

К. КОЗЬМИН  
В. ОЛЕЙНИКОВ

Современное  
локомотивостроение  
в СССР  
и за рубежом

ЛЕНИНГРАД

ОБЩЕСТВО ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ  
ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ РСФСР

Ленинградское отделение

---

Кандидаты технических наук  
К. Н. КОЗЬМИН, В. М. ОЛЕЙНИКОВ

# СОВРЕМЕННОЕ ЛОКОМОТИВОСТРОЕНИЕ В СССР И ЗА РУБЕЖОМ

Л Е Н И Н Г Р А Д  
1960

Научный редактор кандидат техн. наук *Г. В. Гроде*  
Редактор издательства *Г. С. Воробьев*  
Техн. редактор *А. М. Гурджиева*

---

М-22613

Объем  $2\frac{3}{4}$  печ. л.

Подписано к печати 26/XII-59 г.

Заказ № 982

Тираж 1500

---

Типография № 12 УПП Ленсовнархоза. Ленинград, Литейный пр., 55

В решениях XXI съезда КПСС, наряду с грандиозной программой дальнейшего развития промышленности и сельского хозяйства, науки и техники, роста благосостояния трудящихся, большое внимание уделено развитию железнодорожного транспорта и его коренной технической реконструкции путем замены паровозов современными экономичными локомотивами — электровозами и тепловозами.

Капитальные вложения в развитие железнодорожного транспорта за семь лет составят 110—115 млрд. рублей, или на 85—94 % больше, чем за предыдущие семь лет. Контрольные цифры развития народного хозяйства на 1959—1965 гг. предусматривают увеличение грузооборота по железным дорогам до 1800—1850 млрд. тонно-километров, т. е. рост на 39—43 %.

Советские железнодорожники, совершенствуя эксплуатацию, будут осваивать непрерывно возрастающие перевозки. За семь лет оборот вагона должен быть ускорен не менее чем на 12 часов, дальность перевозок сокращена до 780 км, производительность труда повышена на 34—37 % и себестоимость перевозок снижена на 22 %.

Коренная техническая реконструкция железнодорожного транспорта сделает его одной из самых высокопроизводительных и рентабельных отраслей народного хозяйства, обеспечит повышение производительности труда и значительное снижение себестоимости перевозок. Железные дороги будут полнее удовлетворять потребности в возрастающих перевозках промышленных и сельскохозяйственных изделий и во взаимодействии с другими видами транспорта обеспечат быструю и бесперебойную перевозку всех народнохозяйственных грузов.

В настоящей работе излагаются основные данные о внедрении современных прогрессивных видов тяги в СССР и за границей по этапам их исторического развития, характеристики различных типов современных локомотивов, их принципиальное устройство и работа, а также перспективы развития и усовершенствования их на базе отечественного и заграничного опыта и научно-технических разработок.

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТЯГА**

### **Электрическая тяга на железных дорогах СССР**

В 1920 г. VIII съезд Советов утвердил план ГОЭЛРО, составленный по указанию В. И. Ленина. В плане был впервые решен вопрос о комплексном развитии электрической тяги на железных дорогах нашей Родины.

Начиная с 1924 г., разрабатываются проекты по переводу отдельных участков на электрическую тягу, определяются титульные списки будущих электрифицированных линий, устанавливаются сроки ввода в действие участков, готовятся кадры специалистов, организуется и налаживается промышленное производство всех видов оборудования для электрификации железных дорог.

В 1926 г. на электрическую тягу было переведено пригородное движение на участке Баку—Сабунчи—Сураханы. Затем началось движение пригородных электрических поездов на линии Москва—Мытищи (1929 г.).

В 1932 г. введена в эксплуатацию электрическая тяга на первом магистральном участке Хашури—Зестафони Закавказской ж. д. (Сурамский перевал). В 1933 г. открылось движение электровозов на перевальном участке Кизел—Чусовская Свердловской ж. д. В том же году вступила в строй электрифицированная пригородная линия Ленинград—Ораниенбаум (Ломоносов).

В 1940 г. на электрической тяге работали участки Тбилиси—Зестафони, Мурманск—Кандалакша, Запорожье—Долгинцево, Минеральные воды—Кисловодск, Пермь—Чусовская—Усольская, Чусовская—Кушва, Свердловск—Смычка, Белово—Сталинск и ряд участков, обслуживающих пригородное движение, в основном Московского и Ленинградского узлов.

На электрическую тягу в первую очередь переводились участки горного профиля, пригородные участки и

участки, расположенные в районах, обеспеченных гидроэнергией.

На электрифицированных дорогах СССР в первый период электрификации применялась система электрической тяги постоянного тока с напряжением в контактном проводе 1500 в. Затем напряжение было увеличено до 3000 в.

Принципиальная схема работы электрических железных дорог по системе постоянного тока показана на рис. 1.

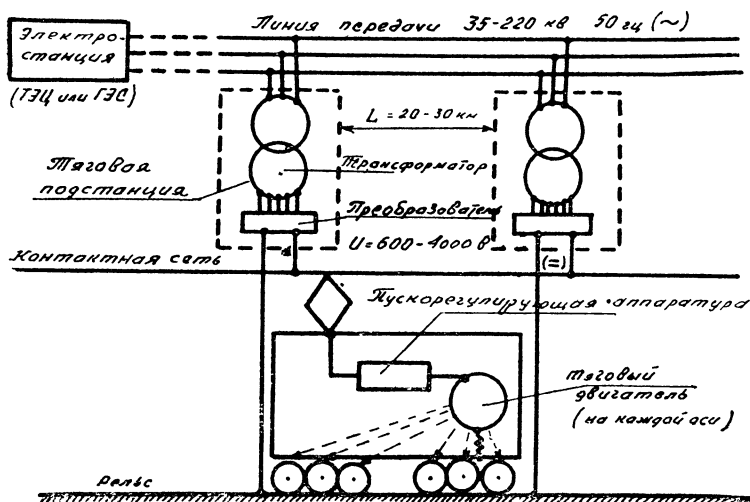


Рис. 1 Система электротяги постоянного тока.

При этой системе на электроподвижном составе устанавливаются тяговые двигатели постоянного тока, которые питаются непосредственно от контактной сети, без преобразования электроэнергии на локомотиве. Система электрической тяги постоянного тока с напряжением 3000 в надежна в работе и дает большой технико-экономический эффект.

Однако система электротяги на постоянном токе требует наличия тяговых подстанций постоянного тока, которые представляют собой довольно сложные и дорогие установки.

Сооружение большого числа подстанций и необходимость применения проводов контактной сети большого сечения значительно удорожает и усложняет энергоснабжение электрических железных дорог постоянного тока.

Подвижной состав системы электротяги постоянного тока обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с другими системами, потому что оборудован простыми и надежными двигателями постоянного тока последовательного возбуждения, отличающимися хорошей тягой и надежной конструкцией. Эти двигатели питаются непосредственно от контактной сети постоянного тока без промежуточных звеньев. Подвижной состав постоянного тока проверен долголетним опытом и является совершенным и надежным в эксплуатации.

Таким образом, главным преимуществом системы постоянного тока является применение простых надежных и коммутационностойких тяговых двигателей.

Для системы электротяги постоянного тока в предвоенные годы строился и электроподвижной состав.

Первый отечественный электровоз серии ВЛ19 имени В. И. Ленина типа  $0-3_0+3_0-0$  был построен в 1932 г. на заводе «Динамо» в кооперации с Коломенским заводом и имел тяговые электродвигатели постоянного тока часовой мощностью по 340 квт. Затем был создан пассажирский электровоз постоянного тока серии ПБ типа  $2-3_0-2$  со сдвоенными тяговыми двигателями, общей мощностью 2760 л. с. и конструктивной скоростью 130 км/час. В дальнейшем выпускались электровозы ВЛ22 типа  $0-3_0+3_0-0$  с нагрузкой на ось 22 т.

Во время Великой Отечественной войны и в годы послевоенных пятилеток были переведены на электротягу участки с тяжелым горным профилем: Челябинск—Кропачево, Богословск—Кушва—Смычка, ряд участков Закавказской ж. д., широко развернулись работы по электрификации наиболее загруженной в стране линии Новосибирск—Челябинск и пригородного движения в Московском, Ленинградском, Киевском, Рижском и других железнодорожных узлах.

В соответствии с контрольными цифрами развития народного хозяйства, утвержденными XXI съездом КПСС, в 1959—1965 гг. будут электрифицированы важнейшие магистрали: Москва—Куйбышев—Иркутск—Дальний Восток, Москва—Горький—Свердловск, Москва—Ка-

зань—Свердловск, Караганда—Магнитогорск—Уфа, Москва—Харьков—Ростов—Минеральные Воды и другие, в результате чего сеть электрифицированных дорог увеличится примерно в три раза и достигнет 30 тыс. км. При этом 11 тыс. км ж. д. намечается электрифицировать по системе электротяги переменного тока.

В послевоенные годы (с 1946 г.) начали строить электровозы ВЛ22<sup>м</sup> с шестью тяговыми двигателями по 400 квт каждый и общей мощностью 3260 л. с. Эти электровозы до последнего времени были основной серией локомотива электрифицированных железных дорог СССР.

Для обеспечения нормальной работы электрифицированных железных дорог в течение семилетия будет построено более 5000 магистральных электровозов.

В 1953 г. Новочеркасским заводом выпущен первый восьмиосный электровоз постоянного тока Н8 с колесной формулой 0—2<sub>0</sub>+2<sub>0</sub>+2<sub>0</sub>+2<sub>0</sub>—0, нагрузкой на ось 23 т и тяговым двигателем мощностью около 525 квт. Общая мощность тяговых двигателей этого локомотива достигает 5560 л. с.

В 1957 г. на дороги сети поступили электровозы постоянного тока ВЛ23 с колесной формулой 0—3<sub>0</sub>+3<sub>0</sub>—0, нагрузкой на ось 23 т и тяговыми электродвигателями мощностью 525 квт каждый.

Моторвагонные секции постоянного тока, начиная с 1922 г., выпускались заводом «Динамо» в кооперации с Мытищинским и другими заводами. Вначале строились трехвагонные секции серии С<sup>в</sup> с тяговыми электродвигателями мощностью 150 квт, а затем С<sup>д</sup> с тяговыми двигателями 165 квт.

В 1947 г. моторвагонный подвижной состав выпускается рижскими вагоностроительным и электромеханическим заводами. Эти заводы создали несколько новых образцов моторвагонных секций постоянного тока (серии С<sup>р</sup>, С<sup>р</sup><sub>3</sub>, ЭР-1) с тяговыми двигателями повышенной мощности (200 квт), рассчитанными на скорость до 130 км/час и ускорением 0,72 м/сек<sup>2</sup> против 0,45 м/сек<sup>2</sup> у секций старых типов.

При современном состоянии техники можно считать, что напряжение постоянного тока в контактной сети для магистральной тяги нецелесообразно принимать более 3000 в. Дальнейшее повышение напряжения, например до 4500 в, при питании двигателей от сети, привело бы к по-



вышению их веса на единицу мощности и, следовательно, к ухудшению тяговых показателей электроподвижного состава.

В течение последних 25 лет в СССР и за границей проводились работы по изучению системы электрической тяги переменного тока, которая требует меньших затрат на сооружение устройств энергоснабжения и позволяет построить электровозы, превосходящие по своим тяговым качествам электровозы постоянного тока.

Исследования, проведенные Академией наук СССР и Всесоюзным научно-исследовательским институтом железнодорожного транспорта в 1950—1957 гг., показали, что при питании электрической тяги от общих энергетических систем наиболее прогрессивной для грузонапряженных железных дорог будет система однофазного переменного тока промышленной частоты с преобразователями электроэнергии, установленными на электровозах. Число тяговых подстанций при этой системе можно сократить в 3—4 раза, резко упростить их оборудование, довести напряжение в контактом проводе до 20—25 кв и, следовательно, в несколько раз уменьшить сечение контактного провода, облегчить опоры, снизить потери электроэнергии.

Применение последних достижений науки и техники в конструировании выпрямителей позволяет создавать локомотивы переменного тока устойчивыми в работе и по своим характеристикам превосходящие локомотивы системы постоянного тока.

При электрической тяге однофазного переменного тока промышленной частоты (рис. 2) значительно упрощаются и удешевляются устройства энергоснабжения. Напряжение в тяговой сети может быть повышено до 20—25 кв. При этих условиях расстояние между тяговыми подстанциями увеличится до 60 км, а сечение проводов контактной сети уменьшится. Расходы на сооружение контактной сети снижаются в 1,3—1,7 раза, расход цветных металлов уменьшается в 2—2,5 раза, черных металлов — на 7—16%, цемента — на 22—32%.

При электрической тяге однофазного тока промышленной частоты значительно упрощаются тяговые подстанции, на которых устанавливаются в качестве преобразовательных агрегатов только трансформаторы. Таким образом, система электрической тяги однофазного тока

промышленной частоты, имея существенные экономические и технические преимущества по сравнению с другими видами тяги, получит широкое развитие.

В Советском Союзе в настоящее время по этой системе электрифицирован опытный эксплуатационный участок Ожерелье—Павелец. Введен в эксплуатацию участок

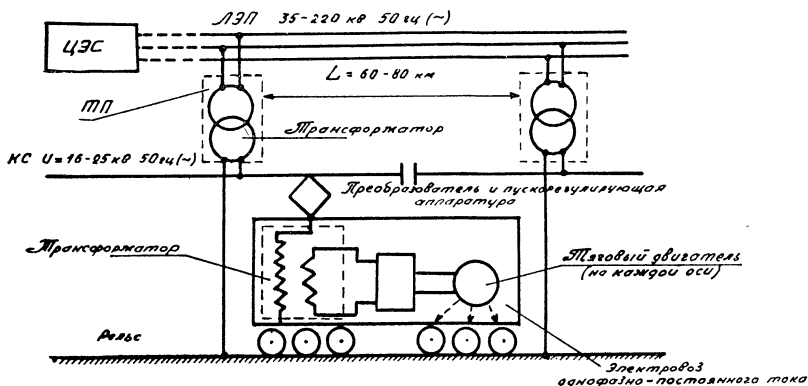


Рис. 2. Система электротяги однофазного тока нормальной частоты (50 Гц).

Красноярской ж. д. Чернореченская—Клюквенная — 275 км. Построены и испытаны первые электровозы однофазно-постоянного тока серии НО1 с ионными преобразователями отечественного производства. Питание электровозов осуществляется от контактной сети с напряжением 22 кВ. Конструктивная скорость 75 км/час. Мощность двигателей 3450 л. с.

В 1958 г. Новочеркасский завод выпустил магистральный шестиосный электровоз переменного тока Н60 с ионитронным выпрямителем, мощностью 5400 л. с. Питание осуществляется от контактной сети с напряжением 25 кВ; конструктивная скорость 110 км/час.

В настоящее время намечается построить магистральный грузовой восьмиосный электровоз переменного тока Н80 с ионитронными выпрямителями, мощностью до 7200 л. с. и конструктивной скоростью 100—110 км/час.

В 1958 г. Рижский электромашиностроительный завод (РЭЗ) и Рижский вагоностроительный завод (РВЗ) разработали технический проект электропоезда переменного

тока ЭР-7. Новый проект выполнен не на 20 кв, а на 25 кв. Игнитроны типа ИС-150 заменены игнитронами типа ИС-200. Маневровая позиция осуществлена с ослаблением поля до 60 %, имеется и ряд других изменений.

Электропоезд ЭР-7 состоит из 10 вагонов (по типу вагонов ЭР-1): головного, моторного, прицепного, моторного, моторного, прицепного, моторного, прицепного, моторного, головного. Допускается другое формирование поезда в пределах от 4 до 10 вагонов. В головном и моторном вагонах по 88 мест для сидения, в прицепном 110. Всего в 10 вагонах 946 мест.

Применение электропоездов на переменном токе дает возможность повысить скорость в пригородном движении на 30 % по сравнению с электропоездами, состоящими из электросекций Сз<sup>р</sup>. В этих поездах создаются лучшие условия для пассажиров: удобные сиденья, калориферное отопление, приточная вентиляция, раздвижные двери с электропневматическим централизованным управлением. На вагоностроительных заводах разрабатывается проект восьмивагонных электропоездов с длиной вагона 24 метра.

Кроме проектируемых электропоездов переменного тока с игнитронными выпрямителями, проводятся работы по созданию электросекций с полупроводниковыми выпрямителями и автоматическим управлением движения (автомашинистом).

### **Эффективность и преимущества электрической тяги**

При введении электрической тяги значительно увеличивается пропускная способность железных дорог, ускоряется доставка грузов и пассажиров к месту назначения, обеспечивается бесперебойная работа железнодорожных линий в зимнее время, улучшаются условия работы локомотивных бригад. Большая мощность электровозов и высокие скорости движения поездов с электрической тягой дают возможность повысить производительность труда, сократить парк локомотивов и вагонов и эксплуатационные расходы. С введением электрической тяги значительно сокращается расход топлива, уменьшается число работников служб тяги и эксплуатации.

Электрификация линий требует значительно меньше металла и лесоматериалов по сравнению с другими воз-

можными реконструктивными мероприятиями, увеличивающими пропускную способность дорог (постройка вторых путей и т. п.). Так, например, если принять капиталовложения во вторые пути за 100 %, то затраты на электрификацию однопутной линии меньше на 34,5 %, а провозная способность при введении электротяги увеличивается более чем в два раза. Опыт показывает, что при электрической тяге время оборота вагона сокращается на 10—12 %<sup>1</sup> при повышении участковой скорости грузовых поездов в среднем на 30—40 %.

Коэффициент полезного действия электровозов при питании электроэнергией от тепловых электростанций составляет 16—18 %, а при использовании энергии теплоэнергоцентралей, оборудованных котлами высокого давления, коэффициент полезного действия электротяги повышается до 27—30 %<sup>1</sup> и более. Еще выше коэффициент полезного действия электротяги при использовании энергии гидроэлектрических станций. Если принять, что условия передачи энергии остаются такими же, как и при питании от ТЭС, то при получении электроэнергии от ГЭС коэффициент полезного действия электротяги с учетом всех потерь превышает 60 %.

При электрической тяге по сравнению с паровой экономия топлива составляет 60—70 %<sup>1</sup>.

Преимущества электротяги особенно ярко сказываются при использовании электровозами дешевой электроэнергии ГЭС. В этом случае полностью сберегается топливо, а эксплуатационные издержки электроэнергии сокращаются в 3—4 раза по сравнению с затратами на энергию, получаемую от ТЭС.

Одной из особенностей электротяги является рекуперация электрической энергии, т. е. возврат электроэнергии в контактную сеть. Обычно при движении поезда по горизонтальному пути или на подъемах тяговые двигатели электровозов потребляют электрическую энергию и превращают ее в механическую работу. При движении же поезда под уклон электродвигатели начинают действовать как генераторы, превращая механическую энергию в электрическую, которая возвращается в контактную сеть.

Например, на Сурамском перевале Закавказской ж. д. отдача энергии в контактную сеть поездами составляет 20—28 %<sup>1</sup> по отношению к общему количеству потребленной энергии.

Работа электровозов на рекуперации обеспечивает также безопасность движения, так как гарантирует надежное торможение поездов, идущих под уклон.

На действующих электрифицированных линиях по сравнению с ранее существовавшей здесь паровой тягой эксплуатационные показатели работы резко улучшаются.

Т а б л и ц а 1

Показатели	Увеличение по сравнению с паровой тягой, в %	
	на двухпутных линиях	на однопутных линиях
Вес поезда . . . . .	110—130	120—160
Количество пар поездов . . . . .	140—160	150—170
Скорость движения поездов . . . . .	130—160	140 - 170
Пропускная способность . . . . .	130—200	140 - 250
Производительность электровоза . . .	200—350	180—300
Провозная способность . . . . .	150—200	200—250

Введение электровозной тяги на железных дорогах высвобождает большое количество паровозов, так как каждый электровоз серии ВЛ22 и ВЛ22<sup>м</sup> заменяет 3—4 паровоза серии Э<sup>м</sup>, ФД, СО и других.

Капиталовложения в электрификацию могут окупиться на грузонапряженных линиях за два-три года, а на линиях средней грузонапряженности за четыре-шесть лет.

При электрификации заграничных железных дорог применяются следующие системы электрической тяги: постоянного тока, трехфазного тока, однофазного тока пониженной частоты и однофазного тока промышленной (нормальной) частоты.

Удельный вес различных систем электротяги в общей длине заграничных электрифицированных железных дорог характеризуется следующими данными (в %):

Постоянный ток 3 кв . . . . .	25,9
"      "      1,5 кв . . . . .	21,8
"      "      других напряжений . . . . .	9,3
Однофазный ток 50 гц; от 6,6 до 25 кв . . . . .	2,4
"      "      25 гц; от 6,6 до 11 кв . . . . .	4,5
"      "      16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub> гц; 12 и 15 кв . . . . .	3,0
Трехфазный ток 16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub> гц; 3,7 кв . . . . .	3,1

Системы постоянного тока охватывают 57% всей длины электрифицированной сети железных дорог, системы однофазного тока — 39,9% и система трехфазного тока — 3,1%.

Система электрической тяги постоянного тока получила наиболее широкое практическое применение на железных дорогах Франции, Италии, Англии, Японии и на ряде железнодорожных участков Бельгии, Голландии, Дании, Индии, Польши, Югославии, Испании и Португалии.

Основным преимуществом системы однофазного тока пониженной частоты является возможность повышения напряжения в тяговой сети до 10—15 кв и более. На электровазонах однофазного тока устанавливаются трансформаторы, понижающие напряжение тяговой сети до 400—600 в, которое подается на тяговые коллекторные двигатели последовательного возбуждения. На железных дорогах Германии, Швейцарии, Австрии, Швеции и на ряде участков Венгрии, Румынии и Норвегии используется однофазный ток частотой  $16\frac{2}{3}$  гц.

Снабжение электрических железных дорог однофазным током частотой  $16\frac{2}{3}$  гц осуществляется от специальных электростанций или от сетей общего пользования нормальной частоты.

В первом случае для питания железных дорог существуют специальные электрические станции, вырабатывающие однофазный ток частотой  $16\frac{2}{3}$  гц и специальные линии электропередачи; при таких условиях комплексное энергоснабжение электрических железных дорог, а также промышленных и сельскохозяйственных потребителей — невозможно.

Во втором случае применяются тяговые подстанции с вращающимися преобразователями фаз и частоты, которые дорого стоят и малоэкономичны.

В США для питания электрических железных дорог используется однофазный ток частотой 25 гц, получаемый от электростанций общего пользования.

В настоящее время достижения электромашиностроения и электротехники на железных дорогах мира позволяют создать достаточно экономичные и надежные в работе электровазона и моторвагонные электросекции, рассчитанные для работы при однофазном переменном токе промышленной частоты (50 гц) в тяговой сети. Этот вид

тяги распространен на железных дорогах Франции, Японии, на железнодорожных участках Венгрии и др. стран.

Система электрической тяги трехфазного тока получила практическое применение главным образом на некоторых участках железных дорог Италии. При этой системе электрической тяги применяется двухпроводная контактная сеть, по проводам которой к электроподвижному составу подводятся две фазы, а третья фаза подводится через рельсы.

Электроподвижной состав имеет понижающий трансформатор и асинхронные тяговые двигатели. Тяговые подстанции весьма просты по конструкции. Основным недостатком трехфазного тока является очень сложная контактная сеть, особенно на крупных станциях, не обеспечивающая надежности токоснимания при больших скоростях движения. Небольшие электрические зазоры между проводами воздушной сети практически не позволяют поднять напряжение выше 6—10 кв. Вследствие этих недостатков система электрической тяги трехфазного тока не получила широкого практического применения, а ряд участков, ранее электрифицированных по этой системе, в последующем был переведен на постоянный ток.

### **Электрическая тяга на железных дорогах в странах народной демократии**

Индустриализация стран народной демократии способствует развитию электрификации железных дорог.

В Польше к началу 1956 г. уже имелось 400 км электрифицированных железнодорожных участков, а к 1960 г. должно быть электрифицировано 900 км линий, в том числе такие важные железнодорожные направления как Краков—Катовице—Вроцлав и Варшава—Катовице.

Намечается к постройке несколько сот электропоездов.

Обслуживание грузовых и пассажирских поездов в Польше производится пассажирскими и универсальными электропоездами типа  $B_0-B_0$  и  $C_0-C_0$ . В перспективе в Польше намечено электрифицировать 7000 км железных дорог, что позволит перевести на электрическую тягу 85 % грузовых перевозок. Дальнейшая электрификация будет проводиться на постоянном токе 3000 в, так как переход на другую систему тока вызвал бы большие осложнения и задержку работ по электрификации.

В Чехословакии завершаются работы по электрификации важнейшего направления: Чоп—Кошице—Жилина—Брно, и к 1960 г. намечено электрифицировать свыше 750 км железнодорожных линий, а в последующем до 3000 км. Для первого этапа электрификации выбрана система постоянного тока 3000 вольт.

В ГДР в 1956 г. вступили в строй электрифицированные железнодорожные участки Галле—Кетен и Галле—Виттерфельд—Дессау, и намечено до 1960 г. электрифицировать еще 480 км железнодорожных линий дальнего следования на однофазном переменном токе частотой  $16\frac{2}{3}$  герц.

Основные серии электровозов «Е» типа 1—С<sub>0</sub>—1, В<sub>0</sub>—В<sub>0</sub> и С<sub>0</sub>—С<sub>0</sub> и моторные вагоны на дорогах ГДР имеют индивидуальный привод движущих осей, эластичное и опорноосевое подвешивание.

Для тяги скорых и пассажирских поездов дальнего следования в качестве перспективного намечается электровоз средней мощности на однофазном токе напряжением 15 кв и частотой  $16\frac{2}{3}$  гц. Он должен развивать максимальную скорость 140 км/час.

Новые электрифицированные железнодорожные участки на переменном токе вводятся в эксплуатацию в Венгерской Народной Республике.

Первая магистральная линия, электрифицированная на переменном токе промышленной частоты, связывает западную пограничную станцию Хедношхален с Будапештом. Началась электрификация другой основной линии — Будапешт—Мишкольц. Эта линия идет на восток от Будапешта и имеет такую же протяженность и характер, как и линия Будапешт—Хедношхален. Участок Будапешт—Хотван был введен в эксплуатацию в 1956 г. В настоящее время принято решение для венгерских железных дорог и для венгерской промышленности строить электровозы на постоянном токе и на переменном с вращающимися преобразователями. В Венгрии электрифицированные участки пути не имеют крутых подъемов и можно легко обойтись электровозами со сравнительно небольшими мощностями. Всего намечено построить в ближайшее время 30 электровозов мощностью 1500 л. с.; они будут применяться для обслуживания грузового движения.



Электрификация железных дорог Китая осуществляется с применением более экономичной системы однофазного переменного тока напряжением 25 кв и частотой 50 герц. Электровозы будут строиться мощностью 3—4 тыс. квт, нагрузка от колесной пары на рельсы не более 23 т, максимальная скорость на площадке 80—110 км/час для грузового электровоза и 120—140 км/час для пассажирского.

В Народной Республике Болгарии в настоящее время еще нет электрифицированных железных дорог. Намечается электрифицировать 360 км дорог с относительно тяжелым профилем и большим движением. На втором этапе, с 1961 по 1965 г., электрифицируются 590 км дорог с тяжелым профилем пути. На третьем этапе строительства (1966—1970 гг.) будет электрифицировано 550 км, куда входят преимущественно равнинные участки.

Вопрос о системе тока в настоящее время еще окончательно не решен.

Наиболее приемлемы для обслуживания электрифицированных линий универсальные четырехосные и шестиосные электровозы с нагрузкой на ось 20 т; они пригодны для грузовой и пассажирской работы.

Мощность электровозов составит для четырехосных 2200—2400 квт и для шестиосных 3300—3600 квт.

### **Электрическая тяга в капиталистических странах**

Электрификация железных дорог в капиталистических странах началась еще в конце XIX в. и в настоящее время достигла значительных размеров лишь в Швейцарии, Италии, Голландии, Швеции.

Электрическая тяга на железных дорогах США имеет незначительный удельный вес, а в последние годы происходит даже сокращение протяженности электрифицированных железных дорог.

Эксплуатация электрифицированных линий в США началась в 1895 г., т. е. после того, когда был электрифицирован участок на линии Балтимора—Огайо длиной 6,5 км (Балтиморский тоннель), на постоянном токе 675 вольт.

В настоящее время общая протяженность электрифицированных железных дорог США составляет примерно 4000 км, или 1,1 % эксплуатационной длины.

Для электрической тяги используется постоянный ток напряжением 600, 675, 1200, 1500, 2400 и 3000 в и переменный ток напряжением 11 000 и 25 000 вольт.

На постоянном токе работает около 3000 км линий, из них: на напряжении 600, 650, 675 в — 1250 км (главным образом пригородные линии), на напряжении 3000 в — немногим больше 1200 км, на напряжении 1200 в — около 300 км.

Низкий удельный вес электротяги в работе железных дорог США объясняется несколькими причинами.

Железнодорожная сеть США очень развита, причем между отдельными узловыми пунктами часто проходит несколько параллельных железнодорожных линий, принадлежащих различным компаниям, вследствие этого многие линии недостаточно загружены и электрификация их считается экономически нецелесообразной.

Капиталовложения в стационарные силовые установки, к которым относятся контактная сеть и подстанции, в США облагаются налогом, тогда как подвижной состав, включая и локомотивы, налогом не облагается.

В европейских условиях электровозная тяга получила более широкое развитие, чем тепловозная. Это происходит главным образом потому, что большинство европейских стран не имеет достаточных нефтяных запасов, но располагает гидроэлектрическими ресурсами.

Наиболее распространена электровозная тяга в Швейцарии. В этой стране электрифицировано 97% всех железных дорог, работающих на однофазном токе 15 000 в, с частотой  $16\frac{2}{3}$  гц.

Для Готтардской, очень загруженной горной железной дороги в Швейцарии в 1931—1932 гг. были построены два четырнадцатисных электровоза, состоящих из двух семиосных единиц общей мощностью 6600 л. с. В 1940 г. был построен электровоз из двух единиц такого же типа серии Ae8/14 мощностью 12 000 л. с. Когда электровоз трогался с места, он мог развивать наибольшую силу тяги 50 000 кг, что превосходило предел прочности винтовой стяжки, которой оборудовано большинство вагонов на железных дорогах Швейцарии. Поэтому оказалось целесообразным строить сдвоенные электровозы, в виде двух самостоятельных единиц. Так возник в 1941 г. электровоз серии Ae4/7, который имеет по концам поворотные

двухосные тележки новой конструкции. Это самые легкие электровозы однофазного тока.

Швейцарским заводом выпущен новый тип электровоза на двух трехосных тележках серии Ae6/6; он имеет мощность 6000 л. с. в одной секции.

На французских железных дорогах до 1941 г. было электрифицировано 500 км на однофазном токе напряжением от 3300 до 15 000 в; 300 км эксплуатировались на постоянном токе 1500 в, а остальные линии работали на постоянном токе разных напряжений. Постоянный ток 1500 в был принят как стандартная система тока. Дальнейшая электрификация в основном проводилась на железной дороге Париж—Дижон—Лион с последующим удлинением ее до Марселя.

Для вновь электрифицируемых участков однофазного тока с пассажирским и грузовым движением были построены четырехосные электровозы В<sub>0</sub>-В<sub>0</sub> на двухосных тележках и курьерские электровозы 2-Д<sub>0</sub>-2 (или 2-4-2). Электровоз В<sub>0</sub>-В<sub>0</sub> имеет мощность 2400 л. с., максимальную скорость 105 км/час и сцепной вес 80 т. Курьерский электровоз тянет поезд весом 900 т на горизонтальном пути со скоростью 140 км/час и на пяти тысячном подъеме — поезд весом 1000 т со скоростью 95 км/час.

Во Франции проводится дальнейшая электрификация действующей линии Валансьен—Тионвиль на однофазном токе 50 гц. Электрифицируются линия Валансьен—Лилль и линии, расположенные в районе Тионвилля и Меца, общей протяженностью 340 км. На новых участках будут работать шестиосные электровозы, однофазно-постоянного тока с вращающимися преобразователями, четырехосные электровозы однофазно-постоянного тока с интронными выпрямителями, четырехосные электровозы с коллекторными тяговыми двигателями однофазного тока 50 гц.

В марте 1955 г. на прямом участке пути длиной 66 км между станциями Ламот и Морсене проводились испытания электровозов СС 7107 и ВВ 9004, работающих на постоянном токе при напряжении 1500 в. Во время испытания электровоз СС 7107, ведя состав из трех пассажирских вагонов общим весом 100 т, развил скорость 331 км/час. Такую же скорость показал и электровоз ВВ 9004.

В апреле 1955 г. были проведены опыты вождения электровоза без локомотивной бригады на линии Париж—Ман (18 км). Управление электровозом осуществлялось при помощи ультракоротких волн, посылаемых радиопередатчиком, установленным в здании подстанции. Движение электровоза контролировалось с автотрисы, шедшей по соседнему пути.

На железных дорогах Швеции электрическая тяга начала применяться около 50 лет назад. В настоящее время на электрифицированных магистралях выполняется 87% всех перевозок. Используя энергию порожистых рек, железные дороги Швеции для осуществления перевозок получают дешевую электрическую энергию в достаточном количестве. На дорогах работают в основном трехосные электровозы старой постройки. Они имеют общий двигатель на три колесные пары, соединенные между собой дышлами. На четырехосных и пятиосных электровозах постройки последних лет есть индивидуальный двигатель на каждой ведущей оси.

В Англии электрифицировано около 5%<sup>1</sup> всех железных дорог. На электрифицированных линиях курсируют электрические моторвагонные поезда на постоянном токе 650 в, с третьим контактным рельсом. Грузовые поезда обслуживаются как паровой тягой, так и электровозами. Новая линия Ливерпуль—Стрит—Шеффилд—Хаттен, которая была электрифицирована в 1949 г. на постоянном токе 1300 в, имеет верхний контактный провод. На ней также курсируют электрические поезда из моторвагонных секций.

За последние годы английской промышленностью были выпущены шестиосные электровозы типа  $C_0-C_0$  на постоянном токе напряжением 600 в; они могут питаться как от третьего контактного рельса, так и от верхнего контактного провода. Мощность электровоза 1500 л. с., вес в рабочем состоянии 102,5 т, наибольшая скорость 120 км/час.

В ФРГ в 1955 г. электрифицирован по системе однофазного тока железнодорожный участок длиной около 30 км, обслуживающий рейнские разработки бурых углей. На этом участке работают сочлененные электровозы весом 240 т, состоящие из двух секций осевой формулы 0-2<sub>0</sub>—2<sub>0</sub>-0. Электровозы обеспечивают тягу составов весом 2000 т из карьеров по подъемам до 25‰<sub>00</sub>, допускают

широкое применение рекуперативного торможения и управляются (две секции) одним машинистом. В отличие от магистральных железных дорог, напряжение в контактной сети принято 6 кв. Это позволяет отказаться от установки на моторгенераторных электровозах понижающих трансформаторов.

Следует заметить, что электрическая тяга в странах Западной Европы усиленно развивалась в 1937—1955 гг.: если в 1937 г. было 15,7 тыс. км электрифицированных магистральных железных дорог, то к 1956 г. их стало 28,1 тыс. км. В последний период темпы электрификации дорог были невелики — всего 650—700 км в год.

Таблица 2

Страны	Всего локомотивов		В том числе					
	1950 г. <sup>1</sup>	конец 1958 г. <sup>2</sup>	паровозов		тепловозов		электровозов	
			1950 г.	конец 1958 г.	1950 г.	конец 1958 г.	1950 г.	конец 1958 г.
Австрия . . . .	2148	1617	1883	1159	17	97	248	361
Англия . . . . .	19674	17113	19537	16959	128	83	9	71
Бельгия . . . .	2727	1903	2696	1542	5	202	26	159
ФРГ . . . . .	13363	11332	12800	9387	103	1284	460	661
Греция . . . . .	255	178	243	178	6	Нет данных	6	Нет данных
Дания . . . . .	631	512	623	414	8	98	—	—
Италия . . . . .	5205	4801	3639	3082	59	100	1507	1619
Ирландия . . .	639	399	632	264	7	135	—	—
Люксембург . .	132	116	132	91	—	25	—	—
Нидерланды . .	972	713	747	11	203	592	22	110
Норвегия . . . .	561	517	486	374	1	14	74	129
Португалия . .	516	508	486	439	30	64	—	5
Испания . . . .	3405	3725	3285	3428	3	62	117	235
Финляндия . . .	825	826	821	789	4	37	—	—
Франция . . . .	13043	7805	12041	5539	127	1033	875	1233
Швейцария . .	872	839	273	205	3	6	596	628

<sup>1</sup> По данным журнала „Зарубежный транспорт“, 1956.

<sup>2</sup> По данным „World Railways“, 1959, Лондон.

Изменения удельного веса различных видов тяги в общем локомотивном парке ряда капиталистических стран приведены в табл. 2.

Широко распространена электрическая тяга в Японии. В 1958 г. было электрифицировано около 8,5 тыс. км железных дорог, из которых 6,3 тыс. облегченного (трамвайного) типа принадлежат частным компаниям.

\*   \*  
\*

Обзор состояния современного отечественного электровозостроения в сравнении с зарубежными данными позволяет отметить, что наши грузовые электровозы по своим характеристикам находятся на уровне современных грузовых локомотивов стран Западной Европы и значительно превосходят показатели локомотивов США.

Из многочисленных систем электровозов переменного однофазного тока промышленной частоты практический интерес представляют электровозы с ионными преобразователями, получившие наибольшее распространение во Франции.

Основные показатели этих электровозов близки к показателям электровозов постоянного тока. Однако электровозы переменного тока, имея параллельное соединение тяговых электродвигателей, менее склонны к боксованию, чем электровозы постоянного тока. При той же нагрузке на ось они, как правило, имеют несколько более мощные тяговые двигатели. Следовательно, показатели веса и длины на единицу мощности у электровозов переменного тока более благоприятны, чем у электровозов постоянного тока.

Электровозы переменного тока с различными системами преобразователей, как правило, имеют различные коэффициенты полезного действия: с ионными выпрямителями — 0,82, с моторгенераторными преобразователями однофазного постоянного тока — 0,78, с механическими преобразователями однофазного тока в трехфазный и тяговыми двигателями трехфазного переменного тока — 0,77, с коллекторными двигателями однофазно-переменного тока промышленной частоты — 0,76.

Для сравнения необходимо указать, что электровозы постоянного тока имеют коэффициент полезного дей-

ствия около 0,87—0,86, а с учетом потерь в преобразователях тяговой подстанции — около 0,82—0,84.

Общий коэффициент полезного действия электрической тяги при переменном токе промышленной частоты и электровозах с ионными преобразователями по теоретическим расчетам оказывается на 1—2% выше, чем при электрификации по системе постоянного тока.

С использованием полупроводниковых и особенно кремниевых выпрямителей открываются большие возможности для повышения коэффициента полезного действия и устойчивости работы электровозов и моторвагонных секций на переменном токе.

Дальнейшее существенное повышение коэффициента полезного действия электрической тяги возможно главным образом за счет уменьшения потерь на электростанциях и в линиях передач, а также широкого применения рекуперативного торможения.

## ТЕПЛОВОЗЫ И ГАЗОТУРБОВОЗЫ

### Тепловозы и газотурбовозы на железных дорогах СССР

Наша страна — родина магистральных тепловозов. Первый проект тепловоза с двигателем внутреннего сгорания и электрической передачей был разработан в 1901—1905 гг. инженером Н. Г. Кузнецовым и полковником А. И. Одинцовым.

В 1913 г. выдающийся русский инженер А. Н. Шелест разработал оригинальный проект тепловоза с поршневым генератором газа. Однако постройка магистральных тепловозов стала возможной только после Великой Октябрьской социалистической революции.

По инициативе В. И. Ленина, в 1922 г. было принято решение построить одновременно три типа тепловозов: с электрической и механической передачами и с поршневым генератором газа по системе А. Н. Шелеста.

Первый магистральный тепловоз серии Щ<sup>эл</sup> 1 мощностью 1000 л. с., с электрической передачей, созданный по проекту Я. М. Гаккеля, был построен в СССР в 1924 г. 5 августа 1924 г. начались испытания этого тепловоза, а 7 ноября он был направлен в депо для эксплуатации.

Вскоре из-за границы прибыли тепловозы серии Э<sup>эл</sup> 2 с электрической и серии Э<sup>мх</sup> 3 с механической передачей,

построенные по заказу Советского Союза. Опытная эксплуатация тепловозов позволила выбрать наиболее надежный вид передачи и создать в 1931 г. отечественный тепловоз серии Э<sup>эл</sup> мощностью 1050 л. с., с электрической передачей. Серийный выпуск этих тепловозов начался в 1932 году.

В 1947 г. Харьковский тепловозостроительный завод начал выпуск тепловозов серии ТЭ1 мощностью 1000 л. с., с электрической передачей.

На тепловозах ТЭ1 установлены быстроходные двигатели с наддувом, что при одинаковой мощности позволило значительно уменьшить их габарит и вес.

В 1948 г. для северных районов нашей страны был создан тепловоз серии ТЭ5, в котором установлен паровой котел для обогрева топливных баков, водяной и масляной систем.

С 1950 г. Харьковский завод начал серийный выпуск двухсекционных магистральных тепловозов серии ТЭ2 с осевой формулой  $2(2_0 + 2_0)$  и мощностью 2000 л. с., с электрической передачей. Управление агрегатами двух секций и тепловоза в целом производится с одного поста. Конструктивная скорость 95 км/час.

В связи с дальнейшим ростом веса и скорости поездов выявилась необходимость в более мощном тепловозе. Поэтому в конце 1953 г. был создан опытный образец, а с 1955 г. началась серийная постройка двухсекционных тепловозов серии ТЭ3 с осевой формулой  $2(3_0 + 3_0)$  и мощностью 4000 л. с., с электрической передачей. Максимальная конструкционная скорость 100 км/час. На базе тепловозов ТЭ1 и ТЭ2 построена опытная партия газогенераторных тепловозов серии ТЭ1<sup>г</sup> и ТЭ4. Эти тепловозы работают на жидком и твердом топливе. Причем газогенераторный тепловоз расходует жидкого топлива на 50—60 %, меньше, чем обычный тепловоз.

На тепловозную тягу намечено перевести за семилетку 60 000 км железных дорог. Причем тепловозы будут выполнять всю маневровую работу на линиях, обслуживаемых прогрессивными видами тяги.

Для обеспечения нормальной работы этих железных дорог транспорту будет поставлено в течение семилетия около 13 000 магистральных и маневровых тепловозов. Будут созданы новые типы тепловозов большой мощности с повышенными скоростями движения. На Харьковском



заводе построен магистральный грузовой тепловоз ТЭ10 мощностью 3000 л. с. в одной секции, с дизелем 9Д100.

На заводе намечено создать пассажирский тепловоз ТЭ12 мощностью 6000 л. с. в двух секциях, с конструкционной скоростью 160 км/час и нагрузкой на ось 19—20 т, а также грузовой тепловоз аналогичной мощности, с конструкционной скоростью 120 км/час. Эти тепловозы будут выпускаться с двигателями 9Д100.

На Коломенском заводе создан магистральный грузовой тепловоз ТЭ50 с электрической передачей, мощностью 3000 л. с. в одной секции, с новым дизелем Д45 с V-образным расположением цилиндров. Луганским заводом создан проект грузо-пассажирского тепловоза ТГ100 мощностью 1500 л. с. в одной секции (с двумя дизелями типа М750, по 750 л. с. каждый), с гидромеханической передачей.

Каждый дизель при помощи карданного вала соединяется с гидромеханической коробкой перемены передач, установленной на резиновых амортизаторах на раме тележки. Передача мощности от гидромеханической коробки скоростей производится через карданные валы и двухступенчатые осевые редукторы.

Дизель вместе с присоединенной к нему гидромеханической коробкой перемены передач представляет собой отдельную силовую установку и может работать независимо от остальных. Ведутся большие работы по созданию проектов более мощных грузовых и пассажирских тепловозов с электрической и гидромеханической передачей, конструкционной скоростью 140—160 км/час. Строятся маневровые тепловозы мощностью 1000 и 750 л. с., с гидромеханической и электрической передачей. Они успешно проходят эксплуатационные испытания. К таким тепловозам относятся ТГМ-3, ТЭМ-1 и др.

На современных тепловозах применяются четырехтактные и двухтактные дизели с наддувом. Сущность наддува заключается в том, что воздух в цилиндре не просто всасывается, а нагнетается под некоторым давлением особой турбовоздуходувкой или воздуходувкой.

Наличие наддува позволяет повысить мощность дизеля на 35—50 %.

Наиболее экономичным является газотурбинный наддув, осуществляемый на дизелях Д50 с помощью турбо-

воздуходувки, которая работает за счет использования энергии отработанных газов самого дизеля.

Современное тепловозостроение имеет следующие характерные черты:

- широкое применение гидромеханической передачи у магистральных и маневровых тепловозов;

- применение нескольких дизелей в одной секции;

- применение отдельных унифицированных узлов тепловозов;

- увеличение цилиндровой мощности дизеля за счет повышения давления наддува до 1,85 атм;

- улучшение экономичности за счет использования энергии выхлопных газов путем применения газотурбинного наддува;

- применение быстроходных дизелей ( $n = 1600$  об/мин.) с V-образным расположением цилиндров и др.

Тепловозы имеют значительные преимущества перед паровой тягой. К числу основных преимуществ тепловозной тяги можно отнести следующие.

Коэффициент полезного действия тепловоза достигает 28 %, тогда как у паровоза не превышает 6—8 %. По расходу топлива при одинаковых условиях эксплуатации тепловоз в 4—4,5 раза экономичнее паровоза.

Паровоз при интенсивной работе расходует, как известно, до 20 т воды в час и, кроме того, через каждые 200—300 км должен набирать топливо. Заправка паровозов водой и топливом отнимает много времени. Тепловоз же может совершать пробеги в 1000—1200 км без набора воды и топлива. На маневрах запаса воды и топлива хватает тепловозу для работы больше чем на 10 дней. Тепловоз практически всегда готов к немедленному действию. Для приведения же в рабочее состояние холодного паровоза требуется несколько часов.

Движущий механизм экипажа тепловоза не имеет неуравновешенных деталей. Поэтому во время движения тепловоз оказывает значительно меньшее, чем паровоз, динамическое воздействие на путь.

Тепловозы, в отличие от паровозов, могут работать при кратной тяге с управлением только одним машинистом (с одного поста управления), чем достигается значительно лучшая согласованность работы сочлененных локомотивов и более полное использование их мощности. Возможность работы тепловозов по системе многих еди-

ниц практически обеспечивает получение требуемой мощности путем соединения нескольких секций.

Высокие затраты на постройку тепловоза покрываются за 2—2,5 года эксплуатации. Кроме того, условия работы бригады на тепловозе значительно лучше, чем на паровозе.

Газотурбовозы — это такие локомотивы, у которых газовая турбина служит преобразователем энергии топлива в механическую работу. Турбина приводится во вращение сжатым и нагретым газом. Поэтому на газотурбинной установке, кроме турбины, всегда имеются компрессор и камера сгорания (рис. 3).

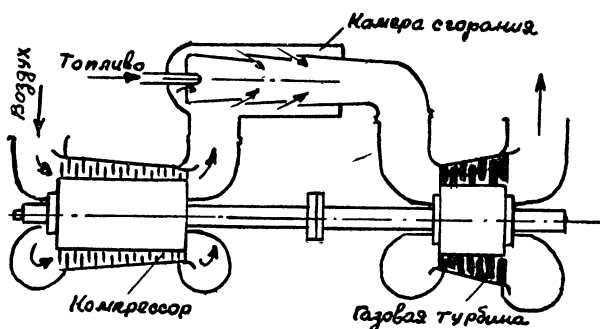


Рис. 3. Схема простейшей локомотивной газотурбинной установки.

Атмосферный воздух сжимается в компрессоре до 5—6 атм и поступает в камеру сгорания. Здесь происходит сгорание введенного в камеру топлива, в результате чего воздух нагревается до 600—750°. Смесь воздуха с продуктами сгорания топлива поступает в газовую турбину, где расширяется на лопатках и приводит ее во вращение. Часть мощности турбины отдается на вращение компрессора, другая часть поступает к движущим колесам. Передача энергии от вала турбины к движущим колесам производится с помощью различного типа передач: электрической, механической, гидромеханической и т. д.

Внедрение газотурбинной тяги значительно сокращает эксплуатационные расходы. Высокая удельная мощность

газотурбозов обуславливает меньшие капитальные затраты по сравнению с тепловозами и электровозами.

Газотурбозы потребляют низкосортное топливо — мазуты.

Несмотря на сравнительно низкий коэффициент полезного действия газотурбозов (16—17%), расходы на топливо у них не выше, чем у тепловозов. Газотурбинная установка требует смазки в 5—6 раз меньше, чем двигатель внутреннего сгорания; она проста в конструктивном отношении, в ней сведено до минимума число узлов и поверхностей, подверженных износу от трения.

В связи с этим расходы на ремонт в локомотивных газотурбинных установках примерно в два раза ниже, чем в дизелях.

В настоящее время газовая турбина широко распространена в авиации и начинает получать применение в других видах транспорта.

Коломенский завод уже построил и испытал основные агрегаты силовой установки газотурбоза. Новый локомотив построен в виде двух секций, с электрической передачей. Одновальная газовая турбина, работающая по открытому циклу без регенерации тепла, развивает при 8500 об/мин. мощность 3500 л. с. Температура газов перед турбиной 727°, ожидаемый коэффициент полезного действия локомотива 16,5—17%<sup>1</sup>. Газотурбоз в начальной стадии освоения будет использовать флотские мазуты с последующим переходом на более низкосортное жидкое топливо.

Луганский тепловозостроительный завод построил и проводит испытания безвального поршневого генератора газов для газотурбоза с электрической передачей, мощностью на ободе движущих колес 2540 л. с. в одной секции. Силовую установку локомотива предполагается осуществить из четырех свободнопоршневых генераторов газа и одной газовой турбины (рис. 4), с коэффициентом полезного действия на расчетном режиме примерно таким же, как и у тепловоза (28—29%<sup>1</sup>).

Этот газотурбоз пока рассчитывается на дизельное топливо, однако опыт работы свободнопоршневых генераторов газов указывает на возможность использования в них как флотского, так и малосернистых мазутов.

Во Всесоюзном научно-исследовательском институте железнодорожного транспорта (ЦНИИ) разработан

проект газотурбовоза с двухступенчатым сжиганием топлива. При сжигании 70% твердого топлива и 30% жидкого ожидаемый коэффициент полезного действия газотурбовоза на расчетном режиме составит 15,5%, а при сжигании жидкого топлива в обеих ступенях — 16—16,5%.

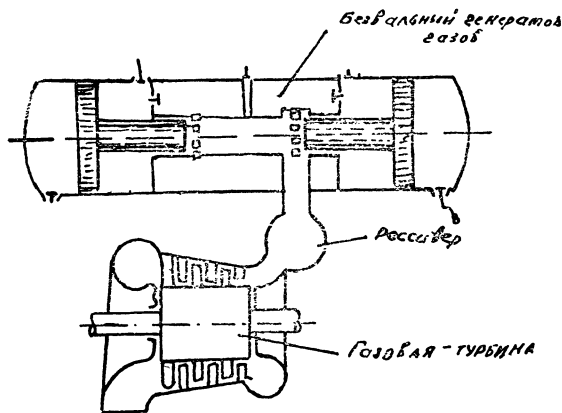


Рис. 4. Схема газотурбинной установки с безвальным поршневым генератором газа.

Следует отметить, что значительно более широкий диапазон жидких топлив может быть использован в газотурбовозе с двухступенчатым сжиганием топлива. В первой ступени — в атмосферной топке воздушного котла возможно сжигание любого топлива: твердого или жидкого (высокосернистые топочные мазуты); во второй ступени — в камере сгорания под давлением имеются благоприятные условия для сжигания топочных мазутов, там обеспечено надежное воспламенение топлива (температура подводимого в камеру воздуха равна  $600^{\circ}\text{C}$ ).

Применение механической передачи открывает большие перспективы в газотурбовозостроении. Представится возможность создать локомотивы большой мощности, высокой экономичности, низкой стоимости, малого веса и небольших эксплуатационных расходов.

Увеличение температуры газов перед турбиной — наиболее мощное средство повышения коэффициента полезного действия. При температуре газов перед турбиной

1200—1400°С газотурбинная установка простейшей схемы вплотную приближается к уровню экономичности тепловозных дизелей.

В решении проблемы повышения температуры газов перед турбиной наметились два основных пути:

изыскание специальных жаропрочных сплавов;

применение воздушного или водяного охлаждения рабочих и направляющих лопаток газовых турбин.

Газотурбинный цикл выгодно отличается от цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания возможностью регенерации тепла, т. е. использованием тепла уходящих из турбин газов для подогрева сжатого в компрессоре воздуха (рис. 5, а).

При наличии на локомотиве небольшого теплообменника, обеспечивающего 50 % регенерации тепла, заметно повышается коэффициент полезного действия газотурбинной установки.

Некоторое увеличение коэффициента полезного действия газотурбинного двигателя может быть достигнуто путем введения промежуточного охлаждения воздуха между компрессорами (рис. 5, б).

Существенно повышается коэффициент полезного действия установки при дополнительном подводе тепла между турбинами (рис. 5, в).

Не менее важны вопросы о переменном режиме работы и холостого хода газотурбинных установок, эффективном сжигании высокосернистых и парафинистых мазутов.

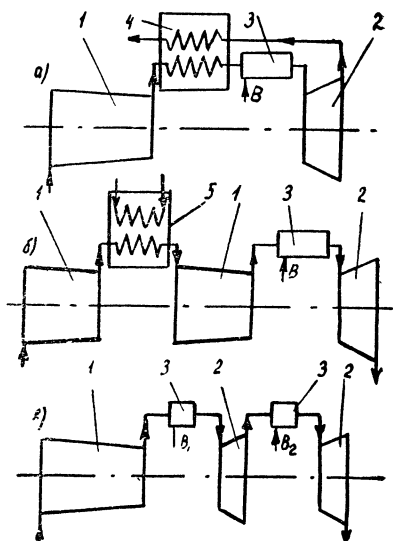


Рис. 5. Принципиальные схемы газотурбинных установок:

а — с регулятором; б — с промежуточным охлаждением воздуха между компрессорами; в — с дополнительным подводом тепла; 1 — компрессор, 2 — турбина, 3 — камера сгорания; 4 — регенератор; 5 — воздухоохладитель; В — топливо.

Успешное решение всех проблем, связанных с созданием высокоэкономичных тепловозов и газотурбовозов, сыграет большую роль в выполнении задач, поставленных XXI съездом КПСС о коренной технической реконструкции железнодорожного транспорта в предстоящем семилетии.

Т а б л и ц а 3

Основные данные о газотурбовозах в СССР

Наименование технических данных	Газотурбовоз с газотурбинным двигателем	Газотурбовоз с двухступенчатым сжижением топлива	Газотурбовоз с безвальным поршневым генератором газа
Род службы . . . . .	Грузовой	—	Грузовой
Осевая формула . . . .	$3_0-3_0$	$2_0-2_0+2_0-2_0$	$3_0-3_0$
Вид передачи . . . . .	Э л е к т р и ч е с к а я		
Полная длина локомотива, в мм . . . . .	19 974	24 900	18 634
Сцепной вес, в т . . . .	139,2	132,5	142,5
Давление движущей колесной пары на рельсы, в т . . . . .	23,25	22,25	23,8
Конструкционная скорость, в км/час . . . .	100	100	100
Мощность двигателя внутреннего сгорания, в л. с. . . . .	2700 (на ободе колеса)	3000	2540
Запуск двигателя . . . .	—	—	Компрессорный
Максимальное число оборотов . . . . .	8500	7000	7000
Диаметр движущих колес, в мм . . . . .	1050	1050	1050
Запас жидкого топлива, в кг . . . . .	Мазут 12000; дизельное топливо 1500	Уголь+мазут 8500+3000; дизельное топливо 1000	Дизельное топливо 7200

## **Тепловозная тяга в странах народной демократии**

В 1955 г. в Венгрии на заводе «Ганц» были выпущены новые образцы скоростных дизельных четырехвагонных поездов с механической передачей, позволяющих развивать скорость до 125 км/час. С 1956 г. началась серийная постройка маневровых тепловозов, и предполагается постепенная замена маневровых паровозов тепловозами.

В Чехословакии в 1955 г. заводом «Соколово» построен тепловоз с электрической передачей Т434, мощностью 700 л. с. в одной секции. Кроме того, завод выпустил шестисосновый тепловоз с электрической передачей, мощностью 1650 л. с.

Пятилетний план Польши на 1956—1960 гг. предусматривает поставку железным дорогам 181 тепловоза, 129 автомотрис и 250 прицепных вагонов. Железные дороги прекратили с 1957 г. закупку паровозов и размещают заказы на электровозы и тепловозы.

В Болгарии и ГДР запланирован постепенный переход на электрическую и тепловозную тягу.

Заводы ГДР предполагают организовать в скором времени серийный выпуск тепловозов с электрической и гидромеханической передачей, мощностью 150, 360, 600, 1800 и 2400 л. с.

В ближайшие годы тепловозы найдут широкое применение на железных дорогах КНР, где с 1958 г. начат серийный выпуск тепловозов мощностью 800—1000 л. с.

Важную роль в координации работы и обмене опытом между железными дорогами социалистических стран играет Организация сотрудничества железных дорог (ОСЖД), образованная в июне 1956 г. в Софии на первом совещании министров, ведающих железнодорожным транспортом социалистических стран.

## **Тепловозы и газотурбовозы на железных дорогах капиталистических стран**

Быстрое развитие тепловозная тяга получила на железных дорогах США. Введение тепловозной тяги обеспечивает резкое увеличение прибыли за счет интенсификации труда, а также сокращение материальных затрат (топлива, запасных частей и материалов для ремонта, смазочных материалов и т. д.) на единицу перевозки.



К началу 1957 г. на всех железных дорогах США эксплуатировалось 3500 паровозов, 26 170 тепловозов, 630 электровозов и других локомотивов.

Большое количество тепловозов, построенных в США, эксплуатируется на железных дорогах Канады, Африки, Азии, Австралии и Западной Европы.

На железных дорогах капиталистических стран Европы внедрение тепловозной тяги по сравнению с США осуществляется значительно медленнее. В большинстве стран Западной Европы паровоз еще остается основным типом локомотива.

Распределение тепловозного парка в западноевропейских странах характеризуется следующими показателями:

маневровых тепловозов	.	.	.	.	.	.	66,7%
смешанных	„	.	.	.	.	.	31,0%
поездных	„	.	.	.	.	.	2,3%

На маневрах тепловозы по сравнению с паровозами позволяют резко сократить расход топлива, перейти на обслуживание локомотива одним лицом, увеличить перерабатывающую способность станции. Кроме тепловозов средней мощности, на маневрах используется много моторовозов мощностью до 100—110 л. с.

Наряду с тепловозами широкое распространение в ряде стран получили дизельные поезда и автомотрисы, предназначенные для перевозки пассажиров. Дизельные поезда имеют, как правило, электрическую и механическую передачу и развивают максимальную скорость до 140 км/час при мощности 300—800 л. с.

На железных дорогах стран Азии, Африки, Австралии и Южной Америки уложены рельсы легкого типа, подвижной состав отличается крайней разнотипностью, провозная способность линий невелика. В таких условиях введение тепловозной тяги оказывается наиболее эффективной мерой по повышению провозной способности железных дорог. Природные условия также способствуют внедрению тепловозной тяги, так как в ряде районов мало воды и угля и относительно много нефти (Иран, Саудовская Аравия и др.).

Сравнительно быстрые темпы тепловозификации железных дорог характерны для Японии, Австралии, Туниса, Марокко, Цейлона и других стран.

Основными поставщиками тепловозов в страны Азии, Африки и Южной Америки являются США и западноевропейские государства. Поставляемые тепловозы отличаются крайней разнотипностью.

За последнее время в США и Западной Европе строятся тепловозы, главным образом, с электрической передачей.

Так, компания «Дженерал Электрик» строит универсальные тепловозы девяти типов. Каждый из девяти типов тепловозов с электрической передачей может быть использован как для маневровой, так и для поездной работы. Компания может построить любой из этих тепловозов для колеи любой ширины. Мощность выпускаемых тепловозов: 400, 600, 990, 1320 и 1980 л. с. Максимальная скорость от 96 до 145 км/час, а нагрузка на ось составляет от 11 до 17 т.

Наряду со строительством тепловозов с электрической передачей мощностью 1200 и 1600 л. с., на базе унифицированных узлов и деталей в США строятся поездные тепловозы с электрической передачей, мощностью до 3000 л. с. в одной секции. Фирмой «Фербенкс Морзе» выпускаются тепловозы «Трейн Мастер» с электрической передачей, мощностью 2400 л. с. в одной секции.

Примером поездного тепловоза может служить тепловоз фирмы АЛКО типа ДЛ-600. На тепловозе установлен 16-цилиндровый дизель с V-образным расположением цилиндров. Мощность дизеля 2250 л. с. при 1000 об/мин.

Кроме того, строятся тепловозы и с гидромеханической передачей, главным образом небольшой мощности.

В Англии строятся тепловозы «Делтик» с электрической передачей, мощностью 3300 л. с. На одной раме тепловоза установлено два дизеля «Делтик». Дизели отличаются оригинальной конструкцией: три блока цилиндров (в каждом блоке 6 цилиндров) расположены по треугольнику, в каждом цилиндре по два противоположно движущихся поршня, приводящих в движение валы, расположенные в вершинах треугольника.

Мощность, снимаемая с трех коленчатых валов, передается через систему шестерен на общий вал отбора мощности, связанный с главным генератором. Дизели получились очень компактными и с небольшим удельным весом на единицу мощности — 32,7 кг/л. с.

Кроме того, в Англии проведены испытания магистральных тепловозов с электрической передачей, мощностью 1600 л. с. и с механической передачей, мощностью 2300 л. с. (тепловоз «Фелл»).

Тепловоз «Фелл» оборудован четырьмя тяговыми дизелями (мощностью 500 л. с. каждый), работающими на общую коробку передач, конструкция которой обеспечивает передачу мощности одного или нескольких дизелей. Кроме того, имеется два вспомогательных дизеля мощностью по 150 л. с. Наибольшая мощность на крюке тепловоза «Фелл» — 1900 л. с. Этот тепловоз самый мощный с механической передачей и отличается совершенно новой конструкцией.

Несмотря на широкое использование электрической тяги, на швейцарских железных дорогах сравнительно недавно введены в эксплуатацию тепловозы с электрической передачей, мощностью 1700 л. с. Они предназначены для маневров с тяжеловесными грузовыми поездами, а также для поездной работы. Кроме того, тепловозы используются как резервные в случае аварии устройств энергоснабжения на электрифицированных линиях.

Во Франции строятся тепловозы с электрической передачей, мощностью 1800 л. с. Их особенность — применение на одном локомотиве двух четырехтактных дизелей с V-образным расположением цилиндров.

Швейцарским заводом «Мутала Веркстад» построен тепловоз с термопневматической передачей. На тепловозе установлен четырехтактный дизель с V-образным расположением цилиндров и предварительной камерой сгорания. Большое преимущество этого типа дизеля перед другими — наличие камеры сгорания, позволяющей использовать для работы низкосортное топливо.

Тепловоз имеет осевую формулу 1—4—1, вес его в рабочем состоянии 70 т, мощность дизельной установки 1060 л. с. Дизель вращает редуктор дифференциала. От дифференциала приводится в действие компрессор и отбойный вал. С отбойным валом соединены сцепные дышла. Компрессор подает часть воздуха в дизель для наддува, а часть воздуха, смешиваясь с выхлопными газами, приводит в движение турбину. Крутящий момент турбины через передачу также передается на отбойный вал.

Одной из характерных тенденций развития конструкции передач тепловозов в послевоенные годы является заметный рост использования гидравлической передачи, в частности конструкции типа «Фойт».

Западным районом английских железных дорог получены первые магистральные тепловозы с гидравлической передачей, мощностью 2000 л. с. и максимальной скоростью 145 км/час. На этом тепловозе установлено два четырехтактных дизеля с V-образным расположением цилиндров. Номинальная мощность дизеля при 1500 об/мин. составит 1100 л. с.

Наиболее широко гидропередачу используют западно-германские фирмы. Там построены тепловозы с гидропередачей, мощностью 1600—2000 л. с. Так, тепловоз типа V200 имеет комплект гидропередачи, который состоит из одного гидротрансформатора и двух гидротурбин.

Широко распространены дизель-поезда и легкие автомотрисы различных типов и мощностей.

На мировых рынках сбыта идет ожесточенная борьба между крупными монополистическими тепловозостроительными компаниями США и Западной Европы. Эта борьба приобретает особо острый характер в связи с ограничением рынка сбыта.

В настоящее время основными рынками сбыта стали страны Азии, Африки, Южной Америки. В конкурентной борьбе фирмы для обеспечения высоких прибылей принимают меры по удешевлению тепловозов. Это явилось одной из причин строительства тепловозов с более дешевой гидравлической и механической передачей.

Первый заграничный газотурбовоз с газотурбинной установкой, работающей на жидком топливе, был построен в 1941 г. для швейцарских железных дорог с номинальной мощностью 2200 л. с. и электрической передачей. Температура газов перед турбиной у этого газотурбовоза была 600°, поэтому, несмотря на наличие регенераторов, его расчетный коэффициент полезного действия был несколько меньше 14 %.

В 1949 г. швейцарская фирма «Броун-Бовери» построила по заказу английских железных дорог второй газотурбовоз с мощностью газотурбинной установки 2500 л. с.

В 1950 г. английская фирма «Метрополитен-Виккерс» построила газотурбовоз с мощностью установки 3000 л. с.,

с электрической передачей. В этой конструкции отказались от применения регенератора, однако повысили температуру газов перед турбиной до  $700^{\circ}\text{C}$ , в результате коэффициент полезного действия был поднят до 15,3%. Этот газотурбовоз предназначен для обслуживания тяжелых пассажирских поездов с максимальной скоростью 150 км/час.

Первый американский газотурбовоз с установкой мощностью 4500 л. с. был построен в 1948 г. по простейшей схеме — без регенератора и с электрической передачей. После испытаний железная дорога Юнион-Пасифик выдала фирмам заказ на постройку целой партии газотурбовозов.

В 1952 г. фирмы поставили дороге 10 газотурбовозов, а к концу 1954 г. еще 15. Все эти газотурбовозы имели двухступенчатую турбину. Положительный результат применения газотурбовозов позволил этой дороге дать новый заказ на постройку 45 газотурбовозов, мощностью установки 8500 л. с. Эти газотурбовозы предполагается осуществить в двух секциях с прицепным тендером для увеличения запаса топлива. Общая длина газотурбовоза — 50 м, а вес — 480 т; пробег без набора топлива — 800 км.

Кроме того, фирма «Дженерал Электрик» строит газотурбовозы мощностью 10 000 л. с. (мощность установки 10 700 л. с.), с нагрузкой от оси на рельс — 27 т.

В 1952 г. заводами Рено во Франции был построен первый газотурбовоз с безвальным поршневым генератором газа. Силовая установка газотурбовоза состоит из одного безвального генератора и газовой турбины, поэтому полная мощность локомотива не превышает 1000 л. с. Характерно, что этот газотурбовоз выполнен с механической передачей. По данным испытаний, газотурбовоз Рено имеет коэффициент полезного действия 32—33%, т. е. даже выше, чем у тепловозов.

Высокие экономические показатели и конструктивные достоинства установок с безвальными генераторами газов побудили очень многие иностранные фирмы (Франция — «Рено», Англия — «Алан Мюнц», США — «Дженерал Моторс», «Болдуин», Швеция — «Гетаверкен», Швейцария — «Зульцер») приступить к их освоению.

В 1954 г. в Швеции фирма «Гетаверкен» проводила испытания построенного газотурбовоза с гидромеханиче-

ской передачей. Вместо компрессора и камеры сгорания был установлен шестицилиндровый двухтактный дизель (мощностью 1300 л. с.), с расходящимися поршнями и высоким наддувом. Отходящие из двигателя газы при давлении около 4 атм и температуре 500° поступают в газовую турбину, которая развивает мощность 1000 л. с. при 12 500 об/мин.

Фирмой «Аллис Чалмерс» создан проект газотурбовоза мощностью 6000 л. с., с гидромеханической передачей. Этот газотурбовоз имеет две одинаковые силовые установки мощностью 3000 л. с. каждая.

В США, Англии и других странах ведутся работы по созданию газотурбовоза на пылеугольном топливе.

В настоящее время большинство зарубежных газотурбовозов работает на жидком топливе.

Кроме газотурбовозов, за последние 20—30 лет в транспортной технике делались неоднократные попытки создания паротурбовоза, т. е. паровоза с паровой турбиной вместо поршневой паровой машины.

Однако строительство паротурбовозов пока широкого распространения не получило.

## АТОМНЫЕ ЛОКОМОТИВЫ

Конструкция локомотивов, работающих на атомной энергии, еще не создана. Имеется ряд эскизных проектов и технико-экономических расчетов, освещающих только возможные принципиальные решения проектирования атомовозов. В США фирма Алко создала специальное бюро для конструирования локомотивов, работающих на атомной энергии. Опубликованы данные проектов атомных локомотивов, разработанных научно-исследовательским отделом университета штата Юта в США, и данные об атомовозе с газовой турбиной.<sup>1</sup>

По проекту университета Юта, атомный локомотив состоит из атомного реактора, конденсационной турбины и электрического генератора, питающего тяговые электродвигатели. Локомотив размещается в двух секциях: в первой — реактор с турбиной и генератором, во второй — конденсатор турбины. Тепло, получаемое

---

<sup>1</sup> С. С. Ушаков. Повышение эффективности новых видов тяги. Трансжелдориздат, 1959, стр. 35.

в результате распада урана, через трубки и стенки реактора передается воде. Водяной пар питает конденсационную турбину с генератором.

Сложность осуществления такого локомотива и его эксплуатации заключается в защите окружающих от радиоактивного излучения. Особую опасность это излучение представляет при ремонте локомотива.

Чтобы уменьшить возможность прорыва раствора из реактора, предлагается осуществить его с двойными стенками и двойными трубками.

Для защиты окружающих от радиоактивного излучения реактор предполагается изолировать экранами толщиной около 1,2 м. Поскольку пар во время работы, а следовательно, и вспомогательное оборудование, соприкасающееся с паром и водой, становится радиоактивным, ремонт атомовоза обычными методами исключается. Идеальным условием считается создание оборудования локомотива, которое вообще не нуждалось бы в текущем ремонте и обслуживании.

Другой проблемой, требующей разрешения путем опытного исследования, является пуск, выключение и регулирование реактора под нагрузкой. В описании проекта указывается на особую трудность решения этого вопроса. Все случаи повреждения стационарных реакторов связаны с их пуском. Сложность пуска реакторов, трудности регулирования их мощности и большая инерция осложняют решение этой проблемы.

Заправка локомотива горючим должна производиться 2—3 раза в год на специальной установке с управлением на расстоянии.

Считается, что при благоприятных условиях работы атомовоз по экономической эффективности сможет конкурировать с современным тепловозом.

В проекте установлена примерная оптимальная мощность атомовоза 8—10 тыс. л. с. При меньшей мощности целесообразность применения атомной энергии на локомотивах снижается.

Стоимость постройки такого локомотива в серийном производстве примерно в два раза выше стоимости аналогичного по производительности тепловоза.

В иностранной печати имеются также сообщения о проекте газотурбинного атомовоза с турбиной мощностью 3000 л. с. Рабочим телом в этом случае служит

воздух. Схема установки, по-видимому, должна быть двухконтурной: в первом контуре будет циркулировать жидкометаллический охладитель, получающий тепло в реакторе и отдающий его воздуху. При одноконтурной схеме и открытом цикле воздух будет заражен продуктами радиоактивного распада и, следовательно, опасен для окружающих.

Основные показатели такого атомовоза приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

**Основные показатели атомовозов**

Показатели	Единица измерения	Проект университета штата Юта	Проект газотурбинного атомовоза 3000 л. с.
Общий вес локомотива . . . . .	т	327	174
В том числе реактора и экрана . . .	„	180	—
Длина локомотива с конденсатором	м	48,7	20,7
Число осей . . . . .	шт.	12	6
Мощность (длительная) реактора .	квт	30 000	11 000
турбины . .	л. с.	8 000	3 000
Вес на 1 л. с. (касательную) . . . .	кг/л. с.	51,0	72,5
Длина на 1 л. с. . . . .	мм/л. с.	7,6	8,6

Сравнение эксплуатационных и технико-экономических показателей атомовоза и двух тепловозов общей мощностью 3000 л. с. говорит о том, что стоимость строительства атомовоза будет выше стоимости строительства тепловоза примерно в 3—3,5 раза, а эксплуатационные расходы на 1 км пробега и стоимость топлива выше в 2,5 раза.

В печати США и других стран указывается, что уже в настоящее время проектирование, постройка и эксплуатация локомотивов на атомной энергии не встречает непреодолимых трудностей. Однако отработка конструкции потребует времени. При этом эксплуатация такого локомотива будет целесообразна на неэлектрифицированных линиях. На участках, оборудованных контактной сетью, экономически более целесообразно применять



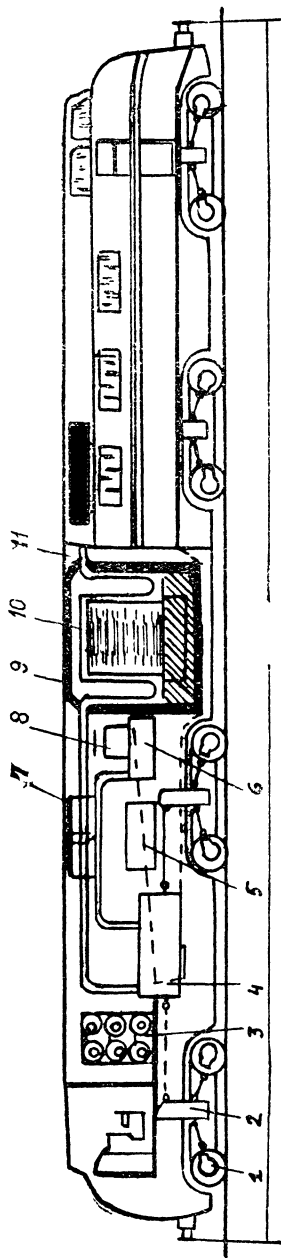


Рис. 6. Проект атомного локомотива с реактором и газовым охлаждением (ФРГ) <sup>1</sup>

1 — привод оси; 2 — передача; 3 — батарея баллонов с гелием; 4 — турбина низкого давления; 5 — компрессоры высокого и низкого давления; 6 — турбина высокого давления; 7 — холодильник с вентилятором; 8 — котел (обогревается гелием); 9 — защитный кожух реактора; 10 — урановые стержни в замедлителе; 11 — трубопровод для гелия.

<sup>1</sup> Verkehr und Technik, 1957, № 5, с. 134.

электрическую тягу с питанием от мощных атомных электростанций.

На рис. 6 показан проект атомного газотурбовоза (ФРГ), который предусматривает создание более простой и компактной конструкции локомотива путем охлаждения реактора гелием или другим подобным газом и применением механической и гидромеханической передач.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

В последние годы почти на всех железных дорогах мира наблюдается замена паровой тяги более прогрессивными — тепловозной и электрической. Особенно быстрое развитие получают прогрессивные виды тяги на железных дорогах Советского Союза.

В соответствии с историческими решениями XXI съезда КПСС и июньского Пленума ЦК КПСС предстоящее семилетие будет для железнодорожного транспорта наиболее интенсивным периодом его коренной технической реконструкции, главным звеном которой явится дальнейший перевод железных дорог на электрическую и тепловозную тягу.

Электрификация железных дорог и широкое применение тепловозной тяги резко увеличит пропускную и провозную способность, вес и скорость движения поездов, ускорит доставку грузов, увеличит производительность труда и снизит себестоимость перевозок.

Для перевода железных дорог на электрическую и тепловозную тягу наша отечественная промышленность поставит железнодорожному транспорту в текущем семилетии более 5000 магистральных электровозов и около 13 000 магистральных и маневровых тепловозов.

Будут созданы новые типы локомотивов большой мощности с повышенными скоростями движения.

Одновременно научно-исследовательская мысль должна продолжать работу в области создания газотурбовозной тяги и использования атомной энергии для создания атомного локомотива.

Замена паровой тяги электровозами и тепловозами резко скажется на топливно-энергетическом балансе и

явится крупнейшим мероприятием по снижению расхода топлива на железных дорогах.

Пройдет немного лет, и облик наших железных дорог неузнаваемо изменится. На грузонапряженных линиях будут работать мощные электровозы и тепловозы. Почти все пригородные участки будут обслуживаться преимущественно моторвагонными электропоездами.

Более широкое применение найдут и дизельные поезда.

Таким образом выполнение в текущем семилетии намеченной коренной реконструкции советского железнодорожного транспорта выдвинет его на первое место в мире по техническому оснащению, производительности и экономичности.

### Л и т е р а т у р а

1. И. Я. Аксенов. Регулирование перевозок на зарубежных железных дорогах. Трансжелдориздат, 1958.
2. Е. Т. Бартош. Газотурбинные локомотивы. Трансжелдориздат, 1957.
3. М. Н. Беленький. Экономика тепловозной тяги. Трансжелдориздат, 1958.
4. Е. Г. Бовэ. Электровоз Н8. Трансжелдориздат, 1956.
5. Бюллетень технико-экономической информации МПС. Трансжелдориздат, 1956—1959.
6. И. И. Голованов, М. И. Фридман. Электровозная тяга и ее эффективность. Трансжелдориздат, 1956.
7. Железные дороги мира, Лондон, 1959.
8. Журнал «Железнодорожный транспорт», 1953—1959 гг.
9. «Зарубежный транспорт» (вып. I и II). Трансжелдориздат, 1956 и 1958.
10. Контрольные цифры развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 гг. Госполитиздат, 1959.
11. И. И. Николаев. Газотурбовозы. Трансжелдориздат, 1956.
12. Н. П. Устинов, В. А. Дробинский. Современные локомотивы. Трудрезервиздат, 1957.
13. С. С. Ушаков. Повышение эффективности новых видов тяги. Трансжелдориздат, 1959.
14. Н. С. Хрущев. «О контрольных цифрах развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 гг.». Доклад на внеочередном XXI съезде КПСС. Госполитиздат, 1959.
15. С. А. Шафрановский, Н. З. Переверзев, И. И. Королев. Тепловозы. Трансжелдориздат, 1955.
16. «Электрическая и тепловозная тяга». Журнал, 1957—1959 гг.

17. Электровозы однофазного тока промышленной частоты, под редакцией Л. М. Т р а х т м а н а. Трансжелдориздат, 1956.

18. «Тепловозостроение за рубежом». Сб. статей из иностранной периодической литературы, под редакцией А. С. Б л и з н я н с к о г о, ГОСИНТИ, 1958.

---

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<b>Электрическая тяга</b> . . . . .	4
Электрическая тяга на железных дорогах СССР . . . .	—
Эффективность и преимущества электрической тяги . .	10
Электрическая тяга на железных дорогах в странах на- родной демократии . . . . .	14
Электрическая тяга на железных дорогах в капиталисти- ческих странах . . . . .	16
<b>Тепловозы и газотурбовозы</b> . . . . .	22
Тепловозы и газотурбовозы на железных дорогах СССР	—
Тепловозная тяга в странах народной демократии . .	31
Тепловозы и газотурбовозы на железных дорогах капита- листических стран . . . . .	31
<b>Атомные локомотивы</b> . . . . .	37
<b>Общие выводы</b> . . . . .	41
<b>Литература</b> . . . . .	42

\* \* \* \*

**Цена 85 коп.**