

# ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

## СТОКЕР

### ПРИМЕНЕНИЕ СТОКЕРОВ

Площадь колосниковой решетки  $R = 7,04 \text{ м}^2$ , а также необходимость высокой форсировки котла для достижения проектной мощности потребовали применения стокера — специального механизма для подачи угля с тендера к паровозу и разбрасывания его по колосниковой решетке. Американские железные дороги считают необходимым применение стокерного отопления при среднем часовом расходе топлива (угля) около 5000 англ. фунтов (2,27 т) и выше, что в применении к паровозу ФД дает форсировку решетки в  $320 \text{ кг/м}^2\text{час}$ . При возможной для наших углей форсировке решетки  $u_{\text{макс}} = 500—600 \text{ кг/м}^2\text{час}$  часовой расход топлива значительно превосходит принятые по американским нормам пределы возможности ручной подачи топлива и подтверждает безусловную необходимость оборудования паровоза „механическим кочегаром“ — стокером.

При большом разнообразии конструкций стокеров все они могут быть распределены по трем основным типам: 1) стокеры с верхней подачей топлива, 2) стокеры с нижней подачей топлива и 3) комбинированные стокеры.<sup>1</sup>

Каждый из стокеров из перечисленных типов в свою очередь может быть отнесен к одному из двух видов: а) с распределением топлива по решетке при помощи струй пара или сжатого воздуха и б) с механическим распределением топлива (лопатки, конвейерные винты, цепи и т. д.).

Проблема создания стокера, сочетающего наибольшую простоту и совершенство конструктивных форм отдельных деталей с наилучшими экономическими показателями — малым процентом размола угля и расхода пара, широким диапазоном мощности машины, а следовательно и производительности, гибкостью регулирования — является исключительно актуальной.

### ВЫБОР ТИПА СТОКЕРА И ОСНОВНЫЕ ЕГО ДЕТАЛИ

На паровозе ФД применен стокер ЦЛПБ-1 с верхней подачей и распределением топлива по решетке при помощи паровых струй. Проектирование стокера велось с ориентировкой на американский тип В-К.

Выбор данного типа стокера основывался на следующих соображениях.

I. Вес стокера принятого типа — наименьший по сравнению с другими сто-

---

<sup>1</sup> Третий тип запатентован в СССР инженером М. С. Ривкиным и в настоящее время конструктивно разрабатывается в Локомотивопроекте (ЦЛПБ).

керами той же мощности (табл. 147), что имеет особо важное значение в паровозах с одной задней поддерживающей осью.

ТАБЛИЦА 147

Вес частей, расположенных на паровозе у разных типов стокеров

Тип стокера	Вес стокера на паровозе в кг	Примечание
ЦЛПБ-I	708	С верхней подачи
В-К	800 <sup>1</sup>	" " "
Наппа	1361	" " "
В	907	С нижней подачи

2. Применение стокера с верхней подачи не вызывает уменьшения площади колосниковой решетки, как это имеет место при стокере с нижней подачи (тип В).

3. Детали стокера с верхней подачи, служащие для разбрасывания топлива, менее подвержены действию высокой температуры топочных газов и, следовательно, служат более продолжительное время, чем аналогичные детали стокера с нижней подачи.

4. Выявление и устранение неисправностей в работе деталей передней части головки стокера с верхней подачи не вызывает особых трудностей и производится несравненно легче, чем осмотр и ремонт подобных же деталей стокера с нижней подачи.

5. Подача топлива через нижнюю половину шуровочного отверстия не требует каких-либо изменений в форме или конструкции основных деталей паровозного котла.

6. Принятый тип стокера допускает возможность прицепки одного и того же тендера к паровозам с различным по высоте расположением котла (пассажирские и товарные паровозы).

7. Распределение угля по колосниковой решетке при помощи паровых струй, как показал двадцатилетний опыт работы железных дорог США, является более простым и совершенным, чем применяемые для этой же цели различные механизмы (стокер Elvin'a и др.).

Помимо всего этого были приняты во внимание и другие преимущества данного типа стокера: удобство расцепки тендера с паровозом; простота конструкции отдельных деталей и их аналогичность с деталями паровой машины паровоза; незначительность площади, занимаемой в будке головкой стокера; большой диапазон мощности машины стокера и т. п. Кроме того, наличие на 10 паровозах серии Т<sup>А</sup> и Т<sup>В</sup> американских стокеров В-К, близких по типу к проектному, давало возможность путем сравнения их работы с работой стокера ЦЛПБ-1 в эксплуатационных условиях проверить целесообразность конструктивных изменений, внесенных при проектировании стокера ЦЛПБ-1 в ряд его деталей.

Главнейшие детали рассматриваемого стокера (фиг. 532): конвейерные

<sup>1</sup> Вес стокера В-К получен непосредственным взвешиванием его деталей на Луганском заводе при нахождении там паровоза 1—5—2 серии Т<sup>А</sup> № 10003.



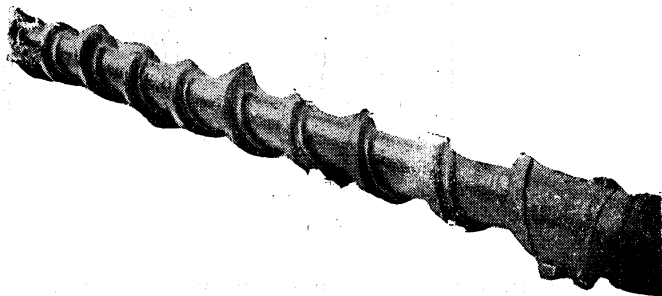
винты (транспортёры) 1 и 2, распределительная головка (выходной рукав) 3, хобот (задний выходной рукав транспортёра) 4, его направляющая (передний выходной рукав транспортёра) 5 и машина стокера 6.

## КОНВЕЙЕРНЫЕ ВИНТЫ

Задний конец лежащего в угольном корыте 7 большого конвейерного винта 1 соединяется с квадратным концом вала большого (ведомого) зубчатого колеса, приводимого во вращение малой (ведущей) шестерней, связанной с коленчатым валом паровой машины стокера при помощи шарнирного промежуточного вала.

Из общего числа 22 витков большого конвейерного винта задние 17 снабжены выступами (зубьями), которыми они при вращении раздробляют крупные куски угля, падающие в корыто из угольной ямы тендера (фиг. 533).

Уголь, которым снабжаются паровозы, оборудованные стокерами, в нормальных условиях должен подвергаться грохочению через грохота с ячейками в 20 и 150 мм, при чем куски угля менее 20 и более 150 мм для отопления паровоза в пути, как правило, не должны допускаться. Более мелкий уголь, будучи пропущен через стокер, измельчается настолько, что легко уносится потоком топочных газов через козырек свода в жаровые и дымогарные трубы и далее в дымовую коробку и трубу. Даже при сортированном угле унос этот является весьма значительным, особенно при большой форсировке колосниковой решетки, достигая 25 и более процентов от общего количества сжигаемого топлива. При несортированном угле унос в трубу мелочи до 6 мм доходил на паровозах Т<sup>А</sup> и Т<sup>Б</sup> до 40% и на паровозе ФД до 28% от общего количества сжигавшегося угля.



Фиг. 533. Большой конвейерный винт.

ТАБЛИЦА 148

### Технический анализ угля

Шахта	Марка угля	Выход мелочи	
		Размер кусков в мм	% к общему количеству
Артема	ПЖ	0—1,5	20,7
		0—3	36,9
Чегоры	"	0—1,5	20,7
		0—3	36,9
№ 10	ПС	0—3	42
№ 9	Т	0—6	66
№ 77	Г	0—6	37,8
№ 22	"	0—6	19,5
№ 4	"	0—6	20,7



На вышеуказанное обстоятельство должно быть обращено серьезное внимание, и к топливу, используемому для работы паровозов, оборудованных стокерами, должны предъявляться определенные требования в части, касающейся процентного содержания в нем мелочи.

Приводимый в таблице 148 технический анализ угля<sup>1</sup> показывает, что в этом направлении предстоит еще значительная работа как конструкторов (задача создания стокера с ориентировкой на преимущественную работу с угольной мелочью), так и работников угольной промышленности (задача снижения содержания мелочи в угле).

Произведенные на Балтиморо-Огайской железной дороге (США) опыты по выявлению размеров и количества измельчаемого различными стокерами битуминозного каменного угля с кусками размерами в 150 мм дали следующие результаты (табл. 149).

ТАБЛИЦА 149

Количество мелочи после пропуска через стокер в процентах<sup>2</sup>

Размеры кусков в мм	Standart B-K	Simplex B	Lower
Менее 6	33,54	29,93	13,24
6 — 12	18,92	20,84	10,61
12 — 18	11,85	11,47	8,53
18 — 25	8,31	8,53	7,33
Более 25	27,38	29,23	60,29
Итого . . . .	100	100	100

Мы видим, что количество мелочи, получаемое после пропуска угля через стокер, является довольно значительным даже при сортированном угле; следовательно, тем более недопустимо присутствие мелочи в угле на тендере паровоза.

Куски угля величиной более 150 мм требуют для своего размельчения такое усилие, какое не может дать стокерная машина. Кроме того, длительная работа на чрезмерно крупном угле вызывает преждевременный износ конвейерных винтов и чрезмерные напряжения их материала. В виду этого шаг витков большого конвейерного винта на значительной длине (70%) принят равным 150 мм.

Для обеспечения размола случайно попавших более крупных кусков угля и для устранения могущих произойти заторов в передней части угольного корыта передние витки имеют шаг больший, чем задний (230 мм). Благодаря этому раздробленный задними витками уголь продвигается в передней части винта с большей скоростью и пониженным по толщине слоем, а крупные куски угля захватываются витками передней части большого конвейерного винта и раздробляются о зубчатые плиты (рога) 8 (фиг. 532), укрепленные с внутренней

<sup>1</sup> Сообщено ЦЖ НКПС 27 марта 1932 г. (дело угледробительных фабрик, лист № 42).

<sup>2</sup> Из доклада зам. директора Института реконструкции тяги НКПС инж. А. А. Терпугова от 27 февраля 1932 г., № 640.

стороны на вертикальной и левой боковой стенке в передней части угольного корыта стокера.

Вызванное увеличением шага витков некоторое уменьшение силы нажатия на уголь передней части большого конвейерного винта не угрожает образованием угольных заторов, так как удлинение шага на протяжении передних пяти витков сопровождается увеличением их диаметра с 150 до 200 мм и толщины — с 20 до 25 мм.

Для соединения большого конвейерного винта с квадратным концом выступающего в корыто вала большого зубчатого колеса в заднем конце винта образовано утолщение (тумба) с квадратным отверстием, куда входит конец вала зубчатого колеса. Соединение осуществляется болтом, пропущенным как через винт, так и через квадрат вала.

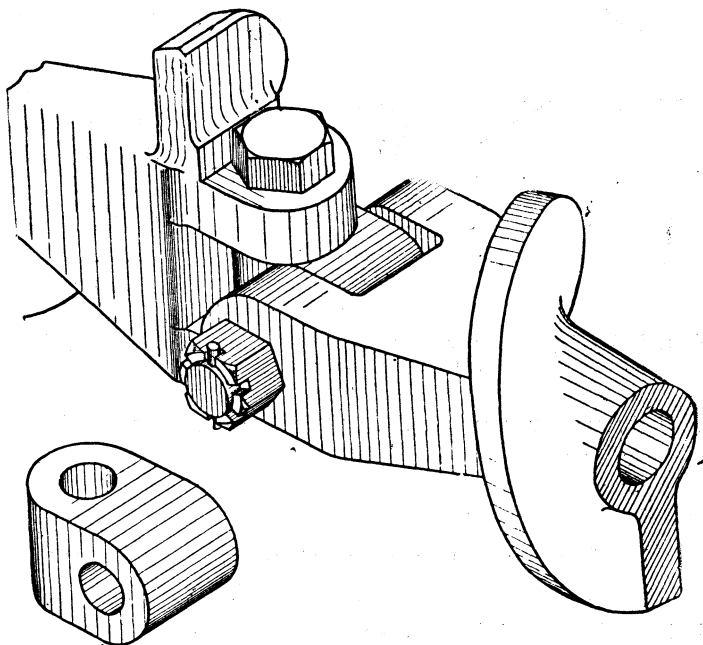
При помощи изменения толщины поставленных между торцевой частью тумбы винта и валом зубчатого колеса двух регулировочных шайб достигается совпадение центра шарнирного соединения большого и малого конвейерных винтов с центром шаровой чашки (шарового соединения рукава транспортера на тендере) 9 (фиг. 532), укрепленной с наружной стороны на передней вертикальной стенке угольного корыта стокера.

В качестве материала для конвейерных винтов применена литая сталь (ЛСт1). По условиям работы конвейерные винты подвергаются значительному изнашиванию; поэтому для изготовления их желательно применение более твердых сортов стали.

Малый конвейерный винт (передний винт транспортера) 2 (фиг. 532), шарнирно связанный с большим винтом 1, имеет пять витков с шагом в 230 мм, диаметром — 224 мм и толщиной — 25 мм, т. е. размеры его почти те же, что и передней части большого конвейерного винта.

В передней своей части винт 2 имеет дополнительный виток, делающий  $\sim 0,6$  оборота ( $225^\circ$ ) и создающий на конце винта более равномерное нажатие, что способствует лучшему проталкиванию угля вверх по головке стокера до шуровочного отверстия топки.

Для облегчения веса большого конвейерного винта вал его сделан пустотелым с наружным диаметром в 90 мм и внутренним в 50 мм. Общая длина вала — 3755 мм. Вал малого конвейерного винта отлит сплошным с наружным

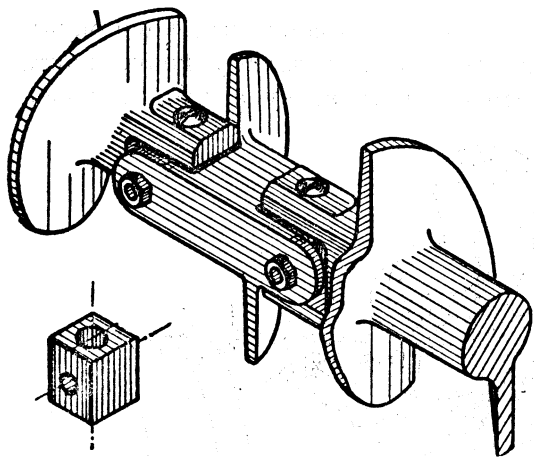


*Камень шарнира.*

Фиг. 534. Шарнирное болтовое соединение конвейерных винтов.

диаметром в 80 мм, так как в виду малой длины винта (1245 мм) весовые соображения не имели существенного значения, а постановка шишки внутри вала осложнила бы отливку винта. К тому же при несплошном вале уголь, сжимаемый в головке передней части малого винта, имел бы возможность возвращаться в шаровую чашку 9 по каналу внутри вала.

Камень шарнира, служащего для соединения обоих конвейерных винтов, представляет собой брусок квадратного сечения  $62 \times 62$  мм, соединяющийся с прилитыми к винтам проушинами при помощи болтов диаметром в  $1\frac{1}{4}$ " (фиг. 534). Между камнем шарнира и проушинами винтов оставлен зазор в 4 мм — по 2 мм на сторону. Материал камня — Ст5.



Фиг. 535. Шарнирное соединение винтов стокера Lower'a.

Следует отметить, что описанный тип шарнирного соединения нуждается в конструктивном изменении, так как наличие выступающих частей (головок болтов и гаек) является одной из причин, вызывающих значительное измельчение угля. В дальнейшем желательно либо применить соединение по типу, осуществленному в стокере Lower'a (фиг. 535), либо изменить существующие соединения, заменив обычные болты винтами с

потайными головками, вворачиваемыми в проушины конвейерных винтов, для чего последние должны быть снабжены резьбой.

#### ХОБОТ СТОКЕРА

Хобот (задний выходной рукав транспортера) стокера 4 (фиг. 532) заключает в себе передний конвейерный винт и служит жолобом, по которому уголь перемещается от тендера к паровозу.

Для обеспечения большей подвижности в боковом направлении (при входе паровоза в кривые малого радиуса) задний конец хобота имеет шаровое соединение с передней частью угольного корыта. Конструктивно это соединение выполнено следующим образом: к передней стенке угольного корыта с наружной стороны прикрепляется на болтах шаровая чашка 9 внутренним диаметром в 380 мм и наружным в 410 мм; чашку охватывает шарообразная створчатая головка 11, фланец которой соединяется с фланцем хобота стокера при помощи четырех болтов диаметром в  $\frac{7}{8}$ " и двойного дополнительного замкового устройства, конструкция которого ясна из фиг. 536.

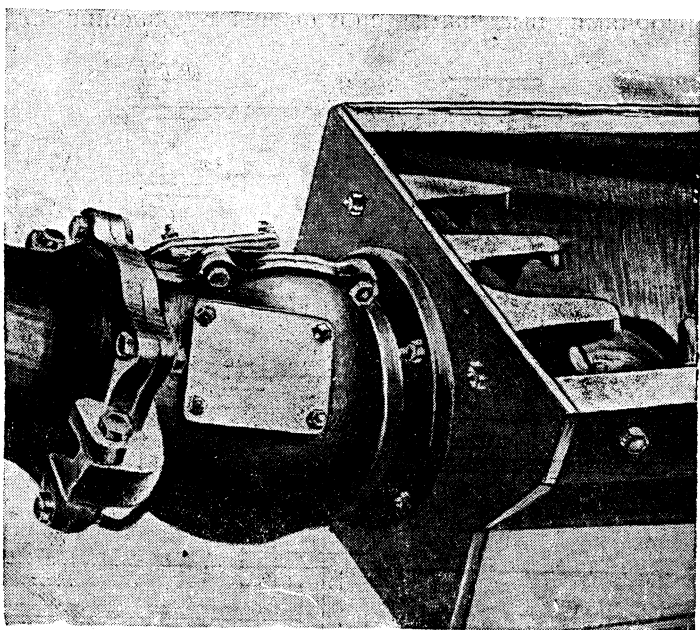
Для наблюдения за состоянием помещающегося внутри чашки шарнирного соединения конвейерных винтов в обеих створках шаровой головки имеются окна  $130 \times 140$  мм, которые закрываются с наружной стороны крышками.

В верхней части стенки шаровой чашки против окон шаровой створчатой головки сделаны вырезы, дающие доступ для осмотра шарнирного соединения винтов.

Для того чтобы предотвратить возможность изменения относительного положения шаровой головки и чашки, в нижней ее части образован зуб 10

(фиг. 532), который входит в паз шаровой створчатой головки. С этой же целью поперечному сечению трубы хобота придана форма, не допускающая как вращения его в направляющей, так и проворачивания в нем угольной массы при проталкивании ее вращающимся конвейерным винтом.

Во избежание разрыва трубы хобота, при неизбежном во время хода паровоза продольном перемещении его относительно тендера, соединение хобота с распределительной головкой сделано телескопическим. Этим устраняется возможность повреждения частей стокера, могущего произойти при изломе одного из шкворней главного сцепления между паровозом и тендером или в случае обрыва стяжки главного сцепления. Кроме того, телескопическое соединение обеспечивает легкость отцепки тендера от паровоза при ремонте, так как в этом случае разъединение хобота с распределительной

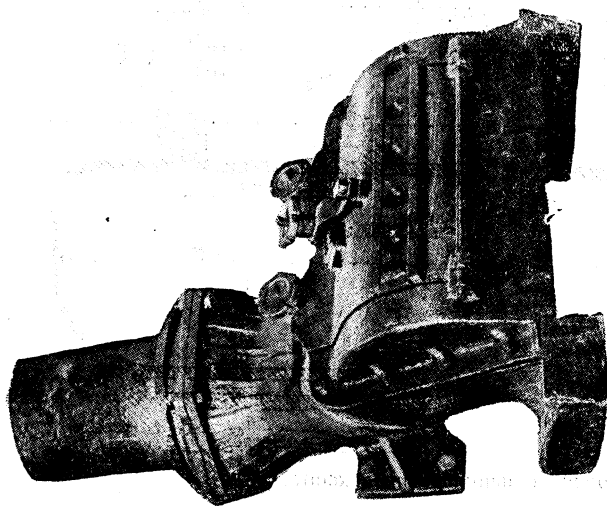


Фиг. 536. Створчатая головка хобота стокера.

головкой стокера 8 происходит без каких-либо дополнительных работ.

Телескопическое соединение головки с хоботом осуществлено в виде короткой трубы (направляющей хобота) 5, сечение которой аналогично сечению охватываемого ею хобота. Зазор между внутренними стенками направляющей и наружными стенками хобота равен 3 мм с каждой стороны.

Связь направляющей хобота с головкой выполнена также при помощи шарового соединения, для чего нижней части распределительной головки (фиг.

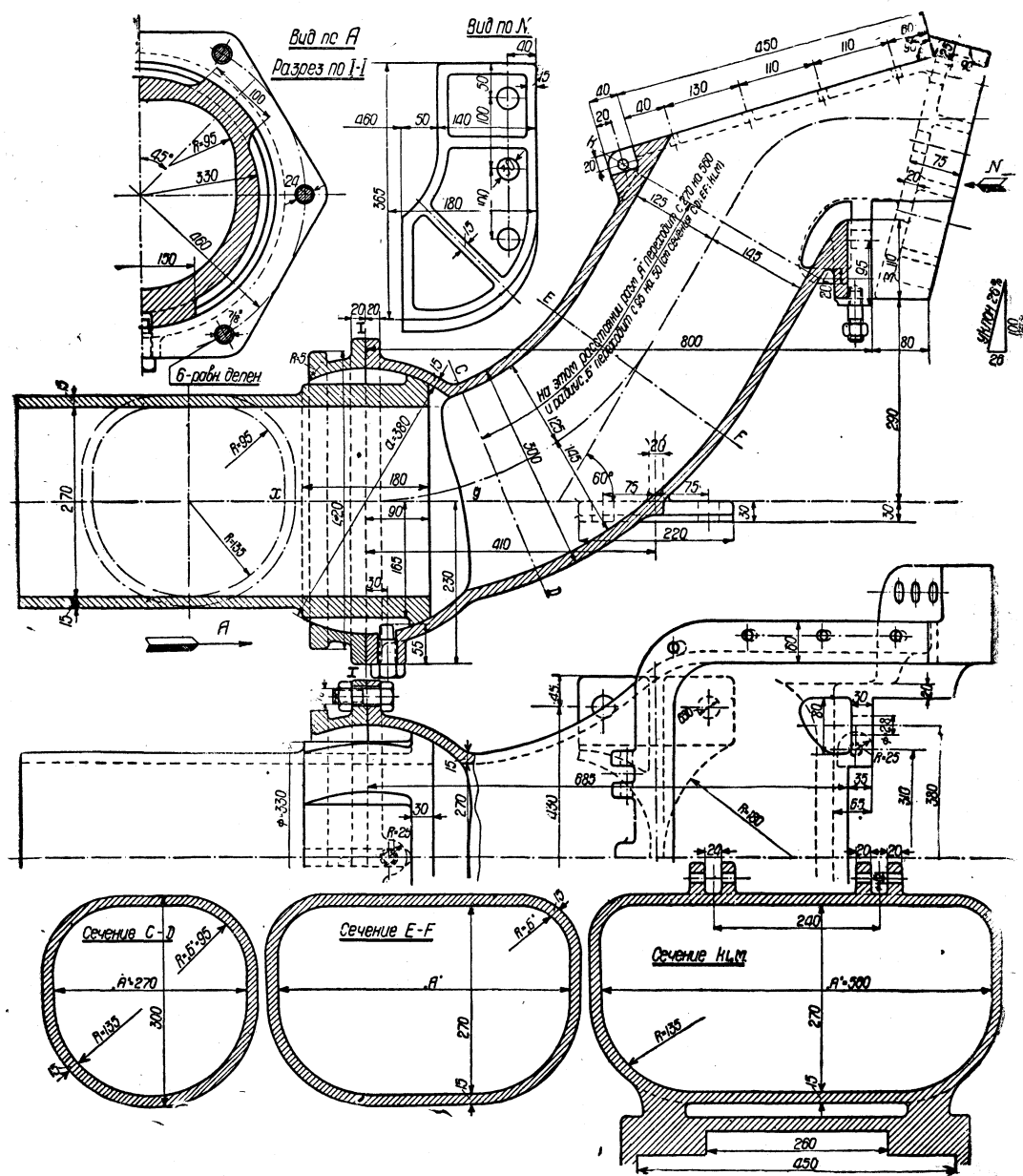


Фиг. 537. Распределительная головка стокера.

537) придана разъемная сфероидальная форма.

В виду возможности попадания мелкого угля в пространство между трущимися поверхностями шарового соединения хобота с головкой стокера, в шаро-

вой головке (диаметром в 380 мм) направляющей хобота образованы три растачиваемых по шару рабочих выступа, шириной по 100 мм каждый. Впадины между рабочими выступами способствуют удалению случайно попавшего между тру-



Фиг. 538. Головка стокера и направляющая хобота.

щимися поверхностями мелкого угля, могущего вызвать заедание шарового шарнирного соединения.

Помимо этих трех выступов в передней части головки оставлен кольцевой пояс шириной в 30 мм, также растачиваемый по шару и предотвращающий высыпание угля из головки стокера через впадины между рабочими выступами шаровой головки направляющей хобота (фиг. 538).

Один из трех рабочих выступов, расположенный в нижней части шаровой головки направляющего хобота, имеет продольный паз, в который входит ввинченный с наружной стороны в сферическую часть головки стокера конец болта диаметром в 1"; этот болт служит видоизмененным повторением предупредительного против проворачивания устройства, осуществленного в соединении шаровой чашки 9 (фиг. 532) с шаровой створчатой головкой хобота 11.

В качестве материала для всех этих деталей (шаровой чашки 9, створчатой головки хобота 11, трубы хобота 4 и его направляющей 5) применена ЛСт1, в отношении механических свойств которой действительны те же пожелания, как и для стали конвейерных винтов.

## РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ ГОЛОВКА

Распределительная головка стокера (фиг. 538) представляет собой изогнутую стальную трубу переменного сечения — более узкую в нижней своей части и более широкую — в верхней.

Нижняя часть головки стокера — шаровая с разъемом по диаметру — выведена из-под пола будки машиниста и оканчивается снаружи заднего опорного листа (мембраны) будки. Разъем осуществлен при помощи фланцевого соединения, скрепляемого шестью болтами диаметром в  $\frac{7}{8}$ ".

В выступающей над полом будки верхней части головки имеется крышка, соединяющаяся с головкой при помощи восьми болтов диаметром в  $\frac{1}{2}$ " (по четыре с каждой стороны). В средней части крышки (фиг. 537) сделана дверка, служащая для наблюдения за движением угля в головке, для изъятия случайно увлеченных стокерным винтом посторонних предметов и для устранения угольных заторов, могущих возникнуть в изогнутой части трубы, если уголь на тендере содержит большое количество влаги.

Обильное смачивание угля на тендере может иметь следствием образование угольных пробок в том месте головки, где угольный поток изменяет свое первоначальное направление и начинает двигаться вверх. Подобное явление имело место в работе стокера В-К, временно установленного на первом паровозе ФД, когда в силу недостаточного знакомства с работой стокера, а также вследствие снабжения паровоза углем, содержащим большой процент мелочи, паровозной бригадой было применено обильное смачивание угля. В результате кашицеобразная смесь угля с водой, гонимая стокерными винтами, спрессовалась в колене головки стокера, чему отчасти способствовал подогрев головки вследствие близости ее к котлу. Образовавшийся в головке затор вызвал остановку работы стокера и необходимость перехода на ручное отопление. Как выяснилось из осмотра головки по возвращении паровоза из поездки, уголь в изгибе головки спрессовался настолько, что, уже будучи сухим, он с трудом извлекался при помощи зубила и кувалды.

Повторение такого же случая со стокером на паровозе ИС 20-2 заставляет нас более подробно остановиться на вопросе о причинах, вызывающих отказ стокера от работы, так как в некоторых литературных источниках вопрос о смачивании угля получил неправильное освещение.<sup>1</sup>

Как уже упоминалось прежде, в головке стокера, в месте входа в нее угля, витками переднего конца малого конвейерного винта развивается аксиальная сила; величина этой силы равна величине полного сопротивления движению угля, которое вызывается трением о стенки головки.

Вследствие сыпучести угольной массы продольное сжатие ее вызывает радиальный (боковой) распор, вызывающий увеличение силы трения угля о стенки, а следовательно и увеличение общего сопротивления в головке стокера. Помимо этого, вследствие развиваемой торцевой поверхностью малого конвейерного винта аксиальной силы, между винтом и угольной массой, естественно, возникает сила трения, которая частично проворачивает уголь в хоботе. В результате поступательная ско-

<sup>1</sup> Мацнев Н. И. и Януш Л. Б. Конструкции паровозов ж. д. СССР, вып. 2, стр. 103. 1932.

рость угля в переднем конце хобота уменьшается, а так как количество угля, подаваемого в единицу времени задним конвейерным винтом, остается постоянным, то уголь принужден идти в средней части хобота более полным сечением. При наличии факторов, способствующих повышению сопротивления движению (мелкий, сырой уголь), потеря скорости угольного потока вследствие проворачивания будет настолько велика, что уголь принужден будет выходить полным сечением хобота, и если это сечение окажется недостаточным, то возникнет явление подпора.

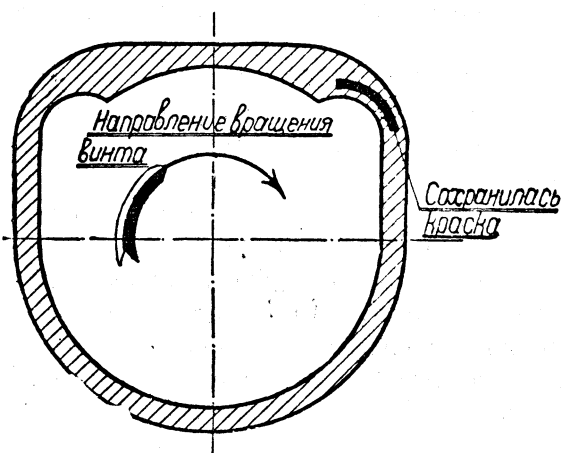
В известных условиях сопротивление движению угля может возрасти до величины, равной или даже превосходящей силу нажатия винта на угольную массу, что в результате приводит к остановке стокера.

Обследованием состояния переднего конвейерного винта и хобота стокера В-К после годичной его эксплуатации было установлено:

1. Краска на винтовых лопастях задней части винта с рабочей стороны по периферии стерта полосой  $\sim 30$  мм. Это объясняется тем, что при увеличенном диаметре и шаге малого конвейерного винта по сравнению с большим конвейерным винтом уголь в задней части хобота идет пониженным слоем с несколько

большой скоростью, чем в задней части большого конвейерного винта.

2. В середине винта полоса стертой краски постепенно уширяется, и на расстоянии  $\sim 450$  мм от переднего конца рабочая сторона лопастей винта совершенно очищена от краски. Отсюда можно заключить, что уровень движущегося угольного потока непрерывно повышается к передней части хобота, а так как размеры винта (шаг и диаметр) остаются без изменения, то, следовательно, падение скорости движения угля может быть объяснено только наличием повышенного сопротивления движению.



Фиг. 539. Движение угля в передней части хобота.

3. На расстоянии  $\sim 350$  мм от переднего конца винта краска стерта также и со стержня (штанги) винта.

4. Дополнительный виток на переднем конце винта и идущий за ним основной виток на протяжении полуоборота совершенно очищены от краски как с рабочей, так и с нерабочей стороны, что бесспорно указывает на явление подпора в передней части хобота.

5. В задней верхней части хобота краска сохранилась приблизительно до середины хобота.

6. В передней части хобота краска стерта везде кроме места в углу, обозначенного на фиг. 539 жирной линией. Сопоставляя направление вращения винта (обозначенного стрелкой) с местом, где сохранилась краска, можно сделать вывод, что износ краски является результатом сильного проворачивания угля в хоботе, при чем углубление в хоботе с сохранившейся краской соответствует как бы мертвому углю при этом вращении.

В целях создания условий, способствующих лучшему продвижению угля, головка стокера должна исполняться с переменным, постепенно увеличивающимся сечением, чтобы стенки ее имели некоторый угол наклона к своей

продольной оси, при чем угол этот должен быть больше, чем угол трения угля о стенки.

В стокерах с головкой коленчатой формы (В, В-К, ЦЛПБ-1) раструб обычно достигает посредством наклона к продольной оси только боковых стенок, тогда как верхняя и нижняя стенки по габаритным соображениям остаются параллельными между собой. Опыт эксплуатации стокеров В-К и ЦЛПБ-1 показал на желательность придания раструбу головки уклона  $> 0,2$ ,<sup>1</sup> вследствие чего угол наклона боковых стенок к продольной оси головки получается большим, нежели угол трения угля о стенки, что в свою очередь уменьшает сопротивление движению в головке угольной массы.

Непосредственные наблюдения за работой стокера В-К в эксплуатационных условиях как при сухом, так и при мелком сыром угле показывают, что в первом случае машина стокера работает при давлении пара в 1,5 ат, в то время как во втором — давление пара в машине повышается до 6—8 ат, что объясняется возросшим сопротивлением движению угольной массы.

Хотя коленчатая форма трубы головки стокера и представляет известное удобство (наиболее компактное размещение в будке машиниста), однако трение о стенки угля, вынужденного резко изменять свое первоначальное направление движения (под углом 50—60°), и применение подъема угля методом выдавливания его углем, идущим сзади, вызывают настолько значительное его измельчение, что окончательно остановиться на данной конструкции, исходя из чисто экономических соображений (табл. 149), нельзя.

В этом отношении необходимо учесть особенности стокера Lower'a, где головке придана прямая форма, и уголь транспортируется винтом до устья головки (фиг. 540). Как видно из таблицы 149, такое конструктивное решение снижает количество мелочи (от 0 до 6 мм), дающей наибольший процент уноса, и дает, по сравнению со стокером В-К, экономию топлива около 20%.

Дверка стокерной крышки снабжена рулевым устройством, служащим для регулирования направления угольного потока; при закрытом положении дверки рулевое устройство находится внутри устья головки.

В нормальном положении руль не влияет на направление движения угля, так как находится в плоскости, продольной оси паровоза, и уголь поэтому обтекает руль равномерным потоком с обеих сторон. Если же на боковой части решетки образуется прогар угольного слоя, то поворотом рукоятки, расположенной с наружной стороны дверки, рулю придают положение, при котором угольный поток получает преимущественное направление в ту часть колосниковой решетки, где в данный момент требуется усиленная подача топлива. После устранения ненормальности в горении угольного слоя руль возвращается в исходное положение, и распределение угля по решетке опять происходит равномерно.

В дверке крышки стокерной головки снаружи образованы четыре отверстия диаметром в 40 мм, закрываемые заслонкой, которая скользит в пазу (в виде ласточкина хвоста), образованном двумя выступами по бокам отверстий дверки. В заслонке сделаны также четыре отверстия диаметром в 40 мм (фиг. 537). В

---

<sup>1</sup> Под уклоном в данном случае подразумевается отношение полуразности ширины сечения выхода и входа к длине головки по средней ее линии (оси).



[illegible]

Фиг. 540. Общий вид стокера Lower'a.

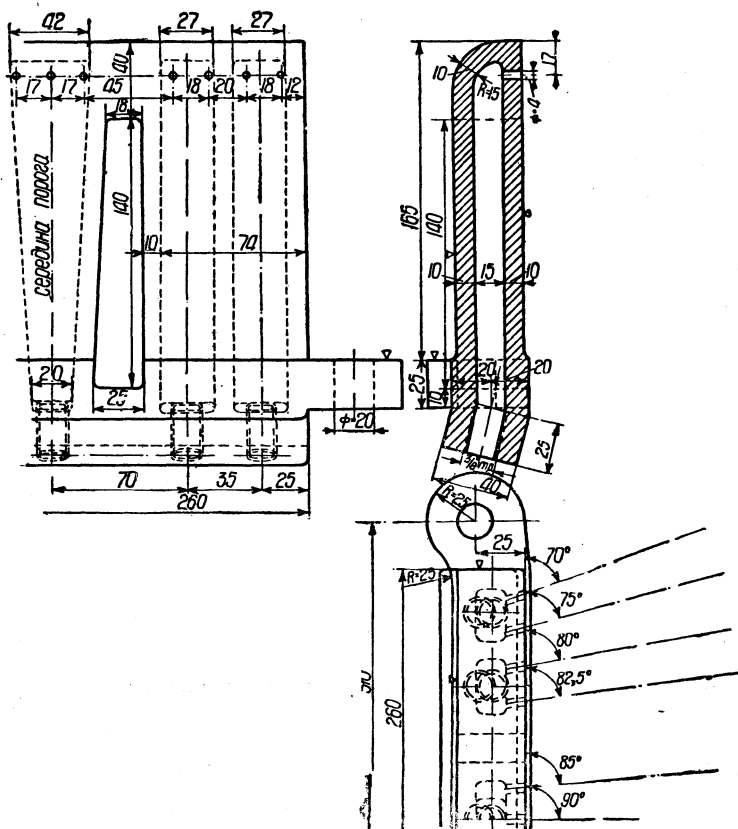
732

Для разбрасывания угля по колосниковой решетке используется живая сила одиннадцати веерообразно направляемых паровых струй распыливающего порошка 12 (фиг. 532), укрепленного в нижней части устья головки стокера на двух шпильках диаметром в  $\frac{3}{4}$ ".

В обеих крайних камерах распыливающего порожка имеется по два отверстия, оси которых составляют с плоскостью порожка углы в  $70^\circ$  и  $75^\circ$ . Отверстия эти предназначены для обслуживания правого и левого задних углов колосниковой решетки. Направление угля в задние

В двух других камерах распыливающего порошка также имеется по два паровых отверстия того же диаметра с осями, наклоненными к плоскости порошка под углами в  $80^\circ$  и  $82,5^\circ$ . Назначение этих отверстий — обслуживание правой и левой боковых сторон колосниковой решетки.

Следует заметить, что в ряде американских стокеров (Lower, Hanna S-F) расположение паровых сопел сделано двухрядным, чтобы уменьшить унос мел-



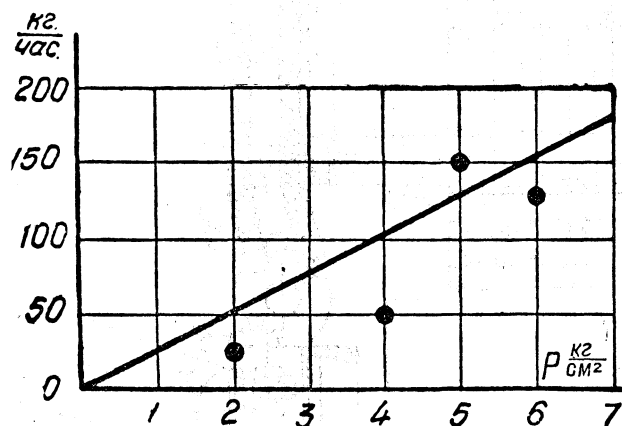
Фиг. 541. Распыливающий порожек.

кого угля в трубчатую часть котла и дымовую коробку. С этой целью верхний ряд паровых сопел делается большего диаметра и располагается на большем расстоянии друг от друга, чем паровые сопла нижнего ряда.

Назначение верхнего ряда сопел, работающих на повышенном давлении, — разбрасывание крупных кусков угля. Нижний ряд сопел, работающих с пониженным давлением, служит для разбрасывания угольной мелочи, над которой создается завеса из сильной струи пара, несущей крупные куски угля.

Конечно, часть угольной мелочи все же будет увлекаться топочными газами, но паровая струя, препятствующая газам проходить в непосредственной близости от задней стенки топки, заставляет их проделывать более удлиненный путь (под сводом), и благодаря этому уносимые частицы угля успевают сгореть до поступления в трубчатую часть котла.

Таким образом, действие двухрядных сопел основано на принципе, поло-



Фиг. 542. Диаграмма расхода пара на сопла стокера (паровоз ФД).

женном в основу ряда конструкций „дымосжигателей“, применяемых на некоторых западноевропейских железных дорогах. Непосредственные наблюдения в эксплуатационных условиях за процессом горения угля в топках паровозов Т<sup>А</sup> и Т<sup>В</sup>, оборудованных стокерами В-К, показывают, что значительная часть угольной пыли, как содержащейся в угле при его наборе, так и являющейся результатом измельчения угля в стокере, сгорает в самом топочном пространстве, не успевая ни упасть на

решетку, ни быть унесенной потоком топочных газов. Пыль эта горит массой характерно светящихся точек, как бы подвешенных в топочном пространстве, главным образом под сводом.

Высокий процент уноса, помимо уменьшения количества полезно используемого топлива, отражается и на состоянии пароперегревательных элементов. В жаровых трубах, преимущественно в верхних рядах, нередко можно наблюдать шлаковые наросты, образующиеся на колпачках элементов пароперегревателя. Наросты эти постепенно растут к заднему концу жаровых труб, достигая в длину до 270 мм.

Нормальное давление, применяемое для разбрасывания угля, при однорядном расположении сопел диаметром в 4 мм колеблется от 2 до 3 ат. Величина этого давления зависит преимущественно от размера кусков угля, подаваемого стокером, количества подаваемого угля в единицу времени и площади колосниковой решетки, обслуживаемой стокером. Полученный на опытных поездках паровоза ФД расход пара на сопла распыливающего порошка в зависимости от давления в паропроводе к соплам изображен на фиг. 542.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> В среднем расход пара на сопла составляет ~ 2% от общего количества пара, даваемого котлом.

В связи с непосредственной близостью распыливающего порошка стокера к сфере горения топлива необходимо наблюдать, чтобы в то время, когда стокер не работает, к паровым соплам был обеспечен непрерывный подвод небольшого количества пара, как предохраняющего распыливающий порошок от обгорания, так и предотвращающего возможное воспламенение части угля, оставшейся в устье головки в момент прекращения работы стокера.

Во избежание опасных напряжений в материале стенок распыливающего порошка, могущих возникнуть в силу резкого изменения температуры, рекомендуется производить подвод пара к соплам путем постепенного открытия главного вентиля на паропроводе.

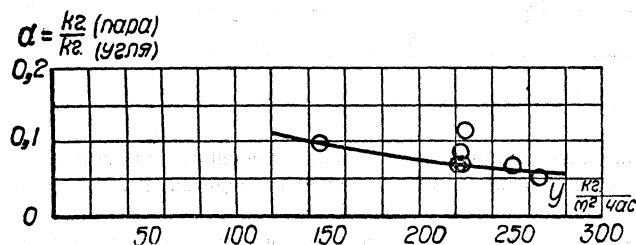
В качестве материала для распыливающего порошка стокера применен чугун (ЧЛ1).

Для повышения срока работы порошка может быть рекомендован металл, применяемый для помещаемых в огневой коробке топки сопел аппарата для продувки жаровых и дымогарных труб. Химический состав этого металла (в процентах):

C = 0,45  
Si = 2,26  
Cr = 18,4  
Ni = 34,0

Металл этот обладает значительными огнестойкими свойствами, отличаясь в то же время легкостью обработки и высокими механическими качествами.

По данным Пенсильванской железной дороги (США) в стокерах типа

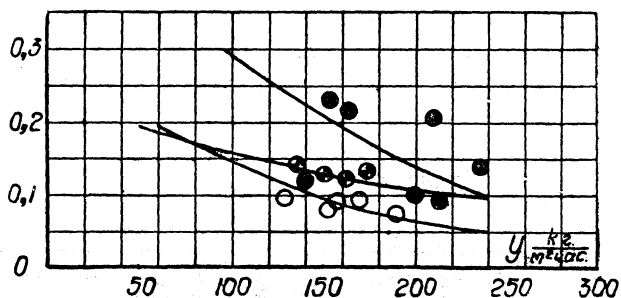


Фиг. 544. Диаграмма расхода пара на распыление угля (паровоз Т<sup>А</sup>). Уголь — 50% ПЖ + 50% АРШ

Для направления движения угля, а также во избежание осыпания его непосредственно за шуровочным отверстием к передней нижней части устья головки на двух шпильках диаметром в 1" крепится язык стокера (фиг. 545), выступающий внутрь огневой коробки на ~ 400 мм.

По обеим сторонам языка имеются впадины, окруженные серповидными выступами. Назначение этих впадин и выступов заключается в направлении части угля в задние углы колосниковой решетки.

$$\alpha = \frac{\text{кг. (пара)}}{\text{кг. (угля)}}$$



Фиг. 543. Диаграмма расхода пара на распыление угля (паровоз Т<sup>Б</sup>).

Состав угля  
○ — 100% ПС  
● — 30% ПС + 30% Г + 40% АК  
◐ — 50% ПЖ + 50% АРШ

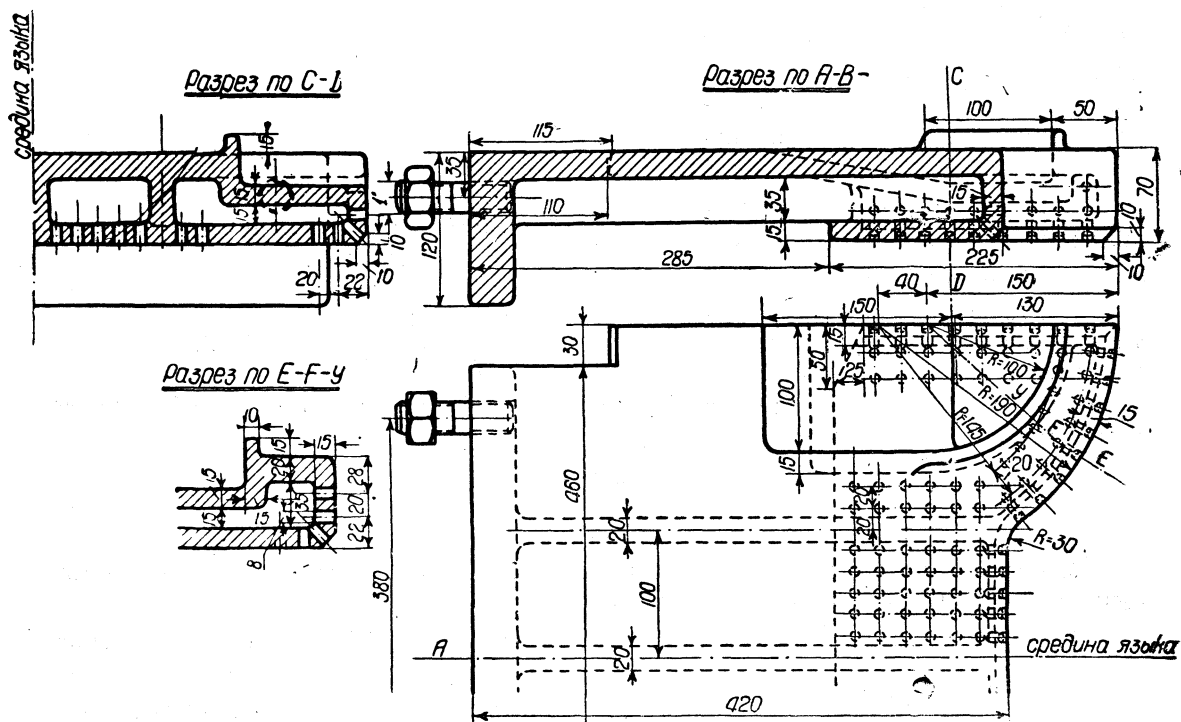
Дуплекс для распыливания угля применяются сопла диаметрами в 3,55 ( $\frac{9}{64}$ " ), 4,73 ( $\frac{3}{16}$ " ) и 6,35 мм ( $\frac{1}{4}$ " ). На Балтиморо-Огайской железной дороге (США) отверстие сопла для того же типа стокеров принимается в пределах от 12,7 ( $\frac{1}{2}$ " ) до 15,88 мм ( $\frac{5}{8}$ " ). Износ отверстий сопла допускается не более 1,57 мм ( $\frac{1}{16}$ " ).

В нижней части плиты языка находятся три ребра жесткости, которыми она опирается о нижнюю половину шуровочного отверстия топки. Основные размеры плиты видны из чертежа (фиг. 545).

В передней части верхняя горизонтальная плоскость плиты, изгибаясь вниз, переходит в вертикальную стенку и затем, частично перекрывая нижнюю переднюю часть языка, образует горизонтальную полку.

В нижней горизонтальной полке и в вертикальной передней стенке образован ряд отверстий диаметром в 8 мм, через которые проходит в топку засасываемый под головкой стокера воздух, охлаждающий язык и предохраняющий его от обгорания.

В качестве материала для языка стокера применен чугун (ЧЛ4).



Фиг. 545. Язык стокера.

В качестве материала для языка желательно применение металла, подобного упоминавшемуся нами для распыляющего порошка, или же высокохромистого чугуна с присадкой кремния и марганца.

В этом отношении заслуживают внимания данные опытов по изготовлению огнеупорных и кислотоупорных чугунов,<sup>1</sup> показывающие, что:

1) теплоустойчивость и сопротивление окислению увеличиваются с увеличением содержания хрома (Cr); при содержании Cr от 15% и выше можно считать материал весьма огнеупорным;

2) при повышении содержания Si до 4% и Mn до 1,2% и при содержании Cr от 10 до 12% достигается весьма высокая теплоустойчивость;

3) для чугунов, которые при высоких температурах находятся в окисленной атмосфере (печная арматура, реторты и т. п.), наиболее благоприятным является состав, содержащий 15% Cr, отличающийся высокой теплоустойчивостью и высокими механическими свойствами.

<sup>1</sup> См. „Вестник металлопромышленности“, 1930, № 8.

Единственным, хотя и весьма существенным, неудобством применения высокохромистых чугунов является то, что они поддаются обработке только шлифовкой. Однако исчерпывающих опытов с применением обрабатывающего инструмента из специальных сплавов (Видиа, Победит и др.) для обработки этих чугунов не производилось.

В новейшем стокере Lower'a на верхней плоскости плиты языка образовано семь ребер, расположенных веерообразно и служащих не только для придания жесткости плите, но также и в качестве направляющих устройств для более правильного распределения угля по колосниковой решетке.

### ПАРОВАЯ КОЛОНКА

Регулировка работы паровых сопел распыливающего порошка осуществляется при помощи пяти вентилях паровой колонки стокера. Колонка укрепляется на кронштейне с левой стороны лобового листа кожуха топки в месте, наиболее удобном для помощника машиниста, управляющего работой стокера, и представляет собой стальной литой корпус, снабженный рядом приливов. В верхней части приливов расположены запорные паровые клапаны с выведенными наружу маховичками, регулирующие подвод пара к пяти трубкам, соединяющим колонку с камерами распыливающего порошка.

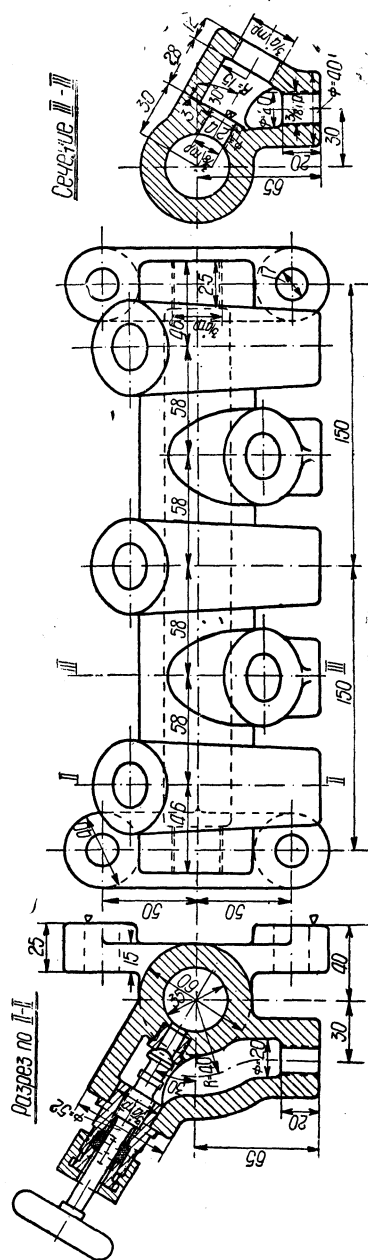
Седлом для каждого из клапанов служит втулка с проходным отверстием диаметром в 10 мм, вворачиваемая на трубной резьбе диаметром в  $\frac{3}{8}$ " в тело корпуса колонки (фиг. 546). Во избежание ржавления конусной притирочной поверхности втулка изготавливается из нержавеющей стали или из бронзы.

Клапан имеет шаровую ( $r=8$  мм) притирочную поверхность и изготавливается заодно со шпинделем из нержавеющей стали.

Перемещение клапана производится при помощи трапецевидной нарезки как на средней части шпинделя, так и в стальном штуцере. Наружный диаметр нарезки 14 мм и шаг 3 мм. В верхней части штуцера шпинделя сделано уплотняющее сальниковое устройство, предупреждающее возможность протекания пара вдоль шпинделя наружу.

Как уже упоминалось выше, пар для работы распыливающего порошка отбирается из пароразборной коробки, у которой в месте присоединения паропровода имеется отдельный клапан.

Удлиненный при помощи шарнирных соединений Гук шпиндель клапана вы-



Фиг. 546. Паровая колонка.

веден внутрь будки машиниста и снабжен маховичком, дающим возможность отделения пароразборной колонки от паровой стокерной колонки в случае ее ремонта.

Увеличение или уменьшение притока пара к сопловым отверстиям распыливающего порошка осуществляется при помощи общего промежуточного вентиля, установленного с левой стороны лобового листа топки на паропроводной трубке к паровой стокерной колонке. Производить регулировку работы паровых сопел непосредственно пятью вентилями паровой колонки не рекомендуется; клапаны колонки должны быть открыты лишь настолько, насколько это необходимо для нормальной работы паровоза.

В качестве материала для изготовления паровой колонки применена литая сталь (ЛСт1). Опыт отливки этой детали на Коломенском заводе указал на желательность упрощения ее формы, так как внутренние отверстия (диаметр 20 мм) в приливах для прохода пара при отливке заплывали. Кроме того, форма отливки (возможно и невысокое качество формовочной земли и неудовлетворительная сушка формы) затрудняет выход газов, вследствие чего в верхней части приливов создаются „свищи“ (раковины), ведущие к значительному проценту брака. Можно ожидать, что применение сварной конструкции вместо литой даст положительные результаты, значительно уменьшив вес<sup>1</sup> детали и упростив ее изготовление.

## РЕДУКТОР

Вращение конвейерных винтов, передвигающих уголь из тендера к паровозу, осуществляется при помощи зубчатой передачи, которая заключена в стальной, герметически закрывающейся коробке (кожухе), наполненной густой смазкой (вазелин).

Коробка зубчатой передачи крепится к задней стенке угольного корыта стокера восемью болтами диаметром в  $\frac{3}{4}$ ". Связанное с большим конвейерным винтом зубчатое колесо приводится во вращение малой ведущей шестерней, соединенной шарнирным промежуточным валом с машиной стокера, расположенной в передней части тендера с левой его стороны.

Передаточное число между ведущей шестерней (модуль = 7, число зубьев  $z_1 = 12$ ) и зубчатым колесом ( $z_2 = 81$ ):

$$i = \frac{z_1}{z_2} = \frac{1}{6,75}.$$

Максимальное число оборотов ведущей шестерни  $n = 100$  об/мин.

Малая шестерня изготавливается заодно с двумя цапфами, опирающимися на бронзовые втулки, запрессованные как в тумбу коробки, так и в тумбу крышки.

К материалу зубьев как малой (ведущей) шестерни, так и большого (ведомого) зубчатого колеса предъявляются повышенные требования в виду возможности возникновения в них высоких напряжений при остановке машины вследствие перегрузки или при ударном действии винтовых лопастей конвейера на крупные куски угля. Сталь для зубьев после закалки и отпуска должна иметь следующие механические свойства:

временное сопротивление разрыву —  $10\,000$  кг/см<sup>2</sup>,

---

<sup>1</sup> Литой корпус колонки весит  $\sim 10,5$  кг.

удлинение — не менее 12%.

Химический состав стали (в процентах):

C = 0,35,

Mn = 0,50,

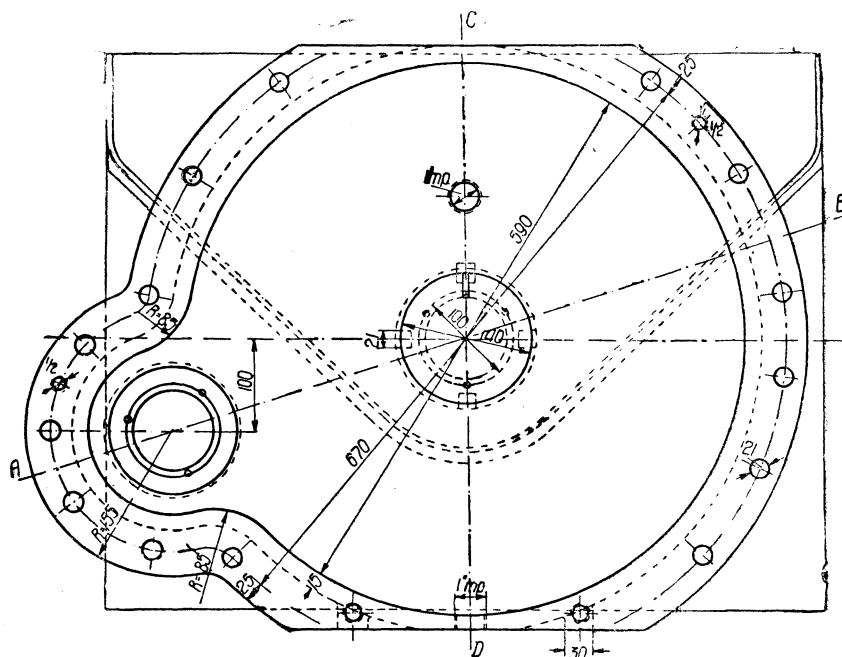
Si = 0,40,

P ≤ 0,04,

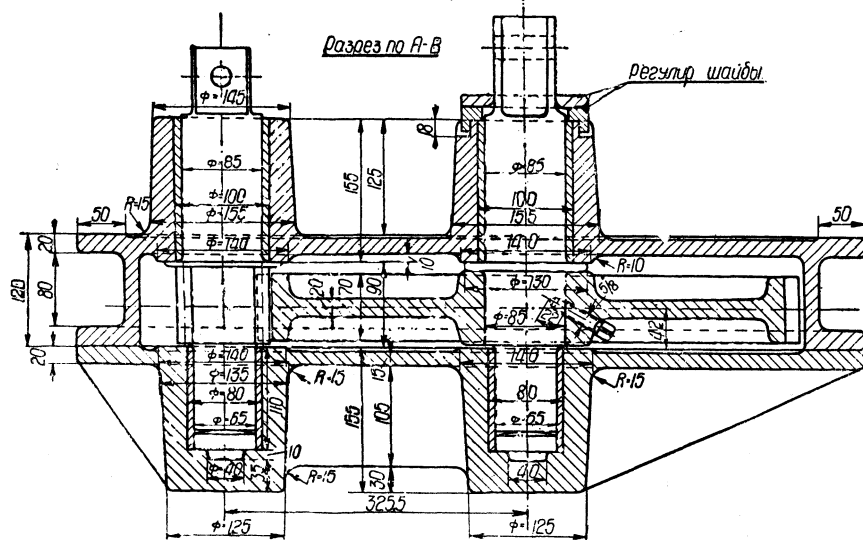
S ≤ 0,04,

Cr ≤ 1,00,

Ni ≤ 3,00



*Вид на редукторную коробку при снятой крышке*



Фиг. 547. Редукторная коробка стокера.



Перед изготовлением деталей материал зубчатого колеса и шестерни тщательно проковывается.

Как уже упоминалось выше, шестерни работают в густой смазке, при чем в зимнее время целесообразно вводить в смазку небольшое количество керосина, предотвращающего чрезмерное сгущение вазелина.

Смена смазки может быть произведена без разъема крышки с кожухом, для чего загрязненная смазка разжижается керосином и удаляется из нижней части кожуха через соответствующее отверстие, обычно закрытое пробкой на резьбе.

Заполнение кожуха свежей смазкой производится при помощи специального ручного пресса для густой смазки через отверстие в верхней половине крышки кожуха.

Формы кожуха и крышки редуктора определяются размерами зубчатого колеса и шестерни, при чем учитывается желательная величина зазора между головкой зубьев и внутренним очертанием стенки кожуха.

Толщина стенок кожуха и крышки принята равной 15 мм, так как при более тонких стенках не может быть гарантирована доброкачественность стального фасонного литья, получаемого из маргеновских печей.

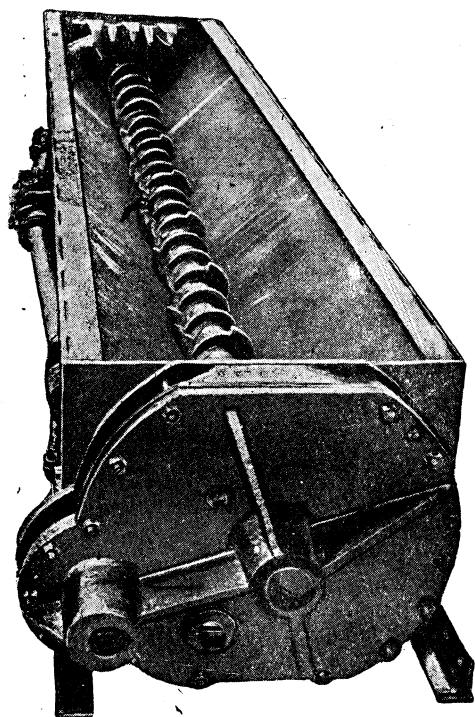
Ответственная роль, выполняемая кожухом и его крышкой в качестве опор для вала зубчатого колеса и цапф малой шестерни, передающих и воспринимающих значительные окружные и аксиальные усилия, потребовала применения в них ЛСт1.

По соображениям прочности и во избежание коробления отливки при остывании с наружной стороны крышки ко-

жуха крестообразно расположены ребра толщиной в 18 мм (фиг. 548).

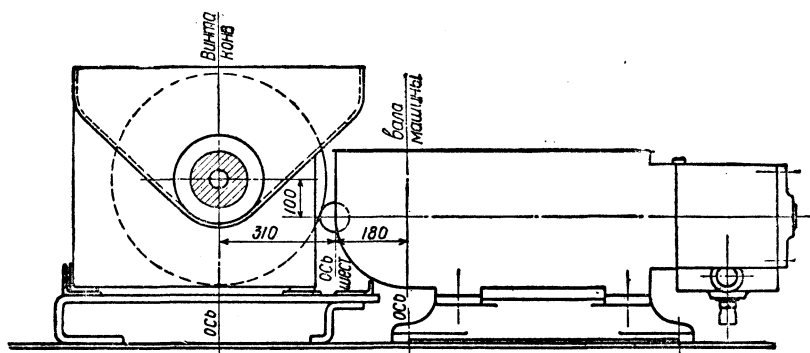
Малая шестерня редуктора находится по высоте на одном уровне с осью коленчатого вала паровой машины стокера. В плане ось шестерни расположена на 180 мм ближе к продольной оси паровоза, чем ось коленчатого вала машины. Это несовпадение оси шестерни с осью коленчатого вала объясняется невозможностью приблизить машину стокера к продольной оси паровоза по условиям габарита корыта стокера (фиг. 549).

Изменение же положения оси шестерни до совмещения ее с осью вала машины стокера вызвало бы: а) изменение передаточного числа зубчатой передачи; б) чрезмерное развитие габаритных размеров редуктора (что недопустимо по условиям размещения корыта в нижней части угольной ямы тендера); в) увеличение габаритных размеров корыта стокера, а следовательно и значительное увеличение веса стокера. Если ко всему сказанному добавить, что соединение ма-



Фиг. 548. Расположение редуктора на задней стенке корыта стокера.

нишы с редуктором, даже при совпадении осей шестерни и коленчатого вала в двух плоскостях, потребует все же применения шарнирного или телескопического вала (в виду чрезвычайной трудности соблюдения при сборке точного расстояния между редуктором и машиной), то станет очевидной нецелесообразность всех этих переделок.

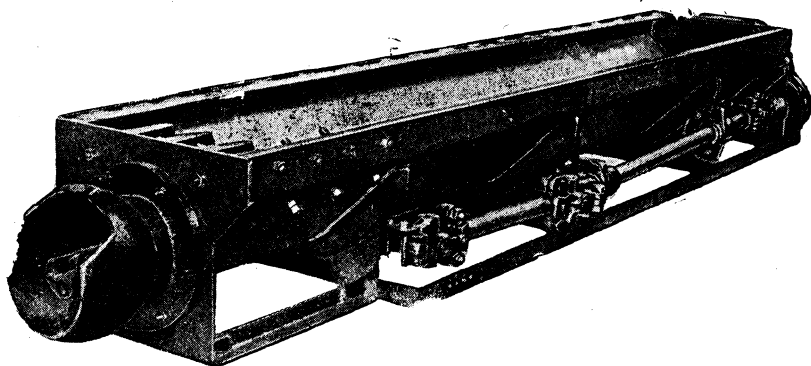


Фиг. 549. Взаимное расположение машины и корыта стокера

### ШАРНИРНЫЙ ВАЛ

Вал, соединяющий зубчатую передачу с машиной стокера, состоит из двух звеньев — большого и малого вала диаметром в 70 мм, — связанных между собой шарнирами Гука (фиг. 550).

Такого рода соединение осуществлено между машиной и валом, с одной стороны, и между валом и редуктором, с другой (фиг. 550).



Фиг. 550. Расположение шарнирного вала на корыте стокера.

Конструкция шарниров чрезвычайно проста и допускает их легкую разборку и установку, не требуя при этом ни специального инструмента, ни высокой квалификации работника.

Узел шарнирного соединения состоит из четырех щек, связываемых попарно двумя болтами диаметром  $1\frac{1}{8}$ ", пропущенными через уши обеих половин шарнира, и одного камня (креста) с четырьмя цапфами длиной в 52 мм и диаметром в 38 мм, расположенными в одной плоскости под углом в  $90^\circ$  друг к другу.

Таким образом после сборки шарнирного узла каждая пара щек распола-

гается в одной из двух взаимно перпендикулярных плоскостей, что позволяет иметь в данном шарнире две степени свободы.

Соединение каждой пары щек с валом осуществляется при помощи сквозного болта диаметром в  $\frac{3}{4}$ " , пропущенного через отверстия в квадрате вала и щеках шарнира. Помимо этого квадрат вала зажимается в щеках шарнира обоими болтами, пропущенными через уши шарнирных щек.

Так как при установке машины стокера чрезвычайно трудно соблюсти точное расстояние между редуктором и машиной, то в одном из квадратных концов шарнирного вала (большое звено) отверстие для сквозного болта, связывающего вал со щеками шарнира, сделано овальным, допускающим погрешность в установке машины по отношению к редуктору до 20 мм.

Чтобы концевые опоры коленчатого вала стокерной машины и цапфы малой шестерни редуктора не получали дополнительного износа под действием веса шарнирного вала, в последнем образованы две промежуточные опоры, осуществленные в виде подшипников с чугунными втулками.

Каждый из подшипников укрепляется на вертикальных опорных листах каркаса стокерного корыта пятью болтами диаметром в  $\frac{3}{4}$ " .

В качестве материала для щек шарниров принята литая сталь (ЛСт1).

Камень (крест) шарнира изготовлен из стальной поковки (Ст5) с последующей обработкой на токарном станке.

Материалом для звеньев шарнирного вала принята сортовая (прокатанная) сталь (Ст5).

#### **КЛАПАН РЕВЕРСИРОВАНИЯ СТОКЕРНОЙ МАШИНЫ**

Машина стокера, как уже упоминалось, — реверсивная, при чем перемена направления вращения машины осуществляется при помощи золотникового устройства (фиг. 551), включенного последовательно в паропровод к машине стокера.

Ручной привод золотника перемены хода выведен в контрбудку тендера с левой стороны.

При передвижении цилиндрического клапана-золотника в верхнее крайнее положение пар, поступающий по паропроводящей трубе в штуцер 1 корпуса клапана, идет по кольцевому проходу вокруг средней части золотника (фиг. 551, сечение *ВВ*) и поступает через штуцер 2 в паровпускной канал золотниковой коробки машины стокера.

В этом случае цилиндрические золотники машины работают по принципу внутреннего впуска, а машина стокера работает на прямой ход, т. е. вращает конвейерные винты в направлении, при котором уголь движется от тендера к паровозу.

Отработанный пар по паропроводящей трубе поступает из машины в штуцер 3, т. е. под золотник, заполняет внутренний золотниковый канал, но, будучи отделен кольцами золотника от пространства, занимаемого свежим паром, и не имея иного выхода, проходит через нижний штуцер 4 в соединенную с ним паровоотводную трубу и далее в атмосферу.

При перемещении золотника в среднее положение верхние его кольца перекрывают отверстие, ведущее в штуцер 2, а нижние кольца преграждают доступ свежего пара к штуцеру 3, в результате чего свежий пар остается заклю-

ченным в кольцевом проходе между золотником и стенками корпуса клапана, доступа пара в машину не будет, и работа стокера прекращается.

При крайнем нижнем положении золотника нижние его кольца открывают отверстие, ведущее к штуцеру 3, а верхние опускаются ниже отверстия штуцера 2 и соединяют последний с внутренним каналом золотника клапана и штуцером 4, т. е. с атмосферой. В этом случае пар по кольцевому проходу вокруг золотника поступает в штуцер 3, соединенный трубой диаметром в 1" с паровыпускными каналами золотниковой коробки машины стокера. Золотники машины начинают работать с наружным впуском, давая пар в машину по прежним паровыпускным каналам и отводя отработанный пар по-прежнему паровпускному каналу, т. е. каналы меняются функциями.

Этот метод изменения хода паровой машины чрезвычайно прост конструктивно и надежен в эксплуатации, не требуя наличия двойных эксцентриков и кулисного механизма.

В виду того что отверстия (диаметром в 24 мм) для штуцеров 1 и 2 значительно меньше отверстия (диаметром в 40 мм) для штуцера 3, последнее снабжено ребром, предупреждающим возможность расхождения стыка нижних колец золотника при переключении машины стокера на обратный ход (сечение СС).

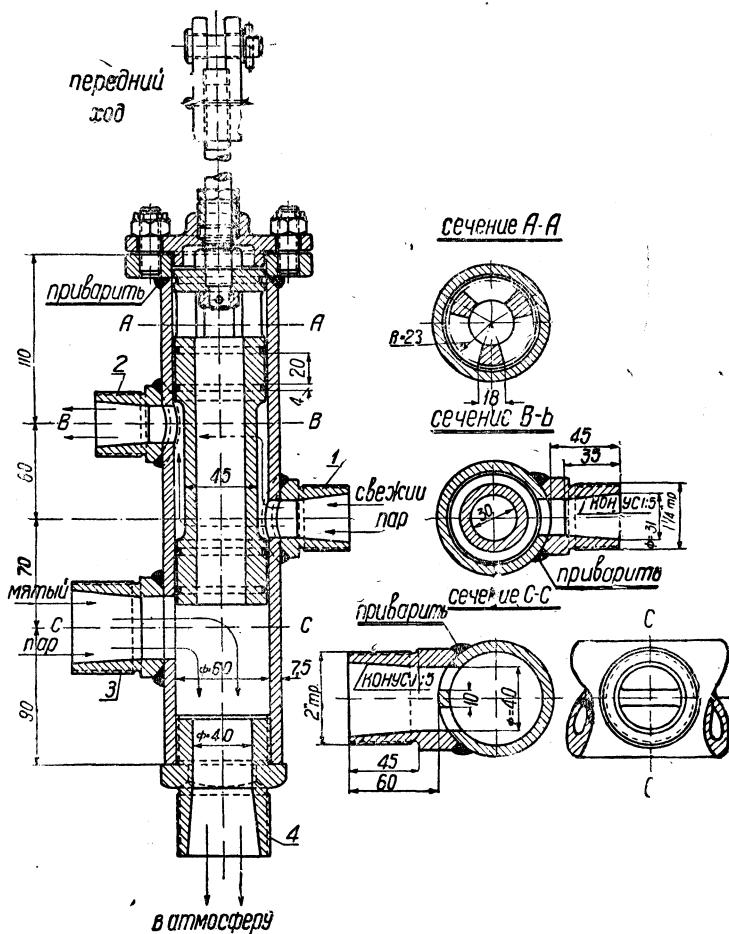
Лубрикатор, соединенный с паропроводом свежего пара, подает смазку как для машины стокера, так и для золотника клапана перемены хода.

Крышка верхней части корпуса клапана снабжена сальниковым устройством, через которое проходит золотниковый шток, соединенный с ручным приводом.

Как видно из фиг. 551, сварная конструкция корпуса клапана перемены хода проста и удобна в изготовлении.

В качестве материала для корпуса клапана и золотника применена Ст0.

Кольца золотников — чугунные, прямоугольного сечения, шириной в 4 мм и высотой в 2 мм.



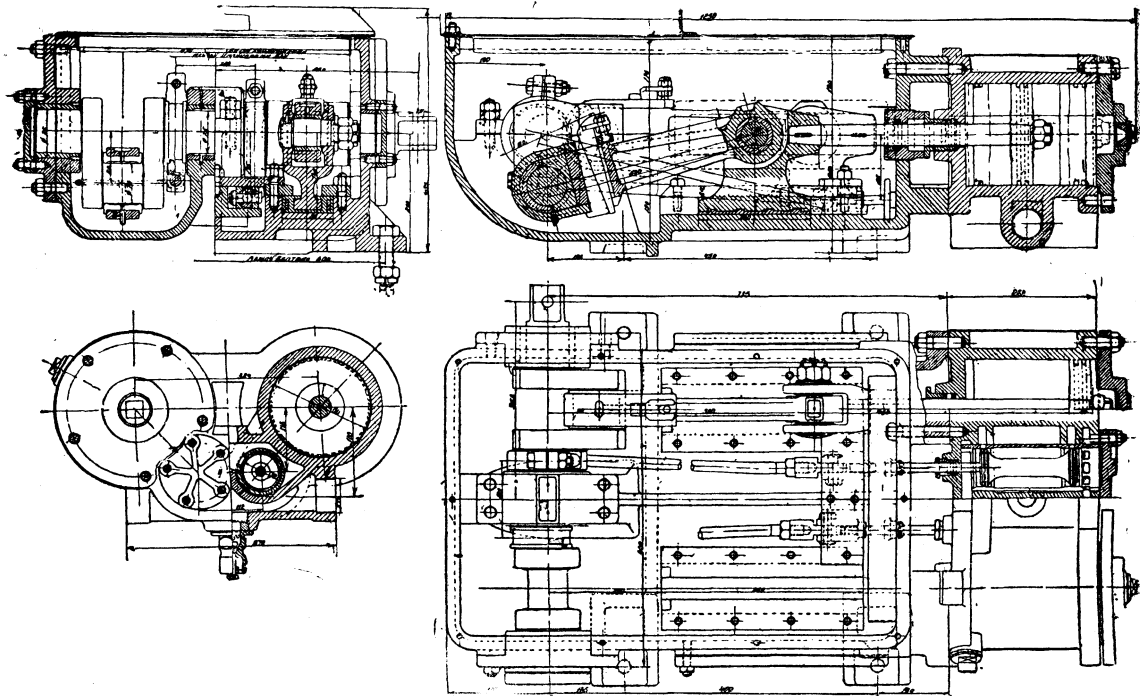
Фиг. 551. Пусковой клапан машины стокера.

Следует отметить, что в пусковом клапане стокера В-К как корпус клапана, так и золотники изготовлены из бронзы.

Опыт годичной работы стокера ЦЛПБ-1 показал, что количество смазки, подводимой свежим паром, вполне достаточно для работы колец золотника; при осмотре деталей стокера признаков ржавления внутренней поверхности клапана не обнаружено, что подтвердило целесообразность замены дефицитного цветного литья сталью.

### МАШИНА СТОКЕРА

Машина, приводящая во вращение конвейерные винты стокера, — горизонтальная, двухцилиндровая, тихоходная, реверсивная, с цилиндрами диаметром



Фиг. 552. Общий вид машины стокера.

в 180 мм и ходом поршня в 180 мм. Расстояние между осями цилиндров — 324 мм (фиг. 552).

Теоретическая мощность машины при 100 об/мин и давлении пара в цилиндрах в  $15 \text{ кг/см}^2$  составляет 26,5 л. с.

Габаритные размеры машины в собранном виде: длина — 1230 мм, ширина — 670 мм, высота — 435 мм, вес  $\sim 650 \text{ кг}$ .

Цилиндры машины представляют собой отдельную отливку и крепятся к картеру машины при помощи 12 шпилек диаметром в  $\frac{3}{4}$ ", расположенных по полуокружности, по 6 шпилек с наружной стороны каждого из цилиндров.

Чтобы разгрузить шпильки от действия веса цилиндров, в верхней части серповидных привалочных плоскостей последних образованы разгрузочные выступы, опирающиеся на верхнюю часть привалочных плоскостей картера.

Золотниковая коробка расположена между обоими цилиндрами в нижней их части. Такое расположение золотников дает возможность компактного размещения механизма машины в картере и обеспечивает легкую доступность каждой детали движущего механизма для осмотра, сборки и разборки.

Расстояние между осями золотников равно 112 мм.

Подвод пара к машине осуществляется в пространство между дисками цилиндрических золотников (внутренний выпуск) через отверстие в верхней части золотниковой коробки.

Выпуск отработанного пара производится через боковое отверстие в нижней части золотниковой коробки, сообщающееся с пространством по обе стороны золотниковых дисков с наружной их стороны.

Работа золотников происходит по чугунным, запрессованным в золотниковую коробку втулкам, рабочая толщина стенок которых — 7,5 мм.

Стремление к созданию машины, совмещающей максимальную компактность с условием пуска под нагрузкой при любом положении кривошипов, привело к выбору постоянного наполнения (отсечки), принятого равным приблизительно 90%.

Элементы парораспределения характеризуются следующими данными:

эксцентриситет эксцентрика  $r=10$  мм,

угол заклинки эксцентрика  $\alpha=12^{\circ}50'$ ,

линейное опережение  $a=2,3$  мм,

перекрыша впуска  $e=0,5$  мм,

перекрыша выпуска  $i=0,2$  мм,

диаметр золотников  $d=70$  мм,

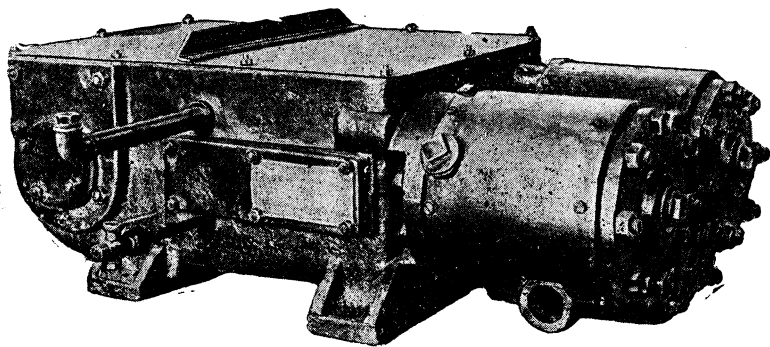
площадь сечения паровпускных окон одной стороны  $f \approx 10$  см<sup>2</sup>,

наименьшая площадь сечения пароисходящих окон со стороны крышки  $f_1=16,5$  см<sup>2</sup>.

По данным Техбюро НКПС расход пара на 1 л. с. час при испытании стокерной машины составляет  $\sim 18$  кг (при работе перегретым паром).

Данными опытов, произведенных Институтом реконструкции тяги (ИРТ) НКПС с американским стокером В-К, установлена зависимость между расходом пара машиной стокера, форсировкой колосниковой решетки и родом топлива, применяемого для отопления паровоза (фиг. 554 и 555).

Каждый золотник имеет два пружинящих кольца таврового сечения (по одному с каждой стороны) толщиной в 6 мм и рабочей шириной в 9,7 мм. Расстояние между внутренними кромками колец — 149 мм. Оба золотниковых диска сделаны отъемными для облегчения заводки колец и их осмотра.

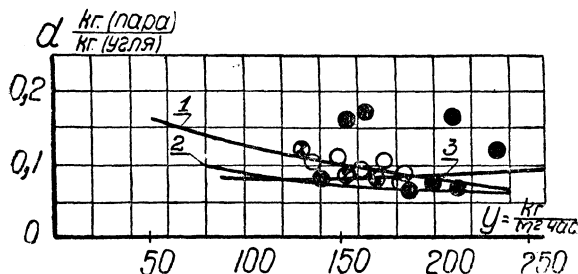


Фиг. 553. Машина стокера.

Опыт работы стокера ЦЛПБ-1 в течение года показал, что кольца золотников работают безукоризненно.

В качестве материала для цилиндров машины стокера применен чугун (ЧЛ1).

Во избежание скопления воды при конденсации пара в нижней части золотниковой коробки поставлен автоматически действующий водоспускной клапан (фиг. 556).



Фиг. 554. Диаграмма расхода пара машиной стокера (паровоз Т<sup>Б</sup>).

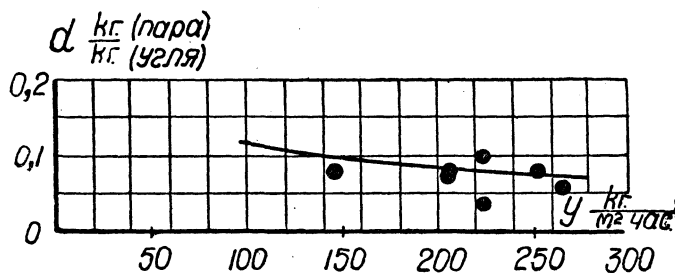
Состав угля  
 ○ — 50% ПЖ + 50% АРШ  
 ● — 30% ПС + 30% Г + 40% АК  
 ● — 180% ПС

Высота подъема клапана регулируется при помощи гайки, навинченной на хвостовик клапана.

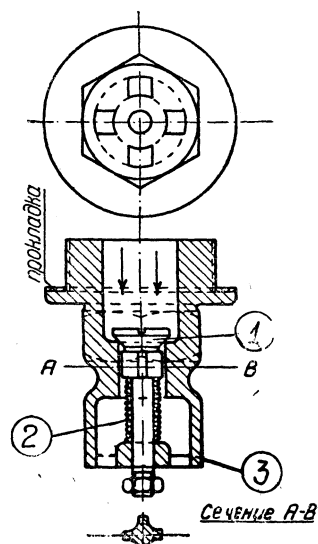
Возможность перекоса клапана устраняется наличием в нижней части корпуса 3 направляющего устройства, через которое пропущен хвостовик клапана.

Поршень машины стокера изготовлен из чугуна (ЧЛ1) и снабжен двумя пружинящими кольцами прямоугольного сечения шириной в 7 мм и высотой в 6,5 мм. Удельное давление между кольцами и стенками цилиндра — 0,4 кг/см<sup>2</sup>.

В целях упрощения отливки толщина диска поршня принята постоянной и равной ширине его нижней опорной поверхности (38 мм).



Фиг. 555. Диаграмма расхода пара машиной стокера (паровоз Т<sup>А</sup>). Состав угля — 50% ПЖ + 50% АРШ.



Фиг. 556. Автоматический водоспускной клапан.

Посадочная часть поршня в соединении со скалкой толщиной в 40 мм расточена под конус 1:15.

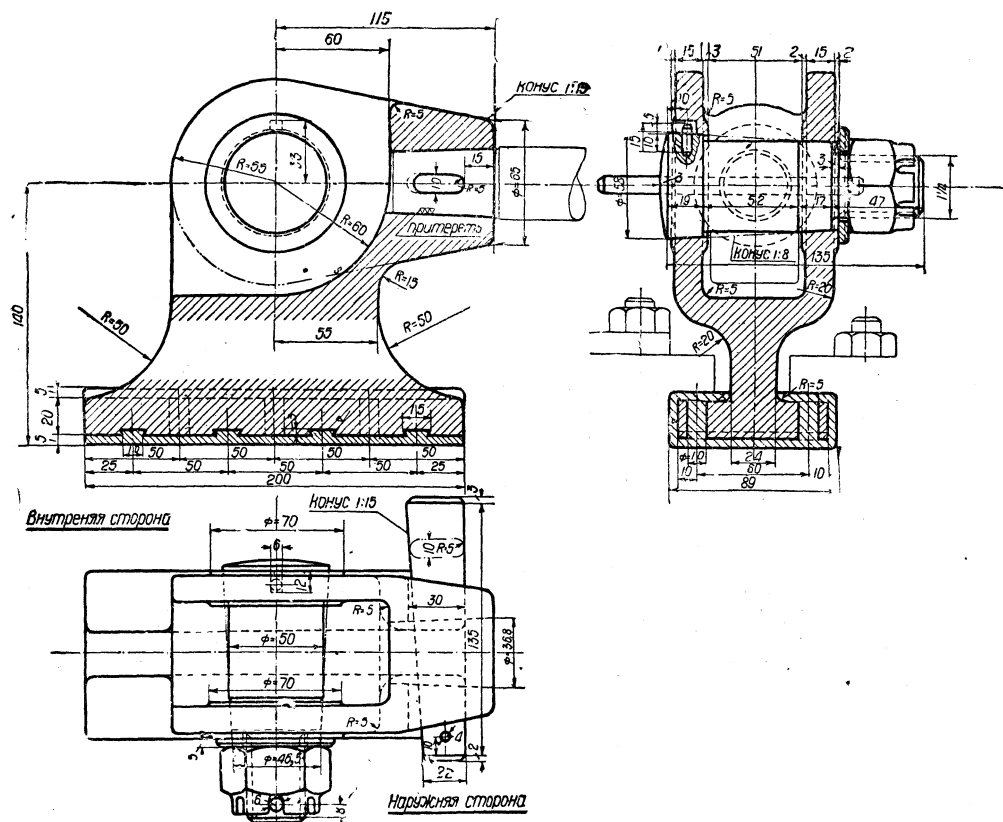
Закрепление поршня на скалке достигается при помощи корончатой гайки диаметром в 1 1/8".

Скалка поршня диаметром в 38 мм изготовлена из прокованной стали с повышенными механическими свойствами (Ст5пов).

В соединении с кулаком задняя часть скалки также принята коническая (1:15).

Крейцкопф стокерной машины имеет как для переднего, так и для заднего хода одноплоскостную рабочую поверхность, залитую для уменьшения трения баббитом (фиг. 557). Прочность соединения баббитовой заливки с телом крейцкопфа достигается при помощи четырех поперечных пазов, выполненных в форме ласточкина хвоста, простроганных в нижней части тела крейцкопфа.

С этой же целью в полках рабочих плоскостей кулака перед их заливкой баббитом просверливается шесть сквозных отверстий диаметром в 10 мм, по три с каждой стороны. После заливки баббитом эти отверстия как бы соединяют



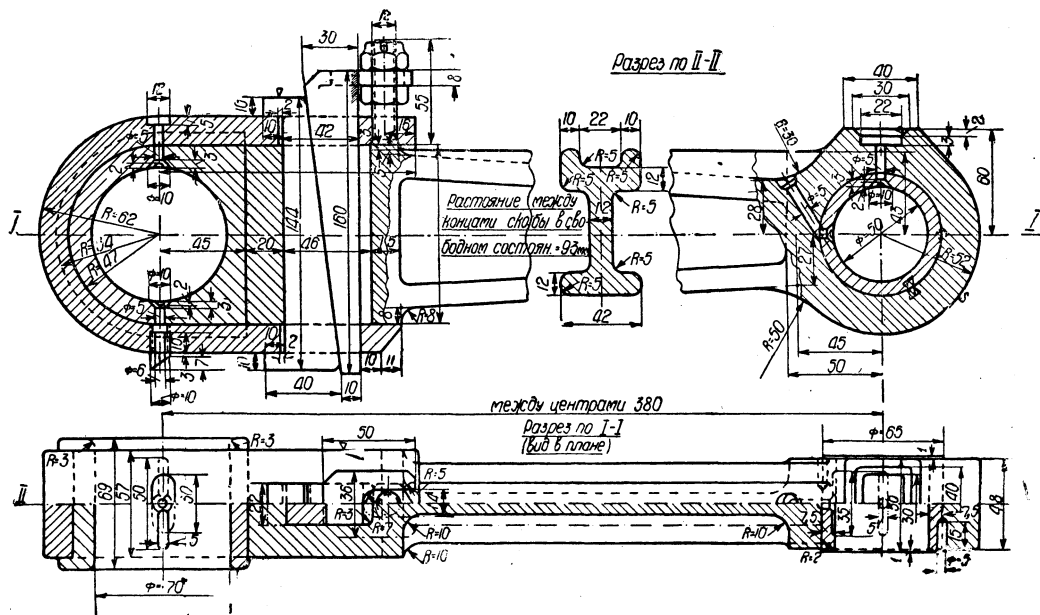


удельного давления будет: для переднего хода  $0,5 - 0,67 \text{ кг/см}^2$  и для заднего хода  $0,9 - 1,23 \text{ кг/см}^2$ .

Повышение же давления пара в цилиндрах машины до полного котлового возможно лишь при остановке стокера, а в этом случае вертикальная составляющая от силы, действующей по шатуну, будет восприниматься неподвижным крейцкопфом, и следовательно работы трения между крейцкопфом и его направляющей не будет.

В качестве материала для изготовления крейцкопфа применена литая сталь (ЛСТ1).

Длина рабочей поверхности (цилиндрической части) валика крейцкопфа 50 мм, диаметр — 50 мм.



Фиг. 558. Шатун паровой машины стокера.

Закрепление валика в кулаке производится при помощи корончатой гайки диаметром в  $1\frac{1}{4}$ " , навинчиваемой на хвостовик валика.

В опорной конусной части валика для предупреждения проворачивания про-  
сверливается глухое отверстие диаметром в 10 мм, куда вставляется стальной цилин-  
дрический штифт, входящий верхней своей частью в паз щеки крейцкопфа.

Валик кулака изготовлен из стали (Ст2) с последующей ее цементацией.

Толщина крейцкопфного клина (уклон 1:15)—10 мм; изготовлен клин из стали с повышенными механическими свойствами (Ст5).

Применение в машине стокера коленчатого вала определяет собой конструкцию шатунов паровой машины; шатуны выполнены с разъемной задней головкой в виде стальной скобы (ленты) шириной в 57 мм и толщиной в 15 мм, охватывающей бронзовые вкладыши подшипника и соединяющейся с телом шатуна при помощи двух затяжных клиньев (уклон 1:8). Один из клиньев, будучи подвижным, регулирует степень затяжки вкладышей по шейке вала (фиг. 558).

Фиксация положения подвижного клина осуществляется при помощи двух

нотрольных гаек, навинченных с обеих сторон вилки подвижного клина на шпильку, пропущенную через прорез вилки и укрепленную в верхней части скобы.

Для обеспечения лучшего подвода смазки к трущимся поверхностям вкладышей задней головки шатуна в нижней части скобы, охватывающей вкладыши, поставлена смазочная трубка со скошенным концом, обращенным в сторону преимущественного направления вращения вала машины. При работе машины, когда головка шатуна проходит в нижней части картера, скошенный край трубки захватывает масло, и таким образом создается как бы „пульсирующая“ смазка нижней половины рабочих плоскостей вкладышей шатуна.

Верхняя половина вкладышей смазывается следующим образом: капли масла, разбрызгиваемого при работе машины, попадают в углубление в верхней наружной части скобы шатуна, откуда по каналу масло поступает к трущимся поверхностям вкладышей. С той же целью двутавровому сечению шатуна в верхней его части придана желобчатая форма с наклоном к передней головке: капли разбрызгиваемого масла, попадая на верхнюю часть шатуна, стекают к каналу диаметром 5 мм, подводящему смазку к рабочей поверхности втулки, запрессованной в передней головке шатуна.

Смазка верхней части втулки производится так же, как и смазка верхней половины подшипника задней головки.

Для предотвращения от проворачивания между втулкой и телом передней головки поставлено два цилиндрических штифта диаметром в 5 мм.

В качестве материала для шатуна применена литая сталь (ЛСт1), что значительно удешевляет изготовление за счет сокращения обработки штанги.

Перемещение золотников машины стокера производится двумя разъемными по диаметру эксцентриковыми хомутами, охватывающими выточенные заодно с валом эксцентриковые шайбы (фиг. 559 и 560). В верхней части уши хомутов стянуты болтом диаметром в  $\frac{3}{4}$ ".

Нижняя часть хомутов (фиг. 559) соединена с задним концом эксцентриковой тяги, снабженным нарезкой диаметром в  $\frac{3}{4}$ ". Таким образом задний конец тяги служит одновременно как бы нижним болтом, соединяющим обе половины хомута.

Эксцентриковые хомуты выполнены из Ст3.

Бронзовые рабочие поверхности трения наплавлены автогенным способом на стальную поверхность хомута, для чего последняя снабжена посредине проточкой в форме ласточкина хвоста глубиной в 5 мм.<sup>1</sup>

Как показали испытания предварительно выполненных Коломенским заводом опытных наплавов, при нагревании до 600° расслоения бронзы со сталью не происходило. Однако нужно отметить, что качество соединения в значительной степени зависит от подготовки стальной поверхности перед наплавкой (обезжиривание, чистота поверхности и т. п.).

Результаты годичной эксплуатации стокера ЦЛПБ-1 показали с достаточной убедительностью, что метод автогенной наплавки бронзы на стальную поверхность в известных условиях является вполне целесообразным, способствуя экономии цветных металлов.

---

<sup>1</sup> В американском стокере В-К эксцентриковые хомуты изготовлены целиком из бронзы.

Для улучшения смазки эксцентриковых хомутов в их верхней передней части поставлена открытая масленка, куда попадают капли разбрызгиваемого при работе машины масла, стекающего затем по каналу к трущимся поверхностям.

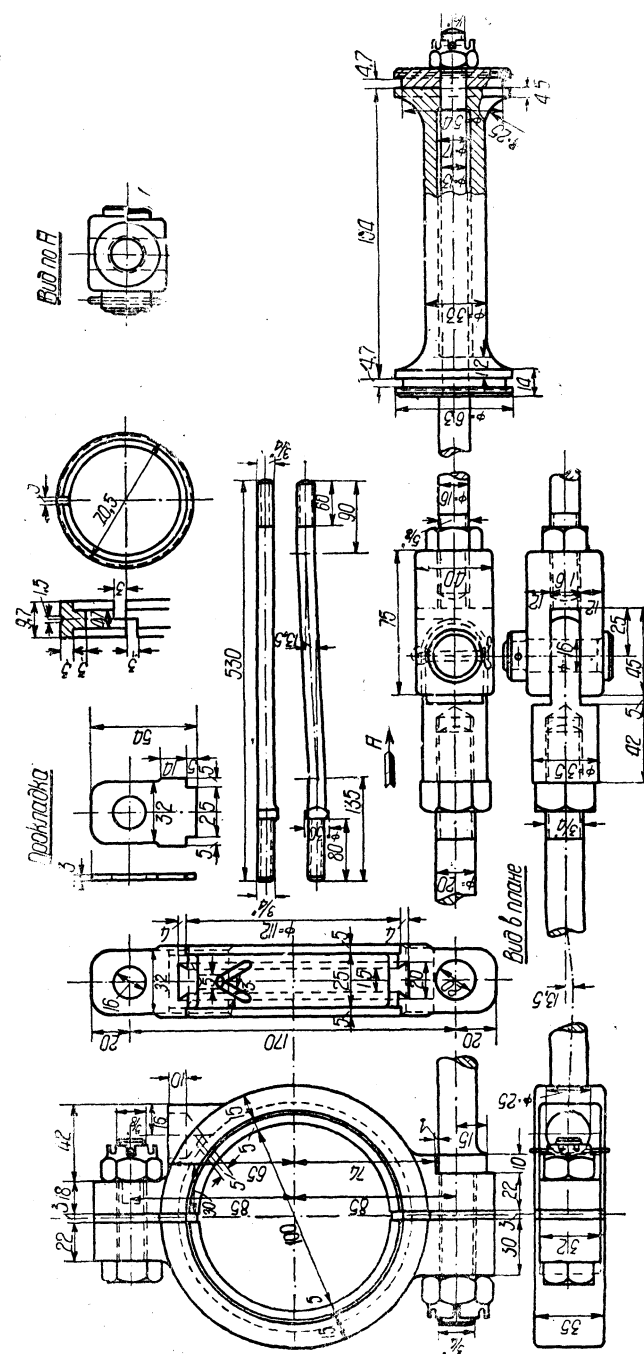
Передний конец эксцентриковой тяги при помощи нарезки диаметром в  $\frac{3}{4}$ " соединяется с шарниром золотникового штока, выполняющего как бы роль золотникового кулачка, работающего по направляющим.

Верхняя направляющая шарнира золотникового штока осуществлена в виде стальной планки шириной в 75 мм, укрепляемой своими концами на верхних направляющих крейцкопфа, выполненных также в виде отъемных планок (фиг. 552).

Нижняя направляющая таврового сечения крепится к средней части верхней направляющей на двух болтах диаметром в  $\frac{3}{8}$ ".

Опорой для шарниров золотниковых штоков служат горизонтальные полки тавра.

Для облегчения регулировки парораспределительного механизма при его осмотре и ремонте на передней части эксцентриковой тяги и задней части золотникового штока ставятся контрольные отметки, и правильность установки золотников проверяется при помощи контрольного крю-



фиг. 559. Парораспределительный механизм машины стокера.

чка (скобы), расстояние между концами которого равно расстоянию между контрольными отметками.

Расположенный на трех опорах картера двухколенчатый вал машины стокера изготовлен из стали с повышенными механическими свойствами (Ст5пов).

Основные размеры его ясно видны из чертежа (фиг. 560). Отметим лишь, что в мотылевых шейках просверлены как в осевом, так и в радиальном направлении отверстия диаметром в 8 мм. Отверстия эти служат для вспомогательного подвода смазки к наружной поверхности мотылевых шеек. С этой целью в щеках мотылей поставлены трубки со скошенными концами, работающие аналогично трубкам задней головки ведущего дышла.

Размеры и форма чугунного (ЧЛ1) картера машины стокера определялись в каждой части габаритными размерами и кинематикой отдельных деталей расположенного в картере движущего механизма, а также стремлением к созданию максимально простых и отвечающих требованиям литейной техники форм.

В целях уменьшения коробления, могущего возникнуть в результате внутренних напряжений в материале отливки при его неравномерном остывании, толщина стенок в различных сечениях картера сохранена по возможности одинаковой (15 мм). Отчасти с той же целью внутренняя задняя часть картера, где расположен коренной подшипник, связана с передней частью сильным наклонным ребром, что также диктуется требованиями механической прочности коренной опоры коленчатого вала, воспринимающей значительную часть усилия, передаваемого машиной на коленчатый вал.

Направление вращения коленчатого вала при переднем ходе машины было принято против часовой стрелки в целях компактности размещения деталей в картере и простоты конструкции самого картера. В результате этого вертикальная составляющая от силы, передаваемой по шатуну, будучи направленной вниз, прижимает крейцкопф ко дну картера, которое и было использовано в качестве нижней крейцкопфной направляющей — параллели.

Это обстоятельство дало возможность легко разрешить вопрос о подводе смазки к трущимся поверхностям, для чего в картере была создана масляная ванна, с уровнем масла на 100 мм от дна картера. Стремление использовать масляную ванну для смазки всего движущего механизма привело к размещению механизма машины настолько близко ко дну картера, насколько это оказывалось возможным по условиям кинематики отдельных деталей.

Подобного рода размещение сделало каждую деталь механизма машины доступной для наружного осмотра, для чего достаточно снять верхнюю крышку картера. Назначение этой крышки — предотвращать выбрасывание масла наружу вращающимися частями машины и предохранять смазку от загрязнения пылью и мелкими кусками угля.

Жесткость картера усилена внутренним продольным ребром; кроме того с наружной нижней части картера образованы два продольные ребра под направляющими крейцкопфа (по одному с каждой стороны) и одно поперечное в средней части. Назначение первых двух ребер — придание жесткости картеру как одноконсольной балке на двух опорах (опорных лапах), нагруженной двумя силами, из которых одна приложена на коренном подшипнике, а вторая — в средней части крейцкопфных направляющих. Каждая из этих сил очевидно будет равна сумме вертикальных составляющих по шатунам.

Наиболее опасным для рассматриваемого случая будет расположение мотылей коленчатого вала в нижней половине их пути, под углом  $45^\circ$  к вертикали. Помимо вертикальных сил на коренной подшипник будет действовать сумма горизонтальных составляющих от силы, передаваемой по шатунам. Так как эти



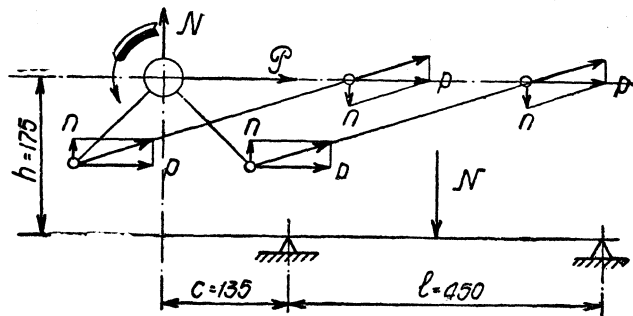
силы приложены на плече  $h=175$  мм (расстояние от центра коренного подшипника до дна картера) и направлены в сторону цилиндров, то действие их вызовет появление момента, стремящегося отогнуть вверх свешивающуюся часть картера (консоль), и вызвать дополнительный прогиб в части балки, расположенной между опорами и нагруженной суммарным давлением от крейцкопфов на их направляющие (фиг. 561).

Назначением среднего поперечного ребра помимо придания жесткости продольному сечению картера является также противодействие поперечному короблению отливки картера при ее остывании.

Каждая из отъемных концевых опор коленчатого вала соединена с картером при помощи семи шпилек диаметром в  $\frac{5}{8}$ ".

Крышка коренного подшипника укреплена на четырех шпильках диаметром в  $\frac{3}{4}$ ".

Ознакомление с условиями осмотра и ремонта деталей движущего механизма машины американского стокера В-К выявило ряд затруднений в разборке и сборке вследствие несоответствия конструкции деталей специфическим условиям работы и ремонтным средствам большинства железнодорожных депо. Эти неудобства сводились в основном к размещению разъемных соединений движущего и парораспределительного механизмов в таких местах картера, где доступ к одной какой-нибудь детали либо требовал разборки целого ряда смежных деталей либо заставлял опасаться поломки стенок картера при применении более активных методов разборки.



Фиг. 561. Схема действия сил движущего механизма на строение картера.

Одним из примеров подобного размещения разъемных соединений является соединение крейцкопфа с передней головкой шатуна.

Крейцкопфный валик, заведенный с внутренней стороны картера, привернут гайкой, обращенной в сторону стенки картера (фиг. 552), с расстоянием от торца гайки до стенки  $\sim 10$  мм. Чтобы вынуть крейцкопфный валик, нужно отвернуть гайку, навинченную на хвостовик валика, но отвернуть ее полностью до схода с конца хвостовика нельзя, так как этому мешает стенка картера; подвинуть же валик не представляется возможным, так как для этого необходимо при частично отвернутой гайке ударить по торцевой части хвостовика, чего также сделать нельзя в виду наличия глухой стенки картера.

Выжимание валика после упора гайки в стенку картера гаечным ключом, с насаженной на конец его трубкой, настолько деформирует стенки картера, что приходится применять нагревание щек крейцкопфа пламенем горелки с одновременным легким выдавливанием валика при помощи гайки. Это дает возможность извлечь валик из крейцкопфа, но, конечно, применять подобного рода приемы при каждом осмотре и ремонте машины совершенно недопустимо.

Аналогичное явление имело место и в соединении крейцкопфа с поршне-

вым штоком (скалкой). Кли́н, соединяющий крейцкопф со штоком поршня, будучи расположен наклонно (под углом в  $45^\circ$  к вертикали), как обычно располагаются крейцкопфные клинья на паровозах, может быть легко забит, но выбить его совершенно невозможно, так как глухая стенка картера, к которой обращен нижний конец клина, не позволяет ударить по нижней части клина. В верхней же части клина не было предусмотрено никакого отверстия, которое давало бы возможность хотя бы „противоестественного“ извлечения клина.

Для отделения крейцкопфа от поршневого штока пришлось продвигать поршень в переднее крайнее положение и при снятой передней цилиндровой крышке отвинчивать гайку, укрепляющую поршень на штоке. После этого кулак несколько раз передвигался в крайнее заднее положение — до удара поршня о заднюю стенку цилиндра. Последовательными толчками удалось отделить скалку от насаженного на нее поршня и при снятом шатуне и удаленном из картера коленчатом вале извлечь поршневый шток вместе с крейцкопфом через картер машины. Не надо говорить, что подобный метод разборки отнюдь не может быть рекомендован в качестве нормального.

Для устранения подобных недочетов в картере машины стокера ЦЛПБ-1 образованы два выреза (окна), расположенные по высоте на уровне оси крейцкопфных валиков. Вырезы эти снабжены с наружной стороны крышками, укрепленными на шести шпильках диаметром в  $\frac{1}{2}$ " (фиг. 553), и позволяют производить разъем кулака от шатуна при любом его рабочем положении. Кроме того, клин крейцкопфа поставлен в горизонтальное положение, что дает возможность при снятой крышке бокового выреза легко удалять клин из крейцкопфа ударом по стороне его, обращенной к вырезу.

Все стенки картера сделаны одинаковой толщины в 15 мм за исключением передней, связанной с привалочной плоскостью, где для прочности толщина увеличена до 25 мм.

В целях предотвращения потери смазки при работе машины картер снабжен дополнительными сальниковыми устройствами как для штока поршня, так и для золотникового штока. Набивка сальников картера состоит из двух колец, изготовленных из трехслойной ткани, пропитанной резиной, смешанной с чешуйчатым графитом.

Согласно анализу, произведенному Химической лабораторией Луганского завода, для пропитки колец сальников американского стокера В-К применена резина низкого качества с содержанием золы около 65%.

Размеры сальниковых колец следующие: а) поршневые: толщина — 8 мм, наружный диаметр — 55 мм, внутренний — 37 мм; б) золотниковые: толщина — 5 мм, наружный диаметр — 27 мм, внутренний — 16 мм.

Как показал опыт годичной эксплуатации стокера, масло, находящееся в картере, не оказывает вредного влияния на резиновую пропитку колец, и потерь его через сальники при работе машины не наблюдалось.

Уплотнение золотниковых сальников как картера, так и цилиндра осуществляется при помощи грундбуксы, снабженной нарезкой и ввинчиваемой в гнездо сальника. При завинчивании грундбуксы сжимает кольца сальниковой набивки и создает плотное прилегание их к штоку золотника.

Уплотнение цилиндрических поршневых сальников производится также при помощи грундбуксы, но уже без резьбы. Давление грундбуксы на кольца набивки

сальника осуществляется за счет нажатия на фланец грундбуксы со стороны поршневого сальника картера ввинчиваемой в переднюю стенку картера стальной втулки, снабженной снаружи трубной резьбой диаметром в 3".

Уплотнение прорезиненных колец поршневого сальника картера производится аналогично уплотнению колец золотниковых сальников, т. е. при помощи небольшой грундбуксы, снабженной нарезкой и ввинчиваемой в тело втулки, внутри которой помещены кольца.

Давление, оказываемое грундбуксой цилиндрического поршневого сальника на уплотняющие кольца сальниковой набивки, регулируется глубиной завинчивания втулки в стенку картера, так как втулка картера выступающей наружу частью опирается на фланец грундбуксы цилиндрического поршневого сальника.

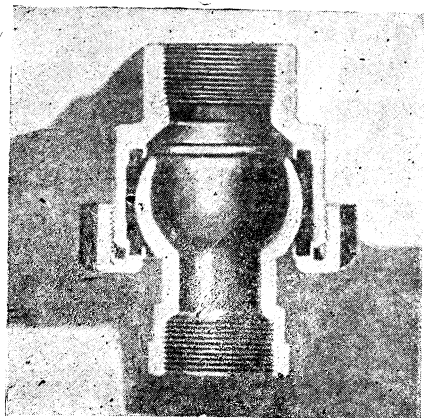
Для наливания свежего масла и контроля над его уровнем без отделения верхней крышки от картера, в стенке его, обращенной в сторону паровоза, ввинчены две трубки; верхняя (диаметром в 1") снабжена снаружи коленом, закрываемым пробкой, и служит для наливания свежей смазки в картер, а нижняя (диаметром в  $\frac{3}{8}$ " ), снабженная краном и расположенная на высоте 100 мм от дна картера, служит для контроля над уровнем смазки.

В дно картера с наружной стороны также ввинчивается трубка (диаметром в 1"), снабженная краном и служащая для периодического удаления из картера загрязненного масла.

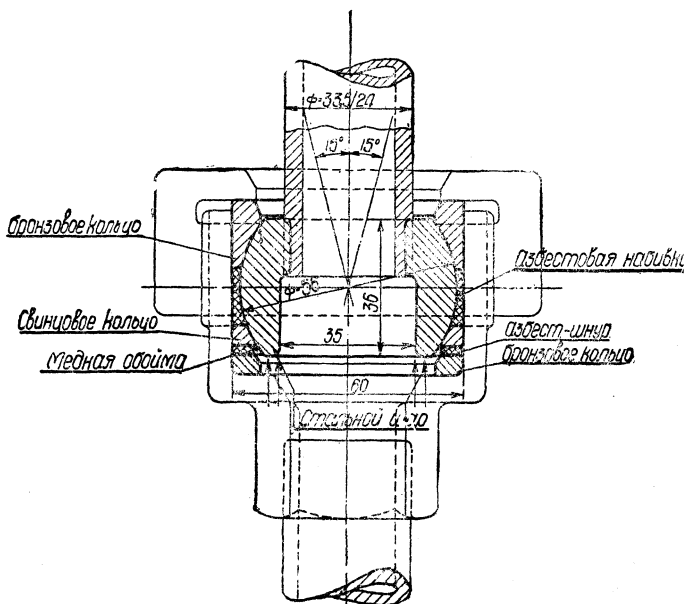
### ШАРНИРНЫЙ ПАРОПРОВОД

Машина, приводящая во вращение конвейерные винты стокера, питается перегретым паром, подводимым от паровоза к ее пусковому клапану по гибкому паропроводу. Отдельные звенья, составляющие этот паропровод, связаны между собой при помощи шаровых шарнирных соединений типа „Вагсо“ (фиг. 562).

Шарнир „Вагсо“ представляет собой пустотелую шаровую головку, заключенную в чашке, снабженной уплотняющими сферическими кольцами. Кольца эти изго-



Фиг. 562. Шарнирное соединение Вагсо.



Фиг. 563. Шарнирное шаровое соединение паропровода стокера ЦДПБ—1.



товлены из прессованного асбеста и заключены в металлические обоймы, предохраняющие асбест от крошения при нажатии на него крышки чашки. Очевидно, что плотность прилегания колец к шаровой головке, а следовательно и предупреждение парения в шарнирах, зависит исключительно от степени нажатия крышки на кольца.

Опыт установки шарнирных соединений этого типа на стокере первого паровоза ФД выявил необходимость такого изменения конструкции, чтобы плотность прилегания шайб к шаровой головке автоматически регулировалась в зависимости от величины давления пара в паропроводе. С этой целью шаровой головке была придана иная форма, и асбестовые кольца, требующие специального изготовления прессовальным способом, были заменены медными кольцами (фиг. 563).

Применение этого типа шарового соединения на паровозе ИС показало его очевидное преимущество перед соединением „Вагсо“. разгруженным от парового давления.

## **ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЬ**

Подогрев воды, получивший широкое применение в Западной Европе и Америке, до сего времени считается у нас нерентабельным в силу несовершенства конструкции батареи подогревателя и главным образом насоса.

Течь труб, пропуск воды прокладками секций батареи, отказы насоса — дефекты, с которыми депо не в состоянии справиться, в результате чего подогреватели, как правило, почти не работают. По этим причинам НКПС при последней перепроектировке паровозов С<sup>у</sup> отказался от постановки на них подогревателей.

Между тем Америка широко применяет водоподогреватели, несмотря на простоту и сравнительно небольшую стоимость инжекторов мягкого пара. Это говорит о том, что при совершенной конструкции подогревателя больший термический эффект его по сравнению с инжектором мягкого пара, а следовательно и рентабельность, не вызывают никаких сомнений. Поэтому при разработке подогревателя необходимо было учесть все недостатки конструкции отдельных частей его, затормозившие применение подогревателей на сети дорог СССР.

## **СХЕМА ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЯ**

Подогреватель взят поверхностный вследствие большей простоты его конструкции по сравнению с подогревателем смешения.

Как видно из схемы общего устройства водоподогревателя, установленного на первом паровозе ФД (фиг. 564), водоподогревательная установка состоит из трех главных частей: насоса, батареи и трубопровода.

Вода из тендера при помощи насоса подается по трубам в батарею подогревателя, куда подводится отработанный пар из цилиндров и водоподогревательного и тормозного насосов. В батарее подогревателя вода делает по трубам шесть оборотов; соприкасаясь через стенки труб с паром она нагревается и горячая поступает в котел через питательный клапан.

Отработанный пар, заполняя пространство вокруг водяных трубок батареи, отдает свою теплоту холодной воде, конденсируется, превращается в воду и



после прохода через маслоотделитель поступает в водяной бак тендера. Соединение всасывающей и конденсационной труб между паровозом и тендером осуществлено при помощи резиновых рукавов.

Батарея и насос по условиям развески вынесены на переднюю часть дымовой камеры, при чем батарея поднята выше уровня воды в тендере, что дает возможность конденсационной воде стекать в тендер самотеком.

В нагнетательных трубах от насоса к батарее и от батареи к питательному клапану котла образованы колена, через которые производится промывка батареи.

Работа насоса контролируется пульсирующим манометром в будке машиниста, соединенным трубой с нагнетательной водяной камерой насоса. На трубе манометра поставлен воздушный колпак, который поглощает водяные колебания и обеспечивает более спокойную работу манометра.

Пар для прогрева берется из котла и поступает в двухвентильную колонку; один вентиль служит для прогрева всасывающей водяной трубы, идущей от тендера к насосу, а другой — для прогрева рубашки водяных цилиндров насоса. Трубки, идущие от манометра к насосу, и трубки для прогрева рубашки насоса во избежание замерзания проведены под обшивкой котла.

Пар для насоса взят насыщенный из пароразборной колонки в будке, где поставлен вентиль, которым и регулируется работа насоса, т. е. подача воды в котел. На паровозах ФД второго заказа пар берется от колонки перегретого пара (фиг. 565). Между колонкой и насосом поставлен вентиль, для управления которым проведен привод из будки.

Смазка насоса производится от лубрикатора через паровую трубу насоса. Сделано это потому, что Тормозной завод не гарантировал работу распределительной головки насоса без автоматической смазки.

Для паровозов ФД второго заказа у нагнетательной трубы между насосом и подогревателем был добавлен обратный клапан, препятствующий вытеканию воды из батареи при осмотре насоса.

Пароподводящие трубы от цилиндров в батарею проведены внутри дымовой камеры вследствие трудности проводки их снаружи.

Конденсационная труба у тендера во избежание замерзания переделана и поставлена внутри водяного бака. Кроме того, добавлен клапан с приводом в будку для спуска конденсата; этот клапан служит также для опорожнения трубы и позволяет контролировать исправность действия трубопровода.

Как у первого паровоза, так и у последующих трехходовой кран на батарее не поставлен, так как изменение направления движения воды не обеспечивает очистку труб от накипи, усложняя лишь конструкцию. Кроме того, при постановке спиралей в трубы батареи изменение движения воды может вызвать вышибание спиралей и поэтому недопустимо.

## **НАСОС ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЯ**

Насос водоподогревателя состоит из двух поршневых насосов двойного действия с общим корпусом и общей питающей насосы сетью трубопровода. Каждый из насосов независимо от другого снабжен двумя всасывающими и двумя нагнетательными клапанами у водяных цилиндров и парораспределительной го-

ловкой типа тормозного насоса Вестингауза (фиг. 566). В случае порчи одного из насосов второй может подавать воду в котел независимо от первого.

При проектировании было поставлено условием, чтобы паровая часть была взаимозаменяема с паровой частью насоса Вестингауза. Поэтому диаметр паровых насосов взят в 203 мм, водяных — 140 мм и ход поршня — 260 мм.

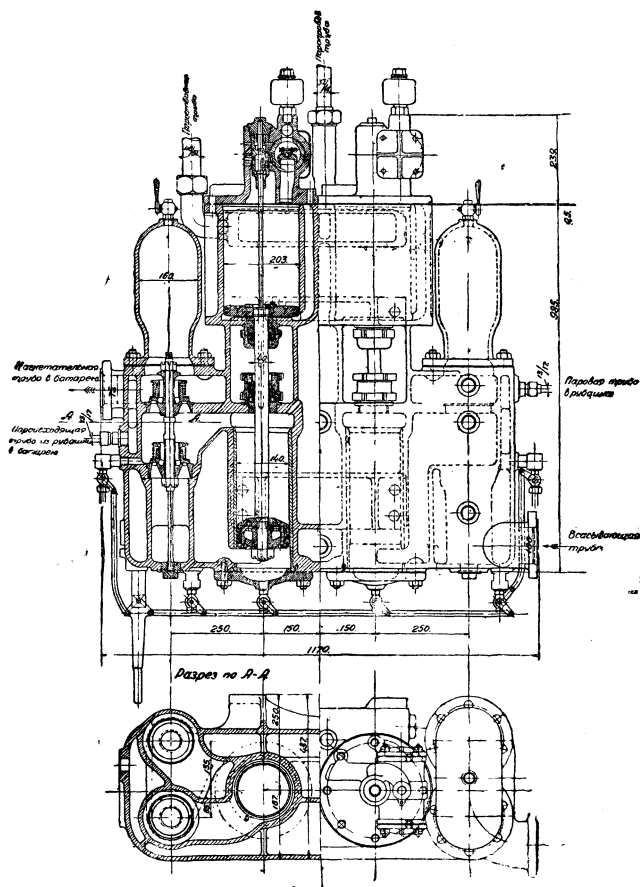
Паровые и водяные цилиндры, а также клапанная коробка отлиты в одном корпусе без соединения между собою, чем достигнуто уменьшение габаритных размеров насоса. К паровым цилиндрам прилита общая паропроводная и пароотводная камера. Пар из колонки поступает в паровую камеру для обоих цилиндров и через распределительные головки насосов распределяется по каналам цилиндра. Отработанный пар попадает в пароисходящую камеру и из нее в подогреватель.

Водяные цилиндры также соединяются между собою общими камерами — всасывающей и нагнетательной. Вода из всасывающей камеры поршнем насоса подается через клапаны в нагнетательную камеру, откуда по трубопроводу поступает в подогреватель и затем в котел.

Всасывающая камера сзади, между цилиндрами, соединяется с воздушной камерой, отлитой в корпусе насоса. На воздушной камере для пополнения воздуха наверху поставлен кран.

Для обогрева насоса в зимнее время вокруг водяных цилиндров и части клапанов образована паровая рубашка, отлитая вместе с корпусом насоса. Рубашка соединяется трубой с батареей подогревателя. В зимнее время в рубашку для прогрева впускается свежий пар от вентиля котловой колонки. Обогрев цилиндры, пар из рубашки проходит по трубке в батарею. Паровая рубашка, несмотря на вызываемое ею усложнение отливки, в наших суровых климатических условиях необходима.

На случай остановки паровоза на длительное время или порчи насосов поставлены спускные краны с проходом в 10 мм, через которые спускается вода из водяных цилиндров, паровой рубашки и всасывающей и нагнетательной водяных камер. Во избежание замерзания воды в насосе, когда один из кранов



Фиг. 566. Насос водоподогревателя.

остается по недосмотру закрытым, краны насоса соединены между собой приводом и при поворачивании рукоятки все одновременно открываются или закрываются. Паровые цилиндры и их камеры снабжены автоматическими спускными клапанами, которые сами спускают воду при отсутствии давления пара.

ТАБЛИЦА 150

Характеристики водоподогревателей различных типов

С е р и я п а р о в о з а	Э	Э	ФД	Т <sup>А</sup>
К о н с т р у к ц и я н а с о с а	Коломен- ского завода	Кнорре	ЦЛПБ	Элеско
Число цилиндров . . . . .	1	1	2	2
Диаметр парового цилиндра в мм . . . . .	203	203	203	203
Диаметр водяного цилиндра в мм . . . . .	140	140	140	140
Отношение площадей парового и водяного цилиндров	2,1	2,1	2,1	2,1
Ход поршня в мм . . . . .	260	260	260	229
Число двойных ходов поршня в минуту <sup>1</sup> . . . . .	30	30	30	—
Максимальная подача воды насосом в кг/час . . . . .	12 000	12 000	24 000	—
Расход воды котлом в кг/час . . . . .	9 250	9 250	17 000	—
Количество клапанов у насоса:				
а) всасывающих . . . . .	2	2	4	4
б) нагнетательных . . . . .	2	2	4	4
Диаметр всасывающей трубы в мм . . . . .	65	52	100	100
Диаметр нагнетательной трубы в мм . . . . .	55	52	76	64
Диаметр паропроводной трубы насоса в мм . . . . .	26	26	33	38
Диаметр пароотводной трубы насоса в мм . . . . .	35	37	46	51
Отношение площадей сечения паропроводной и паро- отводной труб . . . . .	1 : 1,8	1 : 2	1 : 1,94	1 : 1,8
Объем воздушного колпака у всасывающей трубы в л .	11,55	не имеет	26,44	—
Объем воздушных колпаков у нагнетательной трубы в л	20,72	22,36	23,0	не имеет

ПОРШЕНЬ НАСОСА

Как видно из фиг. 567, паровой и водяной поршни насоса насаживаются на одну общую скалку.

Поршень парового цилиндра однотипен с поршнем тормозного насоса Вестингауз и представляет собой круглый диск, наглухо закрепленный на скалке с двумя чугунными пружинящими кольцами.

Поршень водяного цилиндра сделан из двух частей, между которыми поставлены три кольца из прорезиненной парусины, зажимающиеся нижней гайкой на скалке.

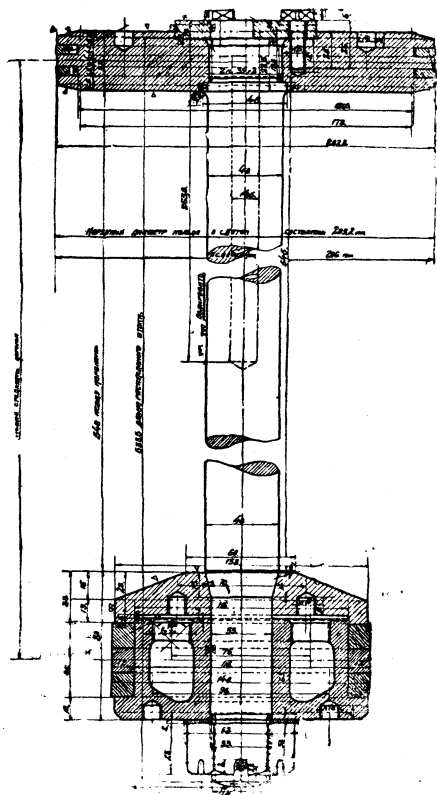
Кольца эти чрезвычайно надежны в работе и, кроме того, почти не изнашивают медной втулки у цилиндра. Прорезиненные кольца для насоса водоподогревателя применены у нас впервые, хотя Коломенский завод уже давно ста-

<sup>1</sup> Число ходов взято согласно испытаниям на Коломенском заводе.

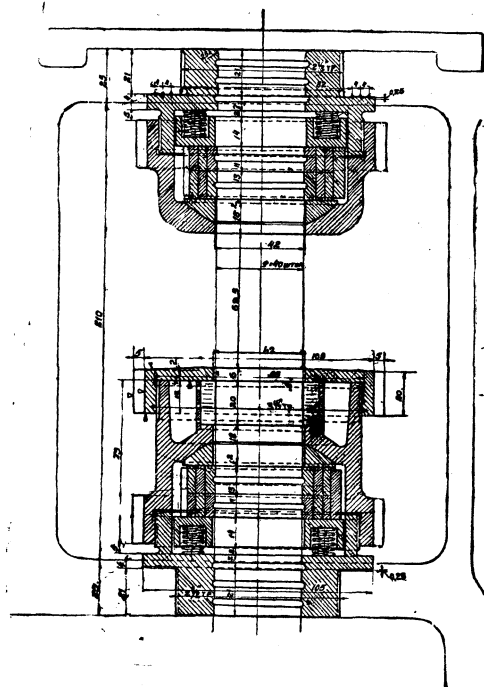
вил их для насосов теплоходов и получал хорошие отзывы об их работе. Насосы подогревателя Элеско также снабжены этими кольцами.

Поршневая скалка диаметром в 40 мм сделана из Ст5. Внутри скалки просверлено отверстие диаметром в 14,5 мм для прохода стержня золотника перемены хода.

При выемке из насоса парового поршня отнимается парораспределительная головка, отвинчивается нижняя гайка у скалки, снимается поршень водяного цилиндра и поршень парового цилиндра вместе со скалкой вынимается вверх.



Фиг. 567. Поршень насоса



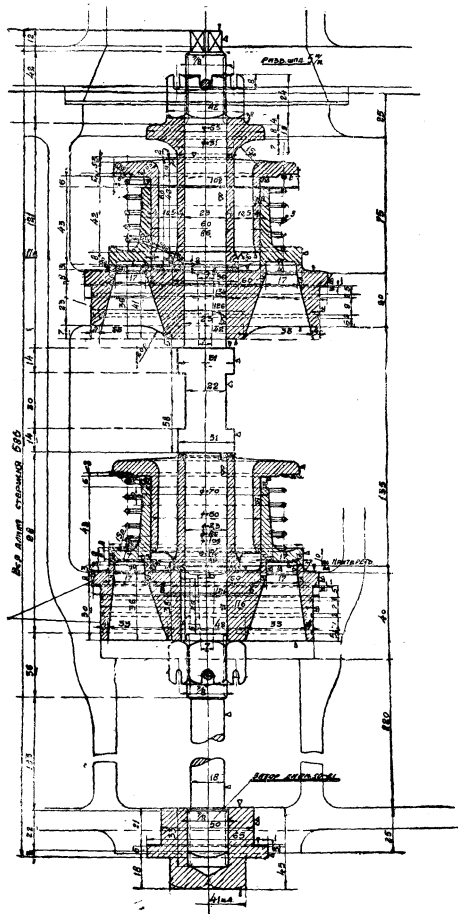
Фиг. 568. Сальник насоса.

### САЛЬНИК ПОРШНЕВОГО ШТОКА

В виду того что сальник поршневого штока с простой льняной набивкой у насоса Кнорре и других систем часто пропускал пар и требовал особого внимания машиниста, для насоса паровоза ФД сконструирован сальник с металлической набивкой, конструкции Штарева. Особенности этой конструкции, как видно из фиг. 568, заключаются в том, что на скалку по вертикали надеваются два ряда медных колец, зажатых общей пружиной, при чем каждый ряд состоит из трех колец, разрезанных пополам и вставленных одно в другое. Между половинами оставлен зазор в 1,5 мм, который дает возможность пружине прижимать кольца к скалке при их износе. Так как нами учитывалась возможность непараллельности между скалкой и сальником при нарезке резьбы в штуцерах, то кольца поставлены с одной стороны на шаровую шайбу в нажимной гайке. а с другой — на шайбу, лежащую на пружинах и прижимающуюся к коль-

цам. Во избежание пропуска пара торцы колец притерты как между собою, так и к обеим шайбам.

Для смазки штока в нижней гайке сальника сделана масленка с войлочной набивкой вокруг штока. Сальник в эксплуатации давал значительные пропуски, почему предполагается перейти к другой конструкции.



Фиг. 569. Клапаны насоса.

верхнее — верхней гайкой. Во избежание пропуска воды между седлом и корпусом под бурты седел поставлены клингеритовые прокладки.

## КЛАПАНЫ НАСОСА

Клапан насоса, как видно из фиг. 569, по конструкции во многом отличается от клапанов Кнорре. Основное отличие его в том, что седло и клапаны сделаны штампованными из Ст5; это облегчает вес и дает экономию в цветном металле.

Направления в клапанах сделаны не на стержне, как на старых насосах, а на отдельных медных подставках, которые благодаря большому диаметру лучше предохраняют клапан от перекоса при посадке. Между клапаном и направлением поставлена пружина, дающая нажатие в 20 кг. Подъемы клапанов, скорости воды под клапанами и размеры пружин взяты на основании сравнения с ранее осуществленными конструкциями.

Для удобства выемки и осмотра оба клапана вместе с седлами насажены на общий стержень, при чем нижний клапан укреплен на стержне окончательно, а верхний допускает свободное вертикальное передвижение по стержню. Такая конструкция дает возможность прижимать каждое седло в отдельности к корпусу насоса: нижнее седло прижимается нижней гайкой у стержня, а

## БАТАРЕЯ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЯ

### ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ

Формула для определения поверхности нагрева подогревателя имеет вид:

$$H = \frac{D_k}{\eta k_n} 2,303 \lg \frac{t_e - \tau}{t_e - \vartheta},$$

где:  $D_k$  — часовой расход воды;

$\eta$  — коэффициент использования тепла в подогревателе;

$t_e$  — температура мягкого пара;

$\tau$  — температура питательной воды;  
 $\vartheta$  — температура подогрева воды;  
 $k_n$  — коэффициент теплопередачи (по опытным данным);  
 $k_n = 200 + 1650 w^{0,7}$ , где  $w$  — скорость протекания воды по трубам.

Приняв:

$D_k = 16\,200$  кг, что соответствует  $z_k = 55$  кг/м<sup>3</sup>час;

$\eta = 0,9$  (по опытам),  $\tau = 15^\circ\text{C}$ ;

для противодействия 1,25 ат температура мятого пара  $t_e = 105^\circ$  и

" " " " " "  $t_e = 110^\circ$ ;

$\vartheta = 95^\circ$  и  $100^\circ$ ,

получим:

$$\text{для } t_e = 105^\circ \text{ и } \vartheta = 95^\circ, H = \frac{39\,600}{k_n};$$

$$t_e = 105^\circ \text{ и } \vartheta = 100^\circ, H = \frac{50\,000}{k_n};$$

$$t_e = 110^\circ \text{ и } \vartheta = 95^\circ, H = \frac{33\,200}{k_n};$$

$$t_e = 110^\circ \text{ и } \vartheta = 100^\circ, H = \frac{40\,500}{k_n}.$$

Таким образом, поверхность нагрева при прочих равных условиях зависит от  $k_n$ , а последний — от скорости протекания воды по трубам.

Скорость протекания воды по трубкам в существующих подогревателях колеблется в пределах от 0,4 до 0,6 м/сек. Так, например, для паровоза серии Э при  $z_{k \text{ макс}} = 40$  для входной и выходной секции  $w = 0,52$  м/сек, для средних секций  $w = 0,4$  м/сек. Увеличив скорость протекания в два раза против существующих конструкций, получим, что для достижения  $\vartheta = 100^\circ$   $H$  должно быть более 20 м<sup>2</sup>. Размещение такой поверхности нагрева затруднительно вследствие получаемого большого диаметра батареи. Поэтому для уменьшения  $H$  надо идти на увеличение коэффициента теплопередачи.

$k_n$  при теплообмене через разделяющую стенку в общем виде имеет выражение:

$$k_n = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda}},$$

где:  $\alpha_1$  — коэффициент теплопередачи от постепенно конденсирующегося пара к стенке — 10 000 кал/м<sup>2</sup>час<sup>°</sup>Ц и больше, в зависимости от скорости отвода конденсата;

$\alpha_2$  — коэффициент теплопередачи от стенки к некипящей воде;<sup>1</sup>

$\lambda$  — коэффициент теплопроводности материала, из которого сделана труба;

<sup>1</sup> Коэффициент  $\alpha_2$  при неподвижной воде принимается равным 500 кал/м<sup>2</sup>час<sup>°</sup>Ц, а при движении воды в зависимости от скорости принимается равным  $300 + 1800 \sqrt{w}$ ; при внутреннем диаметре труб до 7 мм коэффициент  $\alpha_2$  может быть вдвое больше; при перемешиваниях воды  $\alpha_2$  достигает 2000—4000 кал/м<sup>2</sup>час<sup>°</sup>Ц.



Поверхности нагрева водоподогревателя в зависимости от принимаемых тепловых параметров

$w$	0,6	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1	1,1	1,2	
$k_n$	1355	1435	1548	1610	1670	1735	1795	1850	1970	2070	
$H$ при $t_e = 105^\circ$	$\vartheta = 95^\circ$	29,2	27,6	25,6	24,6	23,7	22,8	22,0	21,3	20,0	19,2
	$\vartheta = 100^\circ$	37,0	34,8	32,4	31,0	30,0	28,2	27,8	27,0	25,4	23,2
$H$ при $t_e = 110^\circ$	$\vartheta = 95^\circ$	27,5	24,5	22,4	21,5	20,6	19,9	19,2	13,5	16,9	16,1
	$\vartheta = 100^\circ$	30,0	28,2	26,2	25,2	24,3	23,4	22,6	21,9	20,6	19,6

$\delta$  — толщина стенки в м.

Таким образом, мы видим, что увеличение  $k_n$  может быть получено за счет увеличения  $\alpha_2$  путем: 1) повышения скорости  $w$ , 2) уменьшения диаметра, 3) перемешивания воды.

Наибольший эффект дает перемешивание воды при меньших диаметрах и повышенных скоростях.

Приняв, что в подогревателе возможно осуществление перемешивания, при котором  $\alpha_2$  будет 4000, при латунных трубках и толщине их в 1,5 м, имеем:

$$k_{n \text{ макс}} = \frac{1}{\frac{1}{10\,000} + \frac{1}{4000} + \frac{0,0015}{100}} = 2740.$$

Подставляя полученные значения для  $k_{n \text{ макс}}$  в формулу для  $H$ , получаем при  $t_e = 105^\circ$ :

$$H = \frac{50\,000}{2740} = 18,3 \text{ м}^2 \text{ для получения } \vartheta = 100^\circ;$$

$$H = \frac{39\,600}{2740} = 14,4 \text{ м}^2 \quad \vartheta = 95^\circ.$$

При  $t_e = 110^\circ$ :

$$H = \frac{40\,500}{2740} = 14,7 \text{ м}^2 \quad \vartheta = 100^\circ;$$

$$H = \frac{33\,200}{2740} = 12,2 \text{ м}^2 \quad \vartheta = 95^\circ.$$

Таким образом, видим, что перемешивание воды, получаемое путем постановки в трубы спиралей, может дать значительное снижение поверхности нагрева.

Отсутствие точных данных о влиянии перемешивания на величину коэффициента теплопередачи заставило нас остановиться на поверхности нагрева  $\sim 17 \text{ м}^2$ .<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Без спиралей, по формулам С. П. Сыромятникова, поверхность нагрева подогревателя для получения  $\vartheta = 100^\circ$  должна быть 25 — 30 м<sup>2</sup>.

Испытания паровозов с подогревателями, снабженными спиралями, дадут практическую базу для точного расчета подогревателей, работающих с перемешиванием воды. Данный подогреватель можно рассматривать лишь как опытный.

Трубы взяты латунные диаметром в 13—16 мм. Выбор меньшего диаметра повлечет за собой более частые промывки.

Скорость протекания воды по трубкам принимаем:

$$w = 0,8 \text{ м/сек.}$$

Расход воды в секунду:

$$\frac{16\,200}{3600} = 0,0045 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Сечение одной трубки:

$$\frac{3,14 \cdot 0,013^2}{4} = 0,0001327 \text{ м}^2.$$

Для получения скорости  $w = 0,8 \text{ м/сек}$  число труб в секции должно быть:

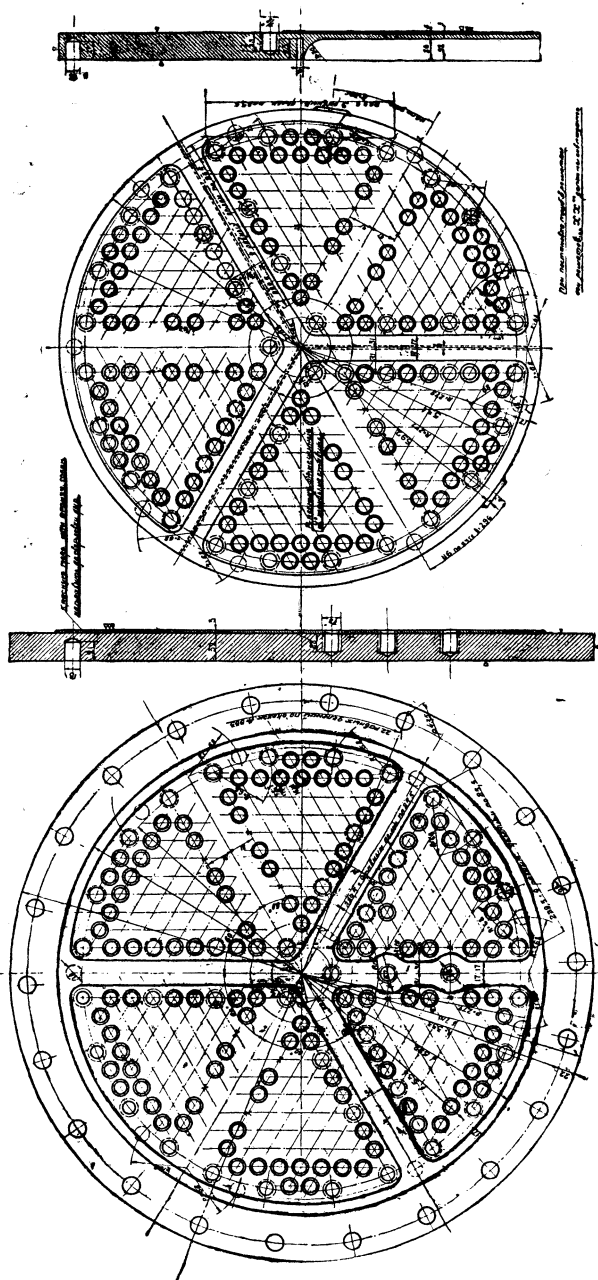
$$\frac{0,0045}{0,0001327 \cdot 0,8} = 42.$$

### КОНСТРУКЦИЯ БАТАРЕИ

Длина труб подогревателя определяется из следующих условий. По развеске расположение водоподогревателя определилось в передней части паровоза в пределах дымовой камеры. При принятом ориентировочно диаметре батареи подогревателя по обшивке в 700 мм длина труб между решетками по условиям вписывания в габарит может быть взята 1400 мм.

Установка батареи подогревателя, утопленной в дымовую камеру, при принятом диаметре невозможна, так как получается ослабление дымовой камеры и требуется ее удлинение. Поэтому батарея водоподогревателя размещена впереди дымовой камеры.

Поверхность нагрева одной секции при принятых диаметре и длине труб равна  $2,96 \text{ м}^2$ . Для получения поверхности нагрева в  $17 \text{ м}^2$  число секций должно быть равно 6.



Фиг. 570. Решетки батареи водоподогревателя.

Разбивка по секциям производится радиально (фиг. 570). Это дает возможность, при исполнении отдельных крышек для каждой пары секций (фиг. 571), делать

крышки совершенно одинаковыми, чего нельзя было бы достигнуть при разбивке секций по хордам.

При окончательном конструктивном оформлении решеток батареи число труб в каждой секции получилось равным 41, а общая численность — 246.

Окончательно поверхность нагрева получилась равной  $17,3 \text{ м}^2$ .

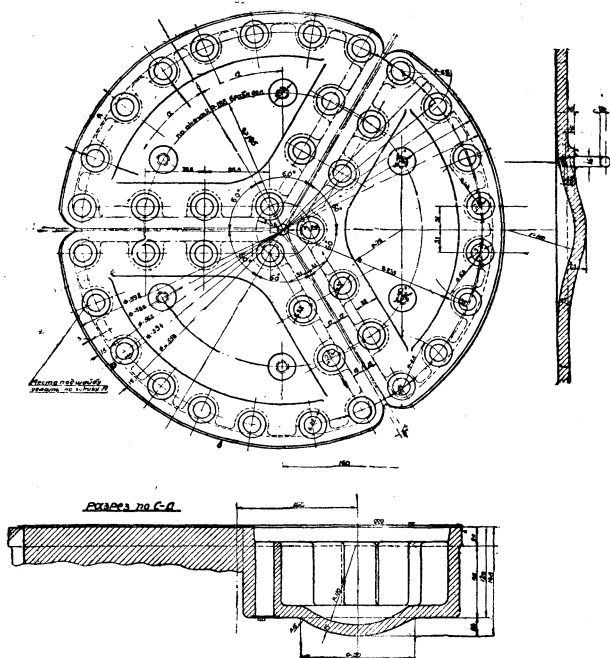
Одно из слабых мест существующих подогревателей — крепление труб в решетках батареи. Толщина решетки для возможности укрепления труб с раздачей их в канавках была принята в 32 мм (фиг. 572). Крепление труб производится раздатчиками, почему отверстиям придана конусность, равная  $\frac{1}{16}$

(фиг. 572).

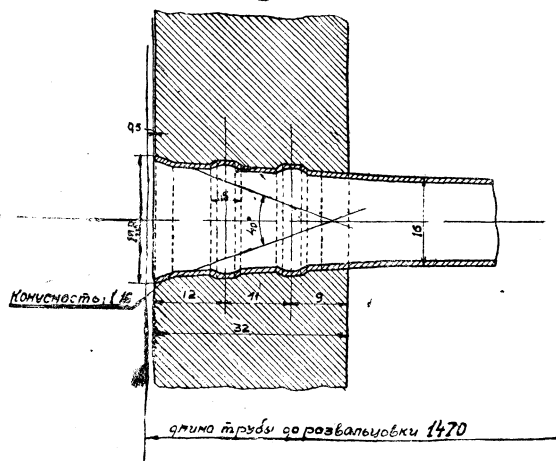
Ширина притирочных плоскостей взята в 15 мм, благодаря чему разбивка при принятых 6 секциях и расстояниях между осями труб в 25,5 мм получила форму, указанную на фиг. 570.

Задняя крышка, входящая в барабан, опирается на ползуны, чем достигается свобода перемещения ее при удлинении труб от нагревания.

Крепление крышек (фиг. 573) к решеткам батареи осуществляется на шпильках диаметром в  $\frac{7}{8}$ ", ввернутых не во всю глубину решетки. Для увеличения числа труб и для возможности прижатия крышки по одной плоскости уплотнение отверстий под шпильки сделано сверху (фиг. 573). Гайка при таком креплении получается глухой. Уплотняющие шайбы из красной меди прокладываются между крышкой и гайкой. Для предотвращения обжимания резьбы при затягивании гайки, имевшего место на первом паровозе, для последующих паровозов сделано так, что прокладка удерживается выступом гайки (фиг. 573, справа).



Фиг. 571. Крышка батареи.



Фиг. 572. Крепление труб в решетке.

Расстояние между шпильками взято небольшим из условий непроницаемости при принятых скоростях протекания воды по трубкам.

Уплотнение между крышкой и решеткой достигается наплавленными на них автогенным способом медными прокладками.

Материал крышек — ЛСт1.

Высота крышки принята по следующим соображениям. При повороте струи к трубам под углом в  $180^\circ$  минимум потерь получается при радиусе заворота, равном половине расстояния между центрами труб. При определении высоты и конфигурации крышки высота была получена путем нахождения данного радиуса, при чем центрами считались средние точки пучков трубок.

Конечно, принятая форма в этом отношении оставляет желать лучшего. Однако принятие формы, полностью отвечающей требованиям минимума потерь, усложнило бы отливку и обработку и вызвало бы применение шпилек различной длины.

Крышки входной и выходной секций отличаются от остальных наличием патрубков для крепления труб. Крышки снабжены ручками, облегчающими съем и постановку крышек при ремонте и изготовлении.

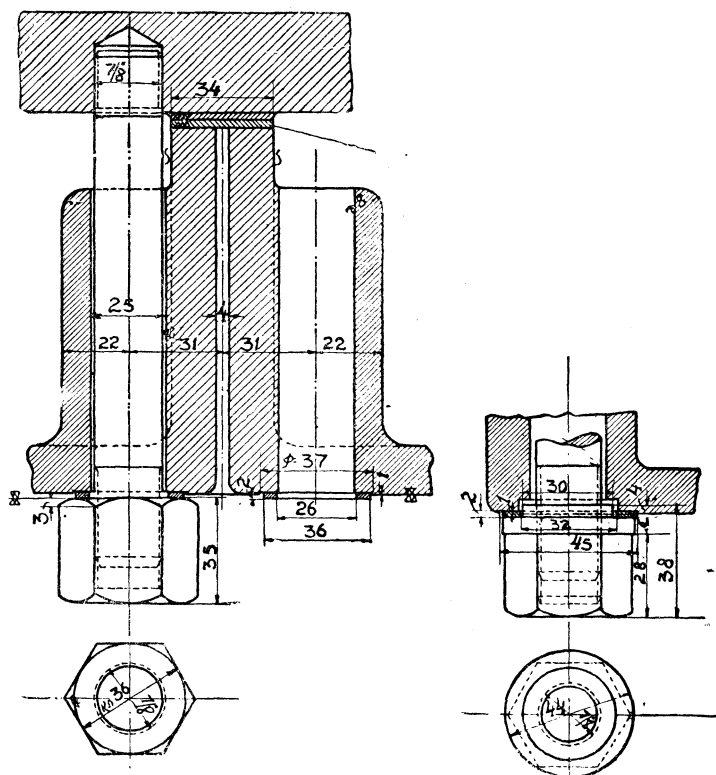
Для предохранения труб батареи от сминания и расстройства при постановке и вытаскивании

батарей последняя окружена дырчатым кожухом, укрепляемым в решетке на штифтах с закреплением чеками. Этот же кожух является первой ступенью маслоотделения. Пар, поступая в батарею, направляется между стенками барабана и кожуха, последовательно заходя в отверстия кожуха. При этом получается осаждение масла на стенках.

Батарея помещается в барабане подогревателя, выполненного сварным из листов толщиной в 5 мм (фиг. 574).

В барабане образованы два закрываемые коническими пробками нарезные отверстия, служащие для промывки батареи снаружи.

Для подъема батареи в собранном виде при помощи крана на барабане приварены угольники с отверстиями.



Фиг. 573. Крепление крышек батареи.

Паровые патрубки от цилиндров и насосов, а также лапы для укрепления барабана на кронштейнах приварены.

Спираль изготавливается из железа и покрывается слоем меди методом металлизации.

Шаг витка взят равным 80 мм.

Задняя крышка батареи сделана из чугуна. На ней прилит патрубок для отвода конденсата. Передние крышки закрыты железным кожухом.

## МАСЛООТДЕЛИТЕЛЬ

Маслоотделитель представляет собой отдельный бак, поставленный в водяной ящик тендера и состоит (фиг. 575) из круглого барабана *I*, в который вставлен второй барабан *II*, приваренный ко дну первого. Сверху маслоотделителя имеется крышка, предназначенная для его осмотра и промывки. Для сообщения маслоотделителя с атмосферой в крышке сделано отверстие, в которое вставлена труба.

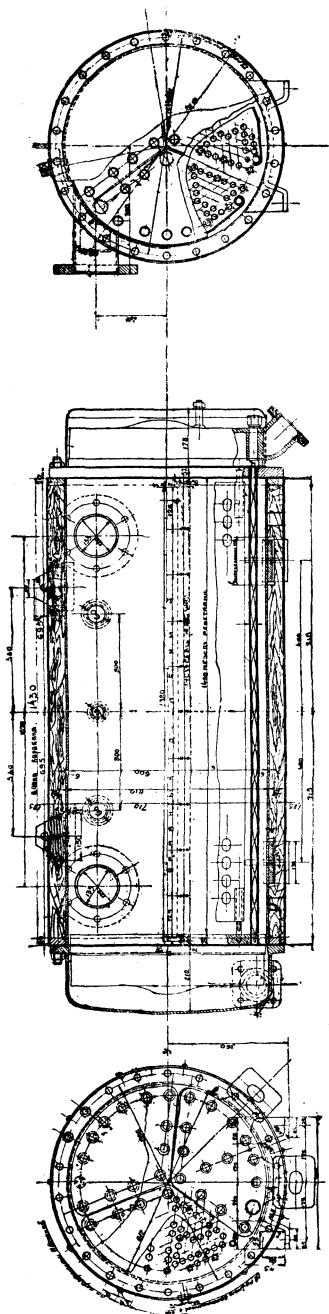
Конденсат по трубе *A* подводится к приемной трубе *B*, входящей нижним концом в барабан *II*. Из трубы *B* смесь воды и масла подымается кверху. По выходе из барабана *II* масло подымается кверху, вода же опускается и по трубе *C* выливается в тендер. Когда тендер полон воды, уровень ее в маслоотделителе также повышается, и масло, плавающее на поверхности воды, сливается наружу по трубке *D*. Когда водяной бак тендера полон (при отправлении паровоза), часть воды из маслоотделителя может вылиться наружу через трубку *D*, но слив прекращается, как только уровень воды в баке понизится.

Для промывки и очистки маслоотделителя на дне каждой камеры поставлено по пробке. Пробки служат также для выливания воды наружу во избежание замерзания ее при отправлении паровоза и тендера в холодном состоянии.

Для первого тендера маслоотделитель был сделан прямоугольной формы, при чем наружная боковая стенка бака была одновременно и стенкой маслоотделителя. Такая конструкция оказалась неудачной, так как приваривать трубы

внутри было затруднительно, кроме того довольно высокая температура конденсата оказывала действие на наружную окрашенную стенку тендера — краска лупилась и отваливалась. Поэтому для второго тендера, объединенного для паровозов ФД и ИС, маслоотделитель был переделан и выполнен в виде

фиг. 574. Батарея водопогребателя.



отдельной установки, как это было указано выше. Такая конструкция удобна при постановке и выемке маслоотделителя и для приварки труб.

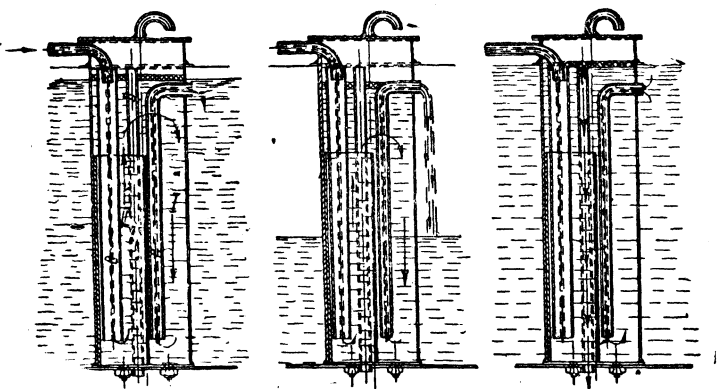
Весь маслоотделитель и соединение труб сделаны сварными.

## ПАРОПОДВОДЯЩИЕ ТРУБЫ

Пароподводящие трубы от цилиндра в батарею (фиг. 576), в виду трудности проводки их снаружи, проведены внутри дымовой камеры и приварены к листу.

Для удобства изготовления, а также для свободной выемки перегревательных элементов этим трубам придана прямоугольная форма сечения.

В заключение надо остановиться на весовой характеристике водоподогревателя. Сдвоенный насос, увеличенная поверхность нагрева батареи, длинный трубопровод и устройство маслоотделителя значительно повлияли на увеличение веса всей установки. Как видно из таблицы 152, вес водоподогревателя ФД почти в два раза выше веса водоподогревателей паровозов С<sup>у</sup> и Э.



Фиг. 575. Схема маслоотделителя.

ТАБЛИЦА 152

Вес водоподогревательных установок

Тип паровоза	Тип насоса	Вес водоподогревателя в кг					
		Вес насоса	Вес батареи	Вес трубопровода	Вес остальных деталей	Вес маслоотделителя с трубопроводом	Вес всей установки
Э	Колом. зав.	571	560	118	228	—	1476
С <sup>у</sup>	"	475	630	135	250	—	1560
ФД	Двойн.	891	1069	558	289	201	3088

## ВЫБОР СЕЧЕНИЯ ПАРОВЫХ ТРУБ

Как мы видели, схема водоподогревательного устройства паровоза ФД осуществляет подачу отработанного пара в водоподогреватель и сток из него конденсата в тендер естественным путем, т. е. без каких-либо вспомогательных механизмов, исключительно за счет перепада давлений. Необходимый напор получается вследствие разных давлений в выхлопных каналах цилиндра и в тендере. Обозначим через:

$v$  — скорость воды, выходящей из сточной трубы водоподогревателя в тендер в м/сек;

$q$  — секундный расход воды через сточную трубу в м<sup>3</sup>/сек;

$d$  — диаметр сточной трубы в мм;

$\xi$  — коэффициент, характеризующий потери в сточном водопроводе;

$p'$  — давление в водоподогревателе (манометрическое) в кг/м<sup>2</sup>;

$p$  — среднее давление в выхлопной трубе цилиндра (манометрическое) в кг/м<sup>2</sup>;

$Q$  — секундный расход пара на водоподогреватель (количество отработанного пара) в м<sup>3</sup>/сек;

Принимая теплосодержание отработанного пара в 640 кал/кг и подогрев воды с 15° до 95°, получим расход пара на водоподогрев:

$$G = \frac{17\,770 \cdot 80}{640 - 100} = 2620 \text{ кг/час, или } \frac{G}{D_k} = 0,15.$$

При противодавлении в 1,3 кг/см<sup>2</sup> и удельном объеме отработанного пара 1,4 м<sup>3</sup>/кг ( $\gamma_1 = 0,715 \text{ кг/м}^3$ ) получим  $Q = \frac{2620 \cdot 1,4}{3600} \cdot \frac{1}{2} = 0,51 \text{ м}^3/\text{сек}$  (подвод пара к водоподогревателю осуществлен двумя трубами) и необходимый перепад  $p - p' = 0,715 \cdot 0,51^2 \cdot 2,13 \cdot 10^{-3} = 400 \text{ кг/м}^2 = 0,04 \text{ кг/см}^2$ .

Если предположить, что по сточной трубе водоподогревателя стекает лишь конденсат (т. е. сток воды происходит без захвата пара), то необходимый перепад давления будет:

$$p' = \left( \frac{2620}{3600} \cdot 10^{-3} \right)^2 \cdot 6,44 \cdot 10^7 = 34 \text{ кг/м}^2 = 0,0034 \text{ кг/см}^2.$$

Сумма полученных значений  $p - p' + p' = 0,0434 < 0,30$ , что показывает на явление захвата пара стекающим конденсатом. Положим, что расход этого пара составляет 5% от расхода пара на водоподогреватель (или  $0,15 \cdot 5\% = 0,75\%$  от общего расхода воды котлом).

Для этого случая:

$$G = 2620 \cdot 1,05 = 2750 \text{ кг/час,}$$

$$Q = 0,51 \cdot 1,05 = 0,535 \text{ м}^3/\text{сек и}$$

$$q = \frac{2620}{3600} \cdot 10^{-3} + \frac{2620}{3600} \cdot 0,05 \cdot 1,4 = 51,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{сек.}$$

При удельном весе смеси

$$\gamma_c = \frac{0,765}{51,8 \cdot 10^{-3}} = 14,8 \text{ кг/м}^3$$

необходимый перепад давления  $p'$  будет (не учитывая конденсацию пара в трубе):

$$p' = 6,44 \cdot \frac{10^7}{10^3} \cdot 14,8 [51,8 \cdot 10^{-3}]^2 = 2560 \text{ кг/м}^2 = 0,256 \text{ кг/см}^2,$$

и общее сопротивление  $p - p' + p' = 0,3 \text{ кг/см}^2$ .

Из этого подсчета следует, что увеличение расхода пара на водоподогреватель (при данной схеме) при увеличении диаметра пароподводящей трубы не имеет существенного значения, и следовательно увеличение диаметра пароподводящей трубы не может оказать влияния на работу конуса.

Учитывая постановку на паровозах ФД второго заказа экономичной насадки конуса, работающей с пониженным противодавлением, а также и изменение противодавления вследствие периодичности выхлопа, можно полагать, что диаметр пароподводящей трубы в 125 мм является для этих паровозов более приемлемым, чем первоначальный в 106,5 мм (при последнем размере сопротивление паропровода было бы не 0,04 кг/см<sup>2</sup>, а 0,085 кг/см<sup>2</sup>).

## АВТОМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ДЛЯ ПРОДУВКИ ЖАРОВЫХ И ДЫМОГАРНЫХ ТРУБ (СУПЕРЬЕР)

С постановкой стокера осаждаемость сажи и, в особенности, мелких частиц угля в жаровых и дымогарных трубах значительно возрастает, в связи с чем создается необходимость продувки труб через короткие промежутки времени даже во время хода паровоза. Поэтому паровозы ФД второго заказа оборудованы автоматическими аппаратами для продувки жаровых и дымогарных труб.

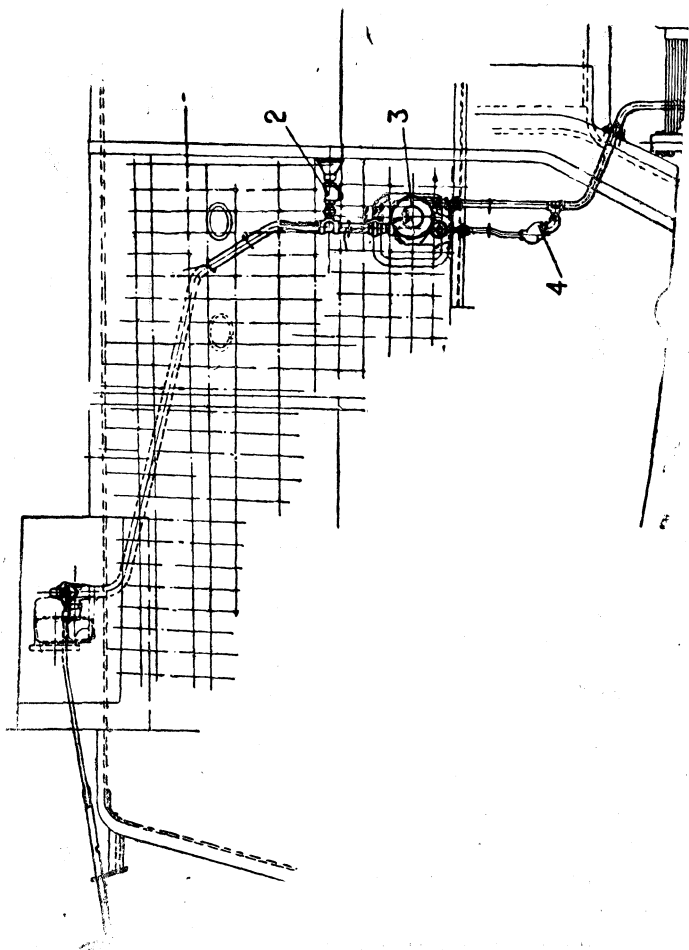
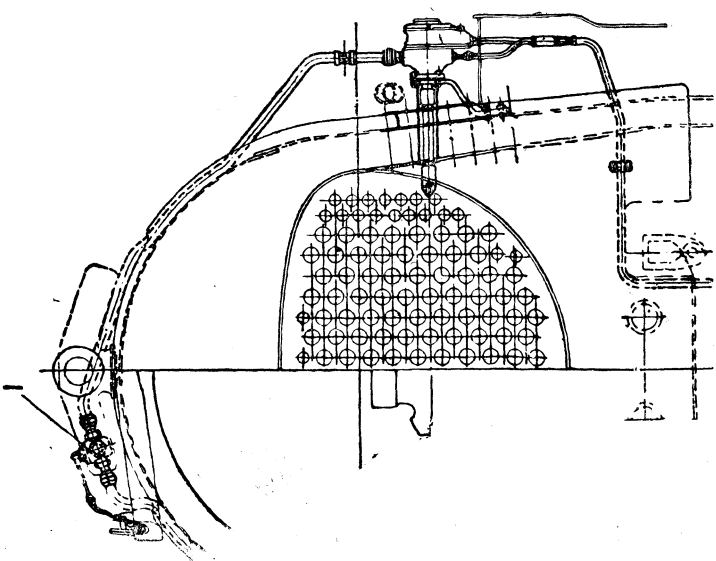
Аппараты (фиг. 577) расположены симметрично по обеим сторонам топки, не загромождая будки машиниста.

Продувка производится примерно через каждые 2—3 часа, продолжаясь 10—15 минут. Аппараты работают поочередно, т. е. по окончании продувки труб правой стороны огневой решетки аппаратом, расположенным с правой стороны топки, пар переключается в левый аппарат для продувки труб левой стороны.

Регулярная продувка паром под рабочим давлением в 15 ат при скорости пара (при истечении из сопла), равной примерно 800 м/сек, устраняет занос труб сажей и мелкими частицами угля.

Принцип работы продувающего аппарата заключается в следующем. Пар из пароразборной колонки под давлением поступает в аппарат, при чем большая часть пара направляется непосредственно в сопла для продувки жаровых и дымогарных труб, меньшая же часть расходуется на вращение турбины, находящейся в самом аппарате.

Эта турбина посредством передаточного механизма приводит в колебательное движение сопло, которое, поворачиваясь вокруг своей оси на определенный угол, направляет струю пара по всей трубчатой решетке.

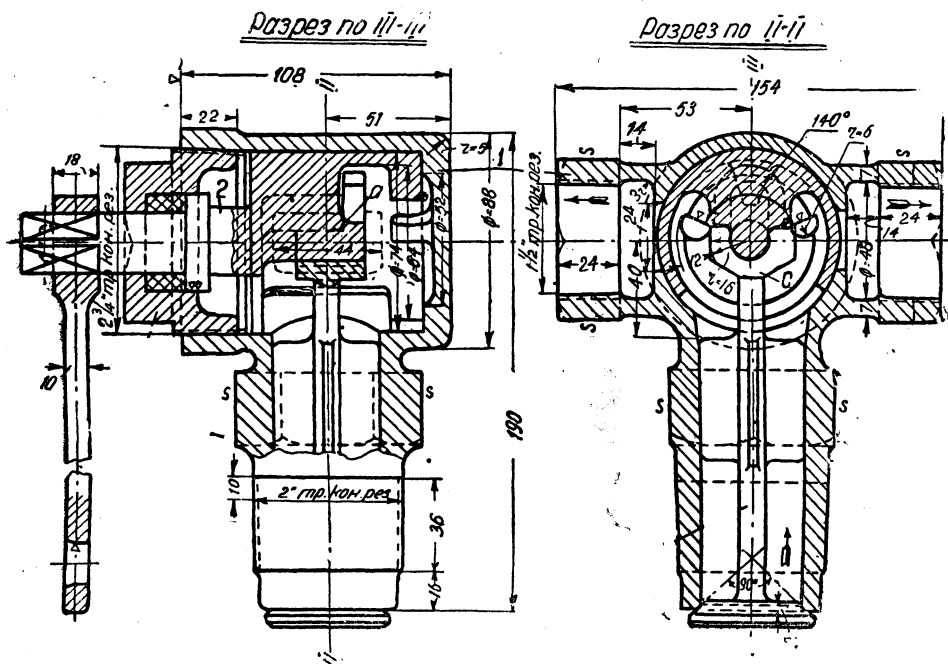


Фиг. 577. Установка автоматических аппаратов для продувки труб.



Аппараты работают насыщенным паром, который поступает из пароразборной колонки в трехходовой кран, изображенный на фиг. 578. Работа крана заключается в том, что он поочередно направляет пар в правый или левый аппарат и служит в то же время запорным краном для обоих аппаратов, когда они не работают.

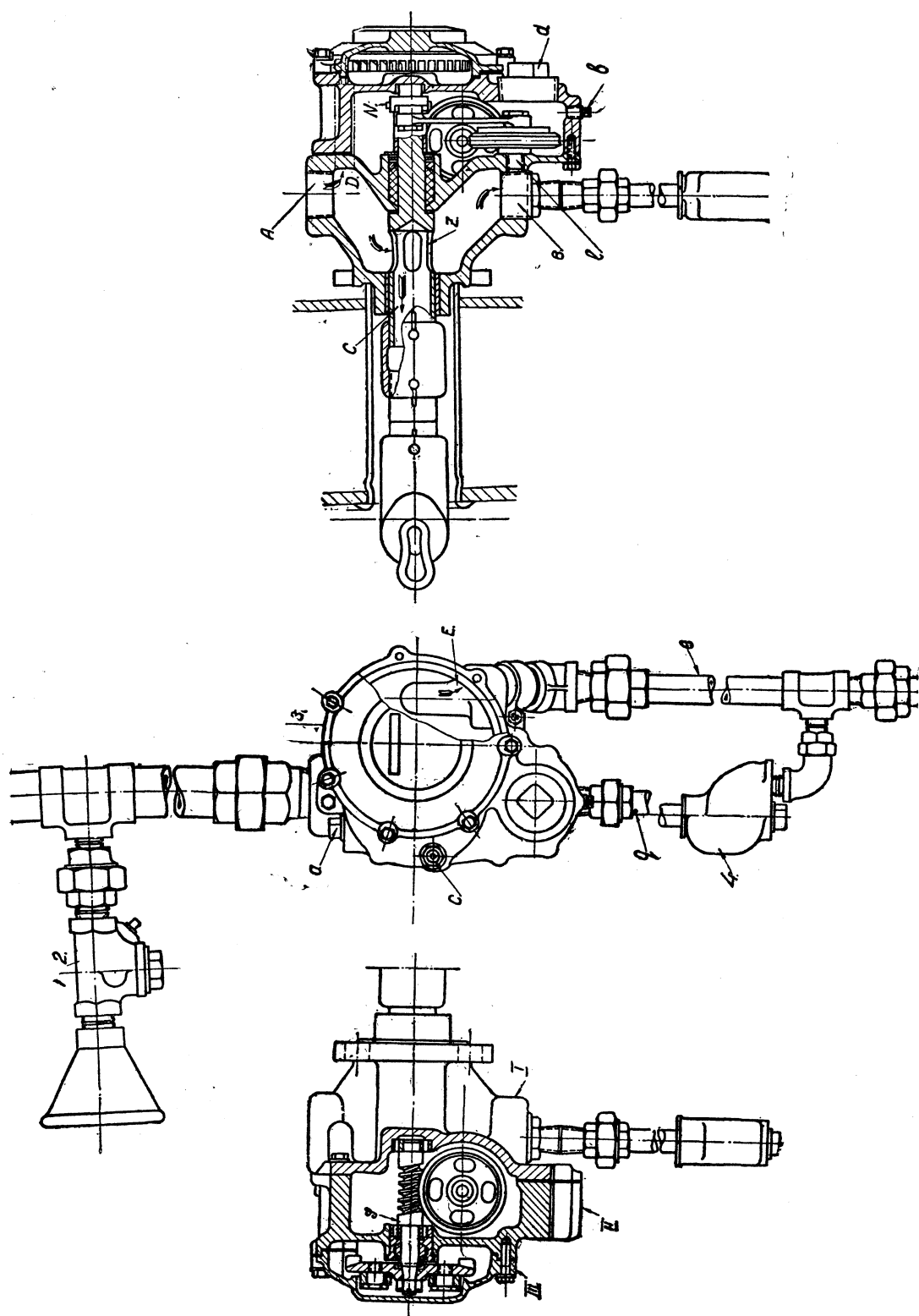
Кран представляет собой корпус, в котором помещается распределительная пробка с выступом, на который своим ушком надевается клапан. Конец



распределительной пробки проходит через сальник корпуса и выходит наружу, где на него надета тяга. Поворачивая распределительную пробку, мы тем самым опускаем клапан и кроме того даем возможность пару проходить в правую или левую сторону, т. е. в правый или левый аппарат.

Автоматический аппарат (фиг. 579) представляет собой коробку, в которой находится весь механизм, приводящий в действие сопло. Эта коробка состоит из трех литых деталей, выполненных из ковкого чугуна: корпуса аппарата *I*, кожуха зубчатых передач *II* и крышки турбины *III*.

В корпусе имеются три отверстия:  $A$  — для подвода пара,  $B$  — для спуска конденсата и  $C$  — в выступающей части аппарата, где помещается труба сопла  $Z$ . Пар поступает в аппарат через отверстие  $A$ , при чем большая часть пара идет в

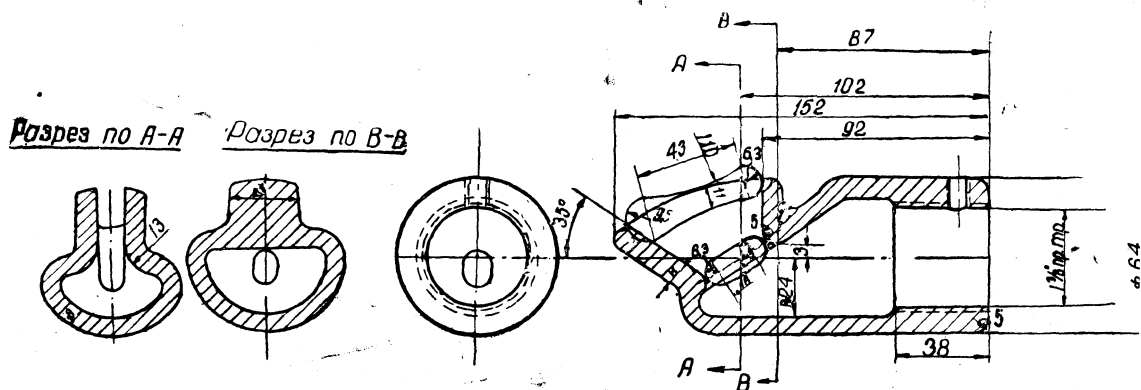


Фиг. 579. Автоматический аппарат

трубу сопла, так как сечение прохода пара здесь больше, а меньшая часть пара поступает в отверстие *D*. Из трубы *Z* пар поступает в соединительный патрубок и оттуда в сопло, которое и направляет его в жаровые и дымогарные трубы. Соединительный патрубок имеет нарезку по всей своей длине, и поэтому мы легко можем отрегулировать положение сопла, т. е. приблизить или удалить его от центра огневой решетки.

В виду высокой температуры, действию которой подвергается находящееся в огневой коробке направляющее пар сопло (фиг. 580), его приходится отливать из хромоникелевой стали.

Благодаря углу наклона и своеобразно отлитому сечению для выхода пара из сопла получается веерообразный поток пара, обслуживающий как раз половину решетки с жаровыми и дымогарными трубами. Сопло аппарата, установленного на другой стороне топки, таким же образом обслуживает другую половину огневой решетки.



Фиг. 580. Направляющее пар сопло.

Наклон сопла к горизонту устанавливается из расчета наивыгоднейшего обслуживания решетки, для чего сопло при помощи установочных винтов может быть закреплено в любом положении.

Часть пара, поступающая в отверстие *D* корпуса аппарата, проходит в два круглые отверстия крышки (фиг. 581) и переходит в сопла турбины. Выходя из этих сопел, пар заставляет турбину реактивного действия вращаться с большой скоростью.

Кожух соединяется болтами как с корпусом, так и с крышкой турбины.

Колесо турбины (фиг. 582) представляет собой диск с 32 лопатками, отлитыми из алюминия. Отработанный пар поступает в отверстие *E* (фиг. 579) и оттуда через патрубок в спускную трубу.

Во избежание разноса турбины поставлен скоростной тормоз, который привинчивается на лопаточное колесо (фиг. 583).

Этот скоростной тормоз сконструирован в виде двух отлитых из бронзы тормозных колодок, сцепляющихся между собой выступами с углублениями, где помещаются пружины, изготовленные из рояльной проволоки.

При увеличении скорости турбинного колеса, когда центробежная сила преодолевает вес колодок, равный 0,44 кг, плюс сжимающее усилие пружин, произойдет торможение путем соприкосновения тормозящих поверхностей колодок

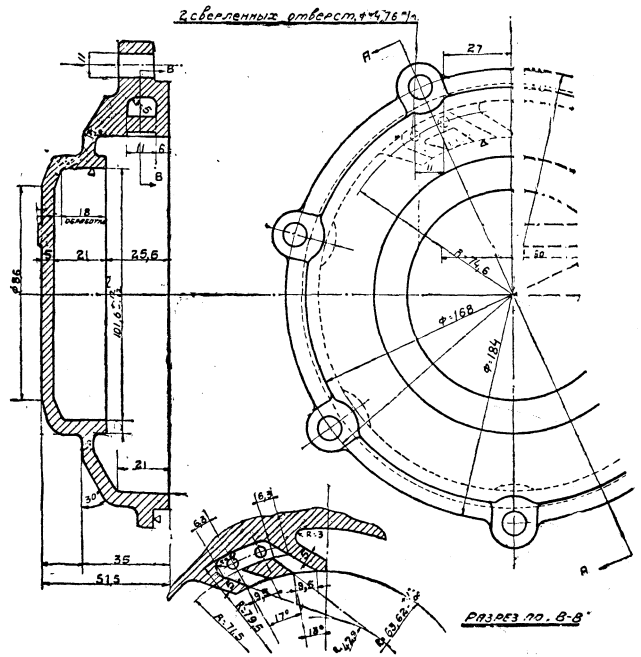
с внутренней поверхностью крышки турбины, при чем торможение продолжится до тех пор, пока не снизится скорость вращения турбинного колеса.

Осью вращения колеса турбины (фиг. 579) является червяк *G*. Колесо насаживается на его конический хвост, закрепляясь корончатой гайкой с шплинтом. Этот червяк *G* покоится в шариковых подшипниках (один из которых укреплен в корпусе аппарата, другой в кожухе) и проходит через сальник, предотвращающий попадание пара в коробку передаточного механизма. Червяк *G* имеет однооборотную трапецевидную нарезку и сцепляется с шестерней *I* (фиг. 584), укрепленной при помощи шпонок на червяке *K*, который является ее осью вращения.

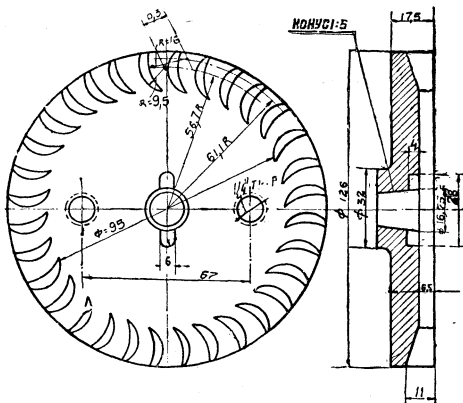
Червяк *K* вращается в простых подшипниках и имеет точно такую же нарезку, как и червяк *G*.

Получая вращение от червяка *G*, она передает это вращение при помощи червяка *K*, на котором она сидит, шестерне *L*. Шестерня *L* свободно вращается на оси *I* (фиг. 579), ввернутой в корпус аппарата.

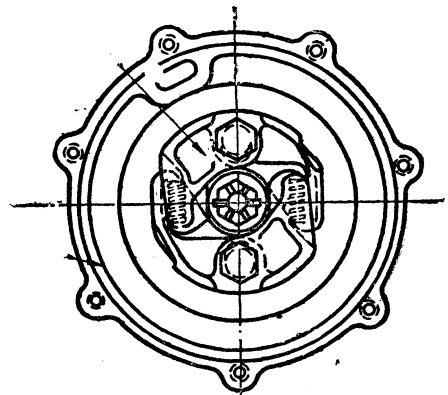
Число зубьев и нарезка этой шестерни точно такие же, как и у шестерни *I*.



Фиг. 581. Крышка турбины.



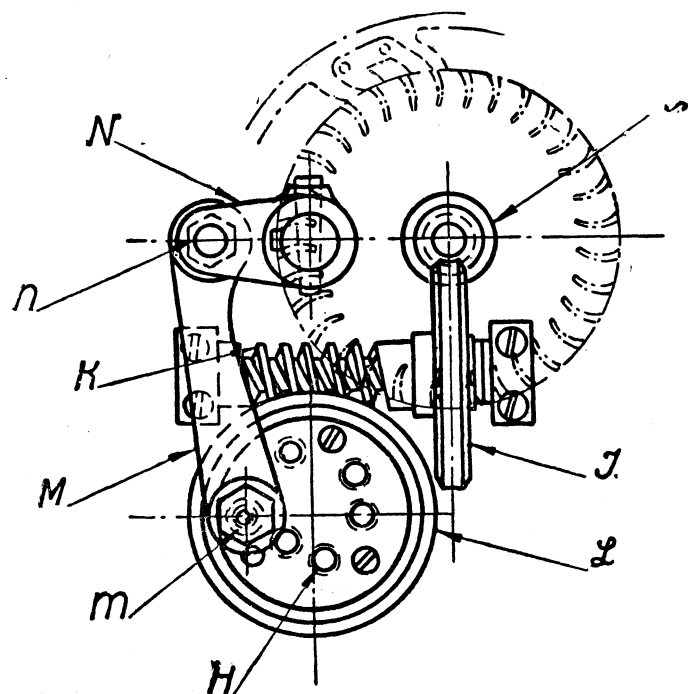
Фиг. 582. Турбинное колесо.



Фиг. 583. Скоростной тормоз.

В шестерне *L* выточено углубление, в которое садится и привинчивается шурупами установочная плита *H*. На этой установочной плите сделаны отверстия с резьбой, над которыми помещены цифры, обозначающие угол поворота сопла в градусах.

В связи с тем, что данный аппарат должен явиться стандартным для всех паровозов, понадобилось просверлить отверстия, дающие возможность менять угол колебания сопла применительно к разным площадям трубчатой решетки. В одно из этих отверстий с помощью винта *m* присоединяется один конец



Фиг. 584. Передаточный механизм от турбины к соплу.

подвижного звена *M*, выполняющего роль шатуна; другой конец звена *M*, при помощи винта *n*, соединен с подвижным рычагом *N*, который сидит на конце трубы сопла *Z* (фиг. 579), закрепленный при помощи шпонки и штифта.

Закрепленное на подвижной установочной плите *H* (фиг. 584) звено *M* одним концом совершает вращательное движение вместе с плитой; другой его конец, соединенный с подвижным рычагом *N*, совершает колебательные движения вверх и вниз по дуге, заставляя делать такие же движения и подвижной рычаг *N*, а вместе с ним и трубу сопла *Z* (фиг. 579), на конце которой

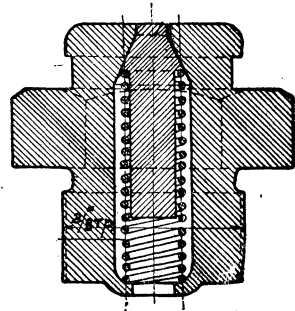
он сидит. Труба сопла *Z*, как нам уже известно, соединена с самым соплом и таким образом совершает колебательные движения вверх и вниз.

При испытании аппарата опытным путем установлено, что сопла делают примерно пять полных качаний в минуту.

Весь передаточный механизм, помещающийся в коробке, которую образуют корпус и кожух аппарата, работает в масляной ванне. Масло наливается через отверстие, закрытое пробкой. В случае разборки аппарата масло спускается через отверстие внизу аппарата. Для наливания масла существует еще добавочная специальная пробка масленки, изображенная на фиг. 585. Масло наливают под давлением при помощи специального аппарата.

Для изменения угла поворота сопла в корпусе сделано специальное отверстие, завернутое пробкой *d* (фиг. 579). Это отверстие помещено напротив подвижной установочной плиты *H*.

Отвод отработанного пара от турбины происходит через отверстие *E* в трубу *e* (фиг. 579), связанную с корпусом при помощи соединений и патрубков. В эту же трубу *e* отводится и конденсат, который образуется в корпусе аппарата. Для отвода конденсата из парораспределительной камеры корпуса *I*



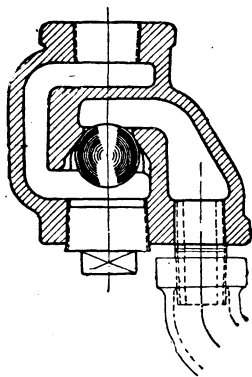
Фиг. 585. Пробка масленки для наливания масла под давлением.

устанавливается автоматически действующий спускной клапан 4, соединенный сверху при помощи трубы *q* с парораспределительной камерой корпуса, а внизу при помощи патрубка со спускной трубой.

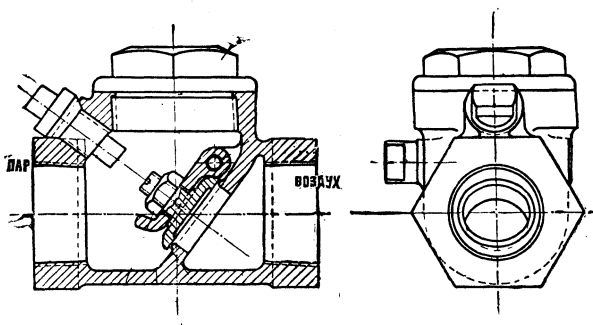
Конструкция клапана показана на фиг. 586.

На паровой трубе, идущей к каждому аппарату, установлен обратный клапан (фиг. 587), который имеет ввернутую воронку-раструб с сеткой, предохраняющей клапан от попадания в него посторонних предметов.

Когда трехходовой кран закрыт и следовательно аппарат не работает, — находящееся внутри огневой коробки топки сопло может подвергаться действию очень высокой температуры. Сопла охлаждаются воздухом при помощи обратного клапана с раструбом. Благодаря разрежению, получающемуся в огневой коробке топки, воздух засасывается снаружи через раструб и проходит через обратный клапан по трубе в аппарат, а оттуда уже в самое сопло. При работе аппарата пар, проходя через тройник, закрывает клапан, прекращая приток воздуха.



Фиг. 586. Спускной клапан.



Фиг. 587. Обратный клапан.

Основным материалом для изготовления аппарата является ковкий чугун, небольшой процент составляют сталь, бронза и алюминий.

Полный теоретический вес всей установки — 100 кг. Вес одного аппарата — 30 кг. Теоретический расход пара в час при непрерывной работе аппарата равен примерно 1500 кг.

## ПЕСОЧНИЦА

Первый паровоз ФД снабжен большой овальной песочницей с ручным механизмом и приборами для воздушной подачи песка. Вместимость ее — 1000 кг песка.<sup>1</sup>

Песочница помещена на котле сзади парового колпака и обслуживает переднюю сцепную и ведущую оси (фиг. 588).

Песочница загружается сверху через два круглые отверстия диаметром в 450 мм с вставленными в них мелкими сетками. Отверстия прикрываются крышками из листового железа с ободками жесткости из полосового железа и рези-

<sup>1</sup> Запас песка в песочницах паровозов Е<sup>1</sup> равен 610 кг, Э — 320 кг.

новым кольцом (для герметичности). Для плотности закрытия каждая крышка снабжена шестью накладками с барашками.

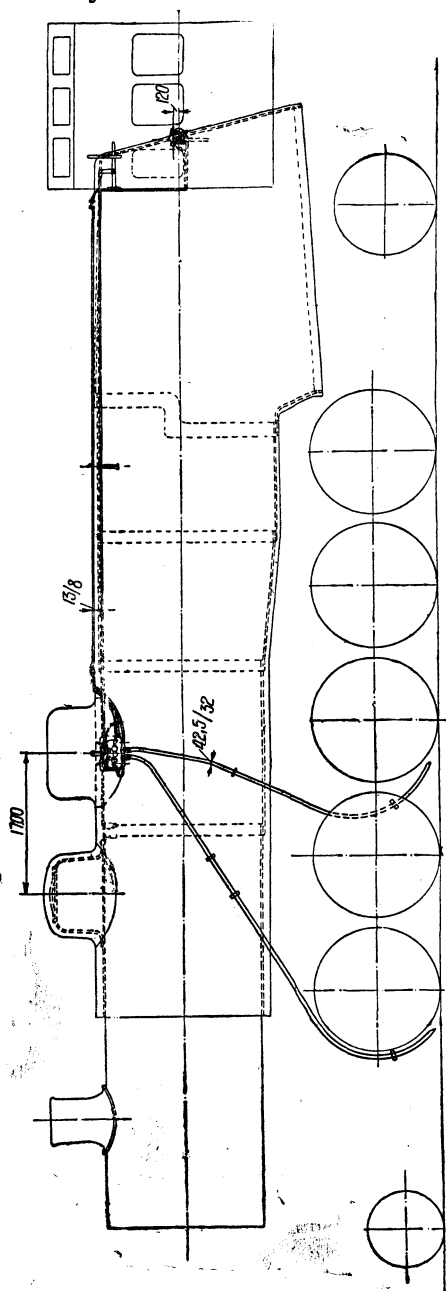
Ручной механизм состоит из передачи к двум секторным клапанам, насаженным на валу песочницы, на котором кроме того посажены под разными углами к оси длинные шпильки для разрыхления песка. Клапан с каждой стороны перекрывает одновременно отверстия двух труб.

Песочница снабжена воздушной форсункой (фиг. 589) системы Вилоко (Viloco), которая представляет собой чугунную отливку с четырьмя камерами, сообщающимися при помощи литого патрубка с внутренним пространством песочницы. Отверстия патрубка против средних камер (А и А) перекрываются сверху клапанами, а боковые (Б и Б) всегда соединены с внутренностью песочницы и благодаря этому заполнены песком. С наружной стороны к камерам А и А присоединены песочные трубы, идущие к колесам, а камеры Б и Б закрыты пробками.

При открытии крана в будке машиниста воздух из главного резервуара поступает в трубку В и, проходя через сопло Г, выталкивает песок из камеры Б через трубку Д; ударяясь в крышку Е, песок отскакивает от нее, попадает в камеру А и по трубе гонится воздухом к рельсу. Трубка Д и доньшко у крышки Е сделаны из свинца. Песок, прогоняемый воздухом с большой скоростью, врезается в мягкую поверхность этих деталей и создает песчаную поверхность, тем самым предохраняя трубку и крышку от быстрого износа. Американская практика указывает, что срок службы этих деталей, изготовленных из свинца, значительно больше срока службы тех же деталей, изготовленных из чугуна или стали.

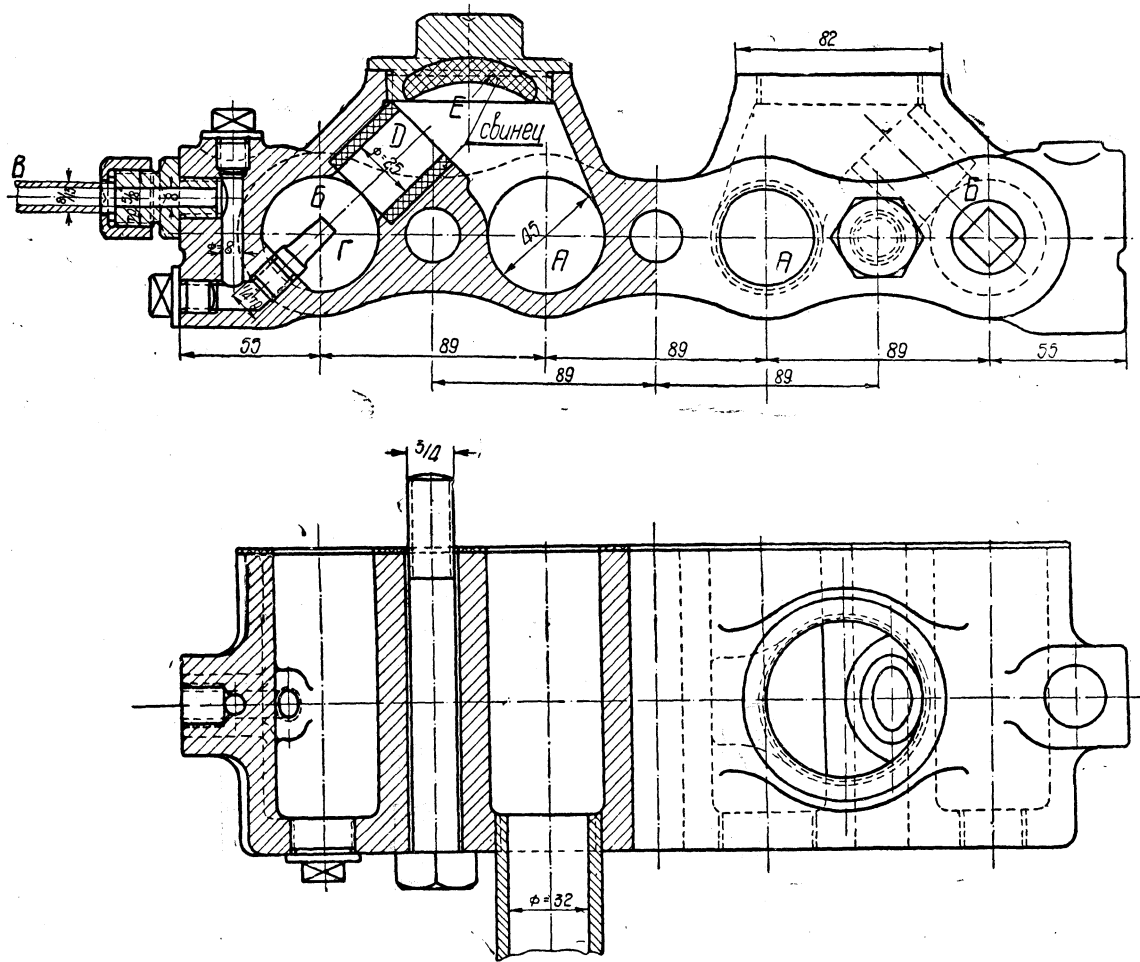
Воздух поступает в песочницу из главного резервуара, проходя через воздухораспределительный кран (фиг. 590), находящийся в будке под рукой у машиниста. В зависимости от положения ручки крана воздух, проходя через отверстия в пробке разных сечений, может поступать в форсунку в большем или меньшем количестве, в соответствии с чем подача песка под колеса увеличивается или уменьшается. Крайнее левое положение ручки соответствует „про-

Фиг. 588. Общее расположение песочницы на первом паровозе ФД.



дувке". В этом случае воздух подается к крайним каналам патрубка и продувает песочные трубы снизу вверх, частично разрыхляя песок в песочнице.

На первом паровозе ФД вследствие неправильной обработки форсунки воздушная песочница первое время не работала. После исправлений, сделанных на железной дороге, песочница стала работать удовлетворительно. Однако при пересмотре чертежей для паровозов ФД второго заказа от данной конструкции

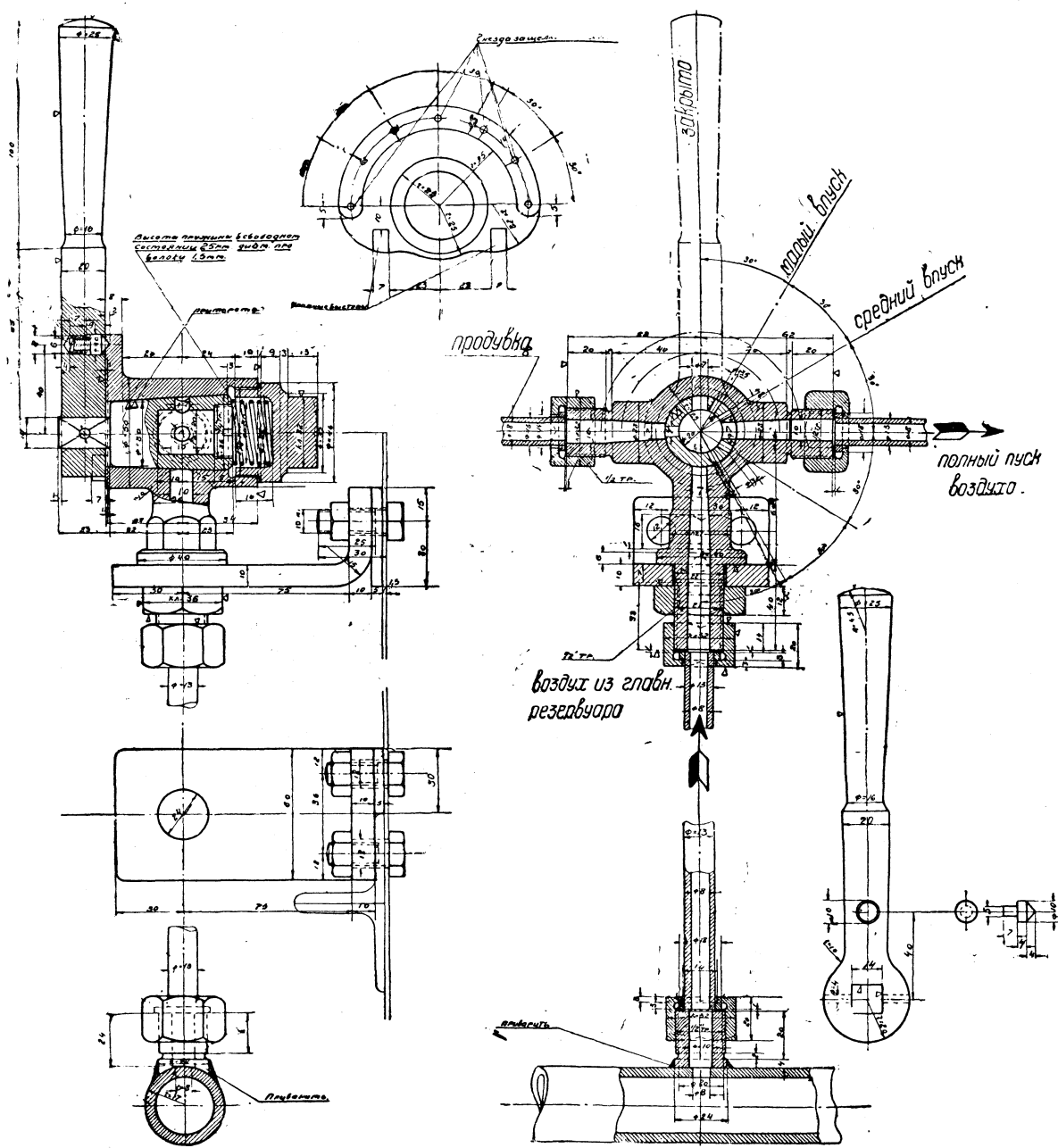


Фиг. 589. Воздушная форсунка Вилоко первого паровоза ФД.

форсунки пришлось отказаться по той причине, что подача воздуха в ней регулируется недостаточно гибко. При особенностях песочного хозяйства на наших железных дорогах, где на разных участках употребляются различные как по крупности, так и по „слеживаемости“ сорта песка, форсунка с постоянным подводом воздуха вряд ли смогла бы оказаться достаточно универсальной. Кроме того было решено создать подвод песка не под два колеса, как это сделано в первом паровозе, а под четыре. Уже одно это требовало пересмотра первоначальной конструкции форсунки.

На новой песочнице было решено отказаться от ручного привода. Дело в том, что при наличии ручного привода воздушные приводы обычно выпадают





Фиг. 590. Воздухораспределительный кран первого паровоза ФД.

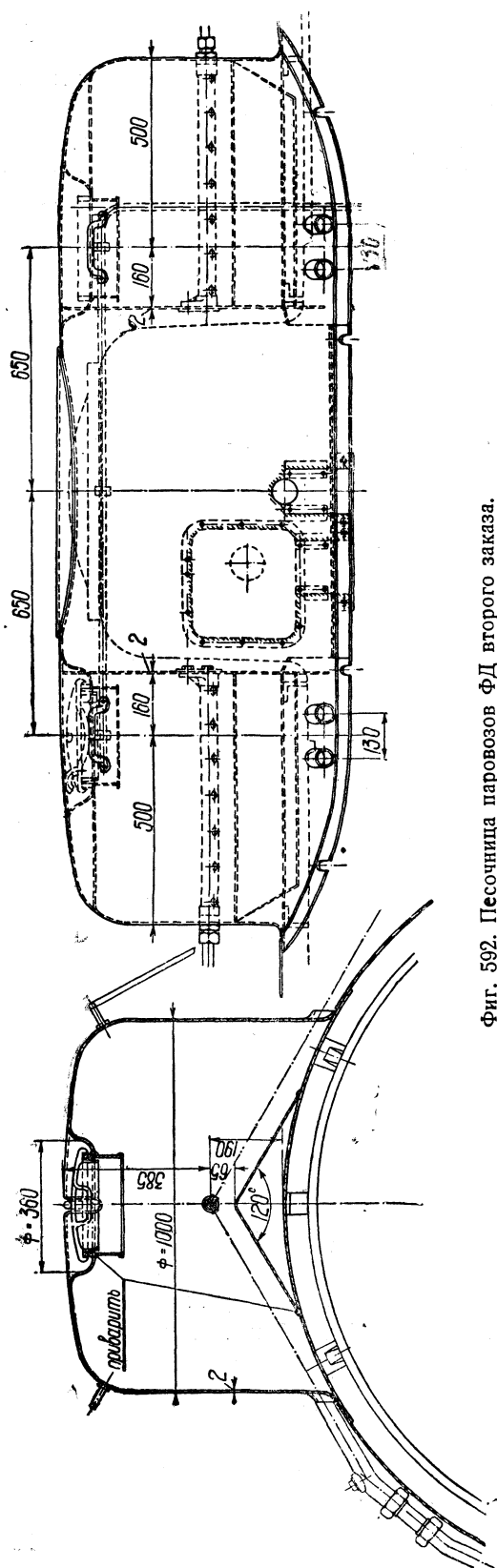
Для обслуживания четырех осей сконструированы две песочницы общей емкостью в 750 кг. Этот запас несколько меньше, чем на первых паровозах, но при постановке воздушных форсунок с точной регулировкой подачи песка расход его должен быть меньше, чем раньше, и это количество можно считать вполне достаточным.

На поперечном разрезе кожуха песочницы (фиг. 592) видно, что чугунная крышка вследствие приближения к габариту утоплена внутрь кожуха. Своими



В крышку ввернута изогнутая трубка, сообщающая внутреннее пространство песочницы с атмосферой, но препятствующая попаданию в песочницу воды. Между котлом и дном песочницы положен обычный изоляционный слой, который предохраняет песок от спекания.

Необходимый для работы песочницы воздух поступает из левого главного резервуара в воздухораспределительную колонку, которая помещается в будке машиниста над полом и обслуживает кроме песочницы механизмы топочной дверки, свистка, реверса и продувочных кранов.



фиг. 592. Песочница паровозов ФД второго заказа.

Кран песочницы (фиг. 594) снабжен дисковым золотником, при повороте которого воздух поступает в разные трубы.

Отлитые на корпусе буквы дают ориентировку как при работе крана, так и при монтаже труб. От отростка с буквой *П* труба идет в переднюю песочницу, от отростка *З* — в заднюю, а от вертикального отростка *Р* — к разрыхлителям обеих песочниц.

Воздух подводится к отростку, отлитому на крышке крана. Кран поставлен в будке на правой стороне. Ручка крана вращается параллельно боковой стенке будки, и ход ее согласован с ходом паровоза. При ходе паровоза вперед ручка крана должна поворачиваться вперед, при ходе назад — ручка поворачивается назад. При вертикальном положении ручки все отверстия закрыты, и кран не работает.

При движении ручки крана вперед по ходу паровоза с постановкой ее на первое положение 1—2 воздух поступает только в переднюю песочницу и песок подается колесам первой и второй осей; при дальнейшем же поворачивании ручки вперед работают обе песочницы, обслуживая сразу четыре оси. При заднем ходе паровоза этими двумя положениями ручки крана не пользуются во избежание нерационального использования песка и воздуха.

При движении ручки от вертикального закрытого положения назад на одно деление — „Разрыхлитель“ — воздух поступает в разрыхлители обеих песочниц, а при дальнейшем поворачивании ручки назад до отказа на положение 3—4 песок попадает из задней песочницы под колеса третьей и четвертой осей.

У всех отростков, в которые ввертываются трубы, за исключением прием-

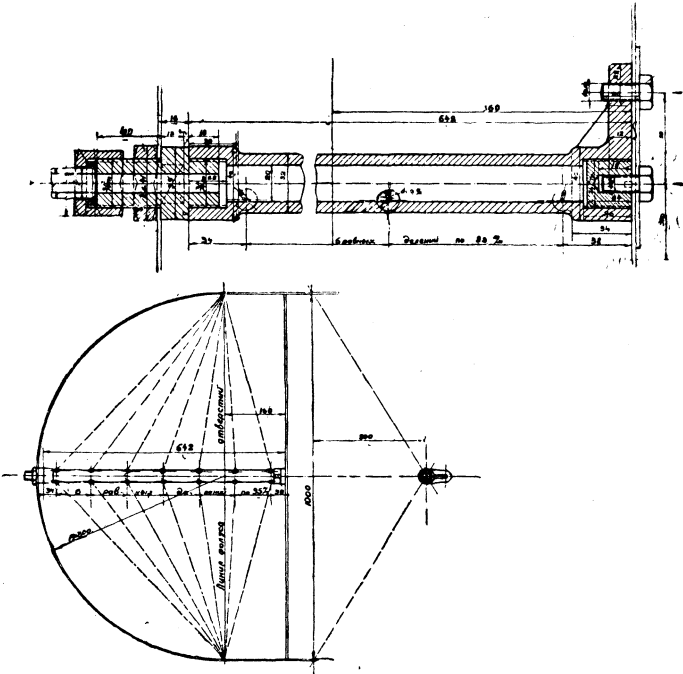
ного, просверлены отверстия диаметром в 0,75 мм; поступаая в трубу, воздух проходит в эти отверстия и при выходе звуком сигнализирует о работе того или иного прибора.

Воздух из воздухо-распределительного крана поступает по двум трубам, которые у самых песочниц разветвляются к восьми форсункам (фиг. 595).

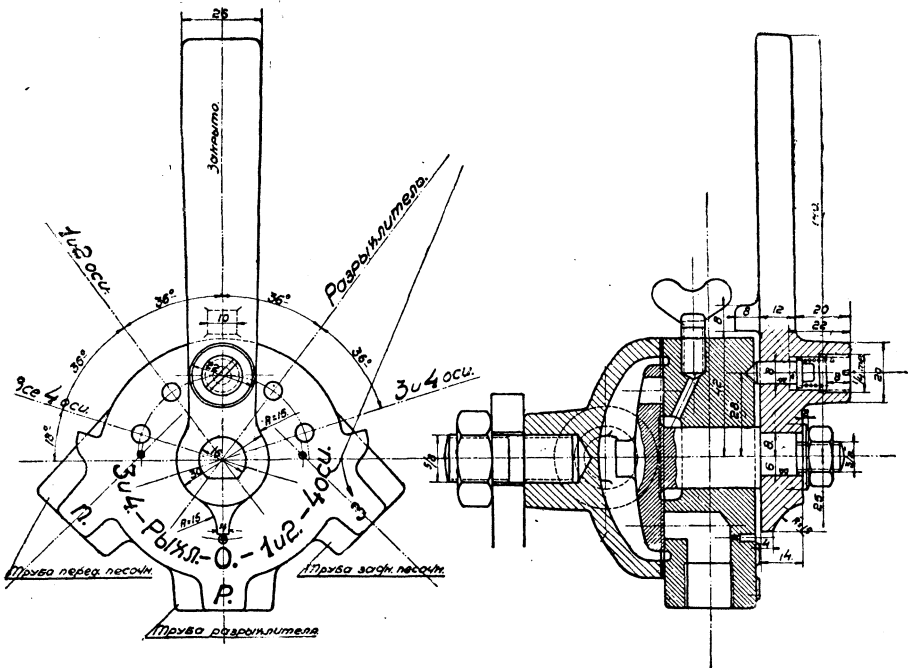
Каждая форсунка представляет собой коленообразную чугунную отливку, соединенную с песочницей трубой (концом А), через которую колено форсунки свободно засыпается песком. Просыпанию песка в трубу В препятствует порожек В.

По трубе Б песок подается из форсунки на рельс.

Воздух поступает по трубе Г, и часть его, проходя через отверстие Д, ударяется в насыпанный в колено песок, разрыхляет его и, захватывая, гонит



Фиг. 593. Воздушный разрыхлитель песка.



Фиг. 594. Воздухораспределитель песочницы паровозов ФД второго заказа.

в трубу *Б*. Другая часть воздуха проходит через отверстие переходного nipples *Е* и гонит песок по трубе вниз. Винт *Ж* с гайкой для его укрепления

служит для регулировки подачи воздуха, так как, увеличивая или уменьшая поступление воздуха, можно в зависимости от качества песка изменять количество его подачи.

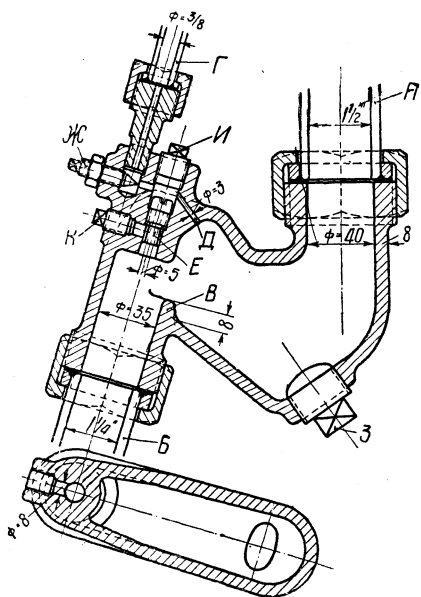
Через отверстия, закрытые пробками *З* и *И*, форсунка может прочищаться воздухом или прутьями. Пробка *К* закрывает дополнительное отверстие, к которому может быть подведена воздушная трубка для усиления действия песочницы.

На концах песочных труб приварены кольца. Попавшие на трубу вода и масло стекают по кольцам, не попадая на края трубы и на внутреннюю поверхность ее, что создает лучшие условия для насыпания песка.

В заключение скажем несколько слов о применявшейся на многих наших старых паровозах песочной форсунке системы Брюггемана. По принципу действия эта форсунка напоминает описанную. Основными недостатками брюггемановских форсунок надо считать их распо-

Фиг. 595. Форсунки песочницы паровозов ФД второго заказа.

ложение внутри кожуха песочницы и малые сечения для подвода воздуха и прохода песка. При большом числе песочных труб снабжение каждой трубы отдельной форсункой значительно загромождает внутреннее пространство песочницы.



## ***ПРИЛОЖЕНИЯ***

## ОПЫТЫ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ЦИКЛОВ С ПАРОВОЗОМ ФД 20-1

### ПРОВЕДЕНИЕ И МЕСТО ОПЫТОВ

Опыты с первым построенным паровозом ФД 20-1, описание результатов которых приводится в настоящем приложении, производились в марте, апреле и мае 1932 г.

В большинстве случаев все опыты как первого, так и второго цикла ставились на 26-километровом участке Яма — Нырково Южных железных дорог с почти постоянным приведенным подъемом в  $9,5\text{‰}$ . Для опытов первого цикла этот участок является одним из наилучших на сети СССР.

Благодаря тому, что поездки как первого, так и второго цикла производились одновременно и на одном и том же участке, удалось получить исключительно успешные и весьма надежные результаты и для данных второго цикла, о чем свидетельствует плавное расположение опытных точек ( $z_k = f(y)$ ,  $t_k = f(y)$  и др.).

Опыты производились Институтом реконструкции тяги НКПС с участием представителя ОГПУ Р. П. Гриненко. Руководителем опытов первого цикла был В. Ф. Егорченко с заместителем В. Г. Головановым. Руководителем опытов второго цикла был А. А. Скорбященский с заместителем И. Н. Марчевским. Организационными вопросами ведала Комиссия под председательством А. А. Терпугова.

### БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ<sup>1</sup>

Обозначение	Размерность	Значение
$A^p$	‰ веса	Зольность рабочего топлива
$C$	кг/час	Часовой расход рабочего топлива
$C^p$	‰ веса	Содержание углерода в рабочем топливе
$c$	м/сек	Средняя скорость поршня
$F_k$	кг	Касательная (действительная) сила тяги или сила тяги на ободе движущих колес
$F_i$	кг	Индикаторная (фиктивная) сила тяги
$H$	м <sup>2</sup>	Испаряющая поверхность нагрева (водяная)

<sup>1</sup> Приводимая здесь символика несколько отличается от символики, принятой в главах о тепловых расчетах и других. Мы однако сознательно отступаем от единообразия, так как даваемые здесь паспортные обозначения достаточно привились в нашей испытательной литературе. Сделать обратную замену, т. е. в первых главах ввести принятую здесь символика, оказывается также неудобным в виду применения там большего числа символов и неизбежной поэтому повторяемости некоторых из них.

Обозначение	Размерность	Значение
$H_n$	$\text{м}^2$	Поверхность нагрева перегревателя (газовая)
$H^p$	$\%$	Содержание водорода в рабочем топливе
$N_k$	ЛС	Мощность на ободе (действительная)
$N^p$	$\%$ веса	Содержание азота в рабочем топливе
$O^p$	$\%$ веса	Содержание кислорода в рабочем топливе
$Q_n^p$	кал/кг	Низшая теплотворная способность топлива
$q_{\text{охл}}$	$\%$	Потеря тепла от наружного охлаждения котла в процентах от $Q_n^p$
$q_{\text{ух}}$	$\%$	Потеря тепла с уходящими дымовыми газами в процентах от $Q_n^p$
$q_{\text{хим}}$	$\%$	Потеря тепла от химической неполноты сгорания в процентах от $Q_n^p$
$q_{\text{мех}}$	$\%$	Потеря тепла в шлаках и провале в процентах от $Q_n^p$
$q_{\text{ун}}$	$\%$	Потеря тепла от уноса в дымовую трубу, сажеобразования, лучеиспускания через поддувало и т. п. в процентах от $Q_n^p$
$q_{\text{ст}}$	$\%$	Расход тепла на сопла и машину стокера в процентах от $Q_n^p$
$R$	$\text{м}^2$	Площадь колосниковой решетки
$S_k^p$	$\%$	Содержание летучей серы в рабочем топливе
$T_{\text{ух}}$	$^{\circ}\text{Ц}$	Температура уходящих газов
$t_k$	$^{\circ}\text{Ц}$	Температура пара в коллекторе перегревателя
$t'$	$^{\circ}\text{Ц}$	Температура перегретого пара в золотниковой коробке
$U$	кг/час	Расход пара машиной в час
$u$	кг	Расход пара на один (одиночный) ход поршня
$V$	км/час	Скорость поезда
$W^p$	$\%$	Влажность рабочего топлива
$100 - x$	$\%$	Степень сухости пара
$y$	кг/м <sup>2</sup> час	Интенсивность горения или весовое напряжение колосниковой решетки, т. е. часовой расход топлива в кг на 1 м <sup>2</sup> колосниковой решетки
$y_k$	к кал/м <sup>2</sup> час	Тепловое напряжение колосниковой решетки, равное $\frac{yQ_n^p}{1000}$
$Z$	кг	Динамическая вертикальная реакция колеса, т. е. вертикальная составляющая суммы всех сил, приложенных во время движения к центру колеса (кроме его собственной силы инерции, зависящей от его вертикального перемещения)



Обозначение	Размерность	Значение
$z_k$	кг/м <sup>2</sup> час	Интенсивность парообразования по котлу (форсировка котла), т. е. число кг пара, снимаемого с 1 м <sup>2</sup> испаряющей водяной поверхности нагрева в час
$z_{кн}$	кг/м <sup>2</sup> час	Интенсивность парообразования по котлу в нормальном паре, т. е. число кг пара, приведенного к теплосодержанию 640 кал/кг, снимаемого с 1 м <sup>2</sup> испаряющей водяной поверхности нагрева в час (при подсчете $z_{кн}$ относилось к продолжительности открытия регулятора)
$z_m$	кг/м <sup>2</sup> час	Интенсивность парообразования по машине, т. е. часовой расход пара на машину, отнесенный к 1 м <sup>2</sup> испаряющей поверхности нагрева
$\alpha$		Коэффициент избытка воздуха в уходящих газах
$\Delta_2$	мм водяного столба	Разрежение в огневой коробке
$\Delta_3$	— " —	Разрежение в дымовой коробке
$\epsilon$		Отсечка в цилиндрах в долях хода поршня
$\eta_k^{бр}$	%	Коэффициент полезного действия котла брутто $\frac{z_{кн} 640 H}{\gamma R Q_H^p}$
$\eta_k^{нетто}$	%	Коэффициент полезного действия котла нетто, т. е. $\eta_k^{бр}$ за вычетом потерь на сопла и машину стока $\eta_k^{нетто} = \eta_k^{бр} - q_{ст}$
$\gamma$	—	Полный коэффициент полезного действия локомотива на ободу движущих колес
$\xi$	—	Индикаторный коэффициент, равный отношению среднего индикаторного давления в цилиндрах к котловому давлению
$\rho$	—	Открытие регулятора в долях полного

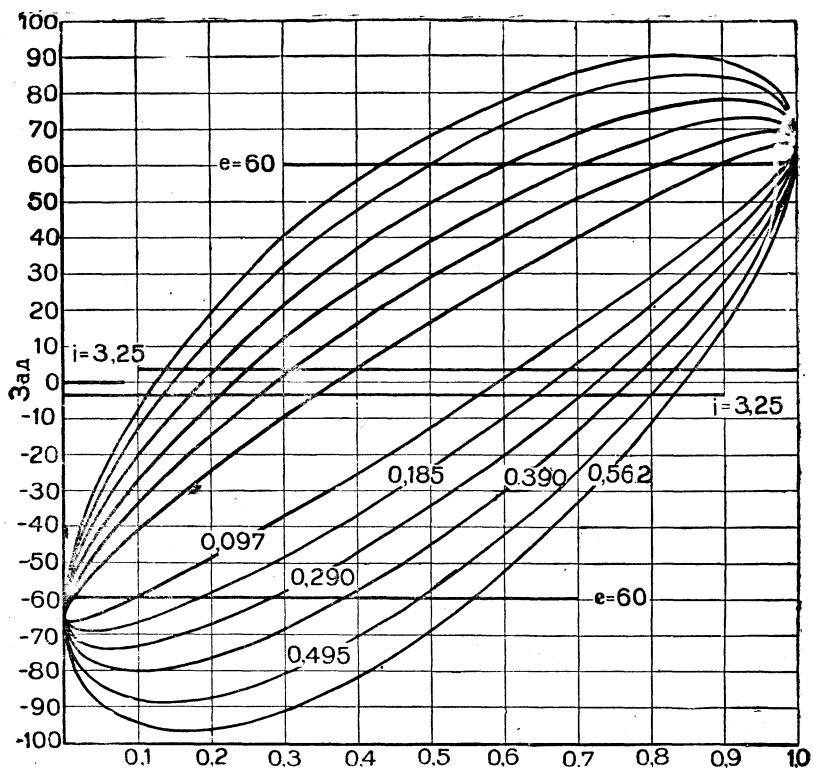
## ТЯГОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Все опытные поездки для получения основных результатов производились только при полном открытии регулятора, так как, судя по опытам с другими паровозами с перегревом, поездки с неполным открытием регулятора имеют лишь второстепенное значение. К тому же первый паровоз каждой серии не является в полном смысле слова серийным паровозом, и поэтому более глубокие и всесторонние испытания паровоза ФД предполагалось произвести с одним из следующих паровозов этой серии.

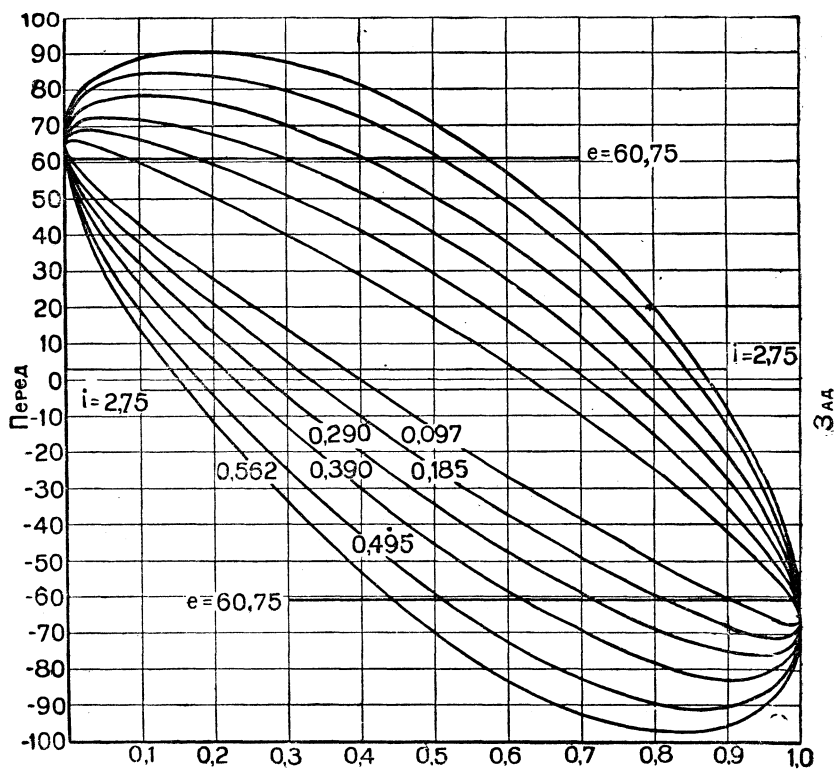
На фиг. 596 и 597 даны эллиптические диаграммы парораспределения опытного паровоза, снятые с натуры. Цифры на кривых означают средние отсечки (основных окон).

На фиг. 598:  $a$  — наибольшее открытие паровыпускных окон,  $b$  — степень сжатия основных окон, совпадающая со степенью предварения впуска дополнительных окон, и  $c$  — отсечка дополнительных окон в зависимости от отсечки основных окон. Все величины — средние для всех четырех полостей цилиндров.

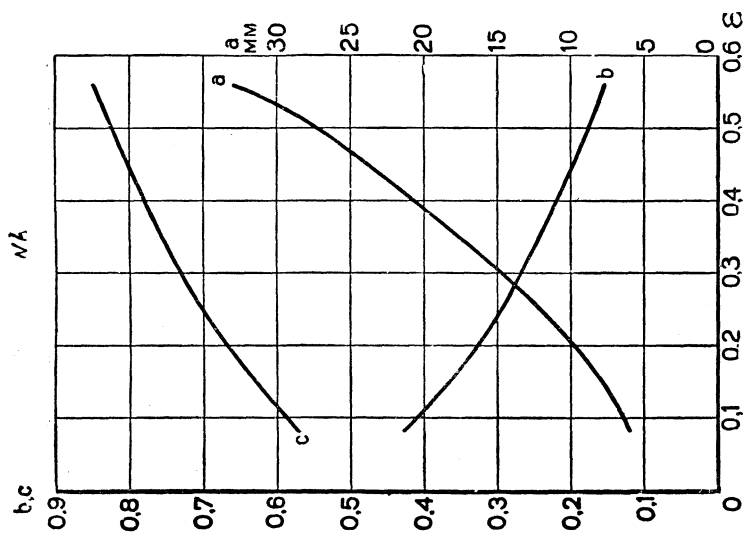
На фиг. 599 даны типовые индикаторные диаграммы.



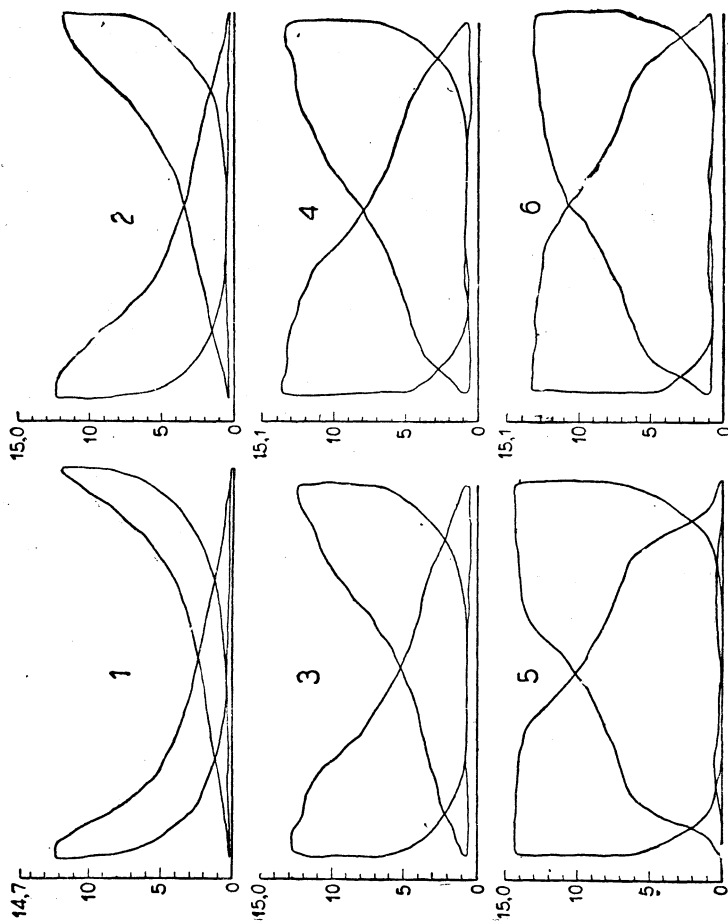
Фиг. 596. Эллиптическая диаграмма правого цилиндра. Ход вперед.



Фиг. 597. Эллиптическая диаграмма левого цилиндра. Ход вперед.

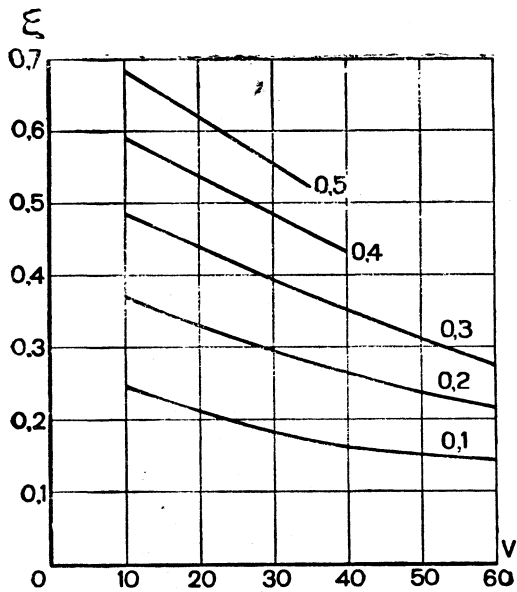


Фиг. 598. Элементы парораспределения: *a* — наибольшее открытие основных окон; *b* — степень сжатия основных окон и степень предварения впуска дополнительных окон; *c* — отсечка до-  
полнительных окон.

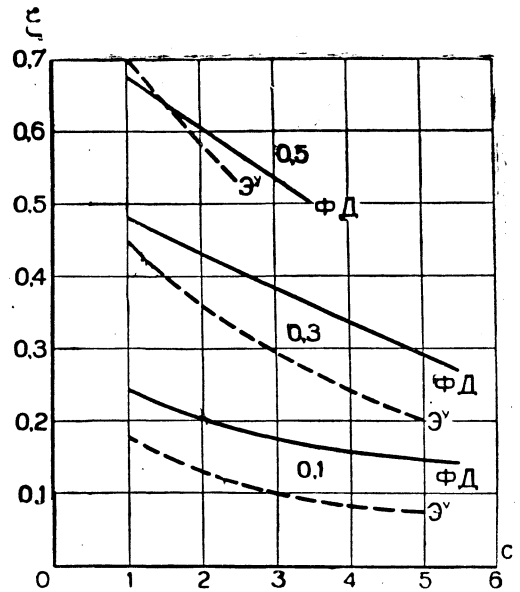


Фиг. 599. Индикаторные диаграммы.

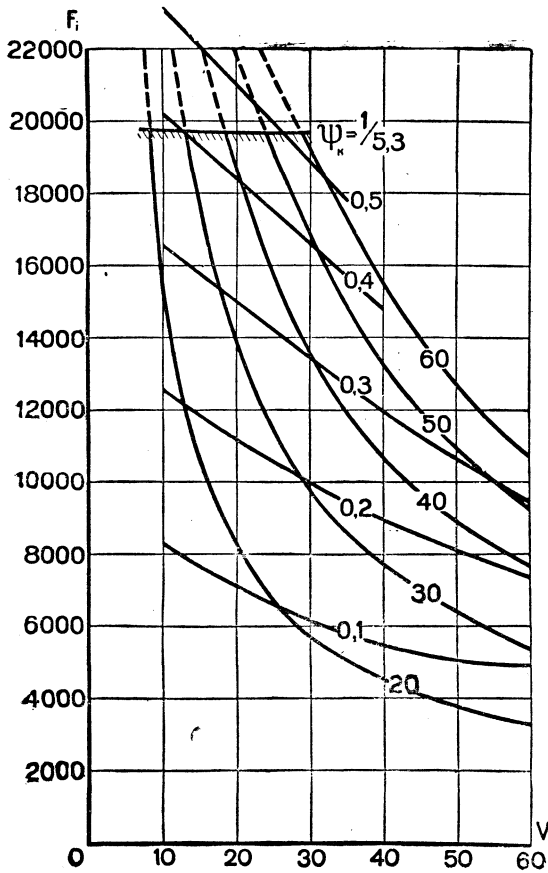
№ диаграммы	$p$	$\epsilon$	$V$	$p_k$	№ диаграммы	$p$	$\epsilon$	$V$	$p_k$
1	1,0	0,10	48,5	14,7	4	1,0	0,39	37,0	15,1
2	1,0	0,19	31,0	15,0	5	1,0	0,39	9,5	15,0
3	1,0	0,29	43,0	15,0	6	1,0	0,50	26,5	15,1



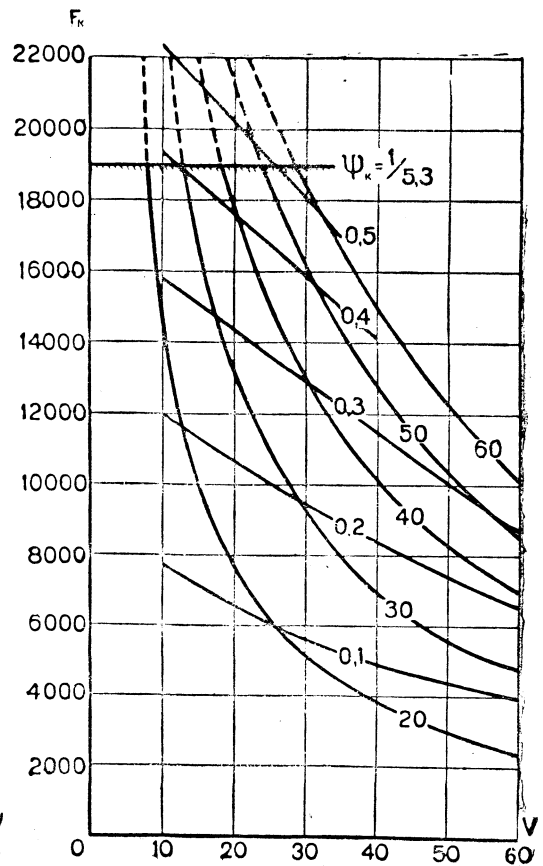
Фиг. 600. Индикаторные коэффициенты.



Фиг. 601. Сравнение индикаторных коэффициентов паровозов ФД и ЭУ.



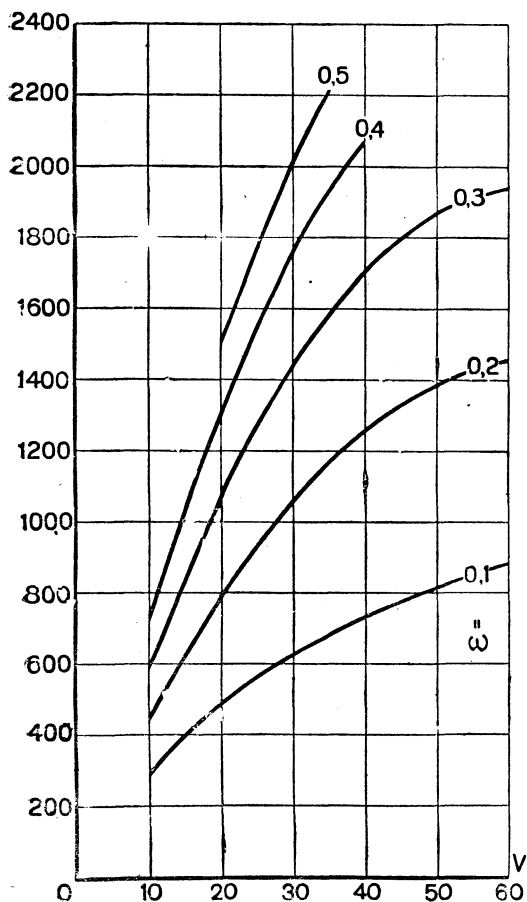
Фиг. 602. Индикаторная сила тяги.



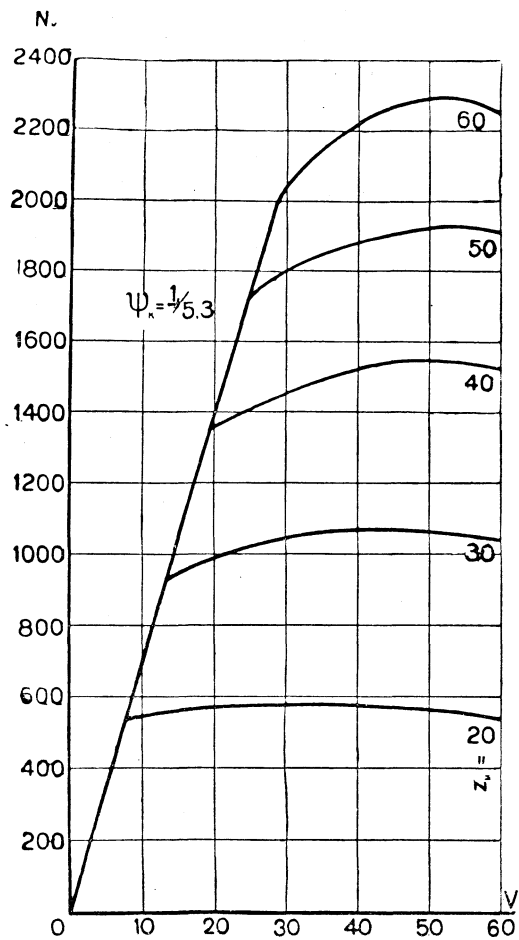
Фиг. 603. Касательная сила тяги.

На фиг. 600 — индикаторный коэффициент в зависимости от скорости  $V$  для разных отсечек при вполне открытом регуляторе. Следует иметь в виду, что опыты производились при дробных отсечках, указанных на эллиптических диаграммах фиг. 596 и 597, здесь же и в дальнейшем для удобства даны кривые для отсечек от 0,1 до 0,5 (через десятую), полученные путем графической интерполяции кривых, проведенных через опытные точки.

На фиг. 601 приведено сравнение индикаторных коэффициентов паровозов ФД и ЭУ при вполне открытом регуляторе и отсечках 0,5, 0,3 и 0,1 при одинаковых средних скоростях



Фиг. 604. Касательная мощность в зависимости от  $V$  и  $\epsilon$ .



Фиг. 605. Касательная мощность в зависимости от  $V$  и  $z_m$ .

поршня. Большие открытия окон паровоза ФД дали значительное повышение индикаторного коэффициента при малых отсечках и больших скоростях и значительно меньшее падение его с увеличением скорости при больших отсечках и малых скоростях.

На фиг. 602 и 603 показана индикаторная и касательная сила тяги при  $\rho = 1$  в зависимости от скорости для разных отсечек  $\epsilon$  (от 0,1 до 0,5) и разных форсировок котла по машине  $z_m$  (от 20 до 60). Расчетное ограничение по сцеплению принято при коэффициенте сцепления  $\psi_k$  около  $\frac{1}{5.3}$ , т. е. при том же коэффициенте, который установлен опытом и практикой для паровозов ЭУ.

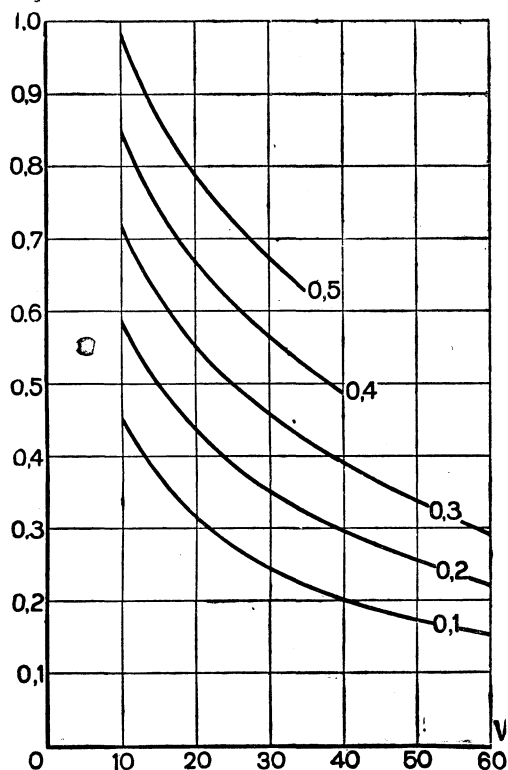
Совершенно естественно, что предел силы тяги  $\hat{F}_k$ , равный 19 000 кг, относится к существующим средним условиям сети СССР. При условиях выше средних (хорошее

качество верхнего строения пути, налаженное песочное хозяйство и пр.) предел силы тяги  $F_k$  по сцеплению может быть повышен до 20 000 кг.

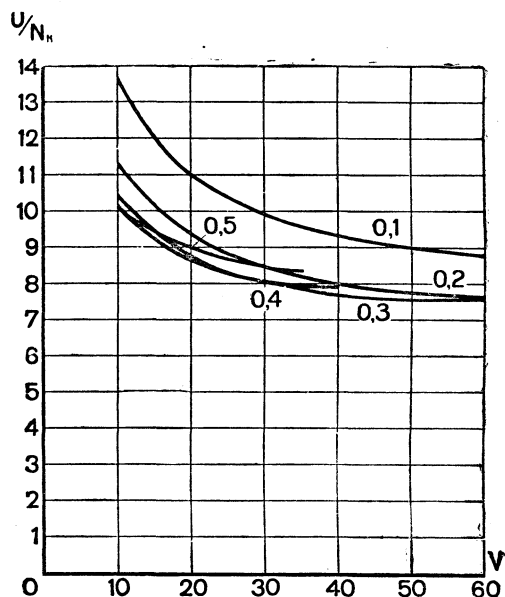
Специального определения сопротивления паровоза как повозки при испытаниях не делалось, и оно принималось по формуле  $w_o' = 1,5 + 0,05 V$  кг/т.

Расчетные  $z_m$  на стокере для ФД ориентировочно можно принимать в 48 для спекающихся углей и хороших смесей, 50 — для газовых длиннопламенных неспекающихся и 40 — для так называемых углей II сорта.

На фиг. 604 и 605 приведена мощность паровоза  $N_k$  на обода движущих колес в зависимости от скорости для разных отсечек  $\epsilon$  от 0,1 до 0,5 и для разных форсировок по машине  $z_m$  от 20 до 60. При  $z_m$ , равном 45, мощность на обода равна примерно 1700 л. с. при скорости 30—60 км/час. Паровоз Э<sup>у</sup> на таких же углях дает  $z_m$  около 35, что соответствует мощности около 850 л. с. при скоростях 20—50 км/час. Следовательно, паровоз ФД при скоростях выше 30 км/час имеет вдвое большую мощность, чем Э<sup>у</sup>.



Фиг. 606. Расход перегретого пара на один ход поршня.



Фиг. 607. Расход перегретого пара на касательную силу-час в зависимости от  $V$  и  $\epsilon$ .

## ХАРАКТЕРИСТИКА РАСХОДА ПАРА

На фиг. 606 приведен расход пара (перегретого) на один (одиночный) ход поршня в зависимости от скорости для разных отсечек при вполне открытом регуляторе. Эти кривые для практических целей применяются редко и приводятся здесь, главным образом, как основные кривые, получаемые непосредственно опытным путем.

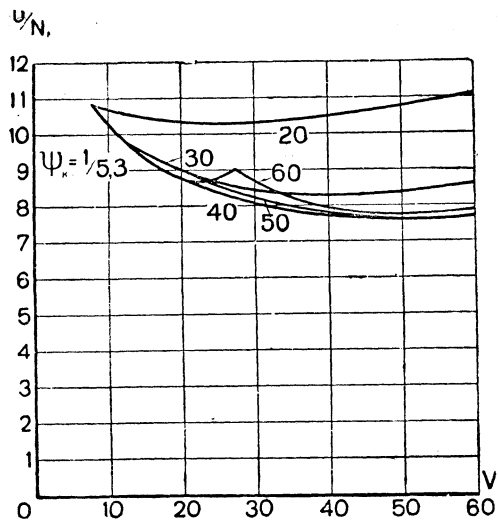
Фиг. 606, так же как и фиг. 607—608 и 612—614, дает расход пара на машину паровоза, т. е. за вычетом расхода его на вспомогательные нужды (насос, сифон и т. п.).

На фиг. 607—608 приведен расход пара на силу-час на обода при вполне открытом регуляторе в зависимости от скорости для различных отсечек  $\epsilon$  от 0,1 до 0,5 и различных форсировок  $z_m$  от 20 до 60.

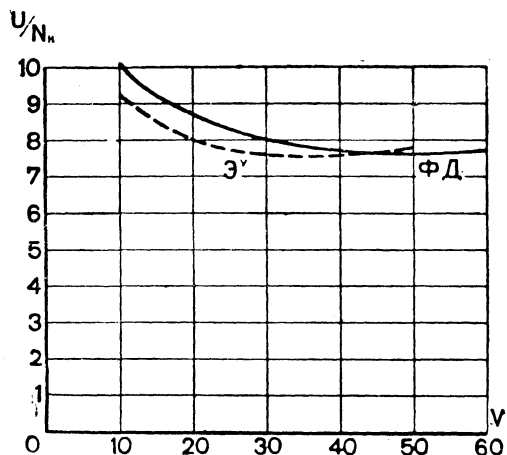
На фиг. 609 произведено сравнение наименьшего расхода пара на силу-час на обода в зависимости от скорости паровозов ФД и Э<sup>у</sup>.

На фиг. 610 приведено сравнение расхода пара на силу-час в зависимости от скорости паровозов ФД и Э<sup>у</sup> при одинаковых  $z_m$ , равных 40, а на фиг. 611 — сравнение перегрева пара в золотниковых коробках тех же паровозов в зависимости от форсировки  $z_m$ .

Рассмотрение фиг. 607—611 приводит к следующим выводам.

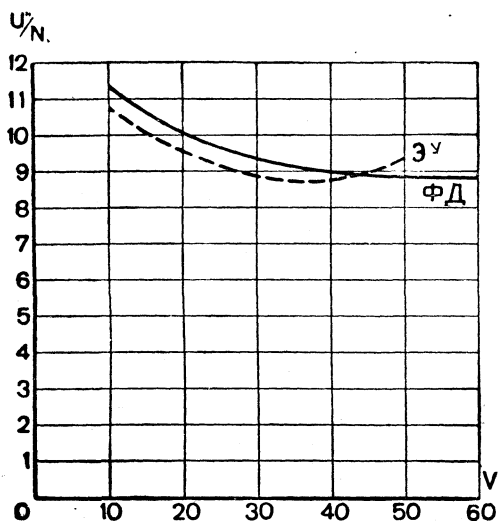


Фиг. 608. Расход перегретого пара на касательную силу-час в зависимости от  $V$  и  $z_m$ .

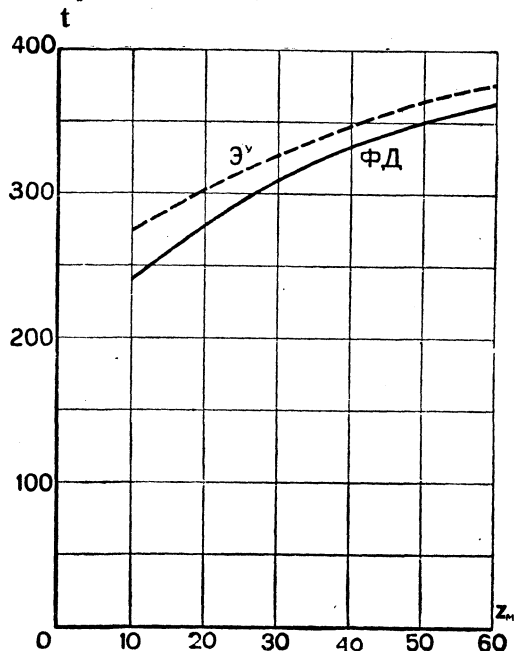


Фиг. 609. Сравнение наименьшего расхода перегретого пара на касательную силу-час паровозами ФД и Э<sup>у</sup>.

Перегрев пара у паровоза ФД на 15—20° ниже перегрева пара у паровоза Э<sup>у</sup>, несмотря на то, что поверхность перегревателя у ФД относительно больше, чем у Э<sup>у</sup>, и несмотря на то, что кривая паровоза Э<sup>у</sup> относится к работе с подогревателем питательной воды, а кривая паровоза ФД — к работе без подогревателя. Понижение перегрева является следствием применения камеры догорания, понизившей температуру газов у входа



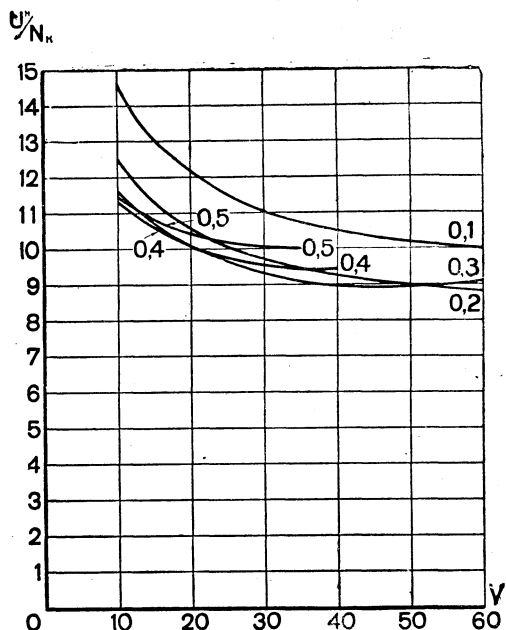
Фиг. 610. Сравнение расхода перегретого пара на касательную силу-час паровозами ФД и Э<sup>у</sup> при  $z_m = 40$ .



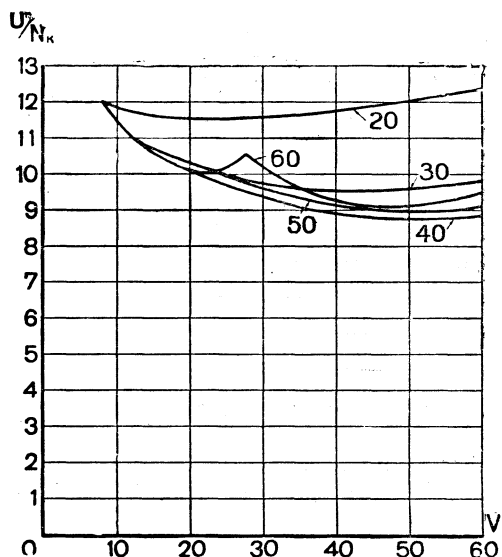
Фиг. 611. Температура перегретого пара в золотниковой коробке паровозов ФД и Э<sup>у</sup>.

в жаровые трубы, и мелкотрубного перегревателя Элеско, изменившего в пользу жаровых труб соотношение отдачи тепла перегревательным и жаровым трубам.

Минимум расхода пара на силу-час на ободу у паровоза ФД получается при скоростях 40—60 км/час, тогда как у ЭУ — при скоростях 30—40 км/час. Смещение минимума является, очевидно, результатом двух причин: большего диаметра движущих колес и применения ограниченной отсечки.

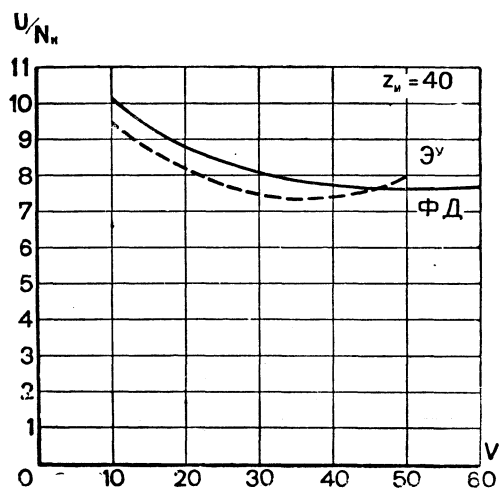


Фиг. 612. Расход нормального пара на касательную силу-час в зависимости от  $V$  и  $\epsilon$ .

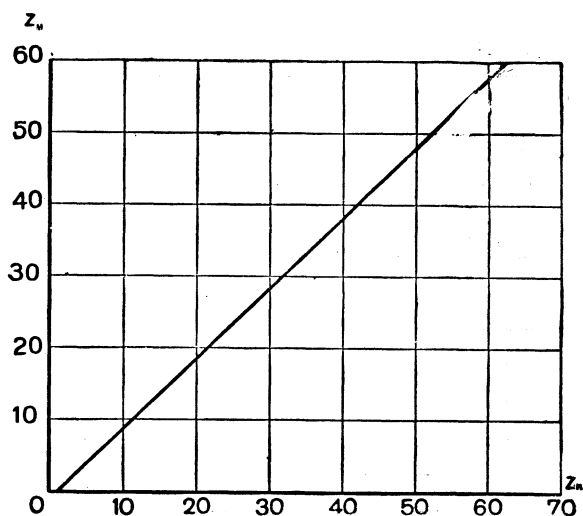


Фиг. 613. Расход нормального пара на касательную силу-час в зависимости от  $V$  и  $z_m$ .

Исследование влияния так называемой „ограниченной отсечки“, т. е. увеличенных открытий основных окон и наличия малых дополнительных окон, на расход пара на силу-час не входило в задачу настоящих опытов; все же сравнение фиг. 609, 610 и 611 говорит о том, что при малых и средних скоростях, примерно до 40 км/час, „ограничен-



Фиг. 614. Сравнение расхода нормального пара на касательную силу-час паровозами ФД и ЭУ при  $z_m = 40$ .



Фиг. 615. Зависимость  $z_m = f(z_k)$  при комбинированном отоплении.



ная отсечка" не оказывает никакого влияния на расход пара, так как повышение расхода пара у ФД против ЭУ процентов на 6—8 (в пределах точности опытов) объясняется понижением перегрева на 15—20°. В сущности говоря, понижение перегрева на 15—20° должно было бы дать перерасход пара не более 3—5%; следовательно, 3% перерасхода приходится отнести за счет „ограниченной отсечки" и золотников большего диаметра (впуск пара во время расширения и сжатия, увеличение пропуска пара). При больших же скоростях, свыше 40 км/час, ограниченная отсечка дает явную экономию в паре (учитывая температуру перегрева); при скорости в 50 км/час эта экономия достигает порядка 5—8%.

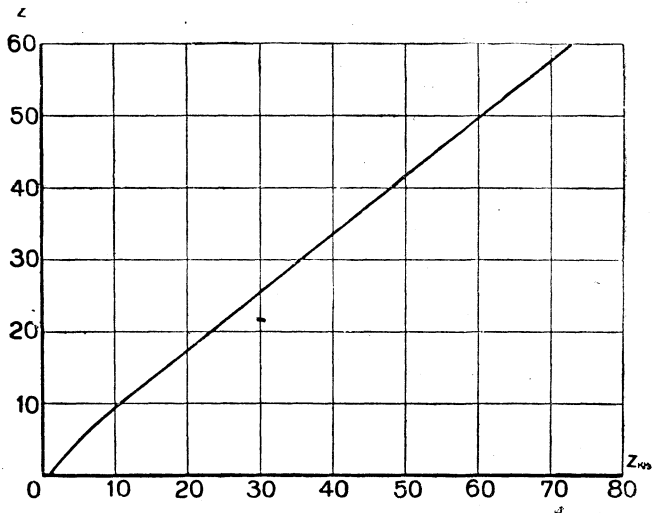
В виду важности вопроса об ограниченной отсечке Институт реконструкции тяги приступил к специальному его исследованию.

На фиг. 612—614 даны кривые расхода на силу-час нормального пара, т. е. пара, приведенного к тепло-содержанию 640 кал/кг.

Из кривых 609, 610 и 614 не следует выводить того заключения, что в эксплуатации паровоз.ФД должен расходовать на силу-час пара в среднем больше, чем ЭУ. В действительности этот расход примерно одинаков: выравнивание происходит за счет более высоких скоростей и форсировок ФД.

На фиг. 615 — зависимость  $z_m = f(z_k)$ , удовлетворяющая формуле:  $z_k = 1,0 + 1,02 z_m$ .

На фиг. 616 — зависимость  $z_m = f(z_{кн})$  для стокерно-ручного (комбинированного) отопления на угле марки Д. Для практических целей эти кривые могут быть признаны достаточно точными для любого угля.



Фиг. 616. Зависимость  $z_m = f(z_{кн})$  при комбинированном отоплении.

## ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ К КОТЛОВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

Испытания котла паровоза ФД имели целью выяснить качество котла в целом, изучение же особенностей отдельных его частей — стокера, камеры догорания, перегревателя Элеско типа Е — должно явиться предметом особой работы.

Отличительной особенностью данных испытаний является то, что они производились при постоянном режиме котла, точнее говоря, при режиме, гораздо более близком к постоянству, чем при обычных котловых испытаниях на угле в пути.

При выборе топлива руководствовались следующими соображениями.

Во-первых, надо было получить сравнительные данные с американскими паровозами 1—5—2 Т<sup>А</sup> и 1—5—1 Т<sup>Б</sup>, для чего были взяты смеси:

50% ПЖ Кривой Торец + 50% АРШ Чистяково;

30% ПС Чумаково + 30% Г Бежановка + 40% АК Должанская.

Во-вторых, существенный интерес представляла смесь, являющаяся для ФД проектной: 25% ПЖ Кривой Торец + 35% АРШ Чистяково + 40% п/м К Щекино.

На этой смеси остановились после неудачной попытки провести опыты на угле 100% п/м К Щекино.

В третьих, для выяснения работы топочного объема на углях с большим содержанием летучих были произведены опыты на угле:

100% Д Переезжая Лисичанского Р-У.

На этом же топливе было произведено большинство опытов с машиной паровоза.

В Америке — родине стокера — его используют, как правило, на углях, сортированных по крупности, при чем в громадном большинстве случаев пределом мелочи кусков

угля является орешек  $\geq 30$  мм. Кроме того, в американской практике отопления углями смеси применяются редко.

Оба эти обстоятельства оказывают, как это с очевидностью удалось установить, громадное влияние и на конечные результаты котловых характеристик и на практические стороны ведения топочного режима.

Конструкция американского стокера В-К не дает возможности производить отопление смоченным углем, как это принято в нашей практике при ручном отоплении. Смоченный в тендере уголь, дойдя до горловины, запрессовывается в ней, прекращая дальнейшую подачу; зимой же появляется опасность замерзания всего транспортера.

Унос, при отоплении вручную, происходит главным образом из слоя, при чем подаваемый в топку смоченный уголь летит одной или несколькими компактными массами; при стокере же унос происходит, главным образом, за счет увлечения тягой частиц угля, находящихся в топочном объеме во взвешенном состоянии.

Осуществление конструкций, позволяющих работать при смоченном угле, но с сохранением принципа верхней подачи и парового распыливания, вряд ли изменит происходящие в топке процессы, так как смоченное топливо будет оставаться компактным только до момента воздействия на него паровых струй. Как только смоченное топливо попадает на стол стокера, оно раздробляется паровыми струями на отдельные частицы, и вся мелочь уносится в трубу. Кроме того, смоченный уголь начинает спекаться уже на горячем столе стокера, и в связи с этим существует непосредственная опасность образования на столе завалов, которые придется периодически уничтожать вручную. Поэтому можно предполагать, что разрешение вопросов о смачивании угля и устранении спекания на столе уменьшит унос незначительно и отразится на расходе топлива не более как 1—2 процентами.

Угли, испытывавшиеся на ФД, как и вообще применяемые на железных дорогах СССР, были негрохоченными.

Состав смесей, в которые входили такие туговоспламеняемые и тугогорючие марки, как АРШ, АК, наряду с марками ПЖ, ПС и Г, определял различие в самом процессе горения и вел к рассортировыванию по решетке отдельных составляющих смесей распыляющимися струями стокера.

Кроме этих двух особенностей отопления стокером в наших условиях следует упомянуть, что стокер В-К отличается довольно грубым регулированием как машины, так и дутья, будучи предназначен по своей мощности к обслуживанию колосниковых решеток площадью в 8 м<sup>2</sup> и более и имея предельную производительность в 12 500 кг/час. Эта грубость регулирования особенно сказывается при малых форсировках решетки.

Благодаря этим особенностям смесь из АРШ и ПЖ, в состав которой входило до 60% мелочи, давала такое распределение углей по колосниковой решетке, при котором более мелкие части отбрасывались дутьем сопел вперед под свод, крупные же куски АРШ ложились возле стола стокера на задней трети колосниковой решетки. Увеличение давления дутья влияло главным образом на мелкие куски угля, создавая их скопление под сводом, и почти не действовало на большие куски АРШ, которые, будучи тугоплавкими, накаливались на задней части решетки слоем до 350—400 мм. В результате интенсивность горения на передней части решетки была гораздо выше, чем на задней, и коэффициент неравномерности работы слоя был равен примерно 0,60—0,75.

Таким образом, при данном стокере смеси рядовых углей крупностью от точки до 75—100 мм с разной способностью к воспламенению и разной скоростью реакции горения создали такие условия горения, что после первых двух поездок на смеси 50% ПЖ + 50% АРШ встал вопрос об улучшении способа отопления: во-первых, для улучшения процесса горения и, во-вторых, для получения предельных мощностей котла.

Единственно правильным решением при этих условиях было исправление слоя путем подачи некоторого количества топлива вручную при сохранении основной подачи стокером.

Это сразу изменило всю картину горения, значительно улучшив топочный процесс. Опыты на смеси 50% ПЖ + 50% АРШ для сравнения были произведены при двух способах отопления: стокерном и комбинированном (помощь вручную). Все остальные топлива испытаны только при комбинированном отоплении, которое дало настолько значительный качественный и количественный эффект, что представляется возможным говорить о нем,

как о единственном технически правильном целесообразном методе отопления при несортированных смесях для данного стокера.

КОТЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СМЕСИ 50% ПЖ + 50% АРШ

КОМБИНИРОВАННОЕ ОТОПЛЕНИЕ

Применявшаяся при комбинированном отоплении смесь 50% ПЖ Кривой Торец + 50% АРШ Чистяково имела следующий состав и теплотворность рабочего топлива:

W <sup>p</sup>	A <sup>p</sup>	C <sup>p</sup>	H <sup>p</sup>	O <sup>p</sup>	N <sup>p</sup>	S <sup>p</sup> <sub>л</sub>	Q <sup>p</sup> <sub>н</sub>
5,22	12,76	73,14	2,44	3,93	0,86	1,65	6751

На фиг. 617 приведены зависимости  $z_{кн} = f(y_{кн})$  и  $\eta_{к} = \varphi(y_{кн})$ . Наибольшее  $z_{кн}$  во время опытов было равно 52 кг/м<sup>2</sup>час, но предел  $z_{кн}$  — около 55—60 кг/м<sup>2</sup>час. Максимум  $\eta_{к}^{6p}$  равнялся 66,7% при  $y_{кн}$ , равном 750  $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2\text{час}}$ ; при  $y_{кн} = 2500 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2\text{час}}$ ,  $\eta_{к}^{6p}$  был равен 57,6%.

Потери с уходящими газами относительно очень малы, вследствие наличия камеры догорания и большой длины жаровых и дымогарных труб.

Абсолютные значения коэффициента полезного действия котла брутто и потерь от уноса по сравнению с обычными величинами у паровозов при ручном отоплении в среднем хуже: при  $y_{кн}$ , равном 500, — на 4—5%, а при  $y_{кн}$ , равном 2500, — на 5—7%.

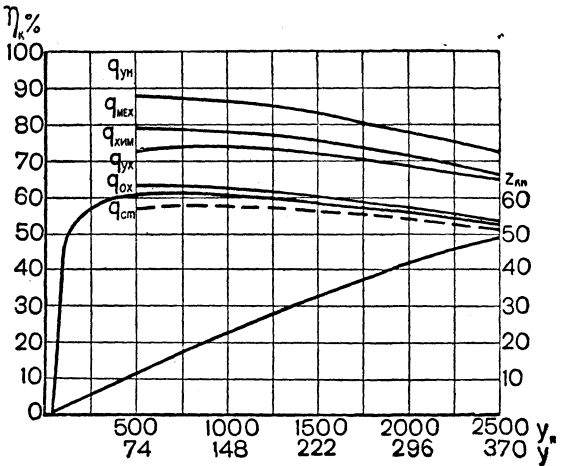
На фиг. 618 приведена температура перегрева пара в коллекторе  $t_{к}$  и температура уходящих газов в дымовой коробке  $T_{yx}$ . На фиг. 619 — кривые разрежения в дымовой коробке —  $\Delta_3$  и в топке —  $\Delta_2$  и коэффициент избытка воздуха  $\alpha$ .

Для  $y = 150$  и 350 кг/м<sup>2</sup>час соответственно  $\Delta_3 = 45$  и 170 мм водяного столба и  $\Delta_2 = 10$  и 45 мм водяного столба. Следовательно, в этих же пределах сопротивление трубчатой части котла меняется от 35 до 125 мм водяного столба, тогда как для других паровозов СССР оно обычно ниже.

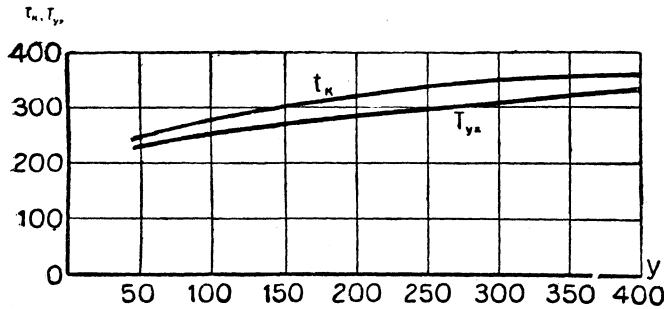
Это обстоятельство объясняется малым живым сечением труб при их большой длине, что определяется конструкцией мелкотрубного перегревателя, а также диаметром цилиндрической части котла.

Коэффициент избытка воздуха вполне нормален.

При опытных поездках на рассматриваемой смеси с участием отопления вручную около 25% от общего расхода топлива, горение было нормальным, ровным, без темных мест и кратеров. Парообразование было весьма хорошим,



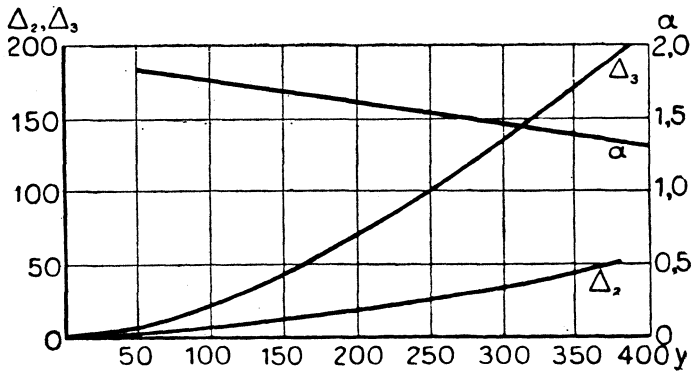
Фиг. 617.  $z_{кн} = f(y_{кн})$  и  $\eta_{к} = \varphi(y_{кн})$  на смеси 50% ПЖ + 50% АРШ. Отопление комбинированное.



Фиг. 618.  $t_{к}$  и  $T_{yx} = f(y)$  на смеси 50% ПЖ + 50% АРШ. Отопление комбинированное.

стием отопления вручную около 25% от общего расхода топлива, горение было нормальным, ровным, без темных мест и кратеров. Парообразование было весьма хорошим,

давление пара в котле легко поддерживалось в 15 ат при полной обеспеченности котла водой. Подшлаковывание слоя происходило незначительно, в большинстве случаев при злоупотреблении со стороны топильщика применением резака. Толщина слоя, колеблясь от 200 до 250 мм, редко превосходила 300 мм.

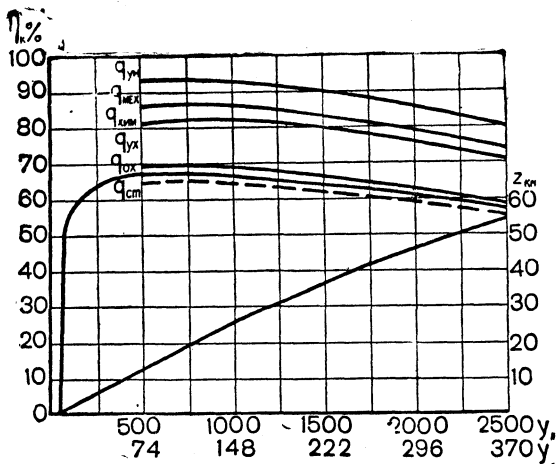


Фиг. 619.  $\Delta_2, \Delta_3$  и  $\alpha = f(y)$  на смеси 50% ПЖ + 50% АРШ.

### СТОКЕРНОЕ ОТОПЛЕНИЕ

Смесь 50% ПЖ Кривой Торец + 50% АРШ Чистяково при стокерном отоплении имела нижеследующий средний состав и теплотворность рабочего топлива:

$W^p$	$A^p$	$C^p$	$H^p$	$O^p$	$N^p$	$S^p_d$	$Q^p_n$
3,59	12,86	73,46	3,44	3,93	0,88	1,84	6754



Фиг. 620.  $z_{kh} = f(y_k)$  и  $\eta_k = \varphi(y_k)$  на смеси 50% ПЖ + 50% АРШ. Отопление стокерное.

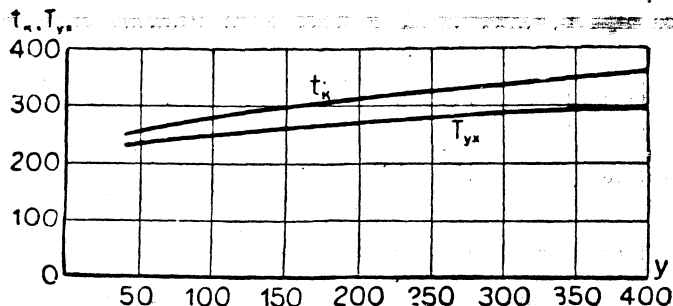
Отопление было удовлетворительным, но менее устойчивым и хорошим, чем при комбинированном отоплении как при малых, так и при больших форсировках. Неравномерность работы слоя и большая толщина (до 400—450 мм) на передней половине решетки приводила к шлакованию. Об этом свидетельствуют увеличившиеся механические потери в топке.

На фиг. 620 приведена зависимость:  $z_{kh} = f(y_k)$  и  $\eta_k = \varphi(y_k)$ . Наибольшее  $z_{kh}$  во время опытов равнялось 45 кг/м²час, но предел  $z_{kh}$  лежит около 55 км/м²час. Максимум  $\eta_k^{бр}$  был равен 61,0% при  $y_k$ , равном 700; при  $y_k$ , равном 2500,  $\eta_k^{бр}$  был равен 52,0%. Как уже упоминалось выше, чисто стокерное отопление дало значительно худшие результаты, чем комбинированное.

На фиг. 621 приведена температура перегрева пара в коллекторе  $t_k$  и температура уходящих газов в дымовой коробке  $T_{yx}$ .

Разрежения в дымовой коробке и в топке и коэффициент избытка воздуха — те же, что и при комбинированном отоплении.

При опытных поездках парообразование было удовлетворительным, но менее устойчивым и хорошим, чем при комбинированном отоплении как при малых, так и при больших форсировках. Неравномерность работы слоя и большая толщина (до 400—450 мм) на передней половине решетки приводила к шлакованию. Об этом свидетельствуют увеличившиеся механические потери в топке.



Фиг. 621.  $t_k$  и  $T_{yx} = f(y)$  на смеси 50% ПЖ + 50% АРШ.  
Отопление стокерное.

## КОТЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СМЕСИ 25% ПЖ + 35% АРШ + 40% п/м К КОМБИНИРОВАННОЕ ОТОПЛЕНИЕ

Смесь 25% ПЖ Кривой Торец + 35% АРШ Чистяково + 40% п/м К Щекино имела нижеследующий средний состав и теплотворность рабочего топлива:

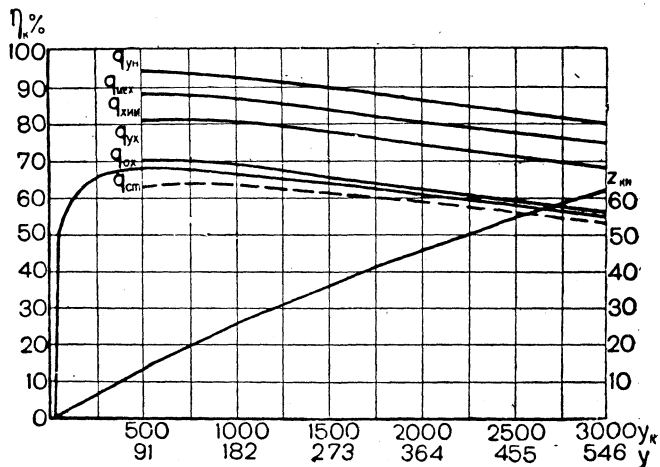
$W^p$	$A^p$	$C^p$	$H^p$	$O^p$	$N^p$	$S^p_L$	$Q^p_H$
11,33	16,66	59,40	3,06	6,90	0,92	1,73	5474

На фиг. 622 приведена зависимость  $z_{кн} = f(y_k)$  и  $\eta_k = \varphi(y_k)$ .

Если правильное ведение огня на смеси 50% ПЖ + 50% АРШ затруднялось большими тугогорючими кусками антрацита, то на рассматриваемой смеси хорошие флюсующие качества подмосковного мнгозольного угля сказались в облегчении работы со слоем и позволили ограничить заброску ручную примерно до 15—20% от общего расхода топлива.

Толщина слоя, поднимавшаяся в отдельных случаях до 400 мм, легко уменьшалась прокачиванием решетки. При всех поездках горение было ровным, пламя — длинным и ярким.

При этих опытах была достигнута форсировка  $z_{кн}$ , равная 60 кг/м<sup>2</sup>час, причем наступало ограничение по производительности инжекторов: наблюдалось излишнее повышение давления пара в котле при непрерывной работе обоих инжекторов и снижающемся уровне воды в котле. Наибольший коэффициент полезного действия котла брутто  $\eta_k^{бр}$  был равен 67,5% при  $y_k$ , равном 650; наименьший  $\eta_k^{бр}$  равнялся 55% при  $y_k$ , равном 3000.

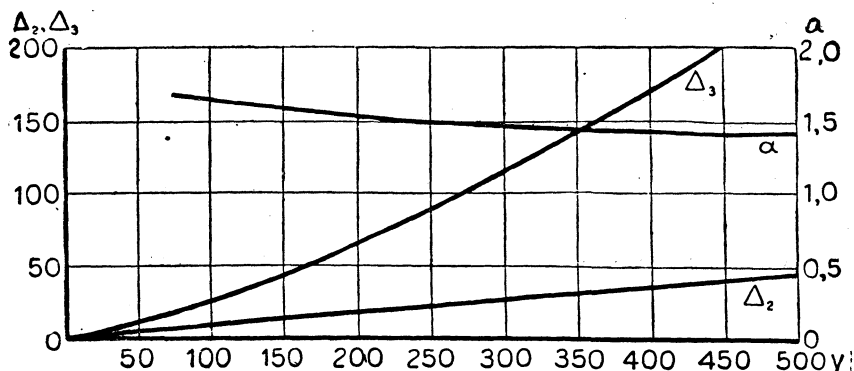


Фиг. 622.  $z_{кн} = f(y_k)$  и  $\eta_k = \varphi(y_k)$  на смеси 25% ПЖ + 35% АРШ + 40% п/м К. Отопление комбинированное.

Температура перегрева пара в коллекторе  $t_k$  и температура уходящих газов  $T_{yx}$  следующие:

$y$	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
$t_k$	225	260	285	300	315	325	335	345	352	357	360
$T_{yx}$	185	220	245	260	275	285	298	308	315	323	326

На фиг. 623 даны разрежение в дымовой коробке  $\Delta_3$ , в топке  $\Delta_2$  и коэффициент избытка воздуха  $\alpha$ .



Фиг. 623.  $\Delta_2$ ,  $\Delta_3$  и  $\alpha = f(y)$  на смеси 25% ПЖ + 35% АРШ + 40% п/м К. Отопление комбинированное.

### КОТЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СМЕСИ 30% ПС + 30% Г + 40% АК КОМБИНИРОВАННОЕ ОТОПЛЕНИЕ

Смесь 30% ПС Чумаково + 30% Г Бежановка + 40% АК Должанская имела следующий средний состав и теплотворность рабочего топлива:

$W^p$	$A^p$	$C^p$	$O^p$	$H^p$	$N^p$	$S^p_{\pi}$	$Q^p_n$
3,11	7,64	80,03	3,13	3,13	1,07	1,89	7203

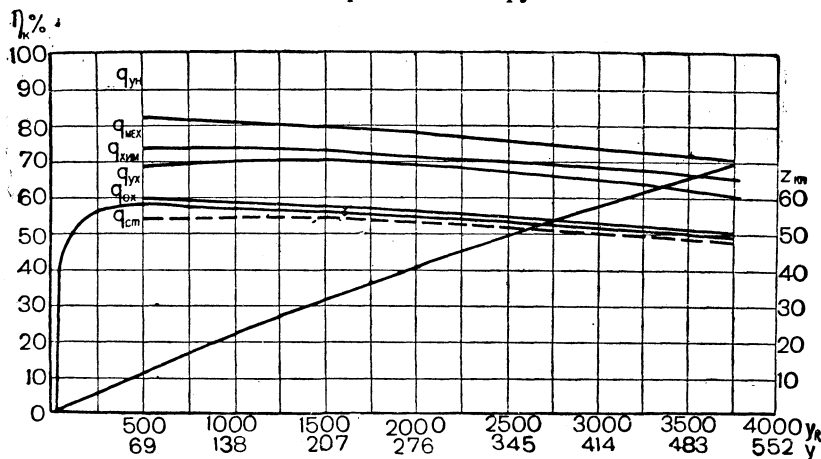
Прежде чем перейти к рассмотрению кривых, следует указать, что цифра, полученная в лаборатории,  $Q^p_n = 7203$  внушает некоторое подозрение. Согласно таблице Всесоюзного Теплотехнического института для данной смеси  $Q^p_n$  должно было бы быть около 7000; такая же смесь на опытах с паровозами Т<sup>А</sup> и Т<sup>Б</sup> давала  $Q^p_n = 6980$ . Следовательно, в данном случае возможна ошибка лаборатории на 200 кал, т. е. на 3%. Все же, так как достаточного основания для внесения поправки не было, все расчеты сделаны по  $Q^p_n = 7203$ .

На фиг. 624 представлены зависимости  $z_{кн} = f(y_k)$  и  $\eta_k = \varphi(y_k)$ ; наибольший  $z_{кн}$  во время опытов был равен 67 кг/м<sup>3</sup>час, при чем наблюдалось ограничение по производительности инжекторов. Участие ручного отопления было примерно таким же, как и на смеси 25% ПЖ + 35% АРШ + 40% п/м К, но горение было несколько худшим, так как уголь марки Г при меньшей его зольности и склонности к затягиванию слоя тонкой коркой оказался не столь хорошим флюсующим средством, как уголь подмосковный.

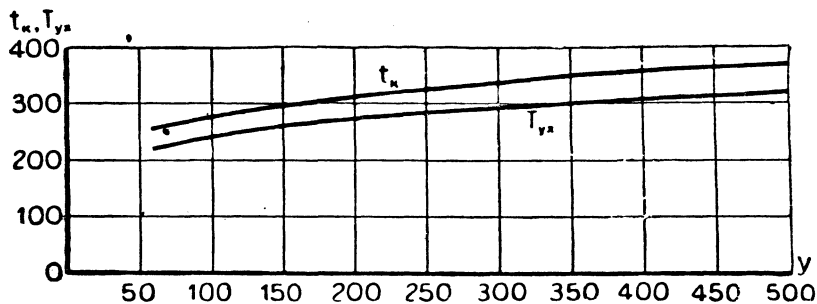
Наибольший коэффициент полезного действия котла  $\eta^{6p}_k = 57,5\%$  при  $y_k = 500$ ; при  $y_k = 3750$ ,  $\eta^{6p}_k = 49,2\%$ .

На фиг. 625 даны  $t_k$  и  $T_{yx}$  в зависимости от  $y$ . На фиг. 626 — зависимости  $\Delta_2$  и  $\Delta_3 = f(y)$  и  $\alpha = \varphi(y)$ .

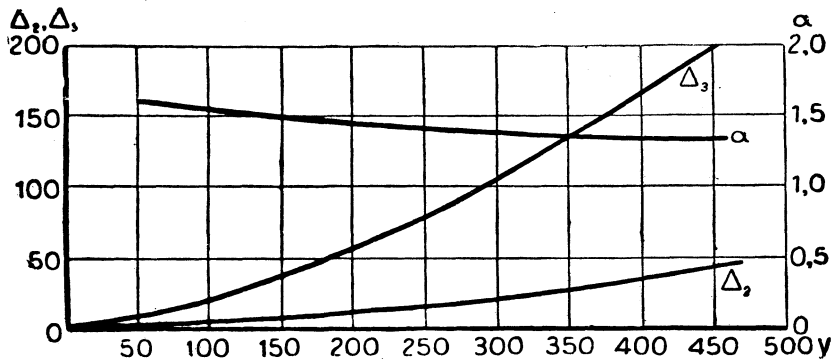
Обращаю внимание на большие сопротивления трубчатой части котла.



Фиг. 624.  $z_{kh} = f(y_k)$  и  $\eta_k = \varphi(y_k)$  на смеси 30% ПС + 30% Г + 40% АК. Отопление комбинированное.



Фиг. 625.  $t_k$  и  $T_{yx} = f(y)$  на смеси 30% ПС + 30% Г + 40% АК. Отопление комбинированное.

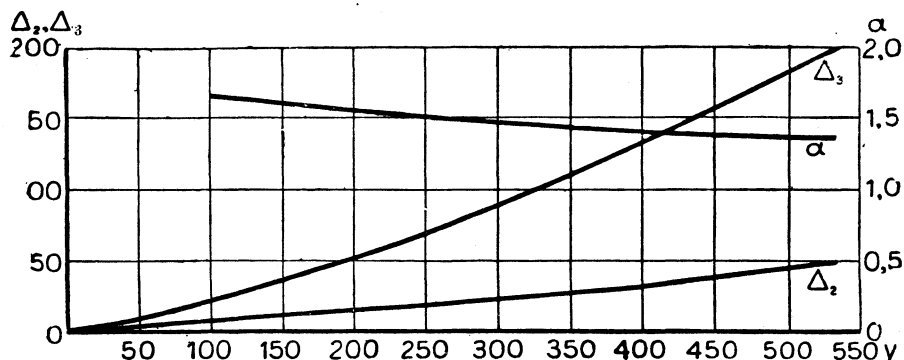


Фиг. 626.  $\Delta_2$ ,  $\Delta_3$  и  $\alpha = f(y)$  на смеси 30% ПС + 30% Г + 40% АК. Отопление комбинированное.

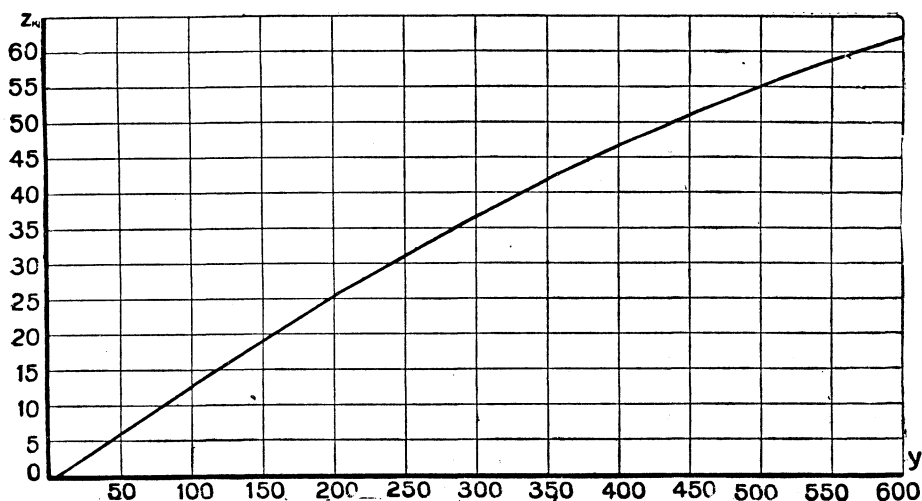
Несмотря на то, что на данной смеси была получена наивысшая мощность топки, все же ее нельзя считать вполне рациональной, так как она дает наименьший коэффициент полезного действия из смесей, испытанных при комбинированном отоплении. Причина этого — большие потери от уноса, химической неполноты сгорания и механического не-

Коэффициент полезного действия котла имел максимум  $\eta_k^{бр} = 67,8\%$  при  $y_k = 800$ ; при  $y_k = 3000$ ,  $\eta_k^{бр} = 60,0\%$ .

На фиг. 628 даны зависимости  $t_k$  и  $T_{yx}$  от  $y$ . На фиг. 629 — зависимости  $\Delta_2$ ,  $\Delta_3 = f(y)$  и  $\alpha = \varphi(y)$ . На фиг. 630 — зависимость  $z_k = f(y)$ .



Фиг. 629.  $\Delta_2$ ,  $\Delta_3$  и  $\alpha = f(y)$  на 100% Д. Отопление комбинированное.



Фиг. 630.  $z_k = f(y)$  на 100% Д. Отопление комбинированное.

## ВЛАЖНОСТЬ ПАРА

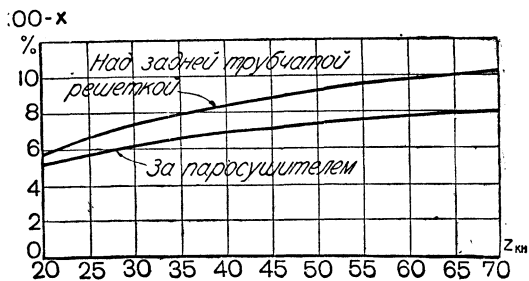
Влажность пара, поступающего в перегреватель, оказывает двойное влияние на работу котла: понижает перегрев пара на  $8-10^\circ \text{C}$  на каждый процент влажности и ведет к образованию накипи в элементах перегревателя, что также понижает перегрев вследствие уменьшения коэффициента теплопередачи. Образование накипи увеличивает сопротивление прохода пара и является причиной перегорания элементов.

Основными факторами, влияющими на влажность пара, являются: количество пара в час, приходящееся на  $1 \text{ м}^3$  парового объема (напряжение парового объема) и на  $1 \text{ м}^2$  зеркала испарения (напряжение зеркала испарения), качество воды, объем и высота парового колпака, расположение регулятора и конструкция паросушителя.

В паровозах старой постройки габарит не препятствовал осуществлению относительно больших объемов паровых колпаков, и влажность пара обычно была около  $2-3\%$ , в редких случаях достигая  $5\%$ . По мере же увеличения размеров котла, высота сухопарников стала ограничиваться габаритом, что неминуемо должно было повести к увеличению влажности пара при том же качестве воды.



На фиг. 631 показана влажность пара над задней трубчатой решеткой и в сухопарнике за паросушителем в зависимости от  $z_{\text{кн}}$ . Влажность эту следует признать высокой. Если подсчитать напряжение 1 м<sup>3</sup> парового объема при уровне воды над потолком огневой коробки в 200 мм и при  $z_{\text{к}} = 40$  кг/м<sup>2</sup>час для паровозов Э<sup>у</sup>, ФД и Т<sup>А</sup>, то получатся цифры:



Фиг. 631. Влажность пара в зависимости от  $z_{\text{кн}}$ .

3120, 3440 и 4000 кг/м<sup>3</sup>час. Соответствующие цифры для напряжения зеркала испарения: 785, 805 и 880 кг/м<sup>2</sup>час. По этим цифрам ФД занимает среднее место между Э<sup>у</sup> и Т<sup>А</sup>, но ближе к Э<sup>у</sup>. Определение влажности пара и эксплуатационная работа вполне этому соответствуют. Если при одинаковых условиях паровозы Э<sup>у</sup> совсем не несут воду, то у ФД при загрязненных поверхностях нагрева (в конце междупромывочного пробега) и при излишних уровнях воды в стекле наблюдается легкое подсосывание и несение воды, а у Т<sup>А</sup> бросание воды является

постоянным явлением, заставляющим ездить с исключительно низкими и рискованными уровнями воды в стекле.

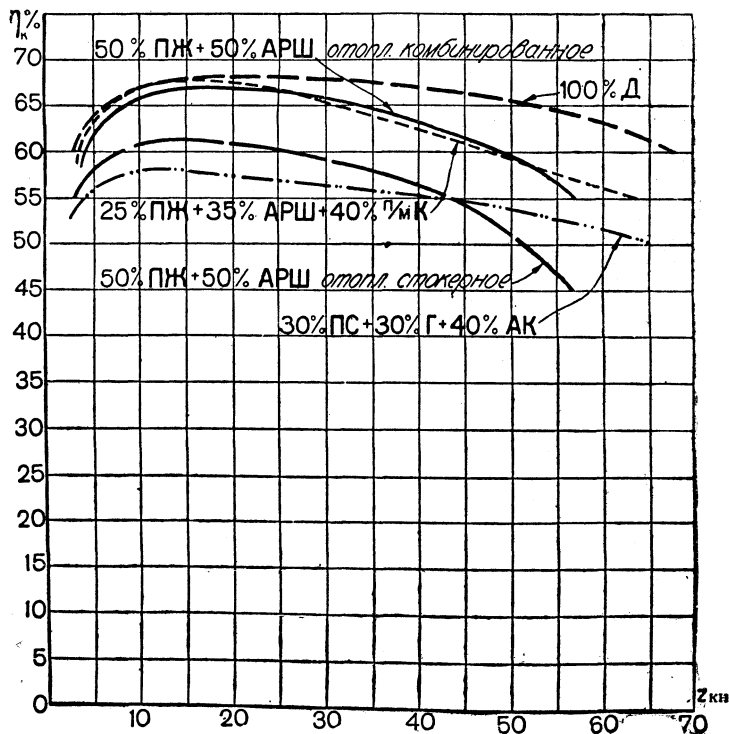
## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАБОТЫ КОТЛА НА РАЗЛИЧНЫХ СМЕСЯХ

На фиг. 632 приведены зависимости  $\eta_{\text{к}}^{\text{бр}} = f(z_{\text{кн}})$  для пяти групп опытов. Сравнивая  $\eta_{\text{к}}^{\text{бр}}$  в интервале  $z_{\text{кн}}$  от 35 до 55 кг/м<sup>2</sup>час, приходим к нижеследующим выводам.

Наибольшую устойчивость и наибольшие значения  $\eta_{\text{к}}^{\text{бр}}$  при комбинированном отоплении дает уголь марки Д; наихудшие результаты — смесь 30% ПС + 30% Г + 40% АК.

Сравнивая стокерное и комбинированное отопление на смеси 50% ПЖ + 50% АРШ, видим, что второе выгоднее первого при  $z_{\text{кн}} = 35$  — на 6,8%, а при  $z_{\text{кн}} = 55$  — на 9,4%.

Среднее значение  $\eta_{\text{к}}^{\text{бр}}$  при  $z_{\text{кн}} = 45$  для комбинированного отопления при всех топливах — около 60%, что достаточно хорошо. Это является следствием правильно выбранных соотношений основных размеров котла и большого объема топочного пространства при хорошем расположении свода на кипятильных трубах. Эти хорошие качества котла несколько сгладили трудно преодолимые принципиальные недостатки стокера. Произвести цифровое сравнение с нашими паровозами Э<sup>у</sup>, С<sup>у</sup> не представляется возможным, так как последние на этих углях и смесях не испытывались.



Фиг. 632. Сравнительные кривые  $\eta_{\text{к}} = \varphi(z_{\text{кн}})$ .

Кроме того стокер заставляет нас изменять все наши представления о качествах угля и преимуществах одних марок перед другими; например, на угле Д паровозы Э эксплуатируются с затруднениями, для стокера же этот уголь особенно удобен.

Эксплуатация паровоза Э на угле марки Д или ему подобном затруднена необходимостью почти непрерывной подачи угля при напряженной работе паровоза, что создает ограничение „по кочегару“. При стокерном отоплении это ограничение отпадает, и при надлежащем количестве угля марки Д может прекрасно обслужить котел.

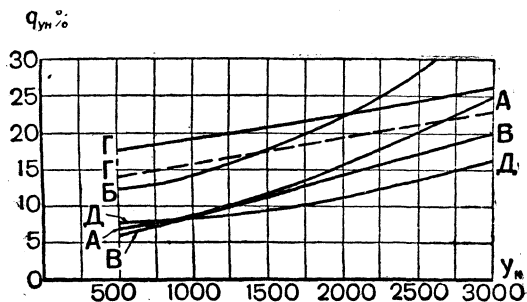
Нельзя также произвести цифрового сравнения с паровозами Т<sup>А</sup> и Т<sup>Б</sup>, вследствие того, что паровоз ФД испытывался при постоянном режиме котла, что дало возможность изучить работу котла в самых широких пределах, а паровозы Т<sup>А</sup> и Т<sup>Б</sup> испытывались в условиях рядовой паровозной службы, не позволяющих получить достаточно надежные зависимости при больших мощностях.

Переходим к отдельным потерям.

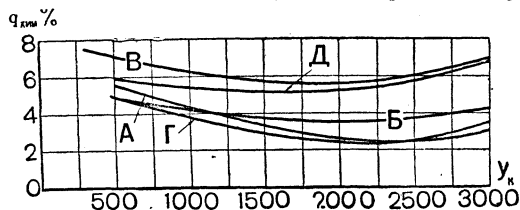
Потери на охлаждение  $q_{охл}$  для всех групп опытов имеют очень близкие значения и, в зависимости от  $y_k$ , понижаются от 2,4% при  $y_k=500$ , до 0,7% при  $y_k=3000$ , что можно считать нормальным.

Потери с уходящими газами  $q_{ух}$  в зависимости от  $y_k$  в среднем меняются от 10,5% при  $y_k=500$ , до 12,5% при  $y_k=2000$  и 12,0% при  $y_k=3000$ . Заметна тенденция к понижению  $q_{ух}$  после  $y_k=1500-2000$  за счет роста уноса и уменьшения действительно сгоревшего топлива, что характерно для работы на стокере.

По сравнению с паровозами Э и С<sup>У</sup>  $q_{ух}$  значительно меньше, что объясняется наличием камеры догорания, длинных дымогарных труб и жаровых труб малого диаметра.

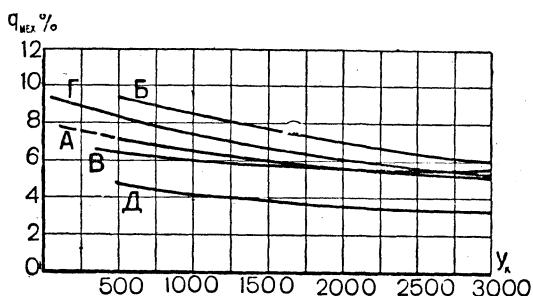


Фиг. 635. Потери от уноса.  
Обозначения на фигуре те же, что и на фиг. 633.

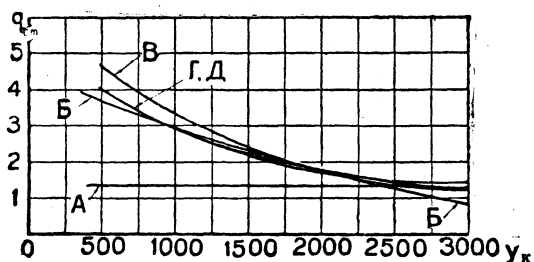


Фиг. 633. Потери от химической неполноты сгорания.

А — 50% ПЖ + 50% АРШ. Отопление комбинированное.  
Б — 50% ПЖ + 50% АРШ. Отопление стокерное.  
В — 25% ПЖ + 35% АРШ + 40% п/м К. Отопление комбинированное.  
Г — 30% ПС + 30% Г + 40% АК. Отопление комбинированное.  
Д — 100% Д. Отопление комбинированное.



Фиг. 634. Механические потери в топке.  
Обозначения на фигуре те же, что и на фиг. 633.



Фиг. 636. Расход на стокер.  
Обозначения на фигуре те же, что и на фиг. 633.

Потери от химической неполноты сгорания  $q_{хим}$  показаны на фиг. 633. Наибольшие значения получают для смесей с большим содержанием летучих. Окончательного суждения о влиянии камеры догорания на полноту сгорания сделать нельзя, так

как и паровозы без камер догорания обычно дают  $q_{\text{хим}}$  не больше значений, показанных на фиг. 633.

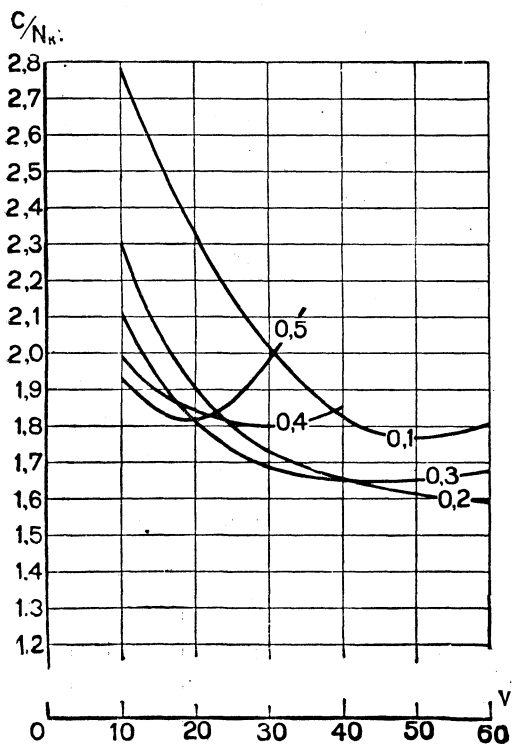
Механические потери в топке (провал + шлак)  $q_{\text{мех}}$  приведены на фиг. 634. В общем  $q_{\text{мех}}$  больше обычных величин, что объясняется значительным провалом при качающихся колосниках. Наибольшие потери дали топлива с содержанием антрацитов. Комбинированное отопление уменьшило  $q_{\text{мех}}$  на 2,5%—0,5%.

Потери от уноса показаны на фиг. 635. Эти потери имеют непривычно большие значения и даже при комбинированном отоплении значительно превосходят обычные величины. При чисто стокерном отоплении унос топлива в трубу увеличивается по сравнению с комбинированным отоплением еще на 6—8%.

Расход тепла на машину и сопла стокера на килограмм топлива в процентах от  $Q_p^p$  дан на фиг. 636. В общем расход на стокер и сопла примерно того же порядка, как и расход на распыливание нефти в форсунках.

## РАСХОД УГЛЯ НА СИЛУ-ЧАС И КОЭФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ПАРОВОЗА

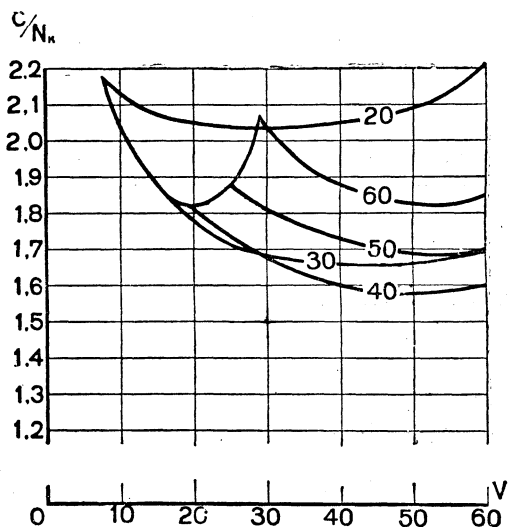
На фиг. 637 и 638 показан расход угля марки Д при комбинированном отоплении на силу-час на ободу при вполне открытом регуляторе.



Фиг. 637. Расход угля марки Д на касательную силу-час в зависимости от  $V$  и  $\epsilon$ .

На фиг. 639 и 640 дан полный коэффициент полезного действия паровоза от топлива к ободу на угле марки Д при комбинированном отоплении и полном открытии регулятора.

Наивыгоднейшие отсечки при скоростях до 20 км/час — 0,5 и 0,4, при скоростях от 20 до 40 км/час — 0,3 и при больших скоростях — 0,2.



Фиг. 638. Расход угля марки Д на касательную силу-час в зависимости от  $V$  и  $z_m$ .

Наивыгоднейшие форсировки  $z_m = 30$  при скоростях до 30 км/час и  $z_m = 40$  — при скоростях выше 30 км/час.

Форсировка  $z_m = 50$  при всех скоростях дает перерасход топлива на 6,7% против  $z_m = 40$ .

Наивыгоднейшие скорости — 40—60 км/час. Коэффициент полезного действия паровоза ФД несколько ниже других паровозов СССР с перегревом пара ( $\mathcal{A}^y$ ,  $\mathcal{B}^u$ ,  $\mathcal{C}^u$ ), что является следствием наличия стокера и пониженного перегрева пара.

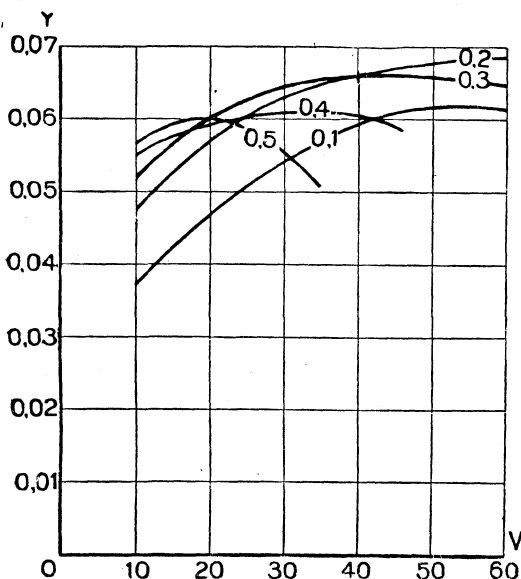
## ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПУТЬ

На фиг. 641 показана зависимость наибольших и наименьших значений вертикальной реакции колеса  $Z$  от скорости паровоза. Римскими цифрами обозначены номера движущих осей от головы паровоза. Пунктиром дано  $Z$  при закрытом регуляторе. Летом 1932 г. были произведены путевые испытания паровоза ФД 20-1, при чем, несмотря на то, что паровоз ФД был спроектирован для обращения по рельсам II-а весом 38,4 кг/м, испытания эти производились на участке с более легкими рельсами III-а весом 33,5 кг/м, в целях определения возможности работы паровозов на более слабом пути. Испытательный участок имел рельсы с равномерным износом на высоте в 1 мм, при 1440 шпалах на км, уложенных на плохом песчаном балласте. Эти испытания показали, что при скорости в 65 км/час, т. е. на 5 км выше расчетной предельной скорости, были получены следующие границы напряжений:

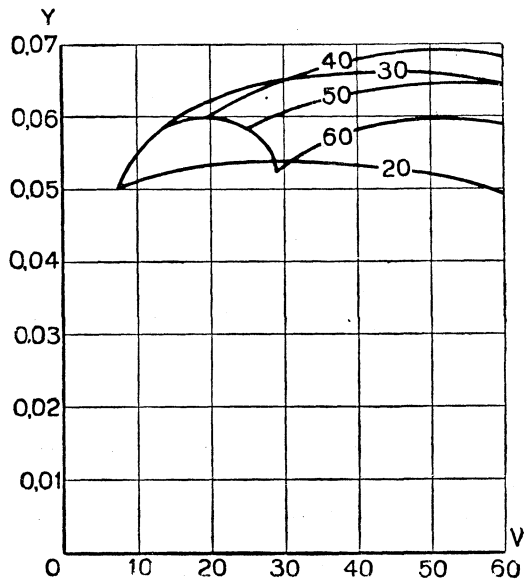
Под передним бегунком . . . . .	от 500 до 1400 кг/см <sup>2</sup>
„ 1-й сцепной осью . . . . .	400 „ 1800 „
„ 2-й „ „ . . . . .	300 „ 1700 „
„ 3-й „ „ (ведущей) : . . . .	200 „ 1800 „
„ 4-й „ „ . . . . .	300 „ 1800 „
„ 5-й „ „ . . . . .	300 „ 2000 „
„ задним бегунком . . . . .	400 „ 2400 „

По результатам испытаний Научно-исследовательский институт пути признал:

„Паровоз ФД, с точки зрения воздействия на путь в прямых его частях, обладает только одним недостатком — удаленной и перегруженной поддерживающей осью, могущей



Фиг. 639. Коэффициент полезного действия паровоза от угла (марки Д) до обода в зависимости от  $V$  и  $\epsilon$ .



Фиг. 640. Коэффициент полезного действия паровоза от угла (марки Д) до обода в зависимости от  $V$  и  $z_m$ .

оказать неблагоприятное воздействие на путь и быть причиной для ограничения скорости при сильно сбитых стыках и наличии гнилых и просевших шпал, почему (Институт) считает, что при уменьшении нагрузки на эту ось будет создан паровоз, вполне удовлетворительно влияющий на путь“.

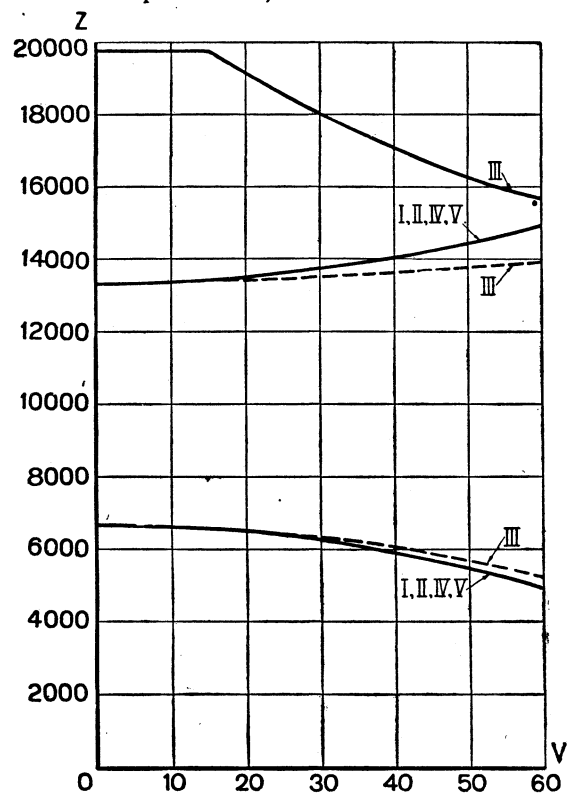
К сожалению, вряд ли возможно спроектировать паровоз даже в случае уменьшения нагрузки на заднюю поддерживающую ось (имеющую сейчас нагрузку в 19,5 т), который не оказывал бы неблагоприятного воздействия на путь с гнилыми и просевшими шпалами, следуя без ограничения скорости. Надо думать поэтому, что бороться с этим нежелательным явлением следует своевременной сменой шпал, а не уменьшением нагрузок на ось.

Комитет реконструкции ж.-д. транспорта в своем постановлении от 28/VIII-1932 г., учитывая результаты испытаний, указал, что:

„паровоз этого типа (ФД) вполне оправдал себя при испытаниях, обеспечивает предельное использование пути (рельс типа III-а на песчаном балласте)“.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Паровоз ФД имеет предельную силу тяги при малых скоростях на 15—20% больше паровоза Э<sup>у</sup>, тогда как мощность его при скоростях больше 30 км/час на 100% больше мощности паровоза Э<sup>у</sup>. Эти соотношения отвечают необходимости получить возможно большое увеличение пропускной способности при винтовой стяжке, т. е. при допущении небольшого увеличения веса поезда, но при значительном повышении скорости.



Фиг. 641. Наибольшие и наименьшие значения вертикальных реакций колес паровоза.

2. Применение принципа ограниченной отсечки и золотников большого диаметра дало при скоростях до 40 км/час перерасход пара порядка 3%, а на скоростях выше 40 км/час — экономию пара порядка 5—8%.

3. Перегрев пара у паровоза ФД при большом отношении  $H_{п}/H$ , равном 0,50, на 15—20° Ц ниже перегрева у Э<sup>у</sup> при одинаковых форсировках поверхности нагрева, что объясняется наличием камеры догорания и мелкотрубного перегревателя.

4. Максимальные значения мощности были получены на смесях 25% ПЖ + 35% АРШ + 40% п/м К, 30% ПС + 30% Г + 40% АК и 100% Д, причем были реализованы необычные для других паровозов нашей и американской постройки ( $T^A$  и  $T^B$ ) форсировки котла  $z_{кн}$ , равные 65 кг/м<sup>2</sup> час. Достаточно развитый объем парового пространства котла избавляет его от значительного несения воды, которое является бичом паровозов  $T^A$  и  $T^B$ .

5. Условия работы паровоза ФД на рядовых, несортированных по крупности углях при неоднородности смесей по их физическим качествам потребовали для ведения хорошего топочного режима вмешательства ручного отопления, участие которого можно оценить в 20—25% от общего расхода топлива. Так называемый комбинированный метод отопления повышает при форсировках  $z_{кн}$ , равных 45 кг/м<sup>2</sup> час, коэффициент полезного действия котла на 5—10% по сравнению с отоплением одним стокером. При решетках в 7 м<sup>2</sup> применение комбинированного отопления затруднений не представляет.

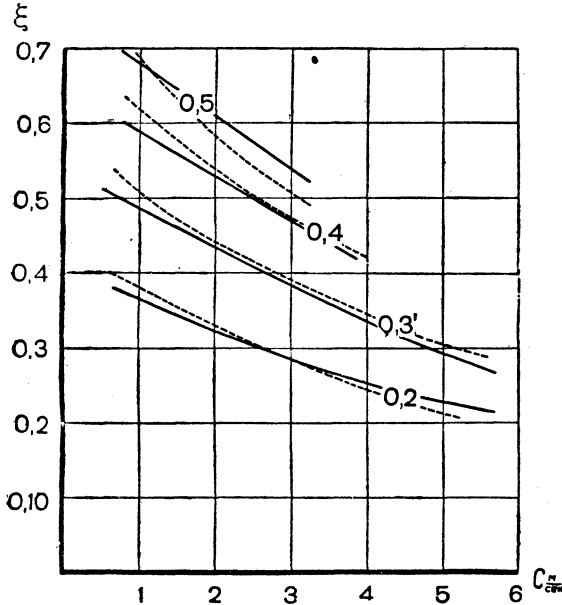
6. Коэффициент полезного действия котла ФД, как стокерного, можно считать вполне удовлетворительным: действительно, мы имеем  $z_{кн}$  порядка 45 кг/м<sup>2</sup> час и  $\eta_k^{бр}$  при комбинированном способе отопления равным 60%, при уносе около 20%. Абсолютная разница между паровозом ФД и Э<sup>у</sup> в  $\eta_k^{бр}$  — около 3—4% в пользу последнего, а в  $q_{yx}$  — около 6—7%. При отоплении стокером разница будет примерно 10—11% в  $\eta_k^{бр}$  и 13—14% — в  $q_{yx}$ .

7. При существующем стокере с верхней подачей и паровым распыливанием применение несортированных углей следует считать нерациональным, так как большое содержание мелочи сильно увеличивает унос и понижает к. п. д. котла.

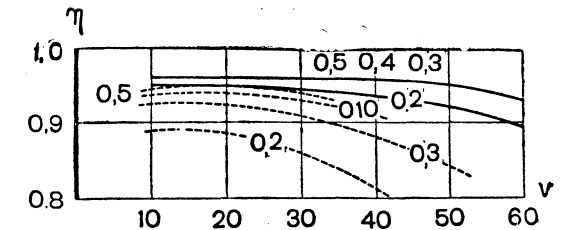
## НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО ВОПРОСУ О СООТВЕТСТВИИ РАСЧЕТНЫХ И ОПЫТНЫХ ТЯГОВЫХ И ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАРОВОЗА ФД<sup>1</sup>

Результаты тяговых и теплотехнических испытаний приведены в „Приложении 1“. Здесь мы остановимся на вопросе, насколько предположительные данные соответствовали опытным и чем было вызвано их расхождение.

На фиг. 642 даны опытные и предположительные зависимости индикаторных коэффициентов от скорости поршня. Надо напомнить, что при построении предположительных сил тяги (стр. 69 — 70) мы к произведению  $\xi \eta_m$  исходного паровоза (паровоз Э по опытам 1915 г.) вводили поправочный коэффициент  $\zeta$  и перестраивали  $F_k$  не только в отношении модулей, но и пропорционально этому коэффициенту. Если этот поправочный коэффициент  $\zeta$  относить целиком за счет улучшения в проектом паровозе, по сравнению с исходным, индикаторного коэффициента, допуская, что механические коэффициенты полезного действия у обоих паровозов одинаковы, то полученные индикаторные коэффициенты, изображенные на фиг. 642, подтвер-



Фиг. 642. Предположительные (пунктиром) и опытные (сплошной) индикаторные коэффициенты.



Фиг. 643. Механические к. п. д. паровозов Э и ФД. Сплошная кривая относится к паровозу ФД, пунктирная — к паровозу Э.

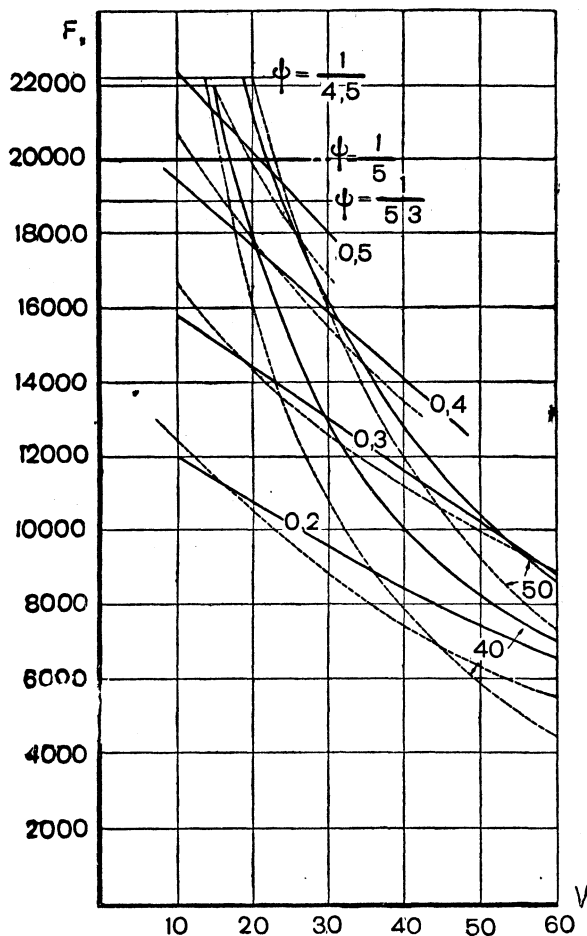
ждают достаточную правильность наших предположений о влиянии диаметров золотников и цилиндров, а также о влиянии прямых каналов.

Однако механические коэффициенты полезного действия паровозов Э и ФД, изображенные на фиг. 643, различаются довольно значительно, и это вызывает довольно большое расхождение предположительных и действительных касательных сил тяги в функции  $V$  и  $\epsilon$ , изображенных на фиг. 644.

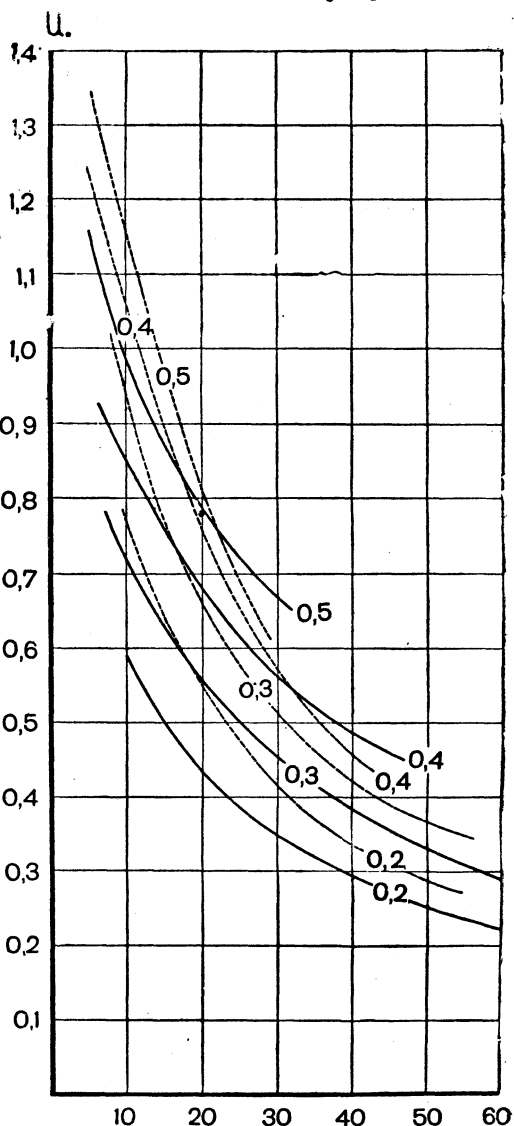
<sup>1</sup> Буквенные обозначения величин здесь полностью соответствуют обозначениям, принятым в главе „Тепловые расчеты котла и перегревателя и построение тяговых характеристик“.

Это довольно заметное различие в величинах  $\eta_m$  для паровозов Э и ФД можно отнести или к особенностям конструкций движущего механизма, или к тому, что при определении его для ФД были допущены некоторые условности. Дело в том что  $\eta_m$  определилась как отношение  $\frac{F_i}{F_k}$ , а  $F_k$  для ФД определялось из  $F_n$  лишь ориентировочно, так как опыты на сопротивление паровоза и тендера ФД как повозки не ставились и  $\omega_o'$  бралось по аналогии с нашими паровозами других типов. Этот вопрос несколько неясен и нуждается в специальном освещении.

Предположительные и опытные кривые силы тяги в функции постоянного паронапряжения для  $z_m = 50$  и малых скоростей дают доста-



Фиг. 644. Опытные (сплошной) и предположительные (пунктиром) кривые силы тяги в функции скорости, отсечек и форсировок.



Фиг. 645. Опытные (сплошной) и предположительные (пунктиром) значения расхода пара на 1 ход поршня.

точно близкое совпадение. Для меньших  $z_m$  и больших скоростей разница между предположительными и опытными данными возрастает и достигает весьма большой величины. Такое поведение предположительных данных заставляет возвратиться к построению предположительных расходов пара на 1 ход поршня.

На фиг. 645 даны предположительные и опытные данные по  $u = f(V, \epsilon)$ .

Построение  $F_k = f(V, z_m)$  производится путем перенесения на кривые  $F_k = f(V, \epsilon)$  точек пересечения кривых  $u = f(V, \epsilon)$  и  $u = f(V, z_m)$ .

Последние кривые представляют собой равноплечие гиперболы, построение которых зависит не от построения  $u = f(V, \epsilon)$ , а лишь от числа цилиндров, диаметров колес поверхности нагрева и задаваемого  $z_m$ :

$$uV = \frac{\pi DH_{исп} z_m}{100\,000 \cdot 2n} = C z_m.$$

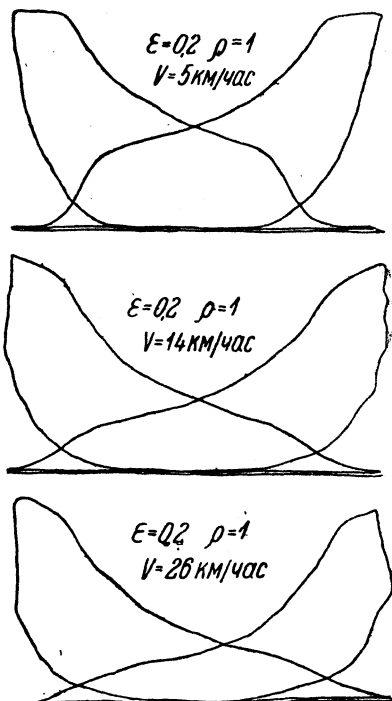
Очевидно, что причины расхождения опытных и предположительных данных лежат только в характере протекания  $u = f(V, \epsilon)$ . Действительно, сопоставляя эти расходы для отсечек 0,5, 0,4, 0,3, мы видим, что значение  $u$  для малых скоростей преувеличено. Для больших скоростей разница между  $u$  предположительными и опытными уменьшается, что находится в соответствии с большей сходимостью кривых  $F_k = f(V, z_m)$  для  $z_m$ , равного 50, и большей расходимостью для  $z_m$ , равного 40 и 30.

То обстоятельство, что предположительный расход пара на 1 ход поршня на малой скорости был значительно выше действительного, несмотря на наличие у паровоза ФД очень хороших паровых проходов, которые, особенно при малой скорости, казалось должны были увеличить степень заполнения цилиндров паром, заставило предположить, что величины  $u$  исходного паровоза (Э № 632) несколько преувеличены, повидимому вследствие каких-то неисправностей золотников. Обращаясь к книге Ю. В. Ломоносова „Паровозы Э, Э<sup>r</sup>, Э<sup>ш</sup>“, на стр. 158—162 и 190—200 мы находим подтверждение этого предположения в указаниях на громадные утечки пара через золотники у опытного паровоза Э № 632. Этим можно также объяснить преувеличенные значения предположительного индикаторного коэффициента на малой скорости.

Более подробный анализ этого вопроса, как, например, теоретическое исключение влияния утечки из принятых нами исходных опытных данных для  $u$  и сопоставление этих результатов, не может быть нами сделан, так как определения утечки пара через золотники на стоянке на паровозе ФД во время апрельских опытов не производилось. Кроме того на определение  $u$  влияла, хотя и незначительно, разница в температурах перегретого пара в золотниковой коробке. В то время как  $t_{пе} - t_{зк}$  по опытам достигало всего  $10^\circ$ , в расчете предполагалось, что  $t_{пе} - t_{зк} = 30^\circ$  Ц.

В отношении индикаторных коэффициентов паровоза ФД следует отметить не вполне понятные явления на малых скоростях. Если, по Ломоносову, утечки пара через золотники заметно повышают величину индикаторного коэффициента, то на паровозе ФД, даже предполагая полное отсутствие утечки через золотники, все же следовало бы ожидать заметного повышения этого коэффициента на малой скорости за счет влияния добавочного канала, служащего при ограниченной отсечке для облегчения трогания с места.

На фиг. 646 дана индикаторная диаграмма, снятая случайно во время апрельских опытов на комбинации  $p = 1$ ,  $\epsilon = 0,2$ ,  $V = 5$ ,<sup>1</sup> которая показывает характерное „припухание“ диаграммы, происходящее за счет добавки пара на линии расширения. Таким образом, и при отсечке 0,5 на малых скоростях следовало бы ожидать увеличения площади индикаторной диаграммы, т. е. увеличения индикаторного коэффициента.



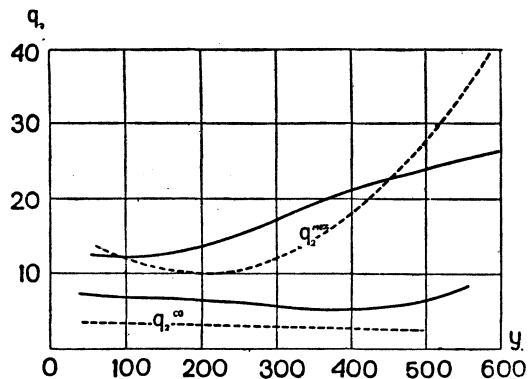
Фиг. 646. Образцы индикаторных диаграмм пар. ФД 20-1 при  $\rho = 1$ ,  $\epsilon = 0,2$ , при скоростях 5, 14 и 26 км/час.

<sup>1</sup> Эта поездка производилась на комбинации 1—0,2—12. Случайно начавшееся буксование, прекращенное впрочем довольно быстро, снизило скорость до 5 км/час, во время чего был дан сигнал наблюдения. Характерно, что несмотря на дальнейшие снижения скорости до 4 км/час паровоз не остановился и без изменения комбинации вновь развил скорость до 12 км/час.

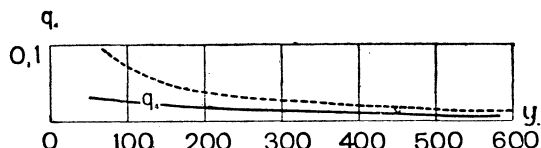


Хотя это увеличение индикаторной диаграммы на линии расширения компенсируется в известной степени уменьшением ее на линии сжатия за счет большего предварения впуска, создаваемого тем же добавочным каналом, нам кажется более вероятным, что предполагаемое аналогичное увеличение индикаторных диаграмм для других отсечек не сказалось на подъеме индикаторных коэффициентов по другим причинам.

Дело в том, что поездки на  $\epsilon = 0,5$  не делались при скоростях ниже, чем 20 км/час, что соответствует скорости поршня в 1,82 м/сек; поэтому при обработке опытных данных значения индикаторных коэффициентов на меньших скоростях получались путем графической



Фиг. 647. Опытные (сплошной) и предположительные (пунктиром) значения для  $q_{2\text{мех}}$  и  $q_{2\text{CO}}$ .



Фиг. 648. Опытные (сплошной) и предположительные (пунктиром) значения  $q_4$ .

экстраполяции. Можно предположить, что эта экстраполяция была сделана несколько смело и что в области скоростей поршня  $c$  от 0,5 до 2 м/сек значения индикаторных коэффициентов для  $\epsilon = 0,5$  не совсем достоверны. Во всяком случае это явление настолько интересно и важно для правильной оценки работы золотника с ограниченной отсечкой

и правильного выбора размеров добавочного канала, что оно должно быть освещено специальными опытами.

Для сравнения на фиг. 646 приведены диаграммы для  $\rho = 1$  и  $\epsilon = 0,2$ , для скоростей 14 и 26 км/час.

Обращаясь к предположительным данным теплового расчета и опытам 2-го цикла, в котором группа поездок была произведена на угольной смеси, по своему составу и калорийности весьма близкой к принятой в расчете, мы видим, что исходные величины нами были взяты в расчете не совсем верно.

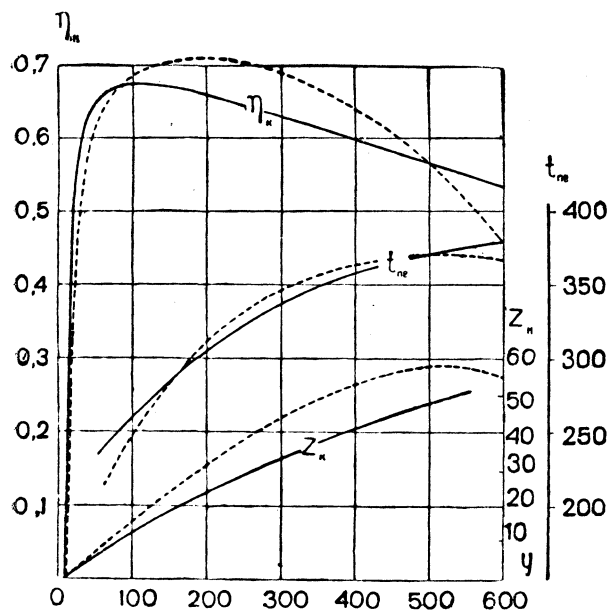
Коэффициент избытка воздуха  $\alpha$ , принятый нами равным 1,2, в действительности изменялся в пределах от 1,7 до 1,4, имея убывающую закономерность.

Содержание окиси углерода CO вместо постоянной величины в 1% в действительности также колебалось в пределах от 2,5% до 1%.

Потери от механической неполноты сгорания также значительно отличаются от предположительных. На фиг. 647 даны сравнительные кривые  $q_{2\text{мех}}$  и  $q_{2\text{CO}}$ .

На фиг. 648 даны сравнительные кривые для потери на внешнее охлаждение  $q_4$ . Главнейший фактор перегрева пара — влагосодержание его — нами был оценен не совсем точно. Влажность пара оценивалась нами в 5%; в действительности же при у порядка 500 влажность доходила до 8%.

Довольно значительное влияние на расхождение опытных и предположительных дан-



Фиг. 649. Опытные (сплошной) и предположительные (пунктиром) значения для  $\eta_k$ ,  $t_{пe}$ ,  $z_k$ .

ных оказало еще и то, что расчет строился в предположении работы водоподогревателя, в то время как опыты велись с инжекторами; кроме того, в расчете весь пар  $D_k$  принимался проходящим через перегреватель, в действительности же на служебные расходы употреблялся насыщенный пар. В результате всех этих неточностей опытные и предположительные общие коэффициенты полезного действия котла, зависимости между  $z$  и  $y$  и, наконец, температуры перегретого пара — несколько разошлись.

На фиг. 649 дан сводный планшет окончательных результатов.

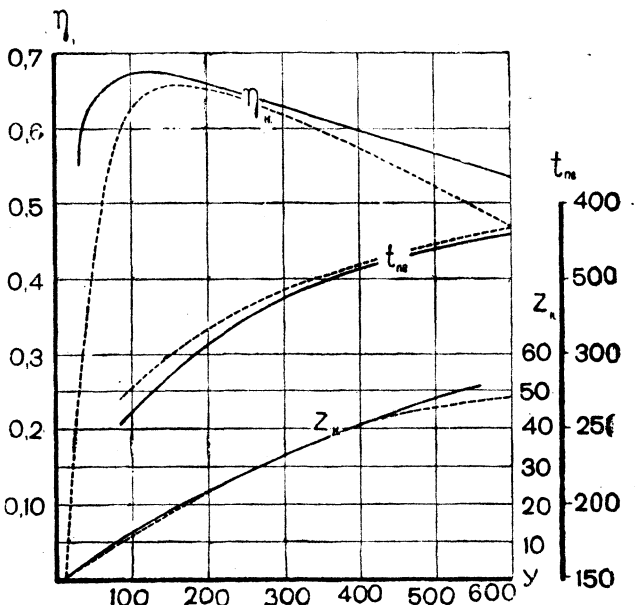
Так как почти по всем основным исходным величинам расчет в той или иной мере отклонялся от действительности, было бы неосторожно делать какие-либо умозаключения по поводу точности и надежности существующей расчетной методики.

Для оценки этого вопроса нами был проведен обратный поверочный тепловой расчет. Задаваясь исходными величинами — составом топлива,  $\alpha$ ,  $CO$ ,  $q_2^{мех}$ ,  $q_4$ ,  $(1-x)$ ,  $\%$  служебных расходов — в полном соответствии с опытными данными, мы, проведя расчет, получаем:  $\eta_k$ ,  $t_{пе}$ ,  $z_k = f(y)$ .

Сравнивая эти данные, можно уже что-либо сказать о точности и надежности нашего расчета.

Задаваясь составом топлива, приведенным в таблице 153, и исходными величинами, приведенными в таблице 154, и производя расчеты в полном соответствии с методикой, изложенной в „Тепловом расчете“, стр. 35, мы получаем данные, сведенные в таблице 155. Как показывают графы  $t_{пе}$  и  $D_k$ , расчетные величины не соответствуют опытным данным, отличаясь от них довольно значительно.

После нескольких проверок и некоторых дополнительных подсчетов было установлено, что путем изменения выражения для коэффициента  $k_{пе}$  возможно привести расчетные результаты, достаточно близко к опытным.



Фиг. 650. Тепловые характеристики котла и перегревателя, опытные (сплошной) и расчетные (пунктиром) при правильном выборе исходных величин и исправлении формулы  $k_{пе}$ .

Состав топлива, принятый в проверочном тепловом расчете

$C^p$	$H^p$	$O^p$	$N^p$	$S^p_L$	$W^p$	$A^p$	$Q^p_H$	$\beta$
59,4	3,06	6,9	0,92	1,73	11,33	16,66	5474	0,0877

ТАБЛИЦА 154

Исходные расчетные величины, принятые в проверочном тепловом расчете

$y$	100	200	300	400	500	600
$\alpha$	1,7	1,55	1,46	1,4	1,35	1,3
$CO$	2	1	1	1,5	2,4	3,5
$q_2^{мех}$	12	14	18	21	25	28
$1-x$	5	6	6,5	7	7,5	8
$q_4$	2,5	2	1,5	1	0,5	0,25

ТАБЛИЦА 155

## Результат проверочного теплового расчета

$y$	100	200	300	400	500	600
$T_1$	1330	1523	1583	1609	1589	1563
$T_2$	688	873	965	1025	1060	1090
$T_3^A$	265	337	386	422	448	468
$T_A$	643	823	914	974	1009	1040
$k_{ne}$	18,93	30,26	38,87	46,31	52,22	57,65
$T_3^K$	247	290	319	341	357	373
$t_{ne}$	286	337	367	387	406	428
$D_K$	3450	7000	9610	11 900	13 200	14 000
$z_K$	11,7	23,7	32,6	40,04	44,7	47,5
$q_2^{mex}$	12	14	18	21	25	28
$q_2^{CO}$	9,74	4,31	3,88	5,37	7,91	10,71
$q_3$	13,27	14,20	14,39	14,35	13,93	13,61
$q_4$	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,25
$q_c$	-0,14	-0,05	-0,29	-0,05	-0,13	+0,06
$\gamma_K$	62,35	65,43	61,93	58,23	52,53	47,48

Заменяя в выражении  $k_{ne}$  числовой коэффициент 21 коэффициентом 16:

$$k_{ne} = 16 \left( \frac{\beta B_h}{H_{ne} + H_K} \right)^{0,7},$$

получим новые расчетные результаты, сведенные в таблице 156. Соответствие расчетных и опытных данных иллюстрирует сводный планшет на фиг. 650.

ТАБЛИЦА 156

Результат теплового расчета при изменении формулы для  $k_{ne}$ 

$y'$	100	200	300	400	500	600
$k_{ne}$	14,25	23,06	29,62	35,29	39,80	43,93
$T_3^K$	249	297	331	355	374	391
$t_{ne}$	277	319	343	357	372	388
$D_K$	3450	7000	9720	12 040	13 400	14 380
$z_K$	11,70	23,7	33,0	40,8	45,4	48,8
$q_2^{mex}$	12	14	18	21	25	28
$q_2^{CO}$	9,74	4,31	3,88	5,37	7,91	10,71
$q_3$	13,3	14,48	14,84	14,83	14,48	14,15
$q_4$	2,5	2	1,5	1	0,5	0,25
$q_c$	-0,18	-0,05	-0,29	-0,05	-0,18	+0,04
$\gamma_K$	62,25	65,15	61,48	57,75	51,98	46,93

В заключение надо сказать, что при внесении указанного выше изменения в формулу  $k_{ne}$  и при правильной оценке исходных величин результаты расчетов достаточно близко подходят к опытным данным.

## ИСПЫТАНИЕ КОНУСОВ НА ПАРОВОЗЕ ФД

Первый паровоз ФД 20-1 был оборудован обыкновенным круглым конусом постоянного сечения диаметром в 160 мм с мостиком (рассекателем) шириной в 14 мм. Площадь выхлопного отверстия составляла 179 см<sup>2</sup>. С этим конусом паровоз прошел испытания первого и второго циклов.

Во время испытаний первого цикла было установлено наличие значительных противо давлений в цилиндрах. Так, например, при  $p=1$ ,  $\epsilon=0,5$  и предельных скоростях для этой комбинации противо давление достигало 1 ат.

Уменьшение противо давления, достигаемое путем увеличения площади выхлопного отверстия круглого конуса, вызывает, однако, снижение паропроизводительности котла и, в силу этого, мощности паровоза, что безусловно нежелательно.<sup>1</sup> Уменьшение же противо давления в цилиндрах без снижения паропроизводительности котла требует усовершенствования работы паровозного конуса.

За последние годы на железных дорогах Западной Европы и Америки вопросу о снижении противо давления в цилиндрах паровозов стали уделять много внимания, в результате чего появился ряд оригинальных конструкций конусов, довольно удачно разрешающих этот вопрос.

По инициативе ОГПУ был поставлен вопрос об изыскании наиболее совершенного конусного устройства и для наших паровозов. Эта задача могла быть разрешена сравнительным испытанием различных конусных устройств в наших условиях, на наших паровозах.

В июле — августе 1932 г. по предложению ОГПУ на паровозе ФД 20-1 были произведены испытания конусов, как первоначально запроектированных ЦПЛБ, так и изготовленных по проектам, разработанным Техническим Бюро ОГПУ; целью испытаний был выбор наилучшего типа конуса, могущего быть рекомендованным к поставке при массовой постройке на паровозы ФД, а также и на другие паровозы.

## ОБЪЕКТЫ ИСПЫТАНИЙ

Все конусы, испытанные на паровозе ФД, можно подразделить на четыре группы.

К первой группе мы относим круглые конусы — конус с классической круглой формой выхлопного отверстия и другие круглые конусы как с обычным мостиком, так и с четырехконцовым рассекателем.

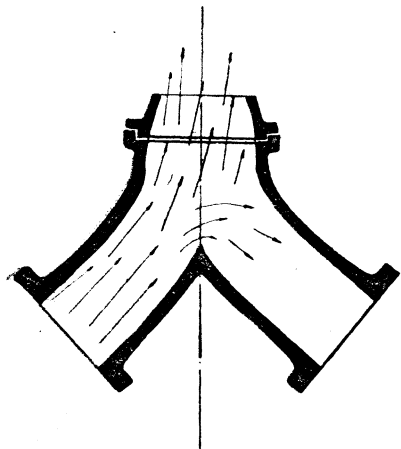
К второй группе относим конусы с фигурной формой выхлопного отверстия — звездчатые конусы как с сердечником, так и без сердечника, и крестообразный конус.

<sup>1</sup> Это положение правильно лишь в том случае, когда кривая  $z_k=f(y)$  не достигает своего максимума. Кроме того, даже и в этом случае, но при лимитировании мощности паровоза не котлом, а машиной, снижение паропроизводительности может не только не повлечь за собой снижения мощности паровоза, но даже наоборот — повысить ее. Последнее положение, хотя это кажется несколько парадоксальным, тем не менее может иметь место при достижении максимальных мощностей паровоза. В нашем случае как первое, так и второе исключаящие условия отпадают.

К третьей группе — конусы с промежуточными насадками (петикотами) Kujälä — однострунные и двухтрубные.

И, наконец, четвертая группа представлена конусом, отличающимся от всех прочих самым принципом своей работы.

Конусы первых трех групп устроены так, что отработанный пар поступает поочередно из правого и левого цилиндров через пароотводящие трубы в корпус конуса и уже из него проходит через выхлопное отверстие в дымовую коробку и трубу паровоза. Таким образом в корпусе конуса устанавливается сообщение между обоими цилиндрами (фиг. 651).



Фиг. 651. Направление движения пара в корпусе обычного конуса при выхлопе пара из одного цилиндра.

Конус последнего типа в отличие от всех остальных имеет четыре изолированных друг от друга канала. Отработанный пар из каждого цилиндра поступает в свои два канала; благодаря этому в таком конусе не происходит смешивания отработанного пара обоих цилиндров, нет сообщения между цилиндрами, т. е. осуществлен независимый, разделенный выхлоп.

Ко всем конусам указанных четырех групп были запроектированы дымовые трубы, и каждый конус испытывался с соответствующей ему дымовой трубой.

## МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

Оценку работы конусного устройства наиболее точно можно произвести, определяя его коэффициент полезного действия, представляющий собой отношение энергии, сообщенной продуктам сгорания при выбрасывании их в атмосферу из дымовой коробки паровоза, к энергии, заключающейся в паровой струе в момент выхлопа ее из конуса. Получение этого коэффициента связано с измерением объема выбрасываемых газов и выхлопного пара, что практически довольно сложно, громоздко, требует особых условий испытаний и очень затягивает их продолжительность. Поэтому для упрощения испытаний коэффициентом полезного действия конусного устройства принято считать выражение:

$$\gamma_{\text{кон}} = \frac{\Delta_1}{p_e},$$

где:  $\Delta_1$  — разрежение в дымовой коробке в мм водяного столба,  
 $p_e$  — противодавление в цилиндрах паровой машины в кг/см<sup>2</sup>.

Это выражение, условно обозначающее к. п. д. конусного устройства, заимствованное у американцев,<sup>1</sup> значительно упрощает испытания, сводя все наблюдения во время испытаний к наблюдениям за разрежением и противодавлением, и позволяет производить опытные поездки с обычными поездами.

Отношение  $\gamma_{\text{кон}} = \frac{\Delta_1}{p_e}$  полагает существование зависимости

$$\Delta_1 = \varphi(p_e), \quad (1)$$

являющейся основной характеристикой всякого конусного устройства, на паровозе.

С другой стороны, независимо от устройства вытяжного аппарата, для получения той или иной паропроизводительности котла в дымовой коробке должно быть создано разрежение  $\Delta_1$ , обеспечивающее сжигание достаточного для этой паропроизводительности количества топлива; иными словами, для данного типа котла и данного сорта топлива должна существовать зависимость

$$\Delta_1 = f(z_m), \quad (2)$$

где  $z_m$  — машинная форсировка паровозного котла в кг/м<sup>2</sup>час.

<sup>1</sup> Railway Mechanical Engineer, 1918 г.

Таким образом, всякое конусное устройство должно обеспечить заданную форсировку котла необходимым разрежением. Наилучшим конусным устройством следует признать то, которое дает потребное разрежение в дымовой коробке при наименьшем противодействии в цилиндре, т. е. у лучшего конуса кривая, выражающая зависимость (1), должна иметь более крутой подъем.

Для паровоза ФД 20-1 кривая зависимости (2) может быть построена по результатам испытаний первого и второго циклов.

Эта зависимость для паровоза ФД 20-1, при отоплении его углем марки Д, представлена на фиг. 652.

Во время испытаний конусов необходимо было получить данные для построения зависимости (1) по каждому типу конуса при обязательном получении кривой (фиг. 652), одинаковой для всех испытываемых типов конусов.

Для построения кривых (1) и (2) во время опытных поездок необходимо было производить измерения разрежений, противодействий, расходов воды и пара.

Все испытания конусов происходили в эксплуатационных условиях с обычными товарными поездами на участке Красный Лиман — Балаклея Южных ж. д. Избранный для опытов участок по своему переменному профилю давал возможность делать наблюдения как при больших, так и при малых скоростях.

Перегон Красный Лиман — Балаклея и Балаклея — Красный Лиман был разбит сообразно с профилем на отдельные участки, на которых реализовались заданные режимы работы паровоза (открытие регулятора, отсечка и скорость) и производились необходимые наблюдения. Чтобы исключить влияние на результаты опытов условий, не зависящих от типов конусов, все опытные поездки были сделаны на угле марки Д со ст. Переездная Лисичанского рудоуправления, для которого к тому же имела кривая  $\Delta_1 = f(z_m)$  (фиг. 652), полученная при опытах первого и второго циклов.

Для построения кривых  $\Delta_1 = \varphi(p_e)$  брались средние противодействия в цилиндрах, которые определялись при помощи индизирования, а затем планиметрирования линии выхлопа.

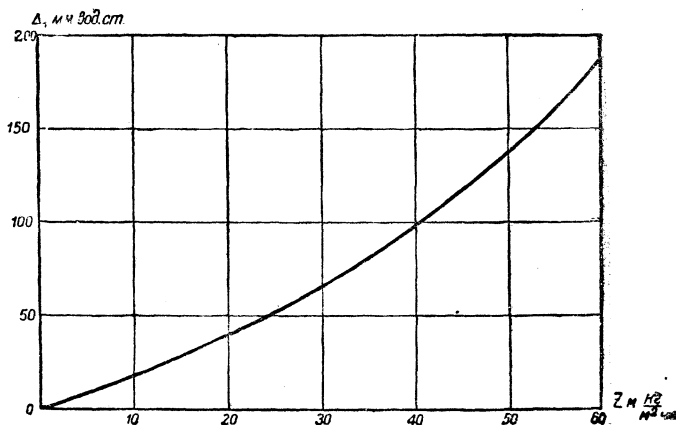
Хотя работу паровой струи характеризует давление в конусе, но предпочтение тем не менее было отдано противодействию в цилиндрах, потому что на работу паровозной машины оказывает влияние именно противодействие в цилиндрах, не говоря уже о том, что измерение противодействий в конусе по манометру не гарантирует правильности наблюдений вследствие наличия пульсации выхлопного пара и вызываемого этим сильного колебания стрелки манометра.

Разрежения измерялись у трубчатой решетки в дымовой коробке паровоза.

Все конусы, отнесенные к первой группе, имели одинаковую площадь выхлопного отверстия, равную 179—180 см<sup>2</sup>. Это обстоятельство дало возможность быстро составить характеристики конусов по величинам разрежений при одних и тех же противодействиях, обусловливаемых площадью выхлопного отверстия конуса.

Площади выхлопных отверстий конусов других групп также были взяты одинаковыми, но заведомо большими, чем при круглых конусах ( $f = 227$  см<sup>2</sup>).

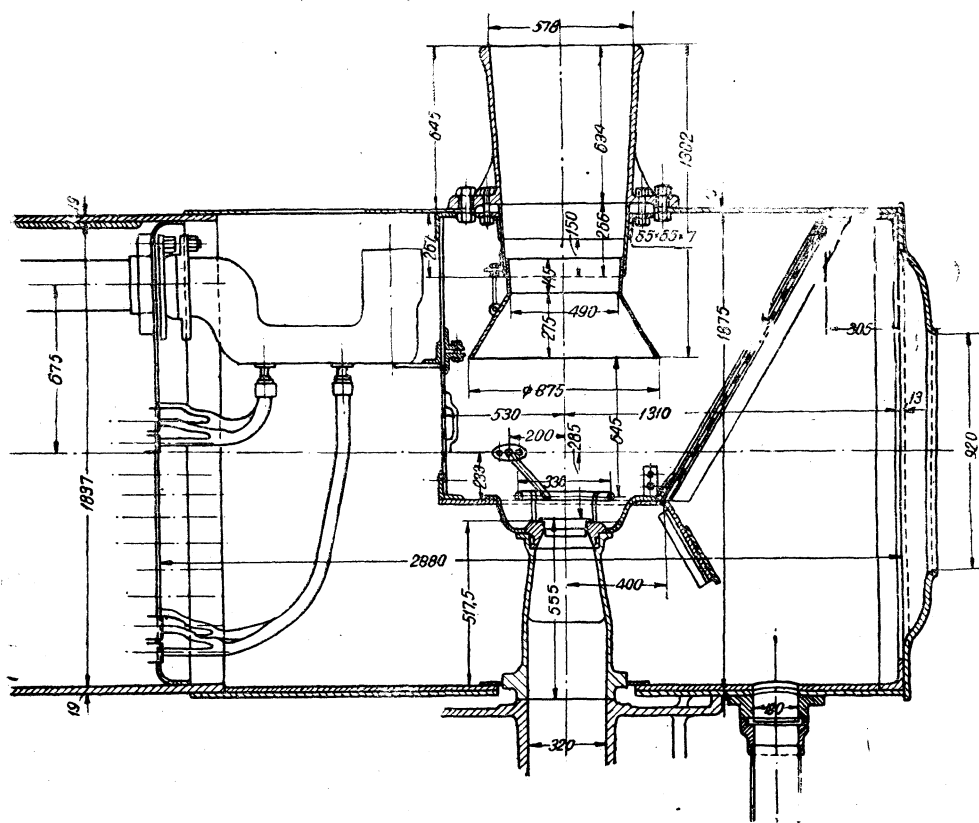
В остальных группах мы также имели конусы с одинаковыми площадями сечения. Поэтому при составлении для них кривых  $\Delta_1 = \varphi(p_e)$  легко было определить лучший тип конуса, так как разные типы конусов, создавая одни и те же противодействия в цилиндрах, дают различные разрежения; наилучший конус, очевидно, должен дать наибольшее разрежение.



Фиг. 652.  $\Delta_1 = f(z_m)$  для паровоза ФД 20-1 при отоплении углем марки Д.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ И СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ КОНУСОВ

Так как все характеристики паровоза ФД 20-1 были получены на испытаниях при круглом конусе диаметром в 160 мм с мостиком шириной в 14 мм и площадью выхлопного сечения в 179 см<sup>2</sup>, то при испытаниях конусов необходимо было получить в первую очередь характеристику этого конуса, чтобы иметь возможность сравнить с ним все остальные типы конусов и в результате этого сравнения определить влияние их на основные характеристики паровоза.



Круглый конус с мостиком, действительная установка которого показана на фиг. 653, состоит из корпуса (фиг. 654) и снимаемой насадки с рассекателем (фиг. 655).

На фиг. 656 даны средние противодавления, полученные для различных отсечек при различных скоростях.

Индицирование линий выхлопа индикаторных диаграмм (фиг. 657) производилось обычным индикатором с очень мягкой пружиной; масштаб  $m=30$ , т. е.  $1 \text{ кг/см}^2 = 30 \text{ мм}$ .

При рассмотрении диаграммы видно, что линия выхлопа непараллельна атмосферной линии; сначала она опускается, затем поднимается вверх, образуя бугор, и идет так до самого начала сжатия. Это указывает, что противодействие в цилиндрах изменяется во время хода поршня. Естественно, что и давление в конусе также меняется. Быстро возрастаю к моменту начала выпуска, оно падает к моменту начала выталкивания и снова возрастает примерно на середине хода поршня.

Образование бугра на линии выталкивания происходит вследствие влияния выхлопа из другого цилиндра. Выхлоп из задней полости левого цилиндра начинается в то время, когда поршень правого цилиндра выталкивает пар из своей задней полости и находится где-то в середине своего хода. При этом, вследствие наличия сообщения паровых проходов в корпусе конуса, пар левого цилиндра может оказать влияние на истечение пара из правого цилиндра. Так как давление в момент выпуска пара больше, чем во время выталкивания, то выхлоп левой стороны подпират истекающую струю правой стороны. Это поднимает линию выталкивания, что и отражается на индикаторной диаграмме: площадь диаграммы, т. е. работа паровоза, уменьшается.

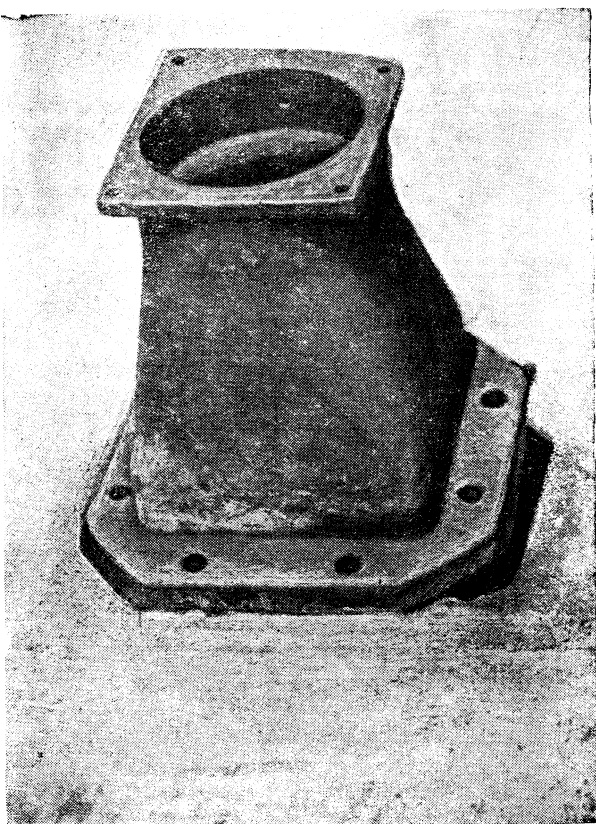
Этот недостаток, присущий всем типам конусов, кроме четвертого типа, является их органическим пороком, в чем легко убедиться при рассмотрении индикаторных диаграмм, снятых при других конусах.

Так как давление в конусе изменяется даже в течение одного хода поршня, то и разрежение в дымовой коробке также непостоянно. Неравномерность работы конуса создает неблагоприятные условия работы слоя в топке паровоза, увеличивает унос топлива, создает прорывы в слое и т. д. Все это снижает коэффициент полезного действия котла.

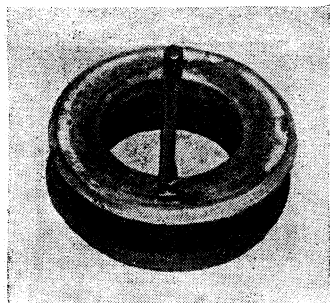
Для выявления влияния рассекателя на работу конуса был испытан круглый конус без рассекателей с площадью в  $179 \text{ см}^2$  ( $d=151 \text{ мм}$ ). Круглая насадка (фиг. 658) была вставлена в корпус, изображенный на фиг. 654.

Для определения влияния формы рассекателя на работу конуса был испытан конус с четырьмя рассекателями, посаженными накрест друг против друга. Насадка этого конуса вставлялась в тот же самый корпус (фиг. 659). Площадь выхлопного отверстия была равна  $180 \text{ см}^2$ .

Переходя к сравнению характеристик трех типов круглых конусов, необходимо отметить, что парообразование при всех этих трех типах было удовлетворительным, но при



Фиг. 654. Корпус круглого конуса.



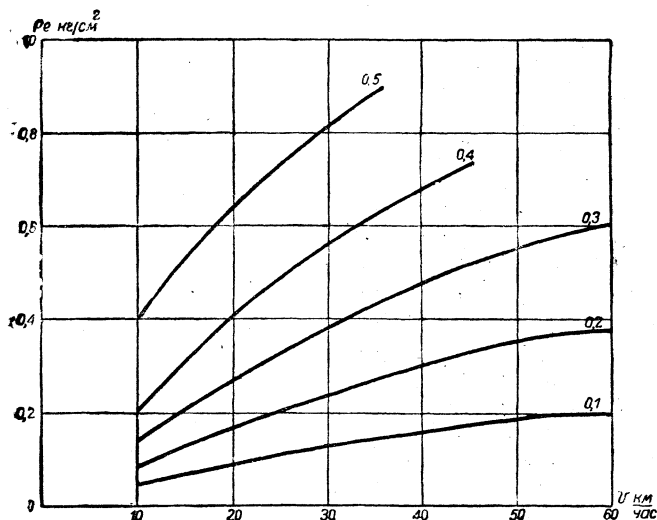
Фиг. 655. Насадка круглого конуса с рассекателем.



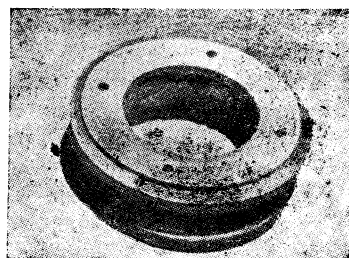
очень больших форсировках чувствовалась все же недостаточность разрежения, особенно при круглом конусе.

Так как площадь выхлопного отверстия во всех трех конусах была одинаковой, то противодействия в цилиндрах при различных скоростях и отсечках были также одинаковыми. Точки противодавлений при круглом конусе и при конусе с четырехконцовым рассекателем очень хорошо ложатся на кривые  $p_e = \psi(\epsilon, V)$ , построенные для конуса с рассекателем в виде мостика (фиг. 656).

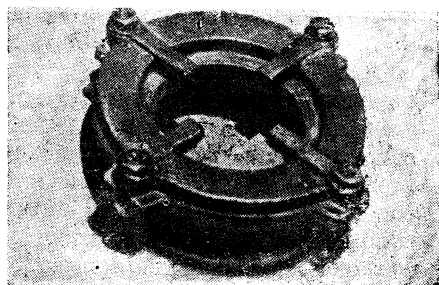
Рассматривая характеристики испытанных круглых конусов  $\Delta_1 = \varphi(p_e)$  (фиг. 660), мы видим, что



Фиг. 656. Противодействие в цилиндрах в зависимости от скорости и отсечки при круглом конусе ( $f = 179 \text{ см}^2$ ).



Фиг. 658. Круглая насадка без рассекателя.

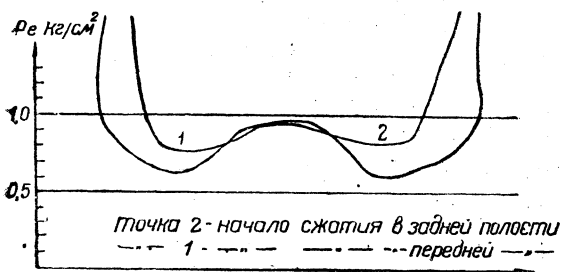


Фиг. 659. Круглая насадка с четырьмя рассекателями.

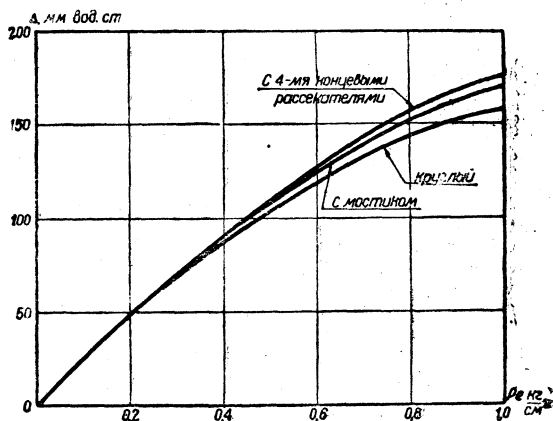
круглый конус без рассекателя дает самую пологую кривую, т. е. самый низкий коэффициент полезного действия.

Постановка рассекателей несколько улучшает работу конуса, при чем оказывается, что концевые рассекатели дают больший эффект, чем рассекатель в виде мостика. Заметное улучшение характеристик наступает при больших форсировках.

Влияние рассекателей заключается в том, что они несколько изменяют форму выхлопной струи пара. Струя „раздается“, поверх-



Фиг. 657. Линия выхлопа при круглом конусе, при  $\rho = 1$ ,  $\epsilon = 0,5$ ,  $V = 30$  ( $f = 179 \text{ см}^2$ ).



Фиг. 660. Характеристики  $\Delta_1 = \varphi(p_e)$  при круглых конусах.

ность паровой струи увеличивается, и это увеличивает захват газов. Четырехконцовый рассекатель „раздает“ струю равномернее, чем мостик, и поэтому дает лучшие результаты.

## ФИГУРНЫЕ КОНУСЫ

Неудовлетворительность работы круглого конуса вызвала неоднократные попытки изменения формы выхлопного отверстия. Еще в 1899 г.<sup>1</sup> применялась насадка конуса, очень похожая на получившую сейчас распространение в Америке звездчатую насадку.

Долгое время считалось, что работа конуса основана на том, что паровая струя, смешиваясь по выходе из конуса с окружающими ее газами, передает им часть своей скоростной энергии и переносит их с низшего уровня на высший, давая возможность находящимся в топке газам занять место газов, унесенных паровой струей. Однако за последние годы специальными опытами и в Америке и у нас в СССР<sup>2</sup> установлено, что газы приводятся в движение эжекционным действием струи, а также посредством трения частиц газа о поверхность паровой струи. Отсюда, как следствие, вытекает необходимость развития этой поверхности. Этот принцип и породил все существующие фигурные конусы.

На паровозе ФД 20-1 были испытаны два типа фигурных конусов: звездчатый (в двух вариантах), получивший широкое распространение в Америке, и крестообразный, появившийся на дорогах СССР.

Конус-звездочка первого варианта (фиг. 661) был разработан ЦЛПБ для паровозов ФД второго заказа. Таким же конусом оборудованы построенные в Америке наши паровозы серии Т<sup>А</sup> и Т<sup>Б</sup>.

Как видно из фиг. 662, собственно конус состоит из корпуса и сменяемой насадки или головки конуса. Площадь выхлопного отверстия конуса равна 228 см<sup>2</sup>, т. е. увеличена по сравнению с круглым на 27%.

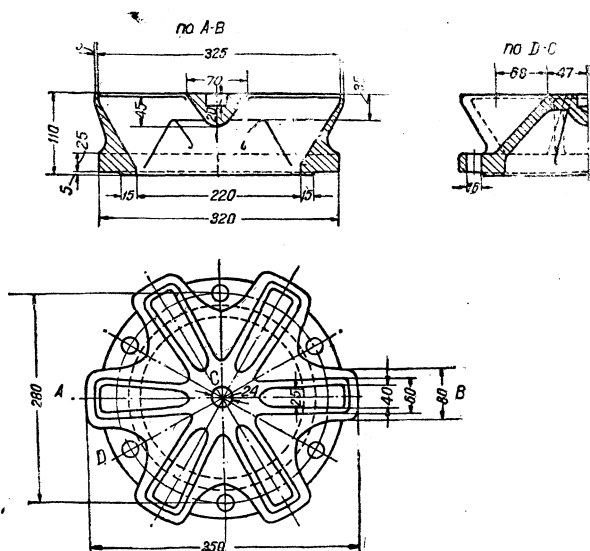
Крестообразный конус, разработанный Институтом реконструкции тяги на основе предшествовавших испытаний (фиг. 663 и 664), запроектирован таким образом, чтобы его можно было установить на корпус звездчатого конуса варианта ЦЛПБ и при той же дымовой трубе. Площадь его выхлопного отверстия взята также равной 228 см<sup>2</sup>.

Второй вариант звездчатого конуса разработан ТБ ОГПУ (фиг. 665 и 666).

Площадь выхлопного отверстия этого конуса по конструктивным соображениям не могла быть выполнена одинаковой с площадью выхлопного отверстия конуса-звездочки первого варианта и принята равной 235 см<sup>2</sup>. Такой тип конуса встречается также на дорогах США; им, например, оборудован паровоз Pacific K-5 Пенсильванской ж. д.<sup>3</sup>

В отличие от варианта ЦЛПБ звездчатый конус этого варианта представляет собой одну целую отливку без сменяемой головки. Паровые щели в нем длиннее и уже, что создает увеличение периметра выхлопного сечения, а следовательно и увеличение поверхности соприкосновения паровой струи с окружающими ее газами. Полный периметр в варианте ЦЛПБ равен 174 см, а в варианте ОГПУ — 188 см, что дает увеличение на 8%. К тому же внутренние концы щелей в конусе первого варианта являются мало активными; пренебрегая ими, мы получим периметр равный 154 см, и тогда второй вариант дает увеличение периметра на 22%.

Переходя к оценке различных типов фигурных конусов, необходимо отметить, что с увеличением площади выхлопного отверстия до 228 — 230 — 235 см<sup>2</sup> (увеличение по сравнению с круглыми конусами на 27 — 30%) противодействия в цилиндрах значительно

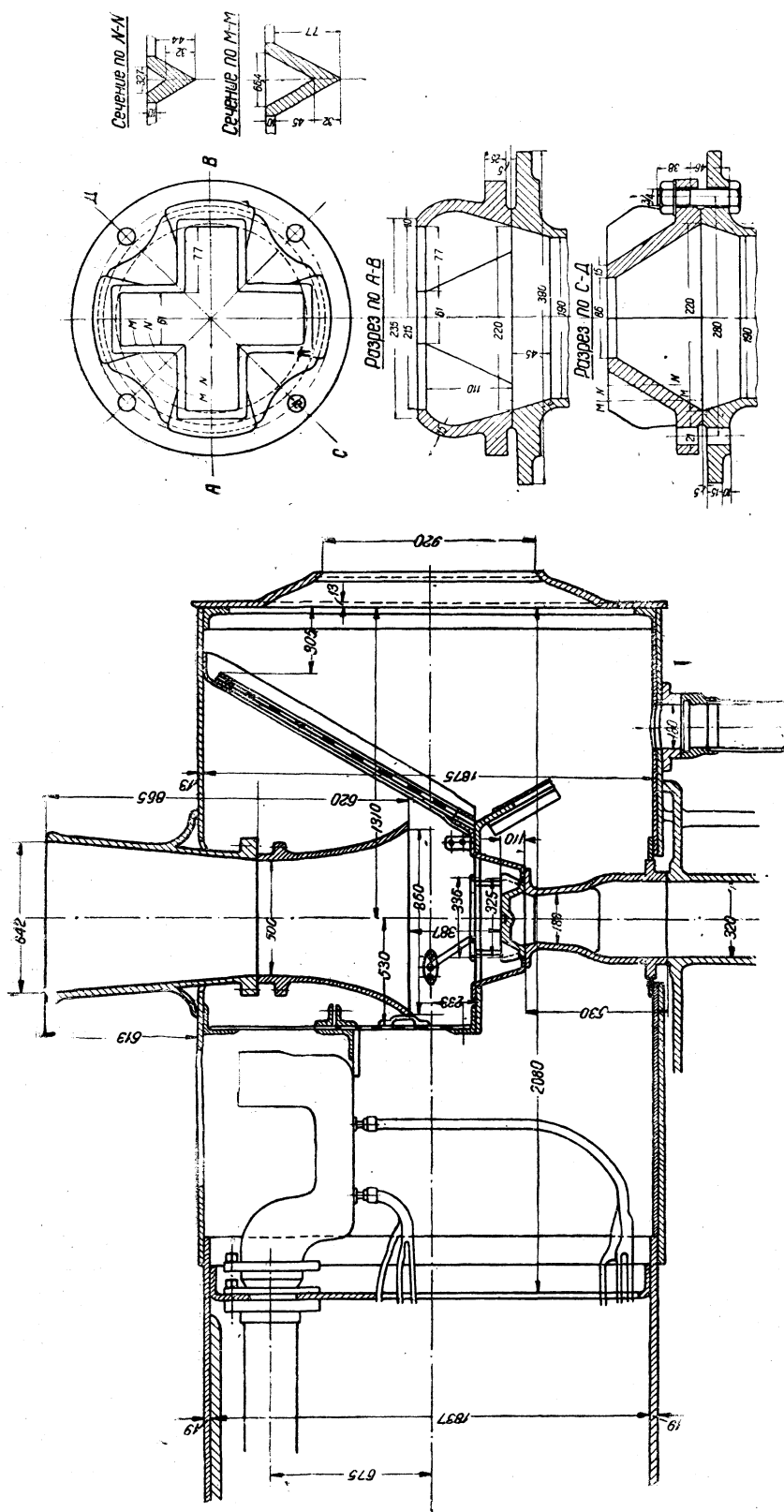


Фиг. 661. Звездчатая насадка по варианту ЦЛПБ.

<sup>1</sup> Railway Gazette, 16/VI, 1899, стр. 428 — 429.

<sup>2</sup> Railway Mechanical Engineer, 1918, 1930, 1932. Железнодорожное дело, 1931, № 10.

<sup>3</sup> Monthly Bulletin of the International Railway Congress Association, 1932, № 2.

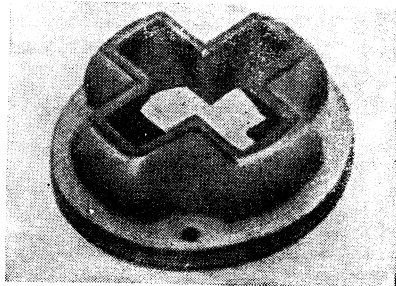


фиг.662. Дымовая камера паровоза ФД 20-1 при оборудовании его звездчатым конусом.

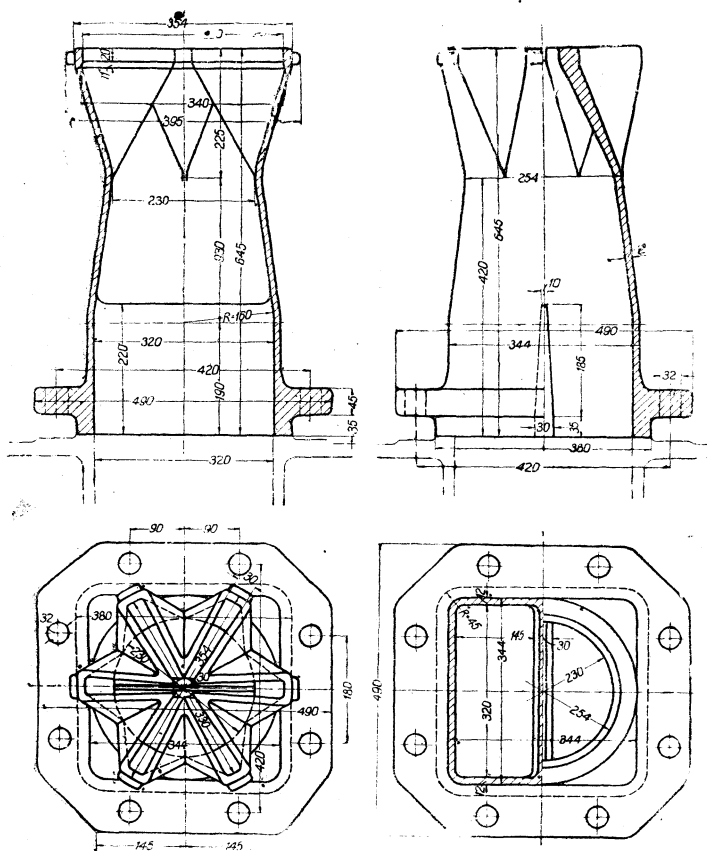
падают. На фиг. 668 показано изменение средних противодавлений в цилиндрах при крестообразном конусе для различных скоростей и отсечек. Для звездчатого конуса варианта ОГПУ вследствие несколько увеличенной по сравнению с крестообразными конусами площади выхлопного отверстия (235 см<sup>2</sup> вместо 230) эти кривые противодавлений пойдут несколько ниже и при равновесных площадях будут одинаковыми. Противодавления же при звездчатом конусе варианта ЦЛПБ значительно больше, чем при варианте ОГПУ и крестообразном конусе (фиг. 669).

Характерно, что при малых скоростях это увеличение менее заметно, чем при больших скоростях, при чем закон изменений  $p_e$  изменяется. Из фиг. 669 видно, что кривые  $p_e = \psi(\epsilon, V)$  при звездчатом конусе ЦЛПБ располагаются выпуклостью книзу, к оси скоростей, а при крестообразном и звездчатом конусе ОГПУ — выпуклостью вверх.

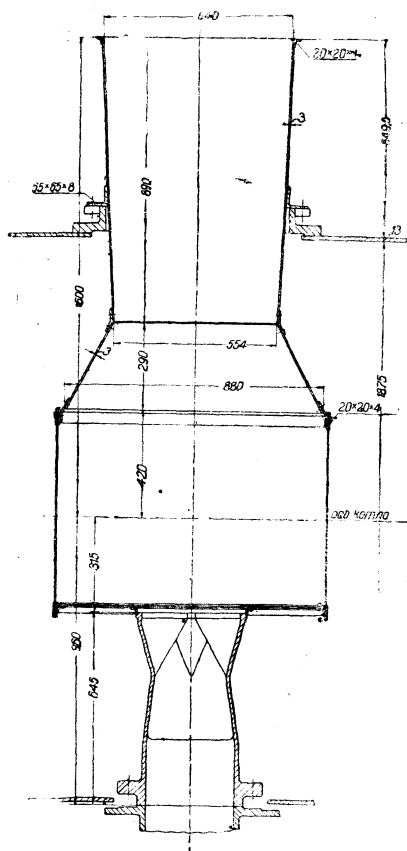
Это явление происходит вследствие того, что в насадке конуса ЦЛПБ в самой середине имеется прилив с отверстием для постановки штанги при проверке конуса. Этот прилив, имеющий горизонтальную проекцию в 38,5 см<sup>2</sup>,



Фиг. 664. Крестообразная насадка.



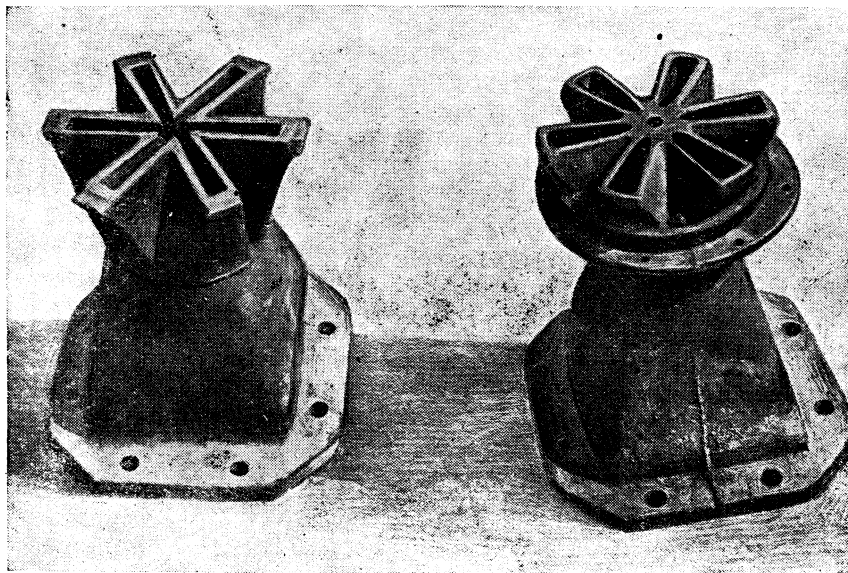
Фиг. 665. Звездчатый конус по варианту ТБ ОГПУ.



Фиг. 666. Установка звездчатого конуса по варианту ТБ ОГПУ

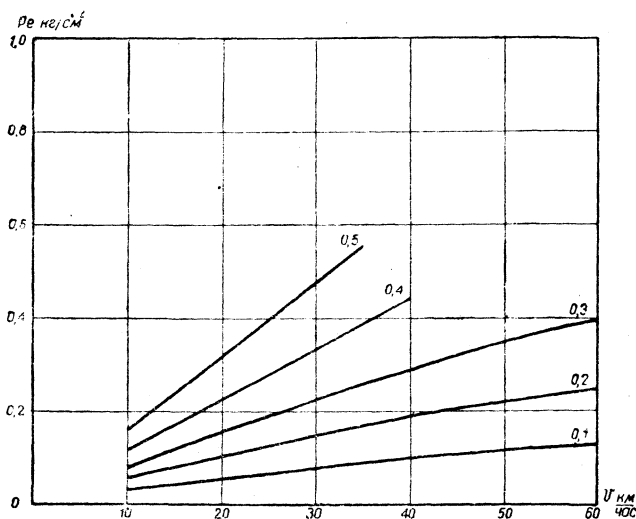
входит внутрь головки конуса и располагается на пути паровой струи, ударяющейся в него во время выхлопа. Вследствие удара о выступ изменяется направление движения пара, и

он начинает тормозить выход в отверстие конуса, отчего и создается подпор. С увеличением скорости движения паровоза количество выхлопного пара при данной отсечке и скорость его истечения также увеличиваются, а сила удара, как известно, увеличивается



Фиг. 667. Звездчатые конусы. Варианты ЦЛПБ (направо) и ТБ ОГПУ (налево).

пропорционально квадрату скорости. В связи с этим увеличивается также и тормозящее усилие, и кривая противодавлений начинает идти вверх значительно быстрее, чем это бывает при конусах других типов, где удара выхлопного пара нет.



Фиг. 668. Противодействие в цилиндрах в зависимости от скорости и отсечки при крестообразном конусе ( $f=230 \text{ см}^2$ ).

В крестообразном конусе и звездчатом конусе ОГПУ этого явления не наблюдается, так как средняя часть в этих конусах занята паровым ядром и удара пара не происходит.

Линия выхлопа при  $\alpha=1, \epsilon=0,5, V=30 \text{ км/час}$ , показанная на фиг. 670 для звездчатого конуса ЦЛПБ, для других фигурных конусов идет ниже, но характерный бугор не исчезает.

Во время работы паровоза при звездчатой насадке ЦЛПБ наблюдалось плохое прогорание угля у задней части колосниковой решетки — у стола стокера. Очевидно, тяга через верхние ряды жаровых труб была слаба, а через нижние, наоборот, несколько велика, что является результатом слишком длинного петикота у дымовой трубы и очень малого расстояния от плоскости выхлопного сечения конуса до петикота (336 мм). Это же явление, хотя и в меньшей степени, было отмечено и при крестообразном конусе, который испытывался при той же дымо-

ной трубе.

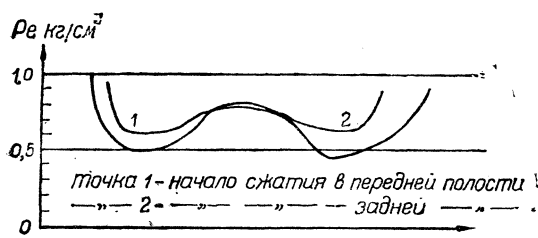
При звездчатом конусе ОГПУ этого явления не наблюдалось, так как там расстояние от конуса до петикота значительно больше (735 мм). При этом конусе паровыхлопная струя засасывает газы равномерно по всей трубчатой решетке, и горение топлива на колосниковой решетке происходит также равномерно.

При крестообразном конусе отмечается более ровный и спокойный огонь, меньшая амплитуда колебаний воды в трубках вакуумметра и более устойчивое парообразование при тяжелых комбинациях.

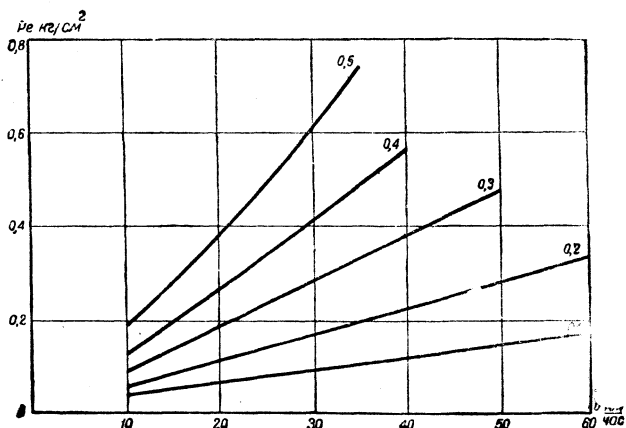
При звездчатом конусе ЦЛПБ наблюдалось вырывание огня; при варианте ОГПУ рывки были значительно слабее, а парообразование было вполне удовлетворительным и устойчивым.

Попытка снизить противодействие при звездчатом конусе ЦЛПБ путем постановки головки с большей площадью не увенчалась успехом, так как произошло снижение разрежения, и, как следствие этого, парообразование оказалось недостаточным.

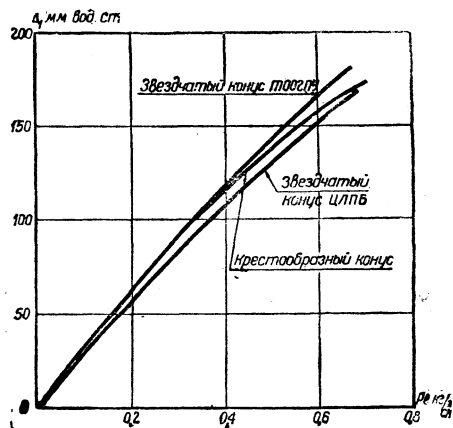
Из рассмотрения характеристик  $\Delta_1 = \varphi(p_e)$  фигурных конусов (фиг. 671) видно, что кривая звездчатого конуса ЦЛПБ располагается внизу, затем идет кривая крестообразного конуса, приближающаяся в верхних пределах к кривой звездчатого конуса ЦЛПБ и, наконец, еще выше при больших противодействиях располагается кривая звездчатого конуса ОГПУ. Улучшение характеристики этого конуса несомненно является следствием более развитой поверхности соприкосновения выхлопного пара с газами, отсутствия удара



Фиг. 670. Линия выхлопа при звездчатой насадке ЦЛПБ, при  $\rho = 1$ ,  $\epsilon = 0,5$ ,  $V = 30$ .



Фиг. 669. Противодействие в цилиндрах в зависимости от скорости и отсечки при звездчатой насадке ЦЛПБ ( $f = 228 \text{ см}^2$ ).



Фиг. 671. Характеристики  $\Delta_1 = \varphi(p_e)$  при фигурных конусах.

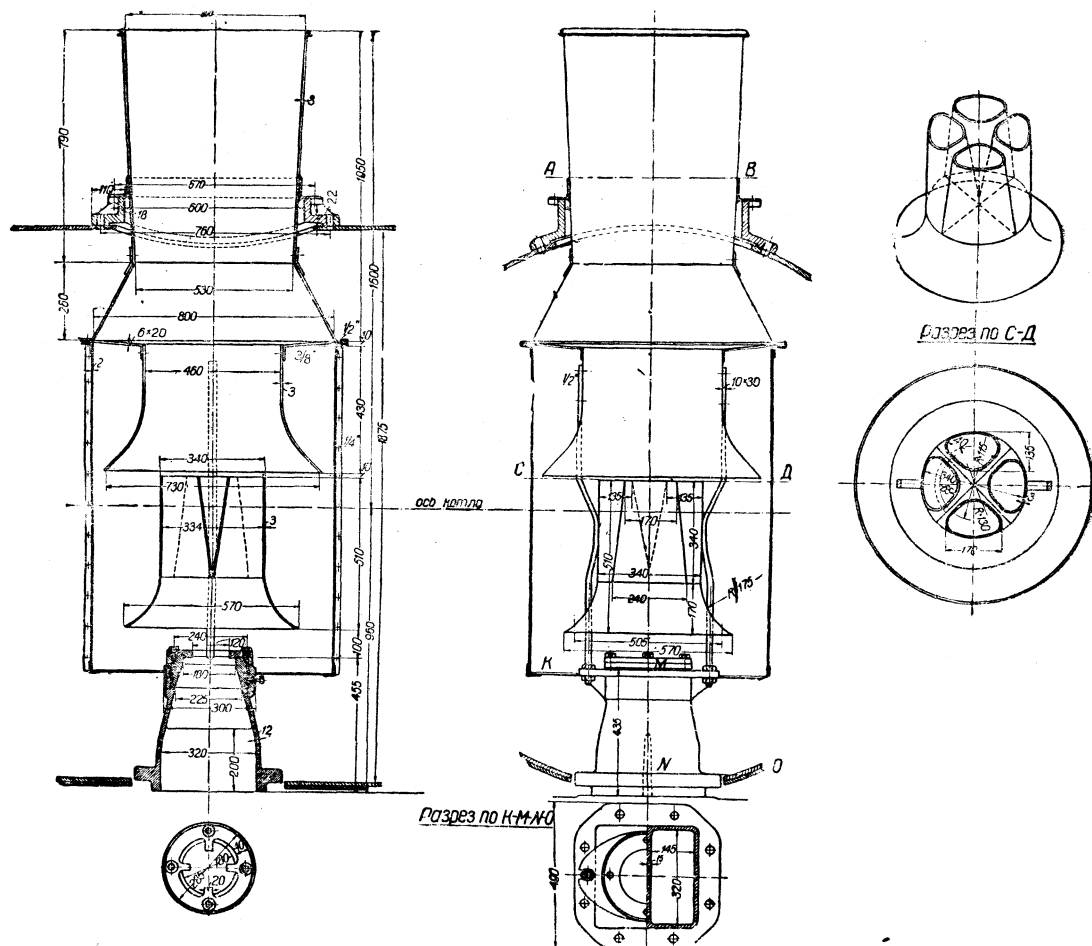
выхлопной струи, а также некоторого увеличения площади выхлопного отверстия ( $235 \text{ см}^2$  вместо  $228 \text{ см}^2$ ).

## КОНУСЫ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ НАСАДКАМИ

Стремление к уменьшению потери энергии на выбрасывание отработанных газов в атмосферу давно привело к применению промежуточных насадок, так называемых петикотов, и позднее дымовых труб с нижней раструбной частью (колоколом). Обычно петик-

коты представляют собой насадки цилиндрического вида, которые устанавливаются между конусом и дымовой трубой.

В 1919 г. во Франции Kylälä предложил насадку нового типа, состоящую из четырех сопел хоботообразного сечения, соединенных воедино своими нижними концами, при чем форма этих сопел такова, что газы могут свободно проходить между ними. Конструировавший насадки французский инженер А. Chapelon установил их размеры, и теперь конус с такой насадкой носит название конуса „Kylchap“. По сведениям, появившимся в печати, применение этих насадок во Франции на железной дороге Париж — Орлеан дало блестящие результаты — большие сбережения топлива и воды и увеличение мощности паровоза.



Фиг. 672. Установка на паровозе ФД 20-1 однотрубного конуса „Kylchap“.

Техническим Бюро ОГПУ были разработаны проекты такой конусной установки для паровоза ФД, при чем разработка велась для конусов с одной и двумя дымовыми трубами. Применение двойного конуса преследовало целью увеличение поверхности соприкосновения между продуктами сгорания и выхлопным паром.

Собственно конус состоит из корпуса и головки конуса с четырехконцовым рассекателем, так же как у конуса, изображенного на фиг. 659, с той лишь разницей, что концы рассекателя располагаются под углом в  $45^\circ$  к продольной оси паровоза. Два хобота насадки „Kylchap“ располагаются по продольной оси паровоза, а два других по перпендикулярной к ней оси.

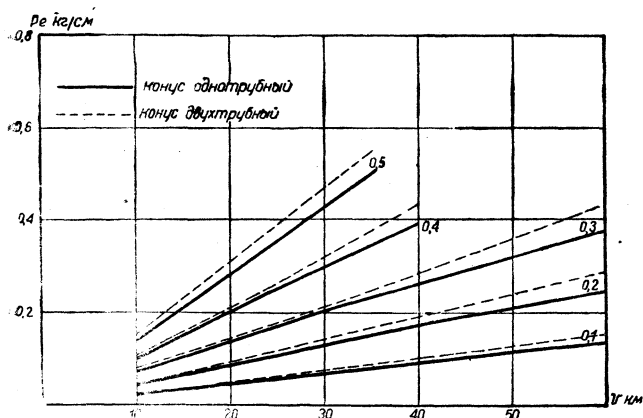




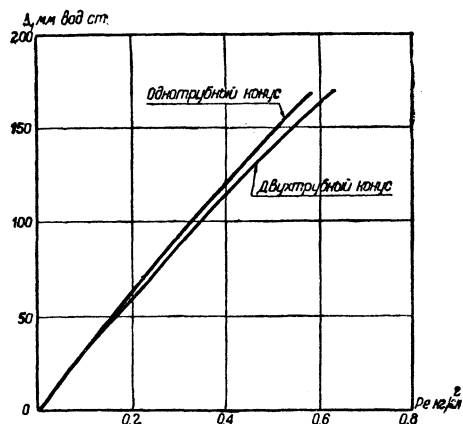
Установленный в дымовой коробке вакуумметр был расположен несколько выше оси котла, и следовательно даваемые им показания были несколько выше средних. Поэтому характеристики этих конусов имеют значения несколько преувеличенные; в действительности они должны были расположиться ниже. Это подтверждается тем, что несмотря на почти полное совпадение характеристик конусов „Kylchar“ с характеристиками фигурных конусов парообразование было значительно хуже.

При конусах „Kylchar“ наблюдалось резкое колебание разрежения за один оборот колеса при всех скоростях и, как следствие, большое количество уноса топлива в дымовую трубу. Если при прочих конусах видимый унос колебался в пределах от 40 до 60 кг, то при конусах „Kylchar“ он был при тех же условиях не менее 250 — 300 кг.

Из фиг. 675 видно, как и следовало ожидать, что характеристики двухтрубного конуса хуже, чем однотрубного. В самом деле, при двухтрубном конусе „Kylchar“ струя выхлопного пара теряет часть своей энергии от ударов в корпусе конуса при разделении струи на два выхлопа. Разделенные струи используют свою энергию на выбрасывание продуктов сгорания неодинаково: конус, расположенный ближе к передней трубчатой решетке, дает



Фиг. 674. Противодавление в цилиндрах в зависимости от скорости и отсечки при конусах „Kylchar“ ( $f_1 = 228 \text{ см}^2$ ,  $f_2 = 230 \text{ см}^2$ ).



Фиг. 675. Характеристики  $\Delta_1 = \varphi(p_c)$  при конусах „Kylchar“.

большую работу, чем передний конус. Эта неравномерность работы струи особенно хорошо была заметна в момент большой загрузки топлива в топку; более черный столб дыма выбрасывался из задней дымовой трубы.

Несмотря на увеличение поверхности соприкосновения паровой струи с газами и на связанное с этим улучшение эффективности конуса, потери энергии при ударах и неравномерность в работе струи настолько велики, что общий итог получается хуже, чем при однотрубном конусе. Избавиться от этого недостатка, пожалуй, можно было бы при поставке конусов и дымовых труб не вдоль оси котла, а перпендикулярно ей.

Невысокие характеристики конусов „Kylchar“, сложность их устройства и относительно высокая дороговизна их изготовления, трудность точной установки и, особенно, проверки, загромождение дымовой коробки, отсутствие доступа для осмотра элементов пароперегревателя делают совершенно нерациональным применение этих конусов как на паровозе ФД, так и на других паровозах нашего парка.

### КОНУС С РАЗДЕЛЕННЫМ ВЫХЛОПОМ

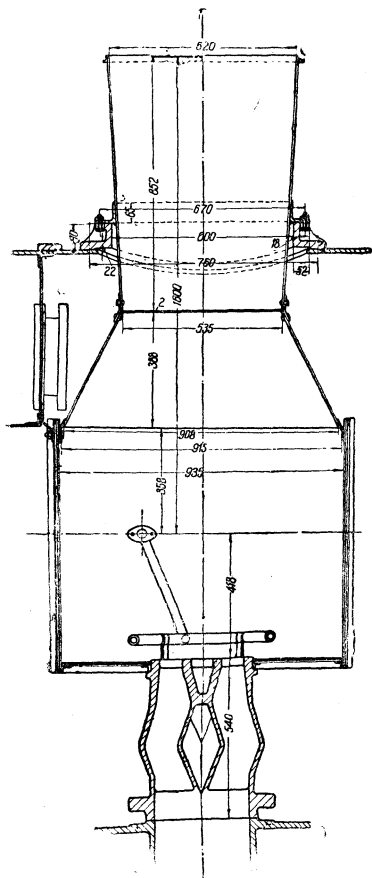
Четырехдырный конус с разделенным из обоих цилиндров выхлопом пара отличается как сказано выше, тем, что выхлоп отработанного пара происходит попеременно то из одной, то из другой пары отверстий, расположенных крест-на-крест.

При первом испытании диаметр отверстий был равен 85 мм, что составляло общую площадь выхлопа в  $227 \text{ см}^2$ .

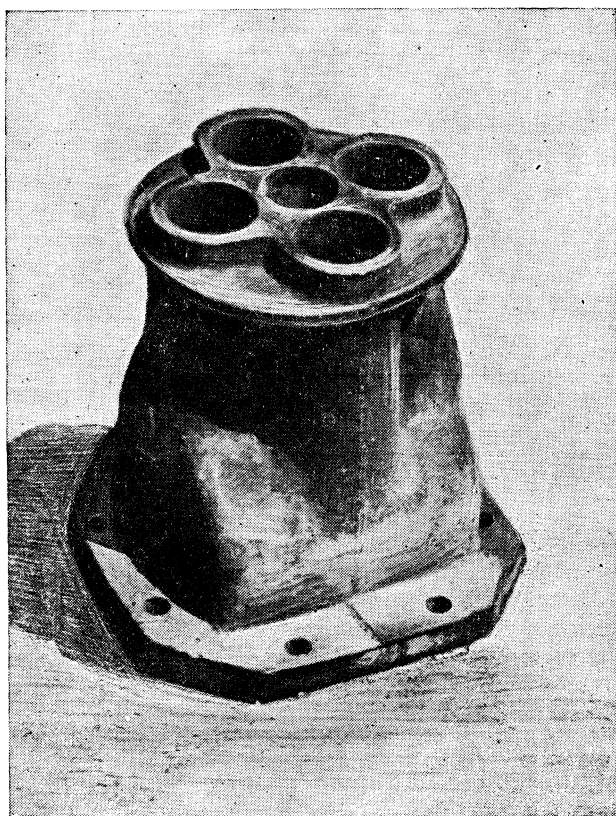
Конструкция этого конуса изображена на фиг. 142, стр. 209. На фиг. 676 показана установка его на паровозе ФД 20-1 во время опытов. Общий вид четырехдырного конуса дан на фиг. 677.

Конус с разделенным выхлопом, проект которого был разработан Техническим Бюро ОГПУ, при первой же поездке дал блестящие результаты.

Выше было уже указано, что на индикаторных диаграммах при конусах всех до сих пор рассмотренных типов на линии выхлопа образуется бугор, являющийся следствием сообщения цилиндров между собой через колонку конуса. Необходимо добавить, что величина этого бугра зависит от отсечки и скорости. При малых скоростях бугор обра-



Фиг. 676. Установка четырехдырного конуса на паровозе ФД 20-1.



Фиг. 677. Четырехдырный конус с разделенным выхлопом.

зается только на части хода поршня в момент выхлопа из цилиндра противоположной стороны, а затем линия выхлопа опускается; при больших же скоростях пар не успевает быстро покинуть цилиндр, подпор не может сразу упасть, и бугор на диаграмме распространяется до начала сжатия. Это иллюстрируется диаграммами линии выхлопа, снятыми при круглом конусе, при отсечке 0,4 и скоростях 10, 24 и 40 км/час (фиг. 678, 679 и 680).

Характер диаграмм остается таким же и для всех фигурных конусов и для конусов „Kylchar“.

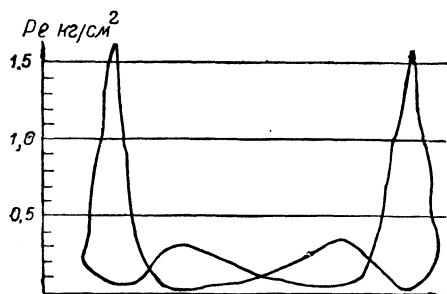
Совершенно иной является диаграмма линии выхлопа при конусе с разделенным выхлопом (фиг. 681). Здесь вовсе отсутствует бугор, и линия выхлопа идет почти горизонтально.

Так как цилиндры паровой машины здесь разобщены, то выхлоп из левого цилиндра не может поднять противодавления в правом цилиндре и наоборот.

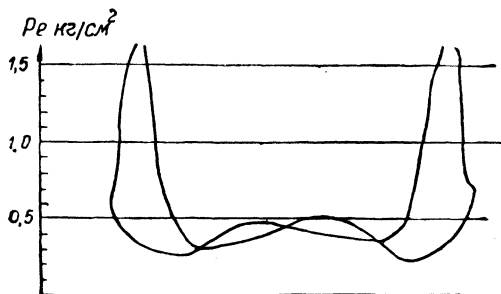
Из фиг. 682 видно, что при этом конусе противодавления в цилиндрах идут ниже,

чем при всех прочих конусах, несмотря на то, что площадь выхлопного сечения у них одинакова.

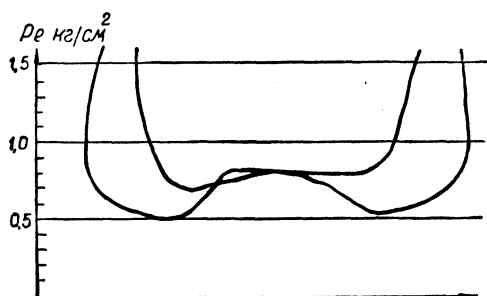
Сравнивать площадь выхлопных отверстий четырехдырного конуса с другими можно



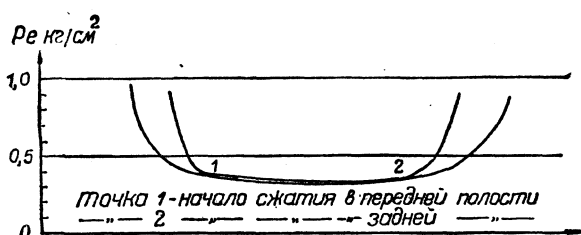
Фиг. 678. Линия выхлопа при круглом конусе, при  $\rho=1$ ,  $\epsilon=0,4$ ,  $V=10$ .



Фиг. 679. Линия выхлопа при круглом конусе при  $\rho=1$ ,  $\epsilon=0,4$ ,  $V=24$ .

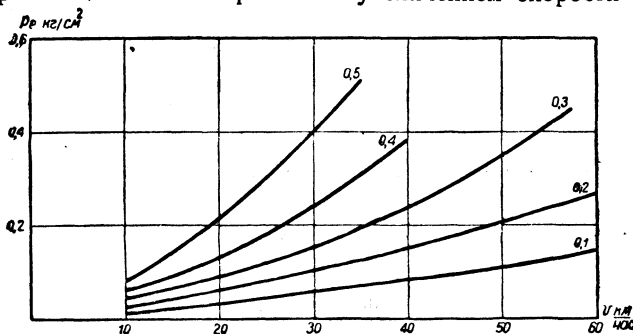


Фиг. 680. Линия выхлопа при круглом конусе, при  $\rho=1$ ,  $\epsilon=0,4$ ,  $V=40$ .

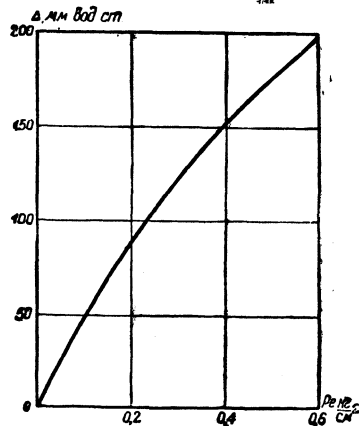


Фиг. 681. Линия выхлопа при четырехдырном конусе с разделенным выхлопом, при  $\rho=1$ ,  $\epsilon=0,5$ ,  $V=30$  ( $f=227 \text{ cm}^2$ ).

только относительно. Так как пар здесь выпускается через отверстие с площадью в два раза меньшей, то падение давления в цилиндре, а значит и повышение давления в конусе, от момента начала выпуска до установления давления выталкивания происходит медленнее, вследствие чего разрежение становится более равномерным, и кроме того характер кривых  $p_e = \psi(\epsilon, V)$  изменяется — противодействие возрастает с увеличением скорости бы-



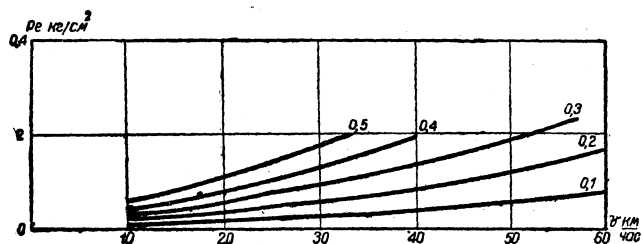
Фиг. 682. Противодействие в цилиндрах в зависимости от скорости и отсечки, при четырехдырном конусе с разделенным выхлопом ( $f=227 \text{ cm}^2$ ).



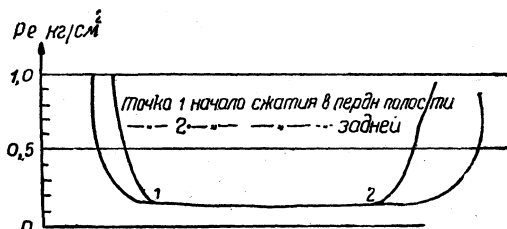
Фиг. 683. Характеристика  $\Delta_1 = \varphi(p_e)$  при четырехдырном конусе с разделенным выхлопом ( $f=227 \text{ cm}^2$ ).

стрее, чем в других конусах. Абсолютная же величина противодействия должна быть меньше, так как, во-первых, пар во время выхлопа попадает в пространство конуса, незаполненное паром другого цилиндра, т. е. в пространство с меньшим давлением, и линия выхлопа берет свое начало ниже, а во-вторых, отсутствует возможность образования бугра на диаграмме.

Отсутствие ударов пара внутри конуса и, как следствие этого, отсутствие завихрений увеличивают скорость истекающей струи; расчленение выхлопной струи на ряд отдельных струй увеличивает поверхность соприкосновения пара с газами; попеременная работа отверстий улучшает перемешивание пара с газами. Все это увеличивает захват газов и повышает степень использования энергии выхлопного пара, что влечет за собой значительное увеличение разрежений. Это, в свою очередь, повышает мощность котла, а значит и паровоза. И действительно, во время поездок с этим конусом разрежения были



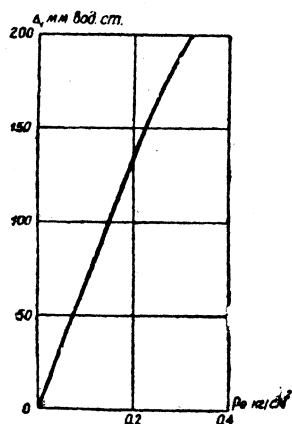
Фиг. 684. Противодавление в цилиндрах в зависимости от скорости и отсечки, при четырехдырном конусе с разделенным выхлопом ( $f=314 \text{ см}^2$ ).



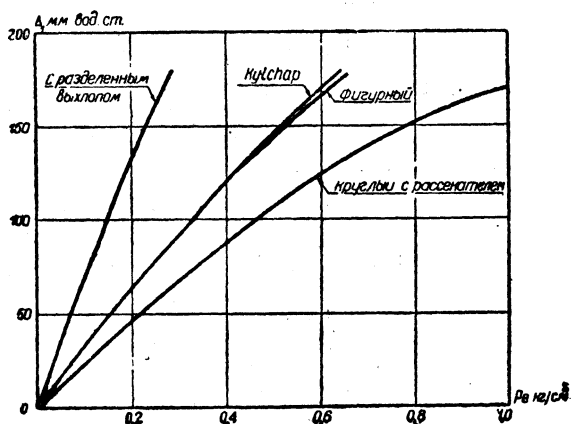
Фиг. 685. Линия выхлопа при четырехдырном конусе с разделенным выхлопом, при  $p=1$ ,  $\epsilon=0,5$ ,  $V=30$  ( $f=314 \text{ см}^2$ ).

более чем достаточные для требуемой от котла паропроизводительности. Характеристика же этого конуса легла выше характеристик всех до сих пор рассмотренных конусов (фиг. 683).

Это обстоятельство позволило испытать конус с разделенным выхлопом с несколькими увеличенными площадями выхлопного отверстия для отыскания размеров, соответствующих нормальному парообразованию котла паровоза ФД. В результате испытаний было установлено, что разрежения в дымовой коробке, получаемые при конусе с отверстиями диаметром в 100 мм и площадью выхлопного отверстия в  $314 \text{ см}^2$ , вполне обеспечивают нормальное парообразование котла до  $z_m=60 \text{ кг/м}^2\text{час}$ .



Фиг. 686. Характеристика  $\Delta_1 = \varphi(p_e)$  при четырехдырном конусе с разделенным выхлопом ( $f=314 \text{ см}^2$ ).



Фиг. 687. Сравнительные характеристики  $\Delta_1 = \varphi(p_e)$  испытанных конусов.

Противодавления в цилиндрах, получаемые при этой площади выхлопного отверстия, весьма незначительны (фиг. 684). Диаграмма линии выхлопа (рис. 685) снята при  $p=1$ ,  $\epsilon=0,5$  и  $V=30 \text{ км/час}$ .

Сравнивая фиг. 686 с фиг. 683, мы видим, что в конусах с разделенным выхлопом при увеличении площади выхлопного отверстия противодавления падают быстрее, чем разрежения в дымовой коробке, т. е. эффективность паровой струи, ее коэффициент полезного действия, увеличивается с уменьшением противодавления.

## СРАВНЕНИЕ КОНУСОВ

При сравнении данных на фиг. 687 характеристик лучших конусов из всех четырех групп приходим к заключению, что наилучшую характеристику дает конус с разделенным выхлопом.

Становится вполне очевидным, что такой характеристики нельзя получить ни при одном из конусов, работающих по принятому до сих пор принципу.

Переходя к экономической оценке конуса с разделенным выходом, применим наиболее простой метод подсчета.

Очевидно, что с уменьшением противодействия степень использования энергии пара в цилиндрах паровой машины увеличивается. Это значит, что при одной и той же скорости и отсечке, т. е. при одном и том же количестве впускного в цилиндры пара, площадь индикаторной диаграммы увеличится, т. е. должно увеличиться среднее индикаторное давление  $p_i$ , а значит увеличивается индикаторный коэффициент, сила тяги  $F_i$  и мощность  $N_i$ . Иначе говоря, будет иметь место какое-то приращение этих величин.

Следовательно, с уменьшением противодавления мы будем иметь новые значения этих величин равные:

$$\begin{aligned} F_i' &= F_i + \Delta(F_i); \\ \xi' &= \xi + \Delta(\xi); \\ p_i' &= p_i + \Delta(p_i), \end{aligned}$$

где:  $\Delta(F_i)$  — приращение индикаторной силы тяги;  
 $\Delta(\xi)$  — приращение индикаторного коэффициента;  
 $\Delta(p_i)$  — приращение среднего индикаторного давления.

Так как  $F_i = \xi M$ , а  $\xi = \frac{p_i}{p_k}$ , то после преобразования получим, что  $F_i' = F_i + \Delta(F_i) =$

$$= F_i + \Delta(\xi M) = F_i + M(\Delta\xi) = F_i + M\Delta \frac{p_i}{p_r} = F_i + \frac{M}{p_r} \Delta(p_i).$$

Так как модуль и котловое давление для данного паровоза ФД — величины постоянные и соответственно равны  $M = 33\,550$  и  $p_k = 15$  ат, то будем иметь, что  $\frac{M}{p_k} = A = 2237$ , и тогда:

$$F_i' = F_i + A \Delta(p_i).$$

Таким образом, зная изменение индикаторного давления от применения лучшего типа конуса, легко определить индикаторную силу тяги, развиваемую паровозом при этом типе конуса.

Приращение индикаторной силы тяги будет равно

$$\Delta (F_i)^0/\% = \frac{F_i' - F_i}{F_i} \cdot 100 = \frac{A \Delta (p_i)}{F_i} \cdot 100,$$

но так как  $N_i = \frac{F_i V}{270}$ , то, очевидно, увеличение мощности паровоза в процентах будет равно увеличению силы тяги в процентах, т. е.

$$\Delta(N_i)\% = \frac{A \Delta(p_i)}{F_i} \cdot 100.$$

С некоторым допущением, но с достаточной степенью точности можно принять, что уменьшение среднего противодавления в цилиндрах в связи с постановкой наиболее совершенного конуса равно приращению среднего индикаторного давления в цилиндрах, т. е.

$$\Delta(p_i) = p_{e'} - p_e,$$

где:  $p_e$  — среднее противодействие при старом конусе и  
 $p'_e$  — " " " " новом конусе.

Наибольшую мощность паровоз ФД 20-1 развивает при:

$$\begin{aligned}\epsilon &= 0,5 \text{ и } V = 35 \text{ км/час,} \\ \epsilon &= 0,4 \text{ и } V = 40 \text{ км/час.}\end{aligned}$$

Обращаясь к фиг. 656 и 684, видим, что при этих условиях:

а/ при круглом конусе с рассекателем (им был оборудован паровоз во время испытаний для получения тяговых характеристик):

при  $\epsilon = 0,4$ ,  $V = 40$  км/час,  $p_e = 0,68$  кг/см<sup>2</sup>, и сила тяги при этом равна  $F_i = 14\,800$ ,

при  $\epsilon = 0,5$ ,  $V = 35$  км/час,  $p_e = 0,88$  кг/см<sup>2</sup>, и сила тяги при этом равна  $F_i = 17\,200$

в/ при конусе с разделенным выхлопом:

при  $\epsilon = 0,4$ ;  $V = 40$  км/час,  $p_e' = 0,19$ ,

при  $\epsilon = 0,5$ ,  $V = 35$  км/час,  $p_e' = 0,21$ .

Тогда приращение мощности паровоза будет равно:

при  $\epsilon = 0,4$  и  $V = 40$  км/час:

$$\Delta(N_i) = \frac{A \cdot \Delta(p_i)}{F_i} \cdot 100 = \frac{2237(0,68 - 0,19)}{14\,800} \cdot 100 = 7,5\%;$$

при  $\epsilon = 0,5$  и  $V = 35$  км/час:

$$\Delta(N_i) = \frac{A \cdot \Delta(p_i)}{F_i} \cdot 100 = \frac{2237(0,88 - 0,21)}{17\,200} = 8,7\%.$$

Увеличение мощности при том же расходе пара соответственно уменьшает расход пара, а значит и топлива, на единицу работы ( $\frac{U}{N_i}$  и  $\frac{C}{N_i}$ ), т. е. делает машину более экономичной.

Конус с разделенным выхлопом не может также не влиять на улучшение коэффициента полезного действия котла. Вследствие большой силы и равномерности тяги возможно сжигание топлива на колосниковой решетке более тонким слоем и с меньшим избытком воздуха, что влечет за собой уменьшение недогорания, уноса и потерь с отходящими газами.

После испытаний конус с разделенным выхлопом с отверстиями диаметром  $d_{\text{кон}} = 100$  мм и площадью выхлопного отверстия  $f = 314$  см<sup>2</sup> был оставлен на паровозе ФД 20-1 для эксплуатационной работы и продолжает работать до сих пор. Паровоз серии ФД № 20-2, вышедший из Луганского завода к XVI годовщине Октября, был уже оборудован конусом с разделенным выхлопом. В марте 1933 г. в депо Красный Лиман отверстия в конусе были расточены до диаметра в 100 мм, и паровоз благополучно работал с этим конусом до постановки в подъемку в ноябре 1933 г.

Это указывает то, что в результате испытаний выбор размеров конуса с разделенным выхлопом был сделан правильно.

## ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ПАРОВОЗОВ Э И ФД ПРОВОЗНАЯ СПОСОБНОСТЬ

Сравнительные расчеты, основанные на паспортных данных паровозов ФД, Э<sup>у</sup> и Э<sup>м</sup>, дают для паровозов ФД по сравнению с последними повышение провозной способности на величину порядка 50—60%.

Однако имеется возможность произвести сравнение не по предположительным расчетным соображениям, а на основании уже имеющихся эксплуатационных расписаний обслуживания товарных поездов на участке Основа—Красный Лиман Южных дорог паровозами типа Э и паровозами ФД, работающими по своему графику с увеличенными скоростями.

Для паровоза типа Э—по графику с 22 мая 1932 г. среднее время нахождения сквозного товарного поезда в пути между Основой и Красным Лиманом назначено:

в грузовом направлении—	12 часов,	что дает коммерческую скорость	14,7 км/час
„ порожнем	10 „ „ „ „ „ „		17,7 „ „

Расчетные составы: в грузовом направлении—1750 т и в порожнем направлении—1300 т.

Отсюда часовая провозная способность:

в грузовом направлении	$1750 \times 14,7 = 25\,750$ ткм брутто
„ порожнем	$1300 \times 17,7 = 23\,000$ „ „

что дает среднюю часовую провозоспособность 24 385 ткм брутто.

Для паровоза серии ФД—приказом дирекции Южных дорог № 149 от 16 августа 1932 г. время нахождения товарного поезда в пути между Основой и Красным Лиманом назначено:

в грузовом направлении	7,8 часа,	что дает коммерческую скорость	22,6 км/час
„ порожнем	7,3 „ „ „ „ „ „		24,2 „ „

Расчетные составы в грузовом направлении—2000 т, в порожнем направлении—1500 т.

Часовая провозная способность:

в грузовом направлении	$2000 \times 22,6 = 45\,200$ ткм брутто
„ порожнем	$1500 \times 24,2 = 36\,300$ „ „

Средняя часовая провозная способность—40 750 ткм брутто.

Таким образом, по расписанию провозная способность ФД назначена выше таковой для паровозов типа Э:

для грузового направления—на  $100 \times \frac{45200}{25750} - 100 = 76\%$

для обоих направлений—на  $100 \times \frac{40750}{24375} - 100 = 68\%$ .

Из этого следует, что принимаемая для экономического сравнения провозная способность паровоза ФД в среднем по сети на 50% больше провозной способности паровозов Э<sup>у</sup> или Э<sup>м</sup>, чем обеспечивается полная надежность расчетов, даже при значительном запасе в пользу паровозов Э<sup>у</sup> и Э<sup>м</sup>.

Для расчета в среднем по сети приняты следующие данные.

Для паровоза Э<sup>у</sup> или Э<sup>м</sup>: средний состав поезда в обоих направлениях:

$$\frac{1500 + 0,87 \times 1500}{2} = \frac{1500 + 1300}{2} = 1400 \text{ т};$$

коммерческая скорость — 15 км/час;

часовая производительность —  $1400 \times 15 = 21\,000$  ткм брутто.

Для паровоза ФД — часовая провозная способность, превосходящая таковую Э<sup>у</sup> на 50%, будет равна:

$$21\,000 \times 1,5 = 31\,500 \text{ ткм брутто.}$$

Число часов работы паровоза с поездами удобнее определить, исходя из времени работы спаренных паровозных бригад. Учитывая время на подготовку и уборку паровоза, а также простои на конечных станциях (20% от общего времени) и пробег резервом (7%), получаем, что на 168 часов месячной работы бригады находятся в пути с поездом  $100 (0,8 \times 0,93) = 75\%$  всего рабочего времени или  $0,75 \times 168 = 126$  часов в месяц. При спаренных бригадах месячное число часов работы паровоза рабочего парка в поездах будет  $2 \times 126 = 252$  часа или 35% от числа часов в месяце.

Переходя к числу часов работы в поездах инвентарного паровоза, надо принять во внимание 6% больных паровозов по заводскому ремонту. Производя эту поправку, получаем  $0,94 \times 252 = 236$  часов работы инвентарного паровоза в месяц или  $236 \times 12 = 2840$  часов в год.

Итак, паровоз Э<sup>у</sup> или Э<sup>м</sup> делает за год  $2840 \times 21\,000 = 60\,000\,000$  ткм брутто, а паровоз ФД  $1,5 \times 60\,000\,000 = 90\,000\,000$  ткм брутто.

## КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЯ

Для освоения данного грузооборота требуется паровозов типа Э<sup>м</sup> в полтора раза больше, чем паровозов ФД.

Так как паровоз ФД весит больше, чем паровоз Э<sup>м</sup>, то и поштучная стоимость его значительно выше. Учитывая, однако, что паровозы ФД имеют лишь несколько более дорогую ходовую часть вследствие применения тележек, в остальном же должны быть дешевле на единицу мощности как более мощные, можно сказать, что при развернутой постройке паровозов ФД их тоннажная стоимость должна быть не на много дороже, чем паровозов Э<sup>м</sup>.

Порожний вес паровоза и тендера Э<sup>м</sup> — 100 т, а паровоза ФД с четырехосным тендером — около 153 т, т. е. несколько более чем в  $1\frac{1}{3}$  раза выше. С другой стороны, для обработки того же грузооборота надо в  $1\frac{1}{3}$  раза меньше паровозов ФД, чем паровозов Э<sup>м</sup>. Поэтому капитальные затраты на постройку паровозов ФД или Э<sup>м</sup> практически будут различаться незначительно.

Точно так же практически не будет разницы в капитальных затратах по постройке деповских стоек, поворотных кругов и прочего оборудования; хотя при паровозах ФД единичная стоимость этих сооружений и будет выше вследствие их больших размеров, но зато число их будет меньше из-за меньшего числа обслуживаемых паровозов.

Однако имеются и другие капиталовложения, трудно учитываемые при общих подсчетах, но тем не менее совершенно реальные. Так, например, постановка паровозов ФД, повышающих пропускную способность на 50%, на те участки, где при паровозах Э<sup>м</sup> пропускная способность однопутных линий находится на пределе, отодвигает на несколько лет надобность в постройке вторых путей или других столь же дорогих устройств, усиливающих пропускную способность. Кроме того работа с паровозами ФД, дающими



## ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ

Значительные сбережения получаются по другой статье — по расходам на содержание паровозных и поездных бригад, ибо число людей в бригадах одинаково как в поезде с паровозом ФД, так и в поезде с паровозом Э<sup>м</sup>.

1	машиниста с месячным заработком	. . . . .	350	руб.
1	пом. машиниста	» . . . . .	270	»
1	кочегара	» . . . . .	180	»
1	главного кондуктора	» . . . . .	230	»
1	кондуктора	» . . . . .	150	»
2	смазчиков	» . . . . .	400	»

Раньше было определено, что спаренная бригада из 168 часов своего полного месячного рабочего времени находится в пути с поездами 126 часов; поэтому стоимость содержания паровозной и поездной бригад, отнесенная к 1 поезdochасу, равна  $1580 : 126 = 12$  руб. 50 коп.

$$\frac{1250}{100 - 12} \cdot 100 = 14 \text{ руб. } 20 \text{ коп.}$$

при паровозах Э<sup>м</sup>:  $\frac{14,20}{21\,000} \cdot 10^6 \approx 676$  руб.;

при паровозах ФД:  $\frac{14,20}{31\,500} \cdot 10^6 \approx 450$  руб.

Промышленность должна поставить за пятилетие 1933—1937 гг. 2400 паровозов ФД, которые в 1938 г. могут обработать  $2400 \times 90 = 216\,000$  миллионов ткм брутто.

Расход на содержание паровозных и поѐздных бригад для исполнения этого грузо-оборота паровозами ФД будет равен:

$$216\,000 \times 450 = 97\,000\,000 \text{ руб.}$$

При обслуживании того же грузооборота паровозами Э<sup>м</sup> соответствующий расход будет равен:

$$216\,000 \times 676 = 147\,000\,000 \text{ руб.}$$

Таким образом, введение 2400 паровозов ФД дает реальную годовую экономию на одних лишь расходах по зарплате бригад в размере 50 000 000 руб.

Годовое сбережение, отнесенное к 1 паровозу ФД, будет  $50\,000\,000:2400=20\,800$  руб. что составляет около 10—12% строительной стоимости паровоза.

## ОТДЕЛЬНЫЕ МОМЕНТЫ ПОСТРОЙКИ ПЕРВОГО ПАРОВОЗА ФД

### ОТЛИВКА БОЛВАНКИ И ПРОКАТКА РАМЫ НА ИЖОРСКОМ ЗАВОДЕ

Сталь для рамы паровоза ФД изготовлялась в основной пятидесятитонной мартеновской печи, отапливаемой мазутом.

Состав шихты для изготовления этой стали — 45% передельного чугуна и 55% чистого железного лома. Вес загруженного в печь известняка — 10% от общего веса металлической шихты. Шихта подбиралась с тем расчетом, чтобы металл при расплавлении содержал не менее 1 — 1,2% углерода и не менее 0,4 — 0,5% марганца.

В целях расплавления шихты в кратчайший срок были приняты все необходимые меры как до, так и после ее заливки.

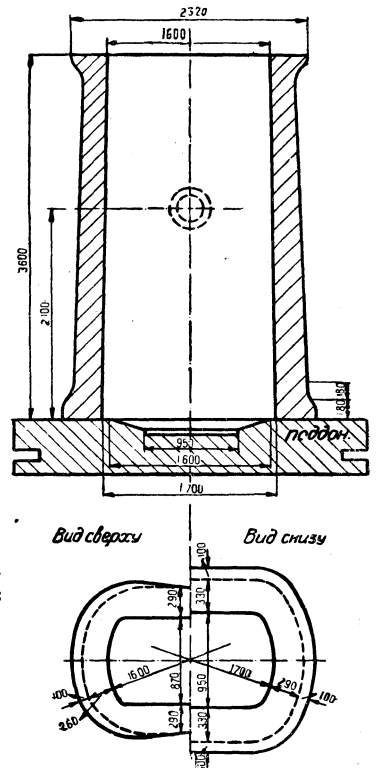
После расплавления ванны каждые 25 минут брались контрольные пробы на анализ для определения углерода и марганца. Анализ производился в экспресс-лаборатории, находящейся при мартеновской мастерской. Пробы посылались на анализ раскисленными при помощи алюминия.

После того как содержание углерода в стали стало близко к нижнему пределу заданного анализа, было приступлено к раскислению ванны. Раскисление производилось ферромарганцем с содержанием марганца в 75% и ферросилицием с таким же содержанием силиция. Ферромарганец забрасывался в печь за 10 минут до выпуска стали из печи в ковш, а ферросилиций в чрезвычайно раздробленном виде (кусками примерно с грецкий орех) сыпался непосредственно в струю стали при выпуске металла в жолоб.

Изложница (фиг. 688) для отливки болванки была взята с обработанными внутренними поверхностями, без раковин и трещин и тщательно очищенная от окалины и нагара (от предыдущих плавов); после предварительного нагрева до 80 — 100° изложница была тщательно смазана тонким слоем прокипяченной и обезвоженной смолы.

Изложница устанавливалась на поддон (фиг. 688 и 689), предварительно выверенный по уровню. На поддон клался хорошо пригнанный вкладыш. При установке изложницы она строго центрировалась по отвесу на поддон. Требования к поддону в отношении отсутствия на нем трещин и выбоин и наличия хорошей и чистой поверхности были предъявлены те же, что и к изложнице.

В целях равномерного наполнения изложницы металлом, т. е. для равномерного течения струи стали в изложницу, был установлен промежуточный жолоб (фиг. 689), футерованный внутри шамотовым кирпичом, при чем кирпичи притирались друг к другу



Фиг. 688. Рамная изложница.

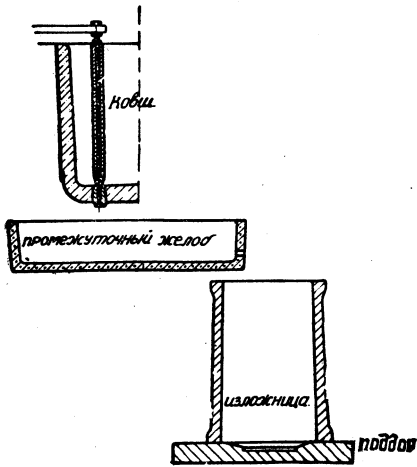
так, чтобы количество затрачиваемой глины было минимально. Жолоб был установлен строго горизонтально.

Ковш, очищенный от шлака и прожилок оставшегося металла от предыдущей плавки, был отремонтирован и при помощи форсунки нагрет докрасна. Смазка ковша глиной как в данном случае, так и вообще при отливке крупных болванок не допускалась.

Доведенная до требуемого анализа сталь, предварительно раскисленная, была выпущена в заранее подготовленный, докрасна нагретый и поставленный к выпускному жолобу ковш.

Время наполнения ковша металлом — 6 минут.

Температура металла по выпускному жолобу — 1530°С.



Фиг. 689. Отливка болванки.

Выдержка металла в ковше — 10 мин.

Время наполнения изложницы — 21 мин.

Температура металла при разливе — 1460°С.

Отлитая болванка, вес которой составлял 35 т, через 12 часов была вынута из изложницы и направлена в еще горячем виде в листопрокатную мастерскую на подогрев для прокатки.

Температура болванки перед посадкой в печь — около 500°С.

Температура печи в момент посадки болванки — около 700°С.

Время нагрева болванки перед прокаткой — 24 часа.

Температура нагрева болванки перед прокаткой — 1250°С.

Болванка прокатана на требуемый размер на броневом прокатном стане, при чем температура болванки к концу прокатки была около 850°С.

После прокатки болванки рама была подвергнута высокому отпуску до температуры 650°С.

Отпуск, так же как и нагрев перед прокаткой, производился в печи с выдвигным подом. Отопление печи — мазут.

Время поднятия температуры составляло 16 часов. Выдержка при температуре 650°С — 8 часов.

В целях наилучшего омыwania рамы газами она клалась не на под печи, а на прокладки, заранее положенные на под.

После отпуска рамы из нее были вырезаны образцы, на которых было произведено механическое испытание согласно ОСТ 973.

ТАБЛИЦА 158

Механические испытания образцов рамной стали

Испытания	$\sigma_b$ (кг/мм <sup>2</sup> )	$\delta$ (%)	Число выдержанных ударов при весе бойка в 18 кг и высоте падения в 3 м
1	53,5	31,6	14½
2	57,8	31,6	15
3	53,3	35,4	15
4	51,3	31,6	15

ТАБЛИЦА 157

Химический анализ плавов рамных болванок

Плавки	C	Mn	P	S	Si	Ni
1	0,29	0,65	0,024	0,021	0,24	0,13
2	0,34	0,78	0,035	0,025	0,31	0,20

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ДЕТАЛЕЙ НА ЗАВОДЕ „КРАСНОЕ СОРМОВО“

Участие Паровозостроительного завода комбината „Красное Сормово“ в постройке первого паровоза ФД выразилось в изготовлении: рамы, междурамных скреплений, возвра-

шающих приборов, листов топки, ухватного листа кожуха и ухватного листа огневой коробки, пароперегревательных элементов системы Элеско и шарнирных связей Тэта.

## РАМЫ И МЕЖДУРАМНЫЕ СКРЕПЛЕНИЯ

Заготовка брусковых рам была доставлена Ижорским заводом в виде пластин размерами  $140 \times 950 \times 11\,128$  мм, весом около 11,5 т каждая. Против чистых размеров рамы пластины имели припуск по толщине около 7,5 мм на сторону и по ширине около 62 мм на сторону; по длине припуск на каждую сторону равнялся 46,5 мм (фиг. 690).

Незначительность припуска по толщине при больших размерах листов вызвала необходимость в их правке, так как иначе при обработке рамы на строгальном станке могли остаться черновины.

По контуру также требовалась правка в некоторых местах, так как после выжига кислородом рама в силу наличия внутренних напряжений материала искривлялась вогнутою в сторону буксовых вырезов. Правка в последнем случае достигалась постановкой распорок между щеками вырезов.

Правка листов по толщине производилась на правочном прессе паровозосборочно-механического цеха в холодном состоянии; правка по высоте, по контуру, потребовала предварительного нагрева. Для облегчения правки она делалась сейчас же после автогенной вырезки.

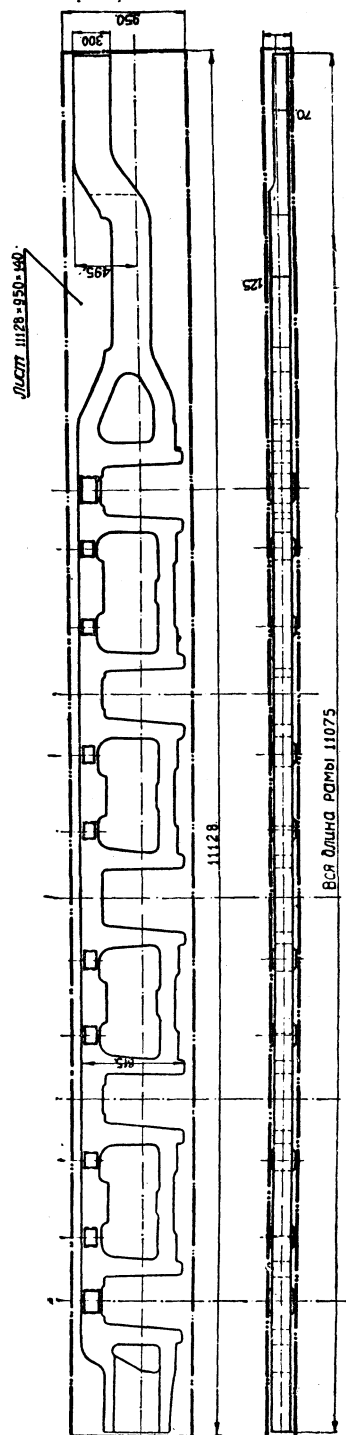
После правки листы передавались на сторону на двухсуппортный продольно-строгальный станок. Хотя строжка после резки требовала для чистоты обработки вторичной разметки, но при наличии значительных вырезов такой способ работ можно было считать единственно рациональным, так как строжка вела к меньшей затрате энергии и обходилась поэтому дешевле. После вырезки автогеном и острожки на точный размер толщины листы снова размечались и поступали на окончательную обработку на порталный долбежно-фрезерный станок.

Весь процесс обработки рамных листов на один паровоз требовал затраты 700 станкочасов, 280 часов слесарной обработки и 80 часов автогенной резки при общей сумме заработной платы около 1000 рублей.

Междурамные крепления были изготовлены следующие:

- а) переднее укрепление между рамами с подшипником тормозного вала — 1 шт.;
- б) укрепление между рамами у букс — 3 шт.;
- в) балки между рамами для поддержек котла — 2 шт.;
- г) накладки под буксы движущих осей — 20 шт.;
- д) скобы балансиров — 6 шт.;
- е) укрепления между осями — 2 шт.;
- ж) передняя опора топки — 1 шт.

Для перечисленных междурамных креплений были изготовлены также все вспомогательные детали — клинья, болты и т. п. Модели для этих креплений были сделаны на заводе „Красное Сормово“, где производилась также и отливка. Кроме междурамных



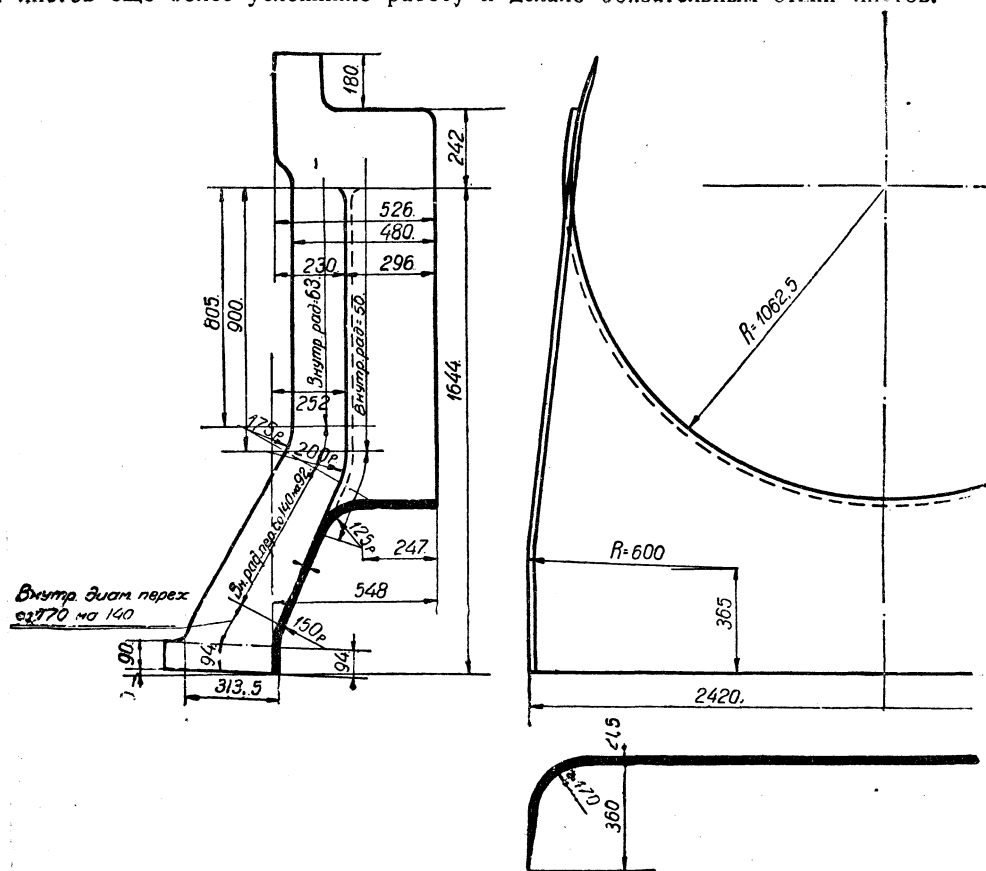
Фиг. 690. Рамный лист.

скреплений заводом „Красное Сормово“ выполнены также два комплекта возвращающего прибора передней и задней сцепных осей. Всего на механическую обработку междурамных креплений было затрачено 420 станкочасов.

Обработанные рамы и междурамные крепления для проверки были собраны на временные болты, а затем были вновь разобраны для пересылки в Луганск.

### ЛИСТЫ ТОПКИ

Значительные размеры ухватных листов кожуха топки не позволили использовать паро-гидравлический пресс паровозо-котельного цеха № 1, да и в короткий срок, данный для изготовления листов, все равно не удалось бы сделать модели штампов и самые штампы. Поэтому листы были сделаны вручную, горновым способом в паровозо-котельном цехе № 2 (бывшем судо-котельном). При весьма сложной форме листов (фиг. 691 и 692) работа эта была чрезвычайно трудной и требовала использования специальных приспособлений. Кроме того, большое количество местных нагревов для прохода всего контура листов еще более усложнило работу и сделало обязательным отжиг листов.



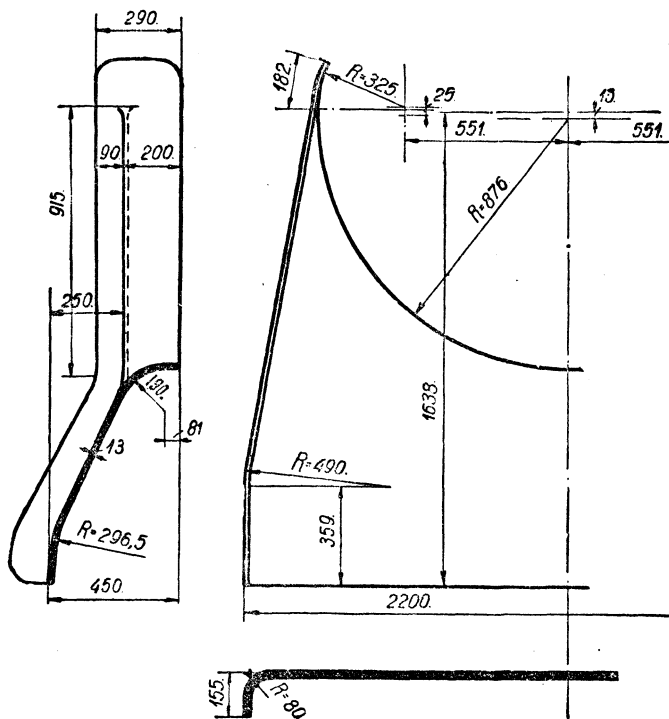
Фиг. 691. Ухватный лист котла.

Отжиг ухватного листа огневой коробки производился в паровозо-котельном цехе № 1, а отжига ухвата кожуха на заводе „Красное Сормово“ сделать не удалось, за отсутствием печей, в которых можно было бы поместить данный лист. Отжиг этого листа для первого паровоза ФД производился на Луганском заводе.

Общая затрата рабочего времени на изготовление двух листов выразилась в 328 человеко-часов (при наличии штампов и годного по размерам пресса штамповка обоих ухватных листов с последующей правкой должна была занять всего лишь 20 — 30 человеко-часов).

Пароперегреватель в жаровых трубах малого диаметра совершенно не был знаком нашим производственникам. В то же время срочность изготовления элементов для первого паровоза ФД требовала использования имеющихся средств. Поэтому при изготовлении элементов было допущено отступление в отношении передних петель, которые были сделаны не по чертежу ЦЛПБ (фиг. 693), а с изменениями, предложенными работниками завода (фиг. 694). Эти изменения позволили использовать имеющийся штамп для загибки передних концов основных труб и приспособление для фрезеровки отверстий в соединительных трубах при том же методе сварки основных труб с соединительными, какой применяется заводом для элементов системы Чусова.

К элементам Элеско были изготовлены также и кожухи из обшивочного железа на соединительные трубы.

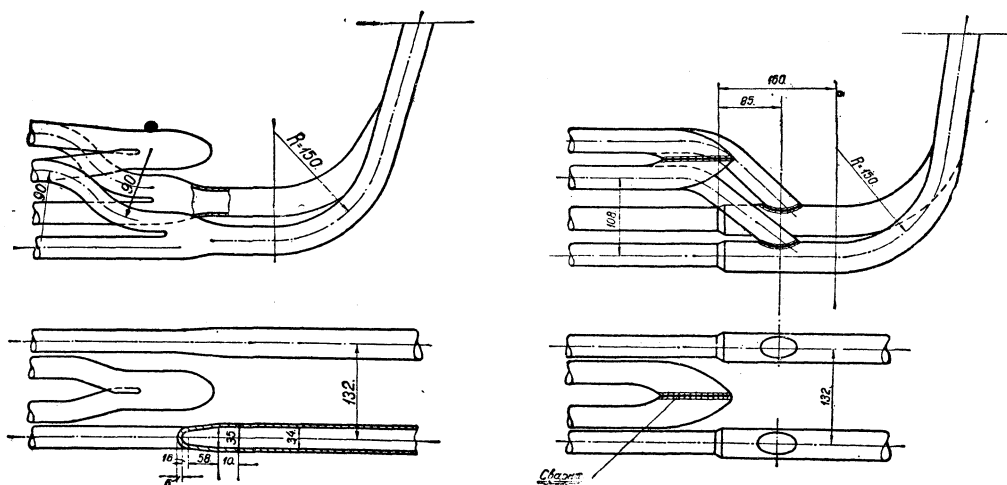


Фиг. 692. Ухватный лист тонки.

#### ШАРНИРНЫЕ СВЯЗИ ТЭТА

Комплект связей Тэта для первого паровоза ФД состоял из 338 связей для боковых листов, 302 — для камеры догорания, 104 — для ухватного листа, 82 — для лобового листа, 38 — на шве камеры догорания и, наконец, 56 анкерных шарнирных болтов на камере догорания.

Сложность изготовления этого комплекта заключается в большом количестве градаций длины связей.



Фиг. 693. Передняя часть элемента Элеско по проекту ЦЛПБ.

Фиг. 694. Передняя часть элемента Элеско, фактически выполненная.

Тип самой связи отличается от принятого для паровоза Э только коническим уширением стержня у головки. В размерах головки и задней высадки никакой разницы по сравнению со связями Э нет, и поэтому изготовление связей производилось так же, как и для паровозов Э; задний конец высаживался на прессе Аякс из пруткового материала в меру узкой части, которая не обрабатывается; передний конец связи — шаровая головка — предварительно высаживается, а затем при быстром вращении отштамповывается молотками Беме.

Втулки связей были изготовлены под приварку без резьбы, что весьма упрощало процесс их обработки.

## **МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА ЛУГАНСКОМ ЗАВОДЕ ИМ. ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ**

### **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕ СТАЛИ**

Все сорта материалов для паровозных частей производятся в основных мартеновских печах емкостью от 20 до 25 т, работающих исключительно скрап-процессом и отапливаемых нефтяными остатками, при чем отопление производится форсунками на паровом дутье.

Шихта, применяемая для изготовления стали, составляется из передельных чугунов, которые доставляются главным образом южными заводами, из отходов своего производства (обрезков осевых заготовок, различного рода поковок, толстых и тонких листов, сортового металла, стружек, брака бандажных заготовок и бандажей, брака разных паровозных деталей, прибылей стального литья и проч.), из привозного стального лома и других стальных предметов разного происхождения.

Чугунный лом входит в состав шихты в количестве не свыше 2%. В качестве флюса добавляется известняк в размере 9—10% от металлической завадки. Применяется как железная, так и марганцовистая руда, но первая — в значительно большем количестве, чем вторая.

Раскисление производится 75-процентным ферромарганцем (в печи за 10—15 минут до выпуска) и 75-процентным ферросилицием (в ковше через жолоб); кроме того для дополнительного раскисления ответственных сталей — бандажной, осевой, стали для фасонного литья и др. — применяется алюминий, который вводится либо в ковш при разливке, либо непосредственно в изложницы.

Разливка стали производится исключительно сифонным способом. В целях уменьшения усадочной раковины и более благоприятного расположения ее для ответственных сортов (бандажи, оси и т. п.) применяется подсифонивание, т. е. питание усадочной раковины при помощи медленной доливки металла через литник после образования верхней корки.

Выдержка металла в ковше перед разливкой производится редко, выдержка в печи после введения ферромарганца не превосходит 12 минут.

Контроль ведется путем анализа металла на углерод и на вредные примеси (сера, кислород) по отковываемым лепешкам (вид излома, состояние кромок и угол загиба); частично анализ определяется экспресс-лабораторией в новосталелитейном цехе.

После выемки слитков из канавы и окончательного их остывания производится при помощи пневматических зубил вырубка поверхностных пороков (залывов, трещин, засора и пр.), а затем окончательный осмотр, приемка и маркировка.

### **ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОПОЧНОГО И КОТЕЛЬНОГО ЖЕЛЕЗА**

В службе паровозного котла материал его находится в непосредственном соприкосновении с водой, паром и воздухом при различных температурах. Работа материала котла заключается в противодействии давлению пара, вызывающему в стенках весьма сложные напряжения, при чем эти механические воздействия на материал происходят в некоторых случаях при температуре выше 200°C.

При изготовлении котла листы котельного и топочного железа кроме подготовительных операций общего характера (обрезка, разрезка листов, сверление дыр, правка и т. д.) подвергаются изгибанию в самых разнообразных формах и под всевозможными углами в горячем и холодном состоянии.

Из сказанного следует, что котельное и топочное железо по условиям изготовления котла и его дальнейшей работы должно обладать прежде всего возможно большей пластичностью и вязкостью при возможно высокой крепости, т. е. должно обладать способностью подвергаться в холодном и горячем состоянии, без разрушения, всякого рода технологическим операциям, преимущественно гибочным.

Кроме того, оно должно сопротивляться растягивающим напряжениям при повышенной температуре и не изменять с течением времени, при эксплуатации котла, своих первоначальных свойств. Последнее обстоятельство требует от котельного и топочного железа хорошей сопротивляемости химическим воздействиям воды и продуктов сгорания.

Естественно, что перечисленные требования в отношении материалов для котла паровоза ФД, имеющего ряд новых конструкций, отличных от обычно применяющихся в наших паровозах, приобретают особое значение.

В металлургии существует основное правило: „чем чище исходный материал, тем лучше конечный продукт“, и это правило было положено в основу изготовления металла листов.

Шихта состояла в среднем из 40% пердеельного чугуна, 32% обрезков толстого листового железа, 10% прибылей стального литья и литников мартеновского производства, 10% чистой стружки и пакетов из обрезков тонкого железа и 8% прочего.

При наличии чистоты пердеельного чугуна в отношении вредных примесей (сера, фосфор) и определенности химического анализа как чугуна, так и прочих составляющих металлической части завадки, — чистота, качество и заданный химический анализ стали были вполне обеспечены. Отлитые болванки вполне отвечали требованиям, предъявляемым к Ст2.

Все плавки, предназначенные для котельного и топочного железа по химическому составу находились в пределах:

$$\begin{aligned}C &= 0,09 - 0,11\% \\Mn &= 0,40 - 0,50 \\Si &= \text{следы} \\S \text{ и } P &\nless 0,03 \text{ каждого.}\end{aligned}$$

Прокатке предшествовал тщательный осмотр и вырубка наружных пороков болванок — приставшего шлака, кусочков огнеупорного кирпича и трещин. Наличие глубоких трещин, вырубка которых связана была с частичным обнажением подкорковых сотовых пузырей, служило первым признаком недоброкачества болванки и вызывало недопущение ее к прокатке.

Осмотренные и очищенные от пороков болванки подавались к печам прокатного цеха для посадки и последующего нагрева, при чем крупные болванки весом менее 3000 кг грузились в старую методическую ролевую печь, а болванки свыше 3000 кг — в новую печь конструкции Грум-Гржимайло. Нагрев производился до температуры около 1350° Ц (измерение у печи), т. е. до температуры плавления окалины.<sup>1</sup> В старой печи для лучшего прогрева большие болванки чередовались с малыми; кроме того, для той же цели перед выемкой из печи болванки пододвигались к месту с наиболее интенсивным жаром, ставились на кирпичи и дополнительно прогревались, при чем выдержка здесь в отдельных случаях доходила до одного часа.

Прогрев болванки на всю толщину и максимально возможные коэффициенты обжатия при прокатке являются основными условиями для получения листа с плотным сложением без расслоений и трещин. Только при этих условиях и при температуре болванки

<sup>1</sup> Грум-Гржимайло. Пламенные печи.



около 1300—1350° Ц вполне обеспечивается свариваемость подкорковых и более глубоко залегающих газовых пузырей.

Не все болванки нагревались и катались в одинаково благоприятных условиях. Мелкие болванки для листов незначительной длины и ширины и удобной в прокатке толщины, предназначенных для второстепенных деталей котла, как например для дымовой камеры, ее дверки и др., не вызывали особых затруднений, и процесс проходил нормально от начала до конца. Большие же трудности при прокатке создавали следующие листы:

**Цилиндрическая часть котла:** 5860 × 2330 × 19 мм, вес болванки 4100 кг, размеры сечения: по верху — 360 × 1000 мм, по низу — 400 × 1040 мм;

5900 × 2175 × 19,5 мм, вес болванки — 4100 кг, размеры сечения: по верху — 360 × 1000 мм и по низу — 400 × 1040 мм;

6510 × 2070 × 21 мм, вес болванки — 4300 кг, размеры сечения: по верху — 360 × 1020 мм, по низу — 400 × 1050 мм;

6635 × 1845 × 21 мм, вес болванки 4300 кг, размеры сечения: по верху — 360 × 1020, по низу — 400 × 1050 мм.

**Верхний лист и кожух топки:** 3150 × 2750 × 15 мм, вес болванки — 2300 кг, размеры сечения: по верху — 360 × 930 мм, по низу — 400 × 970 мм.

**Смычной лист кожуха:** 3070 × 2400 × 21,5 мм, вес болванки и размеры сечения — те же.

**Задняя стенка топки:** 2700 × 2050 × 10 мм, вес болванки — 860 кг, размеры сечения: по верху — 210 × 525 мм, по низу — 240 × 600 мм.

**Боковой лист топки:** 3400 × 1780 × 10 мм, вес болванки — 950 кг, размеры сечения: по верху — 220 × 570 мм, по низу — 250 × 650 мм.

**Ухватный лист топки:** 2700 × 2100 × 13 мм, вес болванки — 1150 кг, размеры сечения: по верху — 225 × 575, по низу — 250 × 650 мм.

**Лист барабана камеры догорания:**<sup>1</sup> 3060 × 1055 × 10 мм, вес болванки — 1260 кг, размеры сечения: по верху — 245 × 715, по низу — 255 × 735.

Имея в виду большие напряжения, вызываемые в листах при эксплуатации котла, а также сложные и весьма неблагоприятные механические и другие воздействия, которым подвергается котел при изготовлении, на процесс прокатки указанных выше листов котельного и топочного железа было обращено особое внимание. Это было тем более необходимо, что котел ФД строился впервые, в эксплуатационном отношении не был известен, и самое главное — технологический процесс изготовления котла не мог быть точно заранее установлен, вследствие чего при отдельных операциях (например, при гибке, штамповке, приладке и пр.) могли встретиться положения, при которых даже незначительное ухудшение материала могло сказаться довольно резко.

Для того чтобы вполне обеспечить удовлетворительное изготовление котла с этой технологической стороны, являющейся вместе с качеством материала решающим фактором бесперебойной и длительной службы котла, при прокатке были приняты меры к устранению явлений, могущих понизить механические и технологические свойства металла.

Эти явления, могущие возникнуть в процессе как самой прокатки, так и последующего охлаждения листов, — следующие:

1) Крупнозернистость, — в случае окончания прокатки при слишком высокой для данного состава железа температуре.

3) Трехслойное строение в отношении величины зерна — вследствие ре-

---

<sup>1</sup> Из одной болванки катался один лист, который впоследствии разрезался на два листа по требуемому размеру.

кристаллизации прокатного металла в критическом интервале температур ( $700\text{—}800^\circ\text{C}$ ) и с критической степенью деформации<sup>1</sup> ( $10\text{—}11\%$ ).

3) Наклеп, появляющийся при слишком низкой температуре прокатки, выражающийся в повышении жесткости и хрупкости и в уменьшении пластичности, что способствует возникновению в металле „старения“, которое (в зависимости от времени) понижает способность металла удлиняться и в свою очередь вызывает увеличение хрупкости.<sup>2</sup>

4) Внутренние натяжения, появляющиеся, главным образом, при остывании прокатанных листов, и отчасти, быть может, при прокатке и правке. Эти натяжения, понижающие механические свойства металла, могут быть увеличены натяжениями, вызываемыми сваркой.

5) Синеломкость — особый вид чрезвычайной хрупкости железа, появляющаяся при обработке котельного железа в интервале температур от  $200$  до  $350^\circ\text{C}$ .<sup>3</sup>

Первое мероприятие, обеспечивающее удовлетворительность прокатки, т. е. нормальную температуру окончания прокатки, возможность оптимальных обжатий, полную свариваемость пузырей и другие условия, способствующие достижению высоких механических свойств, касалось температуры нагрева и способа посадки болванок и прогрева их на всю толщину.

Температура нагрева всех прокатываемых болванок при измерении непосредственно у печи не снижалась ниже  $1280^\circ\text{C}$ , колеблясь в пределах от  $1280$  до  $1350^\circ\text{C}$ . Для лучшего прогрева, как было уже сказано, крупные болванки ставились на кирпичи и прогревались окончательно в самой горячей части печи (горизонтальная часть пода) с дополнительной выдержкой до одного часа; кроме того, крупные болванки садились не подряд, а чередуясь с мелкими.

По данным Меербаха („Die Werkstoffe für den Dampfkesselbau“) время нагрева для болванок от  $1000$  до  $2000$  кг и выше может быть принято около трех часов, а для болванок в  $1000$  кг и менее может быть ограничено  $40\text{—}45$  минутами. Фактически, для обеспечения необходимой температуры и полного прогрева болванок, время нагрева значительно увеличивалось: для болванок, из которых должны были быть получены барабаны, верхний и смычной листы кожуха топки, время нагрева доходило до 5 часов, а для других перечисленных выше топочных листов — до  $2\text{—}3$  часов.

Основное затруднение при прокатке барабанов заключалось в том, что при значительных размерах листов по длине и ширине не легко было технически обеспечить нужную температуру окончания прокатки — около  $900^\circ\text{C}$ . В этом отношении единственным благоприятным условием являлась толщина листов. Однако вес болванки, при наличии старой конструкции и значительной изношенности паровой машины прокатного стана, а

<sup>1</sup> Трехслойное строение, обнаруживаемое в изломе непосредственно после прокатки, заключается в том, что зерна у поверхности листа с обеих сторон на большей или меньшей глубине оказываются очень грубыми, а в середине очень мелкими. Такое строение влечет за собой значительное ухудшение механических свойств, главным образом прочности на удар и вязкости. Необходимо заметить, что в большинстве случаев в результате рекристаллизации происходит увеличение зерна, а потому под рекристаллизацией подразумевают именно рост зерна при нагревании наклепанного металла в области, лежащей ниже границы превращений (ниже  $700^\circ\text{C}$ ). Степень изменения величины зерна зависит от температуры нагрева, продолжительности и степени предшествовавшей деформации.

<sup>2</sup> В отношении физических свойств наклеп способствует повышению разьедаемости и, что самое важное для службы котла и особенно топки, способствует рекристаллизации топочного железа и возникновению в дальнейшем трещин. Такие трещины вследствие рекристаллизации часто могут возникнуть также и в процессе изготовления котла, например, при операциях, связанных с неоднократным местным подогреванием (при температурах около  $700\text{—}800^\circ\text{C}$  и ниже), с последующими ударами или другими механическими воздействиями. Особенно неблагоприятным фактором в данном случае являются переходные зоны при местных подогревах от высоких температур к низким. Это сказывается и при сварке: трещины, наблюдаемые в сварных листах, располагаются почти всегда несколько далее шва.

<sup>3</sup> Это явление в большей степени относится, конечно, к обработке листов в котельном цехе, но тем не менее нужно помнить, что синеломкость особенно резко выявляется в холодно прокатанных листах, подогретых затем до указанных температур. Явлением, аналогичным синеломкости, считается старение, выражающееся в повышении с течением времени в холодно деформированном металле (правка или прокатка при низкой температуре) крепости и соответственно хрупкости.

также необходимость в выдерживании высоких коэффициентов обжатия с избытком погашали это преимущество. Затруднительность окончания прокатки при  $900^{\circ}\text{C}$  приводила к отправке некоторых листов не по назначению, как холодно прокатанных, так как при отсутствии соответствующей отжигательной печи такие листы нельзя было подвергнуть нормальному отжигу, необходимому для удаления наклепа и натяжений и, самое главное, для окончательной рафинировки зерна.

Очень большие трудности представляла прокатка верхних листов кожуха топки, с размерами  $3150 \times 2750 \times 15$  мм. Максимальная ширина листов, какую в прошлом прокатывал Луганский завод, была 2630 мм при длине около 2500 мм; в условиях прокатного цеха и эти размеры листов считались чрезмерными, и впоследствии завод от них отказался. Помимо того, что процент выхода годных листов при ширине в 2750 мм должен был получиться малым, возникала еще опасность поломки стана,<sup>1</sup> так как эта ширина листов при вальцах шириной в 2800 мм являлась предельной, выше которой листы уже не могли бы уместиться на вальцах. Естественно, что о припусках по ширине, необходимых при обрезке после прокатки и последующей обработки кромок, не приходилось говорить. В этом случае нужна была особая осторожность, чтобы избежать бракования листа при разметке. В прокатном цехе эти листы не могли быть обрезаны, так как не было припусков на обрезку, и поэтому они подавались в котельный цех непосредственно на разметку, а на кромко-обрезном станке производилось только снятие боковых наплывов и зачистка кромок. Самая прокатка проходила при бдительном наблюдении руководителей цеха.

Что касается топочных листов толщиной в 10 мм, то прокатка их ничем не отличалась от прокатки таких же листов для паровоза Э<sup>м</sup>, так как и по длине и по ширине листы вполне соответствовали имеющемуся оборудованию. Единственным затруднением для получения высокого качества листов являлась малая их толщина, которая при сравнительно большой поверхности листа всегда могла способствовать возникновению некоторых из описанных выше нежелательных явлений: трехслойности строения вследствие ликвации, наклепа вследствие практикующегося способа охлаждения вальцов водою, попадающей и на прокатываемые листы и т. д. При наличии всех этих обстоятельств весьма важно было катать эти листы при высокой температуре и весьма быстро, с тем чтобы температура окончания прокатки была не ниже  $900^{\circ}\text{C}$  (как крайний предел —  $870^{\circ}\text{C}$ ). В противном случае листы приходилось браковать или использовать не по назначению, так как хорошее качество металла, определяющееся в основном, кроме однородности металла, отсутствием описанных выше явлений, может быть обеспечено только хорошим отжигом (нормализацией). Печи для индивидуальной термической обработки листов на Луганском заводе не было, и поэтому заменить термическую обработку листов могла лишь хорошая прокатка их с надлежащей температурой ее окончания. На это обстоятельство было обращено особое внимание; ни один лист с температурой окончания прокатки ниже  $870^{\circ}\text{C}$  на котел не пошел, несмотря на то, что выход годного материала из-за этого уменьшился с 50% от количества затраченных болванок до 40—45%.

По выходе из вальцов листы остывали на решетчатых плитах с круглыми отверстиями, под которыми протекала вода, затем подвергались разметке, клеймению и резке. В отдельных случаях листы после некоторого остывания (до потери цвета) складывались в общую кучу, где остывали до температуры окружающего воздуха, и только после этого подвергались указанным операциям.

Осмотр листов производился дважды — до резки перед разметкой и после разметки перед инспекторской приемкой. Малейшие признаки дефектов (трещины, шлак, плены) уже служили причиной браковки листа.

Отходы получались при обрезке газовой части (до 33% по отношению к болванке), нижней части и боковых кромок листов; последние удалялись постольку, поскольку они были испорчены прокаткой (наплывы, рваные края и проч.); что же касается газовой части, то этот отход предусматривался заранее для обеспечения удаления ликвационной части, несмотря на то, что поверхность и края могли быть и здоровыми.

<sup>1</sup> На Луганском заводе работает стан трио Лаута с вальцами диаметром в  $1000 \times 800 \times 1000$  мм при длине в 2800 мм.

При заказе болванок для прокатки котельных и топочных листов вес их назначался из расчета расходного для металла коэффициента 1,95—2,0.

Инспекторские испытания механических и технологических свойств прокатанных листов согласно ОСТ 4125—4136 прошли вполне нормально, чего и следовало ожидать, учитывая те меры, которые были приняты для получения оптимального качества металла, начиная с печей мартеновского цеха и кончая правкой листов перед отправкой в котельный цех.

**Отжиг ухватного листа кожуха после штамповки.** Прокатанные, обрезанные и испытанные ухватные листы были отправлены для штамповки на Сормовский завод, так как Луганский завод не располагал для этого ни необходимым оборудованием, ни соответствующим персоналом.

Возвращенные обратно штампованные листы не могли быть непосредственно пущены в работу, так как штамповка производилась не на прессе, а вручную, и поэтому можно было предполагать, что термические условия соблюдались не в полной мере. Наружная поверхность листов со всей очевидностью подтверждала эти предположения.

Для уничтожения наклепа и местных перегревов (особенно по углам, где лист подвергался многократным нагревам), удаления вредных напряжений и прочих нежелательных последствий ручной штамповки, листы требовали хорошего отжига для полного восстановления структурного равновесия.

Уже было указано, что Луганский завод не располагал соответствующей отжигательной печью, и поэтому пришлось приспособлять для отжига одну из существующих печей. Это было первым затруднением.

Второе затруднение при отжиге вытекало из довольно сложной формы штампованных листов, требовавшей специальных приспособлений во избежание короблений, тем более что листы имели совершенно незначительные припуски на обрезки.

Для проведения операции отжига была выбрана одна из печей прокатного цеха со съемным сводом, под у которой располагался ниже уровня пола цеха.

Первое условие, которому должна была удовлетворить печь при отжиге, — это равномерность температур в печи, а следовательно и равномерность нагрева всего листа.

Второе условие — достаточная температура и возможность легкого ее регулирования (быстрый подъем, быстрое выравнивание).

Третье условие — возможность быстрого и равномерного охлаждения листов и создание условий для максимального уменьшения коробления.

Первым двум условиям выбранная печь вполне удовлетворяла, что же касается последнего, то пришлось прибегнуть к искусственным мерам.

Довольно большая глубина печи (около 2 м) заставляла предполагать, что при снятии свода охлаждение не будет достаточно быстрым и равномерным. Поэтому лист был погружен (отжиг листов производился индивидуально) не на под, а на специально устроенные подставки из шамотного кирпича высотой около 1 м, поднявшие его почти до уровня свода. Таким образом при снятии свода достигалась более свободная циркуляция окружающего воздуха.

Для уменьшения коробления, особенно части листа ниже горловины и отогнутых фланцев, были устроены помимо поддержек распорки из шамотного кирпича, поставленные между отогнутыми фланцами в верхней их части; в нижней части фланцы были плотно подперты такими же кирпичами к боковым стенкам печи. Эти меры должны были предотвратить выворачивание буртов при нагреве и охлаждении. Что же касается других частей листа, то прогибы и коробление их локализовались, главным образом, плотностью прилегания этих частей листа к соответствующим подставкам и подкладкам.

Отжиг был проведен в течение семи часов с выдержкой при 930—940° около 1,5 часа. После того как по снятии свода лист почернел (температура около 450—500°), печь снова была закрыта для медленного охлаждения. Результаты получились вполне удовлетворительные. Коробление в разных листах при измерении по разным направлениям не превосходило 30 мм, что легко поддавалось исправлению. Строение выравнивалось, и микрошлифы, взятые в четырех местах, дали аналогичную структуру (хотя зерно было недостаточно мелким, тем не менее величина его не выходила за пределы нормального). Механические испытания за отсутствием припусков для вырезки проб не производились.

## ПРОКАТКА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СВЯЗЕЙ, АНКЕРНЫХ БОЛТОВ, ЗАКЛЕПОК И ТЯЖЕЙ

Прокатка данных сортов материала ничем не отличалась от прокатки материалов, предназначенных для аналогичных деталей паровозов Э<sup>м</sup>. Затруднений при прокатке также не встречалось. Особое внимание было обращено на тщательность посадки болванок в печь во избежание перепутывания разных плавок (особенно нежелательно попадание крепких) и на сортировку прутков как по размерам (толщина), так и в отношении наружных дефектов.

Для связей и анкерных болтов были прокатаны следующие размеры в диаметре:

33 мм, Ст1пов	— лапчатые связи	} ОСТ 8
24 мм, Ст1норм	— анкерные болты	
27 мм, Ст1пов	— распорные связи	

Для тяжей лобового листа и решетки:

38 мм (1½")	} Ст2, ОСТ 8
36 мм	
33 мм	

Для втулок и крышек связей Тэта — 45 и 60 мм, Ст2, ОСТ 8.

Болванки для данного материала отливались весом от 200 до 250 кг со средним сечением 175 × 175 мм.

Прокатка производилась на среднесортном стане 500, без промежуточного подогрева обжатой заготовки. Температура прокатки колебалась в пределах от 1300 до 1250° (при измерении у печи), что вполне обеспечивало полную свариваемость газовых пузырей.

Отрезка газовой части болванки производилась на паровых ножницах после последнего (шестого) прохода в обжимных клетях; в этот же момент часть заготовки, противоположная газовой части, отрезалась на величину, обеспечивающую здоровый, без каких-либо дефектов, конец; одновременно с этой операцией вся заготовка разрезалась на части для последующей окончательной прокатки в чистовых клетях.

Норма расхода болванок колебалась в пределах от 1,10 до 1,12, т. е. в отход, включая угар, уходило около 10%. Хотя эта цифра для ответственного сорта не может считаться достаточной, тем не менее остатков усадочной раковины или других пороков в концах прутков, соответствовавших газовой части болванки, не наблюдалось. Кроме того, при последующем осмотре перед отправкой материала по назначению прутки при наличии таких дефектов отсортировывались, и поэтому недостаточность обрезки не могла сказаться на их качестве.

Перед пуском материала в работу инспектором НКПС, как и обычно, было произведено испытание, при чем вследствие того, что принятый в настоящее время ОСТ 4130 не был еще введен в действие, материал для связей испытывался по нормам марки Ст1псв, т. е. с удлинением не менее 30%, а для анкерных болтов — по нормам марки Ст1.

В настоящее время материал для анкерных болтов вовсе не подвергается механическим испытаниям; испытываются лишь уже изготовленные в кузнице анкерные болты в готовом перед станочной обработкой виде. Таким образом, испытание материала для анкерных болтов паровоза ФД производилось дважды: сначала до штамповки, а потом после нее, иначе говоря, контроль для паровоза ФД был более жесткий, чем для паровоза Э<sup>м</sup>. Точно так же более жесткий контроль был проведен и в отношении связевого материала, так как в настоящее время он сдается по ОСТ 4130, требующему удлинения не на 30%, а только на 28%.

Что касается тяжей и заклепок, то для них был применен материал марки Ст2. Сталь для заклепок, помимо инспекторских испытаний перед отправкой для штамповки, подвергалась, как обычно, многократным испытаниям в холодном и горячем состоянии на осадку не менее чем на  $\frac{1}{3}$  высоты.

Химический состав стали марок Ст1 и Ст2, из которых был прокатан данный материал, колебался в пределах:

для Ст1:

$C = 0,09—0,10\%$   
 $Mn = 0,40—0,50\%$   
 $Si = \text{следы}$   
 $P \geq 0,04\%$   
 $S \geq 0,04 \text{ „}$

для Ст2:

$C = 0,10—0,12\%$   
 $Mn = 0,45—0,55 \text{ „}$   
 $Si, P, S \text{ то же, что и для Ст1.}$

## КОВКА ВАЖНЕЙШИХ ДЕТАЛЕЙ И МАТЕРИАЛ ДЛЯ НИХ

Вся ковка производилась в старой паровозной кузнице с довольно изношенным оборудованием, при чем износ некоторых механизмов доходил до 90%. Помещение кузницы — довольно тесное, темное и неудобное во всех отношениях; помимо этого кузница лишена самых элементарных приспособлений и устройств для транспортировки изделий как внутри цеха, так и вне его. Несмотря на столь неблагоприятные обстоятельства, задача все же была разрешена довольно удовлетворительно.

В самых приемахковки и во всем технологическом процессе не было ничего особенного и нового; некоторая разница по сравнению с деталями для паровоза Э<sup>м</sup> заключалась лишь в большей сложности некоторых деталей, либо в большем их весе.

**Поршневые дышла.** Для изготовления дышел были отлиты болванки весом по 1425 кг восьмигранного сечения, размером между гранями в 500 мм (не менее — для лучшего обжатия).

Материал по составу соответствовал стали марки Ст5пов и для данных дышел колебался в пределах:

$C = 0,30—0,35\%$   
 $Mn = 0,75—0,90 \text{ „}$   
 $Si = 0,20—0,25 \text{ „}$   
и  $S \text{ каждого } \geq 0,04 \text{ „}$

Отливка болванок указанного веса и сечения не обошлась без затруднений. Изложницы с нижним сечением в 500 мм и с соответствующим для отопления головы слитка верхним основанием цех не имел, времени для изготовления ее не было, и поэтому для получения заданного слитка пришлось прибегнуть к особым мерам. Необходимо было найти такую изложницу, к которой можно было бы сделать добавку по высоте снизу и придать добавочной части такие размеры, которые соответствовали бы требуемому сечению, по крайней мере по нижнему основанию. Разрешить эту задачу оказалось не столь трудно; дополнительная часть нужного сечения была выложена из шамотного кирпича, и сверху была поставлена осевая изложница с утепляющим шамотным верхом.

Хотя по существу болванка была отлита с нижним и верхним отоплением, и вследствие этого можно было ожидать неправильного расположения усадочной раковины, тем не менее металл обнаружил хорошие качества как при последующей ковке, так и при обработке на станках.

Нагрев болванки дляковки производился в газовой печи Сименса с генеративной топкой. Ковка дышла производилась в пять нагревов, из которых впрочем часть нельзя считать полными нагревами, а скорее нужно отнести к подогревам местного характера; так или иначе по числу операций посадка в печь производилась пять раз.

Каждая операция заключалась в следующем:

**Первая операция.** Нагрев болванки. Расплющивание болванки по всей длине до толщины около 250 мм.

**Вторая операция.** Нагрев. Заделка средней части расплющенной болванки ближе к крайней трети и подготовка формы задней головки дышла. Заделка этой головки с приближением по размерам, требуемым при переводе от поковки к настоящей головке.

**Третья операция.** Нагрев. Отделка подогретой головки начисто с необходимыми для обработки припусками.

Четвертая операция. Нагрев. Оттягивание части тела дышла, прилегающей к передней головке, и заделка головки с приближенными размерами.

Пятая операция. Нагрев. Окончательная отделка передней головки с припусками для обработки. Правка всего дышла. Проверка по шаблону.

Вся работа производилась под трехтонным изношенным на 80% молотом, в чем и заключалась трудностьковки, так как при весе болванки в 1425 кг работа должна была производиться не трехтонным, а восьмитонным молотом.

Механические испытания производились согласно ОСТ 793. Обычно для испытания берется одна проба из партии в 50 штук, но так как в данном случае были откованы дышла только на два паровоза, то во избежание потери целого дышла в передней головке одного был оттянут конец размером  $120 \times 100$  мм, из которого после отрезки и был изготовлен образец на растяжение.

Нормы для механических испытаний — разрывающее усилие не менее 50 кг/мм<sup>2</sup> и удлинение не менее 18% — были вполне выдержаны.

За отсутствием при кузнице отжигательной печи дышла отжигу не подвергались; были лишь обеспечены нормальные условия окончанияковки (при температуре не ниже 800°) и медленное после нее охлаждение.

**Второе сцепное дышло.** Дляковки были отлиты болванки весом в 740 кг плоского сечения, размером  $530 \times 200$  мм. Материал, как и для всех дышел, аналогичен по анализу с материалом для поршневых дышел, т. е. марки Ст5пов.

Ковка производилась под тем же трехтонным молотом с четырех нагревов. Нагревание велось в печи Сименса с газогенераторной топкой.

Вся ковка состояла из следующих четырех операций:

Первая операция. Нагрев болванки. Протяжка в плиту по всей длине болванки до толщины 130—140 мм и отделка передней головки с приближенными размерами после оттяжки перехвата.

Вторая операция. Нагрев. После подогрева отделка головки начисто с вытягиванием хвостовика.

Третья операция. Нагрев. Оттягивание части тела к задней головке и заделка головки с приближенными размерами.

Четвертая операция. Нагрев. Окончательная отделка задней головки, правка и проверка по шаблону.

Послековки дышла подвергались медленному остыванию; отжиг не производился по той же причине, что и выше.

**Первое, третье и четвертое сцепные дышла.** Вес болванок и сечения:

Первые	дышла	—330 кг	— $300 \times 180$ мм
Третьи	„	—420 „	— $410 \times 185$ „
Четвертые	„	—330 „	— $300 \times 180$ „

Материал по составу применялся тот же, что и для других дышел — марки Ст5пов.

Поковка производилась под тем же трехтонным молотом; нагрев — в печи Сименса. Вся ковка состояла из двух операций с двумя нагревами:

Первая операция. Нагрев болванки. Обжим, оттяжка тела дышла, заделка черновых размеров шарнирной головки и отковка начисто другой головки.

Вторая операция. Нагрев. Проверка середины, заделка начисто шарнирной головки. Правка. Проверка по шаблону.

Из всех перечисленных дышел, кроме поршневых, бралось для механических испытаний в качестве образца одно дышло из 50.

Нормы испытания — те же, т. е. по ОСТ 793.

Послековки данные дышла так же, как и другие, не подвергались отжигу; было применено лишь медленное остывание; температура окончанияковки выдерживалась в пределах от 800 до 850°.

Что касается норм расхода материала, то они вполне обеспечивали удаление нездоровых частей слитка.

Нормы эти соответствовали:

для поршневых дышел при болванке с утепленной головкой . . . . . коэффициент 1,50;  
 для второго сцепного дышла при болванке без утепления головки . . . . . коэффициент 1,50;  
 для остальных сцепных дышел при болванке без утепления головки . . . . . коэффициент 1,45.

Нормы времени, учитывая маломощность молота и его изношенность, надо считать небольшими; вместе с нагревом и промежуточными подогревами за 7 часов изготавливалось:

поршневых дышел — 1 шт.  
 вторых сцепных дышел — 2 „  
 прочих сцепных — 5 „

**Бруски для параллелей.** Дляковки бралась болванка стали марки Ст5пов.

Вес болванки — 410 кг; сечение  $250 \times 250$  мм.

Всяковка производилась в один нагрев и в одну операцию. Из болванки тянулся квадрат, затем отрубался и заделывался конец, после чего брус правился и откладывался в сторону для охлаждения. Ковка производилась под трехтонным молотом; нагревание велось в течение одного часа в газовой печи Сименса.

Нормы испытания по тому же ОСТ 793; из откованных 8 брусков для испытаний на растяжение был взят один.

**Кулиса.** Дляковки бралась болванка марки Ст2.

Вес болванки — 450 кг; сечение  $250 \times 250$  мм.

В процессе обработки в паровозо-механическом цехе обнаружилось, что часть из откованных кулис имела по наружной боковой и внутренней (по вырезу для камня) сторонам вскрывшиеся мелкие и средние пузырьки, что послужило причиной забраковки кулис.

Это обстоятельство со всей очевидностью указывает на недостаточность проковки (малый коэффициент обжата) вследствие малого сечения болванки, к тому же отлитой из стали „кипучки“ и прокованной на слабомощном трехтонном изношенном молоте. В дальнейшем во избежание подобных явлений стали применяться болванки весом около 800 кг, при чем из каждой болванки изготавливались две кулисы.

Ковка кулисы из болванки в 450 кг производилась в два нагрева, из болванки же весом в 800 кг — в три нагрева. В первом случае первая операция состояла из расплющивания и отделки головки, вторая же операция ограничивалась заделкой второго конца начисто, правки и проверки по шаблону. Во втором случае добавлялась еще одна операция — разрубка расплющенной с одного конца болванки пополам и расплющивание второй половины болванки, что и вызывало необходимость дополнительного подогрева.

Нормы для отбора образцов, установленные ОСТ 793 в количестве 2%, были заменены взятием образца от оттянутого конца (придатка) кулисы, имевшего размеры по сечению  $100 \times 70$  мм.

**Маятник** — ковался из квадратной заготовки сечением  $125 \times 125$  мм стали марки Ст5пов в два нагрева.

Первая операция заключалась в оттяжке хвостовика и заделке одной из головок, затем производился подогрев и отковывалась вторая головка с вырезом (вырез при ковке не делался). Ковка производилась под однотономным молотом. Нормы испытаний — 2% от числа изделий.

**Кулисные и эксцентриковые тяги** — ковались из болванки Ст5пов весом в 250 кг и сечением  $200 \times 200$ , каждая в два нагрева. За первый нагрев делались расплющивание и протяжка середины, затем производился подогрев, и отделялись головки, сначала одна, потом другая. Ковка велась под трехтонным молотом. Нормы испытаний — те же, что и в предыдущем случае.

**Поводки** — делались из заготовки Ст5пов сечением  $125 \times 125$  мм под однотономным молотом с одного нагрева. Трудность поковки заключалась в том, что при массивных головках середина должна была отковываться довольно тонкого сечения. Это обстоятельство вызывало при ковке ряд неудобств и потерю времени.



**Поршневые скалки** — изготовлялись из болванки сечением  $175 \times 175$  мм весом в 220 кг из стали марки Ст5пов в один нагрев под трехтонным молотом.

**Золотниковые скалки** — делались из заготовки стали марки Ст5 сечением  $100 \times 100$  мм под трехтонным молотом.

**Переводной вал и винт** — не ковались, а вытачивались из круглого материала марки Ст5.

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ РЕССОР И ПРУЖИН

Рессоры и пружины изготовлялись обычным порядком. Материал для рессор, применяемый на паровозах Э<sup>м</sup>, был применен и для рессор паровоза ФД. Рессорная сталь, применяемая на Луганском заводе, отличается по составу от стали, употребляемой многими другими заводами, некоторым увеличением содержания кремния, а именно до 0,50—0,60%; содержание же других элементов обычное:

$$\begin{aligned}C &= 0,50—0,55\% \\Mn &= 0,60—0,80\% \\P \text{ и } S \text{ каждого} &\nless 0,04\%\end{aligned}$$

Пружинная сталь применяется двоякого состава. Для особо ответственных пружин, требующих большой эластичности, как, например, для предохранительных клапанов, была употреблена кремнистая сталь:

$$\begin{aligned}C &= 0,50—0,60\% \\Mn &= 0,70—0,90\% \\Si &= 1,50—1,70\% \\P \text{ и } S \text{ каждого} &\nless 0,04\%\end{aligned}$$

Другие пружины, например, пружины для возвращающего механизма, были изготовлены из круглой стали диаметром в 25 мм, по составу мало чем отличающейся от рессорной стали. Сначала были попытки изготовить для возвращающего механизма пружины прямоугольного сечения  $35 \times 18$  путем вырезки на токарном станке спирали из круглого бруска, но так как этот способ не дал удовлетворительных результатов, а стали соответствующего прямоугольного профиля не было, то было решено заменить их круглым сечением в 25 мм.

Технологический процесс изготовления рессор, практикуемый на Луганском заводе для всех случаев, был осуществлен также и для рессор паровоза ФД. Процесс этот заключается в следующем. Заготовка сначала режется по размерам и комплектуется, затем поступает к рессорщикам для нагрева и придания каждому отдельному листу рессоры соответствующей формы по шаблону с пригонкой одного листа к другому. После придания формы каждый лист в отдельности закаливается, при чем качество заковки во многом зависит от того, насколько упала температура нагрева листа. Вследствие этого желательно перед погружением листа в воду подвергнуть его некоторому подогреву. Фактически этот подогрев почти не осуществляется, так как рессорщик успевает произвести над листом нужную операцию до падения температуры ниже  $800—820^\circ$ , а этого вполне достаточно для получения требуемой степени заковки. В неблагоприятных случаях недостаточность заковки листов выявлялась при испытании рессор отгибанием того или иного листа кверху.

После заковки листы подвергались отпуску до  $350—400^\circ$  и последующей проверке их состояния, имеющей целью выяснить, сохранил ли лист (если это была вогнутая рессора) свой радиус и направление или нет. Обычно после отпуска производится подправка или дополнительная приладка.

Следующей операцией при изготовлении пружин является сборка рессор на временный хомут и предварительное испытание под прессом.

Хорошо пригнанная (один лист к другому) и закаленная рессора при испытании на пробный груз (обычно значительно выше нормального) не дает ни остающегося прогиба, ни отслаивания листов, особенно по концам. В случае наличия отставших листов рессора „пересыщается“, а листы либо подправляются, либо заменяются новыми.

Выдержавшие испытания на прогиб и простроганные с боков рессоры поступают

для насадки хомутов, для чего последние нагреваются до температуры выше 900°. Нагретые хомуты вследствие расширения отверстий свободно надеваются на рессоры, слегка подправляются и устанавливаются при помощи шаблона точно посередине, на равных расстояниях от концов верхнего листа. После этого между хомутом и рессорой всаживаются прокладки и производится осадка хомута под однотонным молотом, ударяющим его со всех сторон.

Последней операцией при изготовлении рессор является окончательное испытание установленной нагрузки. Для подвесных рессор паровоза ФД предварительное испытание производилось под нагрузкой в 17 000 кг, для упряжных — в 11 000 кг.

Нормальное испытание задавалось:

для рессор первой оси — 7910 кг  
 „ ведущей оси — 6500 „  
 „ сцепных осей — 7800 „

Приладка рессор из практических соображений делалась на 50—55 мм выше нормального их положения, но при обычной нагрузке после предварительного испытания рессорные листы устанавливались в нормальное положение.

Пружины возвращающего механизма подвергались предварительному испытанию при нагрузке в 6000 кг, в то время как нормальная нагрузка установлена в 3000 кг.

### ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОСЕЙ И БАНДАЖЕЙ

Изготовление как осей, так и бандажей прошло под самым тщательным наблюдением и контролем, начиная от отливки в мартеновском цехе и кончая последней операцией перед подачей их в паровозо-механический цех для обработки. Каждая плавка послековки осей и прокатки бандажей была проконтролирована металлографически, и, кроме того, помимо инспекторских испытаний, были дополнительно проверены ее механические свойства.

Химический состав металла был следующий:

для осей:

$C = 0,30 - 0,36\%$   
 $Mn = 0,70 - 0,90$  „  
 $Si = 0,20 - 0,30$  „  
 $P \leq 0,04\%$   
 $S \leq 0,04$  „

для бандажей:

$C = 0,60 - 0,65\%$   
 $Mn = 0,60 - 0,80$  „  
 $Si = 0,20 - 0,30$  „  
 $P \leq 0,04\%$   
 $S \leq 0,04$  „

Болванки для сцепных, ведущей и задней поддерживающей осей отливались в изложницы, предназначенные для комплектных (разрезаемых на отдельные заготовки) пассажирских бандажных болванок.

Вес болванок для сцепных осей был задан . . . . . 1330 кг  
 „ „ „ ведущей оси . . . . . 1635 „  
 „ „ „ задней поддерживающей . . . . . 1470 „

Передняя бегунковая ось ковалась из заготовок для сцепной оси паровоза Э<sup>м</sup>.

Ковка осей, за исключением последней (передней бегунковой), производилась в два нагрева — первый раз под двенадцатитонным, второй раз под трехтонным молотом.

Первая операция заключалась в протяжке болванок и отрезке газовой верхней прибыльной части и нижнего донного основания. Для обеспечения полного удаления усадочной раковины и ликвационной части от верхней части было отброшено около 20—22%; что же касается нижнего основания, то здесь отход не превышал 5% от веса всей болванки. Этот последний отход был необходим для удаления донных пузырей, которые при последующей ковке могли превратиться в рванины.

Вторая операция, производившаяся после предварительного подогрева, являлась окончательной; при этой операции заготовка вытягивалась по длине до требуемой величины с учетом оставления некоторой части (до 350 мм) для инспекторской пробы, и делались бурты.

Между первой и второй операцией производился тщательный осмотр осей и вырубка дефектов (трещин, плена и засоров) при помощи пневматических зубил.

Ковку осевых заготовок из болванок, отлитых в изложницы для пассажирских комплектных бандажных болванок, пришлось вести с большой осторожностью, так как полукруглый вырез наковальни давал возможность протягивать болванки толщиной только до 400 мм, между тем как болванки, отлитые для паровоза ФД, имели толщину в 550 мм.

Температура окончания ковки как при первой операции, так и при второй колебалась в пределах от 820 до 850°. Нагрев для ковки — около 1150—1200°.

После окончания ковки производилось клеймение, проверялись размеры и выявлялась кривизна. Правка делалась в горячем состоянии на горизонтальном прессе с плитой.

Отжиг осей производился в камерных печах, при чем погрузка была сделана в один ряд на подкладках и с достаточными промежутками между осями для лучшей циркуляции газов. Процесс отжига длился около 16 часов с выдержкой при 870—880° в течение 4½ часов; охлаждение велось при помощи вдувания воздуха до 400°, после чего оси, оставаясь в печи, подвергались медленному остыванию.

Обрезка концов осей, кроме ведущих, была произведена на осеобрезном станке, находящемся в вальцепрокатном цехе. Операция обрезки была затруднена тем обстоятельством, что диаметр осей являлся предельным для патрона станка. Ведущая ось была обрезана в паровозо-механическом цехе на долбежном станке, так как патрон осеобрезного станка был меньше диаметра оси.

Механические испытания, согласно ОСТ 973, производились над каждой осью и состояли из испытаний на растяжение и из испытаний на удар (копровая проба) образцов сечением 30 × 30 мм при длине в 200 мм и расстоянии между опорами в 160 мм, при чем образцы должны были выдержать без разрушения и трещин 15 ударов бабой весом в 25 кг с высоты в 2 м.

По механическим испытаниям была забракована одна задняя поддерживающая ось.

Сцепные ведущие бандажи готовились из комплектных разрезных болванок весом в 2650 кг. Каждая болванка разрезалась для заготовок на четыре куска весом по 535 кг, пятая же головная (прибыльная) часть отбрасывалась. Никаких особых трудностей при ковке заготовок под двенадцатитонным молотом (обкантовка, осадка и прошивка), точно так же как при разводке кольца на роговом 5-тонном молоте и 5-тонном калибровочном молоте (калибровка по толщине для ручья прокатного вала), не встретилось.

Ковка заготовок производилась при температуре 1140—1160°, оканчивалась же (под калибровочным молотом) при температуре около 700°. После ковки все заготовки подвергались тщательному осмотру и вырубке наружных дефектов.

Для прокатки бандажей были изготовлены новые валки, по профилю которых прокатываются в настоящее время все паровозные бандажи. После прокатки были забракованы два бандажа с рванинами на гребне.

Отжиг бандажей производился так же, как и для других бандажей того же состава, т. е. при температуре 840—850° с выдержкой около 4 часов и последующим быстрым охлаждением до 400—500°, после чего, оставаясь в печи, бандажи подвергались медленному остыванию. После отжига часть бандажей подвергалась правке.

Проверка качества бандажей и приемка их производились согласно ОСТ 2356.

## СТАЛЬНОЕ ФАСОННОЕ ЛИТЬЕ

Детали, отлитые на Луганском заводе, по сложности формовки и отливки не вызывали больших трудностей. Особые меры предосторожности пришлось принять только в отношении тележки и кулака: для первой — в целях уменьшения коробления и возможных вследствие внутренних натяжений надрывов — необходимо было удачно поставить литники и прибыли; для второго — с целью избежать при отливке пузырей — потребовалось дополнительное отопление и установка прибылей.

Колеса отливались аналогично колесам для паровозов ЭМ. В отливку букс также

не было внесено почти никаких изменений. Опоки для деталей были использованы из числа имевшихся в распоряжении цеха.

Сталь для заливки по классификации ОСТ 791 подходила ближе к ЛСт2, т. е. к твердому литью, чем к мягкому. Принятый на Луганском заводе состав стали для паровозных и других деталей был применен и для деталей паровоза ФД.

Анализ в большинстве отливок не выходил за пределы:

$$\begin{aligned}C &= 0,18 - 0,24\% \\Mn &= 0,60 - 0,85\% \\Si &= 0,20 - 0,30\% \\P &\geq 0,04\% \\S &\geq 0,04\%\end{aligned}$$

Перед разливкой стали в ковш добавлялось небольшое количество алюминия.

Механические испытания проб от стального литья указанного выше состава чаще всего колеблются в пределах:

$$\begin{aligned}\text{по разрывающему усилию} & 42 - 50 \text{ кг/мм}^2, \\ \text{по удлинению} & 24 - 30\%,\end{aligned}$$

т. е. результаты приближаются к ЛСт2.

Отжиг стального литья производился частью в печи со съемным сводом, частью в печи с выкатным подом. Температура выдержки была около  $900-950^\circ$  для верха печи и  $850-900^\circ$  — для низа печи. Продолжительность выдержки доходила до 8 часов, а весь процесс отжига велся в течение 20—24 часов.

Детали для паровозов ФД отжигались не отдельно, а совместно с другими паровозными деталями.

После отжига производилась окончательная очистка литья, проверка и правка на плите. Рама передней тележки обнаружила только незначительное коробление, которое без особого труда было исправлено ручным прессом. Помимо правки, детали подвергались исправлению путем заварки в сталелитейном цехе; дефекты частично вскрывались и при обработке в паровозо-механическом цехе, и в этом случае детали подвергались заварке на месте.

## ЦВЕТНОЕ ЛИТЬЕ

Так как меднолитейный цех Луганского завода работает удовлетворительно и внутренний и внешний брак в нем не превышает 2%, то при отливке деталей из цветного литья не встретилось никаких серьезных затруднений. Бронзовое литье, которое подвергалось испытанию гидравлическим давлением, отливалось из Бр2, менее ответственные детали изготовлялись из Бр3.

Неудачи начались лишь при применении новых сплавов и новых методов.

Первая неудача, с которой пришлось столкнуться в процессе постройки паровоза ФД, произошла при отливке буксовых подшипников и других деталей, которые по американскому примеру отливались из свинцовистой бронзы состава:

$$\begin{aligned}Pb &= 30 - 33\% \\Sn &= 7 - 8\% \\Cu &= 57 - 60\% \\ \text{Прочих} & \text{— около } 1\% \end{aligned}$$

Несмотря на принятые меры, годных подшипников и других деталей из этого металла получить не удалось. Институт цветных металлов, которому была поручена исследовательская работа в этой области, также и до настоящего времени не добился удовлетворительных результатов.

Первый паровоз был выпущен только с тремя подшипниками этого сплава, остальные же подшипники были поставлены из Бр2 с заливкой баббитом состава, среднего между баббитами Б1 и Б2.

<sup>1</sup> Под прочими можно было подразумевать либо никкель, либо фосфор, либо цинк, либо другие примеси.

Вторая, несколько меньшая неудача, произошла с другим американским сплавом, также свинцовистой бронзой, но с содержанием свинца в 12—16% при том же содержании олова, предназначавшемся, главным образом, для плавающих втулок.

Первая отливка прошла благополучно, последующие же (по причине, невыясненной до сих пор) давали все время неудовлетворительные результаты. Отливка этого сплава наладилась только в самое последнее время.

Дефекты, которые получались в изделиях высоко-свинцовистой бронзы до обработки на станках и в процессе обработки, заключались, главным образом, в ликвации свинца, в постепенном его выпотевании и в пузырях. Несмотря на то, что принимались самые разнообразные меры — менялся способ плавки, способ разливки, температура, улучшалось раскисление, менялась печь на горн и наоборот, — результаты получались одни и те же. Отливка в металлическую форму сначала дала благоприятные результаты, но впоследствии и в металлической форме получались такие же результаты, как в сырой или в сухой.

Третьей неудачей был опыт применения японского способа — заливка подшипников непосредственно в буксы (предполагалось заливать также лицевую трущуюся часть буксы, прилегающую к ступице колеса).

Приспособление для заливки состояло из шишки и двух поперечных планок с соответствующими пазами для удержания шишки. В планке, прилегающей к лицевой стороне с концентрическими выемками для удержания залитой бронзы, имелись кроме того выступы. Все части удерживались на месте скобами. Литник был расположен ближе к лицевой стороне буксы.

После того как собранная таким образом букса достаточно подогрелась у горна, была произведена заливка буксы сплавом. После окончательного застывания в буксе не было заметно никаких признаков неудачности заливки. И только впоследствии, при обработке (расточке) залитого подшипника, после удаления заливки-заусенцев было замечено, что тело подшипника отошло от тела буксы на несколько миллиметров. Так как этот зазор мог послужить в будущем причиной нагревания буксы, то применение японского способа было прекращено, и подшипники попрежнему стали обрабатываться кругом и запрессовываться.

Заливка баббитом трущейся части кулака производилась в медно-котельной мастерской и прошла более или менее благополучно. Единственной неудачей было то, что вследствие неаккуратности при лужении поверхности, заливаемой баббитом, а также вследствие заливки перегретым баббитом без последующего помешивания металла, — у поверхности образовалось значительное скопление пузырей при одновременном отставании слоя.

Были приняты необходимые предосторожности — тщательное лужение с предшествующей хорошей очисткой поверхности, соблюдение нормальной температуры баббита, непрерывное помешивание при заливке для удаления газов и воздуха и т. д., и после этого вторичная заливка оказалась вполне удачной.

Для заливки был применен баббит с содержанием олова около 75%.

Приспособлением для заливки служило прямоугольное корыто из двухмиллиметрового железа с уступом по длине, по форме соответствующее сечению трущейся части кулака. Приспособление удерживалось на месте двумя скобами.

Установка зазора производилась при помощи круглых стержней соответствующей толщины, пропускаемых в зазоры между телом кулака и корытом.

## **КОТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ**

### **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

В виду того, что котел паровоза ФД строился в чрезвычайно короткий срок, штампы для частей его не изготовлялись, и все штампованные детали были выполнены вручную, за исключением сухопарника для котла второго паровоза, который был отштампован при помощи специально изготовленных штампов.

Из изготовленных ручным способом листов листы ухвата кожуха и огневой коробки выполнены Сормовским заводом, остальные же — лобовой лист, дверной лист топки, задняя и передняя решетки — изготовлены в котельной кузнице Луганского завода.

В дверном листе при выбивке шуровочного отверстия получилось значительное утонение (до 5 мм), а по углам шуровочного отверстия даже надрывы, исправленные впоследствии при помощи электросварки.

Все развертки котельных листов и последующая разметка их были произведены разметочным отделением котельного цеха. Для большей точности все листы после разметки сверлились в два приема: сначала, строго по центровым кернам разметки, сверлом в 10 мм и затем сверлом на 2 мм меньшим чертежного размера отверстия. Разметка штампованных частей производилась на разметочных плитах, при чем способ сверловки отверстий в них был применен такой же, как и в листах.

Отверстия для жаровых и дымогарных труб в передней и задней решетках после сверловки центровых отверстий рассверливались: первые — вырезным сверлом, вторые — спиральным, при чем и те и другие сверла были изготовлены точно по предельному калибру.

Фланцы задней и передней решеток обработаны по поверхности прилегания: первый — на лоботокарном станке и второй — на вертикально-фрезерном; чертежами это не предусматривалось, но было вызвано наличием ручной штамповки.

Вследствие получившегося после отливки частичного коробления топочной рамы она подвергалась перед разметкой специальной правке на гидравлическом штамповальном прессе. Механическая обработка производилась с трех сторон — внутренней, наружной и нижней — на четырехшпиндельном фрезерном станке Шисс-Дефриз. Углы рамы обрабатывались на вертикально-фрезерном станке. После обработки на фрезерных станках рама вторично размечалась на плите для нанесения отверстий, которые сверлились на 10-шпиндельном сверлильном станке, за исключением отверстий по углам, сверлившихся на радиально-сверлильном станке.

После обработки на сверлильном станке листы подвергались строжке на кромко-строгальном станке, при чем расстояния от кромки до отверстия проверялись специальными шаблонами.

Гибка всех барабанов цилиндрической части котла произведена была на вальце. Некоторое затруднение представила гибка конусного третьего барабана за отсутствием нужных навыков в этой работе у бригады гибщиков. После гибки концы всех барабанов заваривались водяным газом на ручном газовом горне. Отгибка мест под поперечные швы конусного барабана производилась вручную. После отгибки конусный барабан был размечен под сверловку отверстий для соединения со вторым барабаном, просверлен на колонном станке и затем послан на сборку. Четвертый барабан цилиндрической части после заварки размечался для выреза выемки в месте соединения его с ухватным листом кожуха. Вырез производился бензино-кислородной горелкой.

Стыковые накладки барабанов размечались подобно листам барабанов в развернутом виде. Сверлились они также в два приема на радиально-сверлильных станках и строгались на строгальных станках; фигурные накладки фрезеровались на вертикально-фрезерном станке.

Гибка части накладок производилась на вальцах, а другая часть штамповалась в холодном виде на гидравлическом штамповальном прессе.

После подготовки всех деталей цилиндрическая часть была собрана на колонном станке для сверловки по продольным швам, через стыковые накладки, и по поперечным швам.

В виду значительной длины цилиндрической части, она сверлилась с двух установов. Сначала она была поставлена на стол передним барабаном вниз, и в таком положении были просверлены два поперечных пояса и продольные швы первого и второго барабанов; затем ее поставили третьим барабаном вниз и просверлили поперечный и продольный швы третьего барабана.

По окончании сверловки цилиндрическая часть была разобрана для чистки, после чего уже была собрана окончательно для развертки отверстий под клепку. Перед разверткой была произведена окончательная проверка геометрического совпадения осей всех барабанов. Развертка производилась пневматическими машинами при помощи спиральных разветок.

Клепка барабанов производилась следующим образом: отдельно были склепаны первый и второй барабаны по продольным и поперечному шву, при чем эта работа сделана с двух

установов — сначала первым барабаном вниз, а затем первым барабаном вверх, и отдельно заклепан по продольному шву третий барабан.

После клепки третий барабан был присоединен к первому и второму барабанам, и в таком виде вся цилиндрическая часть была направлена на предварительное соединение с кожухом топки и на проверку.

При изготовлении потолочных листов огневой коробки встретились некоторые затруднения. Дело в том, что длина этих листов превосходила длину гибочных вальцов, имевшихся в котельном цехе завода, и поэтому потолочные листы пришлось отправить на Таганрогский котельный завод.

## СБОРКА КОЖУХА

После клепки цилиндрической части нижняя часть четвертого барабана вырезалась бензиновым резакон, и вся цилиндрическая часть укладывалась на ролики в горизонтальном положении так, чтобы был возможен свободный доступ к четвертому барабану для присоединения ухватного листа кожуха.

Сборка кожуха начиналась прикреплением ухватного листа при помощи сборных болтов к нижней части четвертого барабана, после чего присоединялась топочная рама, одной стороной поставленная на стойки, а другой закрепленная болтами на ухватном листе; в дальнейшем последовательно ставились и закреплялись болтами лобовой лист, потолок и две боковые стенки кожуха.

В виду того, что отдельные листы плохо прилегали друг к другу, явилась необходимость припасовки с предварительным нагревом углов ухватного и лобового листов по раме, а также боковых стенок у ласок потолка и проч. Местные нагревы производились газовыми горелками, впервые спроектированными и примененными в котельной Луганского завода.

Проверка цилиндрической части с кожухом производилась на специальной проверочной плите длиной в 12,5 м, что было весьма важно для правильности последующей постановки котла на паровозную раму. После проверки котел разъединялся между третьим и четвертым барабанами, и кожух ставился на колонный станок для обсерловки через отверстия наружных листов. Сверловка производилась спиральными сверлами диаметром на 2 мм меньше чертежных размеров. Перед окончательной чисткой кожух разбирался для удаления заусенцев, ржавчины и т. п. Чистка мест прилегания в листах производилась наждачными камнями, укрепленными на пневматических сверлильных машинах.

Окончательная сборка кожуха под клепку требовала особого внимания, так как от этой сборки в очень большой степени зависит качество службы кожуха. Плотность прилегания проверялась щупом в 0,1 мм, а диаметр отверстий проверялся калибром с допуском в  $\pm 0,2$  мм.

Для возможности гидравлической клепки кожуха окончательная сборка делалась в два приема: сначала собирался лобовой лист, потолок и две боковые стенки, и после клепки этих деталей производилась вторая сборка — присоединялся ухват и четвертый барабан. Клепка велась на стационарном гидравлическом клепальном прессе с общим нажатием в 54 т, при чем клепка заклепок Шуца диаметром в 29 мм давала хорошие результаты, так как при сечении заклепки в  $6,15 \text{ см}^2$  достигалось наиболее благоприятное давление в  $8,8 \text{ т/см}^2$ .

Выдержка под давлением достигла 30 секунд.<sup>1</sup>

Для скрепления лобового листа кожуха с потолком служат 20 продольных тяжей, к установке которых приступили путем подметки литых тавров по лобовому листу. После сверловки тавры ставились окончательно и разворачивались через лобовой лист. Клепка заклепок диаметром в 22 мм велась на стационарном клепальном прессе. К установленным таврикам присоединялись продольные тяжи. Так как передние концы тяжей имели лапы для приклейки к потолку, то первая постановка делалась для подметки отверстий через потолок, а затем тяжи для сверловки передавались на сверлильный ста-

<sup>1</sup> В котельной практике существует правило: выдержка заклепки под давлением на прессе в секундах должна равняться диаметру заклепок, выраженному в мм.

нок. Окончательная постановка велась, для плотной припасовки, с предварительным нагревом лап. Отверстия развтывались по калибру и партиями расклепывались на гидравлическом прессе. Гидравлическая клепка однако была применена только при изготовлении второго котла, а на первом котле клепка тяжей была выполнена вручную.

## **СБОРКА ОГНЕВОЙ КОРОБКИ**

Углы листов, прилегающих к топочной раме, для лучшего соответствия отверстий сверлились через раму. Сверла брались по диаметру на 4—5 мм меньше чертежного размера; при этом в отверстие рамы вставлялась втулка, служившая направлением для сверла. По окончании сверления топочная рама снималась и передавалась на место сборки огневой коробки.

Исходной деталью при сборке огневой коробки служил потолок ее, положенный горизонтально на подкладки; присоединение временными болтами камеры догорания, ухватного листа, боковых стенок и задней стенки являлось предметом дальнейших операций. Топочная рама, закрепляя собранную огневую коробку, делала ее жесткой, способной к переворачиваниям и переносу.

Особенные затруднения встретились при вставке задней решетки, изготовленной ручным способом и имевшей поэтому некоторые отклонения от чертежных размеров.

Обладка прилегающих поверхностей, особенно у потолка и боковых фланцев ухватного листа, заканчивала предварительную сборку огневой коробки.

Особенное внимание пришлось уделить положению камеры догорания по отношению к топочной раме и продольной оси топки, так как при последующей работе необходима точная координация камеры. Собранный камера передавалась на колонный станок для сверления через потолок боковых стенок и стенок камеры догорания. Сверление производилось спиральными сверлами диаметром на 2—3 мм меньше чертежных размеров.

После сверловки огневая коробка разбиралась для чистки мест прилегания листов и подготовки продольных швов под сварку. Подготовленный под сварку шов проверяли, не снимая топочной рамы, при чем требования проверки в данном месте были особенно строги, так как этому шву в огневой коробке при толщине в 10 мм придается особенно ответственное значение, принимая во внимание деформации коробки, сопряженной с кожухом посредством связей. Сварка продольного шва производилась высококвалифицированными сварщиками из бригад ВОРЗ<sup>1</sup>а НКПС<sup>1</sup> при помощи электродов толщиной в 4 мм при силе тока в 180 амп. Сварной шов зачищался заподлицо в местах прилегания задней стенки, ухватного листа и задней решетки, после чего производилась окончательная постановка перечисленных деталей под клепку. Нагрев для обкладки делался газовой горелкой. Развертка отверстий пневматическими машинами производилась при помощи разверток диаметром в 22,7 мм. Плотность шва и точность отверстий проверялись теми же инструментами, что и для кожуха.

Клепка огневой коробки происходила вручную, что, естественно, несколько понизило качество клепки; однако применение специального способа последующей обчеканки швов дало вполне удовлетворительные результаты, как установлено годичной работой первого паровоза и пробой второго. Правка листов огневой коробки велась посредством ударов молота по приложенной к листу гладилке, при чем удары у сварного шва на расстоянии менее 250 мм безусловно запрещались.

## **ОПУСКАНИЕ ОГНЕВОЙ КОРОБКИ В КОЖУХ**

Для уточнения положения топочной рамы по топке и для проверки состояния шуровочных отверстий как в лобовом листе, так и в задней стенке, огневая коробка предварительно опускалась в кожух для подметки, при чем проверялись размеры между камерой догорания и стенками четвертого барабана, а также расстояние между потолками.

На первом паровозе при опускании огневой коробки была допущена ошибка: координация коробки относительно кожуха была произведена путем промера высоты паро-

<sup>1</sup> Под руководством инж. Силина и инж. Попко.



вого пространства; при этом сначала осталось незамеченным, что водяной промежуток между камерой догорания и нижней образующей четвертого барабана оказался равным 110 мм вместо чертежных 140. Это произошло вследствие некоторой эллиптичности конца четвертого барабана и не совсем точной установки камеры догорания по отношению к центру топки.

При помощи винтового распорного приспособления эллиптичность удалось уменьшить приблизительно на 10 мм. Затем путем некоторого подъема передней части коробки и опускания задней по отношению к топочной раме, удалось довести водяной промежуток до 134 мм. В виду того, что отверстия для заклепок в кожухе, топочной раме и коробке были просверлены до обнаружения указанной ошибки, их пришлось развертывать до диаметра в 26 мм вместо чертежного диаметра в 23 мм.

При постройке второго паровоза этот неприятный опыт был учтен, и водяной промежуток был соблюден почти точно (138 мм).

Сверловка через топочную раму низа огневой коробки производилась на двухколонном станке одновременно с двух сторон, и только через углы сверловки делалась одним шпинделем. Все отверстия сверлились диаметром в 22 мм. После просверловки отверстий огневая коробка снималась со станка и клалась боком на пол для нагрева и обладки углов к раме. Нагревание производилось специальной газовой горелкой с камерой смешивания, что дает более совершенное горение газа при более высокой температуре, достигающей до 1800°. Нагревание углов велось поочередно. Обладка производилась специальными гладилками и заканчивалась при температуре в 700—750°.

После проверки чистоты мест прилегания рамы и достаточности запиловки ласок лобового и ухватного листов кожух был поставлен на потолок, низом вверх.

Огневая коробка после исправления помеченных мест (шуровочного отверстия) бралась краном за раму и заводилась в кожух. В виду того, что огневая коробка при наличии камеры догорания во время заводки должна менять свое положение по отношению к кожуху для возможности прохода в четвертый барабан, она подвешивалась одновременно на двух лебедках, что вполне возможно сделать при помощи одного крана с двумя крюками. После многих попыток огневая коробка была вставлена в кожух, и тогда вновь была произведена проверка путем промеров расстояний между стенками, потолками и т. д. После проверки кожух вместе с огневой коробкой был опущен в канаву настолько, чтобы выступающая над полом часть его не превышала 1 м. Таким образом было получено наиболее удобное положение для производства тяжелых работ по обладке наружных углов и развертке всех отверстий по обвязочной раме. Отверстия развертывались наиболее длинными развертками диаметром в 22,7 мм; фактически диаметр отверстий был получен в 22,9 мм.

Клепка точеных заклепок диаметром в 22,5 мм велась при помощи гидравлического клепального пресса, с общим нажатием в 36 т, что дает около 9 т на 1 см<sup>2</sup>. Заклепки нагревались в газовом горне до температуры в 1000° и во время клепки выдерживались под давлением в течение 23 сек.

Во время обладки и клепки в кожухе и огневой коробке возникали деформации, иногда достигавшие значительных размеров и с трудом поддававшиеся исправлению; особые затруднения возникали в тех случаях, когда стенка огневой коробки и кожух имели выпуклости в одну сторону.

Не менее трудными для правки оказались лобовой лист и задняя стенка. Они были изготовлены вручную с некоторыми недостатками; однако правка была сделана, и шуровочное отверстие было подготовлено под заварку. Заварку шуровочного отверстия делали наиболее опытные сварщики электродами диаметром в 4 мм при силе тока в 120 амп.

## **НАРЕЗКА ОТВЕРСТИЙ В ПОТОЛКАХ И ПОСТАНОВКА АНКЕРНЫХ БОЛТОВ**

Нарезка отверстий в потолках для анкерных болтов производилась на колонно-сверлильном станке метчиками диаметром 29 × 28 мм. На том же станке производили и фрезеровку мест прилегания колпачков подвижных связей и анкерных болтов Тэта. Для удобства определения угла каждого продольного пята анкерных болтов развертка и нарезка велись вертикальными рядами.

При кожухе, поставленном вертикально лобовым листом на подвижной стол, высота колонн оказалась недостаточной для нарезки всех отверстий потолка. В связи с этим возникла необходимость переворачивать котел для постановки его на четвертый барабан. Как показал опыт, нарезка потолка на станке значительно замедляет процесс изготовления котла по сравнению с ручной нарезкой, так как последняя протекает одновременно с нарезкой отверстий для связей и постановкой связей. Однако, желая механизировать эту тяжелую работу, котельный цех все же применил данный способ как опыт для освоения нарезки потолка при постройке последующих котлов.

При развертывании и нарезке отверстий анкерных болтов, проходящих через шов потолка и четвертого барабана, выяснилось, что для них, вследствие значительного перекоса, необходимо оставлять припуски значительно больше обычных, при которых нарезка получалась неправильной. Это учтено и на следующих котлах, где в наружном потолке отверстия сверлятся только в 16 мм. В собранных кожухе и топке отверстия теперь досверливаются. В виду того, что анкерные болты, не радиально поставленные на сводчатом потолке огневой коробки, дают плохое прилегание цельнокованной головки болта, особенно для пятого и шестого рядов справа и слева, на последующих котлах поставлены болты с расклепкой как внутри, так и снаружи.

Все анкерные болты были нарезаны и подчищены гребенкой на токарном станке, а болты с цельноштампованной головкой были обработаны особенно тщательно, с образованием кольцевой выточки под головкой. Благодаря этому при нарезке и подчистке бурт под головкой, который должен давать кольцевое уплотнение, гарантирующее болт от пропусков во время работы котла, получался совершенно нетронутым.

Вворачивание болтов производилось тихой мощной пневматической сверильной машиной; болты же без головок вставлялись и вворачивались снаружи. Качество постановки проверялось, как и всегда, остукиванием выходящего конца. Выступающие длинные концы анкерных болтов пришлось срезать. Это производилось бензиновым резак-ом с последующей срезкой конца пневматической машиной; когда же излишек был невелик, применялась только пневматическая машина.

## **НАРЕЗКА ОТВЕРСТИЙ ДЛЯ СВЯЗЕЙ И ПОСТАНОВКА СВЯЗЕЙ**

По окончании нарезки потолка котел был передан под нарезку отверстий для боковых связей. В первую очередь делалась нарезка отверстий и постановка связей по 20 с каждой стороны; связи устанавливались равномерно по всей стенке для закрепления двух стенок, поставленных по линейке. В первую очередь велась нарезка отверстий для обыкновенных плоских распорных связей; производилась она электрическими машинами с карданной передачей с метчиками из углеродистой стали диаметром в 23,5 мм. Перед нарезкой отверстия развертывались для придания им полного соответствия между собой. Перед постановкой связей отверстия проверялись резьбовым калибром, а связи — кольцом.

Нарезка отверстий для связей Тэта производилась теми же инструментами и машинами, что и для жестких связей, но велась через направляющее кольцо, вставленное в отверстие кожуха, так как в кожухе имелись заранее просверленные отверстия диаметром в 36 мм. Обработка жестких связей происходила полностью на Луганском заводе, в то время как штамповка связей Тэта и изготовление втулок и крышек для них были полностью выполнены на Сормовском заводе. Недостающие комплекты связей Тэта в количестве около 100 штук были изготовлены на Луганском заводе. Сверловка контрольных отверстий на глубину в 45 мм сделана на горизонтально-сверильном станке, обточка всех связей — на токарном станке.

Нарезка связей диаметром в 22,8 мм была произведена гребенками. Разрез в головке связей Тэта для заворачивания производился специальной шарошкой, укрепленной на центрах; связь укреплялась на суппорте и подводилась к вращающейся шарошке.

Перед постановкой связей в камеру догорания свободно вставляются тяги лапчатых связей. Нарезанные связи после проверки вставляются в котел и вворачиваются пневматической машиной. Качество постановки проверяется остукиванием.

Постановка связей Тэта первоначально была неудовлетворительна, так как ввернутая связь ложилась на шаровую поверхность втулки одной стороной, и, таким образом,

штулка прилегала к отверстию неравномерно. Этот недостаток был исправлен дополнительной фрезеровкой мест прилегания штулок к листам.

По окончании постановки связей котел был перенесен на место клепки связей и положен на два стояка. Здесь происходила приварка штуцеров связей Тэта. Клепка жестких связей производилась пневматическим молотком (обязательно с поддержкой). Клепальная обжимка имела в центре хвостовик, обеспечивающий центральность ее ударов. При одноминутной продолжительности клепки головки связей отсутствие хвостовика способствовало бы затягиванию контрольного отверстия.

Связи Тэта при расклепке имели поддержку со специальным выступом в шаровой поверхности. Расклепка связей Тэта велась с большими предосторожностями, так как если при расклепке не пользоваться поддержкой, то нарезка в 10-миллиметровом листе огневой коробки оказывается недостаточной для создания прочного сопротивления ударам молотка. Расклепка анкерных болтов велась вручную, также с поддержкой и с окончательной осадкой головки ручной обжимкой. Во время клепки головок связей производились чеканка кожуха и обварка швов по углам рамы, задней стенки и ухватного листа огневой коробки обоих на 1000 мм от низа рамы. Обваривались также кромки лобового и ухватного листов кожуха топки.

### СУХОПАРНИК

В середине 1932 г. на котле второго паровоза ФД был поставлен цельноштампованный сухопарник; такой же сухопарник был отправлен и на Коломенский завод для постановки на котел паровоза ИС. Изготовлению сухопарника предшествовали проектирование штампов, их изготовление и обработка. Штампование после многих неудач дало удовлетворительные результаты, при чем обнаруженные после трех операций штампования незначительные дефекты одного сухопарника объясняются слабым нажатием гидравлического прессы в 400 т.

Изготовление цельноштампованного сухопарника производилось в СССР впервые, и удачное освоение этого процесса является крупным достижением в котельно-штамповочном деле.

После незначительной правки бурта сухопарник размечался под обрезку и сверловку отверстий по бурту и для шпилек. По бурту сверлились четыре отверстия для прикрепления к цилиндрической части. После проверки прилегания по цилиндрической части котел был поставлен на колонный станок с подвижным столом для сверловки отверстий сухопарника и цилиндрической части. После отделения сухопарника для очистки заусениц и проч. он был поставлен вторично для окончательной обладки по цилиндрической части. Нагревание горелками до 800—850° обеспечивало обладку 24-миллиметровой толщины бурта сухопарника. По проверке достаточной плотности прилегания к цилиндрической части сухопарник был снят с котла и передан к карусельному станку для выточки отверстия и проверки места прилегания уплотняющего кольца крышки сухопарника. После вторичной очистки поверхности прилегания цилиндрической части сухопарник в третий раз окончательно был поставлен на котел, и отверстия для заклепок были развернуты под клепку при помощи развертки диаметром в 28,7 мм. Клепка производилась на гидравлическом прессе с выдержкой давления в 30 секунд. Примененные здесь заклепки Шууха при гидравлическом испытании котла дефектов не показали.

На первом котле постройки 1931 г. сухопарник был сварной с фланцем, отбуртованным вручную.

Постановка тяжелой передней решетки производилась после клепки сухопарника. Ход работы был таким же, как и для тяжелой лобовой листа.

### ДЫМОВАЯ КАМЕРА

Сборка дымовой камеры происходила на заклепанной цилиндрической части. Задние концы листов цилиндрической части дымовой камеры были прикреплены непосредственно к первому барабану; другие же концы соединены с передним кольцом, изготовленным из углового железа.

Значительная по сравнению с Э<sup>м</sup> длина дымовой камеры требовала особенно внимательной проверки дымовой камеры совместно с цилиндрической частью; эта работа заняла около 5 часов, так как обнаруженный перекося с трудом поддавался исправлению.

Проверка производилась вертикально и горизонтально при поворачивании барабана на 90°.

После подметки и просверловки отверстий для заклепок дымовая камера сваривалась по трем швам и переднему кольцу, и уже после этого производилась приклейка дымовой камеры к первому барабану. После разметки окон для паровых труб производилась вырезка их бензиновым резаком.

## СОЕДИНЕНИЕ ЧАСТЕЙ КОТЛА

После очистки наждачным камнем мест прилегания швов третьего и четвертого барабанов цилиндрическая часть, поднятая мостовым краном, была соединена с кожухом, стоявшим на деревянных балках. Для более свободного соединения край четвертого барабана нагревался кольцевой горелкой; благодаря этому получались временное расширение и свободный ввод конца третьего барабана. Соединенный котел, закрепленный болтами и оправками, ставился на проверочную плиту, на которой заранее были установлены опоры лап и опора дымовой камеры.

Кроме самой плиты, котел проверялся натянутыми нитками, от которых опускались отвесы для проверки котла в горизонтальной плоскости. Котел дал на проверке вполне удовлетворительные результаты, что и было подтверждено паровозосборочным цехом, впоследствии опускавшим котел на паровозную раму. Фланец третьего конического барабана, отбуртованный вручную, естественно создавал плохое прилегание шва, что и заставило делать усиленную обкладку с нагревом швов.

Развертка отверстий была произведена при помощи пневматических машин развертками диаметром в 28,7 мм. Перед переноской котла на ролики для соединения он, кроме скрепления при помощи обычных сборочных болтов, был еще склепан 12 заклепками, поставленными в трех местах по 4 штуки; эта мера гарантировала прочность соединения, предохраняя от сдвигов при переноске, а также и при клепке одной из сторон.

Во время клепки соединения к нормальной бригаде клепальщиков был добавлен один молотобоец, что, несомненно, облегчило посадку заклепок диаметром в 28,4 мм. Цилиндрическая часть была склепана полностью путем поворачивания котла на роликах. Чеканка швов происходила после предварительной осадки кромки.

После клепки соединения происходила постановка лапчатых тяжей и лапчатых связей. Тяги лапчатых связей были поставлены до постановки распорных связей Тэта в виду того, что лапа не могла быть заведена, имея размеры большие, чем расстояние между связями. Просверленные стойки подмечались на третьем барабане, после чего сверлились отверстия, и стойки приклепывались внутри котла вручную вполупотай. Тяга вставлялась в отверстия стойки, и на выходящий конец навертывалась гайка с шаровым основанием. Нарезка отверстий в ухватном листе и лапе была затруднительна, так как лапа лежала свободно и до постановки связи могла свободно поворачиваться. Постановку лапчатых связей надо было делать особенно внимательно, так как при недосмотре возможна была постановка связей в ухват мимо лапы. Проверку производили со стороны цилиндрической части, освещая узкое место под камерой сгорания свечой на железном пруте.

## ПОСТАНОВКА ТРУБ И АРМАТУРЫ

В отверстия задней решетки были вставлены медные кольца толщиной в 2 мм, утопленные на 1 мм от кромки отверстия со стороны огня. Кольца развальцованы в хорошо очищенном отверстии решетки. Цельноотянутые дымогарные трубы диаметром в 57/51 мм, полученные из Днепропетровска с завода им. Ленина, были подкатаны в трубопрокатном отделе и отрезаны на длину 6030 мм, что дало увеличение против

чертежной длины на 8 мм. После зачистки концов по окружности и по торцу трубы были вставлены и завальцованы специально изготовленными вальцовками. Развальцовка была допущена после строгой проверки концов, выходящих в огневую коробку. Отбуртовка произведена в две операции, при чем был один случай лопания трубы. Особенные трудности представляла постановка четырех кипяtilьных труб, вследствие наличия втулок на резьбе, требовавших развальцовки и последующей обварки. Трубы, предварительно загнутые, подмечались по месту со стороны огневой коробки и обрезались до необходимой длины; концы их перед постановкой очищались. После этого трубы заводились снова и развальцовывались через втулку специальной вальцовкой.

## ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ

При гидравлическом испытании первые пропуски обнаружились у втулок связей Тэта. Эти пропуски не были неожиданными, так как теснота расположения 8 втулок по хватному листу затрудняла доступ к ним для варки.

Частичные пропуски были обнаружены в трубах, связях и анкерных болтах. Они были своевременно исправлены. Котел при пробном давлении в 20 ат в течение 5 минут потерял давление на 0,3 ат, что объяснялось видимым пропуском крышки сухопарника.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Для обработки деталей первого паровоза ФД в распоряжении паровозо-механического цеха Луганского завода было всего два месяца — с середины августа до середины октября 1931 г. Естественно, что при таком коротком сроке детали не могли обрабатываться при помощи кондукторов, шаблонов и других приспособлений, облегчающих и уточняющих производимую на станках работу.

Наметка технологического процесса проводилась мастерами цехов в неурочное время и имела в виду главным образом дать основания для работы ТНБ, и поэтому многие операции впоследствии пришлось изменять в порядке производственного маневрирования.

Специальные инструменты за недостатком времени заказывались в весьма ограниченном количестве; например, даже фрезеровку канавки ведущего дышла пришлось проводить без специальной фрезы, используя для этой цели фрезы, употребляемые при обработке деталей паровозов Э<sup>м</sup>.

Несмотря на это, намеченное технологическим процессом размещение деталей по наличным станкам оказалось вполне правильным. Поэтому мы считаем полезным дать краткое описание обработки некоторых деталей паровоза ФД, характеризующее работу паровозо-механического цеха.

Описание дано в виде обработочных карт. Детали, взятые для иллюстрации, являются в отношении обработки совершенно новыми. Так, например, букса и подшипники ведущей оси, поршневый диск, поршневые кольца, кулак, ведущее дышло, плавающая втулка, задняя цилиндрическая крышка, параллель и кулиса по обработке резко отличаются от таких же деталей паровозов Э<sup>м</sup>. В картах помещены: наименование операций, глубина резания, скорость резания в метрах в одну минуту, подача за один оборот или за один двойной ход (при строгании), время, затрачиваемое на выполнение данной операции на одной обрабатываемой детали, и время, затрачиваемое на паровоз.

Кроме того даны указания о типе, фирме и основных размерах станка.

Для постройки следующих паровозов весь технологический процесс в корне меняется, приближаясь по методам к процессу крупносерийного и, в отдельных случаях, — массового производства. В виду этого предложенное описание нельзя рассматривать как характеризующее производство паровозов ФД. Вместе с тем описание проведенного технологического процесса интересно, несмотря на его элементарность, так как все же он обеспечил выпуск первого паровоза ФД в весьма короткий срок.

I	№№ черте- жа и деталей	1п—330/1	II	Название деталей	Букса ведущей оси	III	Колич. штук на паровоз	IV	Материал	ЛСт1		
№№ операций	Описание операций	Число обрабо- таемых на станке деталей	Глубина резания в мм	Скорость резания в м/мин.	Подача на I оборот или 2 хода в мм	Время на пар- толот. время на партию		Тип, фирма и основные размеры станка	Мощность станка в л. с.	№ станка	Разряд работы	
						Время на шт.	Время на паровоз					
1	Разметка под обработку	1	—	—	—	—	2/17,5	4/35	Площадь плиты № 8—3100× × 1200 мм	Плита № 8	—	
2	Обточка на карусельном станке наружной стороны, прорезка ка- навок под заливку бронзой, под- резка внутренней стороны, рас- точка под подшипник и вырезка выточки для буртов подшипника	1	6—8	18	0,4	—	7/00	14/00	Токарно-карусельный. Фирма „Шисс-Дефриз“. Диаметр план- шайбы — 1000 мм. Наибольшее вертикальное перемещение по- перечины—600мм.Суппортов—2	388	—	
3	Строжка пазов для накладок (наличников)	4	1—14	15	0,8							2/40
4	Строжка скатов в бургах пазов	1	1—10	14	1,8	—	3/15	6/30	Продольно-строгальный. Фир- ма — „Крафен“. Расстояние от суппорта до стола — 1000 мм. Между стойками — 1100 мм. Площадь стола — 2400×920 мм	93	—	5,72
5	Долбление пазов для клиньев с двух сторон и плоскостей при- легания коробки	1	1—8	15,4	0,57	—	2/32	5/04	Долбежный. Фирма — „Гарт- ман“. Длина хода долбяка — 350 мм. Расстояние от реза до станины — 810 мм. Расстояние от резцовой головки до стола — 580 мм. Продольный ход стола — 770 мм. Вертикальный — 740 мм	89	—	1,9

№№ операций	Описание операций	Число одновременно обрабатываемых на станке деталей	Глубина резания в мм	Скорость резания в м/мин.	Подача на 1 оборот или 2 хода в мм	Подгот. время на партию			Тип, фирма и основные размеры станка	Мощность станка в л. с.	№ станка	Разряд работы
						Подгот. время	Время на шт.	Время на партию				
6	Фрезеровка гнезда для опоры рессоры	1	25—30	8,5	0,2	—	2/33	5/06	Вертикально-фрезерный. Фирма — «Крафенстаден». Расстояние от шпинделя головки до стола — 500 мм. Площадь стола — 1500 × 550 мм	4,5	103	—
7	Фрезеровка ушков под головки болтов и гаек	1	В чертеже обработка не указана			—	—	—	Вертикально-фрезерный. Фирма — «Смит-Ковентри». Расстояние от шпинделя головки до стола — 1200 мм. Расстояние от оси шпинделя до станины — 450 мм. Площадь стола — 2000 × 1000 мм	12,75	13	—
8	Заливка бронзой торцов	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	Слесарная обработка пазов и скосов в бургах пазов	—	—	—	—	—	1/00	2/00	—	—	—	—
10	Слесарная опилка пазов для клиньев	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	Слесарная разметка букв под сверление для крышек, поддерживающих болтов и ка- навок для смазки пазов	—	Совместно с операцией № 1			—	—	—	—	—	—	—
12	Сверление дыр и нарезка их для крышек, сверление дыр для поддерживающих болтов	1	—	—	—	—	1/33	3/06	Вертикально-сверлильный. Фирма — «Дресис Машин Тул». Расстояние от оси шпинделя до колонны — 905 мм. Вертикальный ход шпинделя — 257 мм. Наибольший диаметр сверления — 38 мм	1,65	282	—

№ операции	Описание операций	Число одновременно обрабатываемых на станке деталей	Глубина резания в мм	Скорость резания в м/мин.	Площадь на 1 оборот или 2 хода в мм	время, часы/минуты			Тип, фирма и основные размеры станка	Мощность станка в л. с.	№ станка	Разряд работы
						Полное время на партию	Время на шт.	Время на партию				
13	Фрезеровка канавок для смазки в пазах	1	В чертеже	обработка не указана					Шпоночно-фрезерный. Фирма — „Гартман“. Глубина фрезерования — 250 мм. Длина фрезерования — 180 мм. Площадь стола — 512 × 445 мм	5,3	137	—
14	Слесарная нарезка дыр для крышки масленки	—		Совместно с операцией № 2					—	—	—	—
15	Сверловка бусы по клиньям и нарезка для шпилек	—		Совместно с операцией № 12					Вертикально-сверлильный. Фирма — „Дресис Машин Тул“. Расстояние от конца шпинделя до плиты — 1020 мм. Расстояние от оси до колонны — 1350 мм. Вертикальный ход шпинделя — 400 мм. Наибольший диаметр сверления — 50 мм.	5,4	254	—
16	Прорубка канавок в буксе	—	Совместно с операциями № 9—10						—	—	—	—
17	Долбежка смазочной канавки в буксе	1	5—6	6	0,19	—	—/27	—/54	Долбежный. Фирма — „Гартман“. Длина хода долбачка — 350 мм. Расстояние от реза до станины — 810 мм. Расстояние от резового головки до стола — 580 мм. Продольный ход стола — 770 мм, поперечный — 740 мм	1,9	89	—



I	№№ чертежа и детали	1/П—330/2	II	Название деталей	Подшипник бусы ведущей оси	III	Количество штук на паровоз	2 шт.	IV	Материал	В л. с.	№ станка	Бронза спец.
№№ операций	Описание операций												
	Число одновременно обрабатываемых на станке деталей	Глубина резания в мм	Скорость резания в м/мин	Подача на 1 оборот или 2 хода в мм	Подгот. время на партию	Время на шт.	Время на паровоз	Тип, фирма и основные размеры станка					
1	1	—	—	—	—	—/57	1/54	Площадь плиты № 4—3000×1500 мм, площадь плиты № 5—3500×900 мм					
2	1	6—8	11	0,4	—	2/30	5/00	Токарно - карусельный. Фирма — „Шисс-Дефриз“. Диаметр планшайбы—1000 мм. Наибольш. вертикальн. перемещение поперечины — 600 мм. Суппорт — 2					
3	—	—	—	—	—	2/00	4/00	—					
4	1	1—10	14	0,7	—	—/26	—/52	Строгальный. Фирма — „Гартман“. Расстояние от резцовой головки до стола — 500 мм. Стол—700×500 мм					
5	1	—	—	—	—	—/14	—/28	Вертикально-сверильный. Характеристики см. в операци. № 8					
6	—	Совместно с операцией № 3											
7	—	—	—	—	—	—	—	Вертикально - сверильный. Фирма — „Дресис Машин Тул“.					
8	1	—	—	—	—	—	—	Расстояние от конца шпинделя до плиты—1485 мм. Расстояние от оси шпинделя до колонны — 905 мм. Вертикальный ход шпинделя—257 мм. Наибольший диаметр сверления — 38 мм					

№№ операций	Описание операций	Число обработываемых на станке деталей	Глубина резания в мм	Глубина резания в м/мин	Площадь на 1 оборот или 2 хода в мм	Подгот. время на партию	Время на шт.	Время на партию	Тип, фирма и основные размеры станка	Мощность станка в л. с.	№ станка	Разряд работы
9	Слесарная разметка под расточку	1	—	—	—	—	—/40	1/20	—	—	—	—
10	Расточка подшипников с буксами, подрезка торцов с двух сторон	1	6—8	20	0,5	—	3/30	7/00	Расточный. Фирма—„Буртон“. Диаметр расточки—400 мм. Диаметр точения—800 мм. Наибольший вертикальный ход шпинделя—500 мм	5,06	418	—
11	Слесарная разборка, разметка смазочных канавок в подшипнике и смазочных дыр	—	—	—	—	—	—/20	—/40	—	—	—	—
12	Фрезеровка смазочных канавок внутри подшипника	1	8—10	6,5	0,5	—	—/45	1/30	Шпоночно-фрезерный. Фирма—„Гартман“. Глубина фрезерования—250 мм. Длина фрезерования—180 мм. Ширина фрезерования—40 мм. Стол—512××445 мм	5,3	137	—
13	Слесарная прорубка канавок для смазки внутри подшипника											
14	Слесарная сборка подшипника	—	—	—	—	—	5,00	10,00	—	—	—	—
15	Шабровка буксовых подшипников с буксами по шейке оси на колесах по линейке и штык-массу	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

I	№№ черте- жа и деталей	1п—622а/1	II	Название деталей	Поршневой диск	III	Колич. штук на паровоз	2 шт.	IV	Материал	Мощность станка в л. с.	№ станка	Разряд работ			
№№ операций	Описание операций															
	Число одновре- менно обрабаты- ваемых на станке деталей	Глубина резания в мм	Скорость резания в м/мин	Подача на 1 обор. или 2 хода в мм	Подгот. время на партию	Время на шт. часы/минуты	Время на па- ровоз	Тип, фирма и основные размеры станка								
1	1	6—8	14	0,75	-	5/00	10/00	Токарно-карусельный. Фир- ма — „Шисс-Дефриз“. Диаметр планшайбы — 1000 мм. Вертик. перемещение поперечины — 600 мм. Суппортов — 2						5	388	16,6
2	1	6—8	14	0,75	-	5/00	10/00	То же						5	388	16,6
3	-	-	-	-	-	1/42	3/24	-						4	-	-
4	-	-	-	-	-	3/20	6/40	-						5	-	-
5	-	-	-	-	-	3/00	6/00	-						4	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-						4	-	-
7	1	3—4	18	0,35	-	6/00	12/00	Токарный. Фирма неизвестна. Расстояние между центрами — 4500 мм. Диаметр обработки над станиной—870 мм. Диаметр обработки над выемкой — 1300 мм						7	87	10,9

I	№№ черте- жа и деталей	Ип— 622a/4—5	II	Название деталей	Поршневые кольца			III	Колич. штук на паровоз	4 шт.	IV	Материал	ЧЛ2		
№№ операций	Описание операций			Число обрабаты- ваемых на станке деталей	Глубина резания в мм	Скорость резания в м/мин.	Подача на 1 оборот или 2 хода в мм	Подгот. время на партию	Время на шт.	Время на паровоз	Тип, фирма и основные размеры станка	Мощность станка в л. с.	№ станка	Разряд работы	
1	Грубая обточка и расточка из барабана и обрезка			7	4—5	18	0,4	—/03	—/32	2/08	Токарно-карусельный. Фир- ма — „Шисс-Дефриз“. Диаметр планшайбы — 1000 мм. Верти- кальное перемещение попере- чины — 600 мм. Суппортов — 2	16,6	388	4	
2	Разметка замка			—	—	—	—	—	—/2,7	—/10,8	Строгальный. Фирма — „О-во Спиринфильда“. Длина хода пол- зуна — 110 мм. Расстояние от кромки ползуна до стола — 400 мм.	—	—	5	
3	Строжка замка			1	7	6	0,3	13	—/07	—/56		2,245	234	4	
4	Припиловка замка			—	См. операцию № 8								—	—	—
5	Спайка замка			—	—	—	—	—	—/20	1/20	Токарно-карусельный. Фир- ма — „Шисс-Дефриз“. Диаметр планшайбы — 1000 мм. Верти- кальное перемещение попере- чины — 600 мм. Суппортов — 2	—	—	4	
6	Окончательная обточка			1	2—3	18	0,25	0/03	1/24	5/36		16,6	388	6	
7	Шлифовка			1	0,02	30	6,8	—/03	—/30	4/00	Круговой шлифовальный. Фирма — „Нортон“. Расстояние между центрами — 1700 мм. Диаметр наружной шлифовки — 250 мм. Диаметр шлифовального круга — 600 мм	7,7	374	4	
8	Слесарная постановка на пор- шень			—	—	—	—	—	1/00	8/00	—	—	—	5	

I	№№ черте- жа и деталей	1п—624а/1—2	II	Название деталей	Кулак			III	Колич штук на паровоз	2 шт.	IV	Материал	ЛСГ1
№№ операций	Описание операций	Число обрабо- танных на станке	Глубина резания в мм	Скорость резания в м/мин	Подача на 1 оборот или 2 хода в мм	Подгот. время на партию	Время на шт.	Время на паровоз	Тип, фирма и основные размеры станка	Мощность станка в л. с.	№ станка	Разряд работы	
													часы/минуты
1	Разметка под обработку	—	—	—	—	—	1/20	2/40	Площадь × 2400 мм	—	Плита № 6	6	
2	Строжка плоскостей под за- ливку баббитом	2	5—8	9,6	1,2	40	14/30	29/00	Продольно-строгальный. Фир- ма — „Белипп-Клуц“. Расстоя- ние от конца суппорта до стола— 1450 мм. Между стойками — 1500 мм. Площадь стола—4000 × × 1300 мм	26	454	6	
3	Сверловка отверстия под скалку	—	—	—	—	—	—/46	1/32	Вертикально - сверлильный. Фирма—„Рабома“. Расстояние от шпинделя до плиты — 2000 мм. Ход шпинделя — 550 мм. Наи- больший диаметр сверления — 75 мм	20	382	4	
4	Расточка дыр для валика и поршневой скалки на угольнике (особых приспособлений не было)	1	6—8	4,5	0,38	—	6/56	13/52	Токарный. Фирма—„Гартман“. Расстояние между центрами — 3000 мм. Диаметр обработки над станиной — 1200 мм, над выемкой — 1750 мм.	7,06	302	6	
5	Притирка по поршневой скалке	1	—	—	—	—	3/00	6/00	Токарный. Фирма неизвестна. Расстояние между центрами — 4500 мм. Диаметр обработки над станиной — 1200 мм, над выемкой — 1750 мм	10,9	87	6	

№№ операций	Описание операций	Число обработываемых на станке деталей	Глубина резания в мм	Скорость резания в м/мин.	Подача на 1 оборот или 2 хода в мм	часы/минуты			Тип, фирма и основные размеры станка	Мощность станка в л. с.	№ станка	Разряд работы
						Плотот. время на партию	Время на шт.	Время на паровоз				
6	Сверление дыр под заливку баббитом	—	—	—	—	—	—	—	Вертик.-сверильный. Фирма — "Райфанд". Расстояние от конца шпинделя до плиты — 1000 мм. Расстояние от оси шпинделя до колонны — 1500 мм. Наибольший диаметр сверления — 50 мм	8,2	523	4
7	Фрезеровка отверстия для клина	1	30+30	—	1	—	2/52	5/44	Шпоночно-фрезерный. Фирма — "Кендель и Джент". Глубина фрезерования — 100 мм, длина — 150 мм, ширина — 100 мм	8,8	611	4
8	Заливка баббитом	—	—	—	—	—	4/34	9/08	—	—	—	4
9	Слесарная разметка на поршневой скалке под строжку плоскостей	—	—	—	—	—	2/30	5/00	—	—	—	6
10	Строжка плоскостей, залитых баббитом	1	3—10	14,4	0,6	30	7/00	14/00	Продольно-строгальный. Фирма — "Белити-Клуц". Расстояние от конца суппорта до стола — 1450 мм. Между стойками — 1500 мм. Стол — 4000×1300 мм	26	454	6
11	Обсверловка кругом и дыр для смазки	—	—	—	—	—	1/24	2/48	См. операцию № 6	—	523	4
12	Слесарная принабровка по параллели и сборка (зазор между кулаком и параллелью доходил от 0,2 до 0,3 мм на сторону)	—	—	—	—	—	10/—	20/—	—	—	—	6

I	№№ черте- жа и деталей	1п—625а/1	II	Название деталей	Ведущее дышло	III	Колич. штук на паровоз	2 шт.	IV	Материал	Мощность станка в л. с.	№ станка	Стблов.
№№ операций	Описание операций	Число одновре- менно обрабаты- ваемых на станке деталей	Глубина резания в мм	Скорость резания в м/мин.	Подача на 1 оборот или 2 хода в мм	Подгот. время на партию	Время на шт.	Время на паровоз	Тип, фирма и основные размеры станка	Мощность станка в л. с.	№ станка	Разряд работы	
						часы/минуты	Воз						
1	Разметка под обработку	—	—	—	—	—	2/09	4/18	—	—	—	6	
2	Фрезеровка по плоскости с двух сторон по наметкам	2	7—3	12,5	1,3	—	7/00	14/00	Фрезерный. Фирма — „Смит Ковентри“. Расстояние от стола до оси шпинделя — 700 мм. Ход стола — 4600 мм. Стол — 3820 × × 1020 мм	20,5	258	5	
3	Разметка под сверление и фрезеровку	—	Время входит в операцию № 1					—	—	—	—	—	
4	Сверление и расточка	—	—	—	—	—	10/03	20/06	Сверлильный	5,22	132	4	
5	Фрезеровка кругом по кон- туру без копира по наметке	—	—	—	—	—	—	—	Фрезерный. Фирма — „Кендель и Джент“. Расстояние от суп- порта до стола — 700 мм; между стойками — 1500 мм. Стол — 3300 × 1000 мм	25	241	6	
6	Долбление рамки передней головки	2	6—10	8	0,2	—	3/30	7/00	Фрезерный. Фирма — „Рейнек- кер“. Горизонтальное переме- щение шпинделя каретки — 730 мм. Расстояние от стола до оси шпинделя — 550 мм. Стол — 1500 × 660 мм	15	440	6	
7	Расточка дыры в задней го- ловке	—	—	—	—	—	6/00	12/00	Расточный. Фирма — „Гарт- ман“. Диаметр расточки — 180 мм. Диаметр точения — 500 мм	3,9	135	—	

№ операции	Описание операций	Число одновременно обрабатываемых на станке деталей	Глубина резания в мм	Скорость резания в м/мин.	Подача на 1 оборот или 2 хода в мм	Подгот. время на партию	Время на шт.		Воз	Тип, фирма и основные размеры станка	Мощность станка в л. с.	№ станка	Разряд работы
							Время на шт.	Воз					
8	Фрезеровка продольного паза с двух сторон	2	42,5	18	0,3	—	08/00	16/00		Фрезерный. Фирма—, Рейнекер*. Расстояние от стола до шпинделя—940 мм. Ход стола—4100 мм. Стол 3740×450 мм	23,7	617	5
9	Вырезка на расточном станке канавки для смазки в задней головке	1	5	9	0,3	—	—/40	1/20		См. операцию 7	—	135	4
10	Сверловка и нарезка дыр для смазки	—	—	—	—	—	3/49	7/38		Сверлильный. Фирма — „Ас-квит“. Расстояние от оси шпинделя до стола — 2560 мм. Ход шпинделя — 350 мм. Диаметр сверления — 69 мм.	—	269	4
11	Запрессовка стальной втулки под давлением от 40 до 60 ат. Диаметр поршня в прессе 280 мм	—	—	—	—	—	—/40	1/20		—	—	Пресс 599	—
12	Шлифовка втулки	1	0,02	25	6,8	—/03	1/09	2/18		Шлифовальный. Фирма — „Фридрих-Шмальц“. Диаметр внутреннего шлифования — 250 мм. Диаметр шлифовального круга — 100 мм	3,15	381	5
13	Слесарная пригонка подшипников в переднюю головку и разметка под расточку	—	—	—	—	—	4/30	9/00		—	—	—	—
14	Расточка подшипников передней головки	1	5—6	13	0,45	—	1/31	3/02		Расточный. Фирма—, Крафен-Бротнерс*. Диаметр расточки—180 мм. Диаметр точения—500 мм	6,01	134	5
15	Слесарная сборка (припуск во втулке под запрессовку в дышло допущен от 0,2 до 0,3 мм)	—	Время входит в операцию № 11							—	—	—	—



I	№№ чертежа и деталей	1п—697/1-2	II	Название деталей	Плавящая втулка ведущего дышла	III	Количество штук на паровоз	2 шт.	IV	Материал	Мощность станка в л. с.	№ станка	Бронза спец.
№№ операций	Описание операций			Число обработанных деталей	Глубина резания в мм	Скорость резания в м/мин	Площадь на 1 оборот или 2 хода в мм	Подгот. время на партию часов/минуты	Время на шт.	Время на паровоз	Тип, фирма и основные размеры станка	Разряд работы	
1	Обточка в меру согласно чертежа за исключением внутреннего диаметра, который пускается с припуском под шлифовку от 0,4 мм по диаметру			1	6	18	0,45	—	4/04	8/08	Токарный. Фирма — „Ланге“. Расстояние между центрами — 2000 мм. Высота центров — 300 мм	309	4
2	Разметка под сверловку дет. 1			—	—	—	—	—	2/12	2/12	Площадь плиты — 3500 × 2400 мм	Пл. № 6	4
3	Разметка под сверловку дет. 2			—	—	—	—	—	1/50	1/50			
4	Сверловка смазочных дыр дет. 1			—	—	—	—	—	1/33	1/33	Вертик. - сверлильный. Фирма — „Нилес-Воркс“. Расстояние от конца шпинделя до плиты — 1350 мм. Расстояние от оси шпинделя до колонны — 380 мм. Ход шпинделя — 940 мм. Диаметр сверления — 20 мм	149	3
5	Сверловка смазочных дыр дет. 2			—	—	—	—	—	1/17	1/17			
6	Долбление прорезов			1	3	10	0,4	—/07	1/00	2/00	Долбежный. Фирма — „Шисс-Дефриз“. Ход долбяка — 560 мм. Расстояние от реза до станины — 1000 мм. Расстояние от резцовой головки до стола — 650 мм	604	3

I	№№ чертежа и деталей	1 п 611-а/1	II	Название деталей	Глубина резания в мм	Скорость резания в м/мин	Подача на 1 оборот или 2 хода в мм	Подгот. время на партию	Время на шт.	Время на паровоз	Количество штук на паровоз	2 шт.	IV	Материал	Мощность станка в л. с.	№ станка	ЛСТг
№№ операций	Описание операций																
1	Обточка цилиндрической части, входящей в цилиндр, притирочного места, расточка гнезда сальника и подрезка																
2	Обточка на карусельном станке внутренней фигуры для вредного пространства																
3	Просверловка дыр для шпилек																
4	Просверловка и обрезка отверстия для предохранительных клапанов																
5	Притирка по цилиндру																
6	Постановка на цилиндр и крепление гаек																

I	№№ чертежа и деталей	1п 635а/1, 2, 3, 4	II	Название деталей	Параллель			III	Количество штук на паровоз		IV	Материал	Ст5	Разряд работы		
№№ операций	Описание операций														№ станка	
	Число обработанных деталей на станке	Глубина резания в мм	Скорость резания в м/мин	Площадь на 1 оборот или 2 хода в мм	Подгот. время на партию	Время на шт.	Время на паровоз	Тип, фирма и основные размеры станка					Мощность станка в л. с.			
1	Продольная строгка кругом в меру согласно чертежа за исключением рабочих плоскостей, где был оставлен припуск 0,1 мм на сторону для слесарной шабровки	4	5—10	9,6	0,9	—/50	15/54	63/36	Продольно-строгальный. Фирма — „Шисс-Дефриз“. Расстояние от конца суппорта до стола — 1300 мм. Расстояние между стойками—1540 мм. Площадь стола—4000×1500 мм					—	625	5
2	Слесарная предварительная сборка, т. е. скрепление по месту планками под сверловку и фрезеровку	—	—	—	—	—	3/00	6/00	Вертикально - сверлильный. Фирма — „Райфанд“. Расстояние от конца шпинделя до или ты—1000 мм. Расстояние от оси шпинделя до колонны—1500 мм. Наибольший диаметр сверления — 50 мм					—	—	4
3	Сверление дыр для скрепления диаметром в 25 мм и развертка их на 26 мм	—	—	—	—	—	3/31	14/04	Вертикально-фрезерный. Фирма — „Кендель и Дженг“. Расстояние от шпиндельной головки до стола — 400 мм. Расстояние от оси шпинделя до станины — 490 мм. Площадь стола—3060×750 мм					8,2	523	4
4	Фрезеровка концов, вырезка одного конца, фрезеровка скоса, вырезка внутри для болтов	1	10—15	15,8	0,48	—	7/30	30/00						13,6	264	6
5	Слесарная разборка, шабровка и сборка	—	—	—	—	—	—	—	См. операцию 3					—	—	—
6	Сверление дыр для смазки	—	—	—	—	—	1/18	5/12						8,2	523	4
7	Слесарная разборка и шабровка кулака по параллели (эта операция входит в обработку кулака)	—	—	—	—	—	—	—						—	—	—
8	Сборка с кулаком	—	—	—	—	—	—	—						—	—	—

I	№№ чертежа и деталей	1 п 650-а/1-2	II	Название деталей	Кулиса	III	Количество штук на паровоз	2 шт.	IV	Материал	Ст2	
№№ операций	Описание операций	Число одновременно обрабатываемых на станке деталей	Глубина резания в мм	Скорость резания в м/мин	Подача на 1 оборот или 2 хода в мм	Подгот. время на партию	Время на паровоз		Тип, фирма и основные размеры станка	Мощность станка в л. с.	№ станка	Разряд работы
							Время на шт.	Время на паровоз				
1	Строжка боков с двух сторон	4	4—6	17,16	1,36	—/20	5/55	11/50	Продольно-строгальный. Фирма — „Битлер“. Расстояние от суппорта до стола—1000 мм; между стойками —1175 мм. Стол — 3500 × 900 мм	—	416	4
2	Сверление дыр под долбление радиального прореза	—	—	—	—	—	3/30	7/00	Вертикально - сверлильный. Фирма — „Райфанд“. Расстояние от конца шпинделя до плиты — 1000 мм. Расстояние от оси шпинделя до колонны—1500 мм. Диаметр сверления—50 мм.	8,2	523	4
3	Долбление радиального прореза	—	—	—	—	—	—	—	Долбежный. Фирма — „Шисс-Дефриз“. Ход долбняка—560 мм. Расстояние от резового головки до стола — 650 мм. Продольный ход стола—1250 мм, поперечный — 700 мм	—	604	—
4	Фрезеровка радиального прореза	1	85	145	0,095	—	3/06	6/12	Специально-фрезерный. Фирма — „Рейнекер“. Размер обрабатыв. детали: длина—1000 мм, ширина — 400 мм, высота — 300 мм	6,34	610	5
5	Фрезеровка по контуру	1	15—20	15,5	0,4	—	4/42	9/24	Вертикально-фрезерный. Фирма — „Вильгельм Муир“. Расстояние от шпиндельной головки до стола — 230 мм. Продольный ход стола — 1600 мм. Стол — 1500 × 700 мм	8,72	144	5
6	Сверловка всех дыр	—	—	—	—	—	4/02	8/04	См. операцию 2	8,2	523	4

№№ операций	Описание операций	Число основных- машин на станке	Глубина резания в мм	Скорость резания в м/мин	Поддача на 1 обо- рот или 2 хода в мм	Время на шт.			Воз	Тип, фирма и основные размеры станка	Мощность станка в л. с.	№ станка	Разряд работы
						Полное время на партию	Время на шт.	Время на пар- тию					
7	Цементация	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	Строжка пазов для шек	1	5—8	—	0,79	—/20	1/00	2/00	—	Строгальный. Фирма—„Гарт- ман“. Ход ползуна —510 мм. Стол —1390 X 530 мм	—	140	4
9	Сверловка дыр для болтов	—	—	—	—	—	—	—	—	См. операцию 2	—	523	—
10	Шлифовка по плоскости	1	0,03	30	0,03	—/03	2/02	4/04	—	Шлифовальный. Фирма — „Людвиг Леве“. Расстояние от шпинделя до стола —600 мм. Наибольший диаметр шлиф. круга —300 мм. Стол —1720 X X 400 мм	4,5	591	4
11	Шлифовка по радиусу	1	0,02	20	0,03	—/03	4/48	9/36	—	Шлифовальный. Фирма неиз- вестна. Диаметр наружной шли- фовки —100 мм, внутренней — 200 мм	3,04	447	5
12	Расточка дыры в хвостовике для втулки	1	4	4	0,3	—/07	1/12	2/24	—	Расточный. Фирма — „Крафен Бротнерс“. Диаметр расточки— 180 мм. Диаметр точения—500 мм	—	134	5
13	Слесарная пригонка кулисы и шек	—	—	—	—	—	1/15	5/00	—	—	—	—	5
14	Обточка шек в собранном виде с кулисой	1	6—8	9	0,4	—	4/30	9/00	—	Токарный. Фирма—„Гартман“. Расстояние между центрами — 3000 мм. Диаметр обработки над станной —1200 мм, над выем- кой —1750 мм	7,06	302	6
15	Слесарная запрессовка втулок на шее кулисы	—	—	—	—	—	—/15	1/00	—	—	—	—	5
16	Притирка кулисного камня плотно без просвета	—	—	—	—	—	—/30	1/00	—	—	—	—	5
17	Окончательная слесарная сбор- ка в сборном цехе	—	—	—	—	—	4/00	8/00	—	—	—	—	6

## СБОРОЧНЫЕ РАБОТЫ

Рама первого паровоза ФД поступила для сборки паровоза на Луганский паровозостроительный завод вместе с основными междурамными креплениями в собранном виде на сборочных болтах.

На заводе „Красное Сормово“, где рама изготовлялась, были закончены обработка рамных листов по плоскости и по контуру с пригонкой буксовых струнок и накладок, обработка всех основных междурамных креплений со сверловкой предварительных отверстий, а также обработка и сборка возвращающих устройств первой и пятой осей.

Несмотря на предварительную инспекторскую приемку этих деталей на Сормовском заводе, большинство отверстий все же было выполнено неудовлетворительно, так как имелись овалы и несовпадения в раме и креплениях. Из-за этого некоторые отверстия, овальность которых не могла быть выправлена последующей разверткой, пришлось заварить и вновь просверлить.

Сборка рамы паровоза ФД производилась на болванах обычного типа для полужесткой установки. Болваны были подведены в двух точках рамы, занимая буксовые вырезы второй и четвертой оси. Помимо этого опорой для передней части рамы служил домкрат обычного типа на общей балке с головками, имевшими вырезы соответственно толщине рамных листов.

Рамные листы при установке их на болван стягивались при помощи прутков с нарезанными концами. Пруток пропусклся через дыру в раме и одновременно сквозь расположенную между рамами трубчатую распорку с раздвижной муфтой; производилось стягивание рамных листов до упора в конце трубчатой распорки. Такое устройство позволяло как стягивать, так и разжимать в случае необходимости рамные листы на требуемую величину, конечно, в пределах возможного. Отступление от проектного размера не превышало 1 мм.

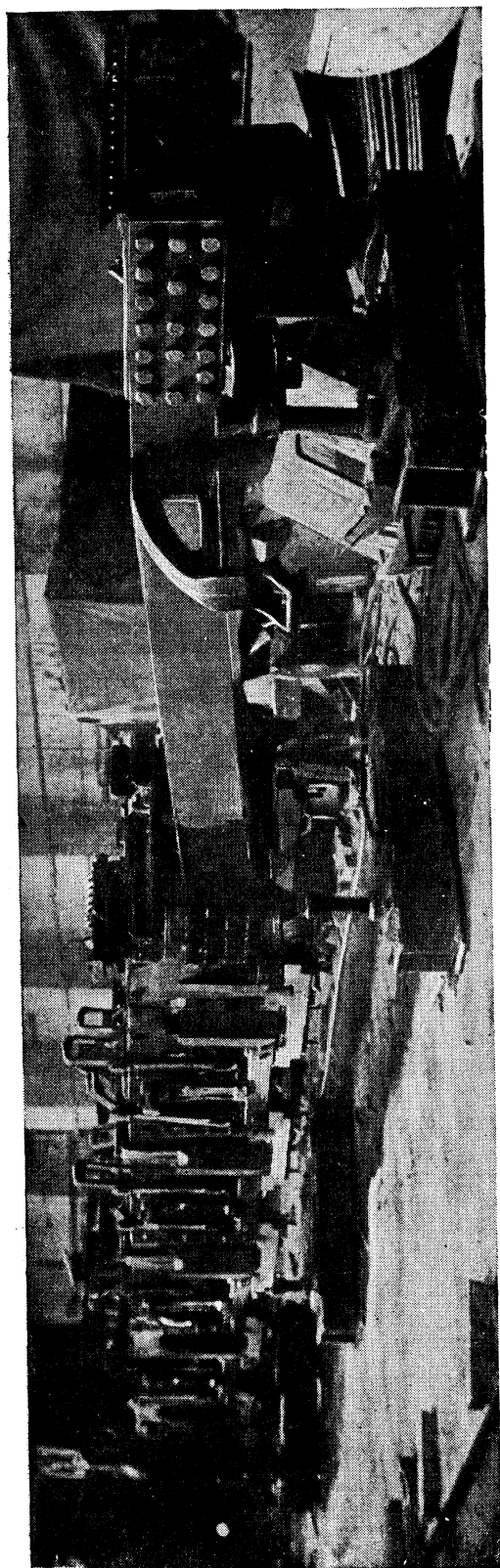
Постановка междурамных креплений производилась обычным порядком по ранее просверленным предварительным отверстиям с последующим прикреплением их к раме временными болтами. Затем рама подвергалась первичной проверке общеизвестным способом при помощи обычного проверочного инструмента.

Привалка хвостовика рамы была произведена после того, как основная рама прошла уже первичную проверку и находилась в стадии развертывания отверстий. Обработанные по плоскости и по контуру листы хвостовика рамы пригонялись в пазы основной рамы путем припиловки и шабровки плоскостей, при чем эта операция производилась на месте у основной рамы. Затем листы хвостовика закладывались в пазы и прихватывались при помощи струбцин. При этом переднюю торцевую кромку хвостовика рамы устанавливали точно по чертежу, руководствуясь расстоянием от кромки рамы до оси пятой колесной пары. Опорой для хвостовой части рамы служил обычный домкрат на общей балке, установленный по средней оси свободной горизонтальной площадки между стяжным ящиком и креплением под зольник. Проверка правильности установки листов хвостовика по отношению к основной раме велась при помощи нитки, линейки, крестового угольника и уровня.

Сверловка отверстий в хвостовиках по месту соединения их с основной рамой производилась по подметке. Разметка отверстий для соединения хвостовика со стяжным ящиком и креплением под зольник делалась непосредственно по чертежу. Отверстия выполнялись с припусками на последующую развертку до 3 мм. Таким образом, подметка отверстий у стяжного ящика и крепления под зольник была произведена по готовым отверстиям в хвостовиках рамы.

Установка консолей с опорными плитами под секторы задней тележки была выполнена следующим образом: консоли с предварительно просверленными отверстиями крепились к раме временными болтами и устанавливались точно по чертежу при помощи специально заготовленного крючка, определявшего положение консолей по отношению к ошкворню тележки. Для рассверловки и развертывания отверстий в раме применялся передвижной радиально-сверлильный станок „Асквит“.

Некоторые затруднения возникли при работах по развертке отверстий в междурамных креплениях, служащих одновременно опорами для кулисной балочки. Конфигурация и



Фиг. 695. Сборка рамы.

размеры этих креплений не позволяют применить для работы по разворачиванию отверстий станок „Асквит“, и поэтому работа была выполнена при помощи пневматической сверлильной машины путем подбора соответствующего диаметра и длины оправки.

Операция привалки цилиндров протекала следующим образом. Цилиндры спускались на рамы одновременно с междурамными креплениями и служили основными направлениями для рамных листов. Опущенные на рамы цилиндры при помощи клиньев подавались до упора в раму. При этом между привалочными плоскостями цилиндра и рамой наблюдались зазоры, и листы рамы устанавливались распоркой до плотного прилегания к привалочным поверхностям. В этом положении при помощи щупа определялась величина зазора между опорными плоскостями цилиндра и рамы, и проверкой по нитке устанавливалось положение цилиндра на раме. Проверка показала необходимость обработки рамных листов (опорных поверхностей) для обеспечения плотности прилегания, что и было проведено рубкой зубилом и припиловкой. Поверхность снималась глубиной от 4 мм до 0, от заднего конца к переднему.

В продольном направлении установка цилиндров велась по крючку, определявшему расстояние между притирочной поверхностью цилиндра по месту прилегания задней цилиндрической крышки и осью ведущего ската. В остальном была проведена обычная проверка.

Пригонка цилиндрических клиньев произведена после окончательной привалки цилиндров к раме, путем предварительного снятия по месту шаблона и обработки по нему клиньев.

При постановке буферного бруса возникли затруднения за невозможностью как развертки отверстий и забивки болтов для крепления кронштейна паровоздушного насоса к раме, так и развертки отверстий для укрепления нижних концов наклонных связей, соединяющих котел с рамой.

Эти затруднения конструктивного порядка были разрешены тем, что вместо предусмотренных по чертежу двух болтов для крепления кронштейна паровоздушного насоса было поставлено две шпильки, а в наружной стенке буферного бруса было просверлено несколько дополнительных отверстий.

Постановка параллелей проходила так: обработанная параллель подавалась в сборку для подметки отверстий по месту, для чего параллель укреплялась на раме при помощи скоб, изготовленных из полосы с оттянутыми и нарезанными концами. Укрепленная параллель устанавливалась по уровню в горизонтальной плоскости, затем проверялось совпадение оси параллели с осью цилиндра, после чего производилась наметка отверстий, и параллель снималась для сверловки.

Примерка котла к раме производилась при нахождении ее на болване.

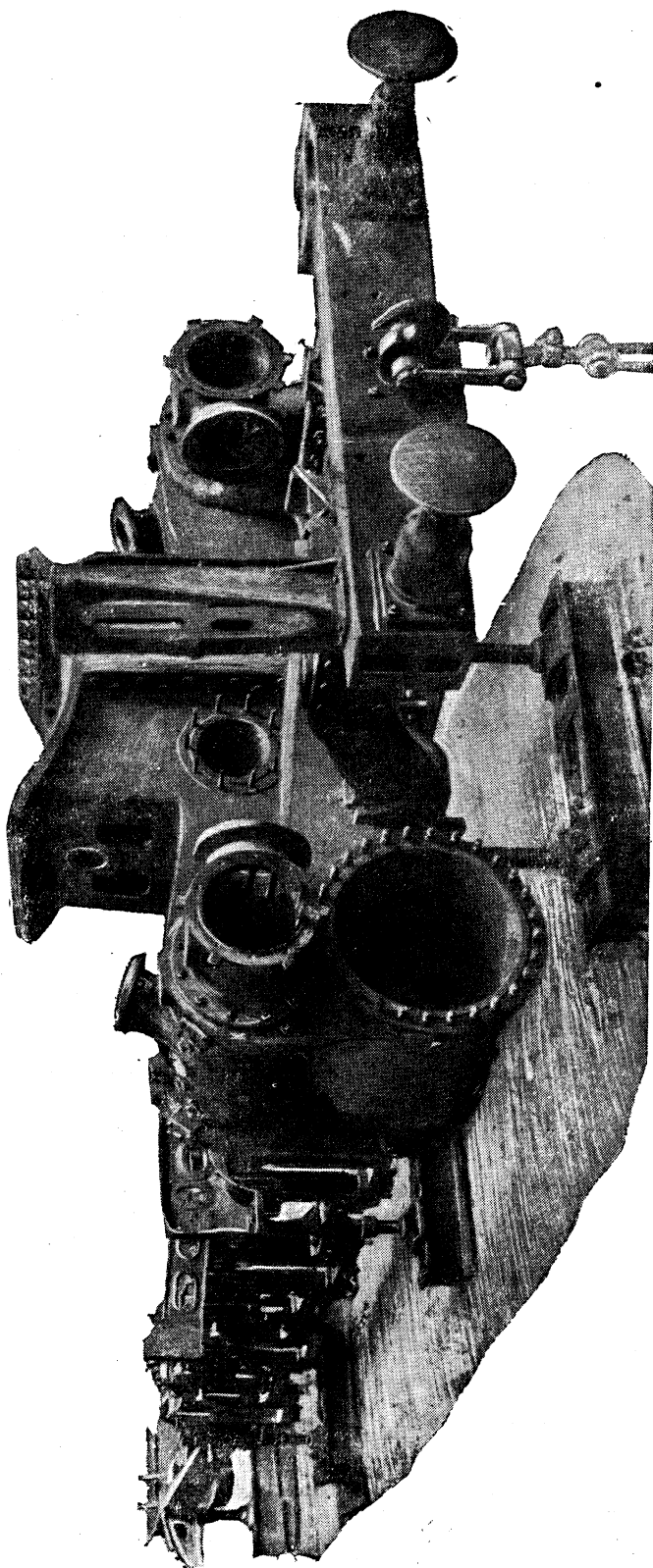
Подъемка котла производилась 25-тонными кранами. В целях сохранения колпачков подвижных связей в промежутки между рядами связей закладывались ранее подготовленные деревянные бруски, которые предотвращали возможность срыва колпачков канатом при подъемке котла.

Целый ряд работ по установке на котле арматуры и приводов производился параллельно с работами по сборке рамы.

Вся обсверловка котла выполнена вручную пневматическими машинами по предварительной разметке. Подметка котла по раме для сверловки произведена обычными приемами. Задняя опора котла подмечалась для сверловки непосредственно по котлу, когда последний был опущен на раму для закрепления.

Сборка настила под будку велась вне рамы, и настил был установлен на раму уже в собранном виде.

При первой установке пароперегревателя Элеско было выявлено несоответствие котла с комплектом пароперегревательных элементов, изготовленных в порядке коопера-



Фиг. 696. Постановка цилиндров

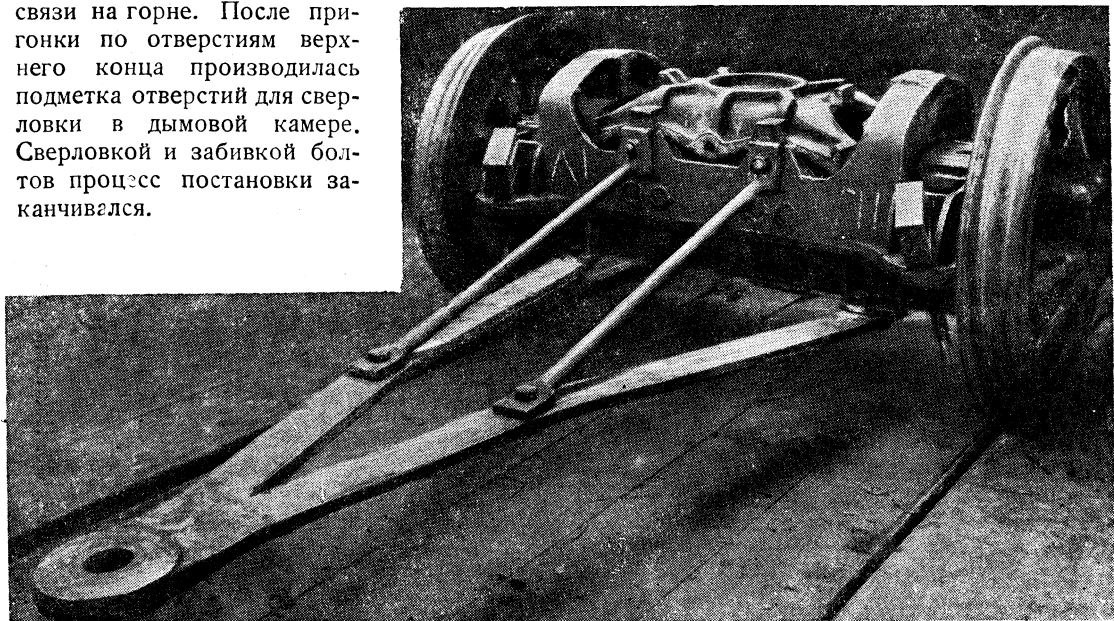


рования Сормовским заводом. Поставить элементы в котел оказалось невозможным, так как разбивка труб в решетке не соответствовала разбивке элементов, представляющей собой зеркальное изображение того, что было на котле. При несимметричной разбивке труб это обстоятельство делало невозможной постановку элементов в котел. Элементы были подвергнуты переделке путем переварки концов согласно разбивке труб в котле.

Установка конуса и дымовой трубы проведена обычным способом.

Дверка дымовой камеры собиралась отдельным узлом и уже в собранном виде была укреплена на дымовой камере.

Следует отметить процесс сборки наклонных связей для скрепления дымовой камеры с рамой. Наклонная связь подавалась на сборку с простроганным по разметке нижним концом. Отверстия в нем подмечались по месту, и после сверловки наклонная связь укреплялась нижним концом для предварительной пригонки верхнего конца по дымовой камере. Затем обрабатывался (долбежкой) верхний конец, и наклонная связь снова подавалась на сборку, где кузнецы производили окончательную пригонку верхнего конца по дымовой камере с нагревом связи на горне. После пригонки по отверстиям верхнего конца производилась подметка отверстий для сверловки в дымовой камере. Сверловкой и забивкой болтов процесс постановки заканчивался.



Фиг. 697. Передняя тележка.

Проверка парораспределительного механизма производилась буксовкой паровоза вручную. Имеющееся для этой цели специальное приспособление не было использовано в виду загроможденности цеха.

По парораспределительному механизму необходимо отметить трудность разворачивания отверстий в кронштейнах переводного вала при установке последних на кулисную балку. Конструкция этих деталей затрудняет установку пневматической машинки для сверловки дыр.

Подкатка тележек происходила в следующем порядке. Собранная задняя тележка подводилась на свое место, когда рама была уже подготовлена для навески рессор. Затем задняя тележка соединялась с основной рамой, с помощью крана устанавливалась рессора задней тележки; затем натягивались передние концы продольных балансиров задней тележки и соединялись с подвесками заднего поперечного балансира, связав таким образом всю первую группу рессорного подвешивания.

Опыт подкатки передней тележки выявил необходимость указания в чертежах обязательной обработки некоторых деталей; отсутствие этих указаний создало при подкатке передней тележки задержку в работе, вследствие невозможности соединить тележку с ра-

мой, так как обработка места под головку шкворня в стакане произведена не была, шкворень вследствие этого оказался коротким, и забить чеку в отверстие не представлялось возможным. Путем расточки места под головку шкворня в стакане по месту на расточном станке и соответствующего расширения окна в стакане для прохода переднего конца продольного балансира была получена возможность соединения передней тележки с рамой. После этого при помощи крана задний конец продольного балансира передней тележки был натянут и соединен с подвеской переднего поперечного балансира. Таким образом и вторая группа рессорного подвешивания была приведена в рабочее положение, после чего прокладки между рамой и буксами были удалены.

Постановка площадок, подметка и опускание будки машиниста и целый ряд других работ протекали без особых осложнений.

Разметка листов обшивки котла произведена при нахождении котла в сборке на домкратах.

Таким образом, паровоз, поступив на изоляцию после обкатки, был уже подготовлен к обшивке. Время нахождения паровоза на обшивке было сокращено до  $1\frac{1}{2}$  смен вместо предусмотренных графиком двух смен.

Интересным моментом сборки явилась работа по перестановке неправильно установленного рессорного балансира. Для снятия с балансира нагрузки были изготовлены из полосового железа скобы с оттянутыми и нарезанными концами. Скобы пропускались через раму, захватывали концы рессоры, оттягивались книзу и таким образом разгружали балансир. Операция произведена без помощи мостового крана.

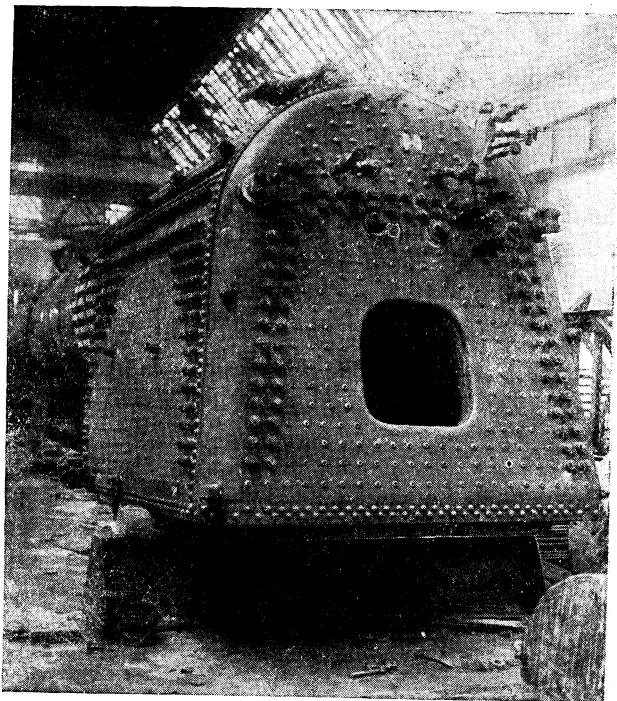
В части режущего инструмента для сборки доминирующее значение имели развертки. Для работ по паровозу ФД своевременно был заказан комплект разверток диаметром 24—33—36 мм с градацией от указанных размеров в сторону увеличения и уменьшения. Преобладающее количество было изготовлено из инструментальной углеродистой стали и лишь небольшое количество — из рапидной.

При изготовлении батареи водоподогревателя предусмотренные по чертежу канавки для уплотнения концов трубок в решетке не выполнялись. Это было вызвано непригодностью обрабатывавшего их цеха.

Запроектированные приспособления для развальцовки концов труб в решетках вполне оправдали свое назначение.

Гидравлическое испытание батареи водоподогревателя на 30 ат прошло удовлетворительно. Расположение труб и арматуры водоподогревателя произведено заводом по месту с некоторым отступлением от первоначально полученных чертежей.

Обработка паровоза показала удовлетворительное качество сборки: понадобился осмотр лишь одной буксы пятой сцепной оси, остальные части шли благополучно. Последующие поездки показали, что буксы сцепных осей с подшипниками из бронзы (без баббитовой заливки) работали неудовлетворительно, и их впоследствии пришлось заменить другими подшипниками из обычной бронзы № 4 с баббитовой заливкой. Буксы с такими подшипниками работают, как показал опыт, вполне удовлетворительно.



Фиг. 698. Котел перед сборкой.

# ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ОСНОВНЫЕ МЕТАЛЛЫ, УПОТРЕБЛЯЕМЫЕ В ПАРОВОЗАХ ФД

В настоящем приложении приводится чисто справочный материал — дана сводка общесоюзных стандартов и технических условий НКПС (где стандарты еще не утверждены) на ходовые металлы, употребляемые в локомотивостроении вообще и в частности при постройке паровозов ФД. Специальные материалы, примененные в паровозе ФД, оговорены в описаниях конструкций соответствующих деталей.

Здесь нами даны только основные показатели характеристик материала и выпущены все указания технических условий, нужные главным образом для приемки (напр. о шлаковинах, трещинах, количестве проб и т. д.).

## СТАЛЬ ПРОКАТНАЯ УГЛЕРОДИСТАЯ

ОСТ 4125 (выдержка).

**Классификация.** Настоящий стандарт распространяется на углеродистую прокатную сталь обыкновенную без определенных требований в отношении химического состава (см. табл. 159).

ТАБЛИЦА 159

Сталь прокатная углеродистая

Условное обозначение (марки стали)	Временное сопротивление $\sigma_b$ кг/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение в %		Загиб в холодном состоянии на 180°  толщина оправки $d$ при толщине образца $a$	Основные виды изготовляемого проката				
		для длинного нормального или порционного образца $\delta_{10}$	для короткого нормального или порционного образца $\delta_5$		обжатая болванка и заготовка	круглый, квадратный, полосовый	фасонный	широк.-полосный (универсальный)	листовой
Ст0	—	—	—	$d=2a$	+	+	+	+	+
Ст1 норм	32 до 40	28	33	$d=0$	+	+			
Ст2 { норм пониж	34 до 42 {	26	31	$d=0$	+	+			+
		23	27		+	+			+
Ст3 { пов норм пониж	38 до 45 {	24	28	$d=0$		для заклеп.			
		22	26	$d=0,5a$	+				
		19	23	$d=a$	+	+	+	+	+
Ст4 { норм пониж	42 до 50 {	20	24	$d=2a$	+	+	+	+	+
		16	20		+	+	+	+	+
Ст5 { пов норм пониж	50 до 60 {	18	22	$d=2a$	+	+	+	+	+
		16	20	$d=3a$	+	+	+	+	+
		14	17	—	+	+	+	+	+
Ст6 { норм пониж	60 до 70 {	12	14	—	+	+			
		10	12	—	+	+			

## СТАЛЬ ПРОКАТНАЯ ДЛЯ ЗАКЛЕПОК

ОСТ 4129 (выдержка)

**Классификация.** Стальные прутки для заклепок изготавливаются согласно указанию заказа нижеследующих марок: Ст2норм, Ст3норм, Ст3пов, сталь типа Ст4 с  $\sigma_b$  от 41 до 47 кг/мм<sup>2</sup>.

**Технические условия.** Результаты испытаний образцов стали должны соответствовать нормам, приведенным в таблице 160.

**ТАБЛИЦА 160**

## Сталь прокатная для заклепок

Марки стали	Испытание на растяжение		Проба на незакаливаемость изгибом на 180° по ГОСТ 1684	Проба на осадку в холодном состоянии по ГОСТ 1686	Проба на образование головки и на распушивание
	Временное сопротивление $\sigma_b$ кг/мм <sup>2</sup>	Относит. удлинение $\delta_{10}$ в %	Толщина оправки $d$ при толщине образца $a$	$x = \frac{h_1}{h}$	
Ст2норм . .	34 до 42	26	$d = 0$	0,4	Головка в холодном состоянии распушивается до тех пор, пока ее диаметр делается в 2,5 раза больше диаметра стержня
Ст3пов . . .	38 до 45	24	$d = 0$	0,4	
Ст3норм . .	38 до 45	22	$d = 0,5a$	0,5	
Ст типа 4 .	41 до 47	23	$d = 0,5a$	0,75	

Примечания: 1. Для стали типа Ст4 с временным сопротивлением от 41 до 47 кг/мм<sup>2</sup> пробы на осадку в холодном состоянии и на образование и расплющивание головки могут быть заменены, по требованию заказчика, пробой на осадку в нагретом состоянии до 0,33 h.

2. Допускается в виде исключения повышение величины временного сопротивления на  $2 \text{ кг/мм}^2$  против установленных норм при удовлетворительности относительного удлинения и технологических проб.

Проба на незакаливаемость прутков диаметром больше 30 мм производится:

для марки Ст2 вокруг оправки диаметром равным толщине образца

дв. марш	3	допуска	сравки	диаметром	равным	толщине	образца
"	"	4	( $\sigma_b = 41$ до 47)	"	"	двойной	толщине образца

## СТАЛЬ ПРОКАТНАЯ ДЛЯ КОТЕЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ И АНКЕРОВ

ОСТ 4130 (выдержка)

**Классификация.** Прутки для котельных связей и анкеров изготавливаются согласно указанию заказа нижеследующих марок: Ст1норм, Ст2норм, сталь типа Ст4,σ<sub>b</sub> от 41 до 47 кг/мм².

**Технические условия.** Результаты испытаний образцов стали должны соответствовать нормам, приведенным в таблице 161.

## СТАЛЬ КОТЕЛЬНАЯ

ОСТ 4133 (выдержка)

Настоящий стандарт распространяется на листовую сталь толщиной в 8 мм и выше, употребляемую для изготовления котлов давлением не выше 22 ат за исключением топок и их частей.

**Классификация.** Котельная сталь изготавливается согласно указанию заказа из мар-  
теновского металла следующих марок: Ст2норм, Ст3норм и Ст4норм.

**Технические условия.** Содержание серы и фосфора не должно превышать в отдельности для каждого элемента 0,05%.

## Сталь прокатная для котельных связей и анкеров

Марки стали	Испытание на растяжение		Проба на незакаливаемость загибом на 180° по ОСТ 1684	Проба на осадку в холодном состоянии по ОСТ 1686
	Временное сопротивление $\sigma_b$ кг/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение в %		
		Длинный образец $\delta_{10}$	Толщина оправки $d$ при толщине образца $a$	$x = \frac{h_1}{h}$
Ст1норм . . . . .	32 до 40	28	$d = 0$	0,3
Ст2норм . . . . .	34 до 42	26	$d = 0$	0,4
Ст типа 4 . . . . .	41 до 47	23	$d = 1,5a$	0,75

Примечание. Допускается в виде исключения повышение величины временного сопротивления против установленных норм на 2 кг/мм<sup>2</sup> при условии удовлетворительности относительного удлинения и технологических проб.

Проба на незакаливаемость прутков диаметром свыше 30 мм производится:

для Ст1норм и для Ст2норм — вокруг оправки толщиной  $d = a$ ,

„ стали типа Ст4 с  $\sigma_b = 41 - 47$  кг/мм<sup>2</sup> — вокруг оправки толщиной  $d = 2a$ .

Результаты испытаний образцов стали должны соответствовать нормам, приведенным в таблице 162.

ТАБЛИЦА 162

## Сталь котельная

Марка стали	Испытание на растяжение		Проба на загиб в холодном состоянии на 180° по ОСТ 1683	Проба на незакаливаемость загибом на 180° по ОСТ 1684	Проба на излом
	Временное сопротивление $\sigma_b$ кг/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение в %			
		Длинный образец $\delta_{10}$	Толщина оправки $d$ при толщине образца $a$	Толщина оправки $d$ при толщине образца $a$	
Ст2норм	34 до 42	26	$d = 0$	$d = 0$	Испытуемый образец надрубается зубилом по кромке и разламывается. Листы должны иметь мелкозернистую структуру, не должно наблюдаться расслоений и волосовин от несварившихся газовых пузырей длиной 20 мм и более
Ст3норм	38 до 45	22	$d = 0,5a$	$d = a$	
Ст4норм	42 до 50	20	$d = 1,5a$	$d = 2a$	

Примечания: 1. Допускается повышение временного сопротивления против вышеуказанного на 2 кг/мм<sup>2</sup> при удовлетворительности относительного удлинения и технологических проб.

2. Допускается для листов толщиной свыше 25 мм марки Ст2норм понижение величины временного сопротивления на 1 кг/мм<sup>2</sup>, т. е. до 33 кг/мм<sup>2</sup>.

3. При толщинах более 20 мм допускается понижение относительного удлинения на 0,25% (абсолютных) на каждый миллиметр увеличения толщины свыше 20 мм.

4. При испытании на холодный загиб материала толщиной более 30 мм, диаметр оправки против показанных в таблице значений увеличивается на одну толщину (1а).

5. Проба на незакаливаемость листов толще 30 мм производится вокруг оправки диаметром равным: для Ст2— $d = a$ , для Ст3— $d = 2a$ , для Ст4— $d = 3a$ .

**СТАЛЬ ТОПОЧНАЯ**

ОСТ 4134 (выдержка)

Настоящий стандарт распространяется на листовую сталь толщиной 8 мм и выше, употребляемую для изготовления топок паровозов или для другого аналогичного назначения.

**Технические условия.** Топочная сталь изготавливается из мартеновского металла марки типа Ст2 с временным сопротивлением 33—42 кг/мм<sup>2</sup> и относительным удлинением  $\delta_{10}$  не менее 26%.

**Примечание.** Для листов толщиной больше 20 мм допускается понижение относительного удлинения на 0,3% (абсолютных) на каждый миллиметр увеличения толщины свыше 20 мм.

Содержание серы и фосфора не должно превышать в отдельности для каждого элемента 0,04%.

Топочные листы, оконченные прокаткой при температуре ниже 850° по поверхности листа, подвергаются отжигу индивидуально или в пачках не толще 80 мм.

**Примечание.** Отжиг листов, предназначенных для горячей штамповки, может не производиться.

Нагревание при отжиге должно производиться выше верхней критической точки ( $A_{c3}$ ) не менее, чем на 30° Ц, при равномерном прогреве всего листа. Охлаждаются листы на воздухе, каждый в отдельности.

Сталь должна выдерживать пробу на загиб вплотную в холодном состоянии.

В случае оговоренности в заказе, сталь должна выдерживать пробу на свариваемость загибом на 180° вокруг оправки диаметром, равным двойной толщине листа.

**ЖЕЛЕЗО ГАЕЧНОЕ ФОСФОРИСТОЕ**

ОСТ 4119 (выдержка)

Настоящий стандарт распространяется на гаечное фосфористое железо, применяемое для штамповки гаек горячим способом.

**Технические условия.** Гаечное железо должно соответствовать следующему химическому составу.

C %	Mn %	P %	S %	Si %
0,08—0,1	≥ 0,55	0,25—0,35	≥ 0,06	Следы

**БАНДАЖИ ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ДЛЯ ПАРОВОЗОВ, ТЕНДЕРОВ И ВАГОНОВ Ж. Д. ШИРСКОЙ КОЛЕИ**

ОСТ 5094 (выдержка)

Данный стандарт распространяется на бандажи паровозные, тендерные и вагонные всех размеров и профилей в черном и чистом виде.

**Классификация.** Бандажи изготавливаются двух марок (см. табл. 163)

ТАБЛИЦА 163

Сталь бандажная

Марка бандажа	Размеры бандажа	Временное сопротивление на разрыв кг/мм <sup>2</sup> ≤	Удлинение образца в %	Относительное сужение образца в шейке в %
			при $l = 4d$	
1	Для бандажей с внутренним диаметром, равным или большим 1690 мм (в черном виде) . . . . .	73	≥ 13	≥ 16
2	Для бандажей с внутренним диаметром менее 1690 мм (в черном виде) . . . . .	80	≥ 10	≥ 14

**Технические условия.** Бандажи должны быть изготовлены ковкой или прессовкой и прокаткой из мартеновской стали и соответствовать размерному стандарту на бандажи.

Нормы химического состава стали и методы производства устанавливаются по соглашению между заводами и заказчиком и проводятся в жизнь в порядке заводских стандартов. Содержание серы и фосфора в стали не должно превышать 0,05% для каждого из этих элементов в отдельности. Бандажи, не удовлетворяющие нормам химического состава, бракуются.

Бандажи должны быть твердыми и не хрупкими и иметь временное сопротивление растяжению соответственно величинам, указанным в разделе А. Бандажи должны давать при осаживании их повторными ударами бабой весом, равным или более 1000 кг, стрелу прогиба не менее получаемой по формуле:

$$f = 0,75 \frac{D}{\sigma_b},$$

где:  $D$  — наружный диаметр бандажа в миллиметрах,

$\sigma_b$  — временное сопротивление растяжению соответствующей заказу марки бандажа (кг/мм<sup>2</sup>),

$f$  — стрела прогиба в процентах от внутреннего диаметра бандажа.

Высота падения бабы вычисляется по работе одного удара, определяемой по формуле:

$$Q \geq 15 g,$$

где:  $Q$  — работа одного удара в кгм,

$g$  — действительный вес испытуемого бандажа в кг.

Число ударов для доведения стрелы прогиба до требуемых величин не нормируется, но фиксируется в акте испытания. Одновременно фиксируется и величина работы одного удара бабы. При этом испытании бандажи не должны обнаруживать каких-либо трещин, надрывов и других признаков разрушения.

До предъявления к приемке каждый бандаж бринеллируется по боковой поверхности со стороны гребня на площадке с удаленным поверхностным слоем металла на глубину 5 мм.

Диаметр отпечатка должен выбиваться на бандажах в пределах указанной площадки. Нормы твердости не устанавливаются, и определение числа Бринелли делается только с целью предоставить возможность подбирать бандажи по твердости.

## СТАЛЬ ПЛОСКАЯ РЕССОРНАЯ ДЛЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

ОСТ 971 (выдержка).

**Технические условия.** Рессорная сталь для транспорта должна соответствовать одной из четырех марок (см. табл. 164).

Сталь рессорная

ТАБЛИЦА 164

Марка	Расчетное напряжение при изгибе стали после закалки и отпуска кг/мм <sup>2</sup>	Примерное назначение
А	95	Рессоры товарных вагонов
В	100	Рессоры паровозов и тендеров
Б	110	Рессоры пассажирских вагонов
Г	125	Рессоры высокого качества

Примечание. Заказ на сталь марок В и Г может быть выдан только при наличии особого согласия поставщика.

Временное сопротивление стали на разрыв после нормального отжига образца должно быть не менее 70 кг/мм<sup>2</sup>.

После закалки и отпуска рессорная сталь должна обладать при изгибе упругостью, допускающей напряжение согласно марке стали, и должна не давать остающегося прогиба и не иметь трещин, надрывов и изгибов. Груз при испытании на изгиб определяется по формуле:

$$P = \frac{2Rab^3}{3l},$$

где:  $P$  — вес груза в кг,

$a$  — ширина полосы в мм,

$b$  — толщина полосы в мм,

$R$  — расчетное напряжение, соответственно марке стали, в кг/мм<sup>2</sup>,

$l$  — расстояние между опорами (не менее 600 мм).

### ТРУБЫ ДЫМОГАРНЫЕ И ЖАРОВЫЕ ЦЕЛЬНО-ТЯНУТЫЕ ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ДЛЯ ПАРОВОЗОВ ШИРОКОЙ КОЛЕИ

ОСТ 4735 (выдержка).

**Технические условия.** Дымогарные и жаровые трубы изготавливаются из мартеновской стали.

Временное сопротивление стали на разрыв должно быть равным 32—42 кг/мм<sup>2</sup>, и относительное удлинение  $\geq 24\%$  при расчетной длине образца  $l = 11,3\sqrt{F}$ , где  $F$  — площадь поперечного сечения образца.

**Примечание.** Образец вырезается из трубы в холодном состоянии, в продольном направлении, выпрямляется в нагретом до красно-вишневого цвета состоянии под прессом. После полного остывания образец должен быть подвергнут нормализации.

Содержание фосфора и серы не должно быть более 0,04% для каждого из этих элементов в отдельности и в сумме не более 0,07. Содержание углерода должно быть не выше 0,15.

Размеры труб должны соответствовать условиям заказа в пределах следующих допусков:

по длине трубы . . . . .	+ 5 мм
„ наружному диаметру . . . . .	+ 1%
„ толщине стенки . . . . .	+ 15% или — 10%
„ наибольшей разности двух размеров толщины стенки, измеренной в одном и том же поперечном сечении (от толщины стенки) . . . . .	10%
„ овальности наружного диаметра . . . . .	1%

Вес труб не должен отклоняться от теоретического веса, исчисленного при принятии удельного веса металла равным 7,85, более чем на + 10% или — 5%.

Все трубы должны быть испытаны заводом гидравлическим давлением на 30 ат. Трубы не должны обнаруживать течи и пористости.

При испытании труб на раздачу и бортование в холодном состоянии, в соответствии с ОСТ 1689 и 1691, трубы не должны давать трещин, расслоений и надрывов.

**Правила приемки.** При приемке трубы подвергаются следующим испытаниям:

- 1) наружному осмотру и обмеру,
- 2) взвешиванию,
- 3) испытанию гидравлическим давлением,
- 4) испытанию на растяжение,
- 5) пробе на раздачу,
- 6) пробе на бортование (после обжатия) в соответствии с ОСТ 2607 и 2608,
- 7) пробе на свариваемость.



Проба на раздачу труб производится соответственно ОСТ 1689 в холодном состоянии до увеличения наружного диаметра до 6%.

Проба на бортование труб производится соответственно ОСТ 1691 в холодном состоянии, при чем для труб диаметром от 50 до 60 мм фланец должен иметь ширину не менее 8 мм, для труб диаметром от 34 до 49 мм включительно — фланец должен быть не менее 6 мм, а трубы диаметром менее 34 мм на бортование не испытываются.

Для труб диаметром более 60 мм ширина фланца должна быть увеличена на 1,25 мм на каждые 10 мм увеличения диаметра трубы сверх 60 мм.

## ОСИ ВАГОННЫЕ И ТЕНДЕРНЫЕ ШИРОКОЙ КОЛЕИ

ОСТ 3953 (выдержка)

**Технические условия.** Оси изготавливаются из мартеновской стали однородного и мелкозернистого строения.

Химический состав металла осей должен быть следующий:

$$\begin{aligned}C &= 0,25-0,40\% \\Mn &= 0,50-0,80\% \\Si &\leq 0,20\% \\S &\geq 0,05\% \\P &\geq 0,05\%.\end{aligned}$$

**Примечание.** В отношении осей, подвергаемых полной термической обработке, осей из стали со специальными добавками и осей из электростали или тигельной стали — химический состав устанавливается соглашением между поставщиком и заказчиком.

Оси, не удовлетворяющие указанным требованиям по химическому составу, бракуются.

Ось в целом виде должна выдерживать испытание пятью ударами бабы в 1000 или 500 кг, падающей с высоты, определяемой по формуле:

$$PH = \alpha D^2,$$

где:  $P$  — вес бабы в кг,

$H$  — высота падения в м,

$D$  — диаметр по середине оси в мм,

$\alpha$  — коэффициент, равный 0,24 для бабы весом в 1000 кг и 0,22 — для бабы в 500 кг.

При этом испытании расстояние между опорами должно быть равно 1,5 м, и ось должна быть повернута вокруг своей оси на 180° после первого и третьего ударов.

При испытании на удар в обоих случаях ось не должна обнаруживать излома, трещин, надрывов и других признаков разрушения.

**Примечание.** При исчислении высоты падения бабы диаметр оси берется по чертежу, не принимая во внимание допусков.

Откованные или прессованные оси должны иметь временное сопротивление растяжению не менее 50 кг/мм<sup>2</sup> и не более 67 кг/мм<sup>2</sup>. Относительное удлинение нормального образца при расчетной длине  $l = 10d$  должно быть не менее 19% для осей с временным сопротивлением, меньшим или равным 55 кг/мм<sup>2</sup>, и 17% — для осей с временным сопротивлением выше 55 кг/мм<sup>2</sup>.

## ОСИ ПАРОВОЗНЫЕ ШИРОКОЙ КОЛЕИ

ОСТ 3954 (выдержка)

Впредь до перехода на изготовление коленчатых осей из стали с присадкой никеля, настоящий стандарт распространяется и на коленчатые паровозные оси, и на оси моторных электровагонов.

**Технические условия.** Оси должны быть изготовлены отковкой или прессовкой из болванок мартеновской стали.

**Примечание.** В отношении коленчатых осей сифонная отливка не допускается.

Нормы по химическому составу устанавливаются соглашением заказчика с поставщиком в зависимости от принятого метода термической обработки. Содержание фосфора и серы не должно превышать 0,05% для каждого из этих элементов в отдельности.

Оси после отковки должны быть подвергнуты термической обработке по способу и методу, согласованным заказчиком с поставщиком.

Металл паровозных осей должен обладать следующими механическими свойствами:

1) Оси должны иметь временное сопротивление растяжению:

а) для пассажирских паровозов — не менее 50 кг/мм<sup>2</sup> и не более 65 кг/мм<sup>2</sup> при относительном удлинении в 24%, расчетной длине образца в 75 мм и диаметре в 15 мм;

б) для товарных и маневровых паровозов — не менее 58 кг/мм<sup>2</sup> и не более 68 кг/мм<sup>2</sup> при относительном удлинении в 23%, расчетной длине образца в 60 мм и диаметре в 15 мм или при относительном удлинении в 21%, расчетной длине образца в 75 мм и диаметре в 15 мм.

2) Вырезанные в продольном направлении из припуска оси образцы сечением 30 × 30 мм, длиной в 200 мм должны выдерживать пятнадцать ударов бабой весом в 25 кг, с высоты падения в 2 м и при расстоянии между опорами в 160 мм, не обнаруживая никаких признаков разрушения (трещин, надлома, разрыва и т. п.).

3) При испытании образцов размерами 10 × 10 × 55 мм с надрезом Менаже на маятниковом копре при расстоянии между опорами в 40 мм ударная вязкость должна быть не ниже 8 кгм/см<sup>2</sup>.

## СТАЛЬНОЕ ФАСОННОЕ ЛИТЬЕ ДЛЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ЧАСТЕЙ

ОСТ 791 (выдержка)

В транспорте ответственными частями считаются: паровозные цилиндры, кулаки, поршни, рамы тележек и паровозные рамы (последние в том случае, когда они изготовляются цельнолитыми и литыми из небольшого числа частей), а также все части, относительно которых будет ссылка в заказах на настоящий стандарт.

**Технические условия.** Стальное фасонное литье из углеродистой стали для ответственных частей, употребляемой на транспорте, изготавливается двух марок (см. табл. 165).

ТАБЛИЦА 165

Стальное фасонное литье из углеродистой стали для ответственных частей

Марка	Сопротивление растяжению в кг/мм <sup>2</sup> ⋈	Относительное удлинение в % (для образца $d=20$ мм и $l=50$ мм) ⋈	Характеристика
ЛСт1	36	24	Мягкое литье
ЛСт2	50	15	Твердое литье

Размеры отливок должны соответствовать принятому к исполнению чертежу с тем, чтобы отступления от такового в местах, подлежащих обработке, давали возможность получения изделий в чистом виде без черновин, а в местах, не подлежащих обработке, не уменьшали размеров изделия в поперечном сечении больше, чем на 5%. В сторону увеличения размеров допускаются отступления от чертежа без ограничения при условии возможности сборки без дополнительной обработки и при условии увеличения веса сдаваемого изделия не более чем на 5%.

## СТАЛЬНОЕ ФАСОННОЕ ЛИТЬЕ ДЛЯ НЕОТВЕТСТВЕННЫХ ЧАСТЕЙ

ОСТ 792 (выдержка)

Неответственным считается литье, для приемки которого не существует специальных стандартов, и литье, отнесение которого к ответственному литью не оговорено в условиях заказа.

**Технические условия.** Те же, что и при стальном фасонном литье из углеродистой стали для ответственных частей.

## ЛИТЬЕ ЧУГУННОЕ

ОСТ 970 (выдержка)

Чугунные отливки изготавливаются из следующих марок чугуна:

- 1) для особо ответственных деталей — из марки ЧЛ1;
- 2) для ответственных деталей — из марки ЧЛ2;
- 3) для второстепенных, малоответственных деталей — из марки ЧЛ3;
- 4) для неответственных деталей — из марки ЧЛ4.

Чугунные отливки ответственного назначения, подвергающиеся высоким напряжениям (выше 4 атмосфер манометрического давления), должны иметь плавные переходы с заполненными углами.

Чугунное литье должно обладать механическими свойствами, приведенными в таблицах 166 и 167, определяемыми посредством испытания на статический изгиб круглых образцов длиной в 650 мм и диаметром в 30 мм при расстоянии между опорами в 600 мм.

ТАБЛИЦА 166

Чугунное литье

М а р к а	Временное сопротивление изгибу в кг/мм <sup>2</sup> ⋈	Стрела прогиба мм ⋈
ЧЛ1	32	8
ЧЛ2	28	6
ЧЛ3	24	4
ЧЛ4	не испытывается	—

**Примечание.** Временное сопротивление при изгибе определяется по формуле  $R = 0,0567P$ , где  $P$  — нагрузка при разрушении образца.

## КОВКИЙ ЧУГУН

НКПС. Научно-Технический Комитет. 319ТУ24 (выдержка).

**Технические условия на изделия из ковкого чугуна.** Примерный химический состав чугуна в отливках, предназначенных для переделки в ковкий чугун, факультативно должен быть следующий:

C от 2,5 до 3,2%  
Si „ 0,5 „ 1 „  
Mn „ 0,25 „ 0,4 „  
S ⋈ 0,08%  
P ⋈ 0,2 „

Качество готовых изделий из ковкого чугуна: связанного углерода в ковком чугуне должно быть факультативно от 0,25% (мягкий ковкий чугун) до 0,5% (твердый ковкий чугун); разрывающее усилие для нормальных образцов, изготовленных из изделий в количестве трех от каждой плавки, должно быть не менее 26 кг/мм<sup>2</sup> при удлинении не менее 4%.

## Классификация чугуна для чугунных отливок

(частный стандарт ЦЛПБ)

Марка чугуна	Химический состав					Механические качества			Толщина стенок от- ливок мм <sup>1</sup>	Примечания
	C	Si	Mn	P	S	Врем. сопр. на изгиб кг/мм <sup>2</sup>	Врем. сопрот. на разрыв кг/мм <sup>2</sup>	Твердость по Бринеллю		
ЧЛ1	3,15	1,70	1,10	0,25	0,10	Ср. 40	19	230	< 20	<p>Втулки и поршни компрессоров, втулки и поршни рабочих цилиндров, поршневые кольца компрессоров и рабочих цилиндров, цилиндрические крышки, компрессорные крышки, корпуса пусковых клапанов, корпуса масленок нефтяного фильтра, корпуса форсунок, цилиндры, компрессоры высокого давления, цилиндры водяного насоса, винтовые шестерни рабочего вала, шестерни конические, тахометры приводные и передаточные, тарелки выпускных клапанов, кулачковые шайбы, вкладыши ответственных подшипников и крышки подшипников для двигателей.</p> <p>Паровозные цилиндры, цилиндры паровых машин, нефтяных насосов, золотниковые втулки.</p>
	3,30	1,40	0,80	0,15	0,08	≤ 32	16	180		
ЧЛ2	3,25	1,90	0,80	0,25	0,07	Ср. 32	16	210	< 20	<p>Корпусы и крышки масленки насосов, корпуса трюмных и циркуляционных насосов, корпуса приводных насосов, станины трюмных насосов, станины компрессоров, клапаны воздушных насосов, кронштейны, подпятники валов, подшипники регуляторного вала и распределительного вала, крышки станин, коробки реверсивных механизмов, коробки нефтяных отсечных механизмов, коробки реверса, корпуса регуляторов, стойки привода, индикаторы, крышки масляных холодильников, газевопускные коллекторы, лотки распределительных валов, стойки распределительных рычагов, маховички, люки, противовесы, фланцы, шкивы, плиты поворотного механизма, анкерные плиты, подушки, поршневые кольца для двигателей.</p> <p>Паровозные, цилиндрические и золотниковые крышки, тормозные цилиндры, тормозные колодки и башмаки, шестерни, шкивы, грузы, плиты, подшипники и прочие детали паровозов, вагонов и оборудования завода.</p>
ЧЛ3	3,40	1,70	0,60		0,05	≤ 28	14	170		
ЧЛ4	3,30	2,40	0,80	0,50	0,07	Ср. 28	14	190	< 10	<p>Вагонные буксы нормальные, кожухи, фланцы для двигателей, шкивы, втулки, личинки трамвайных вагонов и прочие мелкие детали для подвижного состава.</p>
	3,50	2,00	0,60	0,80	0,05		12	160		

## БРОНЗА

НКПС. Научно-Технический Комитет. 322ТУ24 (выдержка).

**Технические условия на бронзовые отливки.** В таблице 168 приведен химический состав отливок.

<sup>1</sup> В местах, не подвергающихся обработке, стенки могут быть тоньше указанных в этой графе.

## Бронзовые отливки

Составляющие	Бр1		Бр2		Бр3	
	Нормально	Отклонения	Нормально	Отклонения	Нормально	Отклонения
Cu . . . . .	88	87—89	87	86—88	87,7	87 —88,4
Sn . . . . .	10	9—11	8	7— 9	10	9,5 —10,5
Zn . . . . .	2	1,5—2,5	5	4— 6	—	—
Pb . . . . .	—	—	—	—	2	1,75—2,25
P . . . . .	—	—	—	—	0,3	0,3
Примеси . . . . .	—	≥ 0,5	—	≥ 0,5	—	≥ 0,5
Временное сопроти- вление < . . . .	22		18		23	
Удлинение < . . . .	12		12		5	

	Бр4		Бр5		Бр6	
	Нормально	Отклонения	Нормально	Отклонения	Нормально	Отклонения
Cu . . . . .	87	86—88	83	82—84	85	84—86
Sn . . . . .	9,5	8—11	7,5	6,5—8,5	14	13—15
Zn . . . . .	—	—	2,3	2—3	1	0,75—1,25
Pb . . . . .	3,5	3— 4	7	6—8	—	—
P . . . . .	—	—	—	—	0,1	—
Примеси . . . . .	—	≥ 0,5	—	≥ 0,5	—	≥ 0,5
Временное сопроти- вление . . . . .	н е о г о в о р е н ы					
Удлинение < . . . .						

Примечание. В числе примесей Р, Вi и As должно быть не более 0,005% каждого.

Бр1 употребляется для ответственных отливок: паровых клапанов, цилиндров, насосов, частей механизмов, подлежащих гидравлическому испытанию в 10 ат и более.

Бр2 — для частей механизмов, подлежащих гидравлическому испытанию на давление ниже 10 ат и не подлежащих таковому, кроме гребных винтов.

Бр3 — для золотников.

Бр4 — для паровозных осевых и дышловых подшипников.

Бр5 — подшипников товарных вагонов.

Бр6 — для пружинящих поршневых колец.

## БАББИТЫ

ОСТ 88 (выдержка)

**Определение.** Баббитами называются белые антифрикционные сплавы, служащие для заливки подшипников и по своему строению представляющие пластичную массу с вкрапленными в нее твердыми зернами.

**Классификация.** Устанавливается пять марок баббита, характеризующихся предельным содержанием составных частей, приведенным в таблице 169.

## БАББИТЫ

ОСТ 88. Редакция 1932 г.<sup>1</sup>

ТАБЛИЦА 169

Условное обозначение марок	Составные элементы %				Допускаемые отклонения в содержании отдельных элементов %				Примеси %				
	Sn	Pb	Sb	Cu	Sn	Pb	Sb	Cu	Pb	Fe	As	Других примесей (каждой в отдельности)	Общее содержание примесей
	не более:												
Б83	83	—	11	6	± 1	—	± 1	± 0,5	0,35	0,1	0,1	0,05	0,55
Б40	40	40	15	5	± 1	± 1	± 1	± 0,5	—	0,1	0,1	0,05	0,3
Б16	16	65	16	3	± 1	± 1	± 1	± 0,25	—	0,1	0,1	0,05	0,3
Б10	10	72	15	3	± 0,5	± 1	± 1	± 0,25	—	0,1	0,1	0,05	0,5
БС	—	81,5	17	1,5	—	± 1	± 1	± 0,25	—	0,1	0,1	0,05	0,5

### Руководящие указания по выбору марок баббита

В первую очередь надо считаться с величиной окружной скорости цапфы ( $v$ ). Нагревание подшипников от работы трения пропорционально  $v^2$ , повышение же температуры вкладыша вызывает понижение твердости залитого слоя баббита. При росте нагревания наступает размягчение баббита, ведущее к его динамическому смятию или к оплыванию; при этом начинает расти полужидкостное, переходящее далее в опасное полусухое трение, связанное с быстрым ростом трения нагревание, ведущее к заеданию и даже к выплавлению баббита, т. е. к полной остановке машины.

Вторым по важности фактором является температура в рабочем слое подшипника ( $t^\circ$ ).

Предельной наивысшей рабочей температурой, выше которой нельзя допускать нагревания баббитового слоя в работе (так как далее уже наступает опасное размягчение сплава), нужно принять ту температуру, при которой твердость баббита  $H_{Br}$  падает ниже 12.

Что касается нормальной рабочей температуры для каждой марки баббита, то ее надо принять в 60% от предельной наивысшей температуры.

На ряду с цифрами нормальной рабочей и предельной (опасной) температуры для каждой марки баббита в таблице указаны и ориентировочные величины твердости по Бриннелю, не включенные пока в стандарт из-за недостаточности имеющихся данных о допустимых для каждой марки баббита пределах колебания твердости. При решении вопроса о выборе марки баббита величина твердости и падения ее с ростом нагревания имеет особое значение в связи с температурой в рабочем слое подшипника.

Третьим фактором нужно считать удельную нагрузку ( $p$ ) и характер нагрузки. Самым опасным случаем нужно признать тот, когда нагрузка имеет ударный характер, ускоряющий рост трещин в баббите; трещины, сначала имеющие естественный для неод-

<sup>1</sup> Марка баббита Б40 включена в классификацию как опытная.

Общее содержание примесей в баббите марки Б83, не считая примеси Pb, не должно превышать 0,3%.

В баббите марки Б16 содержание Sn не должно превышать содержания Sb.

Утвержден Всесоюзным Комитетом по стандартизации при СТО 2/X—1932 г. как обязательный с момента опубликования (за исключением марки Б40).

нородного сплава микроскопический характер, затем постепенно растут и переходят уже в опасные трещины. От этих трещин баббит и начинает выкрашиваться. В этом случае приходится вкладыш заменять новым, чтобы избежать повреждения машины от разрушения заливки. Такая смена вкладышей при баббитовой заливке неизбежна; она должна производиться периодически, после определенного числа часов работы подшипника, если нагрузка ударная и при тяжелых условиях  $p, v, t$ .

Для рационального выбора надлежащей марки баббита по данным условиям работы подшипника обязательно нужно учесть как взаимное соотношение величин  $p, v, t, H_{Br}$ , так и характер нагрузки, а также желаемую длительность работы и службы вкладыша. С этими соотношениями необходимо считаться, так как с ними связаны также расчеты теплоты, развивающейся в подшипнике от работы трения, и подсчеты по отводу этой теплоты, надлежащей подаче циркулирующей смазки и т. д. Таким образом нижеприведенная таблица имеет для выбора баббитов сравнительное значение.

Примечания: 1. В нормальных условиях произведение рабочего давления на скорость ( $p_{раб} \cdot v_{раб}$ ) не должно превышать  $\frac{1}{5} (pv)_{пр}$ , т. е. запас надежности должен быть не менее 5. В утяжеленных условиях работы ( $pv \approx 100$ ) требуется усиленная циркуляционная смазка для отвода теплоты трения. В очень тяжелых условиях работы ( $pv \approx 300$ ) требуется помимо усиленной циркуляционной смазки периодическая смена вкладышей из-за выкрашивания.

2. Для оценки условий работы подшипника надо вычислять произведение  $pv$  и  $pvt$  при небольших значениях этих величин в данных конкретных условиях.

3. Температура расплавленного баббита при литье принята  $\approx t^{\circ}_в + 50^{\circ}$  ( $t^{\circ}_в$  — верхняя критическая температура).

4. Температура подогрева вкладыша при заливке принята  $\approx t^{\circ}_н + 10$  ( $t^{\circ}_н$  — нижняя критическая температура), за исключением марок баббитов Б40 БС, для которых температуру подогрева нужно брать ниже (Б40  $t^{\circ}_{вк} + 150^{\circ}$  и для БС  $t^{\circ}_{вк} = 200^{\circ}$ ), чтобы для Б40 получить более мелкокристаллическую структуру, которая для него дает лучшие антифрикционные свойства, а для баббита БС — устранить возможность при излишнем нагревании и замедленном охлаждении коагуляции сурьмы, при которой понижаются антифрикционные свойства.

Условия работы подшипников во многих источниках, которыми на практике пользуются при выборе баббита, характеризуются не числовыми величинами, а такими качественными определениями, как „низкая скорость“, „высокая нагрузка“, „тяжелые условия работы“ и т. д. Для облегчения пользования такими источниками ниже приводятся рекомендуемые две таблицы (170 и 171), классифицирующие условия работы подшипников:  $p, v$  и произведение  $pv$ .

ТАБЛИЦА 170

Оценка условий работы подшипников

Оценка количества	О ц е н к а   к а ч е с т в а							
	Очень низкие	Низкие	Пониж.	Обыкновенные	Повыш.	Высокие	Очень высокие	Особо высокие
$p$ кг/см <sup>2</sup> . . . . .	2,5	5	10	25	50	75	100	125
$v$ м/сек . . . . .	0,25	0,5	1	1,5	2,5	5	10	15
<p>Легкие условия работы . . . . . <math>pv = 10</math></p> <p>Облегченные условия работы . . <math>pv = 20</math></p> <p>Обыкновенные        „        „        . . <math>pv = 40</math></p> <p>Утяжеленные        „        „        . . <math>pv = 100</math></p> <p>Очень тяжелые       „        „        . . <math>pv = 300</math></p>								

Основные характеристики свойств марок баббитов, имеющие руководящее значение для выбора надлежащих марок по их сравнительной оценке

Марки баббита	Температуры °C						Твердость по Бринеллю кг/мм <sup>2</sup> при $p = 250$ кг $d = 10$ мм $t = 1$ мин.		Пределная наибольшая нагрузка	Характер нагрузки	Пределное произведение нагрузки на скорость	Условная окружная скорость	Работоспособность баббитов (сравнительная цифровая характеристика)
	критические		при заливке		рабочие								
	верхние	нижние	сплава	вкладыша	нормальная	предельные (опасные при $H_{Br} = 12$ )							
	$t^{\circ}_в$	$t^{\circ}_н$	$t^{\circ}_с$	$t^{\circ}_{вк}$	$t^{\circ}_{норм}$	$t^{\circ}_{пред}$	17°	100°	$p_{пр}$ кг/см <sup>2</sup>		$(pv)_{пр}$	$v_{усл} = \frac{(pv)_{пр}}{p_{пр}}$	$(pv)_{пр} t^{\circ}_{пр}$
Б83	351	240	400	250	60	100	30	13	100	Удар.	500	5	50 000
Б40	417	180	470	150	60	100	30	12	100	Спок.	250	2,5	25 000
Б16	429	240	480	250	60	100	30	13	100	Спок.	150	1,5	15 000
Б10	435	240	480	250	50	90	28	11	75	Спок.	75	1	6 750
БС	414	240	470	200	40	70	22	6	40	Спок.	20	0,5	1 400



# **ВЕСОВАЯ ВЕДОМОСТЬ ПАРОВОЗА И ТЕНДЕРА ФД** **ВЕСОВАЯ ВЕДОМОСТЬ ПАРОВОЗА**

Предметы	№ чертежа	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
<b>Котел</b>				
Лобовой лист . . . . .	1п—0006	565	2,12	1 197,80
Ухватный лист . . . . .	"	680	5,47	3 719,60
Передняя решетка . . . . .	"	260	12,58	3 270,80
Верхний лист кожуха . . . . .	"	877	3,97	3 481,69
Боковой лист кожуха (правый и левый) . . .	"	1 280	3,785	4 844,80
Лист IV барабана . . . . .	"	1 705	6,30	10 741,50
" III " . . . . .	"	1 688	7,77	13 115,76
" II " . . . . .	"	1 881	9,57	18 001,17
" I " . . . . .	"	1 912	11,66	22 293,92
Подклепка колпака и внутренняя накладка I барабана . . . . .	"	265	11,45	3 034,25
Подклепка лаза колпака и внутренняя на- кладка III барабана . . . . .	"	170	7,73	1 314,10
Наружная накладка I барабана . . . . .	"	24	12,34	296,16
" " III " . . . . .	"	27	8,30	224,10
" " IV " . . . . .	"	50	6,49	324,50
Внутренняя " IV " . . . . .	"	94	6,21	583,74
" " II " . . . . .	"	138	9,50	1 311,00
Наружная " II " . . . . .	"	74	9,68	716,32
Лист барабана дымовой камеры правый . .	"	462	14,12	6 523,44
" " " " левый . . . . .	"	467	14,12	6 594,04
" " " " нижний . . . . .	"	510	14,12	7 201,20
Подклепка дымовой камеры . . . . .	"	436	14,06	6 130,16
Сварочные швы дымовой камеры . . . . .	"	12	14,12	169,44
Подклепка подбрюшника I барабана с за- клепками . . . . .	"	77	11,60	893,20
Подклепка подбрюшника II барабана с за- клепками . . . . .	"	77	10,00	770,00
Подклепка подбрюшника III барабана с за- клепками . . . . .	"	77	8,33	641,41
Подклепка подбрюшника IV барабана с за- клепками . . . . .	"	77	6,76	520,52
Угольник подбрюшника I барабана . . . . .	"	38	11,65	442,70
" " II " . . . . .	"	38	10,02	380,76
" " III " . . . . .	"	38	8,34	316,92
" " IV " . . . . .	"	38	6,67	253,46
Заклепки швов дымовой камеры . . . . .	"	32	14,00	448,00
Заклепки швов I бараб. с дымовой камерой	"	34	12,74	433,16
" " I " с решеткой . . . . .	"	38	12,64	480,32
" " I " с II барабаном . . . . .	"	105	10,57	1 109,85
" " II " с III " . . . . .	"	107	8,58	918,06

Предметы	№ чертежа	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
Заклепки швов IV барабана с топкой . . . .	1п—0006	111	5,55	616,05
„ „ III „ с IV барабаном	„	119	7,03	836,57
„ „ потолка и боковых листов .	„	46	3,84	176,64
„ „ ухватного „ „ .	„	33	5,33	175,89
„ „ лобового „ „ .	„	29	2,39	69,31
Заклепки: внутренняя подклепка колпака I барабана . . . . .	„	47	11,45	538,15
„ „ накладка II барабана .	„	92	9,50	874,00
„ „ подклепка лаза III барабана . . . . .	„	31	7,73	239,63
„ „ накладка IV барабана	„	46	6,21	285,66
Лобовой лист топки . . . . .	1п—0026	285	2,18	621,30
Внутренний ухватный лист топки . . . . .	„	377	5,31	2 001,87
Задняя трубчатая решетка . . . . .	„	142	6,58	934,36
Боковые листы топки . . . . .	„	555	3,75	2 081,25
Потолочный лист топки . . . . .	„	615	4,49	2 764,42
Наружный лист камеры догорания . . . . .	„	196	6,05	1 185,80
Крайняя подклепка на лобовом листе . . . . .	„	13	2,19	28,47
Средняя подклепка на лобовом листе . . . . .	„	12	2,18	26,16
Заклепки шва задней решетки . . . . .	„	15	6,45	96,75
„ лобового и боковых листов . . . . .	„	6	2,30	13,80
„ шва ухватного листа . . . . .	„	20	5,40	108,00
Топочная рама . . . . .	1п—005а	830	3,49	2 896,70
Заклепки топочной рамы . . . . .	„	170	3,52	598,40
Трубка в топке для сажесдувательного аппарата и стойка . . . . .	1п—009	17	5,08	86,36
	1п—094			
Анкерные болты топки . . . . .	1п—010а	1 044	4,32	4 510,08
Связи Тэта лобового листа . . . . .	1п—011	94	2,19	205,86
„ „ боковых листов . . . . .	„	402	3,94	1 583,88
„ „ ухватного листа . . . . .	„	119	5,33	634,27
„ „ камеры догорания . . . . .	„	348	6,06	2 108,88
„ „ на шве камеры догорания . . . . .	„	55	5,62	309,10
„ „ потолочные 1—4 ряда . . . . .	„	150	6,31	946,50
Жесткие связи боковых листов . . . . .	1п—014	310	3,83	1 187,30
„ „ лобового листа . . . . .	„	76	2,09	158,84
„ „ ухватного „ . . . . .	„	9	5,24	47,16
Лапчатые связи . . . . .	„	12	6,42	77,04
Кипятильные трубы . . . . .	1п—016а	124	3,74	463,76
Тяги лапчатых связей . . . . .	1п—019	141	6,42	905,22
Стойки лапчатых связей . . . . .	„	57	6,42	365,94
Дымогарные трубы . . . . .	1п—021	1 058	9,58	10 135,64
Жаровые трубы . . . . .	1п—022	5 405	9,58	51 779,90
Паровой колпак с заклепками . . . . .	1п—025	578	11,325	6 545,85
Люк на I барабане . . . . .	1п—031	32	12,26	392,32

Предметы	№ чертежа	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
Лаз котла . . . . .	1п—032	203	7,57	1 536,71
Промывательные пробки угловые на лобовом листе . . . . .	1п—033г	10	2,11	21,10
Промывательные пробки угловые на ухватном листе . . . . .	"	5	5,24	26,20
Промывательные пробки кипятильных труб на ухватном листе . . . . .	1п—033б	15	3,74	56,10
Промывательные пробки кипятильных труб на лобовом листе . . . . .	"	15	3,74	56,10
Промывательные пробки кожуха топки . . .	"	18	3,67	66,06
" " IV барабана . . . . .	"	18	6,40	115,20
Промывательные пробки IV барабана . . . .	"	6	6,12	36,72
" " боковых листов . . . . .	"	12	3,78	45,36
" " лобового листа . . . . .	"	8	2,26	18,08
" " I барабана . . . . .	"	4	11,90	47,60
" " передней решетки . . . . .	"	2	12,58	25,16
Предохранительные пробки . . . . .	Н—035а	1	5,28	5,28
Крепление лобового листа: тавры . . . . .	1п—040	138	3,14	1 902,84
" " " тяги с заклепками . . . . .	"	468		
Крепление передней решетки: тяги . . . . .	1п—041а	252	11,73	4 328,37
" " " тавры . . . . .	"	93		
" " " скобы . . . . .	"	24		
Фланцы для инжекторов . . . . .	1п—053а	23	2,23	51,29
Фланец питательного клапана . . . . .	1п—054а	12	11,32	135,84
" регуляторной трубы . . . . .	1п—513	27	12,52	338,04
Питательные трубы . . . . .	1п—216	114	4,98	567,72
Трубы паровой колонки . . . . .	1п—297	102	7,22	736,44
Угольник дымовой камеры лит. 3 и 4 . . . .	1п—138	160	15,43	2 468,80
Шарниры " " " 1 и 2 . . . . .	1п—136	51	15,46	788,46
Итого . . . . .	—	29 955	—	23 5684,40
<b>Обшивка и обмазка котла</b>				
Обшивка лобового листа . . . . .	1п—061а	70	2,08	145,60
" ухватного листа . . . . .	"	43	5,53	237,79
" кожуха топки . . . . .	"	247	3,87	955,89
" I барабана . . . . .	"	190	11,66	2 215,40
" II " . . . . .	"	168	9,57	1 607,76
" III " . . . . .	"	136	7,77	1 056,72
" IV " . . . . .	"	112	6,30	705,60
" паровой колонки . . . . .	1п—064	54	3,26	176,04
Асбестовая обмазка: топки <sup>1</sup> . . . . .		375	3,81	1 428,75
" " цилиндрической части . . . . .		1 875	8,61	16 143,75
Итого . . . . .	—	3 270	—	24 673,30

<sup>1</sup> Удельный вес обмазки принят равным 1,3 кг/дм<sup>3</sup>. На топке толщина слоя 15 мм, на цилиндрической части — 35 мм.

Предметы	№ чертежа	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
<b>Пароперегреватель</b>				
Перегревательная коробка . . . . .	1п—101а	898	13,215	11 867,07
Элементы перегревателя (трубы) . . . . .	1п—102в	3 339	10,33	34 491,87
Стойка перегревательной коробки . . . . .	1п—103	48	13,215	634,32
Детали многоклапанного регулятора . . . . .	1п—104а	100	13,43	1 343,00
Фланцы перегревательных труб . . . . .	1п—107	303	12,00	3 636,00
Колонка для отбора перегретого пара . . . . .	1п—193	38	14,89	565,82
Паровая труба перегретого пара . . . . .	1п—194	34	14,59	496,06
Итого . . . . .	—	4 760	—	53 034,14
<b>Гарнитура котла</b>				
Дымовая труба . . . . .	1п—110в	279	14,15	3 947,85
Колосники . . . . .	1п—117а	1 626	3,51	5 707,26
Механизм колосников . . . . .	1п—118а	269	2,73	734,37
Зольник . . . . .	1п—120а	690	3,20	2 208,00
Поддержки зольника и колосниковой балки	1п—121	80	3,57	285,60
Механизм зольника . . . . .	1п—122а	207	2,59	536,13
Мусороочиститель . . . . .	1п—125	53	14,96	792,88
Люк дымовой коробки . . . . .	1п—127а	4	14,96	59,84
Дверца дымовой камеры . . . . .	1п—135б	123	15,56	1 913,88
Шарниры переднего листа лит. 3—8 . . . . .	1п—136	36	15,44	555,84
Кронштейн-петля переднего листа . . . . .	1п—137	66	15,50	1 023,00
Передний лист дымовой камеры . . . . .	1п—138	260	15,47	4 022,20
Свод топки . . . . .	1п—139	475	4,38	2 080,50
Искроловитель . . . . .	2п—140с	32	14,15	452,80
Песочница . . . . .	1п—145а	164	11,325	1 857,30
Сетка песочницы . . . . .	1п—145б	6	11,325	67,95
Крышка . . . . .	1п—145в	16	11,325	181,20
Шайбы крепления песочницы . . . . .	1п—145г	8	11,325	90,60
Разрыхлитель песка . . . . .	1п—146а	7	11,325	79,27
Кран воздушной песочницы . . . . .	1п—147	3	2,05	6,15
Штуцер песочницы и свистка . . . . .	1п—147а	4	11,325	45,30
Соединение труб песочницы и свистка . . . . .	1п—148а	80	6,15	492,00
Трубы передней песочницы . . . . .	„	60	12,13	727,80
„ задней „ . . . . .	„	69	10,00	690,00
Поддержки и скобы труб песочницы . . . . .	1п—148б	49	10,62	520,38
Форсунка песочницы . . . . .	1п—149а	42	11,325	475,65
Трехходовый кран на инжекторе . . . . .	1п—275	9	1,79	16,11
Трубка к искрогасителю дымовой камеры . . . . .	„	12	8,40	100,80
Детали для сдувания золы с зольника . . . . .	1п—279	2	1,78	3,56
Искрогаситель . . . . .	1п—283	6	15,03	90,18
Итого . . . . .	—	4 737	—	29 764,40

Предметы	№ чертежа	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
<b>Стокер на паровозе</b>				
Головка стокера . . . . .	c1151	348	1,52	528,96
Детали головки стокера . . . . .	c1152	147	2,02	296,94
Поддержки головки стокера . . . . .	c1133	39	1,66	64,74
Угловой вентиль . . . . .	1п—230	3	3,27	9,81
Вентиль выпуска пара . . . . .	1п—229	5	7,62	38,10
Топочная дверца . . . . .	c1130	140	1,97	275,80
Педаля воздушного привода дверцы . . . . .	c1131	26	1,79	46,54
Паровая колонка . . . . .	c1153	42	1,82	76,44
Регулятор давления . . . . .	c1529	5	1,46	7,30
Конвейерный винт передний (1/2 веса) . . . . .	c1165	65	0,68	44,20
Шарнирный паропровод . . . . .	c1513	9	1,83	16,47
Хобот стокера (1/2 веса) . . . . .	c1157	60	0,83	49,80
Проходной вентиль дверки топki . . . . .	c1231	1	2,03	2,03
Итого . . . . .	—	890	—	1457,13
<b>Арматура</b>				
Паровые трубы инжектора . . . . .	1п—200а	11	2,55	28,05
Всасывающие и вестовые трубы . . . . .	„	50	1,72	86,00
Спускные и паровые трубы . . . . .	„	36	1,85	66,60
Манометры и пирометры . . . . .	„	10	2,14	21,40
Паровая колонка . . . . .	1п—201	90	3,31	297,90
Поддержки ручек вентиляей . . . . .	1п—202	25	2,00	50,00
Предохранительный клапан на тонке . . . . .	1п—203а	32	7,47	239,04
Стойка водомерного стекла и водяной колонки . . . . .	1п—204	8	2,24	17,92
Краны водомерного стекла . . . . .	1п—205а	24	2,03	48,72
Шарниры Гука . . . . .	1п—206а	36	2,56	92,16
Запорный кран водомерного стекла . . . . .	1п—206б	3	2,14	6,42
Водяная колонка . . . . .	1п—207	23	2,06	47,38
Пробные краны . . . . .	1п—208а	5	1,96	9,80
Желобок крана . . . . .	1п—209	3	1,96	5,88
Клапан инжектора . . . . .	1п—219	16	3,20	51,20
Инжектор . . . . .	148—220	125	1,89	236,25
Поддержки труб инжектора . . . . .	1п—221	10	1,72	17,20
Спускной кран топki . . . . .	153—225б	68	4,72	320,96
Механизм спускного крана топki . . . . .	1п—226	35	4,05	141,75
Вентиль сифона . . . . .	1п—227а	16	14,89	238,24
Механизм сифона . . . . .	1п—228	53	8,26	437,78
Детали механизма сифона . . . . .	1п—228а	4	8,26	33,04
Вентиль для выпуска пара из котла . . . . .	1п—229	4	7,62	30,48
Штуцеры и детали вентиля . . . . .	1п—229а	2	7,62	15,24

Предметы	№ чертежа	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
Вентиль стокера и реверса . . . . .	1п—230	3	3,27	9,81
Трубка от колонки к стокеру . . . . .	1п—231	33	8,22	271,26
Проходной вентиль . . . . .	1п—232	7	13,95	97,65
Спускные краны манометра . . . . .	1п—233 1п—233а	2	2,03	4,06
Свисток с корпусом . . . . .	1п—235 1п—235а	20	11,325	226,50
Указатель низшего уровня воды и неба топки . . . . .	1п—959 1п—959а	3	2,40	7,20
Подставка свистка . . . . .	1п—236а	11	11,325	124,57
Детали воздушного свистка . . . . .	1п—237в	6	11,325	67,95
Механизм свистка . . . . .	1п—237г	38	6,85	260,30
Стойка манометров . . . . .	1п—238	21	2,42	50,82
Краны манометра . . . . .	1п—239 1п—239а	3	2,36	7,08
Лубрикатор . . . . .	1п—252	36	2,12	76,32
Стойка . . . . .	1п—250	3	2,37	7,11
Вентиль для прогрева масла . . . . .	1п—251	8	3,20	25,60
Воздушные клапаны . . . . .	1п—261а	40	14,11	564,40
Клапан беспарного хода . . . . .	1п—262	54	14,59	787,86
Детали „ „ . . . . .	1п—263	25	13,35	333,75
Вентиль клапана беспарного хода . . . . .	1п—277	11	12,03	132,33
Сопловый сифон . . . . .	2п—291	8	14,44	115,52
Детали клапанов беспарного хода . . . . .	1п—264	52	12,75	663,00
Воздушная колонка . . . . .	1п—462	2	2,26	4,52
Детали соединительного рукава . . . . .	2п—894	10	0,74	7,40
Трубы сифона и клапана Рикюра . . . . .	2п—100	8	13,84	110,72
Итого . . . . .	—	1 093	—	6495,14
<b>Рама</b>				
Рамные листы с болтами . . . . .	1п—302	7 480	9,95	74 426,00
Струнки I сцепной оси с болтами . . . . .	„	238	12,475	2 969,05
„ II „ „ „ „ . . . . .	„	238	10,85	2 582,30
„ III „ „ „ „ . . . . .	„	257	9,225	2 370,82
„ IV „ „ „ „ . . . . .	„	238	7,60	1 808,80
„ V „ „ „ „ . . . . .	„	238	5,975	1 422,05
Задняя опора котла . . . . .	1п—046а	81	1,87	151,47
Передняя опора котла . . . . .	1п—048а	368	5,23	1 924,64
Крепление рам с консолями . . . . .	1п—303	222	10,065	2 234,43
Крепление рам с подшипниками тормозного вала . . . . .	1п—304	395	12,96	5 119,20
Крепление у букс . . . . .	1п—305	300	8,90	2 670,00
Задняя рама . . . . .	1п—307а	1 270	3,48	4 419,60
Поддержки котла передние . . . . .	1п—308	90	11,62	1 045,80

Предметы	№ чертежа	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
Поддержки котла между II и III сцепными осями . . . . .	1п—308	77	10,08	776,16
Поддержки котла между III и IV сцепными осями . . . . .	1п—309	87	8,40	730,80
Поддержки котла задние . . . . .	"	76	6,81	517,56
Стяжной ящик . . . . .	1п—310а	936	1,785	1 670,76
Радиальный буфер на паровозе . . . . .	1п—315	220	1,10	242,00
Передний стяжной крюк . . . . .	1п—317	85	16,27	1 382,95
Буферы передние . . . . .	1э—320	376	16,54	6 219,04
Буферный брус . . . . .	Н—321а	990	15,90	15 741,00
Сцепление между паровозом и тендером ( $\frac{1}{2}$ веса) . . . . .	1п—325	196	1,68	329,28
Сцепление переднее паровоза . . . . .	Н—326	40	16,56	662,40
Путеочиститель . . . . .	1п—328а	90	16,13	1 451,70
Накладки для букс I оси . . . . .	1п—336	100	12,46	1 246,00
" " " II " . . . . .	"	100	10,83	1 083,00
" " " III " . . . . .	"	129	9,21	1 188,09
" " " IV " . . . . .	"	100	7,58	758,00
" " " V " . . . . .	"	100	5,96	596,00
Рессорные подвески между I и II осями . . . . .	1п—3436	127	11,69	1 483,53
" " " II и III " . . . . .	"	131	10,06	1 317,86
" " " III и IV " . . . . .	"	127	8,44	1 071,88
" " " IV и V " . . . . .	"	127	6,81	864,87
Крепление у I сцепной оси (лит. 11) . . . . .	1п—304	42	12,15	510,30
Скоба у ведущей оси (лит. 14) . . . . .	"	37	9,65	357,05
Скоба у сцепной оси (лит. 14) . . . . .	"	37	6,35	234,95
Балансир I оси . . . . .	1п—355	57	11,69	666,33
" V " . . . . .	"	57	6,81	388,17
Балансир ведущей оси . . . . .	1п—356	56	8,40	470,40
Балансир задней тележки продольный . . . . .	1п—359Б	297	4,45	1 321,65
Балансир задней тележки поперечный с подвесками . . . . .	—	128	5,50	704,00
Рессорные подвески задней тележки . . . . .	1п—360	82	3,00	246,00
Скоба балансира I оси . . . . .	1п—361	51	11,69	596,19
" " V " . . . . .	"	51	6,81	347,31
" " III " . . . . .	"	51	8,40	428,40
Крепление рам . . . . .	"	37	10,065	372,40
Возвращающий прибор I оси . . . . .	1п—363	286	12,50	3 575,00
" " V " . . . . .	"	286	6,00	1 716,00
Рама задней тележки . . . . .	1п—366а	1 525	3,36	5 124,00
Пята и шкворень задней тележки . . . . .	1п—367	67	5,20	348,40
Предохранительные цепи передней тележки . . . . .	1п—370	8	15,67	125,36
Ковшоль и плита сектора задней тележки . . . . .	1п—374	177	2,15	380,55
Секторы задней тележки . . . . .	1п—377	95	2,15	204,25

Предметы	№ чертежа	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
Масленки и детали устройства смазки букс. {	1п—379 1п—381a	75	9,25	693,75
Масленки передней опоры и возвращающего прибора . . . . .	1п—380	24	5,85	140,40
Водило передней тележки 45% веса . . . . .	1п—382a	58	13,17	763,86
Опора и валик балансира передней тележки	1п—384	82	14,395	1 180,39
Продольный балансир передней тележки . .	1п—385	286	14,395	4 116,97
Поперечный балансир с подвесками . . . . .	„	123	13,00	1 664,00
Смазывающий пресс передней опоры . . . . .	1п—388	6	5,78	34,68
Буксовые струнки задней тележки . . . . .	1п—392	54	3,00	162,00
Балка для поддержки котла у ведущей оси	1п—393	109	8,40	915,60
„ „ „ „ у задней „	„	109	6,81	742,29
Крепление задней опоры топки при подъеме паровоза . . . . .	1п—394	40	1,84	73,60
Буксовые накладки рамы задней тележки . .	1п—339	55	3,00	165,00
Наклонные связи рамы под дымовой камерой	1п—728a	62	15,65	970,30
Итого . . . . .	—	20 144	—	172 216,59
<b>Тормоз Казанцева</b>				
Воздушный насос . . . . .	1п—400a	328	15,82	5 188,96
Регулятор насоса . . . . .	„	5	15,70	78,50
Манометры . . . . .	„	3	2,84	8,52
Кран машиниста . . . . .	„	14	1,77	24,78
Вспомогательный кран . . . . .	„	3	1,55	4,65
Краны комбинированный и двойной тяги . .	„	7	1,77	12,39
Воздухораспределитель . . . . .	„	15	13,00	195,00
Предохранительный и выпускной клапаны .	„	2	1,68	3,36
Разобщительный кран . . . . .	„	1	1,76	1,76
Воздухоочиститель . . . . .	„	9	3,02	27,18
Переключательный клапан . . . . .	„	1	11,47	11,47
Соединительный кран впереди паровоза . .	„	3	16,37	49,11
„ рукав „ „	„	4	16,47	65,88
Соединительный рукав между паровозом и тендером . . . . .	„	3	0,70	2,10
Тормозные цилиндры $d = 13''$ . . . . .	„	180	12,00	2 160,00
Дополнительная камера (250×400 мм) . . . .	„	12	11,81	141,72
Кронштейн для воздухораспределителя . . .	„	8	13,06	1 04,48
Трубы главного воздухопровода (лит. 23—30)	„	63	8,65	544,95
„ от насоса к резервуару (лит. 31—33)	„	57	12,00	684,00
Трубы соединительные главного резервуара (лит. 34) . . . . .	„	13	10,91	141,83
Трубы от резервуара до крана машиниста (лит. 35—38) . . . . .	„	23	5,23	120,29



Предметы	№ чертежа	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
Трубы от тормозного цилиндра до вспомога- тельного крана (лит. 39—44) . . . . .	1п—400а	20	6,84	136,80
Трубы от цилиндра до отпускового клапана и др. (лит. 45—53) . . . . .	"	42	6,30	264,60
Трубы от кранов к манометрам (лит. 54—58)	"	9	2,65	23,85
Труба, исходящая от насоса и спускная (лит. 59—64) . . . . .	"	12	15,67	188,04
Труба от колонки к насосу (лит. 65—68) . .	"	80	9,55	764,00
Тормозные колодки с пружинами . . . . .	1п—401 1п—402	277	8,49	2 351,73
Подвески тормозных колодок (все) . . . . .	1п—403	617	8,39	5 176,63
Поперечины тормозных колодок (все) . . . .	1п—409а	224	8,36	1 872,64
Балансиры тормоза I оси . . . . .	"	31	11,86	367,66
" " II " . . . . .	"	28	10,21	285,88
" " III " . . . . .	"	23	8,59	197,57
" " IV " . . . . .	"	19	6,96	132,24
Тяги тормоза I оси . . . . .	1п—410	88	12,55	1 104,40
" " II " . . . . .	"	62	11,04	684,48
" " III " . . . . .	"	50	9,39	469,50
" " IV " . . . . .	"	39	7,77	303,03
" " V " . . . . .	"	22	6,04	132,88
Тормозной вал с рычагами . . . . .	1п—416	258	12,63	3 258,54
Крепление тормозного цилиндра . . . . .	1п—435	64	12,00	768,00
Предохранительные скобы . . . . .	1п—436	31	8,50	263,50
Поддержки переднего рукава . . . . .	1п—437	3	16,23	48,69
" крана машиниста . . . . .	1п—438а	6	1,95	11,70
" тормозных труб . . . . .	1п—439а	9	8,65	77,85
" манометра и пирометра . . . . .	1п—444	10	2,05	20,50
Главный резервуар . . . . .	1п—445а	345	9,63	3 322,35
Кронштейн резервуара . . . . .	1п—447а	85	9,77	830,45
Обратный клапан . . . . .	1п—448	4	10,91	43,64
Крепление дополнительной камеры . . . . .	1п—449	8	11,81	94,48
Паровпускной клапан . . . . .	1п—450	9	3,33	29,97
Соединительные части . . . . .	1п—463	23	8,65	198,95
Итого . . . . .	—	3 252	—	32 995,48
<b>Паропровод</b>				
Запорный клапан регулятора . . . . .	1п—501а	185	11,375	2 104,37
Детали клапана регулятора . . . . .	1п—503а	46	11,125	511,75
Поддержка ручки регулятора . . . . .	1п—504а	22	2,39	52,58
Детали привода регулятора в будке . . . . .	1п—505а	4	2,44	9,76
Компенсаторный рычаг привода . . . . .	"	25	8,30	207,50
Задние поддержки тяги . . . . .	"	5	7,17	35,85

П р е д м е т ы	№ чертежа	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
Передние поддержки тяги . . . . .	1п—505а	5	10,59	52,95
Поддержка рычага на дымовой камере . . . . .	„	7	13,34	93,38
Привод регулятора: задняя тяга . . . . .	1п—506	20	10,83	216,60
„ „ передняя тяга . . . . .	„	17	5,28	89,76
Сегмент и ручка регулятора . . . . .	1п—508а	11	2,23	24,53
Паросушитель . . . . .	1п—509а	60	11,375	682,50
Регуляторная труба . . . . .	1п—513а	94	12,41	1 166,54
Паровые трубы с фланцами . . . . .	1п—515а	270	14,06	3 796,20
Конус . . . . .	1п—520в	110	14,15	1 556,50
Заделка выреза для вала перегревательной коробки . . . . .	1п—532	23	13,38	307,74
Заделка вырезов дымовой камеры . . . . .	1п—534б	122	13,26	1 617,72
„ „ для паровых труб и конуса . . . . .	„	12	14,15	169,80
Обшивка паровых труб . . . . .	1п—533	132	14,15	1 867,80
Итого . . . . .	—	1 170	—	14 563,83
<b>Водоподогреватель</b>				
Питательный клапан . . . . .	1п—215а	50	11,19	559,50
Паровпускной клапан . . . . .	1п—450	9	3,33	29,97
Детали соединительных рукавов паровоза . . . . .	1п—570б	28	1,10	30,80
Рукава водоподогревателя 50% веса . . . . .	1п—570с	20	0,70	14,00
Механизм спускного крана насоса водопо- догревателя . . . . .	1п—572а	24	15,05	361,20
Кронштейн соединительных рукавов . . . . .	1п—573	37	1,10	40,70
Колено нагнетательной трубы . . . . .	1п—575а	38	15,83	601,54
Паровой вентиль насоса . . . . .	1п—576	7	15,00	105,00
Фланцы труб . . . . .	1п—577а	81	8,55	692,55
Паровая труба батареи . . . . .	1п—579а	242	15,00	3 630,00
Вентиль конденсационной трубы и его де- тали . . . . .	1п—583	15	1,10	16,50
Кронштейн насоса . . . . .	1п—584а	74	15,05	1 113,70
Поддержки труб . . . . .	1п—585а	4	9,25	37,00
Лоток под спускные краны насоса . . . . .	1п—586	15	15,05	225,75
Патрубки и штуцеры . . . . .	1п—587а	25	14,75	368,75
Арматура водоподогревателя . . . . .	1п—588а	9	2,60	23,40
Насос водоподогревателя . . . . .	с 1п—591 по 1п—594	886	15,05	13 334,30
Батарея . . . . .	1п—595а	555	15,86	8 802,30
Кронштейн батареи . . . . .	1п—596а	34	15,75	535,50
Передняя и задняя крышки батареи . . . . .	1п—597б	258	15,86	4 091,88
Обшивка передней крышки батареи . . . . .	1п—597с	10	15,86	158,60
Крышки батареи . . . . .	1п—598а	73	15,86	1 157,78
Кожух . . . . .	1п—599	60	15,86	951,60

Предметы	№ чертежа	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
Всасывающая труба от рукавов до насоса (лит. 2, 3, 4) . . . . .	1п—590а	138	7,78	1 073,64
Труба от насоса к батарее и в котел (лит. 5, 6, 7) . . . . .	"	30	13,95	418,50
Труба конденсационная от батареи к рука- вам (лит. 9, 10 и 11) . . . . .	"	82	8,32	682,24
Трубы паровые (лит. 12—17) . . . . .	"	9	14,35	129,15
" для прогрева и спускные (лит. 19—29)	"	32	9,50	304,00
Итого . . . . .	—	2 845	—	39 489,85
<b>Движение</b>				
Цилиндры . . . . .	1п—601	6 362	14,15	90 022,30
Передняя крышка цилиндра . . . . .	1п—610а	443	14,70	6 512,10
Задние крышки цилиндра . . . . .	1п—611а	594	13,58	8 066,52
Передняя золотниковая крышка . . . . .	1п—613	265	14,90	3 948,50
Выхлопные трубы . . . . .	"	400	14,15	5 660,00
Задняя золотниковая крышка . . . . .	1п—614а	501	13,39	6 708,39
Сальник задней цилиндровой крышки . . . .	2п—620	103	13,50	1 390,50
" " золотниковой " . . . .	2п—621	29	13,31	385,99
Поршень . . . . .	1п—622а	434	14,15	6 141,10
Скалка поршня . . . . .	"	347	13,41	4 653,27
Кулак . . . . .	1п—624а	462	12,49	5 770,38
Поршневое дышло (40% веса) . . . . .	1п—625а	328	12,41	4 070,48
Параллель . . . . .	1п—635а	601	12,51	7 518,51
Параллельная рама . . . . .	1п—636	430	11,66	5 013,80
Балка для подшипников кулисы и вала . . .	1п—638а	244	10,75	2 623,00
Золотник с втулками . . . . .	1п—640	495	14,15	7 004,25
Золотниковый кулачок . . . . .	1п—643	34	12,78	434,52
Маятник . . . . .	1п—646а	88	12,78	1 124,64
Тяга от поводка . . . . .	"	16	12,55	200,80
Кулисная тяга . . . . .	1п—647	95	11,94	1 134,30
Подвеска кулисной тяги . . . . .	"	23	11,34	260,82
Кулиса . . . . .	1п—650а	263	11,07	2 911,41
Эксцентриковая тяга (часть веса) . . . . .	1п—651	49	10,89	533,61
Переводный вал . . . . .	1п—655	186	11,00	2 046,00
Пружина переводного вала . . . . .	"	57	10,38	591,66
Рычаги переводного вала . . . . .	1п—656	115	11,17	1 284,55
Подшипник переводного вала . . . . .	1п—657	152	11,00	1 672,00
Кронштейн переводного винта в будке . . .	1п—659	22	2,08	45,76
Кронштейн переводного винта снаружи будки . . . . .	1п—660	50	3,55	177,50
Переводный винт . . . . .	1п—661а	73	3,08	224,84
Маховик переводного винта . . . . .	"	15	1,95	29,25

Предметы	№ чертежа	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
Переводная тяга передняя . . . . .	1п—663	32	9,95	318,40
„ „ задняя . . . . .	„	77	6,21	478,17
Компенсаторный рычаг . . . . .	„	109	8,90	970,10
Обшивка цилиндров . . . . .	1п—685	97	14,15	1 372,55
Обмазка „ . . . . .	„	290	14,15	4 103,50
Обшивка выхлопных труб . . . . .	1п—686	58	14,15	820,70
„ задней золотниковой крышки . . .	1п—687	7	13,53	94,71
Кожух переводного винта . . . . .	1п—689	21	3,55	74,55
Масленка параллели . . . . .	1п—690а	15	12,33	184,95
„ задней золотниковой крышки . . .	1п—691	10	13,55	135,50
Смазка кулисы . . . . .	1п—692	4	11,07	44,28
Продувательные клапаны цилиндра . . . . .	2п—240	51	14,15	721,65
Детали воздушных клапанов цилиндра . . . . .	1п—242а	33	9,50	313,50
Стойка воздушного крана . . . . .	2п—243	2	1,50	3,00
Предохранительный клапан . . . . .	1п—244	33	14,15	466,95
Спускной клапан . . . . .	1п—245	4	14,15	56,60
Смазочный аппарат Натана . . . . .	2п—247	140	13,25	1 855,00
Механизм аппарата Натана . . . . .	2п—253	6	13,10	78,60
Детали „ . . . . .	1п—254б	17	13,55	230,35
Детали смазочного устройства . . . . .	1п—255б	17	13,55	230,35
Стойка для обратных клапанов . . . . .	1п—256	7	13,65	95,55
Обратные клапаны . . . . .	1п—258а	10	13,65	136,50
Стойка смазочного аппарата Натана . . . . .	2п—259	32	13,10	419,20
Фланец для индикаторного отверстия . . . . .	1п—260а	16	14,15	226,40
Воздушный кран продувательного клапана . . . . .	2п—268	8	1,50	12,00
Кожух смазочных труб . . . . .	2п—269	5	13,53	67,65
Лестница к переводному валу . . . . .	1п—785	62	11,40	706,80
„ к смазочному прессу . . . . .	„	41	13,40	549,40
Итого . . . . .	—	14 480	—	192 927,66
<b>Будка и настилка</b>				
Будка (без задней крышки и угольника) . . . . .	1п—700в	605	1,79	1 082,95
Задняя крышка будки . . . . .	„	72	0,48	34,56
Задний угольник будки . . . . .	„	72	0,19	13,68
Деревянная обшивка стенки будки . . . . .	1п—702а	66	1,64	108,24
Настил под будку: горизонтальный лист . . . . .	1п—703а	292	1,21	353,32
„ „ „ вертикальный лист . . . . .	„	95	1,25	118,75
Кронштейн под будку на топке . . . . .	„	18	2,60	46,80
Переднее окно будки . . . . .	1п—705а	15	2,79	41,85
Окна вентилятора будки . . . . .	1п—707а	37	1,76	65,12
Задвижные окна будки . . . . .	1п—712а	96	1,71	164,16
Двери будки с деталями передние . . . . .	1п—715а	28	2,79	78,12

Предметы	№ чертежа	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
Двери будки с деталями боковые . . . . .	1п—715а	67	0,48	32,16
Поручень по котлу правый . . . . .	1п—719	45	7,70	346,50
Подножка будки с поручнями . . . . .	1п—725в	138	0,48	66,24
Подножки и скобы с середи паровоза . . . . .	1п—726а	31	16,30	505,30
Передние лестницы настилки . . . . .	1п—727а	87	15,41	1 340,67
Ступеньки и поручень к песочнице . . . . .	2п—729	16	11,54	184,64
Ступеньки на котле к люку и предохранительным клапанам . . . . .	"	3	7,57	22,71
Ступеньки на кожух переводного винта . . . . .	"	4	3,50	14,00
Боковой настил . . . . .	1п—730а	456	9,05	4 126,80
Настил на буферный брус . . . . .	"	87	15,72	1 367,64
Кронштейны настила на топку верхний и нижний . . . . .	1п—731в	29	4,70	136,30
Кронштейн настила IV барабана . . . . .	"	29	6,63	192,27
" " III барабана . . . . .	"	34	8,38	284,92
" " II барабана . . . . .	"	18	9,67	174,06
" " I " . . . . .	"	72	11,61	835,92
" " на дымовой камере . . . . .	"	54	14,05	758,70
Деревянный настил будки . . . . .	1п—742а	133	1,17	155,61
Желобок крыши будки . . . . .	1п—743	10	1,75	17,50
Водосточная труба . . . . .	"	10	2,77	27,70
Сиденье машиниста . . . . .	1п—765а	71	1,14	80,94
Стол для бумаг машиниста . . . . .	1п—768а	6	2,50	15,00
Двойной замок двери будки . . . . .	1п—781	2	0,50	1,00
Ступень к батарее водоподогревателя . . . . .	1п—786	11	15,35	168,85
Щиток у окна будки . . . . .	1п—791а	7	1,71	11,97
Итого . . . . .	—	2 816	—	12 974,95
<b>Различные предметы</b>				
Аппарат для продувки жаровых и дымогарных труб . . . . .	1п—095	76	5,08	386,08
Детали аппарата . . . . .	1п—092	37	5,00	185,00
Механизм аппарата . . . . .	1п—093	5	2,60	13,00
Трехходовый кран аппарата . . . . .	1п—096	7	3,50	24,50
Обратный клапан " . . . . .	1п—097	2	5,18	10,36
Спускной " " . . . . .	1п—098	1	5,02	5,02
Турбогенератор для освещения . . . . .	2п—999	73	4,74	346,02
Лобовой прожектор . . . . .	"	25	15,92	398,00
Буферный прожектор . . . . .	"	16	16,12	257,92
Фонари для машины . . . . .	"	5	9,50	47,50
Арматура освещения в будке . . . . .	"	25	0,72	18,00
Трубопровод с соединениями . . . . .	"	110	8,65	951,50
Стойки буферных фонарей . . . . .	"	6	16,12	96,72

Предметы	№ чертежа	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
Стойки лобового фонаря . . . . .	2п—999	5	15,92	79,60
Ящик для инструмента . . . . .	„	32	1,94	62,08
Ящик пожарного рукава и рукав . . . . .	„	55	3,44	189,20
Краска на паровоз . . . . .	„	250	7,50	1 875,00
Итого . . . . .	—	730	—	4 945,50
<b>Обслуживающий вес</b>				
<i>Вода в котле при 100 мм над топкой</i>				
Вода между лобовыми листами . . . . .	—	550	2,19	1 204,50
„ между ухватным листом и задней решеткой . . . . .	—	240	6,24	1 497,60
„ по бокам топки . . . . .	—	1 270	3,79	4 813,30
„ над топкой . . . . .	—	1 560	4,16	6 489,60
„ в IV барабане с камеры догорания . . . . .	—	1 760	6,28	11 052,80
„ в цилиндрической части (в III, II, I барабанах) . . . . .	—	7 990	9,62	76 863,80
Итого . . . . .	—	13 370	—	101 921,60
Уголь на колосниковой решетке с толщиной слоя в 200 мм . . . . .	—	1 400	3,54	4 956,00
Песок в песочнице . . . . .	—	600	11,325	6 795,00
Бригада . . . . .	—	150	1,20	180,00
Итого . . . . .	—	2 150	—	11 931,00
Общий обслуживающий вес . . . . .	—	15 520	—	113 852,60
<b>Мертвый вес</b>				
<i>Первая сцепная ось с колесами . . .</i>				
Пальцы . . . . .	1п—631	2 974		
Буксы . . . . .	1п—634а	52		
Рессоры с хомутами . . . . .	1п—332а	524		
Рессорные упорки . . . . .	1п—353а	228		
Часть веса передних сцепных дышей . . . . .	1п—346а	69		
Детали устройства для смазки букс . . . . .	1п—627а	139		
Итого . . . . .	1п—379	24		
<i>Вторая сцепная ось с колесами . . .</i>				
Пальцы . . . . .	1п—631а	3 123		
Буксы . . . . .	1п—634а	59		
Рессоры с хомутами . . . . .	1п—333	462		
Рессорные упорки . . . . .	1п—353а	228		
Часть веса передних сцепных дышей . . . . .	1п—346а	72		
„ „ вторых „ „ . . . . .	1п—627а	93		
Детали устройства для смазки букс . . . . .	1п—628а	177		
Итого . . . . .	1п—379	24		
Итого . . . . .	—	4 238		

Предметы	№ чертежа	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
<i>Третья сцепная ось с колесами . . .</i>	1п—630	5 255		
Пальцы и контр-кривошип . . . . .	1п—634а	454		
Букса . . . . .	1п—330	664		
Рессоры с хомутами . . . . .	1п—353а	228		
Рессорные упорки . . . . .	1п—346а	72		
Детали устройства для смазки букс . . . . .	1п—379	24		
Часть веса вторых сцепных дышел . . . . .	1п—628а	417		
„ „ третьих „ „ . . . . .	1п—629	107		
„ „ поршневых (60%) . . . . .	1п—625а	507		
„ „ эксцентриковых тяг . . . . .	1п—651	32		
Итого . . . . .	—	7 760		
<i>Четвертая сцепная ось с колесами . .</i>	1п—631	3 123		
Пальцы . . . . .	1п—634а	59		
Буксы . . . . .	1п—333	462		
Рессоры с хомутами . . . . .	1п—353а	228		
Рессорные упорки . . . . .	1п—346а	72		
Детали устройства для смазки букс . . . . .	1п—379	24		
Часть веса третьих сцепных дышел . . . . .	1п—629	197		
„ „ четвертых сцепных дышел . . . . .	1п—627а	93		
Итого . . . . .	—	4 258		
<i>Пятая сцепная ось с колесами</i>	1п—631	2 973		
Пальцы . . . . .	1п—634а	59		
Буксы . . . . .	1п—332а	524		
Рессоры с хомутами . . . . .	1п—353а	228		
Рессорные упорки . . . . .	1п—346а	69		
Детали устройства для смазки букс . . . . .	1п—379	24		
Часть веса четвертых сцепных дышел . . . . .	1п—627	139		
Итого . . . . .	—	4 016		
<i>Передняя тележка</i>				
Ось с колесами . . . . .	1п—632	1 228		
Буксы с крышками . . . . .	1п—331 1п—369а	202		
Рессоры с хомутами и подвесками . . . . .	1п—348	184		
Секторы тележки . . . . .	1п—389	94		
Стакан со шкворнем . . . . .	1п—385	103		
Поперечное крепление рамы . . . . .	1п—383	37		
Водило (55% веса) . . . . .	1п—382а	70		
Рама тележки . . . . .	1п—376	362		
Предохранительные крючья тележки . . . . .	1п—370	12		
Люлька тележки . . . . .	1п—368	120		
Итого . . . . .	—	2 412		
<i>Задняя тележка</i>				
Ось с колесами . . . . .	1п—681а	1 876		
Буксы . . . . .	1п—334а	386		
Рессоры с хомутами . . . . .	1п—353а	228		
Масленки букс тележки . . . . .	1п—372а	2		
Крышки буксы . . . . .	1п—338	8		
Итого . . . . .	—	2 500		
<i>Общий мертвый вес . . . . .</i>	—	29 194		

## ГРУППОВОЙ ВЕС

Наименование	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
Котел . . . . .	29 955	—	235 684,40
Обшивка с обмазкой . . . . .	3 270	—	24 673,30
Пароперегреватель . . . . .	4 760	—	53 034,14
Гарнитура . . . . .	4 737	—	29 764,40
Стокер на паровозе . . . . .	890	—	1 457,13
Арматура . . . . .	1 093	—	6 495,14
Рама . . . . .	20 144	—	172 216,59
Тормоз . . . . .	3 252	—	32 995,48
Паропровод . . . . .	1 170	—	14 563,83
Движение . . . . .	14 480	—	192 927,66
Будка и настилка . . . . .	2 816	—	12 974,95
Водоподогреватель . . . . .	2 845	—	39 489,85
Различные предметы . . . . .	730	—	4 945,50
Обслуживающий вес . . . . .	15 520	—	113 852,60
Подвешенный вес . . . . .	105 662	8,850	935 074,97
Мертвый вес . . . . .	29 194	—	—
Вес в рабочем состоянии . . . . .	134 856	—	—
Обслуживающий вес . . . . .	15 520	—	—
Порожний вес . . . . .	119 336	—	—

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЙ ОСЕЙ ПАРОВОЗА НА РЕЛЬСЫ

Центр тяжести надрессорного строения паровоза определяется путем деления суммарного момента веса всех обрессоренных частей паровоза на их суммарный вес:

$$l = \frac{M}{Q} = \frac{935\,074,97}{105\,662} = 8,85 \text{ м.}$$

Как выше указывалось, система балансировки паровоза ФД дает статическую определенность нагрузок на отдельные оси.

Обозначая через  $X$  давление на заднюю тележку и через  $Y$  давление на вторую сцепную ось, можем определить давления на остальные оси, исходя из соотношений плеч балансиров.

$$\text{Давление на V сцепную ось: } \frac{1028}{1112} X = 0,9244 X \quad (1)$$

$$\text{„ „ IV „ „ } 0,9244 \frac{312,5}{312,5} X = 0,9244 X \quad (2)$$

$$\text{„ „ III „ „ } 0,9244 \frac{275}{350} X = 0,7256 X \quad (3)$$

$$\text{„ „ I „ „ } \frac{312,5}{312,5} Y = Y \quad (4)$$

$$\text{Давление на переднюю тележку: } \frac{Y}{2} \cdot \frac{1395}{975} = 0,7154 Y. \quad (5)$$

Сумма проекций всех сил на вертикальную ось:

$$\begin{aligned} X + 0,9244 X + 0,9244 X + 0,7256 X + Y + Y + 0,7154 Y &= 105\,662 \\ 3,5744 X + 2,7154 Y &= 105\,662; \quad 3,5744 X = 105\,662 - 2,7154 Y \\ X &= \frac{105\,662 - 2,7154 Y}{3,5744} = 29\,564 - 0,7597 Y. \end{aligned} \quad (6)$$



Сумма моментов:

$$3X + 0,9244X \cdot 6 + 0,9244X \cdot 7,625 + 0,7256X \cdot 9,25 + Y \cdot 10,875 + Y \cdot 12,5 + \\ + 0,7154 \cdot Y \cdot 15,37 = 935\,074,97; \\ 22,3067X + 34,3707Y = 935\,074,97 \quad (7)$$

Решая совместно уравнения (6) и (7), получим:

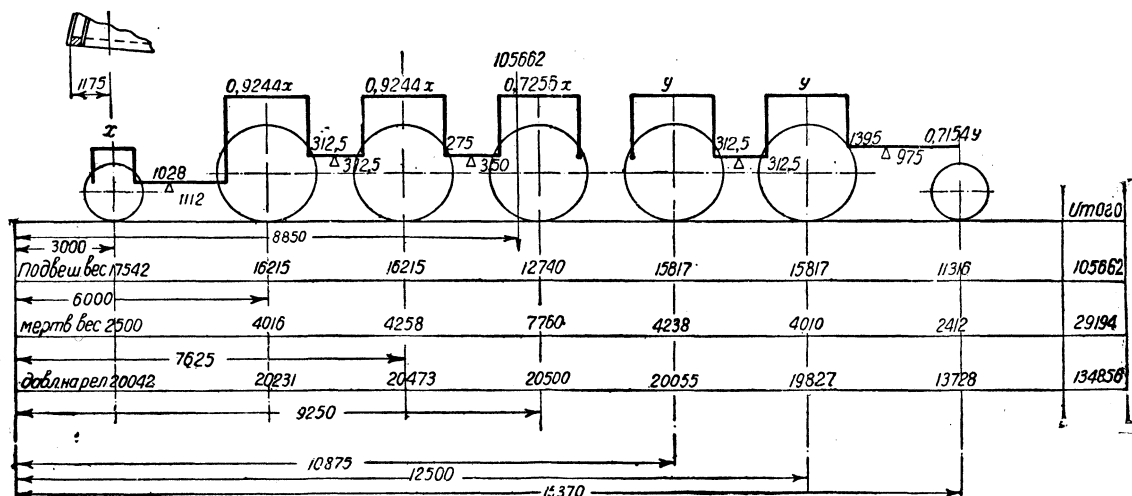
$$22,3067(29\,564 - 0,7597Y) + 34,3707Y = 935\,074,97.$$

$$17,4243Y = 275\,599,69; Y = 15\,816,93 \text{ кг.}$$

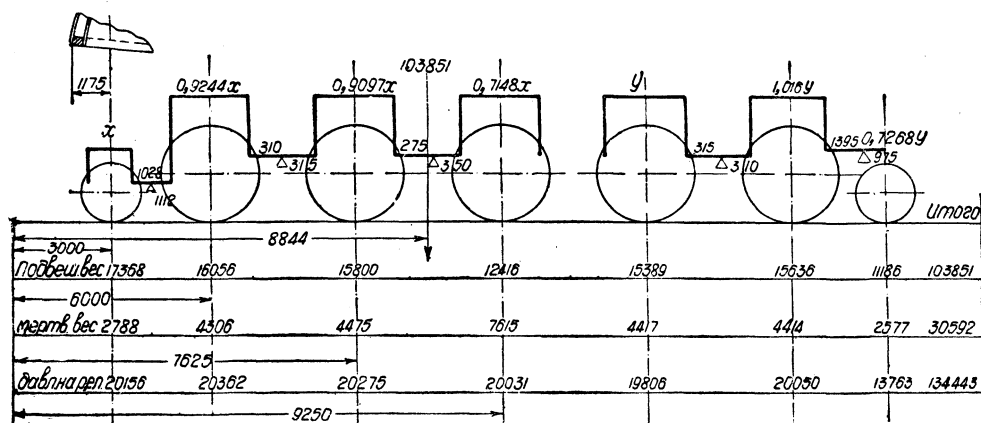
$$X = 29\,564 - 0,7597 \cdot 15\,817 = 17\,548 \text{ кг.}$$

Нагрузки на остальные оси найдутся из уравнений (1), (2), (3), (4) и (5).

На фиг. 699 приведены нагрузки на отдельные оси от подвешенных частей паровоза и суммарные давления на рельс, полученные сложением первых с соответствующими мертвыми нагрузками.



Фиг. 699. Распределение веса по осям в паровозах ФД второго заказа.



Фиг. 700. Распределение веса по осям в паровозе ФД 20-1.

Для сравнения этих расчетных нагрузок с нагрузками, полученными взвешиванием паровозов в рабочем состоянии, в таблице 172 приводятся результаты взвешивания паровоза ФД 20-1, которое было произведено дважды, одно вскоре после выхода паровоза с завода, а второе в июле 1932 г., после полугодовой эксплуатационной работы.

Нагрузки на ось паровоза ФД 20-1

№№ осей от трубы	Предположительные нагрузки т	Расчетные нагрузки по развеске		Фактические нагрузки			
		т	В % от предположительной нагрузки	По взвешиванию в декабре 1931 г.		По взвешиванию в июле 1932 г.	
				т	В % от предположительной нагрузки	т	В % от предположительной нагрузки
1	13	13,73	105,6	12,65	97,4	13,74	105,7
2	20	19,83	99,2	19,60	98,0	20,14	100,7
3	20	20,06	100,3	20,91	104,6	20,38	101,9
4	20	20,50	102,5	21,18	105,9	20,48	102,4
5	20	20,47	102,4	20,45	102,4	20,34	101,7
6	20	20,23	101,2	18,99	95,0	19,08	95,4
7	20	20,04	100,2	19,67	98,4	19,54	97,7
	133	134,86	101,4	133,45	100,3	133,70	100,5
1—3	53	53,62	101,6	53,16	100,3	54,26	102,3
4—7	80	81,24	101,2	80,29	100,4	79,44	99,2

Результаты взвешивания оказались более близкими к предположительным нагрузкам, чем расчетные нагрузки по развеске. Интересно отметить, что довольно крупные отступления фактических нагрузок от предположительных по первому взвешиванию (+ 0,91 для третьей оси и + 1,18 для четвертой оси) сделались значительно меньшими при втором взвешивании (+ 0,38 для третьей и + 0,48 для четвертой).

Это выравнивание нагрузок объясняется уменьшением трения в шарнирах рессорного подвешивания после приработки в эксплуатационной службе.

Фактический вес серийных паровозов без подогревателей меньше веса паровоза ФД 20-1 примерно на 2 т, как это можно видеть из нижеследующих цифр нагрузок по взвешиванию паровоза 20-3.

Передний бегунок . . . . .	12,80 т
1-я сцепная . . . . .	19,93 "
2-я " . . . . .	19,55 "
3-я " . . . . .	19,85 "
4-я " . . . . .	19,97 "
5-я " . . . . .	20,00 "
Задняя поддерживающая ось . . . . .	19,58 "
	<hr/> 131,68 т

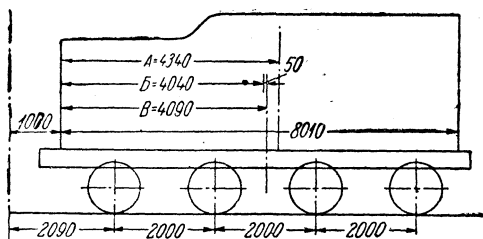
# **ВЕСОВАЯ ВЕДОМОСТЬ ОБЪЕДИНЕННОГО ЧЕТЫРЕХОСНОГО ТЕНДЕРА К ПАРОВОЗАМ ФД и ИС**

Предметы	№ чертежа	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
<b>Водяной бак</b>				
Водяной бак . . . . .	2п—801	5 850	5,34	30 946,50
Горловина водяного бака . . . . .	1п—802	135	2,37	319,95
Детали водяного бака . . . . .	2п—804	13	2,10	27,30
Мостик между паровозом и тендером . . . . .	2п—822	100	9,10	910,00
Передние инструментальные ящики . . . . .	2п—865	102	8,65	882,30
Задние инструментальные ящики . . . . .	1п—867	124	4,05	502,20
Дверка угольной ямы . . . . .	2п—854	210	8,30	1 743,00
Угольный лоток . . . . .	2п—873а	85	8,65	735,25
Промывочный люк водяного бака . . . . .	2п—874	3	2,59	7,77
Детали контр-будки . . . . .	2п—878	65	9,20	598,00
Лестница сзади бака . . . . .	2п—884	120	0,92	110,40
Фонарная стойка . . . . .	152—885	2	0,98	1,96
Питательный клапан . . . . .	2п—889	26	8,25	214,50
Пробный кран водяного бака . . . . .	117—890	1	9,10	8,91
Водяной рукав . . . . .	2п—891	35	9,05	316,75
Поддержка водяного рукава . . . . .	2п—892	20	9,10	182,00
Сетка питательного клапана . . . . .	2п—893	2	8,25	16,50
Детали водяного рукава . . . . .	2п—894	10	9,25	92,50
Спускной кран питательной трубы . . . . .	2п—895	1	9,10	9,10
Детали питательного клапана (прав.) . . . . .	2п—896	35	8,60	301,00
„ „ „ (лев.) . . . . .	1п—566	37	8,20	303,40
Итого . . . . .	—	6 976	5,48	38 228,29
<b>Стокер на тендере<sup>1</sup></b>				
Стокер . . . . .	с1001	1 550	7,78	12 059,00
Верхний лист стокерного ящика . . . . .	2п—848	746	6,64	4 953,44
Дверки стокерной машины . . . . .	2п—870а	41	8,75	358,75
Привод рычага стокерной машины . . . . .	2п—872	11	8,90	97,90
Укрепление стокера . . . . .	2п—873	257	7,10	1 824,70
Итого . . . . .	—	2 605	7,40	19 293,79
<b>Рама и стяжные ящики</b>				
Рама . . . . .	2п—813	4 980	5,25	26 145,00
Передний стяжной ящик . . . . .	2п—815	738	9,60	7 084,80
Детали радиального буфера <sup>1</sup> . . . . .	1п—315	120	10,00	1 200,00
Передняя стяжка . . . . .	1п—325	190	10,15	1 928,50
Задний буфер . . . . .	1э—320	304	0,43	136,80

<sup>1</sup> Часть веса, приходящаяся на тендер.

Предметы	№ чертежа	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
Сцепление сзади тендера . . . . .	Н—326	32	0,54	17,28
Задний упряжной ящик . . . . .	2п—820	1 060	1,20	1 272,00
Упряжной крюк . . . . .	2п—827	115	0,65	74,75
Фрикционный аппарат . . . . .	2п—826	115	1,40	161,00
Скоба фрикционного аппарата . . . . .	2п—834	75	1,35	101,25
Плиты . . . . .	2п—835	62	1,35	83,70
Поручень сцепщика . . . . .	2п—838	5	0,60	3,00
Верхние опорные плиты . . . . .	2п—861	520	5,09	2 646,80
Итого . . . . .	—	8 316	4,91	40 854,88
<b>Передняя тележка</b>				
Оси с колесами . . . . .	2п—840	3 430	7,09	—
Осевая букса . . . . .	2п—842	620		
Крышка букс . . . . .	2п—842a	15		
Направляющая букс . . . . .	2п—843	354		
Затяжной болт . . . . .	2п—843a	65		
Прокладочное кольцо буксы . . . . .	2п—844	4		
Рессора . . . . .	1п—353a	380		
Подвески рессор . . . . .	2п—846	340		
Балансиры . . . . .	2п—850	162		
Стяжка рам под балансир . . . . .	2п—851a	61		
Рамы тележки . . . . .	2п—856	1 410		
Балки передней тележки . . . . .	2п—857	610		
Возвращающий ролик . . . . .	2п—859	190		
Корыто передней тележки . . . . .	2п—860	790		
Концевые крепления . . . . .	2п—864	315		
Крепление тормозного цилиндра . . . . .	2п—924	80		
Итого . . . . .	—	8 826	7,09	62 576,34
<b>Задняя тележка</b>				
Оси с колесами . . . . .	2п—840	3 430	3,09	—
Осевая букса . . . . .	2п—842	620		
Крышки буксы . . . . .	2п—842a	15		
Направляющая букс . . . . .	2п—843	354		
Затяжной болт . . . . .	2п—843a	65		
Прокладочное кольцо букс . . . . .	2п—844	4		
Рессора . . . . .	1п—353a	980		
Подвески рессор . . . . .	2п—846	340		
Балансиры . . . . .	2п—850	162		
Стяжка рам под балансир . . . . .	2п—851a	61		
Рама тележки . . . . .	2п—856	1 410		

Предметы	№ чертежа	Теоретич. вес кг	Плечо в м	Момент кгм
Балка задней тележки .....	2п—860	910	} 3,09	—
Кольцевые крепления .....	2п—864	315		
Укрепления тормозного цилиндра .....	2п—924	80		
Итого .....	—	8 146	3,09	25 171,14
<b>Тормоз</b>				
Трубы и приборы .....	2п—900	450	5,20	2 340,00
Тормозной вал .....	2п—914	75	8,74	655,50
Тяги ручного тормоза .....	2п—911	35	7,90	276,50
Поддержки отпускного клапана .....	1п—910	2	9,05	18,10
Тормозной винт .....	1п—919	45	8,94	402,30
Укрепление тормозного винта .....	2п—920	53	8,84	468,52
Детали ручного тормоза .....	2п—921	34	} 5,09	8 327,24
Укрепление вспомог. резервуара .....	2п—925а	4		
Соединительные части тормоза .....	2п—928	2		
Поддержки труб .....	2п—931	4		
Тормозная колодка .....	2п—901	361		
Предохранительные подвески тормоза .....	2п—903	103		
Рычаги и балансиры .....	2п—905	211		
Поперечины .....	2п—906	290		
Подвески колодок с пружин .....	2п—907	158		
Тяги тормоза .....	2п—908	198		
Поддержка тормозных тяг .....	2п—909	76		
Регулятор для подтягивания колодок .....	2п—913	74		
Валики тормоза .....	2п—916	118		
Детали оттормаживающих приспособлений .....	2п—917	3		
Итого .....	—	2 296	5,44	12 488,16
<b>Вода и топливо</b>				
Вода .....	—	32 000	4,22	135 040,00
Топливо .....	—	12 000	6,30	75 600,00
Итого .....	—	44 000	4,79	210 640,00



Фиг. 701. Положение центра тяжести тендера.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЙ ОСЕЙ ТЕНДЕРА НА РЕЛЬСЫ

Моменты составлялись относительно горизонтальной оси, лежащей на расстоянии одного метра от внешней плоскости задней стенки водяного бака. При предварительной развеске перед проектированием деталей тендера центр тяжести был определен на расстоянии 4090 мм. Это положение центра тяжести груженого тендера и было принято за основу для расстановки тележек. По окончательной развеске центр тя-

жести груженого тендера находится на расстоянии 4040 мм от задней стенки водяного бака, порожнего — 4340 мм. Полученную при этом разницу в положении центра тяжести, равную 50 мм, мы можем считать не имеющей значения, так как независимо от этого нагрузка тендера в работе непрерывно изменяется.

**ГРУППОВОЙ ВЕС**

П р е д м е т ы	Теоретич. вес кг	Плечо м	Момент кгм
Водяной бак с деталями . . . . .	6 976	5,48	38 228,29
Стокер с деталями . . . . .	2 608	7,40	19 293,29
Рама . . . . .	8 316	4,91	40 854,88
Передняя тележка . . . . .	8 826	7,09	62 576,34
Задняя           "   . . . . .	8 146	3,09	25 171,14
Тормоз . . . . .	2 296	5,44	12 488,16
Вода и топливо . . . . .	44 000	4,79	210 640,00
Итого . . . . .	81 168	5,04	409 252,10

ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ НЕКОТОРЫХ ПАРОВОЗОВ 1—5—I И 1—5—0  
ТАБЛИЦА ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ ПАРОВОЗОВ 1—5—I

№№ по порядку	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Дорога заказчика	U.S.R.A.	U.S.R.A.	C. & J. M.	A. C. L.	So. Pac.	C. of Ga.	C. R. J. & P.	Can. Nat.	A. T. & S. F.	Mo. Pac.	R. dg.	B. & O.
Завод строитель	Alco & Bald.	Alco & Bald.	Bald.	Bald.	Bald.	Bald.	Alco	Can.	Bald.	Bald.	RR	Bald.
Год постройки	1918	1918	1927	1925	1925	1925	1925	1924	1927	1926	1928	1926
Полный вес паровоза в рабочем состоянии . . . . .	159,66	172,36	164,90	177,79	180,47	182,11	183,69	185,63	187,56	190,79	199,53	199,73
Спелный вес паровоза . . . . .	124,28	132,90	125,58	137,46	138,84	140,26	144,0	145,96	145,15	147,90	160,14	157,10
Нагрузка на спелную ось . . . . .	24,86	26,58	25,12	27,49	27,77	28,05	28,80	29,19	29,05	29,58	32,00	31,46
Нагрузку на переднюю тележку . . . . .	10,66	12,93	10,45	12,30	14,15	13,73	12,25	13,05	14,06	13,94	14,09	15,50
Нагрузку на заднюю тележку . . . . .	24,72	26,53	28,87	28,03	27,48	28,12	27,44	26,62	28,35	28,95	25,30	27,13
Нагрузка на ось передней тележки в % от нагрузки на спелную ось . . . . .	42,8	48,7	41,7	44,7	51,0	49,0	42,5	44,7	48,3	47,2	44,0	49,3
Нагрузка на ось задней тележки в % от нагрузки на спелную ось . . . . .	99,3	100,0	115,0	102,0	99,3	100,0	95,3	91,3	97,5	98,0	79,0	86,3
Вес тендера . . . . .	85,41	93,49	84,30	90,25	108,68	94,36	101,42	111,49	131,00	108,82	103,49	133,77
Запас воды в тендере . . . . .	37,9	45,48	37,90	45,48	45,48	45,48	45,48	50,00	56,75	45,48	45,48	59,75
Запас топлива на тендере . . . . .	14,5	14,5	14,5	14,5	151,20	14,5	16,34	14,5	18,900	14,5	16,34	20,90
База паровоза спелная . . . . .	6 400	6 807	6 400	6 959	6 959	6 807	6 858	6 604	6 705	6 858	6 705	6 807
" " общая . . . . .	12 293	12 852	12 293	13 029	12 903	12 954	12 979	12 852	12 522	12 979	12 827	13 081
" " и тендера . . . . .	24 151	25 259	24 151	25 310	25 641	25 120	25 196	24 631	26 063	25 452	25 730	27 403
Диаметр цилиндра × ход поршня . . . . .	686×813	762×813	686×813	762×813	749×813	762×813	762×813	737×813	762×813	762×813	775×813	756×813
Диаметр движущих колес . . . . .	1 448	1 600	1 448	1 600	1 613	1 600	1 600	1 448	1 600	1 600	1 562	1 626
Модуль силы тяги по формуле: $0,97 \frac{pd^2 l}{200L}$ . . . . .	35 300	37 800	35 300	39 200	39 600	37 800	39 700	41 400	44 400	41 900	47 500	43 600
Давление пара в котле . . . . .	14,0	13,35	14,0	13,7	14,0	13,35	14,0	14,0	15,5	14,8	15,5	15,7
Сорт топлива . . . . .	ж. у.	ж. у.	ж. у.	ж. у.	нефть	ж. у.	ж. у.	ж. у.	нефть	у.	ж. у.	ж. у.
Диаметр котла { внутренний . . . . .	2 184	2 235	2 184	2 235	2 286	2 235	2 134	2 438	2 235	2 235	2 286	2 286
" { наружный . . . . .	2 899	3 356	2 899	3 356	3 353	3 356	3051	3 048	3 360	3 359	3 664	3 355
Длина топки . . . . .	2 445	2 445	2 445	3 356	2 286	2 445	2 445	2 445	2 438	2 445	2 747	2 438
Ширина топки . . . . .	2 445	2 445	2 445	3 356	2 286	2 445	2 445	2 445	2 438	2 445	2 747	2 438





№№ по порядку	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Дорога-заказница	A. S. R. Ch. St. P. Argentine, M. & O.	Ch. St. P. M. & O.	K. O. & G.	C. & J. M.	L. V. R. R. Co	A. T. & S. F.	U. S. G.	U. P. S. O. W.	D. M. & N.	Mexican Rwy	Erte	C. J. & L.
Завод-строитель	Bald.	Bald.	Bald.	Bald.	Bald.	Bald.	Bald.	Bald.	Bald.	Bald.	Bald.	Alco
Полный вес паровоза в рабочем состоянии . . . . .	88,82	147,05	149,37	165,70	169,62	183,20	159,66	170,31	157,20	143,78	184,93	154,67
Спешной вес паровоза . . . . .	72,88	115,76	112,40	127,51	133,11	145,15	125,19	132,11	125,46	116,12	148,44	124,96
Нагрузка на сцепную ось . . . . .	14,57	23,15	22,48	25,50	26,63	29,03	25,04	26,42	25,92	23,22	29,69	24,99
" переднюю тележку . . . . .	4,89	12,02	14,11	11,29	13,03	13,33	9,75	12,05	10,84	11,79	11,09	—
Нагрузка на заднюю тележку . . . . .	11,05	19,27	22,86	26,90	23,48	24,72	24,72	26,15	20,90	15,87	25,40	—
Нагрузка на ось передней тележки в % от нагрузки на сцепную ось . . . . .	33,6	52,0	62,7	44,3	48,8	45,8	39,0	45,7	41,8	50,7	37,3	—
Нагрузка на ось задней тележки в % от нагрузки на сцепную ось . . . . .	76,0	83,0	101,7	105,5	88,2	85,0	98,5	95,4	80,6	68,2	95,0	—
Вес тендера . . . . .	43,99	73,85	101,07	94,07	76,6	130,91	86,82	96,79	86,47	—	79,9	—
Запас воды в тендере . . . . .	17,05	31,3	45,48	45,48	34,0	56,75	37,8	45,48	37,80	30,3	37,8	—
Запас топлива в тендере . . . . .	7 550	11,8	14,5	14,5	13,6	18 900	14,5	18,15	16,35	12 100	14,5	—
База паровоза сцепная . . . . .	5 283	6 401	6 706	6 401	6 858	6 706	6 401	6 858	6 350	6 401	6 706	6 096
" общая . . . . .	10 388	11 861	12 522	12 548	12 700	12 522	12 294	12 624	12 141	11 861	12 573	11 709
" и тендера . . . . .	17 975	21 833	24 691	24 502	22 722	26 080	23 166	24 285	22 131	33 400	23 599	—
Диаметр цилиндра X ход поршня . . . . .	559×610	686×813	686×762	686×813	737×813	762×813	686×813	749×762	711×813	686×813	787×813	711×762
Диаметр движущих колес . . . . .	1 219	1 448	1 600	1 448	1 600	1 600	1 448	1 600	1 524	1 448	1 600	1 448
Мокуль силы тяги по формуле: $0,97 \frac{nd^4}{200D}$ . . . . .	20 300	33 300	30 000	33 700	37 500	44 400	36 000	36 400	34 000	33 300	42 800	34 500
Давление пара в котле . . . . .	13,35	13,0	14,0	14,0	14,0	15,5	14,0	14,0	13,0	13,0	14,0	13,35
Сорт топлива . . . . .	нефть	ж. у.	ж. у.	ж. у.	ж. у.	нефть	ж. у.	ж. у.	ж. у.	нефть	у.	у.
Диам. котла { внутренний наружный . . . . .	мм мм	2 069	1 981	2 184	2 127	2 235	2 184	2 235	2 082	2 082	2 286	—

Длина топки . . . . .	мм	2 895	3 048	2 895	3 358	—
Ширина топки . . . . .	мм	2 133	2 438	2 133	2 438	—
Дымогарные трубы: число $\times$ диаметр . . . . .	мм $\times$ д	490 $\times$ 51	254 $\times$ 57	255 $\times$ 57	220 $\times$ 57	269 $\times$ 57
Жаровые трубы . . . . .	мм $\times$ д	28 $\times$ 140	45 $\times$ 140	54 $\times$ 140	42 $\times$ 140	48 $\times$ 140
Длина труб . . . . .	мм	6 401	6 147	6 325	6 401	7 315
Площадь колосниковой решетки . . . . .	м <sup>2</sup>	4,08	7,08	8,2	6,18	8,17
{ Поверхность нагрева	м <sup>2</sup>	14,95	41,33	38,74	27,03	33,15
{ топки . . . . .	м <sup>2</sup>	230,58	384,61	437,65	369,27	505,65
{ труб . . . . .	м <sup>2</sup>	245,53	425,94	476,39	396,30	538,80
{ Поверхность нагрева	м <sup>2</sup>	65,49	99,03	100,14	96,61	127,92
{ испаряющая . . . . .	м <sup>2</sup>	311,20	524,97	606,91	482,91	667,72
{ перегревателя . . . . .	м <sup>2</sup>	0,533	0,914	1,027	0,844	1,001
{ Общая поверхность	м <sup>2</sup>	0,0244	0,0392	0,0470	0,0366	0,0417
Газовый проход . . . . .	м <sup>2</sup>	—	—	—	—	—
Паровой проход . . . . .	м <sup>2</sup>	—	—	—	—	—
Пропорции:						
Исп. пов. + 0,8 пов. перегр. . . . .	$\frac{P}{H_{исп}+0,8H_{пе}}$	0,300	0,328	0,312	0,309	0,290
Испаряющая поверхность нагрева	$\frac{H_{исп}}{R}$	60,0	60,0	61,0	64,0	66,0
Площадь колосниковой решетки	$\frac{H_{исп}}{R}$	3,66	5,84	4,75	4,36	4,05
Площадь колосниковой решетки	$\frac{H_{исп}}{R}$	6,10	9,7	8,85	8,10	6,15
Площадь колосниковой решетки	$\frac{H_{исп}}{R}$	26,7	23,3	23,1	24,3	23,7
Площадь колосниковой решетки	$\frac{H_{исп}}{R}$	1,45	1,145	1,18	1,35	1,37
Площадь колосниковой решетки	$\frac{Q}{R}$	13,00	12,90	13,10	12,25	12,25
Паровой проход	$\frac{P}{R}$	0,60	0,55	0,55	0,59	0,51
Модуль колосниковой решетки	$\frac{M}{R}$	279	264	287	287	288
Сцепной вес . . . . .	кг	—	—	—	—	—
Число дымогарных труб . . . . .	т	—	—	—	—	—
Число жаровых труб . . . . .	—	—	—	—	—	—
Условный коэффициент сцепления при $\xi = 0,6$ . . . . .	—	—	—	—	—	—

№№ по порядку	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Дорога заказчика	C. B. & Q D. & R. G.	Penn	A. T. & S. F.	N. J. O. & W.	B. & O.	Erie	So. Pac.	Manila	СССР ТБ	СССР ФД	
Завод-строитель	Bald.	Alco						Alco	Bald.	Дуган- ский за- вод	
Год постройки	1917							1920	1931	1931	
Полный вес паровоза в ра- бочем состоянии . . . . .	$P$	167,83	194,37	134,2	159,9	184,2	181,9	175,0	85,3	152,0	134,4
Спешной вес паровоза . . . .	$P_K$	132,90	153,09	113,3	135,4	152,8	152,2	134,9	67,4	115,0	100,7
Нагрузка на спешную ось . . .	$P_K : n$	26,58	30,61	22,66	27,08	30,56	30,44	26,98	13,48	23,0	20,14
" переднюю те- лежку . . . . .	$P_{пт}$	—	—	—	—	—	—	—	—	17,0	13,6
Нагрузка на заднюю те- лежку . . . . .	$P_{зт}$	—	—	—	—	—	—	—	—	20,0	20,1
Нагрузка на ось передней тележки в % от нагрузки на спешную ось . . . . .	$100 n P_{пт} / P_K$	—	—	—	—	—	—	—	—	74,0	67,5
Нагрузка на ось задней тележки в % от нагрузки на спешную ось . . . . .	$100 n P_{зт} / P_K$	—	—	—	—	—	—	—	—	87,0	100
Вес тендера . . . . .	$P_T$	—	89,09	—	—	—	—	—	—	120	70
Запас воды в тендере . . . .	$W_T$	—	37,85	—	—	—	—	—	—	40	26,5
Запас топлива в тен- дере . . . . .	$T_T$	—	19,05	—	—	—	—	—	—	20	17,5
База паровоза спешная . . . .	$c$	6 325	6 704	6 020	—	6 400	—	6 960	—	6 400	6 500
" общая . . . . .	$b$	12 217	12 622	10 922	11 210	12 270	12 268	12 903	10 465	12 195	12 370
" и тендера . . . . .	$a$	—	—	—	—	—	—	—	—	25 320	—
Диаметр цилиндра $\times$ ход поршня . . . . .	$d \times l$	762 $\times$ 813	786 $\times$ 813	762 $\times$ 813	711 $\times$ 813	762 $\times$ 813	787 $\times$ 813	749 $\times$ 813	508 $\times$ 711	700 $\times$ 760	670 $\times$ 770
Диаметр движущих ко- лес . . . . .	$D$	1 524	1 600	1 575	1 448	1 475	1 600	1 613	1 219	1 520	1 500
Момент силы тяги по фор- муте: $0,97 \frac{nd^2 l p_K}{200D}$ . . . . .	$M$	36 900	42 000	42 000	36 700	43 500	42 700	39 500	18 500	33 200	33 500
Давление пара в котле . . . .	$p_K$	12,30	13,71	14,41	12,0	14,0	14,0	14,0	12,66	14,0	15,0
Сорт топлива . . . . .	$d_{кв}$	у.	у.	у.	у.	у.	у.	у.	у.	у.	у.
Диам. котла { внутренний . .	$d_{кн}$	—	2 438	—	—	—	—	—	—	2 160	2 082
Длина толчки . . . . .	$l_T$	—	3 356	—	—	—	—	—	—	3 010	3 200

Ширина толки . . . . .	мм	—	2 445	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2 440	2 200
Дымогарные трубы: число $\times$ диаметр . . . . .	мм	—	252 $\times$ 57	196 $\times$ 64	251 $\times$ 57	337 $\times$ 51	269 $\times$ 57	317 $\times$ 57	261 $\times$ 57	130 $\times$ $\frac{46}{51}$	35 $\times$ $\frac{51}{57}$	51 $\times$ $\frac{51}{57}$	44 $\times$ $\frac{51}{57}$	2 200
Жаровые трубы . . . . .	мм	—	48 $\times$ 140	54 $\times$ 140	36 $\times$ 140	50 $\times$ 137	48 $\times$ 140	60 $\times$ 140	50 $\times$ 140	22 $\times$ $\frac{129}{137}$	166 $\times$ $\frac{82,5}{89}$	130 $\times$ $\frac{82,5}{89}$	130 $\times$ $\frac{82,5}{89}$	5 970
Длина труб . . . . .	мм	—	7 010	6 369	6 401	5 182	7 010	5 182	6 401	5 639	5 800	5 800	5 800	5 970
Площадь колосниковой решетки . . . . .	мм	—	8,17	7,34	5,44	7,45	8,20	8,81	7,66	3,27	7,34	7,04	7,04	7,04
Поверхность нагрева толки . . . . .	м <sup>2</sup>	—	35,58	39,3	17,90	30,2	—	31,7	37,1	16,4	36,45	31,23	31,23	31,23
Поверхность нагрева труб . . . . .	м <sup>2</sup>	—	461,34	399,7	387,8	387,7	—	429,0	438,7	169,4	303,55	263,93	263,93	263,93
Поверхность нагрева испаряющая . . . . .	м <sup>2</sup>	—	496,92	439,0	405,7	417,9	517,0	460,7	475,8	185,8	340,0	295,16	295,16	295,16
Поверхность нагрева перегревателя . . . . .	м <sup>2</sup>	—	114,45	123,46	84,5	93,6	124,0	118,4	112,2	45,8	150,0	148,4	148,4	148,4
Общая поверхность нагрева . . . . .	м <sup>2</sup>	—	611,37	572,36	490,2	511,5	641,0	579,10	588,0	231,6	490,0	443,56	443,56	443,56
Газовый проход . . . . .	м <sup>2</sup>	—	—	0,967	0,855	1,006	0,989	1,205	0,990	0,442	0,723	0,600	0,600	0,600
Паровой проход . . . . .	м <sup>2</sup>	—	—	0,0417	0,0290	0,0402	0,0386	0,0522	0,0402	0,0176	0,0375	0,0294	0,0294	0,0294
Пропорции:														
Общий вес . . . . .	т	0,285	0,355	0,354	0,200	0,324	0,300	0,327	0,315	0,384	0,330	0,326	0,326	0,326
Исп. пов. + 0,8 пов. перегр. . . . .	$\frac{P}{H_{исп} + 0,8 H_{пе}}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Испаряющая поверхность нагрев. . . . .	$\frac{H_{исп}}{R}$	61,0	55,0	60,0	74,5	56,0	63,00	52,1	62,0	56,5	46,3	41,9	41,9	41,9
Площадь колосниковой решетки . . . . .	$\frac{H_{исп}}{R}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Площадь колосниковой решетки толки . . . . .	$\frac{H_{исп}}{R}$	4,35	3,77	5,37	3,30	4,05	—	3,60	4,84	5,02	4,96	4,44	4,44	4,44
Поверхность нагрева толки . . . . .	$\frac{H_{исп}}{R}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Поверхность нагрева испаряющая . . . . .	$\frac{H_{исп}}{R}$	7,16	6,85	8,95	4,41	7,25	—	6,85	7,8	9,7	10,7	10,6	10,6	10,6
Поверхность нагрева перегр. . . . .	$\frac{H_{исп}}{R}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Поверхность нагрева испаряющая . . . . .	$\frac{H_{исп}}{R}$	23,1	27,5	34,2	20,9	22,40	24,0	25,8	23,6	24,7	44,0	50,2	50,2	50,2
Длина толки . . . . .	м	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ширина толки . . . . .	м	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Газовый проход . . . . .	$\frac{Q}{R}$	—	11,85	12,5	15,75	13,45	12,10	13,7	12,95	13,5	9,85	8,5	8,5	8,5
Паровой проход . . . . .	$\frac{P}{R}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Площадь колосниковой решетки . . . . .	$\frac{P}{R}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Модуль силы тяги . . . . .	$\frac{M}{P_k}$	278	275	263	291	274	285	280	293	275	288	336	336	336
Сцепный вес . . . . .	$\frac{M}{P_k}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Число дымогарных труб . . . . .	$\frac{n_d}{n_{ж}}$	—	5,25	3,63	7,00	6,75	5,6	5,3	5,2	5,9	0,211	0,34	0,34	0,34
Число жаровых труб . . . . .	$\frac{n_d}{n_{ж}}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Условный коэффициент сцепления при $\xi = 0,6$ . . . . .	$\psi_{усл}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—



Длина труб.....	$L$	мм	5817	5182	5817	5182
Площадь колосниковой решетки.....	$R$	м <sup>2</sup>	6,49	9,71	6,5	9,71
<div> <div> <div>Площадь колосниковой решетки</div> <div>Поверхность нагрева топки</div> <div>Поверхность нагрева труб</div> <div>Поверхность испаряющей</div> <div>Поверхность перегревателя</div> <div>Общая поверхность нагрева</div> </div> <div> <div>Доп</div> <div>Омываемая во</div> </div> </div>	$H_T$	м <sup>2</sup>	26,60	37,35	27,0	33,45
	$H_{д, ж}$	м <sup>2</sup>	400,6	378,2	376,0	378,2
	$H_{исп}$	м <sup>2</sup>	427,2	415,55	403,0	411,65
	$H_{пе}$	м <sup>2</sup>	151,8	115,93	137,5	115,93
• Газовый проход.....	$H_{об}$	м <sup>2</sup>	579,0	531,48	540,5	527,58
Паровой проход.....	$Q$	м <sup>2</sup>	0,792	1,113	—	1,113
	$P$	м <sup>2</sup>	0,0384	0,0557	—	0,0557
Пропорции:						
Общий вес	$\frac{P}{H_{исп} + 0,8H_{пе}}$	$\frac{T}{м^2}$	0,319	0,356	0,335	0,378
Испаряющая поверхность + 0,8 поверхность перегревателя	$\frac{H_{исп}}{R}$	$\frac{м^2}{м^2}$	66,0	43,0	62,0	42,3
Испаряющая поверхность	$\frac{H_T}{R}$	$\frac{м^2}{м^2}$	4,1	8,85	4,15	3,44
Площадь колосниковой решетки	$\frac{H_T}{H_{исп}} \cdot 100$	%	6,2	9,0	6,7	8,1
Поверхность нагрева топки	$\frac{H_{пе}}{H_{исп}} \cdot 100$	%	35,5	28,0	34,0	28,0
Площадь колосниковой решетки	$\frac{l_T}{b_T}$	$\frac{м}{м}$	1,58	1,16	—	1,16
Поверхность нагрева топки	$\frac{Q}{R} \cdot 100$	%	12,20	11,49	—	11,45
Испаряющая поверхность нагрева	$\frac{P}{R} \cdot 100$	%	0,59	0,57	—	0,57
Поверхность перегревателя	$\frac{M}{P_K}$	кг/т	331	284	341	367
Испаряющая поверхность нагрева	$\frac{n_d}{n_{ж}}$	—	0,705	3,94	—	3,94
Длина топки	$\psi_{усл}$	—	$\frac{1}{4,9}$	$\frac{1}{5,7}$	$\frac{1}{4,75}$	$\frac{1}{4,4}$
Ширина топки						
Газовый проход						
Площадь колосниковой решетки						
Паровой проход						
Площадь колосниковой решетки						
Модуль силы тяги						
Сцепной вес						
Число дымогарных труб						
Число жаровых труб						
Условный коэффициент сцепления при $\xi = 0,6$ ...						



## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ <sup>1</sup>

Вал переводной, подшип- ники . . . . .	271
— рычаги . . . . .	486
Вал шарнирный стокера . . . . .	741
Валик кулака (крейцкопфа), конструкция, напряжения у различных типов паро- возов . . . . .	372
— расчет . . . . .	37
— шпонка . . . . .	373
Валики конусные . . . . .	486
Верхнее строение пути . . . . .	4
Весовая характеристика па- ровоза, выбор . . . . .	3
Вилка сцепного дышла . . . . .	277
Винт конвейерный стоке- ра . . . . .	723, 730
Винт переводной . . . . .	496
— компенсаторный рычаг . . . . .	500
— конструкция . . . . .	499
— материал . . . . .	856
— расчет . . . . .	496
— усилие на рукоятку вин- та . . . . .	498, 499
Вода в котле, вес . . . . .	917
— низший уровень . . . . .	217
Вода в тендере, уровень . . . . .	924
Водило передней тележки . . . . .	581
Водомерное стекло . . . . .	916
Водоподогреватель, вес . . . . .	913
— клапаны . . . . .	762
— конструкция . . . . .	765
— насос . . . . .	758
— пароподводящие трубы . . . . .	769
— поршень насоса . . . . .	760
— сальники . . . . .	761
— схема . . . . .	756
— тепловой расчет батареи . . . . .	762
Возвращающий механизм    задней тележки паровоза . . . . .	601
— передней тележки паро- воза . . . . .	571
— передней тележки тен- дера . . . . .	678
Возвращающий прибор на I и 5 спящих осях . . . . .	529, 531, 533

Знак — заменяет первый термин гнезда (независимо от того, состоит он из одного или нескольких слов) или часть его до знака ||.



- Воздух, количество для сжигания . . . . . 40  
— коэффициент избытка . . . 38  
Вписывание в кривые, боковые давлений на раму 628, 629, 631, 632, 636, 637, 641, 643, 645, 647, 648, 649, 652, 654, 656, 657, 658  
— расчет . . . . . 615  
— схема нагрузок . . . . . 618  
— угол набегания . . . . . 659  
— характеристика боковых давлений на раму . . . . . 659  
— характеристика направляющих усилий . . . . . 658  
Вписывание в кривые задней тележки, возвращающая сила . 621, 625, 646, 653  
— отклонение 621, 625, 630, 633, 640, 642, 644, 646, 649, 653, 655  
— сила, действующая на шкворень 625, 630, 634, 636, 640, 644, 646, 651, 653, 655  
Вписывание в кривые передней тележки, возвращающая сила 619, 624, 629, 634, 638, 642, 644, 646, 651, 653, 655  
— отклонение 619, 621, 624, 629, 634, 638, 642, 644, 646, 651, 653  
— сила, действующая на шкворень 624, 630, 634, 638, 642, 644, 646, 651, 653, 655  
Вписывание в кривые сцепных осей 1-й и 5-й, возвращающая сила 622, 627, 631, 635, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 651, 654, 656  
— направляющие усилия осей 628, 629, 630, 631, 632, 634, 636, 637, 641, 643, 645, 647, 648, 649, 652, 654, 656, 657, 658  
— отклонение 621, 627, 631, 635, 640, 645, 646, 647, 651, 652, 656  
Втулки дышловых подшипников || запрессованные . . 293  
— материал . . . . . 295  
— обработочная карта . . . 880  
— плавающие . . . . . 292, 293  
Втулки кипяточных труб: . 131  
Втулки цилиндрические . . . 239  
— запрессовка . . . . . 249  
— материал . . . . . 240, 345  
Габарит, размещение паровой машины . . . . . 227  
Гачное железо, технические условия . . . . . 893  
Гарнитура котла . . . . . 142  
— вес . . . . . 907  
Головка ведущего дышла, задняя, расчет . . . . . 307  
— передняя, подшипник . . 285  
— передняя, расчет . . . . 305  
Головка перегревателя шаровая, изготовление . . . 146  
Головка распределительная стокера . . . . . 729  
Головка сцепного дышла, расчет . . . . . 329  
Головки различных типов дышел || ведущих, характеристика . . . . . 312  
— сцепных, характеристика 330  
Двери будки . . . . . 691  
Дверки топки . . . . . 179  
Дверки топки системы But-terfly . . . . . 180  
— пневматический привод . 185  
— привалочная рамка . . . 181  
— ручной привод . . . . . 184  
— створки . . . . . 181  
Движущий механизм . . . 274  
— вес . . . . . 914  
— электроосвещение . . . 717  
Диаграммы Цейнера, построение . . . . . 452  
Дымовая камера см. Дымовая коробка  
Дымовая коробка, вырезы для регулятора . . . . . 170  
— дверка . . . . . 141  
— сборка . . . . . 866  
— фронтонный лист . . . 141  
Дымовая труба, расчет . . . 190  
— конструкция . . . . . 202, 208  
Дымогарные трубы, гидравлический радиус . . . . . 42  
— длина . . . . . 25  
— конструкция . . . . . 116, 118  
— обварка, разбуртовка . 118  
Дымогарные и жаровые трубы, постановка . . . 867  
— технические условия . . 895  
Дышла, взаимозаменяемость 281  
— конструкция . . . . . 296  
— материал . . . . . 295  
— общее расположение, проектирование . . . . . 274  
— смазка . . . 283, 284, 289, 295  
Дышла сцепные, заготовка и изготовление . . . . . 854  
— метод расчета штанг . . 316  
— распределение веса . . . 410  
Дышла ведущие, вес . . . 287  
— выбор длины . . . . . 281, 286  
— заготовки и изготовления . . . . . 853  
— конструкция . . . . . 283  
— момент инерции . . . . . 407  
— обработочная карта . . 878  
— подшипник передней головки . . . . . 285  
— расчет задней головки 307  
— расчет передней головки 305  
— расчет штанги . . . . . 297  
— центр тяжести . . . . . 407  
Дышла сцепные, заднее и переднее, конструкция . . 291  
— расчет штанги . . . . . 322  
Дышло сцепное, вилка . . . 277  
— второе, конструкция . . 288  
— . . . . . расчет штанги . 324  
— зазор с противовесом при езде по кривой . . . 279  
— третья, конструкция . . 290  
— . . . . . расчет штанги . 325  
Дышло сцепное, хвостовик . 276  
— эксцентриситет головок . . . . . 277, 281  
Жаровые трубы, выбор . . . 84  
— гидравлический радиус . 42  
— количество . . . . . 25  
— конструкция . . . . . 116  
— обварка, разбуртовка . 118  
Заклепка, материал . . . . 852  
Заклепочная сталь, технические условия . . . . . 892  
Засос газов при ходе без пара . . . . . 515  
Зеркало испарения . . . . 32  
Золотник . . . . . 491  
— смазка . . . . . 246  
Золотниковая скалка, материал . . . . . 852  
— кулачок . . . . . 481  
— направляющая кулачка 482  
Золотниковые кольца . . . 240  
Золотниковые крышки, передняя и задняя . . . 488  
Золотниковые лица, добавочные выпускные окна . . . 458  
Зольник . . . . . 178  
Измерительные приборы котла . . . . . 218  
Изоляция || котла . . . . . 698  
— цилиндров и крышек . . 254  
Индикаторные диаграммы . 793  
Индикаторный коэффициент . 12  
Инжектор . . . . . 218  
Искроудержатель . . . . . 207  
Камера догорания, очертание 88  
— укрепление связями . . 108  
Капиталовложение по паровозу ФД . . . . . 839  
Картер паровой машины 751, 753  
Качественное число см. Коэффициент строительный  
Кипятильные трубы, втулки 131  
Клапан запорный, варианты: 1-й . . . . . 151  
2-й . . . . . 157  
Клапан насоса водоподогревателя . . . . . 762  
Клапан паровоздушный, Дрифтинг сист. ЦЛПБ . 513  
— сист. Лопушинского . . 511  
Клапан предохранительный || котловой . . . . . 223  
— цилиндрический . . . . . 254  
Клапан продувальный . . 255  
Клапан реверсивный стокера 742  
Клапан регуляторный . . . 162  
— крышка . . . . . 167  
Клапан спускной, выхлопных труб . . . . . 260  
Клин крейцкопфный, напряжения у различных паровозов . . . . . 376  
— расчет . . . . . 375  
Кожух топки, сборка . . . 862  
Колеса, выбор диаметра 11, 12, 78

- Колеса, бегунковые, диаметр ..... 17  
— поддерживающие, диаметр ..... 17  
Колесная пара, вес ..... 818  
— задней тележки 596, 599, 615  
— передней тележки ..... 582  
— тендера ..... 685  
— ведущая, конструкция ..... 416  
— ведущая, основные размеры ..... 420  
— сцепная, конструкция ..... 424  
Колесо ведущее, обод, конструкция ..... 419  
— центр, конструкция, материал ..... 422  
Колесо сцепное, центр, конструкция ..... 428  
Колодка тормозная ..... 708  
— износ ..... 713  
— сила нажатия ..... 704  
Колонка водяная, водопробные краны, водомерные стекла ..... 216  
Колонка пароразборная, клапан, угловые вентили, привод к ним ..... 215  
— насыщенного пара ..... 213  
— стокера ..... 737  
Колосниковая решетка ..... 22, 176  
Колпачки пароперегревателя, изготовление ..... 145  
Кольца золотниковые, материал ..... 420  
Кольца „Кинг“ для сальников, испытание на трение ..... 443  
— материал ..... 441  
— материал пружины ..... 444  
Кольца поршневые, конструкция ..... 338  
— материал ..... 240, 344  
— напряжения у различных типов ..... 344  
— обработочная карта ..... 875  
— расчет по цилиндру, нормы Балдина ..... 352  
Кольца поршневые Packing Ring, испытание материала ..... 346  
— конструкция ..... 343  
— материал ..... 344  
— пружинный стержень ..... 342, 349  
— сборка ..... 352  
Контр-кривошип, конструкция ..... 417, 418  
Конус форсовый ..... 190, 820  
— конструкция ..... 202, 208  
— коэффициент полезного действия ..... 820  
— круглый, его работа ..... 822  
— расчет ..... 190  
— с промежуточными насадками, работа ..... 829  
— с разделенным выхлопом, работа ..... 833  
— фигурный (звездчатый), работа ..... 825  
— характеристика ..... 836  
Конусные насадки, экономичность ..... 200  
Конусные насадки Kulschar || двойного форсового конуса ..... 831  
— ординарного форсового конуса ..... 830  
Коробка пароперегревательная ..... 160  
Корыто балки передней тендерной тележки ..... 680  
Котел ..... 82  
— арматура ..... 211  
— вес ..... 7, 98, 904  
— гидравлическое испытание ..... 868  
— гидравлическое сопротивление ..... 194  
— диаметр ..... 26, 32  
— изоляция ..... 698  
— конструкция ..... 98  
— материал ..... 82  
— обшивка ..... 35, 697, 906  
— работа на различных смесях углей ..... 808  
— размеры ..... 37, 63, 65, 66, 96  
— сборка частей ..... 867  
— тепловой расчет ..... 35  
— толщина стенок ..... 95  
— топочные листы, изготовление ..... 844, 846  
— цилиндрическая часть ..... 119  
Котельная сталь, технические условия ..... 891  
Котловое давление, выбор ..... 11  
Котловые характеристики на различных сортах топлива ..... 799  
Коэффициент || избытка воздуха ..... 38  
— индикаторный (ε) ..... 12  
— механической полноты горения ..... 40  
— основного теплового уравнения ..... 43, 83  
— полезного действия котла ..... 64, 66, 67  
— полезного действия паровоза ..... 80, 811  
— полезного действия форсового конуса ..... 820  
— разделения газов ..... 42  
— соответствия типа рельс нагрузке ..... 5  
— строительный ..... 18  
— сцепления (φ) ..... 13, 227  
— теплопередачи в дымогарных трубах ..... 44  
— теплопередачи в жаровых трубах ..... 47, 52  
— теплопередачи в пароперегревательных трубах ..... 53  
Кран || водопробный ..... 216  
— распределительный к продувочным клапанам ..... 258  
— спускной топки ..... 221, 223  
Крейцкопф см. Кулак  
Крепления || междоусевых вырезов ..... 534  
— междурамные:  
  1-й сцепной оси ..... 529  
  2-й, 3-й и 4-й осей ..... 532, 533  
Кривошип, радиус, выбор ..... 12  
Крышка цилиндровая ..... 250  
— задняя, обработочная карта ..... 881  
Крышки золотниковые ..... 488  
Кулак, баббитовая заливка, состав ..... 377  
— материал ..... 379  
— обработочная карта ..... 876  
— расчет трущихся поверхностей ..... 374  
— тумба, расчет ..... 376, 377  
Кулак многоплоскостный, давление на параллель ..... 368  
— конструкция ..... 367, 377, 378, 379  
Кулак паровой машины стока ..... 747  
Кулаки различных серий паровозов, напряжения в тумбах ..... 378  
— удельные давления, характеристика гребня ..... 375  
Кулачек золотниковой скалки ..... 481  
— направляющие ..... 482, 490  
Кулиса ..... 483  
— заготовка и изготовление ..... 855  
— обработочная карта ..... 883  
Кулисная балка для подшипников ..... 268, 271  
Кулисная тяга, заготовка и изготовление ..... 855  
— конструкция ..... 479  
— подвеска ..... 481  
— расчетные напряжения ..... 480  
Кулисный камень ..... 484  
Лаз котловой ..... 130  
Лестницы ..... 694, 697  
Листы главной рамы ..... 523  
Лобовой лист, укрепление ..... 113  
Лубрикатор Натана ..... 221  
Люлька передней тележки ..... 577  
Манометр (расположение) водоподогревателя, золотниковой коробки, контрольный, котловой, стока, тормоза ..... 218  
Масленка дышловая ..... 283, 289, 295  
Маслоотделитель водоподогревателя ..... 768  
Машина паровая, ход проектирования ..... 227  
— стокера ..... 744  
Маятник, заготовка и изготовление ..... 855  
— парораспределения, водок ..... 482

Модуль машины . . . . . 14  
 Мостик в решетке между трубами, размер . . . . . 91  
 Мотыль ведущего колеса, вес . . . . . 413  
 Мощность . . . . . 76  
 — касательная . . . . . 795  
 Нагрев . . . . . 18, 24  
 Нагрузка на оси бегунка и поддерживающую . . . . . 15  
 Направляющие || буксовые, накладки . . . . . 549  
 — золотникового кулачка . . . . . 482, 490  
 Напряжения в || брусковых рамах . . . . . 522  
 — дисках поршней . . . . . 336  
 — котловых листах . . . . . 119  
 — кулисной тяге (расчетные) . . . . . 480  
 — рамах по нормам Балдина . . . . . 521  
 — цапфах кривошипов . . . . . 230, 232  
 — шейках осей . . . . . 234, 236  
 — цилиндрических шпильках . . . . . 244  
 Насос водоподогревателя . . . . . 758  
 — клапаны . . . . . 762  
 — поршень . . . . . 760  
 — сальники . . . . . 761  
 Натяжения вредные при отливке цилиндров . . . . . 247  
 Обод ведущего колесного центра, конструкция . . . . . 419  
 Обшивка цилиндров и крышек . . . . . 254  
 Огневая коробка, сборка . . . . . 863, 889  
 Окись углерода, процент содержания в продуктах горения . . . . . 38  
 Окно впускное добавочное в золотниковом лице . . . . . 458  
 Опора топки на раме, задняя . . . . . 542  
 — передняя . . . . . 541  
 Осевая характеристика, выбор . . . . . 3  
 Оси паровозные, материал и изготовление . . . . . 857  
 — технические условия . . . . . 897  
 Оси тендерные и вагонные, технические условия . . . . . 896  
 Ось паровозная бегунка . . . . . 583  
 — американских паровозов, характеристика гнения и удельного давления . . . . . 606  
 — выбор диаметра колес . . . . . 17  
 — русских паровозов, характеристика гнения и удельного давления . . . . . 607  
 Ось паровозная ведущая, запрессовка . . . . . 419  
 — конструкция . . . . . 417  
 — материал . . . . . 419  
 — размеры . . . . . 417  
 Ось паровозная поддерживающей колесной пары . . . . . 591

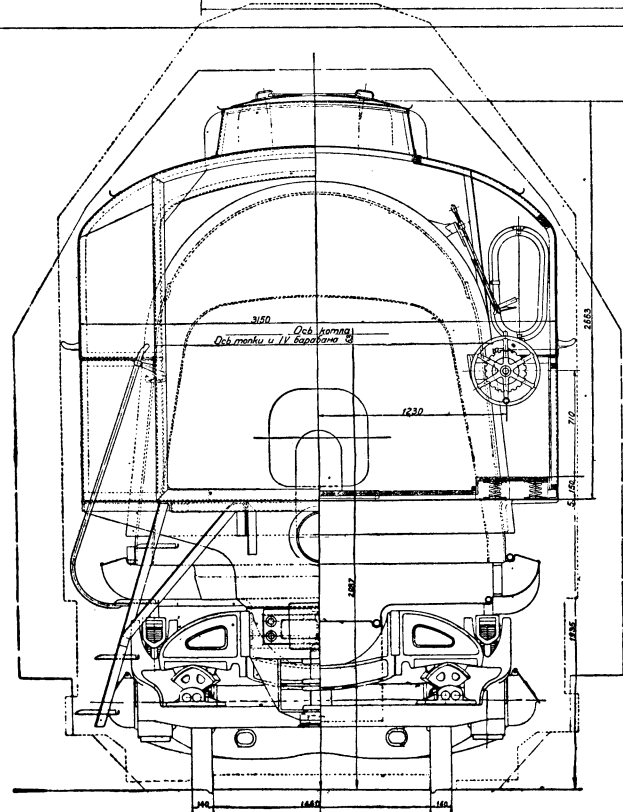
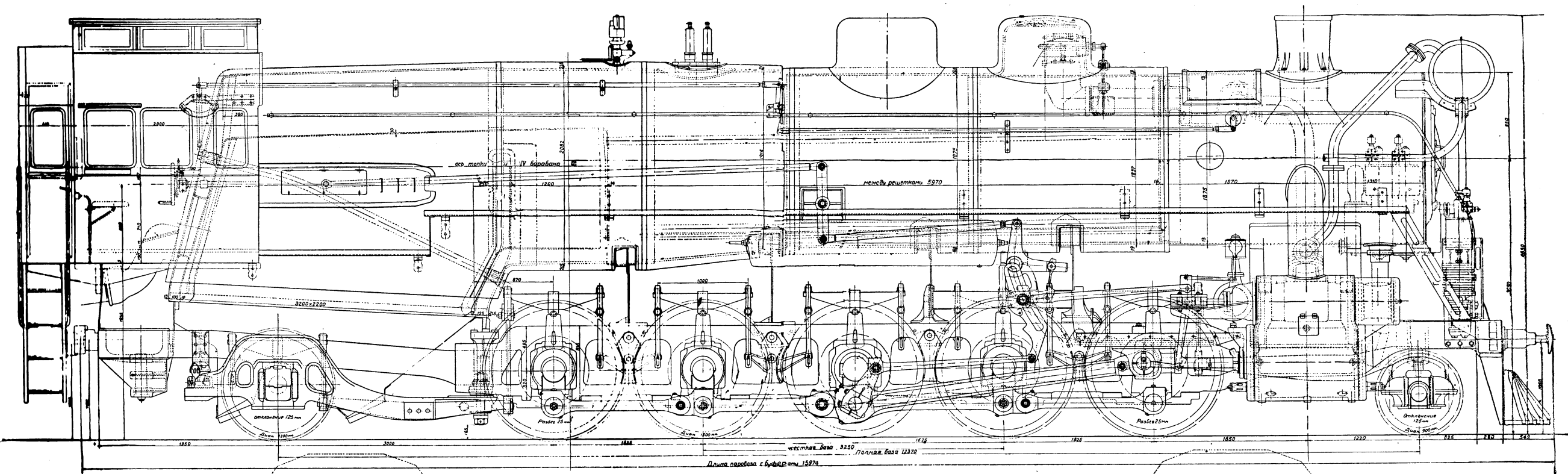
Ось паровозная поддерживающей колесной пары, выбор диаметра колес . . . . . 17  
 — характеристика гнения и удельного давления у американских паровозов . . . . . 606  
 — характеристика гнения и удельного давления у русских паровозов . . . . . 607  
 — характеристика различных типов у русских паровозов . . . . . 605  
 Ось паровозная сцепная, конструкция . . . . . 427  
 — размеры . . . . . 426  
 Отверстие контрольное в связях и анкерных болтах . . . . . 109  
 Отношение  $\frac{H}{R}$  . . . . . 15, 22  
 Отсечка ограниченная . . . . . 457  
 Палец кривошипа ведущей оси, запрессовка . . . . . 416, 417  
 — конструкция . . . . . 416, 418  
 — материал . . . . . 416, 417  
 Палец кривошипа сцепной оси, запрессовка . . . . . 425  
 — конструкция . . . . . 424, 429  
 — материал . . . . . 425  
 Пальцы кривошипов, характеристика . . . . . 232  
 Пар, влажность . . . . . 807  
 — характеристика расхода . . . . . 796  
 Параллели различных типов у американских паровозов . . . . . 384  
 Параллель, заготовка и изготовление . . . . . 855  
 — конструкция . . . . . 380  
 — напряжение у паровозов различных серий . . . . . 384  
 — обработочная карта . . . . . 882  
 — расчет . . . . . 381, 385  
 Паровоз, вес . . . . . 7, 15, 35, 904  
 — общая база . . . . . 18  
 — 1—5—1, основные размеры . . . . . 926  
 — 1—5—0, основные размеры . . . . . 932  
 — ориентировочные характеристики . . . . . 8  
 Парообразование, интенсивность ( $z_k$ ) . . . . . 66, 67, 70  
 — зависимость интенсивности от расстояния между трубами . . . . . 90  
 Пароперегреватель, вес . . . . . 907  
 — изготовление элементов . . . . . 145, 845  
 — коробка . . . . . 160  
 — крепление элементов . . . . . 143  
 — установка . . . . . 887  
 — Чусовых . . . . . 147  
 — Элеско Е . . . . . 142  
 Паропровод, вес . . . . . 912  
 — внутренний . . . . . 159  
 — шарнирный стокера . . . . . 755  
 Парораспределение, выбор элементов . . . . . 451  
 — динамика . . . . . 492

Парораспределение, добавочное впускное окно . . . . . 458  
 — ограниченная отсечка . . . . . 457  
 — построение диаграммы Цейнера . . . . . 452  
 — характеристика некоторых паровозов . . . . . 454  
 — характеристика паровоза ФД . . . . . 793  
 Парораспределительный механизм, выбор точек подвешивания . . . . . 461  
 — исследование эпюр . . . . . 465  
 — построение эллиптической диаграммы . . . . . 464  
 — построение эпюры . . . . . 462  
 — характеристика выбранных эпюр . . . . . 478  
 — характеристика эллиптических диаграмм . . . . . 467, 469, 471, 473, 477  
 Паросушитель, варианты:  
 1-й . . . . . 155  
 2-й и 3-й . . . . . 159  
 Перегрев пара, температура ( $t_{пе}$ ) . . . . . 54, 61, 66, 67  
 Песочница . . . . . 779  
 Петикот см. Конусные насадки  
 Пирометр (расположение) золотниковый и пароперегревателя . . . . . 218  
 Площадки паровоза . . . . . 694  
 Поверхность нагрева, разбивка на трубчатую и топочную . . . . . 24  
 — испаряющая . . . . . 7, 18  
 Поверхность нагрева перегревателя . . . . . 20, 25  
 Поводок, заготовка и изготовление . . . . . 855  
 — маятника . . . . . 482  
 Подбрюшники гибкие главной рамы . . . . . 535  
 Подвеска || кулисной тяги . . . . . 481  
 — рессорная . . . . . 557  
 — тормозных колодок . . . . . 707  
 Подвешивание || паровоза, система . . . . . 560  
 — парораспределительного механизма . . . . . 461  
 Подергивание см. Противовесы  
 Подшипник буксовый, изготовление и сборка . . . . . 860  
 — состав бронзы . . . . . 546, 859  
 — ведущей оси, обработочная карта . . . . . 872  
 — тендерный . . . . . 684  
 Подшипник || кулисной цапфы . . . . . 269  
 — переводного вала . . . . . 27  
 — передней головки ведущего дышла . . . . . 285  
 Поршень, вес . . . . . 334  
 — диаметр и материал . . . . . 338  
 — проектирование . . . . . 332  
 — расчет . . . . . 335  
 Поршневой диск, обработочная карта . . . . . 875

- Поршневые диски, размеры по нормам АРА . . . . . 337
- Поршни различных типов, напряжения в дисках, характеристика . . . . . 336
- Потолок кожуха и топки, форма . . . . . 83
- Пробки || легкоплавкие . . . 138
- промывательные . . . . . 135
- Провозная способность паровоза ФД по сравнению с паровозом Э . . . . . 838
- Прожектор лобовой . . . . . 715
- Прокатная углеродистая сталь, технические условия . . . . . 890
- Пространство || водяное . . . 32
- вредное, объем . 243, 250, 253
- паровое, высота . . . . . 26
- Противовес, методы расчета . . . . . 386, 406
- расчет сил инерции дышла, кулака и поршня . . . 388
- уравновешивание масс сцепных дышел, кривошипов, мотылей и пр. . . . . 394
- форма . . . . . 274, 421, 422
- Противовес ведущего колеса, вес . . . . . 421, 422
- конструкция . . . . . 422
- Противовес || избыточный . 397, 399, 400
- сил инерции, определение дополнительных, вертикальных воздействий . 392, 395, 396
- Противовес сцепного колеса, вес . . . . . 429
- конструкция . . . . . 432
- Противовесы, влияние паровоза . . . . . 404
- воздействие на рельс . . 395, 399, 811
- подергивание паровоза . . . . . 403, 405
- сравнительные результаты расчета некоторых паровозов . . . . . 406
- станочная проверка . . . 432
- степень уравновешивания . . . . . 402
- паровоза ФД . . . . . 400
- Проход воздушный . . . . . 189
- газовый . . . . . 27, 30
- Пружина || переводного винта . . . . . 500
- сальника „Кинг“, материал . . . . . 444
- Пружины, материал и изготовление . . . . . 856
- Путеочиститель . . . . . 535
- Работа гребня в || цапгах кривошипов . . . . . 230, 232
- шейках осей . . . . . 235, 236
- Развеска паровоза . . . . . 32
- Рама обвязочная . . . . . 115
- Рама паровоза задняя (хвостовик), конструкция, расчет . . . . . 538
- Рама параллельная, выбор типа . . . . . 260
- ИС . . . . . 264
- М . . . . . 263
- СУ . . . . . 262
- ФД . . . . . 266
- Рама паровозная главная, буксовые струнки, буферный брус . . . . . 525
- вес . . . . . 909
- заготовка . . . . . 523
- задний стяжной ящик . 536, 539
- задняя опора топки . . . 542
- листы . . . . . 523
- междурамное крепление: 1-й сцепной оси . . . . . 529
- 2-й, 3-й и 4-й сцепных осей . . . . . 532
- междурамное крепление, обработка . . . . . 813
- накладка буксовых направляющих . . . . . 549
- напряжения в буксовых рамах . . . . . 521, 522
- опорные балки для подбрюшников . . . . . 533
- отливка и заготовка болванки . . . . . 841
- передняя опора топки . . 541
- подбрюшники гибкие . . . 535
- прибор, возвращающий на 1 и 5 осях . . 529, 531, 533
- путеочиститель . . . . . 535
- расчет . . . . . 520
- сборка . . . . . 868, 885
- скобы балансиров . . . . 534
- тип . . . . . 519
- укрепление междусежных вырезов . . . . . 534
- Рама параллельной балки для подшипников . . . 268
- Рама тележки || задней 591, 607, 611
- передней . . . . . 571
- Рама тележки тендера, конструкция и расчет . . . . 682
- Рама тендера, вес . . . . . 922
- конструкция и расчет . . 668
- Распорка буксовая см.
- Струнка буксовая
- Расход пара на || 1 ход поршня . . . . . 71
- 1 л. с. в час на обode . . 80
- Расход топлива на 1 л. с. в час . . . . . 810
- Расходы эксплуатационные (сравнительные) по паровозам Э и ФД . . . . . 840
- Рессорная сталь, технические условия . . . . . 894
- Рама, вырезы, укрепление . 534
- Регулятор, вал . . . . . 168
- выбор сечения . . . . . 163
- давление на клапаны . . 172
- клапаны . . . . . 162
- коробка см. Пароперегреватель, коробка
- крышка клапанов . . . . 167
- механизм . . . . . 170
- Регулятор, разгрузочный клапан . . . . . 166
- расчет вала . . . . . 169
- ручка . . . . . 173
- рычаг вала . . . . . 175
- сегмент ручки . . . . . 174
- усилие на ручке . . 166, 172, 173
- наружный, его преимущества . . . . . 151
- Редуктор стокера . . . . . 738
- Рессора . . . . . 554
- материал, изготовление . 859
- распределение веса по осям см. Вес паровоза
- Рессорная сталь, технические условия . . . . . 894
- Рессорное подвешивание паровоза . . . . . 554
- задней тележки . . . . . 595
- передней тележки . . . . 580
- тендера . . . . . 683
- тендерной тележки . 677, 683
- тормоза на тендере . . . 681, 712
- Рессорные балансиры, опоры, подвески . . . . . 557
- упорки . . . . . 558
- Решетка котла передняя . . 126
- разбивка . . . . . 25
- Рычаг компенсаторный переводного винта . . . . . 500
- Рычаги переводного вала . 486
- Сальник золотникового штока . . . . . 446
- Шестакова . . . . . 446
- Штарева . . . . . 448
- Сальник паровой машины стокера . . . . . 754
- Сальник насоса водоподогревателя . . . . . 761
- Сальник штока || американского типа „Кинг“ . . . . 441
- Сормовского завода . . . 435
- Шмидта . . . . . 434
- Сборочные работы . . . . . 867, 885
- Сварка швов || барабанов . . 120
- топки . . . . . 100, 102
- Свисток . . . . . 225
- Свод топки . . . . . 133
- Связи, заготовка материала 852
- заготовка отверстий и постановка . . . . . 108, 865
- материал, технические условия на сталь . . . . . 891
- разбивка . . . . . 102
- распределение . . . . . 109
- жесткие . . . . . 105
- лапчатые . . . . . 112
- Связи подвижные Тэта . . . 108
- выбор типа втулок . . . . 109
- изготовление . . . . . 845
- Сервомотор . . . . . 502
- Сиденья в будке . . . . . 693
- Сила тяги, построение кривых . . . . . 68
- в функции отсечек . . . 70, 76
- индикаторная . . . . . 794
- на крюке . . . . . 6

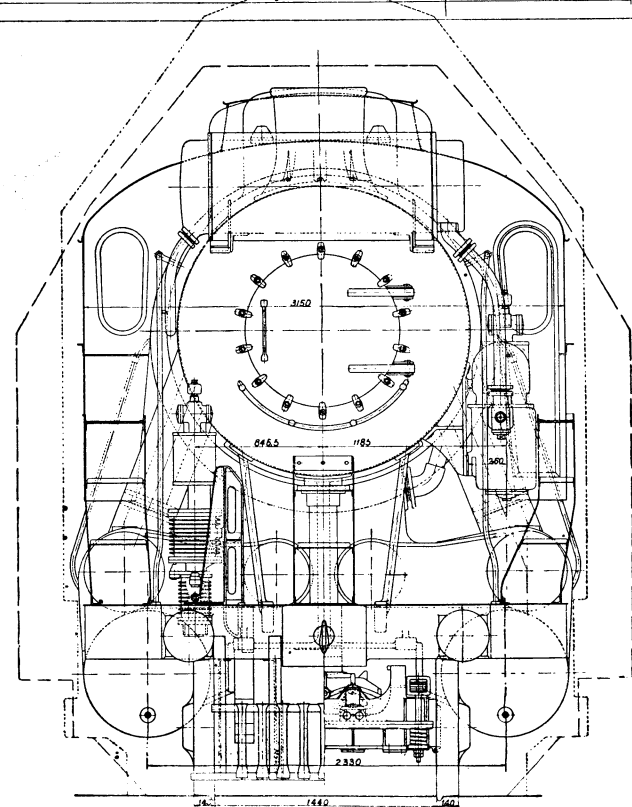
- Сила тяги, на ободу . 6, 10, 794  
Сифон . . . . . 208  
Скалка золотниковая, кулачок . . . . . 481  
— материал . . . . . 856  
— направляющая кулачка . 482  
Скалка поршневая, вес . . 334  
— конструкция . . . . . 366  
— материал . . . . . 356, 856  
— расчет . . . . . 357, 360  
Скалки поршневые различных типов, стрелы прогиба 363  
— характеристика . . . . . 358  
Скоба балансирная главной рамы . . . . . 534  
Скорость || движения паровоза . . . . . 4, 6  
— пара в клапанах цилиндра . . . . . 243  
— в трубах (средняя):  
  в дымогарных . . . . . 45  
  в жаровых . . . . . 48, 52  
Сопла . . . . . 733, 734  
Стальное фасонное литье, материал, изготовление . 857  
— технические условия . . 897  
Стокер . . . . . 8, 667, 720  
— вес . . . . . 908, 922  
— выбор типа . . . . . 720  
— головка распределительная . . . . . 729  
— золотник паровой машины . . . . . 745  
— картер паровой машины . . . . . 751, 753  
— коленчатый вал паровой машины . . . . . 751  
— конвейерные винты . 723, 730  
— крейцкопф (кулак) паровой машины . . . . . 747  
— паровая колонка . . . . 737  
— паропровод шарнирный . 755  
— поршень паровой машины . . . . . 746  
— распыливающий порожек . . . . . 733  
— расход пара на распыливание угля . . . . . 734  
— реверсивный клапан . . 742  
— редуктор . . . . . 738  
— сальники паровой машины . . . . . 754  
— условия применения . . 720  
— хобот . . . . . 726  
— хомуты эксцентров паровой машины . . . . . 749  
— цилиндры и золотниковая коробка паровой машины 744  
— шатуны паровой машины . . . . . 748  
— язык . . . . . 735  
Стопорный болт дышлаовой запрессованной втулки . 283, 285  
Стяжка между паровозом и тендером . . . . . 671  
Стяжной ящик || задний паровозной рамы . . . 536, 539  
— задний тендерной рамы 674  
— передний тендерной рамы 671  
Суперьер . . . . . 772  
Сухопарник . . . . . 126  
— заготовка и постановка . 866  
Сцепление между паровозом и тендером, расчет . . . 673  
Сценной вес . . . . . 6  
Тележка паровозная задняя, балансировка . . . . . 595, 609  
— буксы . . . . . 599, 612, 614  
— вариант 2-й . . . . . 603  
— возвращающий механизм 601  
— выбор типа . . . . . 584  
— колесная пара . 596, 599, 615  
— рамы . . . . . 591, 607, 611  
— рессорное подвешивание . . . . . 595  
— сила возвращающая, сила на шкворень см. Вписывание  
— характеристика поддерживающих осей русских паровозов . . . . . 605  
Тележка паровозная передняя, балансировка . . . . 578  
— букса . . . . . 583  
— водило . . . . . 581  
— возвращающий механизм 571  
— выбор типа . . . . . 566  
— колесная пара . . . . . 582  
— конструкция . . . . . 570  
— люлька . . . . . 577  
— рама . . . . . 571  
— рессорное подвешивание 580  
— сила возвращающая, сила на шкворень см. Вписывание  
Тележка тендерная см. Тендер  
Тележки паровозные, подкатка . . . . . 888  
Температура || у задней трубчатой решетки и сгорания . . . . . 43  
— продуктов сгорания по выходе из труб:  
  дымовых . . . . . 45  
  жаровых . . . . . 49  
Тендер, букса, буксовый подшипник . . . . . 684  
— вес . . . . . 922  
— водяной бак, конструкция . . . . . 665  
— колесная пара . . . . . 685  
— осевая шейка, расчет . . 686  
— радиальный буфер . . . 672  
— рама:  
  конструкция . . . . . 668  
  расчет . . . . . 670  
— рессорное подвешивание 683  
— стяжка с паровозом . . 671  
— стяжной ящик (передний) . . . . . 671  
— сцепление с паровозом, расчет . . . . . 673  
— тележка . . . . . 676  
— тележка:  
  балки, расчет . 677, 680, 681  
  боковые рамы, расчет . 682, 683  
Тендер, тележка:  
  вес . . . . . 923  
  возвращающий прибор . 678  
  корыто . . . . . 680  
  подвешивание тормоза . 681  
  поперечные скрепления рамы . . . . . 682  
— схема распределения на грузки . . . . . 677  
— упряжной ящик (задний) 674  
Тендерные оси, удельные давления и характеристика грения . . . . . 687  
Тендеры ФД и ИС, характеристика . . . . . 665  
Тепло, распространение в жаровых трубах . . . . . 49  
Тепловой баланс, составляющие . . . . . 40, 60, 63, 65, 67  
— по 2-му варианту . . . . 53  
Тепловой расчет котла . . 35  
— по вариантам:  
  2-му (перегреватель Элеско Е, 2 термосифона) . . 36  
  3-му (перегреватель Элеско Е) . . . . . 62  
  4-му (перегреватель Чусова) . . . . . 63  
  5-му (перегреватель Шмидта) . . . . . 65  
Тепловые потери || в твердых отходах топлива . 38, 810  
— на внешнее охлаждение и от недогорания СО . 41, 809  
— с отходящими газами 62, 802  
Тепловые характеристики, сопоставление различных заданий с результатами испытаний . . . . . 816  
Теплопередача в трубах:  
  дымогарных . . . . . 44  
  жаровых . . . . . 47  
Топка, объем . . . . . 30  
— очертание лобовых листов, потолок . . . . . 99  
— поверхность . . . . . 31  
— размеры . . . . . 93  
— сборка . . . . . 863  
— сборка кожуха . . . . . 862  
— сварка швов . . . . . 100, 102  
— Бельпера . . . . . 83  
Топливо, вес в тойке . . . 918  
— на тендере . . . . . 924  
— проектное, характеристика . . . . . 37  
— расход на силу-час . . . 810  
Топочная сталь, технические условия . . . . . 893  
Топочные листы, изготовление . . . . . 844, 846  
Тормоз, выбор системы передачи . . . . . 701  
— износ колодок . . . . . 713  
— колодка тормозная . . . 708  
— подвеска колодок . . . . 707  
— сила нажатия колодок . 704  
— система передачи на: паровозе . . . . . 702 тендере . . . . . 708  
— Казанцева, вес . . . . . 911

- Тормоз, ручной . . . . . 712  
 — тендерный, вес . . . . . 924  
 Тормозные приборы, подве-  
 шивание на тендере 681, 712  
 Труба паропроводящая . . . 156  
 Трубы, разбивка . . . . . 87  
 — водоподогревателя, паро-  
 подводящие . . . . . 769  
 — перегревателя:  
   выбор типа . . . . . 84  
   количество . . . . . 25  
 Турбогенератор для освеще-  
 ния . . . . . 715  
 Тяговые характеристики, со-  
 поставление расчетных за-  
 даний с результатами ис-  
 пытаний . . . . . 813  
 Тяж продольный || лобового  
 листа . . . . . 114  
 — передней решетки . . . 127  
 Тяжи, заготовка материала . 852  
 Удельное давление на пап-  
 фах кривошипов . . . 230, 232  
 Удельное давление на шей-  
 ках осей паровоза . 234, 236,  
 687  
 — тендера . . . . . 687  
 Упряжной прибор . . . 544, 545  
 Уровень в котле (низший) . 217  
 Ухватный лист, крепление  
 связями . . . . . 108  
 Фонарь || будки . . . . . 690  
 — лобовой см. Прожектор  
 Хвостовик || задней рамы,  
 конструкция, расчет . . . 538  
 — сцепного дышла . . . . 276  
 Хобот стокера . . . . . 726  
 Ход без пара см. Беспарный  
 ход  
 Хомут эксцентриковый паро-  
 вой машины стокера . . . 749  
 Цапфы кривошипов, напря-  
 жение, работа грения,  
 удельное давление . . . 230, 232  
 Цапфы кривошипов, расчет . 230  
 Цилиндрическая часть котла 119  
 Цилиндры, втулка . . . . . 239  
 — крышка . . . . . 250  
 — крышка, обработочная  
 карта . . . . . 881  
 — обшивка . . . . . 254  
 — привалка . . . . . 886  
 — смазка . . . . . 246  
 Цилиндры паровозные, вес 248,  
 915  
 — конструкция . . . . . 239  
 — размеры . . . . . 78  
 Чугун ковкий, технические  
 условия . . . . . 898  
 Шатуны || паровоза см. Дыш-  
 ла  
 — паровой машины стоке-  
 ра . . . . . 748  
 Шейка осей паровоза, на-  
 пряжение, удельное давле-  
 ние . . . . . 234, 236  
 — работа грения . . . 235, 236  
 — расчет . . . . . 234  
 Шейка осей тендера, расчет 686  
 — удельное давление . . . 687  
 Шов поперечный цилиндри-  
 ческой части котла, рас-  
 чет . . . . . 125  
 Шов продольный барабанов:  
   1-го . . . . . 120  
   2-го . . . . . 122  
   3-го . . . . . 124  
 Шов сварной продольный  
 топки . . . . . 102  
 — шуровочного листа . . . 100  
 — шуровочного отверстия . 105  
 Шпильки || золотниковой  
 крышки . . . . . 245  
 — цилиндровой крышки . . 244  
 Штанга || ведущего дышла,  
 расчет . . . . . 297  
 — сцепного дышла, расчет 316,  
 322, 324, 325, 328  
 Штанги || ведущих дышел  
 различных типов, характе-  
 ристика . . . . . 300  
 — сцепных дышел различ-  
 ных типов, характери-  
 стика . . . . . 326  
 Шток поршневой см. Скал-  
 ка  
 Шуровочное отверстие, фла-  
 нец . . . . . 104  
 Экипаж паровоза . . . . . 519  
 Экономическое сравнение  
 паровозов ФД и Э . . . . 838  
 Эксплоатационные сравни-  
 тельные расходы по па-  
 ровозам ФД и Э . . . . . 840  
 Эксцентрик головка, кон-  
 струкция, расчет . . . . . 484  
 — заготовка, изготовление 855  
 Эксцентриситет головки  
 сцепного дышла . . . 277, 281  
 Электроосвещение . . . . . 715  
 — арматуры в будке . . . . 718  
 — буферные фонари . . . . 717  
 — движущего механизма . . 717  
 — лобовой прожектор, тур-  
 богенератор . . . . . 715  
 — схема проводки . . . . . 716  
 Эллиптические диаграммы  
 паровозораспределитель-  
 ного механизма, построе-  
 ние . . . . . 464  
 — характеристика . . . 467, 469,  
 471, 473, 477  
 Эллиптические диаграммы  
 цилиндров . . . . . 792  
 Эпюры парораспределитель-  
 ного механизма, исследо-  
 вание . . . . . 465  
 — построение . . . . . 462  
 — характеристика . . . . . 478  
 Язык головки стокера . . . 735



### Характеристики паровоза

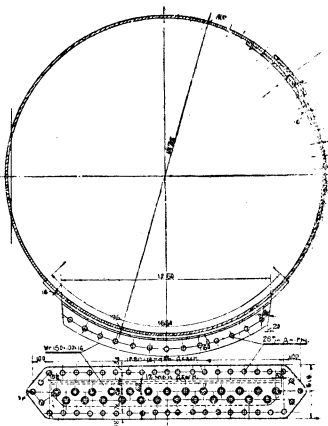
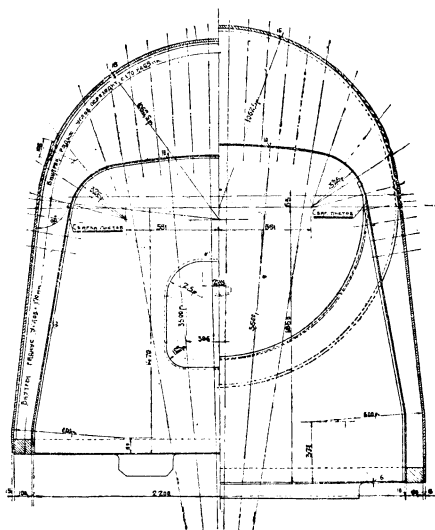
<b>Общие данные</b>	
Назов. длина паровоза и 4-го вагона с буферами	25798 мм
База колес паровоза с тендером	22837
Длина паровоза с буферами	15974
Вес паровоза в рабочем состоянии	134 т
Счетный вес паровоза	100 т
Нагрузка на переднюю безиную ось	13,6
на заднюю поддерживающую ось	20 т
Вес паровоза с паровозом	118 т
<b>Котел</b>	
Материал котла	железная
Пароперегреватель	d=30 мм, n=30/24, n=10/10
Давление пара по манометру	15 атм
Жаровые трубы	числа 130 шт, диаметр 83,25 мм, длина 44 мм
Дымовые трубы	числа 57 шт, диаметр 57,51 мм
Поверхность нагрева котла	поверх. барабана, антив. барабана
Материал котла	железная
Материал дымовых и жаровых труб	Н = 31,23 Н = 31,00
Жаровые трубы	Н = 216,83 Н = 201,00
Дымовые трубы	Н = 47,10 Н = 42,00
Общая	Н = 235,16 Н = 276,00
Поверхность нагрева пароперегревателя	поверх. барабана, антив. барабана
Площадь нагрева котла и пароперегревателя	Н = 424,44
Площадь нагревательной решетки	А = 7,04
Объем парового пространства	В = 6,113 м³
Зарядка топлива	17 т/ч
<b>Отношения</b>	
Поверхность нагрева котла, антив. барабана	$\frac{H}{A} = \frac{1}{3,48}$
Поверхность нагрева котла и дымовых труб, антив. барабана	$\frac{H}{A} = \frac{1}{3,48}$
Поверхность нагрева пароперегревателя, антив. барабана	$\frac{H}{A} = \frac{1}{3,48}$
Поверхность нагрева котла, антив. барабана	$\frac{H}{A} = \frac{1}{3,48}$
Площадь нагревательной решетки	$\frac{H}{A} = \frac{1}{3,48}$
Поверхность нагрева котла, антив. барабана	$\frac{H}{A} = \frac{1}{3,48}$
<b>Машина</b>	
Расширение	однородное
Парораспределение	двухстороннее
Число цилиндров	2 шт
Диаметр цилиндров	φ = 670 мм
Ход поршня	с = 170 мм
Диаметр колес	φ = 330 мм
Диаметр сцепных колес	φ = 1500 мм
Диаметр переднего безиную	φ = 900 мм
Диаметр колеса задней поддерживающей оси	φ = 1200 мм
<b>Водоподогреватель</b>	
Водоподогреватель	поворотный
Число труб	2 шт
Диаметр	φ = 73 мм
Поверхность нагрева труб, антив. барабана	17,30 м²



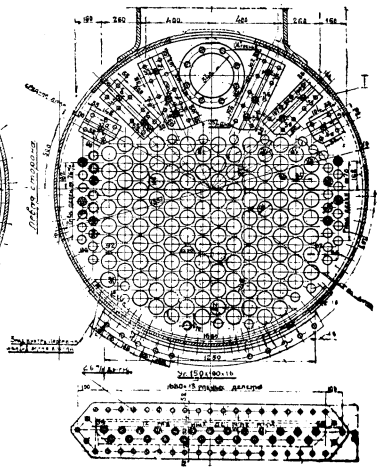
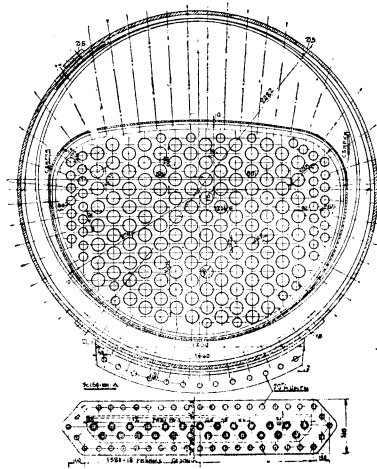
Фиг. 8. Общий вид паровоза ФД.

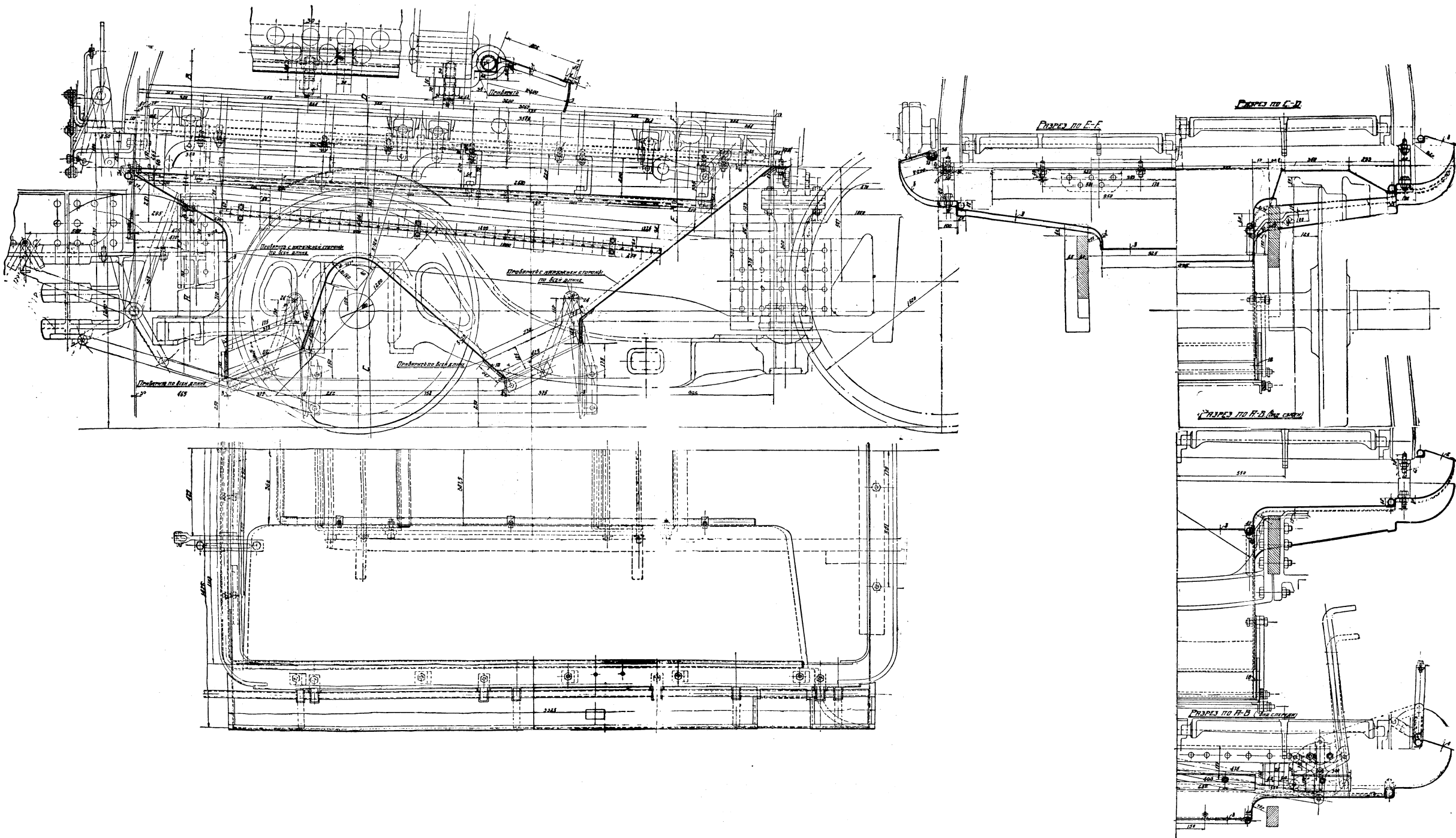




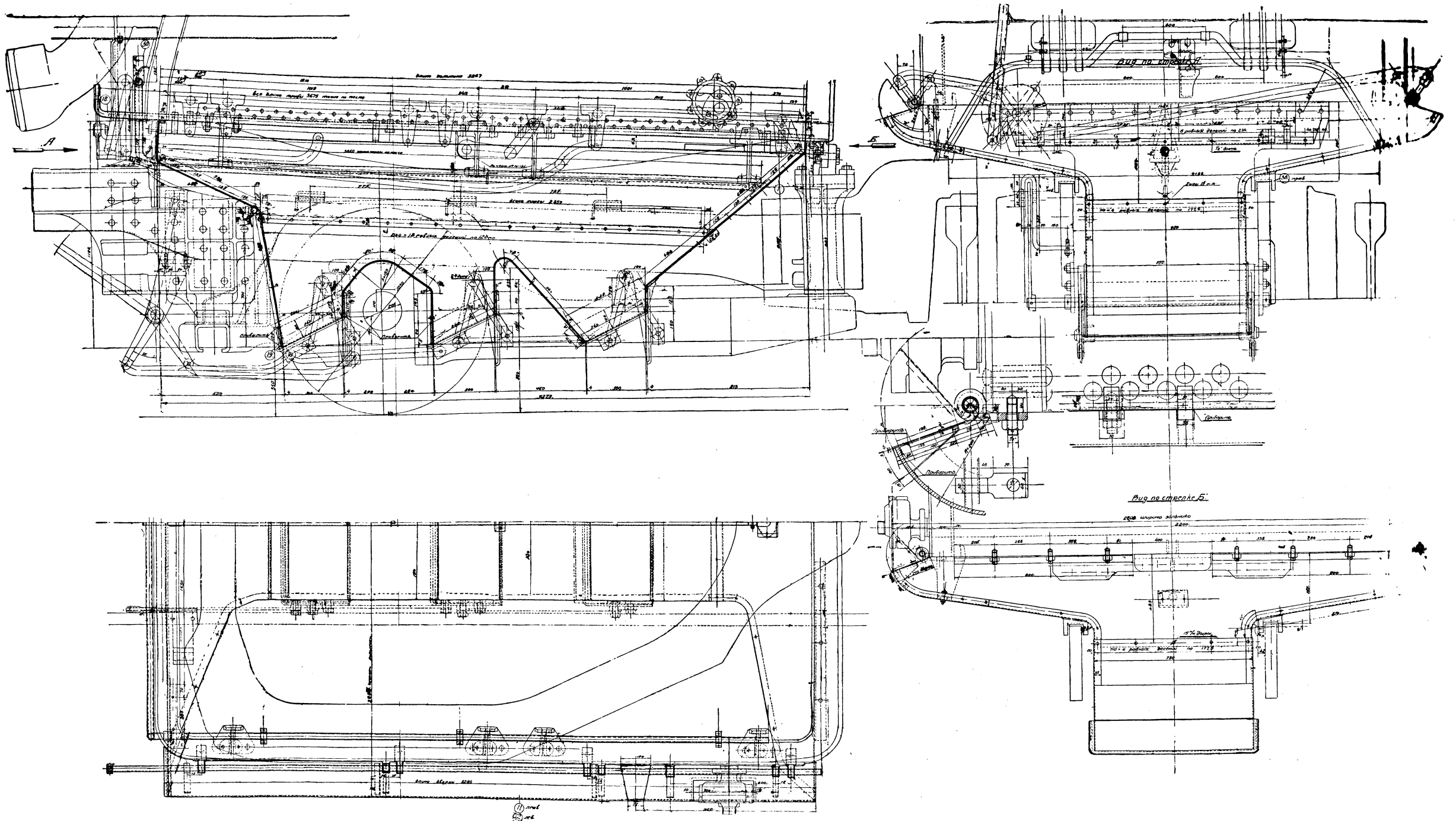


ВАРИАНТ II с уменьшенными выгребками  
в барбаниях / диаметр 2870 мм



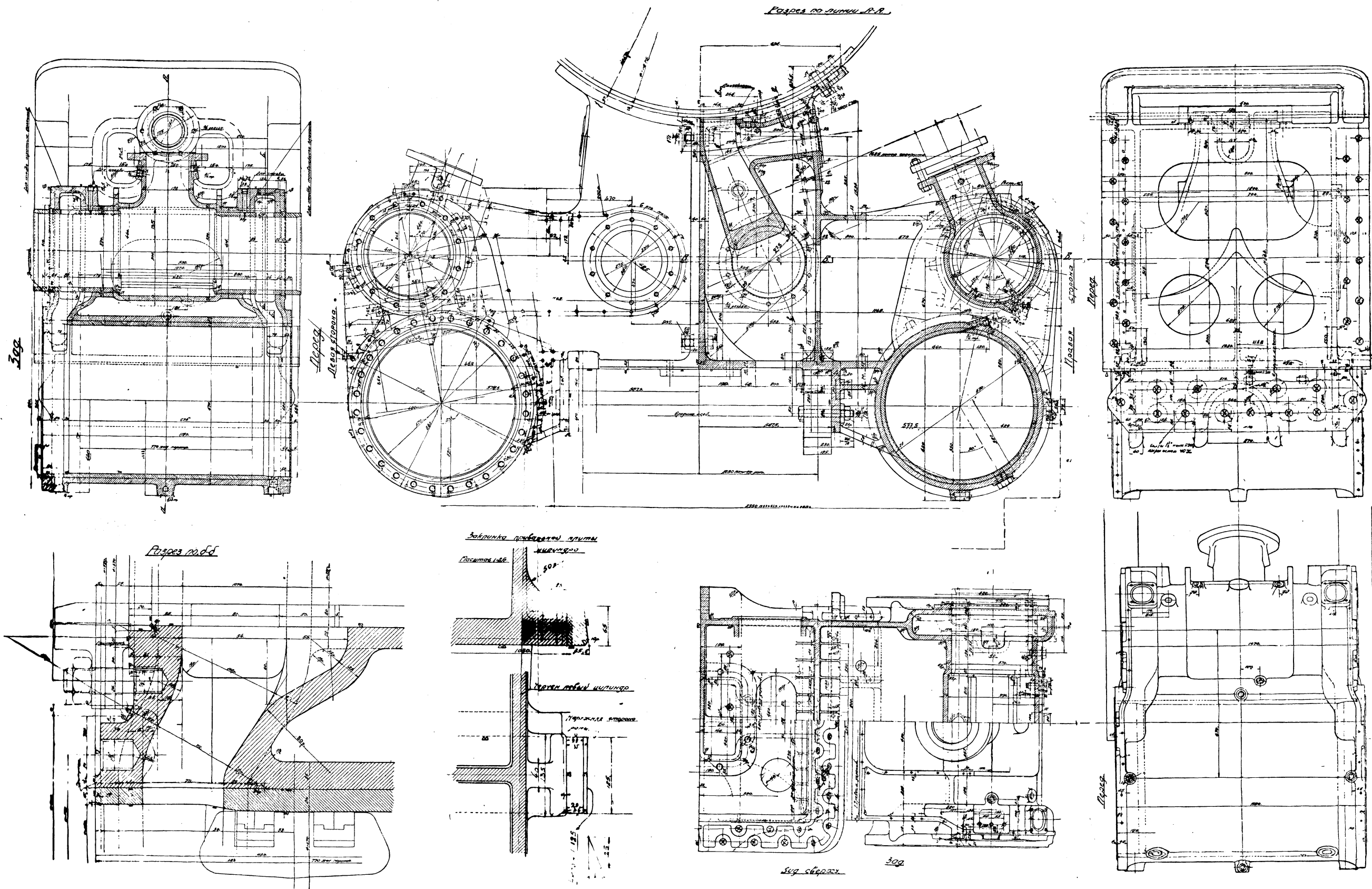


Фиг. 122. Зольник первого паровоза ФД.



Фиг. 123. Зольник паровозов ФД второго заказа.

Паровоз „Феликс Дзержинский“.



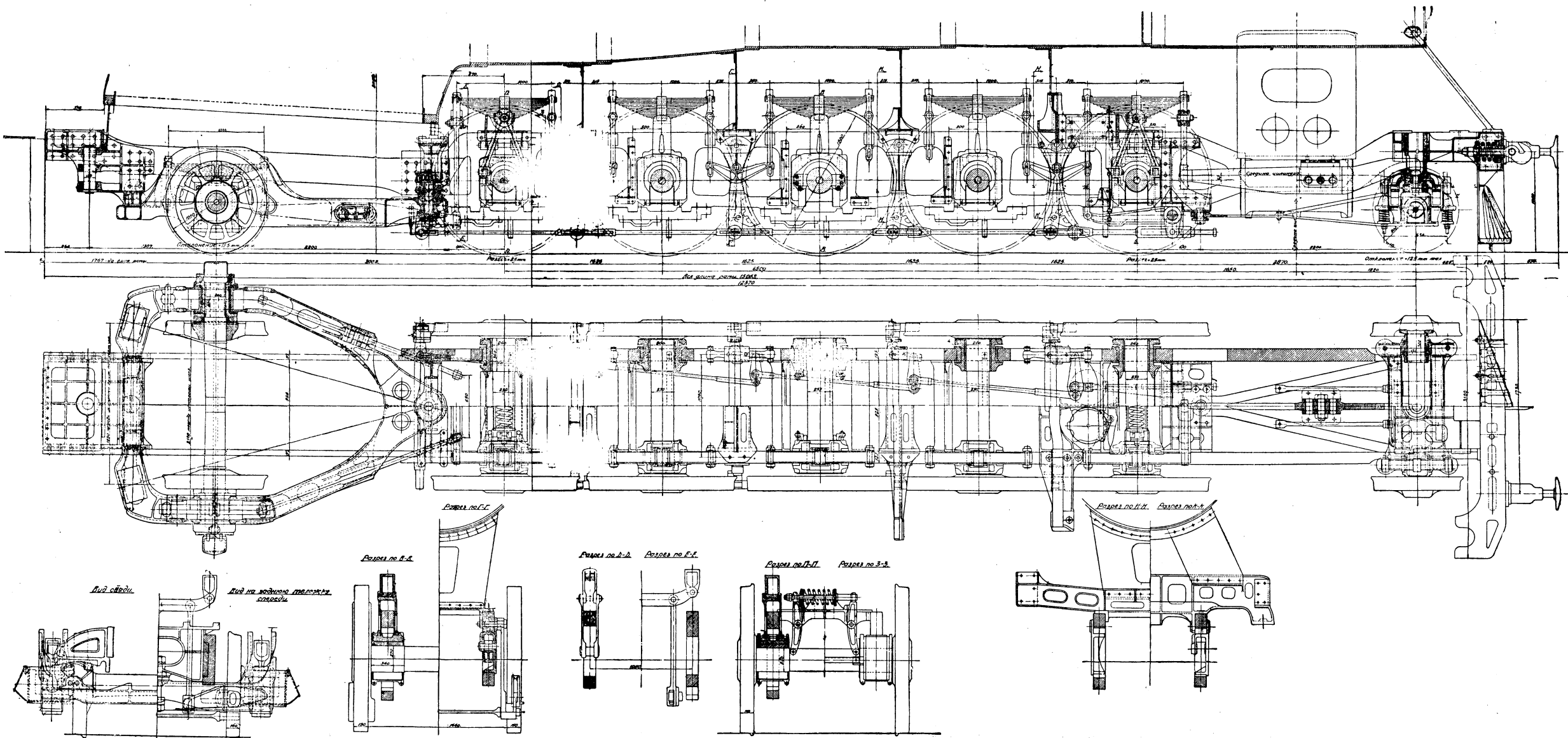






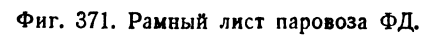






Фиг. 368. Общий вид рамы паровоза ФД.

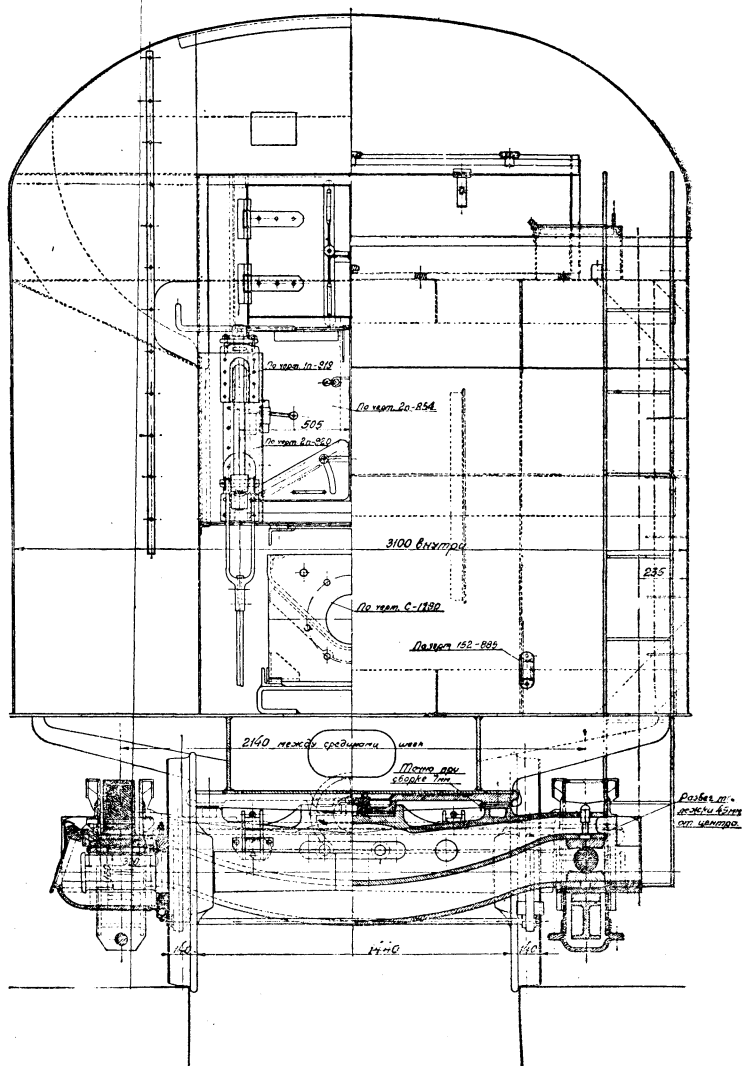
Габариты болтов должны соответствовать  
исполнению по ГОСТ.



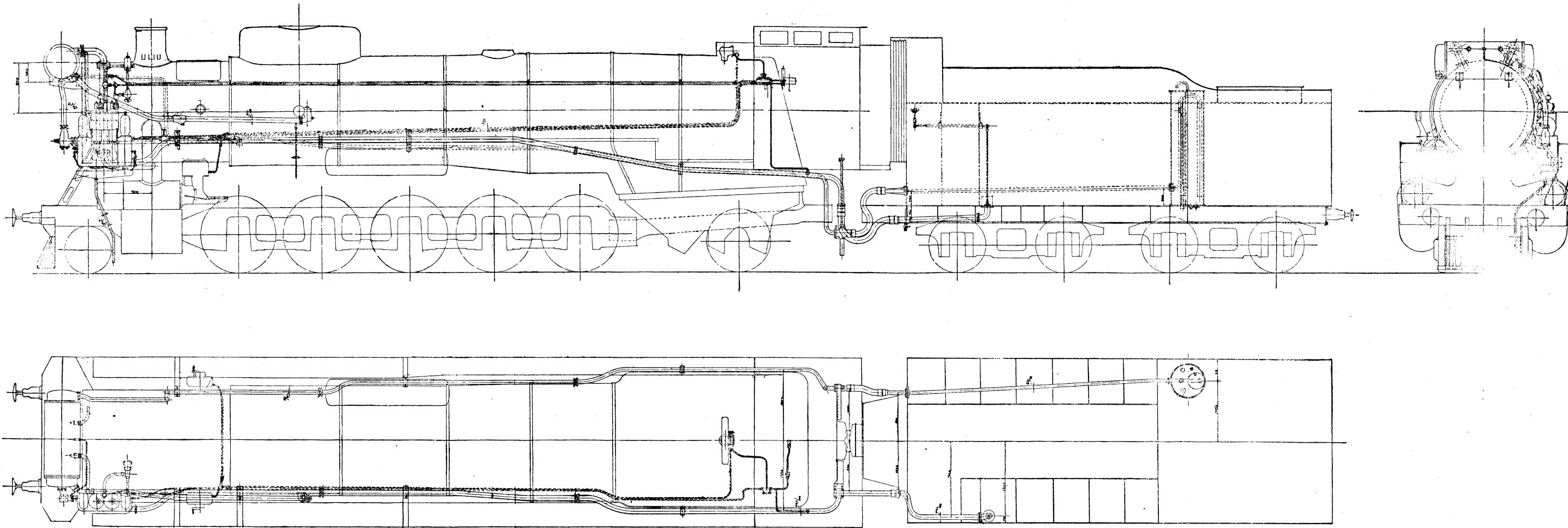


Вид спереди с правой стороны  
Разрез по В-В

Вид сзади с левой стороны  
Разрез по А-А







Паровоз „Феликс Дзержинский“.

Фиг. 565. Схема водоподогревателя для паровозов ФД второго заказа.