

**Н.К. Прозоров, М.Б. Вигдорчик, Э.К.
Гребенкин**

Паровозы

Устройство, работа и ремонт

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 656
ББК 39.1
Н11

Н11 **Н.К. Прозоров**
Паровозы: Устройство, работа и ремонт / Н.К. Прозоров, М.Б. Вигдорчик, Э.
К. Гребенкин – М.: Книга по Требованию, 2014. – 368 с.

ISBN 978-5-458-77805-3

Эта книга - последний учебник по устройству паровоза, изданный в бывшем СССР. Больше книг по паровозам у нас не издавалось, т.к. не было такой необходимости. Во многом повторяет учебник "Паровоз" Хмелевского и Смушкова 1973 года. Будет интересна любителям истории ж.д.

ISBN 978-5-458-77805-3

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2014

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2014

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

механическую тяговыми электродвигателями. Электродвигатели установлены в моторных вагонах, которые вместе с прицепными образуют секции. Несколько секций, соединенных вместе, составляют электропоезд.

Дизель-поезд состоит из моторных и прицепных вагонов, имеет в качестве силового агрегата дизель. Используется для перевозки пассажиров на неэлектрифицированных линиях.

Автомотриса имеет один-два пассажирских вагона, в одном из которых — головном — двигатель внутреннего сгорания.

Аккумуляторные поезда в качестве силовой установки имеют тяговые аккумуляторы, если они могут питаться и от контактной сети, то их называют контактно-аккумуляторные.

В зависимости от источника энергии и машины для превращения ее в механическую работу локомотивы подразделяют на независимые (автономные) и зависимые (неавтономные). Локомотивы, где установлен источник энергии (двигатель внутреннего сгорания, газовый генератор, паровой котел), относят к автономному подвижному составу (тепловозы, газотурбовозы, паровозы, мотовозы, дизель-поезда, автомотрисы). Электровозы и электропоезда получают электрическую энергию от постороннего источника и называются неавтономным подвижным составом.

§ 2. Схема устройства и рабочий процесс паровоза

Паровоз состоит из трех основных частей, объединенных в одно целое: котла, паровой машины и экипажа. Назначение котла и паровой машины указано в § 1, а экипаж конструктивно связывает котел и машину в одно целое и передает силу тяги на автосцепку и далее поезду. К экипажу обычно постоянно прицеплен тендер, который служит для хранения запасов топлива, воды, смазки и обтирочных материалов.

Принцип работы паровоза заключается в следующем. В части котла, называемой топкой *A* (рис. 1), сжигается топливо. Газы сгорания топлива, горящего на колосниковой решетке *29*, огибая свод *3*, опирающийся на циркуляционные трубы *2*, омывают стенки огневой коробки *4* и входят через отверстия задней трубной (огневой) решетки *5* в жаровые *7* и дымогарные *6* трубы и через их стенки отдают свое тепло воде. Выйдя через отверстия передней трубной решетки *11* в дымовую коробку *B*, газы огибают искроотбойные щитки, проходят искрогасительную сетку *16* и выходят через дымовую трубу *15* в атмосферу. Шлак и зола проваливаются через отверстия колосниковой решетки в зольник *28*. Образующийся в результате нагрева воды в котле пар собирается над водой в замкнутом пространстве котла пространстве, отчего его давление постепенно растет, доходя до рабочего.

Чтобы привести паровоз в движение, открывают с помощью привода *30* регулятор *10* и пар из парового колпака *9* поступает

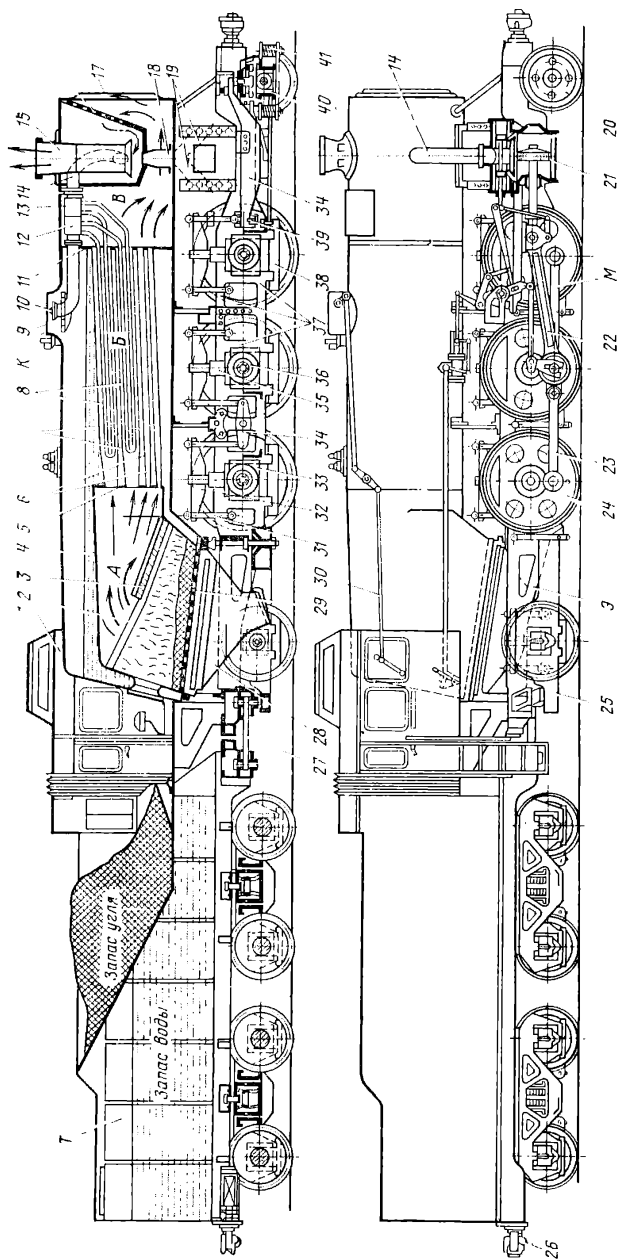


Рис. 1. Схема паровоза.

А — топка; В — цилиндрическая часть котла; К — котел; М — паровая машина; Э — экипаж; Т — тендер; 1 — булка машиниста; 2 — циркуляционная труба; 3 — свод; 4 — огневая решетка; 5 — дымовая коробка; 6 — дымовая труба; 7 — жаровая труба; 8 — трубка (элементы) пароперегревателя; 9 — паровой колпак (сухопарник); 10 — регулятор; 11 — переходная труба; 12 — камера насыщенного пара коллектора пароперегревателя; 13 — камера перегретого пара коллектора пароперегревателя; 14 — паровыпускная труба; 15 — паровая гасительная сетка; 16 — дверца дымовой коробки; 17 — форсовый отсос; 18 — форсовый отсос; 19 — паровыпускная труба; 20 — паровой цилиндр; 21 — поршень; 22 — поршневое дышло; 23 — ступенное дышло; 24 — движущее дышло; 25 — задняя тележка; 26 — автосцепка; 27 — стенка между паровозом и тендером; 28 — золотник; 29 — колосниковая решетка; 30 — привод регулятора; 31 — рессорная полка; 32 — рессора; 33 — брус; 34 — продольный балласт; 35 — рессорная упорка; 36 — ось колесной пары; 37 — брус рамы паровоза; 38 — подбрусная связь; 39 — поперечный балласт; 40 — передняя тележка; 41 — пружина

в камеру насыщенного пара 12 коллектора пароперегревателя. Затем пар протекает по трубкам (элементам) 8 пароперегревателя, размещенным в жаровых трубах. От нагрева газами сгорания температура пара в элементах пароперегревателя повышается до 400—450°С и он с такой температурой поступает в камеру перегретого пара 13 коллектора пароперегревателя, откуда по паровпускным трубам 14 проходит к паровой машине паровоза.

В цилиндрах 20 потенциальная энергия пара превращается в механическую энергию возвратно-поступательного движения поршня 21, а связанное с ним поршневое дышло 22 и сцепные дышла 23 вращают движущие колеса 24. Отработавший в паровой машине пар выходит по паровыпускным трубам 19 в форсовой конус 18, создавая тягу газов в котле, и далее через дымовую трубу 15 вместе с газами сгорания в атмосферу.

На экипаже паровоза размещены котел, паровая машина, будка машиниста 1, а на бестендерных паровозах и баки для запасов топлива и воды. Взаимодействие движущих колес экипажа с рельсами при работе паровой машины вызывает появление силы тяги, которая по сцепке 27 между паровозом и тендером и далее через автосцепку 26 воздействует на прицепленные к паровозу вагоны и заставляет их двигаться вместе с ним.

Для облегчения прохода и безопасности движения с высокой скоростью на кривых участках пути быстроходные паровозы снабжают передней тележкой (бегунком) 40. В паровозах большой мощности с широкой и тяжелой топкой экипаж дополняли задней (поддерживающей) тележкой 25, имеющей колеса небольшого диаметра, позволяющие разместить ее под топкой.

Паровозы, построенные для обслуживания внутризаводских и подъездных путей промышленных предприятий, тендеров не имеют (танк-паровоз).

Классификация паровозов. Паровозы бывают двух-, трех-, и четырехцилиндровые, а по системе паровой машины — однократного и двукратного расширения. На сети дорог СССР работают только двухцилиндровые паровозы с паровой машиной однократного расширения. Паровозы различают по осевой характеристике и сериям. Осевая характеристика состоит из трех цифр: первая указывает число бегунков — осей в передней тележке, вторая — движущих осей, третья — число поддерживающих осей, т. е. осей в задней тележке. Паровоз, изображенный на рис. 1, имеет спереди и сзади одноосные тележки и три движущие оси, поэтому его осевая характеристика 1—3—1.

Партия построенных одинаковых паровозов называется серией. Серии паровозов обозначали буквами русского алфавита, часто с индексами из букв меньшего размера. Обычно верхние индексы указывают на изменение основной серии или ее особенность (например: у — усиленный, м — модернизированный, р — реконструированный, п — с перегревателем или пассажирский и т. д.), а нижние — на завод-изготовитель (б — Брянский, к — Коломенский, л — Луганский и т. д.). Серии некоторых па-

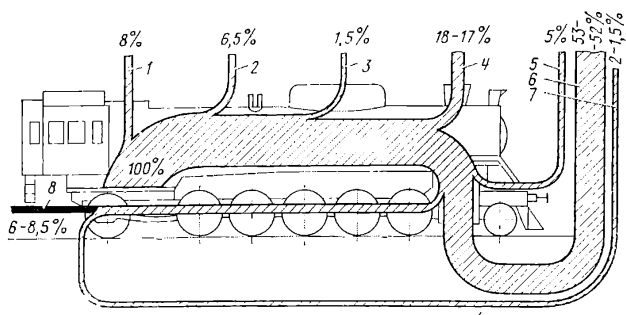


Рис. 2. Диаграмма теплового баланса паровоза:

1 — потери тепла в топке; 2 — служебный расход пара; 3 — потери тепла на внешнее охлаждение котла; 4 — потери тепла с уходящими газами; 5 — утечка пара; 6 — потери тепла в паровой машине; 7 — механические потери на трение в машине и в шейках; 8 — полезная работа

ровозов состояли из начальных букв имени и фамилии революционного деятеля, а соединенные с ними цифры обозначали проектную нагрузку от колесной пары на рельсы в тоннах (например, ФД21 — Феликс Дзержинский, 206 кН (21 т), СО17 — Серго Орджоникидзе, ~167 кН (17 т)).

Наглядное представление о распределении тепла, содержащегося в расходуемом паровозом топливе, может дать диаграмма, изображенная на рис. 2.

Потери в топке 1, в среднем оцениваемые в 8%, складываются из химического и механического недогорания топлива. Химический недожог объясняется невозможностью сжечь весь углерод С в окись — CO_2 ; некоторая часть углерода, из-за недостатка воздуха, сгорает в закись углерода СО, не отдавая всего тепла, которое может выделяться при полном окислении углерода. Механический недожог складывается из уноса несгоревшими мелких частиц топлива из топки с потоком воздуха и газов, а также из попадания в шлак и провала через колосники в зольник некоторого количества топлива.

Служебный расход пара 2, составляющий в среднем около 6,5%, необходим для работы паровой машины углеподатчика, разбрасывания угля по колосниковой решетке, подачи воды в котел, продувки жаровых и дымогарных труб, работы паровоздушного насоса и питания турбины электрогенератора.

Потери на внешнее охлаждение котла 3, оцениваемые в среднем в 1,5%, пояснений не требуют. В зимнее время они возрастают в связи с понижением температуры окружающего котел воздуха.

Вторую по величине потерю — с уходящими газами 4 — в среднем можно принять 17—18%. Она может быть уменьшена за счет подогрева воздуха уходящими газами.

Неизбежные утечки пара 5 через сальники и различные уплотнения принимают обычно равными 5%. Однако, при тщательном уходе за паровозом и высококачественном ремонте эти потери могут быть существенно уменьшены.

Наибольшие потери составляет тот запас тепла, который заключен в покидающем паровую машину отработавшем паре 6; они составляют 52—53% и могут быть уменьшены за счет использования некоторой части отработавшего пара для подогрева питательной воды, хорошей регулировки парораспределения и грамотного управления паровозом.

Механические потери в машине и в шейках на трение 7 оцениваются в 1,5—2%. Кроме применения подшипников качения в дышловом механизме и в буксах, эти потери можно несколько уменьшить хорошим уходом, своевременным и правильным смазыванием мест трения.

Для выяснения объема затрат на эксплуатацию паровой тяги необходимо ознакомиться с результатами анализа статистических данных и экономических исследований, произведенных для паровозов грузового парка. Расходы на содержание, использование, ремонт и реновацию (восстановление) грузовых паровозов по сети дорог СССР составляли 14—18% общей стоимости перевозочных расходов и распределялись, в %, следующим образом:

Топливо	45—60
Ремонт всех видов	30—20
Заработная плата паровозных бригад	20—10
Масла, смазка и освещение паровозов	1—3
Вода для питания котлов	2—4
Реновация, исходя из 25-летнего срока службы	2—3
Итого	100

Из приведенных данных явно выделяется большое значение экономного расходования топлива, составляющего основную долю расходов. Задача локомотивных бригад — всемерно экономить топливо и сокращать расходы на ремонт паровозов.

§ 3. Паровозостроение в России и СССР

В конце XVIII и начале XIX веков уровень развития промышленности, постройка крупных заводов и фабрик и связанный с этим значительный рост перевозок грузов обусловили появление и строительство железных дорог в России.

Первые железные дороги, построенные А. С. Ярцевым в 1788 г. в Петрозаводске для Александровского пушечного завода, П. К. Фроловым в 1810 г. на Змеингородском руднике на Алтае и др., имели конную тягу. Только в 1834 г. в России был сконструирован и построен крепостными механиками Е. А. и М. Е. Черепановыми первый паровоз. Он выгодно отличался от зарубежных паровозов оригинальными удачными конструктивными решениями: имел горизонтальное расположение цилиндров паровой машины, что уменьшало воздействие на путь; обладал реверсивным механизмом, позволявшим осуществлять машинистом передний и задний ход, не слезая с локомотива, и был снабжен рядом других устройств, которые значительно позднее были заимствованы конструкторами других стран.

В 1878 г. на Коломенском заводе по проекту русских инженеров были построены первые в мире пассажирские паровозы с передней тележкой, что способствовало повышенно безопасности движения поездов. За рубежом такие паровозы появились только в 1892 г.

В 1891 г. на Коломенском заводе впервые в истории паровозостроения был построен паровоз с конденсацией пара. В конце прошлого века русские инженеры первые в мире использовали пароперегреватели. В этот же период выдающиеся русские инженеры А. П. Бородин и Л. М. Леви впервые применили на паровозах двукратное расширение пара. В. И. Лопушинский и С. И. Смирнов обосновали и использовали принцип унификации и взаимозаменяемости деталей и узлов в паровозах. Е. Е. Нольтеин организовал постройку сочлененных паровозов для русских железных дорог задолго до появления их в Америке.

В конце XIX века Н. П. Петров и А. П. Бородин заложили основы учения о тяге поездов, которое было превращено русскими и советскими учеными в науку, позволяющую точно рассчитывать массу поезда, скорость и время его движения, определять тормозные пути в зависимости от профиля пути и обеспечения поезда тормозными средствами и решать многие задачи, связанные с использованием мощностей и тяговых характеристик локомотивов.

Неоценимую помощь отечественному и мировому паровозостроению оказал академик С. П. Сыромятников, разработавший учение о тепловом процессе паровозного котла, позволившее проектировать паровозы, используя инженерные расчеты вместо применявшегося в мировой практике крайне несовершенного метода аналогий.

Особенно успешно развивались проектирование и постройка паровозов, обладающих высокими техническими и экономическими данными, после Великой Октябрьской социалистической революции. Уже в 1925 г. Коломенским заводом был выпущен пассажирский паровоз С^у типа 1—3—1, оказавшийся по своим показателям лучшим в мире локомотивом данного класса. Многие отечественные заводы строили в это время грузовые паровозы типа 0—5—0 Э^у и Э^м (усиленный и модернизированный варианты удачного локомотива с пятью движущими осями в жесткой раме). Во второй половине первой пятилетки в 1931—1932 гг. началось строительство самых мощных в Европе паровозов — грузового серии ФД типа 1—5—1 и пассажирского ФД^п типа 1—4—2. В 1934 г. Харьковский завод выпустил первый паровоз серии СО типа 1—5—0 для обслуживания линий с легким верхним строением пути. С 1935 г. паровозы СО выпускались с конденсаторами пара.

Наряду с серийными паровозами многие заводы строили опытные локомотивы, к которым можно отнести паровозы с обтекаемыми обшивками, с пылеугольным отоплением, с воздухо- и водонагревателями разных типов, с прямоточным котлом системы Л. К. Рамзина. До Великой Отечественной войны были построены высокоскоростные паровозы типа 2—3—2.

Сразу же после войны был выпущен новый по конструкции паровоз типа 1—5—0 Л^п с нагрузкой от колесной пары на рельсы около 177 кН (18 тс), что позволило использовать его на восстановленных линиях, не допускавших пропускать паровозы ФД с нагрузкой ~196 кН (20 тс).

В 1953 г. была выпущена установочная партия пассажирских паровозов серии ПЗ6 типа 2—4—2, затем их строили серийно до конца 1956 г.

В 1944—1945 гг. по проекту советских инженеров в США строились для Советского Союза грузовые паровозы типа 1—5—0, которым присвоены серии Е^а и Е^м.

Краткие характеристики основных серий паровозов, используемых на сети дорог СССР, приведены в табл. 1

Более половины потерь в энергетическом балансе паровоза связано с работой его паровой машины. Поэтому паровозные и ремонтные бригады должны уделять особое внимание отличному содержанию и грамотному использованию паровой машины и в первую очередь — правильной регулировке парораспределительного механизма, обеспечивающей достижение максимального

Таблица 1

Вид локомотива	Серия	Тип	Нагрузка от колесной пары на рельсы		Поверхность нагрева, м ²	Давление пара		Площадь колосниковой решетки, м ²
			кН	тс		МПа	кгс/см ²	
Грузовой	Э ^м	0—5—0	До 176,5	До 18	195,3	1,4	14	4,46
	Э ^р	0—5—0	176,5	18	200	1,4	14	5,09
	Е ^а , Е ^м	1—5—0	164,3	16,75	229	1,27	12,7	6,00
	Л	1—5—0	178,5	18,2	222	1,4	14	6,00

экономического эффекта. С этой целью в соответствующих главах и параграфах даны необходимые объяснения принципа действия и методов проверки как отдельных звеньев, так и всего парораспределительного механизма в целом.

Раздел II. ПАРОВОЙ КОТЕЛ ПАРОВОЗА

Глава 2

ПАРАМЕТРЫ КОТЛА, ОСНОВНЫЕ ЧАСТИ ТОПКИ

§ 4. Конструкция топки

Паровозный котел состоит из трех основных частей: топки 1, цилиндрической части 12 и дымовой коробки 9 (рис. 3).

Топка (задняя часть котла) состоит из огневой коробки 4 и кожуха 2.

В огневой коробке на колосниковой решетке происходит сгорание топлива, сопровождаемое большим выделением тепла. Температура горения достигает 1600—1800°C. Чтобы при этой температуре стальные стенки огневой коробки не перегревались, наружная их поверхность охлаждается водой. Вода, поглощая от стенок огневой коробки теплоту, превращается в пар. Кожух топки является оболочкой огневой коробки.

Цилиндрическая часть соединена с кожухом топки. В цилиндрической части котла помещаются дымогарные и жаровые трубы. В жаровых трубах, имеющих больший диаметр против дымогарных, размещены элементы пароперегревателя. По трубам из топки в дымовую коробку проходят горячие газы (продукты сгорания топлива) и отдают часть тепла воде, омывающей трубы снаружи, и насыщенному пару, проходящему по элементам пароперегревателя.

Дымовая коробка представляет собой камеру разрежения, необходимого для создания притока атмосферного воздуха через колосниковую решетку к горящему топливу в огневой коробке. Продукты сгорания поступают в дымовую коробку по дымогарным и жаровым трубам и через дымовую трубу отводятся в атмосферу. Максимальное разрежение в дымовой коробке при напряженном режиме работы паровозного котла достигает от 200 до 300 мм вод. ст.

Параметры котла. Вода в котле должна закрывать потолок огневой коробки, жаровые и дымогарные трубы. Площадь открытой поверхности воды в котле называется *зеркалом испарения*. Объем пара, заполняющий пространство над зеркалом воды, называется *паровым объемом*, а пространство, заполненное водой,— *водяным объемом*.

С изменением уровня воды в котле зеркало испарения и паровое пространство изменяют свои величины. Нормально уровень воды в котле находится на 200 мм выше самой высокой точки потолка огневой коробки.

Находящийся в котле пар заполняет над поверхностью воды паровое пространство и паровой колпак 11. Паропроизводительностью котла называется его способность готовить в единицу времени, например в 1 ч, необходимое количество пара рабочего давления и температуры.

Для обеспечения паровой машины и собственных нужд паровоза паром в количестве, необходимом для вождения поездов заданной массы и длины по определенному профилю пути с заданной скоростью, паровозный котел должен иметь соответствующую паропроизводительность.

Паропроизводительность котла определяется следующими показателями:

площадью колосниковой решетки, от которой зависит количество топлива, сжигаемого в единицу времени;

топочным объемом (внутренним пространством огневой коробки), от размеров которого зависит эффективность использования топлива;

испаряющей поверхностью нагрева котла (поверхностью огневой коробки, жаровых и дымогарных труб, омываемых водой);

газовой поверхностью пароперегревателя (наружной поверхностью всех элементов пароперегревателя, по которым движется и нагревается пар).

Испаряющаяся поверхность нагрева котла и наружная поверхность элементов пароперегревателя, расположенных в жаровых трубах, составляют полную, или общую, поверхность нагрева котла.

Следовательно, мощность котла зависит от размеров колосниковой решетки, его испаряющей поверхности нагрева, параметров пара (давления и температуры), а также теплотворной способности топлива и степени его использования.

Количество топлива в килограммах, которое сжигается в течение 1 ч на 1 м² колосниковой решетки, называется *интенсивностью* (быстротой) *горения*, или *форсировкой колосниковой решетки*.

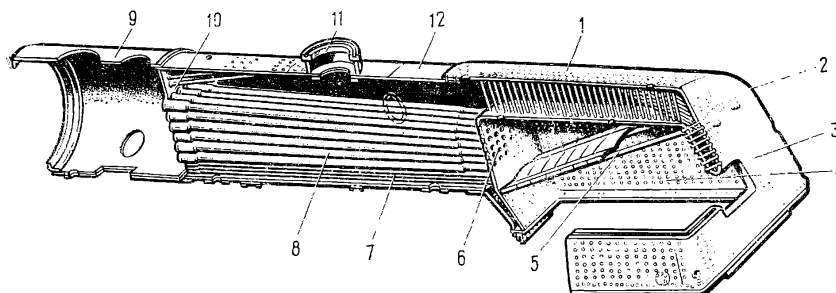


Рис. 3. Котел паровоза:

1 — топка; 2 — кожух топки; 3 — лобовой лист; 4 — огневая коробка; 5 — циркуляционные трубы; 6 — задняя решетка; 7 — дымогарные трубы; 8 — жаровые трубы; 9 — дымовая коробка; 10 — передняя решетка; 11 — паровой колпак; 12 — цилиндрическая часть

Количество пара (в кг), получаемое с 1 м² испаряющей поверхности нагрева котла в течение 1 ч, называется *интенсивностью парообразования*, или *форсировкой котла*. Полученный в котле пар обладает определенным теплосодержанием. Теплосодержание пара есть количество тепла в джоулях в 1 кг пара. Так, например, теплосодержание насыщенного пара с давлением 1,5 МПа и содержанием влаги 5% равно 2700 кДж/кг.

При перегреве пара до температуры 250°C и при том же давлении его теплосодержание составит 2930 кДж/кг, а при температуре 400°C возрастет до 3257 кДж/кг пара.

В международной системе единиц измерения (СИ) теплота измеряется в джоулях: 1 ккал=4,1868 кДж.

Процесс преобразования одного вида энергии в другой в паровозном котле сопровождается потерями, так как только часть располагаемого тепла, выделяемого при полном сгорании топлива, используется на парообразование и перегрев пара. Поэтому эта часть тепла называется *полезным теплом*, а другая часть тепла составляет *тепловые потери*.

Распределение тепла, или так называемое уравнение теплового баланса котла, может быть представлено выражением:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6,$$

где Q_0 — располагаемое тепло, которое выделяется при полном сгорании топлива за 1 ч работы. Так, если за 1 ч израсходовано $B_{\text{ч}}$ кг топлива с теплотворной способностью $Q_{\text{Р}}^{\text{н}}$ ккал/кг, то располагаемое тепло составит $Q_0 = B_{\text{ч}} Q_{\text{Р}}^{\text{н}}$ ккал/ч;

Q_1 — полезное тепло, использованное на парообразование и перегрев пара;

Q_2 — потери тепла в топке — механические. К механическим потерям, составляющим 1—3%, относятся потери топлива в результате проваливания через отверстия в колосниковой решетке, смешивания топлива с холодным шлаком или его неполного сгорания, а также уноса мелких пылеобразных частиц с газами;

Q_3 — потери химические составляют 3—7% и связаны с неполнотой сгорания, так как углерод при сжигании твердого топлива и водород при сжигании жидкого топлива могут частично не вступить в реакцию с кислородом при малой температуре в топке и относительно медленном течении реакции горения по причине недостаточного количества воздуха;

Q_4 — потери тепла с уходящими газами самые значительные — составляют 15—20%, так как газы сгорания топлива не могут отдать котельной воде и пару все содержащееся в них тепло и, омыв стенки огневой коробки, дымогарных и жаровых труб, поступают в дымовую коробку с температурой 250—350° С, имея значительное количество тепла, уносимого в атмосферу через дымовую коробку;

Q_5 — потери тепла в окружающую среду составляют 3—5% и вызваны тем обстоятельством, что температура котла выше температуры окружающего наружного воздуха;

Q_6 — расход тепла на служебные нужды (приведение в работу сифона, паровоздушного насоса, подача сигналов свистком, работа углеподатчика или пульверизация жидкого топлива).

Определение тепловых потерь котла производят опытным путем. Для оценки степени совершенства паровозного котла определяется его коэффициент полезного действия.