

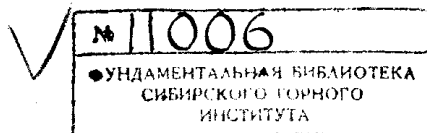
РЕКОНСТРУКЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

П. В. ЯКОВСОН

# ТЕПЛОВОЗ

ПОСОБИЕ  
ДЛЯ ТЕПЛОВОЗНЫХ БРИГАД  
И УЧАЩИХСЯ

1937



ОГИЗ ГОСТРАНСИЗДАТ  
МОСКВА 1932 ЛЕНИНГРАД

**ИЮньский пленум ЦК ВКП(б) РЕШИЛ:**  
**„ПРИЗНАВАЯ НЕОБХОДИМЫМ ВВЕДЕНИЕ НА БЕЗВОДНЫХ ЛИНИЯХ**  
**ТЕПЛОВЗОВ, ОДОБРИТЬ ПЛАН ПЕРЕВОДА В 1932/33 гг. ЛИНИИ—**  
**КРАСНОЗАВОДСК — ЧАРДЖУЙ, САЛЬСК — БАТАЙСК,**  
**СТАЛИНГРАД—ТИХОРЕЦКАЯ—**  
**НА ТЕПЛОВЗНУЮ ТЯГУ“.**

**НА 1500 КМ. ПРОБЕГА БЕЗ СМЕРДИ**

**ОТ ПАРОВОЗА**

ПАРОВОЗ  
 РАСХОДАЕТ  
 1,5 МЕТЕРЫ НЕФТИ  
 И 6 ЦЕНТНЕРЫ ВОДЫ

**КРАСНАЯ СЕТЬ**  
 12 000 КМ  
 ПРОБЕГ ПО ЭТОЙ  
 СЕТИ ЗА ГОД  
 30 000 000 КМ КМ  
 ЭТОТ ПРОБЕГ ОБСЛУЖИВАЮТ  
 ЖИВАНТЫ  
 2 000 ПАРОВОЗОВ  
 ЭТИ ПАРОВОЗЫ РАБОТАЮТ  
 1 000 000 ТОНН НЕФТИ  
 И 12 000 000 ЦЕНТНЕРОВ ВОДЫ

**ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА ТЕПЛОВЗОВЫ ПОТРЕБУЕТСЯ:**  
 1300 ТЕПЛОВЗОВ  
 ЧТО В 1 1/2 РАЗА МЕНЬШЕ  
 ЧЕМ ПАРОВОЗОВ  
 250 000 ТОНН НЕФТИ  
 ЧТО В 4 РАЗА МЕНЬШЕ  
 ЧЕМ ДЛЯ ПАРОВОЗОВ  
 ВОДЫ В 1000 РАЗ  
 МЕНЬШЕ ЧЕМ ДЛЯ ПАРОВОЗОВ

**НА 1500 КМ. ПРОБЕГА БЕЗ СМЕРДИ**  
 ЗАПАС ВОДЫ И НЕФТИ  
 ИДЕТ НА КИЛО

**К ТЕПЛОВЗУ**

*Тепловозникам, реально осуществляющим постановление июньского пленума ЦК ВКП(б), посвящает эту книгу автор.*

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Вопросы реконструкции транспорта, основным звеном которого является тяговой двигатель, приковывают к себе в настоящее время внимание технических и общественных кругов СССР.

Если уже признано, что в условиях социалистического строительства и на базе электрификации всей страны ведущим двигателем на нашем железнодорожном транспорте должен быть электровоз, то так же признано и особенно четко подчеркнуто июньским пленумом ЦК ВКП (б) и значение для ряда наших дорог тепловоза.

Перед нами стоят колоссальные задачи по созданию новых конструкций мощного товарного и пассажирского тепловозов, развитию опытной и массовой серийной постройки их и, наконец, по внедрению тепловозной тяги на ряде магистралей и отдельных линий.

Эти обстоятельства требуют, чтобы наши технические кадры и рабочие массы на железнодорожном транспорте, особенно там, где июньским пленумом ЦК ВКП (б) намечено внедрять тепловозную тягу, знали о том, что такое тепловоз, каковы его преимущества перед другими локомотивами, в чем его недостатки и т. д.

Предлагаемая работа „Тепловоз“ ставит себе цель: познакомить читателя — молодого тепловозника—с краткой историей нашего тепловозостроения, с положением его в настоящее время и с намечаемыми перспективами развития тепловозостроения в СССР.

Здесь читатель знакомится с конструкциями наших тепловозов, находящихся в эксплуатации, с данными последней, с особенностями конструкций строящихся тепловозов, с пятилетним планом тепловозостроения и, наконец, с новыми идеями в тепловозостроении.

Наибольшее место и внимание в настоящей работе отведено описанию конструкций уже построенных и находящихся в эксплуатации тепловозов для того, чтобы познакомить читателя — начинающего тепловозника—с агрегатами, с которыми в ближайшее время ему придется иметь дело.

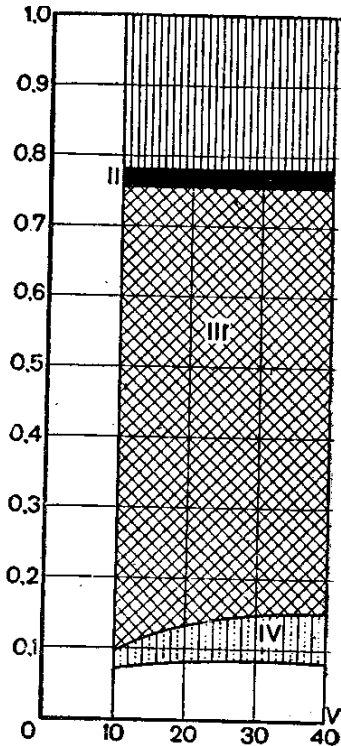
Правда, эта часть работы не охватывает полностью всех практических указаний, с которыми тепловозник должен быть знаком и которые по существу должны быть изложены в специальных инструкциях, но все же в работе приведено достаточно данных, позволяющих читателю более крепко связать особенности конструкций с их практической стороной.

Таким образом настоящая работа предназначена для подготовки кадров тепловозников, борющихся за осуществление тепловозной проблемы у нас в СССР.

*Автор*

# I. ОТ ПАРОВОЗА—К ТЕПЛОВОЗУ

На жел.-дор. транспорте до последнего времени применяются почти исключительно паровозы. Паровоз с точки зрения использования тепла, заключающегося в топливе, в сущности является весьма несовершенным локомотивом. Так называемый тепловой баланс паровоза, приведенный на фиг. 1, показывает, что в полезную работу, т. е. в работу на обода движущих колес, переходит как максимум 9—10% энергии топлива (белая часть диаграммы), остальные же 90% энергии топлива теряются без пользы, а именно:



Фиг. 1. Тепловой баланс паровоза Э.

I. Потери в котле (неполнота сгорания, лучеиспускание и унос тепла с отходящими газами в дымовую трубу).

II. Потери на воздушный тормоз.

III. Неизбежные потери в идеальной машине (несовершенство самого процесса работы).

IV. Дополнительные потери в реальной машине.

Поэтому естественно, что мысль конструктора стремилась к тому, чтобы создать установку, обеспечивающую высокую степень использования топлива. В результате изучения теплового баланса паровоза и в целях уменьшения потерь в нем стали строить паровозы высокого давления, локомотивы с паровыми турбинами и паровозы с тендерами-конденсаторами. Все эти улучшения, не нашедшие пока нигде широкого применения, дают незначительное повышение коэффициента полезного действия паровоза, сильно усложняют его конструкцию и паровоз поэтому теряет свое ценное свойство— простоту.

Другое направление конструкторской мысли характеризуется применением изобретенного в 1897 г. немецким инж. Р. Дизелем двигателя внутреннего сгорания. Этот двигатель дает весьма малый расход топлива и потому получил весьма значительное распространение на судах, завоевал полностью область автомобилизма и создал новый способ передвижения по воздуху. Оставалось снять также с локомотивной рамы паровой котел и паровую машину, чтобы

заменить и их двигателем внутреннего сгорания.

Так появился тепловоз, т. е. локомотив с двигателем „дизель“ в качестве движущей машины.

Если сопоставить теперь тепловой баланс подобного локомотива с приведенным ранее тепловым балансом паровоза, то становится понятным, что в тепловозе использование тепловой энергии топлива происходит значительно лучше, чем в паровозе.

Сравнение диаграмм показывает:

1. На обеих диаграммах самой значительной потерей является  $q_0$  (III), т. е. потери в идеальной машине (несовершенство самого процесса работы).

2. Переход от паровой машины к дизелю уменьшает потерю  $q_0$  (III) с 65% до 50%.

3. Второй по величине потерей в паровозах являются потери в котле (I), составляющие при нефтяном отоплении 20—25%. На тепловозе котла нет, следовательно, нет этих потерь. Вместо них есть потеря  $q_d$  (механическая потеря в дизеле), составляющая 12—15%.

4. Потери на вспомогательные устройства (залиты тушью) у обоих локомотивов (II и  $q_{e-fqe}$ ) примерно одинаковы.

5. Потери (IV), которыми реальная паровозная машина отличается от идеальной, примерно равны соответствующим термическим потерям в реальном дизеле— $q_t$ .

6. Кроме того в тепловозе имеются потери:  $q_g$  — в генераторе,  $q_m$  — в тяговых моторах, составляющие примерно 4—7%.

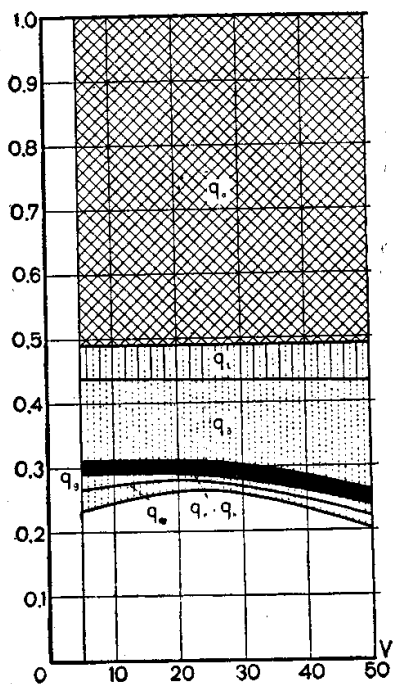
Белая часть диаграммы показывает полезную работу тепловоза, которая составляет 26—31%.

В этом заключается основное экономическое преимущество тепловоза, который, превращая в полезную работу до 26—31% энергии топлива против 9—10% современного паровоза и против 16% электровоза, представляет наиболее экономичный современный локомотив.

Но помимо экономичности тепловоз имеет еще ряд преимуществ перед паровозом.

Особенностью и преимуществом тепловоза перед паровозом и электровозом, привязанным к питающей сети, является способность его к безостановочному пробегу, в несколько раз большему, чем паровоз. Это объясняется тем, что при незначительном расходе топлива тепловозом (400 кг на 100 лок. /км и 40 кг на 10000 т/км) и запасе топлива на тепловозе в 3,5—4 т и при ничтожном расходе воды, которая при исправно работающей охладительной сети тепловоза идет лишь на испарение, — тепловозы легко делают пробеги 1 000—1 500 км без смены.

Помимо того, что это свойство дает возможность сократить число пунктов снабжения водой и топливом, оно чрезвычайно выгодно для товарного транспорта—маршрутных поездов, воинских поездов, поездов особого назначения, так как повышает коммерческую скорость транзитных товарных поездов и улучшает оборот подвижного состава. Способность тепловоза



Фиг. 2. Тепловой баланс тепловоза Э—ЭЛ—2.

на длительные пробеги особенно ценна потому, что наше строительство промышленности громадной мощности и механизированное сельское хозяйство потребуют в течение ближайших лет мощных грузовых потоков большого протяжения, при котором маршрутные поезда будут нормальным типом товарных поездов. Совершенно бесспорным и огромным преимуществом тепловоза, перед паровозом является отсутствие расхода воды на тепловозе, что делает его незаменимым в районах вечной мерзлоты, в безводных районах и в районах с плохой водой. Подобных дорог у нас в СССР особенно много, и там работа паровозов, производящих к тому же набор воды через / каждые 40—50 км, представляет огромные трудности и вызывает большие расходы. Такими районами являются Средне-Азиатская, Туркестане - Сибирская дороги, линии Сталинград—Тихорецкая, С.-

Кавказских Урбах — Астрахань Рязано-Уральской ж. д. и др.

Большим преимуществом тепловоза, чрезвычайно выгодно выделяющим его над паровозом, является динамическое воздействие его на мосты и на железнодорожное полотно, так как тепловозы по сравнению с паровозами являются более спокойной и уравновешенной нагрузкой: на тепловозах нет неуравновешенных масс возвратно движущих частей машин (поршни, скалки, крейцкопф), которые вызывают удары, поддеживание и вилияние. Более благоприятное динамическое воздействие тепловоза на мосты и путь позволяет повышать нагрузку на осях тепловоза и проходить пути там, где паровоз по , своим динамическим воздействиям сделать этого не может.

С точки зрения железнодорожного хозяйства, помимо указанных выше преимуществ, тепловозы имеют ряд других преимуществ, выгодно отличающих их от паровозов: тепловоз всегда находится в готовом для эксплуатации состоянии и не требует затраты времени на экипировку, разведение пара и т. д. Управление тепловозом, конечно, при хорошем знакомстве с ним, совершенно просто, тепловоз плавно трогается с места, легко ведет поезда по зубчатому профилю, легко обслуживается при затяжных подъемах; с тепловоза лучше видимость полотна и наконец тепловозная бригада, находясь на посту, защищена от непогоды и находится в лучших условиях работы, чем на паро-

возе.

Если значения введения тепловозов для ряда наших дорог громадно, то почему до сих пор тепловозы не получили широкого распространения, несмотря на то, что о них говорили еще до Октябрьской революции? Это объясняется рядом трудностей как общего характера, так и крупными техническими затруднениями при постройке первых тепловозов, в вопросах создания типа, проектирования и выполнения, а затем опытной проверки его и улучшения.

Надо отметить прежде всего то, что наша техника, более молодая и менее развитая, чем западно-европейская, нередко использует в железнодорожной сфере готовые установки, созданные западной техникой, проявляя лишь инициативу в применении этих решений.

Но в области применения тепловоза, экономическое и техническое значение которого для западно-европейского железнодорожного хозяйства по целому ряду причин неизмеримо ниже, чем для СССР, мы на Западе соответствующей установки не находим, и это несомненно пугает наших даже передовых техников.

В Западной Европе безводных степей нет, нет и нефти, если не считать Румынии.

Паровозы в Западной Европе отапливаются дешевым углем, и потому переход к тепловозам, требующим привозной нефти, даже при очень малом ее расходе, уменьшил бы экономическую выгоду тепловоза и свел бы ее к нулю.

Затем, установившийся характер железнодорожного хозяйства и богатый инвентарь его обесценили бы в буржуазных странах при замене паровозов -- тепловозами частный капитал, вложенный в этот инвентарь, что как в отношении тепловозов, так и в отношении электрификации является противодействующим фактором, чрезвычайно трудно преодолимым в условиях капиталистического хозяйства. Наконец, значительная плотность и устойчивость движения, равномерность распределения угольных районов направляют западно-европейскую и американскую технику на путь электрификации и дальнейшего совершенствования паровоза.

Для СССР, имеющего колоссальные источники нефти, которой топится часть паровозов для СССР, с его громадными пространствами или вовсе лишёнными воды, или имеющими воду, мало пригодную для питания котлов, вопрос о введении тепловозов бесспорно представляет жгучий интерес.

Таким образом трудность в тепловозном деле заключается прежде всего в ее самодовлеющем характере для советской техники и в необходимости сразу же опередить в этом отношении технику западно-европейскую.

Сущность технических затруднений в тепловозном деле заключается в трудности приспособления двигателя к рабочему режиму локомотива.

Здесь необходимо сказать, что сам по себе двигатель дизеля не приспособлен к тяговой службе так хорошо, как паровая машина или электродвигатель. Паровая машина пускается в ход просто открытием регулятора, элек-

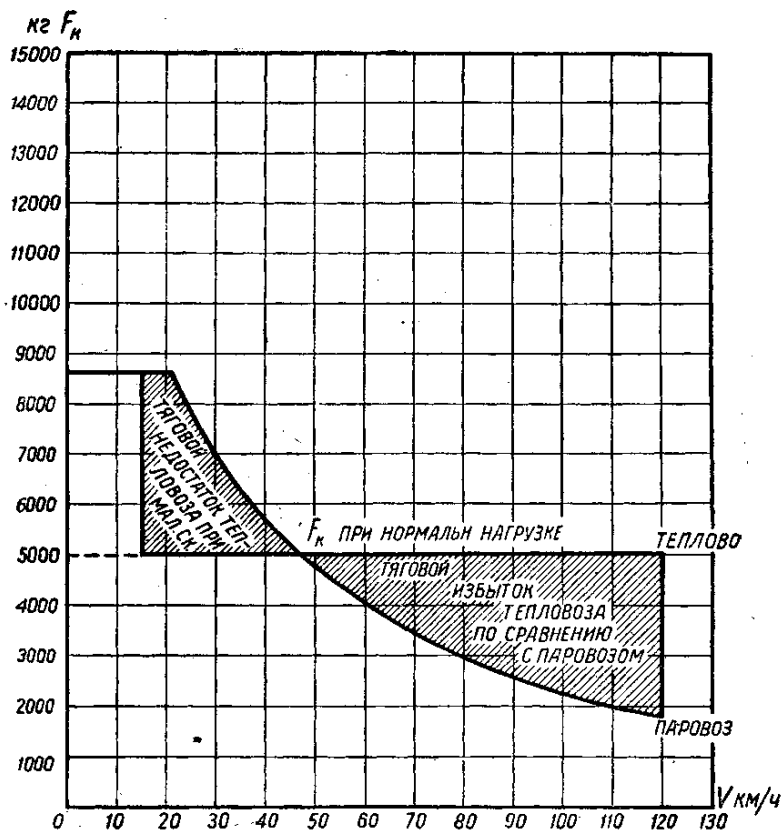
тродвигатель — включением тока помощью поворота ручки контроллера. Как паровая? машина, так и электродвигатель берут с места под нагрузкой и хорошо разгоняют. Эти их особенности объясняются тем, что генератор энергии расположен вне самого двигателя: паровой котел для паровой машины и станция для электродвигателя, что дает возможность при максимальных тяговых усилиях производить соответствующие «займы» от первичного генератора энергии.

Как известно, локомотив развивает 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 небольших скоростях (в момент трогания с места) его машина развивает очень большое усилие. Двигатель же может начать работать только тогда, когда он тем или иным способом приведен во вращение с достаточной скоростью, обеспечивающей воспламенение. В стационарных установках двигатель раскручивают без нагрузки сжатым воздухом, запасенным для этой цели в особых, так называемых пусковых баллонах. Если такой же способ применить к двигателю, который жестко (непосредственно) связан с осями, то для запуска его, а следовательно, и трогания самого тепловоза потребуются пусковые резервуары большой емкости; способ этот недостаточно надежен. Построенный в 1913 г. первый мощный тепловоз для скорых поездов типа 2—2—2 (заводами Зульцера и Борзиг— Германия), имевший четырехцилиндровый—образный двухтактный двигатель, вал которого был связан спарниками с движущими осями, и кроме того вспомогательный дизелькомпрессорный агрегат для пускового сжатого воздуха, которым разгонялся тепловоз,—оказался неработоспособным. Пуск в ход тепловоза сжатым воздухом, который непосредственно поступал в цилиндры главного двигателя при длительном разгоне тепловоза, вызывал замораживание цилиндров, затруднял получение первых запалов и вел к авариям цилиндров. Движущие части, стесненные узким железнодорожным габаритом, работали с большими напряжениями, опасными для тогдашних сортов стали, почему часто происходили аварии.

Как известно, соотношение между мощностью локомотива  $N$  в л. с., силой  $F$  -тяги Рж в кг и скоростью  $V$  в км/ч. имеет вид  $N = F \cdot V$ , т. е. при постоянной мощности сила тяги почти обратно пропорциональна скорости и изображается гиперболической зависимостью (фиг. 2-а), которая показывает, что большая сила тяги соответствует наименьшей скорости и наоборот. На паровозе при уменьшении сопротивления движению поезда можно уменьшить силу тяги, переставляя кулису и уменьшая наполнение цилиндров. При возрастании же сопротивления движению,  $F_w$  несколько увеличивается автоматически по кривой; для большего увеличения  $F_k$  машинист, переставляя кулису, переходит плавно на кривые большего наполнения. Паровоз осуществляет трогание с места и различные скорости благодаря возможности менять отсечку пара в широких пределах и также число оборотов от  $n = 0$  до  $n = \max$ . Характеристика паровоза близка к гиперболе.



К такому соотношению силы тяги и скорости хода приспособился режим железнодорожной эксплуатации, мирящейся с понижением скорости хода на подъемах или при более тяжелых составах за счет увеличения силы тяги и сохранения приблизительно постоянной максимальной мощности паровоза.



Фиг. 2-а. Сравнительная тяговая характеристика паровоза и тепловоза.

Совершенно иные соотношения получаются в тепловозе: у всякого нормального двигателя внутреннего сгорания мощность обусловлена количеством горючего, сжигаемого в цилиндре, и имеет определенный предел в количестве засасываемого в цилиндр рабочего воздуха, мало зависящем от числа оборотов. Поэтому здесь среднее индикаторное давление применяется в узких пределах, т. е. почти постоянно, а в таком случае работа за один оборот зависит только от размеров цилиндра, а мощность — прямо пропорциональна числу оборотов, машины. Если теперь связать двигатель с ведущими осями непосредственно, то вследствие предыдущего, мощность его будет пропорциональна скорости движения, или  $N = aV$ , что вместе с предыдущей форму-

лой дает  $F_k = \text{const}$  (постоянную, т. е. прямую (фиг. 2-а).

Такая негибкая характеристика зависимости  $P_k$  от  $V$  неприемлема для локомотива, ибо делает локомотив излишне мощным при больших скоростях и недопустимо слабым — при малых.

Отсюда приспособление обладающего такими свойствами тепловоза к режиму эксплуатации должно идти такими путями:

1) применением двигателей столь значительной мощности, что ею обеспечивается максимально потребная тяга без особой перегрузки двигателя;

2) приспособлением двигателя к значительной перегрузке за счет количества рабочего воздуха;

3) введением между двигателем и ведущими осями какой-либо передачи с переменным отношением скоростей, позволяющей при уменьшении числа оборотов ведущих осей сохранить число оборотов и мощность двигателя.

Таким образом сущность основного технического затруднения заключается в осуществлении двигателя, который вращал бы непосредственно движущие оси, удовлетворяя при этом требованиям плавного трогания, разгона и т. д.

Пока осуществить этого не удастся и поэтому в современных тепловозах между двигателями и ведущими осями ставится так называемая передача той или иной системы, дающая возможность делать скорость тепловоза независимой непосредственно от числа оборотов двигателя и приближать характеристику тепловоза к гиперболе (фиг. 2-а).

Простейшей и наиболее надежной передачей пока считается электрическая. Тепловоз с электрической передачей представляет собой как бы электровоз или просто трамвайный вагон с моторами большой мощности, причем в самом вагоне установлена силовая станция, состоящая из дизель-генераторной группы со всеми ее обслуживающими устройствами (холодильником с вентиляторами и пр.).

Тепловозы с электрической передачей имеют одно несомненное преимущество перед всеми другими видами передачи—они надежны в работе и чрезвычайно гибки в управлении. Электрическая передача дает возможность реализовать полную мощность двигателя при каждой скорости тепловоза и иметь высокие значения силы тяги в момент трогания и разгона поезда. В конструктивном отношении тепловоз с электрической передачей, вопреки распространенному мнению, является также весьма простым, не включающим в себя неизвестных или мало испытанных элементов, а потому наиболее гарантирует надежную и исправную работу. Коэффициент полезного действия тепловозов с электрической передачей весьма высок и доходит до 25—26%. Но эта передача имеет и свои недостатки, из которых наиболее существенным нужно считать большой вес тепловозов с такой передачей и, следовательно, сравнительно высокую стоимость их.

Кроме электрической передачи применяются и другие системы передачи, в том числе и широко применяемая на автомобилях коробка скоростей с включаемыми зубчатками и муфтами трения для плавного включения двига-

теля в передачу.

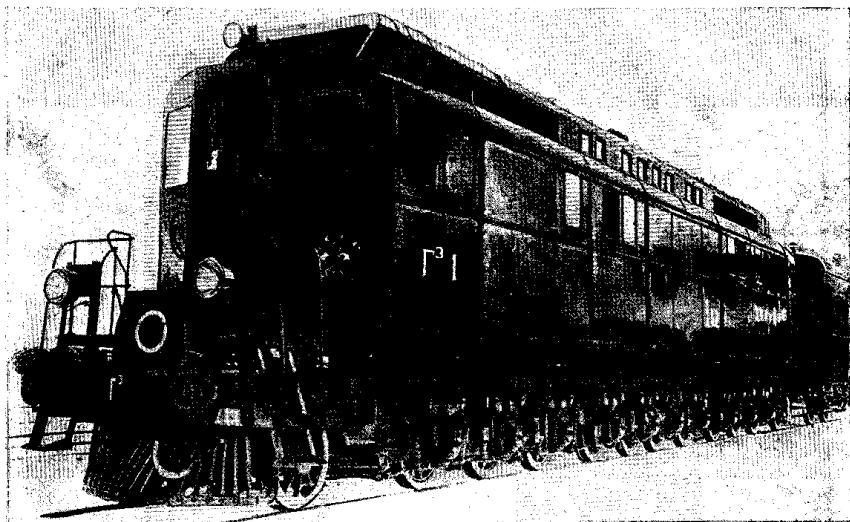
Эта передача представляет большой интерес в техническом отношении и открывает новые пути тепловозостроения, так как нужно считать, что передача вращающего момента от вала дизеля к осям тепловоза с помощью зубчатых колес—это полпути к непосредственной передаче.

Другим подходящим типом передачи для тепловозов является компрессорная. Общая схема этой передачи такова: локомотив имеет обычные паровозные цилиндры с нормальным кулисным распределением, но цилиндры эти работают не паром, а воздухом (сжатым), доставляемым установленной на рамах локомотива дизель-компрессорной группой. Результаты работы подобной передачей оказались менее выгодными, чем работа электрической и механической передач.

Были попытки осуществить гидравлическую передачу, сущность которой заключалась в том, что на валу двигателя ставился водяной центробежный насос, а на валу передачи — турбина. Но такая передача, даже применительно к малой мощности, оказалась неудачной и была оставлена.

## II. СОВЕТСКИЕ ТЕПЛОВОЗЫ

Громадное значение тепловозов для ряда наших дорог было признано только после Октябрьской революции, как только началось восстановление разрушенного войной транспорта. В 1922г. в Ленинграде начата была постройка первого советского тепловоза с электрической передачей и одновременно с этим бывшая Российская железнодорожная миссия за границей заказала на заводах Германии два опытных мощных тепловоза: один с электрической передачей, другой с коробкой скоростей с зубчатыми колесами и, наконец, в самое последнее время Коломенским заводом построены и поступили в работу два тепловоза маневрового типа с электрической передачей. Кроме того недавно поступил из Германии тепловоз с электрической передачей. Таким образом в настоящее время мы имеем шесть тепловозов, находящихся в эксплуатационной работе. Помимо этого, как будет сказано ниже, несколько тепловозов строятся нашими заводами.

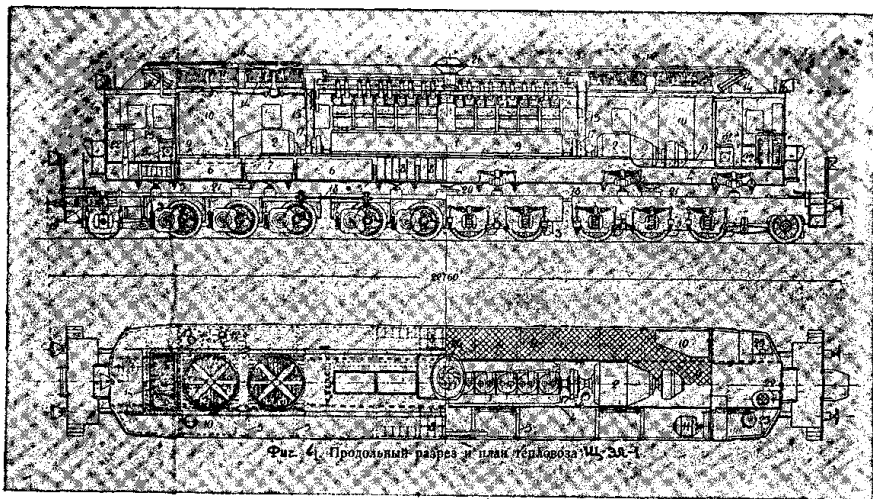


Фиг. 3. Общий вид тепловоза ШЭЛ—1.

Все эти тепловозы по своим конструктивным особенностям являются чрезвычайно интересными в техническом отношении машинами, и на описании их необходимо остановиться.

Предварительно нужно пояснить, что необычные обозначения тепловозов следует понимать так: первая буква обозначения показывает мощность тепловоза в сравнении с паровозом (Щ, Э, О); второе обозначение — тип передачи, осуществленный на данном тепловозе (МХ—механическая, ЭЛ—

электрическая) и, наконец, цифра — очередной номер выпуска. Ходовая формула тепловоза принята обычной, как для паровозов (2—5—1, 1—5—1 и т. д.).



Тепловоз этот, построенный в 1922 — 1924 гг. в Ленинграде по проекту проф. Гаккеля и при участии виднейших специалистов нашего Союза (проф. Миткевич, проф. Вульф, проф. Раевский, проф. Ошурков), считается первым мощным тепловозом постройки наших заводов. Все части тепловоза, за исключением дизеля, почти целиком построены нашими заводами: «Красный путиловец», «Электрик» и «Балтийский».

Тепловоз Щ-т-ЭЛ—1 представляет собой дизель-электрический локомотив. На главной раме тепловоза установлен десятицилиндровый дизель (Б) завода Веккерса, четырехтактный с механической пульверизацией топлива (бескомпрессорный), вращающий с помощью полугибких муфт 17 два генератора 2 завода „Вольта" постоянного тока с независимым возбуждением, расположенных по концам главного вала дизеля. С генераторами непосредственно связаны возбудители 70, в цепи которых расположены контроллеры управления тепловозом 22. От главного вала дизеля при помощи ременной передачи 13 приводятся в движение четыре вентилятора 16, расположенного на крыше тепловоза холодильника 14 для охлаждения воды и масла для дизеля. На главной раме расположены: пусковая аккумуляторная батарея 8, необходимые резервуары воды 10, топлива и смазки 5, насос для прокачки воды 12, электрокомпрессор тормоза 11 и котел отопления 13; на боковой стенке кузова расположены необходимые измерительные приборы\*. В передней и задней части кузова, который покоится на главной раме, расположены вполне симметрично посты машиниста с необходимыми приборами управления. Ку-

зов тепловоза опирается на три тележки, составляющие экипаж тепловоза: две крайние 4-хосные тележки имеют по бегунку и 3-м ведущим осям, средняя — 4 ведущих оси. Ведущие оси через зубчатки связаны с тяговым электромоторами 3, питаемыми током от генераторов. Кузов имеет двойное подвешивание, что дает очень спокойный ход, а тележечная система — хорошее вписывание тепловоза в кривые.

### Общие сведения о тепловозе.

Длина между буферами . . . . .	22 760	мм
База полная . . . . .	19 360	"
База жесткая (наибольшая) . . . . .	4 500	"
Вес служебный общий . . . . .	182	т
Вес служебный сцепной . . . . .	160	"
Нагрузка сцепной оси . . . . .	16	"
Нагрузка бегунковой оси . . . . .	10	"
Запас топлива . . . . .	8	"
Запас воды . . . . .	2	"
Запас смазки . . . . .	1	"
Диаметр движущих колес . . . . .	1 050	мм
Наибольшая скорость . . . . .	75	км/час.
Наибольшая сила тяги . . . . .	22 000	кг
Наибольшая мощность на обode . . . . .	800	л.с.

### Главный двигатель и холодильник

Диаметр цилиндров . . . . .	368	мм
Ход поршня . . . . .	381	"
Число цилиндров . . . . .	10	"
Наибольшее число оборотов в мин. . . . .	400	"
Наибольшая эффективная мощность . . . . .	1 000	л.с.
Подача водяного насоса наибольшая . . . . .	20	м <sup>3</sup> /час
Поверхность водяного холодильника . . . . .	700	м <sup>2</sup>
Наибольшее число оборотов вентилятора в мин. . . . .	1 200	"
Наибольшая подача воздуха . . . . .	100 000	м <sup>3</sup> /час.
Поверхность масляного холодильника . . . . .	32	м <sup>2</sup>

### Электрическая передача

2 генератора постоянного тока:

Наибольшее напряжение . . . . .	360—720	в
Наибольшая сила тока . . . . .	3 000—1 500	амп.
Мощность часовая . . . . .	2 × 500	квт
Наибольшее число оборотов в мин. . . . .	400	"

Возбудительная группа — 2 возбудителя:

Мощность, затрачиваемая на возбуждение . . . . .	21	квт
Максимальный ток возбуждения . . . . .	250	амп.

Тяговые моторы:

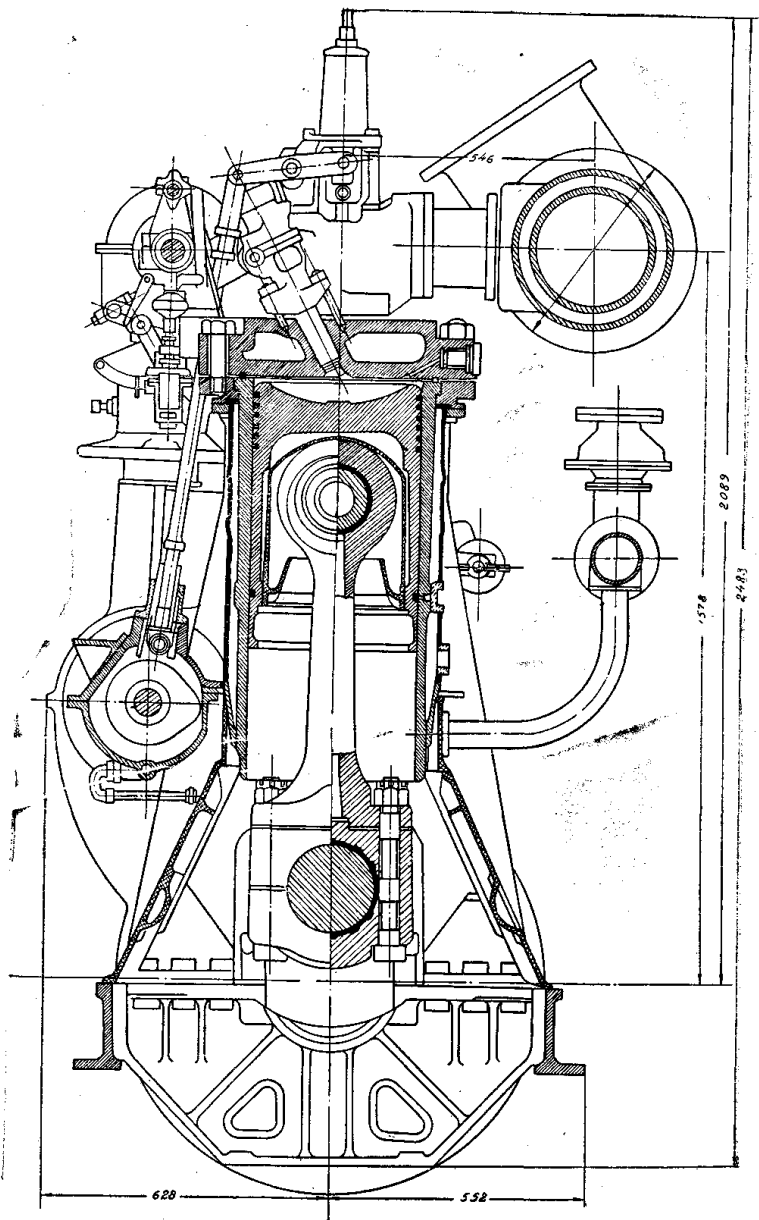
Число моторов . . . . .	10	
Включение в цепь — параллельное . . . . .		
Передаточное число: 1 : 4,625 . . . . .		
Наибольшая часовая мощность каждого мотора . . . . .	100	квт

Аккумуляторная батарея пусковая,

Емкость при одночасовом разряде . . . . .	600	амп/час
---	-----	---------

В средней части кузова тепловоза на стенке находится «распределительная доска», на которой сосредоточено управление генераторами, запуском дизеля и пр. Запуск дизеля для начала его работы производится от аккумуляторной батареи путем обращения одного генератора в электродвигатель. Наиболее интересным элементом тепловоза является двигатель. Двигатель Викарса первоначально предназначался для подводной лодки, поэтому для уменьшения веса из-за технических соображений сборки механизмов в подводной лодке литая фундаментная плита двигателя заменена в ней конструкцией из отдельных литых балок. Основой всего являются чугунные поперечные балочки под каждым коренным подшипником, соединенные между собою по обоим краям двумя легкими стальными продольными балками. На\* поперечной балке устанавливаются вертикальные перегородки, которые вверху и внизу скрепляются между собою особыми плитками. К этим плиткам крепятся с одной стороны втулки рабочего цилиндра и рубашки, а с другой стороны — крышка. Таким образом рама двигателя имеет скелетную конструкцию, что дает возможность обходиться без тяжелых литых деталей, как например, фундаментная плита, станина и т. д. Нормальная литая рубашка цилиндра заменена здесь тонким хомутом из оцинкованного железа. Картер двигателя образуется снизу из железных листов, прикрепленных к раме тепловоза, а вверху из алюминиевых плит с люками. Такая конструкция станины имеет свои недостатки и достоинства.

Недостатками нужно считать: 1) дороговизну изготовления и сборки; 2) необходимость иметь специальную, очень жесткую раму с поперечными балками, на которых дизель и устанавливается; 3) большую вероятность расшатывания и игры, что особенно вредно на тепловозе, работающем при постоянной тряске.



Фиг. 5. Поперечный разрез двигателя Вилкера тепловоза Щ—ЭЛ—1.



К достоинствам следует отнести: 1) отсутствие громоздких и тяжелых литых частей; 2) разгрузку рубашки цилиндра от растягивающих усилий.

Вообще же относительно конструкции станины дизеля тепловоза следует всегда стремиться к наиболее возможной монолитности конструкции в виду неизбежной тряски, разбивающей все стыковые соединения.

Оригинальным по конструкции этого двигателя является рабочий цилиндр. Крышка цилиндра крепится на специальных кронштейнах плиты вертикальных листов, воспринимающих растягивающие усилия, образуя под двигателем своеобразный мост. Рубашка цилиндра сделана из листового железа толщиной в 1,6 мм с двумя поперечно-выштампованными волнами для уничтожения действия температурных удлинений.

Подобная конструкция имеет ряд недостатков:

1. Большое число водяных уплотнений, — отсюда большая вероятность расстройства уплотнений и повышенные требования ухода.

2. Весьма ненадежное уплотнение внизу рубашки: резиновые кольца, ничем ненажатые, дают течь.

3. Большое число смазочных штуцеров, которые дают течь, из-за чего в цилиндр может попасть вода.

4. Верхнее уплотнение буксы притертым чугуном кольцом также нельзя признать удачным.

5. Большая сложность и дороговизна устройства по сравнению с литой конструкцией рубашки.

Конструкция цилиндровой крышки отличается от обычной конструкции тем, что здесь обычные ходы для всасывания и выхлопа перенесены в клапанные коробки, к которым непосредственно и крепятся соответствующие трубопроводы. Посредине между клапанами находится форсунка, ось которой с осью цилиндра составляет некоторый угол. Особенностью крышки является то, что пространство между клапанами и форсункой не имеет ходов охлаждения.

Поршень двигателя очень солидных размеров, весь целиком отлит из серого чугуна — толщина днища посредине до 50 мм. Поршень имеет шесть уплотняющих колец вверху и одно внизу. Так как поршень неохлаждаемый (что для мощности в 100 л. с. в цилиндре является предельным), то для устранения по возможности пригорания масла на раскаленной поверхности днища головка шатуна покрыта специальным предохранительно - алюминиевым кожухом. Эта обстоятельство в свою очередь делает невозможным нормальное охлаждение поршня воздухом и ведет к перегреву поршня.

Шатун представляет собой стальной пустотелый стержень круглого сечения, внутренняя полость которого служит каналом для подводки масла к головному подшипнику от мотылевого. Поршневая головка неразъемная со вставкой бронзовой втулки и баббитовой заливкой.

Коленчатый вал обычного типа — одиннадцатипорный, состоит из двух частей, соединенных вместе посредине. Расположение кривошипов — зеркальное звездообразное. Коренные подшипники обычной конструкции.

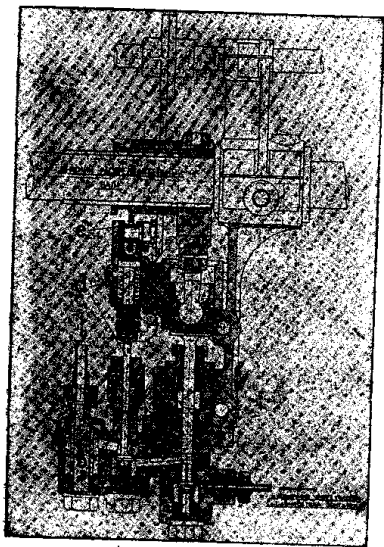
Конструкция клапанов уясняется из разреза цилиндра. Конструкцию крышки упрощают соединения клапанов с трубопроводом за пределами крышки, но из-за этого усложняется конструкция коробки клапанов; последняя чрезвычайно тяжела (до 60 кг), что особенно ощущается при периодическом осмотре и ремонте. Интересной деталью выхлопного клапана является охлаждение его водой, подводимой через специальные гибкие резиновые шланги.

Как указывалось раньше, двигатель Виккерса является машиной бескомпрессорной, у которой подача топлива в цилиндры производится механическим путем при большом давлении.

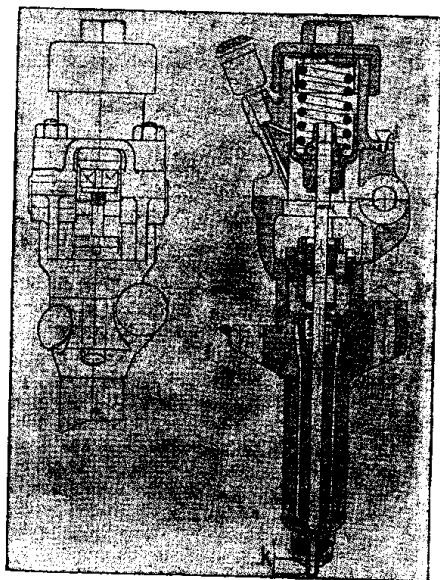
Механическая пульверизация в этом двигателе осуществлена следующим образом: каждый рабочий цилиндр дизеля снабжен собственным топливным одноплунжерным насосом, приводимым в движение от эксцентрикового механизма верхнего распределительного вала. На этом же валу насажены и форсуночные кулачковые шайбы и конические кулачковые устройства органов регулирования. Привод всасывающих и выхлопных клапанов осуществляется вторым нижним распределительным валом. Благодаря такой конструкции самые тонкие функции подачи топлива и его регулирования выполняются отдельным кулачковым валом.

Из разреза дизеля Виккерса понятна конструкция приводов от верхнего и нижнего валов к форсункам и клапанам.

На фигуре 6 представлен разрез топливного насоса бескомпрессорного десятицилиндрового 1000-сильного двигателя Виккерса. Здесь корпус *a*, отлитый из марганцовистой бронзы, заключает в себе нагнетательную камеру насоса, клапанные коробки и фильтровочную камеру *b*. Плунжер насоса соединен шаровым шарниром с эксцентриковой тягой питающего эксцентрика *c*. Головка плунжера получает направление от ползуна, жестко с ним соединенного. Горючее поступает через фильтр *b* всасывающего клапана, открываемого принудительно помощью скалки *d*; последняя в своей верхней части имеет ролик *e*, на который воздействует регулирующий специальный кулачок, сидящий на верхнем распределительном валу и передвигающийся продольно с помощью регулирующего механизма. Нагнетательный клапан открывается при нагнетательном ходе плунжера, пропуская топливо через головку выравнивателя (аккумулятора) в приемную камеру форсунки. Здесь интересно то, что топливо нагнетается из насоса под давлением в среднем равным 220 атм. не непосредственно в форсунку, а предварительно в особый резервуар, представляющий некоторый „выравниватель давления" между нагнетательной полостью насоса и форсункой. Устройство форсунки представлено на фигуре 7.



Фиг. 6. Топливный насос двигателя Виккерса.

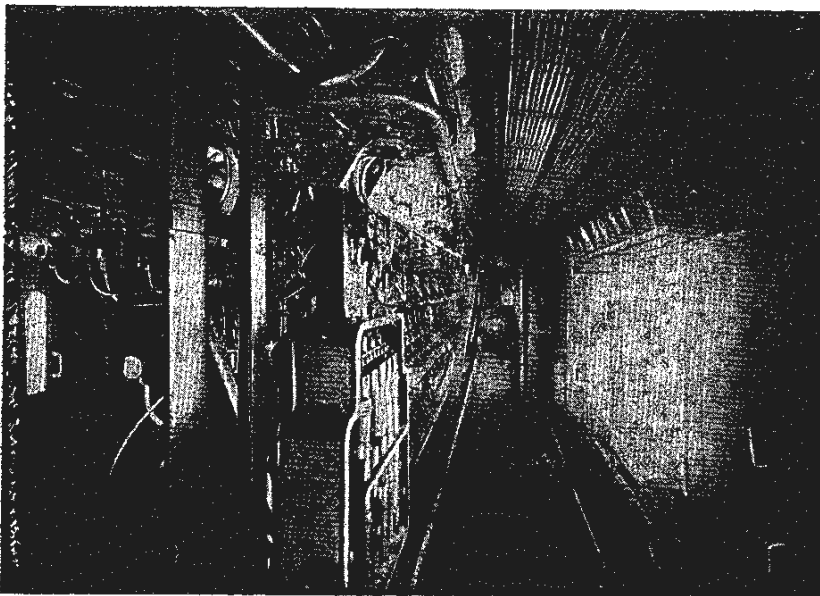


Фиг. 7. Форсунка двигателя Виккерса.

Форсуночное сопло выточено из инструментальной стали и представляет собою пустотелую гильзу с сферическим днищем; последнее имеет пять радиальных пульверизирующих отверстий весьма малого диаметра, устанавливаемых опытным путем для топлива различных вязкостей и в зависимости от давления пульверизации.

В этой форсунке чрезвычайно важное значение имеет канал к, который должен быть по возможности коротким, иначе некоторое количество топлива по закрытию иглы остается в виде капли на сферической головке сопла, что впоследствии препятствует хорошему распиливанию, вызывает увеличение расхода топлива и преждевременное загорание форсунки.

Первоначально двигатель Виккерса, как предназначенный для подводной лодки, не имел регулятора: регулирование велось вручную от специального штурвала, но при постановке двигателя на тепловоз на нем был установлен центробежный регулятор системы «Янс» с передачей воздействия на топливные насосики через масляный сервомотор нормального типа. Постановка сервомотора на дизель вещь сравнительно редкая и объясняется здесь только очень своеобразным способом регулирования нефтяных насосиков, когда регулятору приходится двигать длинную, тяжелую штангу, передвигающую десять лекальных шайб. К регулятору присоединен масляный катракт для смягчения возможных неравномерностей и бросков регулятора.



Фиг. 8. Внутреннее устройство тепловоза Щ—ЭЛ—1.

Следующей особенностью тепловоза является наличие двух генераторов половинной мощности каждый, расположенных по обеим сторонам дизеля и соединенных с главным валом дизеля при помощи полуэластичных муфт. Генераторы взяты специального типа, строившиеся заводом «Вольта» для наших подводных лодок. Эти машины десятиполюсные с дополнительными полюсами и с принудительной вентиляцией. Вентилятор приводится во вращение мотором каждый мощностью 3 квт, получающим энергию нормально от возбuditеля, а на стоянке—от аккумуляторной батареи. Воздух засасывается вентилятором из кузова, омывает поверхность якоря, катушек и коллектора, после чего выбрасывается в окно, расположенное в кожухе генератора снизу. Благодаря принудительной вентиляции генераторы получились по весу легкие. Вес генератора— 8,3 т, а вес муфты — около 1 т.

Применение двух генераторов объясняется наличием уже имевшегося комплекта генераторов с подводной лодки. Подобная установка вызвала увеличение длины тепловоза, усложнила уход и ремонт.

Генераторы могут соединяться последовательно и параллельно; параллельное соединение дает ток 3 000 амп (общий); при напряжении в 250 вольт, что соответствует максимальной силе тяги на затяжных подъемах; последовательное соединение дает ток в 1 500 амп при 500 вольтах, что соответствует максимальной скорости тепловоза.

Эта система, имеющая свои положительные теоретические достоинства, на практике оказалась неудобной, так как при переключении с параллельного

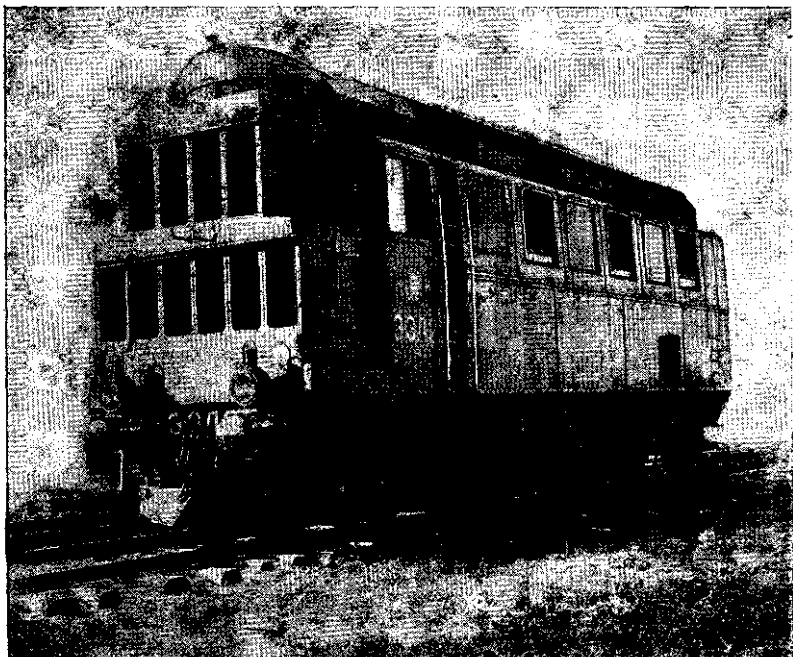
на последовательное и обратно сила тяги падает до нуля, вследствие чего, могут получаться толчки в составе и даже разрывы последнего.

Из других особенностей тепловоза Щ—ЭЛ—1 нужно указать на применение аккумуляторной батареи для пуска дизеля. Электрический запуск дизеля чрезвычайно прост и удобен, но имеет свои большие недостатки: аккумуляторная батарея выходит чрезвычайно тяжелой (на тепловозе Щ—ЭЛ—1—7 т: при двигателе в 1 000 л. с.), требует внимательного ухода и недостаточна стойка в работе.

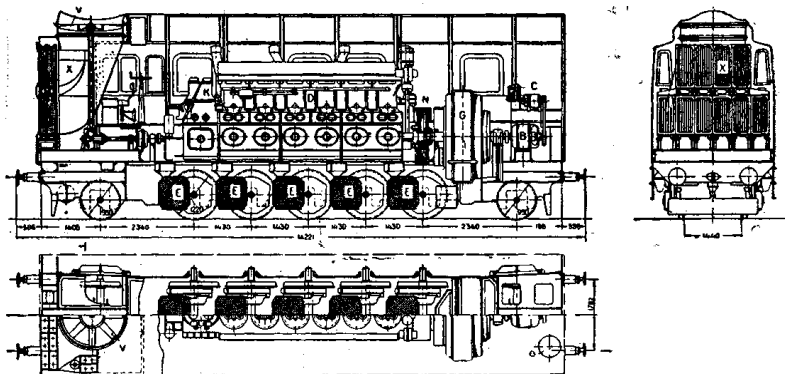
В отношении системы охлаждения следует отметить, что большая поверхность радиаторов обеспечивает тепловоз от затруднений с охлаждением воды дизеля в жаркую погоду. Здесь удачна применена всасывающая вентиляция и частичное использование встречного потока воздуха.

Как видно из фигуры 4, элементы холодильника расположены в нишах передней и задней частей крыши тепловоза, выше же холодильников находятся четырехлопастные пропеллеры-вентиляторы, проводящие воздух через элементы холодильника. Привод к вентиляторам осуществлен с помощью ременной передачи от шкива-муфты дизеля и затем через карданные валы. Эта конструкция оказалась весьма непрактичной.

В настоящее время тепловоз Щ—ЭЛ—1 не работает него намечено переделать в более мощный тепловоз, установив на нем современный мощный двигатель, так как при существующем двигателе Викаерса—1 000 л. с. нельзя хорошо использовать большой сцепной вес тепловоза—160 т. Несоответствие между сцепным весом и мощностью первичного двигателя является недостатком этого тепловоза.



Фиг. 9. Общий вид тепловоза Э—ЭЛ—2.



Фиг. 10. Внутреннее устройство тепловоза Э—ЭЛ—2.

# Основная характеристика тепловоза Э — ЭЛ — 2

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Тип . . . . .	1—5—1
Длина между буферами . . . . .	14 201 мм
База полная . . . . .	10 400 "
База жесткая . . . . .	5 720 "
Вес служебный общий . . . . .	124,8 т
Вес сцепной . . . . .	92,2 "

## Нагрузка

Передней бегунковой оси . . . . .	16,3 "
Сцепной оси . . . . .	17,5—19,25 "
Поддерживающей оси . . . . .	16,6 "
Коэффициент жесткости рессор бегунковой и поддер. оси . . . . .	109 кг/мм
" " " сцепной оси . . . . .	127 кг/мм
Запас топлива . . . . .	4,0 "
Запас воды . . . . .	1 "
Запас смазки . . . . .	1 "

## Разбег

Тележки для бегунковой оси . . . . .	± 90 мм
I сцепной оси . . . . .	0 "
II сцепной оси . . . . .	± 32 "
III сцепной оси . . . . .	± 10 "
IV сцепной оси . . . . .	± 32 "
V сцепной оси . . . . .	0 "
Поддерживающей оси . . . . .	± 90 "
Диаметр движущих колес . . . . .	1 220 "
Наибольшая скорость по конструкции . . . . .	50 км/час
Наибольшая сила тяги на ободу . . . . .	15 200 кг
Наибольшая мощность на ободу . . . . .	900 л. с.

## Главный двигатель и холодильник

Тип двигателя . . . . .	компрессорный
Диаметр цилиндров . . . . .	450 мм
Ход поршня . . . . .	420 "
Число цилиндров . . . . .	6
Наибольшее число оборотов . . . . .	450 об/мин
Предельное рабочее число оборотов . . . . .	350 "
Наибольшая эффективная мощность при оборотах 350 об/м . . . . .	1 000 л. с.
Охлаждение поршней . . . . .	водяное
Подача водяного насоса при оборотах дизеля . . . . .	49 м <sup>3</sup> /час
Подача масляного насоса . . . . .	5 "
Поверхность водяного холодильника . . . . .	672,5 м <sup>2</sup>
Поверхность масляного холодильника для машины . . . . .	134,5 "
Наибольшее число оборотов вентилятора холодильника и мощность . . . . .	1 200 об/мин.—10 л. с.
Наибольшая подача воздуха . . . . .	38,3 м <sup>3</sup> /сек
Коэффициент теплопередачи водяного холодильника . . . . .	47 ккал/м <sup>2</sup> /час
" " масляного " " . . . . .	18,9 "

## Электрическая передача

Генератор (динамомашина) тип GN 150/12 f

Число полюсов (главных) — 12.

Число полюсов (дополнительных) — 12.

Соединение полюсов — последовательное

Мощность 800 квт	{	Длительная при напряжении . . . . .	1 000 в
		и силе тока . . . . .	800 амп.
		100-минутная при напряжении . . . . .	600 в
		и силе тока . . . . .	1 330 амп.

Предельное рабочее число оборотов . . . . . 350 об/мин.  
 (предельное число оборотов снижено до 350 об/мин. в связи с наличием критического числа обо-  
 ротов дизеля при 360 — 410 об/мин.)

Возбуждение — независимое от возбудит. ля.  
 Число щеткодержателей 12 — по 6 щеток на каждом.  
 Рабочая поверхность щетки 15 × 30 мм

**Возбудительная группа по схеме Леонардо**

Главный возбудитель — тип. ST 144 генератор постоянного тока с независимым возбуждением.  
 Число полюсов — 4 главных.

„ „ — 4 дополнительных.  
 Соединение полюсов последовательное.

Мощность 12,5 квт

Напряжение 50 в

Сила тока 250 амп.

Число оборотов 550 об/мин.

Число щеткодержателей 4 по 3 щетки в каждом

Рабочая поверхность щетки 20 × 30 мм.

Возбуждение — независимое от аккумуляторной батареи.

Возбудитель приводится в движение при помощи зубчатой передачи от конца вала генератора.

Малый возбудитель — тип ГТС72 — компаунд — последовательная обмотка выключена.

Число полюсов главных — 4.

„ „ дополнительных — 4.

Число пальцев щеткодержателя 4 по 1 щетке на каждом

Мощность — 1 квт

Напряжение — 110 — 135 в

Сила тока — 9 амп.

Число оборотов 550 об/мин.

Приводится в движение посредством ременной передачи от вала главного возбудителя.

**Тяговые моторы**

Число моторов . . . . .	5
Тип мотора . . . . .	ГДТМ У/82 (последовательный.)
Число полюсов главных . . . . .	4
„ „ дополнительных . . . . .	4

Соединение полюсов — последовательное

Включение в главную цепь — параллельное

Передаточное число зубчаток — 1 : 6,14 (двухстороннее зацепление)

Расположение моторов — на отдельных осях

Мощность мотора 142 киловатт	}	Длительная при напряжении . . . . .	1 000 в
		силы тока . . . . .	160 амп.
		и числе оборотов . . . . .	835 об/мин.
		скорость . . . . .	25,6 км/час.
		100 минутные при напряжении . . . . .	660 в
		силы тока . . . . .	235 амп.
		и числе оборотов . . . . .	440 об/мин.
		скорость . . . . .	13,5 км/час

Число щеткодержателей 2, по 2 щетки в каждом

Вентиляция моторов — самовентилирующиеся

**Вспомогательное оборудование**

Аккумуляторная батарея — тип — свинцовая (кислотная)	
Число элементов . . . . .	54
Напряжение зарядного тока — . . . . .	от 100 до 140 в
Наибольший зарядный ток . . . . .	6 амп/час
Емкость при 3-часовом разряде . . . . .	60 „ „
Мотор нефтяного насоса с подачей	

**Марки предохранителей**

Тяговые моторы — трубчатый—2 вставки . . . . .	по 100 амп.
Возбудитель — трубчатый—1 вставка . . . . .	250 амп.
Аккумуляторная батарея . . . . .	25 амп.
Вспомогательная динамо . . . . .	25 „
Нефтяной мотор . . . . .	25 „
Освещение — общее . . . . .	10 „
Группы по . . . . .	6 „
Возбуждение вспомогательной динамо . . . . .	4 „
Контроллер . . . . .	10 „

**Веса отдельных частей**

Дизель . . . . .	25 000 кг
Генератор . . . . .	13 600 „
Тяговый мотор с зубчатой передачей . . . . .	3 600 „
Возбудительная группа . . . . .	682 „

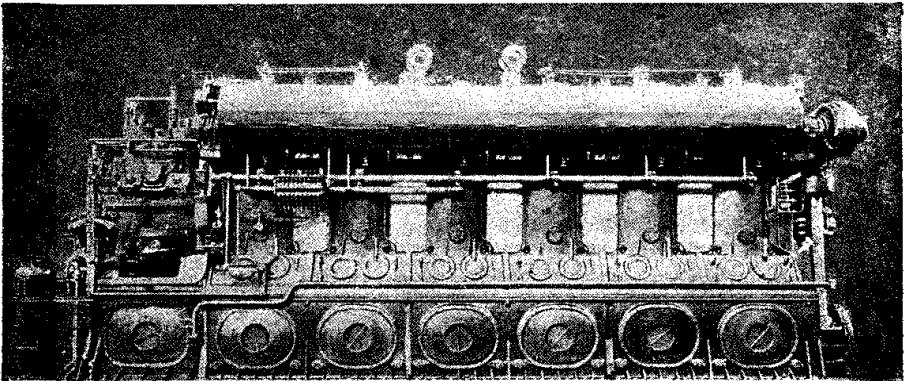


## Наибольшие скорости тепловоза

Конструкционная . . . . .	50 км/час
По рельсу типа IVa . . . . .	40 " "
То же со сплошными подкладками . . . . .	45 " "
По рельсу типа IIIa . . . . .	50 " "
” ” ” Ia . . . . .	50 " "
” ” ” Ia . . . . .	50 " "

Тепловоз Э—ЭЛ—2 был построен в 1922—1924 гг. по проекту русских инженеров в Германии, на заводе Эсслинген и в январе 1925 г. поступил на наши дороги.

В первоначальном виде, в котором тепловоз прибыл в СССР, он имел кроме основного холодильника еще тендер-холодильник. Это делало тепловоз весьма сложным в работе и недостаточно гибким при маневрировании, повороте на круге и обратном ходе. В 1928 г. тепловоз подвергся на Тепловозной базе коренным переделкам, которые вызывались необходимостью сделать управление им и обслуживание отдельных его агрегатов гибче, а также необходимостью освободиться от тендера-холодильника. В результате этих переделок тепловоз сделался вполне законченным эксплуатационным локомотивом.



Фиг. 11. Общий вид дизеля тепловоза Э—ЭЛ—2.

Основным источником энергии на тепловозе является 6-цилиндровый, 4-тактный компрессорный двигатель Д завода МАН, соединенный посредством полужесткой муфты N с генератором G (фиг. 10). На конце вала генератора имеется зубчатка, передающая вращение валу большого возбuditеля В, а этот последний посредством ременной передачи приводит в движение вал малого возбuditеля с. Таким образом для получения тока возбуждения генератора служат два возбuditеля, оба с независимым возбуждением. Малый возбuditель возбуждается током небольшой аккумуляторной батареи. Его

ток служит возбуждающим током для большого возбудителя. Ток последнего служит возбуждающим током генератора. От генератора ток идет к пяти тяговым моторам, сидящим по одному на каждой ведущей оси и передающим через зубчатки вращение осям тепловоза. Контроллер управления включен в цепь возбуждения большого возбудителя и благодаря незначительной силе тока, проходящего через него, имеет малые размеры и очень легкое управление. Таким образом контроллером управления можно регулировать силу тока цепи возбуждения большого возбудителя и тем самым менять силу тока и напряжение генератора, а следовательно, и тяговых моторов, в результате чего меняется скорость и сила тяги тепловоза.

На другом конце вала дизеля расположен компрессор к, который служит для зарядки воздухом пусковых баллонов, а также для пульверизации топлива, поступающего через форсунки в цилиндры дизеля.