера производится только правым водяным цилиндром через фланец. Когда поршень 3 правого водяного цилиндра идет вверх, всасывает левый нижний всасывающий клапан 9. Из пространства над этим поршнем вода через правый нагнетательный клапан 10 перепускается под поршень левого водяного цилиндра, пройдя левый (нижний) всасывающий клапан этого цилиндра. При движении левого водяного поршня вниз, эта вода приподнимает правый (верхний) нагнетательный клапан и далее

через фланец *Б* идет в батарею водоподогревателя. Наличие каналов и сдвоенность работы цилиндра насоса дает возможность получить непрерывный ток воды, обходясь без специальных воздухоотборников, необходимых при одинарных насосах.



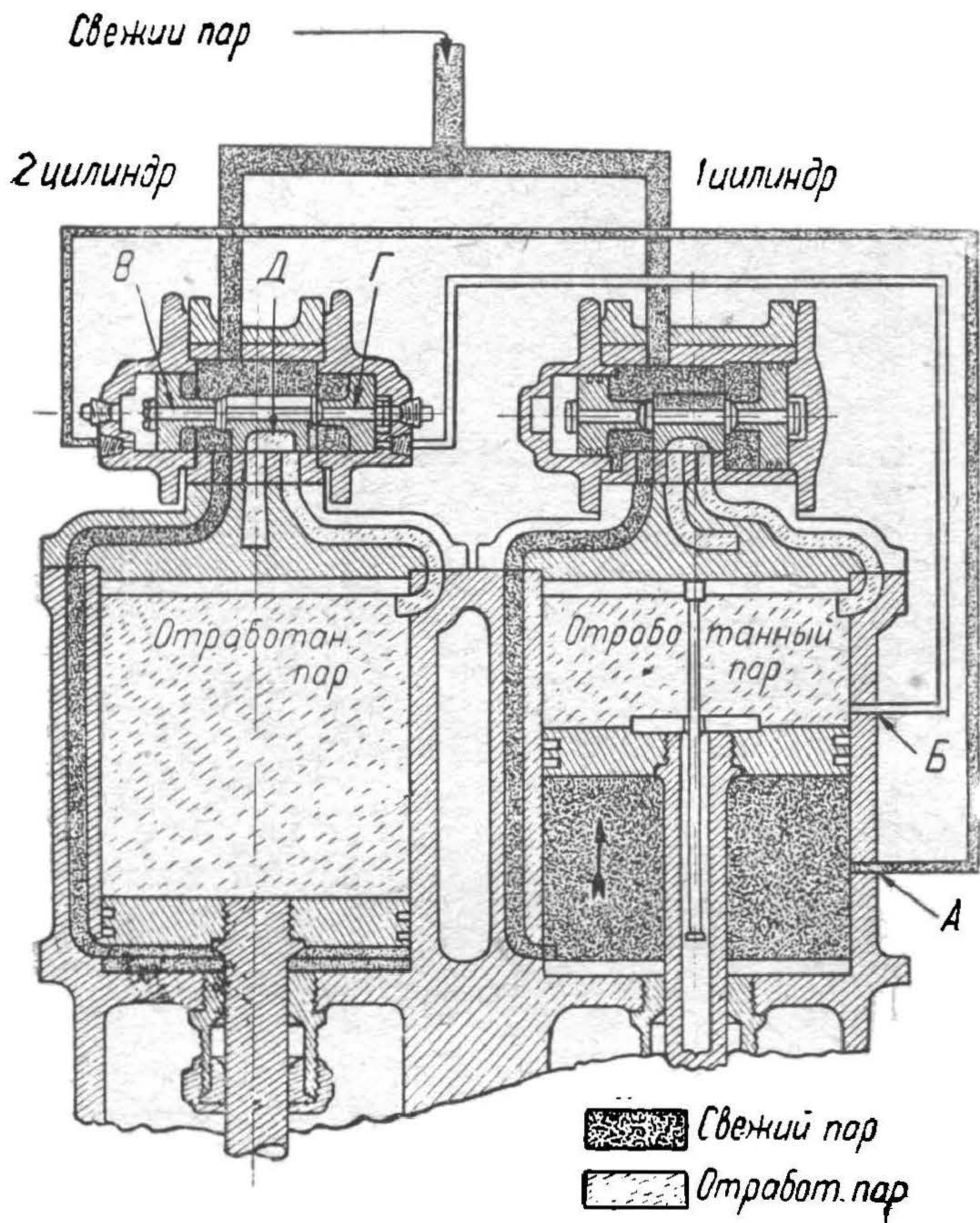
Фиг. 247 Насос водоподогревателя Элеско.

- 1—правый паровой цилиндр,
2—левый
3—правый водяной цилиндр,
4—левый
5—поршень правого парового цилиндра,

6—поршень левого парового цилиндра,
7—правый водяной
8—левый
9—всасывающие клапаны,
10—нагнетательные
- 11—12—комплектные крышки паровых цилиндров,
с парораспределительными механизмами,
13—крышки клапанных коробок,
14—водяных цилиндров,
15—штоки.

Подъем всасывающих клапанов—4,5 мм и нагнетательных—2,5 мм.
Батарея водоподогревателя системы Элеско изображена на фиг. 251 и 252.
Она представляет собою железный цилиндр 1 с пучком медных труб 2 внутри, по

которым циркулирует питательная вода. Отработавший пар поступает в цилиндр батареи и, омывая медные трубки, подогревает проходящую по ним воду.

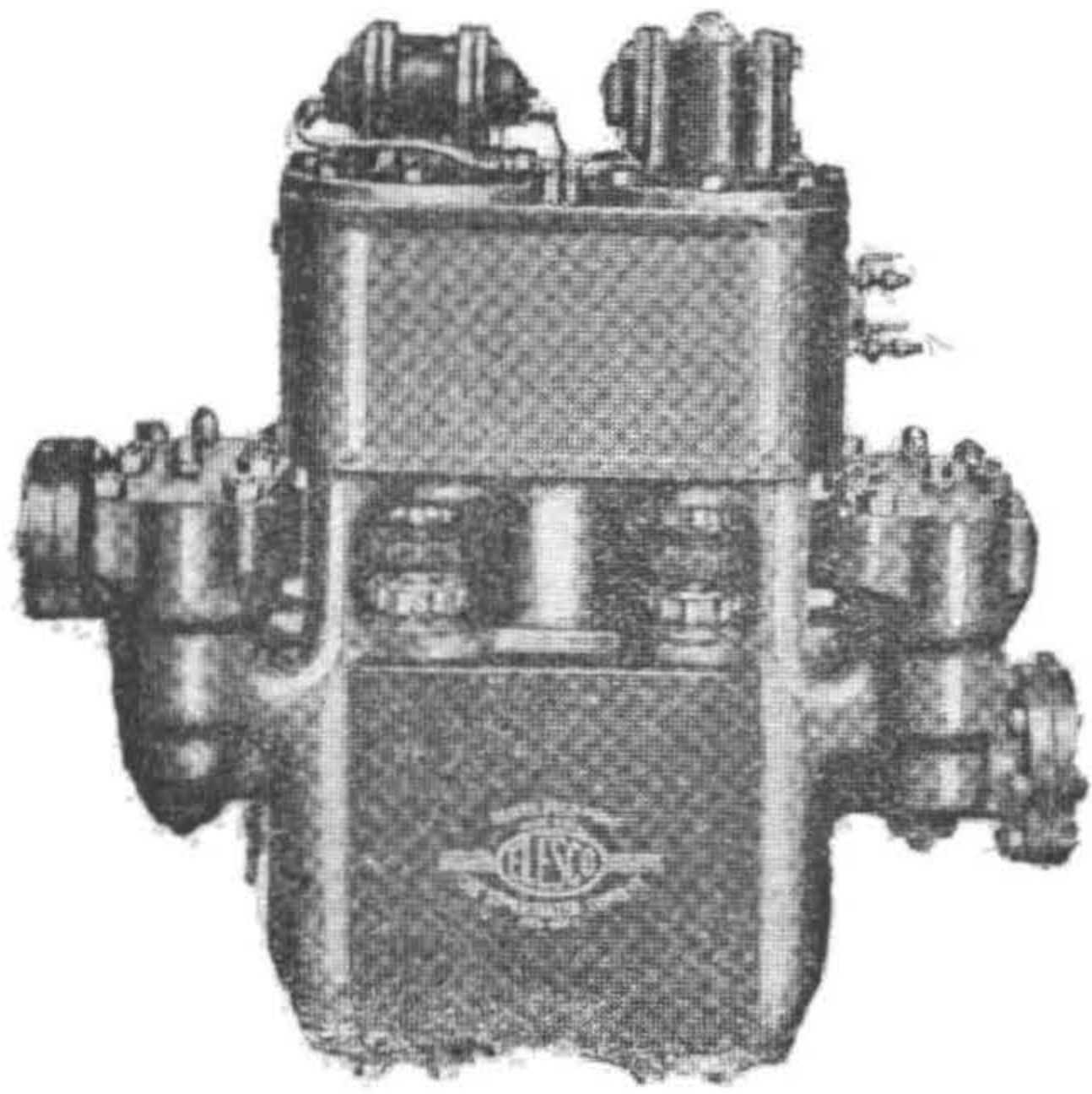


Фиг. 248. Схема парораспределительного механизма
Элс ко CF-1.

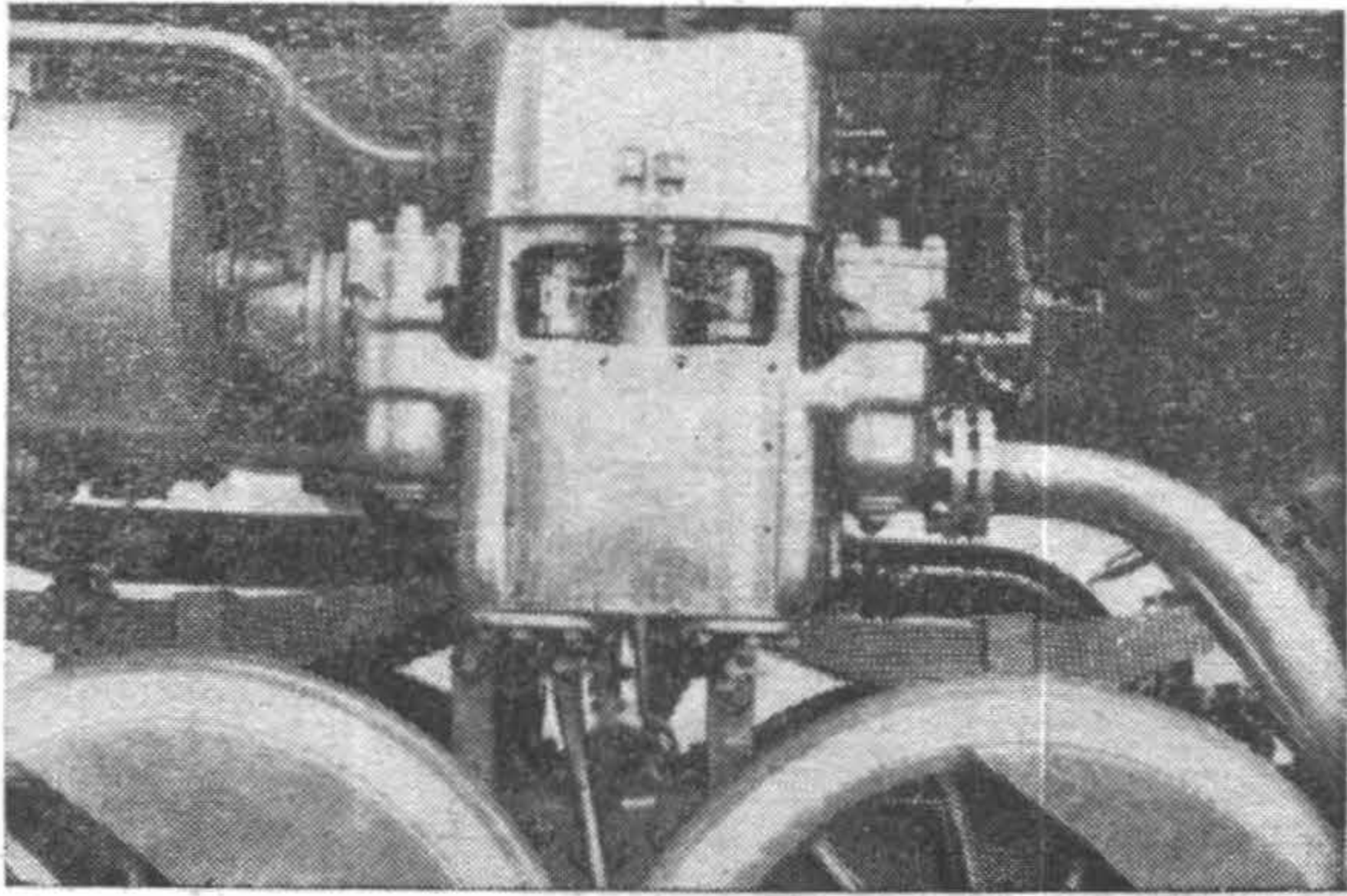
бы при полых трубах. В то же время, благодаря производимому возбудителями ополаскиванию труб, таковые очищаются, чем устраняется возможность

В батарее имеется 156 медных труб, внешний диаметр которых 16 мм и толщина стенок 1,5 мм. Стенки закреплены с обоих концов в толстые решетки 3 и 4 развальцовкою на конус с желобчатыми выступами. Решетка 4 прикреплена к корпусу батареи, а другая 3 свободно движется вдоль и дает расширение труб батареи. Трубы разделены на четыре секции. Вода проходит по секциям последовательно так же, как в водоподогревателе сист. Кнорра. Трубные решетки находятся на расстоянии 1370 мм; таким образом, вода проходит около 5,5 м по горячим трубам и подогревается почти до температуры отработанного пара.

В каждой трубе есть спиральная волнистая медная пластинка, называемая „возбудителем“. Эти возбудители заставляют воду, проходящую по трубам, усиленно вращаться и ударяться о стенки труб, благодаря чему вода берет из отработавшего пара гораздо большее количество тепловых единиц, чем это получилось

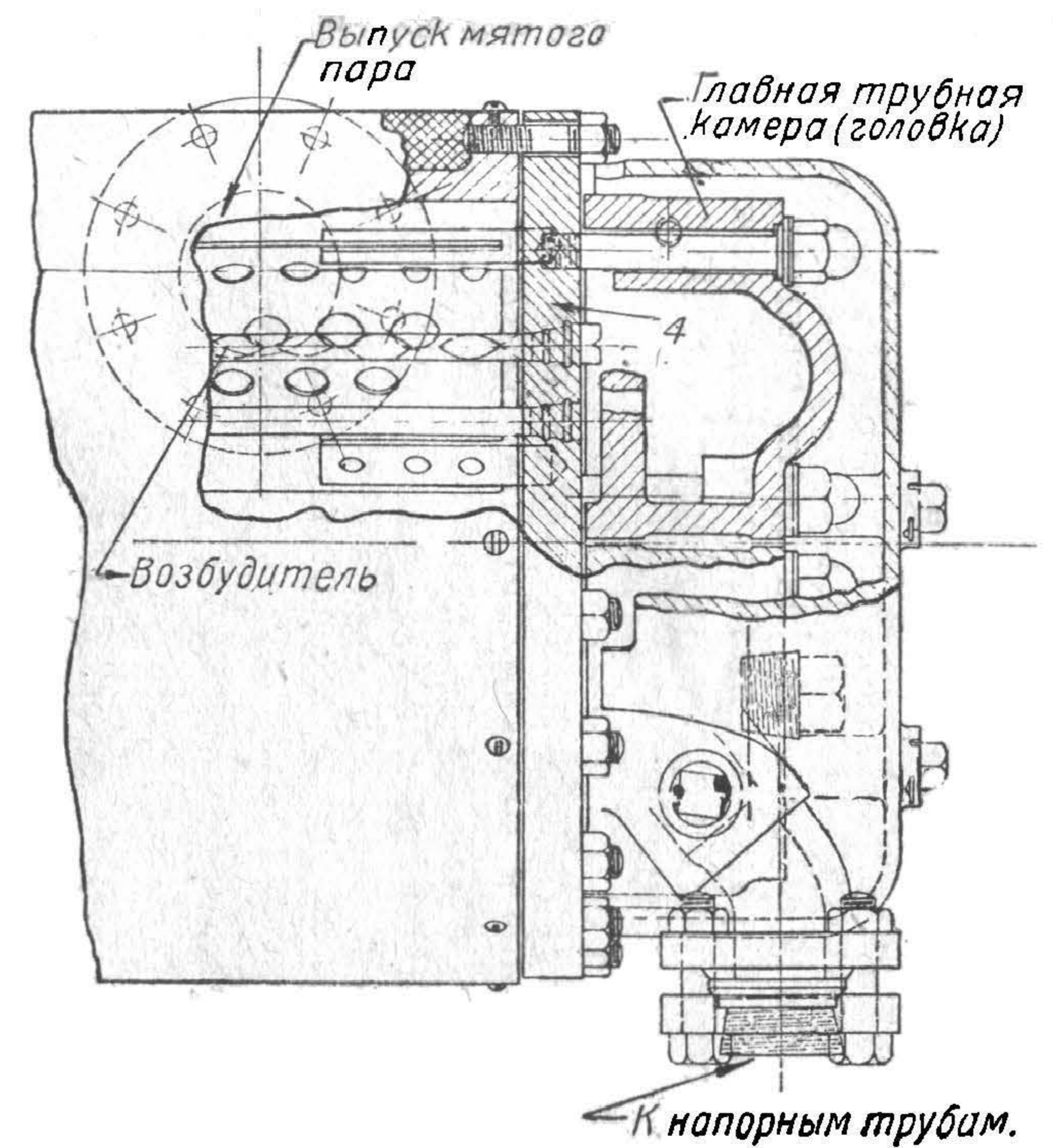
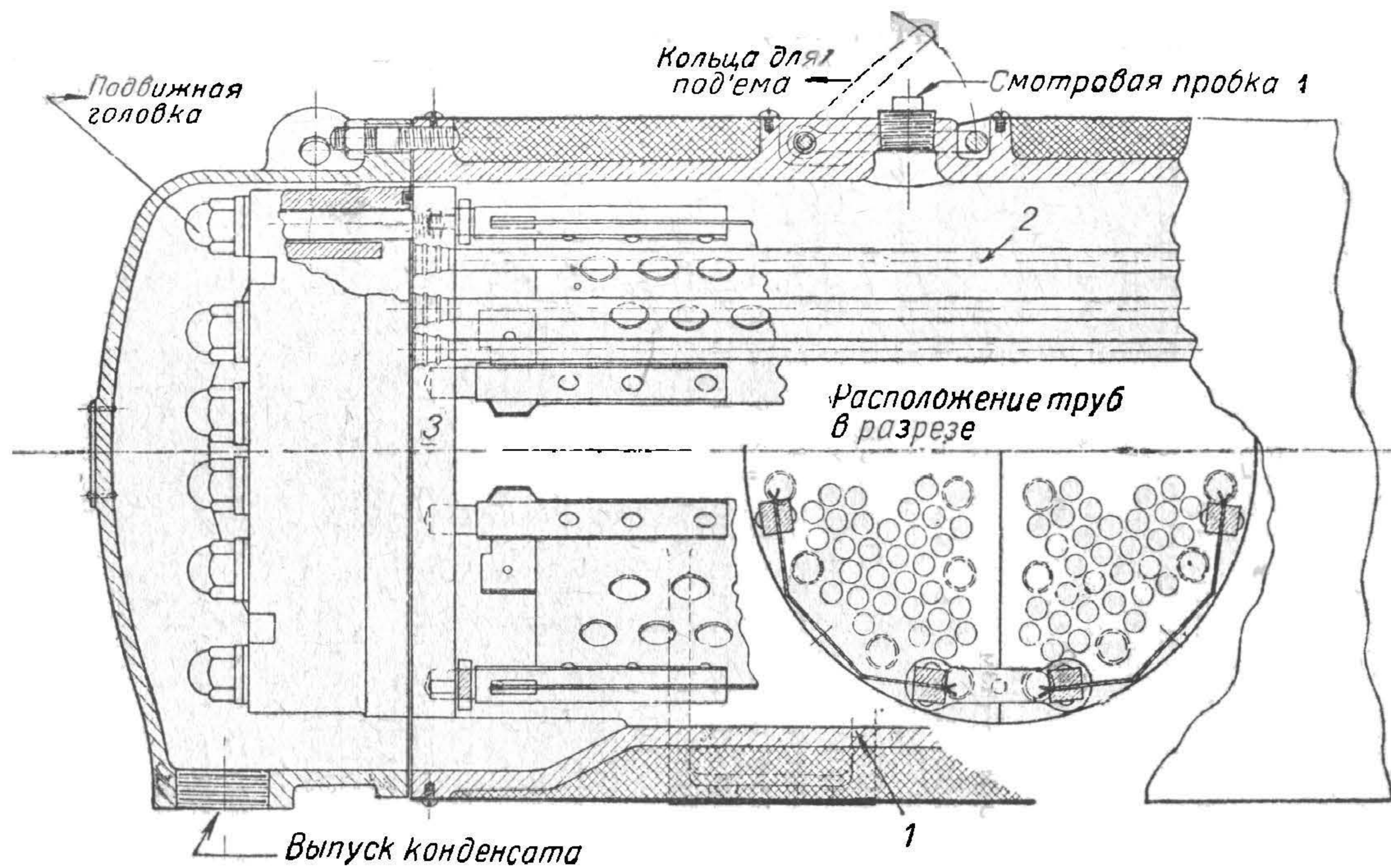


Фиг. 249. Насос водоподогревателя
Э л е с к о СФ—1.



Фиг. 250. Расположение насоса Элеско на паровозе 1—5—2 ТА.

образования осадков, которые нарушают правильную работу прибора и препятствуют течению воды. Возбудители эти просто вставлены в трубы и могут быть легко вынуты.



Фиг. 251. Батарея водоподогревателя Элеско.

- 1—барабан,
- 2—трубы,
- 3—4—решетки.



Фиг. 252. Батарея водоподогревателя Элеско,

Отработавший пар из золотниковых коробок или конуса поступает в верхнюю часть батареи, заполняет пространство между трубами и, отдавая тепло, конденсируется и стекает на дно батареи.

При этом внутри батареи образуется частичный вакуум, ослабляющий давление на нерабочую сторону поршней машин. Для более равномерного омывания трубок паром, все трубки окружены цилиндрическим кожухом, имеющим отверстия. Пар сперва поступает между наружными стенками батареи и этим кожухом и к трубам поступает только через отверстия в кожухе. Такой же кожух был поставлен и в нескольких водоподогревателях сист. Кнорра. Но в кожухе было очень небольшое число отверстий, почему этим был устранен доступ мятого пара к трубкам. Поэтому такой кожух нужно либо совсем снять, либо в нем должны быть сделаны такие же отверстия, какие сделаны в кожухе батареи Элеско. Такой кожух, не препятствующий свободному проникновению мятого пара к трубкам батареи, но дающий более равномерное омывание трубок паром, в то же время защищает трубки от слишком быстрого затягивания их маслом, так как наибольшее количество этого масла осаждается на этом кожухе.

Обращение с водоподогревателем сист. Элеско и уход за ним

Перед выездом из депо надо удостовериться, что водяной клапан тендерного бака и запорный клапан при питательном клапане котла вполне открыты. Затем надо приоткрыть паровой клапан насоса, и после того как конденсат из паровой трубы выйдет, необходимо обратить внимание на то, чтобы стрелка манометра водяного насоса имела регулярное колебание, что показывает правильную работу насоса. Если это колебание превышает 4 ат , то его надо урегулировать, несколько прикрыв кран манометра.

Лубрикатор насоса надо установить на подачу одной капли масла в минуту. Насос надо урегулировать на питание котла непрерывной струей, поддерживая постоянный уровень воды в котле. Для этого обычно бывает достаточно полуоборота, или даже менее, парового клапана насоса.

Если насос не сразу начинает работать, надо удостовериться в том, что паровой клапан пароразборной колонки открыт. Затем надо открыть кран рукава для поливки топлива и работать насосом, пока из рукава не пойдет полная струя воды. Если насос не начинает работать, хотя кран рукава для поливки топлива открыт, то возможно, что золотник заел перемены хода, который можно освободить, постучав по верхней крышке насоса молотком.

Недостаточная подача воды насосом может произойти вследствие засорения водоочистительной сетки, малого открытия водяного клапана тендера, расслоения водяного рукава тендера, засорения водяного клапана тендера или ослабления набивки водяного поршня, пропуска клапанов насоса или клапанных седел. В большинстве случаев причину находят в засорении сетки или малом открытии водяного клапана тендера.

Если существует течь в нагнетательном трубопроводе насоса, то это обнаружится тем, что насос станет работать значительно быстрее.

Если насос работает неровным ходом, что сейчас же покажет неровное колебание стрелки манометра, и не подает достаточного количества воды, то причина может быть в том, что засорился или поломался какой-либо из клапанов насоса, или в том, что под поршень насоса попал воздух. Для устранения первой причины требуется разборка насоса, для удаления же воздуха достаточно открыть кран рукава для поливки топлива.

Если насос бьет, то или во всасывающую линию попадает воздух, или засорилась сетка. Если во всасывающую линию попадает воздух, то это обычно обнаруживается течью воды в соединениях всасывающей линии. Эти соединения следует осмотреть и уплотнить.

Если предполагается износ набивки водяных поршней и пропуск ими воды, то это может быть проверено закрытием вентиля при питательном клапане котла и приоткрытием парового клапана насоса. Затем надо проследить за штоком, и, если поршень не будет делать более шести двойных ходов в ми-

нуту, значит набивка в удовлетворительном состоянии. При этом испытании не следует допускать, чтобы давление, показываемое манометром насоса, превышало 20 ат.

Если насос работает значительно быстрее, чем обычно требуется для снабжения котла водой, но работает при этом ровным ходом, что видно по манометру, и если набивка поршня в исправности, то причиной быстрого хода насоса является обычно течь где-либо между насосом и питательным клапаном котла.

Если конденсационная труба забивается вследствие расслоения рукава или по какой-либо другой причине, машинист может это обнаружить по выбрасыванию воды из дымовой трубы вместе с паром. При этом следует заметить, что если вода достигнет даже выпускных каналов цилиндров, она не сможет попасть в цилиндры, когда паровоз идет с паром.

Если будет замечено выбрасывание воды из дымовой трубы, то надо открыть спускной кран на конденсационной трубе и выпускать конденсат на путь. Если это остановит выбрасывание воды паровозом, то следует записать, чтобы в депо осмотрели конденсационную трубу. Если же вода продолжает выбрасываться из дымовой трубы после того как открыли спускной кран на конденсационной трубе, то надо остановить насос и пользоваться инжектором.

Бывают и другие причины того, что вода вместе с паром выбрасывается через дымовую трубу, а потому раньше чем решать, что вода попадет из батареи водоподогревателя, машинист должен выключить насос на несколько минут и заметить, остановилось-ли выбрасывание воды.

При постановке паровоза на стоянку надо выключить насос, закрыть лубрикатор и открыть спускной кран на конденсационной трубе.

В очень холодную погоду паровой клапан на трубке для прогрева всасывающей трубы насоса должен быть слегка открыт. Чтобы избежать замерзания во время стоянки на запасных путях в течение продолжительного времени, следует пустить насос очень медленным ходом.

Если паровоз оставляют где-либо в бездействии на некоторое время и без ухода, то в целях сохранности надо открыть в пол-оборота кран рукава для поливки топлива, открыть спускной кран батареи водоподогревателя, если таковой имеется, а также спускной кран на конденсационной трубе. Это поможет выпустить воду из батареи и из всех труб, за исключением всасывающей трубы и насоса, которые предохранит от замерзания пар, пущенный из клапана для прогрева всасывающей трубы. Надо также открыть спускные краны парового и водяного цилиндров.

Осмотр и испытание водоподогревателя должны производиться перед каждой поездкой, когда паровоз под парами, следующим образом.

1. Во время работы насоса надо проверить, нет ли течи в соединениях труб, а также в исправном ли состоянии набивки поршней и все прокладки в насосе и в подогревателе. Для этого надо медленно работать насосом при закрытом питательном клапане котла, поднимая давление в батарее до 20 ат. Затем надо установить, следя за показаниями манометра, такую скорость работы насоса, чтобы поддерживать указанное давление приблизительно в течение 5 мин. Если при этом скорость работы насоса не будет превышать десяти одинарных ходов в минуту, то подогреватель и насос могут считаться в исправном состоянии и работающими правильно. Если же при вышеуказанных условиях скорость работы насоса будет чрезмерна, то это указывает или на течь в батарее, которая может получиться в соединениях труб или в прокладках, или на износ набивки поршней насоса, или на неисправность клапанов и на пропуск в клапанных седлах. Эти неисправности могут быть обнаружены испытанием батареи следующим образом.

Надо разъединить от батареи трубу мятого пара из насоса, предоставив выпуск мятого пара из насоса в атмосферу. Если при работе насоса наблюдается только легкая течь воды из спускного крана на трубопроводе, отводящем конденсат в тендер, то подогреватель может считаться исправным.

Если батарея исправна, но насос все же делает более десяти ходов в минуту, то надо исследовать, нет ли пропуска в клапанах насоса, или неплотности прилегания клапанных седел, или износа набивки водяного поршня.

2. Причина неисправной работы насоса может быть в паровом цилиндре, и неисправность может заключаться или в дефективной прокладке верхней крышки, или в других повреждениях, встречающихся иногда в паровом цилиндре воздушного насоса Вестингауза.

3. В случае затруднений при пуске в ход насоса, надо открыть кран рукава для поливки топлива и не закрывать, пока из рукава не пойдет полная струя воды.

4. Надо осмотреть манометр насоса и удостовериться, что показания его правильны и что стрелка манометра движется свободно. Если манометр не действует, надо прочистить пробку или глушитель, помещенный перед манометром.

5. Во время действия насоса надо испытать лубрикатор.

Осмотр труб батареи

Надо снять смотровые пробки сверху корпуса батареи и осмотреть внешнюю поверхность труб подогревателя, нет ли осадка смазки или других веществ, принесенных отработанным паром. Все осадки должны быть сняты содовым раствором.

Затем надо снять кожух трубной камеры и пробки для осмотра внутренней поверхности труб батареи. Если возбудители двигаются, значит, трубы чисты; если нет, то подогреватель надо осмотреть и прочистить.

Если испытание на давление показывает течь в батарее, которую трудно обнаружить снаружи, то надо сначала снять кожух подвижной головки подогревателя. При давлении на трубы всякая течь в прокладках головок или вокруг шпилек подвижной головки будет видна. Если эти части плотны, то течь должна быть в трубах.

Если имеется течь в трубах, то лучше всего вынуть весь комплект труб из батареи и заменить запасным исправным комплектом. Если к тому не имеется возможности, или если течь незначительна, надо определить место течи, осветив батарею внутри, через смотровые отверстия сверху корпуса, и снять соответствующую головку, чтобы обнажить текущие соединения труб и уплотнить их. Если при осмотре обнаружится трещина в трубе или сильная течь в соединении, трубу следует заменить.

После разъединения впускных и выпускных водяных труб от главной головки, пучок труб можно вынуть вместе с главной и подвижной головками, отвинтив гайки со шпилек, прикрепляющих трубную решетку к фланцу корпуса батареи. Для облегчения выемки комплекта труб, в трубной решетке имеются три отверстия с нарезкою $\frac{5}{8}$ ", в которые можно вставлять отжимные болты.

После выемки комплекта труб надо посредством гидравлического давления определить местонахождение повреждения в трубах или соединениях.

Когда вся батарея снята перед испытанием, или когда имеется запасная батарея, предпочтительно определять место течи воздушным давлением на внешнюю поверхность труб. Это достигается съемкою всех головок, причем пространство между корпусом батареи и подвижной трубной решеткой закрывают специальным кольцом с поперечиной; последняя перекрывает отверстие между половинками трубной решетки. Кольцо ставят на шпильки в торце корпуса батареи, и оно нажимает на толстую резиновую прокладку, вырезанную таким образом, чтобы перекрыть все отверстия. Отверстия для впуска пара и выпуска конденсата также заглушаются, и батарея наполняется сжатым воздухом. На концы труб наносят мыльный раствор, употребляемый при сверловке, что поможет обнаружить место течи. Во все время работы над укреплением труб батарея остается под воздушным давлением.

Надо особенно осторожно снимать и ставить головки, чтобы избежать повреждения медных прокладок между головками и трубными решетками. При обратной установке надо аккуратно вычистить поверхность прокладки и трубную решетку, на которой она лежит, для того, чтобы удалить все следы масла с соединения. Для этой цели рекомендуется употреблять газولين.

Надо слегка крепить соединения, в которых имеется течь, пользуясь коническим труборасширителем. Не надо вальцовать плотные соединения труб.

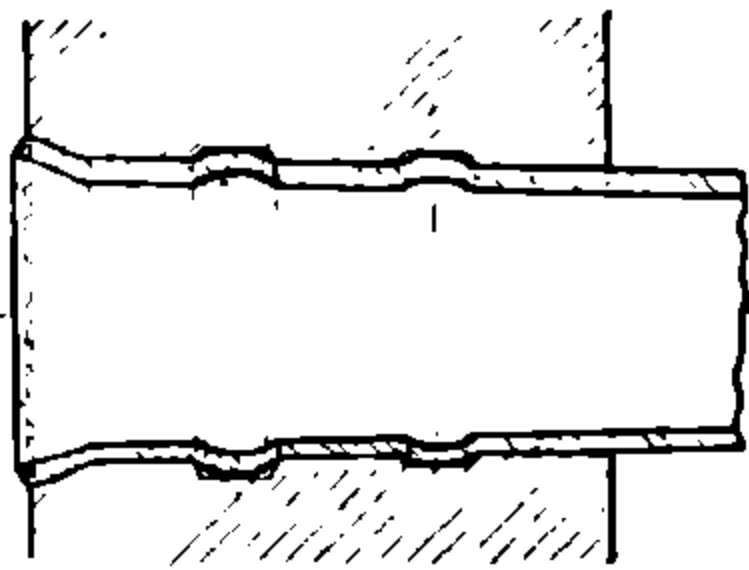
Если труба слишком свободно сидит в решетке, надо вынуть ее и заменить новой. Очень важно, чтобы трубы не развальцовывались больше, чем следует.

На фиг. 253 указано соединение, применяемое при постановке труб в трубные решетки батареи водоподогревателя, из которого видно, что отверстие для труб коническое и имеет две канавки для укрепления труб.

Поврежденные трубы надо вынимать очень осторожно, чтобы не испортить отверстий, в которые они вставлены. Предпочтительнее высверливать коническую часть поврежденных труб специальной конической разверткой. Можно также узким резцом вырезать в трубах, в месте их соединений, продольные канавки, что позволит обмять концы труб.

При постановке новых труб должно употребляться только трубы, тщательно отоженные с обоих концов и правильной длины. При правильной установке трубы она будет выступать на 1,5 мм за решетку с каждой стороны. Установив на этом расстоянии с одного конца вспомогательную доску для прочного упора трубы, надо закрепить трубу с обратного конца в трубной решетке, пользуясь коническим бородком. Затем надо укрепить противоположный конец трубы помощью того же конического бородка и развальцовать оба конца труб. Установка труб заканчивается обработкой инструментом для отгиба фланца и легким креплением помощью конического бородка.

Возбудители должны быть помещены в трубах по течению струи воды, иначе они будут сдвигаться. Они должны от времени до времени подвергаться осмотру и замене. Это важно ввиду того, что они способствуют передаче тепла от пара воде.



Фиг. 253. Укрепление труб в решетку батареи Э л е с к о.

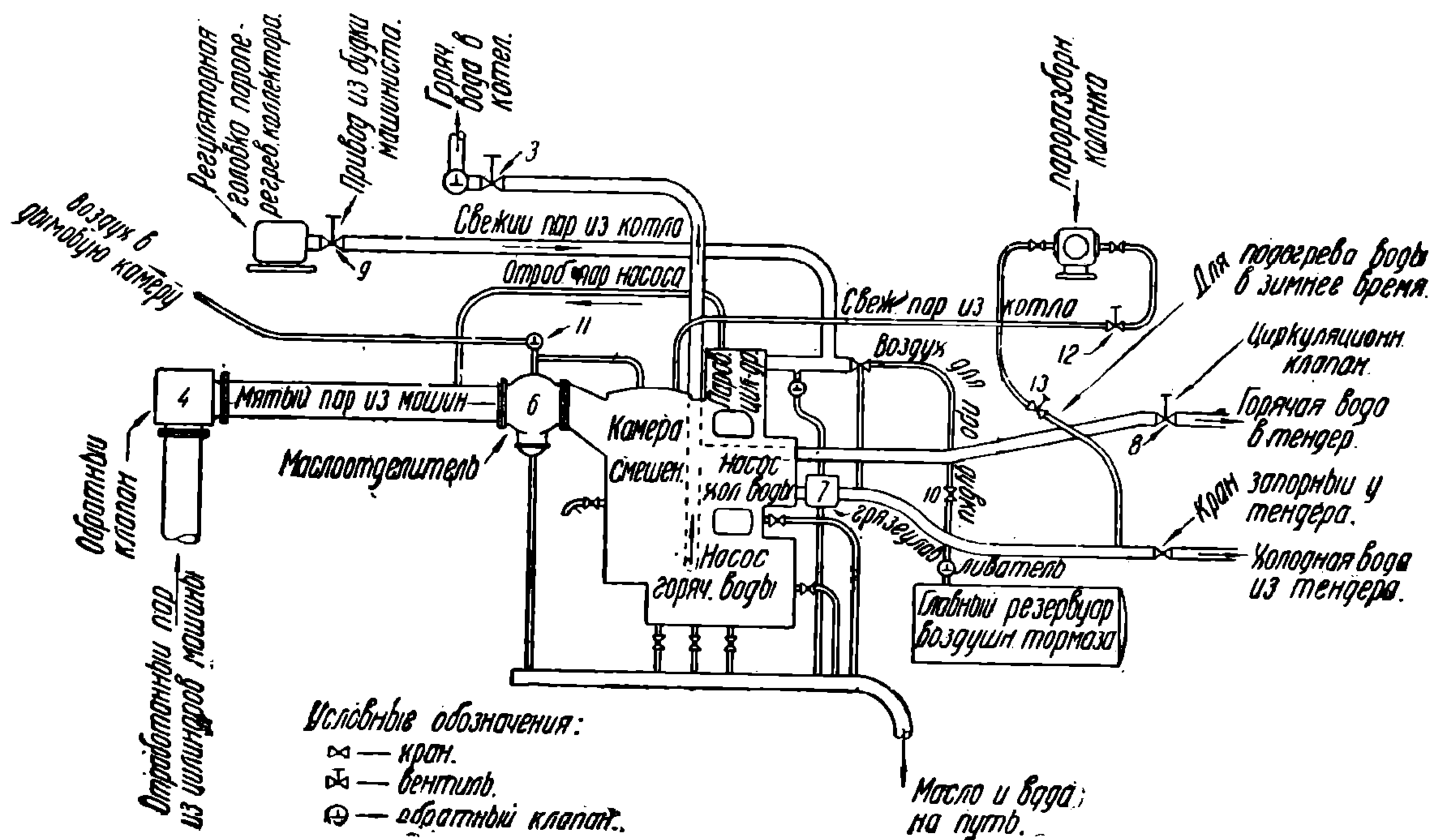
25. ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЬ СМЕШЕНИЯ ЗАВОДА „КРАСНЫЙ ПУТИЛОВЕЦ“

Прежде чем перейти к описанию водоподогревателя смешения завода „Красный Путиловец“, надо сказать, что этот водоподогреватель представляет собою частичное конструктивное видоизменение водоподогревателя Вортингтон.

Водоподогреватели типа „Красный Путиловец“ изготовлялись двух классов— А и Б. Оба класса совершенно одинаковы по устройству, но различаются размерами, а следовательно, и своей производительностью (см. табл. VIII).

Таблица 8

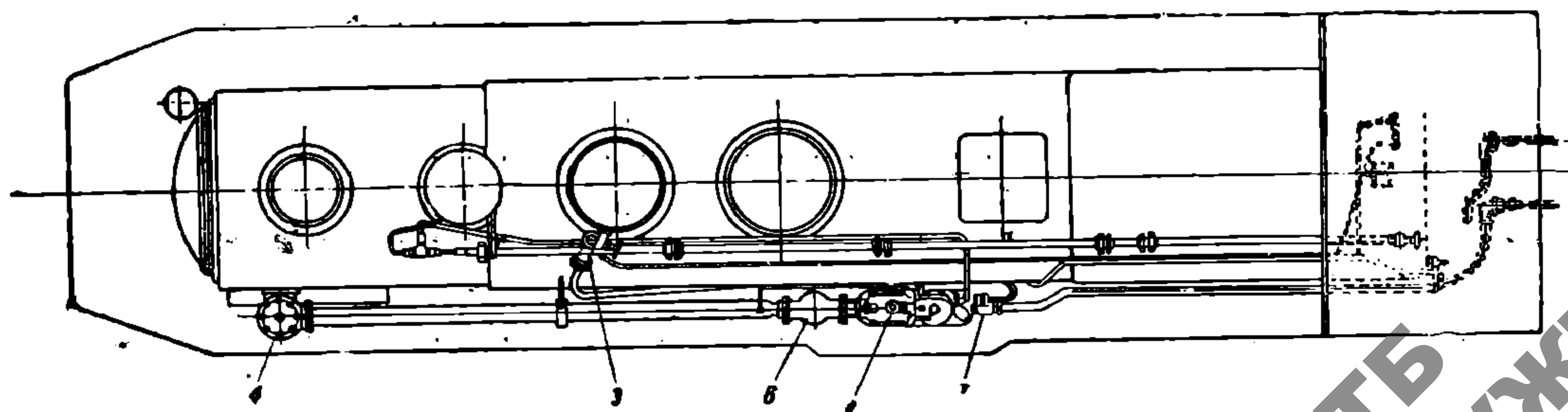
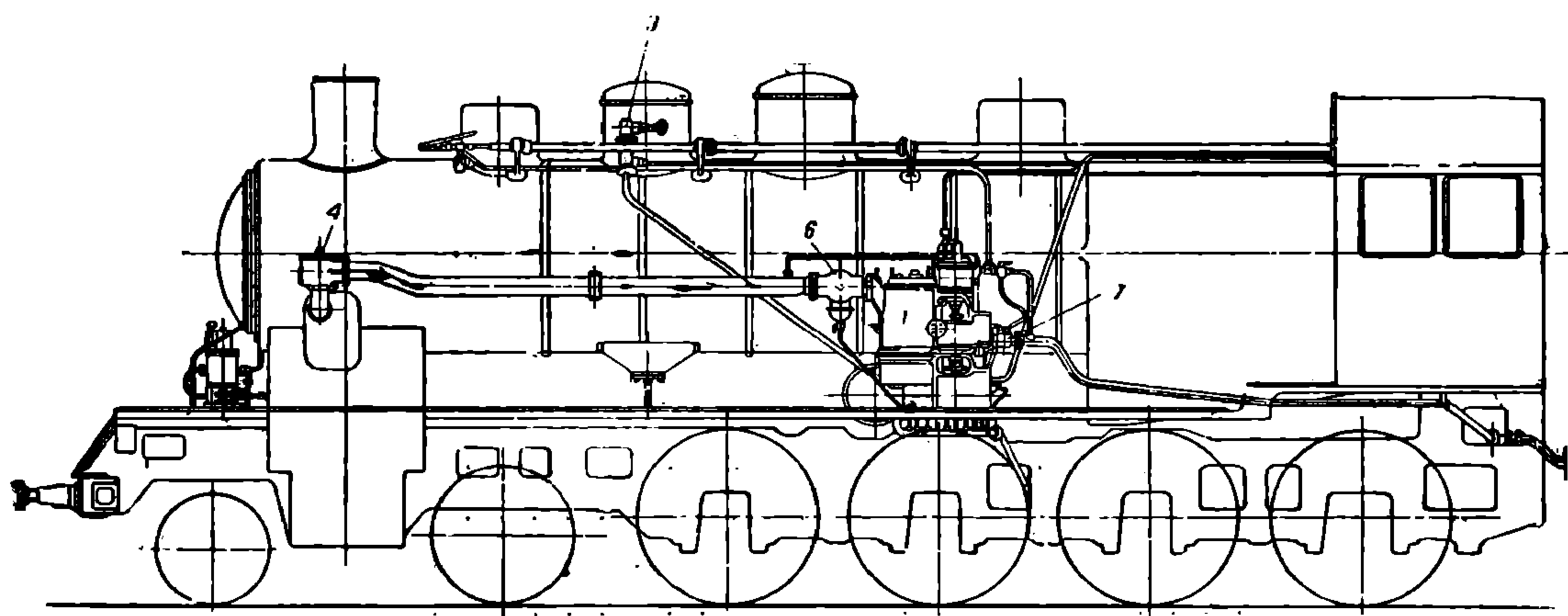
К Л А С С Ы		А	Б
1	Диаметр парового цилиндра .	241 мм	210 мм
2	Диаметр цилиндра насоса холодной воды .	150	130
3	„ „ горячей воды .	155	135
4	Ход поршня .	175	160
5	Диаметр всасывающих и нагнетательных клапанов насосов холодной и горячей воды .	80	72
6	Высота подъема клапанов .	8	8
7	Диаметр отверстия для впуска свежего пара в паровой цилиндр	26	26
8	„ „ выпуска выхлопного пара из парового цилиндра .	35	35
9	Диаметр отверстия впускного для выхлопного пара из машин паровоза .	157,5 „	157,5 „
10	Диаметр отверстия всасывающего насоса холодной воды .	55	55
11	„ „ нагнетательного насоса горячей воды .	50	50
12	Нормальное число двойных ходов в минуту .	60	60
13	Нормальная подача при этом числе ходов в минуту	341 л	283 л
14	„ „ в час .	20 000 „	14 000



Фиг. 254. Схема водоподогревателя „Красный Путиловец“.

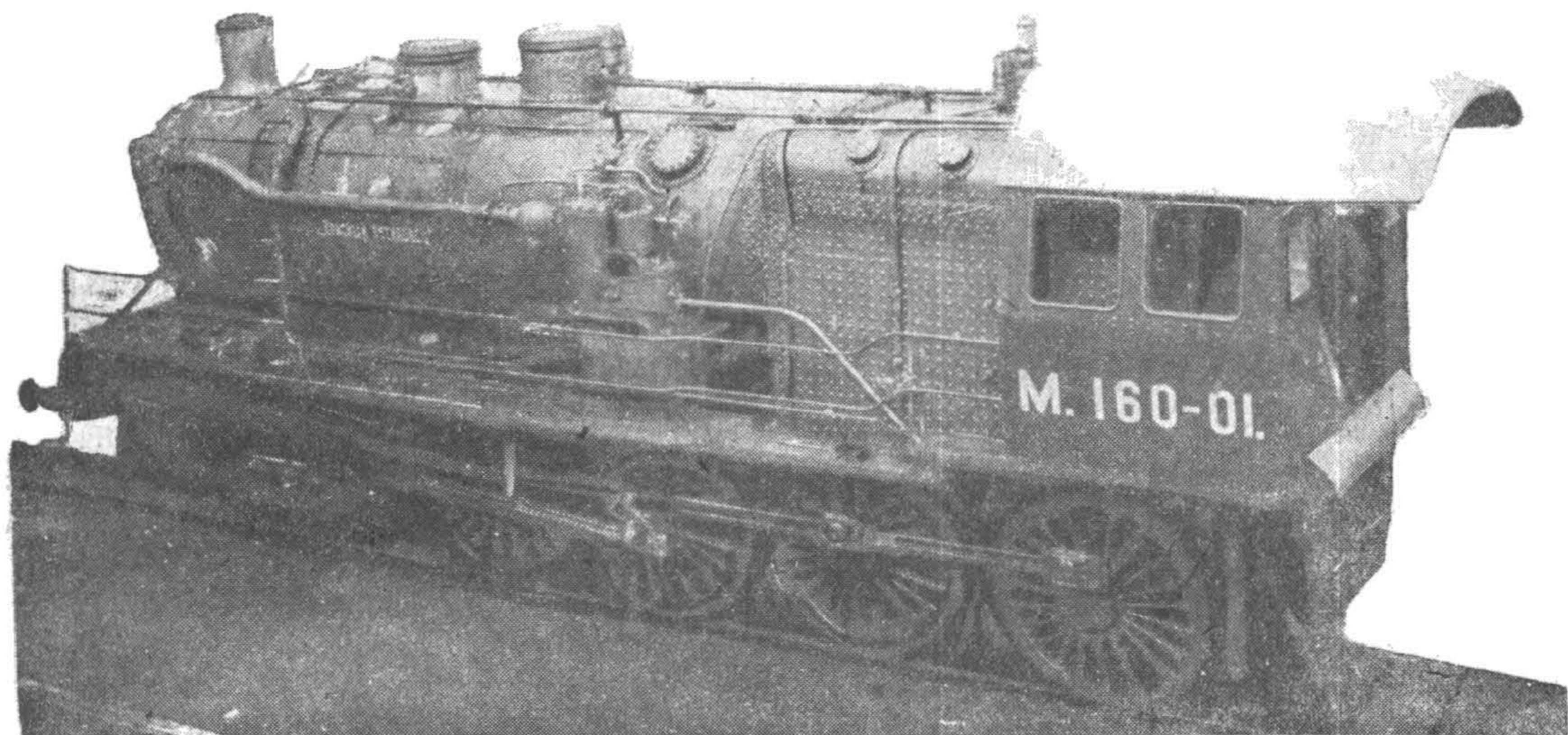
- 1 — корпус водоподогревателя,
 2 — кронштейн корпуса водоподогревателя (не показано),
 3 — питательная коробка,
 4 — обратный клапан,
 5 — кронштейн обратного клапана (не показано),
 6 — маслоотделитель,
 7 — грязеуловитель,

- 8 — циркуляционный клапан,
 9 — пусковой вентиль,
 10 — кран для продувки водоподогревателя сжатым воздухом,
 11 — клапан для отсоса воздуха из камеры смешения,
 12 — вентиль для выпуска свежего пара к механизму поплавок,
 13 — . . . прогрева всасывающей трубы.



Фиг. 255. Установка водоподогревателя „Красный Путиловец“ на паровозе 2—4—0 М.

Водоподогреватели класса А предназначены для паровозов мощностью до 1 500 л. с., т. е. 2—3—1 Л и 2—4—0 М; класса Б — для паровозов мощностью 900—



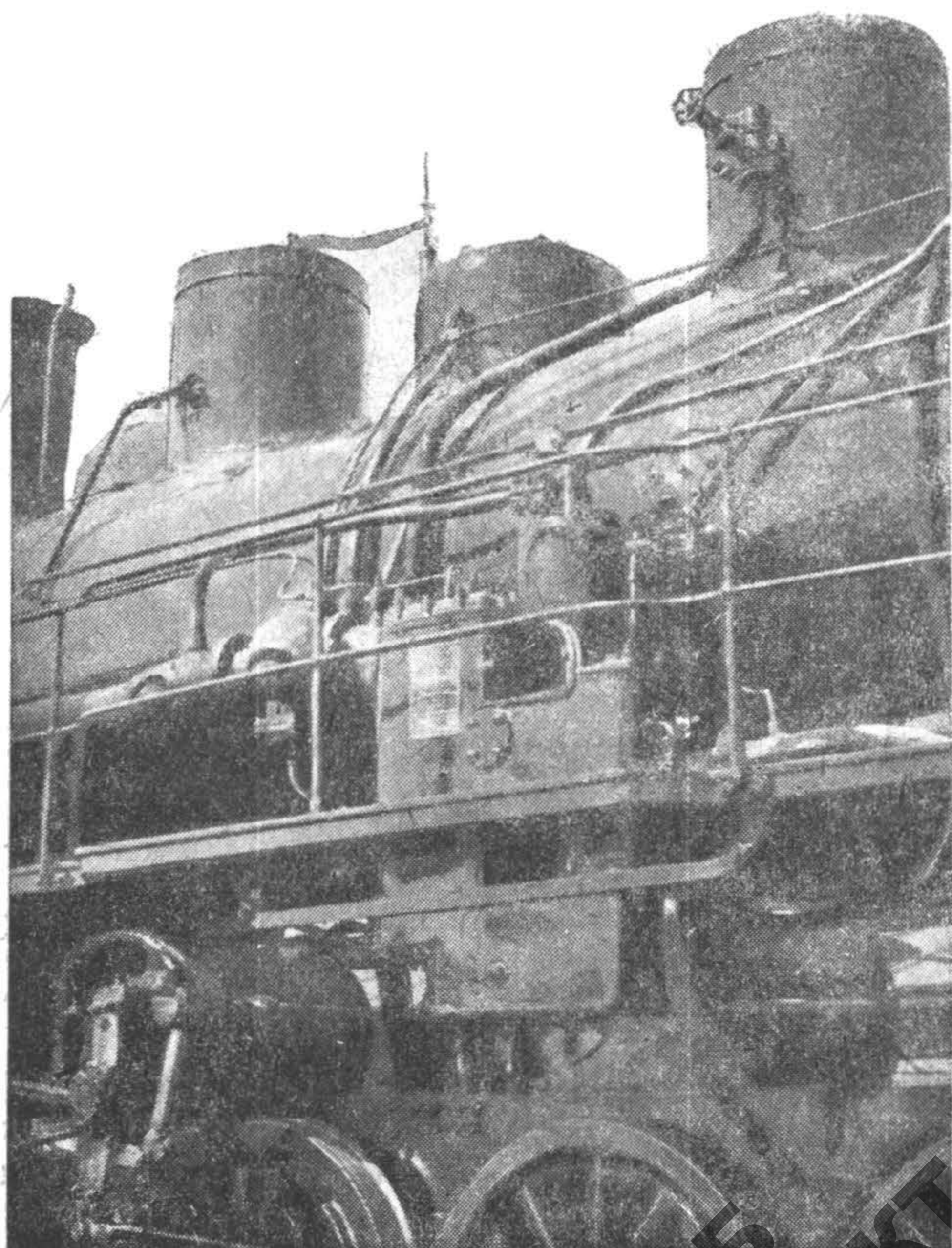
Фиг. 256. Расположение водоподогревателя „Красный Путиловец“ (1-й вариант) на паровозе 2—4—0 М.

1 200 л. с., т. е. 1—4—0 Щ, 0—5—0 Э, 1—3—1 С и С^у и т. д. Водоподогреватели классов А и Б состоят из следующих частей (фиг. 254, 255, 256 и 257):

1 — корпуса водоподогревателя, 2 — кронштейна для установки водоподогревателя, 3 — питательной коробки, 4 — обратного клапана, 5 — кронштейна обратного клапана, 6 — маслоотделителя, 7 — грязеуловителя, 8 — циркуляционного клапана, 9 — пускового вентиля, 10 — крана для продувки водоподогревателя сжатым воздухом, 11 — клапана для отсоса воздуха из камеры смешения, 12 — вентиля для впуска свежего пара к механизму поплавка, 13 — вентиля для прогрева всасывающей трубы, 14 — спускных и прочих кранов и 15 — соединительных труб, их фланцев, тройников, колен, патрубков и пр.

Назначение всех этих частей заключается в следующем.

1. Корпус водоподогревателя включает в себе питательный трехцилиндровый тандем-насос и камеру смешения, в которой происходит подогрев воды, поступающей из тендера, отработанной паром, притекающим из машины паровоза и насосов тормозного и питательного. Таким образом, насос и камера смешения образуют один общий прибор, устанавливаемый с левой стороны паровоза.



Фиг. 257. Расположение водоподогревателя „Красный Путиловец“ на паровозе 0—5—0 Эу.

2. Кронштейн служит для прикрепления корпуса водоподогревателя либо к котлу, либо к раме паровоза.

3. Питательная коробка включает в себе питательный клапан.

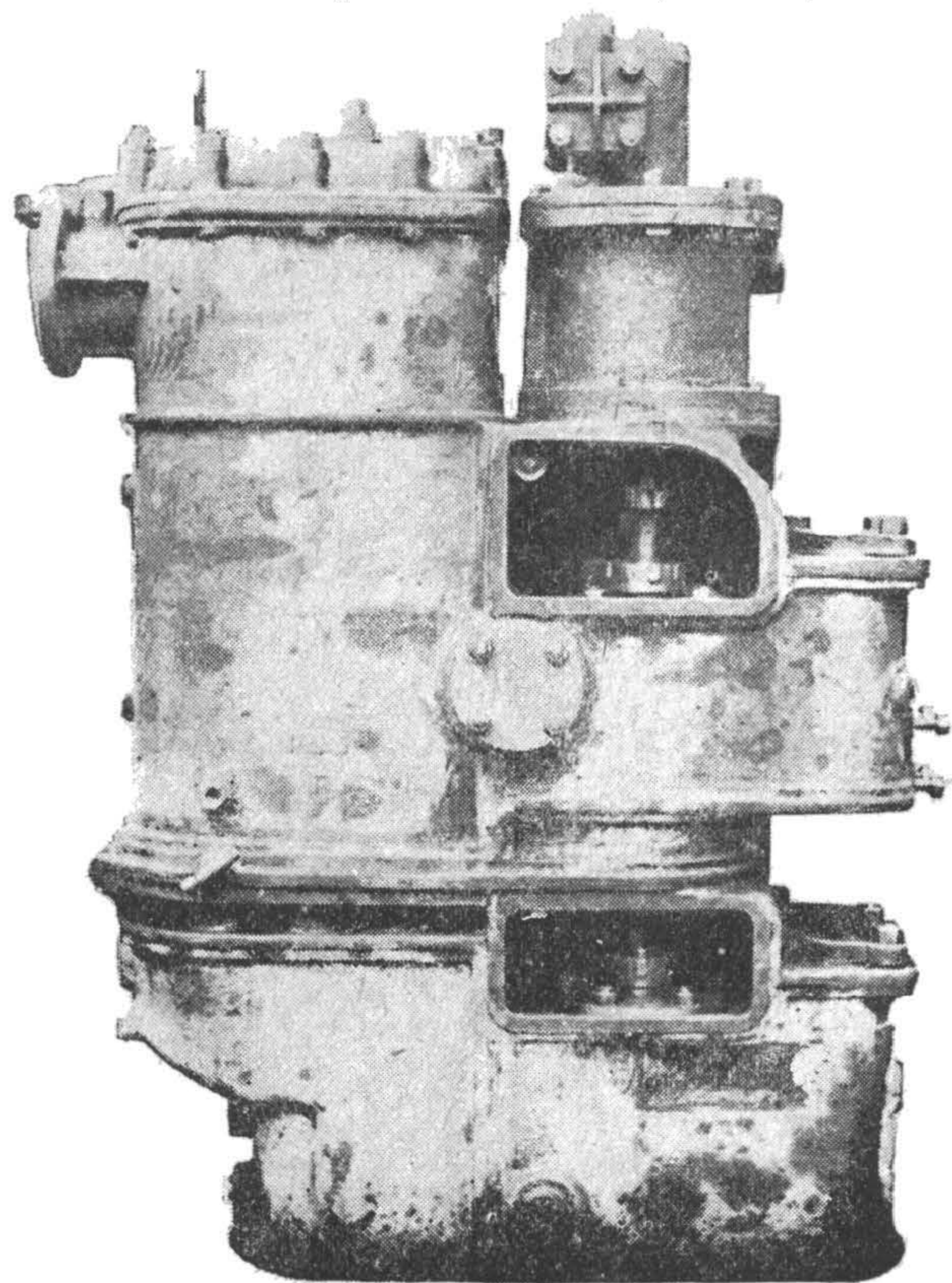
4. Обратный клапан препятствует перетеканию отработанного пара из насосов питательного и тормозного в конус и далее в атмосферу при закрытом регуляторе.

Постановка обратного клапана весьма желательна не только для водоподогревателей разных систем как, поверхностных, так и смешения, но также и для инжекторов мягого пара. Обратный клапан поглощает отходящий пар,

наибольшее давление которого получается в момент предварения выпуска. Этот пар является наиболее ценным. В последующий период выпуска давление пара сильно падает, почему в конус может выйти и часть того пара, который уже успел попасть в водоподогреватель в момент предварения выпуска. Обратный клапан задерживает этот пар, не давая ему расширяться в обратную от водоподогревателя сторону.

5. Кронштейн этого клапана прикрепляет его к дымовой коробке паровоза.

6. Маслоотделитель, как и при поверхностных водоподогревателях, препятствует попаданию смазки вместе с паром в водоподогреватель. При водоподогревателях смешения, на работу маслоотделителя должно быть обращено еще большее внимание, чем в водоподогревателях поверхностных, использующих конденсат, так как остатки смазки в водоподогревателях смешения сейчас же поступают в питательную воду и вместе с ней проникают в котел. В водоподогревателях же поверхностных эти остатки предварительно попадают



Фиг. 258. Водоподогреватель „Красный Путиловец“.
(1-й вариант)

в тендер, где и растворяются в большем объеме воды, почему в данном случае тендер также является маслоотделителем.

7. Грязеуловитель, установленный на всасывающей трубе, препятствует попаданию посторонних предметов к клапанам и цилиндрам насоса.

8. Циркуляционный клапан служит для прогрева воды в тендере во время работы водоподогревателя, или, минуя тендер, возвратит часть подогретой воды в водоподогреватель.

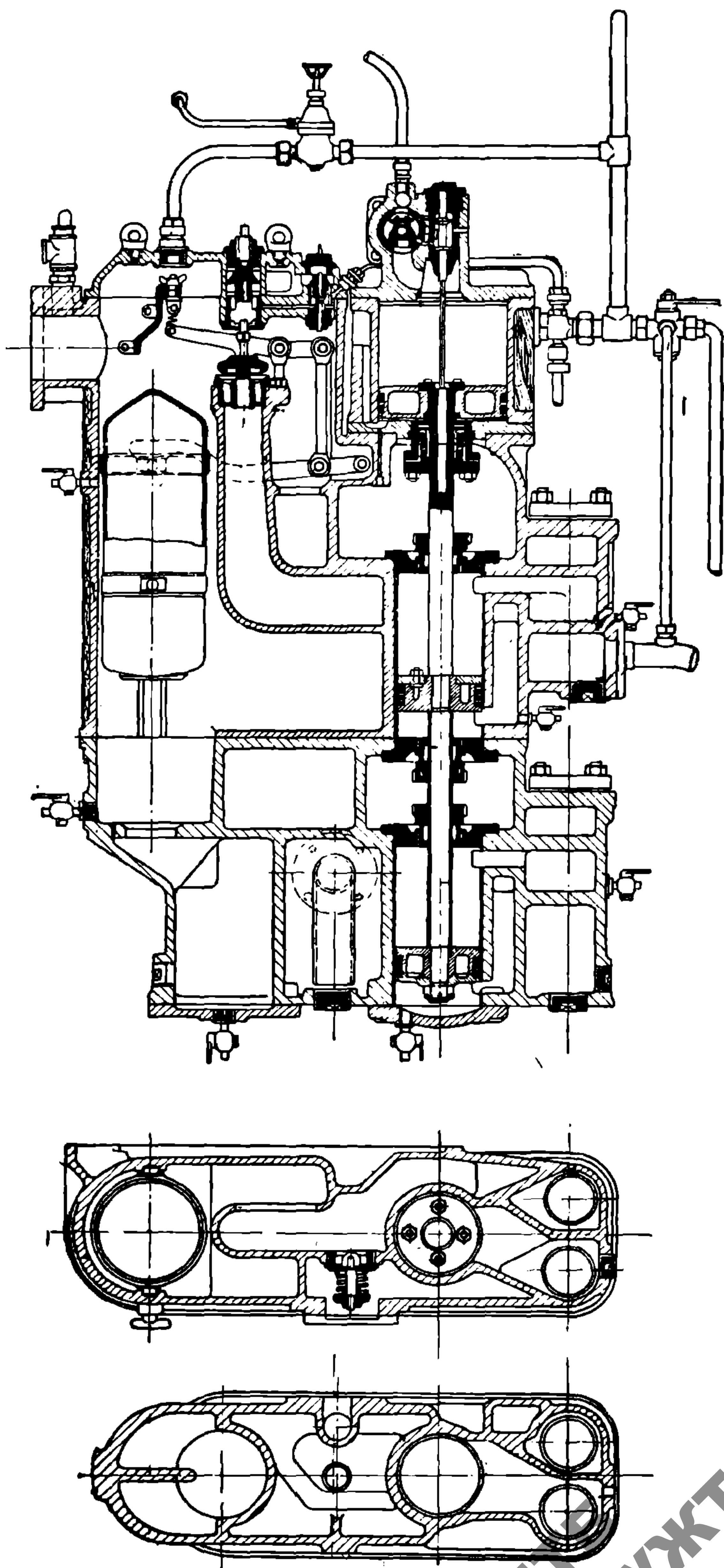
9. Пусковой вентиль (расположенный на паровозах 2—4—0 М на колонке машинного регулятора) подает свежий пар из котла в насос, а также регулирует количество подаваемой в котел воды.

Назначение прочих частей установки водоподогревателя понятно по самому их определению.

Схема устройства и действия водоподогревателя заключается в следующем.

Поршневой насос, представляющий собою часть водоподогревательного агрегата (фиг. 260 и 261), состоит из парового цилиндра 5 (фиг. 261) и двух водяных цилиндров. Все цилиндры — двойного действия, расположены на одной оси и поршни их 7, 8 и 9 насажены на один общий шток 10. Паровой цилиндр 5 того же устройства, которое имеют паровые цилиндры тормозных насосов системы Вестингауза или питательные насосы сист. Кнорра и „Борец“, располо-

жен в верхней части корпуса водоподогревателя. Верхний водяной цилиндр служит для засасывания воды из тендера и нагнетания ее в камеру смешения. При вступлении в эту камеру вода разбрызгивается о верхнюю ее крышку 3 и при стекании вниз перемешивается с отработанным паром, притекающим через верхний фланец А камеры смешения, и нагревается за счет скрытой теплоты, выделяемой из этого пара при его конденсации. Подогретая вода стекает в нижнюю часть камеры смешения, откуда она засасывается нижним цилиндром насоса и нагнетается через питательный клапан в котел через фланец Б. В виду присоединения к питательной воде конденсата и расширения воды от нагрева, камера смешения может постепенно переполниться подогретой водой, отчего температура подогрева резко падает. Препятствие чрезмерному переполнению камеры смешения создается: во-первых, разностью диаметров цилиндров, причем верхний цилиндр холодной воды имеет диаметр (для класса Б) 130 мм, а нижний цилиндр подогретой воды — 135 (соответственно для класса А) 150 и 155 мм, и, во-вторых, — поплавком 11, помещенным в камере смешения. При наличии высокого уровня воды в камере смешения, поплавок всплывает вверх и помощью механизма, об устройстве которого будет подробно сказано ниже, преграждает выход питательной воды из цилиндра в камеру смешения. Так как в этот момент насос своей работы не прекращает, то вода, не имеющая выхода, нагнетается из верхнего цилиндра насоса, увеличивает давление, которым открывается особый возвратный клапан 18, через который вода выходит во всасывающую камеру того же цилиндра.

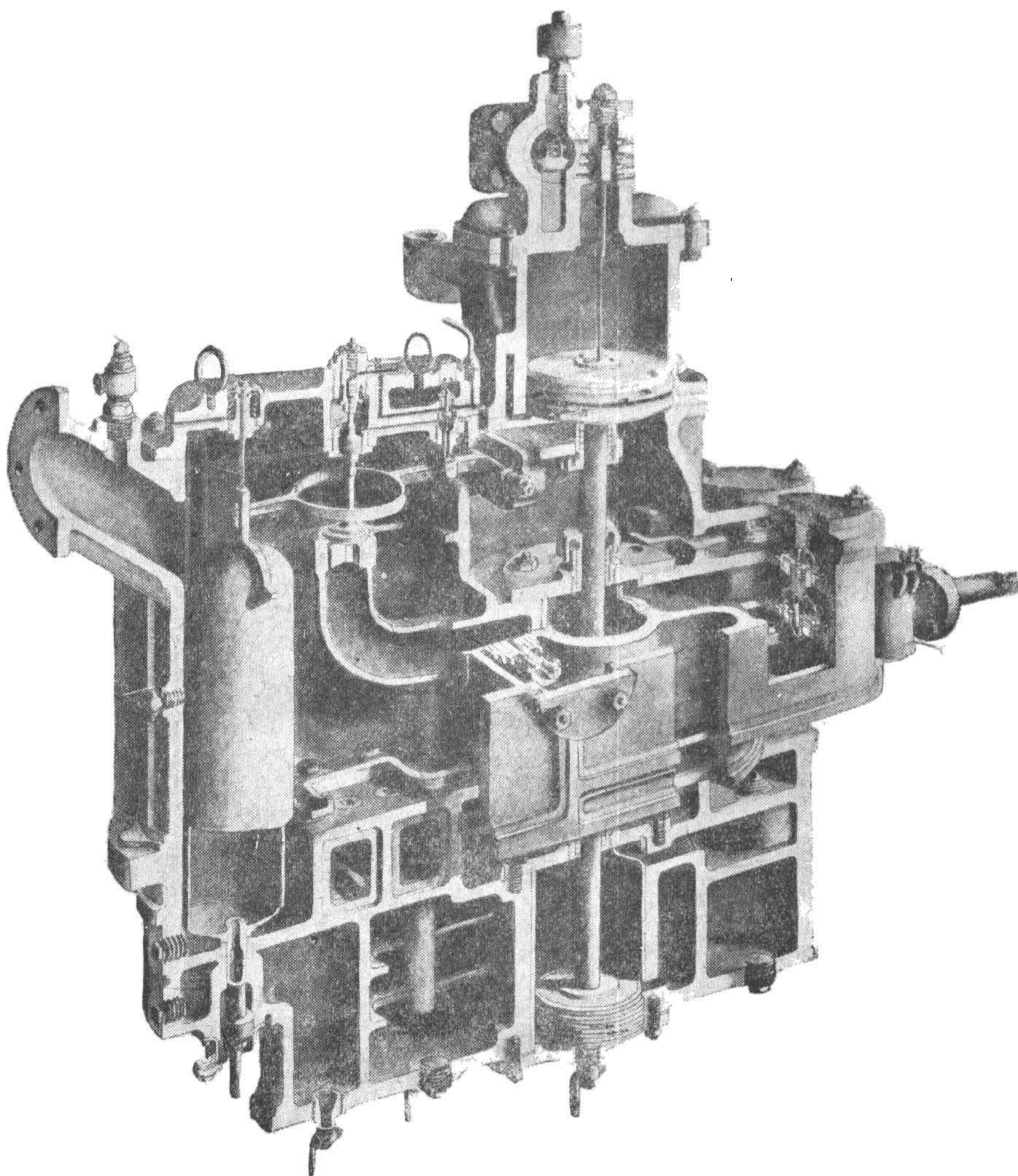


Фиг. 259. Водоподогреватель „Красный Путиловец“ (1-й вариант).

Насос, следовательно, будет всасывать эту порцию воды и после опять подаст ее через возвратный клапан в камеру всасывания и т. д.

Таким образом, некоторая порция воды начнет циркулировать по замкнутому кольцу: верхний цилиндр, камера нагнетания, возвратный клапан, всасывающая камера, опять цилиндр и т. д. Приток новой воды из тендера при этом прекращается. Нижний цилиндр тем временем производит откачку подогретой воды; когда уровень этой воды будет достаточно снижен, поплавков опускается вниз и снова открывает доступ воде из верхнего цилиндра в камеру смешения.

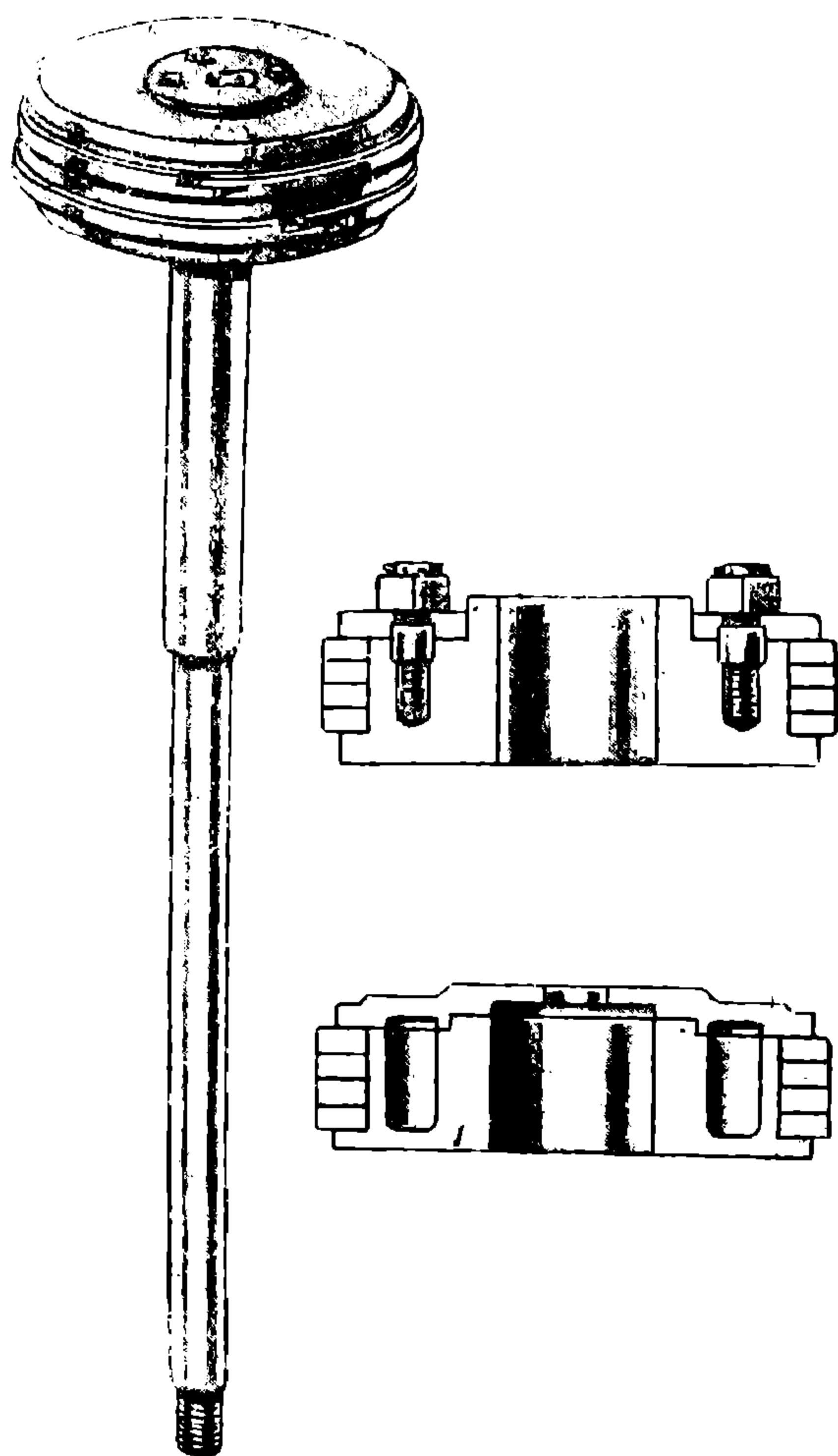
Рассмотрим детально все приборы водоподогревательной установки.



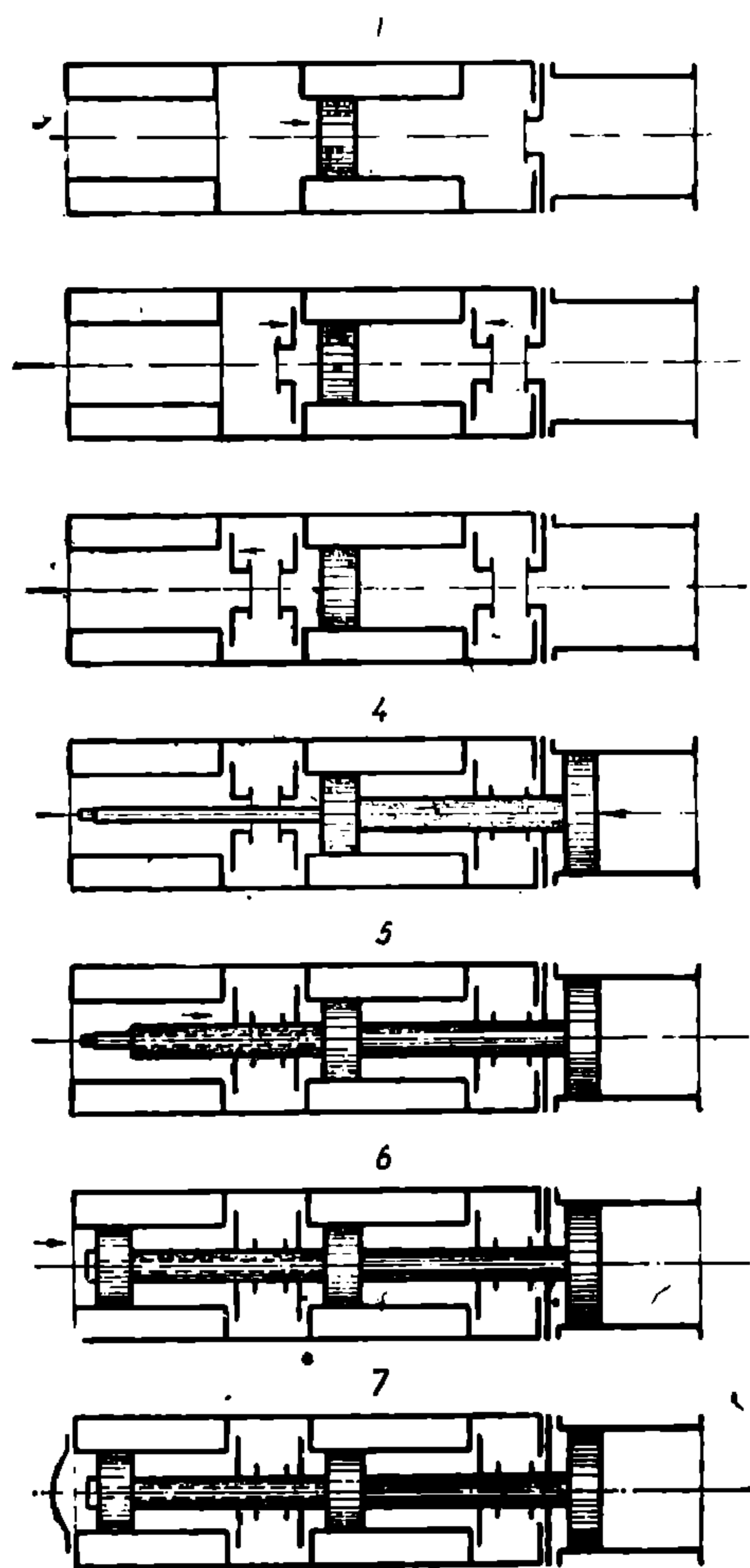
Фиг. 260. Водоподогреватель „Красный Путиловец“ (2-й вариант).

Главный корпус водоподогревателя (фиг. 261) состоит из: верхней камеры 1 и нижней 2, соединенных друг с другом шпильками по плоским поверхностям, между которыми прокладывается промасленная клингеритовая прокладка. Водяные цилиндры обеих камер имеют бронзовые втулки, так же, как у насоса Кнорра. Чтобы при соединении обеих камер корпуса не мог получиться перекос или сдвиг одной камеры относительно другой, до затягивания гаек на шпильках через расточки запрессованных втулок снизу, вставляется массивный цилиндрический шаблон, строго обточенный по диаметрам обеих втулок. Вращением шаблона сперва проверяется совпадение центров втулок, а затем, не вынимая шаблона, производится затягивание гаек. Шаблон выни-

мается из цилиндров только по окончании крепления гаек. На верхнюю камеру 1 также на клингеритовой прокладке ставится верхняя крышка 3 и крышка парового цилиндра насоса 4, на которую далее ставится сам цилиндр 5. Верхняя комплектная крышка парового цилиндра 6, как уже было сказано выше, устроена совершенно так же, как и тормозного насоса типа Вестингауз или как у питательных насосов сист. Кнорра и „Борец“. Все три поршня, т.е. верхний паровой и два нижних водяных 8 и 9, укреплены на одном общем штоке 10 и двигаются вместе. Паровой поршень насаживается на шток (фиг. 262), после чего конец его расклепывается. После расклейки вытачиваются долевая выточка внутри скалки для пропуска стержня вертикального золотника парораспределительного механизма верхней крышки, цилиндра и боковое углубление для



Фиг. 262. Поршни водоподогревателя „Красный Путиловец“



Фиг. 263. Схема последовательных операций по сборке насоса „Красный Путиловец“.

продевания утолщенного конца того же стержня под планку, укрепленную на поршне тремя шурупами через ее прорез. На поршень одеваются два разрезных кольца. Оба водяные поршня имеют следующее устройство: в верхний водяной поршень ввертываются четыре шпильки, служащие для укрепления крышки поршня (нижний поршень шпилек не имеет). На оба поршневые диска одевается набивка из четырех разрезных колец на каждый. Кольца имеют толщину 9,5 мм и изготавливаются из прорезиненной ткани. Уплотняющие кольца необходимо ставить так, чтобы стыки их не приходились один над другим. Следует ставить только необходимое количество колец, — избыток их может заклинить поршень, что вызовет резкую и неправильную работу поршня и слишком быстрое изнашивание как самих колец, так и втулок цилиндра на-

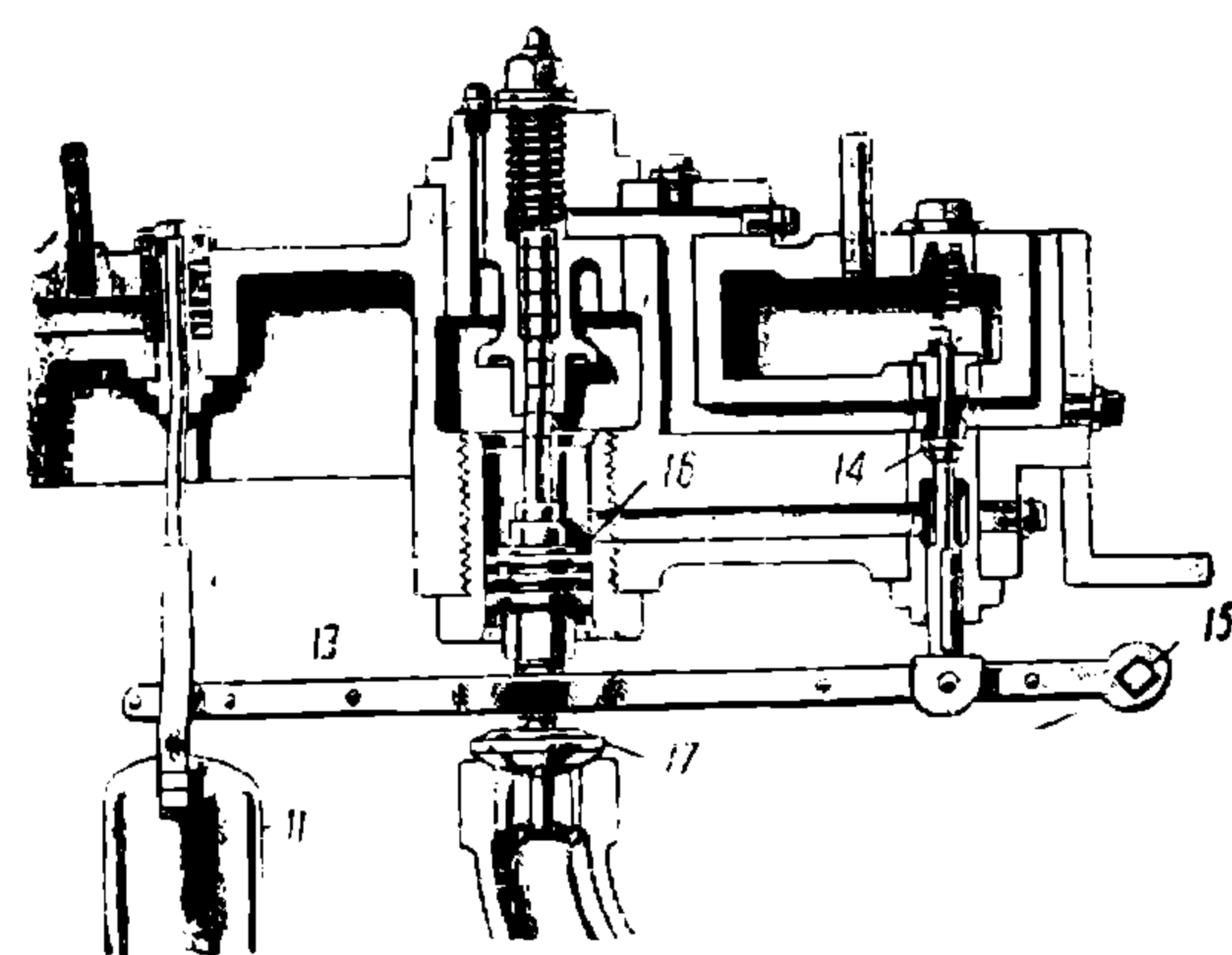
соса. При недостаточном количестве набивки, она делается вскоре неплотной и быстро изнашивается. Чтобы правильно подогнать набивку надо снять с последнего кольца один или несколько слоев ткани. Очертание колец и совпадение их рабочих граней проверяется специальной оправкой в виде полого цилиндра, равного по диаметру водяным цилиндрам.

Укрепление набивки достигается крышками, причем в верхнем поршне крышка крепится на шпильках, а в нижнем прижимается гайкой, навинчиваемой на конец штока, пропускаемого сквозь поршневой диск и крышку. Поршень при этом зажимается между этой гайкой и торцом распорной втулки, одетой на шток между обеими водяными поршнями. В верхнем поршне на шпильки навинчиваются гайки, укрепляемые шплинтами.

Последовательные операции по сборке насоса показаны на фиг. 263.

Поплавок 11 состоит из пустотелого тонкостенного медного резервуара, в нижней части которого впаяно днище. В днище ввинчивается пустотелый направляющий шток 12. К верхней части поплавок прикрепляется перекадина с приваренным к нему ушком; концы перекадины направляются специальными проточенными выступами, являющимися приливами к внутренней стенке верхней камеры корпуса. В расточку ушка ввинчивается верхний направляющий стерженек. Направляющие перекадины поплавок смазываются салом. Поплавок в камеру смещения вводится сверху и после погружения до низу расходится движением вверх и вниз (фиг. 264).

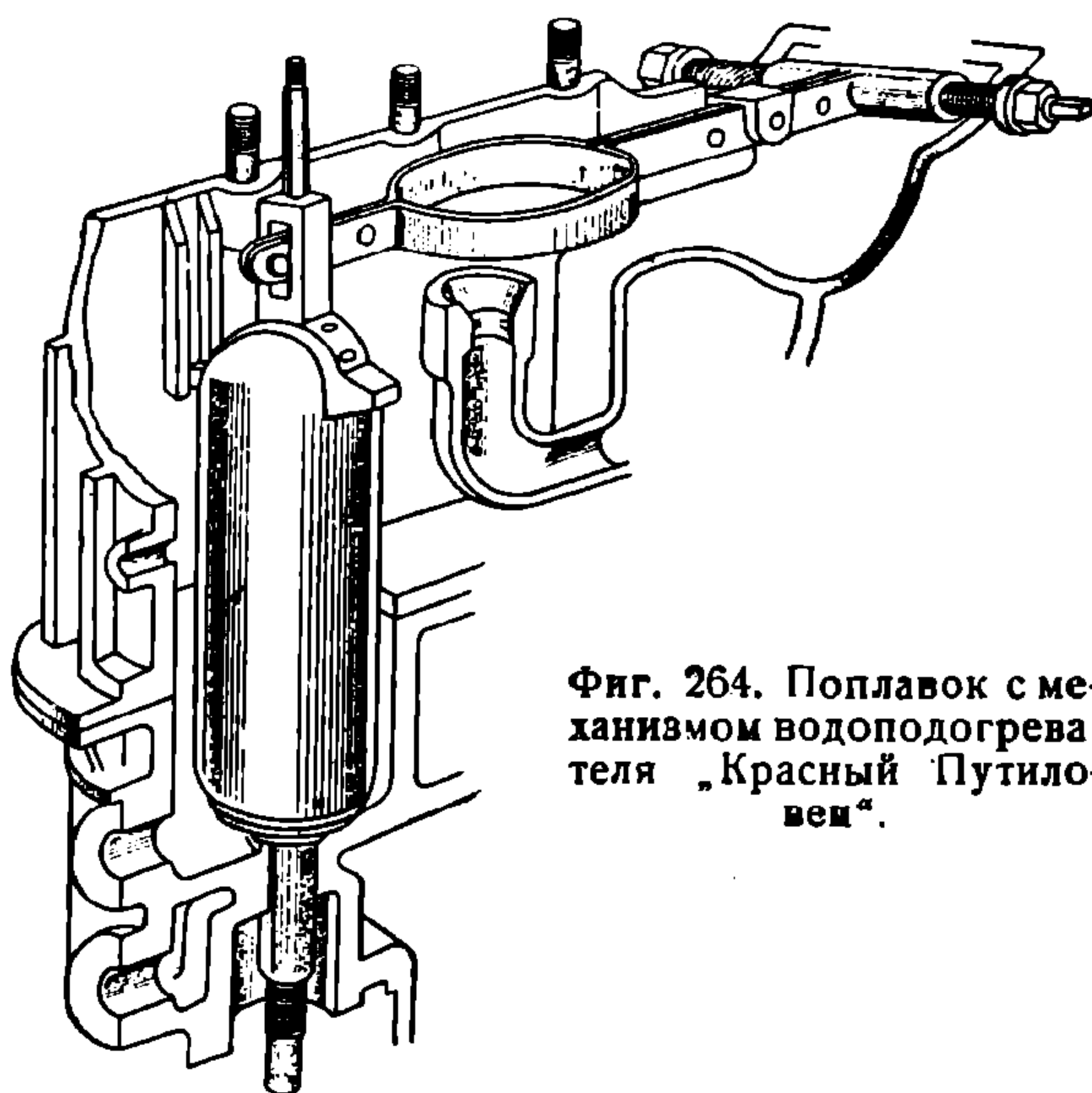
Состоящий из двух половин рычаг 13 выправляется и склепывается четырьмя заклепками. На рычаг одевается упорная подушка парового клапана 14,



Фиг. 265. Верхняя крышка камеры смещения водоподогревателя „Красный Путиловец“ с механизмом поплавка.

11—поплавок,	15—ось рычага,
13—рычаг механизма поплавка,	16—поршень,
14—паровой клапан,	17—водяной клапан.

Эта часть механизма состоит из парового клапана и механизма водяного клапана 17. Клапан притирается к седлу, в которое сверху ввинчиваются втулки. На верхний конец клапана одевается пружинка, закрываемая сверху пробкой.



Фиг. 264. Поплавок с механизмом водоподогревателя „Красный Путиловец“.

удерживаемая на расклепанном по концам стерженьке. В верхнюю камеру ввинчивается глухой сальник, туда же вводится склепанный рычаг с подушкой; передний конец рычага продевается в ушко поперечин поплавок. Через втулки заднего конца рычага, откованные с обеими его половинами в одно целое, продевается ось 15, закрепляемая по бокам сальниками, в которых она и поворачивается. Ось рычага, приводимого в движение поплавком, может быть поворачиваема снаружи при помощи ключа, что дает возможность топить поплавок или поднимать его и тем убеждаться в правильности его действия.

Остальная часть механизма поплавок заключается в верхней крышке верхней камеры корпуса (фиг. 265).

В поршень 16 механизма водяного клапана сверху и снизу ввертываются два упора и затем одеваются два разрезных кольца. После этого поршень вводится во втулку, ввинченную в крышку; втулка предварительно смазывается салом и в ней поршень расходит. Сверху в крышку ввинчивается штуцер, заглушаемый пробкой и смазанный внутри салом. В штуцер также ввинчивается нажимной болт с шайбой. В штуцер вставляется стопорный стержень, нижним концом прижатый к верхнему упору, ввинченному в поршень.

Водяной клапан 17 притирается по конической притирке к патрубку, отлитому заодно с верхней камерой корпуса внутри ее. По этому патрубку, через приоткрытый водяной клапан, вода верхним водяным цилиндром насоса подается в камеру смешения снизу вверх. На клапан сверху одевается стальная головка, в которую упирается нижний упор, ввинченный в поршень 16.

Верхний конец стопорного стержня находится под постоянным давлением свежего пара, притекающего из котла по трубке через пространство над паровым клапаном по каналам в пространство над стержнем. Через этот стержень и через поршень на водяной клапан передается, следовательно, постоянное давление, чего достигнуть помощью пружины труднее. Действие постоянной силы на клапан дает возможность при различном числе ходов насоса иметь постоянную скорость вытекания воды через этот клапан, что необходимо для получения высокого подогрева при этих условиях. Холодная вода, выходящая через клапан, при своем движении снизу вверх, ударяется в верхнюю крышку камеры смешения, разбрызгивается на мелкие капли и стекает вниз, конденсируя пар и подогреваясь от него. Таким образом, вода проходит двойной путь — снизу вверх и сверху вниз, что способствует лучшему смешению и, следовательно, лучшему подогреву. Из нижней части камеры смешения вода перетекает в камеру подогретой воды низкого давления, откуда забирается нижним цилиндром и подается в камеру подогретой воды высокого давления, снабженную воздушным колпаком. Отсюда вода идет далее по питательной трубе, присоединенной к фланцу Б нижней камеры.

При переполнении камеры смешения, поплавков 11 (фиг. 261) всплывает вверх и тянет за собой рычаг, вставленный в его верхнее ушко. Этот рычаг помощью подушки действует на паровой клапан 14, диаметром 15 мм, со сквозным штоком, диаметром 12 мм, открывающий доступ свежему пару из котла к поршеньку 16, диаметром 60 мм, находящемуся над водяным клапаном. Поршень под давлением этого пара опускается вниз и прижимает водяной клапан 17 к своему седлу, прекращая доступ холодной воды в камеру смешения. Давление воды в патрубке открывает возвратный клапан 18, как уже было указано выше, и выходит в камеру всасывания верхнего водяного цилиндра. После откачки нижним цилиндром избытка воды из камеры смешения, поплавки, а также рычаг опускаются вниз, паровой клапан под действием собственного веса и пружинки станет в свое нижнее положение и прекратит доступ свежего пара к поршеньку. В то же время, при помощи отверстия в паровом клапане, полость над поршеньком соединится с камерой смешения, благодаря чему давление над поршеньком падает и водяной клапан освобождается. Холодная вода опять начинает поступать в камеру смешения, и нормальная работа прибора восстанавливается.

Верхний направляющий стержень поплавка продевается сквозь втулку, ввинченную в крышку. На эту втулку одеваются пружина и резиновое кольцо. На конец стерженька сверху одевается крышка, укрепляемая гайкой. Пружинки и резиновое кольцо смягчают удар поплавка при его погружении вниз.

В крышку 3 ввинчиваются две скобы. Между крышкой и верхним плоским фланцем верхней камеры, на шпильки которого эти крышки одеваются, прокладывается промасленная клингеритовая прокладка. До укрепления крышки гайками необходимо проверить: а) соприкосновение стопорного стержня с головкой водяного клапана при нижнем положении поплавка и б) поднятие парового клапана подушкой на рычаге при верхнем положении поплавка. Для этого поплавки приподнимаются и опускаются за нижний направляющий шток, а проверка производится через крышку сверху. Только после окончания этой проверки крышка укрепляется на верхней камере гайками.

Цилиндр, отлитый за одно целое с нижней камерой, смазывается салом, после чего в него входит поршень 20, навинчиваемый на нижний пустотелый шток 12 поплавок 11, и укрепляется на нем контргайкой. Низ цилиндрика заделывается кожухом на шурупах с припаянным к нему штуцером спускной трубки, служащей для стока воды, могущей просочиться между штоком и стенкой камеры, что возможно при подъеме поплавка. Пустотелый шток (отверстие имеет диаметр 20 мм) сообщает внутреннюю полость поплавка с атмосферой. При повреждении поплавка, через шток будет вытекать наружу вода и поплавок при незначительном повреждении будет освобождаться от воды, не прекращая действия. Вытекание воды в этом месте указывает на повреждение поплавка и необходимость его осмотра и ремонта.

Кроме того, пустотелый шток с поршеньком служит направлением для поплавка снизу при его вертикальном перемещении, в дополнение к верхней поперечине, и предотвращают резкие вертикальные перемещения, создавая воздушный катаракт, получающийся в цилиндрике, в котором поршень движется с малым зазором.

Каждый водяной цилиндр снабжен четырьмя клапанами 19, из которых два нижние — всасывающие и два верхние — нагнетательные. Если смотреть на корпус водоподогревателя со стороны расположения клапанов или со стороны присоединения всасывающей трубы, то два левых клапана соединены с верхней полостью цилиндра, а два правых с нижней. Клапаны плоско-тарелчатой формы притираются к седлам, вставленным в расточных гнездах камер. Вставка седел в гнезда производится помощью специальных деревянных колобашек, упирающихся одним концом в седло, а другим в верхнюю крышку, притягиваемую своими шпильками и гайками. После вставки седел всасывающих клапанов, на упоры одеваются клапаны и пружины. Вместе с этими частями упор вставляется в седло нагнетательного клапана и закрепляется в нем шплинтом. Седло нагнетательного клапана, вместе с прикрепленной к нему группой частей, ставится на гнездо и вгоняется на место. В седло нагнетательного клапана ввертывается шпилька, на нее одеваются нагнетательный клапан и пружина, на шпильку наворачивается упор с пружиной и сверху ставится крышка на шпильках и гайках, на изолирующей прокладке.

Возвратный клапан 18 также имеет плоско-тарелчатую форму; устройство его понятно по фиг. 261. На наружной стенке верхней камеры против клапана сделана круглая крышка на четырех шпильках. Пружина клапана регулируется на 3—3,5 ат. Пустотелые пространства внутри обеих камер корпуса служат теми же воздушными объемами, необходимость которых была пояснена при рассмотрении насоса сист. Кнорра.

Обе камеры снабжаются отверстиями, закрываемыми коническими пробками на резьбе; отверстия служат для промывки камер. На камерах установлены спускные краны. Краник на верхней камере является пробным. Если при открытии этого краника из камеры смешения вытекает вода, то это указывает на переполнение камеры вследствие бездействия поплавка.

Фланец А, к которому присоединена труба мятного пара, приподнят над верхней камерой корпуса; горловина камеры к этому фланцу соответственно изогнута вверх. Этим предотвращается возможность попадания воды в трубу мятного пара, а через нее в цилиндры машины, в случае чрезмерного переполнения камеры смешения водой, что и бывало при первоначальном типе водоподогревателя смешения завода „Красный Путиловец“ (класса А), имеющем этот фланец не приподнятым над камерой (фиг. 258 и 259).

Около этого фланца, на горловине камеры установлен предохранительный клапан 2 с пружиной, отрегулированной на 1,5 ат. Большее давление, могущее образоваться в камере смешения при отсутствии этого клапана, могло бы повредить поплавок, вдавив внутрь тонкие его стенки. Предохранительный клапан должен быть проверен в сроки, установленные для проверки предохранительных клапанов котла.

К верхней крышке корпуса над камерой смешения присоединяется трубочка, соединенная через обратный воздушный клапан с дымовой коробкой. Эта трубка служит для отсоса воздуха из верхней части камеры смешения, выделяющегося из холодной воды при ее нагревании мятным паром. Этот воздух

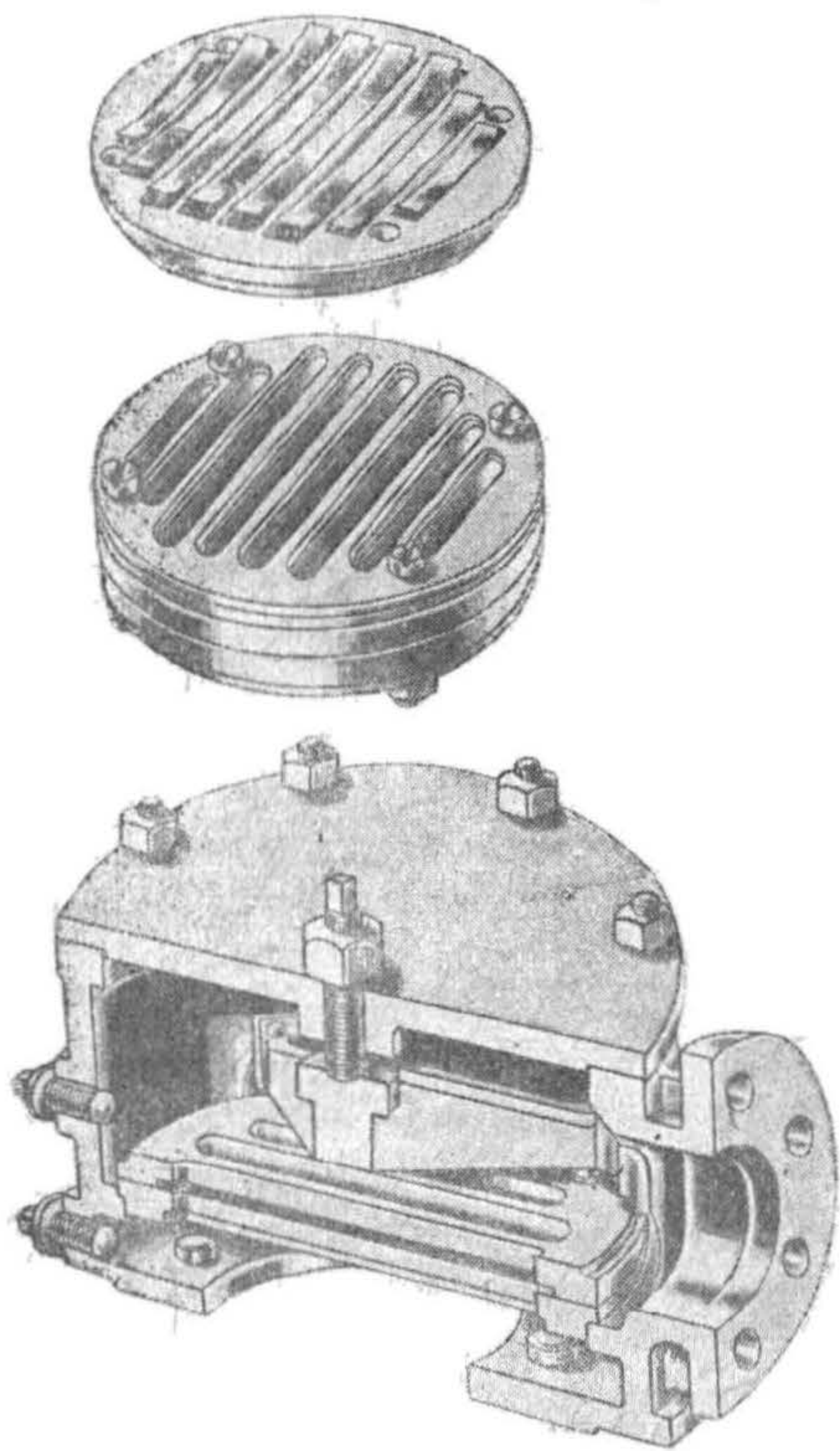
необходимо отводить из камеры смешения, так как он мешает более полной конденсации мягкого пара и понижает температуру подогрева питательной воды в камере смешения.

Две пробки служат для смазки поршенька водяного клапана и стопорного стержня. Перед каждой поездкой необходимо открывать эти пробки и смазывать поршень и стержень.

Время от времени следует выпускать воду из пространства над паровым клапаном. Над ним в крышке водоподогревателя сделана пробка, которая дает возможность осматривать клапан и во время работы водоподогревателя закрывать вентиль.

Обе камеры, образующие корпус водоподогревателя, все их крышки, сальники, втулки, паровой цилиндр и поплавков подвергаются гидравлическому испытанию.

Верхняя камера, куда производится присос воды из тендера и в которой заключена верхняя часть пространства смешения, давление при испытании доводится до 4 ат. До той же степени доводится давление и в половине нижней камеры, являющейся продолжением камеры смешения. Объем этой части камеры простирается от заглушаемых (для целей испытания) отверстий, в которые вставляются седла всасывающих клапанов, до верхней крышки камеры, которой на время испытания заглушается пространство камеры смешения. В цилиндре подогретой воды, занимающим другую часть этой камеры, где образуется давление, преодолевающее сопротивление питательного клапана, давление при испытании доводится до 18 ат. (13 раб. + 5). Тем же давлением испытывается и паровой цилиндр насоса. Поплавков испытывается на смятие внешним гидравлическим давлением на 4 ат. Для этого он снизу заглушается, вводится в пустотелый резервуар с крышкой, где давление и поднимается. После испытания все части должны быть тщательно продуты сжа-



Фиг. 266. Обратный клапан.

тым воздухом для удаления остатков воды.

Втулки обоих цилиндров также испытываются: верхнего на 4 ат и нижнего на 18 ат. Все внутренние полости камер, за исключением втулок и мест вставки седел клапанов, окрашиваются суриком. Весь корпус водоподогревателя снаружи зашивается обшивочным железом.

Отбираемый в водоподогреватель мягкий пар прежде всего поступает в обратный клапан (фиг. 266). Клапан состоит из чугунной литой коробки, соединенной нижним фланцем с трубой, идущей от паровых цилиндров, и боковым фланцем с трубой, идущей в водоподогреватель. В коробку вкладываются две соединенные друг с другом решетки, в прорези между которыми вставляются пластинчатые клапаны, выгнутые кверху и могущие свободно выпрямляться или отгибаться в пространстве прорезов. Решетки укрепляются скобой и тремя ножками, зажатыми сверху болтом, пропущенным через крышку коробки. Коробка опрессовывается на 4 ат.

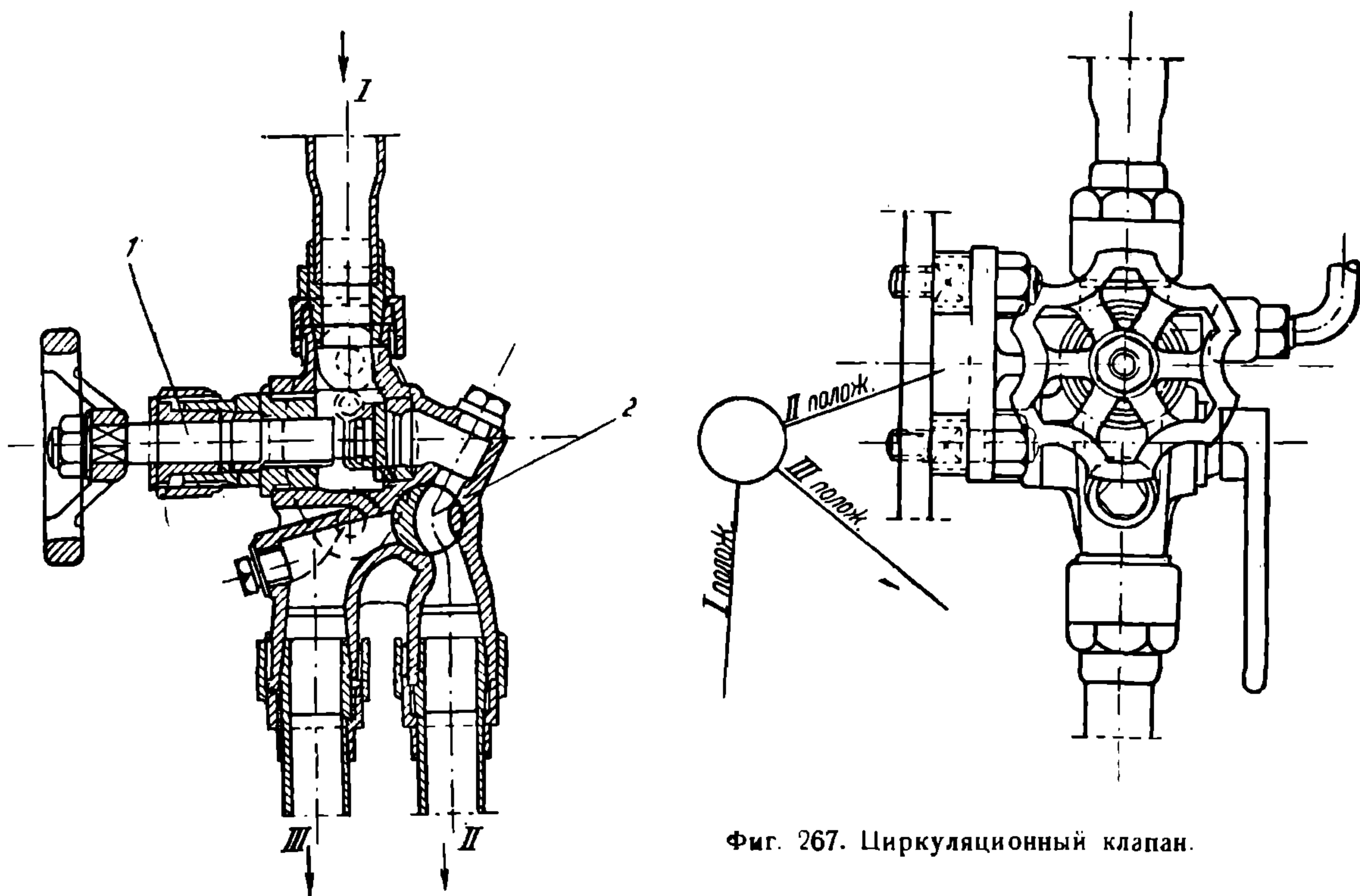
Обратный клапан подобного устройства не может, однако, задержать воду, попавшую в паропровод мягкого пара, вследствие переполнения камеры смешения. Поэтому на первых паровозах 2—4—0 М были случаи ударов воды, попавшей в паровые цилиндры, которая разбила цилиндры и поломала движущий механизм. То же явление может происходить при употреблении и других питательных приборов, например, инжекторов мягкого пара, которые могут при неисправном действии гнать воду в паропровод мягкого пара. При эксплуатации замечено довольно сильное зарастание обратного клапана маслом из мягкого пара; например, на паровозах 2—3—1 Л на Октябрьских жел.

дор. в течение месяца образовался налет смазки внутри клапана, толщиной до 6 мм.

Питательная коробка по устройству и действию совершенно одинакова с такой-же коробкой водоподогревателя сист. Кнорра.

На фиг. 258 и 259 представлен первоначальный тип водоподогревателя смешения завода „Красный Путиловец“ (класса А), примененный на первых паровозах 2—4—0 М и на некоторых 2—3—1 Л. Схема его устройства и действия одна и та же с только что рассмотренным усовершенствованным водоподогревателем смешения завода „Красный Путиловец“.

Конструктивным отличием его является наличие верхней перегородки в камере смешения, устраняющей возможность попадания части воды в трубопровод, подводящий мятый пар в водоподогреватель из машины.



Фиг. 267. Циркуляционный клапан.

Фланец для присоединения этого трубопровода к верхней камере корпуса не приподнят над камерой, здесь был также применен отсос воздуха из камеры смешения.

Механизм поплавка имеет более сложную систему. Кроме того, внутренняя полость поплавка с атмосферой не сообщена, что при порче поплавка сейчас же должно вызвать отказ его действия. В действительных условиях, отказ поплавка действовать и вызывал случаи переполнения всей камеры смешения водой, которая оттуда по трубопроводу попадала в цилиндр и причиняла изломы (случай с паровозом 2—4—0 М на Южных жел. дор.). Работа 1-го варианта водоподогревателя „Красный Путиловец“ была совершенно неудовлетворительна, что было еще в 1928 г. отмечено на XXXVI съезде инженеров тяги¹.

Обращение с водоподогревателем

Перед пуском насоса в ход, все спускные и пробные краны корпуса должны быть закрыты. Вентиль циркуляционного клапана 1 (фиг. 267) должен быть закрыт, а запорный кран тендера открыт. Также должен быть открыт питательно-

¹ См. Труды XXXVI съезда инженеров тяги, стр. 61.

запорный клапан питательной коробки. Затем необходимо убедиться, закрыт-ли кран для продувки водоподогревателя сжатым воздухом и кран на трубе главного тормозного резервуара.

При пуске в ход нужно сперва открыть пусковой вентиль с целью удалить воду, находящуюся в трубопроводе свежего пара. Когда насос засосет воду из тендера, то можно увеличить приток пара, а следовательно и увеличить число ходов. Затем открыть кран на парорасборной колонке и вентиль на лобовом листе, через который пар поступает в верхнюю крышку камеры смешения для работы механизма поплавка. В этом случае подогрев питательной воды производится выхлопным паром из паровых цилиндров насосов — питательного и тормозного. Так как при этом условии подогрев воды будет незначительный, то питание котла водой водоподогревателем на стоянке вообще не рекомендуется. Подогревать же воду дополнительно свежим паром из котла не рационально, ввиду большой поверхности охлаждения насоса.

Если помощью циркуляционного клапана будет подогрета вода в тендере до температуры $35-40^{\circ}\text{C}$, то выгоднее питать на стоянках, а также на уклонах инжектором, так как в этом случае инжектор может подогреть питательную воду до $70-80^{\circ}\text{C}$ с меньшими наружными потерями.

Для предохранения водоподогревателя от замерзания зимой на продолжительных стоянках, устраивается, при помощи циркуляционного клапана (фиг. 267), искусственная циркуляция воды из водоподогревателя в тендер и обратно. Для этого открывают вентиль 1 циркуляционного клапана (фиг. 267) и ставят ручку крана 2 в первое положение. Тогда теплая вода, нагретая выхлопным паром, из паровых цилиндров насосов: водоподогревателя и тормозного, из водоподогревателя направляется по трубе I к циркуляционному клапану, пройдет через пробку крана 2 по трубе II и далее, через всасывающую трубу левого или правого инжектора и через водоприемный рукав, поступит в тендер, где, как более легкая, будет подниматься кверху. Через другой водоприемный рукав из нижних слоев тендера забирается холодная вода и по трубе подается в водоподогреватель. Получающаяся, таким образом, циркуляция вполне предотвращает замерзание воды как в самом водоподогревателе, так и во всех его трубах.

При непродолжительных остановках водоподогревателя, для прогревания всасывающей трубы можно пользоваться трубой, снабженной запорным краном, по которой подводится свежий пар от парорасборной колонки паровоза.

Небольшим открытием вентиля во время бездействия насоса, во всасывающую трубу, а следовательно и рукав, впускается немного свежего пара, чем предотвращается возможность замерзания воды в этих частях. Пару не следует впускать много, так как в противном случае всасывающая труба заполняется свежим паром и насос откажется работать.

В этом случае, прежде чем пустить насос, надо или дать время охладиться всасывающей трубе, или, если уровень воды в тендере выше верхнего водяного цилиндра насоса, то надо открыть продувательный кран этого цилиндра, пока холодная вода, протекающая из тендера, не вытеснит пар из всасывающей трубы.

Циркуляционный клапан дает также возможность пускать часть воды в котел, а часть воды в тендер, или, минуя тендер, возвращать подогретую воду обратно в водоподогреватель.

Для этого слегка открывая вентиль 1 и наблюдая по манометру за давлением воды в трубе I, присоединенной к водоподогревателю, которое должно быть несколько выше котельного, ручку крана 2 ставят в первое или второе положение.

При постановке ручки крана 2 в первое положение, часть горячей воды из водоподогревателя будет поступать в котел, а другая часть ее одновременно по трубе, соединенной с трубой инжектора, — в тендер.

При постановке ручки крана 2 во второе положение, часть горячей воды из водоподогревателя будет поступать в котел, а другая часть ее по трубе III, соединенной с всасывающей трубой водоподогревателя, через насос, пойдет обратно в водоподогреватель, минуя тендер.

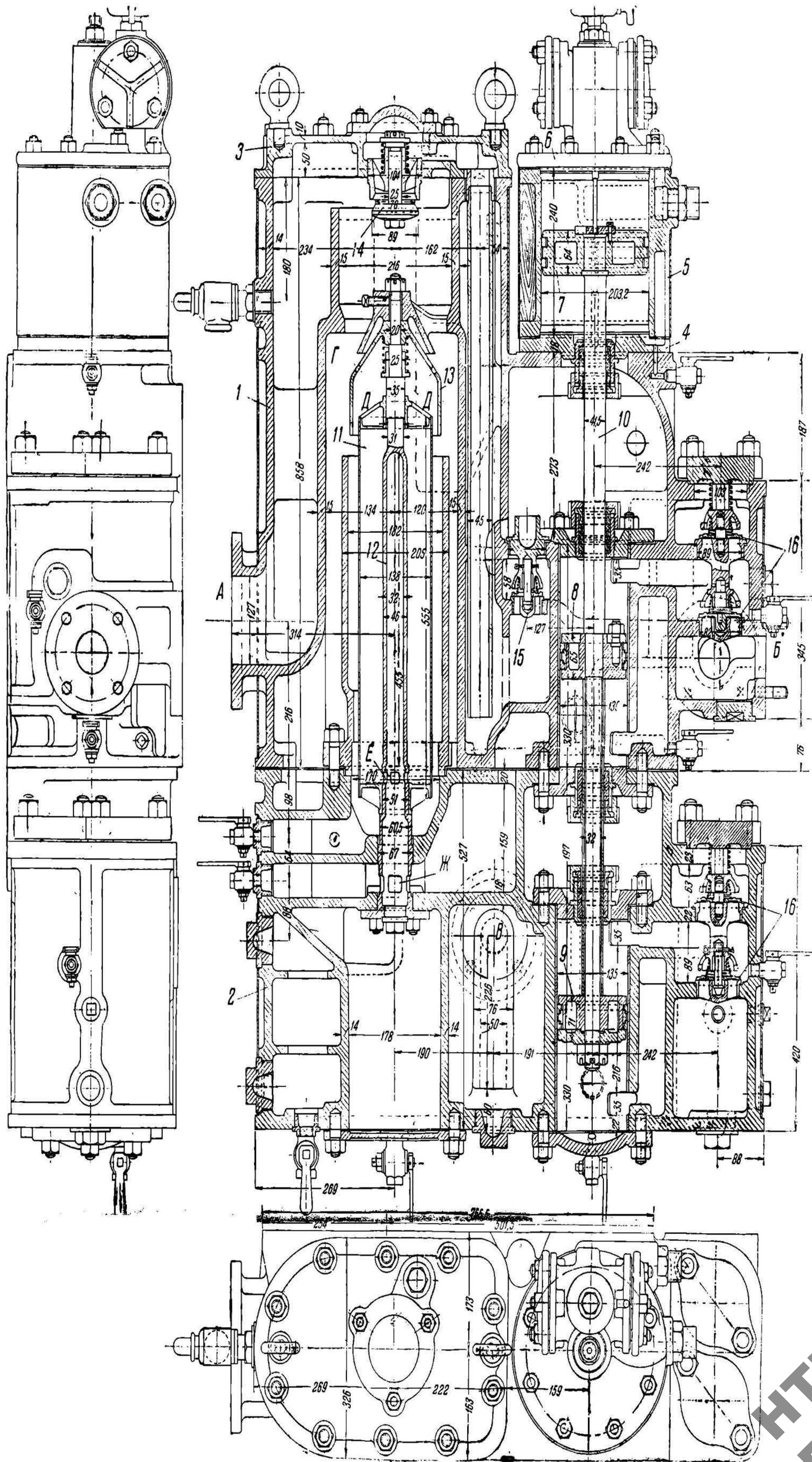


Рис. 270. Корпус водогревателя Ворthingтона.

- 1—верхняя часть корпуса,
- 2—нижняя часть корпуса,
- 3—верхняя крышка корпуса,
- 4—нижняя крышка парового цилиндра,
- 5—паровой цилиндр,
- 6—комплектная крышка парового цилиндра,
- 7—поршень парового цилиндра,
- 8—поршень насоса холодной воды,
- 9—поршень насоса подогретой воды,
- 10—шток,
- 11—поплавок,
- 12—направляющая втулка поплавка,
- 13—отражатель,
- 14—разбрызгиватель,
- 15—возвратный клапан,
- 16—клапаны всасывающие и нагнетательные,
- 17—трубы, подающие холодную воду в камеру смешения.

В первом случае, прогревая до 35—40° Ц часть воды в тендере, даст возможность питать котел на стоянках, на уклоне и во время работы паровоза при различных отсечках водой более высокой и равномерной температуры.

Во втором случае, вода, подогретая выхлопным паром, из машины и насосов возвращается обратно в водоподогреватель по всасывающей трубе, смешивается с водой, засасываемой из тендера и равной по количеству воде поданной в котел, прогревается выше 40° (или вообще выше температуры воды в тендере).

При вполне открытом вентиле 1, не имея, следовательно, котельного противоодавления, можно при соответствующем положении ручки крана пускать полностью всю подогретую воду из водоподогревателя в тендер или во всасывающую трубу.

Вентиль 1 при нормальной работе водоподогревателя должен быть закрыт, а при бездействии водоподогревателя открыт и пробка крана 2 поставлена в первое или во второе положение.

При питании котла инжектором, пробку крана следует ставить в среднее закрытое положение, иначе инжектор воду из тендера не засосет. Открывать вентиль и ставить пробку крана в соответствующее положение необходимо для того, чтобы не держать нагнетательный трубопровод и камеру высокого давления под высоким давлением при остановке водоподогревателя.

При постановке паровоза в депо на продолжительную стоянку в зимнее время, необходимо всю воду из водоподогревателя выпускать. Для этого после остановки насоса, закрытия водяного крана на тендере и питательно-запорного клапана нужно открыть вентиль и кран циркуляционного клапана. Далее, следует открыть все спускные краны на водоподогревателе. Тогда вся вода из водоподогревателя будет стекать по спускным трубкам в сборную трубу, а из нее по трубе наружу или в зольник. После выпуска воды из водоподогревателя нужно пустить полным ходом тормозной насос и открыть кран на трубе главного резервуара. Тогда сжатый воздух по трубе будет поступать в паровой цилиндр насоса, т. е. приведет его в действие, выходя затем по выхлопной трубе, через маслоотделитель, в камеру водоподогревателя и будет выходить наружу через спускные краны, унося с собой остаток воды. Кроме того, из крана воздух поступает по трубе во всасывающую трубу и вытесняет из нее воду наружу. Через эту же трубу воздух поступит по всасывающей трубе к клапанам и далее также *внутри водоподогревателя*. После того как водоподогреватель продут, закрывают спускные краны и продолжают продувку еще некоторое время. После этого останавливают тормозной насос, закрывают кран и кран на трубе главного резервуара. В противном случае, пар из котла, необходимый для работы водоподогревателя, заполнит главный резервуар и воздухопровод.

Проверка работы насоса должна быть производима после каждой поездки, а также при выезде из депо. Для этого нужно дать насосу работать со скоростью 10—15 одиночных ходов в минуту. При этом насос должен делать ровные и спокойные ходы, хотя в начале одного из ходов могут быть и легкие удары. Эти удары получаются вследствие того, что нижний насос сначала не получает воды и работает вхолостую.

За работой насоса наблюдают по пульсирующему манометру, помещенному в будке; манометр соединен с напорной трубой насоса.

Если после остановки насоса стрелка манометра продолжает показывать давление, то это вовсе не указывает на пропуск питательного клапана, так как давление будет и в том случае, если нагнетательные клапаны насоса достаточно плотны. Состояние питательного клапана может быть проверено, если, при помощи циркуляционного клапана, напорную трубу соединить с тендером. При этом, если давление понизится до атмосферного, то, значит, питательный клапан в исправности; если же давление не понизится, то питательный клапан имеет пропуск.

В том случае, когда насос работает с ударами в течение части простого и двойного ходов и при этом через открытый кран вытекает непрерывной струей вода, то это указывает на то, что водоподогреватель переполнен водой. Переполнение водой подогревателя может происходить вследствие неисправности насоса горячей воды и поплавка.

Если удары слышатся при ходе поршня в одном направлении, то это указывает на неисправность клапанов. При ударах в обоих направлениях неисправное действие, вероятно, зависит от набивочных колец поршня, которые требуют замены. Указанная неисправность может получиться и от течи питательного клапана. Не следует делать попыток осмотра клапанов насоса или исправления в трубопроводе между насосом и котлом до тех пор, пока давление в напорной трубе и клапанной коробке не будет уничтожено открытием вентиля циркуляционного клапана. Если насос работает с ударами в течение некоторого времени, то это указывает на неисправность в цилиндре для холодной воды (верхнем) или на то, что количество засасываемой из тендера воды недостаточно, а следовательно водоподогреватель получает мало воды.

При неисправности насоса следует осмотреть его клапаны и уплотняющие кольца поршня цилиндра холодной воды и удостовериться, что всасывающая груба, гибкий рукав и сетка в тендере тщательно прочищены.

Кроме того, неисправность насоса может происходить от сильного пропуска пара в паровом клапане и через стопорный стержень. Это можно проверить закрытием крана на парорасборной колонке или вентиле.

При проверке работы насоса необходимо осмотреть все сальники и убедиться, что они правильно собраны и не сильно пропускают. Небольшая течь из трех сальников водяных цилиндров имеет меньшее значение и более допустима, чем слишком туго закрепленные сальники, которые вызывают чрезмерный износ поршневого штока насоса от трения и затрудняют работу насоса. Зысверленные дыры отверстия до 19 мм, с газовой нарезкой для трубки задней стороны корпуса водоподогревателя, служат для удаления воды, вытекающей из сальников и через кран из нижней полости парового цилиндра. Эти отверстия следует содержать в чистоте.

Расчет насоса водоподогревателя смешения типа „Красного Путиловца“ класса Б и его поплавка

Количество подаваемой горячей воды может быть определено по формуле:

$$Q = (V_1 + V_2) n \eta,$$

где

V_1 — объем, описанный поршнем для верхней полости,

V_2 — „ „ „ „ „ нижней „

n — число двойных ходов в минуту, которое считаем равным 50 и 60,

η — коэффициент подачи, который примем равным 0,9.

Объем, описанный поршнем для верхней полости

$$V_1 = H \left(\frac{\pi D_1^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right) = 1,6 \left(\frac{\pi \cdot 1,35^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,46^2}{4} \right) = \\ = 1,6 (1,431 - 0,166) = 1,6 \cdot 1,265 = 2,024 \text{ л},$$

где

H — ход поршня = 160 мм,

D_1 — диаметр цилиндра = 135 мм,

d — диаметр скалки = 46 мм для подогревателя классов А и Б.

} для подогревателя класса Б,

Объем, описанный поршнем для нижней полости

$$V_2 = 1,6 \frac{\pi \cdot 1,35^2}{4} = 1,6 \cdot 1,431 = 2,290 \text{ л}.$$

Отсюда получим следующие значения количества подаваемой горячей воды:

для $n = 50$; $Q = (2,024 + 2,290) 50 \cdot 0,9 = 4,314 \cdot 50 \cdot 0,9 = 194 \text{ л},$

$n = 60$; $Q = (2,024 + 2,290) 60 \cdot 0,9 = 4,314 \cdot 60 \cdot 0,9 = 233 \text{ „}$

Подача холодной воды из тендера в подогревательную камеру может быть найдена по формуле

$$Q_1 = 2 V n \eta,$$

где

Q_1 — подача холодной воды в л/мин.,

V — объем одной полости цилиндра,

n — число двойных ходов в минуту, равное 50 и 60,

η — коэффициент подачи, который считаем равным 0,9.

Объем, описанный поршнем одной полости

$$V = 1,6 \left(\frac{\pi}{4} \frac{1,30^2}{4} - \frac{\pi}{4} \frac{0,46^2}{4} \right) = 1,6 (1,327 - 0,166) = 1,6 \cdot 1,161 = 1,858 \text{ л.}$$

Отсюда получаем:

$$\begin{aligned} \text{для } n = 50; Q_1 &= 2 \cdot 1,858 \cdot 50 \cdot 0,9 = 167 \text{ л,} \\ \text{, } n = 60; Q_2 &= 2 \cdot 1,858 \cdot 60 \cdot 0,9 = 201 \text{ „} \end{aligned}$$

Следовательно, отношение количества горячей и холодной воды

$$\alpha = \frac{Q}{Q_1} = \frac{233}{201} = 1,16,$$

где увеличение веса горячей воды на 16% происходит за счет конденсации мягкого пара паровоза.

Скорость горячей воды в клапанах находим по формуле

$$C = \frac{Q}{\frac{1000 \cdot 60}{\pi a h}},$$

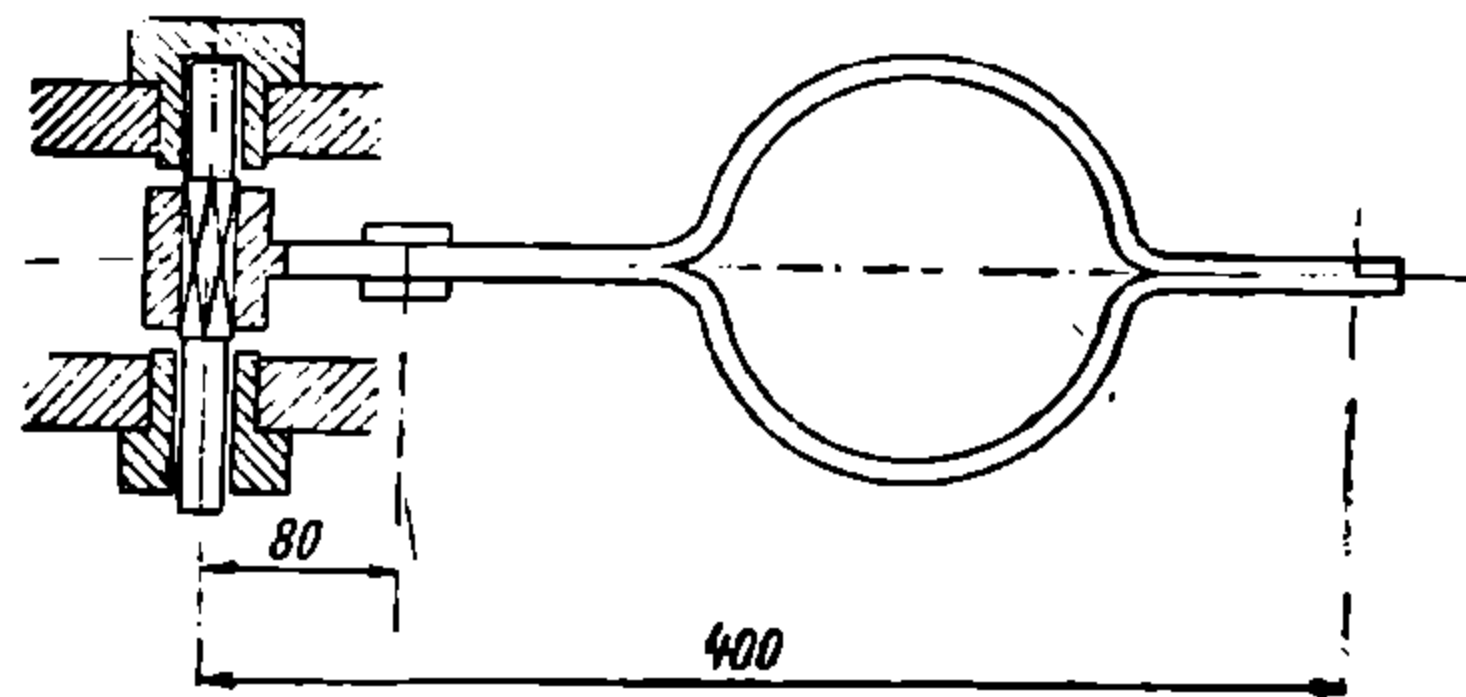
где

C — скорость воды в клапане в м/сек.,

Q — минутная подача воды в литрах, равная 194 и 233 л,

d — диаметр клапана = 0,072 м,

h — высота подъема клапана = 0,008 м.



Фиг. 268. Рычаг поплавка.

Отсюда получаем:

$$\text{для } n = 50; C = \frac{\frac{194}{1000 \cdot 60}}{\frac{0,072 \cdot 0,008}{\pi}} = \frac{0,003233}{0,001810} = 1,79 \text{ м/сек.,}$$

$$n = 60; C = \frac{\frac{233}{1000 \cdot 60}}{\frac{0,072 \cdot 0,008}{\pi}} = \frac{0,003882}{0,001810} = 2,15$$

Сила нажатия на клапан 17, считая давление на поршень 16 равным котельному, т. е. 13 ат, по манометру, будет равна:

$$\frac{\pi}{4} \frac{5,4^2}{4} \cdot 13 = 22,9 \cdot 13 = 297,7 = 298 \text{ кг.}$$

Так как диаметр клапана 17 равен 75 мм, то давление в чугунном патрубке может подняться до величины:

$$298 : \frac{\pi}{4} \frac{7,5^2}{4} = \frac{298}{44,18} = 6,745 \text{ кг/см}^2 \text{ по манометру.}$$

Но на самом деле оно такой величины не достигает, потому что повышающееся давление открывает боковой клапан 18, соединяющий камеру патрубка со всасывающей полостью верхнего цилиндра.

Когда паровой клапан 14 прижат к своему седлу, тогда на него действует сила, равная

$$\left(\frac{\pi}{4} \frac{1,5^2}{4} - \frac{\pi}{4} \frac{1,2^2}{4} \right) 13 = (1,767 - 1,131) \cdot 13 = 0,636 \cdot 13 = 8,268 = 8,3 \text{ кг.}$$

Сила, которую должен дать поплавок 11 для того, чтобы открыть клапан 14, будет меньше силы по клапану 14 в отношении плеч рычагов (фиг. 268), т. е. она будет иметь следующую величину:

$$8,3 \frac{80}{400} = \frac{8,3}{5} = 1,66 \text{ кг}$$

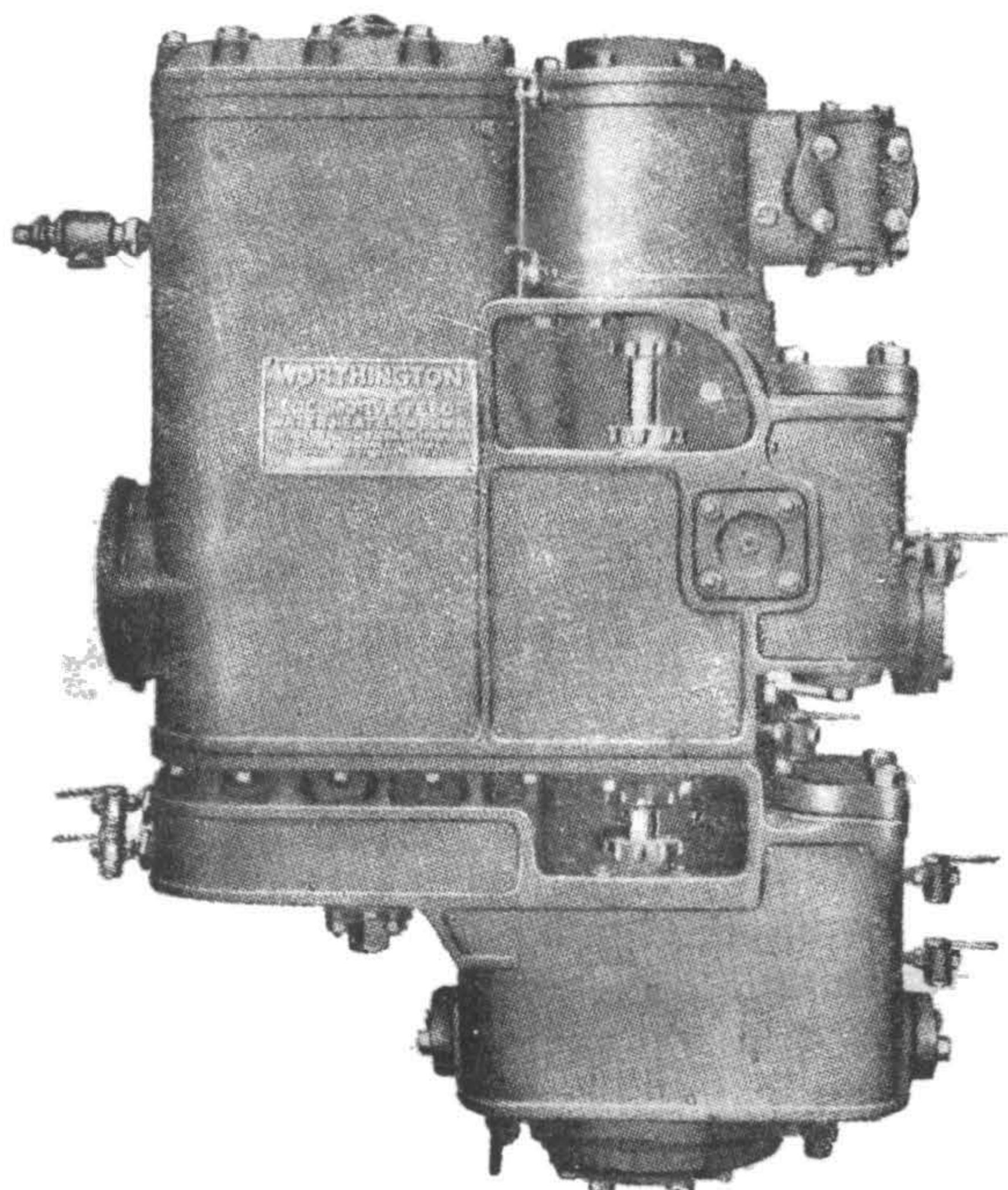
Так как диаметр поплавка 11 равен 200 мм, то для получения такой силы поплавок должен утонуть (или иначе уровень воды повысится) на величину X , определяемую из уравнения:

$$1,66 = \frac{\pi}{4} \frac{20^2}{4} X \cdot \frac{1}{1000}.$$

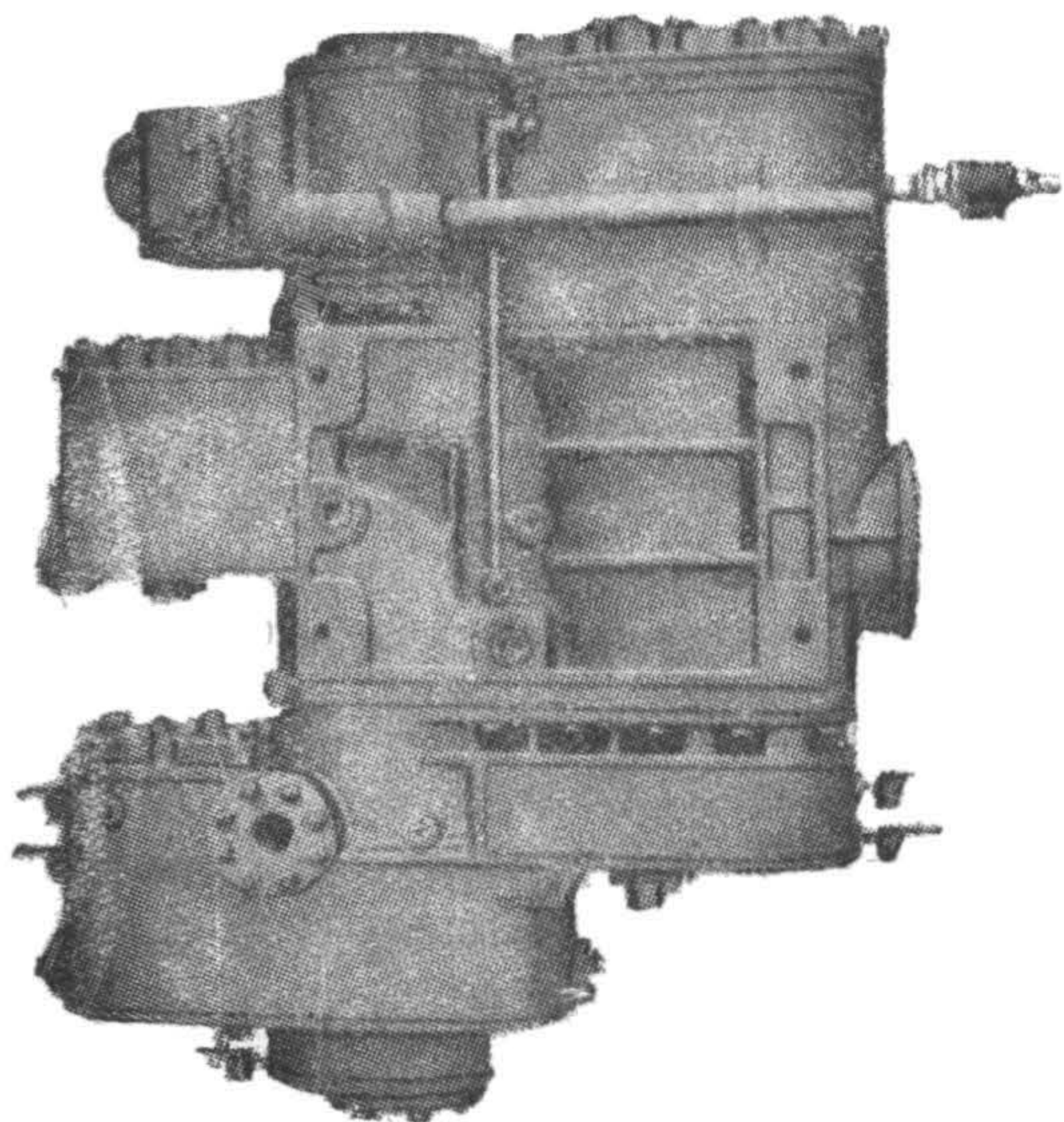
Откуда

$$X = \frac{1,66 \cdot 1000}{\frac{\pi}{4} \frac{20^2}{4}} = \frac{1660}{314,16} = 5,28 \text{ см} = 53 \text{ мм.}$$

водоподогреватель Вортингтон на 50 паровозах 0—4—0 V^E, имеет совершенно одинаковое устройство с тем, которое имеет механизм Вестингауза, примененный также и в других системах водоподогревателей. Механизм же, изображенный на фиг. 271, 272 и 273, отличается по своему устройству и



Фиг. 271. Корпус водоподогревателя Вортингтон.



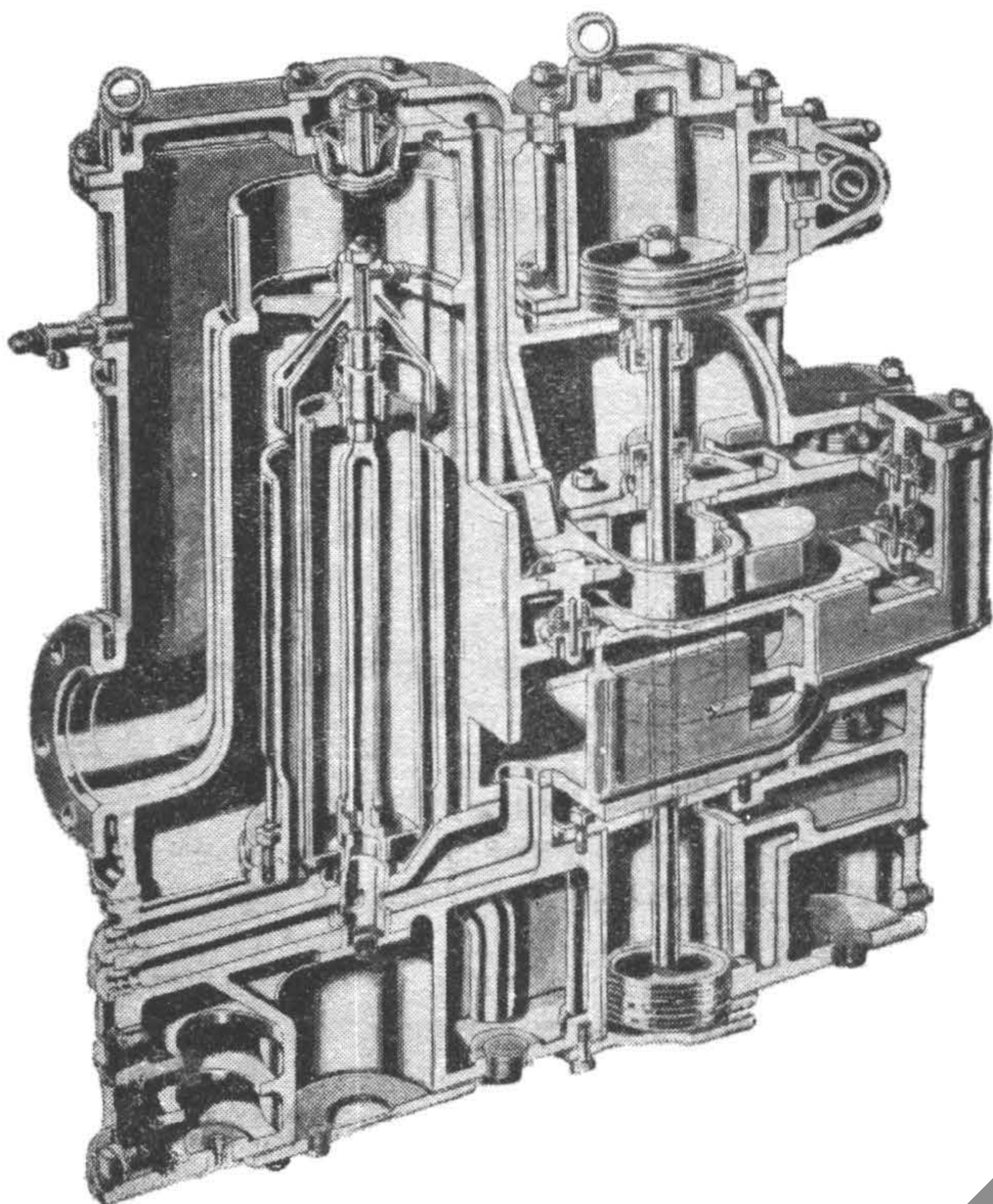
Фиг. 272. Тоже Вид сзади.

представляет подлинную модель Вортингтона. Расположен он сбоку у парового цилиндра и имеет горизонтальный золотник (фиг. 274 и 275).

Парораспределение действует исключительно паром. Парораспределительный механизм имеет только четыре движущих части (фиг. 274, 275), а именно: главный золотник 1, вспомогательный поршень 2 и два вспомогательных золотника 3 и 4, которые производят впуск и выпуск пара в камеры с правой и левой стороны вспомогательного поршня 2.

Главный золотник 1, передвигаемый вспомогательным поршнем 2, управляет впуском свежего пара в паровой цилиндр и выпуском из него отработанного пара.

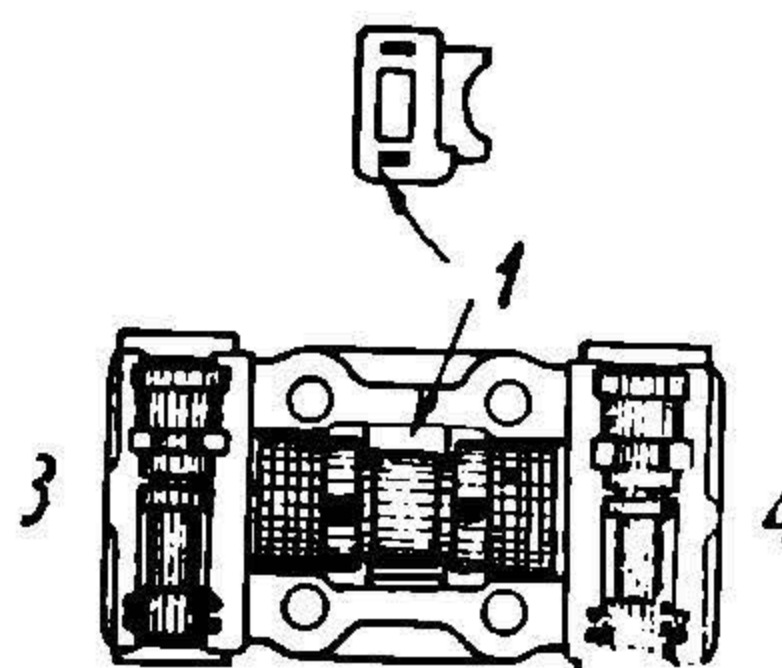
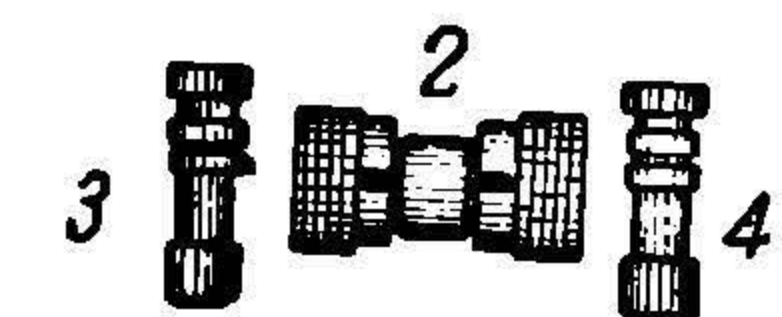
При конце своего хода вниз, паровой поршень сообщает со свежим паром два отверстия в нижней части цилиндра, соединенных с правым вспомогательным золотником 4, который поднимается. Поднимаясь, этот вспомогательный золотник 4 сообщает камеру с правой стороны вспомогательного поршня 2 с атмосферой. Так как камера с левой стороны вспомогательного поршня находится под давлением свежего



Фиг. 273. Корпус водоподогревателя в разрезе.

паровой поршень сообщает со свежим паром два отверстия в нижней части цилиндра, соединенных с правым вспомогательным золотником 4, который поднимается. Поднимаясь, этот вспомогательный золотник 4 сообщает камеру с правой стороны вспомогательного поршня 2 с атмосферой. Так как камера с левой стороны вспомогательного поршня находится под давлением свежего

пара, то вспомогательный поршень 2 и соединенный с ним главный золотник 1 передвигаются вправо, сообщая верхнюю часть парового цилиндра с атмосферой, а нижнюю — со свежим паром, и производят перемену направления хода поршня.

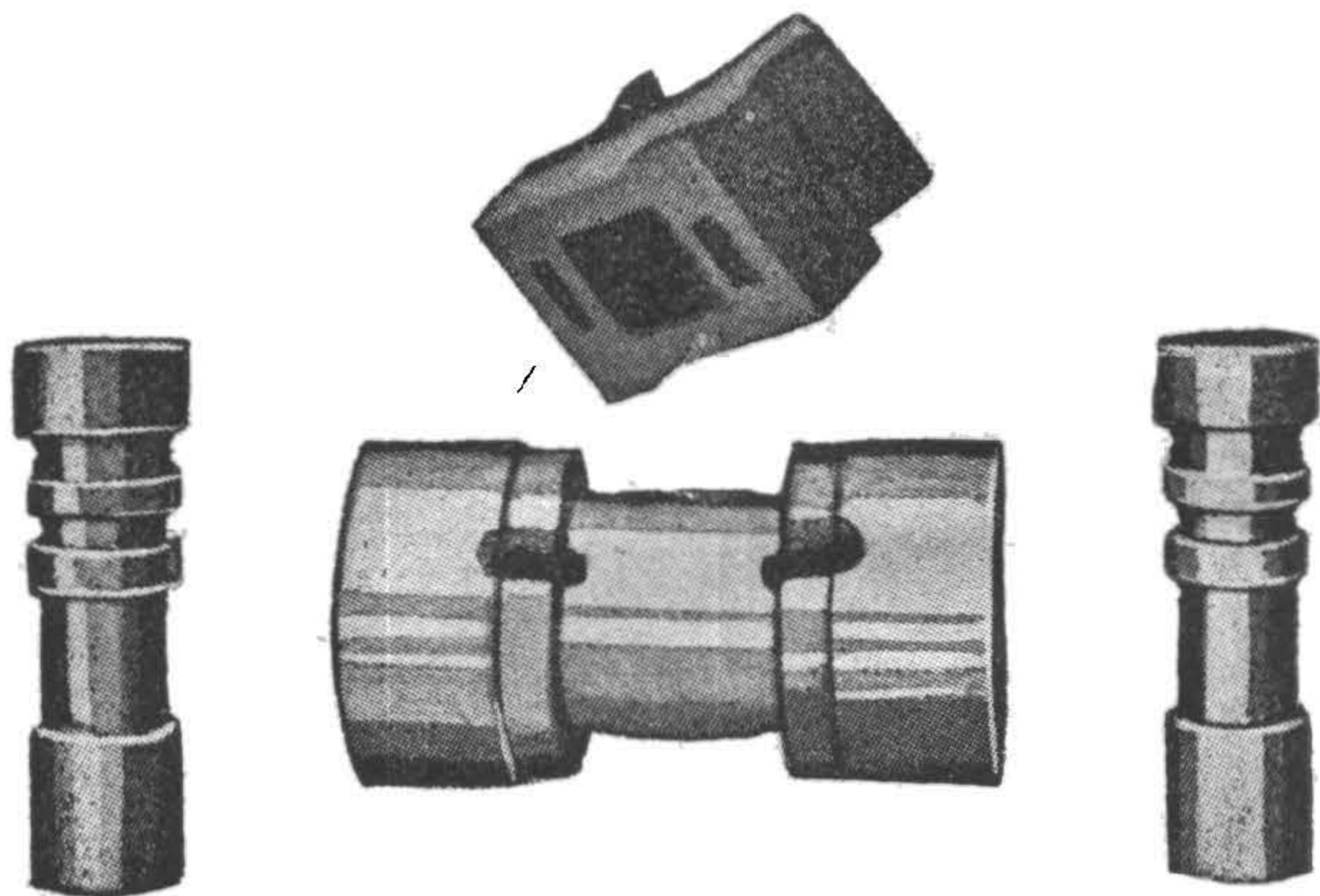


Фиг. 274. Парораспределительный механизм.

При конце хода вправо главного золотника 1, вспомогательный золотник 4 принимает свое прежнее положение, затем при конце хода парового поршня вверх сообщаются со свежим паром два отверстия в верхней части цилиндра, соединенные с левым вспомогательным золотником 3, который поднимается и также производит перемену направления хода парового поршня и т. д.

Мятый пар поступает к камере смешения через фланец А. Питательная вода из тендера присасывается к фланцу Б под всасывающие клапаны 11 насоса холодной воды. Через фланец В подогретая вода уходит к питательной коробке и далее поступает в котел.

Вода, подаваемая насосом холодной воды, поступает по трубе 17 вверх и далее подходит к разбрызгивающему клапану 14, имеющему подъем 3 мм, подвешенному на пружине. Своим давлением вода отжимает клапан вниз, сжимая пружину, и разбрызгивается во внутреннюю полость Г камеры смешения, куда протекает и мятый пар. После конденсации пара и подогрева вода стекает вниз и забирается нижним цилиндром для подачи в котел. При переполнении камеры смешения, вода сверху (через окна Д в поплавке 11) наполняет пустотелый поплавок 11, находящийся до этого момента в верхнем (вследствие всплывания) положении, отчего поплавок тонет, опускаясь вниз, вдоль направляющей втулки 12. При нижнем положении поплавок во втулке 12 открываются окна Е и вода течет по пустотелой втулке 12 вниз и через окна Ж вступает под возвратный клапан 15, который при этом открывается и дает доступ избытку воды к всасывающим клапанам цилиндра холодной воды. Вследствие этого приток новой порции воды из тендера прекращается. Как только вся вода из внутренней полости поплавка будет откачана, поплавок снова всплывает вверх и клапаны Е и Ж закрываются. Подогретая вода, выкачанная из поплавка верхним цилиндром, вторично поступает к разбрызгивающему клапану 14 и снова смешивается с паром, почему подогрев еще более усиливается. Во время откачки воды из поплавка верхним цилиндром нижний цилиндр откачивает подогретую воду из камеры смешения, снижая ее уровень до нормального.



Фиг. 275. Парораспределительный механизм.

Действие поплавка водоподогревателя Вортингтон значительно надежнее действия поплавка „Красного Путиловца“. Вместе с этим вторичный подвод воды в камеру смешения значительно усиливает подогрев, который легко достигает 100—105°, чего водоподогреватель „Красный Путиловец“ почти никогда не дает.

27. ЛУБРИКАТОР ДЕТРОЙТ

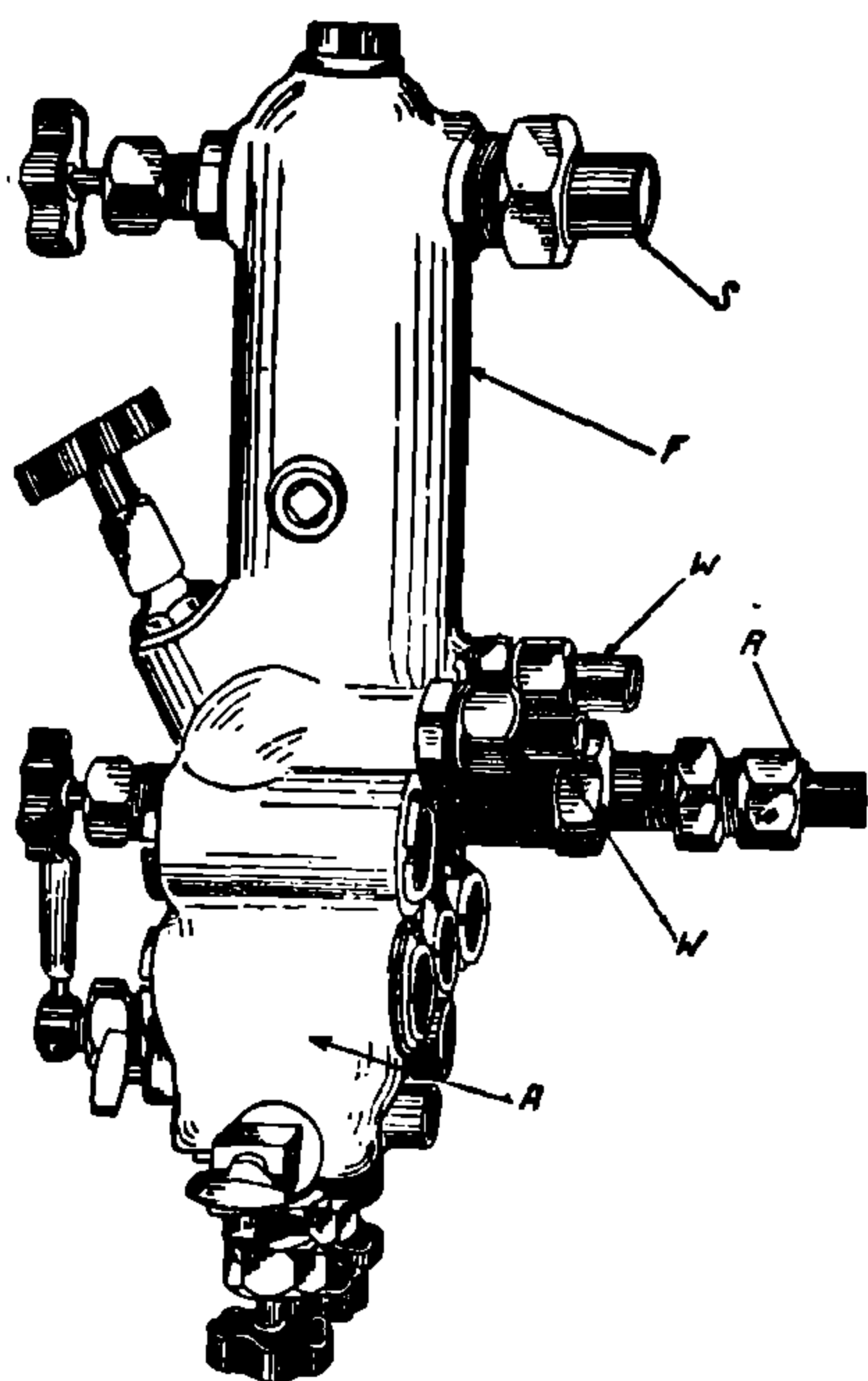
Во всех вспомогательных устройствах котла и паровоза в целом, имеющих поршневые машины с золотниковым парораспределением, как стокер, пневматический насос, насосы водоподогревателей и пр., поршни и золотники смазываются лубрикаторами, из которых на мощных паровозах наиболее распространенными являются лубрикаторы Детройт.

Принцип действия этих лубрикаторов — гидростатический и заключается в том, что столб воды давит на масло в резервуаре лубрикатора и заставляет это масло проходить через один или несколько клапанов для регулировки подачи масла, а от них к месту смазки.

На фиг. 276, 277, 278, 279 и 280 представлены общие виды и схематический разрез лубрикатора Детройт.

Пар из котла, при полном котловом давлении, поступает в лубрикатор через отверстие *S* и конденсируется. Образующаяся вода заполняет конденсатор до точки *M*. Конденсатор соединяется с масляным резервуаром каналом *H*. Когда водопитательный клапан *D* открыт, вода поступает в масляный резервуар и заполняет пространство, не занятое маслом. В силу меньшего

удельного веса, масло в резервуаре располагается над водой. Вес столба воды, измеряемого от точки *M* до точки *N* и составляющего несколько граммов на $см^2$, давит на масло в резервуаре и подает его, как указано на чертеже, сначала в масляный канал *J*, затем к клапану для регулировки подачи масла, а из него, капля за каплей, в каплеуказательную камеру. Эта камера всегда заполнена водой, получающейся вследствие конденсации пара, поступающего из уравнивающего канала *K*. Капли масла всплывают поверх воды у точки *I*, захватываются паром, текущим из уравнивающего канала, и подаются в трубки для подачи

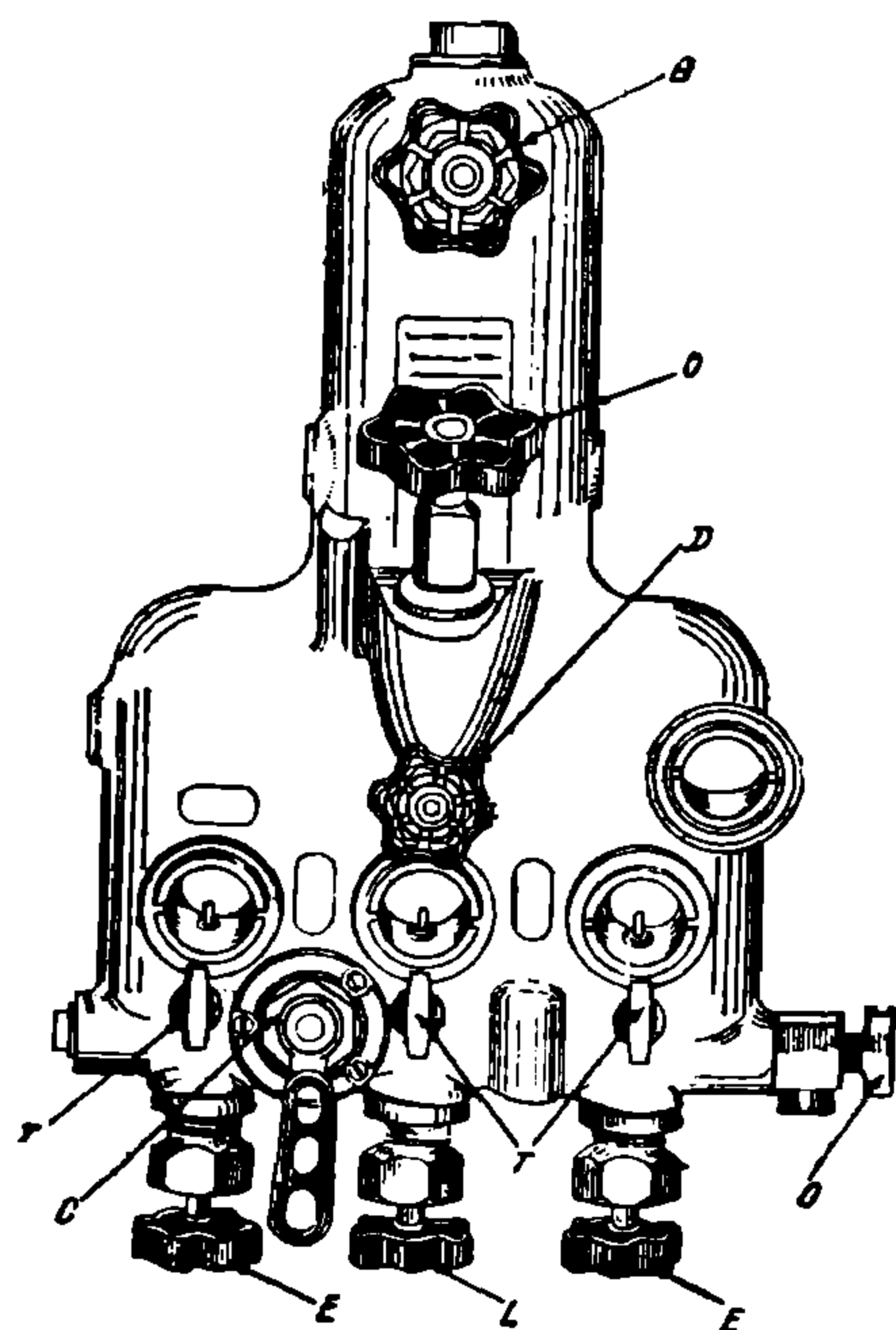


Фиг. 277. Боковой вид лубрикатора Детройт.

масла, а оттуда к месту смазки.

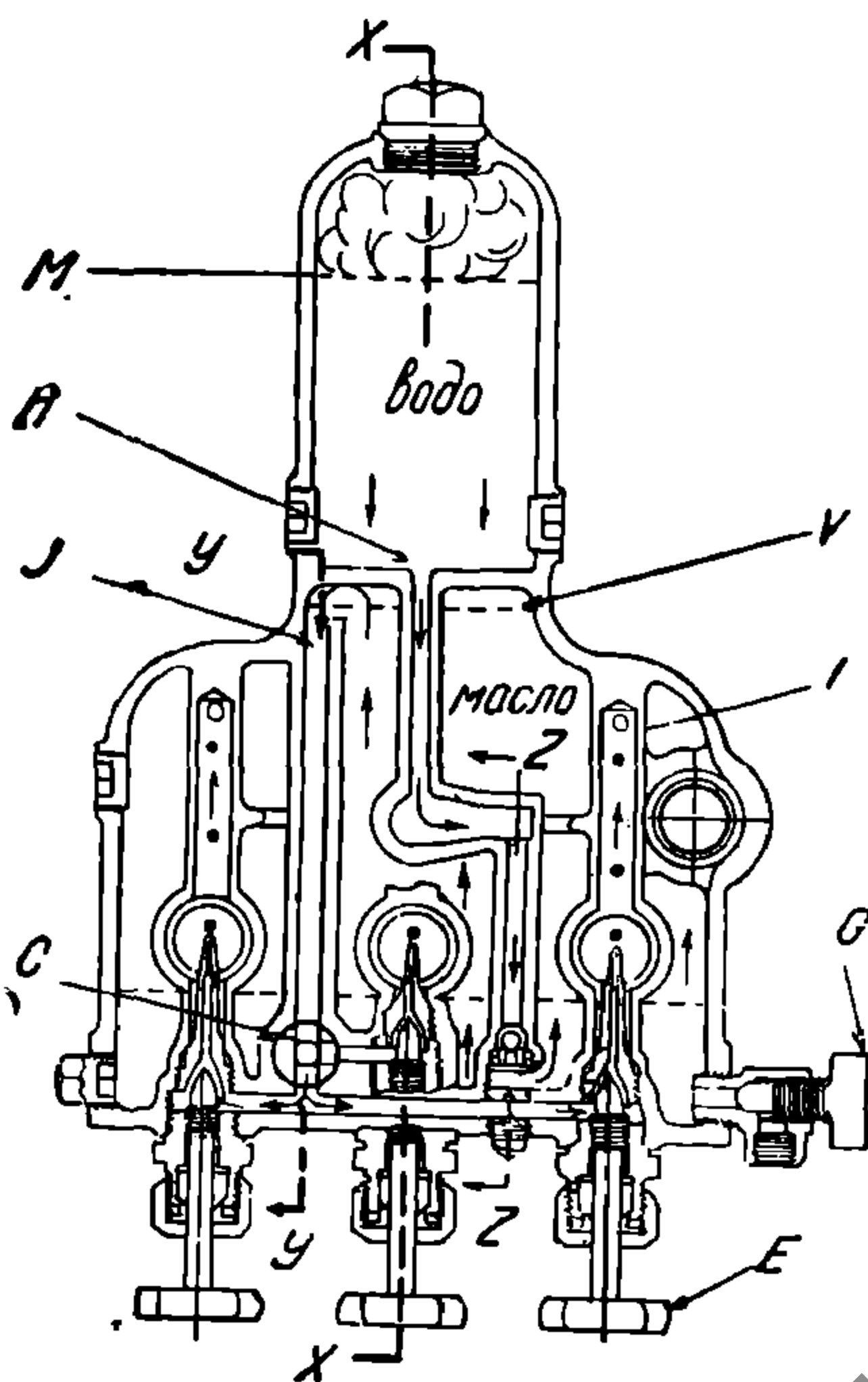
Особенно важно заметить, что котловое давление не оказывает никакого влияния на действие лубрикатора, так как благодаря уравнивающему каналу *K* давление пара при входе в лубрикатор и при выходе из него, т. е. при *S* и при *I*, одинаково. Как пояснено выше, причина, заставляющая лубрикатор подавать масло, есть вес столба воды, измеряемого от точки *M* до точки *N*, который производит давление на масло.

Пар из котла поступает по трубке *S* в конденсатор, где он конденсируется. Уровень воды в конденсаторе постоянно поддерживается на высоте точки *M*, так как количество конденсируемой воды более чем достаточно, чтобы возместить расход воды из конденсатора, т. е. ту воду, которая по каналу *H* поступает в масляный резервуар, взамен масла, израсходованного на смазку. Избыток конденсата стекает



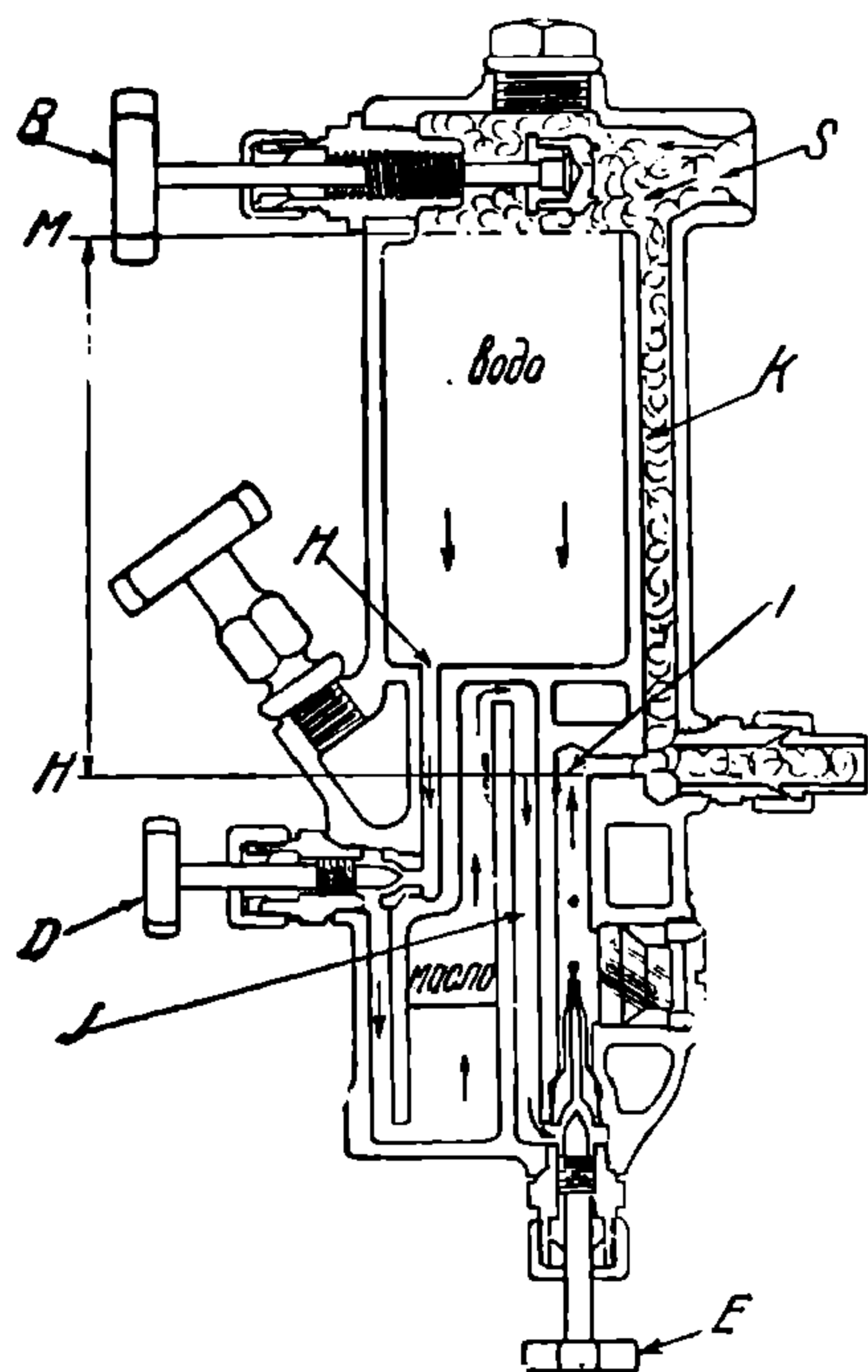
Фиг. 276. Лубрикатор Детройт.

масла, а оттуда к месту смазки. Эта камера всегда заполнена водой, получающейся вследствие конденсации пара, поступающего из уравнивающего канала *K*. Капли масла всплывают поверх воды у точки *I*, захватываются паром, текущим из уравнивающего канала, и подаются в трубки для подачи



Фиг. 278. Схема лубрикатора.

у точки *M* и уносится вместе с паром через уравновешивающий канал *K*. Поступление воды по каналу *H* контролируется водопитательным клапаном *D*. Из канала *H* вода поступает в нижнюю часть масляного резервуара и поднимает в нем масло. Как пояснено выше, масло подается по каналу *J* к масловыпускному клапану *C*.



Фиг. 279. Схема лубрикатора.

Пройдя масловыпускной клапан, масло по горизонтальным каналам, соединенным с каналом *J*, поступает к питательным клапанам *E*, установкой которых регулируется степень подачи масла.

Масловыпускной клапан представляет собою обыкновенный трехходовой кран, при первом положении которого (фиг. 281) канал *J* соединяется с горизонтальным каналом, ведущим ко всем питательным клапанам.

При втором положении масловыпускного клапана канал *J* соединяется только с горизонтальным каналом, ведущим к питательному клапану для смазки пневматического насоса, сообщение же с горизонтальным каналом, ведущим к прочим питательным клапанам, перекрыто. Таким образом, при втором положении масловыпускного клапана масло подается только пневматическому насосу.

При третьем положении масловыпускного клапана сообщение канала *J* с обоими горизонтальными каналами перекрыто, т. е. подача масла прекращена.

При промежуточном положении масловыпускного клапана, между положениями 1 и 2,

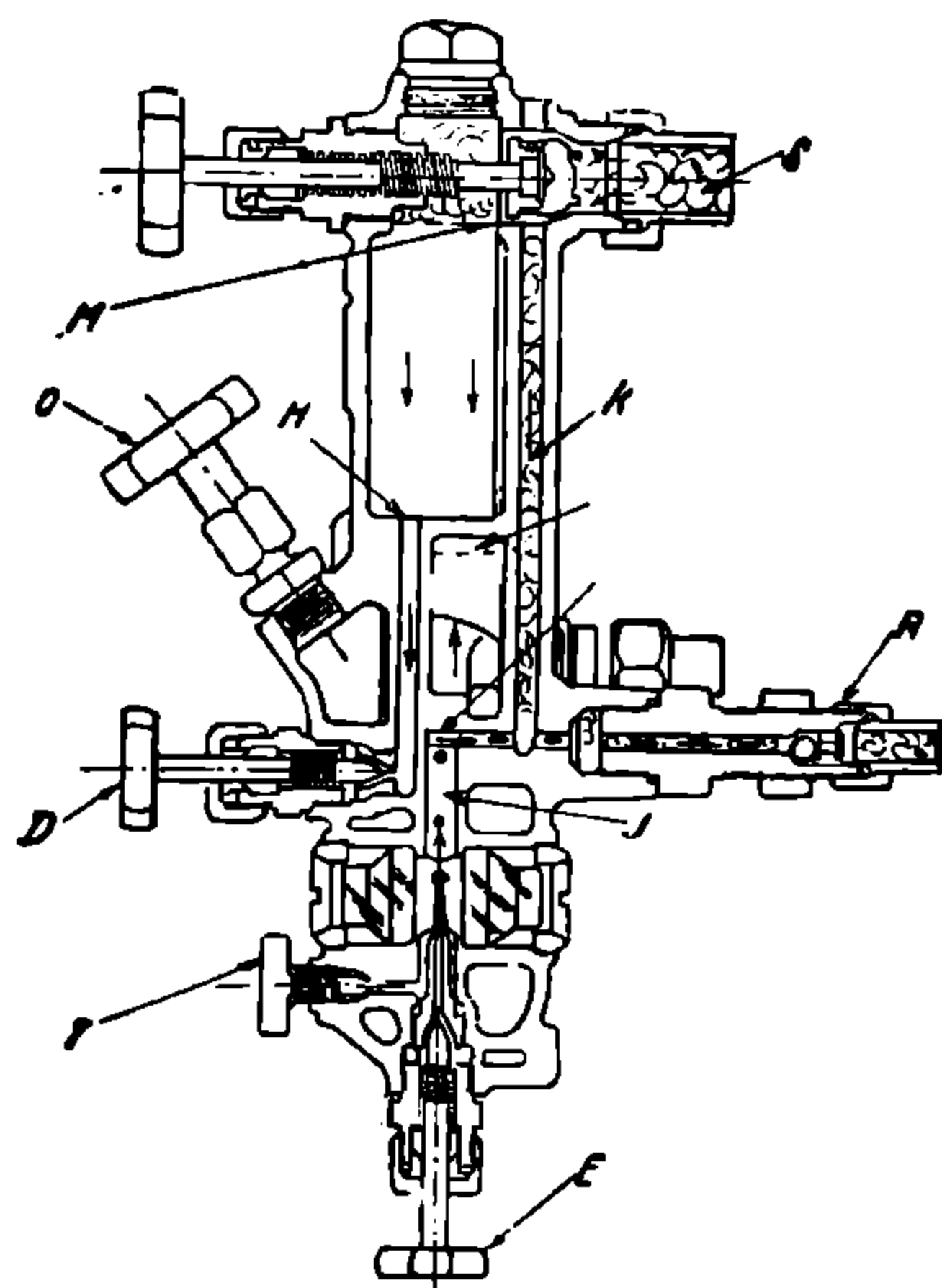
масло подается ко всем питательным клапанам в уменьшенном количестве, так как соединяющиеся каналы несколько прикрыты.

Оставив сопло питательного клапана, капли масла всплывают вверх через воду, заполняющую каплеуказательную камеру. Когда капли масла достигнут точки *I*, т. е. всплывут на поверхность воды, они захватываются паром, притекающим через уравновешивающий канал, и пар увлекает их из лубрикатора в маслопроводные трубки к месту смазки. В конце маслопроводных трубок ставятся пробки с отверстием, диаметр которого 1,5 мм, называемые золотниковыми пробками; через отверстия этих пробок смесь пара и масла подается к месту смазки.

Таким образом, в уравновешивающем канале и маслопроводных трубках из золотниковых пробок поддерживается полное котловое давление и, благодаря отверстиям в этих пробках, устанавливается непрерывное течение пара через маслопроводные трубки к местам смазки, который увлекает масло и обеспечивает непрерывную смазку.

Маслопроводная трубка, ведущая к пневматическому насосу, снабжается пробкой не в конце ее, а в начале, т. е. у лубрикатора. Эта пробка снабжается шариком, играющим роль автоматического запора (фиг. 283).

На чертежах показан лубрикатор с тремя питательными отверстиями, но принцип действия одинаков для лубрикаторов всех размеров; изменяется только число питательных клапанов в зависимости от числа мест смазки.



Фиг. 280. Схема лубрикатора.

Стекла в камере, где образуются капли масла, позволяют наблюдать образование и подачу масляных капель, почему эта камера и называется каплеуказательной камерой.

Спускные клапаны *T* служат для продувки и очистки каплеуказательных камер, а спускной кран *q* производит продувку масляного резервуара лубрикатора, для очистки его от грязи и осадков.

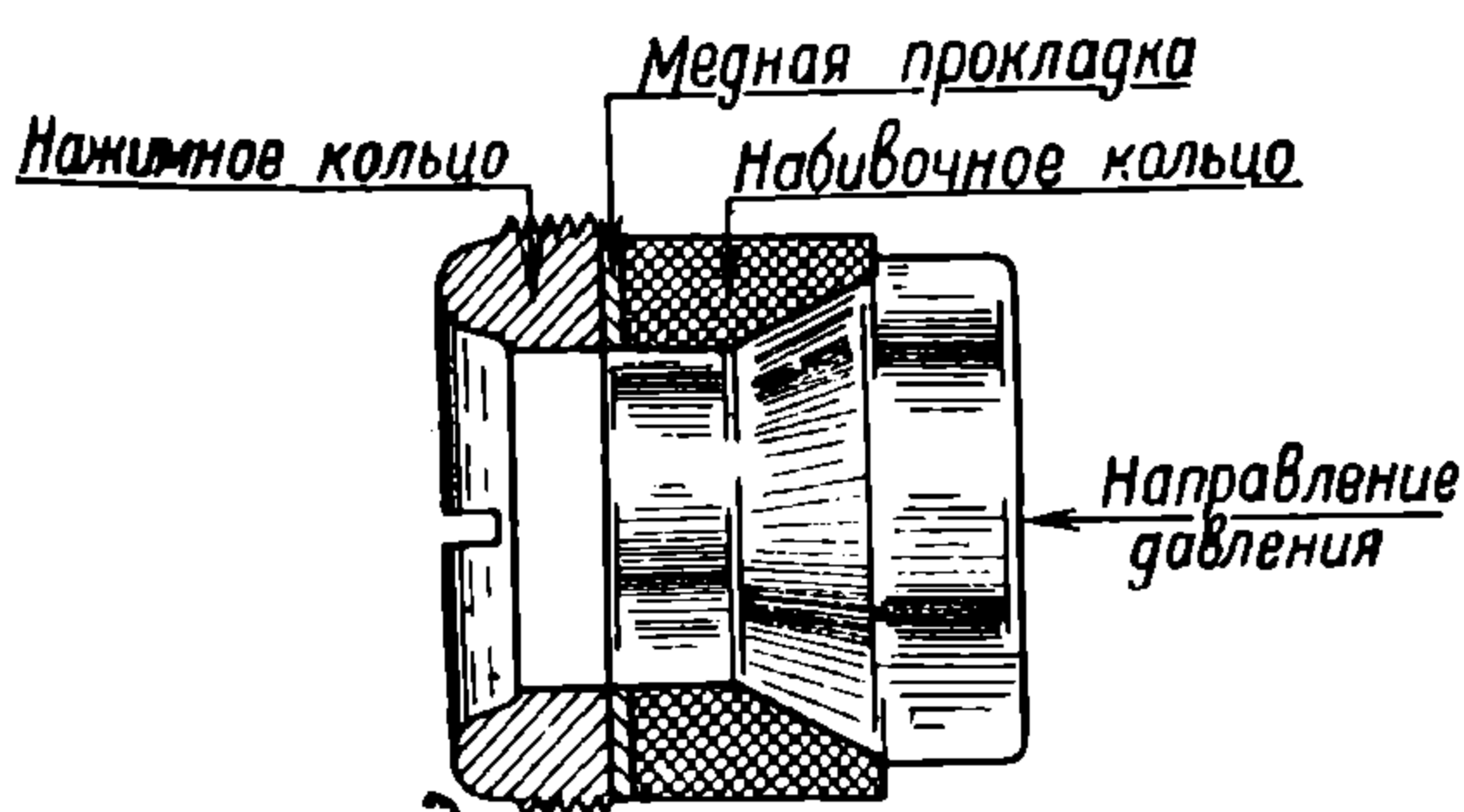
Буквой *V* на фиг. 278 обозначено воздушное пространство в масляном резервуаре, позволяющее маслу расширяться при нагревании.

Фиг. 284 показывает комплектную золотниковую пробку в разрезе. Как уже упомянуто, эти пробки ставятся в конце маслопроводных трубок, у места смазки.

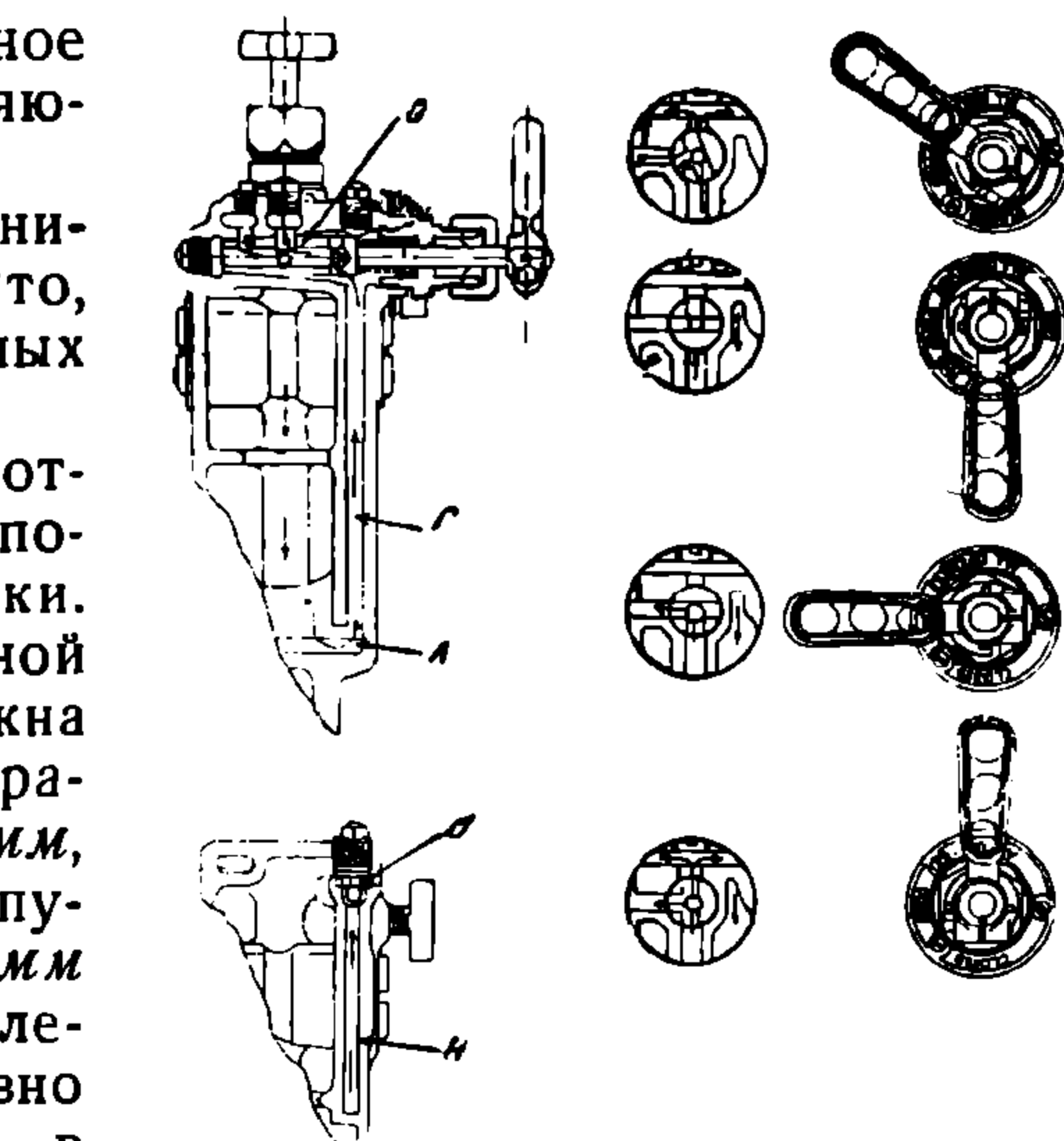
Часть *A*, или собственно пробка, имеет отверстие диаметром 1,5 мм, через которое и подается смесь пара и масла к месту смазки. Когда это отверстие разработается с одной стороны до диаметра 2,25 мм, пробка должна быть перевернута; когда же отверстие разработается с обеих сторон до диаметра 2,25 мм, пробка должна быть заменена новой. Допускать разработку отверстий более 2,25 мм нельзя, так как при большем отверстии давление в маслопроводных трубках не будет равно котловому давлению, а будет колебаться в зависимости от изменения давления пара в местах подачи смазки, что, в свою очередь, повлечет неравномерную подачу смазки лубрикатором. Таким образом, исправное состояние золотниковых пробок имеет важное значение для правильной работы лубрикатора. Клапан *B* служит для продувания пробки, с целью удостовериться, что ее отверстие или маслопроводные трубки не засорились.

На фиг. 283 изображена в разрезе пробка маслопроводной трубки к тормозному насосу. Пробка эта ставится у лубрикатора и снабжена шариком, назначение которого пояснено выше.

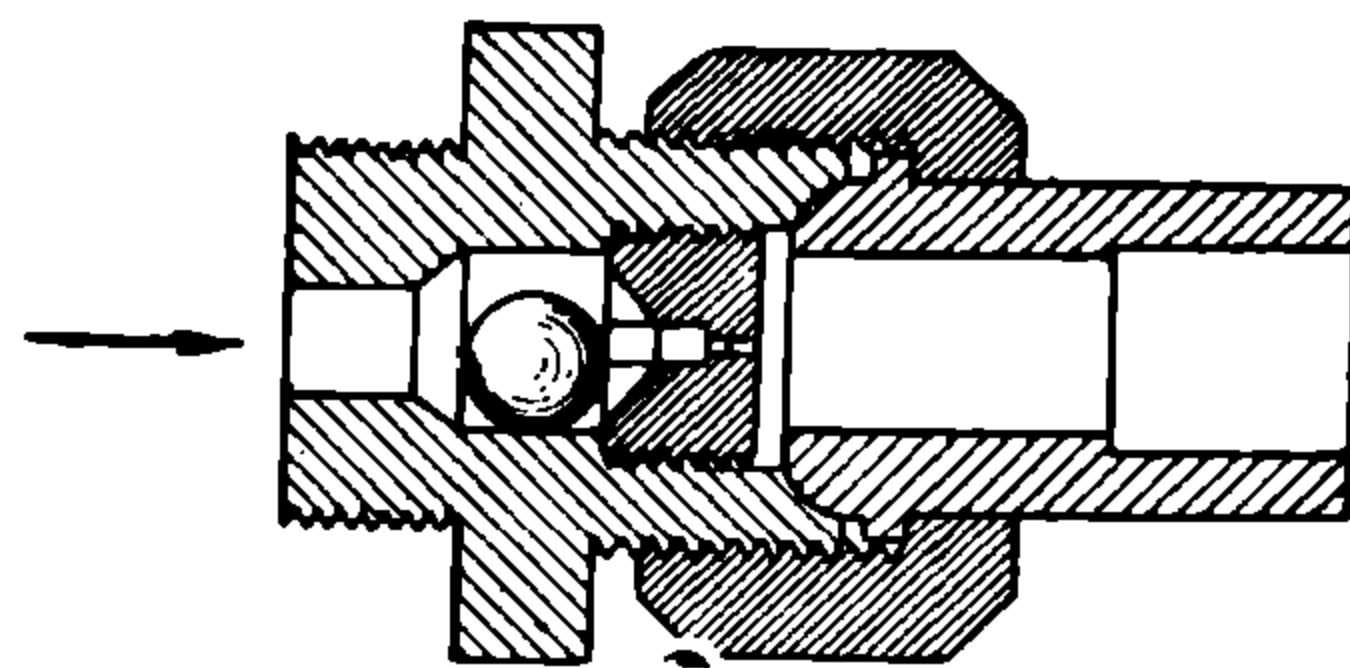
Маслопроводные трубки должны быть уложены с равномерным уклоном от лубрикатора к месту смазки; уклон этот должен быть не менее 0,05 чтобы



Фиг. 282. Каплеуказательное стекло.



Фиг. 281. Позиции масловыпускного клапана.



Фиг. 283. Пробка к воздушному насосу.

на наиболее крутых подъемах все же сохранялся наклон трубок к месту смазки. Маслопроводные трубки должны быть уложены под обшивкой котла или же хорошо изолированы, во избежание их промерзания на стоянках в холодную погоду, что влечет забивку трубок сгустившимся маслом.

Действие лубрикатора следующее. При пополнении лубрикатора маслом надо сперва закрыть масловыпускной клапан *C*, водопитательный клапан *D* и паровой клапан *B*. После открывается спускной кран *G* и слегка отвинчивается пробка наполнительного отверстия *O*. Когда прибор опорожнится от воды и из спускного крана *G* покажется масло, следует закрыть

спускной кран *G*, снять пробку наполнительного отверстия *O*, заполнить прибор чистым цилиндрическим маслом и затем закрыть наполнительное отверстие.

Масляный резервуар лубрикатора следует наполнять до верха, чтобы вытеснить из него лишний воздух, и если нехватит масла, то следует долить воды. Это необходимо, чтобы при пуске лубрикатора в ход не было значительного расхода воды из конденсатора и понижения в нем ее уровня.

Лубрикатор следует приводить в действие приблизительно за 15 минут перед отправлением. Сначала следует вполне открыть паровой клапан на котле, подающий пар к лубрикатору, затем вполне открыть паровой клапан *B* наверху конденсатора и держать этот клапан вполне открытым все время, пока лубрикатор находится в действии.

Выждав время, пока конденсатор и каплеуказательные камеры заполнятся водой, следует вполне открыть водопитательный клапан *D*, повернув его рукоятку на три оборота, затем следует открыть масловыпускной клапан *C* и урегулировать подачу масла к паровым цилиндрам и воздушному насосу помощью клапанов *E* и *J*.

Клапаны *E* и *J*, служащие для регулировки подачи масла, следует установить на наибольшее количество капель, требующееся для наиболее тяжелой работы смазываемых устройств.

Масловыпускной клапан (фиг. 281) представляет собою обыкновенный трехходовой кран, помещенный в канале между резервуаром для масла и питательными клапанами. Он дает возможность машинисту моментально открыть подачу масла лубрикатором, уменьшить ее или совершенно прекратить, не изменяя при этом установки питательных клапанов, регулирующих подачу масла. Этот клапан имеет три позиций, обозначенные на шайбе, а именно:

1) Все открыто (рукоятка направлена вертикально вниз).

В этом положении канал из резервуара для масла соединен с каналом ко всем регулирующим клапанам *E* и *L*, и масло подается через каплеуказатели ко всем питательным отверстиям в том количестве, на которое установлены регулирующие клапаны.

2) Насос (рукоятка направлена горизонтально вправо).

В этом положении канал из резервуара для масла соединен только с каналом к клапану *L*, подающему масло к воздушному насосу (для лубрикаторов с шестью и более питательными отверстиями в этом положении масло подается и к прочим вспомогательным приборам, например, подогревателю, стокеру и пр.).

3) Закрыто (рукоятка направлена вертикально вверх).

В этом положении все каналы перекрыты, и подача масла ко всем питательным отверстиям прекращена.

При промежуточном положении рукоятки крана между первой и второй позициями все каналы более или менее прикрываются, и масло подается ко всем питательным отверстиям в соответственно уменьшенном количестве.

При кратковременных остановках закрывается только масловыпускной клапан *C*. При остановках на конечных станциях закрывается сначала масловыпускной клапан *C*, затем водопитательный клапан *D* и, наконец, паровой клапан *B*.

Для паровозов с пароперегревателями рекомендуется, при остановках на конечных станциях, закрывать масловыпускной клапан *C* и водопитательный клапан *D* по крайней мере на 15 минут ранее закрытия парового клапана *B*. Это дает возможность насыщенному пару очистить от масла уравновешивающий канал и маслопроводные трубки и препятствует обратному проникновению перегретого пара высокой температуры из цилиндров в каплеуказательные камеры; последнее вызывает вскипание воды в каплеуказательных камерах, причем масло, увлеченное обратно перегретым паром, дает осадки на каплеуказательных стеклах и на концах питательных сопел.

Если вода для снабжения паровозов слишком жесткая, то и вода в водоуказательных камерах насыщается солями, что влечет увеличение ее плотности, благодаря чему масло легче всплывает. В результате скорость подачи масла увеличивается, причем капли масла уменьшаются в размере. Для восстановления правильной подачи масла следует закрыть все регулирующие клапаны *E* и *L*, открыть все спускные клапаны *T* водоуказательных камер и тщательно продуть эти камеры. Затем следует дать время наполниться водоуказательным камерам

конденсатом и вновь открыть регулирующие клапаны *E* и *L*, после чего капли масла будут нормальной величины.

Уменьшение скорости подачи масла может произойти от одной из следующих причин:

1) Недостаток конденсата вследствие малого открытия, вопреки инструкциям, парового клапана на котле или на лубрикаторе. Это может также произойти от недостаточного диаметра паропроводной трубки или клапана на котле. Для устранения следует держать оба клапана вполне открытыми, или, поставить паропроводную трубку или клапан на котле большего диаметра.

2) Посторонние вещества, увлекаемые из котла в конденсатор, опускаются вниз по водяному каналу и постепенно скопляются под водопитательным клапаном *D* или иногда над шарообразным клапаном. Уменьшая сечение водяного канала, они уменьшают количество воды, поступающей в масляный резервуар, благодаря чему масла вытесняется меньше, и скорость подачи масла уменьшается. Для устранения следует: закрыть масловыпускной клапан *C* и водопитательный клапан *D*; открыть спускной клапан *G* и выпустить около $\frac{1}{4}$ л воды. Затем, закрыв спускной клапан *G*, следует открыть водопитательный клапан *D*, причем вода из конденсатора под давлением пара устремится по водяному каналу с большой скоростью и очистит его, увлекая посторонние вещества в масляный резервуар, где они опускаются на дно и остаются там, пока лубрикатор не опорожнится от масла, после чего посторонние вещества удаляются путем обыкновенной продувки лубрикатора.

Если этим осадкам позволяют оставаться в канале продолжительное время, то они затвердевают, плотно прилипая к стенкам, и в этом случае водою их удалить будет нельзя, а потребуется разборка лубрикатора, причем осадки могут быть удалены сверлом или проволокой.

3) Всякие отложения или осадки в масляных каналах и около клапанов, регулирующих подачу масла, или около питательных сопел стесняют течение масла и уменьшают скорость подачи. Для устранения следует: закрыть все регулирующие клапаны, затем водопитательный клапан *D* и, наконец, паровой клапан *B*. Затем слегка приоткрыть паровой клапан *B* и открыть один регулирующий клапан. Тогда из соответствующего питательного сопла должна пойти струя масла и удалить все отложения, которые могли образоваться около этого регулирующего клапана и питательного сопла. Затем, следует очищенный регулирующий клапан закрыть и произвести описанную операцию с прочими регулирующими клапанами, после чего вновь пустить в ход лубрикатор.

Иногда во время стоянки в холодную погоду случается, что масло в каналах под регулируемыми клапанами настолько застывает, что подача его прекращается. Для устранения этого следует: закрыть все регулирующие клапаны *E* и *L* и открыть все выпускные клапаны *T* каплеуказательных камер. Это позволит пару обогреть питательные сопла и застывшее под ними масло. Затем следует закрыть выпускные клапаны *T* и, когда каплеуказательные камеры заполнятся конденсатом, снова пустить в ход лубрикатор.

При этом надо попробовать следующее:

1. Открыть и быстро закрыть выпускной клапан *T* каплеуказательной камеры засоренного сопла. Если после этого подача масла не начнется, то следует совсем открыть клапан *T* и выпустить конденсат из каплеуказательной камеры. Тогда, вследствие протекания пара через открытый выпускной клапан, давление в этой каплеуказательной камере уменьшится; это равносильно увеличению гидростатического давления и обыкновенно бывает достаточно для очистки засоренного сопла.

Если описанный прием не поможет, то попробуйте:

2. Закрыть регулирующие клапаны тех питательных сопел, которые работают исправно, а также закрыть водопитательный клапан *D*, с закрытием которого давление в резервуаре для масла остается равным полному котловому давлению. Затем следует постепенно прикрывать паровой клапан *B* до тех пор, пока перевес давления со стороны масляного резервуара будет достаточен, чтобы очистить засоренное сопло.

3. Если оба предыдущих приема не дадут желательных результатов, то необходимо произвести следующее. Сначала закройте масловыпускной клапан

С (клапаны, регулирующие подачу масла, можно не закрывать, равно как нет необходимости закрывать водопитательный клапан *D* или паровой клапан *B*). Затем надо вывинтить направляющую втулку регулирующего клапана под засоренным соплом и просунуть проволоку в отверстие сопла, чтобы поднять находящийся в нем шарик, играющий роль обратного клапана. Тогда, под давлением из каплеуказательной камеры струя воды и пара очистит засоренное сопло, выбросив наружу засоряющие осадки.

4. Если и третий способ не поможет, то нужно выключить лубрикатор, вынуть засоренное сопло и разобрать его для прочистки, отвинтив верхнюю часть от нижней. При этом следует обратить внимание, не прилегает ли плотно к верхнему седлу находящийся внутри сопла шарик. Этого не должно быть, так как верхнее седло должно только улавливать шарик, но шарик не должен закрывать отверстия в верхней части сопла. Если окажется, что шарик плотно закрывает отверстие в верхней части сопла, то следует это устранить соответственной опиловкой верхнего седла.

Для того чтобы обеспечить исправную работу лубрикатора, необходимо регулярно удалять из него грязь и посторонние вещества, попадающие в лубрикатор с паром из котла или с маслом. Для этого применяются промывка, продувка и щелочная ванна, как описано ниже.

Когда в лубрикаторе израсходовалось все масло, он находится в наилучших условиях для промывки горячей водой каналов для воды и масла, отверстий водопитательного и масловыпускного клапанов, каплеуказательных камер и питательных сопел. Для этого следует только открыть все выпускные клапаны *T* каплеуказательных камер, оставив все прочие клапаны в том положении, в котором они были, когда прекратилась подача масла. Открытие выпускных клапанов *T* уменьшит давление в каплеуказательных камерах, вследствие чего горячая вода из конденсатора и резервуара для масла будет протекать под значительным напором к питательным соплам, а через них в каплеуказательные камеры и через выпускные клапаны *T* вытекать наружу. Когда вода перестанет вытекать из питательных сопел, следует немедленно закрыть регулирующие клапаны *E* и *L*, так как это показывает, что запас воды в конденсаторе израсходован. После этого следует продуть резервуар для масла, открыв выпускной клапан *C*, после чего закрыть все клапаны, наполнить и вновь пустить лубрикатор в ход.

Для лубрикаторов, работающих с маслом для перегретого пара, следует производить такую промывку с продувкой по крайней мере, один раз в неделю.

Продувка резервуара для масла через выпускной клапан *C* и каплеуказательных камер через выпускные клапаны *T* не достаточна для очистки лубрикатора, так как при такой продувке не очищаются каналы для воды и масла, а потому необходимо для очистки лубрикатора производить промывку его горячей водой с последующей продувкой, как описано выше.

Применение щелочной ванны, требующей съемки лубрикатора с паровоза, вообще говоря, нельзя рекомендовать, так как содержание лубрикатора в надлежащей чистоте может быть достигнуто путем регулярной промывки и продувки. Однако, если лубрикатор настолько загрязнен, что требуется щелочная ванна, то нужно поступать следующим образом. Приготовляя лубрикатор к щелочной ванне, следует закрыть водопитательный клапан *D* и регулирующие клапаны *E* и *L*, после чего тщательно продуть резервуар для масла, открыв выпускной клапан *C* и введя в наполнительное отверстие гибкий рукав с наконечником, соединенный с паропроводом мастерской, и после продувки выпускной клапан закрыть. Ни в коем случае не следует вынимать из лубрикатора масловыпускной клапан *C*. Затем следует наполнить резервуар для масла чистым крепким раствором соды или поташа и закрыть наполнительное отверстие пробкой, после чего лубрикатор может быть погружен в щелочную ванну. В щелочной ванне можно держать лубрикатор не более трех часов, так как иначе неизбежно будут повреждены каплеуказательные стекла. По выемке лубрикатора из ванны следует выпустить из него щелочный раствор и затем тщательно промыть лубрикатор горячей водой и продуть паром, обратив особенное внимание на очистку каналов для масла.

Надо тщательно продуть резервуар и каплеуказательные камеры. Затем, следует наполнить резервуар для масла крепким раствором соды или поташа. Потом закрываются выпускные клапаны *T* и открываются: паровой вентиль *B*, водопитательный клапан *D*, масловыпускной клапан *C* и все регулирующие клапаны *E* и *L*. Тогда щелочной раствор будет подаваться через питательные сопла в каплеуказательные камеры. Как только эти камеры наполнятся, надо закрыть регулирующие клапаны *E* и *L*, чтобы щелочной раствор не попал в места подачи смазки. Приблизительно через три часа, но не более, выпускается раствор из лубрикатора, вывинчиваются направляющие втулки всех регулирующих клапанов *E* и *L* и лубрикатор тщательно продувают, поднимая шарики питательных сопел. Желательно также промыть лубрикатор горячей водой.

Если раз в неделю перед наполнением лубрикатора класть в резервуар для масла небольшой кусочек мыла, то это также содействует очистке каналов, стекол и стенок лубрикатора, причем следует, после израсходования масла, продолжать некоторое время питание, чтобы каплеуказательные камеры наполнились мыльной водой, после чего нужно произвести продувку лубрикатора.

Замедленное или слабое питание иногда происходит от засорения нижнего горизонтального масляного канала под питательными соплами. Если промывка горячей водой, как описано выше, не даст полной очистки этого канала, то следует применить продувку его паром, для чего поступают следующим образом. Сначала закрывают масловыпускной клапан *C*, все регулирующие клапаны *E* и *L*, водопитательный клапан *D* и паровой клапан *B*. Далее, вывинчивают направляющие втулки обоих крайних регулирующих клапанов *E* и вывинчивают эти крайние клапаны со втулками. Помощью инструмента, изображенного на фиг. 286, вывинчивают и опускают одно из крайних сопел, которое будет удобнее, не отнимая инструмента. Затем открывают паровой клапан *B*, и тогда сильная струя пара проникнет через кольцевое отверстие кругом опущенного сопла в горизонтальный канал и из него в атмосферу через отверстие на противоположном конце канала.

Неправильное питание или колебание скорости подачи масла наблюдается исключительно от разработки отверстий в золотниковых пробках. Поэтому весьма важно следить, чтобы эти отверстия, имеющие нормальный диаметр 1,5 мм, не разрабатывались свыше 2,25 мм по диаметру, и поворачивать или менять пробки при разработке их отверстий свыше указанного предела.

Если каплеуказательная камера заполняется маслом, то это служит указанием, что соответствующая золотниковая пробка засорилась и маслопроводная трубка заполнилась маслом. В этом случае следует открыть вентиль *B* (см. фиг. 279) и продуть пробку паром из лубрикатора, затем закрыть паровой клапан лубрикатора, пустить пар в цилиндры паровоза и продуть пробку в обратном направлении паром из мест подачи смазки; затем следует закрыть пар к цилиндрам, открыть паровой клапан лубрикатора и вновь продуть пробку паром из лубрикатора; тогда пробка и маслопроводная трубка будут очищены и восстановится правильная подача масла.

Если при наполнении лубрикатора, когда он выключен и все клапаны закрыты, масло будет выбрасываться из резервуара, то это может происходить от плохой пригонки к своим седлам водопитательного клапана и регулирующих клапанов или, в редких случаях, от течи через стенки резервуара или каналов для масла.

Если пропускает водопитательный клапан, то выбрасывание сопровождается журчащим звуком; если же такого звука не наблюдается, то следует обратить внимание на регулирующие клапаны. Если после притирки клапанов все же будет происходить выбрасывание масла, то следует проверить плотность стенок резервуара и каналов для масла путем специального испытания.

Когда лубрикатор находится в действии, то слишком быстрый расход масла из резервуара может происходить от неправильного питания, вследствие разработки отверстий золотниковых пробок или образования осадков на концах питательных сопел, благодаря которым увеличивается величина масляных капель, или вследствие насыщения солями воды в каплеуказательных камерах, благодаря чему масло стекает с питательных сопел в виде тонкой струи, едва

заметной наглаз. Кроме того, это может происходить и от утечки масла в каплеуказательные камеры помимо питательных сопл, через мелкие отверстия в стенках резервуара или каналов для масла, или же вследствие неплотности в резьбе питательных сопл.

При выключении дубликатора закрытие парового клапана влечет за собою немедленное падение давления в конденсаторе, уравнивающих каналах, каплеуказательных камерах и маслопроводных трубках, тогда как давление в резервуаре для масла остается прежним (т. е. равным давлению пара в котле плюс гидростатическое давление), и масло под этим давлением стремится выйти через каждое отверстие из резервуара для масла. Поэтому весьма важно при выключении лубрикатора закрывать масловыпускной и водопитательный клапаны раньше, чем паровой клапан; равно важно содержать масловыпускной и питательные клапаны в полной чистоте и исправности, обеспечивающей их плотное прилегание.

Если клапаны прилегают вполне плотно, а утечка масла из резервуара наблюдается, то следует проверить плотность стенок резервуара и каналов для масла, а также плотность резьбы питательных сопл путем нижеописанных испытаний.

1 испытание. Это испытание производится без съемки лубрикатора с паровоза и имеет целью определить, нет ли утечки масла из резервуара помимо питательных сопл.

Резервуар наполняется на $\frac{2}{3}$ маслом и на $\frac{1}{3}$ водой. Открываются паровой, водопитательный и масловыпускной клапаны и лубрикатор пускается на несколько минут в действие, чтобы проверить, что он находится в нормальных условиях. Затем закрываются регулирующие и водопитательный клапаны, благодаря чему давление в резервуарах для масла будет оставаться равным котловому давлению плюс гидростатическое. Далее, открываются выпускные клапаны *T* всех каплеуказательных камер и быстро закрывается паровой клапан *B*. Если где либо есть утечка из резервуара для масла, то масло будет протекать через неплотные места в соответствующую каплеуказательную камеру, а из нее наружу — в виде пенистой массы.

Для проверки плотности стенок, отделяющих нижний масляный канал от резервуара для масла, поступают следующим образом: сначала следует лубрикатор тщательно продуть, затем, закрыв масловыпускной клапан *C*, надо вывинтить направляющие втулки всех питательных клапанов *E* и *L* и пустить в резервуар для масла пар при полном котловом давлении, открыв водопитательный клапан и паровой клапан *B*. Если в стенках, отделяющих нижний масляный канал от резервуара, есть какое-либо отверстие, то из него будут выходить вода и пар.

2 испытание. Производится с той же целью, что и 1-ое испытание, но если лубрикатор снят с паровоза для исправления в мастерской.

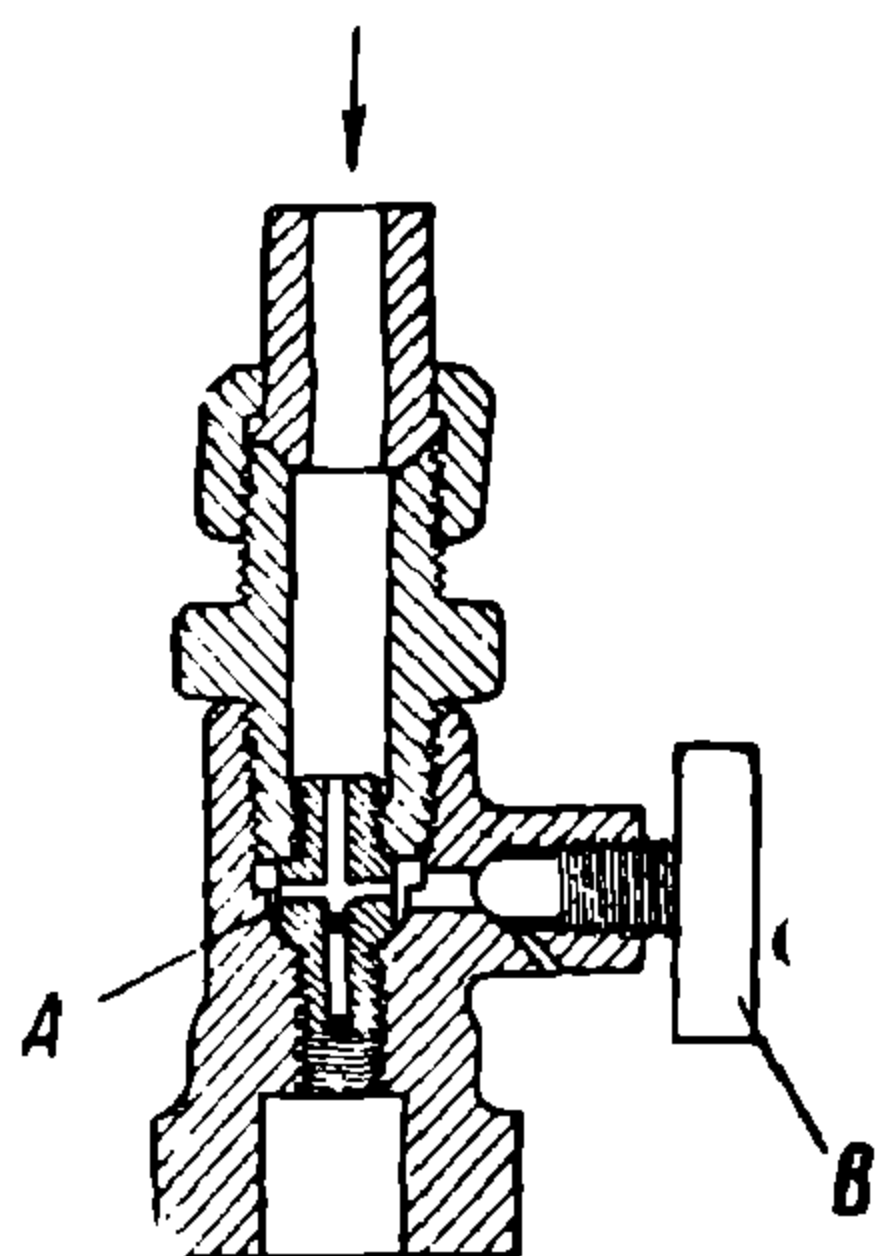
В этом случае лубрикатор тщательно очищается от масла и резервуар для масла заполняется водой, при закрытом водопитательном клапане и регулирующих клапанах. Затем через наполнительное отверстие подводится в резервуар сжатый воздух помощью гибкого рукава от воздухопровода и в дальнейшем испытание производится в том же порядке, как и испытание 1-ое.

Если при ремонте в мастерской испытывается затруднение в выемке каплеуказательных стекол из холодного лубрикатора, то следует нагреть корпус лубрикатора помощью струи горячей воды или пара. Затем следует надавить стекла внутрь, чтобы нарушить сцепление стекол с набивочными кольцами, после чего стекла легко могут быть вынуты.

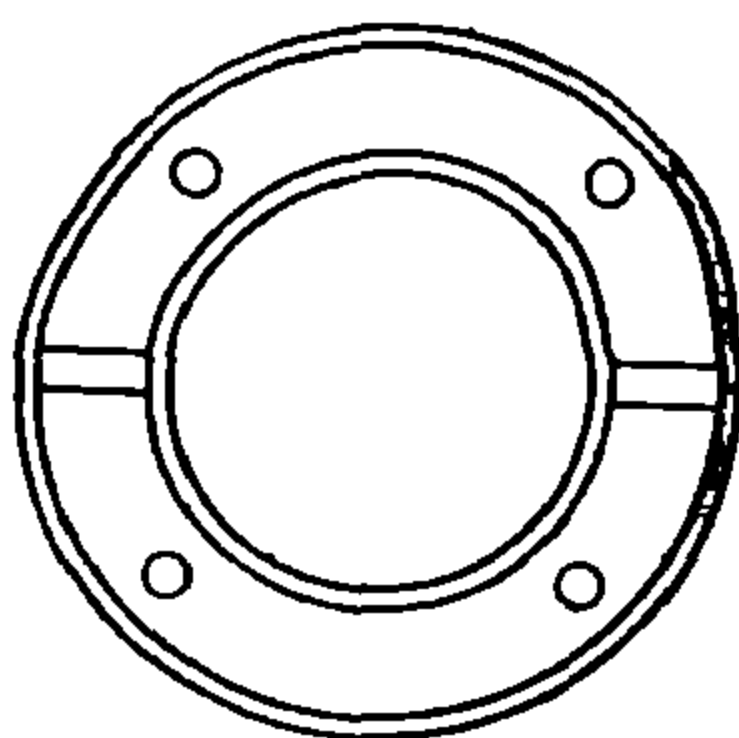
Рекомендуется перед постановкой стекол в лубрикатор покрывать поверхность набивочных колец тонким порошком графита или мыльного камня, так как это не только увеличивает плотность соединения, но и препятствует прилипанию набивочных колец к стеклу и стенкам лубрикатора, облегчая выемку стекол. Если набивочные кольца почему либо прилипли, то следует, вынув нажимное кольцо и прокладку, наставить на стекло кусочек дерева и слегка ударить по нему, чтобы нарушить сцепление между стеклом и набивочным кольцом. Затем следует на место нажимного кольца вернуть такое же кольцо, но снабженное четырьмя отверстиями диаметром 3 мм (фиг. 284). В эти отвер-

ствия следует вогнать четыре небольших острых гвоздя и вбить их в набивочное кольцо. Затем следует вывертывать кольцо с отверстиями и после повернуть набивочное кольцо, нарушив его сцепление со стеклом и стенками лубрикатора, после чего набивочное кольцо легко может быть вынуто.

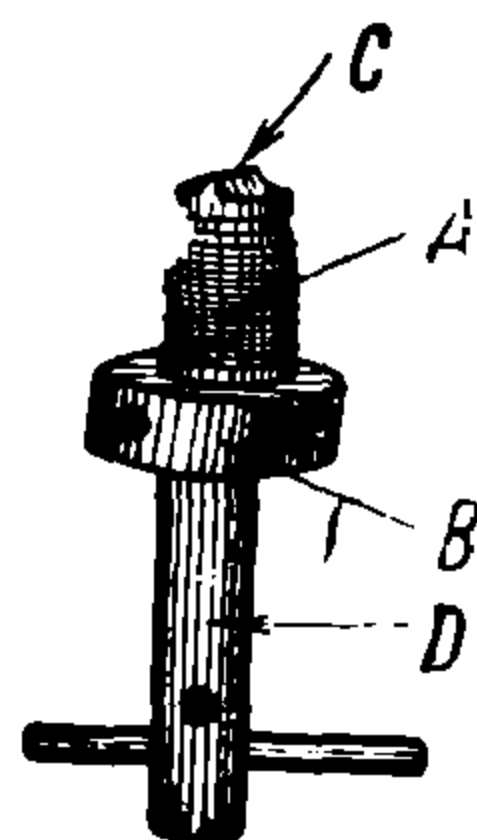
Так как набивочное кольцо изготавливается из твердого материала, то забивка гвоздей их не портит, и они могут служить после этого так же исправно, как и новые.



Фиг. 284. Золотниковая пробка.



Фиг. 285. Кольцо для выемки стекол.



Фиг. 286. Инструмент для выемки питательных сопл.

Для подстановки каплеуказательных стекол (фиг. 285), нажимное кольцо следует завинчивать лишь настолько, насколько это требуется, чтобы не было течи при холодном лубрикаторе. Когда лубрикатор под давлением, то прилегание стекол автоматически уплотняется, что ясно из фиг. 282. Конусообразная форма и большие размеры поверхностей прилегания стекла и набивочного кольца обеспечивают плотность соединения при очень легком нажатии нажимного кольца, благодаря чему сохраняется эластичность набивочного кольца, и стекло может свободно расширяться от нагревания.

Ни в коем случае не следует ставить прокладки между широким концом стекла и металлическим заплечиком лубрикатора, на который опирается стекло, так как когда лубрикатор под давлением, то стекло отходит от заплечика, и, следовательно, такая прокладка теряет значение.

Вынимать клапаны из их направляющих втулок обычно не требуется, набивку же клапанов вынимать вообще не следует, так как фабричная набивка почти не изнашивается и служит лучше, чем какая либо другая набивка. Если же потребуется добавить набивки, то следует применять асбест.

Выемку питательных сопл удобно производить помощью инструмента, изображенного на фиг. 286.

Вывинтите направляющие втулки регулирующих клапанов и выньте их вместе с клапанами. Ввинтите в резьбу для втулки часть А инструмента, повертывая рифленую часть В (части А и В представляют собою одно целое и служат направляющей для отвертки С, которая в них легко вращается). Затем введите острие отвертки С в прорез, имеющийся внизу питательного сопла, и повертывайте отвертку С, пока питательное сопло не будет вынуто.

НТБ
ДНУЖТ

ТАБЛИЦЫ ВЕСОВ ЧАСТЕЙ

Таблица 11

Вес частей паросушителей (комплектов)		
Паровоза	0—5—0 Э	49,5 кг.
"	1—3—1 С	51,8 "
"	1—4—2 ИС	60,2 "

Таблица 12

Вес частей регуляторов

№ п/п.	Наименование частей	Количество на 1 комплект	Материал	Вес в кг комплектов
Паровозы 1—3—0 НВ, НВ				
Площадь полного открытия — 87 см²				
1	Регуляторная головка (1)¹	1	Чл. 2	55,7
2	Колено регуляторной головки (4) .	1	Чл. 2	51,2
3	Большой золотник (2)	1	Бронза	5,8
4	Малый золотник (3)	1	Ст. 3	0,9
5	Направляющая планка большого золотника .	2	Чл. 2	3,0
6	Регуляторный вал	1	Ст. 3	82,7
7	Сегмент регулятора	1	Бронза	10,8
8	Рукоятка регулятора с рычагом	1	Ст. 3	3,6
9	Соединительная тяга	1	Ст. 3	6,0
10	Масленка регулятора (комплект)	1	Бронза	2,9
11	Прочие детали	—	—	107,9
				330,5
Паровозы 1—3—1 С				
Площадь полного открытия — 110 см²				
1	Регуляторная головка	1	Чл. 2	37,7
2	Колено регуляторной головки .	1	Стл.-2	57,3
3	Большой клапан	1	Чл. 2	7,8
4	Малый клапан	1	Ст.-2	1,2
5	Регуляторный вал	1	Ст.-3	94,2
6	Сегмент регулятора (1)	1	Чл. 2	10,2
7	Рукоятка регуляторного рычага (2)	1	Ст. 3	4,2
8	Соединительная тяга (от рукоятки к валу и от вала к клапану)	2	Ст-3	4,6
9	Поддержка регуляторного вала .	1	Чл 2	9,8
10	Прочие детали	1	—	146,3
				373,3
Паровозы 1—4—2 ИС и 1—5—1 ФД				
Площадь полного открытия — 234,8 см²				
1	Камера пароперегревателя и регуляторная головка	1	Чл. 1	8950,
2	Малый клапан (разгружающий) (2)	1	Энер. 2	1,3
3	Большой клапан с хвостовиком и стержнем (3 А) .	1	Энер. 2 Ст. 5 (хв.)	4,8
4	Тоже (3 В)	1	Энер. 2 Ст. 5 (хв.)	4,9
5	Тоже (3 С)	1	Энер. 2 Ст. 5 (хв.)	5,0
6	Тоже (3 Д)	1	Энер. 2 Ст. 5 .)	5,1
7	Селло большого клапана (5)	1	Чл. 1	3,9
8	Вал (4)	1	Ст. 5	1,1
9	Крышка клапана (2) .	1	Чл. 1	2,4
10	Крышки клапанов 3 (8)	1	Чл. 1	28,8
11	Тяга снаружи котла (две части) .	1	Ст. 2	36,9
12	Регуляторная рукоятка	1	Ст. 3	5 (прибл. вес)
13	Сегмент регуляторной рукоятки .	1	Ст. 3	10 (тоже)
14	Прочие детали	1	—	36,1
				1060,8

¹ В скобках обозначены номера деталей на соответствующих фигурах.

Вес регуляторных, паровходящих, паровыхходящих и ресиверных труб

Наименование	Количество на 1 паровоз	Диаметр мм	Материал	Вес кг комплектов
--------------	----------------------------	------------	----------	----------------------

Паровозы 1—3—0 НВ, НВ

(при модераторе Зяблова и кране Линдера)

Регуляторная (колено)	1	135/161	Чл. 1	61,2
Паровходящая	1	135 145	Ст. 3	37,3
Ресиверная (комплект. 3 часть)	1	180/188	Ст. 3	124,3
Паровыхходящая	1	200/206	Ст. 3	18,6
Колено регуляторной головки	1	—	Чл. 1	51,2
Прочие детали, фланцы и т. д.	—	—	—	226,1
				518,7

Паровозы 2—3—0 Б

Регуляторная .	1	140/152	Ст. 3	20,3
Паровходящая .	2	130/142	Ст. 3	80,1
Паровыхходящая . .	2	170/179	Ст. 3	49,2
Фланцы и другие детали	—	—	—	142,7
				226,1

Паровозы 1—3—1 С

Регуляторная .	1	150/164	Ст. 3	29,9
Паровходящая .	2	130/144	Ст. 3	97,5
Паровыхходящая	2	160/128	Ст. 3	47,9
Фланцы и прочие детали .	—	—	—	217,4
				392,7

Паровозы 0—5—0 Э

Регуляторная .	1	140/150	Ст. 3	20,1
Паровходящая .	2	130/140	Ст. 3	93,9
Паровыхходящая	2	170/180	Ст. 3	54,9
Прочие детали	—	—	—	103,5
				272,4

Вес 1 пог. м стальных труб

Диаметр внутри		120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230
Толщина стенок	3	9,3	9,9	10,5	11,5	12,1	12,9	13,6	14,4	15,1	15,8	16,4	17,1
	4	12,4	13,2	14,0	15,3	16,2	17,1	18,1	19,2	20,1	20,8	22,0	22,8
	5	15,3	16,5	17,8	18,9	20,2	21,5	22,1	24,0	25,2	26,4	27,3	28,5
	6	18,6	19,8	21,0	22,9	24,2	25,7	27,2	28,7	30,1	31,6	32,7	34,2
	7	21,5	23,2	25,0	26,7	27,9	30,2	31,8	33,6	35,1	37,2	38,3	39,8

Вес частей конусов и петикотов

№№ п/п.	Наименование частей	Количество на 1 компл.	Материал	Вес в кг комплект.
---------	---------------------	---------------------------	----------	-----------------------

Паровозы 1—3—0 НВ, Н^о

П л о щ а д ь с е ч е н и я—132,7 см²

1	Конус (при приборе Дульцца)	1	Чл. 3	70,7
2	Основание конуса	1	Чл. 3	68,4
3	Кольцо конуса	1	Чл. 3	2,0
4	Петикот (2 листа)	1	Ст. 0	18,4
5	Прочие детали	—	—	16,7
				176,1

Паровозы 1—3—1 С

П л о щ а д ь с е ч е н и я: наибольшая — 189 см²
наименьшая — 51 см² (фиг. 115)

1	Конус (1) ¹	1	Чл. 3	81,7
2	Основание конуса (2)	1	Чл. 3	56,9
3	Головка конуса (3)	1	Чл. 3	34,0
4	Кольцо конуса (4)	1	Чл. 3	9,7
5	Груша (5)	1	Чл. 3	3,3
6	Шпиндель (6)	1	Ст. 0	4,7
7	Механизм привода	1	Ст. 0	51,1
8	Прочие детали	—	—	16,6
				258,0

Паровозы 1—4—2 ИС

П л о щ а д ь с е ч е н и я: 227—242,4—261 см² (фиг. 130)

1	Колонка конуса (1)	1	Чл. 3	79,4
2	Звездчатая насадка (2)	1	Чл. 3	19,8
3	Прочие детали	—	—	10,1
				109,3

¹ В скобках обозначены номера деталей на соответствующих фигурах.

Вес частей водоподогревателей

№ п/п	Наименование деталей	Колич. на 1 па- ровоз	Материал	Вес в кг комплектов
1. Водоподогреватель системы „Красный Путиловец“				
1	Верхняя камера водоподогревателя .	1	Чл. 1	426,2
2	Нижняя камера водоподогревателя .	1		374,7
3	Крышка верхней камеры .	1		29,0
4	Паровой цилиндр	1		44,0
5	Цилиндровые крышки (комплект) .	1	Чл. 2	56,0
6	Поршни со скалкой (комплект) .	1	{ Ст. 3 Ст. 1	42,1
7	Поплавок с механизмом (комплект) .	1	{ Кр. мед. Ст. 3	23,2
8	Клапаны всасывающие, нагнетат. и возвратный (комплект) .	1	Бр. 1	31,0
				1 028,2
9	Питательная коробка с клапанами (комплект) .	1	{ Чл. 1 Бр. 1	31,4
10	Обратный клапан (комплект) .	1	Чл. 2	100,2
11	Маслоотделитель	1	Чл. 3	55,8
12	Кронштейны водоподогревателя и обратного клапана (комплект)	1	Ст. 1	93,7
13	Труба мягкого пара .	1	Ст. 2	20,3
14	Арматура и пр. детали	—	—	527,3
Вес всего водоподогревателя. .				1 856,9
2. Водоподогреватель сист. Кнорра				
1	Барабан батареи	1	Ст. 2	82,5
2	Заднее кольцо батареи . .	1	Ст. 1	23,6
3	Переднее кольцо батареи .	1	Ст. 1	36,4
4	Задняя решетка .	1	Ст. 3	19,8
5	Передняя решетка .	1	Ст. 3	41,0
6	Трубы .	134	Латунь	18,8
7	Угольник .	2	Ст. 0	8,6
8	Сбшивка .	1	Ст. 0	3,1
9	Передняя крышка	1	Чл. 2	42,0
10	Задняя наружная крышка .	1	Чл. 2	25,8
11	Прочие детали	—	—	82,3
				348,0
12	Паровой цилиндр насоса .	1	Чл. 1	47,6
13	Шток	1	Ст. 3	5,3
14	Поршень парового цилиндра	1	Чл. 1	6,2
15	Верхняя крышка .	1	Чл. 1	28,0
16	Средняя часть насоса .	1	Чл. 1	33,0
17	Водяной цилиндр .	1	Чл. 1	84,5
18	Воздушный колпак	1	Чл. 1	72,5
19	Втулка водяного цилиндра .	1	Арм. бронза	12,9
20	Клапанная коробка .	1	Чл. 1	97,0
21	Клапаны	4	Бронза	3,8
22	Крышка питательной коробки	1	Чл. 1	10,2
23	Прочие детали	—	—	66,2
				467,3
24	Корпус переключательного крана	1	Чл. 1	29,0
25	Пробка крана .	1	Бронза	6,5
26	Втулка крана .	1	Бронза	2,4
27	Сегмент крана .	1	Чл. 2	2,5
28	Прочие детали	—	—	3,0
				43,4
29	Питательная коробка (компл.) .	1	Чл. 1 Бронза	36,9
30	Автоматич. паровой клапан	1	Чл. 1	10,4
31	Кронштейн насоса (для 0—5—ОЭУ)	1	Ст. 1 Ст. 0	66,9
32	Трубы (комплект)	1	Ст. 2	106,2
33	Крепление труб и пр. детали	—	—	71,5
34	Арматура, патрубки, тройники и пр.	—	—	158,4
Вес всего водоподогревателя. .				1 355,4

№№ по порядку	Серии паровозов	Наименование частей	Количество на паровоз	Материал	Вес в кг комплектов
1	2-3-0Б	Коллектор Элементы Шмидта; $d = 27/34$ Прочие детали ¹	1 24 —	Стл. 1 Ст. 2 —	276,4 1 176,6 41,9 1 495,2
2	1-5-0ЕФ, ЕС, ЕК, ЕЛ	Коллектор Элементы Шмидта; $d = 30,5/38$ Прочие детали	1 28 —	Чуг. Ст. 2 —	394,5 2 277,1 28,1 2 699,7
3	1-4-0И	Коллектор Элементы Шмидта; $d = 29/36$ Прочие детали	1 21 —	Стл. 1 Ст. 2 —	330,0 1 150,5 40,5 1 520,5
4	1-4-2ИС	Коллектор Элементы Элеско; $d = 24/30$ Прочие детали	1 33 —	Чл. 1 Ст. 2 —	895,0 3 815,0 50,0 4 760,0
5	2-3-0К	Коллектор Элементы Шмидта; $d = 29/36$ Прочие детали	1 21 —	Стл. 1 Ст. 2 —	329,2 1 277,0 40,0 1 652,2
6	2-3-0КУ	Коллектор Элементы Шмидта; $d = 29/36$ Прочие детали	1 24 —	Стл. 1 Ст. 2 —	331,7 1 460,0 42,6 1 834,3
7	2-3-1Л	Коллектор Элементы Шмидта; $d = 29/36$ Прочие детали	1 36 —	Чл. 1 Ст. 2 —	367,6 2 323,4 42,0 2 733,0
8	2-4-0М	Коллектор Элементы Чусова; $d = 18/24$ Прочие детали	1 40 —	Чл. 1 Ст. 2 —	407,5 2 210,0 27,4 2 644,9
9	1-3-0НП, НЧ	Коллектор Элементы Чусова; $d = 18/24$ Прочие детали	1 21 —	Стл. 1 Ст. 2 —	263,5 970,0 30,0 1 263,5
10	0-4-0ОЧ	Коллектор Элементы Чусова; $d = 18/24$ Прочие детали	1 21 —	Стл. 1 Ст. 2 —	263,5 1 057,0 30,0 1 350,5
11	1-3-1С	Коллектор Элементы Чусова; $d = 18/24$ Прочие детали	1 24 —	Стл. 1 Ст. 2 —	376,7 1 304,1 63,7 1 741,5
12	1-3-1СВ	Коллектор Элементы Шмидта; $d = 29/36$ Прочие детали	1 24 —	Стл. 1 Ст. 2 —	331,7 1 407,1 40,0 1 778,8
13	1-3-1СУ	Коллектор Элементы Чусова; $d = 18/24$ Прочие детали	1 32 —	Чл. 1 Ст. 2 —	342,0 1 681,0 50,0 2 073,0

¹ Заглушки, опорные угольники и пр.

№ по порядку	Сери паровозов	Наименование частей	Количество паров	Материал	Вес в кг комплектов
14	2-3-0УУ	Коллектор Элементы Шмидта; $d = 29/36$ Прочие детали	1 21 —	Чл 1 Ст 2 —	280,0 1 067,0 30,0 1 377,0
15	1-5-1ФД	Коллектор Элементы Элеско; $d = 24/30$ Прочие детали	1 33 —	Чл 1 Ст 2 —	895,0 3 815,0 50,0 4 7 0,0
16	1-4-0ЩП	Коллектор Элементы Шмидта; $d = 24/30$ Прочие детали	1 24 —	Стл 1 Ст 2 —	256,0 1 136,0 15,0 1 407,0
17	1-4-0ЩЧ	Коллектор Элементы Шмидта; $d = 29/36$ Прочие детали	1 27 —	Чл 1 Ст 2 —	312,3 1 295,0 15,4 1 622,7
18	0-4-0ЫП, ЫЧ	Коллектор Элементы Шмидта; $d = 29/36$ Прочие детали	1 24 —	Стл 1 Ст 2 —	330,0 1 315,3 40,0 1 685,3
19	0-5-0Э 1912 и 1913 г.	Коллектор Элементы Шмидта; $d = 29/36$ Прочие детали	1 27 —	Стл 1 Ст 2 —	364,5 1 444,3 35,3 1 844,1
20	0-5-0Э 1915 г. ЭГ, ЭШ	Коллектор Элементы Шмидта; $d = 29/36$ Прочие детали	1 25 —	Стл 1 Ст 2 —	376,8 1 313,0 35,3 1 725,1
21	0-5-0ЭУ, ЭМ	Коллектор Элементы Чусова; $d = 18/24$ Прочие детали	1 32 —	Чл 1 Ст 2 —	321,0 1 528,0 50,0 1 899,0
22	0-3-0 + 0-3-0 Ч ӨБ	Коллектор Элементы Шмидта; $d = 29/36$ Прочие детали	1 24 —	Стл 1 Ст 2 —	331,7 1 460,0 42,6 1 834,3
23	0-4-0V	Коллектор Элементы Шмидта; $d = 29/36$ Прочие детали	1 21 —	Стл 1 Ст 2 —	330,0 1 150,5 40,0 1 520,5
24	0-4-0VC, VB	Коллектор Элементы Чусова; $d = 18/24$ Прочие детали	1 24 —	Стл 1 Ст 2 —	332,0 1 163,0 15,7 1 510,7

Вес фланца элемента—1,3—1,5 кг; вес болта—4—1 кг; вес гайки—0,1—0,2 кг; вес переднего колпачка элемента Чусова—2—3 кг; вес заднего колпачка—1—1,2 кг; вес шаровой головки—4 кг; вес шайбы—0,2 кг; вес соединительных труб—1,5—7 кг; вес поддержки элементов—0,2—0,3 кг.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие

3

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ПАРОПРОВОД

1. Паросушители	4
2. Регуляторы	18
3. Определение площади открытия регулятора. Наивыгоднейшие и необходимые площади открытий. Усилия в приводных механизмах регуляторов	54
4. Клапан для впуска малого количества пара в цилиндры машины при езде с закры- тым регулятором	66
5. Регуляторная труба	69
6. Регуляторная масленка	76
7. Паровходящие трубы	76

ГЛАВА ВТОРАЯ

ПАРООТВОД

8. Конус	81
9. Петикот, отражательные листы и дефлектор в дымовой коробке	100
10. Паровыходящие и ресиверные трубы	103
11. Модератор и задвижка дымовой коробки	105

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

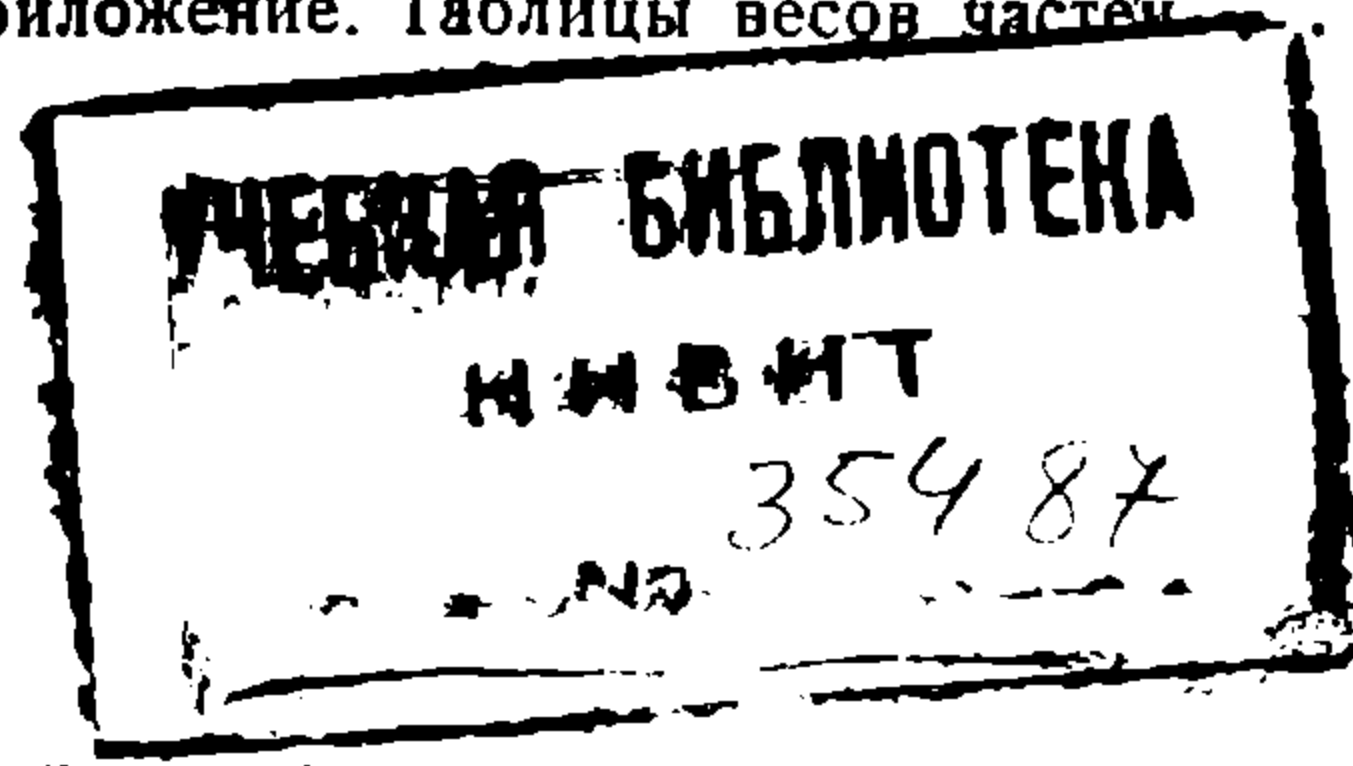
ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛИ

12. Краткий исторический очерк применения перегретого пара	112
13. Системы применяемых в СССР пароперегревателей	115
14. Камеры пароперегревателей (коллекторы)	119
15. Элементы пароперегревателей	131
16. Соединение элементов пароперегревателей с камерой	148
17. Заслонки	158
18. Пирометры	158

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛИ

19. Введение	166
20. Типы водоподогревателей	167
21. Поверхностный водоподогреватель Кнорра	169
22. Поверхностный водоподогреватель „Борец“	195
23. Поверхностный водоподогреватель Коломенского завода	198
24. Поверхностный водоподогреватель Элеско	199
25. Водоподогреватель смешения завода „Красный Путиловец“	207
26. Водоподогреватель смешения „Вортингтон“	224
27. Лубрикатор „Детройт“	226
Приложение. Таблицы весов частей	236



НТБ
ДНУЖТ

Цена 4 р. 30 к.
Переплет 60 к.

