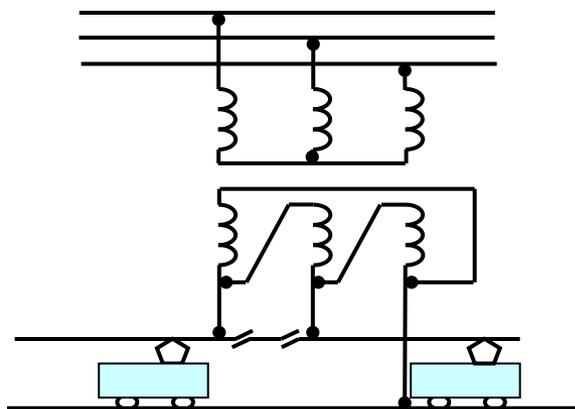


Фомина З.А.

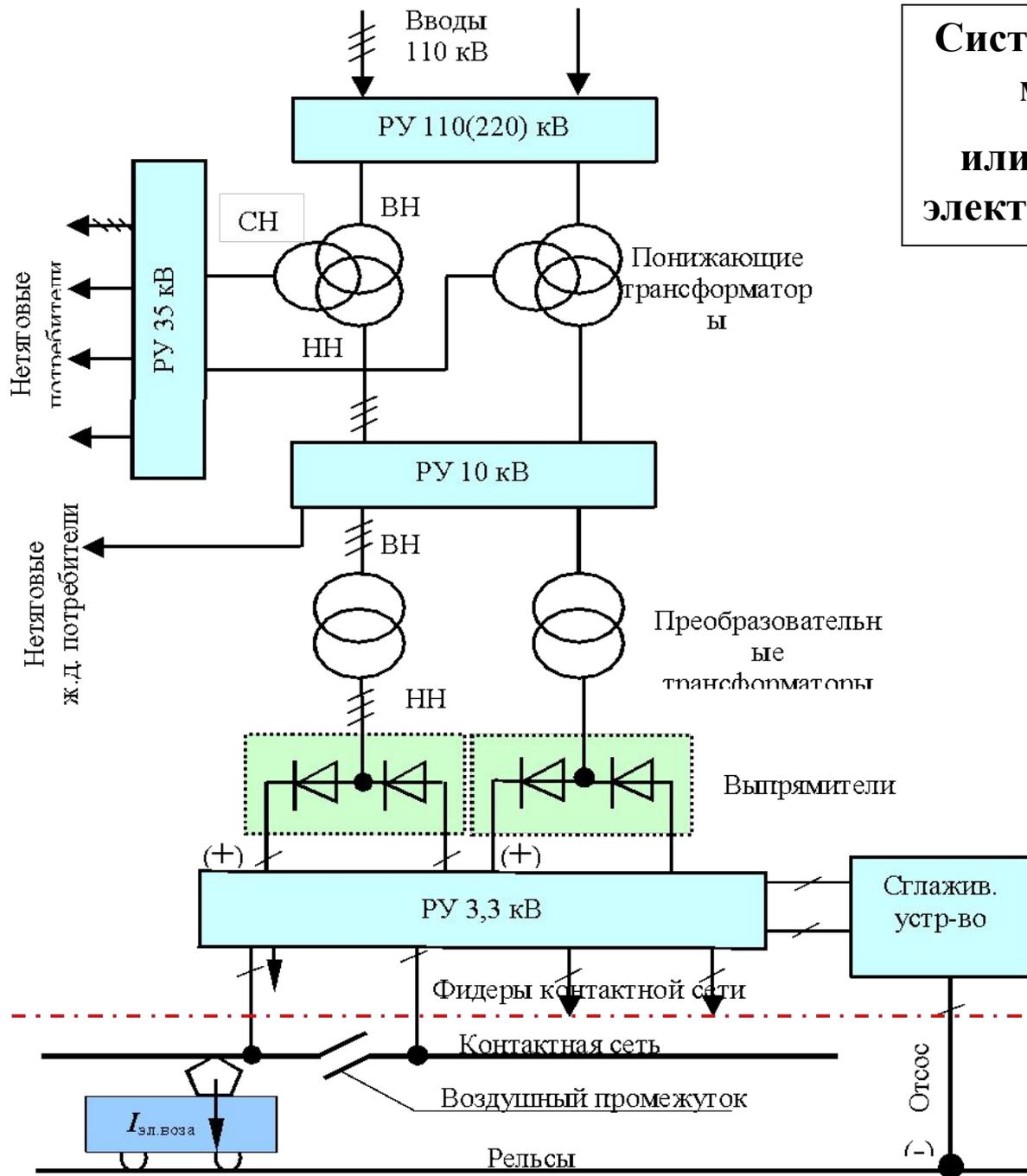
## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ

- Иллюстрации к лекции для студентов  
III курса
  - специальности
- Электроснабжение железнодорожного транспорта



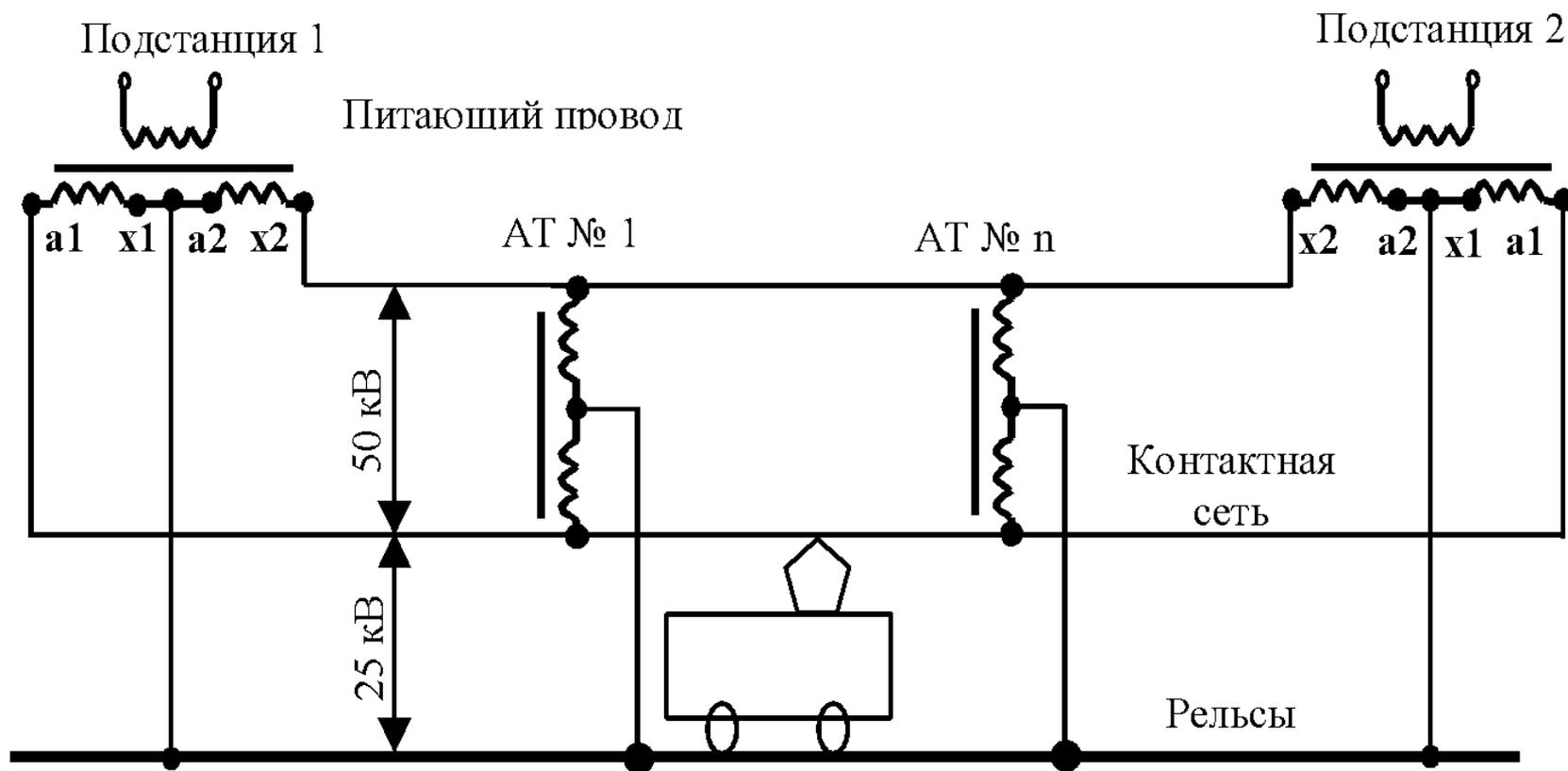
Москва –2006

**Система постоянного тока в мире 102,64 тыс.км  
или 43% от общей длины электрифицированных дорог**





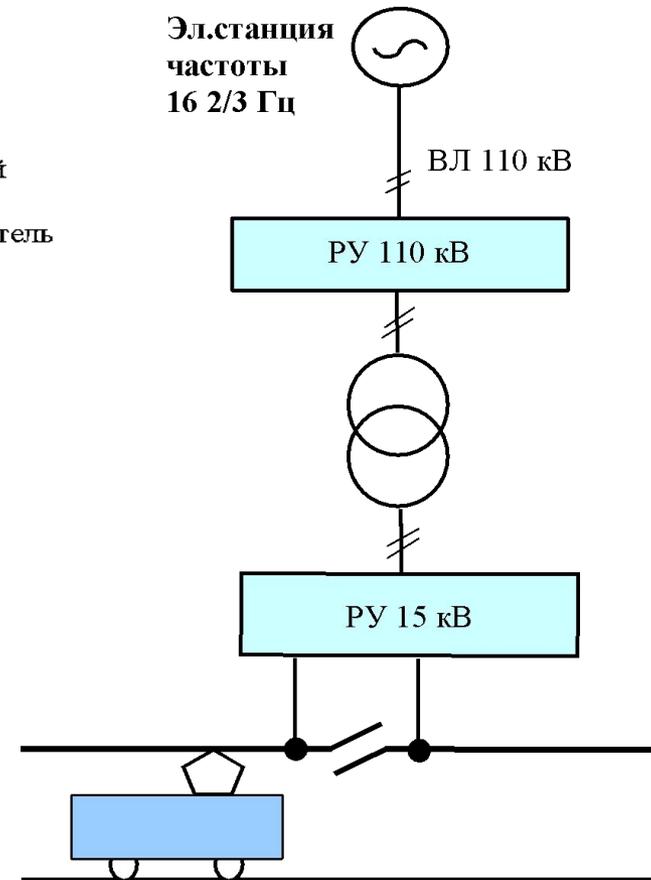
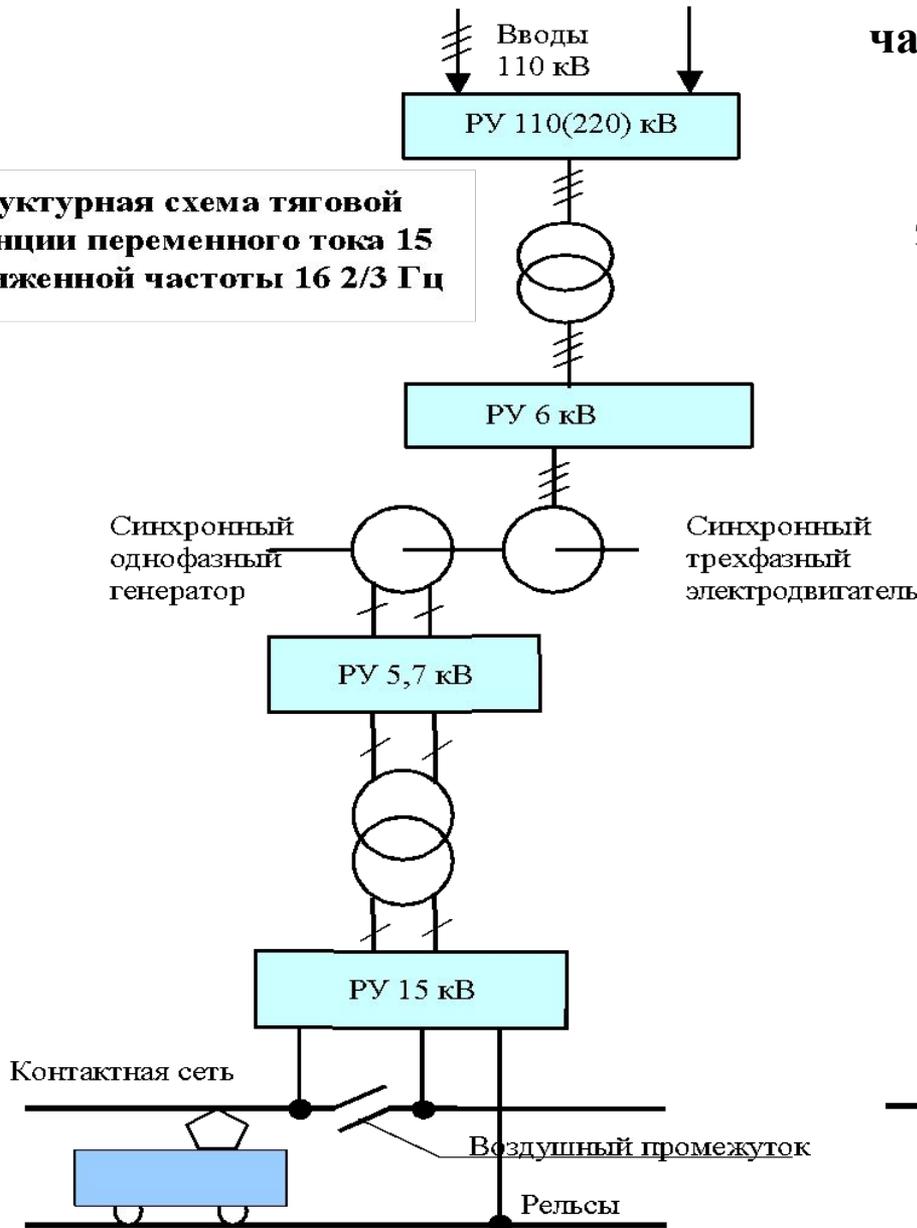
# Схема питания тяговой сети 2x25 кВ



# Система переменного тока частоты $16 \frac{2}{3}$ Гц в мире 34,7тыс. км

или 14% от общей длины  
электрифицированных дорог

. Структурная схема тяговой подстанции переменного тока 15 кВ пониженной частоты  $16 \frac{2}{3}$  Гц



**Артышта-2** — на пересечении линий Новосибирск-Главный (=) - Новокузнецк (=) - Барнаул (~)

**Бабаево** — на линии Волховстрой-2 (=) — Вологда-1 (~)

**Балезино** — на линии Киров (~) — Пермь-2 (=)

**Белореченская** — на пересечении линий Туапсе-Пассажирская (=) — Армавир-Туапсинский (~)  
— Хаджох (~)

**Вековка** — на линии Москва-Пассажирская-Казанская (=) — Арзамас-1 (~)

**Владимир** — на линии Москва-Пассажирская-Курская (=) — Нижний Новгород-Московский (~)

**Вязьма** — на линии Москва-Пассажирская-Смоленская (=) — Смоленск (~)

**Горячий Ключ** — на линии Туапсе-Пассажирская (=) — Энем (~)

**Данилов** — на пересечении линий Ярославль-Главный (=) — Вологда-1 (~) — Буй (~)

**Дербент** — на линии Баку-Пассажирская (=) — Хасавьюрт (~)

**Дружинино** — на линии Казань (~) — Екатеринбург- Пассажирский (=)

**Инзер** — на линии Дема (=) — Магнитогорск- Пассажирский (~)

**Иртышское** — на линии Карбышево-1 (=) — Среднесибирская (~)

**Карталы** — на пересечении линий Челябинск-Главный (=) — Магнитогорск-Пассажирский (~)  
— Орск (~) — Тобол (~)

**Мариинск** — на линии Тайга (=) — Ачинск (~)

**Междуреченск** — на линии Новокузнецк (=) — Абакан (~)

**Пенза-1 и Пенза-3** — на пересечении линий Сызрань-1 (=) — Рузаевка (=) — Ртищево-2 (~)

**Пресногорьковская** — на линии Курган (=) — Новоишимская (~)

**Рыбное** (для грузовых) — на линии Москва-Пассажирская-Казанская (=) — Ряжск (~)

**Рязань-2** (для пассажирских) — на линии Москва-Пассажирская-Казанская (=) — Ряжск (~)

**Свирь** — на линии Волховстрой-2 (=) — Петрозаводск (~)

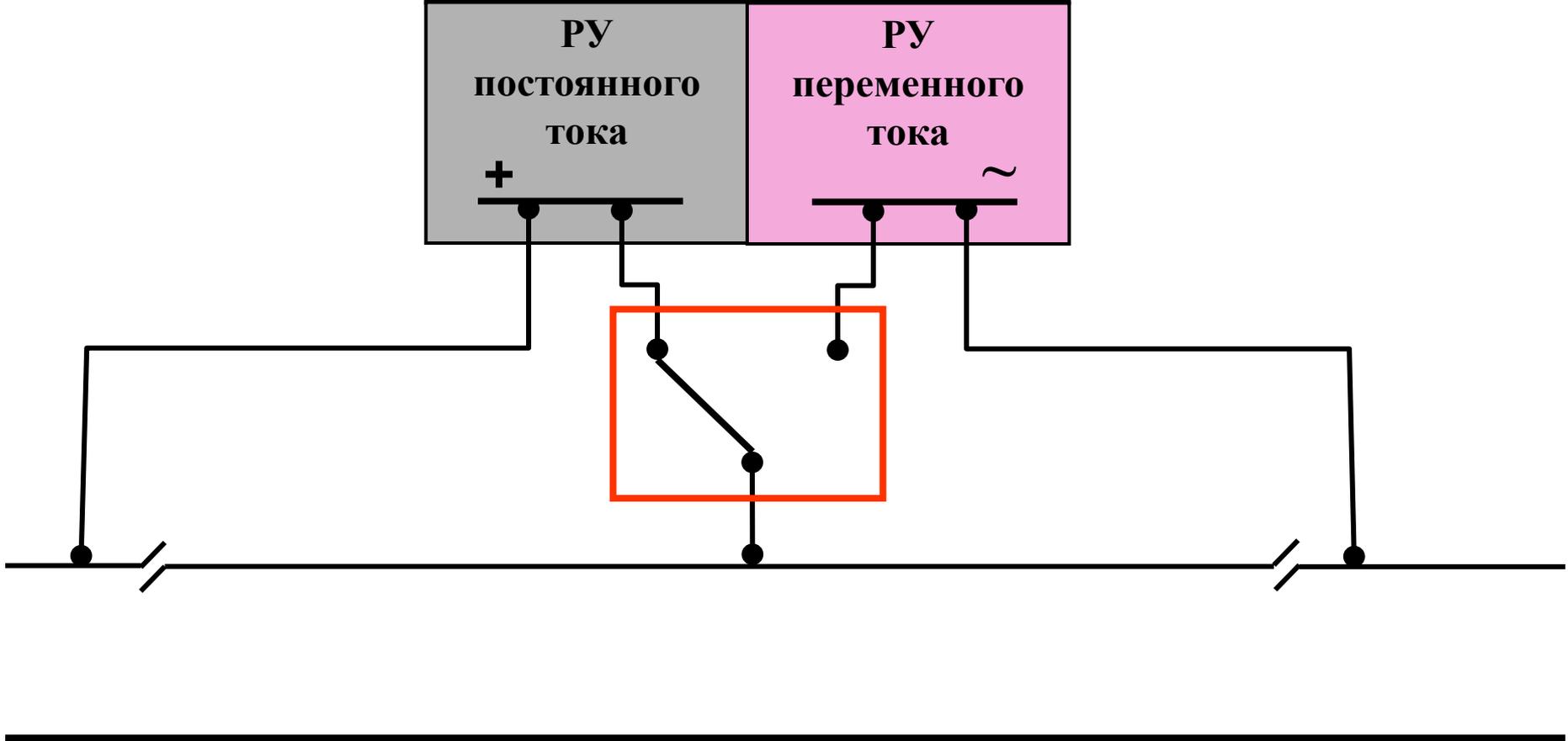
**Сухиничи** — на линии Москва-Пассажирская-Киевская (=) — Брянск-Льговский (~)

**Сызрань-Южный Парк** — на линии Сызрань-1 (=) — Сенная (~)

**Узуново** — на линии Москва-Пассажирская-Павелецкая (=) — Павелец-Тульский (~)

**Черепаново** — на линии Новосибирск-Главный (=) — Среднесибирская (~)

# ТЯГОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ СТАНЦИИ СТЫКОВАНИЯ



# ТЯГОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ СТАНЦИИ СТЫКОВАНИЯ

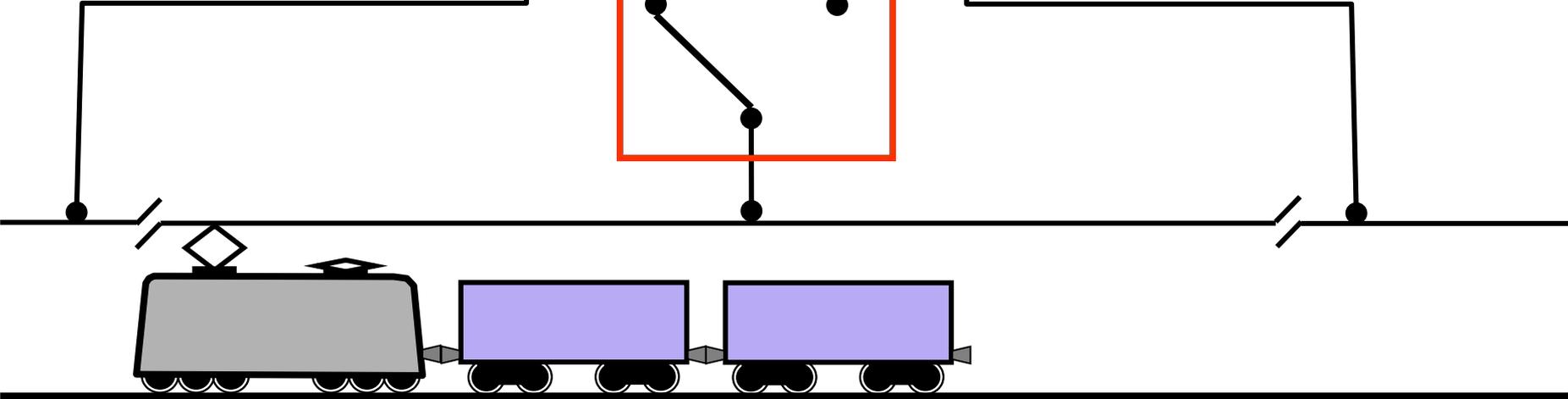
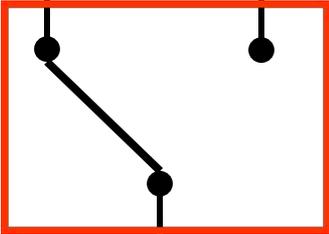
РУ  
постоянного  
тока

+

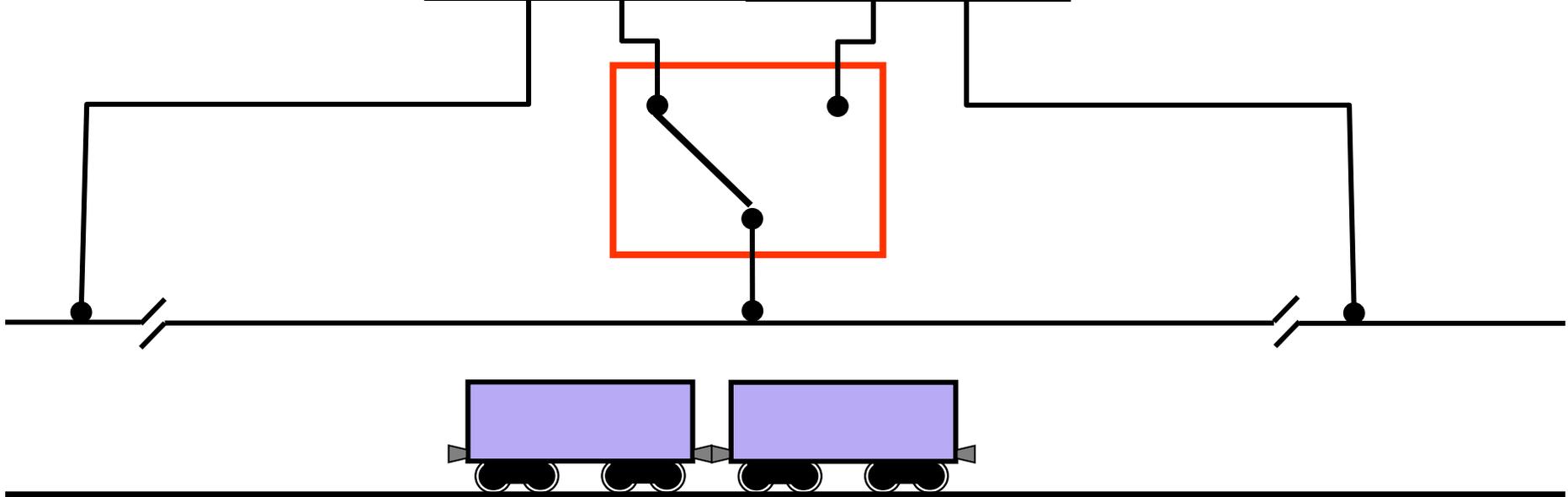
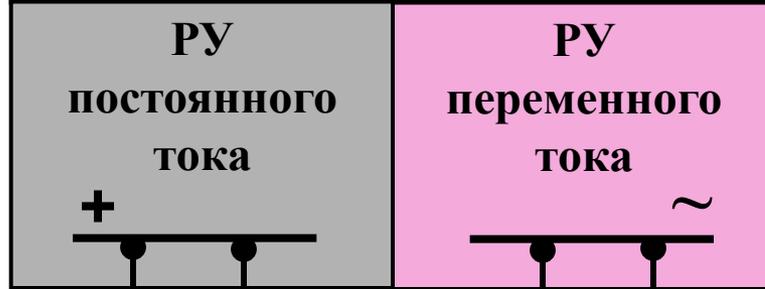


РУ  
переменного  
тока

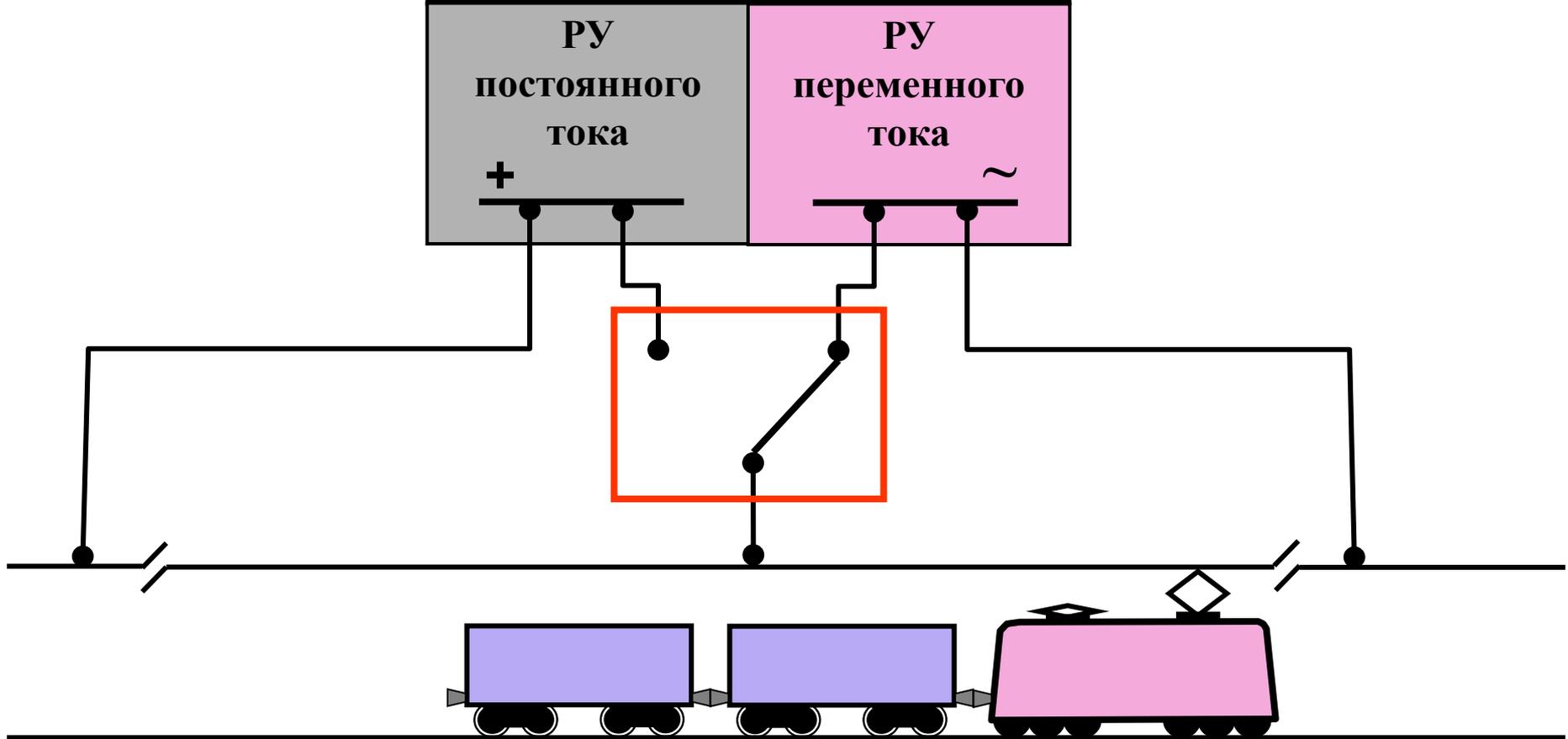
~

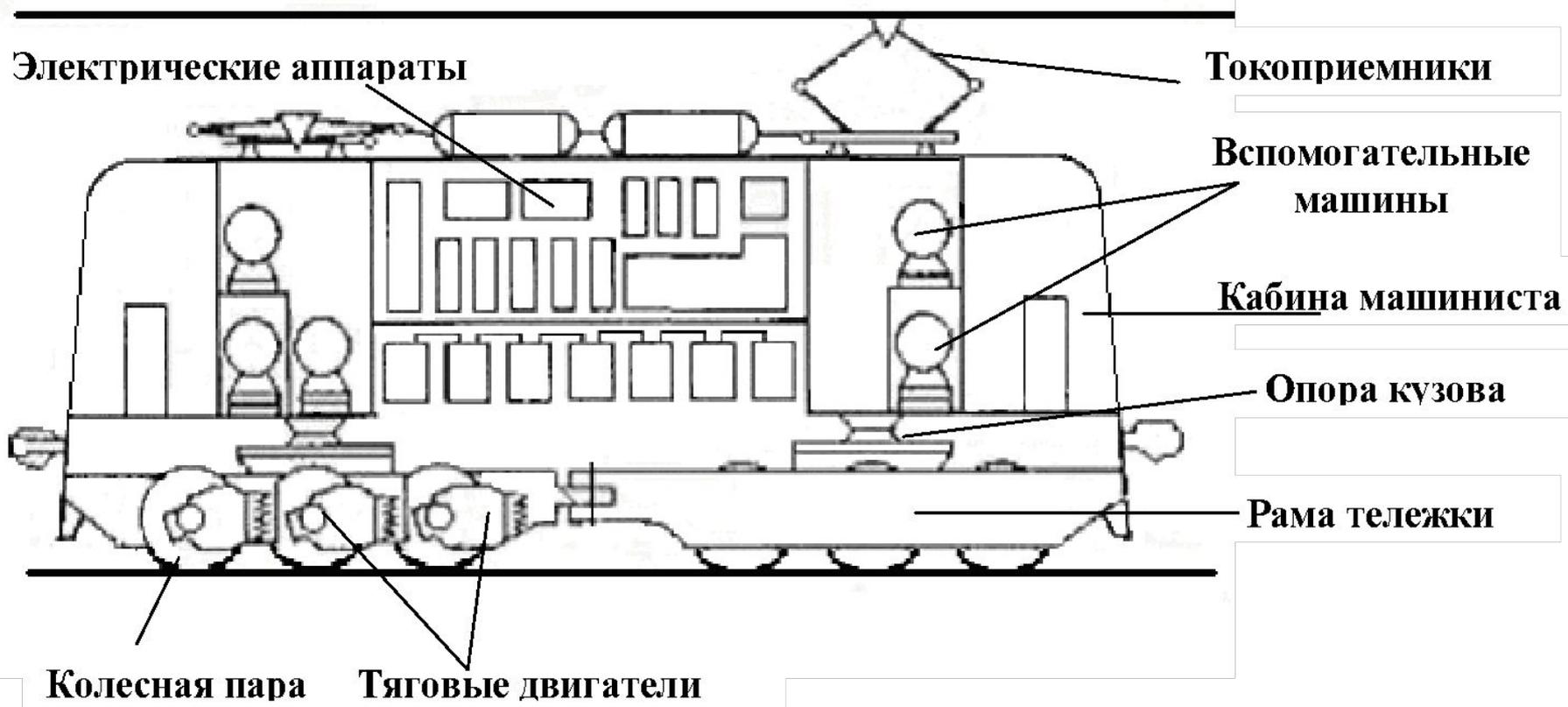


# ТЯГОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ СТАНЦИИ СТЫКОВАНИЯ



# ТЯГОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ СТАНЦИИ СТЫКОВАНИЯ





## Зарождение электрической тяги

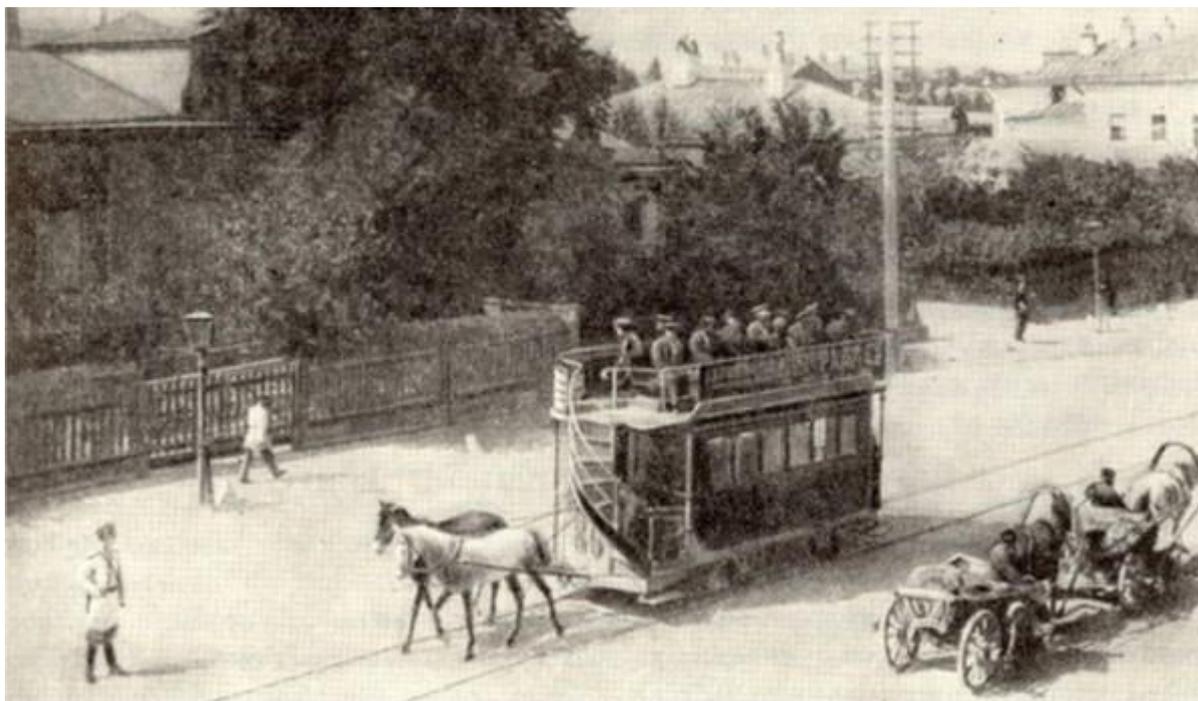
Год	Участок	Вид транспорта	Род тока
1879	Промышленная выставка в Берлине	Демонстрация	Постоянный
1881	Пригород Берлина	Трамвайная линия	Постоянный
1892	Киев	Трамвайная линия	Постоянный
1895	Балтимор - Огайо	Пригородный участок ж.д.	Постоянный
1926	Баку-Сабунчи-Сураханы	Пригородный участок ж.д.	Постоянный
1929	Москва- Мытищи	Пригородный участок ж.д.	Постоянный
1955	Ожерелье -Павелец	Магистральная линия	Переменный



Первый локомотив  
электрической ж.д.



Днем рождения электрической тяги принято считать 31 мая 1879 г., когда на промышленной выставке в Берлине демонстрировалась первая электрическая железная дорога длиной 300 м, построенная Вернером Сименсом. Электровоз, 9,6 кВт (13 л. с.). Электрический ток напряжением 160 В передавался к двигателю по отдельному контактному рельсу, обратным проводом служили рельсы, по которым двигался поезд - три миниатюрных вагончика со скоростью 7 км/ч, скамейки вмещали 18 пассажиров.



Точно не известно, кто выдвинул первым идею поставить на конный вагон двигатель на электрической тяге, но первый экспериментальный вагон поехал именно в России, и создал его Федор Аполлонович Пироцкий 22 августа 1880 года. Он установил электродвигатель на двухэтажный вагон, подобный тому, что на фотографии выше. Питание обеспечивала миниатюрная электростанция, а ток передавался непосредственно по рельсам. Но этот эксперимент так и остался лишь на полосах газет, а до реализации дело так и не дошло, так как в России он был никому не нужен. Однако этому эксперименту предшествовало очень важное событие. Первые свои опыты Пироцкий начал в 1876 году, и уже спустя год добился первых успехов, пустив электрический ток по рельсам. Результаты были опубликованы в «Инженерном журнале». Статьей очень заинтересовался Карл Сименс и обратился за консультацией к российскому ученому и тот ему не отказал. **Вот так легко Россия упустила возможность стать лидером в отрасли, а уже спустя какие то 10-20 лет мы были вынуждены покупать все в Европе.**

**1881 г. – первая трамвайная линия в мире в Берлине.**

**1892 г. вторая трамвайная линия в мире – в России, в Киеве.**

**Однако днем рождения российского трамвая считается 8 (20) мая 1896 года, когда первая трамвайная линия заработала в Нижнем Новгороде. И построила эту линию конечно же компания "Сименс-Гальске".**

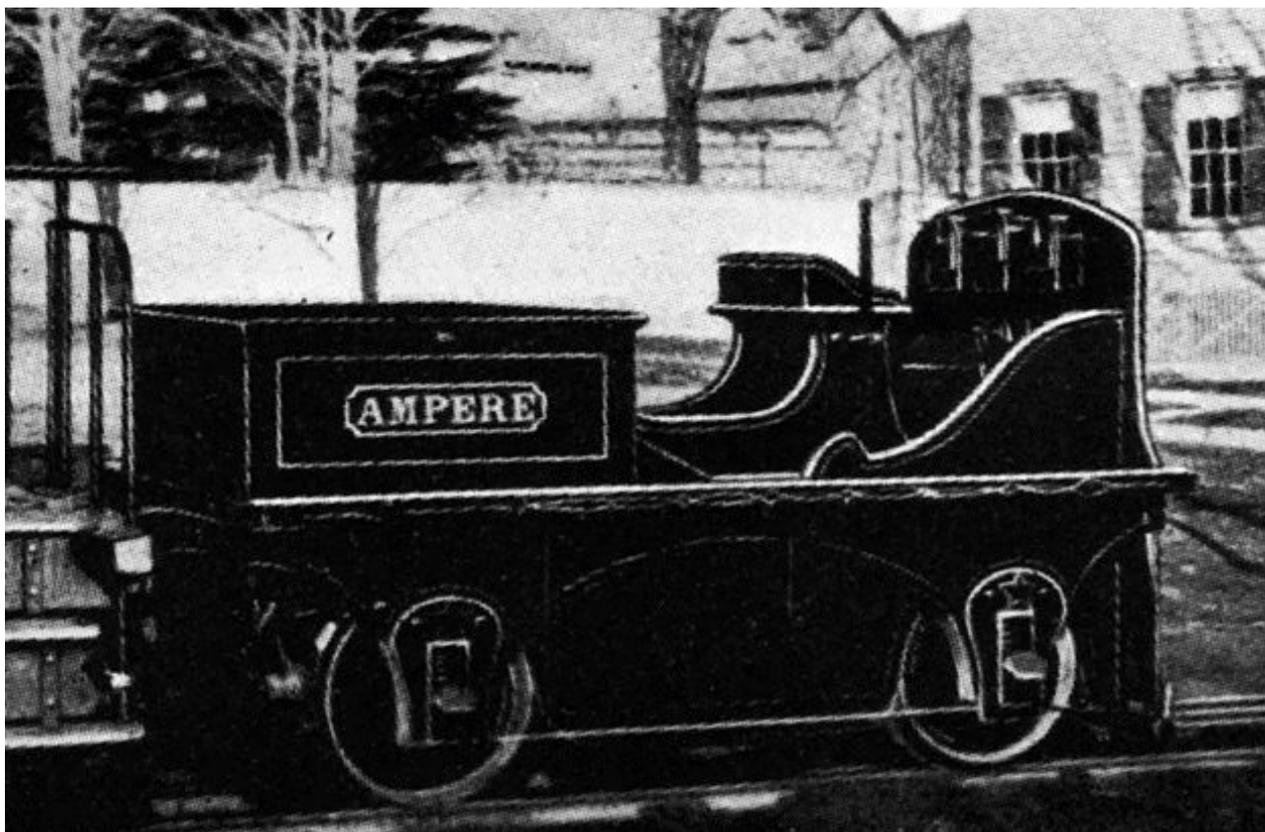
**1913 г. – начало сооружения пригородной электрифицированной железной дороги Петербург (Нарвские ворота) – Ораниенбаум – Красная горка.**

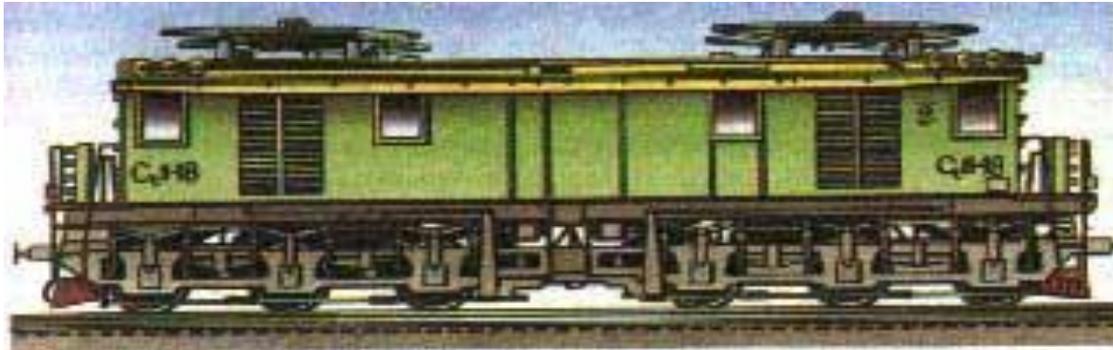
**1915 г. - первый учебник по электрической тяге, автор ВУЛЬФ Алексей Викторович, позднее профессор Ленинградского электротехнического института (ЛЭТИ).**

**1915 г. (декабрь) - в Петербурге открыто пассажирское сообщение от депо до Путиловского завода. Трамвайные вагоны были эвакуированы из Риги после начала Первой мировой войны. На этой основе уже в СССР было осуществлена электрификация пригородной железнодорожной линии Баку – Сабунчи – Сураханы.**

**1929 г. – открыта ОРАНЭЛ – электрическая железнодорожная, а затем трамвайная линия до Стрельны.**

Важный вклад в создание электровоза внёс американский изобретатель Лео Дафт (Leo Daft). В 1883 году он построил свой первый электровоз «Ампер» (Ampère). Эта машина имела массу две тонны и могла тянуть десять тонн с максимальной скоростью 9 миль в час (16,7 км/ч), а мощность составляла 25 л.с. - значительный прогресс по сравнению с электровозом Сименса. После «Ампера» Дафт построил локомотивы «Вольта» (Volta) и «Пачинотти» (Pacinotti). Позднее Дафт занялся электрификацией трёхмильного участка балтиморской конки, однако данный опыт к успеху не привёл, так как система с питанием от третьего рельса оказалась слишком опасной для условий города.





Первый советский электровоз серии СС



1932 г. был построен первый отечественный магистральный 6-осный электровоз ВЛ19 (ВЛ – Владимир Ленин) для равнинных дорог (Коломенский з-д, Динамо). Электровоз развивал скорость до 90 км/ч.

Для железных дорог с горным профилем поставлялись электровозы серии СС (Сурамский советский) для Сурамского перевала на Кавказе (Коломенский з-д, Динамо).

**Электровоз ВЛ8(Владимир Ленин,8-осный) — магистральный  
постоянного тока выпускавшийся с 1953 по 1967 год.  
Производство Новочеркасского завода**





**Электровоз ВЛ10 - постоянного тока выпускавшийся с 1961 по 1977 год.  
Производство Новочеркасского и Тбилисского заводов**





**Электровоз ВЛ11-001 был построен в 1975 году на Тбилисском электровозостроительном заводе.**



**Электровоз ВЛ15 (Владимир Ленин, тип 15, прозвище - *Локозавр*)  
выпускавшийся в 1984-1991 годы на Тбилисском  
электровозостроительном заводе**



Основные характеристики	Электровозы постоянного тока							
	ВЛ8	ВЛ10	ВЛ11	ВЛ15	ЧС2	ЧС6	ЧС7	ЧС200
		ВЛ10 у						
Год начала выпуска	1953	1967 1975	1975	1985	1960—19 61	1979	1983	1979
Род службы	Грузовой			Пассажирский				
Число осей (двигателей)	8	8	8	12	6	8	8	8
Масса, т	184	184- 200	184	300	123	164	172	156
Мощность часового режима на валах электро- двигателей, кВт	4200	5200	5360	9000	4200	8400	6160	8400
Мощность часового режима тягового двигателя, кВт	525	650	670	750	700	1050	770	1050
Скорость конструкционная, км/ч	100	100	100	100	160	190	180	220
Коэффициент полезного действия, %	89,1	90,2 90,0	90,7	88,0	90,6	91,0	91,0	91,0

**Электровоз ВЛ60(Владимир Ленин, 6-осный) — первый советский магистральный, переменного тока выпускавшийся с 1957 по 1967 год.  
Производство Новочеркасского завода**





**Электровоз ВЛ80(Владимир Ленин, 8-осный) — 8магистральный,  
переменного тока выпускавшийся с 1961 по 1994 год.  
Производство Новочеркасского завода**





Основные характеристики	Электропоезда							
	ЭР1	ЭР2	ЭР2Р	ЭР22	ЭР9 <sup>П</sup>	ЭР9 <sup>М</sup>	ЭР200	
Год начала выпуска	1957	1962	1982	1964	1961	1975	1973	
Род тока	Постоянный				Переменный		Постоянный	
Мощность поезда (номинальная), кВт	4000	4000	4500	3520	3600	3640	10320	
Скорость конструкционная, км/ч	130	130	130	130	130	130	200	
Электрическое торможение	Нет	Нет	Рекуперативно-реостатное -		Нет	Нет	Реостатное	

# Первый советский скоростной электропоезд ЭР200 (68- 74 г.г.) Рижского завода



ЭР200

## Электропоезд ЭД4 (Электропоезд Демиховский, постоянного тока)



**Скоростной электропоезд ЭМ4 (На основе ЭР2 Рижского завода, но модернизирован ЗАО «Спецремонт» (арендующим цеха у Московского ЛРЗ))**





## СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОВОЗЫ

**ВЛ65 (Владимир Ленин, тип 65)** — шестиосный электровоз переменного тока. Последний российский электровоз, носящий обозначение ВЛ. Выпускался с 1992 по 1999 годы Новочеркасским Электровозостроительным заводом (НЭВЗ). Всего 45 шт.



## Электровоз 2ЭВ120

**Пятое поколение** электровозов для эксплуатации на как на постоянном токе  $U$  3кВ и на переменном токе  $U$  25кВ. В электровозе может комплектоваться дизель-генераторной установкой мощностью до 500 кВт на каждую секцию.

В 2017 году будет проходить испытания, сертификации локомотива будет проведена в 2018 году.

**Тяговый двигатель- а синхронный. Производитель: Энгельский локомотивный завод.** Локомотив спроектирован на основе известного семейства электровозов TRAXX компании Bombardier Transportation GmbH



# Магистральный электровоз двойного питания ЭП10

С немецкой Bombardier Transportation

Годы постройки 1998, 2005-2006

Всего построено 12 По состоянию на лето 2016 года, в эксплуатации находится только  
три электровоза ЭП10



# Магистральный электровоз двойного питания ЭП20

Выпускается с 2012 года. Осевая формула 2о-2о-2о  
Мощность 8980/9800 л.с. Тяговый дв. асинхронный.



# Грузовые электровозы

**ВЛ85** — грузовой магистральный двухсекционный двенадцатиосный электровоз переменного тока напряжения 25 кВ, выпускавшийся в период 1983—1994 годов и являющийся одним из мощнейших в мире электровозов. Всего построено 270.





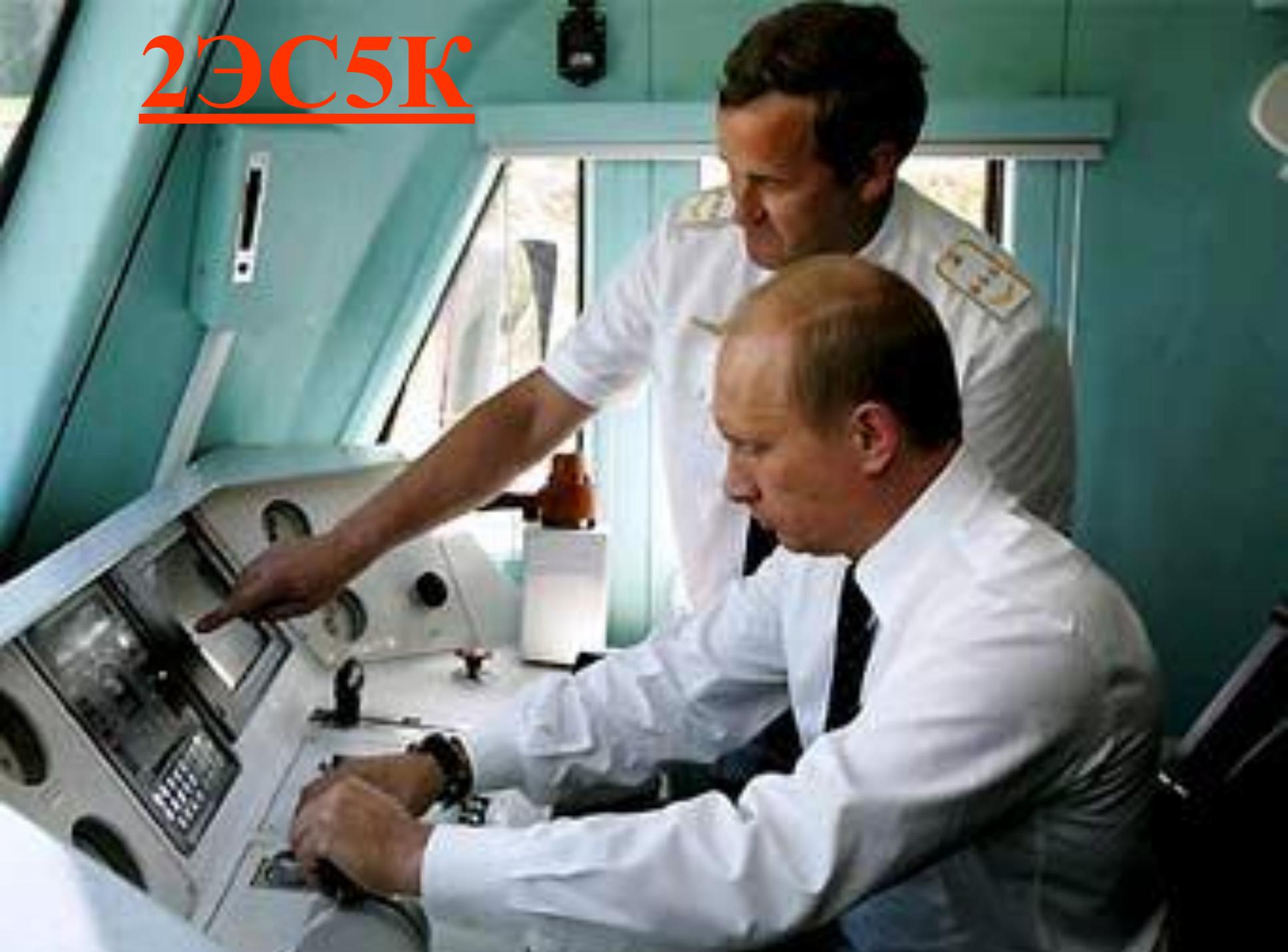
# Грузовой электровоз 2ЭС5К (Ермак)

Производство Новочеркасского завода

2 - количество секций, Э - грузовой электровоз, С - секционный, К - коллекторный тяговый привод



2ЭС5К



### ЭЛЕКТРОВОЗ 2ЭС5К

Номинальное напряжение, В	25000
Частота, Гц	50
Формула ходовой части	2(2o-2o)
Нагрузка от оси на рельсы, кН (тс)	235 (24,0)
Мощность часового режима на валах тяговых двигателей, кВт, не менее	6560
Сила тяги часового режима, кН (тс), не менее	464(47,3)
Скорость часового режима, км/ч, не менее	49,9
Мощность продолжительного режима на валах тяговых двигателей, кВт, не менее	6120
Сила тяги продолжительного режима, кН, (тс), не менее	423(43,1)
Скорость продолжительного режима, км/ч не менее	51,0
Максимальная скорость в эксплуатации, км/ч	110
Коэффициент мощности в продолжительном режиме, не менее	0,9
КПД в продолжительном режиме, не менее	0,85
Масса электровоза с 0,67 запаса песка, т	192
Электрическое торможение	рекуперативное

# Грузопассажирские электровозы 2ЭС4К «Дончак» –



**Электровоз постоянного тока 2ЭС10 «Гранит».** Считается одним из мощнейших в России и Европе двухсекционных электровозов постоянного тока. Выпускается с 2010 года. Разработан совместно Трансмашхолдингом, немецким Siemens и Синарой. Так же должен сменить устаревшие электровозы ВЛ11:



## Электровоз 2ЭС7

Тяговый двигатель- асинхронный. Производитель: .ООО "Уральские локомотивы" группа Синара. Опытный образец (прошедший сертификационные и эксплуатационные испытания) грузового электровоза 2ЭС7, на базе 2ЭС10.



# Пассажирские электровозы

ЧС200 Шкода- Невский экспресс

Годы постройки 1974, 1979

Всего построено 12



# Пассажирский электровоз ЭП2К постоянного тока (Электровоз Пассажирский, тип 2, Коллекторный тяговый привод)



Заводы  
Коломенский завод, НЭВЗ  
Годы постройки  
2006 (опытный образец)  
с 2008 (серийное  
производство)  
Всего построено  
347 (на декабрь 2016 года)

Предназначен для вождения пассажирских поездов на электрифицированных (3 кВ постоянного тока) участках железных дорог России, а также замены электровозов ЧС2 и ЧС2Т.

Тип ТЭД : ЭД153У1, ДТК-800К, ДТК-800КС

Электровоз ЭП1 (электровоз пассажирский, тип 1) переменного тока  
(прозвище Кирпич)

Электровозы ЭП1 в качестве замены советских электровозов ВЛ60 и ранее импортированных из Чехословакии электровозов ЧС4 и ЧС4Т. Выпуск с 1999 г.



# Электровоз пассажирский переменного тока ЭП1М.

Выпускается с 2007 года.

Мощность.....6000 л.с.

Тяговый дв.....коллекторный.



Всего построено :

ЭП1 — 381  
(001—319, 321—382);

ЭП1М — 411  
(320, 383—792);

ЭП1П — 74  
(001—074)

**ЭП1М** может водить состав из 24 пассажирских вагонов по участку с подъемами в 9‰ со скоростью 70 км/ч.

ЭП1П может быть использован там, где имеются затяжные подъемы протяженностью 15- 20 км и крутизной до 18‰ и более, а также в климатических условиях с влажностью воздуха до 95-100%. ЭП1П может перевозить грузы массой 1400т. Увеличена сила тяги на 16,5%.

Конструкционная скорость ЭП1П – 120 км/ч вместо 140 км/ч у ЭП1М.

## САПСАН производство siemens

Электропоезда серии ЭВС1 — постоянного тока, ЭВС2 — двойного питания. Разработаны компанией Siemens специально для России. Всего 16 (4 ЭВС2 и 12 ЭВС1)



Новый рекорд скорости для российских железных дорог установлен во время испытания поезда "Сапсан".

290 километров в час – результат, достойный тройки самых быстрых в мире поездов. "Сапсан" сделан в Германии, специально для России. И будет курсировать между Москвой и Санкт-Петербургом, Москвой и Н. Новгородом

Первый "Сапсан" совершил рейс 17 декабря 2009 года. Он перевозит 600 пассажиров из Москвы в Санкт-Петербург за 3 часа и 45 минут. Производителем "Сапсанов" является немецкая компания Siemens.



ЭС «Ласточка» — скоростной электропоезд, созданный на основе платформы Siemens Desiro для Российских ж.д. Электропоезда ЭС1 — двойного питания производились в Германии. В России: ЭС2Г и ЭС2ГП — постоянного тока («Г» — «городской», «П» — «премиум»)



# Электровоз двойного питания ЭП20



Пассажирский магистральный электровоз двойного питания ЭП20 производства ОАО «Новочеркасский электровозостроительный завод»

Электровоз ЭП20 обеспечит ведение поезда из 24 вагонов со скоростью 160 км/ч и поезда из 17 вагонов со скоростью 200 км/ч на прямых участках пути.

Всего построено: 56 (на январь 2017 года) (план: 200)

Система регулирования: -Тиристорно-импульсная (тяговый преобразователь на IGBT транзисторах)

Тип ТЭД: -ДТА-1200А (асинхронные, НЭВЗ)

Электрическое торможение: Реостатное , рекуперативное (6 000 кВт)

## «Стриж» -Talgo Intercity(Тальго)

С 1 июня 2015 года на маршруте Москва — Нижний Новгород (442 км) скоростной поезд «Стриж» заменил курсировавший там 5 лет скоростной поезд «Сапсан», при этом время в пути должно сократиться до 3 ч 35 мин. В качестве локомотива используется отечественный двухсистемный пассажирский электровоз ЭП20.



В России на предприятии «Энгельсский локомотивный завод» началось изготовление электровозов серии 2ЭВ120.

Локомотив был разработан германско-канадским холдингом «Bombardier» и ООО «Первая локомотивная компания». «Князь Владимир» может водить поезда массой до девяти тысяч тонн. А температурный диапазон от -55 до +45 градусов Цельсия. Является двухсистемным локомотивом. Отличительная черта- в самостоятельном переключении с одного вида тока на другой при переходе на разные линии. Если же на участке нет подачи электрического тока, он переходит на работу от дизельного двигателя.



Электропоезд «Сокол-250» (ЭС250)— опытный российский высокоскоростной электропоезд двойного питания, который разрабатывался в течение семи лет рядом конструкторских бюро. Опытный образец был собран к 2000 году при содействии тогдашнего министра путей сообщения Аксёненко и РАО ВСМ. 1 экзмп.



## ПОЕЗДА НА МАГНИТНОЙ ПОДУШКЕ

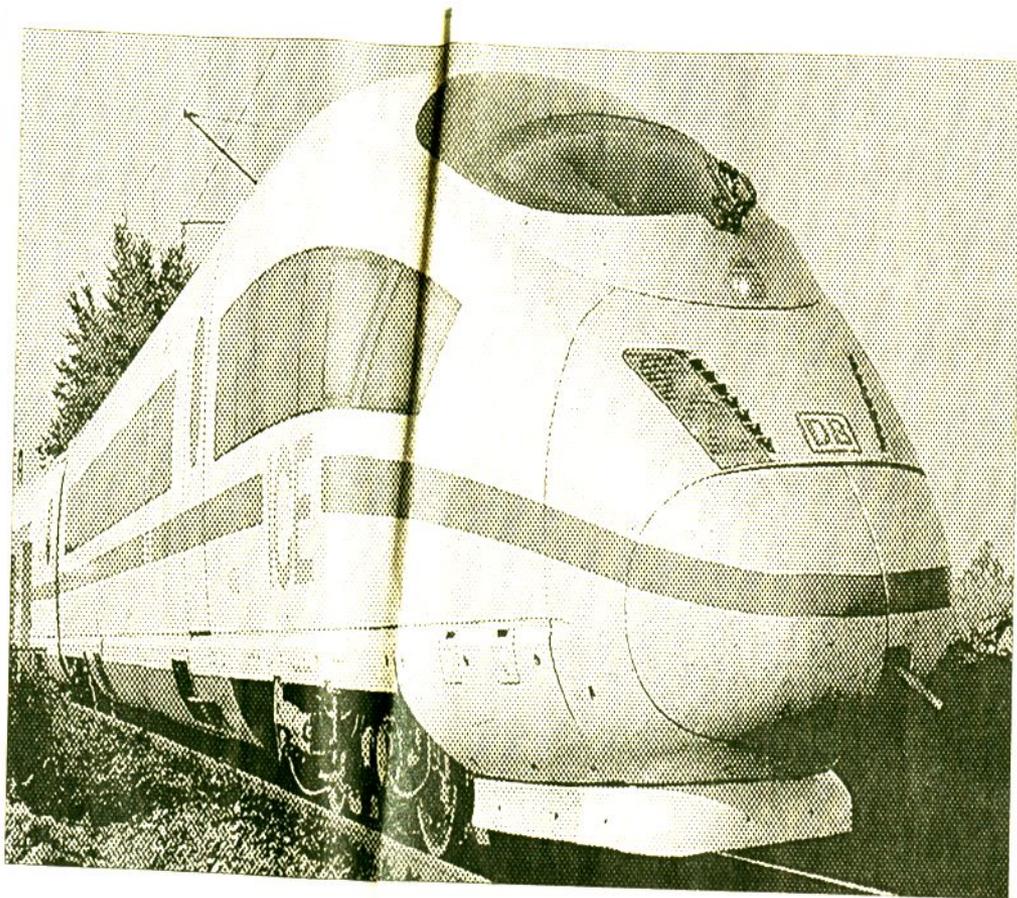
**В Японии поезд на магнитных подвесах установил рекорд 580 км/ч.**

- а данный момент существует 3 основных технологии магнитного подвеса поездов:
- На сверхпроводящих магнитах (электродинамическая подвеска, EDS)
- На электромагнитах (электромагнитная подвеска, EMS)
- На постоянных магнитах; это новая и потенциально самая экономичная система.
- Состав левитирует за счёт отталкивания одинаковых магнитных полюсов и, наоборот, притягивания противоположных полюсов. Движение осуществляется линейным двигателем, расположенным либо на поезде, либо на пути, либо и там, и там. Серьёзной проблемой проектирования является большой вес достаточно мощных магнитов, поскольку требуется сильное магнитное поле для поддержания в воздухе массивного состава.
- Наиболее активные разработки маглева ведут Германия, Япония, Китай, и Южная Корея.



**Французские линия называется TGV(тэ-жэ-вэ)  
(сокр. фр. train à grande vitesse, скоростной поезд). Поезда TGV ходят со скоростью до  
320 км/ч. 3 апреля 2007 года на испытаниях особо измененный поезд достиг скорости  
574.8 км/ч. В настоящее время созданы и эксплуатируются поезда AGV**





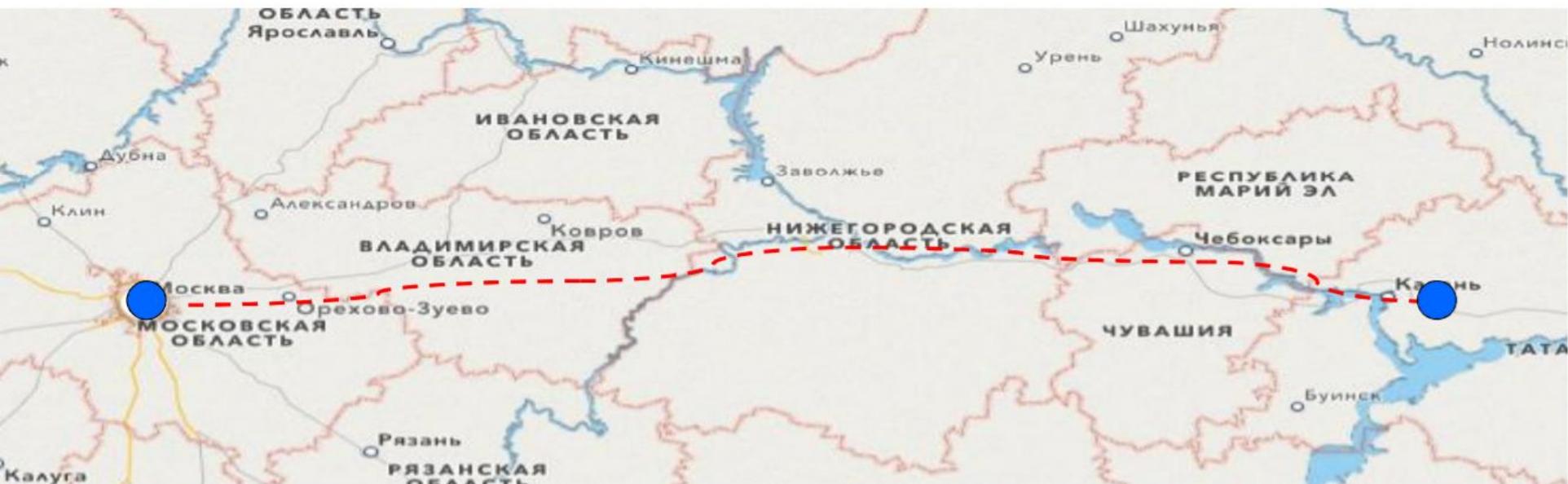
### Рекорды скорости на рельсах :

- 2 декабря 2003 года поезд на магнитном подвесе MLX01 (Япония) достиг скорости 581 км/час.
- 18 мая 1990 года электропоезд TGV (Франция) развил скорость 515,3 км/час.
- 5 октября 1993 года одиночный тепловоз ТЭП80-0002 (Россия) разогнался до 271 км/час. на Экспериментальном кольце в Щербинке.

### Наиболее популярные скоростные поезда мира:

- В Японии поезд Nozomi регулярно проходит 192 км между городами Хиросима и Кокура за 44 минуты (средняя скорость 261,8 км/час).
- Во Франции поезд TGV преодолевает 130 км между Валансом и Авиньоном за полчаса со средней скоростью 259,4 км/час.
- В Испании поезд AVE 470 км между Мадридом и Севильей проходит за 2 часа 15 минут (средняя скорость 209 км/час).
- В Германии поезд ICE проходит 76 км между Вольфсбургом и Штендалем за 24 минуты со средней скоростью 190 км/час.

# ВСМ Москва-Казань



**Длина участка – 756,2 км**  
**Максимальная скорость - <400 км/ч**  
**Время в пути – 3 часа 30 минут**

**Более 340 искусственных сооружений**  
**Около 800 разноуровневых пересечений**  
**Пересечения с реками Ока, Сура и Волга**

# УСТРОЙСТВА ЛОКОМОТИВНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ

Для регулирования движения на железных дорогах России долгое время использовались устройства автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа **АЛСН**. Система АЛСН непрерывно передаёт в кабину локомотива сигналы путевых светофоров; контролирует скорость поезда при «КЖ» и «К» показании локомотивного светофора и при превышении допустимой скорости останавливает поезд автостопным торможением при помощи электромагнитного клапана автостопа; производит однократную проверку бдительности при смене огней (кроме включения «З» огня) и периодическую проверку бдительности при «Ж» огне локомотивного светофора — при превышении допустимой скорости проследования светофора с желтым огнём, при «КЖ», «К», «Б» огнях — независимо от скорости.

Несколько позднее появился новый канал передачи информации многозначной АЛС — АЛС-ЕН. Разработаны также устройства для высокоскоростной передачи больших объемов информации в ограниченных зонах связи (так называемые устройства точечного канала связи). Продолжается внедрение устройств передачи данных по радиоканалу в диапазонах 160 и 460 МГц. Эти устройства планируется применять при организации двусторонней передачи данных на станциях, где технически сложно кодировать все пути сигналами АЛСН или АЛС-ЕН.

Низкая информативность системы АЛСН (использование в канале связи только трех активных сигналов) и ограниченность ее функциональных возможностей обусловили необходимость дополнения действующего оборудования другими устройствами обеспечения безопасности. С 1994 г. в рамках Государственной программы повышения безопасности движения поездов на железных дорогах России осуществляется замена прежних устройств на более совершенные (**КЛУБ, САУТ, ТС КБМ** и др.), выполненные на базе микропроцессоров.

# УСТРОЙСТВО БЕЗОПАСНОСТИ КОМПЛЕКСНОЕ ЛОКОМОТИВНОЕ УНИВЕРСАЛЬНОЕ (КЛУБ-У)

Устройство предназначено для обеспечения безопасности движения локомотивов и моторвагонного подвижного состава, предотвращения аварийных и предаварийных ситуаций при движении поездов путем принудительного торможения и остановки.

Функциями КЛУБ-У являются:

- автоматическое включение экстренного торможения при возникновении опасных ситуаций;
- обеспечение экстренного торможения по приказу дежурного по станции независимо от действий машиниста;
- исключение прохождения участка с запрещающим сигналом светофора без передаваемого по радиоканалу разрешения дежурного по станции;
- исключение самопроизвольного движения локомотива (скатывания);
- исключение несанкционированного выключения ЭПК;
- прием и дешифрация сигналов АЛСН, АЛС-ЕН;
- непрерывный контроль состояния тормозной системы;
- регулярный контроль бдительности машиниста;

- контроль совместных действий машиниста и помощника машиниста при трогании поезда и движении к запрещающему сигналу светофора;
- учет категории поезда, типа тяги, длины блок-участков;
- регистрация параметров движения в электронной памяти кассеты регистрации;
- формирование сигналов достижения фактической скорости: 2, 10, 20 и 60 км/ч;
- информирование машиниста о показаниях светофоров, числе свободных блок-участков, фактической скорости с точностью до 1 км/ч и допустимой на данном участке пути скорости движения, кривой торможения, а также о текущем времени с корректировкой по астрономическому времени, координатах местоположения локомотива с точностью до 30 м при помощи спутниковой навигации,
- соблюдении графика движения поезда, названиях станций, номерах стрелок, светофоров, перегонов и т. п., расстояниях до контрольных точек (станции, переезда, моста, тоннеля, стрелки, светофора, токораздела, опасного места и др.), хранящихся в электронной карте блока электроники БЭЛ.

## Система автоматического управления торможением САУТ

Устройства выполняют задачи обеспечения безопасности и управления движением поезда.

**КЛУБ** производит экстренное торможение поезда при проезде им запрещающего сигнала, **САУТ** — прицельную остановку поезда перед запрещающим сигналом с использованием режимов служебного торможения. Существенное внимание по-прежнему уделяется контролю бодрствования и бдительности машиниста.

Все чаще применяется устройство **ТС КБМ**, контролирующее состояние машиниста путем отслеживания изменения электрического сопротивления кожи.

Надежная и безопасная работа локомотивного комплекса управления может обеспечиваться за счет взаимного резервирования параллельно работающих систем КЛУБ, САУТ и др.

## **Производители электровозов**

**Московский завод «Динамо»** — выпуск электровозов с 1929 по 1944 год

**Новочеркасский электровозостроительный завод (НЭВЗ)** — серийный выпуск электровозов с 1946 года

**Тбилисский электровозостроительный завод (ТЭВЗ, Грузия)** — серийный выпуск электровозов с 1957 года

**Коломенский тепловозостроительный завод (КЗ)** — выпуск электровозов с 1929 по 1944 год, 1996 и с 2006 года

**Уральский завод железнодорожного машиностроения (УЗЖМ)** — серийный выпуск грузовых маневровых электровозов постоянного тока с 2006 года

**Днепропетровский электровозостроительный завод (ДЭВЗ, с 2000 — НПК «Электровозостроение»)** — выпуск промышленных и маневровых электровозов в СССР и строительство магистральных электровозов на Украине (ДЭ1, ДС3)

**Луганский тепловозостроительный завод**

**Пльзеньский завод им. В. И. Ленина (Чехословакия)**

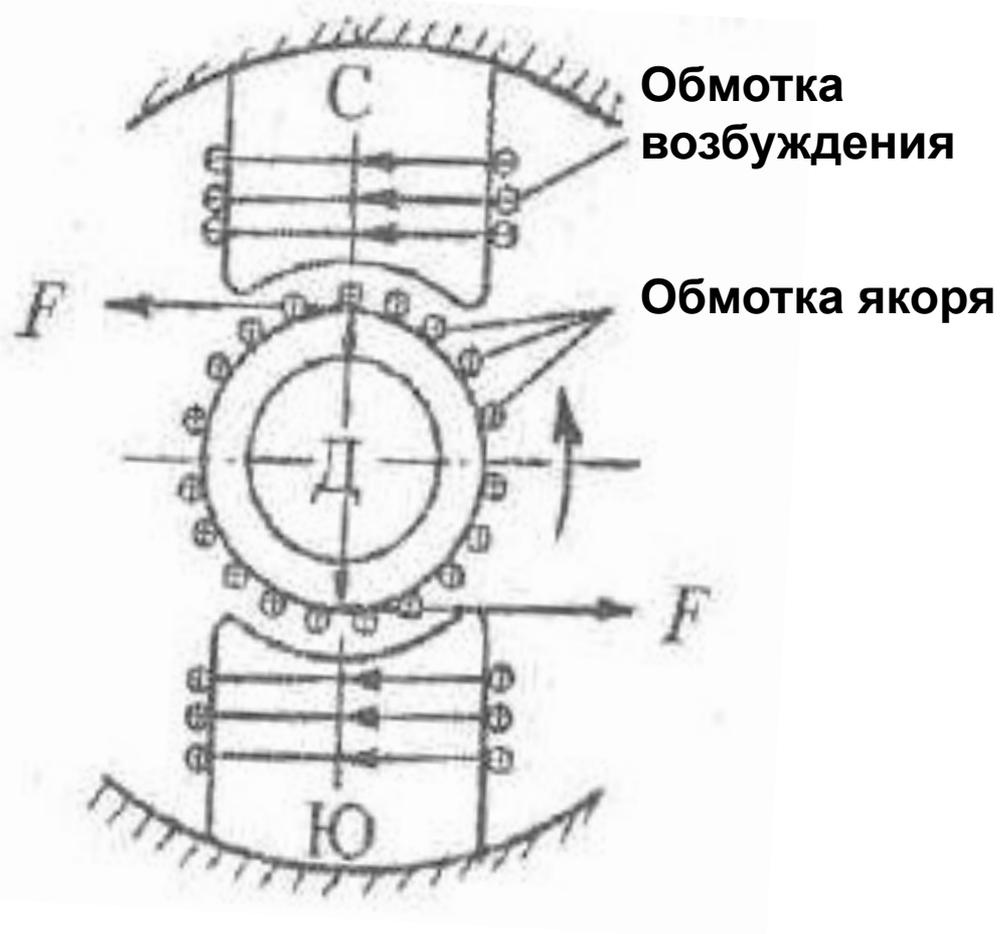
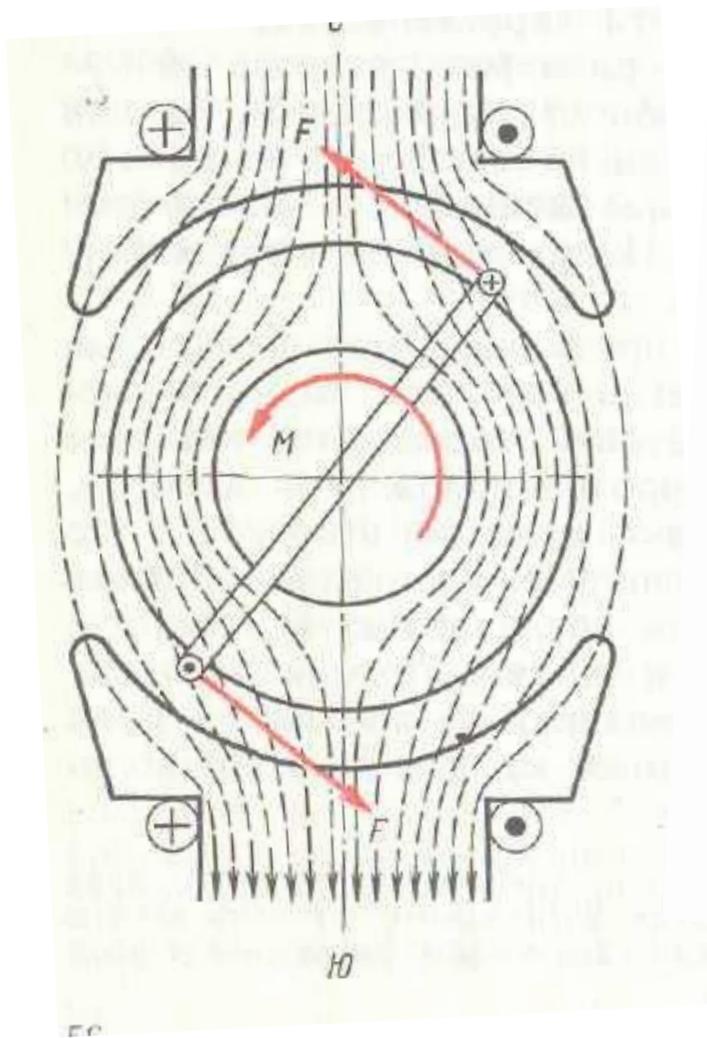
**Electro-Motive Diesel (США)**

**Siemens AG**

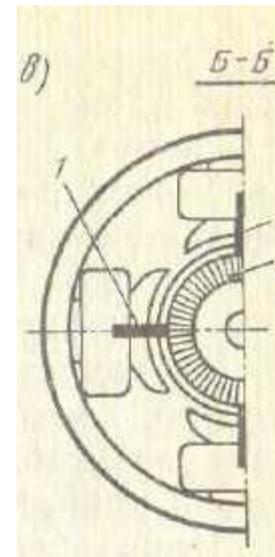
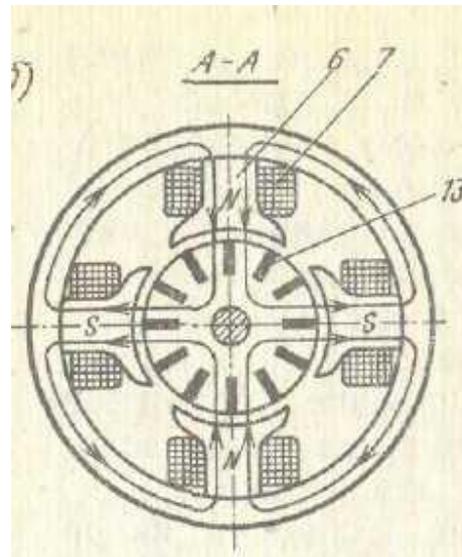
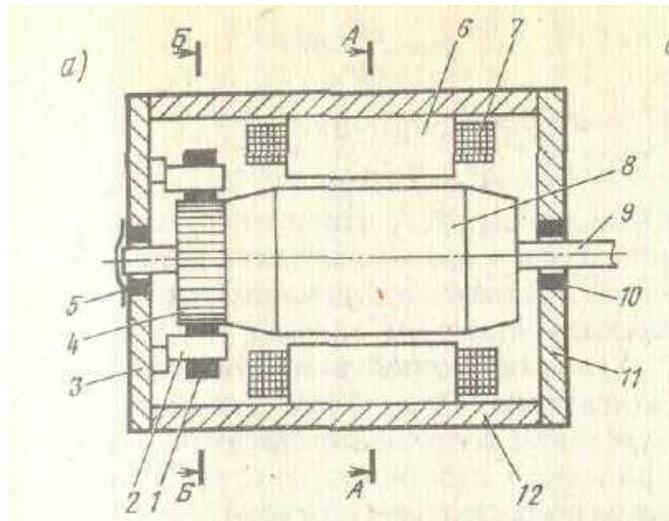
**Alstom (Франция)**

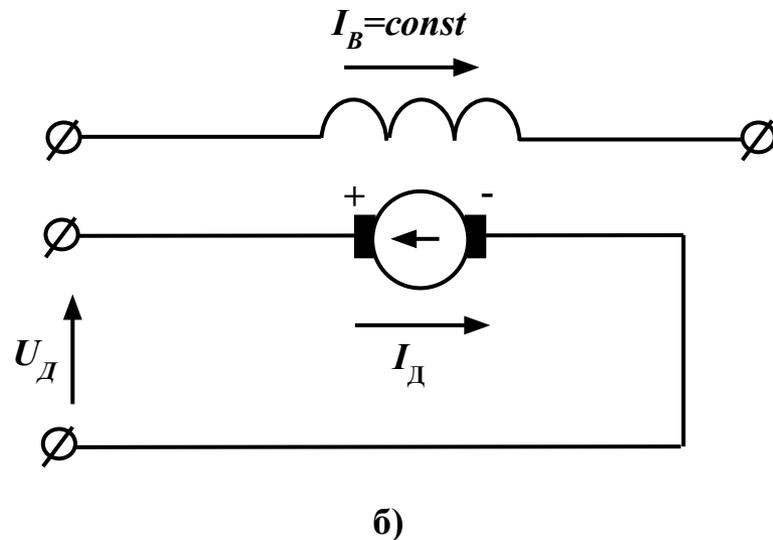
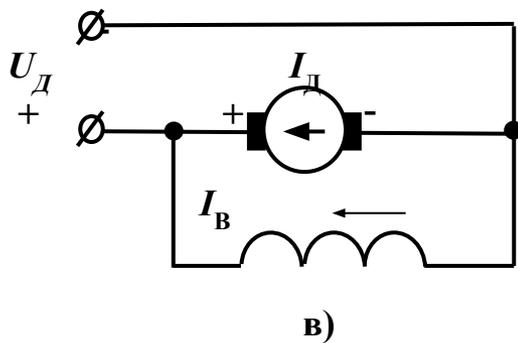
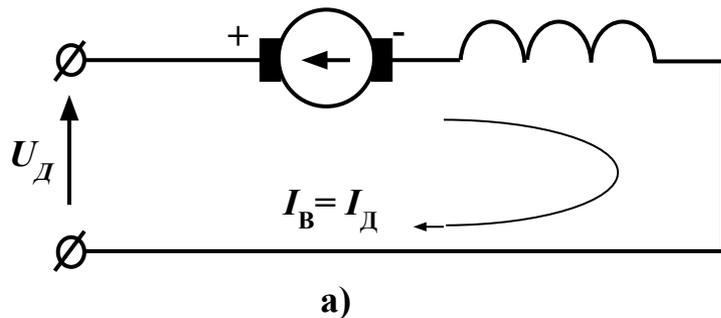
**Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget (Швеция)**

# Принцип образования вращающего момента в электродвигателе



# Электродвигатель постоянного тока

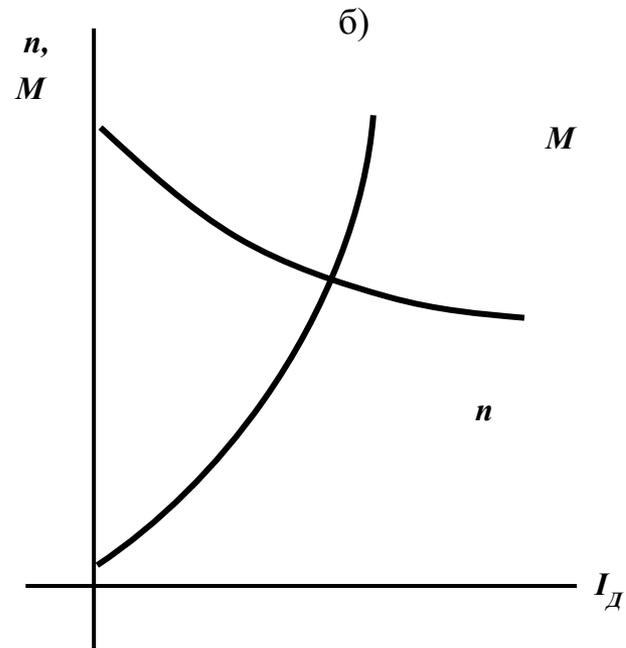
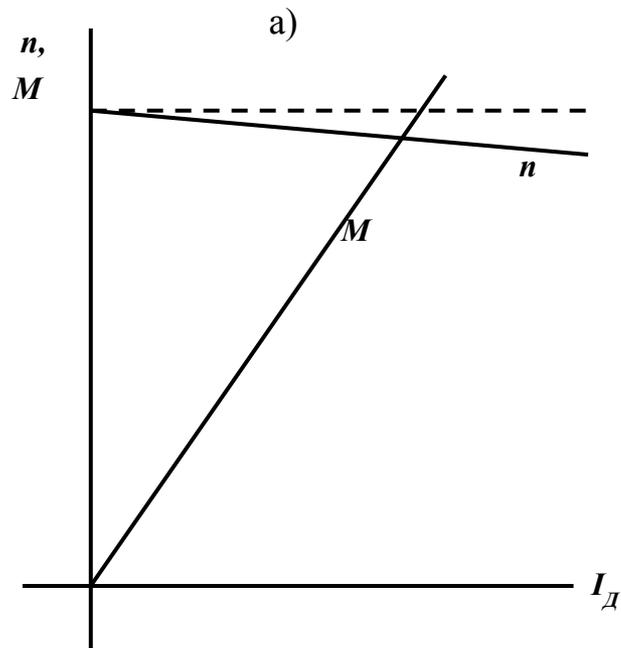




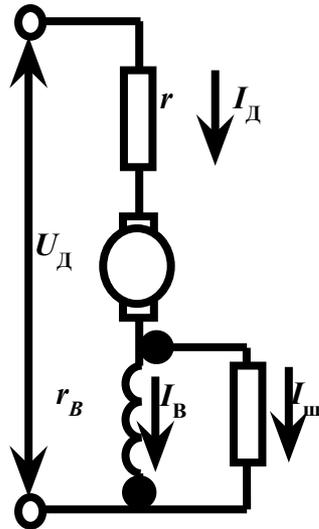
Схемы питания двигателей с последовательным (а),  
независимым (б) и параллельным(и) возбуждением

Частота вращения двигателя постоянного тока

$$n = \frac{U_D - I_D \cdot r}{C_e \cdot \Phi}$$

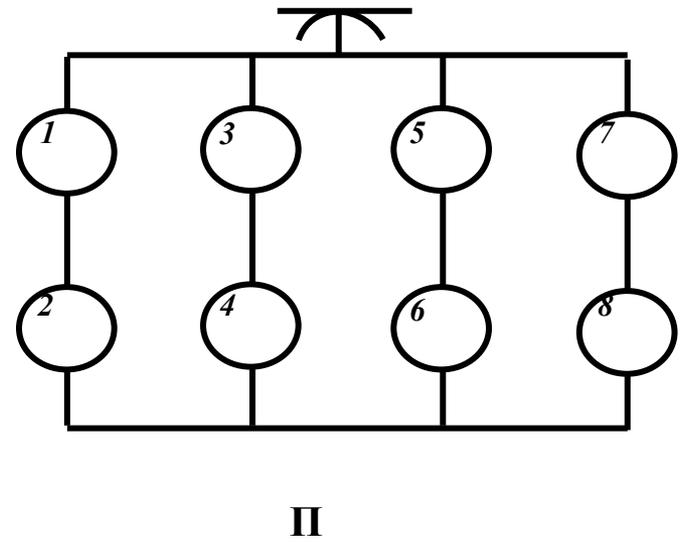
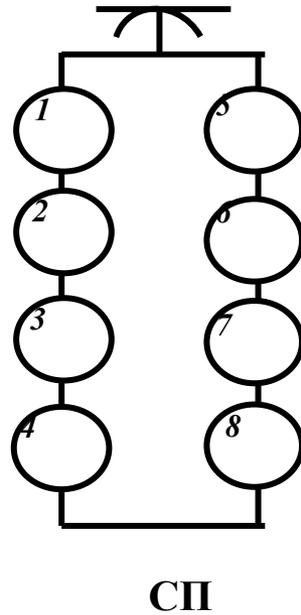
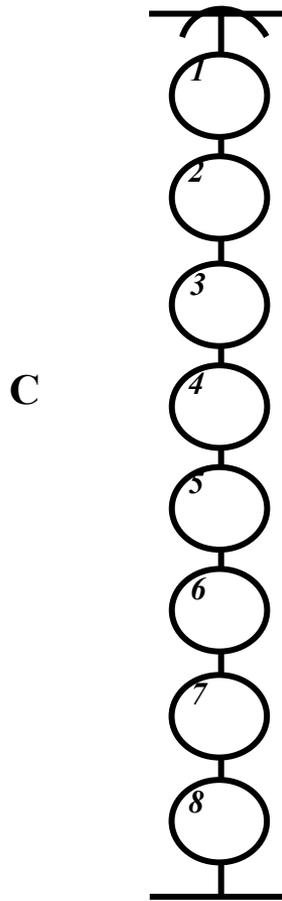


. Электромеханические характеристики тяговых двигателей с параллельным(а) и последовательным возбуждением (б).



Схема, поясняющая принцип регулирования скорости тяговых электродвигателей

$$v = \frac{U_D - I_D \cdot r}{C\Phi}$$



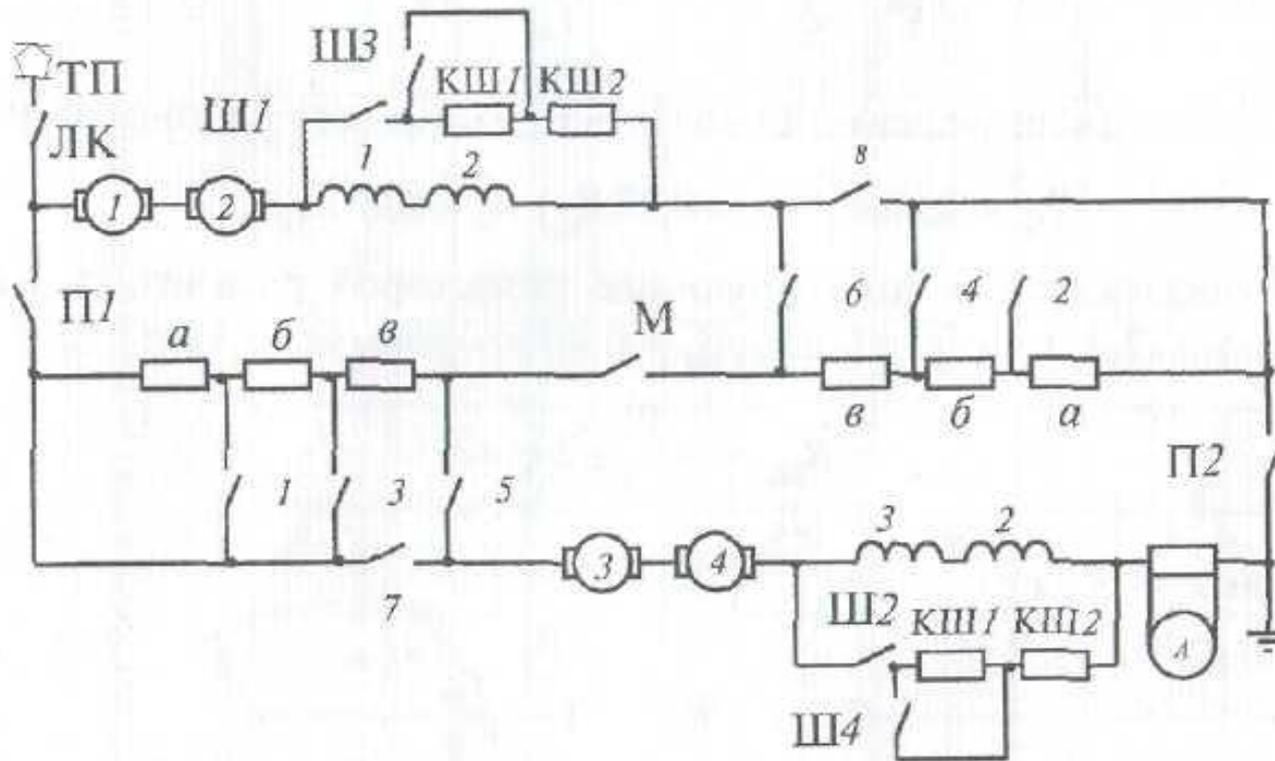
**Схема группировок тяговых двигателей**

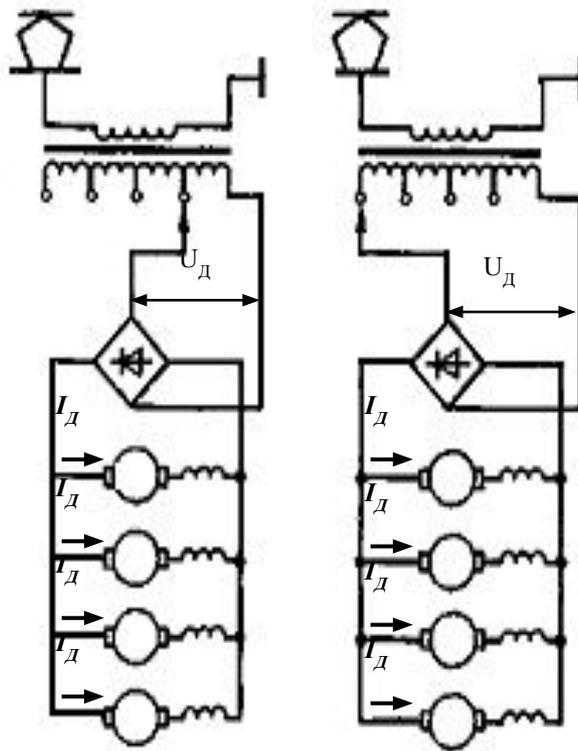
**C**  $U_{\text{д}} = 3000/8 = 375\text{В},$

**СП** -  $U_{\text{д}} = 3000/4 = 750\text{В},$

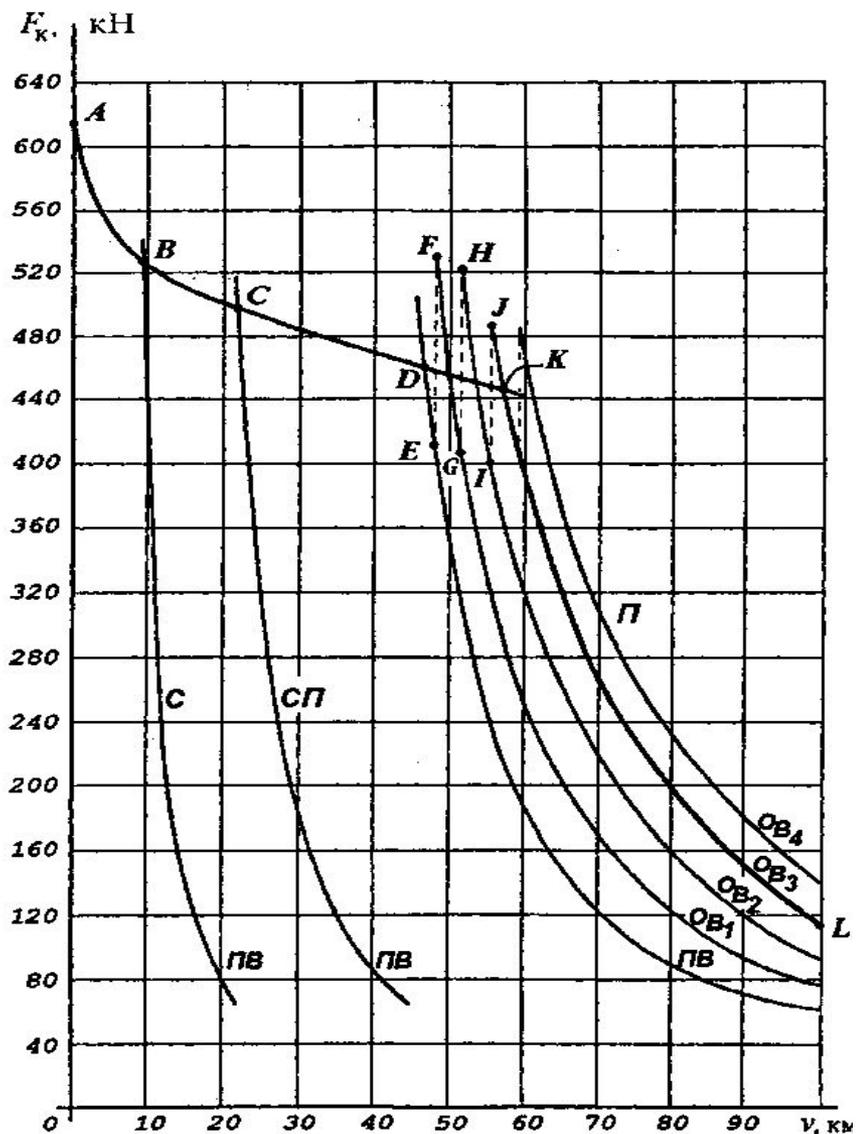
**П** -  $U_{\text{д}} = 3000/2 = 1500\text{В}.$

# Упрощенная схема включения ТЭД одной секции восмиосного электровоза

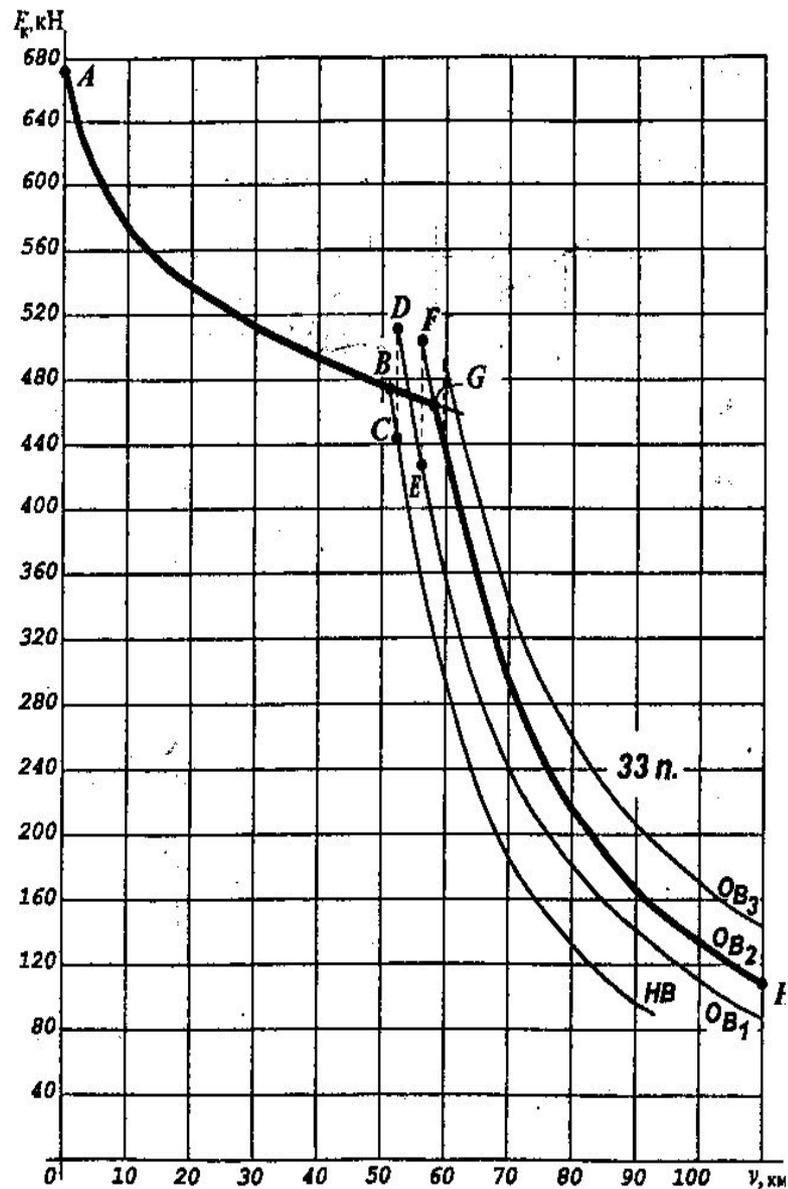




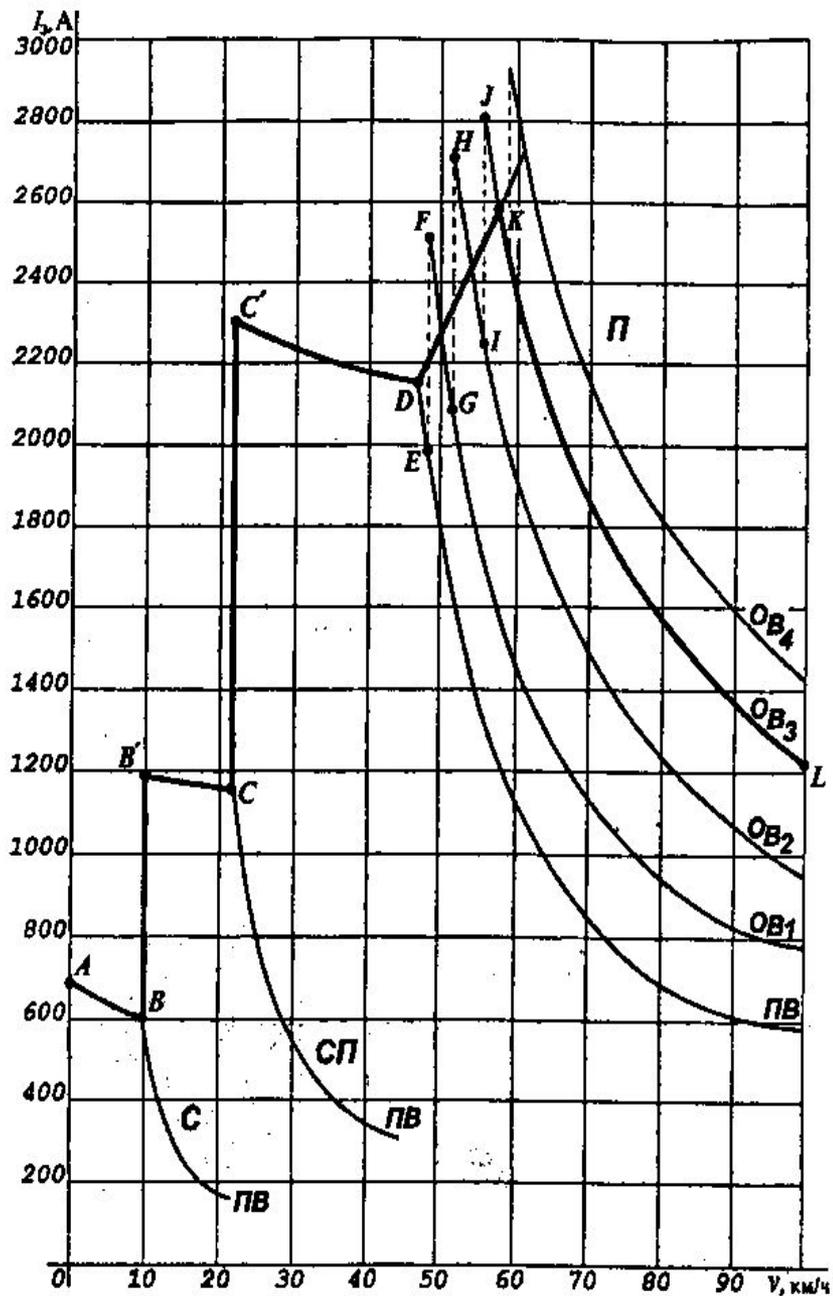
**Упрощенная силовая схема электровоза переменного тока.**



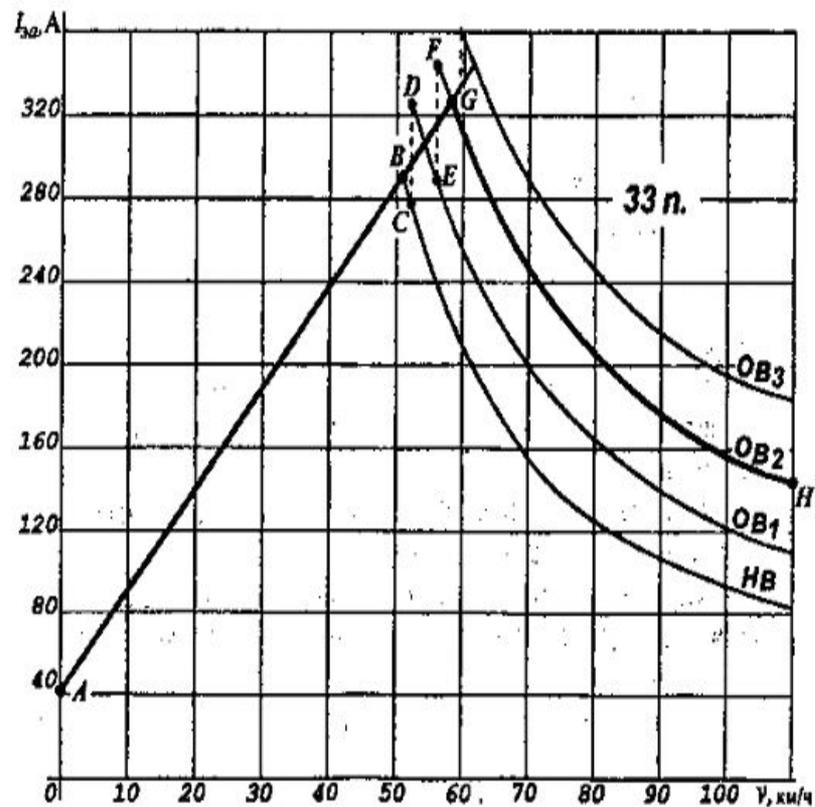
Тяговые характеристики электровоза:  
ВЛ10



Тяговые характеристики  
электровоза ВЛ80

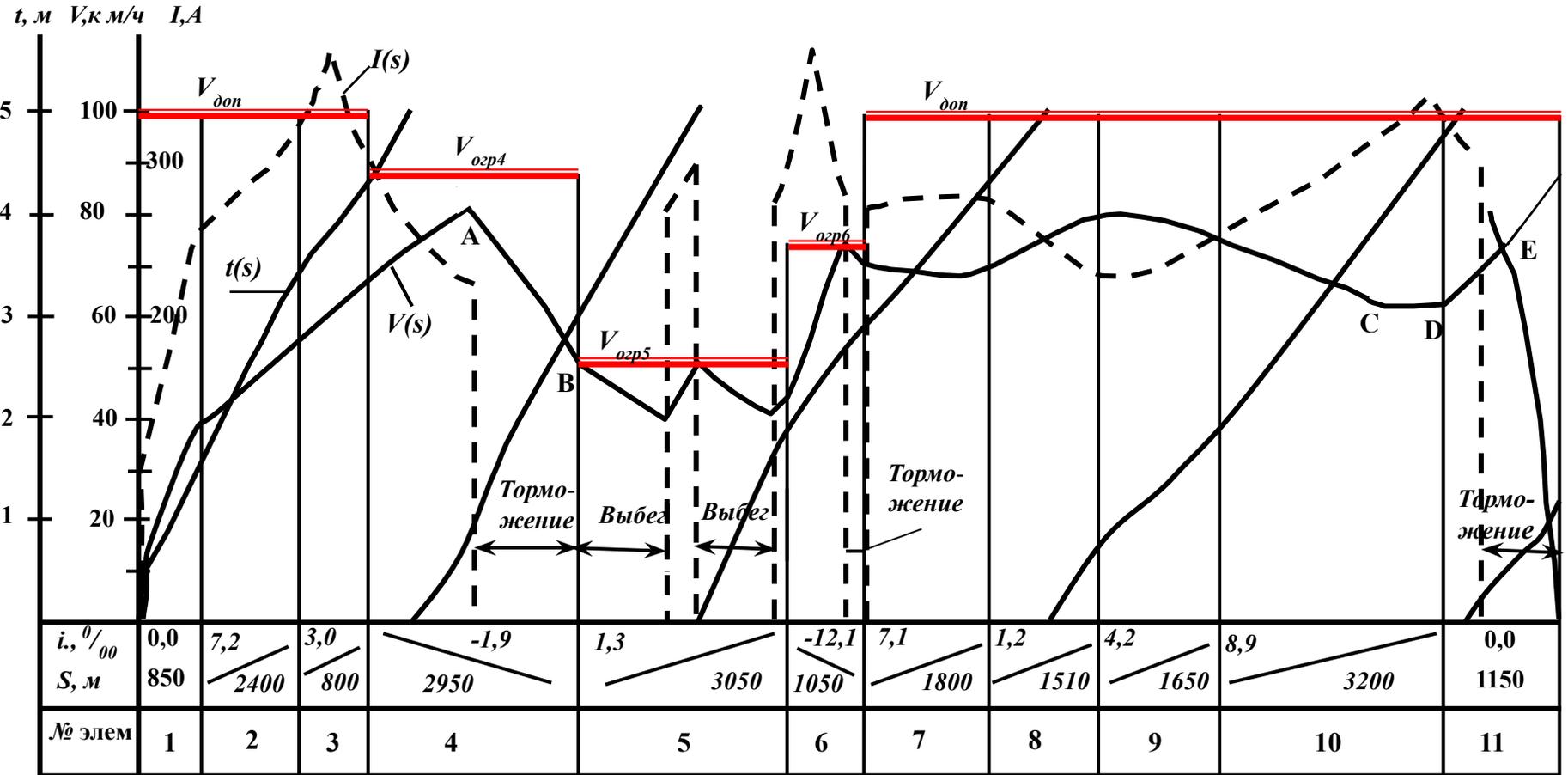


Токовые характеристики  
электровоза ВЛ10



Токовые характеристики электровоза  
ВЛ80

# Пример тягового расчета



Ст. 1

Ст. 2