



1990

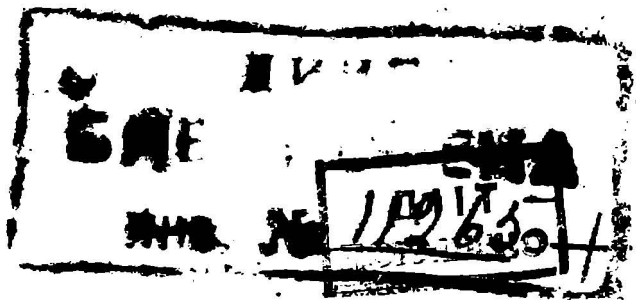
БИБЛИОТЕКА РАБОЧЕ-КРЕСТЬЯНСКОЙ МОЛОДЕЖИ
ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ МК ВЛКСМ

НАУКА И ТЕХНИКА
Под редакцией Т. К. МОЛОДОГО

В. В. ФУРДУЕВ

ПАРОВОЗ И ЕГО СОПЕРНИКИ

С 39 рис. в тексте.



„НОВАЯ МОСКВА“

1926

ОГЛАВЛЕНИЕ.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ: ПАРОВОЗ.

	Стр
Гл. I. История паровоза	5
Гл. II. Тепловое хозяйство паровоза	24
Гл. III. Современные паровозы	30

ЧАСТЬ ВТОРАЯ: СОПЕРНИКИ ПАРОВОЗА.

Гл. IV. Паровая турбина и турбопаровоз	41
Гл. V. Тепловозы и постройка их в СССР	49
Гл. VI. Электрификация железных дорог	61
Гл. VII. Борьба машин	69
Приложение	74

Вы собрались куда-нибудь ехать, пришли на вокзал, взяли билет и вышли на платформу; вы увидели картину, хорошо знакомую каждому: длинный ряд пассажирских вагонов, суетливую беготню пассажиров по платформе, носильщиков в белых фартуках, быть может, даже красную шапку дежурного по станции... Пройдя в самый конец платформы, вы увидели прицепленный к поезду паровоз; около самых колес его, наверное, вертится с масленкой в руках помощник машиниста, а в окне будки видна фигура самого машиниста, спокойно ожидающего сигнала к отправлению...

Паровоз неподвижно стоит на рельсах, но по всему видно, что стальной гигант собирается с силами для того, чтобы отправиться в свой далекий путь, увозя с собой сотни пассажиров. Из трубы паровоза поднимается горячее облако белого дыма, слышен заглушенный рев форсунки, при помощи которой сжигается в топке паровоза нефть, мерно пыхтит насос, накачивающий воздух для автоматического тормоза...

Наконец, раздается звонок, слышится переливчатая трель кондукторского свистка и ответный рев паровозной сирены. Белое облако пара вырывается из-под цилиндров, еще сильнее валит из трубы дым вместе с отработанным паром — поезд трогается с места и, постепенно увеличивая скорость, скрывается там, вдалеке, где сливаются вместе бесконечные разветвления станционных путей...

Мы все так привыкли к этой знакомой картине, что не задумываемся никогда над тем, как был изобретен паровоз, как он работает и какая судьба ожидает его в будущем. Немногие, вероятно, знают, что паровоз, который пока еще нераздельно царит на рельсовых путях всего земного шара, осужден уже на гибель тем властным требованием, которое

лежит в основе могучего развития современной техники. Требование это таково: **экономнее расходуйте энергию!**

Паровоз черпает свои силы в том топливе, которое сжигается в его топке; энергия, заключающаяся в этом топливе, дает паровозу возможность совершать работу. И нужно признать, что паровоз расходует очень много топлива и притом расходует неэкономно. А запасы топлива на земле далеко не бесконечны; на сколько времени еще хватит в недрах земли угля и нефти, указать с точностью нельзя, но несомненно, что придет то время, когда запасы топлива на земле истощатся совсем¹⁾. В предвидении этой возможности современное развитие железнодорожной техники выдвинуло требование: заменить паровоз такой машиной, которая могла бы экономней расходовать энергию сжигаемого топлива.

Попытаемся же познакомиться с теми возможностями, которые сулит нам современная техника на своем пути к более экономному расходованию энергии топлива. Попробуем разобраться в истории изобретения паровоза, в его устройстве, в его достоинствах и недостатках, постараемся понять причину этих недостатков и вместе с тем уяснить себе возможные пути к их преодолению. Таким образом, мы познакомимся не только с паровозом, но и с его молодыми соперниками, которые нам еще не знакомы, но которые, быть может, вытеснят паровоз с рельсовых путей, где он царит вот уже целое столетие²⁾.

¹⁾ Об энергии, об ее расходовании и о запасах топлива см. книжку этой же серии: И. А. С о к о л о в.—„Белый уголь“.

²⁾ Как раз в 1925 году исполнился столетний юбилей со дня открытия первой железной дороги, соединившей города Стоктон и Дарлингтон (Англия).

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

П А Р О В О З

ГЛАВА I

История паровоза

В одном из увлекательных романов Герберта Уэльса описана „машина времени“, при помощи которой можно перенестись в прошедшее или в будущее. Достаточно сесть в нее, повернуть рычаг в соответствующем направлении — и машина времени уносит нас по желанию или в седые дали отдаленного прошлого, или же в неразгаданную глубину будущего. Фантастический замысел Уэльса так и останется занимательной выдумкой; вообразим, однако, что нам удалось воспользоваться чудесной машиной для того, чтобы совершить небольшое, но очень поучительное путешествие в прошлое.

Итак, машина времени стоит перед нами. Устроившись поудобнее, мы поворачиваем рычаг „в прошлое“. Сильный толчок, затем все заволакивается туманом — чудесная машина, плод смелой фантазии романиста, уносит нас назад, возвращая к жизни безвозвратно ушедшие времена. Взгляд наш прикован к циферблату, который указывает нам количество пройденных годов, подобно тому, как таксометр прокатного автомобиля указывает количество пройденных километров пути. Десять, пятнадцать, сорок, шестьдесят лет — отсчитывает циферблат... Мы движемся все дальше и дальше. Наконец, стрелка циферблата приблизилась к цифре 157. Стоп! Поворот рычага, и наша машина остановилась...

Мы в Париже. Сто пятьдесят семь лет тому назад, т.-е. в 1769 году Париж, конечно, не имел того вида, какой он имеет сейчас. Мы с вами не увидим ни автомобилей, быстро

катящихся по улицам, ни автобусов, везущих публику куда-нибудь в предместье, мы не услышим и звонкого грохота трамваев, переполненных пассажирами, к нашим услугам не окажется и станции подземной железной дороги — метрополитэна. Несколько растерянные в такой непривычной для нас, людей XX-го столетия, обстановке, мы стоим, разглядывая прохожих. Один из них, привлеченный нашим растерянным видом, подходит к нам и спрашивает:

— Вы, вероятно, иностранцы?

— Да. Мы впервые попали в Париж и хотели бы узнать, куда нам нужно направиться для того, чтобы осмотреть здешние достопримечательности.

Наш собеседник любезно рассказал нам все, что мог, о достопримечательностях Парижа и добавил:

— Нужно признаться, что вы попали к нам очень удачно: как раз сегодня происходит испытание самодвижущегося экипажа, приводимого в движение силой пара. Изобрел и построил этот экипаж француз — инженер Жозеф Кюньо. Советую вам посмотреть на это чудо механики; нигде, конечно, вы не увидите ничего более замечательного.

Мы немедленно выражаем согласие и благодарим любезного собеседника. Подозвав „порт-шез“ — небольшие носилки, обслуживаемые двумя носильщиками в камзолах и треугольных шляпах — мы садимся и едем по указанному нам направлению. Движемся мы очень медленно — приходится пожалеть об отсутствии трамвая.

Наконец, мы доехали. Улица, где должно происходить испытание паровой тележки, запружена народом. Протолкавшись вперед, мы видим самую тележку — „чудо механики“, как

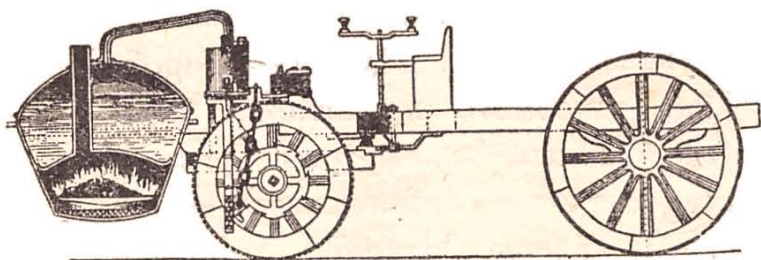


Рис. 1. Тележка Кюньо.

выразился наш недавний собеседник. „Чудо“ это кажется нам очень и очень неказистым (рис. 1): деревянная тележка на трех колесах, к перед-

ней части которой подвешен железный котел. Внутри этого котла находится вода, нагреваемая огнем топки, помещенной в нижней части того же самого котла — устройство, очень похожее

на устройство обыкновенного самовара. Два паровых цилиндра*, работающие паром, который поступает в них из котла, приводят в движение переднее колесо.

Испытание должно, повидимому, сейчас начаться. Сам изобретатель, инженер Кюньо, садится в экипаж, где сидят уже четыре пассажира, и поворачивает кран, открывающий для пара доступ из котла в цилиндр. Некоторое время экипаж стоит на месте, как бы собираясь с силами; наконец, окутанный облаками пара, он медленно трогается с места. Дружными возгласами публика приветствует изобретателя; шапки летят в воздух и все взоры прикованы к экипажу, движущемуся вперед очень медленно — медленнее даже, чем движется, не торопясь, обыкновенный пешеход. По истечении 15-ти минут экипаж Кюньо, пройдя всего лишь полкилометра, останавливается; в котле нет больше пара. Необходимо долить туда воды и выждать, когда снова образуется пар достаточного давления. Затем экипаж снова трогается в путь, через четверть часа снова останавливается и т. д.

Вы, конечно, улыбаетесь и не слишком-то разделяете восторгов собравшейся публики. Ну, и чудо механики! — насмешливо говорите вы. Неуклюжая тележка, ползущая как черепаха и чуть ли не ежеминутно останавливающаяся, не кажется вам достойной такого внимания и восхищения. Тем не менее, мы с вами должны с полным уважением отнестись к паровому экипажу Кюньо: современные паровозы, мощные и быстроходные, летящие по рельсам со скоростью 100—150 километров в час и пробегающие без остановки огромные расстояния, являются прямыми потомками, если можно так выразиться, правнуками этой самой неуклюжей тележки, которую без труда мог обогнать пешеход.

* * *

Дальнейшая история парового экипажа Кюньо такова: вскоре после первых же опытов он наткнулся на стену и пришел в негодность. Так закончил свое существование родоначальник паровоза; в настоящее время он хранится, как любопытный памятник старины, в парижском „Музее Искусств и Ремесл“.

Если мы задумаемся в устройство парового экипажа Кюньо, мы увидим, что он является не только родоначальником паро-

воза, но и родоначальником автомобиля; ведь он предназначался для езды по обыкновенным дорогам и по улицам города, а отнюдь не по рельсам, которые тогда даже не были известны — в то время только на рудниках употребляли иногда деревянные бруссы, по которым перевозились тележки с углем.

Первый паровоз, предназначенный для передвижения по рельсовому пути, был построен в 1804 г. англичанином Ричардом Тревитиком.

Чувствуя с детских лет сильное пристрастие к механике, Тревитик проводил все свое свободное время в угольных копях, где служил его отец, и впервые познакомился там с устройством и работой паровых машин¹⁾, служащих для откачивания воды. С постройки подобных машин Тревитик и начал свою деятельность.

В 1800 г. он заинтересовался вопросом о возможности заменить на рудниковых путях конную тягу паровой; впрочем,

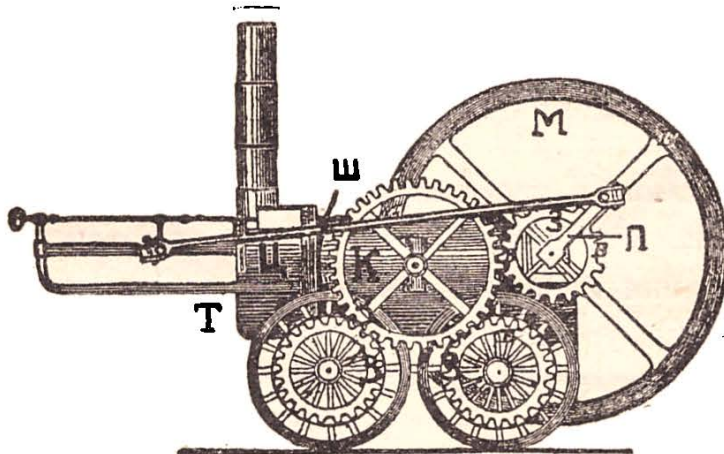


Рис. 2. Паровоз Тревитика.

первый построенный им в 1802 г. паровой экипаж был приспособлен точно так же, как и тележка Кюньо, для передвижения по обыкновенным дорогам. Паровоз, построенный Тревитиком два года спустя (рис. 2), имел следующее устройство: пар, приводящий в движение машину, образуется в котле *К*; в передней части котла находится топка (на рисунке видно топочное отверстие *Т*). Продолжением топки является жаровая труба*, изогнутая в виде латинской буквы *U*; наружная поверхность этой трубы, внутри которой протекают горячие огневые газы, соприкасается с водой, налитой в котле, вследствие чего и начинается парообразование. В передней части котла находится и паровой цилиндр *Ц*; движение поршня в этом цилиндре передается колесам при помощи шатуна *Ш*, кривошипа *П* (простое устрой-

ство: пар, приводящий в движение машину, образуется в котле *К*; в передней части котла находится топка (на рисунке видно топочное отверстие *Т*). Продолжением топки является жаровая труба*, изогнутая в виде латинской буквы *U*; наружная поверхность этой трубы, внутри которой протекают горячие огневые газы, соприкасается с водой, налитой в котле, вследствие чего и начинается парообразование. В передней части котла находится и паровой цилиндр *Ц*; движение поршня в этом цилиндре передается колесам при помощи шатуна *Ш*, кривошипа *П* (простое устрой-

¹⁾ О работе пара в паровых машинах см. книжку серии „Чудеса техники“—П. Н. Б е л и к о в, „Умирающий двигатель“.

ство этого механизма понятно из чертежа) и зубчатых колес Z . На оси первой зубчатки насажено наглухо маховое колесо M , способствующее более равномерному ходу машины и помогающее преодолению так называемых „мертвых точек“ передаточного механизма, когда при крайних положениях поршня шатун и кривошип становятся, как выражаются машинисты, „в растяжку“, т.-е. вытягиваются по прямой линии. Своим размахом (инерцией*) маховое колесо помогает механизму проходить через мертвые точки, в которых усилие пара, приложенное к поршню, только сжимает или растягивает передаточный механизм.

Заметим еще, что в паровозе Тревитика пар, уже отработавший в цилиндре (так называемый „мятый“ пар), выпускался для усиления тяги в дымовую трубу, способствуя, таким образом, лучшему горению топлива в топке. Это устройство принято теперь на всех паровозах: выходная труба, через которую мятый пар под давлением вылетает в дымовую трубу, помещается в дымовой коробке и называется **конусом**.

Хотя Тревитик и знал, что сила сцепления* гладких колес с гладкими же рельсами, вообще говоря, достаточна для того, чтобы паровоз передвигался, однако, в виду незначительного веса паровоза, наружный обод его колес был сделан шероховатым (на ободе были набиты гвозди); этот обод соприкасался с деревянным бруском, проложенным вдоль рельса: при движении паровоза гвозди вдавливались в брусок, сила сцепления, следовательно, увеличивалась, и паровоз мог тянуть большой груз. Легко понять, что та сила, с которой паровоз тянет за собой вагоны, ограничена „сцепным весом“ паровоза, т.-е. весом, приходящимся на его ведущие колеса*; если сцепной вес оказывается недостаточным — колеса вертятся, скользят по рельсам, а паровоз не трогается с места. Это явление называется „буксованием“ колес: с ним часто приходится сталкиваться машинисту, например, когда паровоз трогается с места, идет на подъем, или когда рельсы после дождя становятся скользкими. При помощи особого прибора — песочницы — под ведущие колеса посыпается в таких случаях песок, благодаря которому сцепление увеличивается. Во избежание буксования Тревитик и оказался вынужденным прибегнуть к шероховатому ободу и деревянному бруску.

Паровоз Тревитика был использован для перевозки чугуна, при чем оказалось, что он в состоянии везти вагоны с грузом до 10.000 килограммов.

Недостаточность сцепного веса тех небольших паровозов, которые могли быть построены в то время, очень затрудняла успешное развитие паровоза. Каких только ухищрений не было испытано тогдашними строителями для того, чтобы увеличить силу тяги паровоза! Инженеры Муррэй и Бленкинсоп прибегли к сложному нагромождению зубчатых колес, братья Чэпман предлагали приводить в движение не колеса паровоза, а осо-

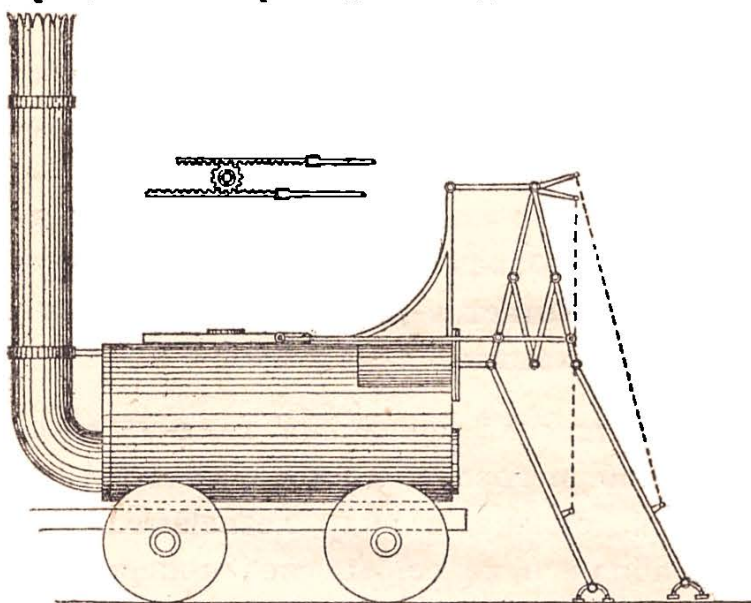


Рис. 3. Паровоз Брёттона.

бый барабан, за который цеплялась цепь, закрепленная на концах того участка пути, который паровоз должен был проехать, а инженер Брёттон в 1813 г. снабдил свой паровоз „ногами“, которые приводились в движение паровой машиной и, отталкиваясь от земли, толкали вперед паровоз (рис. 3).

Паровоз Брёттона „ходил“ со скоростью 4 километров в час— скорость, в наше время смехотворная. При первой же поездке котел его взорвался, и многие из числа присутствовавших были убиты; это была, таким образом, первая железнодорожная катастрофа.

Все это говорило за то, что необходимо произвести коренную перемену в устройстве паровоза для того, чтобы он получил возможность дальнейшего развития. Целый ряд механиков и инженеров потрудился над решением этой задачи; среди них следует упомянуть о Блэкетте, инспекторе угольных копей в Уайлеме (Англия), который установил впервые достаточность сцепления гладких колес с гладкими же рельсами, и о Гедлэе, паровоз которого, построенный в сотрудничестве с Блэкеттом, проработал, как никак, 50 лет, после чего был сдан в Кенсинг-

тонский Музей. Но только лишь **Стефенсон**, использовав труд своих предшественников, впервые создал тот тип паровоза, который оказался вполне пригодным для практического использования, который положил начало быстрому развитию паровозостроительной техники и обеспечил господство пара в области железнодорожного транспорта.

* * *

Джордж Стефенсон (рис. 4) родился в 1781 г. в семье рабочего угольщика. С раннего детства он видел угольные копи, и первые его обязанности заключались в том, чтобы охранять своих младших братьев и сестер от опасности попасть под вагонетку с углем; эти вагонетки проходили перед самым домом Стефенсона. Едва достигнув зрелости, Стефенсон, как и его отец, стал работать на копиях погонщиком лошадей, перевозивших вагонетки. Однако, благодаря своим способностям и энергии, Стефенсон выдвинулся и получил место машиниста при паровой машине, предназначенной для откачки воды. В 1811 г. ему удалось улучшить устройство этой машины, а также и других рудничных машин; благодаря этому обстоятельству Стефенсон был назначен сначала инженером, а затем и инспектором Килингсвортского рудника. Начиная с этого времени, заветной мыслью Стефенсона явилась мысль улучшить устройство паровоза, создать паровоз более пригодный для работы, чем громоздкие и тихоходные паровозы Бленкинсопа и Гедлэя.



Рис. 4. Джордж Стефенсон.

Первый паровоз, построенный Стефенсоном и получивший в честь знаменитого немецкого полководца имя „Блюхер“, начал работать на Килингсвортском руднике летом 1814 г. Нельзя

сказать, чтобы этот паровоз был лучше своих предшественников: та же громоздкая зубчатая передача, жаровая труба, дававшая очень небольшую поверхность нагрева (что обуславливало слабое парообразование), слишком широкая дымовая труба (больше полуметра в поперечнике), благодаря которой не получалось достаточной тяги; вдобавок отработанный пар даже не выпускался в трубу. После целого года работы паровоз этот не дал никакой экономии в расходах по сравнению с конной тягой, применявшейся на руднике до тех пор.

В следующем году Стефенсон строит новый¹ паровоз, в котором уже не было зубчатого передаточного механизма. Стефенсон ясно понял всю невыгодность такого устройства, но в остальном его паровоз страдал теми же недостатками, что и предыдущий.

В 1823 г. Стефенсон, при материальной поддержке Эдуарда Пиза, строителя конно-железной Стоктон - Дарлингтоновской дороги, основал в Ньюкестле паровозостроительный завод, разросшийся ныне в обширное и мощное предприятие.

Постройка Ливерпуль - Манчестерской железной дороги, на которой Стефенсон был с 1826 г. главным инженером, дала новый мощный толчок паровозостроительной технике. Потребность в регулярном сообщении между портовым городом Ливерпулем и Манчестером назрела уже давно: Манчестер, ныне крупнейший центр хлопчатобумажной промышленности, должен был иметь удобный способ сбыта товаров и доставки топлива. В Уорслэйсмилле, в 2¹/₂ километрах от Манчестера, расположены были угольные копи, принадлежавшие герцогу Бриджуоттерскому. В виду дороговизны сухопутного транспорта, копи эти не давали дохода: реки Мерсэй и Ирвелл, хотя и судоходные, эксплуатировались компанией, не желавшей дать льготу герцогу. Эти обстоятельства побудили герцога Бриджуоттерского соорудить канал, соединивший Уорслэйсмилль с Манчестером; постройка этого канала закончилась еще в 1761 году. Однако, герцог Бриджуоттерский, увидев всю выгоду правильного сообщения по каналу, решил продолжить его до Ливерпуля, что и было выполнено к 1771 г. Кроме того, еще в 1767 г. между Ливерпулем и Манчестером начал ходить дилижанс.

Сооружение каналов после постройки Бриджуоттерского канала стало принимать все более и более широкие размеры:

развитие менового хозяйства и рост товарообмена настойчиво требовали развития средств сообщения. Но трудность сооружения каналов не могла, конечно, способствовать скорому удовлетворению этого требования; нужны были новые удобные средства сообщения, и железные дороги явились мощными соперниками каналов. Строитель Бриджуоттерского канала, инженер Бриндлэй, сказал тогда фразу, оказавшуюся пророческой: я вижу несчастье для каналов, говорил он, в рельсовых путях. Бриндлэй был прав: развитие рельсовых путей диктовалось экономической необходимостью!

По мысли Стефенсона, компания, соорудившая Ливерпуль-Манчестерскую дорогу и предполагавшая ввести на ней канатную тягу при помощи паровых машин, установленных в отдельных пунктах линии, решила все же объявить конкурс на лучший паровоз, пригодный для обслуживания линии. Условия конкурса были таковы: вес паровоза не должен был превышать 6 тонн, скорость, развиваемая им при передвижении груза, вес которого превышает вес самого паровоза втрое, не должна быть меньше 16 километров в час. Условиями конкурса предписывалось, кроме того, отсутствие дыма; это условие было поставлено из боязни, что дым от паровоза отравит весь воздух в окрестности. За лучший паровоз была назначена премия — довольно крупная денежная сумма. Испытание паровозов должно было произойти в Рэнгилле, где был сооружен специальный рельсовый путь длиной в $2\frac{1}{2}$ километра. Три паровоза были допущены на конкурс: „Несравненный“, построенный Гаквортом, „Новость“ Эриксона и Брэтвета и „Ракета“ Стефенсона. Скажем несколько слов об устройстве этих исторических паровозов.

„Несравненный“ Гакворта (рис. 5) имел следующее устройство топки. Котел паровоза был снабжен двумя жаровыми

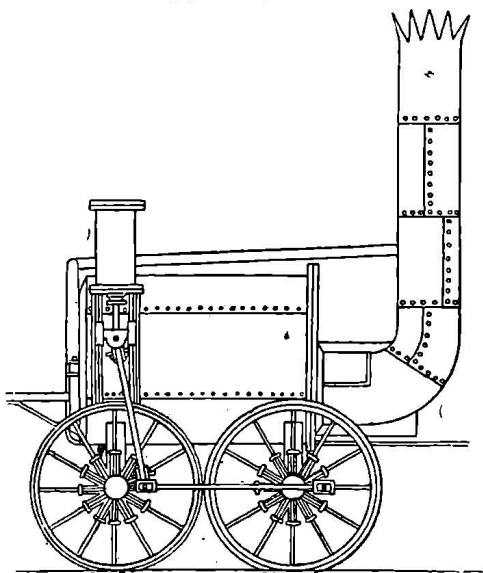


Рис. 5. «Несравненный».

трубами, первая из которых выходила непосредственно в дымовую трубу, вторая же, изогнутая U-образно (т.-е. в виде латинской буквы U), огибала котел внутри. Подобное устройство было, конечно, рассчитано на увеличение поверхности нагрева котла (т.-е. поверхности, через которую вода соприкасается с горячими огневыми газами*), от величины которой зависит парообразование. Два цилиндра были расположены вертикально над задней осью паровоза. Вес паровоза (без тележки, несущей запасы воды и топлива — тендера) составлял 4,85 тонн. Следует заметить, что Гакворт имел ко времени конкурса большой опыт в постройке паровозов: на ряду со Стефенсоном он работал над усовершенствованием паровоза сперва с Гедлэем, а затем самостоятельно. В 1827 г. он построил паровоз „Рояль Джордж“, в котором все колеса, как это делается и в современных паровозах, были соединены между собой дышлами*; работа паровой машины передавалась только на одну заднюю ось, но благодаря соединительным дышлам весь вес паровоза использовывался для тяги сполна, т.-е. весь вес был сцепным. „Рояль Джордж“ был, кстати сказать, первым паровозом с правильно поставленным конусом. Корпус гаквортского паровоза соединялся с рамой через посредство стальных листовых рессор*.

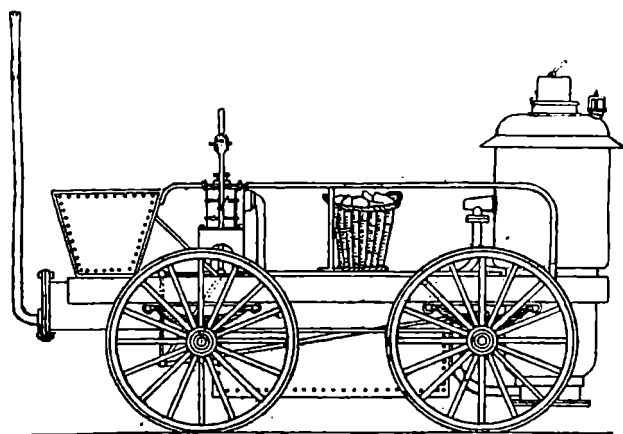


Рис. 6. «Новость».

„Новость“ Эриксона (рис. 6) имела очень оригинальный внешний вид. Во-первых, она не имела тендера: запасы воды и топлива помещались на самом паровозе — это был, таким образом, первый танк-паровоз. Во-вторых, котел с жаровой трубой, дважды изогнутой U-образно, был расположен под

корпусом, и только небольшая часть его, в виде дополнительного котла, возвышалась над корпусом. Цилиндры были расположены вертикально и приводили в движение коленчатую ось* паровоза.

Наконец, стефенсоновская „Ракета“ (рис. 7) имела наклонные цилиндры, действующие на переднюю ось паровоза, веду-

щую. Замечательным в устройстве „Ракеты“ был трубчатый котел, изобретенный во Франции Марком Сегеном (1828), а в Англии Бутсом (1829). Устройство трубчатого или огнетрубного котла, неизменно применяемого с тех пор на паровозах, таково: вместо одной широкой дымовой трубы, через которую проходят огневые газы, огнетрубный котел имеет много „дымогарных“ труб значительно меньшего диаметра. (Котел „Ракеты“ имел их 25, современные паровозы до 400). При таком устройстве можно, не увеличивая размеров котла, значительно увеличить поверхность нагрева, от величины которой, как это легко понять, зависит скорость парообразования. Дымогарные трубы (рис. 8) омываются находящейся внутри котла водой, омывающей также и огневую коробку, в которой происходит сжигание топлива.

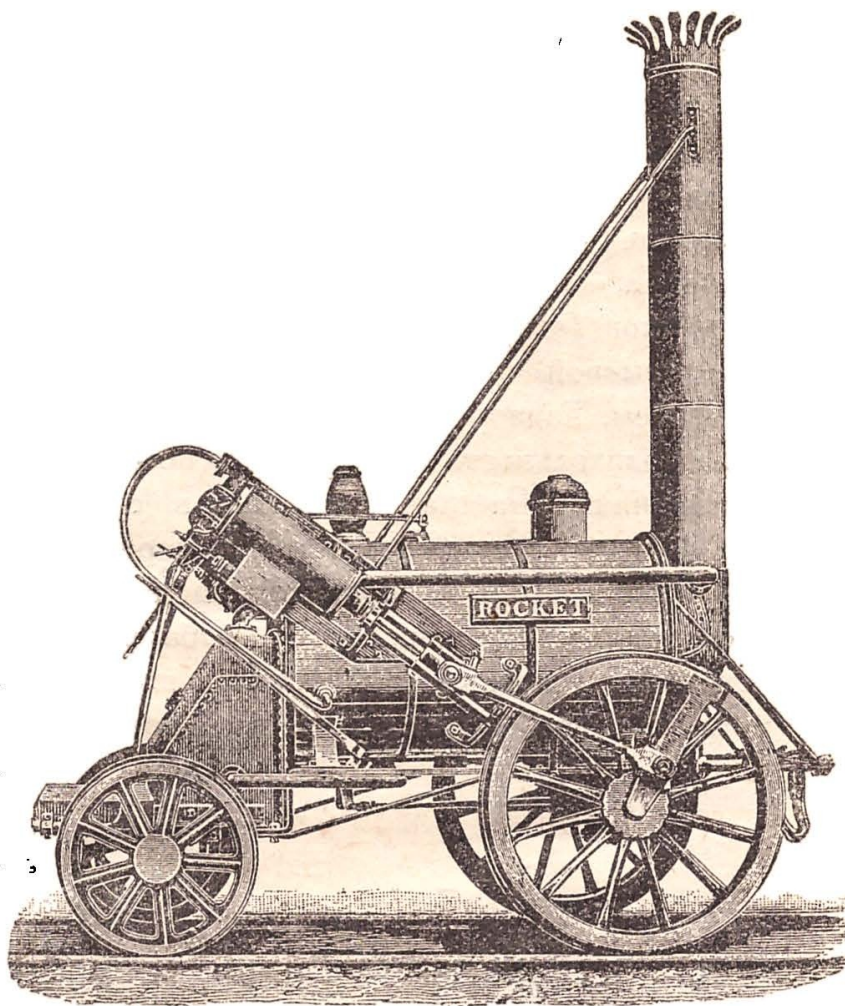


Рис. 7. „Ракета“.

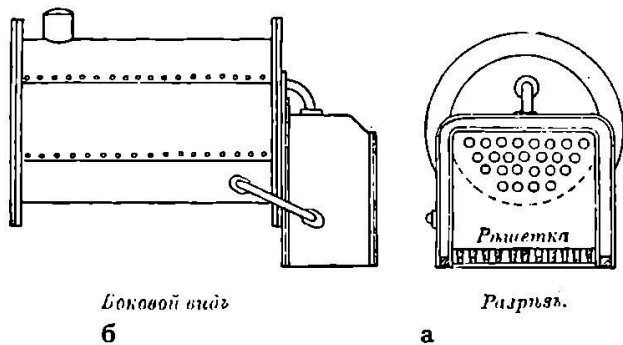


Рис. 8. Котел „Ракеты“ с дымогарными трубами. а — боковой вид, б. — поперечный разрез.

рой, как это легко понять, зависит скорость парообразования. Дымогарные трубы (рис. 8) омываются находящейся внутри котла водой, омывающей также и огневую коробку, в которой происходит сжигание топлива.

Испытание паровозов началось 6-го октября 1829 г. „Ракета“, управляемая самим Стефенсоном, повезла два вагона, груженных камнем; вес всего груза, включая сюда и тендер, равнялся 13 тоннам. Если вес груза „Ракеты“ превышал ее собственный вес немного менее, чем в три раза („Ракета“ весила без тендера $4\frac{1}{2}$ тонны), то зато скорость, развиваемая ею, равнялась 23 километрам в час, тогда как условия конкурса требовали только 16 километров. Нужно, впрочем, сказать, что впоследствии Стефенсон улучшил устройство своего паровоза: он заменил две паровыпускные трубы, входившие в дымовую трубу с боков (это видно из рисунка) конусом, поставленным в центре дымовой трубы. Это устройство принадлежало, как мы уже знаем, Гакворту. После правильной постановки конуса паропроизводительность котла сильно повысилась: при повторных испытаниях „Ракета“ оказалась в состоянии везти груз весом в 40 тонн, т.-е. более чем в три раза против прежнего.

10 октября 1829 г. происходило испытание „Новости“, а 13 октября — „Несравненного“. Оба эти паровоза хотя и удовлетворили условиям конкурса, но победителями оказаться не смогли: больший расход топлива, непрочность конструкции

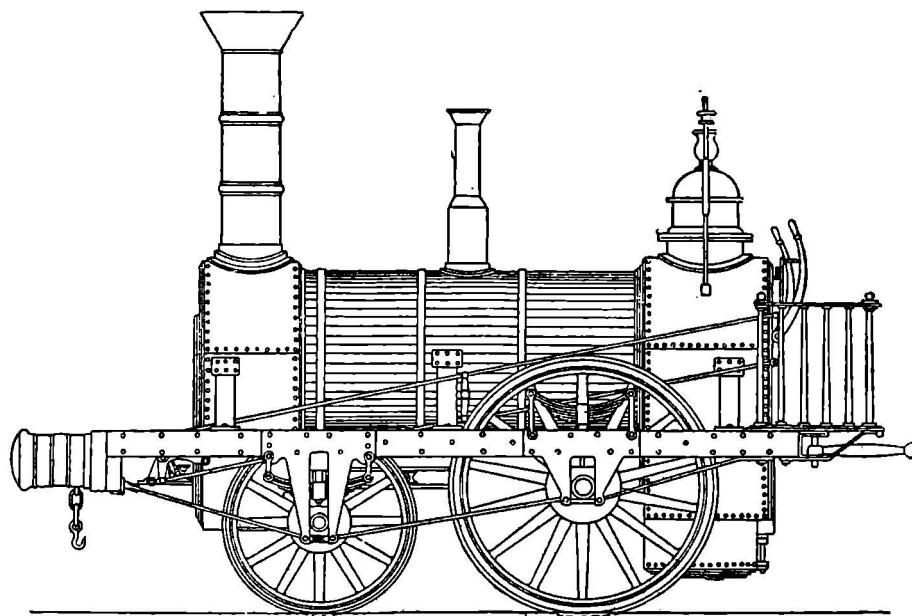


Рис. 9. „Планета“.

и другие недостатки обеспечили победу „Ракеты“. Строителям паровоза Стефенсону и Бутсу была присуждена премия; помимо этого, Стефенсон получил от правления Ливерпуль-Манчестерской железной дороги заказ на 8 паровозов. Поверхность на-

грева этих паровозов была сделана большей, чем у „Ракеты“ (котлы их имели до 100 дымогарных труб), благодаря чему их работоспособность значительно увеличилась по сравнению с конкурсными паровозами. Также был построен и девя-

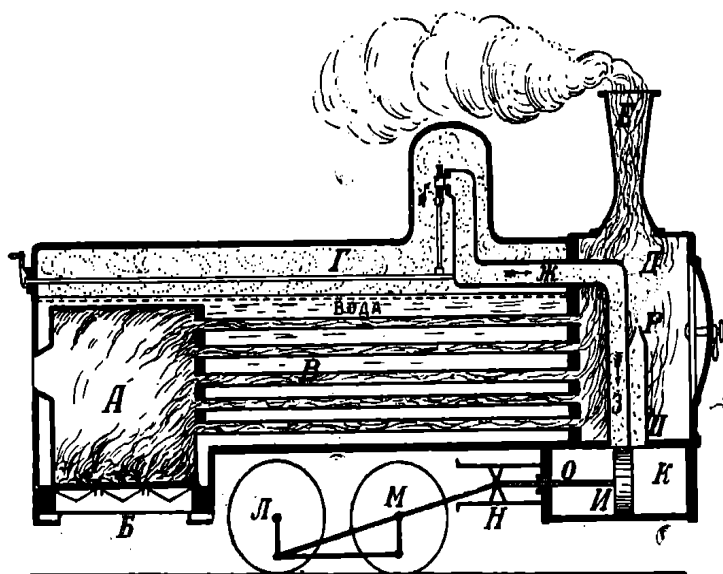


Рис. 10. Работа паровоза.

тый паровоз Стефенсона, построенный для Ливерпуль-Манчестерской железной дороги и названный „Планетой“ (рис. 9). Этот паровоз имел в основном то же самое устройство, что и современные паровозы ¹⁾.

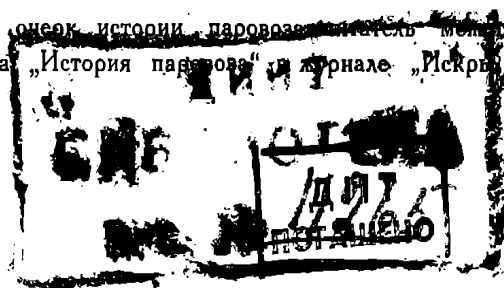
* * *

Рис. 10 поможет нам разобраться в основных особенностях устройства паровоза в том его виде, какой придала ему многолетняя работа Джорджа Стефенсона и его сына Роберта; как мы уже сказали, современные паровозы сохранили все эти особенности — увеличились лишь размеры, да отдельные части устройства сделались гораздо более сложными.

Запасемся некоторым терпением и разберемся в устройстве паровоза.

В топочной коробке А сжигается топливо, забрасываемое через топочное отверстие (в будке) на так называемую **колосниковую решетку** В, пропускающую в топку необходимый для горения воздух. Горячие огневые газы уносятся через много-

¹⁾ Более подробный очерк истории паровозов можно найти в статье В. Фурдьева „История паровоза“ в журнале „Искры Науки“ (№№ 2—5 за 1925 г.).



численные дымогарные трубы *В*. Вода, налитая в котле *Г*, соприкасается с огневыми газами через посредство стенок топки и дымогарных труб и, нагреваясь, обращается в пар. Огневые же газы, пройдя через дымогарные трубы, попадают в **дымовую коробку** *Д*, откуда им открыт выход в атмосферный воздух через дымовую трубу *Е*. Поворотом рукоятки так называемого **регулятора** * машинист открывает скопившемуся в котле пару выход в регуляторную трубу *Ж* и паропроводные трубы *З*, через которые пар попадает, наконец, в **рабочие цилиндры** *К*. Толкая поршень *И* попеременно взад и вперед, пар приводит в движение колеса паровоза, соединенные с поршнем через посредство **кривошипа** *Л*, **шатун** *М*, **поползушки** *Н* и поршневой скалки *О*. Отработавший в цилиндре пар выталкивается поршнем в выхлопную трубу *П* и дальше, через конус *Р* (его назначение нам уже известно) в дымовую трубу.

Рис. 11 дает нам возможность понять устройство механизма, распределяющего пар то по одну, то по другую сторону поршня.

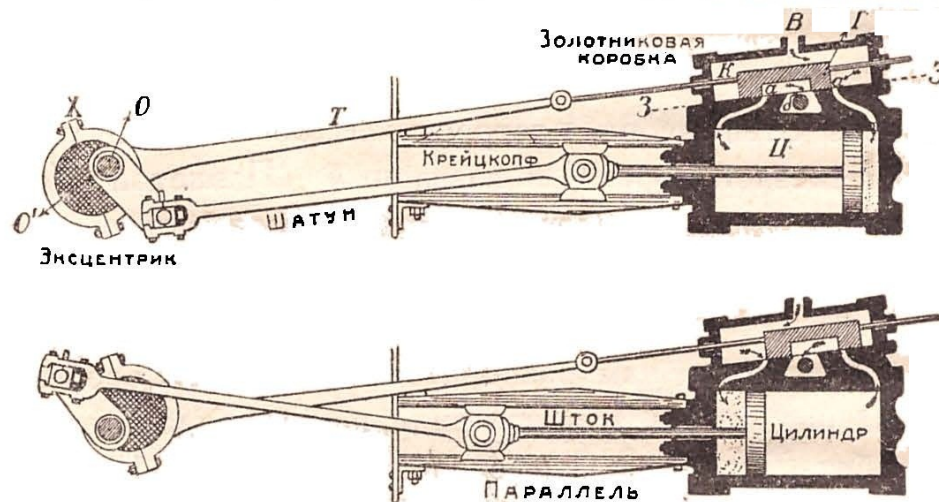


Рис. 11. Золотникового парораспределение.

По обеим сторонам цилиндра *Ц* имеются широкие **впускные каналы** *аа*, выходящие в особое помещение *К*, называемое **шиберным** или **золотниковым ящиком**. Дно этого ящика представляет собой так называемое **золотниковое зеркало** *З* (плоскость его обозначена пунктирной линией на разрезе цилиндра); золотниковое зеркало — это очень хорошо отшлифованная плоскость, в которой и прорезаны окна — отверстия входных каналов. По золотниковому зеркалу движется золотник *Г*, представляющий собой просто опрокинутую вверх дном коробку. Канал *б*, окно которого находится также на золотниковом зеркале (меж-

ду окнами впускных каналов), открывает выход в конус и является **выпускным** каналом. В положении I (верхний рисунок) золотник оставляет открытым правое впускное окно, через которое пар, поступающий из паропроводной трубы, может проникнуть в цилиндр и давлением своим двинуть поршень по направлению стрелки. В это же время левое впускное окно окажется под золотником, который покрывает и окно *б* паровыпускного канала. В то время, как пар, находящийся справа от поршня, давит на него и заставляет его двигаться влево, пар, находящийся по левую сторону поршня (уже отработавший), выходит, выталкиваемый поршнем, под золотник, где ему открывается выход в конус (через окно *б*). Когда поршень придет в крайнее положение (нижний рисунок), золотник оказывается передвинутым вправо и открывает левый канал для впуска, покрывая в то же время правый канал с выпускным окном, благодаря чему поршень начинает двигаться в обратном направлении. Согласованное движение поршня и золотника осуществляется благодаря диску *Э*, насаженному на ведущую ось *э* **эксцентрически**, т.-е. так, чтобы центр * диска O^1 не совпадал бы с центром ведущей оси *О*. На этот диск, называемый **эксцентрик**ом, надевается составленный из двух половинок хомут *Х*, к которому прикреплена тяга *Т*, приводящая в движение золотник. Эксцентрик насажен на ось с тем расчетом, чтобы при движении поршня в одну сторону (допустим, вправо) золотник двигался бы в другую сторону (влево). Благодаря такому устройству, движение поршня механически согласовано с движением золотника, который и распределяет пар то по одну, то по другую сторону поршня.

Еще немного усилия и мы без труда поймем устройство так называемого **кулисного механизма**, помощью которого поршень машины может вращать колеса паровоза по желанию в любую сторону. Предположим, что эксцентрик, насаженный на ведущей оси так, как показано на рис. 11, сообщает паровозу передний ход. Можно, однако, закрепить рядом с этим эксцентриком еще один, но так, чтобы при соединении его с золотником, он сообщал бы паровозу задний ход. Для того, чтобы золотник можно было по желанию соединять с тем или другим эксцентриком, Стефенсон прибегнул к такому устройству (рис. 12): эксцентрикковые тяги *ТТ* соединяются с дугообразной **кулисой**, имеющей продольный прорез; в этом

прорезе движется „кулисный камень“ M , соединенный уже с золотником. В положении, показанном на чертеже, кулисный камень находится в верхней части кулисы; как видно из чертежа, золотник, при таком положении камня, приводится в

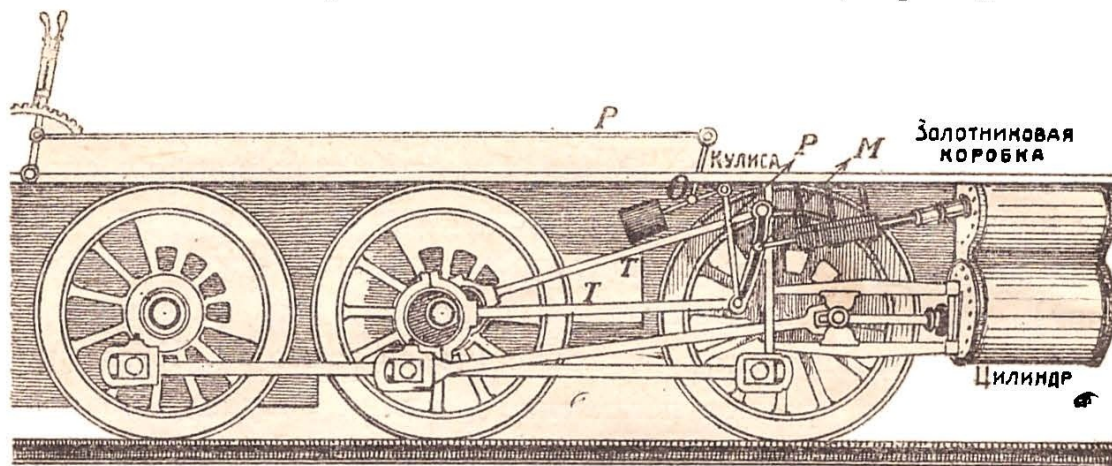


Рис. 12. Кулисный механизм.

движение верхним эксцентриком. Если же при помощи переднего вала O и тяг PP поднять кулису так, чтобы кулисный камень оказался в нижней части кулисы, золотник будет работать от нижнего эксцентрика, и паровоз пойдет задним ходом.

Мы изложили здесь только основу устройства кулисных механизмов; в настоящее время употребляются механизмы без эксцентриков, гораздо более надежные и удобные.

* * *

Как мы видели, немало понадобилось времени и труда для того, чтобы выработать и согласовать друг с другом отдельные части паровоза; однако, необходимость удовлетворить властным требованиям все возрастающего товарного оборота оказалась достаточно важной для того, чтобы преодолеть все препятствия и трудности, стоящие на пути развития паровоза (локомотива *).

В результате в наше время земной шар покрыт густой сетью рельсовых путей, по которым в разные концы катятся вереницы товарных и пассажирских поездов; не прекращаясь ни на минуту, течет работа сменяющихся железнодорожных служащих, но даже и такое непрерывное движение оказывается не в состоянии удовлетворить всем потребностям в транспортных средствах: увеличение пропускной способности железных дорог — ударная задача современности.

* * *

Этот предварительный очерк истории паровоза почти закончен. Нам осталось только рассказать о первом паровозе, построенном в России русским механиком-самоучкой Ефимом Черепановым.

На Урале (в Верхотурском у., Пермской губ.), на Нижнетагильских заводах, принадлежавших крупным промышленникам Демидовым, был механик Ефим Черепанов, талантливый самоучка, строивший различные заводские машины, в том числе и паровые. В 1821 г. он был в Англии, где видел устройство и работу первых паровых машин и паровозов. Присмотревшись к устройству их, он построил, вернувшись в Россию, две паровые машины в 30 и 40 лошадиных сил¹⁾, за что был „всемилодивейше награжден серебряной медалью“. Сын Черепанова, имя которого нам, к сожалению, даже не удалось выяснить, имевший так же, как и его отец, сильное пристрастие к механике, побывал в Англии в 1833 г. Не зная даже английского языка, не имея возможности поближе осмотреть виденные им машины и паровозы, он сумел все же, вернувшись домой в том же 1833 г., построить, в сотрудничестве со своим отцом, „сухопутный пароход“ (так был назван паровоз). Паровоз этот мог везти груз весом в 200 пуд., со скоростью от 12 до 15 верст в час (рис. 13). Для передвижения паровоза были проложены специальные „чугунные колесопроводы“, протяжением в 400 саж. (872 метра); по этим „колесопроводам“ „сухопутный пароход“ возил за собой тендер с запасом воды и топлива и вагонетку, представлявшую собой „приличную повозку для всякой поклажи или для пассажиров в числе 40 человек“²⁾. На паровоз Черепановых смотрели, однако, только как на курьезную диковинку; никто тогда не думал, что через несколько десятков лет сотни и тысячи паровозов будут катиться, перевозя грузы и пассажиров во всех направлениях страны.

„В об'езд по губернии господина пермского губернатора Селастенникова, сообщает нам тот же „Горный Журнал“, из которого мы и знаем некоторые подробности о первом русском паровозе, удостоил он (конечно не паровоз, а господин губернанатор) сам испытания сего парохода и, проехав на оном

¹⁾ См. ниже, стр. 22.

²⁾ „Горный журнал“ за 1835 г.

помянутую 400-саженную дистанцию, из'явил удовольствие свое трудившимся в устройении сего полезного для заводов предприятия“. „Из'явлением удовольствия“ дело, повидимому,

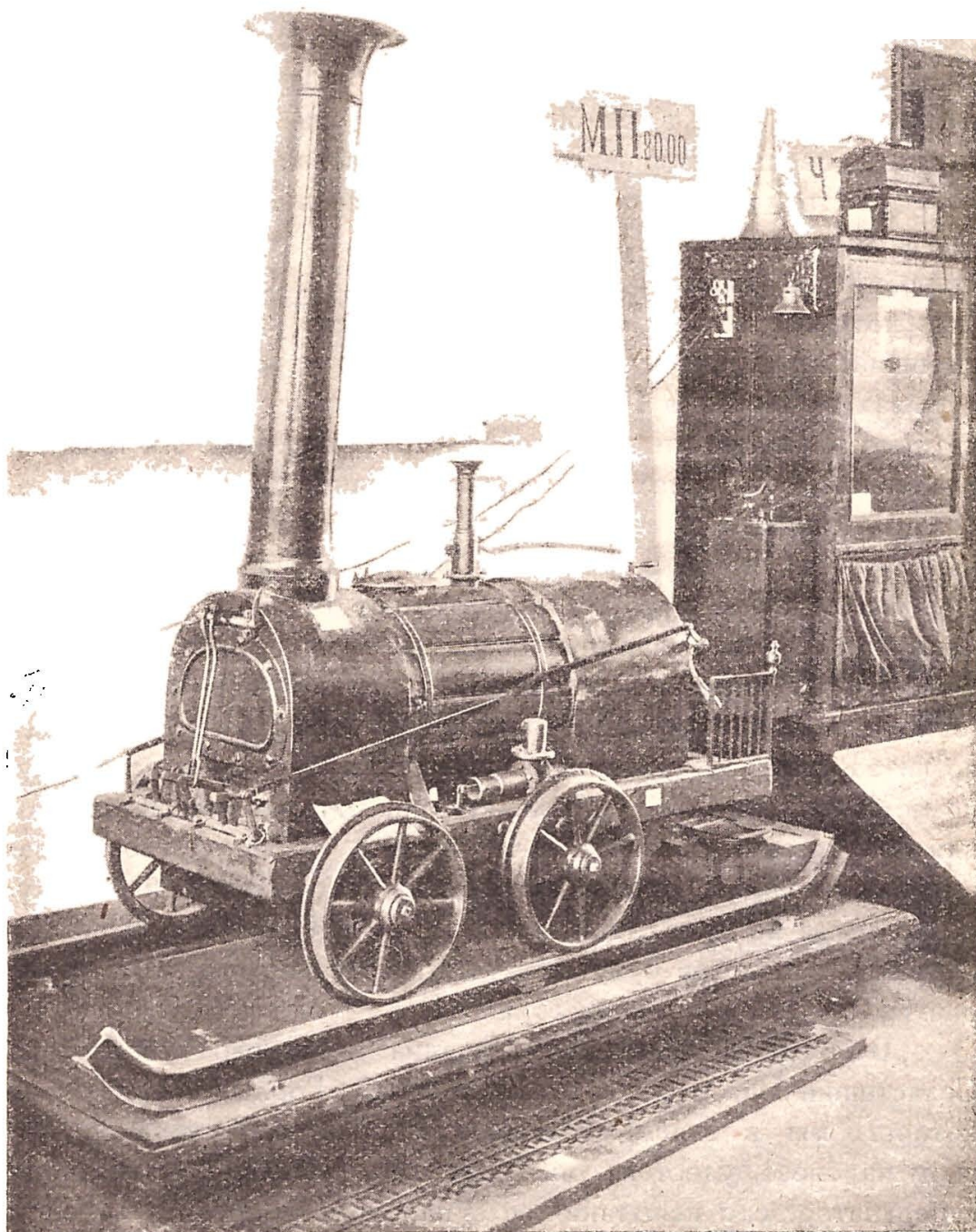


Рис. 13. Паровоз Черепановых. Снимок сделан с модели, хранящейся в Музее Ленинградского Института инженеров путей сообщения.

и кончилось: Черепановым пришлось преодолеть немало трудностей для того, чтобы усовершенствовать свой паровоз. Только через два года, в 1835 г., им удалось построить другой паровоз, размерами больше первого. Новый паровоз мог перевозить груз весом до 1000 пуд., вследствие чего было предположено „продолжить чугунные колесопроводы от Нижнетагильского завода до самого медного рудника и употреблять пароход для перевозки медных руд из рудника в завод“. Было ли осуществлено это намерение -- выяснить не удалось; нужно, впрочем, предполагать, что предприятие это так и заглохло: ведь если бы между рудником и заводом была проложена первая железная дорога в России, регулярно обслуживаемая черепановскими паровозами, сведения об этом дошли бы и до нашего времени. Как и во многих других случаях, правительство не сумело или не захотело оценить заслуг русских изобретателей. Дело, конечно, не только в этом: самое главное — в то время в России не было достаточно благоприятных для развития паровоза экономических условий.

Добавим кстати, что немало ценных изобретений принадлежало русским рабочим-самоучкам. Так, например, первая паровая машина в России была построена механиком Ползуновым на Колывано-Воскресенских рудниках за несколько лет до Уатта. Имеются сведения о воздушном шаре, сооруженном задолго до опытов братьев Монгольфье подъячим Нерехтецом Крякутным, и т. д.

Паровозу же Черепанова следует отвести в истории паровоза заслуженное место.

ГЛАВА II

Тепловое хозяйство паровоза

Всякий **двигатель** (в том числе и паровая машина паровоза) представляет собой устройство, предназначенное для получения механической **работы**. Способность производить работу называется **энергией**. Но откуда же берет двигатель свою энергию? Ведь мы же знаем, что энергия не может получаться „из ничего“; мы знаем, что, получая в одном месте определенное количество энергии, мы затрачиваем где-то в другом месте такое же количество энергии; положение это носит название „закона сохранения энергии“. Применяя этот закон к рассматриваемому нами случаю, мы можем заметить, что всякий двигатель есть приспособление, позволяющее превращать один вид энергии в другой. Какое же превращение энергии имеет место при работе паровой машины? Вопрос этот нетрудно разрешить; ведь используя при работе паровой машины энергию, мы не обходимся без затрат: мы затрачиваем топливо, сжигая которое в топке парового котла, мы получаем упругий пар, обладающий известным давлением, который и приводит в движение машину. Таким образом, паросиловая установка (т.-е. соединение парового котла и паровой машины) превращает скрытую тепловую энергию топлива в механическую энергию вращения вала паровой машины.

Во время превращения энергии известная часть ее пропадает бесполезно для нас. Конечно, она не пропадает вовсе: подобно тому, как энергия не может получаться „из ничего“, так точно она и не может обратиться „в ничто“, она не может исчезнуть. Куда же девается энергия, не используемая нами при превращении?

Раньше, чем ответить на этот вопрос, зададим себе еще один: как можно сравнивать один вид энергии с другим или, в нашем случае, как можно сравнить скрытую (или, как принято говорить, потенциальную) энергию топлива с механической энергией, дающей определенную механическую работу? Для этого прежде всего необходимо уметь измерять эту работу. Допустим, что измеряемая работа затрачивается нами на поднятие какого-нибудь груза на определенную высоту; вес груза и высота, на которую он окажется поднятым, и являются мерой затраченной работы. Подняв груз весом в 1 килограмм на высоту одного метра, мы затратили такое количество работы, которое принято называть **килограммометром**; подняв на ту же высоту груз весом в 2 килограмма, мы произвели работу вдвое большую — 2 килограммометра; такое же количество работы понадобилось бы нам и для того, чтобы поднять прежний груз в 1 килограмм, но на вдвое большую высоту — в 2 метра. Таким образом, помножая вес груза в килограммах на высоту в метрах, на которую груз этот поднят, мы получаем меру затраченной на это поднятие работы, выражающуюся в килограммометрах¹⁾. Теперь мы можем идти дальше: если тепловая энергия способна превращаться в механическую работу, то должно существовать какое-то соотношение между теплотой и работой, которое и нужно положить в основу их сравнения. Точными опытами английского физика Джауля установлено, что работе в 1 килограммометр соответствует (или эквивалентна ей) $\frac{1}{427}$ калории²⁾ тепла и, наоборот, 1 калория соответствует (эквивалентна) 427 килограммометрам. Кстати заметим: число 427 называется **механическим эквивалентом теплоты**.

Если мы сожгли в топке котла 1 килограмм угля в 1 секунду, мы должны были бы получить (зная, что теплотворная способность³⁾ хорошего угля оценивается в 8000 калорий) $1 \times 8000 \times 427 = 3.416.000$ килограммометров в секунду; однако,

¹⁾ Подобным же образом можно измерять работу и в **пудо-футах**: 1 пудо-фут есть работа, затрачиваемая на поднятие 1 пуда на высоту 1 фута.

²⁾ Калорией (большой) называется количество тепла, необходимое для того, чтобы нагреть 1 килограмм воды с 0° до 1° по Цельсию * при атмосферном давлении *.

³⁾ „Теплотворная способность“ — это значит, что сжигание 1 килограмма угля дает 8.000 калорий.

опыт показывает, что полученная за одну секунду работа значительно меньше: именно, около 375.000 килограммометров в секунду. Иными словами, полученная нами в действительности работа оказывается в 9 раз меньше полученной из нашего расчета!

Заметим теперь, что то время, в течение которого произведена двигателем **определенная** работа, указывает на его продуктивность или, иначе, его **мощность**. За единицу мощности принято считать мощность 75 килограммометров в секунду; такая единица мощности носит название **лошадиной силы**. Отсюда понятно, что, произведя работу в 75 килограммометров в 1 минуту, мы выкажем мощность в $\frac{1}{60}$ лошадиной силы; произведя ту же работу в 1 час, мы получим еще меньшую мощность — $\frac{1}{3600}$ лошадиной силы; работа же, сделанная нами в том и в другом случае, будет, понятно, одна и та же, т.-е. одни и те же 75 килограммометров.

Теперь мы можем, наконец, заняться вопросом, который является для нас самым важным: **куда делись $\frac{8}{9}$ той механической энергии, которая соответствует 8000 калорий, данных сожженным в топке углем?**

* * *

Рассмотрим последовательно все „опасности“, которым подвергается энергия на пути ее превращения из теплоты в работу.

I. Котел паровоза. Первая „опасность“ подстерегает нас на первых же шагах превращения энергии: вследствие неизбежного несовершенства устройства топки полного сгорания топлива не происходит, и в продуктах горения неизменно оказывается окись углерода *. Благодаря этому мы как бы теряем некоторую весовую часть топлива. Но помимо этой потери и тепло, данное вполне сгоревшей частью топлива, не используется полностью: только часть этого тепла уходит на нагревание стенок топки и дымогарных труб (а следовательно, и на нагревание соприкасающейся с ними воды); другая же часть тепла уносится вместе с огневыми газами в трубу и, значит, пропадает бесполезно, расходуясь на нагревание атмосферного воздуха. Этот бесполезный расход тепла достаточно велик — ведь отходящие в дымовую трубу газы имеют температуру, превышающую 300° Цельсия! Некоторая часть тепла, далее,

теряется, благодаря лучеиспусканию * стенок котла в окружающий воздух. В результате этих тепловых потерь пропадает 20—25% тепла, которое полностью могло бы пойти на механическую работу.

II. Паропроводящие трубы. Образующийся в котле пар должен для того, чтобы поступить в цилиндры паровой машины, пройти через паропроводные трубы. Соприкасаясь с более или менее холодными (по сравнению с температурой пара) стенками труб, пар частично конденсируется (т.е. сгущается в воду), отдавая таким образом часть своей теплоты. Величина этой потери зависит, как это легко понять, от длины паропроводных труб; для наших дальнейших расчетов мы можем принять, что потери вследствие конденсации пара в паропроводе доходят до 4—5%.

III. Паровая машина. Но самая большая опасность подстерегает энергию на последнем, так сказать, этапе ее превращения — в паровой машине. Прежде всего нам угрожают здесь знакомые нам уже потери на конденсацию, лучеиспускание — они достигают 5%. Но главная опасность не в этом.

В самом деле, рассмотрим внимательно то, что происходит в цилиндре паровой машины во время работы. При начальном крайнем положении поршня (см. рис. 12) пар входит в рабочую полость цилиндра, давит на поршень и, двигая его, отдает ему часть своей энергии (энергии упругости). Когда поршень прошел известную часть своего пути, впуск свежего пара прекращается; оставшийся пар продолжает расширяться, при чем давление его и температура постепенно падают. Однако, когда поршень дойдет до конца своего хода, температура пара не упадет до нуля; напротив, каждый килограмм выталкиваемого в конус пара уносит с собой свыше 600 единиц тепла. Этой потери невозможно избежать: в самых идеальных условиях работы (или, как говорят, рабочего цикла*) пара в цилиндре отработанный пар будет уносить с собой значительную часть теплоты, бесполезно уходящую на нагревание атмосферного воздуха. Потеря эта носит название „потери в идеальном цикле“; величина его доходит до 50—60%.

К числу потерь относятся еще потери на мятие пара при впуске и выпуске (при проходе через узкие впускные каналы), потери на противодействие при выпуске отработавшего уже пара, находящегося в нерабочей полости поршня, и т. п.

IV. Механические потери. Но не вся механическая энергия, полученная, как принято выражаться, на ободу ведущего колеса, используется на крюке тендера. Известная ее часть — $3 - 4\%$ — расходуется на преодоление внутреннего трения самой машины, экипажа паровоза и тендера и т. д.

Подытожим средние отнюдь не преувеличенные цифры:

Потери котла	22%
Потери паропровода	5%
Конденсационные и другие потери	5%
Потери в идеальном цикле	55%
Потери на трение	4%
Итого	91%

Итог поистине страшный! Полученная цифра говорит нам о том, что при превращении энергии топлива, сжигаемого в топке паровозного котла, в механическую энергию движения паровоза бесполезно растрчивается 91% энергии; только 9% , т. е., иными словами, **девять сотых** ее используются производительно.

Эта цифра $\frac{9}{100}$, выражающая собой отношение количества использованной энергии к затраченной, носит название **коэффициента полезного действия** паровоза. Как видим, коэффициент этот крайне низок. Но в действительности нам придется еще понизить этот коэффициент, если мы учтем топливо, затраченное на растопку паровоза и приведение его в рабочее состояние, топливо, расходуемое на поддержание давления пара на стоянках, топливо, расходуемое на образование пара, идущего на питание пароструйных насосов, накачивающих воду в котел, на насос автоматического тормоза, на свисток и т. д. В результате этого уточнения наших расчетов оказывается, что коэффициент полезного действия паровоза не превышает $0,06$! И эта цифра относится к современным паровозам, при постройке которых приняты все меры к тому, чтобы понизить до минимума вредные потери. А в стефенсоновских паровозах дело обстояло еще хуже: „парадный“ коэффициент полезного действия их не превышал $\frac{4}{100}$!

Рис. 14 наглядно поясняет всю важность нашего открытия. Большая куча угля изображает собой топливо, бесполезно растрченное при превращении энергии, и как мала по сравнению с ней кучка, изображающая соответственное количество

производительного израсходованного топлива! А в переводе на язык цифр рис. 14 говорит нам, что из **каждых 100 кило-**

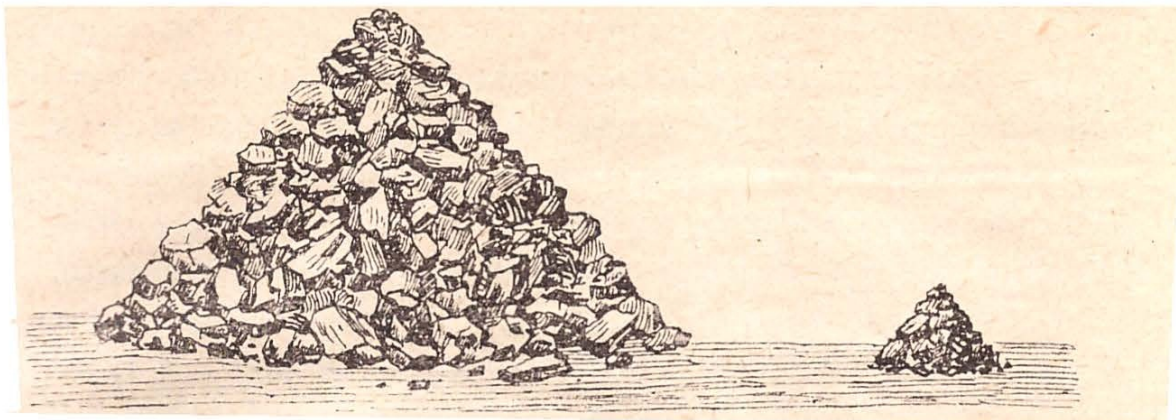


Рис. 14. Сравнительный об'ем угля, теплота которого превращается в полезную работу, и угля, теплота которого пропадает даром.

граммов топлива, сожженного в паровой топке, 94 килограмма пропадают бесполезно.

Печальный вывод, не правда ли, читатель?

* * *

Попробуем осознать все последствия этого вывода.

В 1913 г. на русских железных дорогах насчитывалось около 20.000 паровозов разного типа. В течение 1913 г. этими паровозами было сожжено:

Угля	501.000.000 пудов	стоимостью	66.800.000 руб.
Нефти	94.000.000	” ”	32.100.000 ”
Дров	429.000.000	” ”	8.300.000 ”
Всего на сумму . .			107.200.000 р. ¹⁾

Из этого количества пропало даром (потеряно при превращении энергии):

Угля	470.940.000 пудов	стоимостью	62.792.000 руб.
Нефти	88.360.000	” ”	30.174.000 ”
Дров	403.260.000	” ”	7.802.000 ”
Всего на сумму . .			100.768.000 руб.

Благодаря неэкономичности паровоза, было, значит, выброшено на ветер **больше 100 миллионов рублей** в течение одного только 1913 г. Если считать, что за последние 10 лет состав паровозного парка остался тем же самым, то бесполезная трата денег на теряющееся при превращении энергии топливо **превысит 1 миллиард рублей** за 10 лет.

¹⁾ Эти цифры взяты нами из книги проф. В. И. Гриневецкого «Проблема тепловоза и ее значение для России». Москва, 1924 г., стр. 11. Цены даны, конечно, довоенные.

ГЛАВА III

Современные паровозы

Стремление увеличить мощность паровоза, но вместе с тем и сделать его машиной более экономичной явилось побудительным толчком к целому ряду изобретений и усовершенствований. Те из них, которые имели своей конечной целью повышение коэффициента полезного действия паровоза, мы и рассмотрим в этой главе.

Сначала опишем два наиболее существенных усовершенствования: принцип многократного расширения и применение перегретого пара.

Не трудно сообразить, что наиболее выгодное для нас использование рабочего пара в цилиндре паровой машины паровоза получится тогда, когда пар, поступающий в цилиндр, будет обладать возможно более высоким давлением и когда давление его при выходе из цилиндра (иными словами, давление отработавшего пара) будет возможно более низким — равным атмосферному давлению. Только при соблюдении этого условия мы сполна используем энергию упругости пара. Поясним это примером: согнутая пружина часового механизма производит работу, раскручиваясь до самого конца; если же она прекратит приводить в движение часовой механизм раньше этого — использование ее упругости будет, конечно, неполным, — неполнота эта будет тем больше, чем раньше произошло прекращение работы. С другой стороны, чем туже заведена пружина, чем большей упругостью она обладает до начала работы — тем дольше она будет приводить в движение механизм.

Работа пара в цилиндре паровой машины паровоза происходит следующим образом: сначала свежий пар входит в рабо-

чую полость цилиндра, толкая поршень; далее, впуск свежего пара прекращается и дальнейшая работа производится за счет **расширения** пара. Затем, по окончании хода поршня и даже несколько ранее, соответствующая полость цилиндра сообщается с атмосферой, и пар, сохраняя частично свое давление и температуру, выпускается в воздух.

Можно, однако, устроить паровую машину таким образом, что отработавший пар будет переходить в другой цилиндр и там производить работу еще раз. Для этого нужно только увеличить в определенном соотношении диаметр этого цилиндра, так как работающий в нем пар обладает пониженным давлением (и увеличенным объемом!); для того, чтобы уравнять работу обоих цилиндров, нужно, чтобы во втором цилиндре пар давил бы на большую площадь поршня — увеличением площади поршня в цилиндре низкого давления и достигается приблизительно выравнивание работы.

Первая **машина двойного расширения** (так называемая „компаунд-машина“) была изобретена инженером Роттердам-

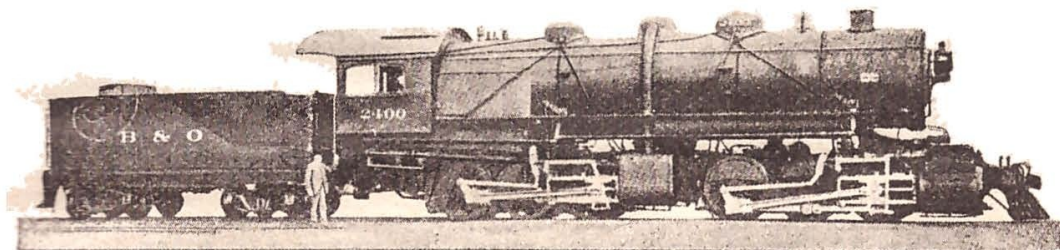


Рис. 15. Сочлененный паровоз системы Маллэ (Америка).

ского машиностроительного завода (в Голландии) Г. Рентгеном. Патент на нее был им получен в 1834 г. После некоторых неудачных попыток применения компаунд-машин к паровозам швейцарскому инженеру Маллэ удалось в 1876 г. построить вполне годный **компаунд-паровоз** для железной дороги Байон-Биарриц.

Паровозы Маллэ оказались более экономичными по сравнению с обыкновенными паровозами, вследствие чего целый ряд изобретателей стал работать над дальнейшим развитием этой идеи. Англичанин Уэбб, начальник железнодорожных мастерских, построил в 1886 г. паровоз тройного расширения, снабженный тремя цилиндрами — высокого, среднего и низкого давления, в которых пар последовательно совершал свою

работу. Во Франции в 1885 г. инженер де-Глэн изобрел четырехцилиндровый паровоз, работавший по системе компаунд, т.-е. при двукратном расширении пара. Паровоз этот имел два цилиндра высокого давления, расположенные внутри рам паровоза и работавшие на коленчатую ось, и два — низкого, помещенные снаружи.

Устройство де-Глэна оказалось наиболее жизненным: паровозы этого типа строятся и до сих пор, хотя система компаунд получила гораздо более ограниченное применение, чем этого можно было ожидать. Причина этого заключается в том, что компаунд-паровозы дают экономию в топливе только

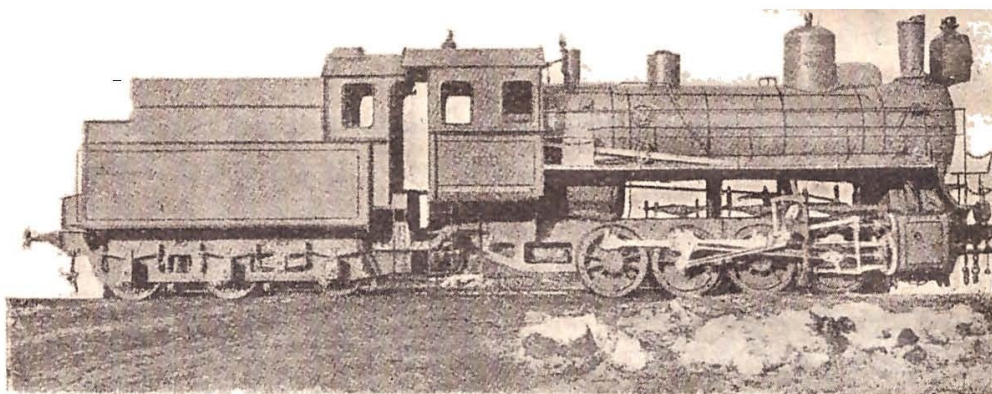


Рис. 16. Компаунд-паровоз серии «B1» наших жел. дорог.

при длительной работе без остановок и при полной нагрузке паровоза; отсюда вытекает выгодность применения системы компаунд ¹⁾ для тяжелых товарных паровозов, перевозящих полногрузные товарные поезда дальнего следования. Для пассажирских же паровозов, возящих относительно легкие поезда и следующих с более или менее частыми остановками, система компаунд оказывается даже невыгодной. Если к тому же мы учтем, что компаунд-паровозы, вследствие неравномерной работы правой и левой стороны, очень изнашивают рельсовый путь, мы поймем, что ограниченное применение системы компаунд совсем не случайно.

На рис. 15—17 мы даем снимки наиболее новых ком-

¹⁾ Особенно при применении перегретого пара, о чем см. ниже.

паунд-паровозов различных типов. Подписи под рисунками дают необходимые сведения о них.

Заметим здесь, что одно время система компаунд пользовалась большой популярностью в России. Целый ряд паровозостроительных заводов (Коломенский, Харьковский) строили

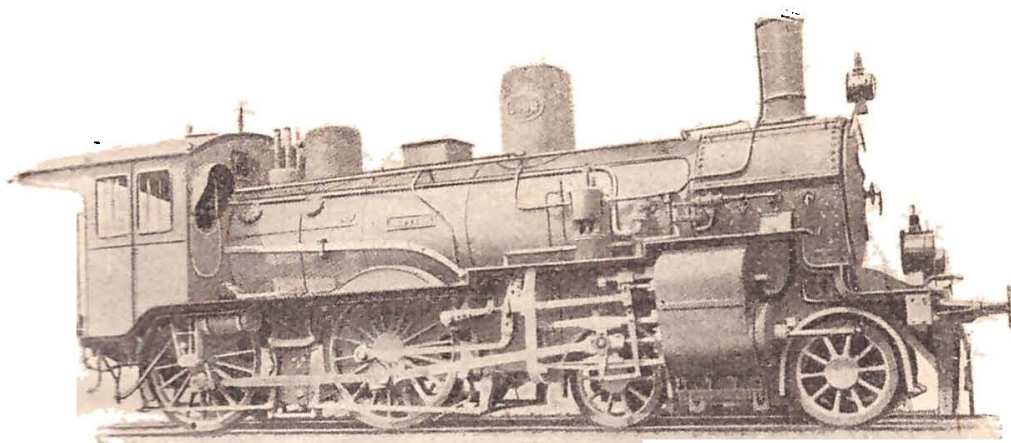


Рис. 17. Компаунд-паровоз Прусских жел. дорог.

компаунд-паровозы двух- и четырехцилиндровые и выработали несколько удачных конструкций, в настоящее время уже устаревших. Новейшие типы паровозов, обращающихся на железных дорогах СССР, построены по простой (не-компаунд) системе.

* * *

Для того, чтобы понять сущность описываемого ниже усовершенствования, нам придется вспомнить о некоторых свойствах водяного пара. Если мы, кипятя воду в каком-нибудь сосуде, получаем пар, то этот пар, соприкасающийся с той водой, из которой он образовался, и называющийся **насыщенным паром**, обладает следующим свойством: при данном давлении (т.-е. иными словами, при данной упругости) он имеет совершенно определенную температуру. Как только температура его понизится, — а это неизбежно случится, как только пар начнет соприкасаться с более или менее холодными стенками паропровода и цилиндров — он конденсируется, т.-е. сгущается в воду. Естественно, что паровая машина, работающая насыщенным паром, не выгодна для нас: потери на конденсацию получаются очень большими.

Вместе с тем нельзя повысить температуру пара, не повы-



шая его давления и не отделяя его от той воды, из которой он образовался. Этого можно добиться только тогда, когда мы отделим насыщенный пар от воды и начнем его подогревать. В этом случае давление пара не меняется, но температура его повышается по сравнению с температурой насыщенного пара (при данном давлении); такой нагретый пар носит название **перегретого пара**: он не конденсируется при понижении темпе-

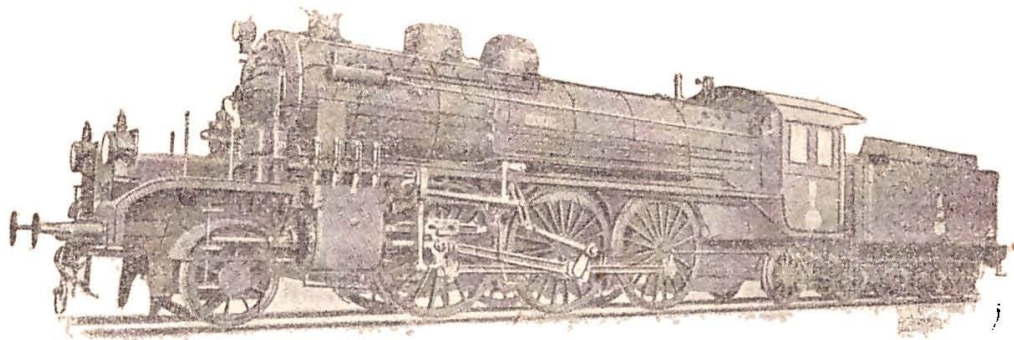


Рис. 19. Немецкий паровоз с перегревателем.

ратуры до тех пор, пока температура его не сравняется с соответствующей данному давлению температурой насыщенного пара. Перегревом пара можно, следовательно, избежать потерь на конденсацию.

Применение перегретого пара к паровозам было введено уже в нашем столетии (1900—1901 гг.) фирмой Шмидт¹⁾ в Кассель-Вильгельмстее (Германия). Цели своей Шмидт достиг следующим образом (см. рис. 18): котел паровоза снабжался, кроме дымогарных труб, еще и особыми **жаровыми** трубами, имевшими более широкий диаметр; в этих жаровых трубах, по которым так же, как и по дымогарным трубам, протекают горячие топочные газы, находились изогнутые в виде буквы *U* трубы. По этим последним протекал пар на своем пути из котла в цилиндр. Благодаря тому, что пар, отделенный в трубах от воды слоем насыщенного пара, соприкасался через посредство стенок труб с горячими газами, температура его при неизменном давлении повышалась до 300—350°. Этот перегретый пар и поступал затем в цилиндр паровой машины.

¹⁾ Если не считать попытки французского инженера Ж. Моншэйля в 1847 г.

Применение перегретого пара дает заметную экономию в топливе; помимо того, что при применении перегретого пара устраняются потери на конденсацию, получается еще и та выгода, что, при одинаковом весе, перегретый пар занимает больший об'ем, чем насыщенный—следовательно, для совершения той или иной работы перегретого пара требуется по весу меньше, чем насыщенного.



Рис. 18. Пароперегреватель Шмидта.

Перегретый пар завоевал себе прочное положение в паровозостроительной технике: все строящиеся в настоящее время паровозы оборудуются перегревателями пара, устроенными по типу, уже описанному нами,— по типу перегревателя в жаро-

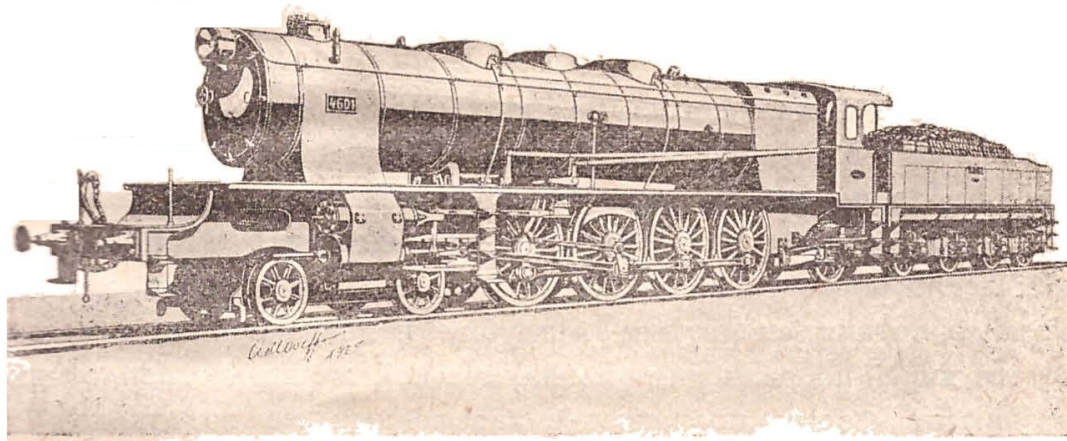


Рис. 20. Пассажирский паровоз Испанских жел. дорог.

вых трубах. Предлагались и другие системы (перегреватель в котле, в дымовой коробке и т. д.), но все они оказались не так удобными и не так выгодными, как перегреватель Шмидта и его разновидности.

На рис. 19—21 изображены новейшие паровозы с перегревателями пара.

* * *

Применение плоских коробчатых золотников, описанных нами выше (см. главу I), оказалось по многим причинам невыгодным. Дело в том, что при движении золотника по зеркалу, пар, находящийся в золотниковом (шиберном) ящике, сильно давит на золотник, прижимая его к зеркалу. От этого быстро изнашиваются и золотник и зеркало (последнее, как

выражаются машинисты, „задирается“), а кроме того на передвижение золотника тратится слишком много энергии; этого, конечно, желательно избежать.

Начиная с 1885 г., различные конструкторы предлагали различные способы уравновесить золотник, т.-е. разгрузить его

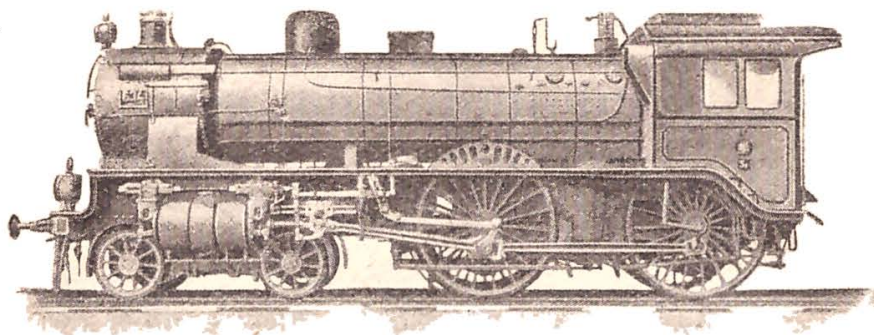


Рис. 21. Немецкий паровоз с прямоточной машиной системы Штумпфа.

от давления находящегося над ним пара: в большинстве проектов золотник защищался от давления особой разгрузочной плитой. Но наиболее целесообразными оказались так называемые круглые или цилиндрические золотники, устройство которых легко понять, если представить себе обыкновенный коробчатый золотник свернутым в трубку и двигающимся в соответствующей по размерам цилиндрической же втулке. Золотник принимает форму поршеньков, насаженных на золотниковую скалку; поршеньки эти и перекрывают отверстия входных каналов.

При применении перегретого пара цилиндрические золотники оказались единственно пригодными: от высокой температуры плоские золотники коробятся и пропускают пар.

В последнее время предлагают вовсе отказаться от золотникового парораспределения и перейти к распределению клапанному, при котором выпуск и впуск управляются особыми клапанами, приводимыми в движение от обычного для паровозов парораспределительного механизма. Благодаря частичному устранению различных потерь в машине (см. главу III), применение клапанных парораспределений дало хорошие результаты при испытаниях.

Кроме этих основных, так сказать, усовершенствований, были введены еще различные частичные улучшения, значение и важность которых не так разительны и очевидны. Тем не

менее не следует пренебрежительно относиться к таким незаметным в отдельности улучшениям: капля по капле — а в результате получается **лишняя экономия в топливе**, в драгоценном топливе, запасы которого иссякают с каждым днем.

Опишем наиболее интересные из этих усовершенствований.

Чем чаще приходится паровозу останавливаться, тем больше лишнего топлива он израсходует — ведь на стоянках паровоз жжет топливо так же, как и в пути. Для того, чтобы сократить необходимые для набора воды остановки, инженером Рамсботомом было предложено приспособление, благодаря которому паровоз может пополнить запасы воды, не останавливаясь для этого ни на минуту. На станции между рельсами

прокладывается бетонная канава, в которую наливается вода; проезжая через станцию, машинист опускает с тендера особую трубу (см. рис. 22), направленную сво-

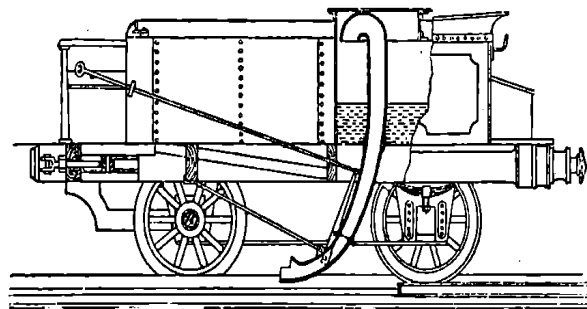


Рис. 22. Тендер, забирающий воду на ходу.

им отверстием (раструбом) вперед. При быстром ходе паровоза раструб этот забирает воду, которая и гонится вверх в водяные баки тендера. В течение каких-нибудь **двух — трех минут** паровоз набирает, не останавливаясь ни на минуту, **полный тендер**. У нас в СССР это изобретение пока не применяется, но американцы, девиз которых „время — деньги“, пользуются им довольно часто.

При забрасывании угля вручную, дверцы топки должны, конечно, открываться; при этом в топку поступает большое количество холодного наружного воздуха, бесцельно понижающего парообразование и вредно влияющего на переднюю стенку топки, куда выходят отверстия дымогарных труб (так называемую „трубную решетку“). Помимо этого, топки современных паровозов настолько велики, что двое кочегаров не в состоянии набросать туда своевременно нужное количество угля (площадь колосниковой решетки у новых американских паровозов достигает **10 квадр. метров!**). Чтобы избежать всех этих затруднений, американцы применяют **механических коче-**

гаров. Уголь гонится винтом по особым трубам и равномерно забрасывается на поверхность колосниковой решетки.

Механические кочегары точно так же, как и применяемая теперь всюду **автоматическая центральная смазка** всех движущихся частей машины (за исключением шатунов), **механизация набора топлива**, путем введения особо оборудованных складов, сильно сокращают время необходимых стоянок и, таким образом, повышают коэффициент полезного действия паровоза. При этом очень облегчается и тяжелая работа паровозных бригад, но, конечно, не об этом думают капиталисты, вкладывая свои капиталы в строительство усовершенствованных паровозов. Если предприниматель и старается улучшить условия работы паровозных бригад, то только потому, что, не слишком утомляясь, рабочий работает более продуктивно и внимательно.

* * *

Скажем теперь о некоторых недавно предложенных усовершенствованиях, которые только еще начинают применяться в широкой железнодорожной практике.

Некоторые заграничные паровозы оборудуются особого устройства топкой: через огневую коробку пропущены трубы, в которых протекает котельная вода. Таким образом, топочная коробка превращается, так сказать, в особый котел, но уже не в огнетрубный котел Сегена и Бутса, а в котел **водотрубный**. Водотрубные котлы, правда, устроенные несколько иначе, получили, заметим кстати, широкое применение в пароходных и неподвижных пароустановках. Благодаря такому устройству, мощность котла повышается без увеличения его размеров (размеры котлов американских паровозов достигли уже предела, который нельзя преступить!), а кроме того достигается лучшее использование теплоты топлива. К сожалению, у нас еще нет сведений о том, насколько такие топки повышают коэффициент полезного действия паровоза.

При питании водой паровозного котла сильно понижается парообразование: ведь в котел поступает вода значительно более холодная, чем та, которая находится в котле. Хотя котел и питается при помощи пароструйных насосов (инжекторов), в которых холодная вода из тендера смешивается с горячим паром, после чего ее температура повышается до 40° — 50°,

тем не менее, потери от притока холодной воды в котел довольно заметно понижают общий коэффициент использования теплоты топлива. В виду этого предложено накачивать воду не инжектором, а поршневым насосом, подогревая питательную воду отработанным паром или горячими топочными газами. У нас уже в революционное время Октябрьская железная дорога производила испытания подогревателя системы Вири, в котором вода подогревается до 80° — 100° отработанным паром. Испытания дали хороший результат — экономия в топливе доходила до 14%. При так называемом „двухступенчатом“ подогреве, когда вода, подогретая уже отработанным паром, подогревается еще и топочными газами, экономия будет, понятно, еще больше.

Заметим кстати, что идея водоподогревателя не нова. Рис. 23 изображает паровоз египетских железных дорог, снаб-

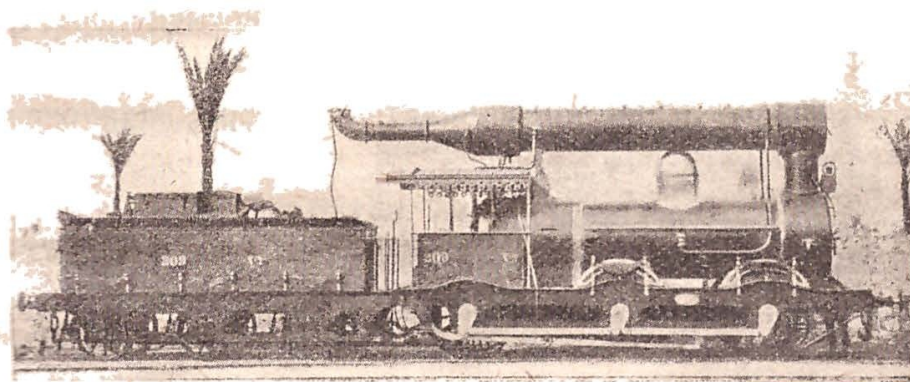


Рис. 23. Паровоз с подогревателем питательной воды (Египет).

женный подогревателем, использующим огневые газы; рисунок дает возможность понять и самое устройство подогревателя, и его, как принято говорить, „неконструктивность“. Ясно, что и размеры, и расположение этого подогревателя очень неудобны и непрактичны.

Применение к паровозам так называемых „прямоточных“ машин системы Штумпфа позволяет довольно успешно бороться с конденсацией пара в цилиндрах. В машине Штумпфа пар движется в цилиндре только в одном направлении — от концов к середине; в середине же цилиндра проделаны выпускные отверстия, открываемые самим поршнем. Впуск пара управляется особыми клапанами. Благодаря такому устройству, стенки

цилиндра мало охлаждаются при выталкивании отработанного пара.

Первый паровоз этого рода был построен Коломенским паровозостроительным заводом в 1911 году. (См. также рис. 21)

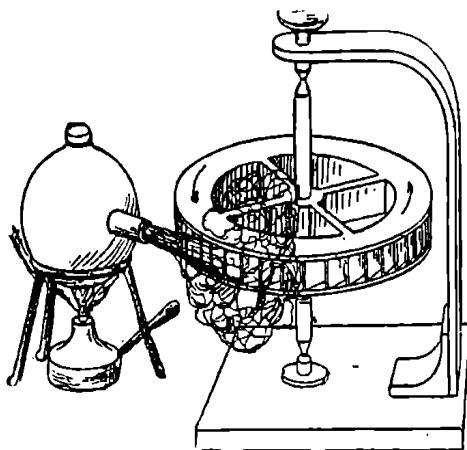


Рис. 24. Колесо Бранка.

* * *

В кратких словах мы описали здесь новейшие усовершенствования в устройстве паровоза. Конечно, их гораздо больше, чем мы упомянули; но и описанных нами усовершенствований достаточно для того, чтобы понять, что паровоз успешно борется за

свое существование, и немало еще пройдет времени, прежде чем он будет окончательно побежден своими соперниками.

Соперников этих пока намечилось три: турбопаровоз, тепловоз и электровоз.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ СОПЕРНИКИ ПАРОВОЗА

ГЛАВА IV

Паровая турбина и турбопаровоз

Триста лет тому назад, в 1629 г., итальянский архитектор Джовани Бранка построил небольшую игрушку: колесо с лопастями, приводившееся в быстрое вращение силой паровой струи, вытекавшей из сосуда с кипящей водой (см. рис. 24).

Гораздо раньше, за 120 лет до нашей эры, греческий ученый Гиерон Александрийский описал в одном из своих сочинений прибор, получивший название „эолипилы“ (см. рис. 25). Струи пара, вылетающие из подогреваемого снизу сосуда, приводят этот сосуд во вращательное движение благодаря „отдаче“.

Никто, конечно, в то время не мог думать, что устройство этих нехитрых игрушек ляжет в основу устройства мощных двигателей — **паровых турбин**. Однако, это случилось. В 1883 г. шведский инженер де Лаваль усовершенствовал конструкцию той трубки, из которой вытекает на лопасти пар; трубка эта получила название **сопла де-Лаваль**.

Благодаря этому усовершенствованию (подробный разбор его не входит в нашу задачу), оказалось возможным практическое использование нового вида двигателя — так называемых

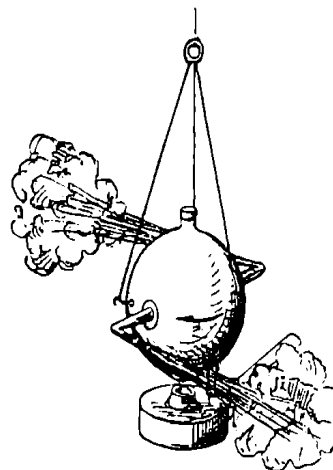


Рис. 25. Эолипила Гиерона.

активных паровых турбин; турбины же **реактивные**, устроенные по типу Гиероновой эолипилы, обязаны своим развитием английскому инженеру Парсонсу, много поработавшему над усовершенствованием устройства турбины ¹⁾.

В результате трудов целого ряда ученых и инженеров турбина завоевала себе прочное место в современной промышленности; экономичность ее работы и компактность устройства (рис. 26 показывает сравнительные размеры паровой машины

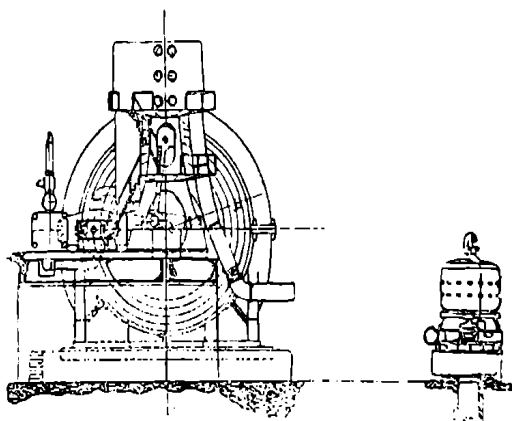


Рис. 26. Сравнительные размеры паровой машины (налево) и турбины одинаковой мощности.

и паровой турбины одинаковой мощности) заставили подумать над возможностью применения турбины в деле транспорта. В первую очередь это оказалось возможным осуществить по отношению к водному транспорту; в 90-х годах прошлого столетия очень многие морские суда стали оборудоваться турбинными

установками, при чем результаты этого новшества не оставляли желать лучшего.

Гораздо более трудной задачей оказалось применение паровой турбины в транспорте сухопутном.

Однако, задача эта стоила того, чтобы над ней потрудиться: применение паровых турбин к паровозам сулило немало преимуществ по сравнению с применением для той же цели поршневых паровых машин. Во-первых, паровая турбина представляет собой, как мы уже сказали, двигатель гораздо более экономичный в отношении расхода топлива; во-вторых, сдвоенная паровая машина, приводящая в движение колеса паровоза, дает очень неравномерное вращающее усилие (для прохождения мертвых точек кривошипы ведущих колес правой и левой стороны паровоза сдвинуты по отношению друг к другу под углом в 90°), вследствие чего паровоз во время хода „виляет“,

¹⁾ Подробнее о паровых турбинах см. в книжке этой же серии: П. И. Белков. — „Умирающий двигатель“.

что очень вредно отражается на рельсовом пути¹⁾); наконец, в-третьих, турбина дает возможность выпускать отработанный пар в холодильник, где он обращается в воду, снова идущую на питание парового котла, — это дает возможность питать котел очищенной водой, не дающей накипи и не разъедающей стенки котла.

Какие же препятствия стоят на пути применения турбины вместо паровой машины?

Прежде всего большая скорость вращения вала паровой турбины: турбина работает с наибольшей выгодностью самое меньшее при 2.000—3.000 оборотах в минуту. При таком числе оборотов очень трудной становится передача работы от вала турбины к ведущим колесам. Легко себе представить, что передаточный механизм, состоящий из шатуна и кривошипа, совершенно непригоден для такой скорости вращения. Затем немало трудностей представляет собой размещение на раме паровоза всех необходимых для правильной работы турбины приспособлений: холодильника и вспомогательных его приборов, передаточного механизма (о нем мы подробнее узнаем из дальнейшего) и т. д. Наконец, необходимо еще устроить какое-нибудь приспособление для увеличения тяги в топке: ведь отработанный пар выпускается у нас не в дымовую трубу, как это делается в паровозе, а в холодильник, выгодность которого заключается, кроме всего прочего, и в том, что его наличие обуславливает большую экономичность работы турбины.

Нельзя сказать, что все эти трудности были в настоящее время преодолены. Тем не менее, турбинные паровозы уже строятся, и можно предполагать, что в дальнейшем турбопаровозы получат некоторые права гражданства на железных дорогах.

Первым турбинным паровозом следует считать танк-паровоз (т.-е. паровоз без тендера, несущий на себе запасы воды и топлива), переделанный в 1908 г. в Италии на турболокомотив²⁾. Его устройство в общих чертах таково: четыре турбины,

¹⁾ Благодаря этому в последнее время очень часто строят трехцилиндровые паровозы (с третьим цилиндром между рамами), которые дают более равномерное вращающее усилие.

²⁾ Идея турбинного паровоза, впрочем, не нова: еще в 1838 г. инженер Буршталь в Германии предложил проект турбинного паровоза с передачей посредством шкива и зубчаток. Проект осуществлен, конечно, не был: в то время и обыкновенные паровозы достаточно удовлетворяли экономическим требованиям страны.

установленные по две с каждой стороны паровоза, приводили в движение колеса паровоза посредством зубчатой передачи; передача была подобрана так, что колеса, вращаясь, делали в 8 раз меньшее число оборотов, чем вал турбины. Турбины работали по принципу многократного расширения: из первой турбины отработанный пар переходил во вторую, из второй в третью, из третьей в четвертую. Холодильника не было: отработанный пар выпускался из четвертой турбины в конус. Вследствие несовершенного устройства этого турбопаровоза расход топлива им оказался таким же, как и для паровоза соответствующих размеров и мощности; дальнейшая эксплуатация его была признана нецелесообразной, и в 1918 г. он был разорудован. Этим дело и кончилось: попыток построить турбопаровоз большей мощности и лучшего устройства не делалось.

Мы не будем сейчас заниматься подробно историей турбопаровоза; как видно из предыдущего, история эта еще очень коротка. Опишем зато новейший турбопаровоз Круппа-Целли, выставленный в 1924 г. на железнодорожной выставке в Зеддине (близ Берлина).

Рис. 27 дает внешний вид этого паровоза. Турбины и передаточный механизм, отдельно показанный на рис. 28, нахо-

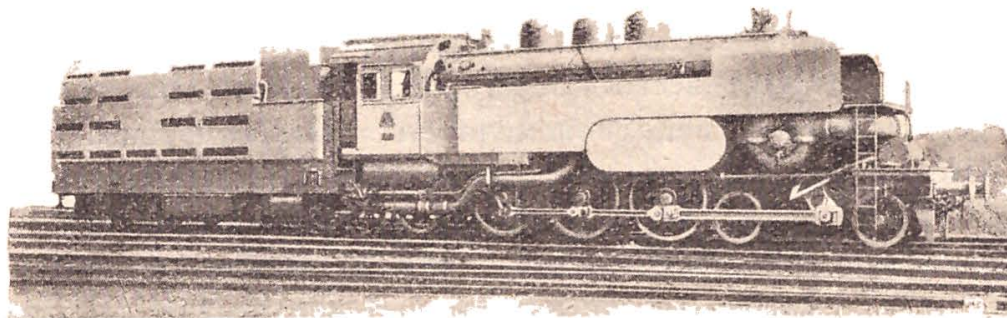


Рис. 27. Турбопаровоз Круппа-Целли.

дятся в передней части локомотива. Вид будки машиниста дан на рис. 29. Так как по своему устройству турбина не может вращаться в обратную сторону, паровоз снабжен особой добавочной турбиной для заднего хода, расположенной также в передней части паровоза. Особые турбины приводят в действие питательный и циркуляционный насосы ¹⁾, а также и насос,

¹⁾ Питательный насос пополняет котел водой; циркуляционный насос обслуживает охладитель и конденсатор.

доставляющий сжатый воздух для тормозов; вентилятор для дымовых газов (ведь отработанный пар в трубу не выпускается!) приводится в движение также турбиной. Особый интерес представляет устройство охлаждения. Отработанный пар охлаждается

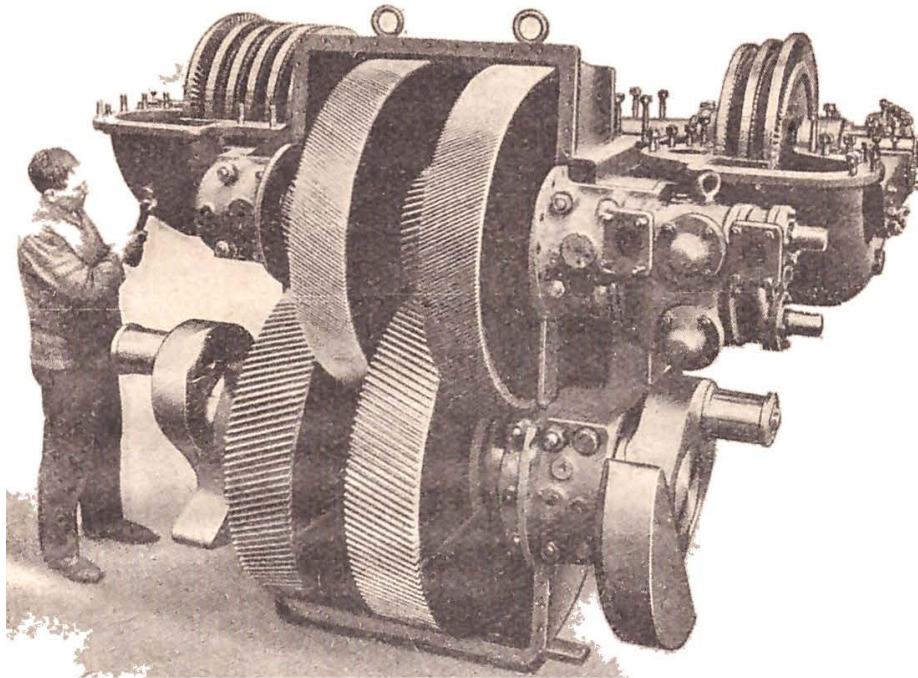


Рис. 28. Передаточный механизм турбопаровоза Круппа-Целли.

током воздуха (это достигается посредством особого вентилятора); охлажденная конденсационная вода идет на питание котла, а подогретый воздух идет в топку, в результате чего котел работает более экономно — нет потерь от притока холодного воздуха в топку и от притока холодной воды в котел.

Вес паровоза равен 112,5 тоннам; сцепной вес, т.е., как мы уже знаем, вес, приходящийся на ведущие колеса, равен 60 тоннам; наивысшая скорость турбопаровоза — 100 килом. в час, хотя наиболее выгодной в отношении экономичности работы скоростью является скорость 85 килом. в час; расход угля на 45% ниже, чем расход топлива обыкновенным паровозом соответствующей мощности.

Мы так подробно описали устройство этого турбопаровоза для того, чтобы читатель мог составить себе известное представление о том, насколько сложно и громоздко его устройство по сравнению с устройством обыкновенного паровоза. Необходи-

димось в целом ряде добавочных устройств (турбин для заднего хода, для насосов, вентиляторов, компрессоров и т. д., двойного холодильника с так называемым обратным охладителем), во-первых, очень повышает стоимость локомотива (турбопаровоз Круппа-Целли стоит на 80% дороже, чем обыкновенный паровоз одинаковой с ним мощности), а во-вторых, усложняют управление им: достаточно посмотреть на внутренний вид будки локомотива, чтобы невольно задать себе вопрос — насколько высокой должна быть квалификация управляющего турболокомотивом машиниста?

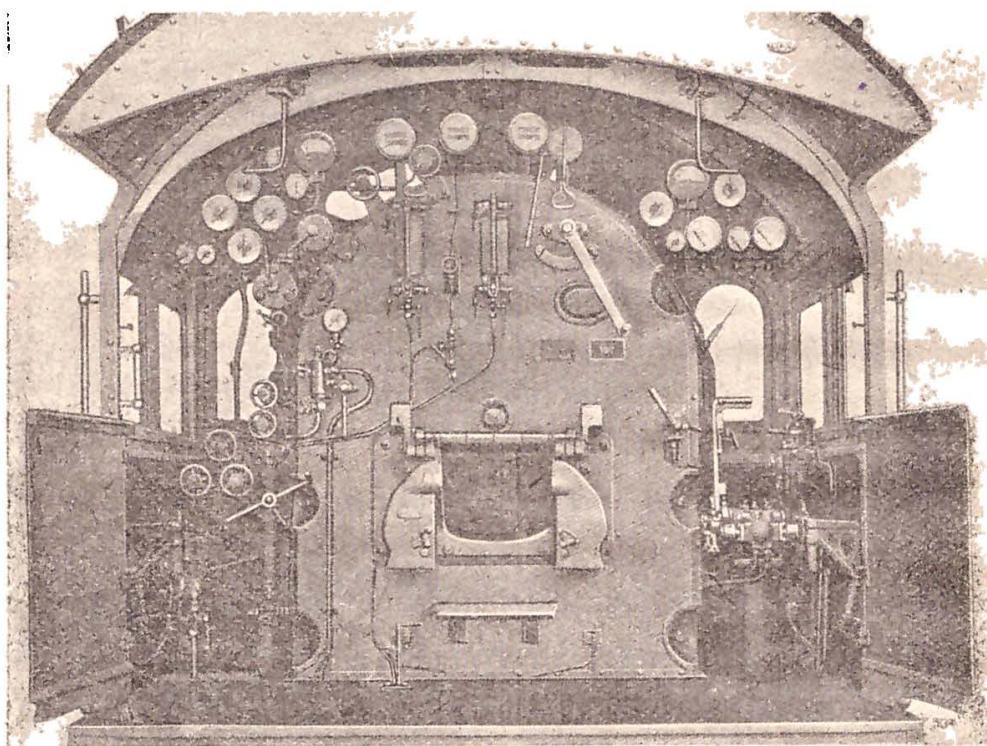


Рис. 29. Внутренний вид будки машиниста турбопаровоза Круппа-Целли.

Упомянем еще о турбопаровозе инженера Люнгстрема, построенном в 1921 г. в Швеции. Его турбина имеет мощность в 1.800 лошадиных сил и работает при 9.250 оборотах в минуту. Передача механическая (зубчатая), уменьшающая число оборотов в 22 раза (как говорят, передача имеет отношение 1:22). Скорость — 100 километров в час. Испытания этого турбопаровоза, произведенные в 1922 г., показали, что коэффициент полезного действия его доходит до 14%; это значит, что расход угля вдвое меньше, чем на обыкновенном паровозе той же мощности.

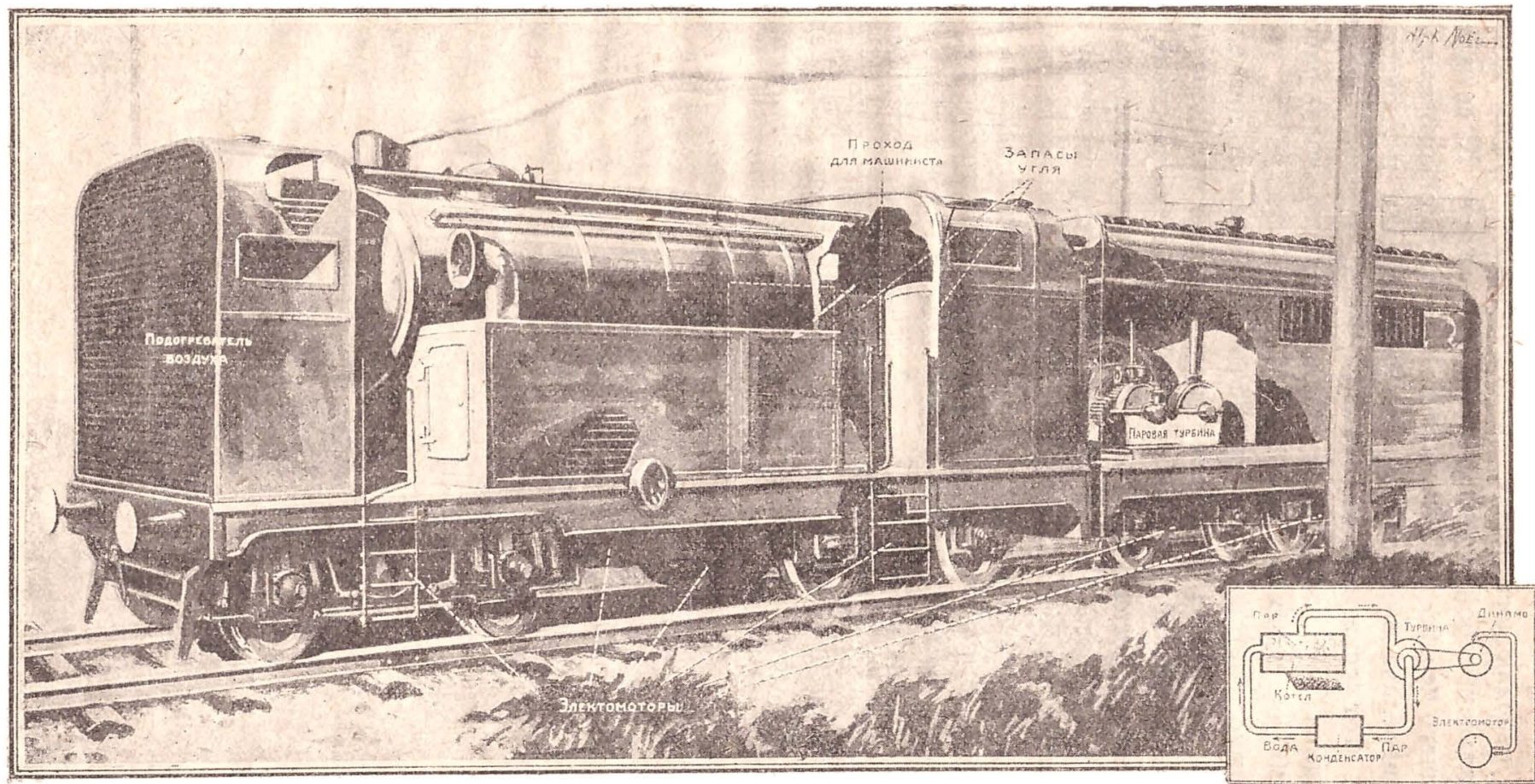


Рис. 30. Турбопаровоз Метс (Проект).

Выше мы говорили, что устройство передаточного механизма, передающего работу вала турбины ведущим колесам, представляет собой довольно сложную задачу. К сожалению, еще ничего неизвестно о том, насколько прочной оказалась зубчатая передача турбопаровозов Круппа-Целли и Люнгстрема; вопрос этот совсем не маловажный — ведь турбина, например, локомотива Круппа-Целли (турбина переднего хода) работает при 6.800 оборотах в минуту.

Можно построить передаточный механизм и иначе. Для примера расскажем о проекте французского инженера Леона Метэ, предлагающего совсем иной тип турбопаровоза, чем только что описанный. Внешний вид этого локомотива (по проекту) изображен на рис. 30; рисунок справа внизу дает схему его устройства. Паровые турбины расположены на тендере и работают не на ведущие колеса локомотива, а на динамомашину, вырабатывающую электрический ток. Этот ток питает электромоторы, насаженные на осях локомотива (числом 8). Конденсатор (холодильник) и охладитель расположены также на тендере. В этом локомотиве мы имеем дело уже не с механической передачей работы, а с электрической: правильной всего будет называть этот локомотив **турбоэлектровозом**.

ГЛАВА V

Тепловозы и постройка их в СССР

Кто за последнее время не слышал о **тепловозах?**

Газеты писали о результатах испытания тепловозов Ломоносова и Гаккеля, журналы давали фотографии и описания; и те и другие отмечали всю важность этих испытаний именно для СССР, богатого минеральным топливом (нефтью) и насчитывающего на своей обширной территории немало безводных участков (например, в Средней Азии), где снабжение паровозов водой является очень трудным делом.

И действительно, на железных дорогах СССР тепловоз — это самый грозный соперник паровоза. В ближайшее время ни турбопаровоз, ни электровоз не могут рассчитывать на серьезное внимание со стороны техников. Почему — мы узнаем дальше.

Но что такое тепловоз?

Тепловоз — это локомотив, приводимый в движение **двигателем внутреннего сгорания.**

В 1860 и 1861 гг. французу Ленуару и немцу Отто удалось соорудить такой двигатель, где сжигание топлива производится не в отдельной установке (которой для паровой машины является паровой котел), а внутри рабочего цилиндра двигателя; благодаря этой особенности, двигатели этого рода получили название двигателей внутреннего сгорания или горения. Топливо вводится внутрь цилиндра вместе с тем кислородом воздуха, который необходим для его горения, и там сжигается; повышение температуры, а следовательно, и упругости продуктов

горения дают возможность использования их для совершения механической работы.

Первоначально двигатели Ленуара и Отто отапливались светильным газом, но затем были построены и двигатели, работающие на легком жидком топливе (бензине, керосине и спирте). В 90-х годах прошлого столетия немецкий инженер Рудольф Дизель изобрел двигатель и для тяжелого минерального топлива (нефть и тяжелые масла). Это обеспечило широкое практическое применение двигателей внутреннего сгорания: теперь нет, кажется, ни одной отрасли промышленности, где бы не пользовались услугами мотора.

Не менее важным и плодотворным оказалось новое изобретение и в области транспорта.

Пройдите по центральным улицам Москвы; вы увидите бесчисленное множество автомобилей, автобусов, мотоциклеток, перевозящих деловых москвичей по всем направлениям города. За границей автотранспорт развит еще более широко: достаточно сказать, что один только завод Форда (в Америке) выпускает по 10.000 новых автомобилей в день. Сердцем автомобиля (точно также и автобуса и мотоциклета) является двигатель внутреннего сгорания — легкий, мощный и удобный.

Появление двигателя внутреннего сгорания обусловило развитие целой новой отрасли техники — воздушного транспорта, где все преимущества мотора — малый вес, компактность и надежность работы — сказались наиболее разительно. До тех пор, пока единственным двигателем, имевшим промышленное значение, была паровая машина, требующая для своей работы наличия тяжелого парового котла, — нечего было и думать о постройке аэроплана — аппарата тяжелее воздуха.

В области водного транспорта получили широкое распространение двигатели Дизеля (так называемые дизельмоторы или просто дизели), работающие на нефти. Следует отметить, что первым судном, оборудованным дизелем, был волжский пароход „Вандал“, принадлежавший фирме Нобель (1903 г.). На „Вандале“ была применена электрическая передача работы двигателя на винт; это было сделано потому, что в то время не существовало „реверсивных“* двигателей, способных вращаться по желанию и в ту и в другую сторону, а вместе с тем необходимо было дать пароходу возможность не только перед-

него, но и заднего хода. В 1908 г. были осуществлены реверсивные дизельмоторы, и строительство **теплоходов** стало на твердую дорогу ¹⁾.

Помимо указанных достоинств, двигатель внутреннего сгорания отличается еще и большой экономичностью работы: если паросиловая установка использует **не свыше 10—12%** заключенной в сжигаемом топливе энергии, то двигатель внутреннего сгорания повышает эту цифру **до 25—35%**. Это обстоятельство и явилось побудительным толчком к попыткам применить двигатели внутреннего сгорания к железнодорожному транспорту.

Перед техниками стояла очень трудная задача: в маленьком пространстве, ограниченном узкой рамой локомотива и предель-

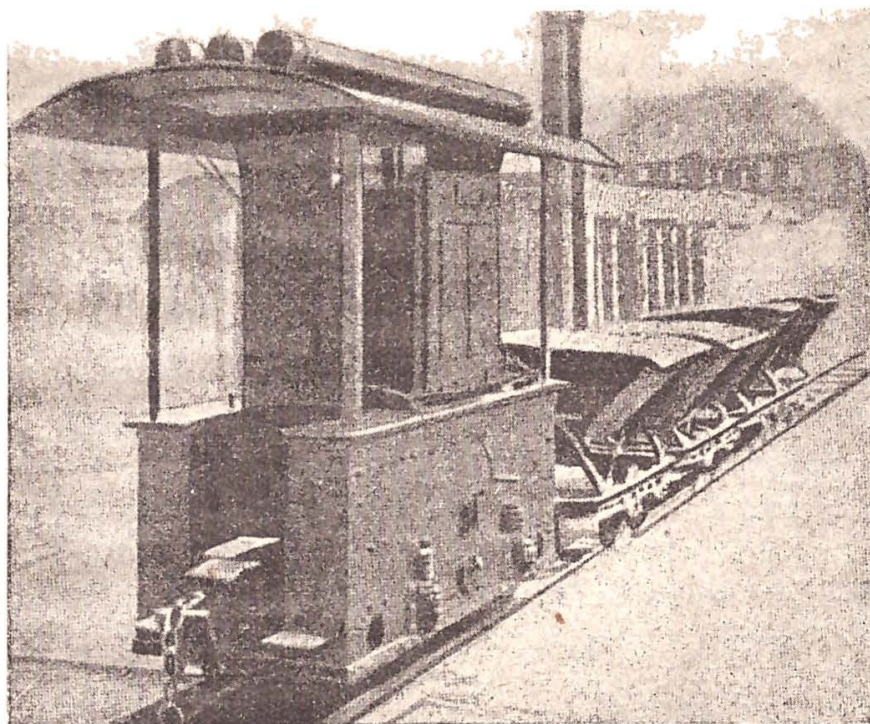


Рис. 31. Теплоход Даймлера.

ными размерами подвижного состава железных дорог, разместить двигатель, приспособления для его пуска и охлаждения, передачу и т. д. Зато удачное разрешение этой задачи сулило большие выгоды: расход топлива сокращался в 3—4 раза.

¹⁾ Подробнее о применении двигателей внутреннего сгорания в области транспорта см. книжку этой же серии: С. М. Вишнева. „Мотор в победе над расстоянием“.

Началось дело, как это всегда бывает в истории техники, с пустяков — с очень и очень скромных попыток.

В 1891 году автомобильный завод Даймлера в Штуттгарте (Германия) построил для заводов Гинекена небольшой узкоколейный тепловоз, изображенный на рис. 31. Предназначался он для перевозки вагонеток, поэтому мощность его равнялась всего лишь 4 лош. силам. Передача была устроена автомобильная (зубчатая передача в так называемой коробке скоростей); при такой небольшой мощности передача работала вполне удовлетворительно.

С 1893 года тот же самый Даймлеровский завод начал строить автомотрисы, т.-е. самодвижущиеся вагоны и небольшие маневровые тепловозы для заводов, рудников и т. д.

В 1912 году управление Московско-Казанской жел. дороги заказало для нужд пригородного движения автомотрису, приводимую в движение 100-сильным керосиновым двигателем с электрической передачей¹⁾; проработав 1/2 года на участке Москва — Черусти, автомотриса, вследствие частых поломок двигателя, была снята с работы.

Первая попытка построить ширококолейный поездной тепловоз большой мощности была сделана в 1906 году в Германии. Заводы Борзига и Зульцера выстроили для управления Прусских ж. д. пассажирский тепловоз. В 1913 г. этот тепловоз начал работать на линии, при чем оказалось, что охлаждение двигателя не достаточно (работая продуктами горения, двигатель внутреннего сгорания нагревается настолько, что без искусственного охлаждения воздухом или водой он работать не может) и что запасов сжатого воздуха не хватает для быстрого разгона (дизель начинал работать на топливе при скорости 10 километров в час; до этого момента он работал сжатым воздухом из пусковых резервуаров). Потребовались переделка и частые ремонты, а в следующем году у мотора лопнул цилиндр, и тепловоз был пущен на слом.

Эта неудача надолго отбила у конструкторов охоту строить мощные тепловозы. Строили небольшие тепловозы с зубчатой

¹⁾ Как мы знаем из предыдущей главы, при электрической передаче двигатель работает на динамо-машину, а эта последняя на электромоторы, приводящие в движение ведущие колеса. Об «Электричестве на службе человеку» см. книжку этой же серии В. В. Шулейкина под тем же названием.

или электрической передачей, рассчитывая получить при этом необходимый опыт практики.

Идея **мощного тепловоза** вновь возродилась в СССР.



Рис. 32. В. И. Гриневецкий.

Еще в дореволюционное время проф. В. И. Гриневецкий деятельно работал над проблемой тепловоза и предложил

особого устройства двигатель, приспособленный специально для локомотивной службы (1909 г.). Совместно с проф. Б. М. Ошурковым Гриневецкий разработал два проекта товарного и пассажирского тепловоза, оборудованных двигателями системы Гриневецкого с механической передачей работы. Инженер А. Н. Шелест, последний проект которого в настоящее время осуществляется, разработал, также под руководством Гриневецкого, несколько проектов с передачей иного рода — о ней мы скажем дальше. К сожалению, безвременная кончина В. И. Гриневецкого помешала осуществлению его проектов; в лице Гриневецкого (по словам проф. Ю. Ломоносова) „сошел в могилу один из величайших русских техников, соединявший в себе широкое образование с навыками практика, и один из наиболее убежденных сторонников применения двигателей внутреннего сгорания к тяге поездов“¹⁾.

Однако, в дореволюционное время дело не вышло из стадии обсуждений, разговоров и проектов. Только лишь в 1922 году, когда проблемой тепловоза заинтересовался В. И. Ленин, проф. Ломоносову удалось убедить Народный Комиссариат Путей Сообщения в своевременности и неотложности попыток построить мощный тепловоз. Историческими станут постановления Совета Труда и Оборона от 4-го января 1922 года об объявлении конкурса на тепловоз (вспомним здесь о Рэнгильском конкурсе!) и телефонограмма В. И. Ленина, которую приводим полностью:

Тов. Ломоносову, копия Госплан, Транспортная Секция проф. Рамзину, НКПС, тов. Фомину.

Прошу сговориться с Госпланом, НКПС и Теплотехническим Институтом об условиях на конкурс тепловозов, считаясь с постановлением СТО от 4/1—22 г. Крайне желательно не упустить время для использования сумм, могущих оказаться свободными по ходу исполнения заказов на паровозы²⁾, для получения гораздо более целесообразных для нас

¹⁾ Проф. Ю. Ломоносов. Тепловоз Ю³ № 001. Берлин. 1924. Стр. 20.

²⁾ В это время нами были заказаны в Швеции и Германии паровозы типа 0-5-0 (с пятью ведущими осями) серии Эш и Эг.

тепловозов. Прошу неотлагательно сообщить мне лично результаты последовавшего между Вами соглашения.

27/1 — 22 г.

Ленин.

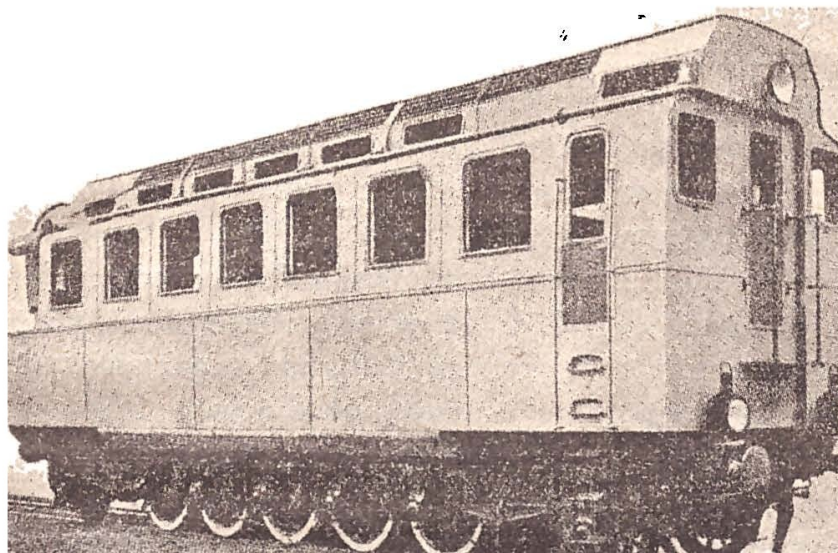


Рис. 33. Тепловоз Ломоносова.

Постановлением СТО от 10 марта 1922 г. Теплотехническому Институту было поручено строить тепловоз по проекту проф. Я. М. Гаккеля, а проф. Ломоносову — 3 тепловоза. Один из них с электрической передачей был заказан фирме Эссlingen (в Германии), другой же по проекту А. Н. Шелеста — фирме Армстронга (в Англии). Тепловоз Гаккеля стал строиться у нас на заводе „Красный Путиловец“.

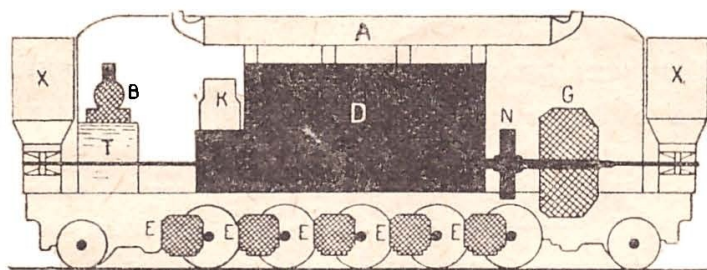


Рис. 34. Устройство тепловоза Ломоносова.

Предполагалось еще заказать в Германии тепловоз с механической передачей, но вследствие технических трудностей проект этот в ноябре 1923 г. был оставлен.

В настоящее время мы имеем уже 2 мощных тепловоза, законченных постройкой и испытываемых на железных дорогах СССР; это тепловозы Ломоносова и Гаккеля.

Тепловоз Ломоносова — Ю³ № 001 — был закончен постройкой и предварительными испытаниями в октябре 1924 года. Испытания производились на особых катках, на которые накатывался своими колесами тепловоз; при чем упряжной крюк его прикреплялся через посредство динамометра¹⁾ к неподвижному брусу. Затем тепловоз пускался в ход и вращал своими колесами катки, задерживаемые особыми тормозами; при этом расход топлива, давление в цилиндре, сила тяги и т. д. подвергались точному наблюдению.

Внешний вид и схема устройства Ломоносовского тепловоза даны на рис. 33—34. Скажем подробнее об его устройстве.

Шестицилиндровый дизель *D*-типа, сходного с устанавливаемым на подводных лодках, мощностью 1200 лошадиных сил, при 450 оборотах в минуту (в $7\frac{1}{2}$ оборотов в секунду), приводит в движение закрепленную на одном валу с двигателем динамо-машину *G* постоянного тока — двенадцатиполусную с независимым возбуждением, дающую ток напряжением от 600 до 1100 вольт²⁾). Ток от динамомашины направлялся к пяти электромоторам *E*, соединенным с ведущими колесами посредством зубчаток. Зубчатки были подобраны с тем расчетом, чтобы на 6 оборотов якоря приходился бы только один оборот ведущих колес (точнее, на один оборот ведущих колес — 6,13 оборотов якоря электродвигателя). Охлаждение главного дизеля осуществлялось следующим образом: вода, циркулирующая в рубашках цилиндра, поступает в верхнюю часть холодильника *X*, где по многочисленным тонким латунным трубкам

¹⁾ Прибор, измерявший в данном случае силу тяги тепловоза.

²⁾ Для читателя, не знакомого с основами электротехники, даем краткое пояснение устройства этой динамомашинки: в магнитном поле, образуемом 12-ю электромагнитами, извне питаемыми электрическим током (это и называется „независимым возбуждением“), вращается особый барабан с намотанной на него проволокой (так называемый „якорь“). При вращении якоря в магнитном поле в его обмотке возникает электрический ток, снимаемый с коллектора (так называется особый барабан, соединенный с якорем) посредством щеток. Эта машина вырабатывает постоянный ток, т.-е. ток, текущий всегда в одном и том же направлении. Единица напряжения (напора) электрического тока — „вольт“ соответствует напряжению, получаемому от гальванического элемента системы Даниэля. Подробнее об этом смотри в книжке этой же серии—В. Ш у л е й к и н. „Электричество на службе человеку“ или—В. Д. З е р н о в. „От лучины до электричества“.

стекает вниз и охлаждается встречным током холодного воздуха, гонимого 4-мя вентиляторами; эти вентиляторы приводятся в движение от главного вала дизеля. Однако, этот холодильник исправно работает лишь в неособенно жарких местах; при работе же на юге и в жаркое время к тепловозу должен прицепляться особый тендер - холодильник, помогающий холодильнику, установленному на тепловозе. Пуск двигателя в ход совершается при помощи сжатого воздуха, нагнетаемого в пусковые резервуары *H* особым дизелем.

Тепловоз *Г^э № 001*, построенный, как мы уже знаем, на заводе „Красный Путиловец“ по проекту проф. Я. М. Гаккеля, изображен на рис. 35 и 36. Как видно из рисунков, он гораздо больше ломоносковского тепловоза, несмотря на то, что мощность обоих тепловозов одинакова. Большие размеры тепловоза Гаккеля объясняются тем, что его вес (180 тонн, тогда как вес ломоносковского тепловоза всего лишь 110 тонн) нельзя было распределить на меньшее число осей, не превышая предельную допустимую нагрузку на ось ($17\frac{1}{2}$ тонн).

На рис. 37, где дана схема устройства тепловоза Гаккеля, *D* — десятицилиндровый двигатель „Викерс“ (типа подводных лодок), *GG* — две динамомшины постоянного тока, *X* — холодильники для охлаждения обтекающей двигатель воды, *NN* — муфты соединения динамомшин с двигателем. Трогание с места осуществляется не сжатым воздухом (как в ломоносковском тепловозе), а помощью динамомшины, в которую пускается ток из аккумуляторных батарей *UU*; при этом динамомшина обращается в электромотор и „запускает“ двигатель.

Испытания обоих тепловозов, произведенные в 1925 году, дали в общем очень удовлетворительные результаты. Тепловозы работали довольно экономично, расходуя вдвое меньше топлива, чем паровоз при совершении одной и той же работы; устройство их оказалось достаточно надежным, а управление не столь сложным, как это казалось. Однако, в настоящее время, пожалуй, еще преждевременно высказываться о преимуществах этих тепловозов перед паровозами, так как только длительная эксплуатация при точном учете всех расходов на топливо, на обслуживание, на ремонт и т. д. может дать достоверные данные для сравнения.

* * *

Расскажем еще о проекте А. Н. Шелеста, тепловоз которого строится по совершенно иному плану, чем тепловозы, описанные нами до сих пор.

Несколько предварительных замечаний помогут нам

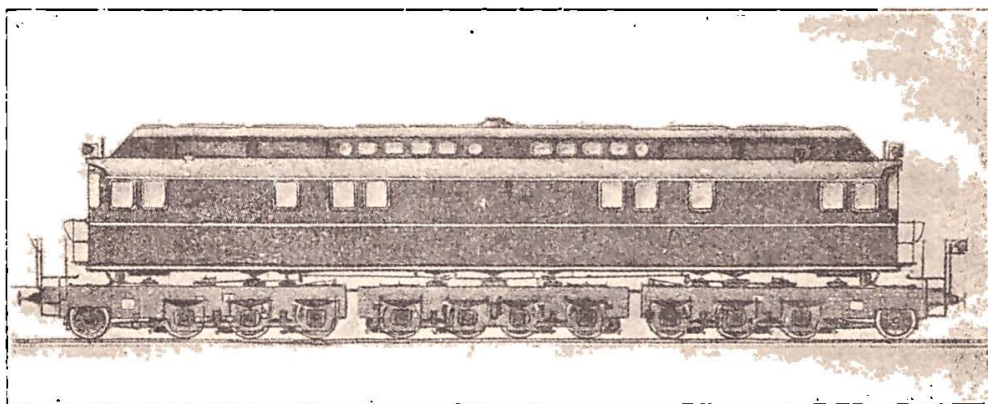


Рис. 35. Тепловоз Гаккеля.

уяснить себе устройство тепловоза Шелеста, показанное на рис. 37.

Как известно, в цилиндре двигателя внутреннего сгорания происходит четыре процесса (или, как принято говорить, четыре такта): **всасывание** в цилиндр рабочей смеси топлива и воздуха, **сжатие** ее, **горение** и, наконец, **выпуск** отработавших газов наружу¹⁾. В отличие от такого **четырёхтактного** двигателя, двигатель **двухтактный** работает следующим образом: во время первого такта рабочая смесь засасывается в цилиндр

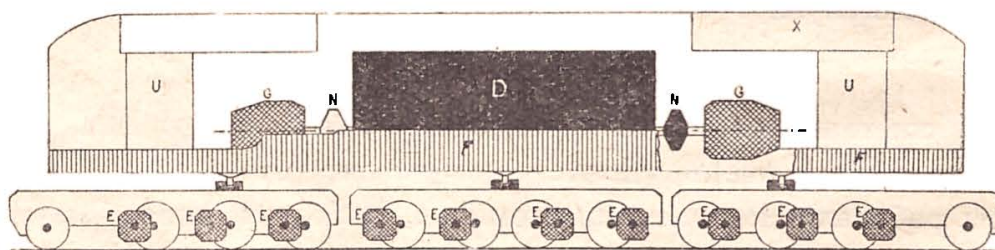


Рис. 36. Устройство тепловоза Гаккеля.

и сжимается до нужной степени, во время второго такта смесь сгорает и отработавшие газы выходят из цилиндра наружу.

В двигателе Шелеста (газовая турбина) эти процессы совершаются не в одном и том же цилиндре (как в обыкновен-

¹⁾ См. С. М. Вишневу. — „Мотор в победе над расстоянием“.

ных двигателях внутреннего сгорания), а в разных местах: сжатие производится компрессором 1, выпуск топлива и его сгорание — в камере 2, расширяющиеся газы, смешанные с водяным паром, в камере 2 (правая часть), куда для этой цели вспрыскивается вода, поступают в турбину 3 и приводят ее в движение (вместе с нею и компрессор). Отработавшая в турбине и охлажденная до 400° смесь пара и газов (большей температуры не выдерживают смазочные вещества) скопляются в резервуаре 4, откуда и питают обыкновенную поршневую машину, приводящую в движение колеса паровоза.

По мысли Шелеста, подобное устройство дает следующие выгоды: 1) простота устройства, 2) высокая экономичность и 3) возможность использования любой паровой машины от паровоза с перегревателем пара.

Будущее покажет, прав ли автор проекта.

* * *

Как мы видим, вопрос о передаче — это самый

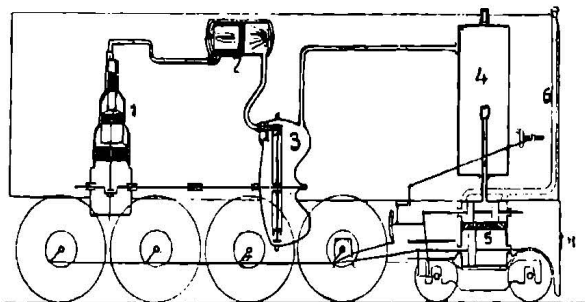


Рис. 37. Тепловоз Шелеста.

сложный вопрос, который приходится разрешать при проектировании тепловоза. И это не потому только, что дизельмотор работает с большим числом оборотов; гораздо более существенным является то, что локомотив должен развивать наибольшую силу тяги (наибольшее тяговое усилие) при взятии с места; в дальнейшем, когда поезд разгонится и начнет двигаться с известной скоростью, сила тяги уменьшается. Паровоз в этом отношении является идеальной машиной: при очень маленьких скоростях (в момент трогания с места) его машина развивает очень большое усилие. Что же касается тепловоза, то для него это очень трудно: двигатель дает наибольшую мощность только при достижении им известной скорости; если же скорость эта мала (а именно так и бывает при взятии с места), то мощность, даваемая двигателем, точно также мала.

Для того, чтобы обеспечить хорошую мощность при малых скоростях, и устраивается пуск сжатым воздухом, пуск от аккумуляторной батареи и т. п. Тепловоз Шелеста свободен

от этого недостатка, так как его колеса приводятся в движение поршневой машиной. Есть еще и иные типы передач, рассчитанные на устранение указанного недостатка двигателей внутреннего сгорания: магнитная передача помощью особых магнитных муфт проф. Мейнеке, гидравлическая передача, где поршневая паровая машина работает жидкостью, под давлением поступающей в нее из дизель-компрессора, и целый ряд других.

Вопрос о том, какая из этих передач наилучшая, еще не решен; наиболее надежной и испытанной следует во всяком случае считать электрическую передачу, которая и принята при постройке тепловозов Ломоносова и Гаккеля.

ГЛАВА VI

Электрификация железных дорог

Каждый, кто когда-либо бывал в Москве или в каком-нибудь другом большом городе, не раз, конечно, видел **электровоз**, т.-е. локомотив, приводимый в движение электрическим током.

Иной читатель спросит с недоумением: где же в Москве ходят электровозы?

Да по улицам! Моторный вагон городского трамвая представляет собой не что иное, как электровоз небольшой мощности (60—75 лош. сил). Правда, поезд, который он тянет за собой, очень не велик—всего лишь один прицепной вагон (кое-где за границей два), но это дела не меняет. Городской трамвай—эта самая настоящая электрическая железная дорога.

Посмотрим, как устроена эта дорога. Для примера рассмотрим, как действует московский трамвай.

С самого же начала предупредим читателя, что и здесь мы будем иметь дело с тем же самым процессом превращения энергии, с которым мы уж познакомились, изучая работу паровоза (см. главу II): энергия, заключенная в топливе, которое сжигается на центральной электрической станции, преобразуется в механическую энергию движения вагона. Преобразование энергии происходит здесь, однако, иначе, чем при работе паровоза.

Центральная электрическая станция оборудована паровыми котлами, в топках которых сжигается уголь и нефть; пар, доставляемый котельной установкой, питает паровые машины, а эти последние приводят в движение динамомшины, вырабаты-

вающие переменный трехфазный ток ¹⁾ напряжением в 6600 вольт. Этот ток посылается по проводам на так называемые подстанции (в Москве их 8 и расположены они в разных районах города); на подстанциях переменный ток преобразуется в постоянный, напряжением в 550 вольт. Преобразование тока осуществляется в так называемых умформерах, представляющих собой электромотор, соединенный с динамомашинсой; электромотор питается переменным током, даваемым центральной станцией, а динамомашинса, приводимая в движение электромотором, вырабатывает постоянный ток.

Рис. 38 показывает дальнейший ход превращения энергии: постоянный ток посылается в линию по воздушному проводу, подвешенному над рельсами, откуда он по дуге (на

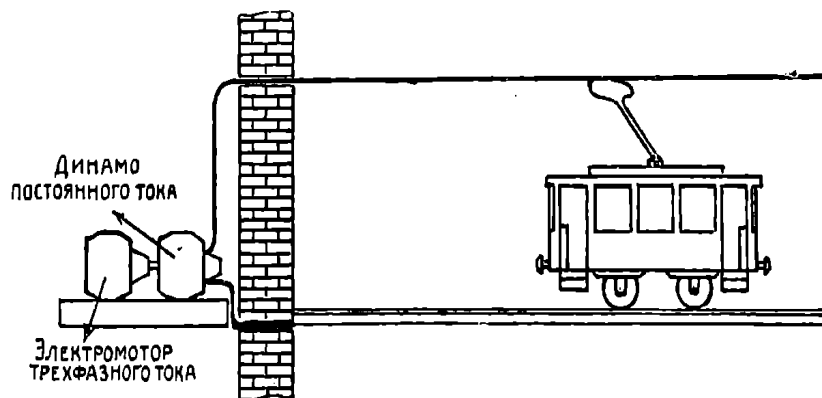


Рис. 38. Работа электрического трамвая.

крыше вагона) идет в электромоторы вагона и через рельсы возвращается на подстанцию.

Как мы видим, превращение энергии здесь происходит пять раз: 1) сначала энергия топлива превращается в механическую энергию вращения вала паровой машины; 2) в динамомашинках центральной станции механическая энергия превращается в электрическую; 3) электромотор умформера снова преобразует

1) Переменным током называется ток, направление которого меняется несколько раз в секунду; кроме того, меняется и напряжение тока (от нуля до некоторого наибольшего значения). Если мы разделим обмотку якоря динамомашинки, доставляющей переменный ток, на три отдельных части, то в трех, полученных таким образом, линиях будут циркулировать переменные токи, колебания напряжения которых не будут совпадать друг с другом: один ток будет как бы опережать другой. Такой ток называется трехфазным. Подробнее см. в книжке этой же серии — В. Шулейкин, «Электричество на службе человеку.»

ее в механическую; 4) динамомашинка умформера еще раз превращает механическую энергию в электрическую; 5) наконец, в моторах трамвайного вагона электрическая энергия опять превращается в механическую.

Читатель, пожалуй, спросит: для чего же такое сложное превращение? Не проще ли устроить передачу так, чтобы электрическая энергия, посылаемая центральной станцией, превращалась в механическую только в моторах вагона-локомотива? Ведь ни одно превращение энергии не обходится без потерь; ясно, что при двукратном превращении эти потери будут значительно меньше, чем при пятикратном.

Есть, однако, одно обстоятельство, с которым приходится считаться при передаче электрической энергии от центральной станции к моторному вагону. Дело в том, что провода, по которым течет электрический ток, оказывают ему известное сопротивление; сопротивление это тем больше, чем длиннее провода и чем они тоньше. Так как энергию с центральной станции приходится передавать на большое расстояние, то при передаче со станции рабочего тока напряжением в 550 вольт значительная часть передаваемой энергии была бы растрачена непроизводительно, расходуясь на нагревание проводов. Борьба с этим явлением можно двумя способами: можно или увеличить толщину проводов (что явно нецелесообразно в виду большого расхода материала), или же понизить силу передаваемого тока ¹⁾; для того, чтобы передаваемая мощность осталась бы той же самой, необходимо повысить напряжение тока до нескольких тысяч (а иногда и до нескольких сот тысяч) вольт. Поэтому-то при передаче электрической энергии на большое расстояние приходится прибегать к высоким напряжениям; а это последнее обстоятельство заставляет нас перерабатывать на подстанциях ток высокого напряжения, получаемый со станции, в ток, пригодный для питания моторов подвижного состава электрических железных дорог.

Таково в немногих словах устройство городского трамвая; таково же и устройство больших дорог с электрической тягой: в этом случае мы имеем дело с такими же центральными станциями, с такими же подстанциями и с такими же электрово-

¹⁾ Сила тока определяется количеством электричества, протекающего через сечение провода в единицу времени (например, в одну секунду).

зами. Разница только в мощности станций и локомотивов; если, например, мощность электровоза трамвайного типа не превышает 75 лош. сил, то мощность поездного товарного электровоза может доходить до 5000 лош. сил.

Передача энергии не всегда, впрочем, осуществляется по тому типу, который мы рассмотрели выше. Существуют три типа электрических железных дорог:

I. Электрические дороги на трехфазном токе. Электровозы таких дорог питаются не постоянным током, а трехфазным, вследствие чего приходится протягивать над рельсами не один воздушный провод, а два; третьим проводом служат рельсы. Ток, вырабатываемый центральной станцией, преобразуется для удобства передачи в ток высокого напряжения, а на подстанциях еще раз превращается для понижения напряжения. Удобство этой системы заключается в простоте передачи, но зато необходимость подвешивать два провода очень усложняет постройку линии: ведь воздушные провода, как и рельсовые пути, должны иметь стрелки, скрещения и т. д.

II. Электрические дороги на однофазном токе. Устройство их такое же, как и предыдущее, с той только разницей, что на центральной станции вырабатывается однофазный (обыкновенный переменный) ток. На подстанциях этот ток преобразуется, и электровозы собирают переменный ток, напряжение которого понижено до 15000 вольт. Воздушный провод нужен только один; вторым проводом служат рельсы. Удобство этой системы в том, что можно повышать напряжение рабочего тока (почему это выгодно — мы уже знаем); в случае же трехфазного тока повышению напряжения препятствует необходимость изолировать воздушные провода один от другого. Однако, высокое напряжение рабочего тока заставляет устанавливать трансформатор на самом электровозе, так как моторы не могут быть приводимы в движение током такого высокого напряжения.

III. Электрические дороги на постоянном токе. Эту систему мы уже описали. Недостатками ее являются: 1) необходимость оборудования подстанций умформерами и 2) низкое напряжение рабочего тока (не выше 3000 вольт, как и для трехфазного тока). Преимущества этой системы — простое устройство электровозов и высокое совершенство моторов постоянного тока (здесь сказался длительный опыт постройки трамваев).

Возможно также и совершенно иное устройство электрической тяги. Электровозы описанного нами типа питаются током, доставляемым по воздушному проводу (или же по особому рельсу) извне; строятся, однако, и так называемые „автономные“ электровозы, питающиеся током от аккумуляторных батарей, помещающихся на самом электровозе. Подобная система может получить самое узкое применение: необходимость в большом количестве зарядных станций, где могут перезаряжаться истощившиеся аккумуляторные батареи, бесполезное увеличение „мертвого“ веса электровозов, вредное действие газов, выделяемых свинцовыми аккумуляторами, позволяют пользоваться автономными электровозами этого типа только на небольших пригородных участках.

Легко понять, что описанные нами турбоэлектровоз Матэ и дизельэлектровозы Ломоносова и Гаккеля являются также автономными электровозами, самостоятельно вырабатывающими нужную для них электрическую энергию.

* * *

Каковы же преимущества электрических железных дорог по сравнению с обыкновенными, где имеет место тяга паровозами?

Читатель, верно, уже догадался, что стремление улучшить использование топлива сыграло и здесь свою роль. Действительно, сжигая топливо на большой станции, где есть возможность оборудовать силовую установку всеми необходимыми для экономической ее работы приспособлениями, мы получаем значительно более высокий коэффициент полезного действия, чем для передвижной силовой станции, каковой является паровоз или тепловоз. Понятно, что небольшое пространство, ограниченное габаритом, не дает возможности надлежащим образом оборудовать передвижную силовую станцию. Но и помимо этого централизация добывания энергии имеет еще и то преимущество, что позволяет использовать самые низкосортные виды топлива (торф, угольная пыль и т. п.), совершенно непригодные для отопления паровозов. Наконец, на центральной станции можно использовать и даровую энергию — главным образом „белый уголь“, т.-е. энергию текущей и падающей воды ¹⁾.

¹⁾ См. книжку этой же серии—И. А. Соколов. „Белый уголь“.

Это обстоятельство подчас бывает главной причиной, побуждающей электрифицировать тот или другой участок дороги. Дешевая энергия требует использования!

Другой, не менее важной, причиной, толкающей на электрификацию, является недостаточная пропускная способность железных дорог с паровой тягой.

Размеры железнодорожных перевозок растут с каждым годом; с каждым годом увеличивается количество грузов, перевозимых по железной дороге, но этому увеличению положен известный предел пропускной способностью дороги: больше определенного количества поездов, следующих с известной средней скоростью, дорога пропустить не в состоянии.

Можно предложить два способа повысить пропускную способность дороги: с одной стороны, можно увеличивать среднюю скорость движения поездов, с другой стороны — их вес. При большей скорости можно пропустить большее число поездов, при большем весе поездов можно перевести в них большее число грузов.

На железных дорогах с паровой тягой оба эти способа наталкиваются на неодолимые препятствия. Увеличению скорости препятствует крайне неравномерный ход паровоза („виляние“), препятствует необходимость частых остановок поезда для набора воды и топлива, препятствует, наконец, целый ряд других второстепенных причин. Увеличение веса поездов ограничено мощностью паровозов. Мы знаем, что мощность машины паровоза зависит от мощности (производительности) его котла: ведь самая мощная машина может использовать в единицу времени (например, в минуту) лишь то количество пара, которое ей дает паровой котел; котлы же современных паровозов дошли уже до крайних пределов мощности. Да и не только котлы — сами паровозы достигли уже предельных размеров, допускаемых прочностью железнодорожного пути. Дальше идти некуда!

Электрификация железных дорог дает возможность обойти все эти препятствия. Скорость электровозов может быть безопасно повышаема до очень больших значений, так как вращающее усилие электромоторов очень постоянно и равномерно. Что же касается мощности электровозов, то она ограничена (практически) только мощностью центральных станций, которые, понятно, не стеснены размерами установки. Большая мощность

электровозов позволяет идти с хорошей скоростью и на подъемах, где скорость паровоза падает до 5—10 километров в час.

При езде под уклон электромоторы локомотива, вращаясь, вырабатывают электрический ток (моторы обращаются в динамомашину) и отдают этот ток на линию. Это явление составляет также заметное преимущество электрических железных дорог на горных участках.

Предельный вес поездов ограничен, кроме мощности локомотива, еще и прочностью упряжных приборов (стяжек), но при электрической тяге можно без малейшего неудобства ставить добавочные электровозы в хвосте и середине поезда; в то время, как паровозы в этом случае нуждаются в добавочных машинистах, работа которых, конечно, не может быть достаточно хорошо согласована, добавочные электровозы управляются машинистом головного (переднего) электровоза.

Теперь понятно, почему пропускная способность железных дорог может быть легко повышена при электрификации: можно использовать для этого оба указанных способа.

К этим преимуществам электрической тяги присоединяется еще и целый ряд других. Простота управления электровозом позволяет уменьшить количество рабочего персонала и не требовать от него столь высокой квалификации, какой должен обладать паровозный машинист. При постройке электрической дороги отпадают расходы на водоснабжение, поворотные круги, котельные мастерские и т. д. Наконец, электровозы не отравляют воздуха дымом, что особенно важно для горных участков дорог, проходящих через длинные туннели,—нередки ведь катастрофы, вызванные обморочным состоянием паровозной бригады, отравленной в туннеле дымом.

* * *

Скажем несколько слов и об истории электрической тяги.

В 1879 г. на Берлинской Промышленной Выставке фирма Сименс и Галльске выставила небольшую электрическую дорогу, развозившую посетителей по выставке. В 1882 г. эта дорога была показана на Всероссийской выставке в Москве. Это была первая в мире электрическая железная дорога.

Дальнейшим этапом явились городские железные дороги, окончательно вытеснившие пресловутую „конку“. Самой старинной считается подземная электрическая дорога, построенная

в 1886 г. в Лондоне; однако, родиной городских электрических дорог следует считать Америку, где они получили наибольшее распространение.

В 1890 г. была электрифицирована одна из пригородных дорог лондонского узла, а в начале XX столетия электрическая тяга завоевывает себе все более и более широкое признание.

Следующая таблица ¹⁾ показывает протяжение электрифицированных железных дорог (магистральных) в различных странах.

Сев.-Американск. С.Шг.	2450	километров.
Германия	1255	„
Австрия	786	„
Италия	750	„
Швейцария	743	„
Швеция	438	„
Франция	134	„

В настоящее время общее протяжение электрифицированных железных дорог возросло до 8022 километров; из них на Сев.-Американские Соедин. Штаты приходится 2812 км.

У нас в СССР намечен также план электрификации железных дорог, о чем мы подробнее расскажем в следующей главе.

¹⁾ Заимствована из книги А. А. Бутлера. Электрические железные дороги. Петроград, 1923.

ГЛАВА VII

Борьба машин

В одном из американских журналов была недавно помещена фотография, изображающая состязание локомотивов (см. рис. 39). Мощные электровоз и паровоз были сцеплены друг с другом

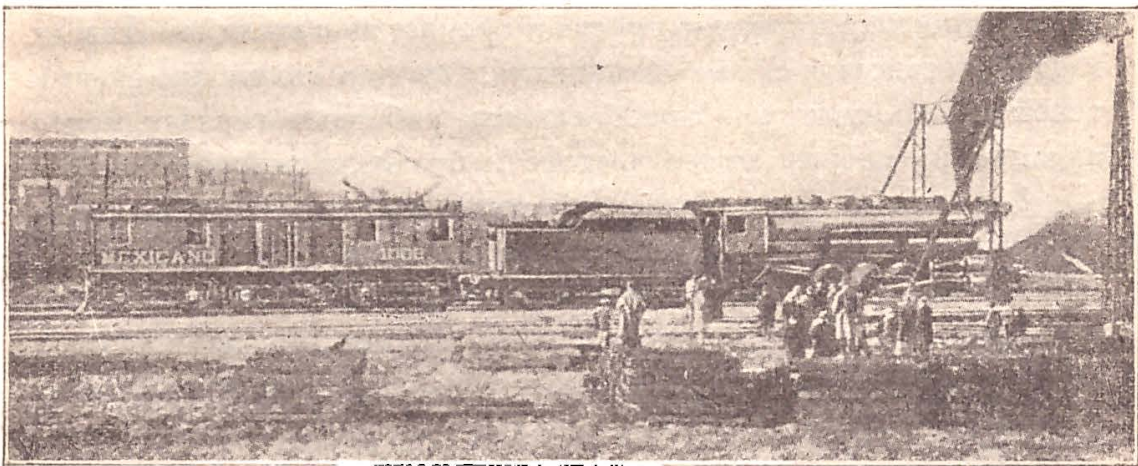


Рис. 39. Состязание локомотивов.

и пущены в разные стороны. В этом состязании победил электровоз, оттащивший назад своего соперника.

Конечно, борьба машин происходит совсем не так, и подобное состязание отнюдь не решает вопроса о том, какой из типов локомотива окажется в конце концов победителем.

Вопрос этот решается не столько на рельсовых путях, сколько за письменным столом калькулятора. Что дешевле — пользоваться паровозом или же каким-либо иным видом локомотива? Ответ на этот вопрос и решает борьбу машин.

В самом деле: что дешевле?

Казалось бы, раз известно, что коэффициент полезного действия паровоза настолько низок по сравнению с коэффициентами других видов локомотива, ответить на этот вопрос очень просто: долой паровозы и да здравствуют более экономичные локомотивы.

Однако, расходами на топливо не исчерпываются ведь эксплуатационные расходы службы тяги. Кроме топлива, необходимо оплатить еще содержание рабочего персонала, ремонт, освещение, смазку, чистку и, наконец, окупить суммы, затраченные на приобретение локомотивов и устройство всего оборудования.

Необходимо, значит, подсчитать все расходы. Посмотрим же, как обстоит этот вопрос по отношению турбопаровозов и тепловозов.

Если расходы на отопление понижаются при применении турбопаровозной и тепловозной тяги вдвое и втрое, то зато расходы на ремонт возрастают не менее, чем вдвое вследствие гораздо более сложного устройства последних. Машина паровоза устроена достаточно просто и прочно; двигатели же Дизеля и турбоустановки с холодильниками, охладителями и другими вспомогательными приспособлениями работают гораздо менее надежно и требуют более частого и более сложного ремонта.

Расходы на содержание рабочего персонала, конечно, тем больше, чем сложнее устройство локомотива.

Наконец, стоимость локомотива также имеет большое значение. В среднем можно считать, что при одинаковой мощности турбопаровоз стоит в два, а тепловоз в два с половиной раза дороже, чем паровоз. Срок службы (а это тоже важно) паровоза, по всей вероятности, больше срока службы турбопаровоза и тепловоза, хотя по этому вопросу точных цифр мы еще не имеем.

В результате пользование паровозами до сих пор оказывается более выгодным. В дальнейшем, по мере технического усовершенствования соперников паровоза, положение может измениться, и только тогда можно будет признать, что в лице тепловоза и турболокомотива паровоз встречает опасных и грозных соперников.

У нас в СССР по причинам, указанным выше (см. главу V), тепловоз имеет гораздо больше шансов на победу, чем турбопаровоз. Необходимо только, чтобы тепловоз вышел из своего, так сказать, „детского“ возраста и стал бы так же хорошо

приспособляться к тем разнообразным условиям, в которых, приходится работать паровозу; когда тепловоз окажется в состоянии дать достаточную силу тяги при малых скоростях когда он будет так же надежно работать с перегрузкой, как это может делать паровоз, — тогда, конечно, если только техника не предложит к тому времени еще более выгодного решения проблемы экономичного локомотива, тепловоз может победить паровоз. Пока что это—дело будущего.

Несколько иначе обстоит дело с электровозами.

В настоящее время электровоз, несомненно, является самым грозным соперником паровоза. Электровоз дает большую мощность при одном и том же весе, он не действует так разрушительно на рельсовый путь, устройство его и управление им проще, коэффициент полезного действия его несравненно выше ¹⁾; наконец, электровоз столь же гибок и приспособлен к различным условиям работы, как и паровоз, и гораздо дольше паровоза может работать с перегрузкой. Расходы по эксплуатации электровоза при достаточной нагрузке дороги ниже расходов по эксплуатации паровоза; все дело только в том, что электрификация железных дорог — дело очень и очень дорогое, так что электрифицировать линию стоит только в случае ее большой нагрузки или иных особых условий (наличие дешевого источника энергии, трудный профиль линии и т. п.).

Почему же так дорога электрификация?

Не трудно сообразить. Стоимость центральных станций, подстанций, воздушных проводов и самих электровозов очень высока. По данным проф. Ю. Ломоносова сооружение электрических железных дорог обходится от 60.000 до 100.000 руб. на километр пути. В случае же использования „белого угля“ стоимость линии будет еще выше: до 130.000 руб. на километр пути. Проведение же обыкновенной дороги гораздо дешевле — в среднем не выше 25.000—40.000 руб. на километр пути.

Есть еще одно соображение, которое не говорит в пользу электрификации.

Дело в том, что паровозы можно беспрепятственно перекидывать с одной дороги на другую, что бывает очень важно

¹⁾ По подсчету А. Н. Шелеста общий коэффициент полезного действия электрической дороги (от центральной станции до упряжного крюка электровоза) выражается цифрой 0,565.

при массовой перевозке грузов в одном и том же направлении. Если же часть железных дорог будет электрифицирована, другая же часть останется при паровой тяге — подобная переброска окажется невозможной. Электровозы как бы привязаны к питающему их проводу и оторваться от него не могут. Полный же переход на электрическую тягу почти невозможен — стоит только подумать, что к общей стоимости электрификации надо будет в этом случае прибавить стоимость выброшенных за борт паровозов, стоимость переоборудования паровозостроительных заводов на электровозостроительные и т. д. Для этого нужны десятки и сотни тысяч миллионов рублей; ни один государственный бюджет не выдержит такой встряски.

Несмотря на все трудности постепенного перехода на электрическую тягу, электрификация — это, на наш взгляд, неизбежное будущее железных дорог. Слишком много преимуществ имеет электрическая тяга по сравнению со всякой другой, и всякий непредубежденный человек согласится с тем, что именно электровозу и достанется победа. Не стоит, конечно, заниматься предсказаниями; в общем росте техники могут выдвинуться новые, еще более грозные соперники паровоза, но пока дело обстоит так, что больше всего прав на звание „паровоза будущего“ имеет электровоз.

* * *

В СССР, наряду с общим планом электрификации страны, выдвинут также и план электрификации железнодорожной сети.

В первую очередь предполагается электрифицировать пригородный участок Москва-Раменское Моск.-Каз. ж. д. Работы предполагается закончить в 1929 г. Общая стоимость работ исчислена в 5.850.000 руб., что составляет около 140.000 руб. на километр пути. Как видим, данные проф. Ломоносова отнюдь не преувеличены.

Предположено к этому же времени электрифицировать пригородный участок Северных ж. д. и Сурамский горный участок на Кавказе.

По подсчетам проф. Ю. Ломоносова общая стоимость электрификации железных дорог СССР оценивается цифрой 7.000.000.000 руб.; если принять, что общее протяжение наших дорог 78.000 километров, то на километр пути это составляет около 90.000 руб.

* * *

Мы подошли теперь к концу нашей работы. Мы познакомились с историей паровоза, с его развитием и усовершенствованием, мы узнали и его соперников, до сих пор еще не победивших паровоз, мы выяснили и причины такой стойкости паровоза в его борьбе.

Нам хочется теперь сказать несколько слов о той роли, которую сыграл паровоз в деле общего культурного развития человечества. Эта роль огромна и плодотворна. Английский историк Бокль сказал как-то:

Паровоз сделал для сближения человечества больше, чем все философы, поэты и пророки с начала мира —
и это, конечно, не пустая фраза. Культурный прогресс человечества возможен только тогда, когда люди имеют возможность общаться друг с другом. Широкую возможность взаимного общения впервые дал человечеству паровоз, и об этом нужно не позабыть и тогда, когда последний паровоз будет сдан на слом, когда на рельсовых путях будут царить его соперники.

Детище простого рабочего-шахтера, паровоз больше ста лет ведет человечество по пути к Интернационалу.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Объяснение встречающихся в тексте слов, отмеченных звездочкой *.


Атмосферное давление. Так как воздух имеет известный вес, он производит и известное давление. Давление воздуха, приходящееся на 1 кв. дюйм поверхности земли, принято за единицу при измерении давлений (атмосфера). Метрическая атмосфера — давление в 1 килограмм на кв. сантиметр.

Ведущими колесами паровоза называются колеса, приводимые в движение паровой машиной и, вследствие трения их о рельсы, обуславливающие движение паровоза; напротив, **поддерживающие колеса** (бегунки) только принимают на себя некоторую часть веса паровоза, но не приводят его в движение.

Дышлом называется стальной брус, соединяющий колеса паровоза друг с другом. **Ведущее дышло** иначе называется **шатуном**.

Жаровая труба — труба, через которую проходят огневые газы (см. ниже); вода соприкасается с наружной поверхностью этой трубы и нагревается.

Инерция — свойство тел сохранять начальную скорость.

Коленчатая ось имеет посередине изогнутое колено такого вида . Это колено и приводится в движение шатуном машины.

Локомотив — самодвижущийся экипаж, предназначенный для передвижения по рельсам.

Лучеиспусканием стенок котла (или паропровода) называется отдача в атмосферный воздух тепла вследствие нагретости этих стенок. Всякое нагретое тело „испускает“ тепло.

Огневые газы — газообразные продукты горения топлива.

Оксид углерода — газ, представляющий собой соединение кислорода с углеродом. Оксид углерода есть продукт неполного сгорания топлива вследствие недостаточного притока воздуха. При полном сгорании продуктом горения является **углекислота**.

Реверсивными машинами называются такие, которые могут вращаться по желанию в ту или в другую сторону. Приспособление для перемены хода называется **реверсом**.

Регулятор предназначен для увеличения или уменьшения числа оборотов машины.

Рессорой называется то или иное приспособление для смягчения толчков при движении экипажа.

Силой сцепления называется сила, обусловленная трением колес о рельсы.

Цельсий — ученый, предложивший стоградусную шкалу измерения температур. По этой шкале 0° соответствует температуре тающего льда, 100° — температуре кипящей воды.

Центр — точка, равноотстоящая от всех лежащих на окружности точек.

Цилиндр — тело, двумя основаниями которого являются два равных круга. Например, отрезок круглой трубы является цилиндром.

Цикл. — Латинское слово, означающее круг. Рабочим циклом паровой машины называется полный процесс работы пара в цилиндре (см. выше).

ИЗД-ВО МОСКОВСКОГО СОВЕТА РК и КД
„НОВАЯ МОСКВА“

Москва, Кузнецкий Мост, № 1. Тел. 2-08-96.



Б И Б Л И О Т Е К А
РАБОЧЕ - КРЕСТЬЯНСКОЙ МОЛОДЕЖИ
Под общей редакцией МК ВЛКСМ

СЕРИЯ „НАУКА И ТЕХНИКА“

Вавилов, „Солнечный свет и жизнь на земле“. 104 стр. Ц. 35 к.

Васильев, Б. и Дюрнбаум, Н.
„Столетие первого пассажирского поезда“ 1925 г. 62 стр. Ц. 35 к.

Вишнев, С. „Мотор в победе над расстоянием“. С 17 рис. в тексте. 1925 г. 104 стр. Ц. 35 к.

Зернов, В., проф. „От лучины до электричества“. 80 стр. Ц. 30 к.

Лебединский, В., проф. „На путях победы машины“. 101 стр. Ц. 33 к.

Рисевкин, С. „Как самому устроить радиоприемник“. 1925 г. 96 стр. Ц. 40 к.

Соколов. „Белый уголь“. С 17 рис. 112 стр. Ц. 40 к.

Шулейкин, В., проф. „Электричество на службе человеку“. С 17 рис. 1925 г. 112 стр. Ц. 50 к.

Первов, П. „Проложение первого телеграфа через океан“. 112 стр. Ц. 35 к.

П Е Ч А Т А Е Т С Я:

Коринцев, Н. „В мире техники и изобретений“.



Любую книгу высылает немедленно наложенным платежом Почтовый Отдел Издательства. Имеется большой выбор к мсомольской и пионерской литературы. Учреждениям и организациям — скидка и кредит. КATALOGИ и проспекты — бесплатно. На пересылку прилагать почтовую марку.

ЗАКАЗЫ НАПРАВЛЯТЬ:

Москва, Моховая, 24. 3-й книжн. маг. Моссовета „Новая Москва“.

ИЗД-ВО МОСКОВСКОГО СОВЕТА РК и КД
„НОВАЯ МОСКВА“

Москва, Кузнецкий Мост, № 1. Тел. 2-08-96



Б И Б Л И О Т Е К А
РАБОЧЕ - КРЕСТЬЯНСКОЙ МОЛОДЕЖИ
Под общей редакцией МК ВЛКСМ

СЕРИЯ „ЧУДЕСА ТЕХНИКИ“

Александров, В, проф. „Чудеса электричества“. С 22 рис. в тексте. 1925 г.
64 стр. Ц. 30 к.

Лопатин, П. „Город настоящего и будущего“. 112 стр. Ц. 75 к.

Лопатин, П. „Покорение водной стихии“. С рисунками. 104 стр. Ц. 45 к.

СЕРИЯ „ПО ФАБРИКАМ и ЗАВОДАМ“

„Как делают бумагу“. Перевод с английского Е. С. Мапасейной. Дополн. и обраб., редакц. Н. А. Коринцева. 68 стр. Ц. 30 к.

„Лен и хлопок“. Под ред. Н. Коринцева. 112 стр.

„Как добывают уголь“. Перев. с английск. Г. Н-га. Очерк о СССР П. Н. Сурожского. Общая редакция, обработка и дополнения Н. А. Коринцева. С 16 рисунк, 112 стр. Ц. 40 к.

„Морские суда и их постройка“ 1925 г.
74 стр. Ц. 30 к.



Любую книгу высылает немедленно наложенным платежом Почтовый Отдел Издательства. Имеется большой выбор комсомольской и пионерской литературы. Учреждениям и организациям — скидка и кредит. Каталоги и проспекты — бесплатно.
На пересылку прилагать почтовую марку.

ЗАКАЗЫ НАПРАВЛЯТЬ:

Москва, Моховая, 24. 3-й книжн. маг. Моссовета „Новая Москва“.

ИЗД-ВО МОСКОВСКОГО СОВЕТА РК и КД
„НОВАЯ МОСКВА“

Москва, Кузнецкий Мост, № 1. Тел. 2-08-96



Б И Б Л И О Т Е К А
РАБОЧЕ - КРЕСТЬЯНСКОЙ МОЛОДЕЖИ
Под общей редакцией МК ВЛКСМ

СЕРИЯ „ТРУД ПОБЕДИТЕЛЬ“

Брестский, П. „В прокатной“. 1925 г.
52 стр. Ц. 32 к.

Захаров, А. „Как делается гвоздь“.
1926 г. 56 стр. Ц. 25 к.

Конончук, Н. „Водопровод“. 1926 г.
40 стр. Ц. 35 к.

Конончук, Н. „Как согревается и дышит большой дом“. 1925 г. 24 стр. Ц. 15 к.

Лопатин, П. „Бродяга-электрон“. 1924 г.
34 стр. Ц. 20 к.

Пожарский, П. „Что такое Волковстрой“. 1925 г. 45 стр. Ц. 40 к.

Рексин и Меншиков. „Что такое радио“. Основы радио в популярном изложении, со статьей, как самому сделать радиоприемник. 1925 г. 88 стр. Ц. 55 к.

Шекунюв. „Юные авиаторы“. (Как пионеру самому сделать летающую модель самолета). 1925 г. 40 стр. Ц. 30 к.

Лопатин, П. „Победа пара“. 2-е изд. перер. и дополн. 1925 г. 56 стр. Ц. 38 к.

Лопатин, П. „Рассказ куска угля“. 1925 г. 48 стр. Ц. 25 к.



Любую книгу высылает немедленно наложенным платежом Почтовый Отдел Издательства. Имеется большой выбор комсомольской и пионерской литературы. Учреждениям и организациям — скидка и кредит. Каталоги и проспекты — бесплатно. На пересылку прилагать почтовую марку.

ЗАКАЗЫ НАПРАВЛЯТЬ:

Москва, Моховая, 24. 3-й книжн. маг. Моссовета „Новая Москва“.

ИЗД-ВО МОСКОВСКОГО СОВЕТА РК и КД

„НОВАЯ МОСКВА“

Москва, Кузнецкий Мост, № 1. Тел. 2-08-96



Б И Б Л И О Т Е К А
РАБОЧЕ - КРЕСТЬЯНСКОЙ МОЛОДЕЖИ
Под общей редакцией МК ВЛКСМ

СЕРИЯ „БИОЛОГИЯ“

Парамонов, А. „Строение и жизнь клетки“. Под ред. Азимова и Завадского. 1925 г. 131 стр. Ц. 60 к.
Титаев. „Растение собиратель солнечной энергии“. Под редак. Азимова и Завадского. 1926 г. 103 стр. Ц. 56 к.

СЕРИЯ „ПОБЕЖДАЙ ПРИРОДУ“

Зайков, А. М. „На торфяном болоте“. 1926 г. 31 стр. Ц. 30 к.
Муралевич, В. „Невидимый мир“. 1925 г. 64 стр. Ц. 30 к.
Ралевич, М. У. „Естествознание в сельско-хозяйственных работах“. Книга 2-я. Зимние работы. Допущено Госуд. Учен. Советом. 1925 г. 83 стр. Ц. 55 к.
Ралевич, М. У. „Естествознание в сельско-хозяйственных работах“. Книга 3-я. Весенние работы. Допущено Госуд. Учен. Совет. 1926 г. 86 стр. Ц. 65 к.
Ралевич, М. У. „Естествознание в сельско-хозяйственных работах“. Книга 4-я. Летние работы. Допущено Госуд. Учен. Совет. 1926 г. 50 стр. Ц. 45 к.



Любую книгу высылает немедленно наложенным платежом Почтовый Отдел Издательства. Имеется большой выбор комсомольской и пионерской литературы. Учреждениям и организациям — скидка и кредит. Каталоги и проспекты — бесплатно.
На пересылку прилагать почтовую марку.

ЗАКАЗЫ НАПРАВЛЯТЬ:

Москва, Моховая, 24. 3-й книжн. маг. Моссовета „Новая Москва“.