

**ПРАВИЛА
ТЯГОВЫХ
РАСЧЕТОВ
ДЛЯ ПОЕЗДНОЙ
РАБОТЫ**



МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР

**ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель министра путей сообщения
15 августа 1980 г. **Ф. И. ШУЛЕШКО**

ПРАВИЛА ТЯГОВЫХ РАСЧЕТОВ ДЛЯ ПОЕЗДНОЙ РАБОТЫ



МОСКВА «ТРАНСПОРТ» 1985



Сканировал
Вячеслав Михед
Aka PatriotRR

Правила тяговых расчетов для поездной работы. — М.: Транспорт, 1985. 287 с.

Книгу подготовили к печати сотрудники ВНИИЖТ и МПС:
д-р техн. наук П. Т. Гребенюк, канд. техн. наук А. Н. Долганов, д-р техн. наук О. А. Некрасов, кандидаты технических наук А. Л. Лисицын, П. П. Стромский, инженеры А. П. Боровников, Т. С. Чукова. Глава 5 написана при участии сотрудников ХабИИЖТ. канд. техн. наук В. Г. Григоренко, инж. В. М. Перушина

Ответственный за выпуск А. Н. Долганов

Заведующий редакцией В. А. Дробинский

Редактор Н. П. Киселева

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТОВ

1.1. Общие указания

1.1.1. Назначение Правил. Настоящие Правила определяют порядок и методику тяговых расчетов, устанавливают основные нормативы, принимаемые в расчетах, а также являются основой для расчета расхода электроэнергии, топлива и воды на тягу поездов.

Правила применяются при тяговых расчетах для поездной работы локомотивов и моторвагонного подвижного состава на эксплуатируемых и проектируемых железных дорогах колеи 1520 мм и на железных дорогах узкой колеи (750 и 1067 мм).

Единицы физических величин даны в Международной системе единиц (СИ); за исключением сил¹.

1.1.2. Точность расчетов. При тяговых расчетах принимать:

- а) расстояние — для элементов профиля в метрах, для перегонов — в километрах с одним знаком после запятой;
- б) уклоны — в промилле (‰) с одним знаком после запятой;
- в) силу тяги, силы сопротивления и тормозные — в килограмм-силах — с округлением до 50 кгс;
- г) удельные силы — в килограмм-силах на тонну с двумя знаками после запятой;
- д) ток — в амперах с округлением до 5 А;
- е) скорость — в километрах в час с одним знаком после запятой;
- ж) массу составов — в тоннах, грузовых с округлением до 50 т, пассажирских — до 25 т;
- з) общий расход топлива на тяговом участке — в килограммах с округлением до 10 кг;
- и) общий расход электроэнергии на тяговом участке — в киловатт-часах с округлением до 10 кВт·ч;
- к) удельный расход топлива — в килограммах на тонно-километр с округлением до 0,1 кг/10⁴ т·км;
- л) удельный расход электроэнергии — в ватт-часах на тонно-километр [Вт·ч/(т·км)] с одним знаком после запятой;
- м) расход воды — в килограммах с округлением до 50 кг;
- н) перегонное время хода — в минутах, расчетное до 0,1 мин, для графика движения грузовых и пассажирских поездов при скоростях до 140 км/ч с округлением до 1 мин, а для пассажир-

¹ По согласованию с Госстандартом СССР в Правилах используется единица силы килограмм-сила вместо ньютона (письмо Госстандарта № 7/1-10-1249 от 31.08.83).

ских поездов при скоростях движения более 140 км/ч и пригородных поездов — до 0,5 мин;

о) температуру — в градусах Цельсия при проверке нагревания по отдельным элементам расчета до 0,01°C с округлением конечных результатов до 1°C.

1.1.3. Буквенные обозначения. При тяговых расчетах руководствоваться условными обозначениями величин, сокращениями и единицами измерения, приведенными в приложении 1.

1.1.4. Графическое изображение зависимостей. При графическом изображении зависимостей одной переменной величины от другой руководствоваться следующими основными правилами:

а) на графике обязательно наличие нулевой абсциссы, нулевой ординаты и полной сетки;

б) масштабы должны быть выбраны так, чтобы определение значений переменных при помощи миллиметровой линейки (между линиями сетки) не встречало затруднений;

в) оси координат вычерчивать толще других линий сетки;

г) на осях координат проставлять буквенные обозначения переменных и их единицу измерения.

1.1.5. Порядок расчетов. Тяговые расчеты выполнять по силе тяги на ободах движущих колес (по касательной силе тяги F_K).

1.2. Сопротивление движению подвижного состава

1.2.1. Основное удельное сопротивление движению грузовых вагонов. Основное удельное сопротивление движению грузовых вагонов (в составе поезда) на звеньевом пути определять по формулам:

а) четырехосные вагоны на подшипниках скольжения и шестиосные вагоны на роликовых подшипниках ($q_0 > 6$ т)

$$w_0'' = 0,7 + \frac{8 + 0,1v + 0,0025v^2}{q_0}; \quad (1)$$

б) четырехосные вагоны на подшипниках скольжения ($q_0 \leq 6$ т)

$$w_0'' = 1,5 + 0,045v + 0,00027v^2; \quad (2)$$

в) четырехосные вагоны на роликовых подшипниках и вагоны рефрижераторных поездов ($q_0 > 6$ т)

$$w_0'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1v + 0,0025v^2}{q_0}; \quad (3)$$

г) четырехосные и шестиосные вагоны на роликовых подшипниках ($q_0 \leq 6$ т)

$$w_0'' = 1,0 + 0,044v + 0,00024v^2. \quad (4)$$

д) восьмиосные вагоны на роликовых подшипниках

$$w_0'' = 0,7 + \frac{6+0,038v+0,0021v^2}{q_0} . \quad (5)$$

Основное удельное сопротивление движению грузовых вагонов (в составе поезда) на бесстыковом пути определять по формулам:

а) четырехосные вагоны на подшипниках скольжения и шестиосные вагоны на роликовых подшипниках ($q_0 > 6$ т)

$$w_0'' = 0,7 + \frac{8+0,08v+0,002v^2}{q_0} ; \quad (6)$$

б) четырехосные вагоны на подшипниках скольжения ($q_0 \leq 6$ т)

$$w_0'' = 1,5+0,042v+0,00018v^2; \quad (7)$$

в) четырехосные вагоны на роликовых подшипниках и вагоны рефрижераторных поездов ($q_0 > 6$ т)

$$w_0'' = 0,7 + \frac{3+0,09v+0,002v^2}{q_0} ; \quad (8)$$

г) четырехосные и шестиосные вагоны на роликовых подшипниках ($q_0 \leq 6$ т)

$$w_0'' = 1,0+0,042v+0,00016v^2; \quad (9)$$

д) восьмиосные вагоны на роликовых подшипниках

$$w_0'' = 0,7 + \frac{6+0,026v+0,0017v^2}{q_0} . \quad (10)$$

При тяговых расчетах для графика движения поездов средняя для состава масса, приходящаяся на ось колесной пары груженого вагона ($q_0 > 6$ т) на рельсы, и доля в процентах вагонов на роликовых и скользящих подшипниках в составе задаются МПС.

1.2.2. Основное удельное сопротивление движению пассажирских вагонов. Основное удельное сопротивление движению цельнометаллических вагонов на роликовых подшипниках (в составе поезда) для скоростей движения до 160 км/ч определять по формулам:

а) на звеньевом пути

$$w_0'' = 0,7 + \frac{8+0,18v+0,003v^2}{q_0} ; \quad (11)$$

б) на бесстыковом пути

$$w_0'' = 0,7 + \frac{8+0,16v+0,0023v^2}{q_0} . \quad (12)$$

При тяговых расчетах для графика движения поездов средняя для состава масса, приходящаяся на ось колесной пары пассажирского вагона на рельсы, задается МПС.

1.2.3. Основное удельное сопротивление движению локомотивов. Основное удельное сопротивление движению локомотивов определять по формулам:

а) электровозы и тепловозы на звеньевом пути

$$w'_0 = 1,9 + 0,01v + 0,0003v^2; \quad (13)$$

$$w_x = 2,4 + 0,011v + 0,00035v^2; \quad (14)$$

б) электровозы и тепловозы на бесстыковом пути

$$w'_0 = 1,9 + 0,008v + 0,00025v^2; \quad (15)$$

$$w_x = 2,4 + 0,009v + 0,00035v^2; \quad (16)$$

в) паровозы на звеньевом пути

$$w'_0 = 2 + 0,02v + 0,00023v^2; \quad (17)$$

$$w_x = 3 + 0,002v + 0,0009v^2. \quad (18)$$

Основное удельное сопротивление движению локомотивов для расчетов, требующих повышенной точности, принимать по опытным кривым, приведенным на соответствующих рисунках в приложениях 5 и 6.

1.2.4. Основное удельное сопротивление движению электропоездов и дизель-поездов. Основное удельное сопротивление движению на звеньевом пути определять по формулам:

а) электропоезда ЭР1, ЭР2, ЭР9

$$w'_0 = 1,1 + 0,012v + 0,000267v^2; \quad (19)$$

$$w_x = 1,24 + 0,020v + 0,000267v^2; \quad (20)$$

б) электропоезд ЭР22

$$w'_0 = 1,1 + 0,012v + 0,000247v^2; \quad (21)$$

$$w_x = 1,22 + 0,018v + 0,000247v^2; \quad (22)$$

в) электропоезд С₃^Р

$$w'_0 = 2,35 - 0,01v + 0,00043v^2; \quad (23)$$

$$w_x = 2,7 - 0,017v + 0,00053v^2; \quad (24)$$

г) другие серии электропоездов

$$w'_0 = 0,6 + 0,03v + 0,00008v^2; \quad (25)$$

$$w_x = 1,1 + 0,02v + 0,00023v^2; \quad (26)$$

д) дизель-поезда ДР1, Д1 и Д

$$w'_0 = 1,1 + 0,012v + \left(0,000217 + \frac{0,000461}{m_{\text{дп}}}\right)v^2; \quad (27)$$

$$w_x = w'_0 + w_3 \quad (28)$$

Удельное сопротивление движению от трения в звеньях силовых трансмиссий определять по формуле

$$w_3 = (0,47 + 0,14v) \frac{m_m}{m_{\text{дп}}}, \quad (29)$$

где $m_{\text{дп}}$, m_m — соответственно общее число вагонов и число моторных вагонов в дизель-поезде.

Основное удельное сопротивление движению на бесстыковом пути определять по формулам:

а) электропоезда ЭР1, ЭР2, ЭР9

$$w'_0 = 1,1 + 0,01v + 0,000227v^2; \quad (30)$$

$$w_x = 1,24 + 0,018v + 0,000227v^2; \quad (31)$$

б) электропоезд ЭР22

$$w'_0 = 1,1 + 0,01v + 0,000207v^2, \quad (32)$$

$$w_x = 1,22 + 0,016v + 0,000207v^2; \quad (33)$$

в) электропоезд СЗ

$$w'_0 = 2,35 - 0,01v + 0,00037v^2; \quad (34)$$

$$w_x = 2,7 - 0,017v + 0,00047v^2, \quad (35)$$

г) другие серии электропоездов

$$w'_0 = 0,6 + 0,027v + 0,00005v^2, \quad (36)$$

$$w_x = 1,1 + 0,017v + 0,0002v^2; \quad (37)$$

д) дизель-поезда ДР1, Д1 и Д

$$w'_0 = 1,1 + 0,01v + \left(0,000167 + \frac{0,000461}{m_{\text{дп}}}\right)v^2, \quad (38)$$

w_x — по формулам (28) и (29).

1.2.5. Удельное сопротивление состава при трогании с места. Удельное сопротивление состава при трогании с места на площадке ($w_{\text{тр}}$) определять по формулам:

а) подвижной состав на подшипниках скольжения

$$w_{\text{тр}} = \frac{142}{q_0 + 7}, \quad (39)$$

б) подвижной состав на подшипниках качения

$$w_{\text{тр}} = \frac{28}{q_0 + 7} \quad (40)$$

При наличии в составе поезда разнотипных вагонов удельное сопротивление состава при трогании с места определяется как средневзвешенная величина.

1.2.6. Дополнительное удельное сопротивление движению от уклона. Дополнительное удельное сопротивление движению от уклона (подъема или спуска) для всех видов подвижного состава принимать равным числу промилле подъема или спуска, т. е.

$$w_i = i \text{ кгс/т.} \quad (41)$$

1.2.7. Дополнительное удельное сопротивление движению от кривой. Дополнительное удельное сопротивление движению от кривой на эксплуатируемых железных дорогах для всех видов подвижного состава принимать по формулам:

а) при длине поезда менее или равной длине кривой

$$w_r = \frac{700}{R}, \quad (42)$$

или

$$w_r = 12,2 \frac{\alpha^0}{s_{\text{кр}}}; \quad (43)$$

б) при длине поезда более длины кривой

$$w_r = \frac{700}{R} \frac{s_{\text{кр}}}{l_n} \quad (44)$$

или

$$w_r = 12,2 \frac{\alpha^0}{l_n}. \quad (45)$$

Дополнительное удельное сопротивление движению от кривой при расчетах, требующих повышенной точности, а также при проектировании железных дорог для всех видов подвижного состава разрешается принимать по формулам:

а) при длине поезда менее или равной длине кривой

$$w_r = \frac{200}{R} + 1,5\tau_k \quad (46)$$

или

$$w_r = 3,5 \frac{\alpha^0}{s_{\text{кр}}} + 1,5\tau_k; \quad (47)$$

б) при длине поезда более длины кривой

$$w_r = \left(\frac{200}{R} + 1,5\tau_k \right) \frac{s_{\text{кр}}}{l_n} \quad (48)$$

или

$$w_r = \left(3,5 \frac{\alpha^0}{s_{кр}} + 1,5\tau_k \right) \frac{s_{кр}}{l_n}, \quad (49)$$

где τ_k — непогашенное ускорение в кривой, м/с².

Значение τ_k задается как норматив или определяется по формуле

$$\tau_k = \frac{v^2}{13R} - \frac{h}{s_k} g, \quad (50)$$

где h — возвышение наружного рельса, мм;

s_k — расстояние между кругами катания колес подвижного состава, мм (для колеи 1520 мм $s_k = 1600$ мм);

$g = 9,81$ м/с² — ускорение свободного падения.

1.2.8. Дополнительное удельное сопротивление движению от приведенного уклона. Дополнительное удельное сопротивление движению от приведенного уклона принимать по формуле

$$i_k = i + w_r. \quad (51)$$

1.2.9. Дополнительное удельное сопротивление движению от подвагонных генераторов. Дополнительное удельное сопротивление движению от подвагонных генераторов определять по формуле

$$w_{пг} = \frac{136P'}{q_0 v}, \quad (52)$$

где P' — средняя условная мощность подвагонного генератора, приходящаяся на один вагон поезда, кВт.

Значение величины P' определяется из выражения

$$P' = \frac{P_{пг} n_{бк} + (P_{пг} + P_{гк}) n_{кв}}{m_n}, \quad (53)$$

где $P_{пг}$ — фактическая мощность подвагонного генератора, расходуемая на служебные нужды вагона (кроме кондиционирования воздуха), кВт; для среднесетевых условий принимать $P_{пг} = 2$ кВт;

$n_{бк}$ — число вагонов без кондиционирования воздуха, но имеющих подвагонные генераторы;

$P_{гк}$ — фактическая мощность подвагонного генератора, расходуемая на кондиционирование воздуха (средняя за время работы кондиционера), кВт; принимать $P_{гк} = 9$ кВт;

$n_{кв}$ — число вагонов с кондиционированием воздуха;

m_n — общее число вагонов в поезде.

Дополнительное удельное сопротивление от подвагонных генераторов учитывать при скоростях движения поезда $v \geq 20$ км/ч.

1.2.10. Дополнительное сопротивление движению от низкой температуры наружного воздуха. При температурах наружного воздуха ниже -25°C дополнительное сопротивление движению учитывать коэффициентом $K_{ит}$ (табл. 1) в зависимости от скорости движения поезда.

1.2.11. Дополнительное сопротивление движению поезда от ветра. Дополнительное сопротивление движению поездов от встреч-

Таблица 1. Коэффициент $K_{нт}$, учитывающий низкую температуру наружного воздуха

v , км/ч	Грузовые вагоны при $t_{нв}$, °C						Пассажирские вагоны при $t_{нв}$, °C					
	-30	-35	-40	-45	-50	-60	-30	-35	-40	-45	-50	-60
20	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
40	1,03	1,03	1,04	1,04	1,05	1,06	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,04
60	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,09	1,03	1,04	1,04	1,05	1,06	1,07
80	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09
100	1,09	1,10	1,12	1,13	1,14	1,15	1,05	1,06	1,07	1,09	1,10	1,11
120	1,11	1,12	1,13	1,15	1,16	1,17	1,06	1,07	1,09	1,10	1,11	1,12
140	—	—	—	—	—	—	1,07	1,08	1,09	1,11	1,12	1,13
160	—	—	—	—	—	—	1,07	1,09	1,10	1,12	1,13	1,15

ного и бокового ветра учитывать коэффициентом K_v (табл. 2) в зависимости от скорости движения поезда.

Для графика движения поездов дополнительное сопротивление движению от встречного и бокового ветра учитывать при скоростях ветра до 12 м/с.

При скоростях ветра, превышающих 12 м/с, это дополнительное сопротивление учитывать на период возникновения особо неблагоприятных погодных условий. Значения коэффициентов K_v в этих расчетах принимать по номограммам, приведенным в приложении 2 (рис. 2.1—2.7) для различных значений плотности воздуха (ρ), определяемой по формуле

$$\rho = 0,35 \frac{H_{бар}}{t_{нв} + 273}, \quad (54)$$

где $H_{бар}$ — атмосферное давление, гПа (1 мм рт. ст. = 1,33 гПа);
 $t_{нв}$ — температура наружного воздуха, °C.

Перечень участков, на которые распространяется п. 1.2.11, а также скорости ветра, используемые при выполнении расчетов для каждого принятого периода, устанавливаются дорогой на основе многолетних данных метеослужбы и утверждаются МПС.

Таблица 2. Коэффициент K_v , учитывающий встречный и боковой ветер

Скорость ветра, v_v , м/с	Скорость поезда v , км/ч								
	10	20	40	60	80	100	120	140	160
6	1,12	1,11	1,09	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03
8	1,19	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,08	1,07	1,06
10	1,31	1,28	1,24	1,20	1,16	1,14	1,12	1,10	1,09
12	1,42	1,39	1,32	1,27	1,23	1,19	1,15	1,14	1,12

1.3. Тормозные расчеты

1.3.1. Тормозная сила локомотива. В грузовых поездах на спусках до 20‰ тормозную силу пневматического тормоза локомотива и его массу в расчет не принимать. В остальных случаях, а также при движении одиночного локомотива тормозную силу локомотива и его массу учитывать.

Электрическое рекуперативное торможение электровоза применять как регулировочное при движении поезда по перегону. При определении скорости движения поезда тормозную силу электровоза принимать в соответствии с тормозными характеристиками. Значение тормозной силы электровоза не должно превышать ограничения по сцеплению. Электрическое торможение при определении тормозной силы поезда для остановочных торможений в расчет не вводить.

1.3.2. Тормозная сила поезда. Тормозную силу поезда определять как сумму произведений действительных сил нажатия тормозных колодок K на действительные коэффициенты трения колодок φ_k или как сумму расчетных (приведенных) сил нажатия тормозных колодок K_p , умноженную на расчетный (приведенный) коэффициент трения колодок $\varphi_{кр}$.

$$B_T = 1000 \sum K \varphi_k = 1000 \varphi_{кр} \sum K_p. \quad (55)$$

1.3.3. Коэффициент трения. При расчете тормозной силы с использованием действительной силы нажатия колодок действительный коэффициент трения φ_k колодки о колесо определять по формулам:

а) чугунные стандартные колодки

$$\varphi_k = 0,6 \frac{16K + 100}{80K + 100} \frac{v + 100}{5v + 100}; \quad (56)$$

б) чугунные колодки с содержанием фосфора 1,0—1,4 %

$$\varphi_k = 0,5 \frac{16K + 100}{52K + 100} \frac{v + 100}{5v + 100}; \quad (57)$$

в) композиционные колодки

$$\varphi_k = 0,44 \frac{K + 20}{4K + 20} \frac{v + 150}{2v + 150}. \quad (58)$$

Чтобы не вводить в расчет зависимость коэффициента трения от силы нажатия на колодку, следует пользоваться расчетным коэффициентом трения $\varphi_{кр}$ и расчетной силой нажатия на колодку K_p . При этом формулы для расчетного коэффициента $\varphi_{кр}$ получают вид:

а) чугунные колодки стандартные и колодки с повышенным содержанием фосфора

$$\varphi_{кр} = 0,27 \frac{v + 100}{5v + 100}; \quad (59)$$

б) композиционные колодки

$$\varphi_{кр} = 0,36 \frac{v + 150}{2v + 150} . \quad (60)$$

Расчетные коэффициенты трения, вычисляемые по этим формулам, определены исходя из условия, что $K=K_p=2,7$ тс для чугунных колодок и 1,6 тс — для композиционных. Эти значения K_p приняты условно и соответствуют среднему значению действительных сил нажатия на колодку четырехосного вагона при груженом и порожнем режимах торможения.

Переход от действительной силы нажатия на тормозную колодку к расчетной производить по следующим формулам:

а) чугунные стандартные колодки

$$K_p = 2,22K \frac{16K + 100}{80K + 100} ; \quad (61)$$

б) чугунные колодки с повышенным содержанием фосфора

$$K_p = 1,85K \frac{16K + 100}{52K + 100} ; \quad (62)$$

в) композиционные колодки

$$K_p = 1,22K \frac{K + 20}{4K + 20} . \quad (63)$$

1.3.4. Сила нажатия. Расчетные силы нажатия чугунных тормозных колодок на оси вагонов и локомотивов принимать по нормам, устанавливаемым МПС и издаваемым как приложение к графикам движения поездов.

При определении расчетной силы нажатия чугунных тормозных колодок поезда разрешается принимать данные, приведенные в табл. 3 и 4.

Расчетные силы нажатия композиционных колодок у пассажирских вагонов до 120 км/ч принимать одинаковыми с чугунными, а при больших скоростях в пересчете на чугунные колодки в следующем соотношении: от 120 до 140 км/ч — на 25% больше, чем для чугунных колодок; от 140 до 160 км/ч — на 30% больше, чем для чугунных колодок.

1.3.5. Тормозной коэффициент. Расчетным тормозным коэффициентом поезда называется отношение суммы тормозных расчетных сил нажатия всех тормозных колодок поезда к массе поезда

$$\varphi_p = \frac{\sum K_p}{Q + P_y} , \quad (64)$$

где $\sum K_p$ — сумма расчетных сил нажатия на тормозные оси поезда, тс;
 Q — масса состава, электро-, дизель-поезда, т;
 P_y — учетная масса локомотива, т.

Таблица 3. Расчетные силы нажатия чугунных тормозных колодок пассажирских и грузовых вагонов

Тип вагона	Сила нажатия колодок на ось, тс
Цельнометаллические пассажирские вагоны с массой тары:	
53 т и более	10,0
48 т и более, но менее 53 т	9,0
42 т и более, но менее 48 т	8,0
Цельнометаллические пассажирские вагоны габарита 03-Т (РИЦ) с тормозом КЕс на режиме:	
пассажирском	10,0
скоростном	15,0
Остальные вагоны пассажирского парка	6,5
Грузовые вагоны на порожнем режиме торможения	3,5
Грузовые вагоны, оборудованные чугунными колодками на режиме:	
груженом	7,0
среднем	5,0
Грузовые вагоны, оборудованные композиционными колодками (в пересчете на чугунные колодки) на режиме:	
груженом	8,5
среднем	7,0
порожнем	3,5
Четырехосные изотермические и багажные ЦМВ с односторонним торможением	6,0
Вагоны рефрижераторного подвижного состава на режиме:	
груженом	9,0
среднем	6,0
Хопперы-дозаторы ЦНИИ-2 и ЦНИИ-3 на режиме:	
груженом	3,5
порожнем	1,25
Хопперы-дозаторы ЦНИИ-ДВЗ и хопперы-цементовозы на режиме:	
груженом	6,0
порожнем	2,5
Думпкары ЗВС50, 4ВС50, 5ВС60 на режиме:	
груженом	6,0
среднем	4,5
порожнем	3,0
Думпкары ВС50, ВС95 на режиме:	
груженом	7,0
среднем	4,5
порожнем	3,5

Примечания. 1. Для вагонов, оборудованных грузовым авторежимом, принимать силу нажатия тормозных колодок в соответствии с нагрузкой на ось при порожнем, среднем и груженом режимах.

2. Для рефрижераторных вагонов, удовлетворяющих специальным техническим условиям для скорости движения до 120 км/ч, силу нажатия на ось композиционных тормозных колодок в пересчете на чугунные принимать: на среднем режиме 12 тс, на порожнем режиме 8,5 тс.

**Таблица 4. Расчетные силы нажатия чугунных тормозных колодок
локомотивов и моторвагонного подвижного состава**

Тип и серия локомотивов	Сила нажатия колодок на ось, тс	
	груженный режим	порожний режим
<i>Электровозы</i>		
ЧС1, ЧС3	14,0	—
ЧС2, ЧС2г, ЧС4, ЧС4г, ЧС200 на скоростном режиме	16,0	—
ЧС2, ЧС2г, ЧС4, ЧС4г, ЧС200 на скоростном режиме при скоростях менее 60 км/ч и пассажирском режиме	12,0	—
ВЛ80 ^к , ВЛ80 ^г , ВЛ80 ^с , ВЛ82, ВЛ82 ^м , ВЛ80 ^р , ВЛ10, ВЛ10 ^у , ВЛ11	14,0	6,0
ВЛ23, ВЛ60 всех индексов	11,0	5,0*1
Остальные серии электровозов	10,0	5,0*1
<i>Тепловозы</i>		
ТЭП60, ТЭ1, 2ТЭ116, 2ТЭП60, 2ТЭ10В(М), 3ТЭ10М, ТЭП70	12,0	5,0*1
ТЭП10, ТЭ7	11,5	—
ТЭ2	9,0	4,0
ЧМЭЗ	11,0	5,0
ТГМЗА	8,0	4,0
Остальные серии тепловозов	10,0	5,0*1
<i>Паровозы</i>		
С ^у , ПЗ6	8,0	—
Е ^а , Е ^м , Э ^р , Э ^м , СО, Л, ЛВ	6,0	3,0
ТЭ	9,0	—
<i>Тендеры паровозов</i>		
ПЗ6	10,0	—
ЛВ, ТЭ	8,0	4,0
Л	7,0	3,0
Е ^а , Е ^м , Э ^р , Э ^м , СО	5,0	3,0
С ^у	7,0	—
<i>Электropоезда*2</i>		
Моторный вагон	10,0	—
Прицепной и головной вагоны	9,0	—
<i>Дизель-поезда*2</i>		
Серии Д, моторный вагон	12,0	—
Прицепной вагон	9,0	—
Серии ДР1, Д1, ДР1П, ДР1А, моторный вагон	10,0	—
Прицепной вагон	8,0	—

*1 При порожнем режиме.

*2 Для колодок с повышенным содержанием фосфора принимать на 10% больше.

**Таблица 5. Учетная масса локомотивов, электро- и дизель-поездов,
число тормозных осей**

Серии локомотивов	Число автотормоз- ных осей локомоти- вов	Число осей ручного тормоза локомо- тива	Учетная масса локомотива, т	
			максималь- ная	в порожнем состоянии
<i>Электровозы</i>				
ВЛ22 ^м	6	6	132	130
ВЛ23, ВЛ60 всех индексов	6	6	138	136
ВЛ8, ВЛ10, ВЛ80 ^к , ВЛ11 (две секции)	8	4	184	180
ВЛ11 (три секции)	12	6	276	270
ВЛ82, ВЛ80 ^т , ВЛ80 ^с	8	4	190	186
ВЛ82 ^м , ВЛ10 ^у	8	4	200	196
ВЛ80 ^р	8	4	192	188
ЧС1, ЧС3	4	4	84	84
ЧС2	6	2	120	120
ЧС2 ^т	6	2	128	128
ЧС4, ЧС4 ^т	6	2	126	126
ЧС200	8	2	152	152
<i>Тепловозы</i>				
ТЭ1, ТЭМ1, ТЭМ2	6	2	121	115
ТЭ2	8	4	170	166
ТЭ3, ТЭ7	12	4	254	250
3ТЭ3	18	6	381	375
2ТЭ10Л	12	4	258	254
2ТЭ10В, 2ТЭ10М	12	4	276	264
3ТЭ10М	18	6	414	395
2ТЭ11Б	12	4	274	270
ТЭП10, ТЭ10	6	4	129	125
ТЭП60 (1 секция)	6	2	128	126
ТЭП10Л, ТЭП70	6	2	130	127
ЧМЭ2	4	1	74	68
ЧМЭ3	6	2	123	121
ТГМ3А	4	2	68	65
М62	6	2	117	112
2М62	12	4	240	231
ВМЭ1	4	2	74	68
<i>Электропоезда</i>				
Головной вагон:				
ЭР1, ЭР9П, ЭР9М	4	4	48	38
ЭР2, ЭР9	4	4	50	41
Моторный вагон:				
ЭР1	4	4	64	52,5
ЭР2	4	2	64	52,5
ЭР9, ЭР9П, ЭР9М	4	2	71	60
С ^р , С ₃ ^р , С ₃ ^м	4	4	73	62
ЭР22	4	1	78,5	66
Прицепной вагон:				
ЭР1, ЭР9П, ЭР9М	4	4	48	37
ЭР2, С ₃ ^р , С ^р , С ₃ ^м , ЭР9	1	4	50	39
ЭР22	1	4	54,5	41

Серия локомотивов	Число автотормозных осей локомотивов	Число осей ручного тормоза локомотива	Учетная масса локомотива, т	
			максимальная	в порожнем состоянии
<i>Дизель-поезда</i>				
Моторный вагон:				
Д1	4	4	81	70,5
Д	4	4	76	65
ДР1, ДР1П, ДР1А	4	1	68	56
Прицепной вагон:				
Д1	4	4	56	37
Д	4	4	50	37
ДР1	4	1	52	34
ДР1П, ДР1А	4	1	54	36
<i>Паровозы</i>				
ПЗ6	4/6*	3*	230	174
ЛВ	5/6	3	190	133
Л	5/4	4	170	124
Е ^а , Е ^м	5/4	4	170	111
СО	5/4	4	165	119
Э ^р	5/4	4	150	109
Э ^м	5/4	4	130	105
ТЭ	5/4	4	136	96
С ^у	3/4	4	130	109

* Тендеров.

Расчетные силы нажатия принимать в соответствии с п. 1.3.4 настоящих Правил. Учетная масса и число тормозных осей локомотивов, электро-, дизель-поездов даны в табл. 5.

В расчетах, где учитывается применение экстренного торможения, расчетный тормозной коэффициент принимать равным его полному значению. Если учитывается применение полного служебного торможения (например, при расстановке постоянных сигналов), расчетный тормозной коэффициент принимать равным 0,8 его полного расчетного значения.

При остановках на станциях и отдельных пунктах, предусмотренных графиком движения, расчетный тормозной коэффициент принимать равным 0,5, а для пассажирских поездов, электро- и дизель-поездов — 0,6 его полного расчетного значения.

При регулировочных торможениях, применяемых для поддержания заданной скорости движения, значение расчетного тормозного коэффициента принимать в зависимости от применяемой ступени торможения по табл. 6 и 7.

Таблица 6. Тормозные расчетные нормативы для грузовых поездов

Нормативы	Значение нормативов для ступеней служебного торможения		
	I	II	III
Минимальное время торможения, мин	0,20	0,30	0,40
Время полного отпуска и подзарядки тормозов поезда, мин	1,5	1,8	2,0
Давление в тормозном цилиндре, МПа*, на режиме:			
груженом	0,1	0,16	0,25
среднем	0,09	0,12	0,18
порожнем	0,08	0,1	0,14
Расчетный тормозной коэффициент, % от полного значения на режимах:			
груженом и среднем	30	50	70
порожнем	50	65	80

* 1 МПа = 10 кгс/см².

Таблица 7. Тормозные расчетные нормативы для пассажирских поездов

Нормативы	Значение нормативов для ступеней служебного торможения		
	I	II	III
Минимальное время торможения, мин	0,20	0,20	0,25
Время полного отпуска и подзарядки тормозов, мин	0,5	0,8	1,0
Давление в тормозном цилиндре, МПа	0,12	0,2	0,3
Расчетный тормозной коэффициент, % от полного значения	35	60	85

1.3.6. **Тормозной путь.** Тормозным путем называется расстояние, проходимое поездом от начала торможения (с момента поворота ручки крана машиниста или стоп-крана) до его остановки.

Тормозной путь s_T при расчетах принимать равным сумме подготавливающего тормозного пути s_n и действительного пути торможения s_d :

$$s_T = s_n + s_d, \quad (65)$$

где

$$s_n = 0,278 v_0 t_n. \quad (66)$$

Действительный путь торможения

$$s_d = \sum \frac{500 (v_n^2 - v_k^2)}{\zeta (1000 \varphi_{кр} + w_{0х} + i_c)} \quad (67)$$

Здесь v_0 — скорость поезда в момент начала торможения, км/ч;
 v_n и v_k — начальная и конечная скорости в расчетном интервале, км/ч;

- ξ — замедление поезда под действием удельной замедляющей силы (1 кгс/т), км/ч²;
 $\varphi_{кр}$ — расчетный коэффициент трения тормозных колодок в интервале скоростей;
 $\omega_{ох}$ — основное удельное сопротивление движению поезда при холостом ходе локомотива в расчетном интервале скоростей, кгс/т;
 i_0 — удельное сопротивление от спрямленного (в профиле и плане) уклона, для которого производятся расчеты (при спуске значение со знаком минус), кгс/т.

Значение ξ принимать:

Грузовые и пассажирские поезда	120
Одиночно следующие:	
электропоезда	107
пассажирские тепловозы	118
грузовые тепловозы	112
паровозы	121
Электропоезда	119
Дизель-поезда	116

Время подготовки тормозов к действию t_n (в секундах) определять по формулам:

а) грузовые составы длиной 200 осей и менее при автоматических тормозах и одиночно следующие грузовые локомотивы

$$t_n = 7 - \frac{10i_c}{1000\varphi_p \varphi_{кр}} ; \quad (68)$$

б) грузовые составы длиной более 200 осей (до 300 осей) при автоматических тормозах

$$t_n = 10 - \frac{15i_c}{1000\varphi_p \varphi_{кр}} ; \quad (69)$$

в) грузовые поезда длиной более 300 осей при автоматических тормозах

$$t_n = 12 - \frac{18i_c}{1000\varphi_p \varphi_{кр}} ; \quad (70)$$

г) пассажирские поезда при пневматических тормозах и одиночно следующие пассажирские локомотивы

$$t_n = 4 - \frac{5i_c}{1000\varphi_p \varphi_{кр}} ; \quad (71)$$

д) пассажирские поезда при электропневматических тормозах

$$t_n = 2 - \frac{3i_c}{1000\varphi_p \varphi_{кр}} ; \quad (72)$$

е) при ручных тормозах $t_n = 60$ с.

При срабатывании автостопа время подготовки автоматических тормозов к действию t_n , определяемое по формулам (68) — (72), увеличивать на 14 с.

Таблица 8. Повышение расчетного тормозного коэффициента Φ_p пассажирского поезда в процессе наполнения тормозных цилиндров

$\Delta t, c$	Значение Φ_p , % от полного Φ_p , для экстренного торможения и полного служебного торможения при числе вагонов в составе					
	до 18	19—25	свыше 25	до 18	19—25	свыше 25
0—3	2	0	0	0	0	0
3—6	65	35	20	35	15	10
6—9	90	60	50	60	45	35
9—12	95	80	70	80	70	60
12—15	100	95	85	90	80	70
15—18	—	100	95	95	90	80
18—21	—	—	100	100	95	90
21—24	—	—	—	—	100	95
24—27	—	—	—	—	—	100

В формулах (67)—(72):

Φ_p — расчетный тормозной коэффициент поезда (принимать для случая экстренного торможения);

$\Phi_{кр}$ — расчетный коэффициент трения колодки о колесо при наибольшей скорости.

Для облегчения расчета в приложении 3 (рис. 3.1—3.22) приведены номограммы тормозных путей грузовых и пассажирских поездов при экстренном торможении в зависимости от расчетного нажатия тормозных колодок на 100 т массы состава ($100 \Phi_p$) при различной крутизне спуска.

При выполнении тормозных расчетов по интервалам времени методом численного интегрирования принимать данные для определения тормозного коэффициента, приведенные в табл. 8—11.

Таблица 9. Повышение расчетного тормозного коэффициента Φ_p пассажирского поезда в процессе наполнения тормозных цилиндров при ступенчатых торможениях

$\Delta t, c$	Значение Φ_p , % от полного Φ_p , при ступенчатых торможениях и числе вагонов в составе								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	до 18			19—25			свыше 25		
0—3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3—6	30	35	35	15	15	15	10	10	10
6—9	33	55	60	30	40	45	30	35	35
9—12	35	60	80	35	55	70	35	55	60
12—15	—	—	85	—	60	80	—	60	70
15—18	—	—	—	—	—	85	—	—	80
18—21	—	—	—	—	—	—	—	—	85

Таблица 10. Повышение расчетного тормозного коэффициента ϕ_p грузового поезда в процессе наполнения тормозных цилиндров

$\Delta t, c$	Значение ϕ_p , % от полного ϕ_p , при экстренном торможении, полном служебном торможении и длине состава, м							
	500	800	1200	1600	500	800	1200	1600
0-3	0	0	0	0	0	0	0	0
3-6	20	15	2	0	15	2	0	0
6-9	45	35	20	10	40	25	20	10
9-12	65	50	35	25	60	45	30	20
12-15	80	65	50	35	75	60	45	30
15-18	90	75	60	45	85	70	55	40
18-21	95	85	70	55	90	80	65	50
21-24	98	95	80	62	95	90	70	55
24-27	100	98	85	70	100	95	75	60
27-30	—	100	90	75	—	98	80	65
30-33	—	—	94	80	—	100	85	70
33-36	—	—	96	85	—	—	90	75
36-39	—	—	98	90	—	—	95	80
39-42	—	—	100	92	—	—	98	85
42-45	—	—	—	95	—	—	100	90
45-50	—	—	—	98	—	—	—	92
50-55	—	—	—	100	—	—	—	95
55-60	—	—	—	—	—	—	—	98
60-65	—	—	—	—	—	—	—	100

Таблица 11. Повышение расчетного тормозного коэффициента ϕ_p грузового поезда в процессе наполнения тормозных цилиндров при ступенчатых торможениях

$\Delta t, c$	Значение ϕ_p , % от полного ϕ_p , при ступенчатых торможениях и длине состава, м											
	I			II			III			IV		
	500			800			1200			1600		
0-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-6	10	15	15	2	2	2	0	0	0	0	0	0
6-9	25	35	40	20	25	25	15	20	20	10	10	10
9-12	30	45	55	30	40	45	20	30	30	15	20	20
12-15	—	50	65	—	45	55	28	40	40	20	30	30
15-18	—	—	68	—	50	60	30	45	50	25	35	40
18-21	—	—	70	—	—	65	—	48	60	28	40	45
21-24	—	—	—	—	—	70	—	50	64	30	44	50
24-27	—	—	—	—	—	—	—	—	66	—	46	55
27-30	—	—	—	—	—	—	—	—	68	—	48	60
30-35	—	—	—	—	—	—	—	—	70	—	50	65
35-40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	68
40-45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70

В интервале времени Δt принимаются постоянными тормозная сила b_t , сила удельного основного сопротивления поезда w_{0x} с учетом локомотива и спрямленного уклона i_c .

Приращение скорости составляет

$$\Delta v = \frac{\zeta (b_t + w_{0x} + i_c) \Delta t}{3600}, \quad (73)$$

а проходимый тормозной путь

$$\Delta s_t = \frac{\Delta t v_{cp}}{3,6}, \quad (74)$$

где v_{cp} — средняя скорость в расчетном интервале, км/ч.

Общий тормозной путь определяется суммированием всех Δs_t .

1.3.7. Расчеты при ручных тормозах. При ручных тормозах принимать в расчет тормозную силу от действия тормозных колодок локомотивов, включая тендер, и тормозных вагонов.

Расчетную силу нажатия чугунных тормозных колодок на оси при ручном торможении принимать: для пассажирских цельнометаллических вагонов, вагонов рефрижераторных поездов — 4 тс; для остальных пассажирских вагонов и всех грузовых вагонов (с тормозной площадкой) — 2 тс; для электровозов, тепловозов, электро- и дизель-поездов — 5 тс; паровозов — 4 тс.

Фактическое число осей ручного торможения у локомотивов принимать по табл. 5.

Тормозную силу локомотива при удержании остановившегося поезда на станции, разъезде и обгонном пункте, имеющих спуск, вспомогательным тормозом локомотива определять по формуле

$$B_t = 0,25 \sum K_p. \quad (75)$$

1.4. Расчет массы состава и скорости движения поезда

1.4.1. Общие указания. Массу состава и скорость движения поезда определять исходя из условий полного использования мощности и тяговых качеств локомотивов, а также кинетической энергии поезда в соответствии с нормами, приведенными в настоящих Правилах. В необходимых случаях для обеспечения заданной массы состава и технической скорости предусматривать подталкивание, кратную тягу, более мощные локомотивы, перенос остановок с раздельных пунктов, расположенных перед затяжными подъемами и т. д.

В зависимости от характера профиля пути данного участка расчет массы состава грузового поезда выполнять исходя из условий безостановочного движения: по расчетному подъему с равномерной скоростью; по труднейшим подъемам с неравномерной скоростью с учетом использования кинетической энергии поезда.

В тех случаях, когда не представляется возможным реализовать установленные настоящими Правилами расчетные значения силы тяги локомотивов из-за ограничений массы поезда по длине станционных путей, необходимости повышения пропускной способности, в том числе линий с преимущественным пассажирским движением, условий унификации нормы массы состава и т. п., допускается повышение расчетной скорости при использовании полной мощности локомотива.

Для обеспечения устойчивой работы локомотивов на тех участках, где климатические условия значительно изменяются в зависимости от времени года, расчетную массу состава определять для летнего и зимнего периодов.

Масса состава, рассчитанная по нормам настоящих Правил, должна быть проверена в опытных поездках, проводимых в соответствии с действующими для этой цели инструктивными указаниями.

В тяговых расчетах, выполняемых при проектировании новых железных дорог и электрификации действующих линий, для определения массы состава силу тяги электровозов принимать на 5%, а тепловозов на 7% меньше расчетной, предусмотренной настоящими Правилами.

Масса состава пассажирских поездов устанавливается МПС по целым направлениям в зависимости от категории поезда (скорый, пассажирский и т. д.).

При определении скорости движения и времени хода поезд принимать за материальную точку, в которой сосредоточена вся его масса. Положение этой точки условно считать в середине поезда.

1.4.2. Расчет массы состава при условии движения с равномерной скоростью на расчетном подъеме. Если длина труднейшего на данном участке подъема, характер прилегающих к нему элементов профиля пути, допускаемые скорости движения по состоянию пути и расположение остановочных пунктов позволяют установить, что этот подъем не может быть преодолен с использованием кинетической энергии поезда, то такой подъем следует принимать расчетным (i_p). Массу состава в этом случае определять по формуле

$$Q = \frac{F_{кр} - (w'_0 + i_p)P}{w_0 + i_p} \quad (76)$$

1.4.3. Расчет массы состава с учетом использования кинетической энергии поезда (метод подбора). Если характер профиля пути, расположение остановочных пунктов и допускаемые скорости движения по состоянию пути на участке не позволяют надежно определить расчетный затяжной подъем, то массу состава рассчитывают методом подбора.

Для этого следует задаться расчетным подъемом по значению меньшим, чем самый крутой на участке, определить по нему мас-

су состава по формуле (76) для данной серии локомотива и считать удельные ускоряющие силы поезда. Полученную массу состава проверить на прохождение поездом участков профиля пути с подъемами большей крутизны, чем расчетный подъем, учитывая при этом использование кинетической энергии поезда; проверять графическим способом или аналитически.

При графической проверке, используя диаграммы ускоряющих сил поезда, необходимо определить скорость движения для всех перегонов, на которых крутизна подъемов по спрямленному профилю превышает крутизну подъема, принятую для расчета массы состава. Построение зависимости $v=v(s)$ следует начинать с элемента профиля, где скорость движения поезда может быть заранее известна (например, от раздельного пункта, где была остановка; от равномерной скорости, когда перед проверяемым подъемом есть затяжные элементы профиля; от пункта, где имеет место ограничение скорости, и т. д.).

Аналитическую проверку делать по формуле

$$s \leq \frac{4,17(v_n^2 - v_k^2)}{f_k - w_k}, \quad (77)$$

где s — длина проверяемого участка профиля с подъемом большей крутизны, чем у расчетного подъема, м;

v_n, v_k — скорость движения поезда соответственно в начале и конце проверяемого подъема, км/ч;

$f_k - w_k$ — средняя ускоряющая сила, действующая на поезд в пределах интервала скорости от v_n до v_k , кгс/т.

Для повышения точности аналитического расчета интервалы изменения скорости следует брать в пределах 10 км/ч и тогда

$$s \leq \sum s_i = \sum \frac{4,17(v_{ni}^2 - v_{ki}^2)}{(f_k - w_k)_i}, \quad (78)$$

где v_{ni}, v_{ki} — начальная и конечная скорости интервала, км/ч;

s_i — путь, проходимый поездом за время изменения скорости от v_{ni} до v_{ki} , м;

$(f_k - w_k)_i$ — средняя ускоряющая сила поезда за время изменения скорости от v_{ni} до v_{ki} , кгс/т.

При проверке любым способом массу состава следует считать определившейся, если скорость движения в конце проверяемого подъема получилась равной или несколько более расчетной скорости для данной серии локомотива.

В отдельных случаях для эксплуатируемых дорог в зависимости от местных условий разрешается выходную скорость со скоростных подъемов принимать:

а) для электровозов постоянного тока и двойного питания (ВЛ82, ВЛ82^м) — по значению скорости при полном возбуждении последовательно-параллельного соединения тяговых электродвигателей;

б) для электровозов переменного тока — по значению скорости при нормальном возбуждении на 21-й позиции у электровозов серии ВЛ60к, ВЛ60р, ВЛ80к, ВЛ80т, ВЛ80с и 0,5 зоны 3 для электровоза ВЛ80р;

в) для тепловозов ТЭЗ, М62 и 2М62 — 16 км/ч, тепловозов 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 3ТЭ10М и 2ТЭ116 — 20 км/ч при выходе на ограничение по сцеплению с переходом на режимы, соответствующие промежуточным позициям контроллера машиниста.

Во всех случаях протяженность пути, проходимого со скоростью меньшей, чем расчетная, не должна превышать 500 м. Отступление от этой величины может быть допущено с разрешения МПС при наличии резервов пропускной способности участка и соблюдении установленных норм по нагреву тяговых электрических машин.

1.4.4. Проверка массы состава при трогании с места. Рассчитанная по пп. 1.4.2 и 1.4.3 масса грузового состава проверяется на трогание с места на остановочных пунктах по формуле

$$Q_{\text{тр}} = \frac{F_{\text{к тр}}}{\varpi_{\text{тр}} + i_{\text{тр}}} - P. \quad (79)$$

Масса состава, рассчитанная по пп. 1.4.2 и 1.4.3, должна быть меньше массы состава, полученной по формуле (79), т. е. $Q < Q_{\text{тр}}$.

1.4.5. Проверка массы поезда по длине приемо-отправочных путей Длина поезда $l_{\text{п}}$ не должна превышать полезной длины приемо-отправочных путей $l_{\text{поп}}$ на участках обращения данного поезда (с учетом допуска 10 м на установку поезда), т. е. $l_{\text{п}} \leq l_{\text{поп}}$.

Длина поезда определяется из выражения

$$l_{\text{п}} = l_{\text{с}} + m_{\text{л}} l_{\text{л}} + 10, \quad (80)$$

где $l_{\text{л}}$ — длина локомотива, м;

$m_{\text{л}}$ — число локомотивов;

$l_{\text{с}}$ — длина состава, м, $l_{\text{с}} = \sum n_i l_i$;

l_i — длина вагонов по осям автосцепки, из которых сформирован состав, м

Число однотипных вагонов в сформированном составе определять из выражения

$$n_i = \frac{Q}{q_i} \alpha_i, \quad (81)$$

где q_i — средняя для однотипной группы масса вагона (брутто), т;

α_i — доля (по массе) состава, приходящаяся на данную группу однотипных вагонов

Длина локомотивов и вагонов приведена в табл. 12.

1.4.6. Кратная тяга и подталкивание. Силу тяги локомотивов при кратной тяге принимать 100% расчетной; для подталкиваю-

Таблица 12. Длина подвижного состава (для определения длины поезда)

Род подвижного состава	Длина, м
<i>Вагоны пассажирского парка</i>	
Четырехосные цельнометаллические	25
Остальные четырехосные вагоны пассажирского парка, в том числе почтовые, багажные и служебные	20
<i>Вагоны грузового парка</i>	
Восьмиосные полувагоны	20
Восьмиосные цистерны	21
Шестиосные	17
Четырехосные крытые и изотермические	15
Четырехосные крытые для перевозки скота (специальные)	18
Четырехосные полувагоны и платформы	14
Четырехосные цистерны, цементовозы и думпкары	12
<i>Локомотивы</i>	
Электровозы:	
ВЛ22 ^м	16
ВЛ23, ЧС3	17
ВЛ8	28
ВЛ10, ВЛ10 ^у , ВЛ11 (две секции), ВЛ80 ^к , ВЛ80 ^р , ВЛ82 ^м , ВЛ82, ВЛ80 ^т , ВЛ80 ^с	33
ВЛ60 ^к , ВЛ60 ^р , ВЛ60 ^{пк}	21
ЧС2, ЧС2 ^т , ЧС4, ЧС4 ^т	19
Моторные и прицепные вагоны электропоездов:	
ЭР1, ЭР2, С ^р , С ₃ ^р , ЭР9, ЭР9П, ЭР9М	20
ЭР22М	25
Тепловозы:	
ТЭ1, ТЭМ1, ТЭМ2	17
ТЭ2	24
ТЭ3, ТЭ7, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М	34
2ТЭ116, 2М62	36
3ТЭ10М	51
ТЭ10, ТЭП10, ТЭП10Л, ТЭП60 (1 секция)	19
ТЭП70	22
М62	18
ТГ16	31
ЧМЭ2, ТГМ3А, ВМЭ1	13
ЧМЭ3	18
Моторные и прицепные вагоны дизель-поездов	25
Паровозы с теидером:	
П36	29
ЛВ	26
Л, ТЭ, С ^у	23
Остальные серии	22

щих локомотивов (в хвосте поезда) F_k также принимать 100% расчетной.

В случае определения массы состава при кратной тяге с локомотивами разных серий расчетную скорость принимать равной расчетной скорости локомотива, у которого она больше.

Для предупреждения разрыва поездов наибольшая суммарная сила тяги локомотивов, находящихся в голове поезда, при трогании поезда с места определяется исходя из максимально допустимого продольного усилия на автосцепке при трогании, равного 95 тс, а наибольшая суммарная сила тяги при разгоне и движении по труднейшему подъему определяется исходя из максимально допустимого продольного усилия на автосцепке, равного 130 тс, т. е.:

при трогании поезда до скорости 10 км/ч

$$\sum F_{\text{ктр}} \leq 95\,000 + \sum P (w_{\text{тр}} + i_{\text{тр}}); \quad (82)$$

при разгоне и движении по труднейшим подъемам

$$\sum F_k \leq 130\,000 + \sum P (w'_0 + i_c) \quad (83)$$

Для обеспечения устойчивости вагонов от выжимания продольными силами при подталкивании или электрическом торможении локомотивами, находящимися в голове поезда, наибольшие значения сил тяги подталкивающих локомотивов и сил электрического торможения определяются исходя из максимально допустимых продольных сжимающих сил, зависящих от типа и степени загрузки вагонов, находящихся в поезде, с учетом сопротивления движению локомотивов. Для четырехосных вагонов допустимая продольная сила при $q'_0 \leq 12$ тс — 50, а при $q'_0 > 12$ тс — 100 тс, а для шести- и восьмиосных вагонов соответственно 100 и 250 тс. Здесь q'_0 — нагрузка от оси колесной пары на рельсы наименее нагруженного вагона.

Для линии с кривыми радиусом менее 300 м допускаемые продольные усилия устанавливаются по местным условиям.

1.4.7. Спрямление профиля пути. Для учета влияния кривых и уклонов пути на сопротивление движению поезда при расчете массы состава, определении скорости движения и времени хода поезда необходимо спрямлять продольный профиль и план пути. При этом кривые в плане пути заменять фиктивными подъемами в пределах спрямленных элементов.

Элементы профиля и плана пути остановочных пунктов с элементами прилегающих перегонов не спрямлять. Спрямлять разрешается только близкие по значению уклона элементы профиля одного знака. Если между соседними элементами действительного профиля, имеющими большое протяжение, расположен короткий элемент (менее длины поезда), резко отличающийся по значению уклон, то он спрямляется с соседним элементом, более близким по уклону.

Возможность спрямления проверять для каждого элемента действительного профиля пути, входящего в спрямляемый участок, по формуле

$$s_i \leq \frac{2000}{\Delta i}, \quad (84)$$

где s_i — длина любого элемента действительного профиля пути, входящего в спрямленный элемент, м;

Δi — абсолютная разность между фиктивным уклоном спрямленного элемента и действительным уклоном отдельного (проверяемого) элемента, по сокращенному продольному профилю пути, ‰.

Уклон (крутизну) спрямляемого элемента в продольном профиле пути определять по формулам:

$$i'_c = \frac{(H_k - H_n) 1000}{s_c} \quad (85)$$

или

$$i'_c = \frac{i_1 s_1 + i_2 s_2 + \dots + i_n s_n}{s_c}, \quad (86)$$

где H_k, H_n — соответственно конечная и начальная отметка продольного профиля пути спрямленного элемента, м;

i — уклон (крутизна) каждого из элементов профиля, входящих в спрямляемый участок, ‰;

s — длина каждого из элементов профиля, входящих в спрямляемый элемент, м;

s_c — длина спрямляемого элемента, м.

Крутизну спрямленного участка в плане пути при наличии кривых в пределах этого элемента:

для эксплуатируемых дорог определять по формулам:

$$i''_c = \frac{700}{s_c} \sum_1^n \frac{s_{крl}}{R_l} \quad (87)$$

или

$$i''_c = \frac{12,2}{s_c} \sum_1^n a^0; \quad (88)$$

для расчетов, требующих повышенной точности, и при проектировании дорог разрешается определять по формулам:

$$i''_c = \frac{\sum_1^n \left(\frac{200}{R_l} + 1,5\tau_l \right) s_{крl}}{s_c} \quad (89)$$

или

$$i_c'' = \frac{\sum_1^n (200 + 1,5\tau_i R_i) \alpha_i^0}{57,3s_c}, \quad (90)$$

где $s_{кр i}$, R_i — длина и радиус данной кривой в пределах спрямляемого элемента, м;
 α_i^0 — центральный угол данной кривой в пределах спрямляемого элемента, град.;
 τ_i — значение непогашенного ускорения в кривой, м/с².

Окончательный уклон (крутизна) спрямленного элемента в продольном профиле и плане пути

$$i_c = i_c' + i_c'' \quad (91)$$

1.4.8. Определение скорости движения и времени хода поезда.
В уравнении движения поезда, приведенном к 1 т его массы,

$$\frac{dv}{dt} = \zeta (f_k - w_k) \quad (92)$$

коэффициент ζ для поезда в целом при всех эксплуатационных расчетах принимать равным 120.

Скорость движения и время хода поезда определять графическим способом по спрямленному профилю пути, используя диаграммы ускоряющих и замедляющих сил поезда, или с помощью ЭВМ.

На режиме тяги интервалы скорости, в которых ускоряющие силы считаются постоянными, принимать не более 10 км/ч до выхода на автоматическую характеристику силы тяги.

На режиме холостого хода интервалы скорости, в которых замедляющие силы считаются постоянными, принимать не более 10 км/ч. На режиме торможения интервалы скорости, в которых замедляющие силы считаются постоянными, принимать не более 5 км/ч в диапазоне скоростей от 0 до 50 км/ч и не более 10 км/ч в диапазоне скоростей выше 50 км/ч.

Скорости движения поезда определять для двух вариантов: с остановками на всех отдельных пунктах, кроме проходных светофоров при автоблокировке, и без остановок.

При определении скорости движения поезда на расчетном и труднейшем подъемах участка с кривыми малого радиуса для локомотивов, имеющих в этих кривых ограничение по сцеплению, учитывать соответствующее снижение касательной силы тяги.

При трогании и разгоне поезда на подъеме и в пунктах, за которыми расположен трудный подъем, должно обеспечиваться увеличение скорости или движение с установившейся скоростью, соответствующей режимам работы локомотивов, указанным в пункте 1.4.3 (а, б, в); при этом допускается на расстоянии не более 500 м снижение скорости движения не свыше 3 км/ч с последующим ее увеличением, не вызывающим перегрев обмоток тяговых электрических машин локомотива.

Таблица 13. Поправка Δv при разных i_k

Поезда	Δv , км/ч для спусков i_k , ‰							
	4	6	8	10	12	14	16	18
Грузовые	4	4	4	4	5	6	7	8
Пассажирские	2	2	3	4	6	7	8	9

Для максимального использования кинетической энергии поезда скорость к началу подъема должна быть наибольшей, но не превышать при этом конструкционную скорость подвижного состава, допускаемые скорости по тормозам и состоянию пути. При этом учитывать также действующие предупреждения, утвержденные МПС, к разрабатываемым графикам движения поездов.

При наличии предупреждений об ограничении скорости определять ее следует исходя из установленной скорости проследования по всему месту действия предупреждения с учетом длины поезда. При этом расчет производить с использованием режима работы локомотива на частичных характеристиках (промежуточных позициях контроллера). При определении скорости движения поезда на затяжных спусках длиной до 10 км разрешается принимать скорость ниже допустимой по тормозам на Δv в зависимости от спуска. При графическом способе график скорости движения строить в виде горизонтальной линии с учетом этой поправки Δv . Значение Δv в зависимости от спуска принимать по табл. 13. На затяжных спусках длиной более 10 км или крутизной более 18‰ скорость движения определять, используя соответствующие диаграммы замедляющих сил.

На спусках до 4‰ значение Δv принимать равным нулю.

Для электропневматических тормозов в пассажирских поездах Δv принимать одинаковым с пневматическими тормозами на спусках до 6‰, а на более крутых спусках 3 км/ч независимо от крутизны спуска.

Таблица 14. Масштабы для графических расчетов

Величина	Для грузовых и пассажирских поездов			Для электропоездов		Для тормозных и специальных расчетов	
	1	2	3	1	2	1	2
Сила, 1 кгс/т — κ мм	12	6	10	2	3	2	1
Скорость, 1 км/ч — m мм	2	1	2	1	1,5	2	1
Путь, 1 км — y мм	40	20	48	60	90	240	120
Постоянная — Δ мм	30	30	25	50	50	—	—
Время, 1 ч — X мм	600	600	600	—	—	—	—
Время, 1 мин — x мм	10	10	10	50	50	—	—

При определении скорости движения поезда необходимо учитывать проверки действия тормозов в соответствии с действующей инструкцией по автотормозам машинисту локомотива. Снижение скорости при торможении допускать: 10 км/ч для пассажирских и 20 км/ч для грузовых поездов.

Выдерживать установленную скорость проследования по парковым и приемо-отправочным путям станций, разъездов и обгонных пунктов от места отправления до выходной стрелки с учетом длины поезда.

При ручном обмене жезлов или путевок при проследовании раздельного пункта без остановки скорость снижать до 40 км/ч к моменту прохода локомотивом места обмена. На раздельных пунктах с механическими жезлообменивателями скорость должна быть не выше 70 км/ч.

При графических способах определения скорости движения и времени хода поезда применять масштабы по табл. 14.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТЯГА

2.1. Определение силы тяги

2.1.1. Тяговые характеристики. Силу тяги электровозов и моторных вагонов электропоездов в зависимости от скорости определять по прилагаемым к настоящим Правилам тяговым характеристикам (приложение 4, рис. 4.1—4.26).

Для остальных серий электровозов и моторных вагонов силы тяги определять по тяговым характеристикам, построенным для новых бандажей в соответствии с электромеханическими характеристиками тяговых электродвигателей, снятыми при испытании этих двигателей на стенде, или по расчетным характеристикам, гарантируемым заводом-изготовителем. Характеристики электроподвижного состава постоянного тока должны быть построены для напряжения на токоприемнике при тяговом режиме 3000 В, а при рекуперативном — 3300 В.

Тяговые характеристики электроподвижного состава переменного тока должны учитывать внешнюю характеристику устройств, преобразующих энергию на электровозе или моторном вагоне, и должны быть построены для напряжения на токоприемнике 25 000 В при тяге и рекуперации.

2.1.2. Коэффициент сцепления. Для электровозов расчетный коэффициент сцепления определять по формулам:

а) электровозы ВЛ10, ВЛ11, ВЛ10у, ВЛ82 и ВЛ82м при работе на постоянном и переменном токе

$$\psi_k = 0,28 + \frac{3}{50+20v} - 0,0007v; \quad (93)$$

Таблица 15. Конструкционные скорости электровозов и электропоездов

Серия электровозов и электропоездов	Передачное число μ	Тип тягового электродвигателя	Конструкционная скорость, км/ч
<i>Электровозы</i>			
ВЛ8	3,905	НБ-406	80
ВЛ8 модернизированный	3,905	НБ-406	100
ВЛ10, ВЛ10 ^У , ВЛ11	3,83	ТЛ2К1	100
ВЛ22 ^М	4,56	НБ-411	80
ВЛ22 ^М	4,45	ДПЭ-400	75
ВЛ23	3,905	НБ-406	100
ВЛ60 ^К , ВЛ60 ^Р	3,826	НБ-412К	100
ВЛ60 ^{ПК}	2,73	НБ-412К	100
ВЛ80 ^К , ВЛ80 ^Т , ВЛ80 ^Р , ВЛ80 ^С	4,19	НБ-418К	110
ВЛ82 ^М , ВЛ82	3,68	НБ-407Б	110
ЧС2	1,75	АЛ4846еТ	160
ЧС3	2,27	АЛ4846еТ	120
ЧС2 ^Т	1,75	АЛ4846дТ	160
ЧС4, ЧС4 ^Т	2,64	АЛ4442нР	160
<i>Электропоезда</i>			
С ₃ ^Р , С ^Р , С ^М	3,69	ДК-103	85
ЭР9, ЭР9П, ЭР9М	3,17	РТ-51Д	130
ЭР1, ЭР2	3,17	ДК-106Б, УРТ-110	130
ЭР22В	3,41	1ДТ.003 1	130
ЭР22	3,41	РТ113В	130

б) электровозы ВЛ22^М, ВЛ23, ВЛ8

$$\psi_k = 0,25 + \frac{8}{100+20v}; \quad (94)$$

в) электровозы переменного тока восьми- и шестиосные ВЛ60, ВЛ60^Р, ВЛ80^Т, ВЛ60^{ПК}, ВЛ80^К, ВЛ80^Р, ВЛ80^С

$$\psi_k = 0,28 + \frac{4}{50+6v} - 0,0006v; \quad (95)$$

г) коэффициент сцепления при рекуперативном торможении для всех электровозов

$$\psi_p = 0,8\psi_k; \quad (96)$$

д) коэффициент сцепления электровозов ВЛ80^т и ВЛ80^с при реостатном торможении

$$\psi_T = 0,09 + \frac{11}{56 + v} - 0,00005v. \quad (97)$$

Если на расчетном и труднейших подъемах имеются кривые малого радиуса (менее 500 м), снижение расчетного коэффициента сцепления учитывать коэффициентом $K_{кр}$ по формулам:

$$\psi_{кр} = \psi_k K_{кр}, \quad (98)$$

$$K_{кр} = \frac{250 + 1,55R}{500 + 1,1R}. \quad (99)$$

Снижение коэффициента сцепления в тоннелях допускать как исключение и определять его в этом случае опытным путем.

В зимний период при особо неудовлетворительных условиях сцепления (бураны, гололед и др.) в зависимости от особенностей участка расчетный коэффициент сцепления локомотивов уменьшается в соответствии с данными опытных поездок, но не более 15% от значений, полученных по формулам (93)—(97). Период времени, в течение которого действуют уменьшенные нормы расчетного коэффициента сцепления локомотивов, и степень уменьшения коэффициента сцепления локомотивов устанавливаются начальником дороги по согласованию с МПС.

2.1.3. Конструкционные скорости. Конструкционные скорости электроподвижного состава принимать по табл. 15.

2.2. Расчет массы состава и времени хода по перегонам

2.2.1. Порядок расчетов при одиночной и кратной тяге. Массу состава и время хода по перегонам рассчитывать в следующем порядке:

а) определить массу состава в соответствии с пп. 1.4.1 — 1.4.5 или задаться серией электровоза для пассажирского поезда заданного веса или выбрать серию электропоезда;

б) по полученной или заданной массе состава (серии и составности электропоезда) определить скорость движения, время хода поезда, токи электровоза или электропоезда и рассчитать нагревание тяговых электродвигателей (для электровозов), пользуясь характеристиками приложения 4, графическим способом или при помощи ЭВМ;

в) в случае изменения массы состава или режима его ведения электровозом после проверки на нагревание определить новые скорости движения, время хода и токи; вновь проверить нагревание тяговых электродвигателей;

г) при кратной тяге грузовыми электровозами характеристики приложения 4 приводить к числу шести- и восьмиосных локомо-

тивов, работающих в голове n_3 и в хвосте m_3 поезда в режиме тяги по формулам:

$$F_K^M = (n_3 + m_3) F_K; \quad (100)$$

$$I_A^M = I_A K_{I_A}; \quad (101)$$

$$I_3^M = I_3 (n_3 + m_3); \quad (102)$$

$$I_d^M = I_d (n_3 + m_3); \quad (103)$$

$$I_{da}^M = I_{da} (n_3 + m_3). \quad (104)$$

Коэффициент приведения K_{I_d} при кратности тяги n_3 или m_3 , равной 1,5; 2; 3, принимать соответственно 1,06; 1,04; 1,02. Для трехсекционного двенадцатиосного электровоза $n_3 = m_3 = 1,5$. Приведение делать для всех автоматических характеристик, расчетных точек и ограничений по сцеплению.

Величины F_K , I_A , I_3 , I_d , I_{da} брать из таблиц соответствующих характеристик приложения 4. Затем все величины пересчитать для условий кратной тяги по формулам (100)—(104). В режиме электрического торможения коэффициент приведения K_{I_d} принимать равным 1.

2.2.2. Расчетные скорости и силы тяги. При расчете массы состава значения расчетной скорости и расчетной силы тяги электровозов принимать по табл. 16.

В кривых малого радиуса, в которых расчетный коэффициент сцепления снижается в соответствии с п. 2.1.2, снижение расчетных сил тяги по табл. 16 для электровозов, имеющих ограничение по сцеплению, учитывать коэффициентом $K_{кр}$, сохранив расчетную скорость на расчетном подъеме.

Для пассажирских поездов, а также для ускоренных грузовых и грузо-пассажирских поездов, следующих с пассажирскими электровозами, сила тяги и скорость на расчетном подъеме устанавливаются в соответствии с заданной массой состава таких поездов для равномерного движения.

Для этого на тяговых характеристиках электровоза следует построить зависимость полного сопротивления движению поезда от скорости с учетом основных сопротивлений движению вагонов и электровоза и сопротивлений движению от уклона и кривых. Точка пересечения этой кривой с той тяговой характеристикой, которая дает максимальную возможную скорость в пределах разрешенной на данном уклоне, даст скорость, силу тяги и режим работы электровоза на данном расчетном уклоне для данного поезда.

Для электропоездов массу моторных и прицепных вагонов с пассажирами принимать по табл. 5.

2.2.3. Сила тяги при трогании с места. Силу тяги электровозов при трогании состава с места принимать по табл. 17.

При трогании с места в кривых малого радиуса, в которых расчетный коэффициент сцепления снижается в соответствии с п. 2.1.2., снижение силы тяги при трогании по табл. 17 для электровазов, имеющих ограничение по сцеплению, учитывать коэффициентом $K_{кр}$.

При трогании и разгоне поезда в пунктах, за которыми расположен трудный подъем, и на подъемах проверять выбранную массу состава по увеличению скорости при значениях силы тяги электровазов, нанесенных штриховыми линиями на тяговых характеристиках ниже ограничения силы тяги по сцеплению или по току, по формуле (76), где за $F_{кр}$ считать значение силы тяги по штриховой кривой. Трогание и разгон рассчитывать по толстым линиям характеристик.

Штриховые линии определяют наименьшие значения силы тяги электровазов в процессе ступенчатого пуска. При проектировании новых железных дорог, электрификации действующих линий и выборе секционности электровазов проверку массы состава по увеличению скорости производить обязательно для трудных, расчетных и скоростных подъемов участка.

2.2.4. Расчет диаграмм ускоряющих и замедляющих сил. При расчете диаграмм ускоряющих сил значение силы тяги электро-

Таблица 16. Расчетные значения силы тяги и скорости электровазов

Серия электровазов	Передающее число	Тип тягового электродвигателя	Режим работы при полном (нормальном) возбуждении тяговых двигателей	Сила тяги $F_{кр}$, кгс	Скорость v_p , км/ч
ВЛ8	3,905	НБ-406	П, ОП1	46 500	43,3
ВЛ10, ВЛ11	3,83	ТЛ2К1	П	46 000	46,7
ВЛ10 ^у	3,83	ТЛ2К1	П	50 200	45,8
ВЛ22 ^м	4,56	НБ-411	П	34 300	35,5
ВЛ22 ^м	4,45	ДПЭ-400	П, ОП1	34 300	36,8
ВЛ23	3,905	НБ-406	П, ОП1	34 900	43,3
ВЛ60 ^к , ВЛ60 ^р	3,826	НБ-412К	29п 25п	36 800 37 600	43,5 37,0*
ВЛ80 ^к	4,19	НБ-418К	29п 25п	49 000 50 000	44,2 38,0*
ВЛ80 ^г , ВЛ80 ^с	4,19	НБ-418К	29п 25п	51 200 52 170	43,5 37,5
ВЛ80 ^р	4,19	НБ-418К	0,5 зоны 4 Зона 3	51 200 52 300	43,5 37,0*
ВЛ82	3,38	НБ-407Б	П	47 400	51,0**
ВЛ82 ^м	3,38	НБ-407Б	П	49 700	50,5**

* Применяется для эксплуатируемых дорог при необходимости увеличить массу состава и при движении поезда с использованием кинетической энергии.

** Для работы на постоянном и переменном токе.

Таблица 17. Сила тяги электровозов при трогании с места

Серии электровозов	Переда- точное число μ	Тип тягового электродви- гателя	Сила тяги при трогании с места $F_{ктр}$, кгс	Ограничение
ВЛ8	3,905	НБ-406	60 700	По сцеплению
ВЛ10, ВЛ11	3,83	ТЛ2К1	62 600	То же
ВЛ10 ^у	3,83	ТЛ2К1	68 000	»
ВЛ22 ^м	4,56	НБ-411	37 800	По току 435 А
ВЛ22 ^м	4,45	ДПЭ-400	38 600	То же
ВЛ23	3,905	НБ-406	45 500	По сцеплению
ВЛ60 ^к , ВЛ60 ^р	3,826	НБ-412К	49 680	То же
ВЛ80 ^к , ВЛ80 ^т , ВЛ80 ^с	4,19	НБ-418К	66 200	»
ЗЛ80 ^р	4,19	НБ-418К	69 080	»
ВЛ82	3,38	НБ-407	65 300	»
ВЛ82 ^м	3,38	НБ-407	68 020	»

возов принимать по толстым линиям, нанесенным на тяговых характеристиках (см. приложение 4, рис. 4.1—4.26).

Если необходимо учесть ограничение по нагреванию тяговых двигателей, силы тяги принимать по характеристикам более низких позиций ослабления возбуждения и по позициям полного (нормального) возбуждения.

При ограничении скорости движения электровозов силу тяги принимать по характеристикам более низких ступеней регулирования.

Диаграмму замедляющих сил при рекуперации рассчитывать для всех тормозных характеристик в интервале скоростей движения, разрешенных на вредных уклонах. Для остановочного торможения электровозов переменного тока тормозные силы принимать по толстым линиям на тормозных характеристиках (см. приложение 4, рис. 4.27—4.41).

2.2.5. Определение скорости движения поезда. При определении скорости движения поезда в местах изменения режима работы локомотивов (изменение соединения тяговых электродвигателей или степени ослабления возбуждения, включение или выключение тока, применение рекуперации энергии, начало и конец торможения, начало и конец пониженного напряжения и т. д.) делать соответствующие отметки на кривой скорости или на выходной информации ЭВМ.

При движении поездов по спускам с электровозами, оборудованными рекуперативным или реостатным торможением, обеспечивать необходимую тормозную силу только за счет электрического торможения без применения пневматических тормозов. Если максимальная сила электрического торможения при установленной скорости на спуске недостаточна, считать, что она дополняется пневматическими тормозами.

При электрическом торможении с головы суммарная тормозная сила не должна превышать значений, приведенных в п. 1.4.6. При применении электрического торможения движение по спускам осуществлять при скорости, меньшей, чем разрешенная по условиям безопасности движения, или по другим ограничениям на Δv , определяемую согласно п. 1.4.8.

2.2.6. Расчеты при пониженном напряжении в контактной сети. Тяговые расчеты при пониженном напряжении в контактной сети выполняются каждый раз по специальному разрешению МПС. Значение расчетного пониженного напряжения на токоприемнике определяется для каждого конкретного случая в установленном порядке¹.

Тяговые характеристики на всех позициях регулирования при пониженном напряжении перестроить на основе тяговых характеристик для нормального расчетного напряжения на токоприемнике, указанного в п. 2.1.1.

Перестраивать тяговую характеристику на данной позиции регулирования по нескольким точкам для нескольких значений силы тяги. При каждом расчете при данной силе тяги определять скорость v' при пониженном напряжении по формуле

$$v' = v \frac{U'_s}{U_s}, \quad (105)$$

где v — скорость по тяговой характеристике при нормальном напряжении U_s , на данной позиции и при этой же силе тяги;

U'_s — расчетное пониженное напряжение на токоприемнике.

Ограничение силы тяги по сцеплению, ограничение по току и режим работы (позиция регулирования) грузовых электропоездов на расчетном подъеме и электропоездов принимать те же, что и при нормальном напряжении.

Перестроив тяговые характеристики на пониженное напряжение и нанеся установленные ограничения, определить новые значения силы тяги и скорости электропоездов на расчетном подъеме (взамен данных табл. 16).

Силы тяги при трогании с места не меняются (см. табл. 17).

Проверку массы состава по возможности разгона поезда на трудном подъеме за остановочным пунктом производить по указаниям п. 2.2.3. При этом штриховые линии на тяговых характеристиках на пониженное напряжение не перестраивать.

Толстые линии на тяговых характеристиках при пониженном напряжении для расчета диаграмм ускоряющих усилий наносить по аналогии с толстыми линиями на тяговых характеристиках нормального напряжения.

Тормозные и токовые характеристики рекуперативного торможения при пониженном напряжении принимать при нормальном напряжении. Диаграммы замедляющих усилий при рекуперативном торможении рассчитывать по указаниям п. 2.2.4.

¹ При расчетах электроснабжения.

Токовые характеристики тяговых двигателей электровозов и электропоездов переменного тока в тяговом режиме работы на всех позициях регулирования при пониженном напряжении строить на основе токовых характеристик для нормального напряжения. Перестраивать следующие токовые характеристики:

- $I_{\text{э}}$ — электровоза и моторного вагона постоянного тока;
- $I_{\text{д}}$ — тягового электродвигателя электровоза переменного тока;
- $I_{\text{д}}$ — приведенное значение выпрямленного тока электровоза и моторного вагона переменного тока;
- $I_{\text{да}}$ — действующее значение активного тока электровоза и моторного вагона переменного тока.

Перестраивать любую токовую характеристику на данной позиции регулирования следует для нескольких значений тока. При каждом расчете, производимом для данного тока, определять скорость v' при пониженном напряжении U' по формуле (105), где в данном случае v — скорость по токовой характеристике при напряжении U на данной позиции и при том же токе. Кривую ограничения тока по сцеплению и по нагрузке электрооборудования подвижного состава пересчитывать на пониженное напряжение, учитывая изменение скорости также по формуле (105).

2.3. Проверка тяговых электродвигателей на нагревание

2.3.1. Основные положения. Все расчеты на нагревание тяговых электродвигателей как при номинальном напряжении контактной сети, так и при напряжении, отличающемся от номинального, производятся путем определения превышения температуры лимитирующих обмоток над температурой наружного воздуха. При кратной тяге проверяется нагревание тяговых двигателей наиболее нагруженного электровоза.

Наибольшее допускаемое превышение температуры обмотки над температурой окружающего воздуха при его максимальной температуре $\leq 40^\circ\text{C}$ определять по табл. 18.

Если $t_{\text{ивmax}} > 40^\circ\text{C}$, то допускаемые превышения температур уменьшать на столько же градусов. Максимальную температуру наружного воздуха $t_{\text{ивmax}}$ принимать по данным метеорологических станций как среднюю многолетнюю (не менее 5 лет).

Нагревание проверяется для летнего и зимнего периодов.

2.3.2. Начальные данные. Расчетную температуру наружного воздуха принимать по данным метеорологических станций как среднюю многолетнюю (не менее 5 лет) по замерам в 7, 13 и 19 ч по местному времени и рассчитывать по формуле

$$t_{\text{ив}} = \frac{t_7 + 2t_{13} + t_{19}}{4} . \quad (106)$$

Расчетную температуру определять отдельно для летнего периода по замерам в июне, июле и августе, но не ниже $+15^\circ\text{C}$ и для

Таблица 18. Допускаемые превышения температур обмоток тяговых электродвигателей $\tau_{\text{доп}}$ в °С по ГОСТ 2582—81* Е

Обмотки	$\tau_{\text{доп}}$, °С, для класса изоляции		
	В	F	Н
Якоря	120*1	140	160*2
Полюсов	130*3	155*4	180

*1 Электровозы ВЛ22^М, ВЛ23, ВЛ8, ВЛ80^К, ВЛ80^Г, ВЛ80^С, ВЛ80^Р, ВЛ60^К, ВЛ60^{ПК}, ВЛ60^Р, ЧС2, ЧС2^Г, ЧС3;

*2 Электровозы ЧС4, ЧС4^Г;

*3 Электровозы ВЛ10, ВЛ11, ВЛ10^У;

*4 Электровозы ВЛ82^М, ВЛ82.

зимнего периода — по замерам в декабре, январе и феврале, но не ниже 0°С.

При отправлении электровоза со станции после длительной стоянки (свыше 2 ч) начальный перегрев тяговых электродвигателей принимать $\tau = +15^\circ\text{С}$. Если продолжительность стоянки равна или меньше 2 ч, перегрев определять по предыдущему рейсу как перегрев в момент прибытия, учитывая его снижение за время стоянки расчетом по кривой охлаждения. При включенных мотор-вентиляторах принимать рекомендованные значения постоянных времени нагревания (см. приложение 4, рис. 4.124—4.131); при выключенных мотор-вентиляторах постоянные времени нагревания принимать втрое больше, чем рекомендованные для номинального тока двигателей.

2.3.3. Определение токов электровоза или электропоезда. На участках постоянного тока ток электровоза или моторного вагона электропоезда определять на основании зависимости изменения скорости движения поезда по перегону $v = v(s)$ с использованием токовых характеристик тяговых двигателей в тяговом и рекуперативном режимах (см. приложение 4, рис. 4.42—4.58; 4.85—4.90) для всех применяемых позиций регулирования. В случае электровозов переменного тока для проверки нагревания определять ток тягового электродвигателя I_d по токовым характеристикам тяговых двигателей (см. приложение 4, рис. 4.59—4.66; 4.91—4.97).

Таблица 19. Коэффициент $K_{\text{нв}}$ в зависимости от расчетной температуры воздуха

Обмотки	Значения $K_{\text{нв}}$ при температуре, °С							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Полюсов	0,9	0,92	0,94	0,96	0,98	1	1,02	1,04
Якоря	0,94	0,95	0,96	0,98	0,99	1	1,01	1,02

В расчетах по проверке нагревания при кратной тяге постоянного и переменного тока ток тягового электродвигателя наиболее нагруженного электровоза I_d^m определять по указаниям п. 2.2.1.

Для расчета расхода электрической энергии электровоза и моторного вагона переменного тока определять действующее значение активного тока I_{da} по токовым характеристикам (см. приложение 4, рис. 4.76—4.84; 4.102—4.103).

При проектировании участков на переменном токе для расчетов системы энергоснабжения, кроме того, определять приведенное значение выпрямленного тока I_d электровоза или моторного вагона по токовым характеристикам (см. приложение 4, рис. 4.67—4.75, 4.100, 4.101). С целью учета влияния на системы энергоснабжения вспомогательных машин полученные значения токов увеличивать независимо от напряжения на токоприемнике в соответствии с данными пп. 2.4.3 и 2.4.4.

2.3.4. Определение превышения температуры тяговых электродвигателей. Перегрев обмоток тяговых электродвигателей определять, руководствуясь изменением тока $I=I(s)$, по формуле

$$\tau = \tau_{\infty} \frac{\Delta t}{T} + \tau_0 \left(1 - \frac{\Delta t}{T}\right). \quad (107)$$

Остывание тяговых электродвигателей (при езде без тока) рассчитывать по формуле

$$\tau = \tau_0 \left(1 - \frac{\Delta t}{T}\right). \quad (108)$$

При этом интервалы времени Δt выбирать при условии $\Delta t/T \leq 0,1$. Значение тепловых параметров τ_{∞} и T в зависимости от тока приведены в приложении 4 (см. рис. 4.124—4.131).

Наибольшее значение превышения температуры τ , полученное при тяговом расчете, привести к расчетной температуре наружного воздуха с учетом устройств снегозащиты по формуле

$$\tau_p = \tau K_{сз} K_{нв}, \quad (109)$$

где $K_{сз}$ — коэффициент, учитывающий снегозащиту; $K_{сз}=1,1$ — для зимних условий; $K_{сз}=1$ — для летних;

$K_{нв}$ — коэффициент приведения превышения температуры обмоток тяговых электрических машин к расчетной температуре окружающего воздуха (табл. 19).

При напряжении, отличном от номинального, расчет нагревания ведется так же, как при номинальном.

2.4. Определение расхода и рекуперации электрической энергии

2.4.1. Расход электрической энергии электровозами и моторными вагонами (отнесенный к токоприемнику электроподвижного состава). Полный расход электроэнергии электровозами или мотор-

ными вагонами электропоездов определять суммированием расхода энергии на:

- а) движение с поездом или резервом по участку как при расчетной, так и при частичных характеристиках;
- б) собственные нужды;
- в) отопление пассажирских и почтово-багажных вагонов;
- г) движение по деповским путям.

Движение по перегону может сопровождаться также возвратом энергии в сеть при рекуперации.

2.4.2. Расход электроэнергии на движение по участку в режиме тяги. Расход электроэнергии на движение поездов и резервных электровазов постоянного тока по участку как при номинальном, так и при пониженном напряжении на токоприемнике определять на основе соответствующих зависимостей тока и времени хода от пути по перегонам, суммируя расход электроэнергии по отдельным элементам времени (шагам интегрирования) по формуле

$$A = \frac{\sum U_{\text{э}} I_{\text{э ср}} \Delta t}{60 \cdot 1000}, \quad (110)$$

где Δt — время, мин;

$I_{\text{э ср}}$ — средний ток электроваза за время Δt ;

$U_{\text{э}}$ — фактическое напряжение на токоприемнике в этом интервале времени, равное нормальному либо пониженному ($U_{\text{э}}'$).

При тяговом расчете без учета колебаний напряжения $U_{\text{э}} = 3000$ В.

Расход электроэнергии на движение поездов и резервных электровазов переменного тока определять по формуле

$$A = \frac{\sum U_{\text{э}} K_v I_{d \text{ ср}} \Delta t}{60 \cdot 1000}, \quad (111)$$

где $I_{d \text{ ср}}$ — действующее значение активного тока, среднее за время Δt ;

$U_{\text{э}}$ — фактическое напряжение на токоприемнике, среднее за полупериод в этом интервале времени;

K_v — коэффициент формы кривой напряжения на данном $U_{\text{э}}$, получаемом из кривой (см. приложение 4, рис. 4.132).

При тяговом расчете без учета колебаний напряжения $U_{\text{э}} K_v = 25\,000$ В.

2.4.3. Расход электроэнергии на собственные нужды электровазов. Расход электроэнергии на вспомогательные машины, отопление и освещение определять исходя из средней потребляемой для этих целей электроэнергии и полного времени работы электровазов.

За полное время работы электровазов принимать суммарное время движения и стоянок под напряжением на участке. При этом среднее значение потребляемой электроэнергии вспомогательных цепей одного электроваза принимать в соответствии с табл. 20.

Расход электроэнергии на отопление учитывать дополнительно исходя из полного времени работы электровазов в отопительном

Таблица 20. Среднее значение электроэнергии и тока, потребляемых вспомогательными машинами электровозов

Серия электровоза	Электро- энергия, кВт·ч/мин	Ток, А	Серия электровоза	Электро- энергия, кВт·ч/мин	Ток, А
ВЛ8	1,67	33	ВЛ80 ^Р	5,83	18
ВЛ10, ВЛ10 ^У , ВЛ11	2,08	42	ВЛ82 ^М , ВЛ82	4,17	12
ВЛ22 ^М	0,83	17	ЧС2	1,17	23
ВЛ23	1,25	25	ЧС2 ^Т	1,33	27
ВЛ60 ^К , ВЛ60 ^Р ,	3,33	10	ЧС3	0,83	17
ВЛ60 ^{ПК}			ЧС4	2,00	6
ВЛ80 ^К	4,83	14	ЧС4 ^Т	2,33	7
ВЛ80 ^Т , ВЛ80 ^С	5,50	16			

сезоне и средней рекомендуемой электроэнергии 0,07—0,14 кВт×ч/мин на один электровоз. Расход электроэнергии на собственные нужды электровозов считать не зависящим от напряжения.

2.4.4. Расход электроэнергии на собственные нужды электропоездов, пассажирских и почтово-багажных вагонов. Расход электроэнергии на вспомогательные машины электропоездов определять исходя из полного времени их работы и потребляемой электроэнергии (табл. 21). Расход электроэнергии на собственные нужды и

Таблица 21. Электроэнергия и ток, потребляемые вспомогательными машинами, отоплением и освещением электропоездов и почтово-багажных вагонов

Состав электропоезда	Вспомогательные машины		Отопление		Освещение	
	Электро- энергия, кВт·ч/мин	Средний ток, А	Электро- энергия, кВт·ч/мин	Ток, А	Электро- энергия, кВт·ч/мин	Ток, А
С ₃ ^Р , С ^Р , С ^М — 3-вагон- ная секция	0,08	2	0,90	18	0,04	1
ЭР1, ЭР2 — 10-вагон- ный поезд	0,58	12	2,92	58	0,30	6
ЭР9, ЭР9П, ЭР9М — 10-вагонный поезд	1,08	3	2,92	7	0,30	1
ЭР22В, ЭР22 — 8-вагон- ный поезд	1,25	25	3,20	64	0,37	9
Пассажирские вагоны	—	—	0,80	16/2*	—	—
Почтово-багажные ва- гоны	—	—	0,40	8/1*	—	—

* В числителе — при напряжении 3000 В, в знаменателе — 25 000 В

отопление электропоездов пассажирских и почтово-багажных вагонов считать не зависящим от напряжения.

2.4.5. Расход электроэнергии на станционных путях и при маневровой работе. При предварительных ориентировочных расчетах расход электроэнергии:

1. На движение по станционным путям принимать по числу электровазов и электропоездов, выдаваемых из депо в течение суток, считая:

а) на каждый электроваз ВЛ22^м, ВЛ23, ЧС3, а также на трехвагонную секцию электропоездов С^м, С^р, С^з по 10—15 кВт·ч;

б) на электропоезда ЭР1, ЭР2, ЭР9, ЭР9П, ЭР9М, ЭР22В, ЭР22 по 30—50 кВт·ч;

в) на электровазы ВЛ8, ЧС2, ЧС2^т, ВЛ10, ВЛ10^у по 20—30 кВт·ч;

г) на электровазы ВЛ60^к, ВЛ60^р, ВЛ60^{пк}, ВЛ11 (2 секции), ЧС4, ЧС4^т по 30—45 кВт·ч;

д) на электровазы ВЛ80^к, ВЛ80^т, ВЛ80^с, ВЛ80^р, ВЛ82 и ВЛ82^м по 45—60 кВт·ч.

2. При маневровой работе в депо исходя из следующей ежесуточной затраты на каждый инвентарный электроваз или электропоезд:

а) электровазы ВЛ22^м, ВЛ23, ВЛ8, ВЛ10, ВЛ10^у, ВЛ11, ЧС2, ЧС4^т, ЧС2^т, ЧС3, ЧС4, одна секция С^м, С^р, С^з по 5—10 кВт·ч;

б) электровазы ВЛ60^к, ВЛ60^р, ВЛ60^{пк}, ВЛ80^к, ВЛ80^т, ВЛ80^р, ВЛ80^с, ВЛ82^м, ВЛ82, электропоезда ЭР1, ЭР2, ЭР9, ЭР9П, ЭР9М, ЭР22В, ЭР22 по 15—30 кВт·ч.

3. При маневровой работе электровазов с вагонами на станциях из расчета затраты на 1 ч маневровой работы:

а) для электровазов постоянного тока — 100 кВт·ч;

б) для электровазов переменного тока — 200 кВт·ч.

Расход электроэнергии в депо и на станционных путях при маневровой работе считать не зависящим от напряжения. Установление норм расхода электроэнергии производить с учетом местных условий.

2.4.6. Рекуперация электроэнергии. Количество рекупируемой электроэнергии определять методом, указанным в п. 2.4.2, по кривым, приведенным в приложениях 4 (см. рис. 4.85—4.90, 4.98, 4.99, 4.102, 4.103), принимая (в соответствии с п. 2.1.1), что напряжение в сети тяги постоянного тока 3300 В, переменного тока 25 000 В.

2.4.7. Удельный расход электроэнергии. Удельный расход электроэнергии определять по формуле

$$a = \frac{\sum A \cdot 1000}{(P + Q) L}, \quad (112)$$

причем A в режиме рекуперации считать отрицательной величиной.

3. ТЕПЛОВОЗНАЯ ТЯГА

3.1. Определение силы тяги

3.1.1. **Тяговые характеристики.** Силу тяги основных серий тепловозов и дизель-поездов в зависимости от скорости принимать по прилагаемому к настоящим Правилам тяговым характеристикам (см. приложение 5, рис. 5.1—5.21).

3.1.2. **Коэффициент сцепления.** Расчетный коэффициент сцепления определять по формулам:

Таблица 22. Основные данные тепловозов и дизель-поездов

Серия тепло- возов и ди- зель-поездов	Конструкци- онная скорость v , км/ч	Сцепной вес $P_{сч}$, тс	Расчетная масса, т	Тип тягового электродвига- теля	Передачное отношение μ	Коэффициент ослабления возбуждения, %	Длительная или расчетная скорость v_{∞} , км/ч	Длительная или расчетная сила тяги F_{∞} , кгс	Длительный ток I_{∞} , А	
									гене- ратора	двигате- ля
ВМЭ1	80	74	75	ТС3244/14	4,81	60	10,7	9 900	1400	815
ТГМЗА	70	67	68	—	4,25	—	8,5	12 000	—	—
ЧМЭ2	60	71	72	ТЕ-004	5,50	45	12,5	12 600	1130	500
ТЭ1	95	119	121	ДК-304Б	4,69	35	12,0	16 000	1250	725
ТЭМ1	90	118	120	ЭДТ-200Б	4,41	42	9,0	20 000	1200	820
ТЭМ2	100	118	120	ЭД-107	4,53	48, 25	11,0	21 000	1210	605
ЧМЭ3	95	121	123	ТЕ-006	5,07	(35—45); 20	11,4	23 000	2350	750
ТЭ2	95	167	170	ДК-304Б	4,69	42	17,0	21 800	1200	725
ТЭ3	100	250	254	ЭДТ-200Б	4,41	48; 25	20,5	40 400	2460	820
М62	100	119	120	ЭД107;	4,53	60; 36	20,0	20 000	3570	720
				ЭД107А						
2М62	100	238	240	ЭД107А;	4,53	60; 36	20,0	40 000	3570	720
				ЭД107						
ТЭ10	100	127	129	ЭД107;	4,41	60; 36	23,4	25 300	4320	720
				ЭД107А						
2ТЭ10Л	100	255	260	ЭД107А;	4,41	60; 36	23,4	50 600	4320	720
				ЭД107						
2ТЭ10В,	100	271	276	ЭД118А	4,41	(57—63); (35—39)	23,4	50 600	4320	720
2ТЭ10М										
3ТЭ10М	100	406	414	ЭД118А	4,41	(57—63); (35—39)	23,4	75 900	4320	720
2ТЭ116	100	271	276	ЭД118А	4,41	(57—63); (35—39)	24,2	50 600	5700*	720
ТЭ7	140	250	254	ЭДТ-200Б	2,54	48; 25	35,5	23 300	2460	820
ТЭП10	140	127	129	ЭД-107	3,15	60; 36	35,0	17 800	4320	730
ТЭП60	160	127	129	ЭД-108	2,32	60; 36	47,0	12 700	4200	700
2ТЭП60	160	254	258	ЭД-108	2,32	60; 36	47,0	25 400	4200	700
ТЭП70	160	129	131	ЭД-119	3,12	62; 38	48,3	17 000	5400*	900
ДР1	120	70,3	318	—	2,58	—	—	—	—	—
Д1	120	66	250	—	1,77	—	—	—	—	—
Д	120	64	185	—	1,885	—	—	—	—	—

* По выпрямительной установке.

а) для тепловозов ТЭ10 и 2ТЭ10Л

$$\psi_k = 0,118 + \frac{4}{22 + v}; \quad (113)$$

б) для остальных тепловозов, указанных в п. 3.2.2,

$$\psi_k = 0,118 + \frac{5}{27,5 + v}. \quad (114)$$

В зимний период при особо неудовлетворительных условиях сцепления (бураны, гололед и др.) в зависимости от особенностей участка расчетный коэффициент сцепления локомотивов уменьшается в соответствии с данными опытных поездов, но не более 15% от значений по формулам (113), (114). Период времени, в течение которого действуют уменьшенные нормы расчетного коэффициента сцепления локомотивов, и мера уменьшения коэффициента сцепления устанавливаются начальником дороги по согласованию с МПС. Снижение значения расчетного коэффициента сцепления при движении в тоннелях допускается на основании данных опытных поездов.

При наличии на расчетном и труднейших подъемах кривых малого радиуса (менее 800 м) расчетный коэффициент сцепления тепловозов определять по формулам:

$$\psi_{кр} = \psi_k K_{кр}; \quad (115)$$

$$K_{кр} = \frac{3,5R}{400 + 3R}. \quad (116)$$

3.1.3. Конструкционные скорости тепловозов и дизель-поездов.

Конструкционные скорости тепловозов и дизель-поездов принимать по табл. 22.

3.2. Расчет массы состава и времени хода по перегонам

3.2.1. **Порядок расчета.** Массу состава и время хода по перегонам рассчитывать в следующем порядке:

- а) определить массу состава в соответствии с пп. 1.4.1 — 1.4.5;
- б) определить скорость движения, время хода поезда и токи генератора или тяговых электродвигателей по полученной или заданной массе состава;
- в) произвести расчет нагревания генераторов или тяговых электродвигателей в случаях, предусмотренных в пп. 1.4.3 и 3.3.1;
- г) определить новые скорости, время хода и токи при изменении массы состава.

3.2.2. **Расчетные скорости и силы тяги.** При расчете массы состава грузовых поездов значения расчетной скорости и расчетной силы тяги тепловозов принимать по табл. 23.

В тех случаях, когда для линий и участков, обслуживаемых тепловозами ТЭЗ, необходимо увеличение провозной способности, разрешается принимать расчетную скорость $v_p = 19$ км/ч и соответственно силу тяги $F_{кр} = 43\,200$ кгс с последующей проверкой генератора на нагревание.

Таблица 23. Расчетные сила тяги и скорость грузовых тепловозов

Тепловозы	Сила тяги $F_{кр}$, кгс	Скорость v_p , км/ч	Тепловозы	Сила тяги $F_{кр}$, кгс	Скорость v_p , км/ч
ТЭ2	21 800	17,0	2ТЭ10Л	50 600	23,4
ТЭ3	40 400	20,5	2ТЭ10В,	50 600	23,4
М62	20 000	20,0	2ТЭ10М		
2М62	40 000	20,0	2ТЭ11Б	50 600	24,2
ТЭ10	25 300	23,4	3ТЭ10М	75 900	23,4

Если на расчетных и скоростных подъемах имеются кривые малого радиуса, в которых расчетная сила тяги тепловоза $F_{кр}$, указанная в табл. 23, имеет ограничение по сцеплению, т. е. $F_{кр} > F_{к\text{сц}}$, то при расчете массы состава согласно пп. 1.4.2 и 1.4.3 за расчетную силу тяги принимать силу тяги по сцеплению ($F_{к\text{сц}}$), определенную при расчетной скорости v_p .

При определении скорости движения и времени хода поезда в этих случаях разрешается использовать частичные характеристики тепловоза, принимая значение равномерной или выходной скорости по точке пересечения ограничения силы тяги по сцеплению с ближайшей частичной характеристикой, обеспечивающей реализацию силы тяги по сцеплению, определенную при расчетной скорости v_p , указанной в табл. 23.

Значение силы тяги по сцеплению при расчете веса состава определять по формуле

$$F_{к\text{сц}} = 1000 \phi_{к\text{кр}} P_{сц}. \quad (117)$$

Для пассажирских поездов, а также ускоренных грузовых и грузо-пассажирских поездов, обслуживаемых пассажирскими тепловозами, скорости на расчетных подъемах определять в соответствии с заданной массой составов этих поездов, установленной МПС.

Масса состава для маневровых тепловозов ВМЭ1, ТГМ3А, ЧМЭ2, ТЭ1, ТЭМ1, ТЭМ2 и ЧМЭ3 при работе на магистральных линиях определяется из условия обеспечения скорости движения на труднейших участках профиля пути, гарантирующей соблюдение графика движения поездов. Минимальные установившиеся скорости движения на этих участках при полном использовании мощности силовых установок тепловозов не должны быть ниже значений длительных скоростей, приведенных в табл. 22.

3.2.3. Сила тяги при трогании с места. Силу тяги тепловозов при трогании с места принимать по табл. 24.

При проверке массы состава по троганию с места на участках, расположенных в кривых малого радиуса, снижение силы тяги тепловозов, ограниченной сцеплением колес с рельсами, учитывать коэффициентом $K_{кр}$, приведенным в п. 3.1.2.

3.2.4. Расчет диаграмм ускоряющих сил поезда. При расчете диаграмм ускоряющих сил силу тяги тепловозов определять по

Таблица 24. Сила тяги тепловозов при трогании с места

Серия тепловозов	Сила тяги F_k тр, кгс	Ограничение	Серия тепловозов	Сила тяги F_k тр, кгс	Ограничение
ВМЭ1	18 500	По пусковому току	2М62	71 400	По сцеплению
ТГМ3А	22 400	По сцеплению	ТЭ10	38 200	То же
ЧМЭ2	17 400	По пусковому току	2ТЭ10Л	76 500	»
ТЭ1	35 700	По сцеплению	2ТЭ10В,	81 300	»
ТЭМ1	35 400	То же	2ТЭ10М,		
ТЭМ2	35 400	»	2ТЭ116		
ЧМЭ3	36 300	»	3ТЭ10М	96 000	По автосцепке
ТЭ2	50 100	»	ТЭ7	33 500	По пусковому току
ТЭ3	58 200	По пусковому току	ТЭП10	34 000	То же
М62	35 700	По сцеплению	ТЭП60	20 500	»
			ТЭП70	29 400	»

толстым линиям, нанесенным на тяговые характеристики (см. приложение 5, рис. 5.1—5.21).

В зонах переходов с одного режима работы на другой расчетные значения силы тяги при расчете диаграмм ускоряющих сил принимать как средние между значениями силы тяги при обоих режимах.

3.2.5. Учет изменения силы тяги в зависимости от атмосферных условий. Расчетные значения силы тяги при атмосферных условиях, отличающихся от стандартных (стандартные условия $t_{нв}=20^{\circ}\text{C}$, $H_{бар}=1013 \text{ гПа}=760 \text{ мм рт. ст.}$), определять по формуле

$$F_k = F_{k0} (1 - k_t - k_p), \quad (118)$$

где F_{k0} — сила тяги при стандартных атмосферных условиях (см. приложение 5, рис. 5.1—5.21);

k_t — коэффициент, учитывающий снижение мощности дизеля от изменения температуры наружного воздуха;

k_p — коэффициент, учитывающий снижение мощности дизеля от изменения атмосферного давления.

Коэффициенты k_t и k_p определять по табл. 25 и 26.

Расчетные атмосферные условия для летнего и зимнего периодов устанавливает для каждого участка управление дороги на основе метеорологических данных.

3.3. Проверка тягового генератора и тяговых электродвигателей на нагревание

3.3.1. Основные положения. Проверку электрических машин тепловозов на нагревание делать в том случае, если вводится ограничение скорости движения на труднейших подъемах ниже расчетных или предусмотрено снижение скорости движения поезда менее скорости продолжительного режима. Расчет проводится для летнего и зимнего периодов.

Таблица 25. Значения коэффициента k_t в зависимости от температуры наружного воздуха

Тип дизеля	Тепловозы	k_t при $t_{нв}$, °С		
		≤ 20	30	40
2Д100	ТЭ3, ТЭ7	0	0,045	0,090
10Д100, 11Д45, Д50	ТЭ1, ТЭ2, ТЭ10, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 3ТЭ10М, ТЭП10, ТЭП60, 2ТЭП60, 2ТЭ10М	0	0,05	0,10
2Д50	ТЭМ1	0	0,03	0,06
М753	ТГМ3А	0	0,017	0,034
1А-5Д49, 2Д70	2ТЭ116	0	0,04	0,08
2А-5Д49	ТЭП70	0	0,045	0,09
14Д40	М62, 2М62	0	0,055	0,11

Таблица 26. Коэффициент k_p в зависимости от атмосферного давления

Тип дизеля	Тепловозы	k_p при $H_{бар}$, гПа (мм рт. ст.)				
		904 (680)	933 (700)	960 (720)	987 (740)	1013 (760)
2Д100	ТЭ3, ТЭ7	0,105	0,078	0,051	0,025	0
10Д100, 11Д45, Д50, 14Д40	ТЭ1, ТЭ2, М62, 2М62, ТЭ10, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 3ТЭ10М, ТЭП10, ТЭП60, 2ТЭП60, 2ТЭ10М	0,115	0,086	0,057	0,028	0
2Д50	ТЭМ1	0,061	0,046	0,03	0,015	0
М753	ТГМ3А	0,045	0,034	0,022	0,011	0
1А-5Д49, 2Д70, 2А-5Д49	2ТЭ116, ТЭП70	0,088	0,066	0,044	0,022	0

Все расчеты на нагревание генератора и тяговых электродвигателей производить путем определения превышения температуры обмоток якоря над температурой охлаждающего воздуха.

У тепловозов ТЭ1, ТЭМ1, ТЭ2, ТЭ3 и ТЭ7 на нагревание проверять тяговый генератор, у остальных тепловозов — тяговые электродвигатели. Для тягового генератора тепловоза ТЭ2 температуру охлаждающего воздуха принимать в зависимости от температуры наружного воздуха:

$t_{нв}$, °С	15	20	25	30	35	40	45
$t_{ген}$, °С	20	29	35	42	48	55	63

Для тяговых генераторов тепловозов остальных серий температуру охлаждающего воздуха принимать равной температуре наружного воздуха

Наибольшее допускаемое превышение температуры обмоток над температурой окружающего воздуха при его максимальной температуре $t_{нв\max} \leq 40^\circ\text{С}$ определять по табл. 27.

Таблица 27. Допускаемое превышение температуры обмоток тяговых электрических машин над температурой охлаждающего воздуха $t_{\text{доп}}$ (ГОСТ 2582—81* Е)

Обмотки	$t_{\text{доп}}, ^\circ\text{C}$, для классов изоляции		
	В	F	H
Якоря	120* ¹	140* ²	160* ³
Полюсов	130	155	180

*¹ Тепловозы ВМЭ1, ЧМЭ2, ЧМЭ3, ТЭМ2, ТЭ1, ТЭМ1, ТЭ2, ТЭ3, М62, 2М62, ТЭ7, ТЭ10, ТЭП10, 2ТЭ10Л, ТЭП60, 2ТЭП60.

*² Тепловозы 2ТЭ10В, 3ТЭ10М, 2ТЭ11Б.

*³ Тепловозы ТЭП70.

При максимальной температуре наружного воздуха более $+40^\circ\text{C}$ допускаемое превышение температур обмоток тяговых электрических машин уменьшать на соответствующее число градусов. Максимальную температуру наружного воздуха принимать по данным метеорологических станций как среднюю многолетнюю (не менее 5 лет).

3.3.2. Начальные данные. Расчетную температуру наружного воздуха принимать по данным метеорологических станций как среднюю многолетнюю (не менее 5 лет) по замерам в 7, 13 и в 19 ч по местному времени для летнего периода за июнь, июль и август и определять по формуле

$$t_{\text{нв}} = \frac{t_7 + 2t_{13} + t_{19}}{4}, \quad (119)$$

но не ниже $+15^\circ\text{C}$, а для зимнего периода за декабрь, январь и февраль, но не ниже 0°C .

При отправлении тепловоза со станции после длительной стоянки (свыше 2 ч) начальную температуру перегрева обмоток якоря генератора и тяговых электродвигателей t_0 принимать $+15^\circ\text{C}$. При меньших стоянках температуру перегрева определять по предыдущему рейсу как температуру в момент прибытия, снижая ее за время стоянки по кривой охлаждения (см. приложение 5, рис. 5.47—5.52).

3.3.3. Определение тока генератора или тяговых электродвигателей. Токи тепловоза определять на основании изменения скорости движения поезда по перегону $v=v(s)$, используя токовые ха-

Таблица 28. Значение коэффициента $K_{\text{нв}}$ в зависимости от расчетной температуры наружного воздуха

Обмотки	$K_{\text{нв}}$ для $t_{\text{нв}}, ^\circ\text{C}$							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Полюсов	0,9	0,92	0,94	0,96	0,98	1	1,02	1,04
Якоря	0,94	0,95	0,96	0,98	0,99	1	1,01	1,02

рактеристики $I_T = I_T(v)$, приведенные в приложении 5 (см. рис. 5.26—5.40).

3.3.4. Определение превышения температуры обмоток генератора и тяговых электродвигателей. Превышение температуры обмоток генератора и тяговых электродвигателей определять аналитическим способом, руководствуясь изменением тока $I = I(s)$ по формуле

$$\tau = \tau_{\infty} \frac{\Delta t}{T} + \tau_0 \left(1 - \frac{\Delta t}{T} \right). \quad (120)$$

Остывание тяговых электрических машин ($I_d = 0$) рассчитывать по формуле (108). При этом интервалы времени выбирать из условия, чтобы было выдержано соотношение $\Delta t/T \leq 0,1$. Значения тепловых параметров τ_{∞} и T в зависимости от тока приведены в приложении 5 (см. рис. 5.41—5.46).

Охлаждение генератора и тяговых электродвигателей при езде без тока можно определять по графикам $\tau = \tau(t)$ для $I = 0$ (см. приложение 5, рис. 5.41—5.46).

Допускается расчет температуры перегрева обмоток тяговых электродвигателей и генераторов по кривым нагревания и охлаждения (см. приложение 5, рис. 5.47—5.52). На участках с сосредоточенными подъемами проверку нагревания генератора и тяговых электродвигателей выполнять от станции отправления до прохода последнего пикета подъема. При необходимости результаты расчета перегрева электрических машин проверять опытными поездками.

Наибольшее превышение температуры, полученное при расчете, следует привести к расчетной температуре наружного воздуха с учетом устройства снегозащиты по формуле

$$\tau_p = \tau K_{сз} K_{нв}, \quad (121)$$

где $K_{сз}$ — коэффициент, учитывающий снижение расхода воздуха на охлаждение при постановке фильтров, принимается для зимних условий 1,1, а для летних условий $K_{сз} = 1$.

Значение коэффициента $K_{нв}$ (см. п. 2.3.4) принять по табл. 28.

Для случаев, когда тепловоз работает на промежуточных позициях контроллера, превышение температуры (τ_{∞}), приведенное в тепловых характеристиках тяговых электрических машин, умножается на коэффициент $K_{п}$, имеющий следующие значения:

Позиция контроллера n_k	13—12	11	10	9
$K_{п}$	1,05	1,08	1,15	1,2

3.4. Определение расхода топлива

3.4.1. Определение расхода топлива за время движения по регионам. Общий расход топлива тепловозом на перемещение состава, а также дизель-поездом определять как сумму расходов топ-

лива за отрезки времени, соответствующие постоянному расходу топлива и средней постоянной скорости движения в режиме тяги, и расхода топлива за время движения на холостом ходу

$$E = \sum_1^n G \Delta t + g_x t_x, \quad (122)$$

где G — расход топлива, соответствующий скорости движения поезда при используемой позиции контроллера машиниста, кг/мин;

Δt — время работы дизеля, в пределах которого скорость движения поезда принята постоянной, мин;

g_x — расход топлива тяговыми силовыми установками тепловоза или дизель-поезда на холостом ходу, кг/мин;

t_x — время движения поезда по участку на холостом ходу, мин.

Расход топлива G и g_x определять по диаграммам, приведенным в приложении 5 (см. рис. 5.53—5.79).

Частота вращения коленчатого вала тепловозных дизелей при работе на холостом ходу и соответствующие им расходы топлива приведены в табл. 29.

3.4.2. Расход топлива на собственные нужды дизель-поезда. Расход топлива дизелями вспомогательных силовых установок дизель-поездов ДР1 определять исходя из полного времени их работы и средней потребляемой мощности агрегатов, обслуживаемых этими установками.

Таблица 29. Частота вращения коленчатых валов дизелей и соответствующие им расходы топлива на холостом ходу

Тепловозы и дизель-поезда	Частота вращения коленчатого вала n_d , об/мин	Удельный расход топлива g_x , кг/мин	
		одним дизелем	тепловозом, дизель-поездом
ВМЭ1	400/800	0,19/0,47	0,19/0,47
ТГМЗА	650	0,13	0,13
ЧМЭ2	350	0,14	0,14
ТЭ1, ТЭМ1	300	0,16	0,16
ТЭ2	300	0,16	0,32
ТЭ10, ТЭП10, ТЭП10Л	400	0,38	0,38
2ТЭ10, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М	400	0,38	0,76
3ТЭ10М	400	0,38	1,14
ТЭ3, ТЭ7	400	0,35	0,70
ТЭП60	400	0,50	0,50
2ТЭП60	400	0,50	1,00
ТЭП70	350	0,27	0,27
ТЭМ2	300	0,10	0,10
М62	400	0,42	0,42
2М62	400	0,42	0,84
2ТЭ116	350	0,25	0,50
ЧМЭ3	350	0,15	0,15
ДР1	700	0,14	0,28
Д1	530	0,14	0,28
Д	600	0,33	0,66

Средний расход топлива на одну вспомогательную установку дизель-поезда ДР1 0,18 кг/мин, а на весь дизель-поезд — 0,36 кг/мин.

3.4.3. Определение расхода топлива на стоянках и при движении по станционным и деповским путям. При определении расхода топлива на стоянках пользоваться кривыми расхода топлива на холостом ходу в зависимости от частоты вращения вала дизеля (см. приложение 5, рис. 5.55, 5.57, 5.60, 5.64, 5.67, 5.72, 5.74, 5.76, 5.78).

В том случае, если отсутствуют специальные распоряжения по дороге о режиме работы дизелей на стоянках, учитывающие специфику местных условий, расход топлива на холостую работу дизелей принимать по табл. 29. При движении одиночных тепловозов в режиме тяги по станционным и деповским путям удельный расход топлива на один дизель (движение на 1-й ездовой позиции контроллера машиниста, скорость движения 10—15 км/ч) принимать для тепловозов равным:

ТЭЗ, ТЭ7 — 0,6 кг/мин;

ТЭ10, 2ТЭ10Л, ТЭП10, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 3ТЭ10М, ТЭП10Л — 0,5 кг/мин;

ТЭП60, 2ТЭП60 — 1,0 кг/мин;

2ТЭ116 — 1,0 кг/мин;

ТЭП70 — 1,0 кг/мин;

остальные серии, а также дизель-поезда — 0,3 кг/мин.

4. ПАРОВОЗНАЯ ТЯГА

4.1. Определение силы тяги

4.1.1. Тяговые характеристики. Силу тяги паровоза по котлу, машине и сцеплению в зависимости от скорости определять по прилагаемым к настоящим Правилам тяговым характеристикам паровозов (см. приложение 6, рис 6.1—6.10).

4.1.2. Сила тяги по машине. Расчетную силу тяги по машине принимать по расчетным отсечкам:

Паровозы	Расчетная отсечка
ЛВ, Л, СО, ЭР, М, ТЭ, СУ, ПЗ6	0,65
ЕА, М	0,7

4.1.3. Расчетные форсировки поверхности нагрева котлов паровозов. Расчетные форсировки Z_m принимать по табл. 30.

4.1.4. Коэффициент сцепления. Расчетный коэффициент сцепления для паровозов определять по формуле

$$\psi_k = \frac{30}{100 + v} \quad (123)$$

Таблица 30. Расчетные форсировки Z_m

Серия паровозов	Расчетная форсировка Z_m , кг/(м ² ·ч)		Серия паровозов	Расчетная форсировка Z_m , кг/(м ² ·ч)	
	Угольное отопление	Нефтяное отопление		Угольное отопление	Нефтяное отопление
ЛВ, ПЗ6	80	80	ЭР (40 жаровых труб) ЭМ ТЭ	60	70
Л, Е ^а , М	70	70			
СО	55	70		50	60
ЭР, С ^у	55	65		50	60

Снижение значения расчетного коэффициента сцепления при движении по кривым малого радиуса и в тоннелях допускать как исключение; степень этого снижения устанавливать опытным путем.

Таблица 31 Конструкционные скорости паровозов основных серий

Серия паровозов	Осевая характеристика	Конструкционная скорость, км/ч	Серия паровозов	Осевая характеристика	Конструкционная скорость, км/ч
ЛВ	1—5—1	90	ЭР, М	0—5—0	65
Л	1—5—0	90	ТЭ	1—5—0	80
СО	1—5—0	75	ПЗ6	2—4—2	125
Е ^а , М	1—5—0	80	С ^у	1—3—1	115

4.1.5. Расчетные скорости. Расчетную скорость на расчетных подъемах и в конце скоростных подъемов для грузовых паровозов принимать в соответствии с п. 4.2.2. Для пассажирских паровозов, а также для грузовых при следовании их с ускоренными грузовыми, грузо-пассажирскими и пассажирскими поездами скорости на расчетных подъемах устанавливать по указаниям МПС в соответствии с принятой массой для этих категорий поездов.

4.1.6. Конструкционные скорости. Конструкционные скорости паровозов основных серий принимать по табл. 31.

4.2. Расчет массы состава

4.2.1. Порядок расчета. Масса состава рассчитывается в соответствии с пп. 1.4.1—1.4.5.

4.2.2. Расчетные скорости и силы тяги. При расчете массы состава значения расчетной скорости и расчетной силы тяги принимать по табл. 32.

Таблица 32. Расчетные скорости и силы тяги грузовых паровозов основных серий

Серии паровозов	v_p , км/ч	$F_{кр}$, кгс	Серии паровозов	v_p , км/ч	$F_{кр}$, кгс
ЛВ	22	23 150	Е ^а , М	20	22 150
Л	21	22 150	Э ^р , Э ^м	15	20 200
СО	18	20 900	ТЭ	14	19 600

Примечание В тех случаях, когда необходимое увеличение провозной способности может быть достигнуто за счет повышения расчетной скорости, допускается повышать ее до скорости «порога» включительно.

Таблица 33. Сила тяги при трогании с места

Серии паровозов	$F_{ктр}$, кгс	Ограничение	Серии паровозов	$F_{ктр}$, кгс	Ограничение
ЛВ	27 200	При $\kappa = 0,7$	Э ^р	24 200	По сцеплению
Л	27 000	По сцеплению	Э ^м	23 500	То же
СО	25 400	То же	ТЭ	22 000	»
Е ^а , М	25 000	При $\kappa = 0,8$			

4.2.3. Расчет диаграмм ускоряющих сил. При расчете диаграмм ускоряющих сил значение силы тяги паровозов принимать по толстым линиям, нанесенным на тяговые характеристики (см. приложение 6, рис. 6.1—6.10).

4.2.4. Сила тяги при трогании с места. Силу тяги паровозов при трогании с места принимать по табл. 33

4.3. Определение расхода воды и топлива

4.3.1. Определение расхода пара машиной. Расход пара машиной определять по формуле

$$B_m = H \sum Z_m t_{po}, \quad (124)$$

т. е. как сумму расходов на машину за отрезки времени, соответствующие постоянным Z_m . При переменных форсировках значения их принимать в соответствии с предварительно построенной зависимостью $Z_m = Z_m(i)$ для различных ограничивающих скоростей.

4.3.2. Определение расхода пара котлом. Количество пара, израсходованного котлом, определять по формуле

$$B_k = \alpha' B_m + (t_{pz} + t_{ст}) Z_0, \quad (125)$$

где t_{pz} , $t_{ст}$ — время хода с закрытым регулятором и время стоянок, ч.

Величины Z_0 и α' имеют следующие значения:

Отопление	Z_0	α'
Ручное	3	1,04
Стокерное и нефтяное	4	1,05

4.3.3. Определение расхода воды из тендера. Расход воды из тендера определять увеличением расхода пара из котла на 5% при стокерном и нефтяном отоплении и на 10% при ручном отоплении. Кроме того, добавлять расход воды на продувку котла от 5 до 10% в зависимости от качества воды (сухого остатка).

В зимнее время учитывать повышенный расход воды в размере от 10 до 20% в зависимости от климатических условий.

Расход воды из тендера допускать не более 85% полной вместимости шестиосного тендера и не более 80% четырехосного тендера.

4.3.4. Расход топлива. Расход топлива для эксплуатируемых линий определять по инструктивным указаниям МПС. Для проектируемых линий расход условного топлива определять исходя из расхода пара, приведенного к удельному количеству теплоты 2680 кДж/кг (640 ккал/кг) (нормальный пар) и испарительности условного топлива 29 308 кДж/кг в нормальном паре

$$E_y = B_{\text{кн}}/u_n, \quad (126)$$

где

$$u_n = 29\,308/2680 \approx 11 \text{ кг/кг};$$

$$B_{\text{кн}} = Z_{\text{кн}} Ht_{\text{ро}}; \quad Z_{\text{кн}} = 1,15 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{ч)} \quad (127)$$

или

$$E_y = \frac{1,15 B_{\text{к}}}{11} \approx 0,105 B_{\text{к}}. \quad (128)$$

Расход натурального топлива определять из соотношения

$$E = E_y/\mathcal{E}, \quad (129)$$

где $\mathcal{E}$ — технический эквивалент топлива.

Расход условного топлива на измеритель (в килограммах на $10^4 \text{ т} \cdot \text{км}$ брутто)

$$e_y = \frac{E_y \cdot 10^4}{QL}. \quad (130)$$

5. ТЯГОВЫЕ РАСЧЕТЫ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ УЗКОЙ КОЛЕИ

5.1. Определение силы тяги и сопротивления движению

5.1.1. Общие указания. При тяговых расчетах для железных дорог узкой колеи (750 и 1067 мм) руководствоваться изложенными в пп. 1—3 общими принципами и положениями в отношении рас-

чета массы составов, определения перегонных времен хода, решения тормозных задач, определения расхода топлива, используя при этом тяговые, расходные, тормозные и другие характеристики локомотивов и вагонов узкой колеи.

5.1.2. Тяговые характеристики локомотивов. Силу тяги тепловозов узкой колеи определять по прилагаемым к настоящим Правилам тяговым характеристикам (см. приложение 7, рис. 7.1—7.5).

Расчетный коэффициент сцепления тепловозов колеи 750 мм определять по формуле

$$\psi_k = 0,20 + \frac{10}{100 + 12v} \quad (131)$$

При кривых малого радиуса на расчетном и труднейших подъемах снижение расчетного коэффициента сцепления определять по формуле (115) с учетом следующих значений коэффициента $K_{кр}$:

Радиус кривой, м	200	150	125	100	75	60	40
$K_{кр}$	0,91	0,89	0,87	0,85	0,82	0,80	0,75

Для тепловозов ТГ16 (колея 1067 мм) расчетный коэффициент сцепления определять по формуле

$$\psi_k = 0,22 + \frac{10}{100 + 50v} \quad (132)$$

В кривых малого радиуса менее 500 м значение расчетного коэффициента сцепления тепловозов ТГ16 определять по формулам:

$$\psi_{ккр} = \psi_k K_{кр}; \quad (133)$$

$$K_{кр} = \frac{400 + 1,5R}{600 + 1,15R} \quad (134)$$

5.1.3. Конструкционные скорости. Конструкционные скорости тепловозов узкой колеи принимать по табл. 34.

5.1.4. Сопротивление движению локомотивов и вагонов. Основное удельное сопротивление движению тепловозов как повозки ω'_0 и на холостом ходу ω_x колеи 750 мм принимать по характеристикам этих сопротивлений (см. приложение 7, рис. 7.6).

Т а б л и ц а 34. Конструкционная скорость локомотивов

Серия локомотивов	Осевая характеристика	Конструкционная скорость, км/ч
ТГ16	2 + 2 — 2 + 2	85
ТУ2, ТУ3	0 — 2 ₀ — 2 ₀ — 0	50
ТУ4, ТУ5	0 — 2 — 2 — 0	50

Основное удельное сопротивление движению на холостом ходу тепловозов с гидравлической передачей колеи 750 мм, определять по формуле

$$w_x = 4,3 + 0,2v + 0,0007v^2. \quad (135)$$

Основное удельное сопротивление движению тепловозов ТГ16 как поковки и на холостом ходу определять соответственно по формулам:

$$w'_0 = 1,05 + 0,056v + 0,000167v^2; \quad (136)$$

$$w_x = 1,5 + 0,113v + 0,00027v^2; \quad (137)$$

либо по кривым (см. приложение 7, рис. 7.6).

Основное удельное сопротивление движению грузовых вагонов колеи 750 мм определять по формулам:

порожние вагоны

$$w''_0 = 1,2 + 0,02v + 0,0017v^2; \quad (138)$$

груженые вагоны

$$w''_0 = 1,0 + 0,04v + 0,00032v^2. \quad (139)$$

Основное удельное сопротивление движению четырехосных пассажирских вагонов типа П40 колеи 750 мм определять по формуле

$$w''_0 = 1,7 + 0,062v + 0,0024v^2. \quad (140)$$

Основное удельное сопротивление движению грузовых вагонов колеи 1067 мм определять по формулам:

груженые вагоны ($q_0 > 6$ т)

$$w''_0 = 0,7 + \frac{7 + 0,3v + 0,0075v^2}{q_0}; \quad (141)$$

порожние вагоны ($q_0 \leq 6$ т)

$$w''_0 = 1,35 + 0,07v + 0,00045v^2; \quad (142)$$

груженые вагоны-ледники

$$w''_0 = 0,7 + \frac{1,7 + 0,66v + 0,0056v^2}{q_0}; \quad (143)$$

порожние вагоны-ледники

$$w''_0 = 1,1 + 0,1v + 0,00038v^2. \quad (144)$$

Грузовые вагоны колеи 1520 мм на тележках колеи 1067 мм: груженные ($q_0 > 6$ т)

$$w_0'' = 0,7 + \frac{8 + 0,4v + 0,009v^2}{q_0}; \quad (145)$$

порожние ($q_0 \leq 6$ т)

$$w_0'' = 1,45 + 0,06v + 0,00075v^2. \quad (146)$$

Основное удельное сопротивление движению пассажирских вагонов колеи 1067 мм определять по формуле

$$w_0'' = 1,2 + 0,0068v + 0,00175v^2. \quad (147)$$

Дополнительное удельное сопротивление движению подвижного состава колеи 750 мм от кривизны пути определять по формулам:

$$w_r = \frac{425}{R}, \quad (148)$$

или

$$w_r = \frac{7,5\alpha^0}{s_{кр}}. \quad (149)$$

Дополнительное удельное сопротивление движению подвижного состава колеи 1067 мм от кривизны пути определять по формулам:

$$w_r = \frac{640}{R}, \quad (150)$$

или

$$w_r = \frac{11,2\alpha^0}{s_{кр}}. \quad (151)$$

5.1.5. Расчетные силы тяги и скорости движения. При определении массы составов значения расчетной силы тяги и расчетной скорости движения локомотивов узкой колеи принимать по табл. 35.

Таблица 35. Расчетные силы тяги и скорости движения локомотивов

Серии локомотивов	$F_{кр}$, кгс	v_p , км/ч
ТГ16	31160	18
ТУ2	4650	13
ТУ3	4420	12,5
ТУ4	4500	8,0
ТУ5	5750	8,0

Таблица 36. Сила тяги локомотивов при трогании с места

Серии локомотивов	$F_{ктр}$, кгс	Ограничение
ТГ16	43300	По сцеплению
ТУ2, ТУ3	8500	По току тягового генератора
ТУ4	5400	По сцеплению
ТУ5	7200	То же

5.1.6. **Сила тяги при трогании поезда с места.** Силу тяги локомотивов узкой колеи при трогании поездов с места принимать по табл. 36.

5.1.7. **Расчет диаграмм ускоряющих сил поезда.** Для расчета диаграмм ускоряющих сил значение силы тяги локомотивов узкой колеи принимать по толстым линиям, нанесенным на тяговые характеристики, приведенные в приложении 7 (см. рис. 7.1—7.5).

5.2. Проверка на нагревание. Тормозные расчеты. Расход топлива

5.2.1. **Проверка тяговых электродвигателей тепловозов на нагревание.** На тепловозах узкой колеи проверка на нагревание производится только для тяговых электродвигателей. Эти расчеты выполнять в соответствии с пп. 3.3.1—3.3.4 настоящих Правил.

Ток тягового электродвигателя определять, пользуясь токовыми характеристиками $I_T = I_T(v)$ (см. приложение 7, рис. 7.7, 7.8). Значения тепловых параметров τ_∞ и T тяговых электродвигателей в зависимости от тока принимать по рис. 7.9, 7.10 (см. приложение 7).

При расчетах перегрева разрешается также пользоваться кривыми нагревания и охлаждения, приведенными на рис. 7.11, 7.12 (см. приложение 7).

Наибольшее допускаемое превышение температуры обмоток главных полюсов тягового электродвигателя тепловоза над температурами окружающего воздуха при его температуре $\leq 40^\circ\text{C}$ определять по табл. 27.

5.2.2. **Тормозные расчеты.** Действительный коэффициент трения между тормозными колодками и колесами подвижного состава принимать по формуле

$$\varphi_k = 0,45 \frac{K + 10}{8K + 10} \frac{25}{v + 25}, \quad (152)$$

где K — действительное нажатие на одну колодку, тс.

Нажатие для вагонов принимать в соответствии с табл. 37.

При следовании локомотивов резервом силу нажатия тормозных колодок принимать в соответствии с табл. 38.

При тормозных расчетах для подвижного состава узкой колеи время подготовки тормозов к действию принимать:

при автоматическом торможении

$$t_n = 5 - \frac{7I_c}{1000\varphi_k} ; \quad (153)$$

при ручном торможении $t_n = 20$ с.

5.2.3. **Определение расхода топлива.** Общий расход топлива тепловозами узкой колеи определять в соответствии с п. 3.4.1 настоящих Правил.

Таблица 37. Действительные силы нажатия тормозных колодок вагонов

Тип вагонов	Масса тары вагона, т	Сила нажатия тормозных колодок на все оси вагона при торможении, тс	
		автоматическом	ручном
Крытые четырехосные грузовые вагоны грузоподъемностью 16,5 т на режиме:	6,1—9,5	—	—
груженом	—	9	5
порожнем	—	4	—
Крытые четырехосные грузовые вагоны грузоподъемностью 20 т на режиме:	8—10	—	—
груженом	—	10	6
порожнем	—	5	—
Платформы четырехосные грузоподъемностью 16,5 т на режиме:	6,5—7,5	—	—
груженом	—	8	5
порожнем	—	4	—
Платформы четырехосные грузоподъемностью 20 т на режиме:	7,5	—	—
груженом	—	9	6
порожнем	—	5	—
Пассажирские четырехосные	11—12	8	6
Грузовые вагоны колеи 1067 мм грузоподъемностью 40—46 т на режиме:	17—18	—	—
груженом	—	18	8
среднем	—	12	—
порожнем	—	8	—
Грузовые вагоны колеи 1520 мм на тележках колеи 1067 мм на режиме:	20—23	—	—
груженом	—	22	8
среднем	—	16	—
порожнем	—	10	—
Цельнометаллические пассажирские вагоны колеи 1067 мм	40	24	8

Расход топлива тепловозами серий ТГ16, ТУ2, ТУ3, ТУ4 и ТУ5 определять по диаграммам (см. приложение 7, рис. 7.13—7.20).

При определении расхода топлива на стоянках пользоваться кривыми расходов топлива на холостом ходу (см. приложение 7,

Таблица 38. Действительная сила нажатия тормозных колодок локомотива

Серии локомотивов	Масса локомотива, т	Сила нажатия тормозных колодок на все оси локомотива при торможении, тс	
		автоматическом	ручном
ТГ16	138	48	8
ТУ2, ТУ3	32	15	8
ТУ4	18	12	2,5*
ТУ5	24	16	2,5*

* Ручной стояночный тормоз на одну ось.

рис. 7.14, 7.18—7.20) в зависимости от частоты вращения вала дизеля n_d , которую принимать: ТГ16 — 750 об/мин; ТУ2 — 750 об/мин; ТУ3 — 660 об/мин; ТУ4, ТУ5 — 750 об/мин.

6. ТЯГОВЫЕ РАСЧЕТЫ НА ЭВМ

6.1. Подготовка информации об участках сети

6.1.1. **Общие указания.** Каждая дорога должна быть разделена на расчетные участки. Расчетный участок представляет собой отрезок пути, для которого готовится самостоятельное задание и на основании его выполняется тяговый расчет. В качестве границ расчетных участков выбирать станции, где происходит перелом норм массы поездов, смена локомотива или локомотивной бригады и т. д.

6.1.2. **Содержание информации об участках.** Информацию об участках дороги готовить в виде библиотеки, где каждому расчетному участку присваивается определенный шифр.

По каждому расчетному участку представлять следующие сведения:

- а) шифр участка; вид связи на участке;
- б) профиль участка;
- в) перечень раздельных пунктов с указанием перегонных расстояний и расстояний от осей раздельных пунктов до входных и выходных стрелок;
- г) места изменения начала отсчета километровых расстояний;
- д) характеристика кривых участков пути;
- е) расстановка сигналов автоблокировки (для участков, оборудованных автоблокировкой);
- ж) характеристика подстанций, расположенных на электрифицированных участках;
- з) расположение и длина нейтральных вставок (для электрифицированных участков);
- и) установленные скорости движения на перегонах;
- к) допускаемые скорости движения на станционных путях (главных и боковых);
- л) допускаемые скорости движения на кривых малого радиуса;
- м) длительные и постоянные предупреждения по скорости;
- н) места проверки действия тормозов на эффективность;
- о) тип пути (звеньевой, бесстыковой).

6.2. Подготовка информации о подвижном составе

6.2.1. **Общие указания.** Информация о подвижном составе должна содержать: библиотеку тяговых подвижных средств; общую информацию, характеризующую вагонный парк; массив нормативов,

определяющих порядок проведения тяговых расчетов; библиотеку составов.

6.2.2. Содержание информации о тяговом подвижном составе. Информацию о тяговых средствах, используемых на сети, готовить в виде библиотеки, где каждому типу тяговых средств присваивается определенный номер.

Для каждого типа тяговых подвижных средств независимо от вида тяги готовить следующую информацию:

- а) шифр (серия) локомотива, электропоезда или дизель-поезда;
- б) расчетная масса и сцепной вес;
- в) расчетная и конструкционная скорости;
- г) тяговые характеристики $F_k = F_k(v)$ для различных позиций контроллера машиниста;
- д) характеристики удельного сопротивления в режиме тяги и на холостом ходу $\omega'_0 = \omega'_0(v)$, $\omega_x = \omega_x(v)$;

е) коэффициент сцепления ψ_k , $\psi_{k \text{ кр.}}$.

6.2.3. Электрическая тяга на постоянном токе. Для электровозов и электропоездов постоянного тока, помимо информации, перечисленной в п. 6.2.2., представлять следующие сведения:

- а) номинальное напряжение на токоприемнике U ;
- б) токовые характеристики электровоза или моторного вагона электропоезда $I_s = I_s(v)$ и двигателя $I_d = I_d(v)$ для различных позиций контроллера машиниста;
- в) тепловые характеристики двигателя при движении поезда под током $\tau_\infty = \tau_\infty(I_d)$, $T = T(I_d)$ и характеристику T_x при $I_d = 0$;
- г) сопротивление двигателя r_d ;
- д) тормозные $B_{тр} = B_{тр}(v)$ и токовые $I_d = I_d(v)$ характеристики рекуперативного и реостатного торможения для локомотивов, обеспечивающих режим электрического торможения.

6.2.4. Электрическая тяга на переменном токе. Для электровозов и электропоездов переменного тока, кроме информации, перечисленной в п. 6.2.2., представлять следующие сведения:

- а) номинальное напряжение на токоприемнике U ;
- б) характеристики активного тока электровоза или моторного вагона электропоезда $I_{da} = I_{da}(v)$ и тока двигателя $I_d = I_d(v)$ для различных позиций контроллера машиниста;
- в) тепловые характеристики двигателя при движении поезда под током $\tau_\infty = \tau_\infty(I_d)$ и $T = T(I_d)$ и характеристику T_x при $I_d = 0$;
- г) сопротивление двигателя r_d ;
- д) коэффициент трансформации K_T для каждой позиции контроллера машиниста электровоза или моторного вагона электропоезда;
- е) сопротивление трансформатора Z_T для каждой позиции контроллера машиниста;
- ж) номинальное выпрямленное напряжение для расчета тяговых характеристик при изменении напряжения на токоприемнике;
- з) тормозные $B_{тр} = B_{тр}(v)$ и токовые $I_d = I_d(v)$ характеристики рекуперативного и реостатного торможения для локомотивов, обеспечивающих режим электрического торможения.

6.2.5. Тепловозная тяга и дизель-поезда. Для тепловозов и дизель-поездов, кроме информации, указанной в п. 6.2.2, представлять следующие сведения:

а) характеристики расхода топлива при движении поезда в режиме тяги $G=G(v)$ для различных позиций контроллера машиниста;

б) характеристику расхода топлива на холостом ходу $g_x=g_x(n_d)$;

в) характеристики тока генератора или тягового электродвигателя $I_T=I_T(v)$; $I_d=I_d(v)$ для различных позиций контроллера машиниста;

г) тепловые характеристики $\tau_\infty=\tau_\infty(I_T)$, $T=T(I_T)$ или $\tau_\infty=\tau_\infty(I_d)$, $T=T(I_d)$ при движении поезда в режиме тяги и характеристику T_x при $I=0$.

6.2.6. Паровозная тяга. Для паровозов, кроме информации, указанной в п. 6.2.2, задавать константы расхода условного топлива в режиме тяги

$$C_{po} = \frac{\alpha' HZ_m}{60} 0,105 \quad (154)$$

и при закрытом регуляторе

$$C_{pz} = \frac{HZ_0}{60} 0,105. \quad (155)$$

6.2.7. Содержание информации о вагонном парке. Общая информация о вагонном парке характеризует все виды вагонов, используемых на сети, и содержит:

а) характеристики основного удельного сопротивления движению и удельного сопротивления при трогании поезда с места $w_0'' = w_0''(v)$, $w_{тр} = w_{тр}(q_0)$ для всех типов вагонов;

б) характеристики расчетного коэффициента трения тормозной колодки о колесо $\phi_{кр} = \phi_{кр}(v)$ для всех типов колодок.

6.2.8. Содержание нормативной информации. Данная информация содержит:

а) таблицы значений коэффициентов K_v и $K_{нт}$, учитывающих увеличение основного сопротивления движению поезда от встречного и бокового ветра и низкой температуры наружного воздуха;

б) нормативы регулировочного торможения;

в) таблицы поправок Δv при разных спусках (см. табл. 13);

г) нормы времени подготовки тормозов к действию;

д) нормативы, определяющие порядок проверки действия тормозов на эффективность;

е) допускаемые превышения температуры обмоток тяговых электрических машин.

6.2.9. Библиотека составов. Библиотека составов содержит информацию по каждому типу состава, встречающемуся на сети. Для каждого типа состава отводить определенный номер и готовить следующую информацию:

- а) допускаемую скорость по состоянию состава;
- б) расчетный тормозной коэффициент поезда ϕ_r ;
- в) процентное содержание (по массе) вагонов различных видов, входящих в состав, с указанием массы, приходящейся на ось вагона q_0 ;
- г) тип тормозных колодок, применяемых в составе;
- д) дополнительное сопротивление от подвагонного генератора;
- е) указание, какие из нормативных таблиц следует использовать для данного типа состава.

6.3. Характеристика программ тяговых расчетов на ЭВМ

6.3.1. Общие указания. Вся информация об участках, подлежащих расчету, и о подвижном составе проходит первичную обработку и организуется в соответствующие библиотеки, которые хранятся во внешней памяти машины.

Программа обеспечивает контроль всех видов информации, используемой в тяговых расчетах.

Конкретный вариант тягового расчета по участку определяет специальное задание на расчет, содержащее следующие сведения: шифр участка; библиотечные номера используемых локомотивов и состава; масса состава; степень использования мощности локомотива, число секций и диапазон используемых при расчете позиций контроллера машиниста; места использования дополнительной тяги; показатели, определяющие начало, окончание и условия проведения расчета.

Программа предусматривает выдачу следующих результатов по каждому перегону: времени хода, разгона и замедления; расход энергии или топлива на движение без остановок и на разгон; место наибольшего перегрева двигателей или тягового генератора, а также температура их обмоток в конце перегона и в месте наибольшего перегрева; места следования поезда со скоростью ниже расчетной как при движении без остановок, так и при разгоне; возврат электроэнергии в сеть для участков с рекуперацией; механическая работа локомотива, силы сопротивления и тормозные силы.

Основной вид печати, обеспечиваемый программой, — печать итогов по перегонам; дополнительно может предусматриваться графическое построение зависимостей скорости и времени хода поезда на участке с указанием спрямленного профиля и кривых в плане пути.

Инструкции, определяющие правила подготовки информации и порядок проведения расчетов на ЭВМ, прилагаются к программам тяговых расчетов, утвержденных МПС.

Все изменения в порядке тяговых расчетов, связанные с расширением информации и возможностей программ, будут оговариваться в соответствующих документах, сопровождающих программы.

6.3.2. Определение скорости движения и времени хода поезда. Уравнение (92) движения поезда в диапазоне скоростей от $v_{\min}$

(15—25 км/ч) до допускаемой скорости $v_{\text{доп}}$ интегрировать по переменной s . При этом использовать разложение функции $v=v(s)$ в ряд Тейлора с сохранением трех его членов

$$v(s) = v_0 + v' \Delta s + v'' \frac{\Delta s^2}{2}. \quad (156)$$

При этом в качестве шага по пути выбирать весь элемент профиля или его часть таким образом, чтобы удовлетворялось требование точности интегрирования — достаточная малость отбрасываемой части ряда Тейлора

$$v'' \frac{\Delta s^2}{2} < \Delta v_{\text{доп}2} (0,1-0,5 \text{ км/ч})$$

На малых скоростях при $v < v_{\text{min}}$ интегрировать по скорости. При этом принимать $\Delta v \leq \Delta v_{\text{доп}1}$ (3—5 км/ч)

$$v_{\text{ср}} = \frac{2v_0 + \Delta v}{2}; \quad (157)$$

$$\Delta s = \frac{v_{\text{ср}} \Delta v}{\zeta f(v_{\text{ср}})}, \quad (158)$$

где $f(v_{\text{ср}})$ — приведенное ускоряющее или замедляющее усилие в точке $v_{\text{ср}}$.

При расчете силы тяги учитывать влияние изменения напряжения [см. формулу (105)].

Режим движения поезда на каждом шаге интегрирования выбирать по следующим правилам:

1. Если скорость в начале шага меньше допустимой, то выбирать режим тяги, обеспечивающий максимальное приращение скорости. Если при электрической тяге на этом шаге имеется нейтральная вставка, будет выбран выбег.

2. При достижении допустимой скорости $v_{\text{доп}}$ на элементе пути, отличном от «вредного» спуска, выбирать два смежных режима (две позиции регулирования или позиция минимальной тяги с выбегом), обеспечивающих при их чередовании движение со средней скоростью, близкой к допустимой.

3. На «вредном» спуске при достижении скорости $v_{\text{доп}} - \Delta v(i_k)^*$ предусматривать переход на выбег, а после выхода на скорость $v_{\text{доп}}$ применять регулировочное торможение для обеспечения движения со средней скоростью

$$v_{\text{ср}} = v_{\text{доп}} - \Delta v(i_k). \quad (159)$$

На участках с рекуперацией выбирать характеристику рекуперативного торможения, обеспечивающую движение со средней скоростью, определяемой по формуле (159).

* $\Delta v(i_k)$ смотри в табл. 13.

Если за «вредным» спуском следует тяжелый подъем (т. е. элемент профиля, на котором тяговые позиции не могут обеспечить положительное приращение скорости), предполагается, что поезд выходит на него с максимально возможной скоростью.

Программа должна предусматривать проверку действия тормозов на эффективность в местах, заданных в информации об участке, с учетом параметров, указанных в нормативной информации. Все виды ограничения по скорости выдерживать с учетом длины поезда.

В случае недопустимого перегрева использовать более низкие ступени ослабления возбуждения и полное возбуждение на перегоне, где получился перегрев, или на его части.

В процессе расчета для каждого перегона определять скорость $v=v(s)$: для движения поезда без остановок на раздельных пунктах, при отправлении с места от начальной станции и прибытии на стоянку на конечной станции перегона

Кроме основного варианта тягового расчета, программа по требованию задания выполняет еще не менее трех вариантов расчета с учетом длительных и постоянных предупреждений по скорости, заданных в информации по участку

Независимо от способа интегрирования уравнения движения поезда приращение по времени принимать на каждом шаге

$$\Delta t = \frac{2\Delta s}{2v_0 + \Delta v} \quad (160)$$

6.3.3. Расчет расхода электроэнергии и топлива. Расход электроэнергии или топлива при движении поезда в режиме тяги и возврат электроэнергии при рекуперации рассчитывать по формулам (110), (111), (122) с учетом выбранной позиции контроллера машиниста. В случае тепловозной тяги учитывать расход топлива при движении поезда на холостом ходу. Расход топлива и воды паровозом определять по формулам (126)—(130) и (124), (125).

6.3.4. Расчет температуры перегрева тягового двигателя и генератора. Перегрев генератора или тяговых электродвигателей при движении поезда в режиме тяги и остывание их при езде без тока рассчитывать по формулам (107)—(109).

*Зам. директора Всесоюзного
научно-исследовательского института
железнодорожного транспорта*

В. Г. ИНОЗЕМЦЕВ

*Главный инженер Главного
управления движения МПС*

Е. В. СТЕПАНОВ

*Главный инженер Главного управления
локомотивного хозяйства МПС*

А. Н. БЕВЗЕНКО

Условные обозначения, сокращения и единицы измерения,
принятые в тексте и на рисунках

Обозначения величин и сокращения	Единица измерения	Величина
A	кВт·ч	Расход электроэнергии на токоприемнике электровоза или моторного вагона электропоезда
a	Вт ч/(т км)	Удельный (на один тонно-километр брутто) расход электроэнергии на токоприемнике
B_k	кг	Общий расход пара котлом
$B_{кн}$	кг	Общий расход котлом нормального пара, т. е. пара, приведенного к удельному количеству теплоты 2682 кДж/кг (640 ккал/кг)
B_m	кг	Общий расход пара (перегретого или насыщенного) паровой машинной паровоза
B_T	кгс	Общая тормозная сила поезда от действия тормозных колодок
b_T	кгс/т	Удельная тормозная сила поезда
$B_{ткп}$	кгс	Тормозная сила от действия контрпара
B	кгс	Тормозная сила от электрического (рекуперативного) торможения
C	--	Последовательное соединение тяговых электродвигателей
СП	—	Последовательно-параллельное соединение тяговых электродвигателей
D	мм	Диаметр движущих колес локомотива и моторных вагонов по кругу катания
E	кг	Общий расход натурального топлива
E_y	кг	Общий расход условного топлива
e_y	кг/10 ⁴ т·км	Расход условного топлива на измеритель 10 ⁴ т·км (брутто)
F_k	кгс	Касательная сила тяги (на ободе движущих колес) локомотива или моторных вагонов электропоезда или дизель-поезда
$F_{кд}$	кгс	Касательная сила тяги, отнесенная к одному тяговому электродвигателю
$F_{к тр}$	кгс	Касательная сила тяги при трогании с места
$F_{кр}$	кгс	Расчетное значение касательной силы тяги
$F_{к разг}$	кгс	Касательная сила тяги локомотива до выхода на автоматическую характеристику
$F_{к сц}$	кгс	Касательная сила тяги по сцеплению
$F_{кч}$	кгс	Касательная сила тяги электровоза, соответствующая часовому току тяговых электродвигателей
$F_{коо}$	кгс	Касательная сила тяги локомотива, соответствующая длительному току тяговых электродвигателей
$F_k^м$	кгс	Суммарная касательная сила тяги локомотивов при кратной тяге
$F_{ко}$	кгс	Касательная сила тяги тепловоза при стандартных атмосферных условиях
f_k	кгс/т	Удельная касательная сила тяги (на 1 т массы поезда)

Обозначения величин и сокращения	Единица измерения	Величина
G	кг/мин	Расход топлива дизелем тепловоза в режиме тяги
g	м/с ²	Ускорение свободного падения
g_x	кг/мин	Расход топлива дизелем тепловоза на холостом ходу
H	м ²	Испаряющая (водяная) поверхность нагрева котла
H_n	м	Начальная отметка профиля для участка пути
H_k	м	Конечная отметка профиля для участка пути
h	мм	Возвышение наружного рельса
$H_{бар}$	гПа	Атмосферное давление
I	А	Ток
I_B	А	Ток возбуждения тягового электродвигателя
I_r	А	Ток тягового генератора тепловоза
I_d	А	Ток одного тягового электродвигателя
I_d^M	А	Ток одного тягового электродвигателя наиболее нагруженного электровоза при кратной тяге
$I_{дч}$	А	Ток тягового электродвигателя в часовом режиме работы
$I_э$	А	Полный ток, потребляемый электровозом или электропоездом
$I_{эсп}$	А	Средний за некоторый промежуток времени ток электровоза или электропоезда
$I_э^M$	А	Суммарный ток, потребляемый электровозами при кратной тяге
I_d	А	Выпрямленный ток электровоза переменного тока, приведенный к первичной обмотке трансформатора (для расчетов системы электроснабжения)
I_{da}	А	Действующее значение активного тока, потребляемого электровозом на тягу (для расчета расхода электроэнергии)
I_{da}^M	А	Действующее значение суммарного активного тока, потребляемого электровозами при кратной тяге (при расчете расхода электроэнергии)
I_d^M	А	Суммарный выпрямленный ток электровозов переменного тока при кратной тяге, приведенный к первичным обмоткам трансформаторов (для расчетов системы электроснабжения)
I_∞	А	Ток тягового электродвигателя (тягового генератора) в продолжительном режиме работы
i	‰	Уклон (подъем или спуск) Знак (+) ставится при подъеме, знак (—) ставится при спуске
i_p	‰	Расчетный подъем
i_k	‰	Приведенный уклон, т. е. с учетом влияния кривой $i_k = i + \omega_r$
$i_{ор}$	—	Передаточное отношение осевого редуктора тепловоза с гидравлической передачей
$i_{тр}$	‰	Уклои участка пути, на котором происходит трогание поезда
i_c	‰	Уклон участка пути, спрямленного в продольном профиле и плане

Обозначения величин и сокращения	Единица измерения	Величина
i'_c	‰	Уклон участка пути, спрямленного в продольном профиле
i''_c	‰	Уклон участка пути, спрямленного в плане
Δi	‰	Абсолютная разность между уклоном спрямляемого участка и уклоном любого элемента, входящего в спрямляемый участок
K	тс	Сила нажатия на одну тормозную колодку
K_p	тс	Расчетная сила нажатия на одну тормозную колодку
κ	мм	Масштаб сил, применяемый для построения диаграмм ускоряющих и замедляющих усилий
K_v		Коэффициент, учитывающий увеличение основного сопротивления движению от встречного и бокового ветра
$K_{кр}$		Коэффициент снижения силы тяги локомотива или моторного вагона по сцеплению при движении его в кривых участках пути
$K_{ив}$		Коэффициент приведения превышения температуры тяговых электрических машин к расчетной температуре окружающего воздуха
$K_{нт}$		Коэффициент, учитывающий увеличение основного сопротивления движению от низкой температуры наружного воздуха
K_n		Коэффициент, учитывающий уменьшение расхода охлаждающего воздуха при работе тепловоза на промежуточных позициях контроллера машиниста, используемый при расчете температуры обмоток тяговых электродвигателей
$K_{сз}$		Коэффициент, учитывающий влияние устройств снегозащиты на нагревание обмоток тяговых электродвигателей
$K_{лд}$		Коэффициент приведения тока тягового электродвигателя наиболее нагруженного электровагона при кратной тяге
k_p		Коэффициент, учитывающий изменение мощности дизеля тепловоза от атмосферного давления
k_t		Коэффициент, учитывающий изменение мощности дизеля тепловоза от температуры наружного воздуха
K_v		Коэффициент формы кривой напряжения на токоприемнике электровагона или электропоезда переменного тока
L	км	Длина тягового участка
l_p	м	Длина поезда
l_c	м	Длина состава
l_l	м	Длина локомотива
$l_{поп}$	м	Длина приемо-отправочных путей
l_i	м	Длина вагона данного типа по осям автосцепки
m	мм	Масштаб скорости при построении графиков $v=v(s)$ способом МПС
$m_{дп}$	шт.	Число вагонов дизель-поезда
m_l	шт.	Число локомотивов в поезде
m_n	шт.	Число вагонов в пассажирском поезде

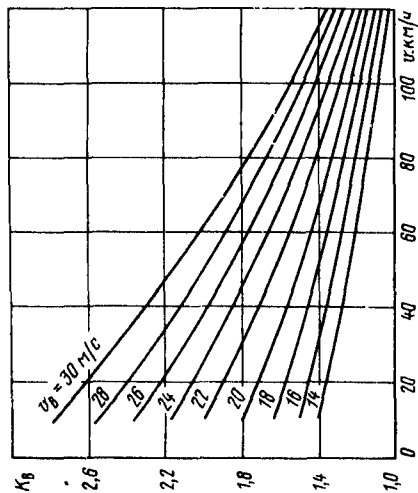
Обозначения величин и сокращения	Единица измерения	Величина
m_m	шт.	Число моторных вагонов дизель-поезда
m_{Σ}	шт	Число шести-, восьми-, двенадцатиосных электровозов, работающих в хвосте поезда
НП		Нормальное возбуждение режим работы тяговых электродвигателей, при котором установлены их номинальные данные
n	об/мин	Частота вращения якоря тягового электродвигателя
$n_{БК}$	шт.	Число вагонов пассажирского поезда без кондиционеров
n_d	об/мин	Частота вращения коленчатого вала дизеля тепловоза
n_k	-	Положение (позиция) контроллера машиниста
$n_{кв}$	шт.	Число вагонов с кондиционированием воздуха в составе пассажирского поезда
n_9	шт.	Число шести-, восьми-, двенадцатиосных электровозов, работающих в голове поезда
n_l	шт	Число одноосных вагонов в составе
ОП1—ОП5	-	Ступени ослабления возбуждения тягового электродвигателя
P	т	Расчетная масса локомотива, моторных вагонов: для паровозов с учетом массы тендера при 2/3 запаса воды и топлива; для тепловозов и дизель-поездов при 2/3 запаса топлива и песка
$P_{ГК}$	кВт	Мощность подвагонного генератора, расходуемая на кондиционирование воздуха
$P_{пг}$	кВт	Фактическая мощность подвагонного генератора
$P_{сц}$	тс	Сцепной вес локомотива (для тепловоза при 1/3 запасов топлива и песка)
P'	кВт	Средняя условная мощность подвагонного генератора
P		Параллельное соединение тяговых электродвигателей
ПП		Полное возбуждение тяговых электродвигателей
Q	т	Масса состава (вагонов) В электро- и дизель-поездах масса прицепных вагонов
$Q_{в}$	м³/мин	Подача охлаждающего воздуха, прогоняемого через тяговый электродвигатель
$Q_{тр}$	т	Масса состава, рассчитанная по условиям трогания его локомотивом с места
q	т	Масса одного вагона брутто
q_l	т	Средняя масса вагона (брутто) для группы одноосных вагонов
q_0	т	Масса, приходящаяся на ось колесной пары
q'_0	тс	Нагрузка от колесной пары на рельсы наименее нагруженного вагона
R	м	Радиус кривой
R_l	м	Радиус кривой в пределах спрямленного участка пути
s	м	Расстояние, путь, длина элементов профиля

Обозначения величин и сокращения	Единица измерения	Величина
$s_{крi}$	м	Длина кривой данного радиуса в пределах спрямляемого участка пути
$s_{кр}$	м	Длина кривого участка пути
s_c	м	Длина спрямляемого участка профиля
s_d	м	Условный тормозной путь, который проходит поезд при полном действии тормозных колодок
$s_{п}$	м	Путь, проходимый поездом при подготовке тормозов к действию
s_t	м	Полный (расчетный) тормозной путь
s_k	м	Расстояние между кругами катания колес
T	мин	Тепловая постоянная времени в уравнении нагретания
t	ч, мин, с	Время
$t_{ст}$	ч, мин	Время стоянок
$t_{п}$	с	Время подготовки тормозов к действию (условное)
$t_{ро}$	ч, мин	Время хода паровоза с открытым регулятором
$t_{рз}$	ч, мин	Время хода паровоза с закрытым регулятором
t_x	мин	Время работы дизеля на холостом ходу
Δt	мин, с	Интервал времени
$t_{нв}$	°C	Температура наружного воздуха
$t_{ген}$	°C	Температура воздуха, охлаждающего генератор
$U_э$	В	Номинальное напряжение на токоприемнике электровоза, моторного вагона электропоезда
$U'_э$	В	Расчетное пониженное напряжение на токоприемнике электровоза, электропоезда
U_d	В	Напряжение на коллекторе тягового электродвигателя
u_n	кг	Испарительная способность 1 кг условного топлива в нормальном паре
v	км/ч	Скорость движения
v_k	км/ч	Конечная скорость
v_n	км/ч	Начальная скорость
v_0	км/ч	Скорость поезда в начале торможения
v_v	м/с	Скорость ветра
v_p	км/ч	Расчетная скорость
$v_ч$	км/ч	Скорость электровоза, соответствующая часовому току тягового электродвигателя
v'	км/ч	Скорость движения электровоза, электропоезда при пониженном напряжении на токоприемнике
v_{∞}	км/ч	Скорость электровоза, соответствующая длительному току тягового электродвигателя
w_i	кгс/т	Дополнительное удельное сопротивление движению подвижного состава от уклона
w'_0	кгс/т	Основное удельное сопротивление движению локомотива, дизель-поезда или электропоезда как поковки (при движении с тягой)
w''_0	кгс/т	Основное удельное сопротивление движению состава (вагонов)
w_0	кгс/т	Основное удельное сопротивление движению поезда

Обозначения величины и сокращения	Единица измерения	Величина
$w_{ох}$	кгс/т	Основное удельное сопротивление движению поезда при холостом ходе локомотива, дизель-поезда или электропоезда
w_k	кгс/т	Основное удельное сопротивление движению локомотива на холостом ходу
$w_{пг}$	кгс/т	Дополнительное удельное сопротивление движению поезда от подвагонных генераторов
$w_{тр}$	кгс/т	Удельное сопротивление состава при трогании с места (основное и дополнительное -- суммарно)
w_r	кгс/т	Дополнительное удельное сопротивление подвижного состава при движении по кривой
w_k	кгс/т	Общее удельное сопротивление движению поезда
x	мм	Масштаб времени (минута), применяемый при построении графика $t=t(s)$ способом МПС
X	мм	Масштаб времени (час), применяемый при построении графика $t=t(s)$ способом МПС
y	мм	Масштаб пути, применяемый при построении графиков $v=v(s)$ и $t=t(s)$ способом МПС
Z_0	кг/(м ² ·ч)	Форсировка котла, соответствующая расходу пара котлом на стоянках и при движении с закрытым регулятором
Z_m	кг/(м ² ·ч)	Форсировка испаряющей поверхности нагрева котла по машине
Z_k	кг/(м ² ·ч)	Полная форсировка испаряющей поверхности нагрева котла
$Z_{кн}$	кг/(м ² ·ч)	То же в нормальном паре
$\mathcal{E}$	-	Технический эквивалент взаимозаменяемости топлива
α	%	Степень ослабления возбуждения тяговых электродвигателей
α'	-	Коэффициент, учитывающий дополнительный расход пара котлом
α^0	град	Центральный угол кривой участка пути
α_i	-	Доля (по массе) состава, приходящаяся на данную группу однотипных вагонов
Δ	мм	Постоянный отрезок, применяемый при построении графика $t=t(s)$ способом МПС
ϵ	-	Степень наполнения (отсечка) цилиндров паровоза
ζ	км/ч ² /(кгс/т)	Ускорение или замедление поезда при удельной силе 1 кгс/т
η_d	%	Коэффициент полезного действия тягового электродвигателя, относенный к ободу колеса
θ	тс/т	Тормозной коэффициент поезда
θ_p	тс/т	Расчетный тормозной коэффициент поезда
μ	-	Передачное число зубчатой передачи на движущую ось
ρ	кг/м ³	Плотность воздуха
τ	°C	Превышение температуры обмотки генератора или тягового электродвигателя над температурой охлаждающего воздуха
$\tau_{дп}$	°C	Перегрев обмотки добавочных полюсов тягового электродвигателя

Обозначения величин и сокращения	Единица измерения	Величина
$\tau_{\text{доп}}$	$^{\circ}\text{C}$	Допускаемое превышение температур обмоток тяговых электрических машин над температурой охлаждающего воздуха
$\tau_{\text{к}}$	м/с^2	Непогашенное центробежное ускорение поезда в кривой
τ_0	$^{\circ}\text{C}$	Начальное превышение температуры обмоток тяговых электрических машин для расчетного промежутка времени
$\tau_{\text{р}}$	$^{\circ}\text{C}$	Превышение температуры обмоток тяговых электрических машин, приведенное к расчетной температуре охлаждающего воздуха с учетом устройств снегозащиты
τ_{∞}	$^{\circ}\text{C}$	Установившееся превышение температуры обмоток тяговых электрических машин над температурой охлаждающего воздуха
$\varphi_{\text{к}}$	—	Коэффициент трения тормозной колодки о колесо
$\varphi_{\text{кр}}$	—	Расчетный коэффициент трения тормозной колодки о колесо
$\psi_{\text{к}}$	—	Расчетный коэффициент сцепления движущих колес локомотива или моторного вагона с рельсами
$\psi_{\text{к кр}}$	—	Расчетный коэффициент сцепления движущих колес локомотива или моторного вагона с рельсами при движении его по кривым малого радиуса

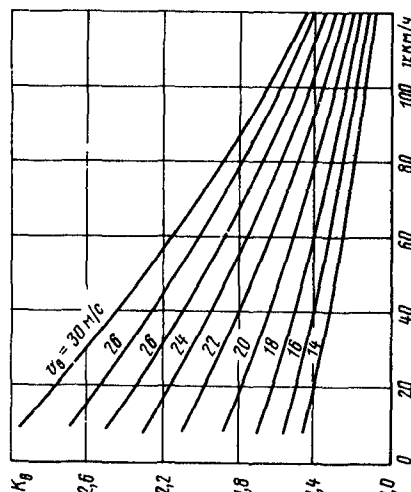
НОМОГРАММЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА K_v , УЧИТЫВАЮЩЕГО УВЕЛИЧЕНИЕ ОСНОВНОГО УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ПОЕЗДА ОТ ВСТРЕЧНОГО И БОКОВОГО ВЕТРА, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СКОРОСТИ ВЕТРА И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ (РИС. 2.1—2.7).



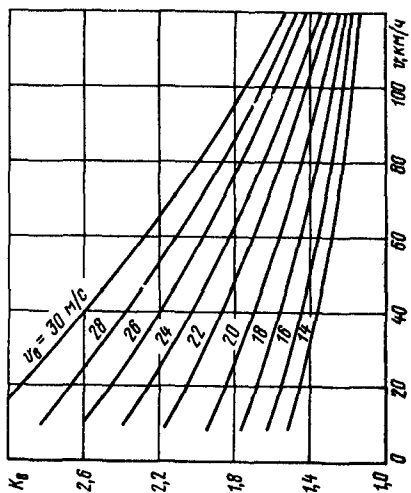
v_0	v															
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120				
14	1,40	1,36	1,32	1,27	1,24	1,21	1,17	1,14	1,11	1,07	1,05	1,03				
16	1,50	1,46	1,40	1,35	1,31	1,26	1,23	1,19	1,16	1,12	1,10	1,06				
18	1,63	1,57	1,51	1,46	1,40	1,35	1,30	1,25	1,22	1,17	1,14	1,10				
20	1,78	1,71	1,64	1,58	1,51	1,44	1,38	1,33	1,28	1,22	1,18	1,14				
22	1,98	1,88	1,80	1,72	1,63	1,55	1,48	1,41	1,34	1,28	1,23	1,18				
24	2,16	2,04	1,94	1,85	1,75	1,66	1,58	1,50	1,43	1,35	1,28	1,22				
26	2,36	2,22	2,10	1,98	1,87	1,77	1,67	1,58	1,49	1,41	1,34	1,27				
28	2,56	2,39	2,25	2,11	1,99	1,89	1,77	1,67	1,57	1,47	1,40	1,32				
30	2,78	2,61	2,45	2,30	2,16	2,02	1,88	1,75	1,65	1,55	1,45	1,36				

Рис. 2.1. Коэффициент K_v при $\rho_v = 1,0 \text{ кг/м}^3$

v_6	v											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
14	1,44	1,40	1,36	1,32	1,28	1,25	1,21	1,18	1,15	1,12	1,10	1,08
16	1,55	1,50	1,45	1,40	1,36	1,32	1,28	1,24	1,20	1,17	1,14	1,12
18	1,68	1,62	1,56	1,51	1,45	1,40	1,35	1,30	1,25	1,22	1,18	1,16
20	1,87	1,78	1,72	1,65	1,57	1,51	1,45	1,39	1,33	1,28	1,24	1,20
22	2,05	1,96	1,88	1,80	1,71	1,63	1,55	1,48	1,42	1,35	1,30	1,24
24	2,27	2,15	2,05	1,95	1,84	1,74	1,66	1,58	1,50	1,42	1,35	1,29
26	2,48	2,34	2,21	2,09	1,97	1,85	1,76	1,67	1,55	1,50	1,42	1,34
28	2,68	2,53	2,39	2,26	2,13	2,00	1,88	1,77	1,67	1,57	1,48	1,40
30	2,95	2,77	2,60	2,45	2,29	2,15	2,00	1,87	1,75	1,64	1,53	1,45

Рис. 2.2. Коэффициент K_8 при $\rho_s = 1,1$ кг/м³

v_6	v											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
14	1,51	1,45	1,40	1,36	1,32	1,29	1,26	1,24	1,20	1,17	1,16	1,14
16	1,62	1,55	1,50	1,45	1,40	1,37	1,33	1,29	1,25	1,23	1,20	1,18
18	1,75	1,68	1,62	1,57	1,51	1,46	1,41	1,37	1,33	1,28	1,25	1,22
20	1,84	1,85	1,78	1,71	1,64	1,57	1,51	1,46	1,40	1,34	1,30	1,28
22	2,16	2,05	1,96	1,88	1,79	1,70	1,63	1,56	1,50	1,42	1,37	1,31
24	2,38	2,25	2,14	2,04	1,93	1,83	1,74	1,66	1,57	1,50	1,43	1,37
26	2,60	2,46	2,32	2,20	2,08	1,97	1,87	1,77	1,67	1,58	1,50	1,43
28	2,81	2,67	2,51	2,37	2,24	2,12	2,00	1,88	1,76	1,65	1,56	1,48
30	3,11	2,92	2,75	2,60	2,43	2,28	2,13	1,98	1,87	1,75	1,63	1,55

Рис. 2.3. Коэффициент K_8 при $\rho_s = 1,2$ кг/м³

v_6	v											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
14	1,54	1,49	1,45	1,41	1,37	1,35	1,31	1,29	1,26	1,23	1,21	1,19
16	1,67	1,60	1,55	1,50	1,45	1,42	1,37	1,35	1,31	1,28	1,25	1,23
18	1,81	1,74	1,68	1,63	1,57	1,52	1,47	1,43	1,38	1,34	1,31	1,28
20	2,00	1,97	1,84	1,78	1,70	1,64	1,58	1,52	1,47	1,41	1,37	1,33
22	2,25	2,14	2,05	1,96	1,87	1,78	1,70	1,63	1,56	1,49	1,44	1,38
24	2,48	2,36	2,24	2,14	2,03	1,92	1,83	1,74	1,66	1,58	1,50	1,44
26	2,74	2,59	2,45	2,31	2,18	2,06	1,95	1,86	1,76	1,67	1,58	1,51
28	2,98	2,81	2,64	2,48	2,36	2,23	2,10	1,98	1,87	1,77	1,67	1,58
30	3,11	2,97	2,80	2,65	2,51	2,37	2,22	2,10	1,97	1,85	1,74	1,65

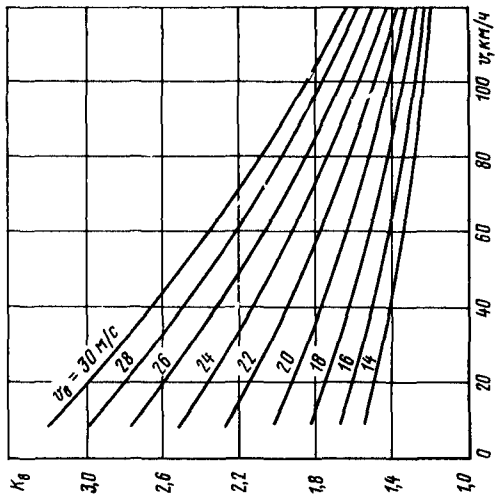


Рис. 2.4. Коэффициент K_6 при $\rho_s = 1,3 \text{ кг/м}^3$

v_6	v											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
14	1,60	1,54	1,49	1,45	1,41	1,38	1,35	1,34	1,30	1,28	1,26	1,25
16	1,71	1,65	1,60	1,55	1,50	1,47	1,42	1,40	1,36	1,33	1,31	1,29
18	1,88	1,80	1,75	1,70	1,64	1,58	1,54	1,49	1,45	1,40	1,38	1,34
20	2,08	1,99	1,92	1,86	1,77	1,70	1,64	1,59	1,53	1,47	1,43	1,39
22	2,35	2,23	2,13	2,04	1,94	1,86	1,77	1,70	1,63	1,56	1,50	1,45
24	2,58	2,46	2,34	2,24	2,12	2,01	1,93	1,82	1,75	1,66	1,59	1,52
26	2,86	2,71	2,56	2,42	2,29	2,16	2,05	1,96	1,86	1,76	1,67	1,59
28	3,12	2,96	2,79	2,63	2,49	2,35	2,22	2,08	1,97	1,85	1,76	1,67
30	3,55	3,33	3,11	2,79	2,71	2,53	2,36	2,21	2,07	1,95	1,84	1,74

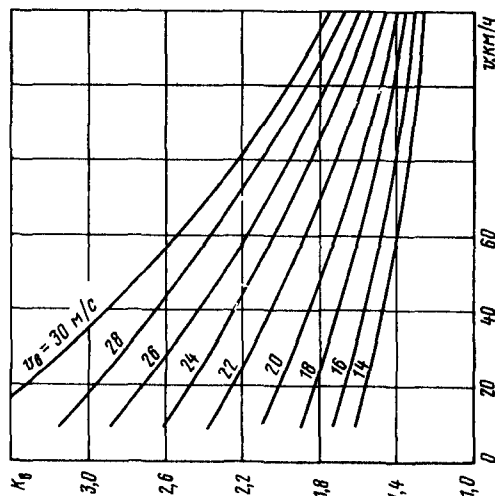
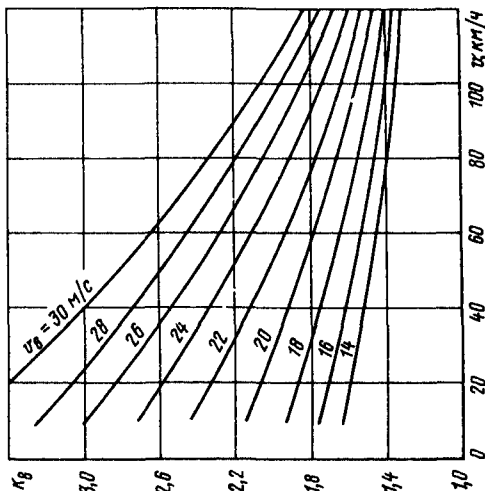
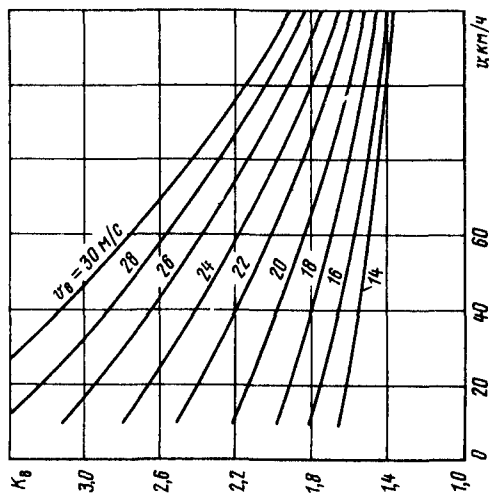


Рис. 2.5. Коэффициент K_6 при $\rho_s = 1,4 \text{ кг/м}^3$

ν_6	ν											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
14	1,62	1,58	1,54	1,50	1,47	1,44	1,42	1,39	1,36	1,33	1,32	1,30
16	1,75	1,70	1,65	1,60	1,56	1,52	1,48	1,45	1,42	1,39	1,37	1,35
18	1,92	1,86	1,80	1,75	1,68	1,63	1,58	1,55	1,50	1,46	1,43	1,40
20	2,14	2,06	1,98	1,91	1,84	1,77	1,71	1,65	1,60	1,54	1,50	1,46
22	2,43	2,32	2,21	2,11	2,01	1,93	1,84	1,77	1,70	1,63	1,57	1,52
24	2,71	2,57	2,43	2,33	2,21	2,10	2,00	1,91	1,81	1,73	1,65	1,59
26	3,00	2,83	2,67	2,53	2,39	2,26	2,15	2,05	1,94	1,84	1,75	1,67
28	3,24	3,07	2,92	2,73	2,59	2,43	2,32	2,19	2,07	1,95	1,85	1,75
30	3,62	3,41	3,20	3,00	2,82	2,64	2,47	2,33	2,20	2,06	1,94	1,83

Рис. 2.6. Коэффициент K_8 при $\rho_s = 1,5 \text{ кг/м}^3$

ν_6	ν											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
14	1,66	1,62	1,58	1,55	1,52	1,49	1,46	1,44	1,42	1,40	1,37	1,36
16	1,80	1,75	1,70	1,65	1,61	1,57	1,54	1,51	1,48	1,44	1,42	1,40
18	1,98	1,91	1,86	1,80	1,74	1,69	1,64	1,60	1,56	1,51	1,49	1,46
20	2,22	2,13	2,06	1,98	1,91	1,84	1,77	1,72	1,66	1,60	1,56	1,52
22	2,52	2,40	2,30	2,20	2,10	2,01	1,92	1,85	1,77	1,70	1,64	1,59
24	2,80	2,67	2,54	2,42	2,29	2,18	2,08	1,99	1,89	1,81	1,73	1,66
26	3,12	2,96	2,80	2,65	2,51	2,37	2,24	2,14	2,02	1,93	1,84	1,75
28	3,44	3,24	3,06	2,86	2,71	2,57	2,42	2,29	2,16	2,04	1,94	1,84
30	3,80	3,58	3,33	3,07	2,93	2,75	2,58	2,44	2,29	2,16	2,03	1,93

Рис. 2.7. Коэффициент K_8 при $\rho_s = 1,6 \text{ кг/м}^3$

НОМОГРАММЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОРМОЗНОГО ПУТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСЧЕТНОГО ТОРМОЗНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ($100\phi_p$) И СКОРОСТИ В НАЧАЛЕ ТОРМОЖЕНИЯ

На рис. 3.1--3.11 приведены тормозные пути грузовых поездов в зависимости от расчетного нажатия в тонно-силах на 100 т массы состава; на рис. 3.12--3.22 тормозные пути пассажирских поездов в зависимости от расчетного нажатия в тонно-силах на 100 т массы поезда.

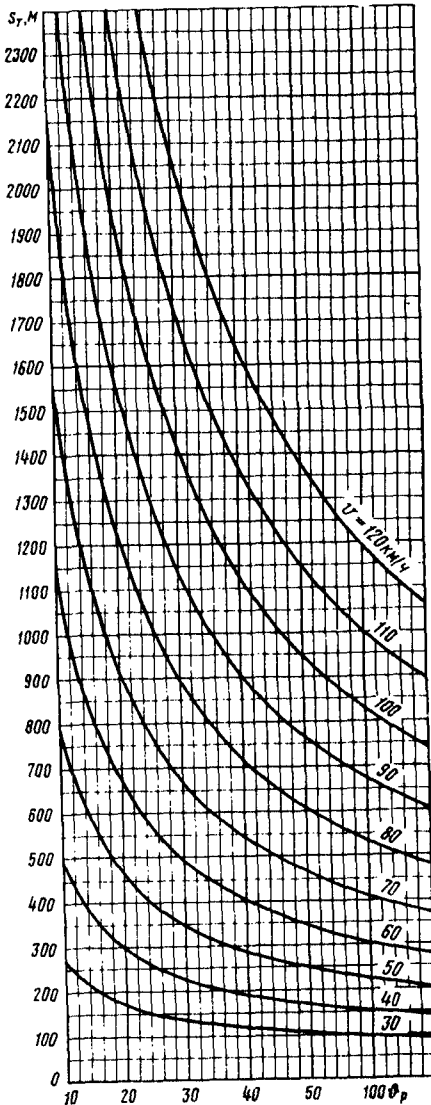


Рис. 3.1. Тормозной путь грузового поезда на площадке $i=0\text{‰}$

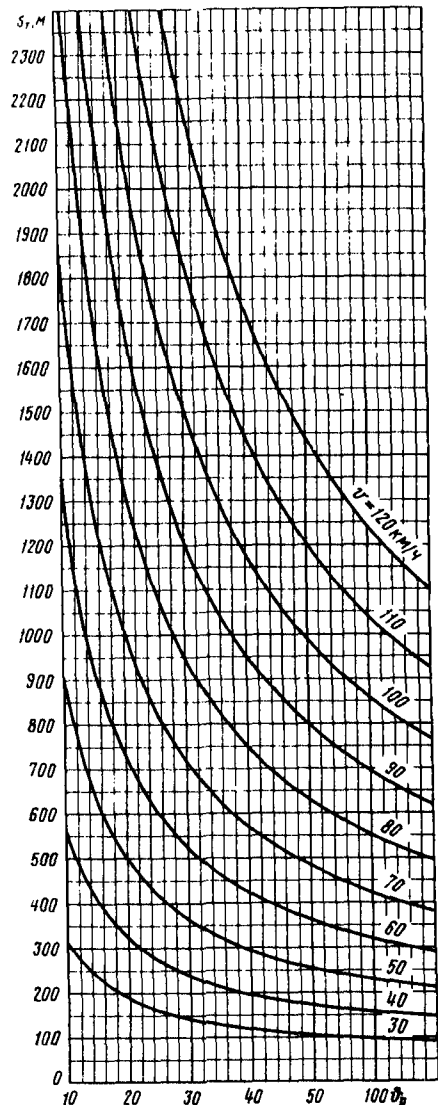


Рис. 3.2. Тормозной путь грузового поезда на спуске $i=2\text{‰}$

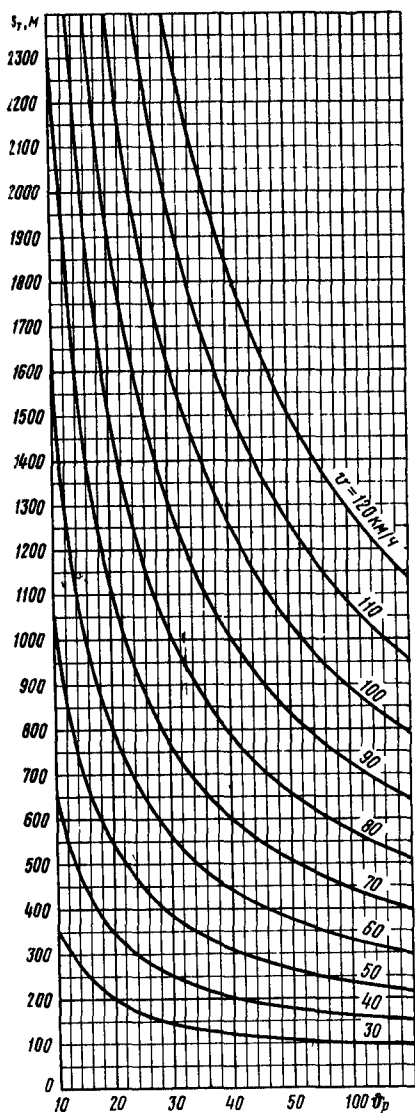


Рис 3.3 Тормозной путь грузового поезда на спуске $i = -4\text{‰}$

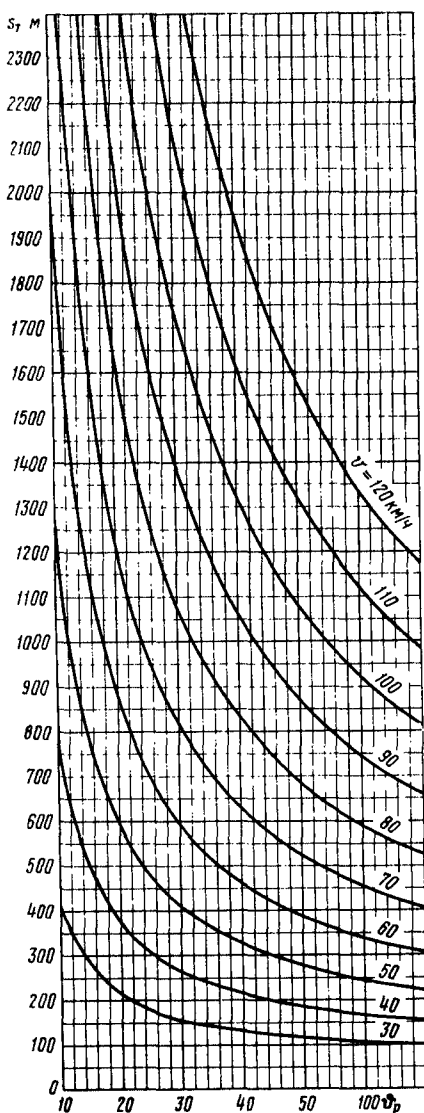


Рис 3.4 Тормозной путь грузового поезда на спуске $i = -6\text{‰}$

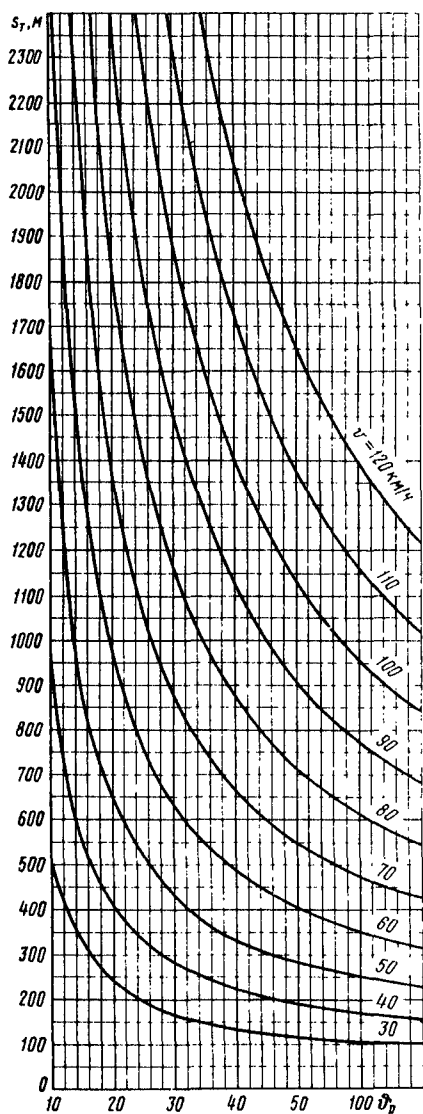


Рис. 35. Тормозной путь грузового поезда на спуске $i = -8\text{‰}$

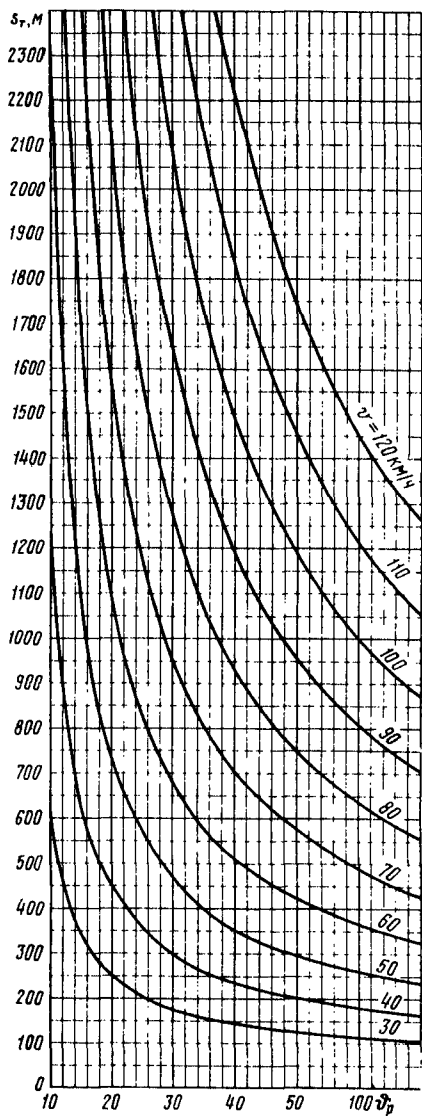


Рис. 36 Тормозной путь грузового поезда на спуске $i = -10\text{‰}$

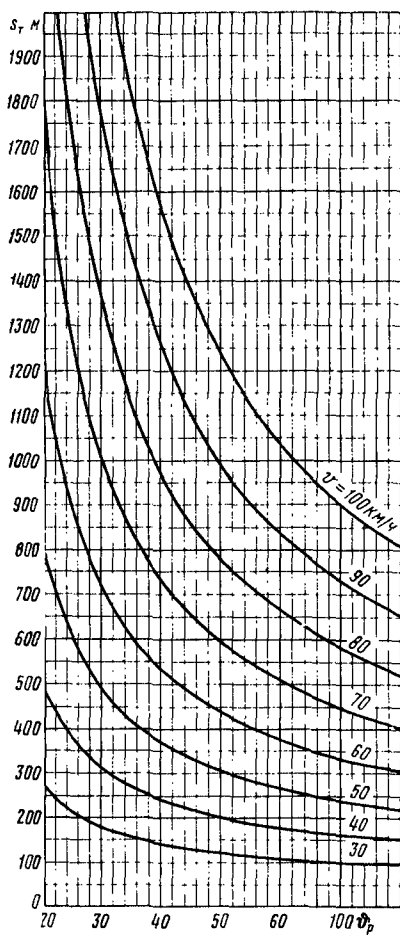


Рис 37 Тормозной путь грузового поезда на спуске $i = -12\text{‰}$

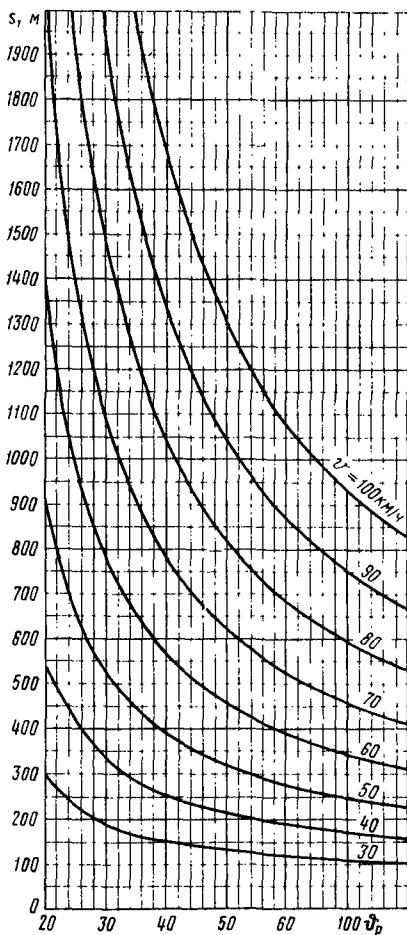


Рис 38 Тормозной путь грузового поезда на спуске $i = 14\text{‰}$

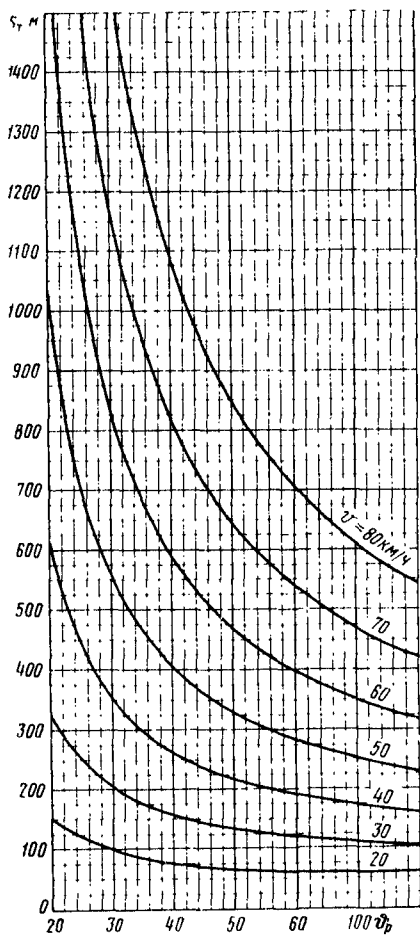


Рис 3.9 Тормозной путь грузового поезда на спуске $i = 16\text{‰}$

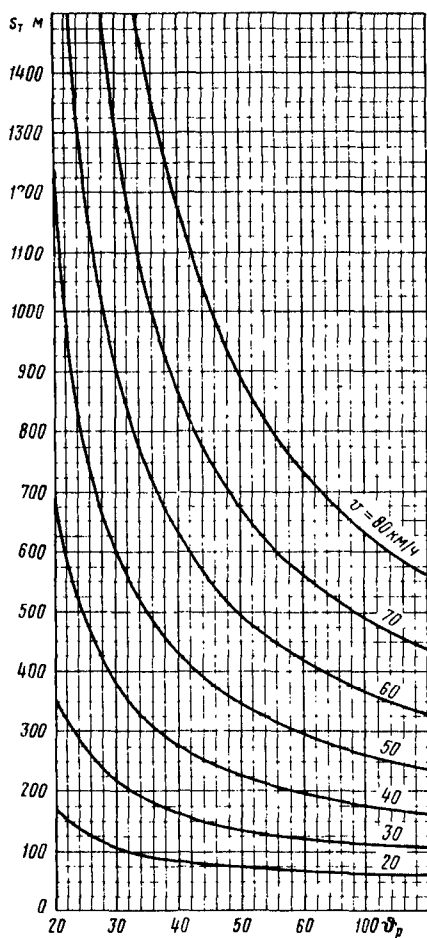


Рис 3.10. Тормозной путь грузового поезда на спуске $i = 18\text{‰}$

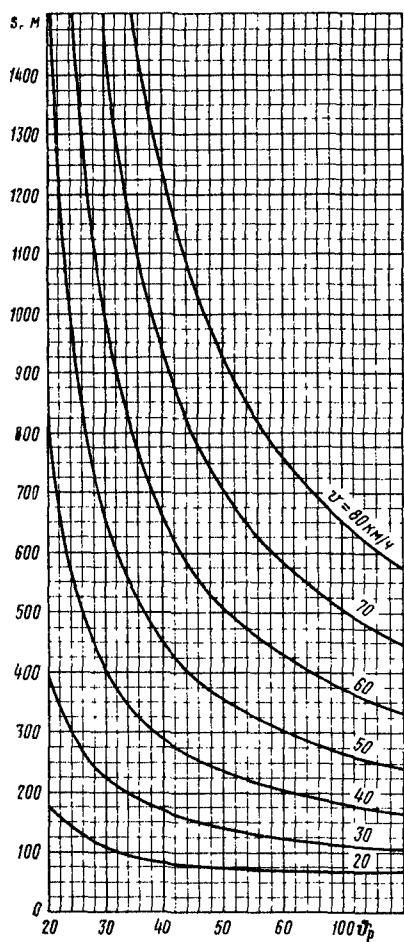
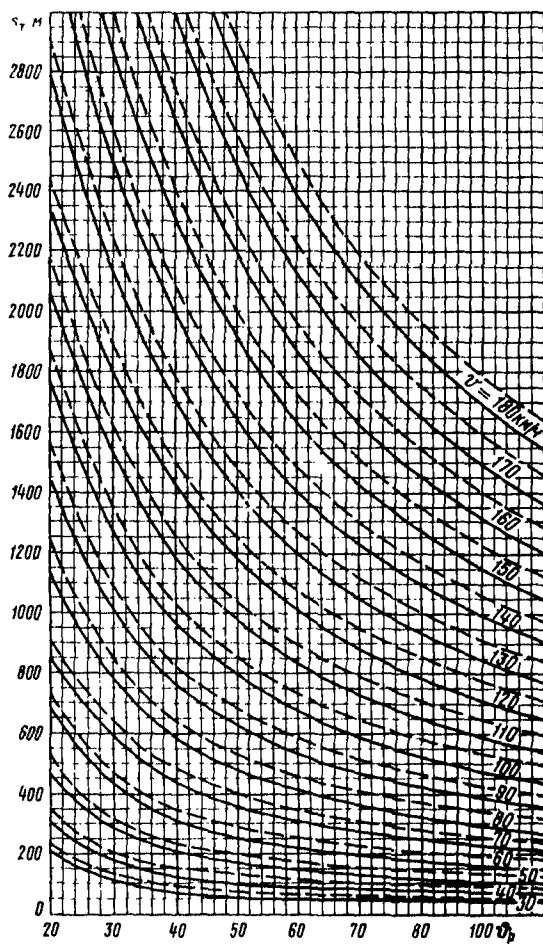


Рис 3.11 Тормозной путь грузового поезда на спуске $i = -20\%$

Рис 3 12 Тормозной
 путь пассажирского по-
 езда на площадке
 $i=0\%$ (колодки чугун-
 ные сплошные линии
 электропневматическое
 торможение штрихо-
 вые воздушное)



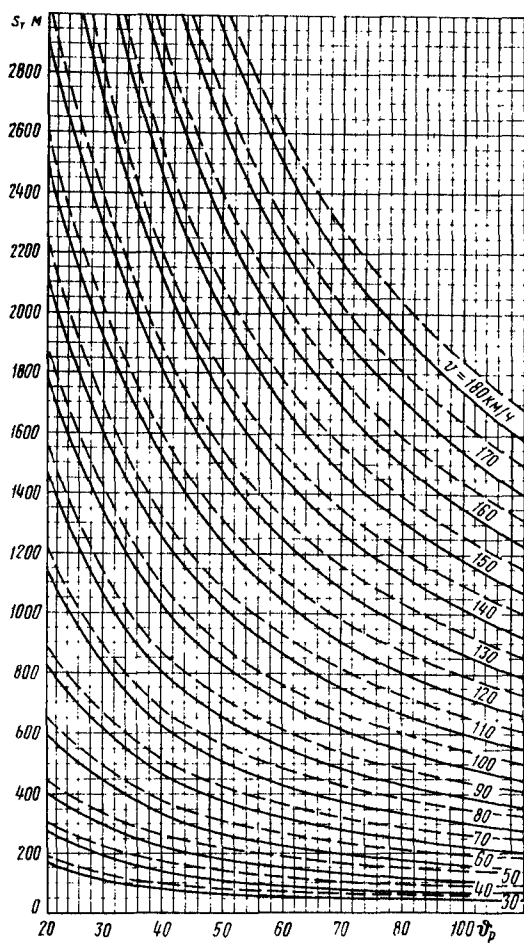
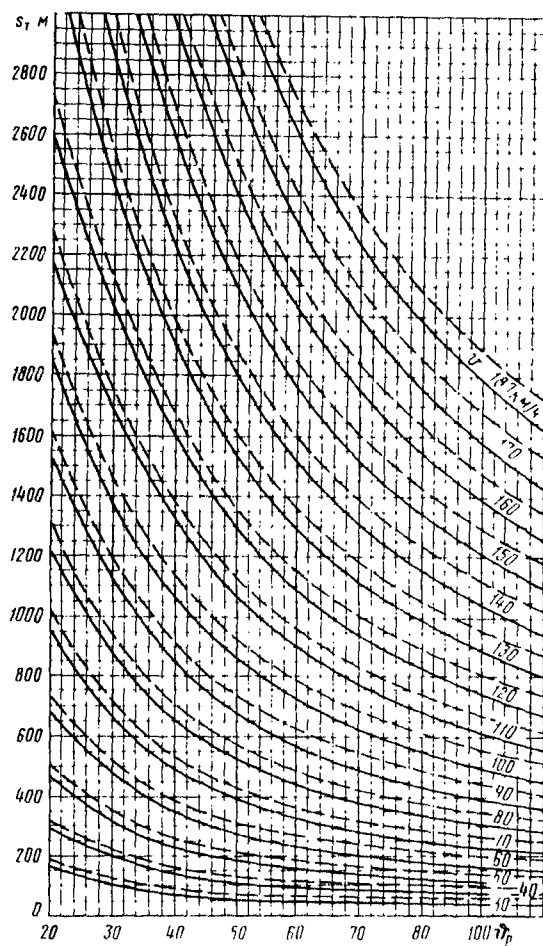


Рис 313 Тормозной
путь пассажирского по-
езда на спуске $i = 2\%$
(обозначения см на рис 312)

Рис 314 Тормозной
путь пассажирского по-
езда на спуске $i = 4\%$
(обозначения см на
рис 312)



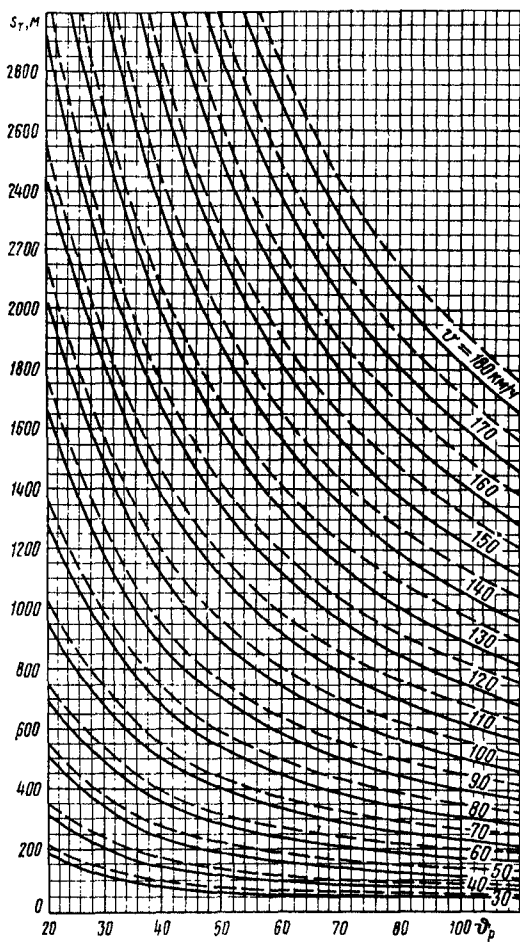
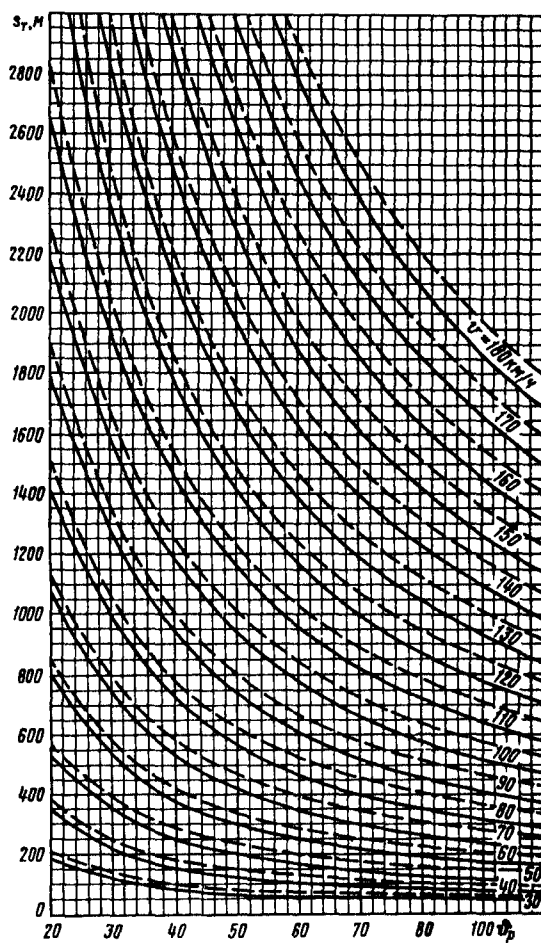


Рис. 3.15. Тормозной путь пассажирского поезда на спуске $i = -6\text{‰}$ (обозначения см. на рис. 3.12)

Рис. 3.16. Тормозной путь
пассажирского поезда на
спуске $i = -8\%$ (обозначения см. на рис. 3.12)



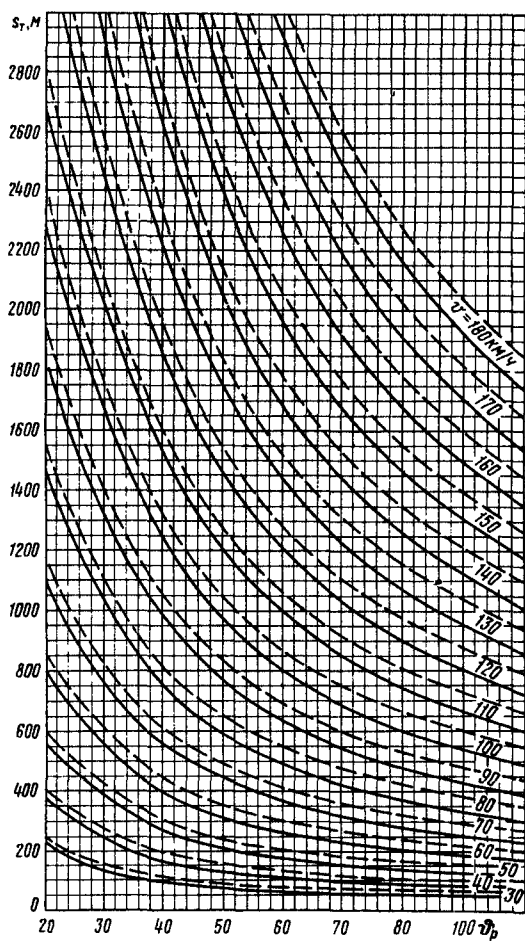


Рис 3 17 Тормозной
путь пассажирского по-
езда на спуске $i =$
 $= -10\%$ (обозначения
см. на рис. 3.12)

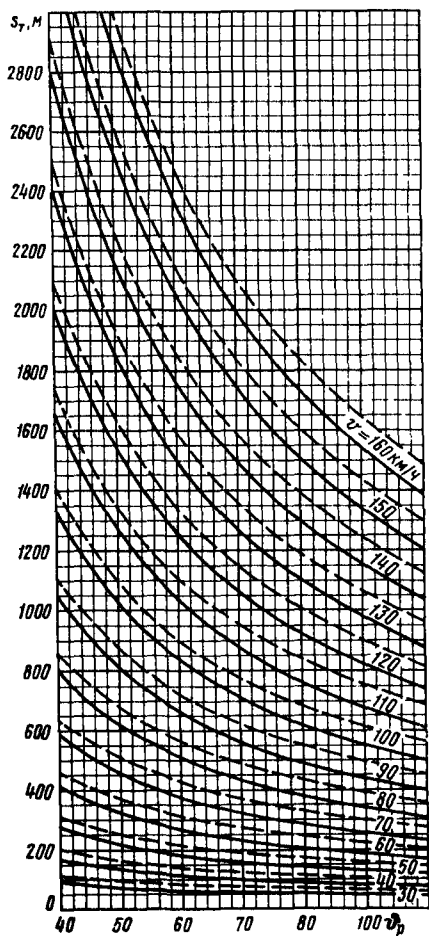


Рис 3.18 Тормозной путь пассажирского поезда на спуске $i = -12\text{‰}$ (обозначения см на рис 3.12)

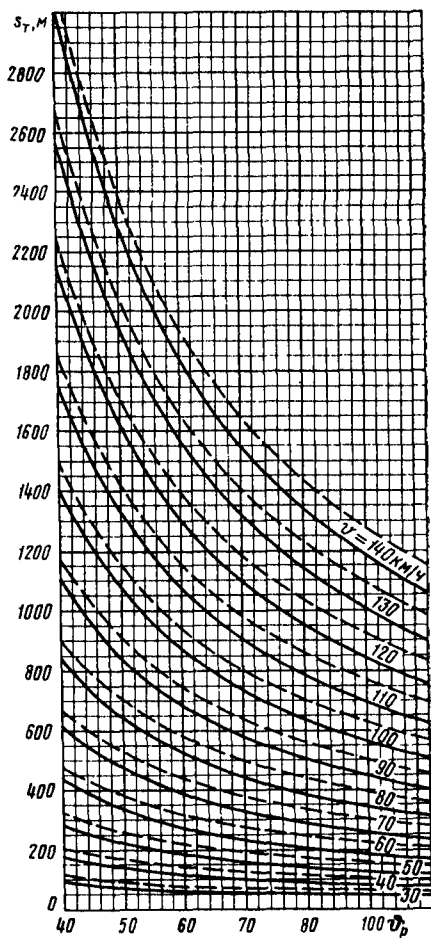


Рис 3.19 Тормозной путь пассажирского поезда на спуске $i = -14\text{‰}$ (обозначения см на рис 3.12)

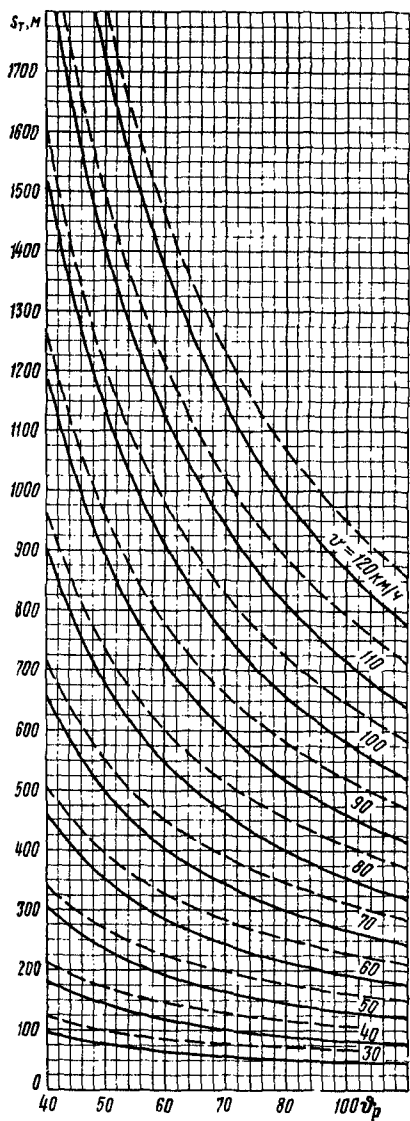


Рис. 3.20. Тормозной путь пассажирского поезда на спуске $i = -16\text{‰}$ (обозначения см. на рис. 3.12)

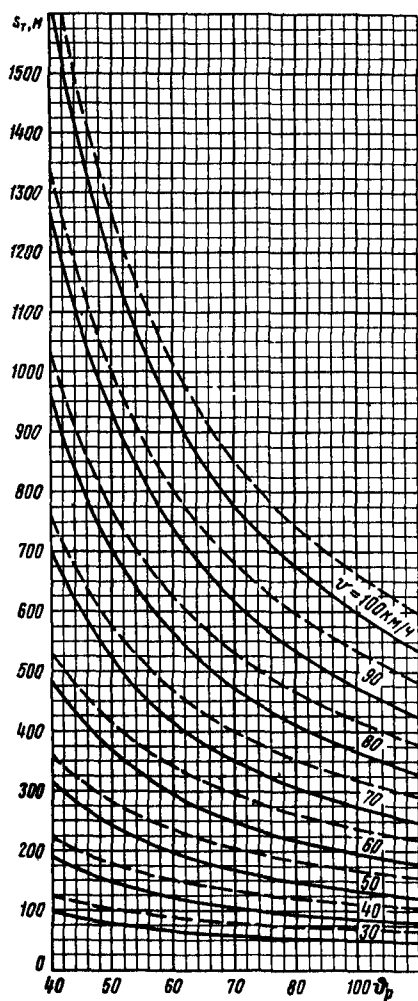


Рис. 3.21. Тормозной путь пассажирского поезда на спуске $i = -18\text{‰}$ (обозначения см. на рис. 3.12)

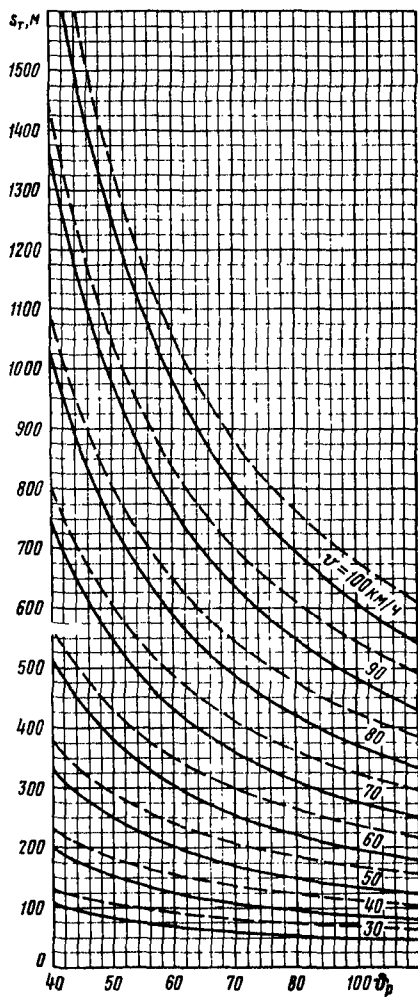


Рис. 3.22. Тормозной путь пассажирского поезда на спуске $i = -20\text{‰}$ (обозначения см. на рис. 3.12)

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОВЗОВ И ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ
(РИС. 4.1—4.132)

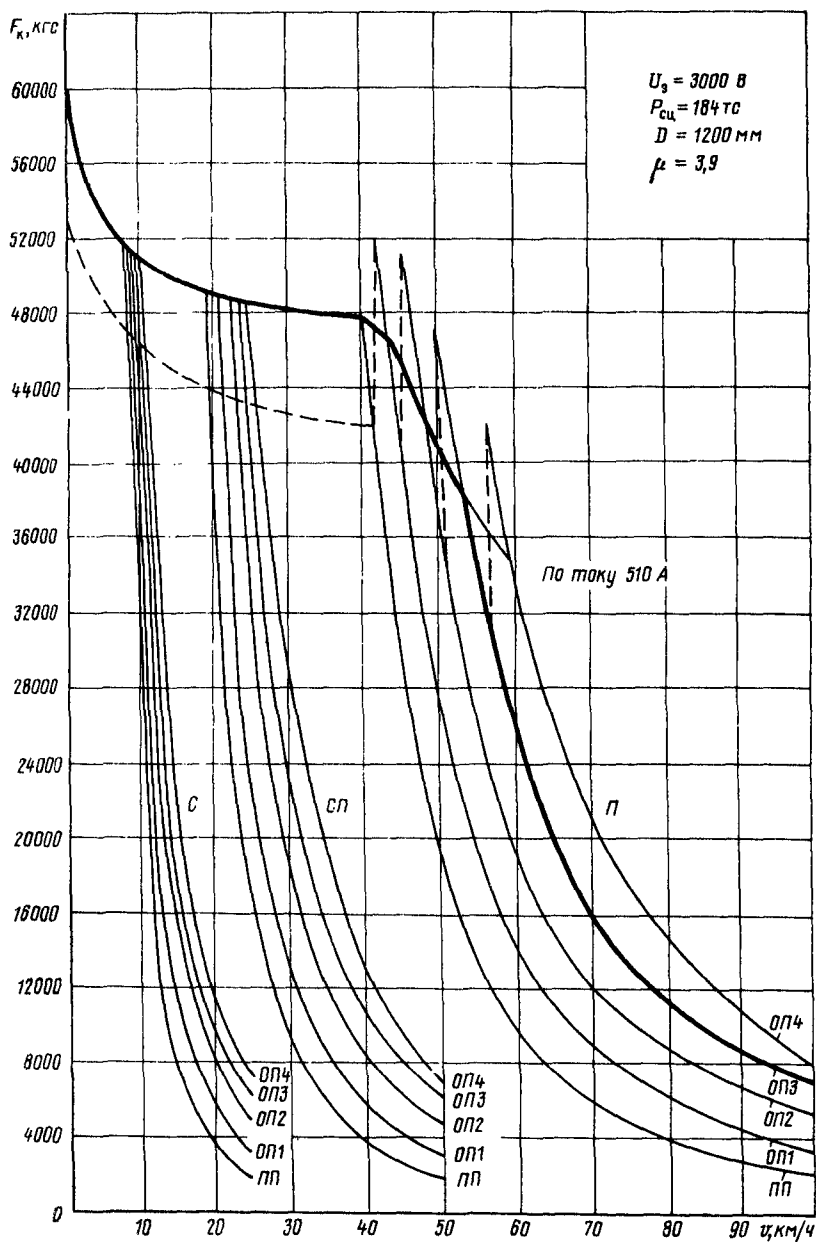


Рис 4.1 Тяговые характерис
 $F_{к\infty} = 30\,300 \text{ кгс}$, $v_{\infty} = 44,3 \text{ км/ч}$, $F_{кч} = 35\,400 \text{ кгс}$,

ν	F_k														
	C					$CП$					$П$				
	$ПП$	$ОП1$	$ОП2$	$ОП3$	$ОП4$	$ПП$	$ОП1$	$ОП2$	$ОП3$	$ОП4$	$ПП$	$ОП1$	$ОП2$	$ОП3$	$ОП4$
8	51600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	39100	46000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	24500	36000	41100	48500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,5	15000	17000	22000	28500	33400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	8000	11600	15500	18000	21900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	3500	5400	8000	9200	11200	37800	50000	-	-	-	-	-	-	-	-
25	1900	3100	4900	6100	9300	17000	24000	31400	38800	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	9000	12900	18100	22900	29200	-	-	-	-	-
35	-	-	-	-	-	6000	8300	12000	15000	19700	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-	4000	6000	8600	10600	13300	45600	-	-	-	-
45	-	-	-	-	-	2800	4400	6400	8000	9600	28800	40500	-	-	-
50	-	-	-	-	-	2000	3100	4800	6200	7200	19400	28000	36900	48800	-
60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10000	14300	19800	25900	33700
70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6200	8900	12100	16000	21500
80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4200	6200	9000	11400	15000
90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2900	4500	6800	8800	10900
100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2000	3300	5200	6800	7800

Ограничение по сцеплению и току

ν	0	8	9,3	10	20	30	39,7	43,3	48,3	53,2	59,6
F_k	60700	51600	51200	51000	49000	48100	47600	46500	42200	38400	34400
F_k рас2	60700	47300	46500	46300	43800	43000	42400	-	-	-	-

Ограничение по ОП

ν	52,0	60	65	70	75	80	85	90	95	100
F_k	42500	25300	20200	16000	13400	11600	10200	8800	7800	6800

Переход	F	ν
$ПП - ОП1$	41800 - 52000	41,5
$ОП1 - ОП2$	40000 - 51400	45
$ОП2 - ОП3$	35000 - 46800	51
$ОП3 - ОП4$	31000 - 41400	56,5

гики электровоза ВЛ18.

$\nu_1 = 42,6$ км/ч, $F_{кр} = 46500$ кгс, $\nu_p = 43,3$ км/ч

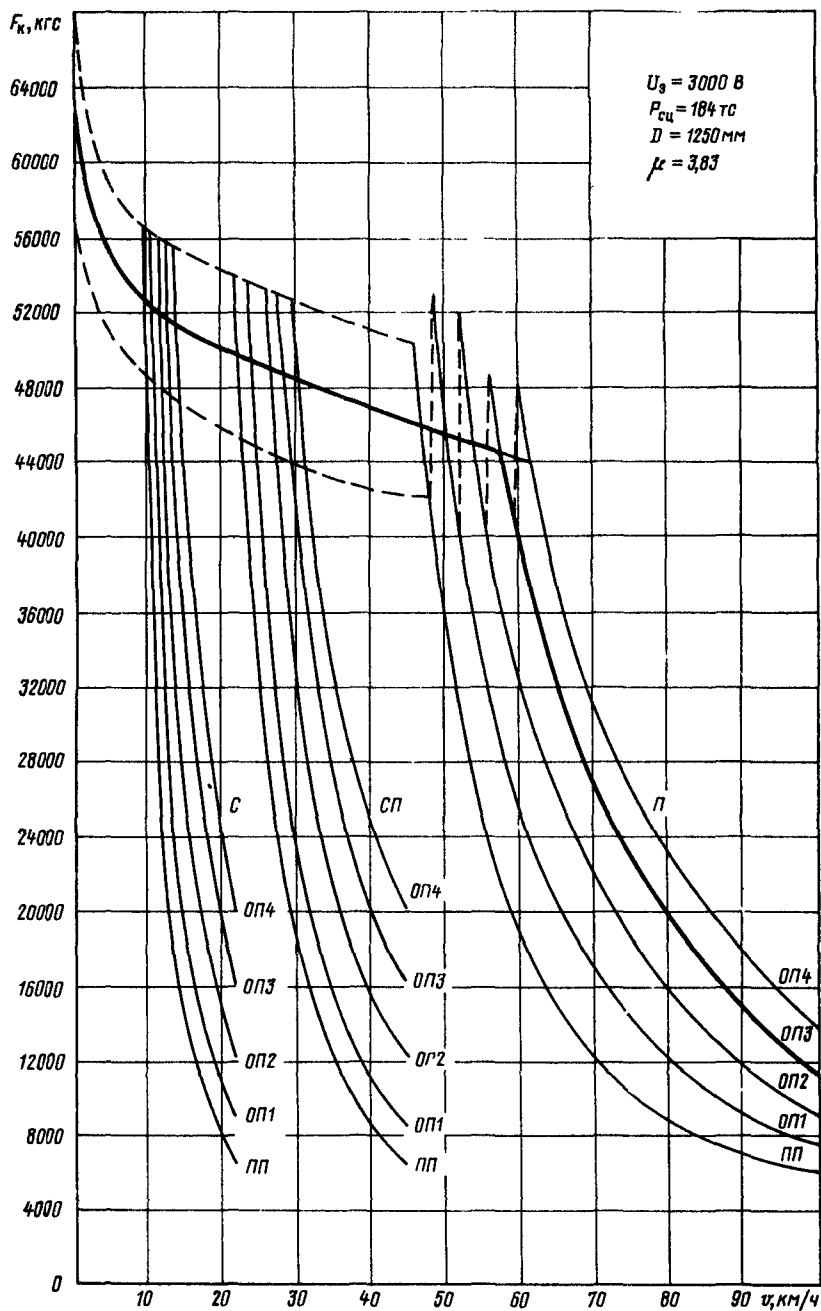


Рис 42 Тяговые характе
 $F_{к\infty} = 32\,480 \text{ кгс}$, $v_{\infty} = 51.2 \text{ км/ч}$, $F_{кч} = 39\,760 \text{ кгс}$,

ν	F_k														
	C					Cn					n				
	nn	$он1$	$он2$	$он3$	$он4$	nn	$он1$	$он2$	$он3$	$он4$	nn	$он1$	$он2$	$он3$	$он4$
10	50800		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	37200	48600		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12,5	24300	33000	46200	59700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	17100	24200	32400	40800	50000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	15200	19700	27000	35300	43700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17,5	11200	14400	19600	26900	32800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	8400	10800	14800	20000	24600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	6500	8800	12000	16000	20000	50700	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	32500	45200	59900	—	—	—	—	—	—	—
27,5	—	—	—	—	—	24600	32800	45000	56500	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	18400	23900	32800	43100	50800	—	—	—	—	—
35	—	—	—	—	—	12200	15700	21600	27600	32900	—	—	—	—	—
40	—	—	—	—	—	8600	11000	15600	20300	25480	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	6500	8500	12000	16000	20000	54000	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36100	45600	60000	—	—
55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25600	33000	42800	52300	—
60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18800	25300	32100	40100	47200
65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14900	20200	26200	32300	37300
70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12100	16700	22000	26900	30900
75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10200	14300	18600	23100	26500
80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8800	12100	16000	20000	23200
90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7000	9000	11700	15000	18000
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6000	7600	9100	11200	13700

Ограничение по сцеплению

ν	0	5	10	15	20	30	40	46,7	50	54	57,5	61,5
F_k	82600	54600	52400	51200	50200	48500	47000	46000	45600	45000	44600	44000
$F_k \text{ разд}$	62600	50700	48600	47000	45800	43900	42600	42200		—	—	—

переход	F_k	ν
$nn - он1$	40600–52800	48,5
$он1 - он2$	40500–51800	52
$он2 - он3$	40200–48400	56
$он3 - он4$	40700–48000	59,5

Ограничение по ОП

ν	57,5	60	65	70	75	80	90	100
F_k	44600	40100	32300	26900	23100	20000	15000	11200

ристики электровоза ВЛ10

$\nu_{\text{ч}} = 48 \text{ км/ч}$, $F_{\text{кр}} = 46 \text{ 000 кгс}$ $\nu_p = 46 \text{ км/ч}$

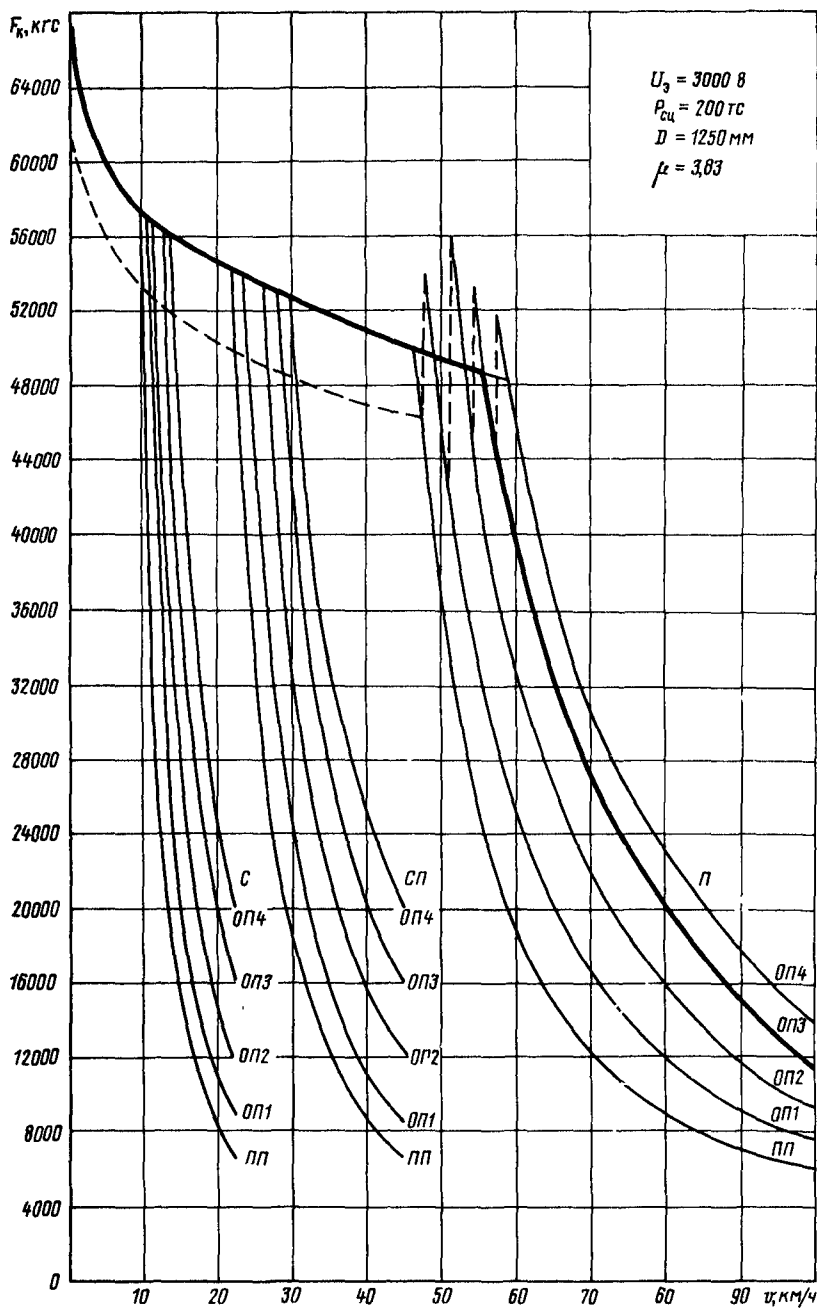


Рис. 4.3. Тяговые характе
 $F_{к\infty} = 32\,480 \text{ кгс}$, $v_{\infty} = 51,2 \text{ км/ч}$; $F_{кч} = 39\,760 \text{ кгс}$,

ν	F_k														
	C					$CП$					$П$				
	$ПП$	$ОП1$	$ОП2$	$ОП3$	$ОП4$	$ПП$	$ОП1$	$ОП2$	$ОП3$	$ОП4$	$ПП$	$ОП1$	$ОП2$	$ОП3$	$ОП4$
10	50800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	37200	48600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12,5	24300	33000	42200	56900	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	17100	24200	32400	40800	50000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	15200	19700	27000	35300	43700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17,5	11200	14400	19600	26900	32800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	8400	10800	14800	20000	24600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	6500	8800	12000	16000	20000	50700	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	32500	45200	59900	—	—	—	—	—	—	—
27,5	—	—	—	—	—	24600	32800	45000	52900	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	18400	23900	32800	43100	50800	—	—	—	—	—
35	—	—	—	—	—	12200	15700	21800	27600	32900	—	—	—	—	—
40	—	—	—	—	—	8600	11000	15600	20300	25400	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	6500	8500	12000	16000	20000	54000	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36100	45600	60000	—	—
55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25600	33000	42800	52300	—
60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18800	25300	32100	40100	47200
65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14900	20200	26200	32300	37300
70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12100	16700	22000	26900	30900
75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10200	14300	18600	23100	26500
80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8800	12100	16000	20000	23200
90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7000	9000	11700	15000	18000
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6000	7600	9100	11200	13700

Ограничение по сцеплению

ν	0	5	10	15	20	30	40	45,8	49,5	53	56	59,5
F_k	68000	59300	57000	55600	54200	52700	51100	50200	49600	49100	48700	48200
$F_{k\text{ разг}}$	68000	55900	53000	51400	50100	48400	46800	46300	—	—	—	—

Ограничение по ОП

ν	56	60	65	70	75	80	90	100
F_k	48700	40100	32300	26900	23100	20000	15000	11200

Переход	F_k	ν
$ПП - ОП1$	45600 - 54300	47,5
$ОП1 - ОП2$	42000 - 56300	51
$ОП2 - ОП3$	44600 - 53000	54,5
$ОП3 - ОП4$	44800 - 51900	58

ристики электровоза ВЛ10У:

$\nu_{\text{ч}} = 48,7 \text{ км/ч}$; $F_{\text{кр}} = 50 \text{ 200 кгс}$, $\nu_p = 45,8 \text{ км/ч}$

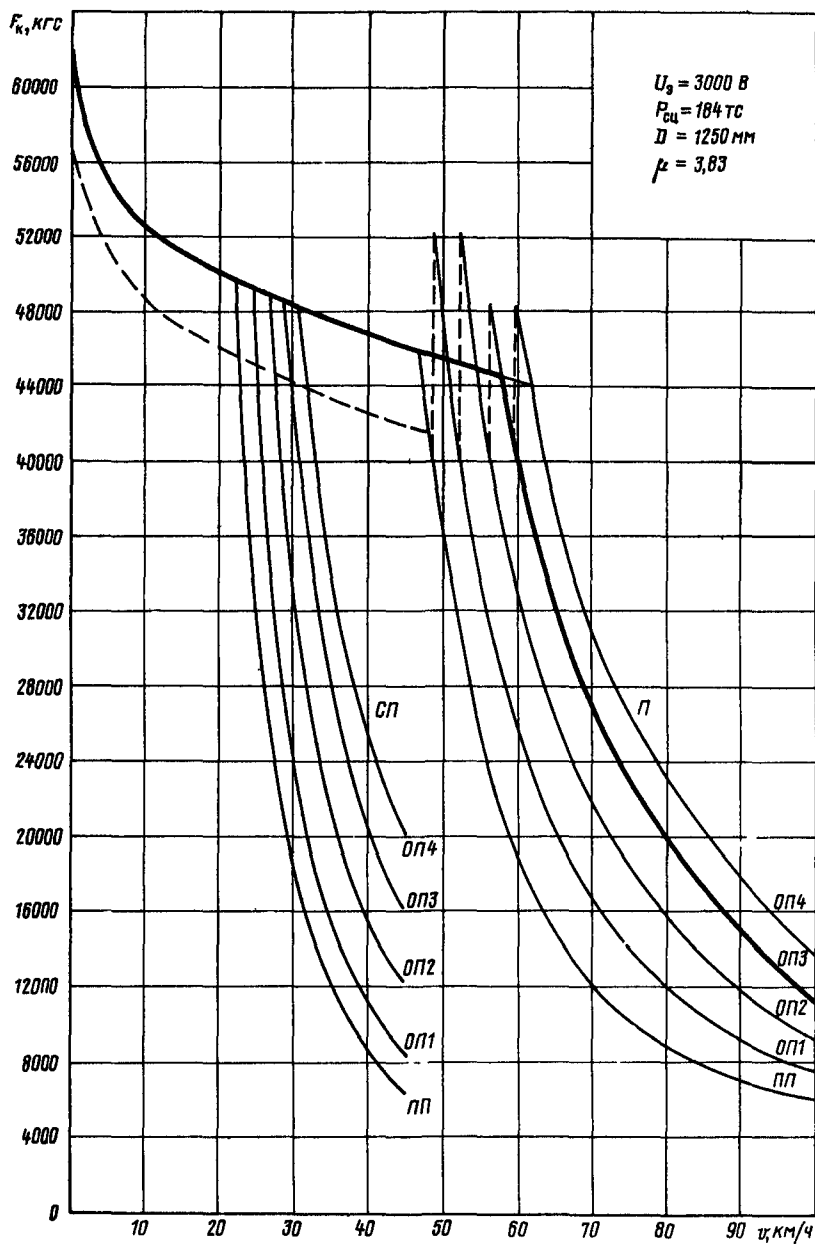


Рис. 4.4. Тяговые характеристики
 $F_{\text{к}\infty} = 32\,480 \text{ кгс}$, $v_{\infty} = 51,2 \text{ км/ч}$; $F_{\text{кч}} = 39\,760 \text{ кгс}$,

v	F_k									
	СП					П				
	ПП	ОП1	ОП2	ОП3	ОП4	ПП	ОП1	ОП2	ОП3	ОП4
22	50700	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	32500	45200	59900	—	—	—	—	—	—	—
27,5	24600	32800	45000	56500	—	—	—	—	—	—
30	18400	23900	32800	43100	50800	—	—	—	—	—
35	12200	15700	21800	27600	32900	—	—	—	—	—
40	8600	11000	15600	20300	25400	—	—	—	—	—
45	6500	8500	12000	16000	20000	54000	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—	36100	45600	60000	—	—
55	—	—	—	—	—	25600	33000	42800	52300	—
60	—	—	—	—	—	18800	25300	32100	40100	47200
65	—	—	—	—	—	14900	20200	26200	32300	37300
70	—	—	—	—	—	12100	16700	22000	26900	30900
75	—	—	—	—	—	10200	14300	18600	23100	26500
80	—	—	—	—	—	8800	12100	16000	20000	23200
90	—	—	—	—	—	7000	9000	11700	15000	18000
100	—	—	—	—	—	6000	7600	9100	11200	13700

Ограничение по сцеплению

v	0	5	10	15	20	30	40	46,7	50	54	57,5	61,5
F_k	62600	54600	52400	51200	50200	48500	47000	46000	45600	45000	44600	44000
$F_{k\text{ раз}}$	62600	50700	48600	47000	45800	43900	42600	42200	—	—	—	—

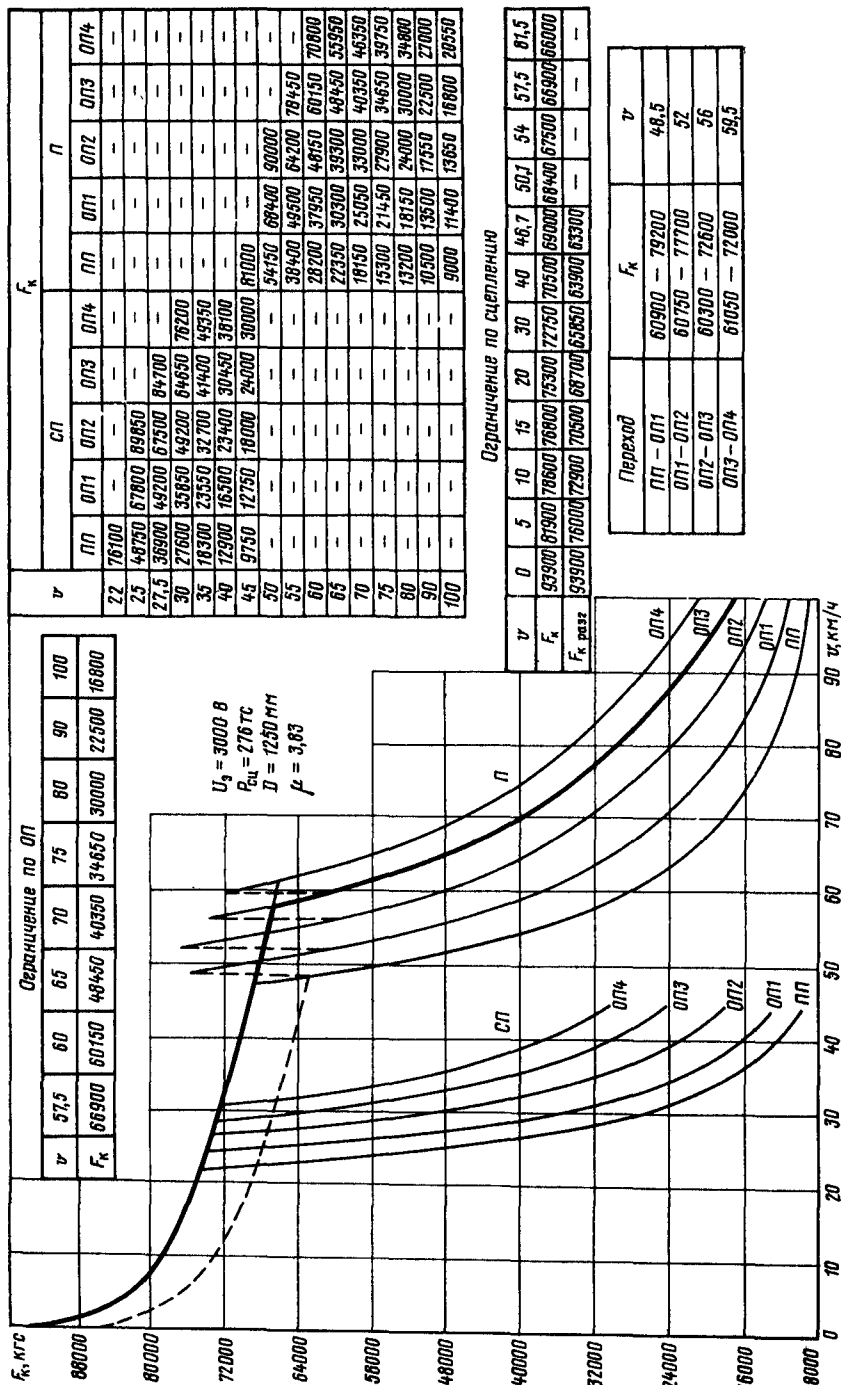
Переход	F_k	v
ПП — ОП1	40600 — 52800	48,5
ОП1 — ОП2	40500 — 51800	52
ОП2 — ОП3	40200 — 48400	56
ОП3 — ОП4	40700 — 48000	59,5

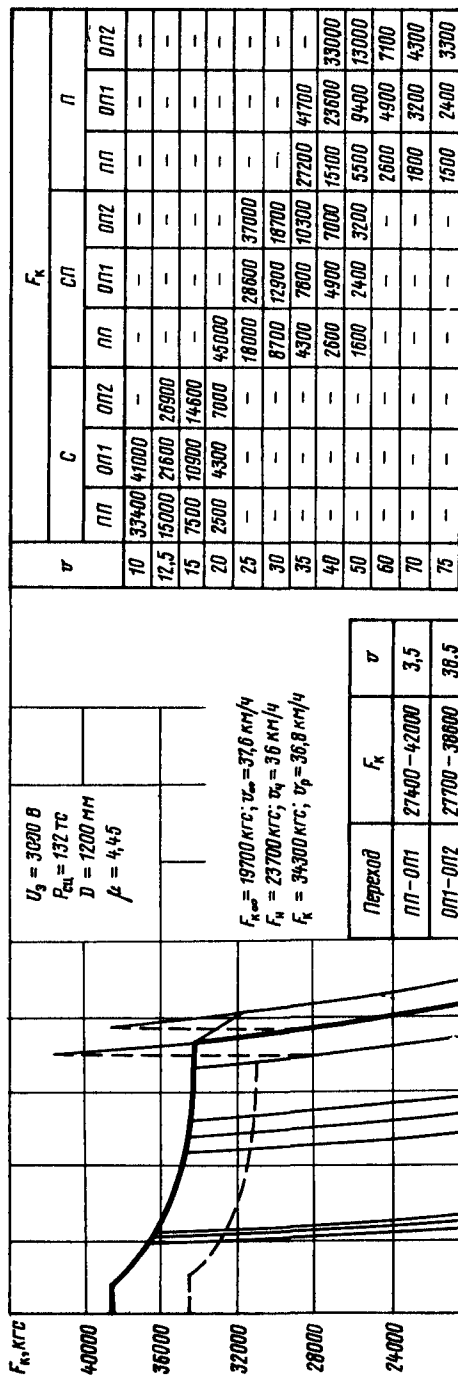
Ограничение по ОП

v	57,5	60	65	70	75	80	90	100
F_k	44600	40100	32300	26900	23100	20000	15000	11200

электровоза ВЛ11 (2 секции):

$v_{\text{ч}} = 48,7$ км/ч; $F_{\text{кр}} = 46\ 000$ кгс, $v_p = 46,7$ км/ч





Ограничение по ОП

v	44,5	45	50	55	60	65	70	75
F_k	31800	20000	13000	9400	7100	5500	4300	3300

Ограничение по сцеплению и току

v	0	4,5	10	20	30	33,1	36,8	40,5
F_k	38600	38608	36500	35100	34500	34400	34300	31800
$F_k \text{ разг.}$	38600	37400	37000	37500	37160	37000	—	—

Рис. 4.6. Тяговые характеристики электровоза ВЛ22^м с тяговым электродвигателем ДПЭ-400:
 $F_{к\infty} = 19700 \text{ кгс; } v_{\infty} = 37,6 \text{ км/ч; } F_k = 23700 \text{ кгс; } v_k = 36 \text{ км/ч; } F_k = 34300 \text{ кгс; } v_p = 36,8 \text{ км/ч}$

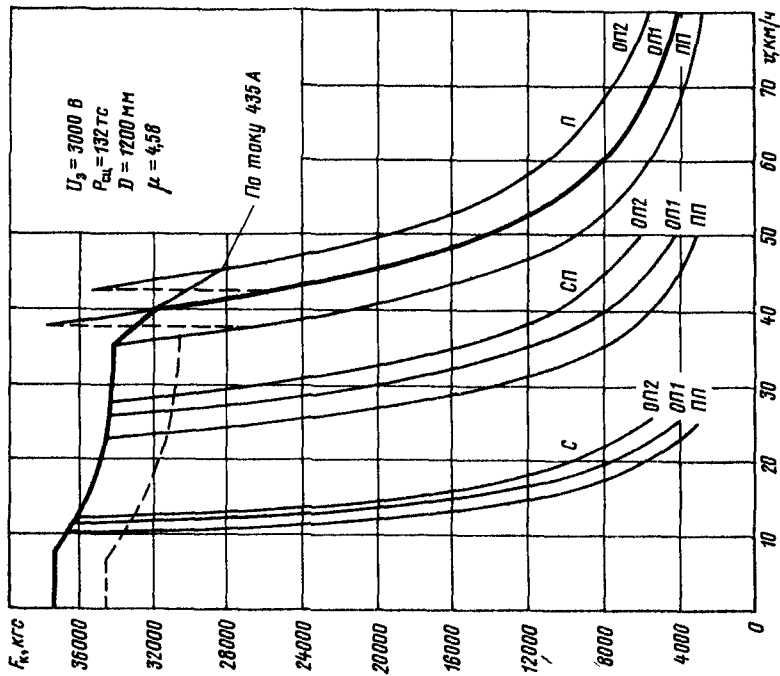


Рис. 4.7. Тяговые характеристики электровоза ВЛ22м с тяговым электродвигателем НБ-411:
 $F_{\text{к00}} = 15\ 300 \text{ кгс}$, $v_0 = 44 \text{ км/ч}$; $F_{\text{кп}} = 21\ 700 \text{ кгс}$, $v_{\text{ч}} = 35,5 \text{ км/ч}$

v	C						F _к					
	ПП			СП			ПП			П		
	ОП1	ОП2	—	ОП1	ОП2	—	ОП1	ОП2	—	ОП1	ОП2	—
10	36000	43000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12,5	19300	25500	30000	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	11500	15300	19700	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	5500	7200	9500	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	3000	4100	5000	25400	35400	43900	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	14000	19800	26100	—	—	—	—	—	—
35	—	—	—	8000	12000	16000	—	—	—	—	—	—
40	—	—	—	5400	7000	10700	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	4000	5700	7900	—	—	—	—	—	—
50	—	—	—	3100	4400	6200	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Ограничение по ОП

v	45,5	50	55	60	65	70	75	80
F _к	28200	20600	14100	11000	9200	7600	6400	5700

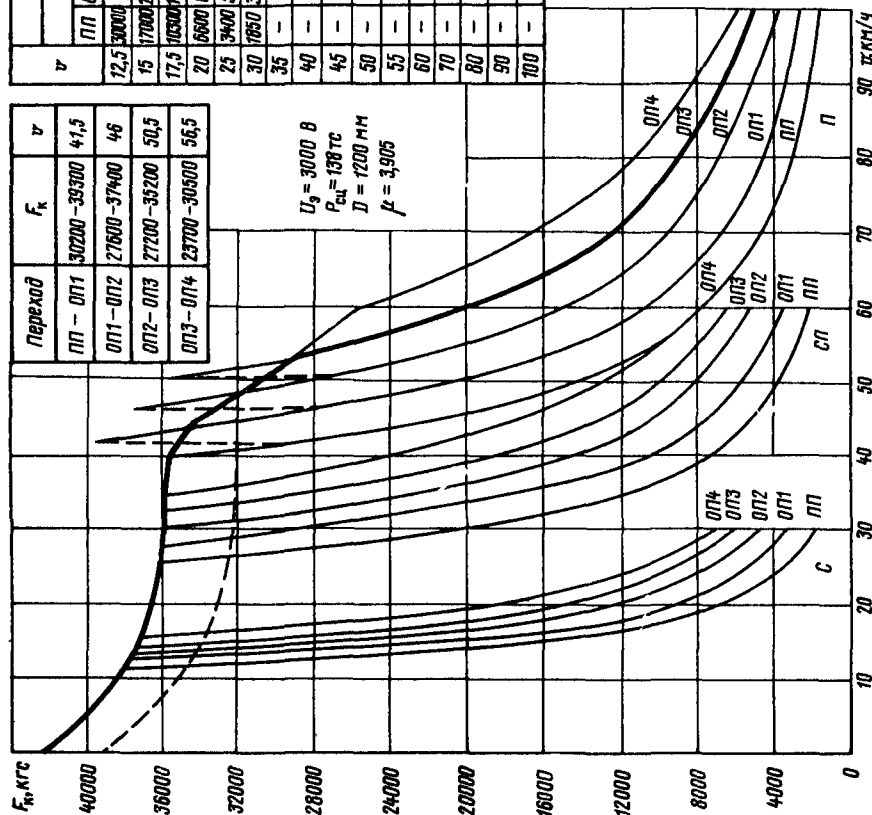
Ограничение по сцеплению и току

v	0	2,6	10	20	30	35,1	40,2	45,5
F _к	37200	37200	36500	35700	34500	34300	31800	28200
F _{к рел}	37200	35500	32900	31600	31000	30900	31800	28700

Переход	F _к	v
ПП — ОП1	27200 — 38000	37,5
ОП1 — ОП2	25600 — 35000	42,5

Переход	F_k	v
ПП - ПП1	30200 - 39300	41,5
ПП1 - ПП2	27600 - 37400	46
ПП2 - ПП3	27200 - 35200	50,5
ПП3 - ПП4	23700 - 30500	56,5

$U_0 = 3000 \text{ В}$
 $r_{\text{сн}} = 138 \text{ Гс}$
 $D = 1200 \text{ мм}$
 $\mu = 3,905$



v	F_k											
	С				СП				П			
	ПП	ПП1	ПП2	ПП3	ПП4	ПП	ПП1	ПП2	ПП3	ПП4	ПП	ПП1
12,5	30000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	17000	22000	27400	33000	-	-	-	-	-	-	-	-
17,5	10300	14300	17500	21600	23600	-	-	-	-	-	-	-
20	6600	8800	12000	15000	16700	-	-	-	-	-	-	-
25	3400	5000	7100	9000	10250	39400	-	-	-	-	-	-
30	1850	3300	4700	5900	6900	20200	27600	37000	-	-	-	-
35	-	-	-	-	-	17200	18200	19400	27500	33600	-	-
40	-	-	-	-	-	7100	10300	14300	18200	23400	34800	-
45	-	-	-	-	-	5000	7200	10300	12800	17700	21500	30000
50	-	-	-	-	-	3700	5600	7900	9900	12900	16700	20500
55	-	-	-	-	-	2800	4200	6300	7700	10000	12000	14700
60	-	-	-	-	-	2100	3400	5000	6200	7800	9500	11400
70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Перемещение по сцеплению и толку

v	0	11,5	20	30	39,7	48,3	53,2	59,2
F_k	45500	36000	36700	36700	35700	34900	31600	25900
$F_{k \text{ сцеп}}$	55500	34700	33000	32400	32000	-	-	-

Перемещение по ПП

v	53,2	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
F_k	28800	25700	19200	15000	12200	10400	9000	7700	6600	5700	5000

Рис. 4.8. Тяговые характеристики электровоза ВЛ23:

$F_{k \infty} = 22700 \text{ кгс}$, $v_{\infty} = 44,3 \text{ км/ч}$; $F_{k \text{ сцеп}} = 26500 \text{ кгс}$, $v_{\text{с}} = 42,6 \text{ км/ч}$; $F_{\text{кр}} = 34900 \text{ кгс}$, $v_{\text{р}} = 43,3 \text{ км/ч}$

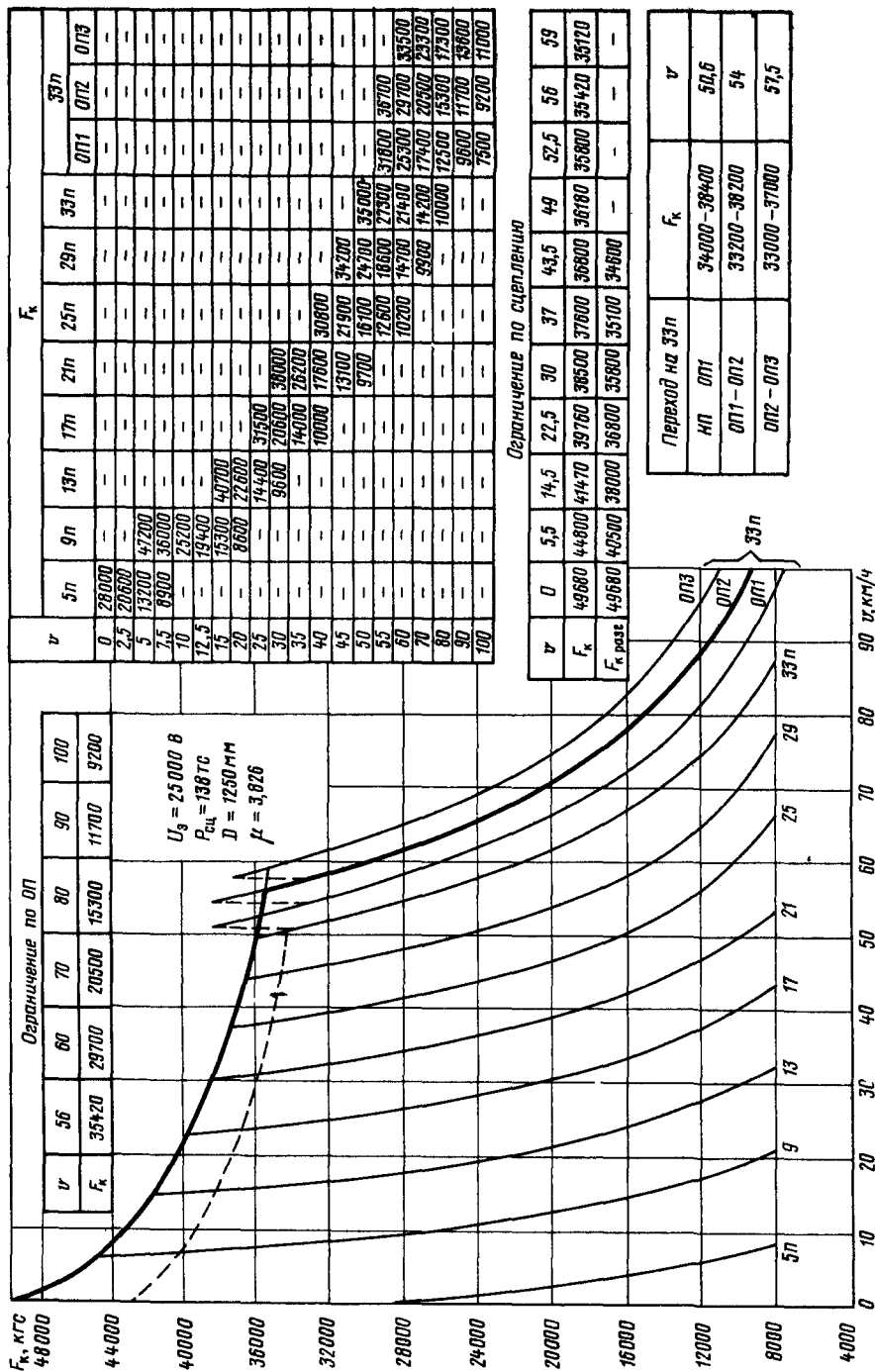
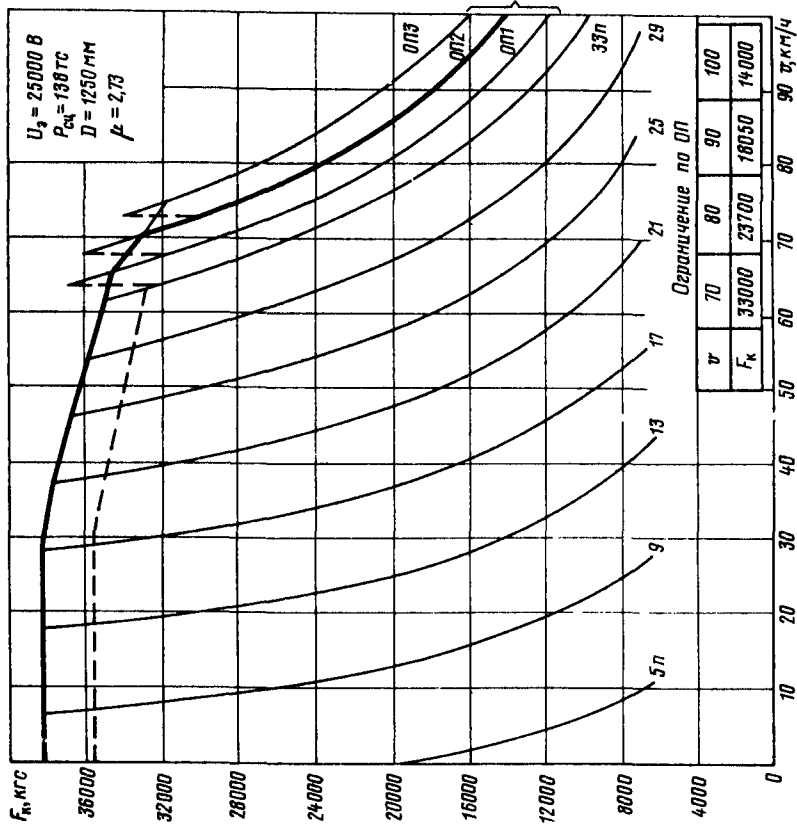


Рис 4.9. Тяговые характеристики электровозов ВЛ60^к и ВЛ60^р
 $F_{\text{коо}} = 26400 \text{ кгс}$, $v_{\infty} = 56,2 \text{ км/ч}$; $F_{\text{кв}} = 31800 \text{ кгс}$ $v_{\text{ч}} = 52,5 \text{ км/ч}$, $F_{\text{кр}} = 36800 \text{ кгс}$, $v_{\text{р}} = 43,5 \text{ км/ч}$



v	F_k									
	5n	9n	13n	17n	21n	25n	29n	33n	33n	
0	21600	—	—	—	—	—	—	—	0/11	0/13
2,5	14400	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	11500	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,5	8800	33200	—	—	—	—	—	—	—	—
10	6700	26000	—	—	—	—	—	—	—	—
12,5	—	20950	—	—	—	—	—	—	—	—
15	—	17000	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	11620	30000	—	—	—	—	—	—	—
23	—	7900	17650	—	—	—	—	—	—	—
30	—	—	14400	33500	—	—	—	—	—	—
35	—	—	10400	27420	—	—	—	—	—	—
40	—	—	—	19400	31900	—	—	—	—	—
45	—	—	—	7950	23400	—	—	—	—	—
50	—	—	—	—	17500	30000	—	—	—	—
55	—	—	—	—	13400	27100	—	—	—	—
60	—	—	—	—	10620	18000	28400	—	—	—
70	—	—	—	—	6650	17000	17000	35200	33700	33000
80	—	—	—	—	—	8700	8700	37000	37000	37000
90	—	—	—	—	—	—	8700	37000	37000	37000
100	—	—	—	—	—	—	—	37000	37000	37000

Ограничение по сдвигу и току

v	0	28,0	37,5	46,5	53,5	61,5	65,5	70,0	74,5
F_k	38250	38250	37500	36500	35700	35000	34460	33000	31700
$F_{k, \text{max}}$	38250	35600	33200	34300	33700	32900			

Переход на 33n	F_k	v
НП — ОП1	32500 — 37000	63,5
ОП1 — ОП2	31600 — 36700	67,5
ОП2 — ОП3	30400 — 34000	72,5

Рис 4 10. Тяговые характеристики электровоза ВЛ60^{дв}
 $F_{k\infty} = 18840 \text{ кГс}$, $v_{\infty} = 78,7 \text{ км ч}$, $F_{k\text{н}} = 22700 \text{ кГс}$, $v_{\text{н}} = 73,5 \text{ км ч}$

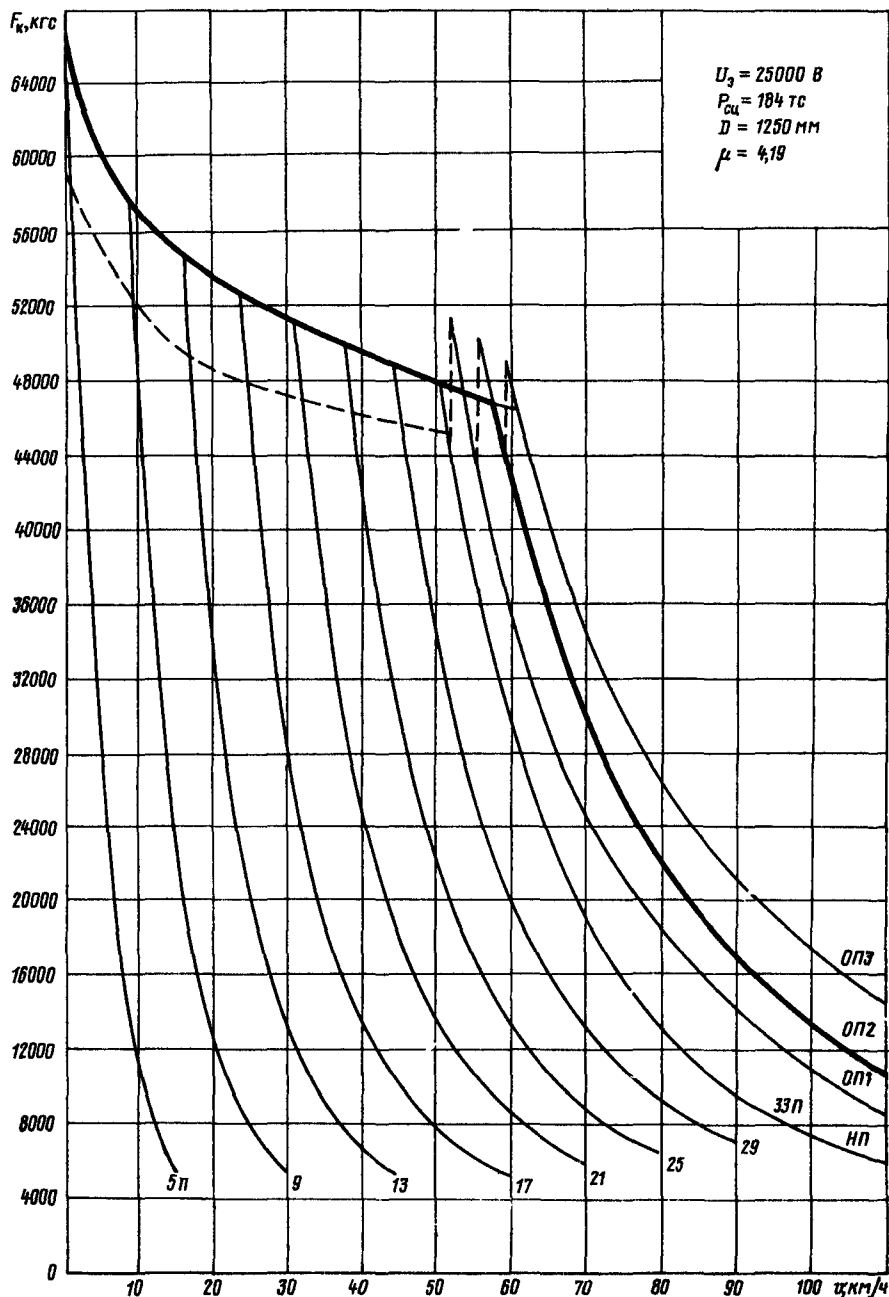


Рис. 4.11. Тяговые характе
 $F_{k\infty} = 40\,800 \text{ кгс}$, $v_{\infty} = 53,6 \text{ км/ч}$; $F_{kч} = 44\,960 \text{ кгс}$, $v_{ч} = 51,9 \text{ км/ч}$;

ν	F_k										
	5п	9п	13п	17п	21п	25п	29п	33п	33п		
									оп1	оп2	оп3
1	57000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,5	44300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	29200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,5	18300	73000	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	11500	47800	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12,5	7800	34000	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	5600	24300	65400	—	—	—	—	—	—	—	—
17,5	—	17600	47300	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	13100	35300	—	—	—	—	—	—	—	—
22,5	—	10100	26300	61000	—	—	—	—	—	—	—
25	—	8100	21100	47400	—	—	—	—	—	—	—
30	—	5400	13600	29600	56000	—	—	—	—	—	—
35	—	—	9300	19800	37000	62000	—	—	—	—	—
40	—	—	6900	13900	25300	42700	85300	—	—	—	—
45	—	—	5300	10200	18300	30400	46800	67000	—	—	—
50	—	—	—	7950	13800	22650	34800	49300	57300	64400	—
55	—	—	—	6300	10800	17200	25900	38000	45000	52500	58200
60	—	—	—	5300	8700	13600	20300	29800	35700	43200	47900
70	—	—	—	—	5900	8900	13200	19200	24800	30200	34400
80	—	—	—	—	—	6450	9400	13300	18600	22200	26700
90	—	—	—	—	—	—	7200	9650	14400	17300	21300
100	—	—	—	—	—	—	5500	7550	11100	13700	17800
110	—	—	—	—	—	—	—	6050	8600	10800	14500

Ограничение по сцеплению

ν	0	8,7	16,2	23,5	31	38	44,2	50,5	53,5	57,1	61
F_k	66200	57800	54700	52800	51200	50000	49000	48000	47600	47000	46500
$F_{k\text{ pass}}$	66200	52500	49300	48000	47100	46400	45800	45200	—	—	—

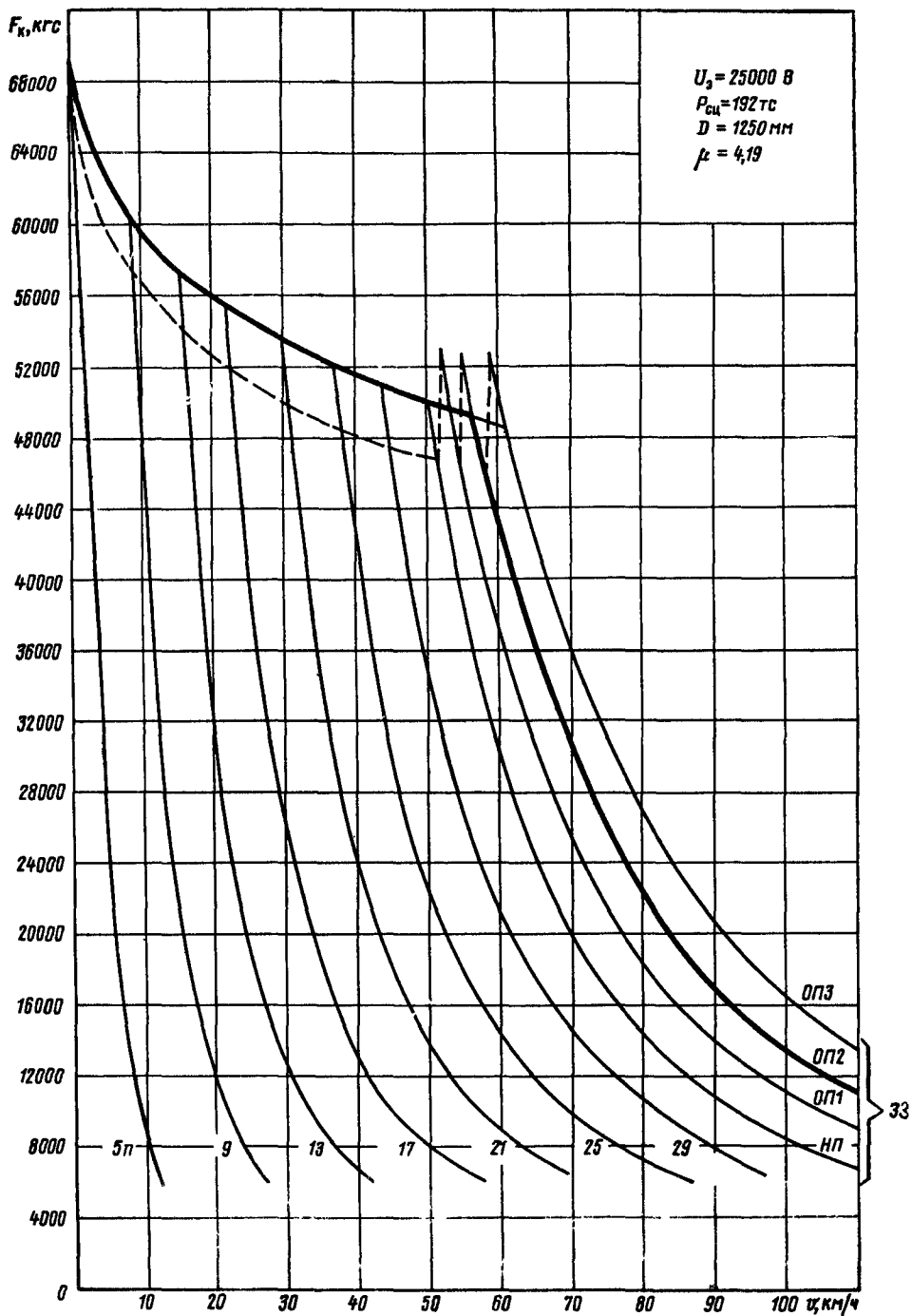
Переход на 33п	F_k	ν
НП — ОП1	44800–51200	52
ОП1 — ОП2	43600–50400	55,7
ОП2 — ОП3	44400–48900	59,2

Ограничение по ОП

ν	57,5	60	70	80	90	100	110
F_k	47000	43200	30200	22200	17300	13700	10800

ристики электровоза ВЛ80*

$F_{кр29п}=49\ 000$ кгс, $\nu_{р29п}=44,2$ км/ч, $F_{кр25п}=50\ 000$ кгс, $\nu_{р25п}=38$ км/ч



v	F_k										
	5п	9п	13п	17п	21п	25п	29п	33п	33п		
									оп1	оп2	оп3
1	57000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,5	44300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	29200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,5	18300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	11500	47800	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12,5	7800	34000	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	5600	24300	65400	—	—	—	—	—	—	—	—
17,5	—	17600	47300	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	13100	35300	—	—	—	—	—	—	—	—
22,5	—	10100	26300	61000	—	—	—	—	—	—	—
25	—	8100	21100	47400	—	—	—	—	—	—	—
30	—	5400	13600	29600	56000	—	—	—	—	—	—
35	—	—	9300	19800	37000	62000	—	—	—	—	—
40	—	—	6900	13900	25300	42700	65300	—	—	—	—
45	—	—	5300	10200	16300	30400	46800	67000	—	—	—
50	—	—	—	7950	13800	22650	34800	49300	57300	64400	—
55	—	—	—	6300	10800	17200	25900	38000	45000	52500	58200
60	—	—	—	5300	8700	13600	20300	29800	35700	43200	47900
70	—	—	—	—	5900	8900	13200	19200	24800	30200	34400
80	—	—	—	—	—	6450	9400	13300	18600	22200	26700
90	—	—	—	—	—	—	7200	9650	14400	17300	21300
100	—	—	—	—	—	—	5500	7550	11100	13700	17600
110	—	—	—	—	—	—	—	6050	8600	10800	14500

Ограничение по сцеплению

v	0	8,5	16	23	30,5	37,5	43,5	49,5	53,2	56,5	59,4
F_k	69100	60300	57100	55100	53460	52300	51800	50100	49700	49050	46500

Переход на 33п	F_k	v
нп — оп1	46000 — 53600	51,5
оп1 — оп2	46600 — 52400	54,5
оп2 — оп3	47000 — 51000	58

Ограничение по ОП

v	56,5	60	70	80	90	100	110
F_k	49200	43200	30200	22200	17300	13700	10800

Рис. 4.12. Тяговые характеристики электровозов ВЛ80с, ВЛ80т:

$F_{\infty}=40800$ кгс, $v_{\infty}=53,6$ км/ч; $F_{ч}=44900$ кгс, $v_{ч}=51,9$ км/ч; $F_{кр29п}=51200$ кгс, $v_{р29п}=43,5$ км/ч;
 $F_{к25п}=52170$ кг, $v_{р25п}=37,5$ км/ч

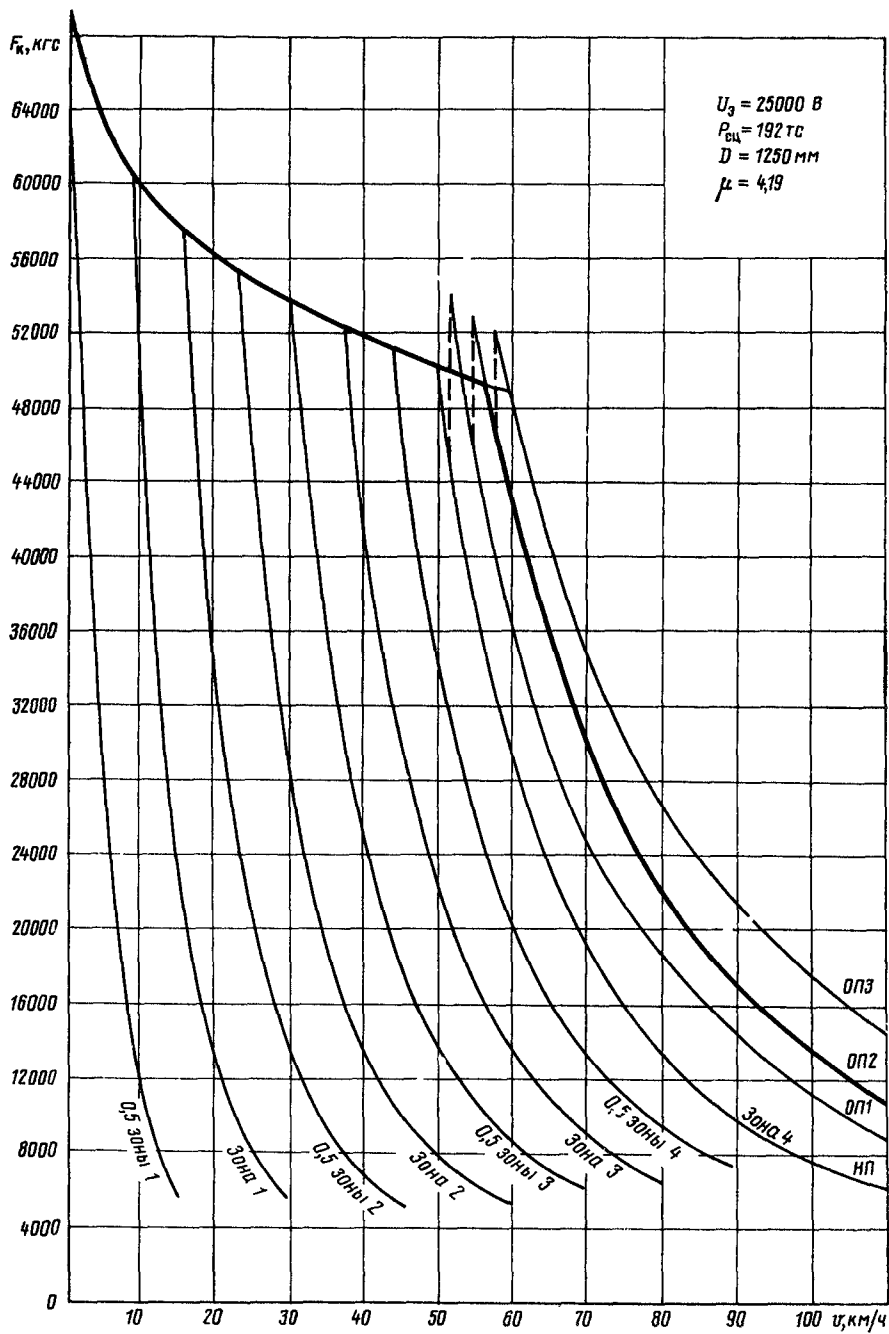


Рис 4.13 Тяговые характеристики
 $F_{к00} = 40\,800 \text{ кгс}$, $v_{00} = 54,4 \text{ км/ч}$; $F_{кч} = 44\,900 \text{ кгс}$, $v_{ч} = 52,5 \text{ км/ч}$; 0,5 зоны

v	F _к										
	0,5 зоны 1	зона 1	0,5 зоны 2	зона 2	0,5 зоны 3	зона 3	0,5 зоны 4	зона 4			
								нп	оп1	оп2	оп3
2,5	50000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	27600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,5	14500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	9100	47200	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12,5	5900	31200	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	—	21300	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17,5	—	15400	44400	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	11800	32500	—	—	—	—	—	—	—	—
22,5	—	9100	24000	53000	—	—	—	—	—	—	—
25	—	7300	18600	40800	—	—	—	—	—	—	—
30	—	—	12500	26100	51500	—	—	—	—	—	—
35	—	—	8900	18200	34600	—	—	—	—	—	—
40	—	—	6700	13200	24000	42200	—	—	—	—	—
45	—	—	—	10000	17600	30000	47000	—	—	—	—
50	—	—	—	7900	13600	22400	35000	—	—	—	—
55	—	—	—	6500	11000	17700	26500	39200	46200	—	—
60	—	—	—	5700	9000	14400	20800	30400	37400	43600	—
70	—	—	—	—	6300	9700	14400	19900	25300	30700	35500
80	—	—	—	—	—	7100	10500	14300	18200	22600	26700
90	—	—	—	—	—	—	8000	10800	13700	17000	20900
100	—	—	—	—	—	—	6100	8400	11000	13400	16400
110	—	—	—	—	—	—	—	6700	8900	11100	13200

Ограничение по ОП

v	57	60	70	80	90	100	110
F _к	49100	43600	30700	22600	17000	13400	11100

Ограничение по сцеплению

v	0	0,5	8,5	15,5	22	29,5	37	43,5	50,5	53,5	57	61
F _к	69000	67900	60480	57300	55400	53600	52300	51200	50000	49600	49100	48800

Переход	F _к	v
нп-оп1	46000 - 53400	52
оп1-оп2	46000 - 52700	55
оп2-оп3	45600 - 52500	59

стики электровоза ВЛ80Р

4—F_{кр}=51 200 кгс, v_p =43,5 км/ч; зона 3—F_{кр}=52 300 кгс, v_p =37,0 км/ч

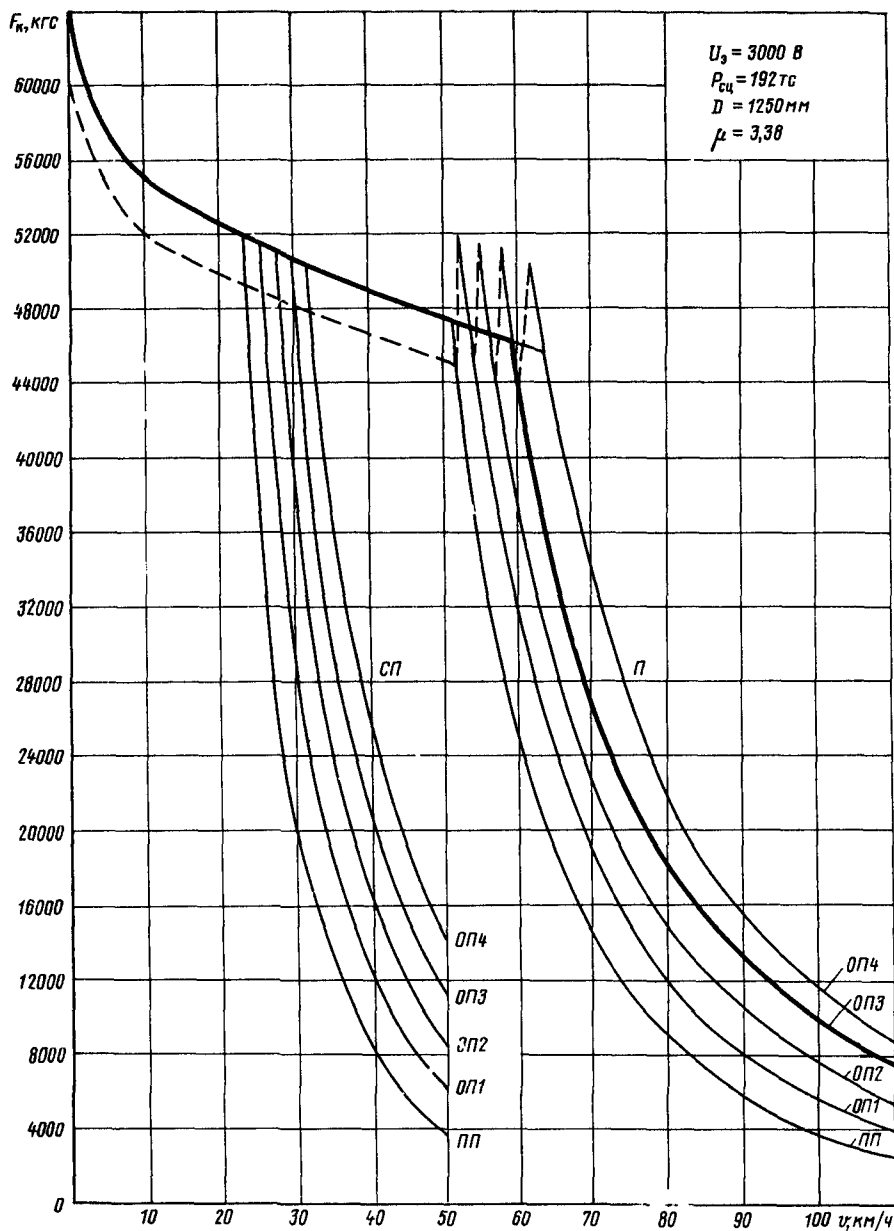


Рис 414 Тяговые характеристики электро
 $F_{к\infty} = 38\,000 \text{ кгс}$, $v_{\infty} = 53,5 \text{ км/ч}$, $F_{кч} = 40\,400 \text{ кгс}$,

v	F_k									
	СП					П				
	ПП	ОП1	ОП2	ОП3	ОП4	ПП	ОП1	ОП2	ОП3	ОП4
23	56300	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	40800	57200	—	—	—	—	—	—	—	—
27,5	29900	41600	53600	—	—	—	—	—	—	—
30	21200	30800	39700	49000	59100	—	—	—	—	—
35	12800	18600	24600	30200	37500	—	—	—	—	—
40	8500	12800	17000	21100	26900	—	—	—	—	—
45	5600	8800	12200	15600	19400	—	—	—	—	—
50	3600	6000	8200	10900	14000	51000	63000	—	—	—
55	—	—	—	—	—	34800	42800	51000	62400	—
60	—	—	—	—	—	25200	32000	37000	45600	54000
65	—	—	—	—	—	18700	24400	28800	34500	42000
70	—	—	—	—	—	14200	18600	22200	27000	33400
80	—	—	—	—	—	8900	11800	15000	18000	21900
90	—	—	—	—	—	5800	8300	10600	13200	15700
100	—	—	—	—	—	3600	5500	7600	9800	11500
110	—	—	—	—	—	2600	4000	5400	7400	8600

Ограничение по сцеплению

v	0	5	10	15	20	30	40	51	53,5	56,5	59,5	63,5
F_k	65300	57000	54700	53400	52400	50600	49100	47400	47100	46600	46200	45600
$F_{k\text{ разд}}$	65300	54400	52000	50600	49700	48200	46600	44900	—	—	—	—

Ограничение по ОП

v	59,5	65	70	80	90	100	110
F_k	46200	34500	27000	18000	13200	9800	7400

Переход	F_k	v
ПП - ОП1	43200 - 52000	52,2
ОП1 - ОП2	42800 - 51000	55
ОП2 - ОП3	42200 - 50600	58
ОП3 - ОП4	41800 - 49400	61,5

воза ВЛ82 (работа на постоянном токе)

$v_q = 52,5$ км/ч, $\Gamma_{кр} = 47\,400$ кГс, $v_p = 51$ км/ч

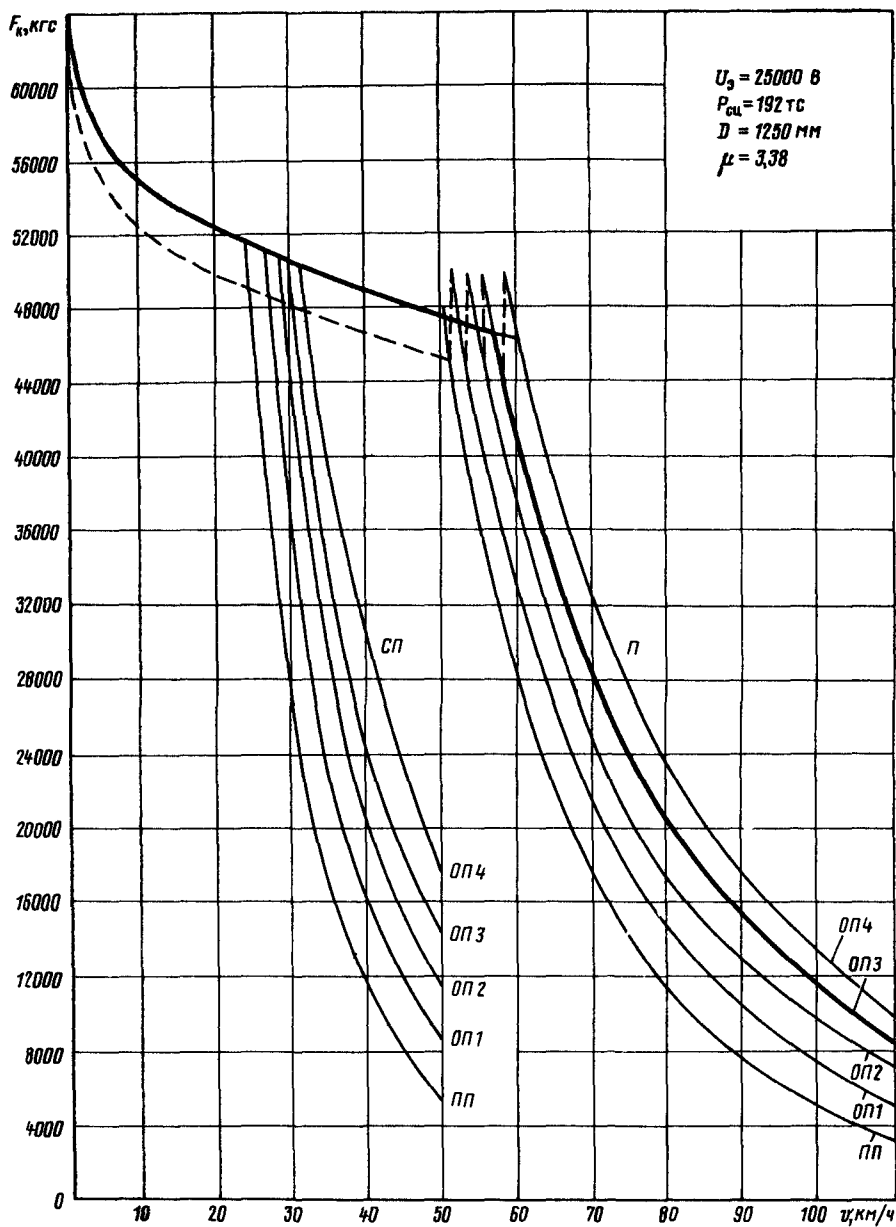


Рис. 4.15. Тяговые характеристики электро
 $F_{к\infty} = 38\,000 \text{ кгс}$, $v_{\infty} = 54,0 \text{ км/ч}$; $F_{кч} = 40\,400 \text{ кгс}$,

v	F_k									
	СП					П				
	ПП	ОП1	ОП2	ОП3	ОП4	ПП	ОП1	ОП2	ОП3	ОП4
23	60200	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	48600	61100	—	—	—	—	—	—	—	—
27,5	36400	48600	57400	84800	—	—	—	—	—	—
30	28200	37400	45000	52700	60500	—	—	—	—	—
35	17000	23200	29600	34700	41200	—	—	—	—	—
40	11800	16000	20800	24600	30900	—	—	—	—	—
45	8000	11700	15300	18300	23100	64500	69200	—	—	—
50	5200	8600	11400	14000	17400	47600	54000	59000	64000	67600
55	—	—	—	—	—	36400	41800	46200	51700	55600
60	—	—	—	—	—	28600	33600	37600	41600	46900
65	—	—	—	—	—	22400	26700	31000	34500	39000
70	—	—	—	—	—	17600	21600	25200	28200	32800
80	—	—	—	—	—	11400	14700	17400	20500	23600
90	—	—	—	—	—	7500	10400	12800	15200	17600
100	—	—	—	—	—	5000	7400	9600	11400	13400
110	—	—	—	—	—	3200	5000	7000	8400	9800

Ограничение по сцеплению

v	0	5	10	15	20	30	40	50	52,5	54,8	57,5	60,5
F_k	65300	57000	54700	53400	52400	50800	49100	47600	47200	46900	46500	46100
$F_{k\text{ разд}}$	65300	54400	52000	50600	49700	48200	46600	45100	—	—	—	—

Ограничение по ОП

v	57,5	65	70	80	90	100	110
F_k	46500	34500	28200	20500	15200	11400	8400

Переход	F_k	v
ПП — ОП1	44300 — 50000	51,7
ОП1 — ОП2	44200 — 49400	53,8
ОП2 — ОП3	44000 — 49200	58,2
ОП3 — ОП4	43800 — 48200	59

воза ВЛ82 (работа на переменном токе):

$v_{\text{ч}} = 53,0 \text{ км/ч}$; $F_{\text{кр}} = 47\,400 \text{ кгс}$, $v_p = 51 \text{ км/ч}$

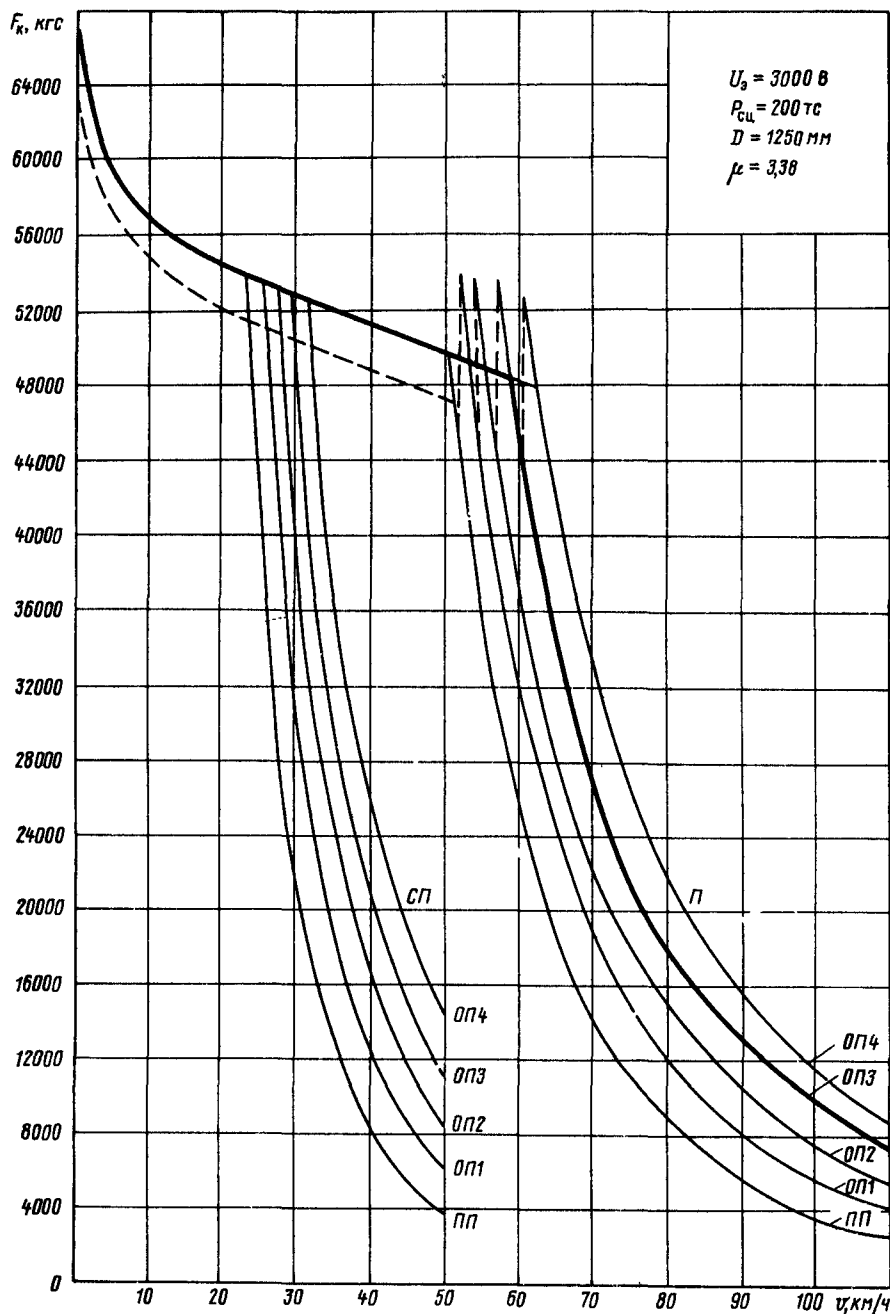


Рис. 4.16. Тяговые характеристики электро
 $F_{к\infty} = 38\,000 \text{ кгс}$, $v_{\infty} = 53,6 \text{ км/ч}$; $F_{кч} = 40\,400 \text{ кгс}$,

ν	F_K									
	СП					П				
	ПП	ОП1	ОП2	ОП3	ОП4	ПП	ОП1	ОП2	ОП3	ОП4
23	56300	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	40800	57200	—	—	—	—	—	—	—	—
27,5	29900	41600	53600	—	—	—	—	—	—	—
30	21200	30800	39600	48900	59000	—	—	—	—	—
35	12800	18600	24600	30200	37500	—	—	—	—	—
40	8600	12800	17200	21000	26900	—	—	—	—	—
45	5600	8800	12200	15800	19400	—	—	—	—	—
50	3600	6000	8200	10900	14000	51000	83000	—	—	—
55	—	—	—	—	—	34800	42800	51000	62000	—
60	—	—	—	—	—	25200	32000	37000	45600	54000
65	—	—	—	—	—	18700	24400	28800	34500	42000
70	—	—	—	—	—	14200	18600	22200	27000	33400
80	—	—	—	—	—	8900	11800	15000	18000	21900
90	—	—	—	—	—	5800	8300	10600	13200	15700
100	—	—	—	—	—	3600	5500	7600	9800	11500
110	—	—	—	—	—	2600	4000	5000	7400	8600

Ограничение по сцеплению

ν	0	5	10	15	20	30	40	50,5	53	55,5	58,5	62,0
F_K	66000	59400	56990	55800	54600	52700	51200	49700	49300	49000	46400	48000
$F_{K \text{ разг}}$	66000	57000	54800	53100	52000	50500	48800	47300	—	—	—	—

Ограничение по ОП

ν	58,5	65	70	80	90	100	110
F_K	48400	34500	27000	18000	13200	9800	7400

Переход	F_K	ν
ПП – ОП1	45000 – 54000	52
ОП1 – ОП2	45200 – 53800	54,5
ОП2 – ОП3	44400 – 53500	57
ОП3 – ОП4	44200 – 52600	60,5

воза ВЛ82м (работа на постоянном токе):
 $\nu_{\text{ч}} = 52,5 \text{ км/ч}$; $F_{Kp} = 49\,700 \text{ кгс}$, $\nu_p = 50,5 \text{ км/ч}$

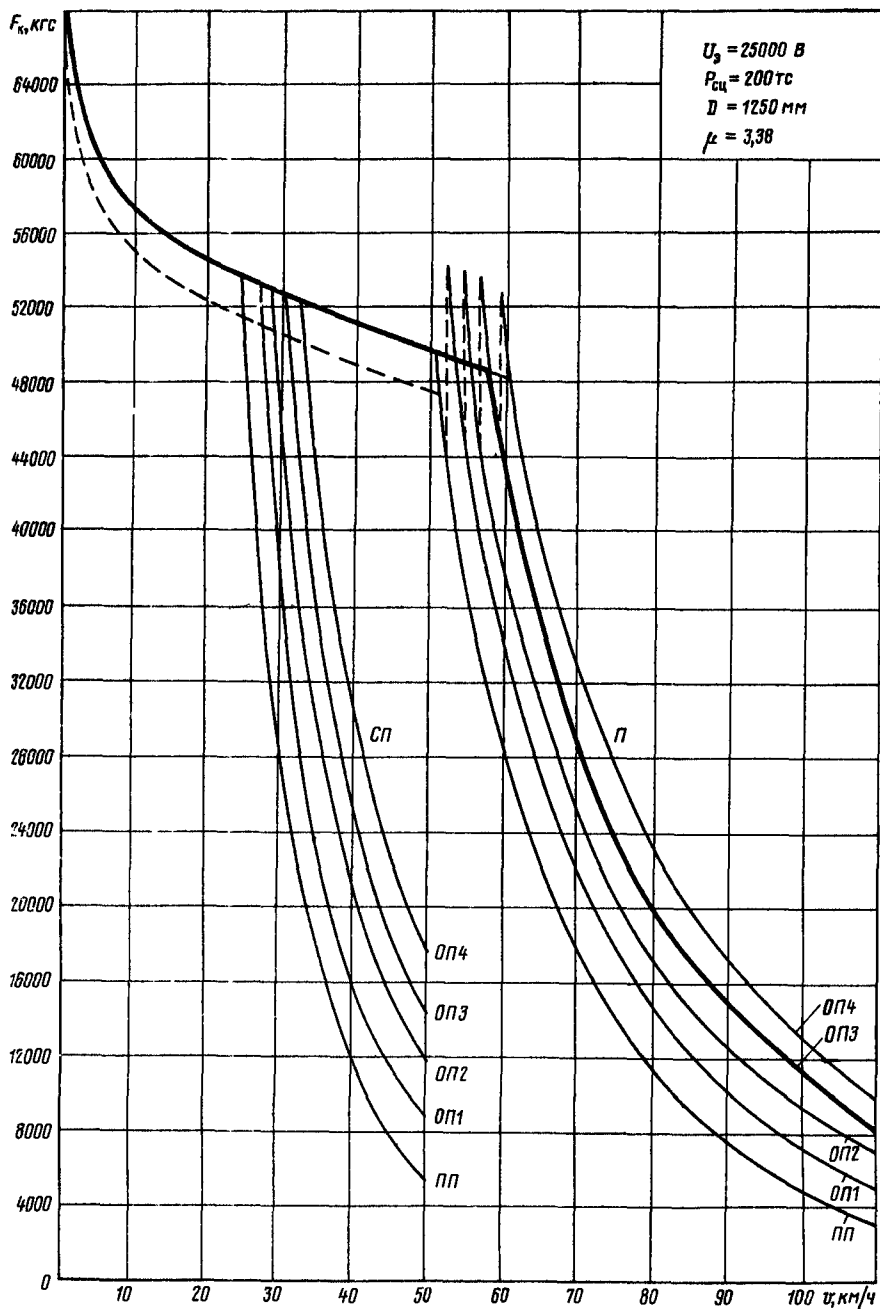


Рис. 4 17. Тяговые характеристики электровоза ВЛ182^н
 $F_{к\infty} = 38\,600 \text{ кгс}$, $v_{\infty} = 54,0 \text{ км/ч}$; $F_{кч} = 40\,400 \text{ кгс}$.

v	F _к									
	СП					П				
	ПП	ОП1	ОП2	ОП3	ОП4	ПП	ОП1	ОП2	ОП3	ОП4
23	60200	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	48600	61100	—	—	—	—	—	—	—	—
27,5	38400	48600	57400	64800	—	—	—	—	—	—
30	28200	37400	45000	52700	60500	—	—	—	—	—
35	17000	23200	29600	34700	41200	—	—	—	—	—
40	11800	16000	20800	24600	30900	—	—	—	—	—
45	8000	11700	15300	18300	23100	64500	69200	—	—	—
50	5200	8800	11400	14000	17400	47600	54000	59000	64000	67600
55	—	—	—	—	—	36400	41800	46200	51700	55800
60	—	—	—	—	—	28600	33600	37600	41600	46900
65	—	—	—	—	—	22400	26700	31000	34500	39000
70	—	—	—	—	—	17600	21800	25200	28200	32800
80	—	—	—	—	—	11400	14700	17400	20500	23600
90	—	—	—	—	—	7300	10900	12600	15200	17600
100	—	—	—	—	—	5000	7400	9600	11400	13400
110	—	—	—	—	—	3200	5000	7000	8400	9800

Ограничение по сцеплению

v	0	5	10	15	20	30	40	49,4	51,8	53,8	56,5	59,2
F _к	68000	59400	56900	55600	54800	52700	51200	49700	49300	49000	48800	48200
F _{к разг}	68000	57000	54800	53100	52000	50500	48800	47300	—	—	—	—

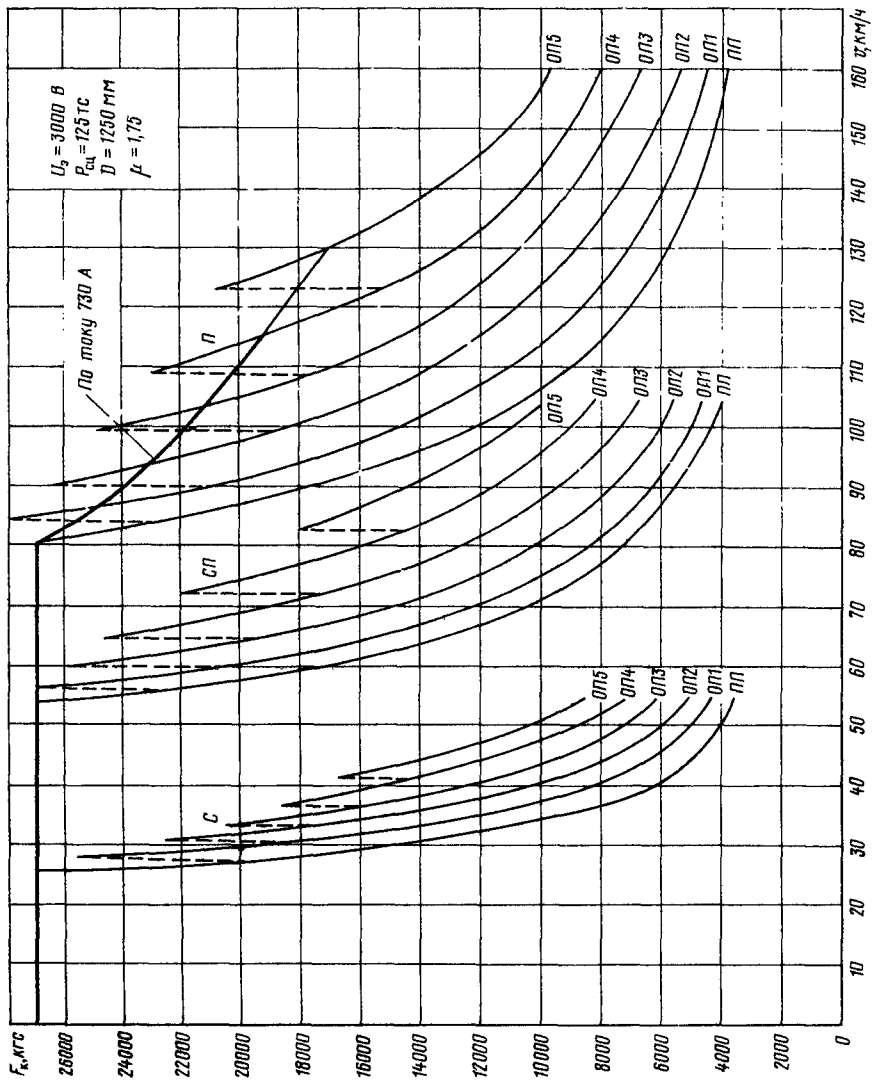
Ограничение по ОП

v	56,5	65	70	80	90	100	110
F _к	48600	34500	28200	20500	15200	11400	8400

Переход	F _к	v
ПП - ОП1	45700 - 54000	52,0
ОП1 - ОП2	44800 - 54000	54,0
ОП2 - ОП3	43400 - 53600	58,5
ОП3 - ОП4	44600 - 52800	58,5

(работа на переменном токе):

v_ч = 53,0 км/ч; F_{кр} = 49 700 кгс, v_p = 50,5 км/ч



v	C												F _K												П											
	C						CП						F _K						П																	
	ПП	ПП1	ПП2	ПП3	ПП4	ПП5	ПП	ПП1	ПП2	ПП3	ПП4	ПП5	ПП	ПП1	ПП2	ПП3	ПП4	ПП5	ПП	ПП1	ПП2	ПП3	ПП4	ПП5												
25	27000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
28,5	16500	26300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
30	14500	20400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
35	9400	12300	15500	19000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
40	6700	8500	10300	12900	16700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
45	5300	6600	7800	5500	12300	14500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
50	4200	5200	6300	7600	9500	11200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
55	3700	4600	5500	6400	7600	9000	24200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
60	—	—	—	—	—	—	17100	22000	26400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
65	—	—	—	—	—	—	12900	16500	19400	24300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
70	—	—	—	—	—	—	10100	12800	15200	19200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
75	—	—	—	—	—	—	8700	10100	12500	15900	20200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
80	—	—	—	—	—	—	7000	8400	10500	13300	16900	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
85	—	—	—	—	—	—	6000	7400	9000	11200	14400	18000	22100	26400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
90	—	—	—	—	—	—	5300	6500	8000	9700	12500	15800	17500	21500	26500	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
100	—	—	—	—	—	—	4100	5000	6100	7400	9600	11000	11700	14900	18000	23500	—	—	—	—	—	—	—	—												
105	—	—	—	—	—	—	3700	4300	5300	6500	8500	9900	10100	12700	15300	20300	—	—	—	—	—	—	—	—												
110	—	—	—	—	—	—	3200	3700	4700	5800	7400	8900	8900	11000	13500	17200	21700	—	—	—	—	—	—	—												
115	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7900	9900	12000	15100	19000	—	—	—	—	—	—	—												
120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7100	8900	10700	13300	16700	—	—	—	—	—	—	—												
125	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6500	7800	9700	12000	15000	19100	—	—	—	—	—	—												
130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6000	7100	8900	10800	13500	17100	—	—	—	—	—	—												
140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4800	5900	7300	9000	10900	13400	—	—	—	—	—	—												
150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4200	5100	6200	7800	9900	11000	—	—	—	—	—	—												
160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3700	4400	5300	6600	7900	9600	—	—	—	—	—	—												

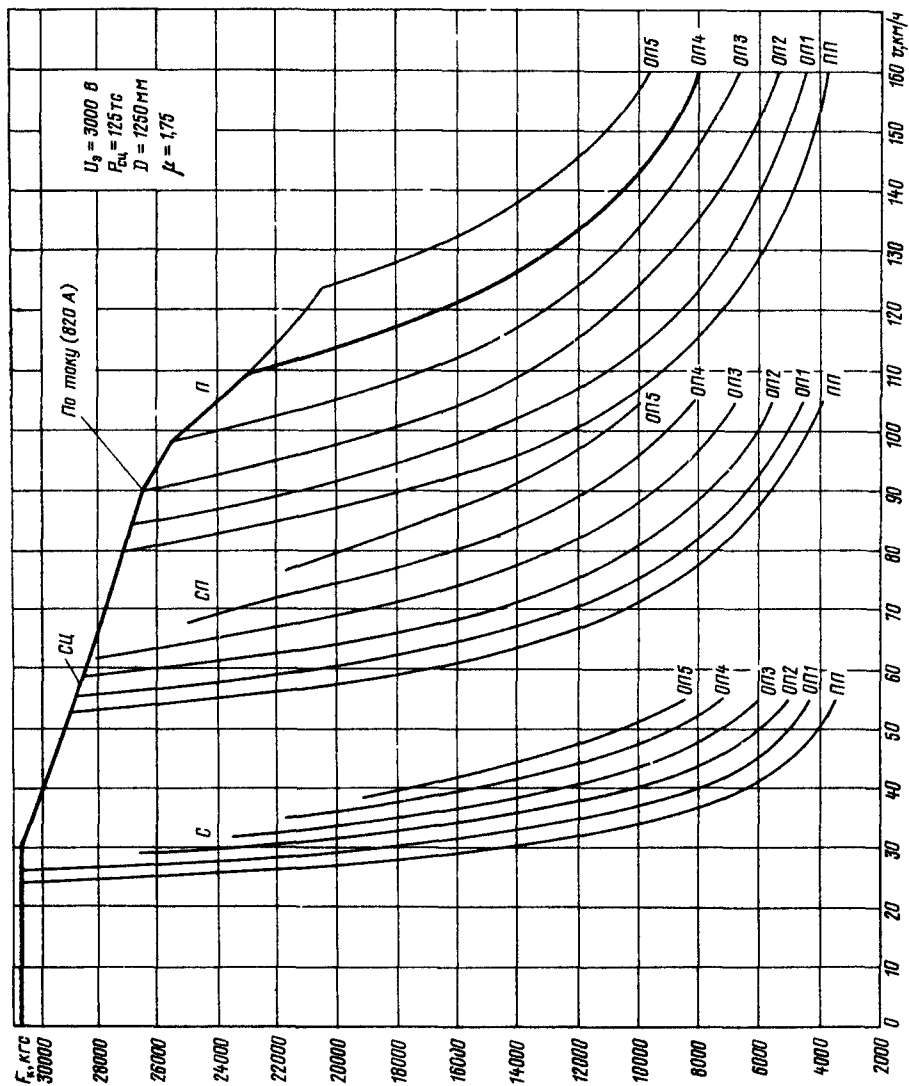
Ограничение по ОП

v	115,3	130	140	145	150	155	160
F _K	18800	13500	10900	9300	9000	8500	7900

Ограничение по току

v	0	25	53,8	80,3	93,5	103,6	115,3	130,6
F _K	27000	27000	27000	27000	25400	21400	18800	16800

Рис. 418 Тяговые характеристики электровоза ЧС2
 $F_{K\infty}=13\,600$ кгс, $v_{\infty}=96,5$ км/ч; $F_{K\infty}=16\,300$ кгс, $v_{\infty}=91,8$ км/ч



v	F _K															
	C								CП							
	ПП	ОП1	ОП2	ОП3	ОП4	ОП5	ПП	ПП	ОП1	ОП2	ОП3	ОП4	ОП5	ПП	ОП1	ОП2
25	27000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28,5	16500	25300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	44500	20400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	9400	12300	15500	19000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	6700	8500	10300	12500	16700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	5300	6600	7800	9500	12300	14500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	4200	5200	6300	7600	9500	11200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	3700	4600	5600	6400	7600	9000	24200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-	-	27100	22000	26400	-	-	-	-	-	-	-
65	-	-	-	-	-	-	29300	26500	19400	24300	-	-	-	-	-	-
70	-	-	-	-	-	-	10100	12800	15200	19200	-	-	-	-	-	-
75	-	-	-	-	-	-	8100	10100	12500	15900	22200	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-	-	7000	10400	106500	13300	16900	-	-	-	-	-
85	-	-	-	-	-	-	6000	7400	9000	11200	14400	18000	22100	26400	-	-
90	-	-	-	-	-	-	5300	6500	8000	9700	12500	15800	17500	21500	26500	-
100	-	-	-	-	-	-	4400	5000	6100	7400	9600	11000	11700	14900	18000	23500
105	-	-	-	-	-	-	3700	4300	5300	6500	8500	9900	10700	12700	15300	20300
110	-	-	-	-	-	-	3200	3700	4700	5600	7400	8500	8500	11000	13500	17200
115	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7900	9900	12200
120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7100	8900	10700
125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6500	7800	9700
130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6000	7100	8900
140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4800	5900	7300
150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4200	5100	6200
160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3700	4400	5300

Рис. 4.19. Тяговые характеристики электровоза ЧС2т:
 $F_{\text{ко}} = 15\ 600\ \text{кгс}$, $v_{\text{о}} = 93\ \text{км/ч}$, $F_{\text{кв}} = 18\ 500\ \text{кгс}$, $v_{\text{ч}} = 89\ \text{км/ч}$

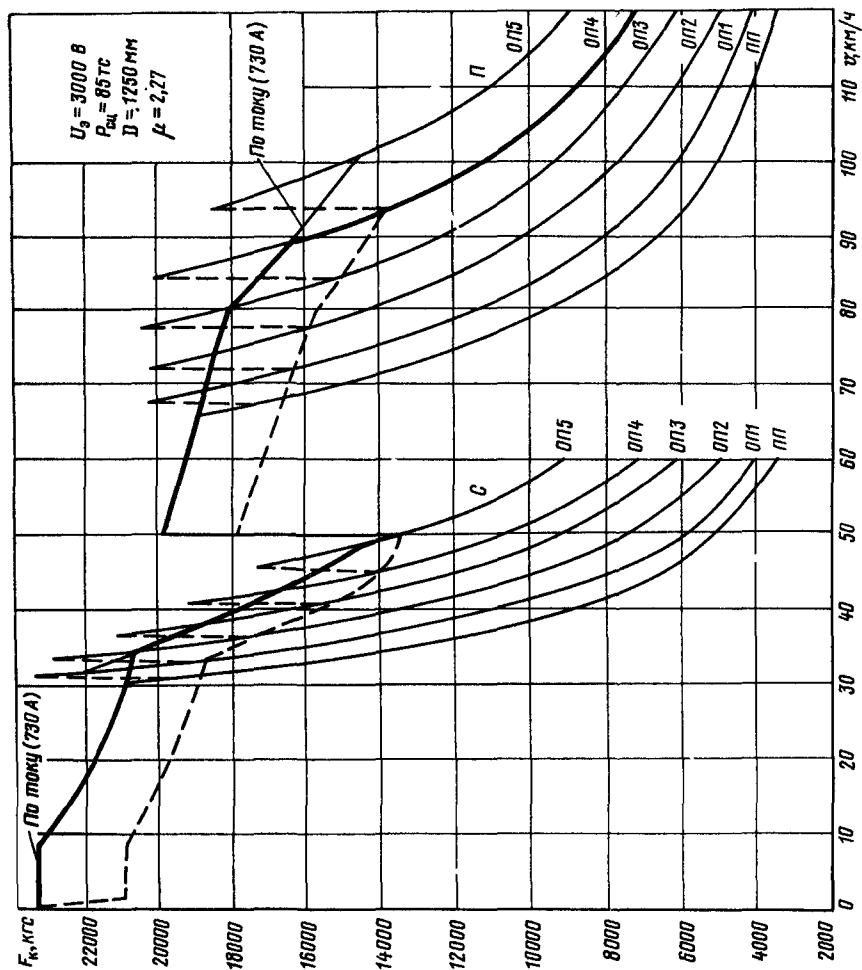
Переход	F _K	v
ПП — ОП1	27700 — 32500	79,5
ОП1 — ОП2	25800 — 31600	85,5
ОП2 — ОП3	23300 — 29900	93,5
ОП3 — ОП4	20900 — 27000	104
ОП4 — ОП5	18700 — 24800	116,5

Ограничение по ОП

v	109	115	120	125	130	140	150	160
F _K	22200	19000	16700	16000	13500	10900	9000	7900

Ограничение по сцеплению и току

v	0	30	53,2	80,3	85	90,4	97,5	109	122,5
F _K	30800	30800	28600	27000	25500	26100	25100	22200	19900



v	F _к															
	C								п							
	пп	оп1	оп2	оп3	оп4	оп5	пп	оп1	оп2	оп3	оп4	оп5	пп	оп1	оп2	оп3
29,5	23400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31	19000	23400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	17000	21500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33	15500	19000	23000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35	13000	16000	19500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
37	11200	13600	16500	20600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	8850	10800	13120	16400	20500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
43	7200	8650	10800	13300	16250	20000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
47	5700	6800	8600	10400	12500	15600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
53	4360	5140	6460	7920	9250	11400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	3400	4050	4900	5960	7000	8520	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
61,7	—	—	—	—	—	—	23400	—	—	—	—	—	—	—	—	—
63	—	—	—	—	—	—	21750	—	—	—	—	—	—	—	—	—
65	—	—	—	—	—	—	19500	23400	—	—	—	—	—	—	—	—
68	—	—	—	—	—	—	16650	19900	—	—	—	—	—	—	—	—
70	—	—	—	—	—	—	15050	18020	22120	—	—	—	—	—	—	—
72	—	—	—	—	—	—	13500	16210	20200	—	—	—	—	—	—	—
75	—	—	—	—	—	—	11600	14040	17600	22800	—	—	—	—	—	—
80	—	—	—	—	—	—	9420	11300	14160	18200	—	—	—	—	—	—
85	—	—	—	—	—	—	7800	9460	11710	14660	19400	—	—	—	—	—
90	—	—	—	—	—	—	6550	8030	10100	12270	15720	—	—	—	—	—
95	—	—	—	—	—	—	5700	6950	8720	10630	13120	17650	—	—	—	—
100	—	—	—	—	—	—	5050	6150	7700	9380	11160	14700	—	—	—	—
105	—	—	—	—	—	—	4560	5460	6830	8320	9760	12560	—	—	—	—
110	—	—	—	—	—	—	4110	4910	6110	7490	8660	11030	—	—	—	—
120	—	—	—	—	—	—	3420	4100	4900	5100	7220	8900	—	—	—	—

Ограничение по сцеплению и току

v	0	8,5	20	29,5	32,2	34,5	36,6	42,9
F _к	23400	23400	21600	20900	20800	20400	18400	16400

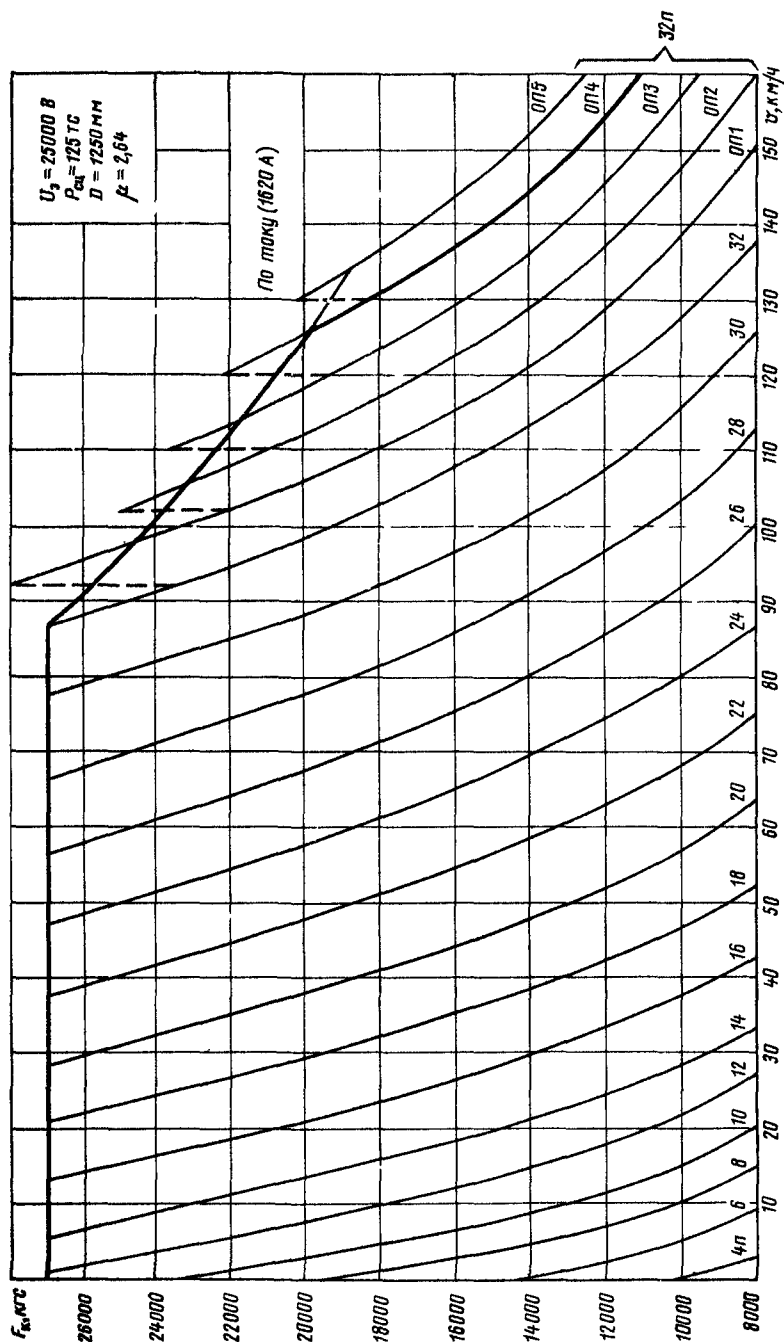
v	50	60	65,5	63,2	74,1	80	89	100,4
F _к	13500	19800	18900	18600	16500	18200	16400	14600

Переход	F _к	v
пп — оп1	17400 — 20400	67,5
оп1 — оп2	16400 — 20200	72,0
оп2 — оп3	16000 — 20200	71,5
оп3 — оп4	15300 — 20000	84,0
оп4 — оп5	13700 — 18300	94,0

Ограничение по ОП

v	88,3	95	100	105	110	120
F _к	16850	13120	11160	9760	8650	7220

Рис. 4.20. Тяговые характеристики электровоза ЧСЗ:
F_{к00} = 11 900 кгс, v₀₀ = 74,5 км/ч; F_{кв} = 14 400 кгс, v_ч = 70,8 км/ч



Ограничение по току

v	0	86,5	97	105	115,3	126,5	135,3
F_k	27000	27000	24800	23150	21550	19700	18650
$F_{k\text{ по } 32}$	27000	25200	—	—	—	—	—

Ограничение по ОП

v	126,5	130	140	150	160
F_k	19700	18300	15200	12800	11100

Перекод на 32п	F_k	v
0П1 – 0П11	23500 – 27800	92,5
0П11 – 0П12	21900 – 25100	102
0П12 – 0П13	20900 – 23500	110
0П13 – 0П14	19300 – 22100	120
0П14 – 0П15	18300 – 20300	130

v	F_k																32п			
	4п	6п	8п	10п	12п	14п	16п	18п	20п	22п	24п	26п	28п	30п	32п	0П1	0П2	0П3	0П4	0П5
2,5	8100	11900	16000	20100	25000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	6600	9900	13800	17500	22500	26100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	4200	6300	9000	13300	17700	22700	30800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	—	4700	7000	9900	13660	18410	25200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	5000	7200	10500	14800	20600	27400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	4000	6300	9100	13000	19100	25700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	—	—	—	—	3800	5800	8600	13000	18300	25300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—	—	3700	5900	8700	12700	18400	25000	—	—	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—	—	4000	6700	9000	13200	18600	25000	—	—	—	—	—	—	—
70	—	—	—	—	—	—	—	—	4300	6400	9400	13600	18700	24600	—	—	—	—	—	—
80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4700	7100	10000	14000	18700	25200	—	—	—	—	—
90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5300	7600	10400	14300	19300	26300	—	—	—	—
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4100	5900	8100	10900	14700	19400	23000	25900	—	—
110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4700	6400	8600	11300	15100	18100	20800	23500	—
120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3700	5200	6800	9000	11900	14300	16700	19300	22100
130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4200	5700	7300	9400	11600	13600	15800	18300
140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4600	6100	7700	9800	11500	13200	15200
150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3800	5100	6500	8500	9700	11300	12800
160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4300	5500	7000	8100	9600	11100

Рис. 4.21 Тяговые характеристики электровозов ЧС4 и ЧС4Г
 $F_{\text{ксо}} = 16\,400 \text{ кгс}$, $v_{\infty} = 10,5 \text{ км/ч}$, $F_{\text{кф}} = 17\,200 \text{ кгс}$, $v_{\text{ф}} = 104,5 \text{ км/ч}$

переход	F_k	v
пп-оп	7100 – 10000	43,0 – 45,8

Ограничение по току

v	0	39,4	49,9
F_k	9800	9800	7600

v	F_k			
	c		n	
	пп	оп	пп	оп
17	11000	—	—	—
20	7000	10700	—	—
25	3400	6150	—	—
30	1750	3400	—	—
35	1050	2000	—	—
40	750	1430	9600	—
45	500	1000	6000	10300
50	400	800	4000	7400
60	—	—	2000	4060
70	—	—	1180	2560
80	—	—	800	1760
90	—	—	600	1250
100	—	—	450	880

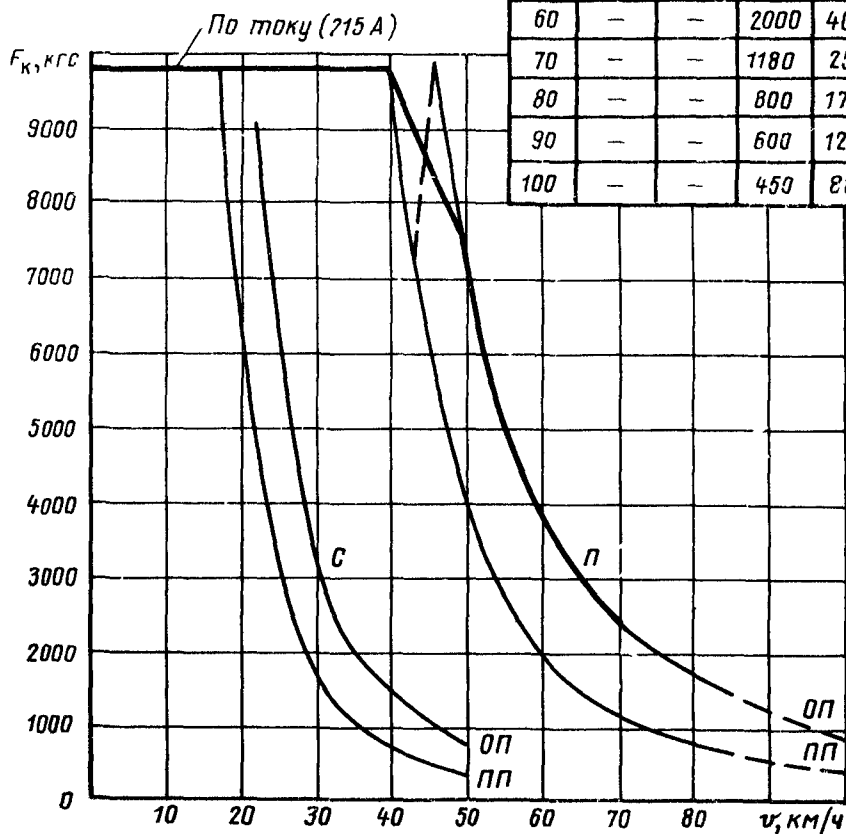


Рис 4.22 Тяговые характеристики моторного вагона электропоездов СМ, СР и СР₃
режим ПП $I_{к\lambda} = 3500$ кгс, $v_{\infty} = 52$ км/ч, режим ОП $I_{к\lambda} = 320$ кгс $v_{\infty} = 58,9$ км/ч

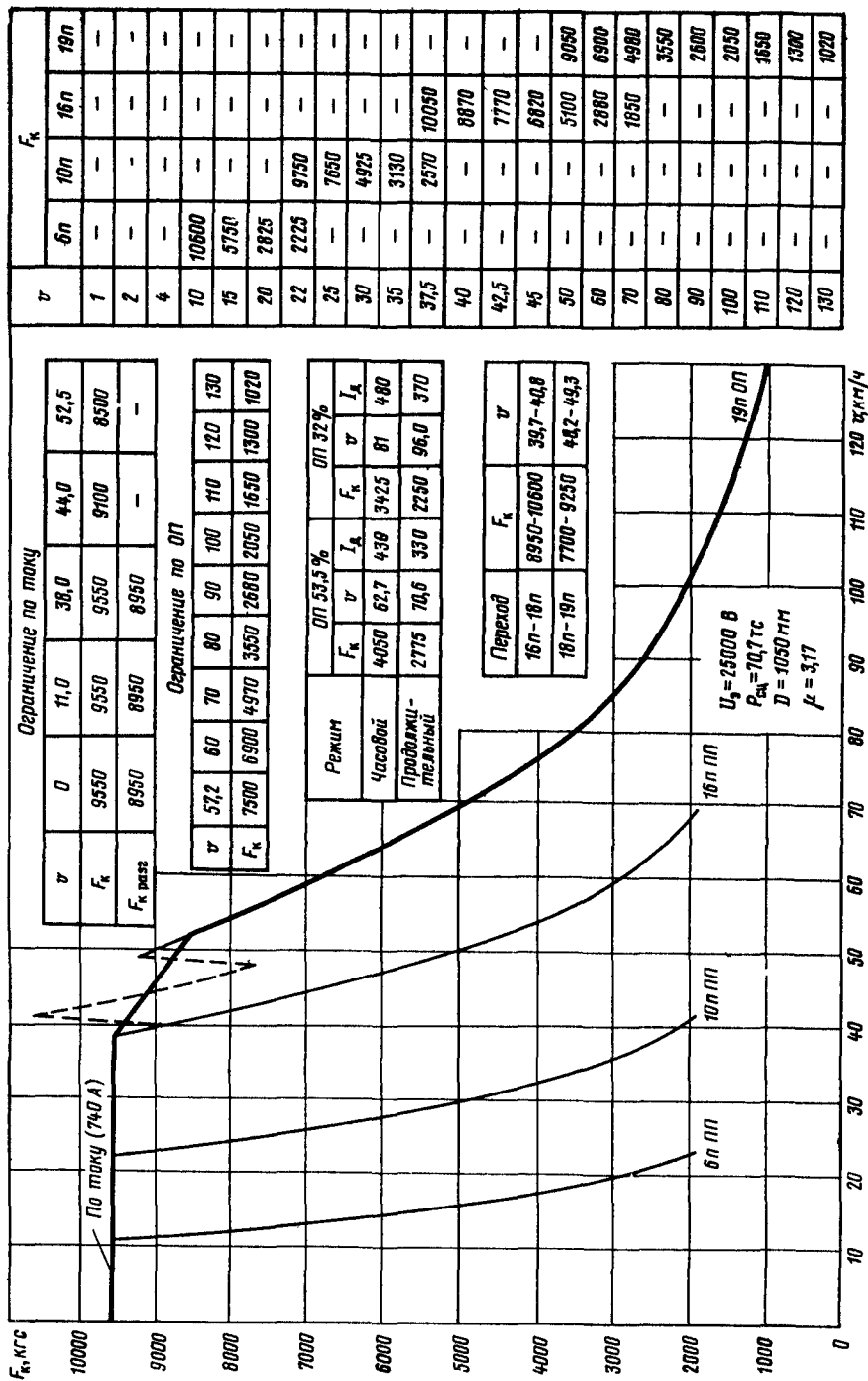


Рис 4 23 Тяговые характеристики моторного вагона электропоездов ЭР9, ЭР9П и ЭР9М

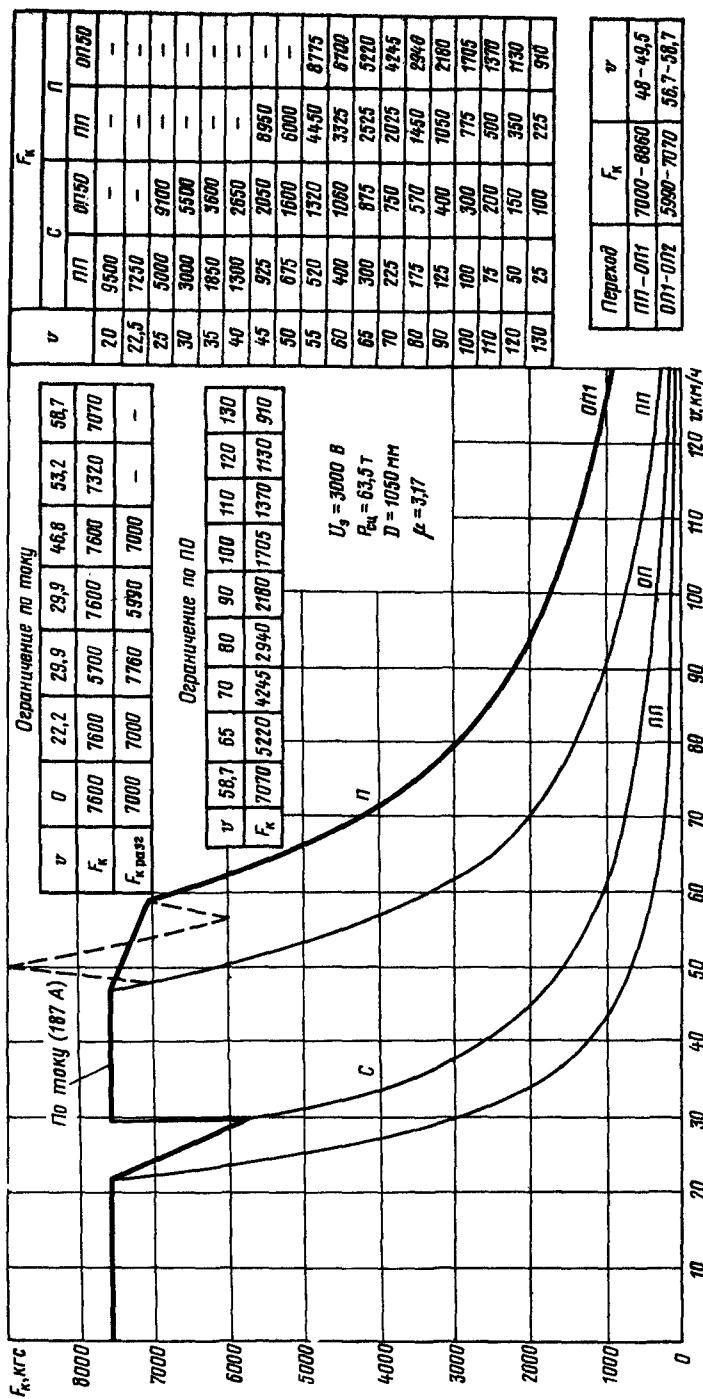


Рис. 4.24. Тяговые характеристики моторного вагона электропоездов ЭР1 н ЭР2: режим ПП — $F_{k\infty} = 3480 \text{ кг}$, $v_{\infty} = 59 \text{ км/ч}$; $F_{k\text{ ч}} = 5500 \text{ кг}$, $v_{\text{ч}} = 51,5 \text{ км/ч}$

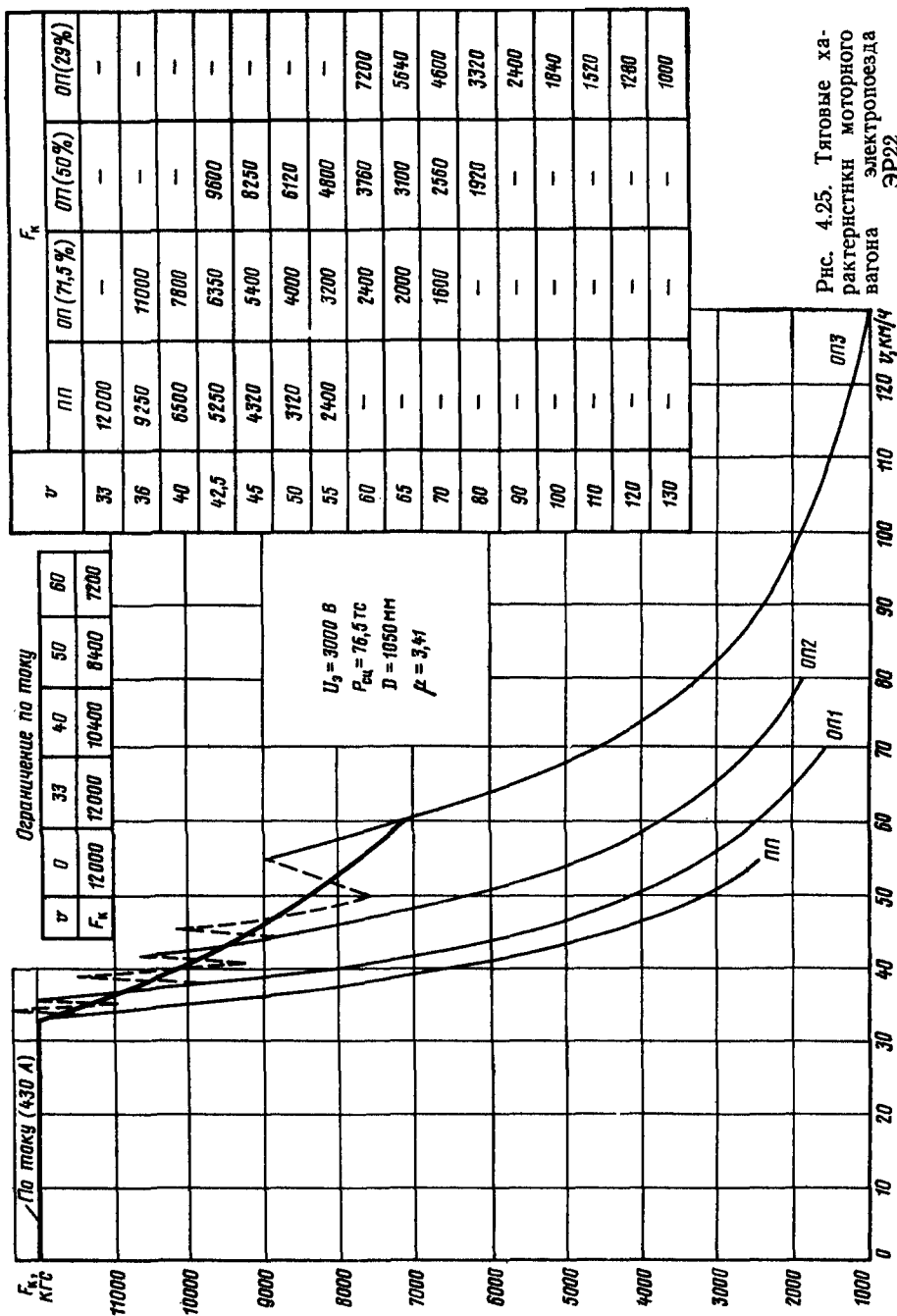


Рис. 4.25. Тяговые характеристики моторного вагона электропоезда ЭР22

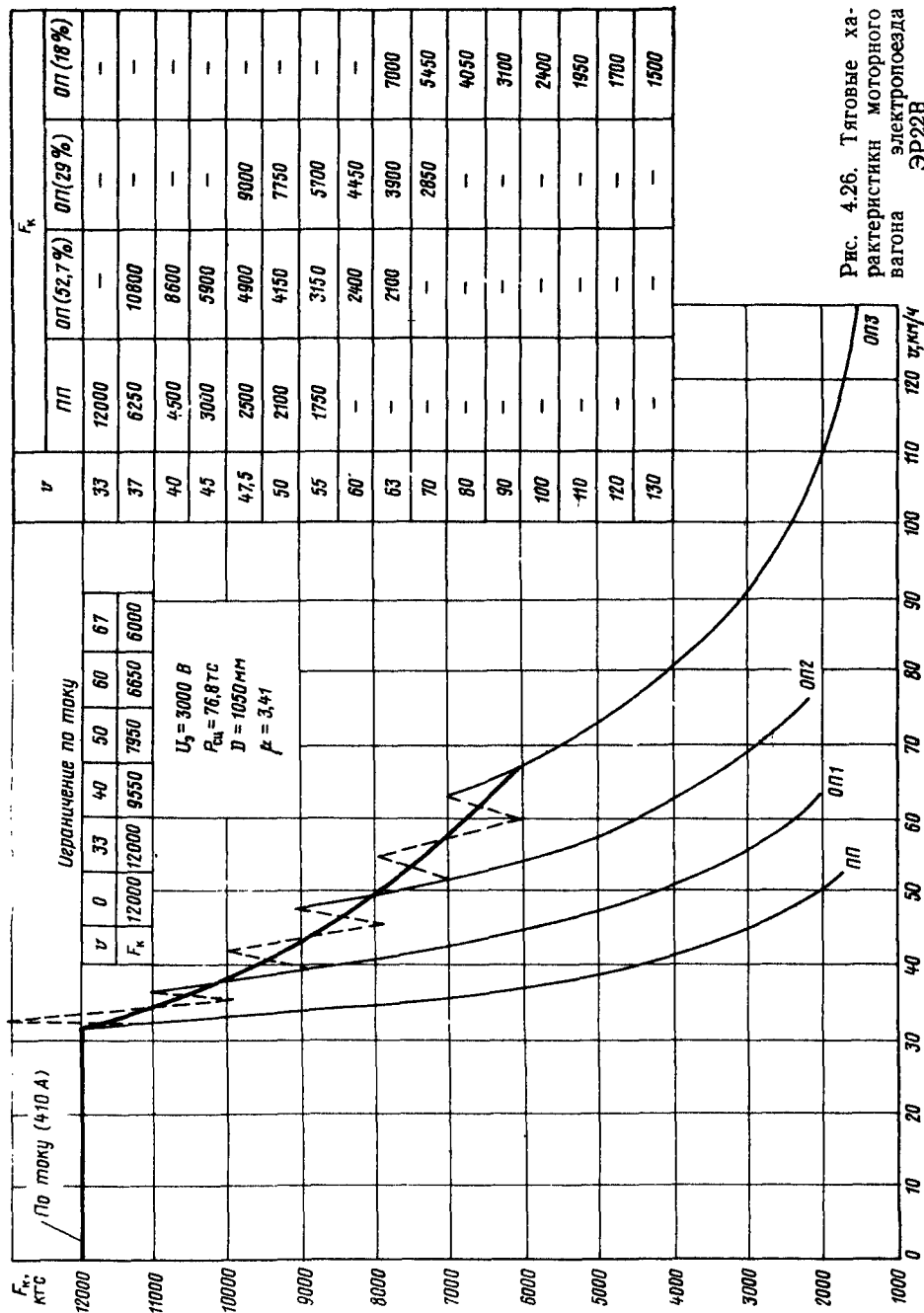


Рис. 4.26. Тяговые характеристики моторного вагона ЭР22В

Ограничение по сцеплению и по I_A/I_B

При σ	12,7	13,0	13,5	13,8	14,2	15,4	17,2	20,6	24,6	25,3	27,0	28,4	31,8	37,4
σ	39200	39000	38900	38800	38700	38400	38100	37600	36900	33800	27500	23800	19400	11900

При σ	24,2	25,0	25,4	26,0	27,0	28,8	31,5	37,6	45,6	49,9	55,8	64,6
σ	37000	36900	36850	36800	36600	36400	36100	35400	34500	28800	22800	18000

При σ	47,6	48,8	49,9	51,2	52,5	55,6	64,4	68,8	74,4	77,0	81,6	87,0	96,0	100
σ	34450	34400	34300	34200	34100	33800	33300	32600	32000	28000	23500	20000	15200	13500

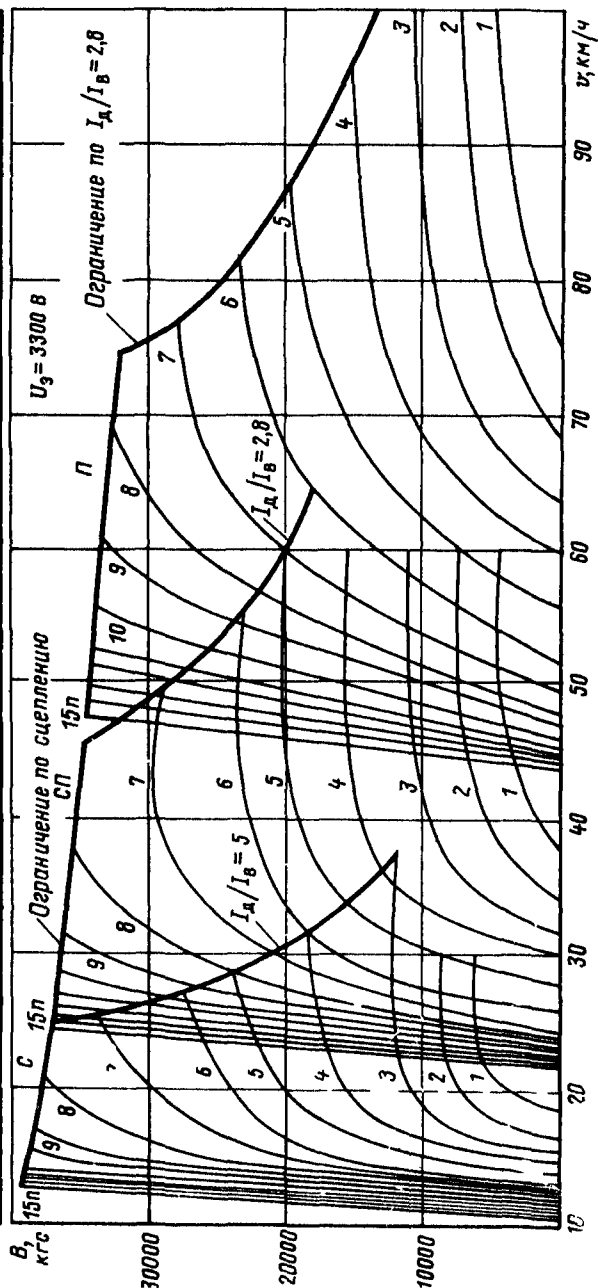


Рис. 4.27. Тормозные характеристики электровоза ВЛ8 при рекуперативном торможении

Ограничение по сцеплению

При С	16,2	16,7	17,5	18,5	19,5	21,0	24,5
В	40700	40800	40900	40400	40200	40100	39500
При СП	30,8	31,3	32,0	32,8	34,6	37,0	50,0
В	38700	38600	38500	38480	38200	38000	36200
При П	59,0	60,8	62,2	63,3	66,0	68,7	78,1
В	35500	35100	34800	34700	34300	34000	32200

Ограничение по I_A/I_θ

В	31,5	31,9	34,1	37,3	41,0	51,4
В	38500	36600	27800	20900	14800	8900
В	59,0	62,5	66,7	73,4	18000	
В	35200	29800	23600	18000		
В	90,0		94,4	100		
В	32200	27100	22400			

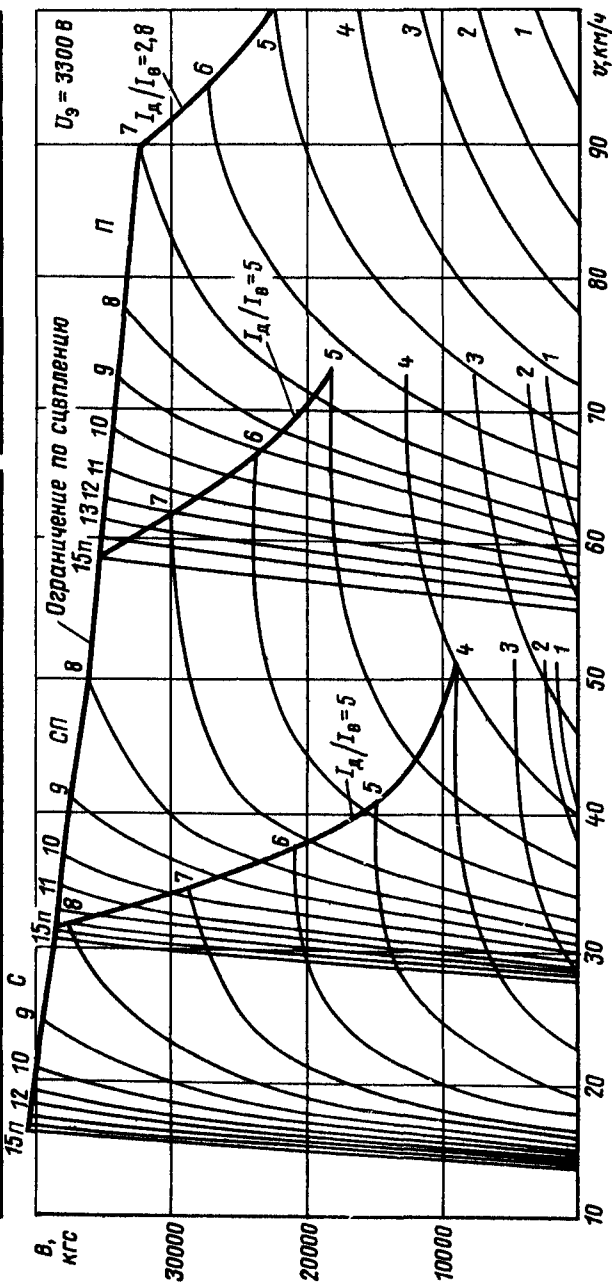


Рис 4.28 Тормозные характеристики электровоза ВЛ10 при рекуперативном торможении

Ограничение по сцеплению

Παλ. C	16.7	17.4	18.5	19.6	20.8	22.7	27.1
B	45300	45000	44600	44400	44000	33600	42900

Παλ. CΠ	31.0	31.8	32.7	33.5	35.8	38.8	43.1	54.0
B	42000	41900	41700	41800	41300	40800	40400	39000

Група	ν	59,2	60,0	62,5	64,2	67,1	70,6
15π 14 12,11 12,2	8	38500	38300	38100	37900	37800	37200

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
75.8	81.6	87.8	94.0	100.2	106.4	112.6	118.8	125.0	131.2	137.4	143.6	149.8	156.0	162.2	168.4	174.6	180.8	187.0	193.2	199.4	205.6	211.8	218.0	224.2	230.4	236.6	242.8	249.0	255.2	261.4	267.6	273.8	280.0	286.2	292.4	298.6	304.8	311.0	317.2	323.4	329.6	335.8	342.0	348.2	354.4	360.6	366.8	373.0	379.2	385.4	391.6	397.8	404.0	410.2	416.4	422.6	428.8	435.0	441.2	447.4	453.6	459.8	466.0	472.2	478.4	484.6	490.8	497.0	503.2	509.4	515.6	521.8	528.0	534.2	540.4	546.6	552.8	559.0	565.2	571.4	577.6	583.8	590.0	596.2	602.4	608.6	614.8	621.0	627.2	633.4	639.6	645.8	652.0	658.2	664.4	670.6	676.8	683.0	689.2	695.4	701.6	707.8	714.0	720.2	726.4	732.6	738.8	745.0	751.2	757.4	763.6	769.8	776.0	782.2	788.4	794.6	800.8	807.0	813.2	819.4	825.6	831.8	838.0	844.2	850.4	856.6	862.8	869.0	875.2	881.4	887.6	893.8	900.0	906.2	912.4	918.6	924.8	931.0	937.2	943.4	949.6	955.8	962.0	968.2	974.4	980.6	986.8	993.0	999.2	1005.4	1011.6	1017.8	1024.0	1030.2	1036.4	1042.6	1048.8	1055.0	1061.2	1067.4	1073.6	1079.8	1086.0	1092.2	1098.4	1104.6	1110.8	1117.0	1123.2	1129.4	1135.6	1141.8	1148.0	1154.2	1160.4	1166.6	1172.8	1179.0	1185.2	1191.4	1197.6	1203.8	1210.0	1216.2	1222.4	1228.6	1234.8	1241.0	1247.2	1253.4	1259.6	1265.8	1272.0	1278.2	1284.4	1290.6	1296.8	1303.0	1309.2	1315.4	1321.6	1327.8	1334.0	1340.2	1346.4	1352.6	1358.8	1365.0	1371.2	1377.4	1383.6	1389.8	1396.0	1402.2	1408.4	1414.6	1420.8	1427.0	1433.2	1439.4	1445.6	1451.8	1458.0	1464.2	1470.4	1476.6	1482.8	1489.0	1495.2	1501.4	1507.6	1513.8	1520.0	1526.2	1532.4	1538.6	1544.8	1551.0	1557.2	1563.4	1569.6	1575.8	1582.0	1588.2	1594.4	1600.6	1606.8	1613.0	1619.2	1625.4	1631.6	1637.8	1644.0	1650.2	1656.4	1662.6	1668.8	1675.0	1681.2	1687.4	1693.6	1699.8	1706.0	1712.2	1718.4	1724.6	1730.8	1737.0	1743.2	1749.4	1755.6	1761.8	1768.0	1774.2	1780.4	1786.6	1792.8	1799.0	1805.2	1811.4	1817.6	1823.8	1830.0	1836.2	1842.4	1848.6	1854.8	1861.0	1867.2	1873.4	1879.6	1885.8	1892.0	1898.2	1904.4	1910.6	1916.8	1923.0	1929.2	1935.4	1941.6	1947.8	1954.0	1960.2	1966.4	1972.6	1978.8	1985.0	1991.2	1997.4	2003.6	2009.8	2016.0	2022.2	2028.4	2034.6	2040.8	2047.0	2053.2	2059.4	2065.6	2071.8	2078.0	2084.2	2090.4	2096.6	2102.8	2109.0	2115.2	2121.4	2127.6	2133.8	2140.0	2146.2	2152.4	2158.6	2164.8	2171.0	2177.2	2183.4	2189.6	2195.8	2202.0	2208.2	2214.4	2220.6	2226.8	2233.0	2239.2	2245.4	2251.6	2257.8	2264.0	2270.2	2276.4	2282.6	2288.8	2295.0	2301.2	2307.4	2313.6	2319.8	2326.0	2332.2	2338.4	2344.6	2350.8	2357.0	2363.2	2369.4	2375.6	2381.8	2388.0	2394.2	2400.4	2406.6	2412.8	2419.0	2425.2	2431.4	2437.6	2443.8	2450.0	2456.2	2462.4	2468.6	2474.8	2481.0	2487.2	2493.4	2499.6	2505.8	2512.0	2518.2	2524.4	2530.6	2536.8	2543.0	2549.2	2555.4	2561.6	2567.8	2574.0	2580.2	2586.4	2592.6	2598.8	2605.0	2611.2	2617.4	2623.6	2629.8	2636.0	2642.2	2648.4	2654.6	2660.8	2667.0	2673.2	2679.4	2685.6	2691.8	2698.0	2704.2	2710.4	2716.6	2722.8	2729.0	2735.2	2741.4	2747.6	2753.8	2760.0	2766.2	2772.4	2778.6	2784.8	2791.0	2797.2	2803.4	2809.6	2815.8	2822.0	2828.2	2834.4	2840.6	2846.8	2853.0	2859.2	2865.4	2871.6	2877.8	2884.0	2890.2	2896.4	2902.6	2908.8	2915.0	2921.2	2927.4	2933.6	2939.8	2946.0	2952.2	2958.4	2964.6	2970.8	2977.0	2983.2	2989.4	2995.6	3001.8	3008.0	3014.2	3020.4	3026.6	3032.8	3039.0	3045.2	3051.4	3057.6	3063.8	3070.0	3076.2	3082.4	3088.6	3094.8	3101.0	3107.2	3113.4	3119.6	3125.8	3132.0	3138.2	3144.4	3150.6	3156.8	3163.0	3169.2	3175.4	3181.6	3187.8	3194.0	3200.2	3206.4	3212.6	3218.8	3225.0	3231.2	3237.4	3243.6	3249.8	3256.0	3262.2	3268.4	3274.6	3280.8	3287.0	3293.2	3299.4	3305.6	3311.8	3318.0	3324.2	3330.4	3336.6	3342.8	3349.0	3355.2	3361.4	3367.6	3373.8	3380.0	3386.2	3392.4	3398.6	3404.8	3411.0	3417.2	3423.4	3429.6	3435.8	3442.0	3448.2	3454.4	3460.6	3466.8	3473.0	3479.2	3485.4	3491.6	3497.8	3504.0	3510.2	3516.4	3522.6	3528.8	3535.0	3541.2	3547.4	3553.6	3559.8	3566.0	3572.2	3578.4	3584.6	3590.8	3597.0	3603.2	3609.4	3615.6	3621.8	3628.0	3634.2	3640.4	3646.6	3652.8	3659.0	3665.2	3671.4	3677.6	3683.8	3690.0	3696.2	3702.4	3708.6	3714.8	3721.0	3727.2	3733.4	3739.6	3745.8	3752.0	3758.2	3764.4	3770.6	3776.8	3783.0	3789.2	3795.4	3801.6	3807.8	3814.0	3820.2	3826.4	3832.6	3838.8	3845.0	3851.2	3857.4	3863.6	3869.8	3876.0	3882.2	3888.4	3894.6	3900.8	3907.0	3913.2	3919.4	3925.6	3931.8	3938.0	3944.2	3950.4	3956.6	3962.8	3969.0	3975.2	3981.4	3987.6	3993.8	4000.0	4006.2	4012.4	4018.6	4024.8	4031.0	4037.2	4043.4	4049.6	4055.8	4062.0	4068.2	4074.4	4080.6	4086.8	4093.0	4099.2	4105.4	4111.6	4117.8	4124.0	4130.2	4136.4	4142.6	4148.8	4155.0	4161.2	4167.4	4173.6	4179.8	4186.0	4192.2	4198.4	4204.6	4210.8	4217.0	4223.2	4229.4	4235.6	4241.8	4248.0	4254.2	4260.4	4266.6	4272.8	4279.0	4285.2	4291.4	4297.6	4303.8	4310.0	4316.2	4322.4	4328.6	4334.8	4341.0	4347.2	4353.4	4359.6	4365.8	4372.0	4378.2	4384.4	4390.6	4396.8	4403.0	4409.2	4415.4	4421.6	4427.8	4434.0	4440.2	4446.4	4452.6	4458.8	4465.0	4471.2	4477.4	4483.6	4489.8	4496.0	4502.2	4508.4	4514.6	4520.8	4527.0	4533.2	4539.4	4545.6	4551.8	4558.0	4564.2	4570.4	4576.6	4582.8	4589.0	4595.2	4601.4	4607.6	4613.8	4620.0	4626.2	4632.4	4638.6	4644.8	4651.0	4657.2	4663.4	4669.6	4675.8	4682.0	4688.2	4694.4	4700.6	4706.8	4713.0	4719.2	4725.4	4731.6	4737.8	4744.0	4750.2	4756.4	4762.6	4768.8	4775.0	4781.2	4787.4	4793.6	4800.0	4806.2	4812.4	4818.6	4824.8	4831.0	4837.2	4843.4	4849.6	4855.8	4862.0	4868.2	4874.4	4880.6	4886.8	4893.0	4899.2	4905.4	4911.6	4917.8	4924.0	4930.2	4936.4	4942.6	4948.8	4955.0	4961.2	4967.4	4973.6	4979.8	4986.0	4992.2	4998.4	5004.6	5010.8	5017.0	5023.2	5029.4	5035.6	5041.8	5048.0	5054.2	5060.4	5066.6	5072.8	5079.0	5085.2	5091.4	5097.6	5103.8	5110.0	5116.2	5122.4	5128.6	5134.8	5141.0	5147.2	5153.4	5159.6	5165.8	5172.0	5178.2	5184.4	5190.6	5196.8	5203.0	5209.2	5215.4	5221.6	5227.8	5234.0	5240.2	5246.4	5252.6	5258.8	5265.0	5271.2	5277.4	5283.6	5289.8	5296.0	5302.2	5308.4	5314.6	5320.8	5327.0	5333.2	5339.4	5345.6	5351.8	5358.0	5364.2	5370.4	5376.6	5382.8	5389.0	5395.2	5401.4	5407.6	5413.8	5420.0	5426.2	5432.4	5438.6	5444.8	5451.0	5457.2	5463.4	5469.6	5475.8	5482.0	5488.2	5494.4	5500.6	5506.8	5513.0	5519.2	5525.4	5531.6	5537.8	5544.0	5550.2	5556.4	5562.6	5568.8	5575.0	5581.2	5587.4	5593.6	5600.0	5606.2	5612.4	5618.6	5624.8	5631.0	5637.2	5643.4	5649.6	5655.8	5662.0	5668.2	5674.4	5680.6	5686.8	5693.0	5699.2	5705.4	5711.6	5717.8	5724.0	5730.2	5736.4	5742.6	5748.8	5755.0	5761.2	5767.4	5773.6	5779.8	5786.0	5792.2	5798.4	5804.6	5810.8	5817.0	5823.2	5829.4	5835.6	5841.8	5848.0	5854.2	5860.4	5866.6	5872.8	5879.0	5885.2	5891.4	5897.6	5903.8	5910.0	5916.2	5922.4	5928.6	5934.8	5941.0	5947.2	5953.4	5959.6	5965.8	5972.0	5978.2	5984.4	5990.6	5996.8	6003.0	6009.2	6015.4	6021.6	6027.8	6034.0	6040.2	6046.4	6052.6	6058.8	6065.0	6071.2	6077.4	6083.6	6089.8	6096.0	6102.2	6108.4	6114.6	6120.8	6127.0	6133.2	6139.4	6145.6	6151.8	6158.0	6164.2	6170.4	6176.6	6182.8	6189.0	6195.2	6201.4	6207.6	6213.8	6220.0	6226.2	6232.4	6238.6	6244.8	6251.0	6257.2	6263.4	6269.6	6275.8	6282.0	6288.2	6294.4	6300.6	6306.8	6313.0	6319.2	6325.4	6331.6	6337.8	6344.0	6350.2	6356.4	6362.6	6368.8	6375.0	6381.2	6387.4	6393.6	6400.0	6406.2	6412.4	6418.6	6424.8	6431.0	6437.2	6443.4	6449.6	6455.8	6462.0	6468.2	6474.4	6480.6	6486.8	6493.0	6499.2	6505.4	6511.6	6517.8	6524.0	6530.2	6536.4	6542.6	6548.8	6555.0	6561.2	6567.4	6573.6	6579.8	6586.0	6592.2	6598.4	6604.6	6610.8	6617.0	6623.2	6629.4	6635.6	6641.8	6648.0	6654.2	6660.4	6666.6	6672.8	6679.0	6685.2	6691.4	6697.6	6703.8	6710.0	6716.2	6722.4	6728.6	6734.8	6741.0	6747.2	6753.4	6759.6	6765.8	

3, кгс

Ограничение по току (720А) и по I_{Δ}/I_{18}

v	30,7	31,9	34,1	37,3	41,0	51,4
B	42200	36800	27800	20900	14800	8900

v	54,0	59,0	62,5	66,7	73,4
8	39000	35200	29800	23600	18000

v	87,8	90,0	94,4	100
B	36900	37200	37100	22400

11	10	9	8		$U_3 = 3300 \text{ В}$	07150	22100
----	----	---	---	--	------------------------	-------	-------

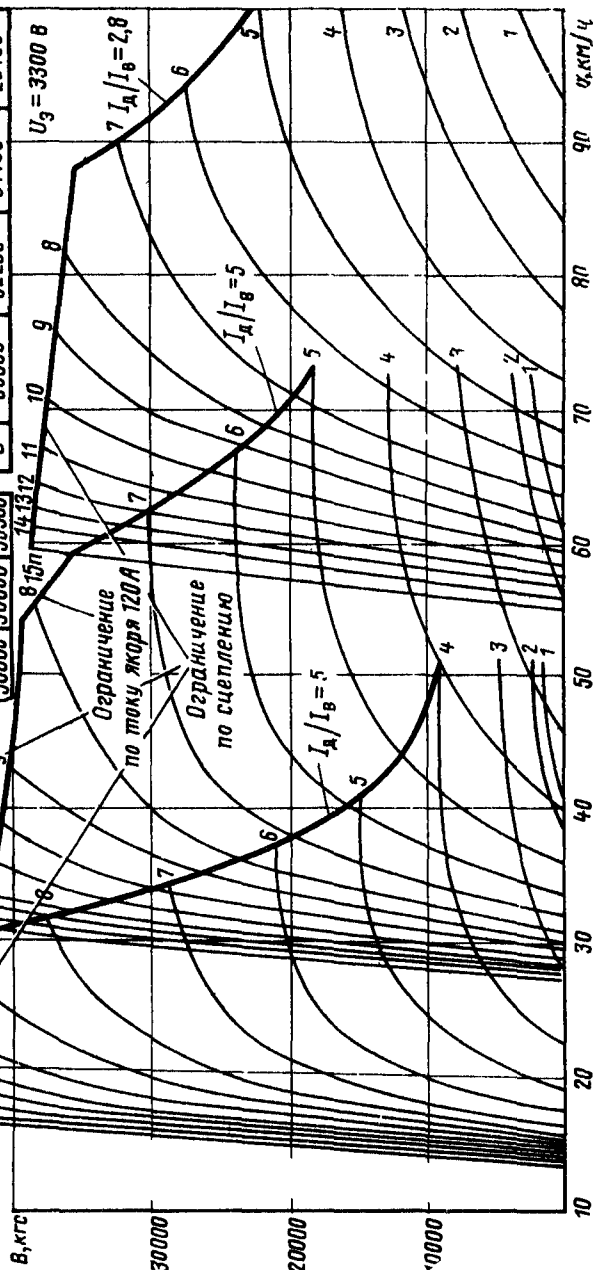


Рис 4.29 Тормозные характеристики электровоза ВЛ10_э при рекуперативном торможении

Ограничение по I_d/I_B и по $I_d=720A$

При С	ν	21,2	22,2	27,2	32,1	32,2	34,2	37,4	41,2	50,0
	В	59900	58400	50600	43000	42000	34000	25600	19500	10000

При СП	ν	57,0	61,0	65,8	67,2	71,0	75,6	85,0
	В	52900	50400	47500	44000	36200	29200	22400

При П	ν	91,0	92,5	98,0	100
	В	48000	44700	39300	38000

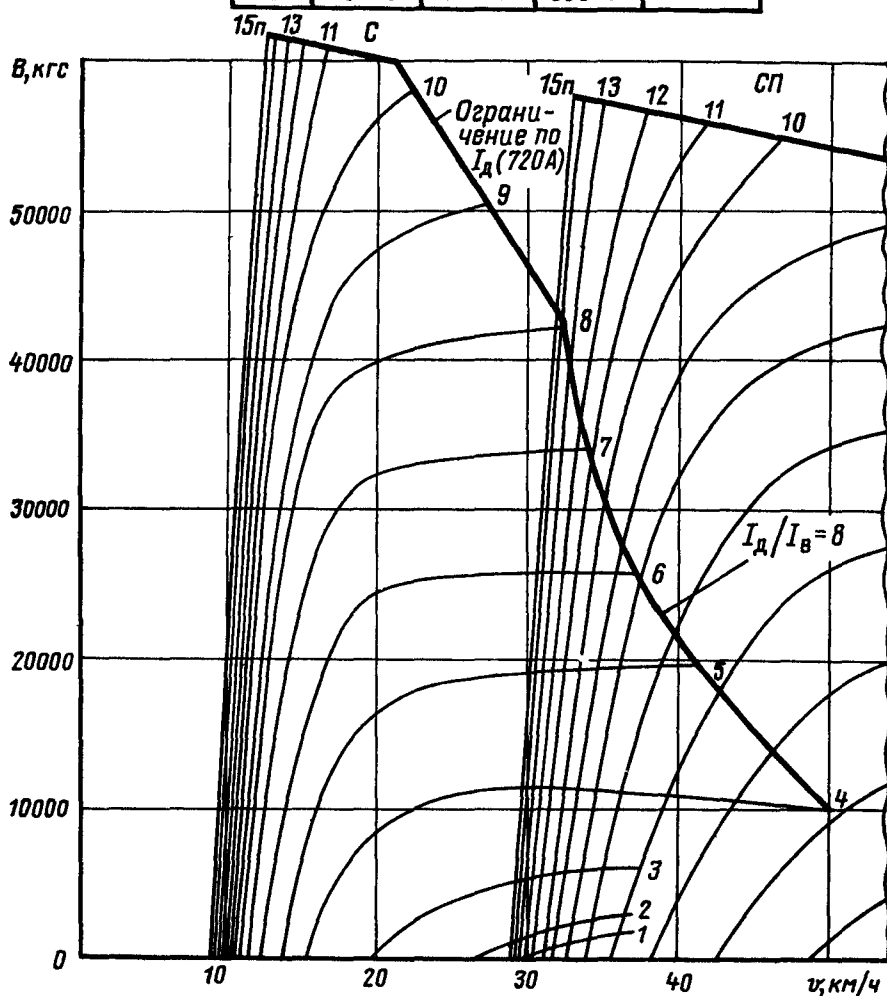


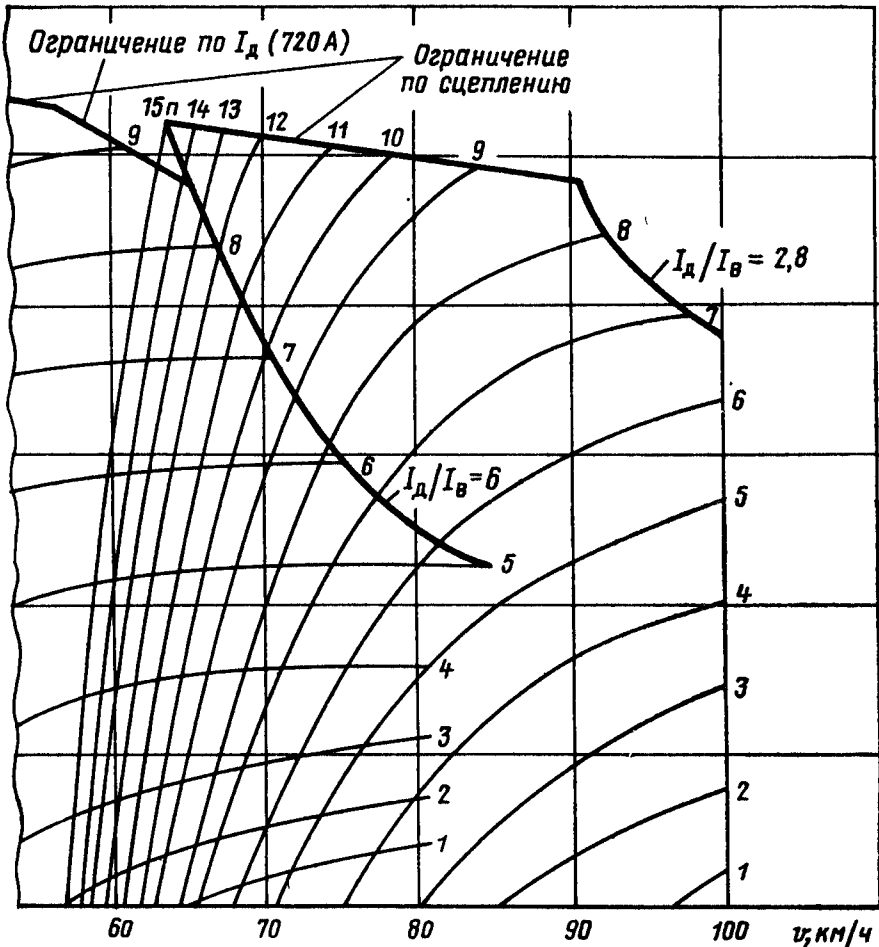
Рис 4 30. Тормозные характеристики электровоза

Ограничение по сцеплению

v	12,4	13,2	14,0	15,0	16,6	21,2	33,0
B	61800	61500	61300	61200	60800	59900	57600

33,7	34,9	38,0	41,8	46,9	57,0	64,0
57500	57200	56700	56000	54900	52900	52000

66,0	68,0	70,4	75,0	79,0	84,3	91,0
51800	51500	51200	50500	50000	49200	48000



ВЛ11 при рекуперативном торможении (3 секции)

Ограничение по сцеплению

при С	16,2	16,7	17,5	18,5	19,5	21,0	24,5
В	40700	40600	40500	40400	40200	40100	39500
при Сп	30,8	31,3	32,0	32,8	34,6	37,0	40,8
В	38700	38600	38600	38400	38200	38000	36200
при П	59,0	60,8	62,2	63,3	66,0	68,7	72,8
В	35500	35100	34800	35000	34700	34300	33400

Ограничение по I_A/I_B

в	31,5	31,9	34,1	37,3	41,0	51,4
В	38500	36800	27800	20900	14800	8900
в	59,0	62,5	66,7	73,4	80,0	94,4
В	35200	29800	23600	18000	100	22400

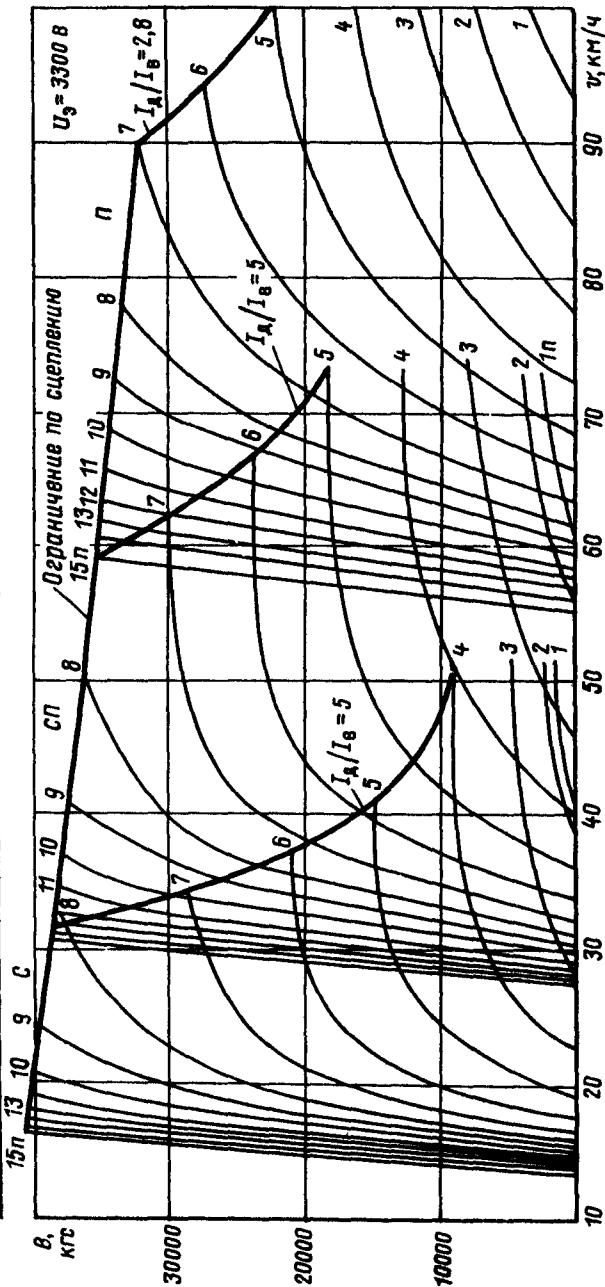


Рис. 4.31. Тормозные характеристики электровоза ВЛ11 при рекуперативном торможении (2 секции)

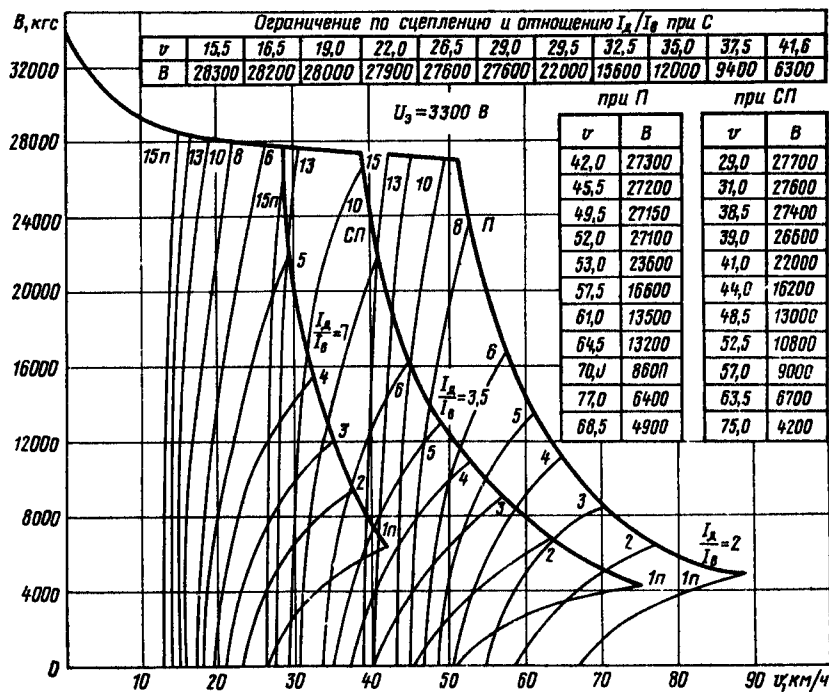


Рис. 4.32. Тормозные характеристики электровоза ВЛ122^м при рекуперативном торможении

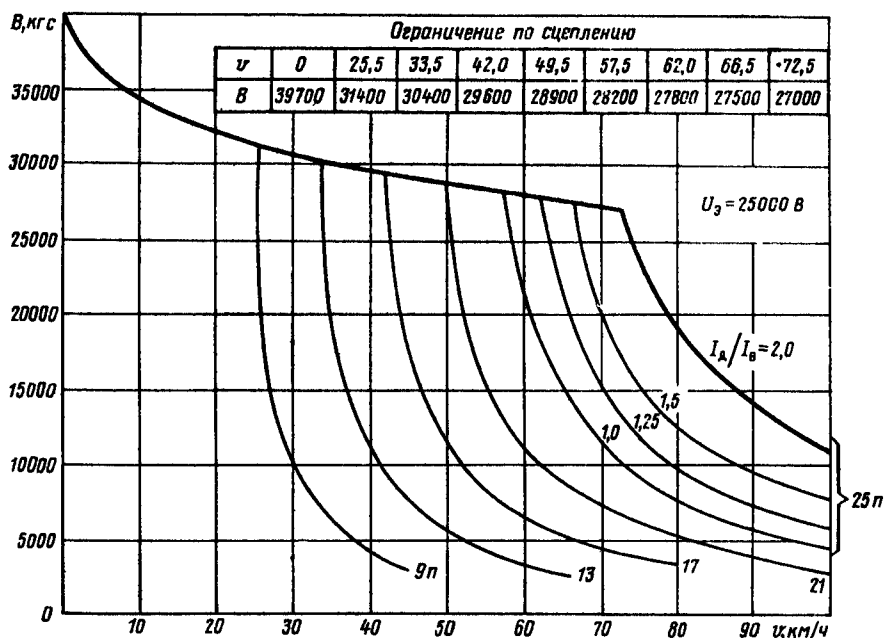


Рис. 4.33. Тормозные характеристики электровоза ВЛ60^м при рекуперативном торможении

Ограниче- ния	по току возбужде- ния	по сцеплению						по току тормозных резисторов				по коммутации					
		<i>v</i>	0	32,5	32,5	38,7	52,7	83,0	68,5	66,5	70,5	79,0	86,5	86,5	90	95	100
<i>B</i>	0	39200	39200	37600	34700	33200	32700	32700	30800	27500	25200	25200	22400	8400	4500	2200	

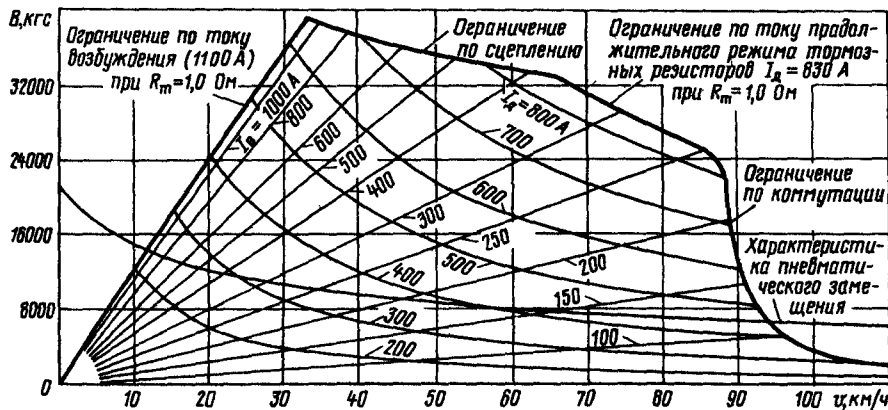


Рис. 4.34. Тормозные характеристики электровоза ВЛ80^г до № 1173 при реостатном торможении

$R_m = 0,54 \text{ Ом}$			$R_m = 1,0 \text{ Ом}$		
v	0	19,5	0	0	32,5
B	0	43000	0	0	39200

$R_m = 0,54 \text{ Ом}$						$R_m = 1,0 \text{ Ом}$					
v	30,3	35,1	47,7	67,7	92,5	66,5	70,5	79,0	86,5		
B	39700	34300	25200	17800	11300	32700	30800	27500	25200		

v	86,5	90	95	100	110
B	25200	22400	8400	4500	2200

v	19,5	30,5	32,5	38,7	52,7	63,0	68,5
B	43000	39700	39200	37600	34700	33200	32700

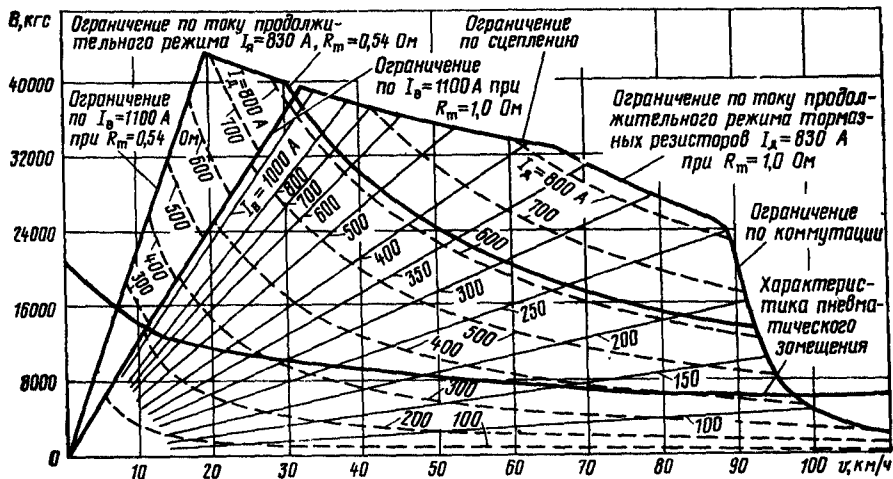


Рис. 4.35. Тормозные характеристики электровозов ВЛ80^г с № 1173 и ВЛ80^г при реостатном торможении

Скорости при $V=0$

I_B	880								880	800	700	600	500	400	300	270
Режим работы	Гранич-ный ¹⁾	0,5 зоны 1	Зона 1	0,5 зоны 2	Зона 2	0,5 зоны 3	Зона 3	0,5 зоны 4	Зона 4							
v	0	6,7	13,4	20,2	26,7	33,5	40,1	46,9	53,8	55,4	59,2	62,8	67,9	77,0	93,8	101,7

Ограничение по сцеплению											
I_B	880									880	600
Режим работы	Начало зоны 1	Границ-ный ¹⁾	0,5 зоны 1	Зона 1	0,5 зоны 2	Зона 2	0,5 зоны 3	Зона 3	0,5 зоны 4	Зона 4	
v	0	8,5	15,5	21,8	28,0	34,5	40,5	46,7	52,7	58,4	60,8
B	55300	48300	45880	44400	43250	42220	41370	40560	39830	39160	38890

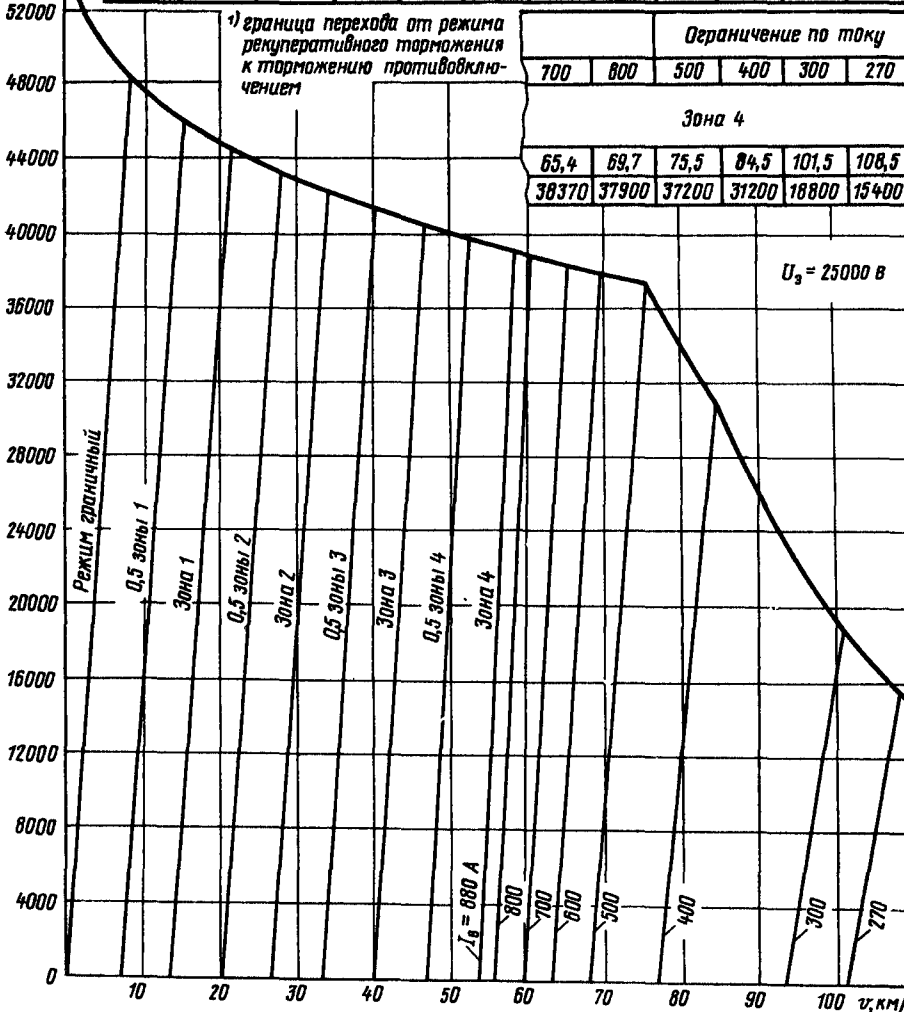


Рис. 4.36. Тормозные характеристики электровоза ВЛ80^В при рекуперативном торможении

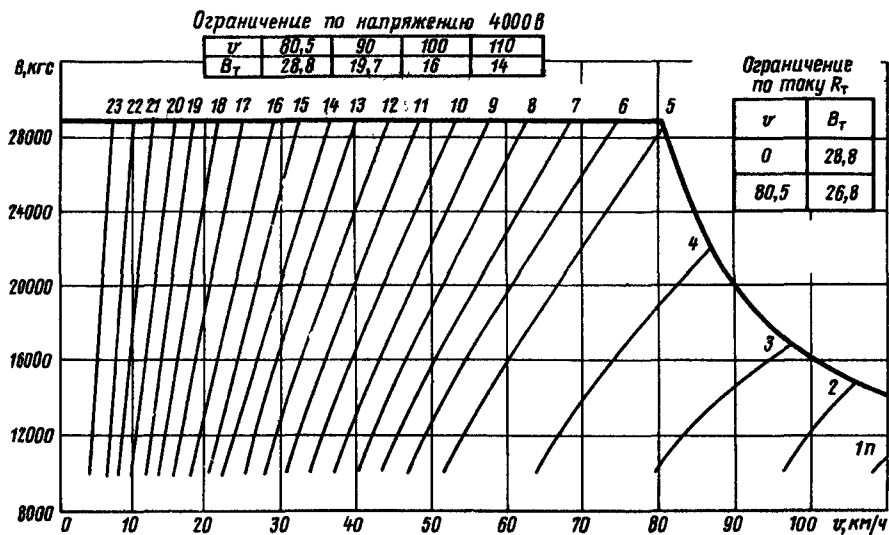


Рис. 4.37 Тормозные характеристики электровозов ВЛ182 и ВЛ182^м при реостатном торможении

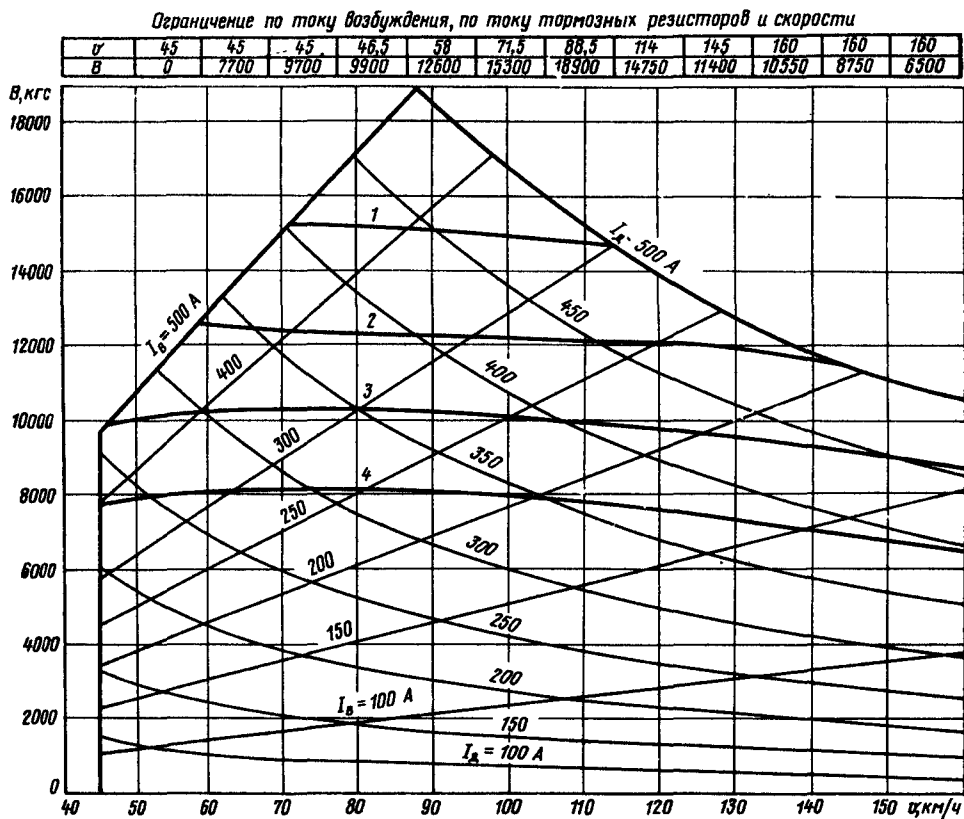


Рис. 4.38. Тормозные характеристики электровоза ЧС2Г при реостатном торможении

Ограничение по току возбуждения, по току тормозных резисторов и скорости

ν	0	64	75	85	96	112,5	147,5	160
B	0	13600	16000	18200	20800	17800	13400	10800

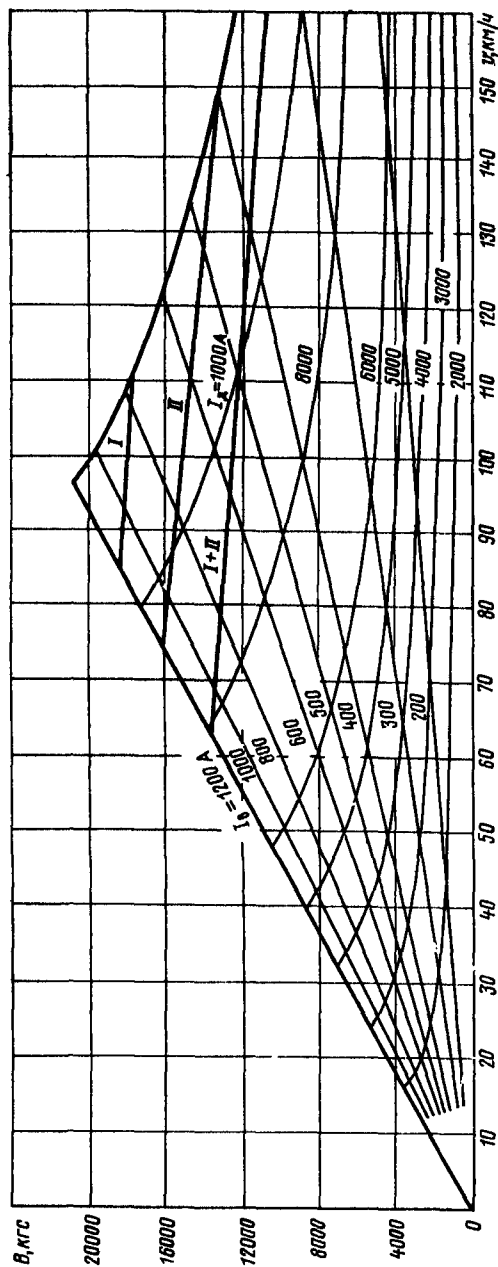


Рис. 4.39. Тормозные характеристики электровоза ЧС47 при остаточном торможении:
I, II, I+II — ступени ограничения тормозной силы

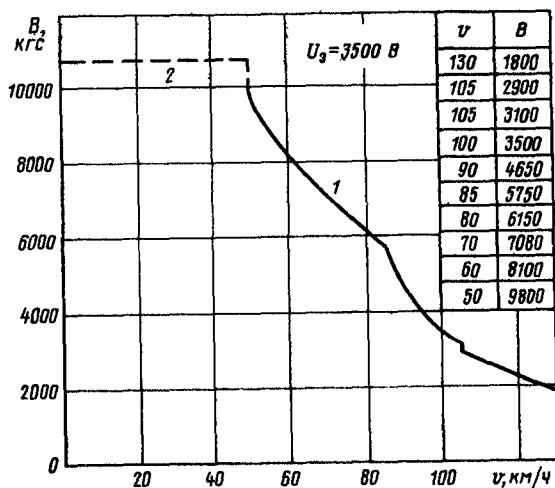


Рис 4.40 Тормозные характеристики моторного вагона электропоезда ЭР22 при рекуперативном (1) и реостатном (2) торможении

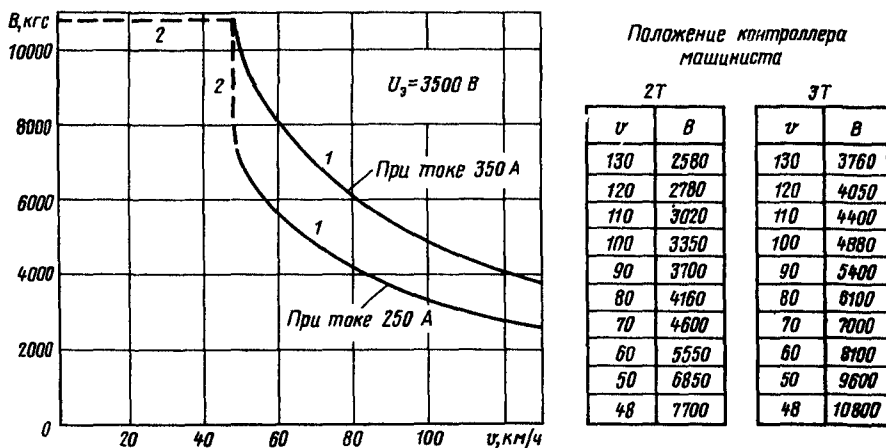


Рис 4.41. Тормозные характеристики моторного вагона электропоезда ЭР22В при рекуперативном (1) и реостатном (2) торможении

Ограничение по сцеплению и току

ν	0	1	5,0	8,2	8,2	9,3	10,0	15,0	18,5	18,5	25,0	30,0	35,0	39,7	43,3	59,6
I_3	570	540	520	515	1030	1020	1010	1000	980	1960	1940	1920	1915	1910	2040	2040

Ограничение по ОП

ν	52	60	65	70	75	80	85	90	95	100
I_3	2150	1530	1290	1130	1020	930	860	800	750	700

Переход	I_3	ν
ПП - ОП1	1610 - 2320	41,5
ОП1 - ОП2	1750 - 2350	45,5
ОП2 - ОП3	1770 - 2340	51,5
ОП3 - ОП4	1770 - 2315	56,5

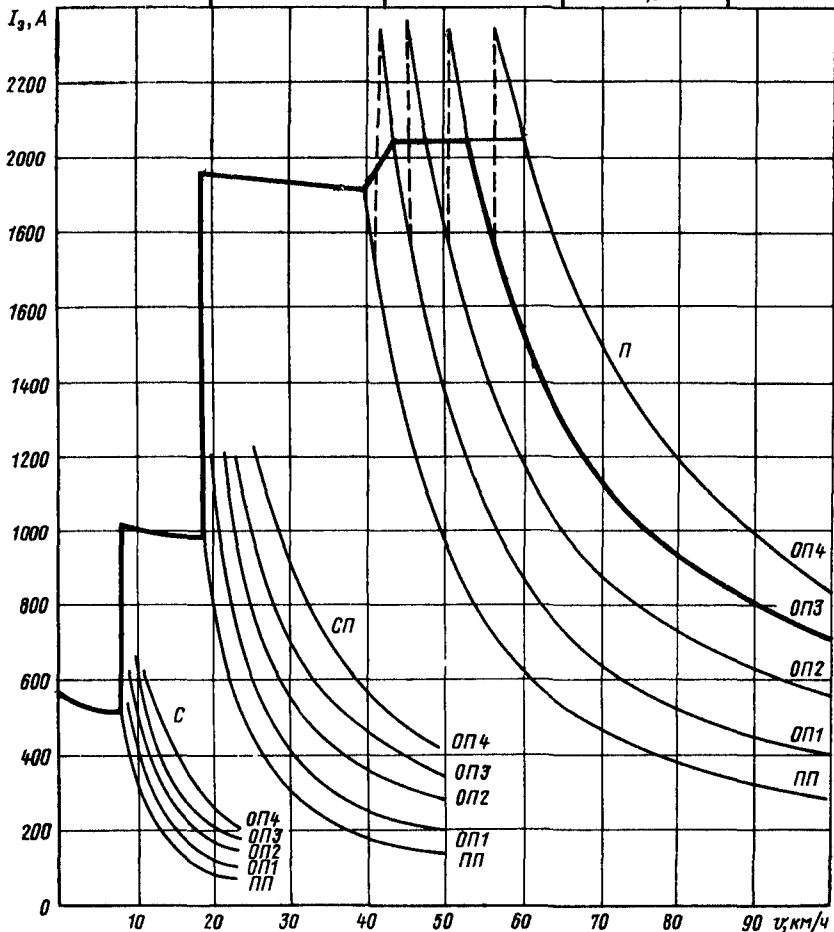


Рис. 4.42. Токовые характеристики электровоза ВЛ8

Ограничение по сцеплению

v	0	5	10	10	15	22	22	30	40	46,7	50	54	57,5	61,5
I_3	685	615	595	1190	1160	1150	2300	2230	2170	2140	2250	2420	2570	2720

Ограничение по ОП

v	57,5	60	65	70	60	90	100
I_3	2570	2420	2090	1670	1575	1360	1210

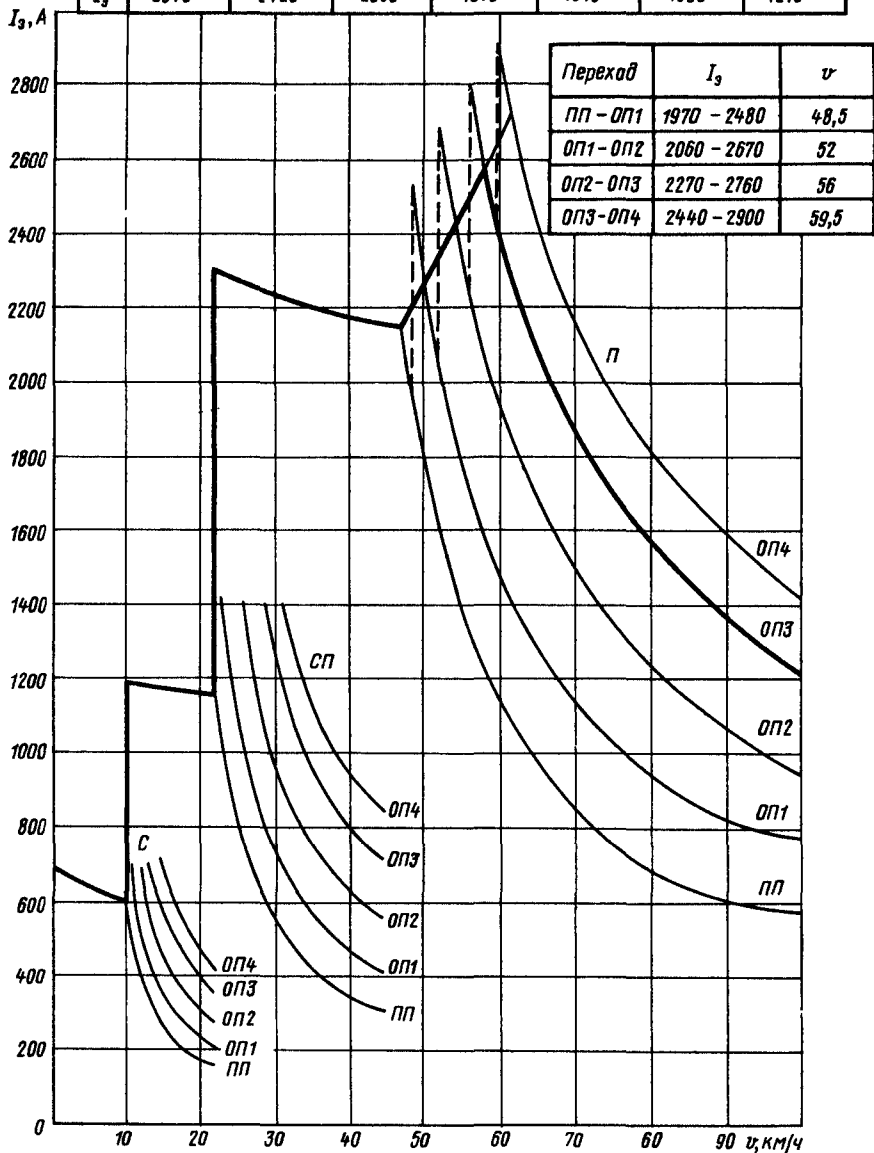


Рис. 4.43. Токвые характеристики электровоза ВЛ10

Ограничение по сцеплению

σ	0	5	10	10	15	21,5	21,5	30	40	45,8	9,5	53	56	59,5
I_3	735	670	635	1270	1244	1216	2432	2380	2320	2300	2400	2560	2740	2890

Ограничение по ОП

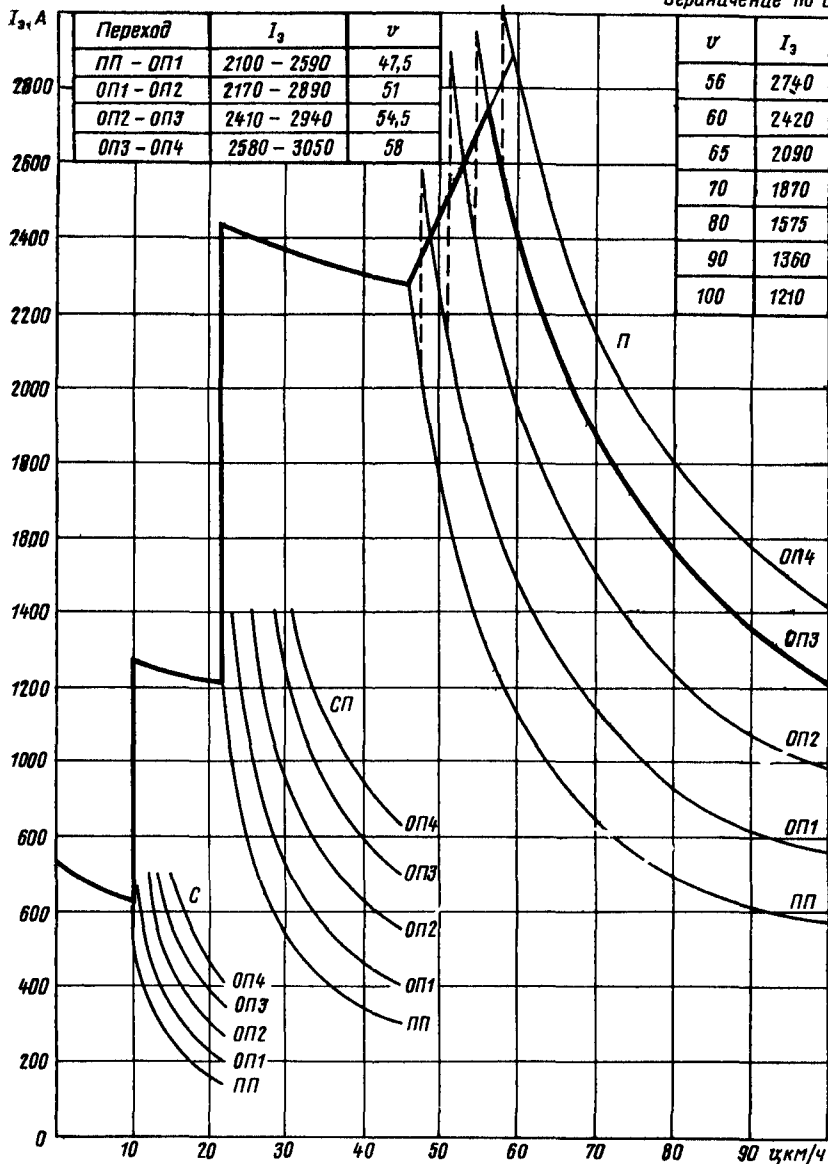


Рис 4.44 Токовые характеристики электровоза ВЛ10У

Ограничение по сцеплению

ν	0	5	10	15	22,2	22,2	30	40	48,7	50	54	57,5	61,5
I_g	1370	1230	1190	1160	1140	2280	2230	2170	2140	2250	2420	2570	2720

Ограничение по ОП

ν	57,5	60	65	70	80	90	100
I_g	2570	2420	2090	1870	1575	1360	1210

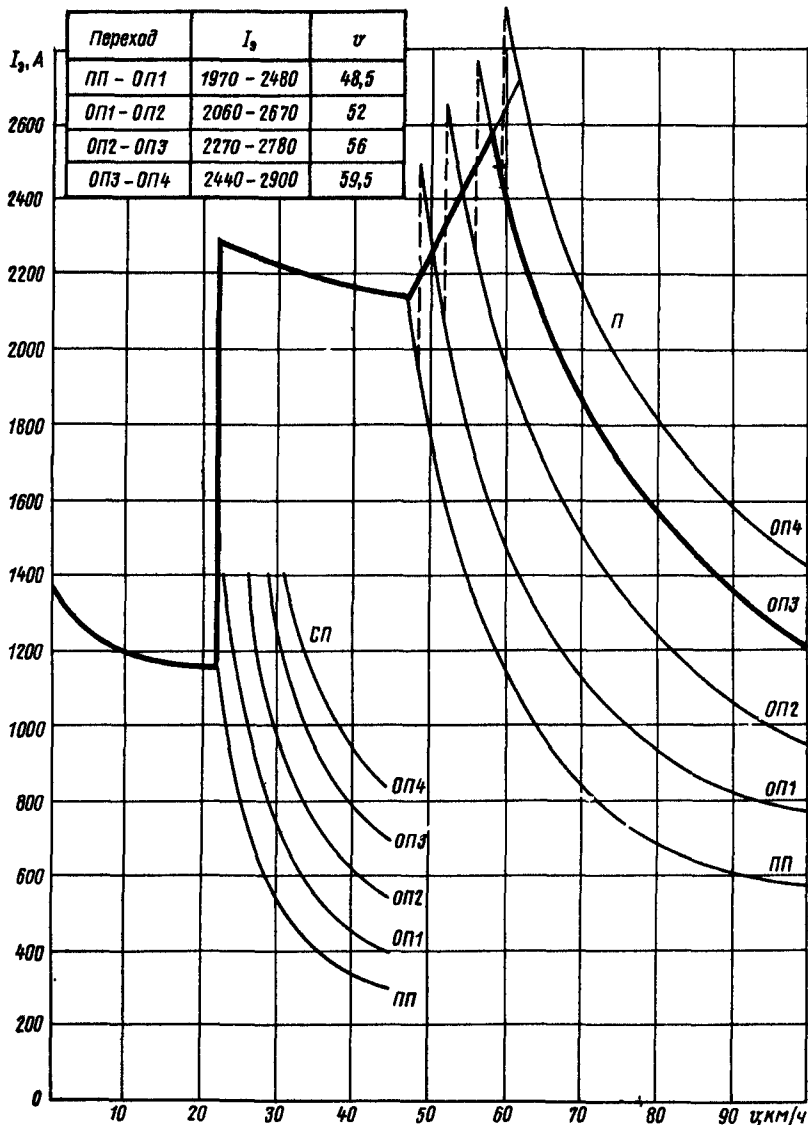


Рис. 4.45. Токовые характеристики электровоза ВЛ111 (2 секции)

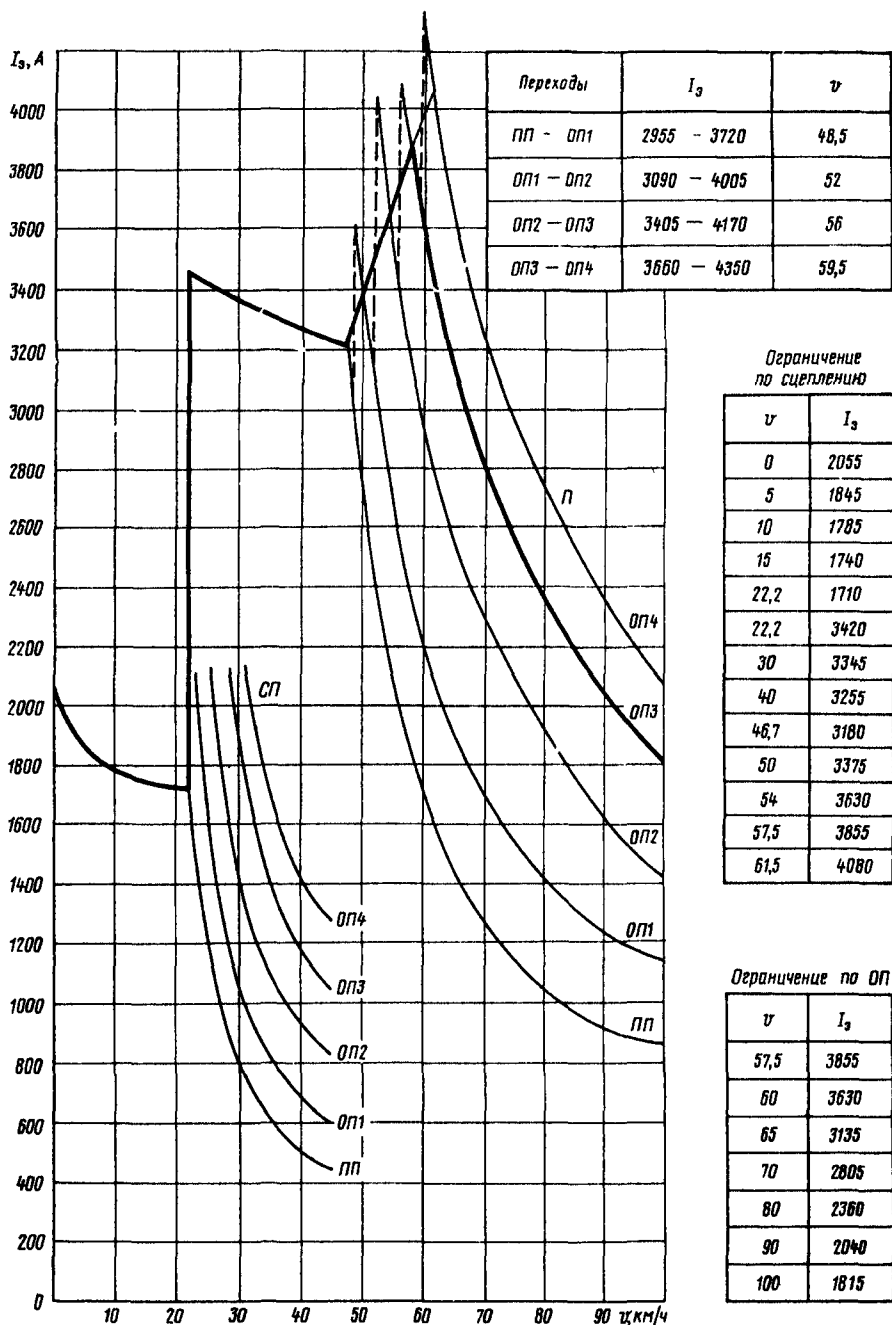


Рис. 4.46. Токовые характеристики электровоза ВЛ11 (3 секции)

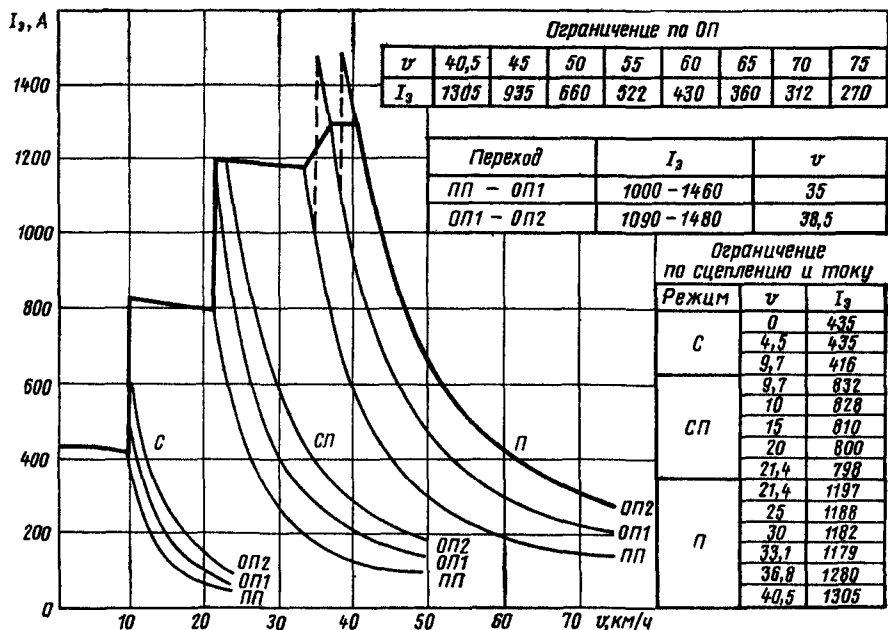


Рис. 4.47 Токowe характеристики электрова ВЛ122^м с тяговым электродвигателем ДПЭ-400

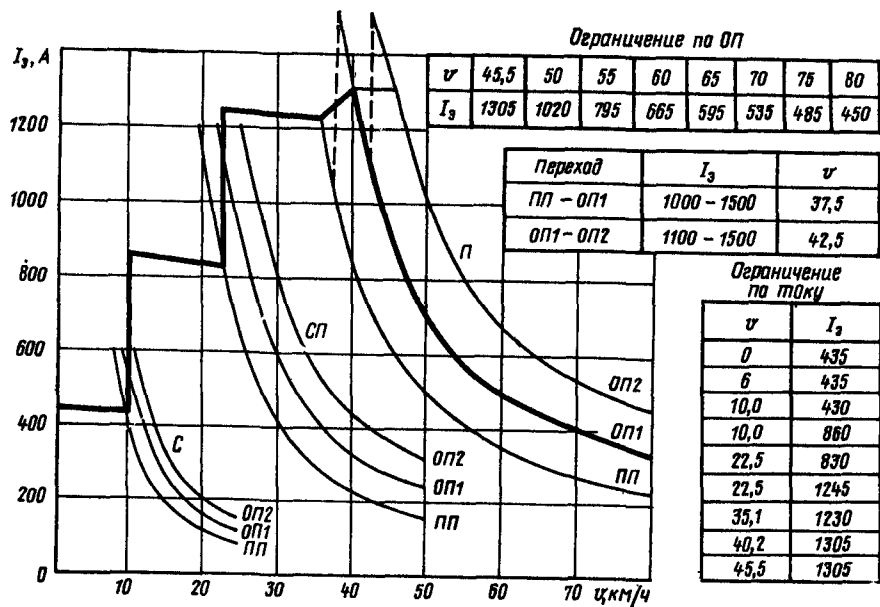


Рис. 4.48. Токowe характеристики электрова ВЛ122^м с тяговым электродвигателем НБ-411

Ограничение по ОП

v	53,2	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0	95,0	100
I_3	1530	1405	1145	985	850	765	700	645	600	560	525

Ограничение по сцеплению и току

v	0	5	11,5	11,5	20,0	25,5	25,5	38,7	43,3	58,5
I_3	550	525	510	1020	970	960	1440	1435	1530	1530

Переход	I_3	v
ПП - ОП1	1250 - 1870	41,5
ОП1 - ОП2	1300 - 1700	46,0
ОП2 - ОП3	1330 - 1790	50,5
ОП3 - ОП4	1340 - 1750	56,5

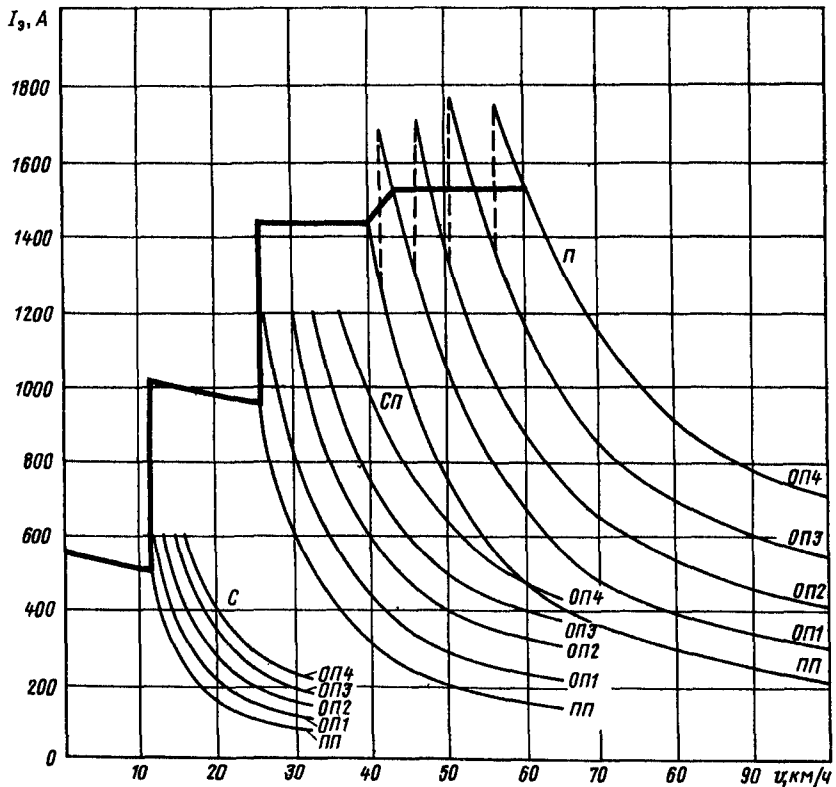


Рис. 4.49. Токовые характеристики электровоза ВЛ23

Ограничение по сцеплению

v	0	5	10	15	20	23,5	23,5	30	40	51	53,5	56,5	59,5	63,5
I_a	1560	1400	1350	1330	1314	1300	2600	2560	2490	2430	2520	2590	2720	2840

Ограничение по ОП

Переход	I_a	v
ПП - ОП1	2200 - 2760	52,2
ОП1 - ОП2	2350 - 2780	55
ОП2 - ОП3	2390 - 2900	58
ОП3 - ОП4	2540 - 3020	61,5

v	53,5	65	70	80	90	100	110
I_a	2720	2190	1860	1470	1230	1050	920

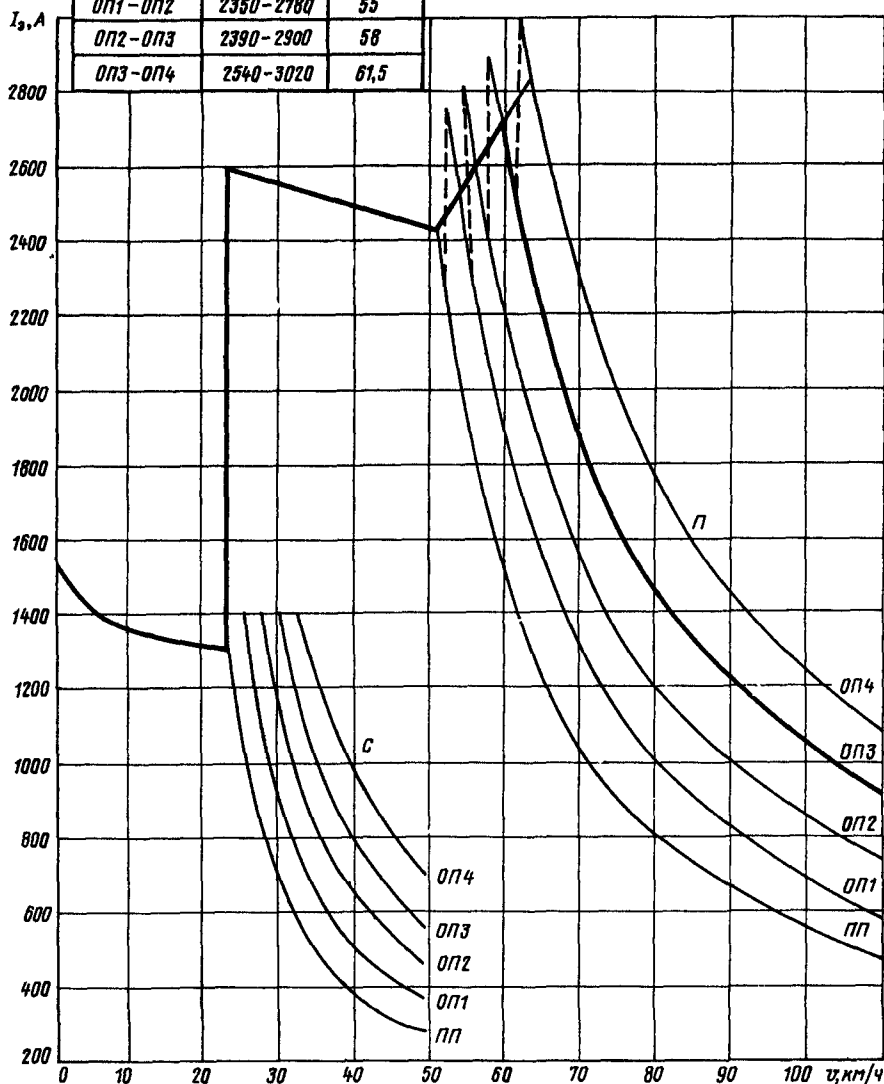


Рис. 4.50 Токовые характеристики электровоза ВЛ82 (работа на постоянном токе)

Ограничение по сцеплению

ν	0	5	10	15	20	23,3	23,3	30	40	50,5	53	55,5	58,5	62,0
I_s	1622	1456	1404	1383	1366	1350	2700	2662	2589	2530	2620	2680	2790	2900

Ограничение по ОП

ν	58,5	65	70	80	90	100	110
I_s	2790	2190	1860	1470	1230	1050	920

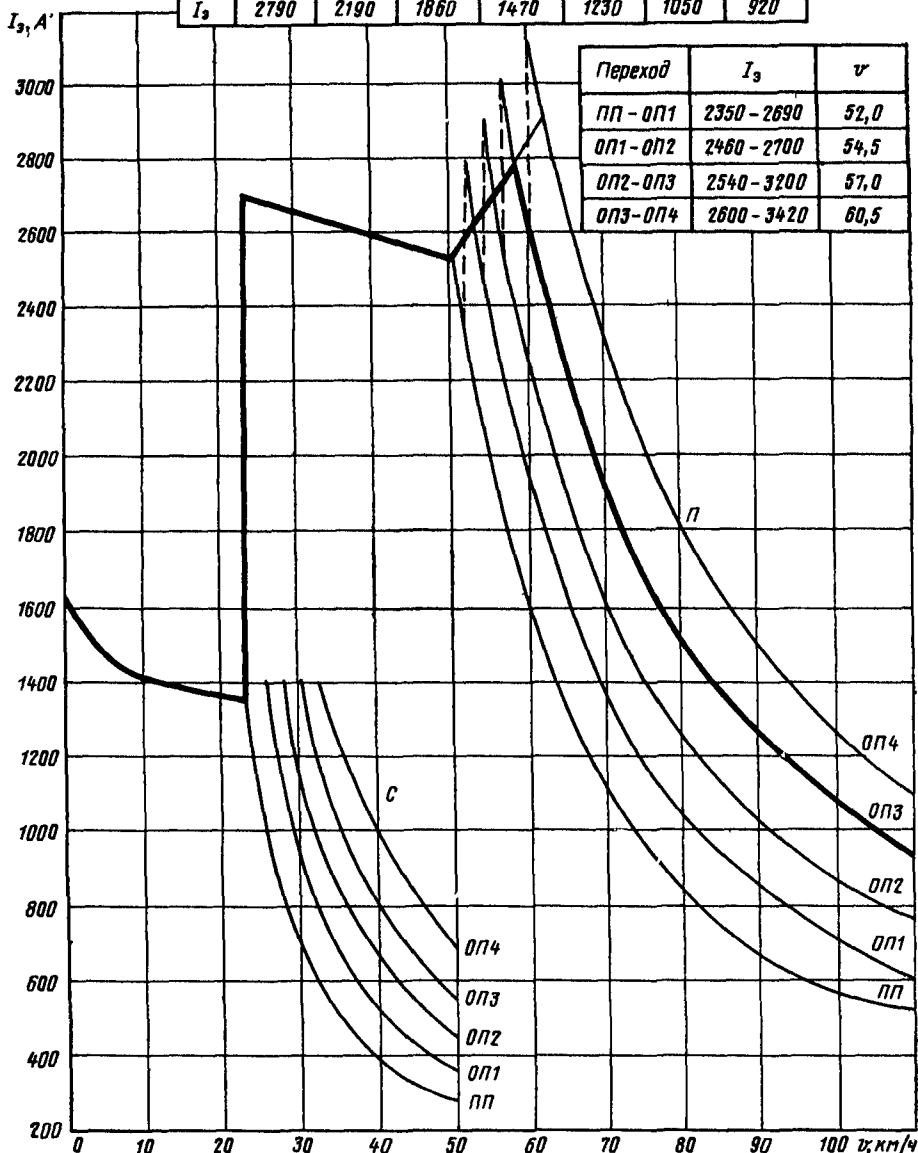


Рис. 4.51. Токовые характеристики электровоза ВЛ82М (работа на постоянном токе)

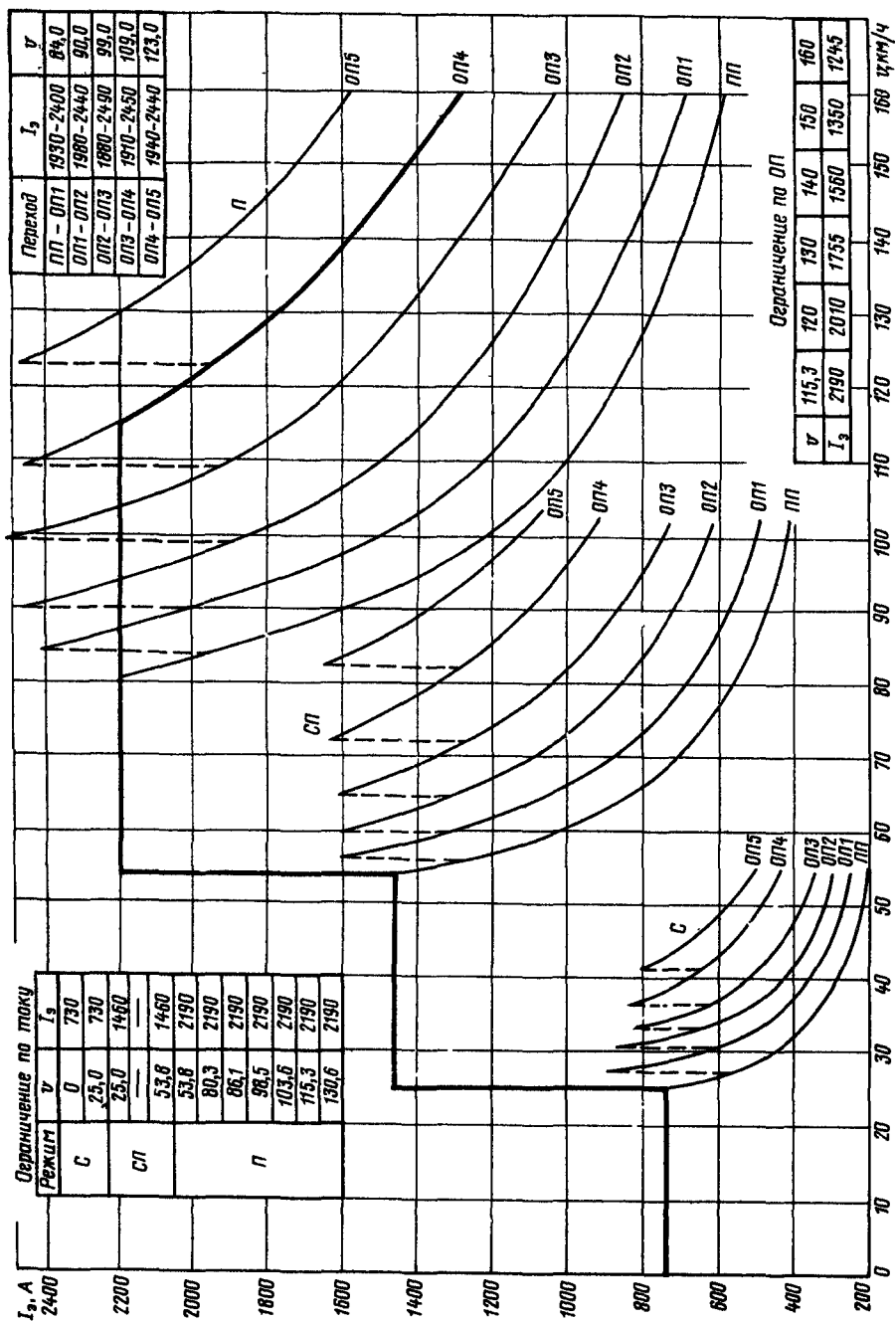


Рис. 4.52. Токвые характеристики электролиза ЦС2

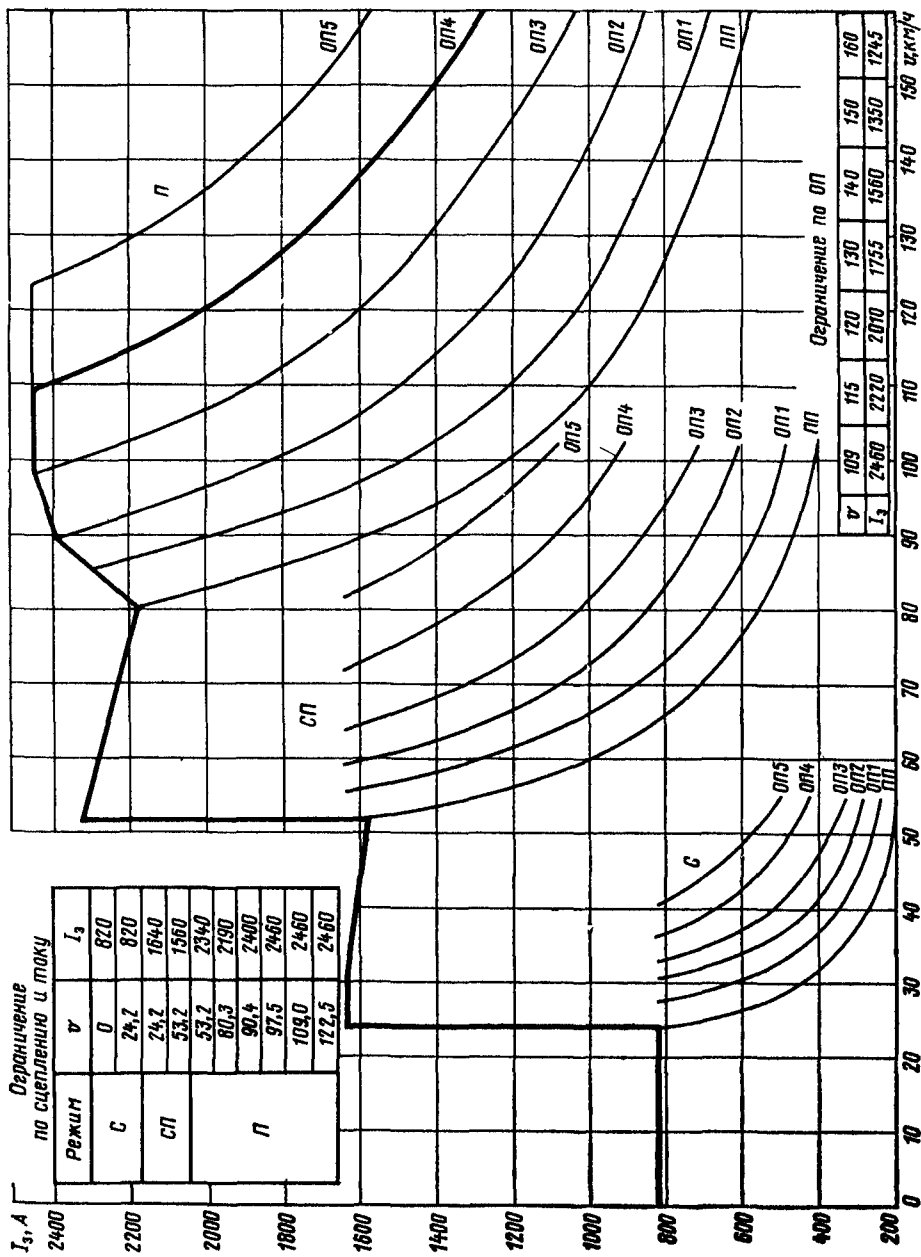


Рис. 4.53. Токвые характеристики электроваза ψC_2^2

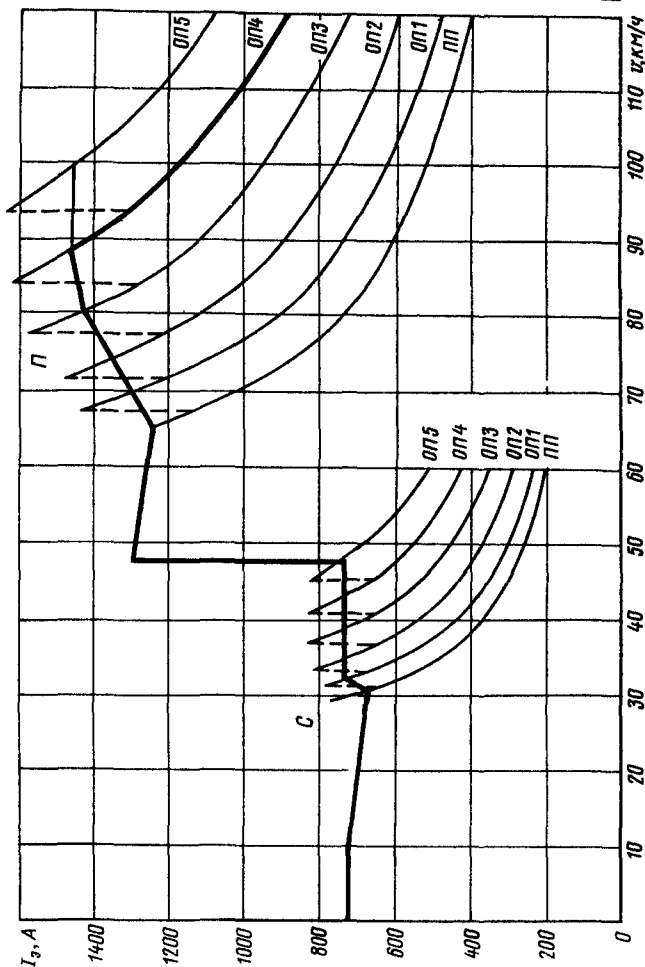


Рис. 4.54. Токвые характеристики электровоза ЧСЗ

Переход	I_a	v
П1 - ОП1	1130 - 1420	67,5
ОП1 - ОП2	1200 - 1470	72,0
ОП2 - ОП3	1200 - 1580	77,5
ОП3 - ОП4	1270 - 1610	84,0
ОП4 - ОП5	1300 - 1630	94,0

Ограничение
по силе тяги и току

Режим	v	I_a
С	0	730
	8,5	730
	30	670
П	30	1340
	65,5	1240
	80,5	1430
	93,5	1460

Ограничение по ОП

v	88,3	95	100	105	110	115	120
I_a	1460	1280	1175	1065	1000	945	880

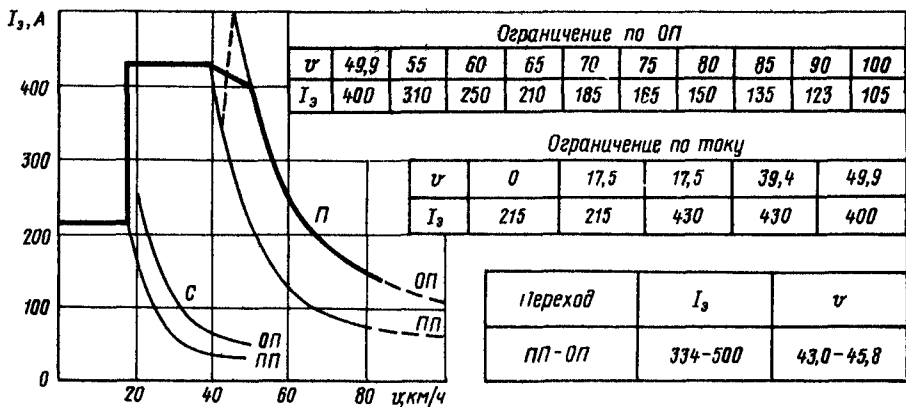


Рис. 4.55. Токвые характеристики моторного вагона электропоездов C^m , C^p и C_3^p

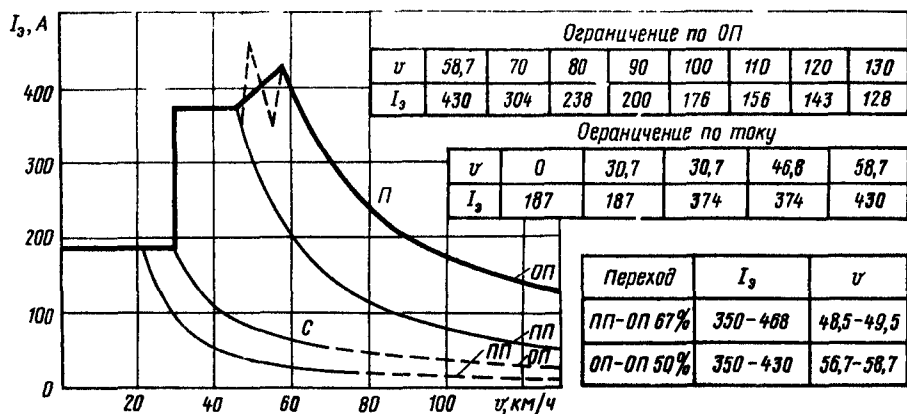


Рис. 4.56. Токвые характеристики моторного вагона электропоездов ЭР1 и ЭР2

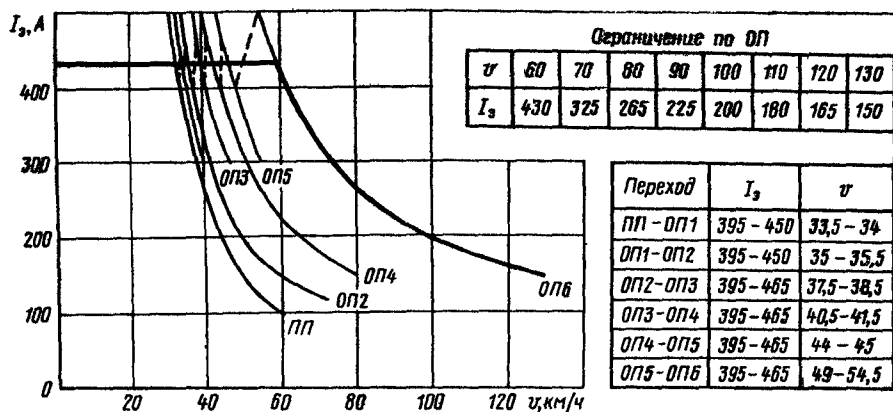


Рис 4.57. Токовые характеристики моторного вагона электропоезда ЭР22

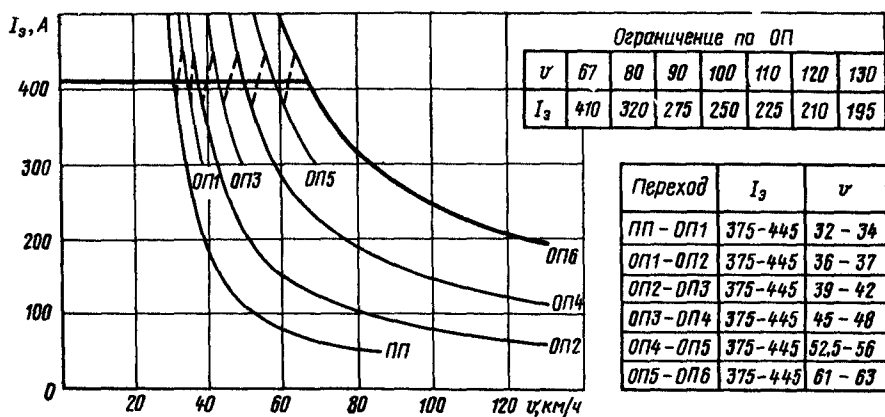
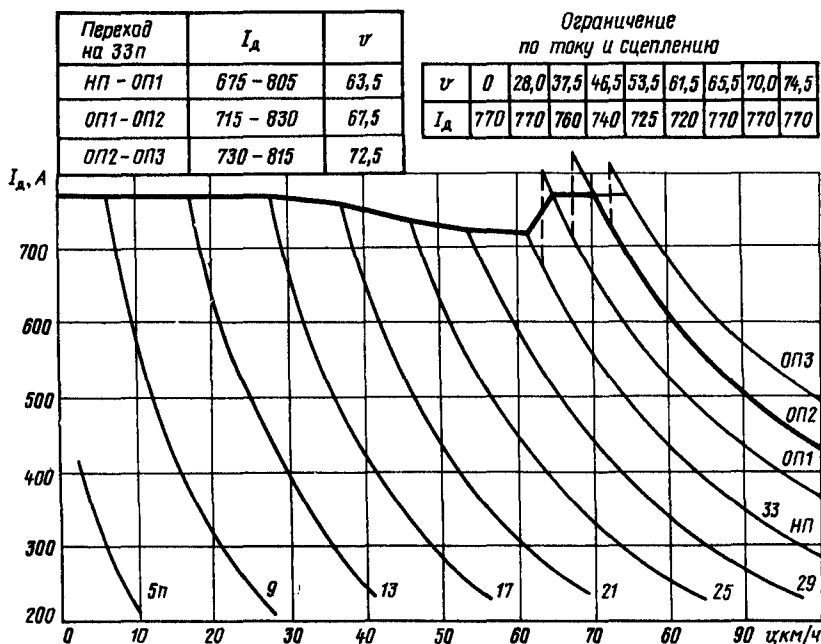
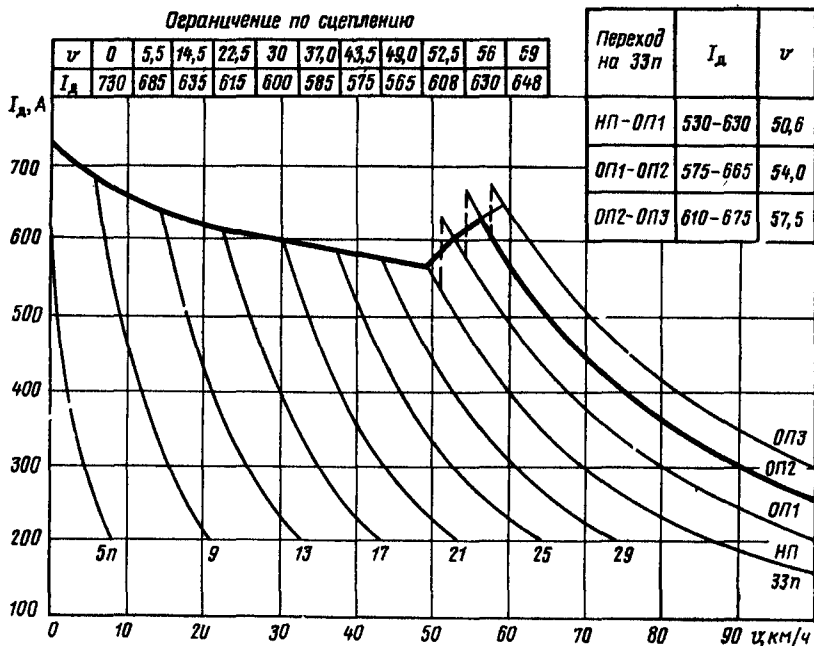


Рис. 4.58. Токовые характеристики моторного вагона электропоезда ЭР22В



Ограничение по сцеплению

v	0	8,7	16,2	23,5	31	38	44,2	50,5	53,5	57,5	61
I_d	1195	1055	1010	990	970	955	945	935	985	1040	1087

Переход на 33п	I_d	v
нп - оп1	880 - 1045	52
оп1 - оп2	920 - 1095	55,7
оп2 - оп3	1000 - 1135	59,2

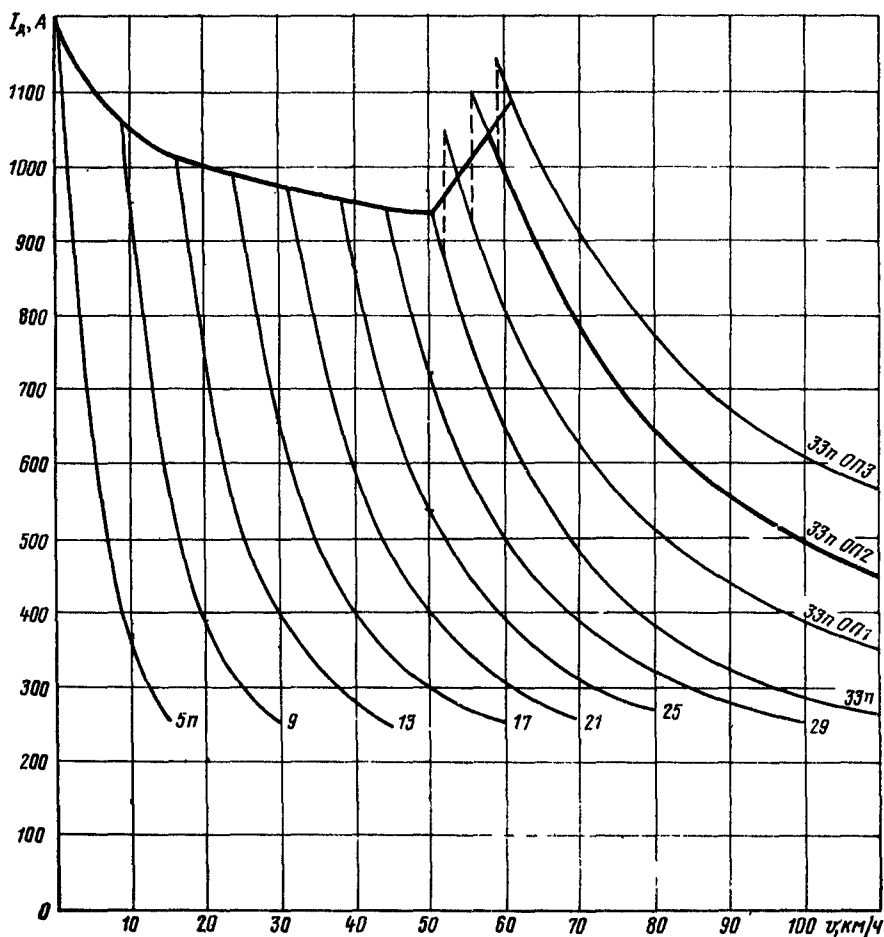


Рис. 4.61. Токовые характеристики тягового электродвигателя НБ-418К электровоза ВЛ80*

Ограничение по сцеплению

ν	0	0,5	8,5	15,5	22,0	29,5	37,0	43,5	50,5	53,5	57,0	61,0
I_d	1225	1210	1070	1020	1000	985	970	960	950	1015	1090	1170

Переход	I_d	ν
НП — ОП1	900 — 1070	52,0
ОП1 — ОП2	970 — 1145	55,0
ОП2 — ОП3	1030 — 1235	59,0

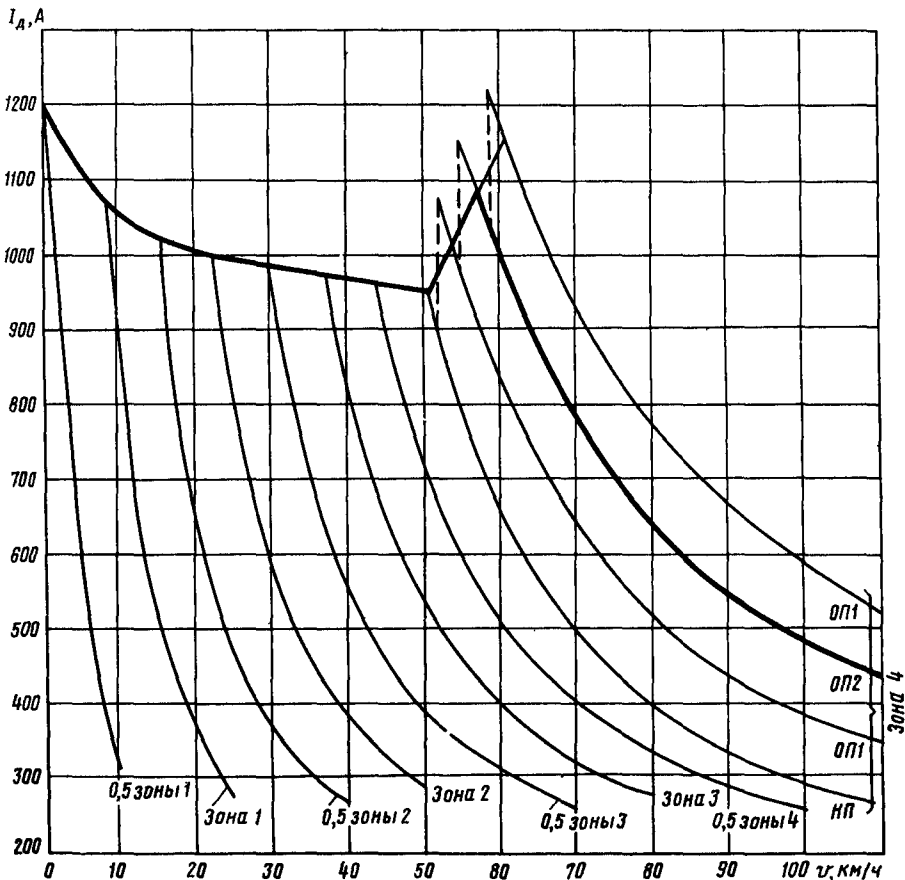


Рис. 4.62. Токные характеристики тягового электродвигателя НБ-418К электро-
воза ВЛ80Р

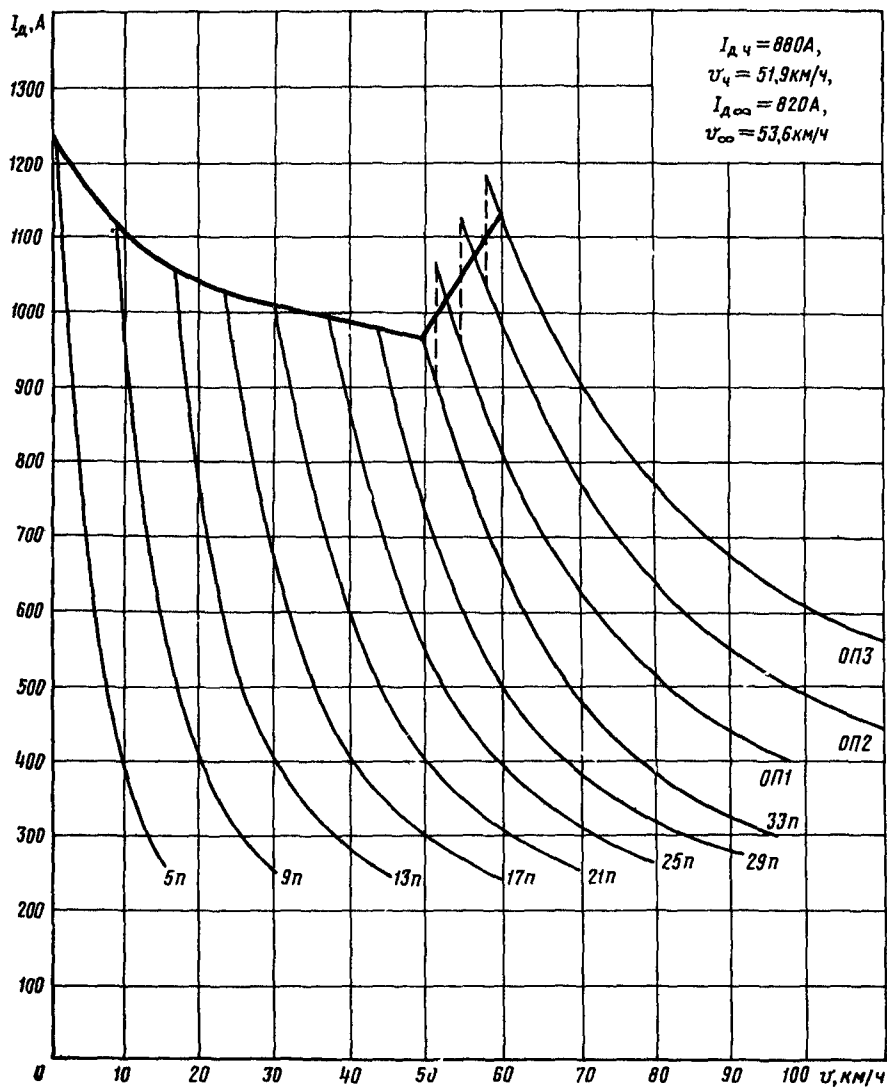


Рис 4 63 Токowe характеристики тягового электродвигателя

ν	I_A										
	5n	9n	13n	17n	21n	25n	29n	33n	33n		
									оп1	оп2	оп3
1	1230	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,5	875	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	645	1540	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,5	470	1205	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	360	935	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12,5	294	723	1415	—	—	—	—	—	—	—	—
15	257	575	1140	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	387	745	1325	—	—	—	—	—	—	—
25	—	296	510	928	1438	—	—	—	—	—	—
30	—	250	395	651	1050	1440	—	—	—	—	—
35	—	—	322	492	770	1110	1470	—	—	—	—
40	—	—	277	399	582	850	1165	1445	—	—	—
45	—	—	248	338	472	660	900	1180	1350	1580	—
50	—	—	—	297	400	540	723	962	1130	1310	1435
55	—	—	—	270	349	453	593	776	940	1120	1230
60	—	—	—	249	308	389	502	645	806	985	1125
65	—	—	—	—	274	345	435	551	701	872	1000
70	—	—	—	—	258	312	387	480	628	775	902
80	—	—	—	—	—	268	322	384	515	640	770
90	—	—	—	—	—	—	282	327	442	552	674
100	—	—	—	—	—	—	252	287	390	491	608
110	—	—	—	—	—	—	—	259	349	448	587

Ограничение по сцеплению

ν	0	8,5	16	23	30,5	37,5	43,5	49,5	53,2	56,5	59,4
I_A	1230	1115	1056	1030	1015	980	975	962	1015	1075	1130

Переход на 33n	По I	По ν
нп — оп1	810 — 1060	51,5
оп1 — оп2	860 — 1120	54,5
оп2 — оп3	1075 — 1130	58

НБ-418К электровоза ВЛ80^{ст} при $\mu=4,19$

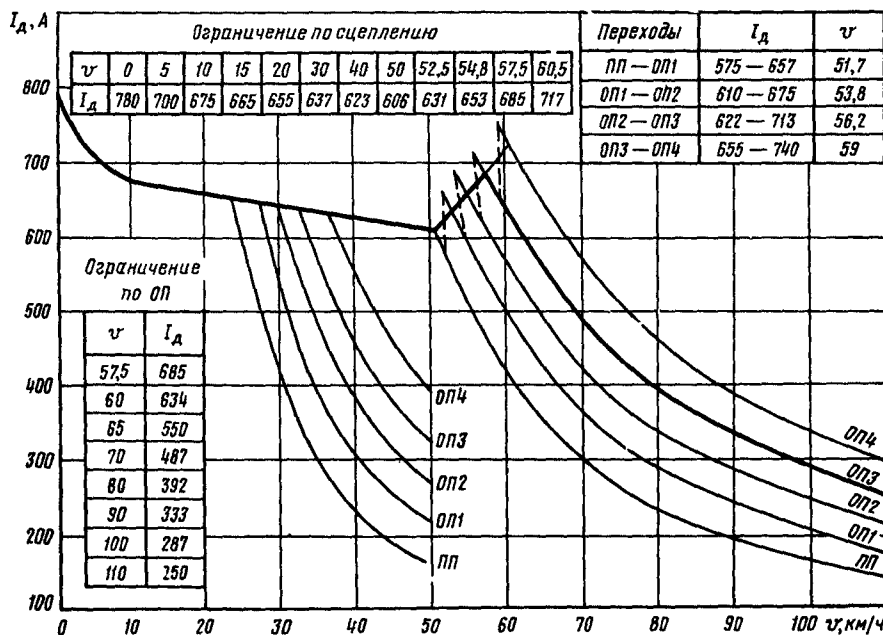


Рис. 4.64. Токовые характеристики тягового электродвигателя НБ-407Б электропоезда ВЛ82 (работа на переменном токе)

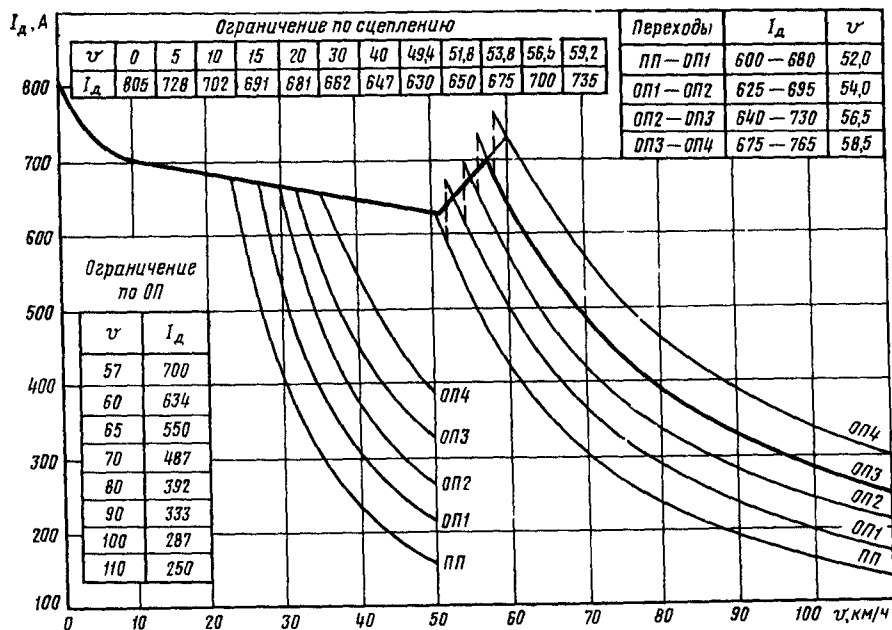


Рис. 4.65. Токовые характеристики тягового электродвигателя НБ-407Б электропоезда ВЛ82^м (работа на переменном токе)

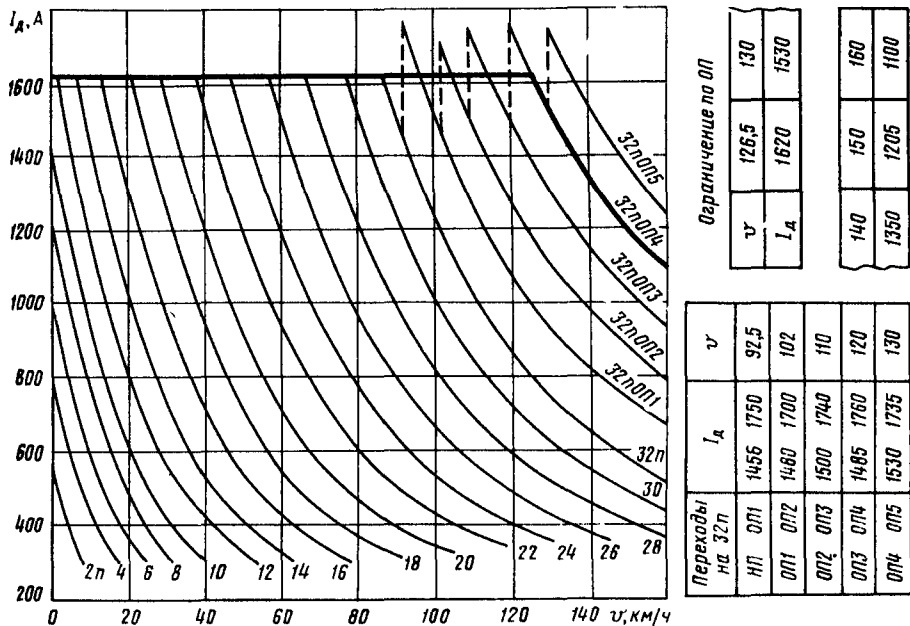


Рис. 4.66. Токowe характеристики тягового электродвигателя AL4442 пр электровозов ЧС4 и ЧС4⁷

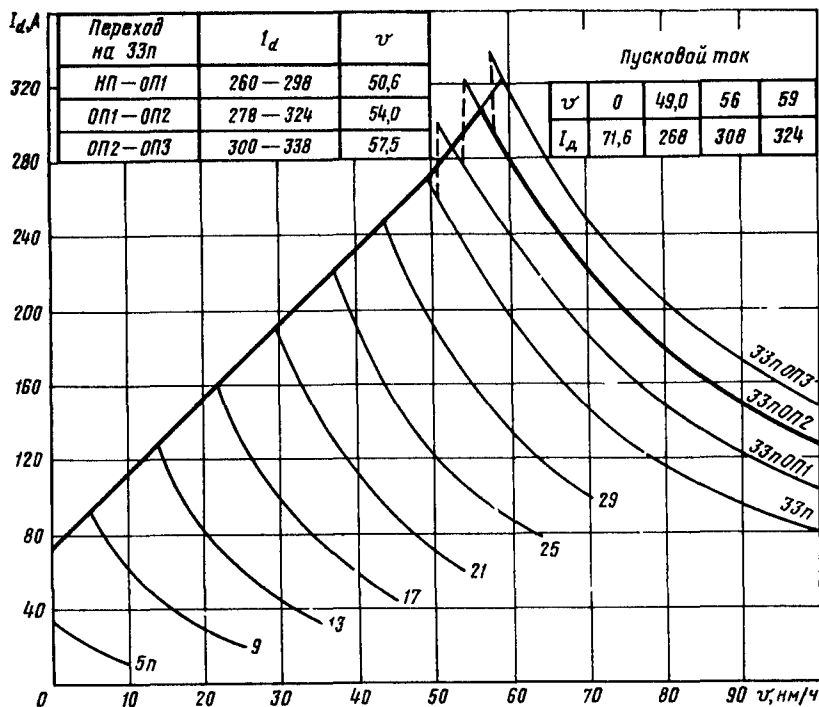


Рис. 4.67. Токowe характеристики электровозов ВЛ60^к и ВЛ60^р (приведенный выпрямленный ток)

Переход на 33п	I_d	ν
НП — ОП1	333 — 398	63,5
ОП1 — ОП2	352 — 410	67,5
ОП2 — ОП3	362 — 420	72,5

Пусковой ток				
ν	0	40,0	65,5	74,5
I_d	58	253	376	394

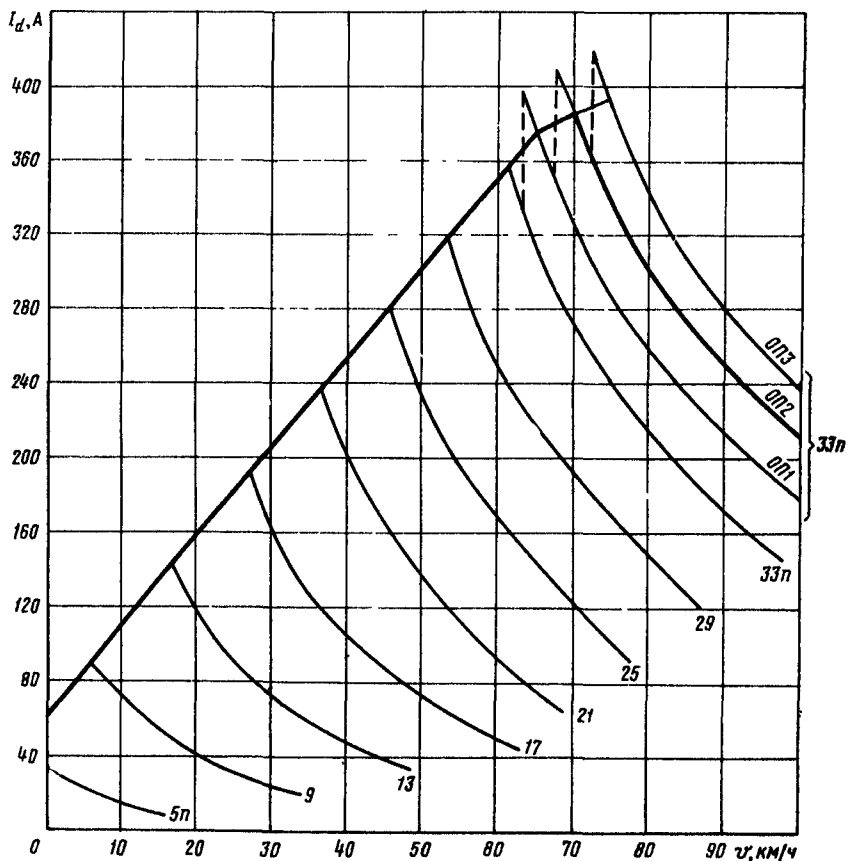


Рис 4 68 Токовые характеристики электровоза ВЛ60^{пк} (приведенный выпрямленный ток)

Переход на 33п	По току I	По скорости v
нп - оп1	336 - 408	52
оп1 - оп2	356 - 426	55,7
оп2 - оп3	388 - 446	59,2

Пусковой ток

v	0	50,5	61
I_d	66	356	427

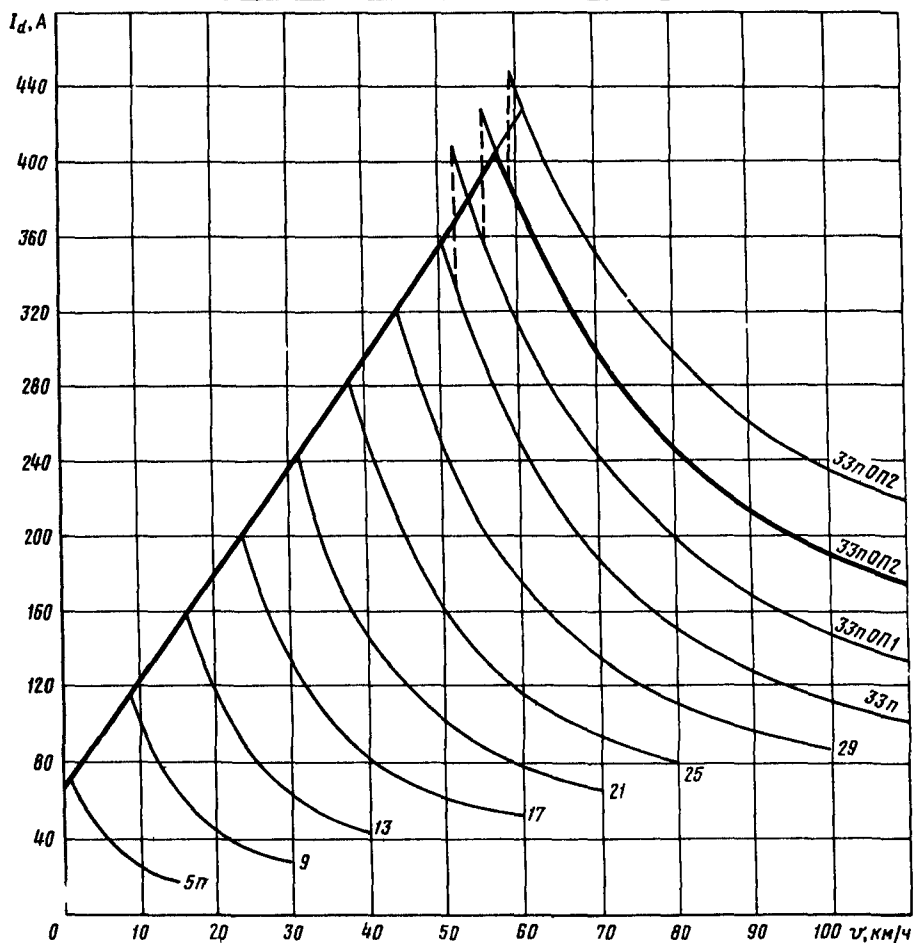
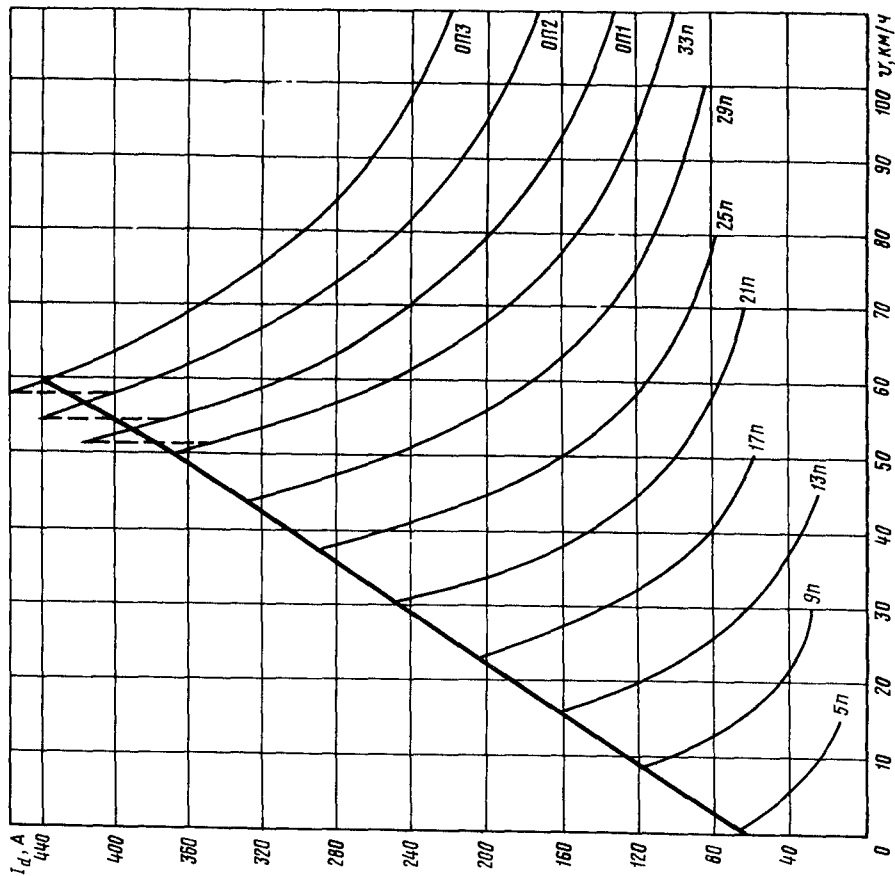


Рис 4 69. Токовые характеристики электровозов ВЛ180* (приведенный выпрямленный ток)



ν	I_d									
	5n	9n	13n	17n	21n	25n	29n	33n	33n	33n
5	42	174	—	—	—	—	—	—	—	—
10	24	105.5	—	—	—	—	—	—	—	—
15	172	65	182	—	—	—	—	—	—	—
20	—	43.8	119	279	—	—	—	—	—	—
30	—	28.3	63.2	135	266	432	—	—	—	—
40	—	—	44.2	82.7	147	253.7	485	570	—	—
50	—	—	—	61.5	101	162	251	379	440	510
60	—	—	—	51.7	78	116.5	175	254	313	383
70	—	—	—	—	—	65.4	93.5	135	189	244
80	—	—	—	—	—	—	80.4	112	151.5	200
90	—	—	—	—	—	—	—	98	129	169
100	—	—	—	—	—	—	—	81.5	113	147
110	—	—	—	—	—	—	—	—	102	135.5

Переход на 33n	По I	По ν
1П — 0П1	544 — 424	51.5
0П1 — 0П2	373 — 440	54.5
0П2 — 0П3	400 — 460	58

Пусковой ток

ν	0	49.5	59.4
I_d	68	368	440

Рис. 4.70. Токые характеристики электро-
воза ВЛ80ст с электродвигателями
НБ-418К (приведенный выпрямленный ток)

Ограничение по сцеплению

ν	0	1	8,5	15	21,8	29	36,5	43,5	50	53,6	57,5	61
I_d	52	59	110	158	204	248	291	335	378	399	421	445

Переход	I_d	ν
НП — ОП1	345 — 420	52
ОП1 — ОП2	372 — 447	56
ОП2 — ОП3	403 — 465	59

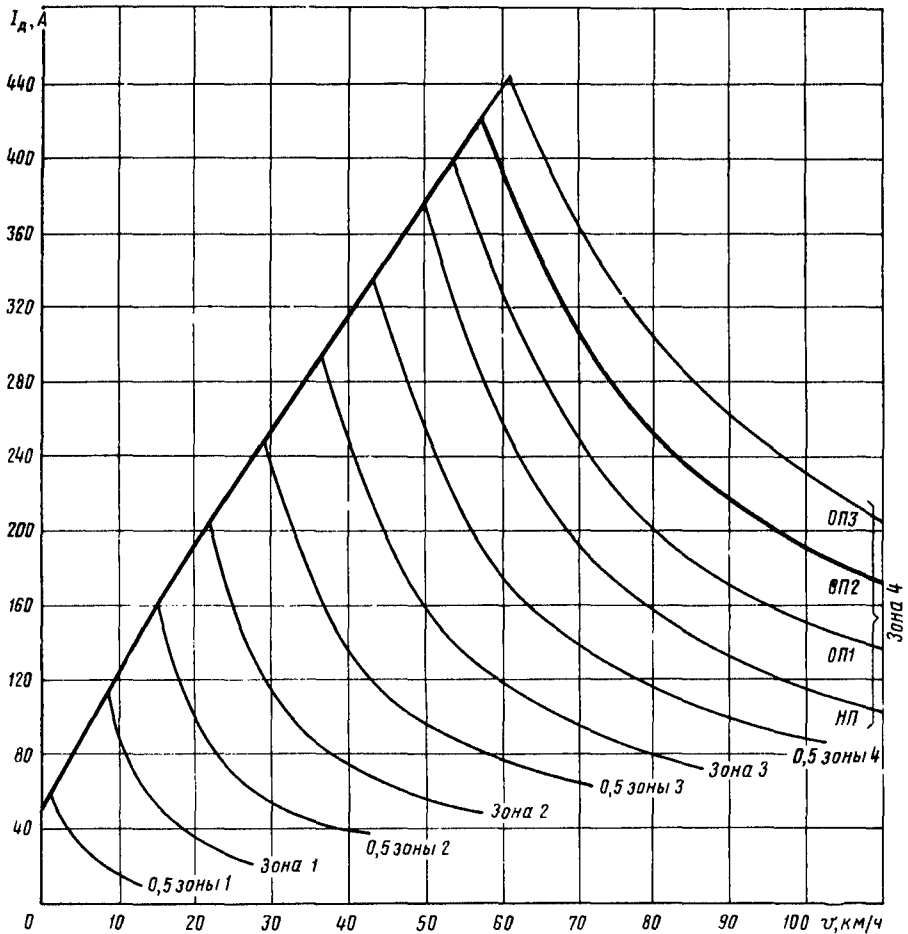


Рис. 4.71. Токовые характеристики электровоза ВЛ80В (приведенный выпрямленный ток)

Переходы	I_d	v
пп — оп1	344 — 382	51,7
оп1 — оп2	362 — 404	53,8
оп2 — оп3	377 — 426	56,2
оп3 — оп4	392 — 445	59

Ограничение
по сцеплению

Режим	v	I_d
с	0	237
	5	220
	10	208
	20	195
	24,2	192
п	24,2	384
	30	379
	40	369
	51	358
	52,5	371
	54,8	389
	57,5	408
	60,5	428

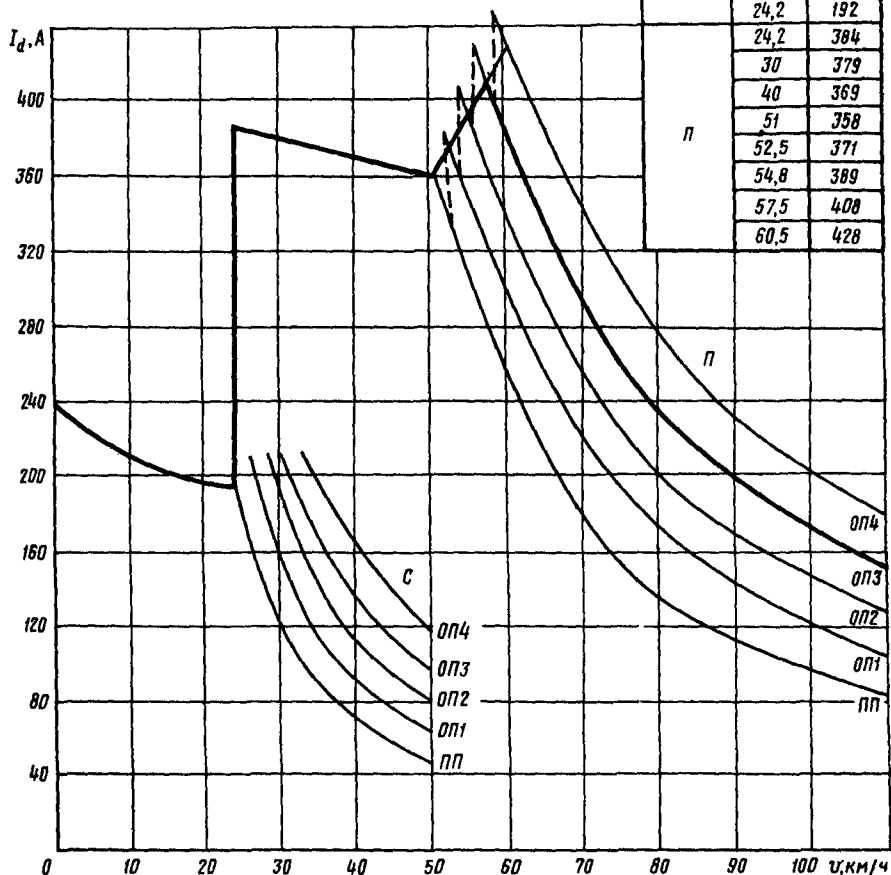


Рис. 4.72. Токовые характеристики электровоза ВЛ82 (приведенный выпрямленный ток)

Ограничение по сцеплению

Переход	I_d	ν
пп — оп1	354 — 400	52,0
оп1 — оп2	364 — 420	54,0
оп2 — оп3	382 — 423	56,5
оп3 — оп4	392 — 434	58,5

Режим	ν	I_d
сп	0	246
	5	229
	10	216
	20	203
	24,2	200
п	24,2	400
	30	394
	40	383
	49,4	374
	51,8	382
	53,8	396
	56,5	408
	59,2	422

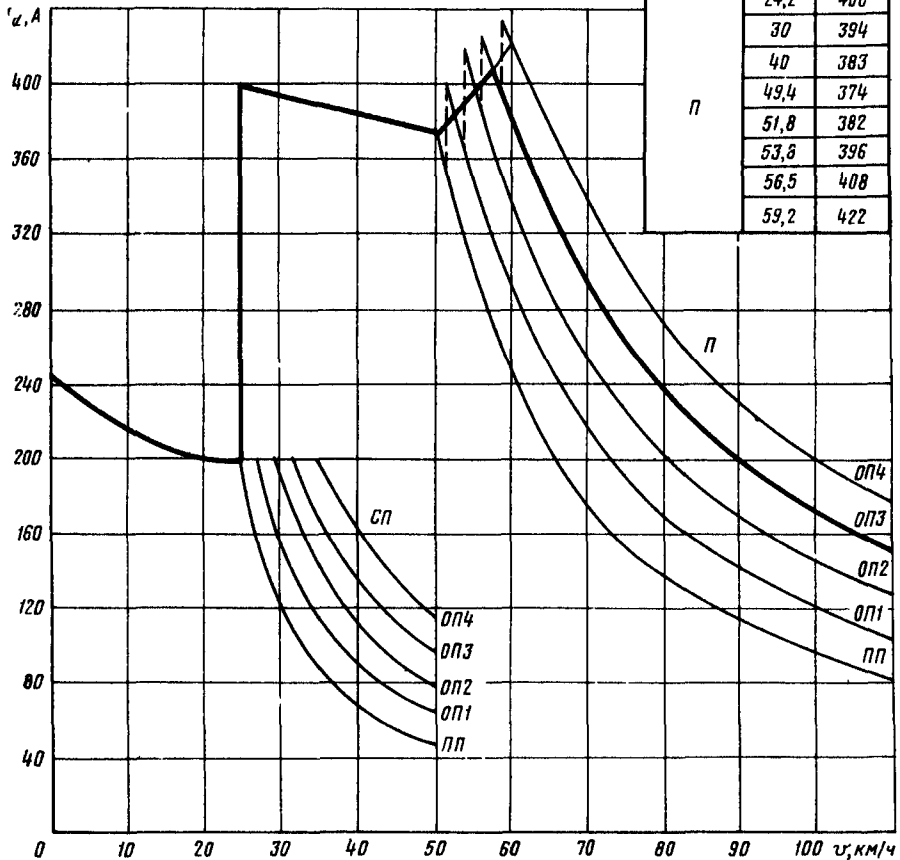


Рис. 4.73. Токвые характеристики электровоза ВЛ82^м (приведенный выпрямленный ток)

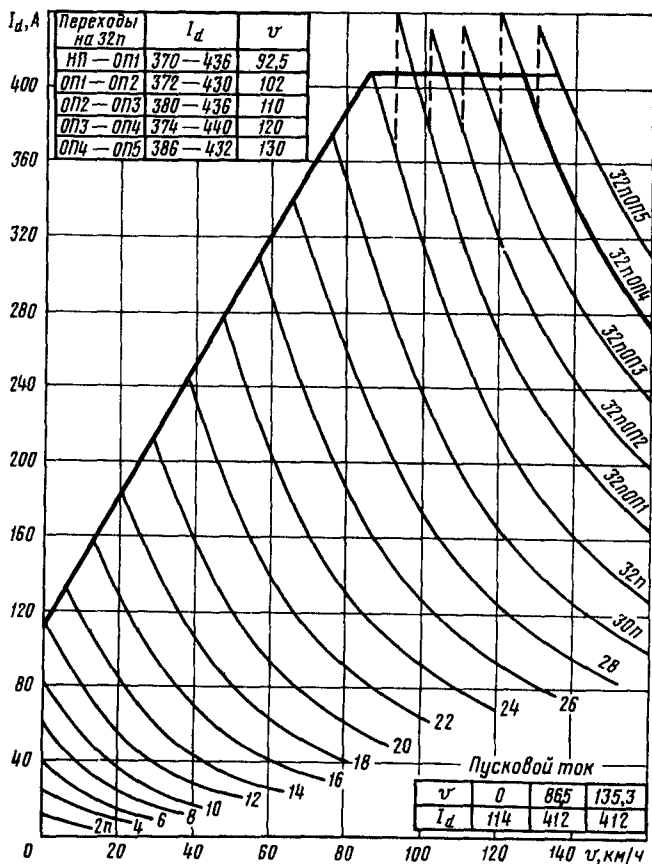


Рис. 4.74. Токовые характеристики электровозов ЧС4 и ЧС4^т (приведенный выпрямленный ток)

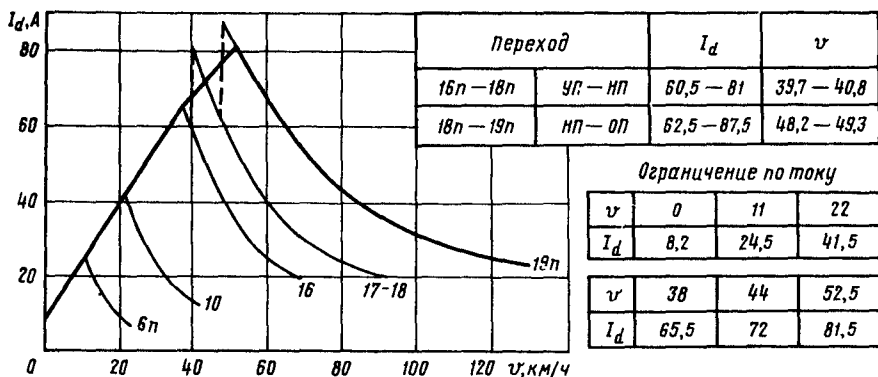


Рис. 4.75. Токовые характеристики моторного вагона электропоездов ЭР9, ЭР9П и ЭР9М (приведенный выпрямленный ток)

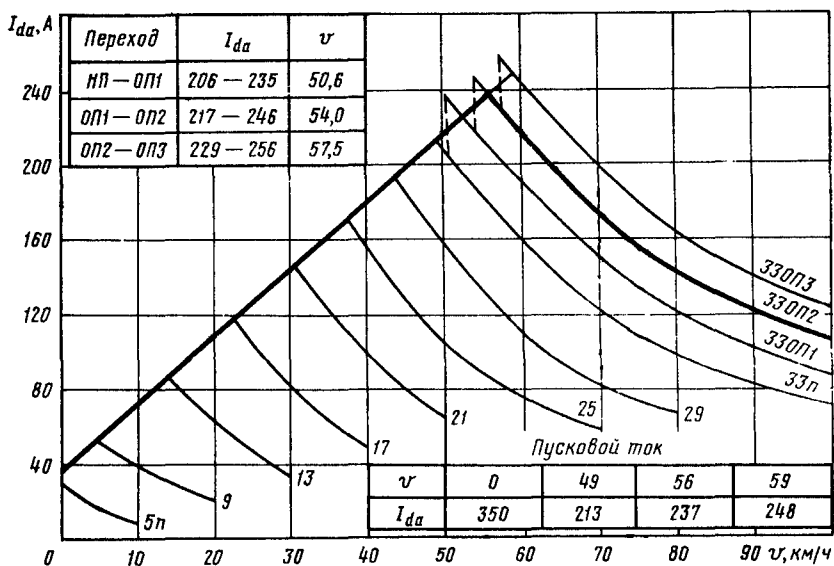


Рис. 4.76. Токовые характеристики электровентов ВЛ60^к и ВЛ60^р (активный ток)

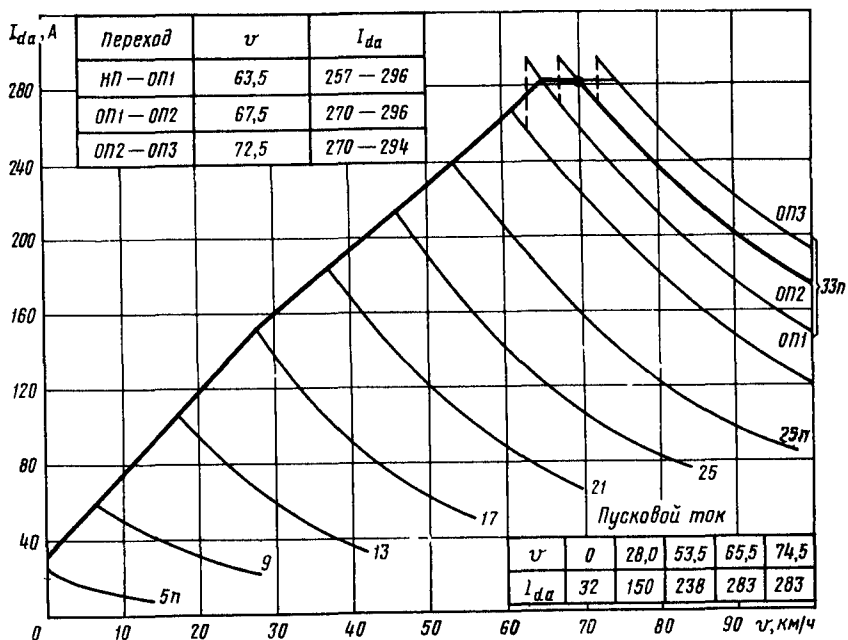


Рис. 4.77. Токовые характеристики электровента ВЛ60^{пк} (активный ток)

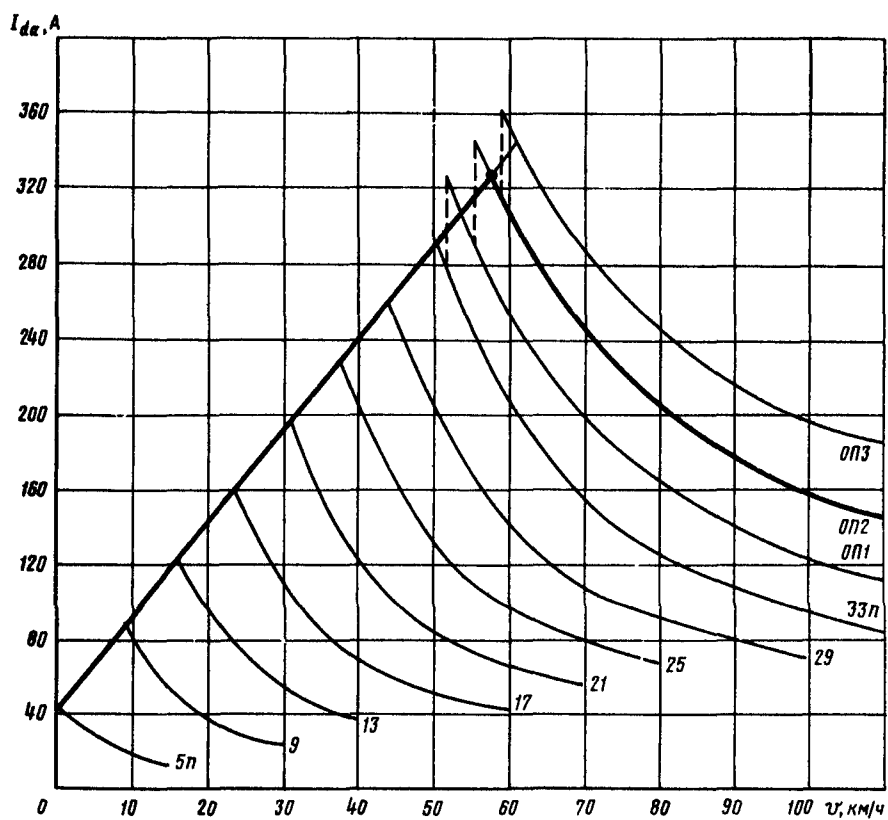
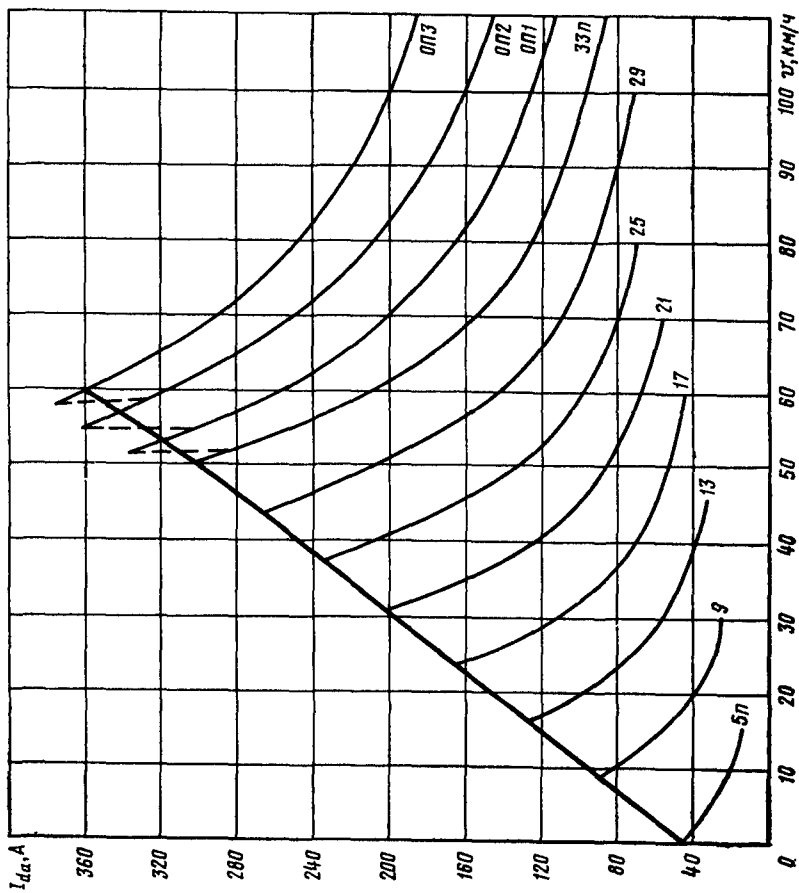


Рис. 4 78 Токовые характеристики электровоза ВЛ80^к (активный ток)



ν	I_{da}										
	5n	9n	13n	17n	21n	25n	29n	33n	33n		
5	28	—	—	—	—	—	—	—	0n1	0n2	0n3
10	19	77	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	14	53	140	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	36	95	211	—	—	—	—	—	—	—
30	—	24	52	110	214	335	—	—	—	—	—
40	—	—	37	68	122	205	308	429	—	—	—
50	—	—	—	51	85	133	206	300	348	408	460
60	—	—	—	43	66	96	140	206	254	312	356
70	—	—	—	—	55	78	108	155	200	247	287
80	—	—	—	—	—	68	90	125	165	208	246
90	—	—	—	—	—	—	79	107	140	178	218
100	—	—	—	—	—	—	71	94	122	158	196
110	—	—	—	—	—	—	—	85	113	145	184

Переход на 33n	I_{da}	ν
нп — 0n1	284 — 332	51,5
0n1 — 0n2	302 — 360	54,5
0n2 — 0n3	330 — 370	58

Ограничение по рассеянию

ν	0	49,5	59,4
I_{da}	46,3	299	360

Рис 4.79 Токowe характеристики электронов ВЛ80 и ВЛ80г (активный ток)

Ограничение по сцеплению

ν	0	1	8,5	15	21,8	29	36,5	43,5	50	53,6	57,5	61
I_{da}	24	33	86	118	161	189	207	262	299	315	332	348

Переход	I_{da}	ν
НП — ОП1	260 — 326	52
ОП1 — ОП2	287 — 340	56
ОП2 — ОП3	295 — 360	59

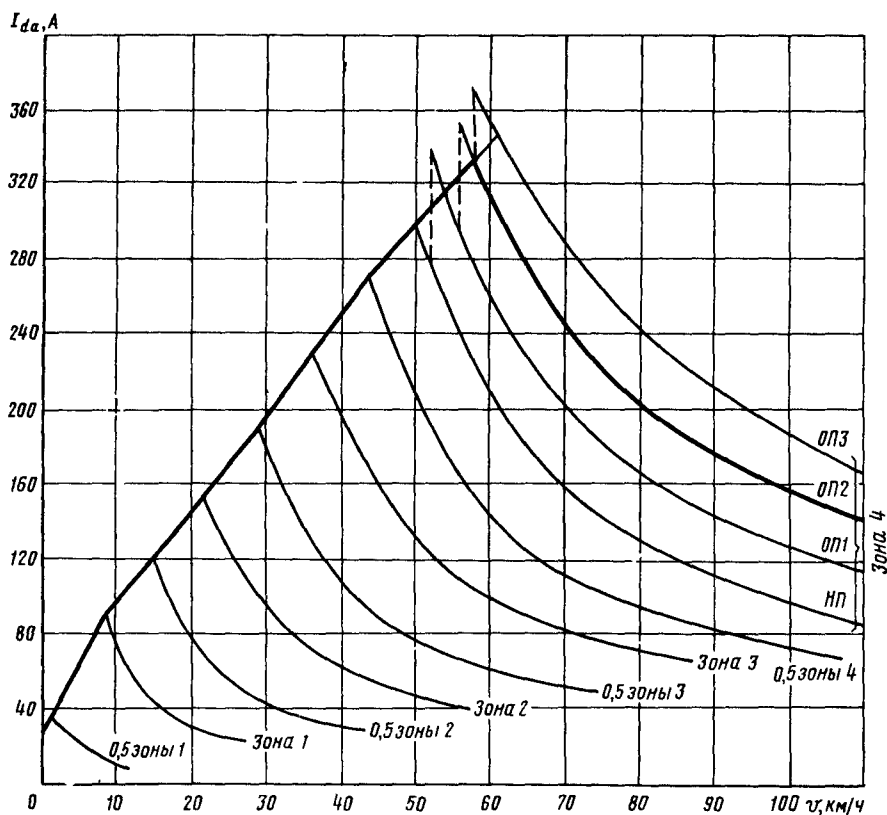


Рис. 4 80. Токовые характеристики электровоза ВЛ80Р (активный ток)

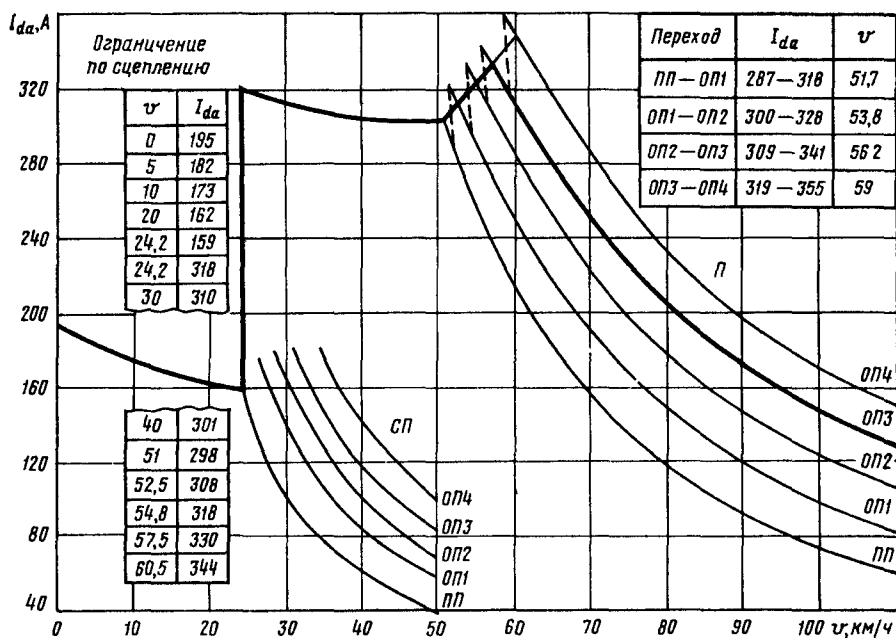


Рис 4 81 Токовые характеристики электровоза ВЛ82 (активный ток)

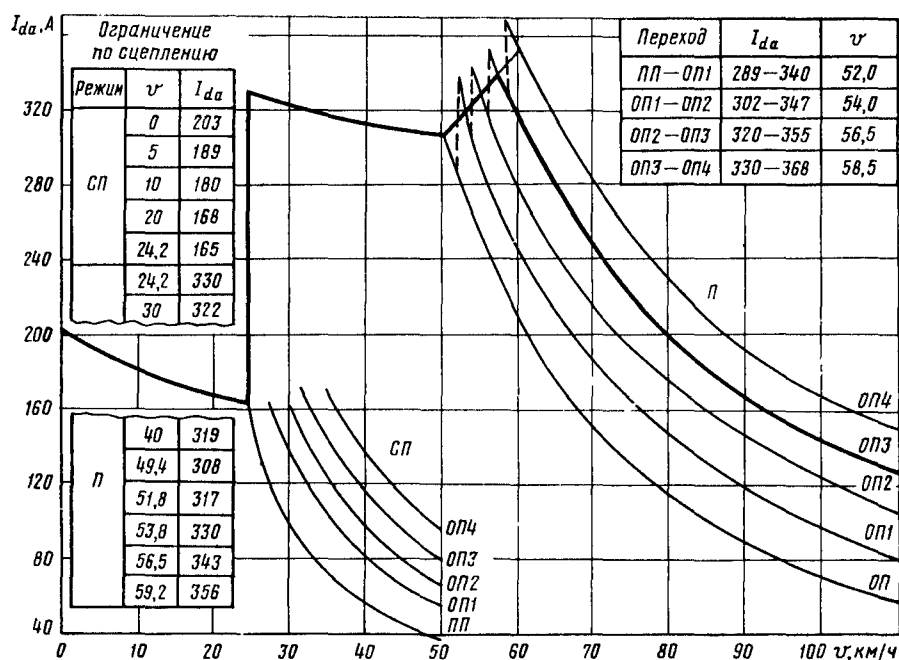


Рис. 4.82. Токовые характеристики электровоза ВЛ82^м (активный ток)

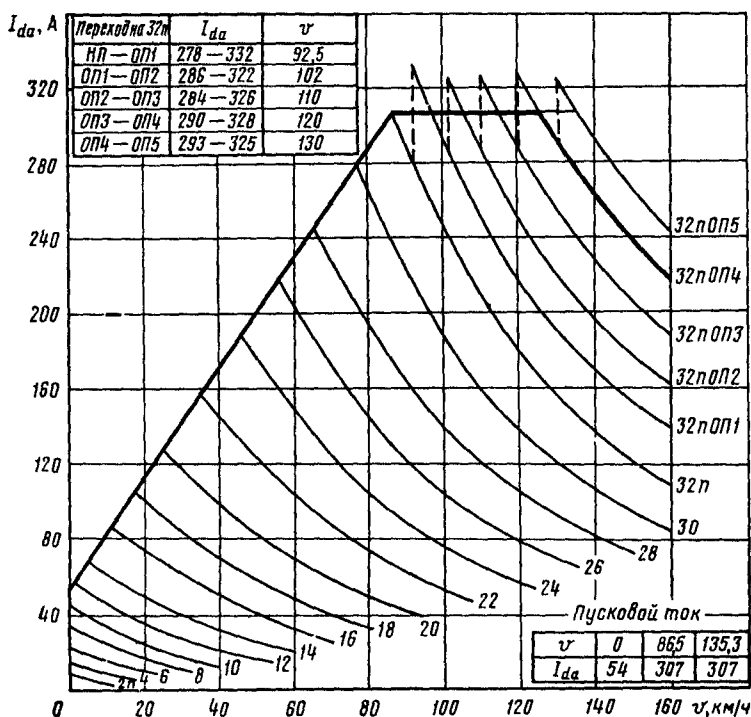


Рис. 4.83. Токовые характеристики электровозов ЧС4 и ЧС4^т (активный ток)

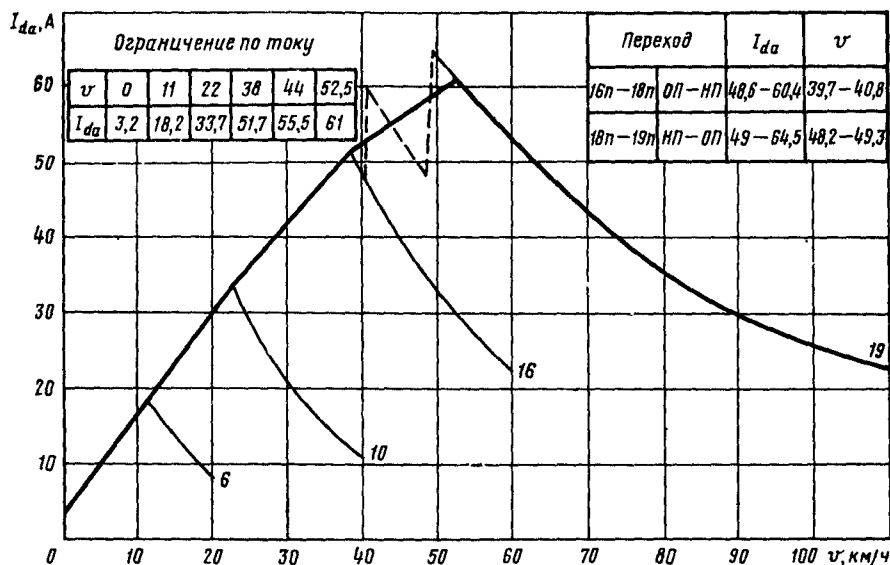


Рис. 4.84. Токовые характеристики моторного вагона электропоездов ЭР9, ЭР9П и ЭР9М (активный ток)

Ограничение по сцеплению, по I_d/I_R

При С П

Прис

v	12,7	13	13,5	13,8	14,2	15,4	17,2	20,6	24,6	25,3	27,0	28,4	31,4
I_d	268	270	273	280	290	350	436	480	504	480	472	358	227

v	24,2	25,0	25,4	26,0	27,0	28,8	31,5	37,6	49,9	55,8	64,6
I_d	302	314	322	332	360	384	422	474	504	430	376

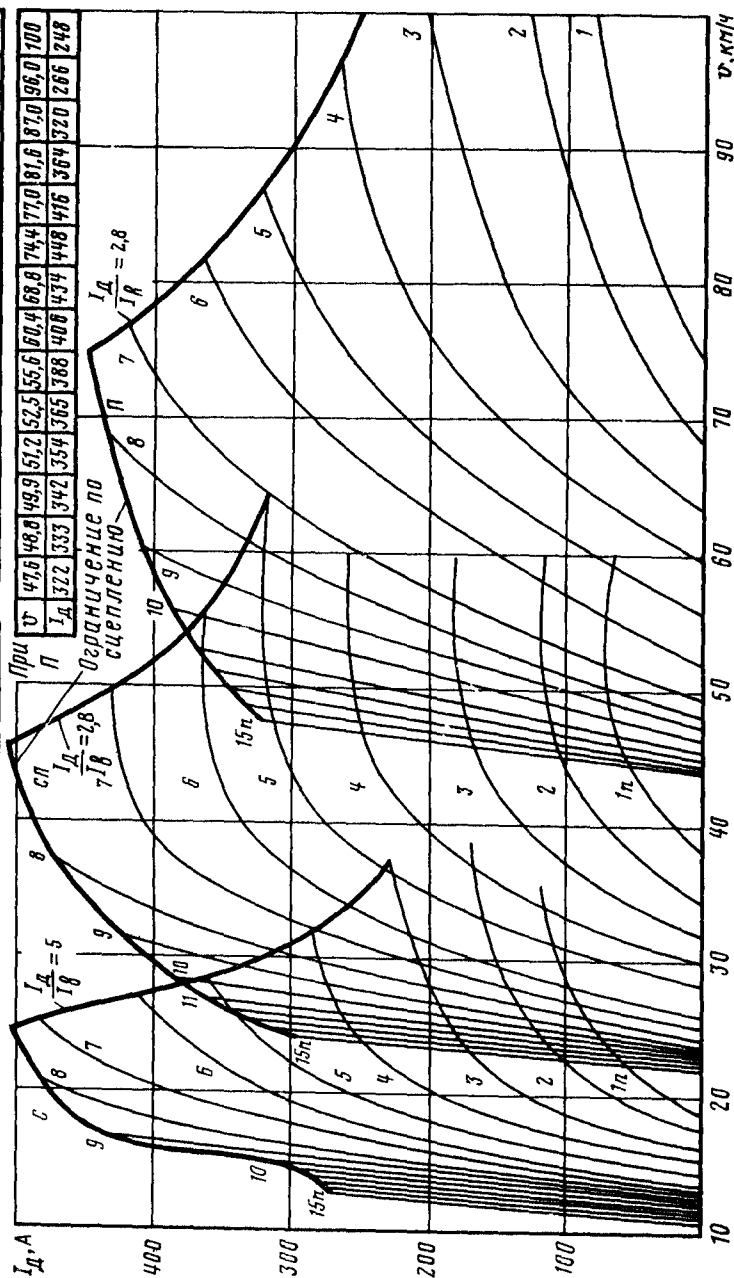


Рис. 4.85. Токвые характеристики тягового электродвигателя НБ-406 при рекуперативном торможении

Ограничение по сцеплению

при C	v	16,2	16,7	17,5	18,5	19,5	21	24,5
	I_d	463	470	484	500	516	543	603
СП	v	30,8	31,3	32	32,8	34,6	37	40,8
	I_d	422	428	435	444	464	490	529
П	v	59	60,8	62,2	63,3	66	68,7	72,8
	I_d	440	446	450	454	464	473	496

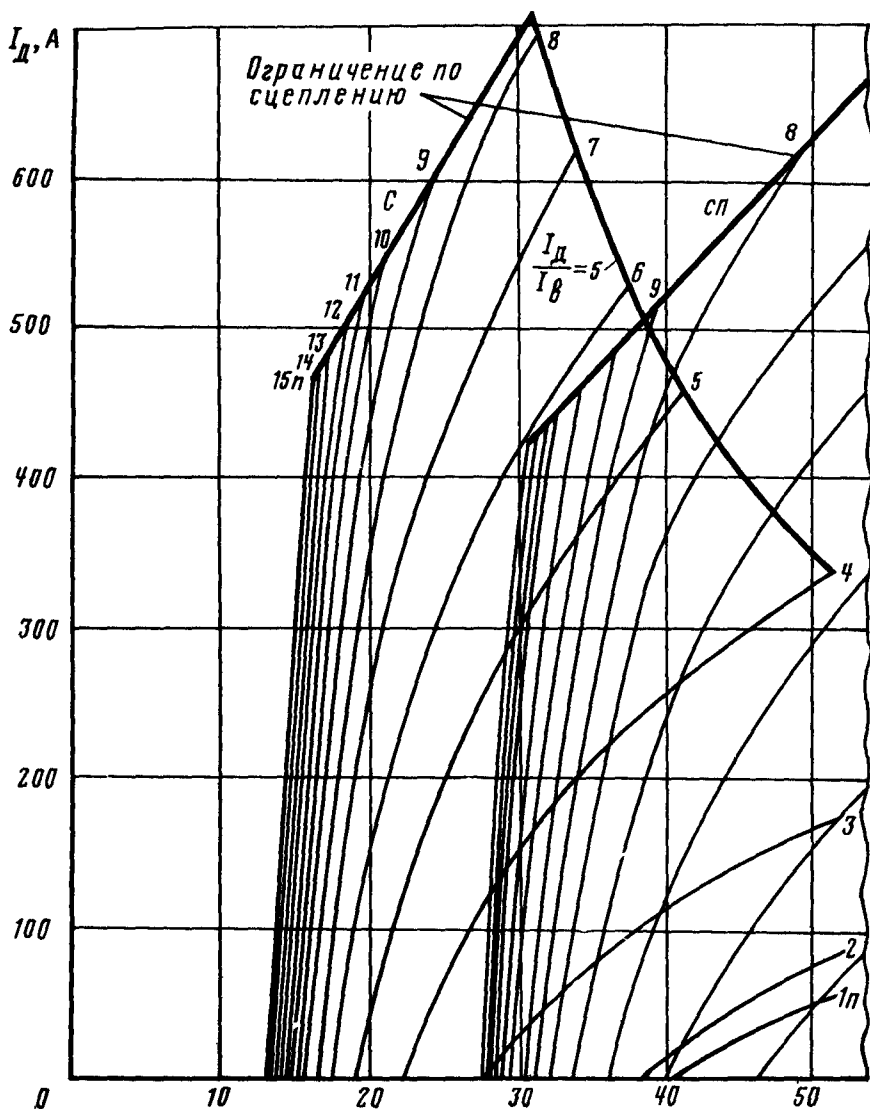


Рис. 4.86. Токовые характеристики тягового электродвигателя

Ограничение по I_d/I_θ

При ϵ

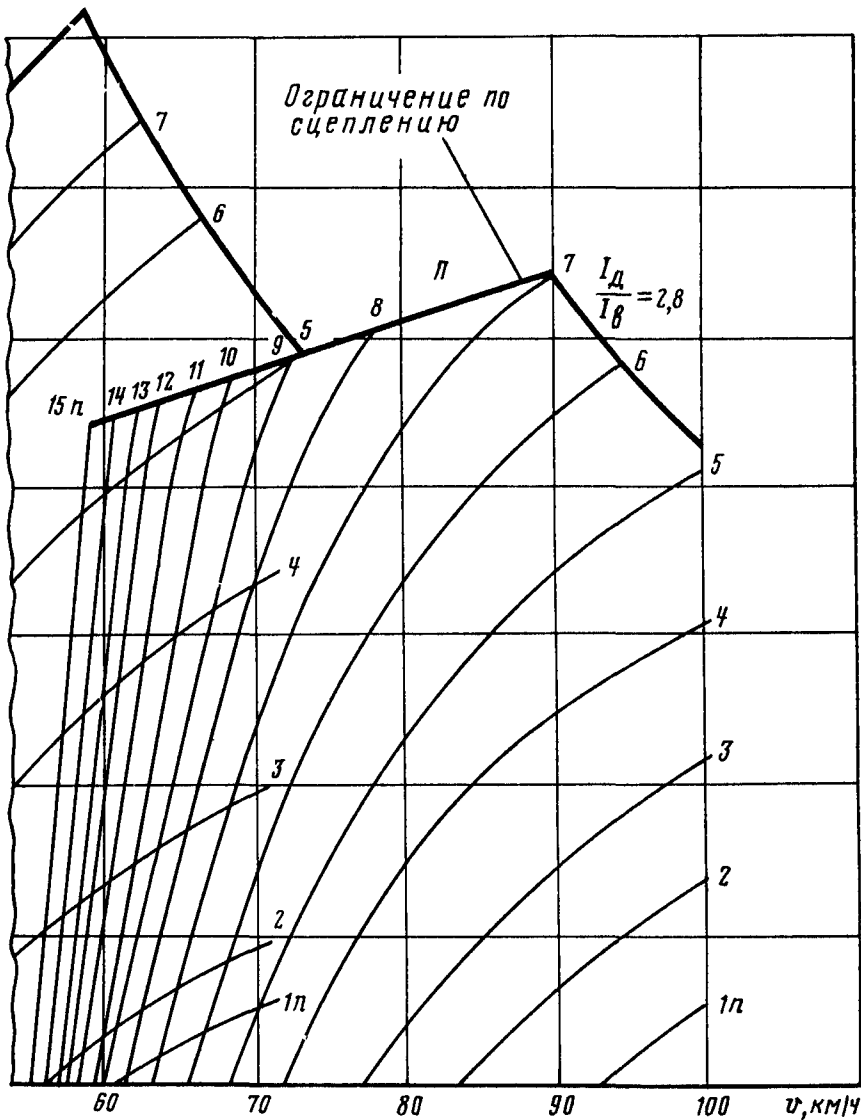
v	31,5	31,9	34,1	37,3	41	51,4
I_d	705	700	619	524	456	335

СП

v	59,0	62,5	66,7	73,4
I_d	718	644	579	487

П

v	90	94,4	100
I_d	543	483	424



Ограничение по сцеплению

Прис	У	16,7	17,4	18,5	19,6	20,8	22,7	27,1
	I _д	552	560	573	585	598	620	675
СП	У	31	31,8	32,7	33,5	35,8	38,8	43,1
	I _д	456	466	475	486	512	548	722
П	У	59,2	60,8	62,5	64,2	67,1	70,6	81,6
	I _д	445	452	460	467	478	489	544

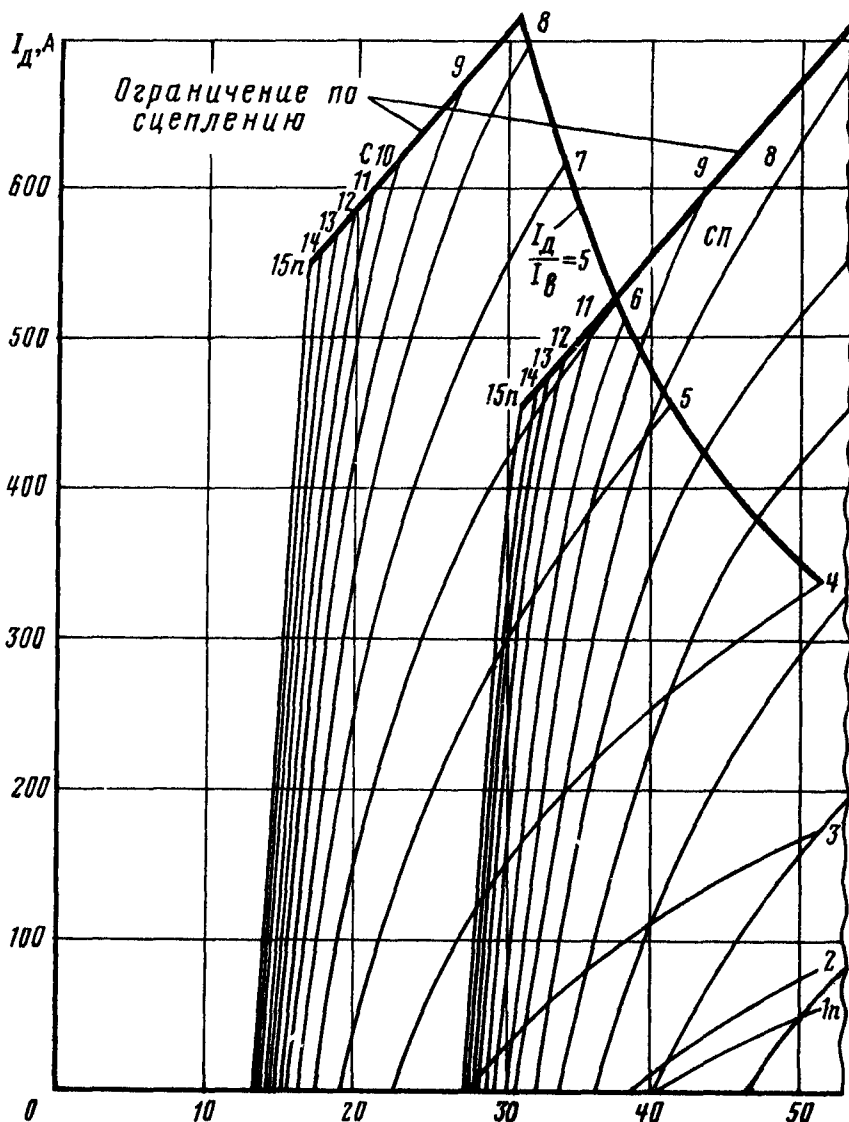


Рис. 4.87. Токовые характеристики тягового электродвигателя

Ограничение по току (720А) и по I_d/I_θ

При С

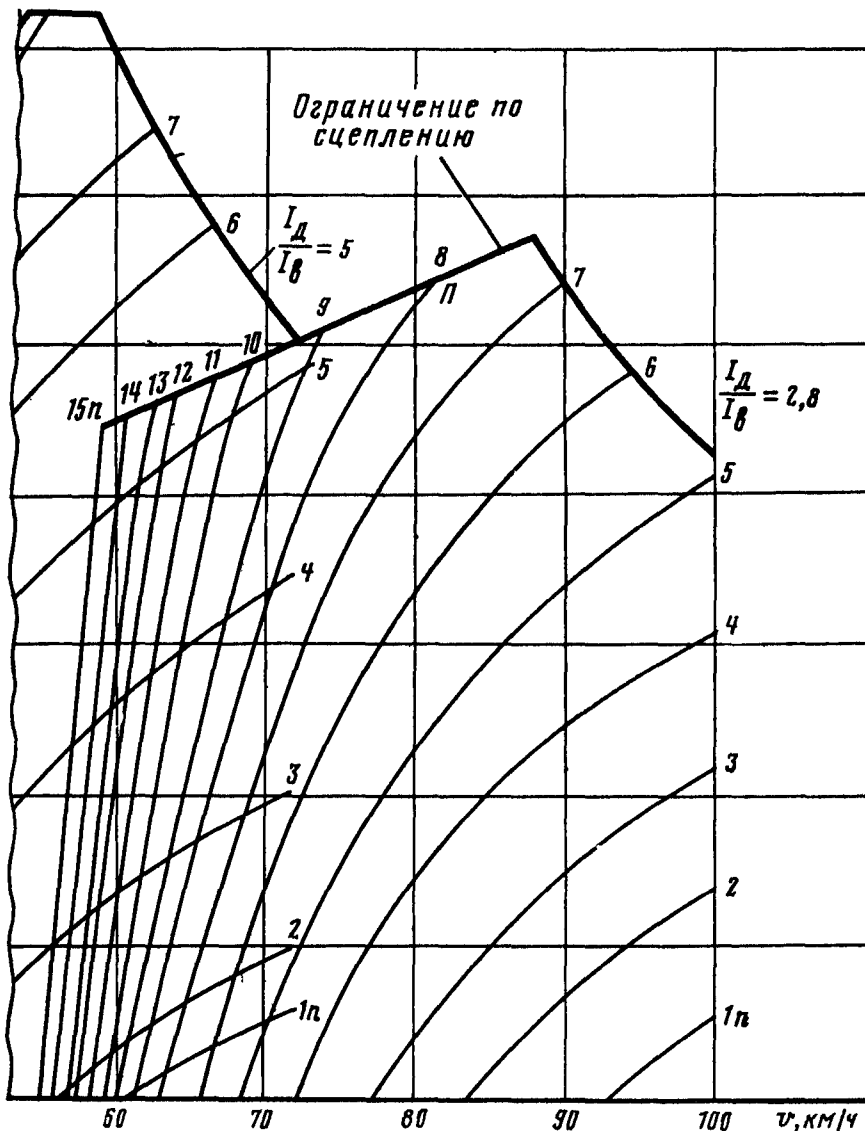
v	30,7	31,9	34,1	37,3	41	51,4
I_d	718	698	615	525	455	336

СП

v	54	59	62,5	66,7	73,4
I_d	722	722	645	579	488

П

v	87,8	90	94,4	100
I_d	573	542	481	426



ТЛ2К-1 электровоза ВЛ10У при рекуперативном торможении

Ограничение по сцеплению

при σ	16,2	16,7	17,5	18,5	19,5	21	24,5
	$I_{д}$ 463	470	484	500	516	543	603
СП	30,8	31,3	32	32,8	34,6	37	40,8
	$I_{д}$ 422	428	436	444	464	490	529
П	59	60,8	62,2	63,3	66	68,7	70,1
	$I_{д}$ 440	446	450	451	464	473	496

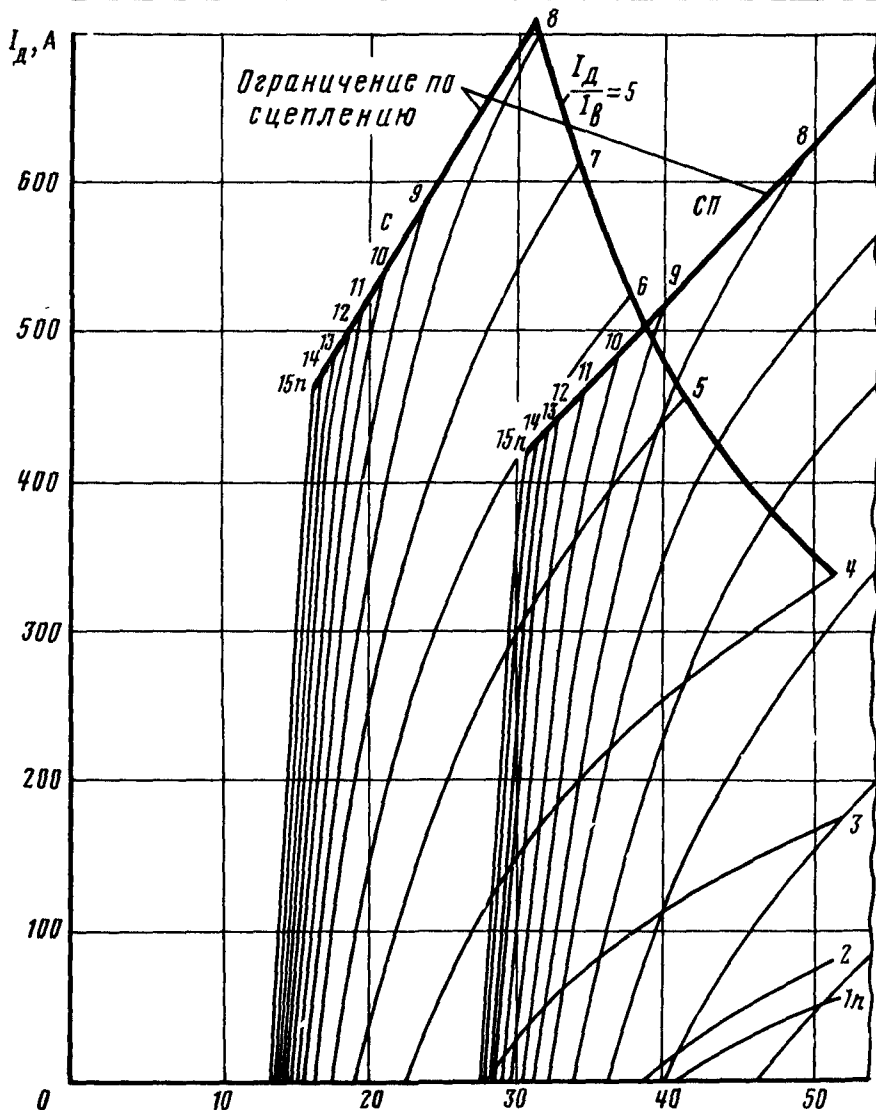


Рис 4.88. Токовые характеристики тягового электродвигателя

Ограничение по I_d/I_β

При σ

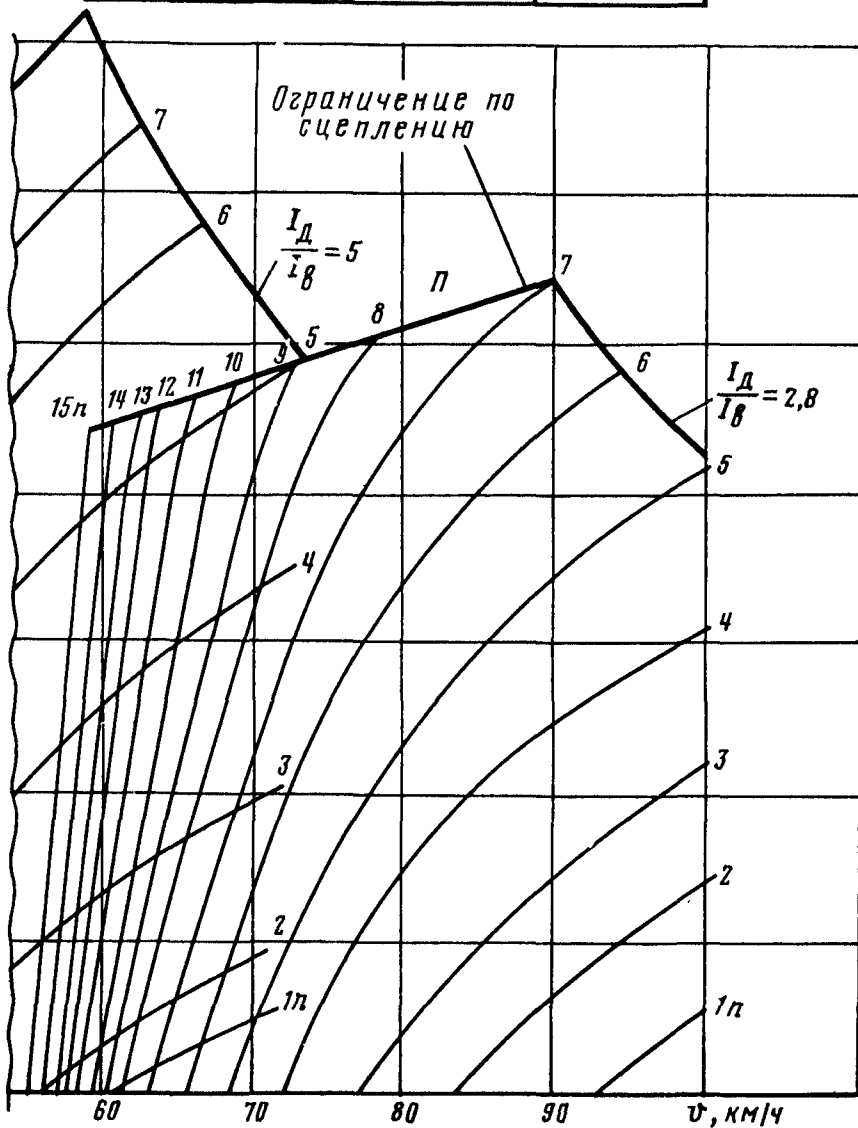
v	31,5	31,9	34,1	37,3	41	51,4
I_d	705	700	619	524	456	335

сп

v	59,0	62,5	66,7	73,4
I_d	718	644	579	487

п

v	90	94,4	100
I_d	543	483	424



ТЛ2К-1 электровоза ВЛ11 при рекуперативном торможении (2 секции)

Ограничение по сцеплению

При С	v	12,4	13,2	14	15	16,6	21,2
	I_d	509	528	550	578	616	720

СП	v	33,0	33,7	34,9	38	41,8	46,9	57,0
	I_d	442	450	466	506	560	622	720

П	v	64	66	68	70,4	75	79	84,3	91
	I_d	464	470	474	479	490	498	510	526

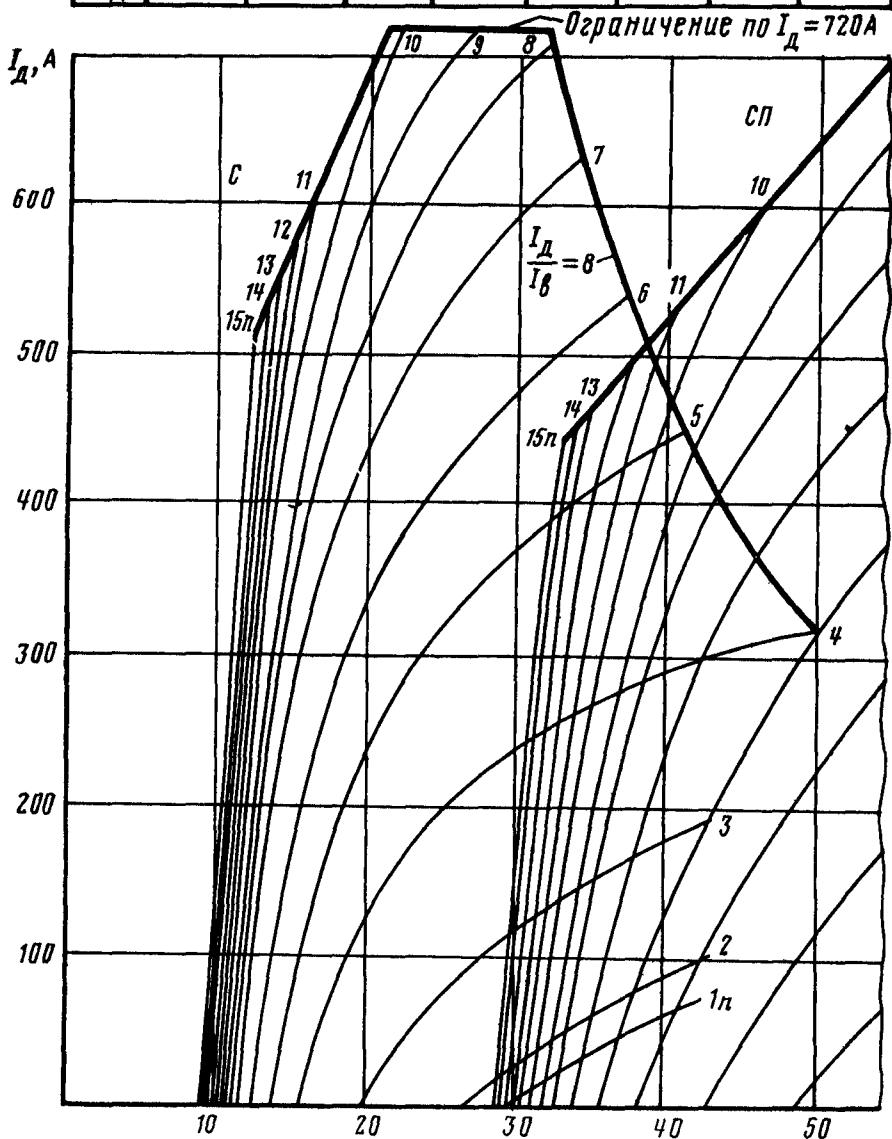


Рис. 4.89. Токвые характеристики тягового электродвигателя ТЛ2К-1

Ограничение по I_d/I_θ

При с

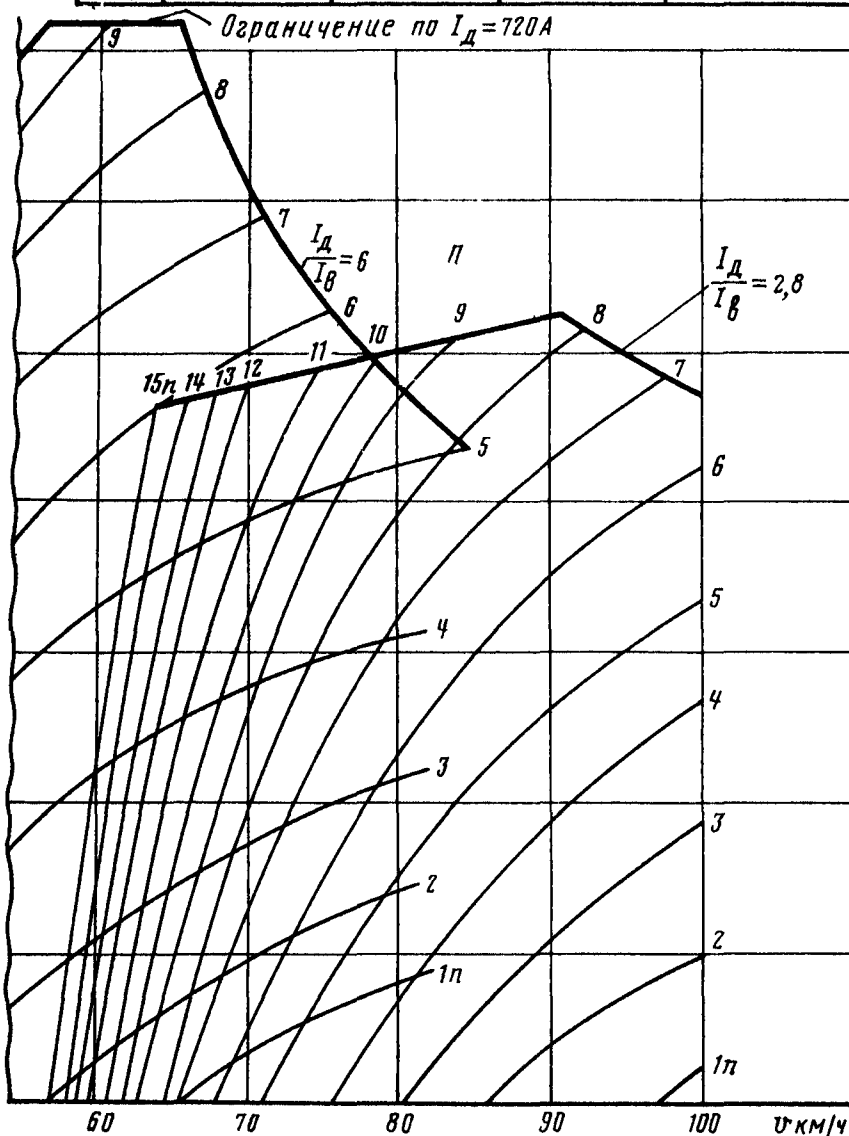
v	21,2	22,2	27,2	32,1	32,2	34,2	37,4	41,2	50,0
I_d	720	720	720	720	713	634	543	452	320

сп

v	57,0	61,0	65,8	67,2	71,0	75,6	85
I_d	720	720	720	674	590	526	434

п

v	91	92,6	98,0	100
I_d	526	516	484	472



электровоза ВЛ11 при рекуперативном торможении (3 секции)

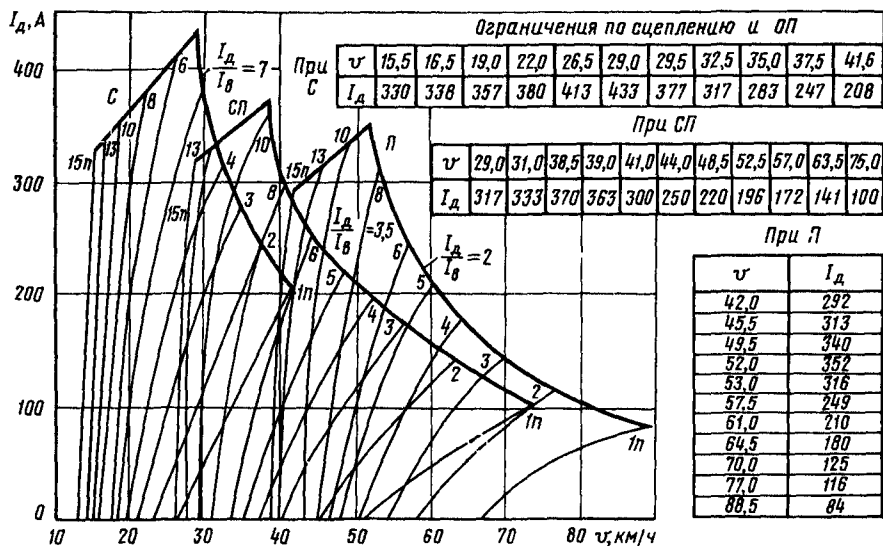


Рис. 4.90. Токовые характеристики тягового электродвигателя ДПЭ-400 электровагона ВЛ22^м при рекуперативном торможении

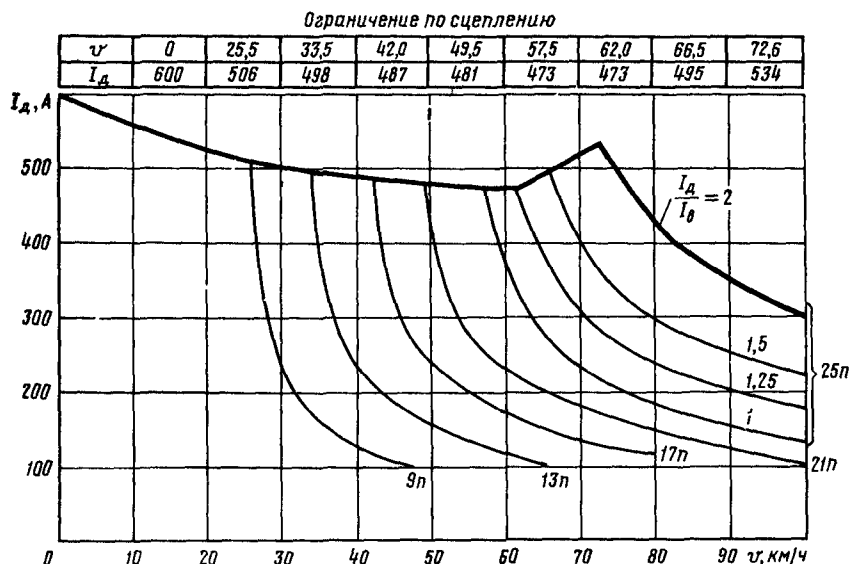


Рис. 4.91. Токовые характеристики тягового электродвигателя НБ-412К электровагона ВЛ60^м при рекуперативном торможении

*Ограничение по току возбуждения, по сцеплению,
по току продолжительного режима тормозных резисторов
и по коммутации*

v	10	19,5	25	30	31,5	31,5	37,5	40	50	60	66,5	80	89	95	100	110
I_d	350	685	775	830	830	610	630	685	750	800	830	830	820	510	385	275

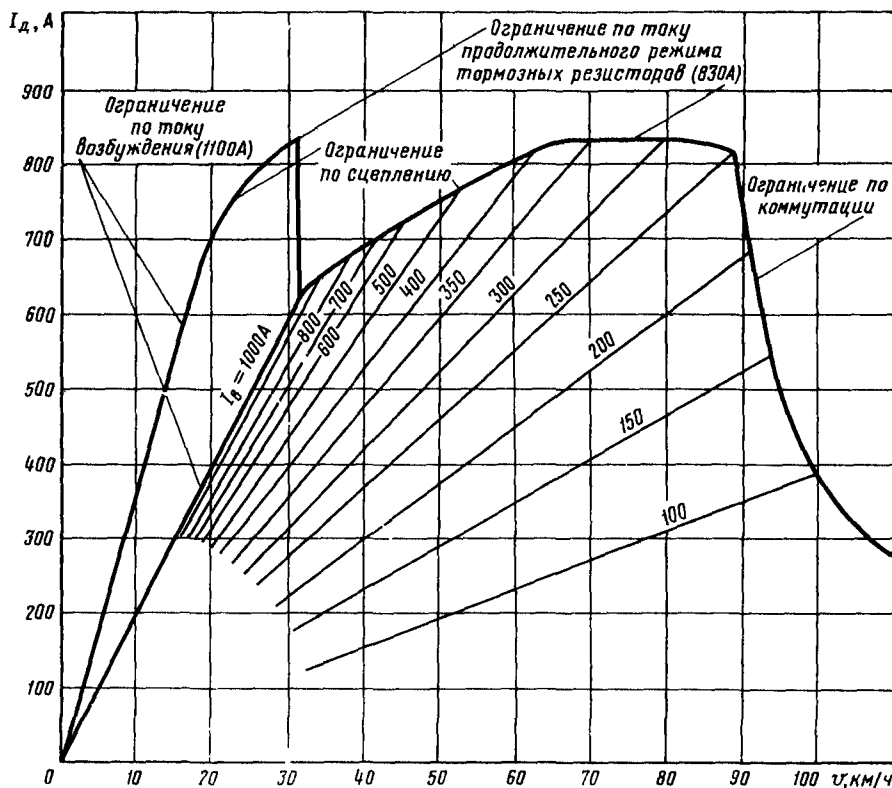


Рис. 4.92. Токвые характеристики тягового электродвигателя НБ-418К электровозов ВЛ80* с № 1173 и ВЛ80^с при реостатном торможении

Ограничение по току возбуждения, по сцеплению,
по току тормозных резисторов и по коммутации.

v	0	10	20	33	40	50	60	67	80	87,5	95	100	110
I_d	0	195	385	635	695	760	810	830	830	825	445	370	275

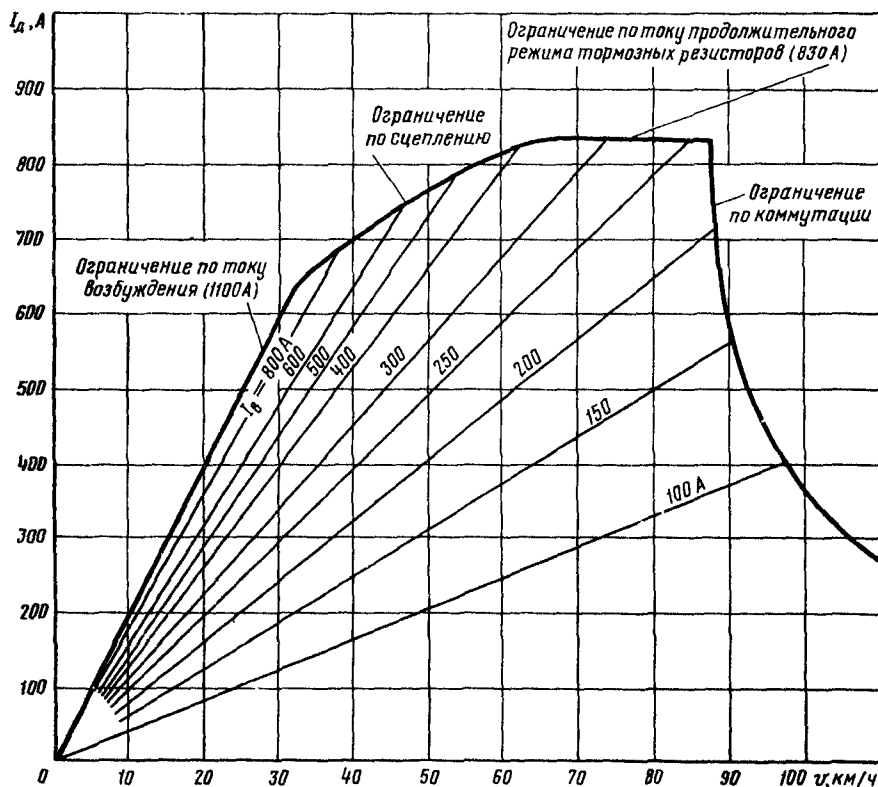


Рис. 493. Токвые характеристики тягового электродвигателя НБ-418К электровагона ВЛ80* до № 1173 при реостатном торможении

Скорости при $I_d = v$

I_b	880								800	700	600	500	400	300	270	
Режим работы	границный *	0,5 зоны 1	зона 1	0,5 зоны 2	зона 2	0,5 зоны 3	зона 3	0,5 зоны 4	зона 4				зона 4			
v	0	6,7	13,4	20,2	26,7	33,5	40,1	46,9	53,8	55,4	59,2	62,8	67,9	77	93,8	101,7

Ограничение по сцеплению											Ограничение по току на коллекторе						
I_B	880									800	700	600	500	400	300	270	
Режим работы	начало зоны 1	границ-ный *	0,5 зоны 1	зона 1	0,5 зоны 2	зона 2	0,5 зоны 3	зона 3	0,5 зоны 4	зона 4	зона 4						
v	0	8,5	15,5	21,8	28,0	34,5	40,5	46,7	52,7	58,4	60,8	65,4	69,7	75,5	84,5	101,5	108,5
I_d	804	805	740	705	680	670	665	660	657	655	690	765	815	820	735	570	515

* - граница перехода от рекуперативного торможения к торможению противотоком

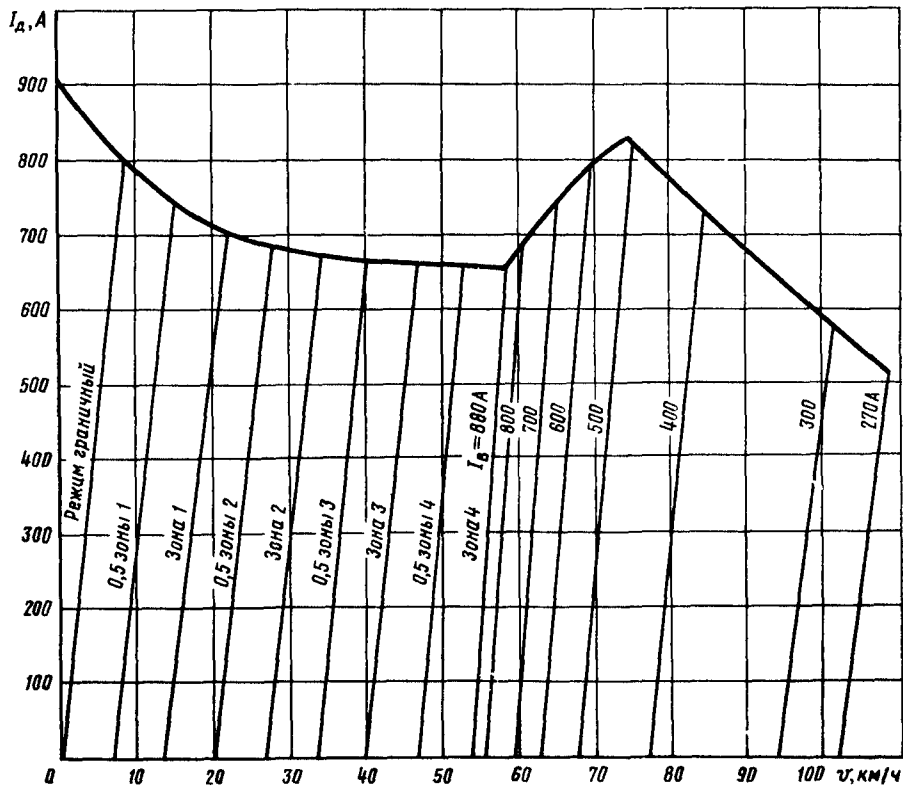


Рис. 4.94. Токовые характеристики тягового электродвигателя НБ-418К электропоезда ВЛ80Р при рекуперативном торможении

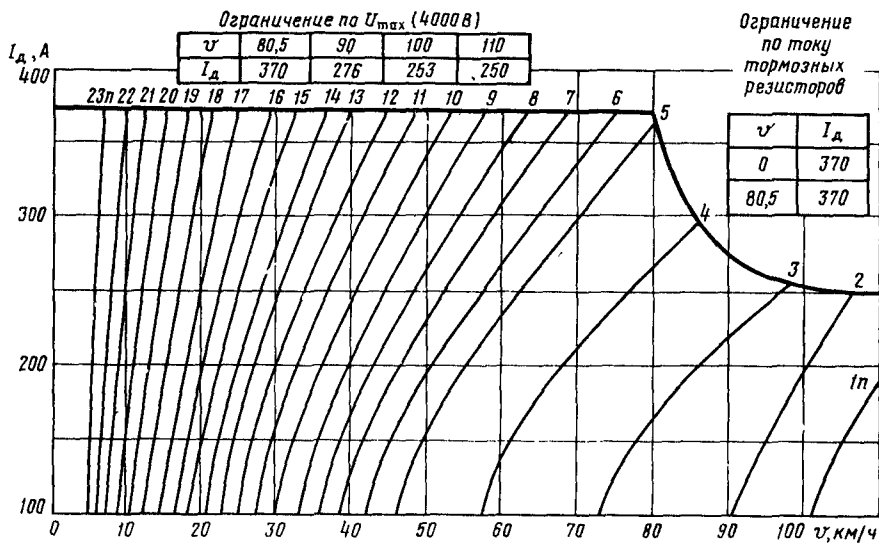


Рис. 4.95. Токовые характеристики тягового электродвигателя НБ-407Б электровозов ВЛ82 и ВЛ82^м при реостатном торможении

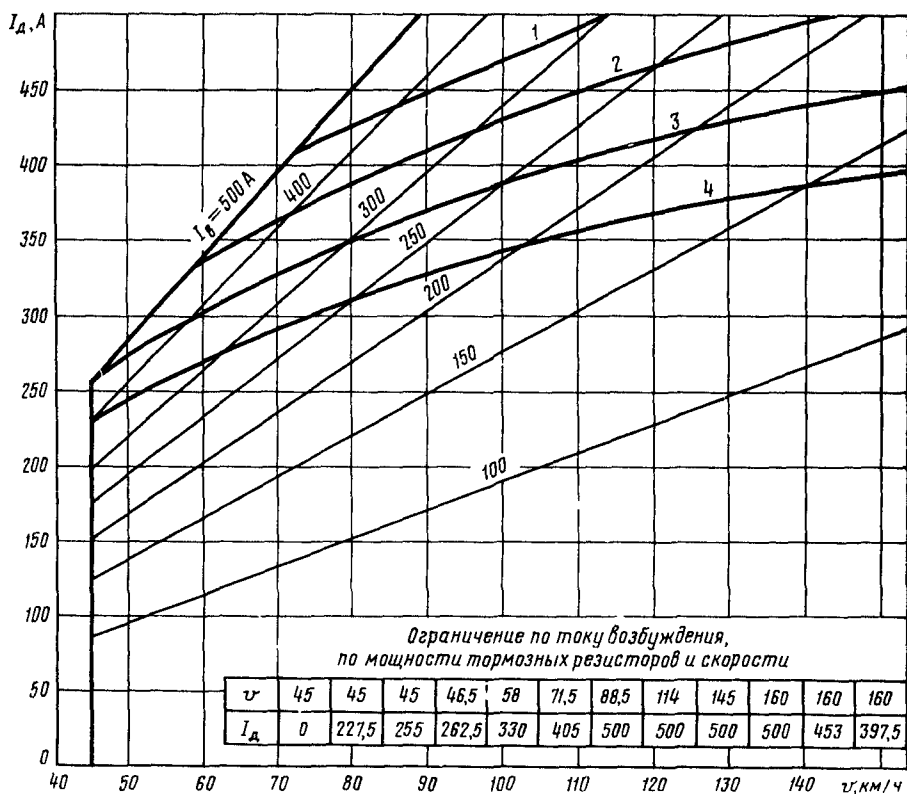


Рис. 4.96. Токовые характеристики тягового электродвигателя AL4846d^т электровоза ЧС2^т при реостатном торможении

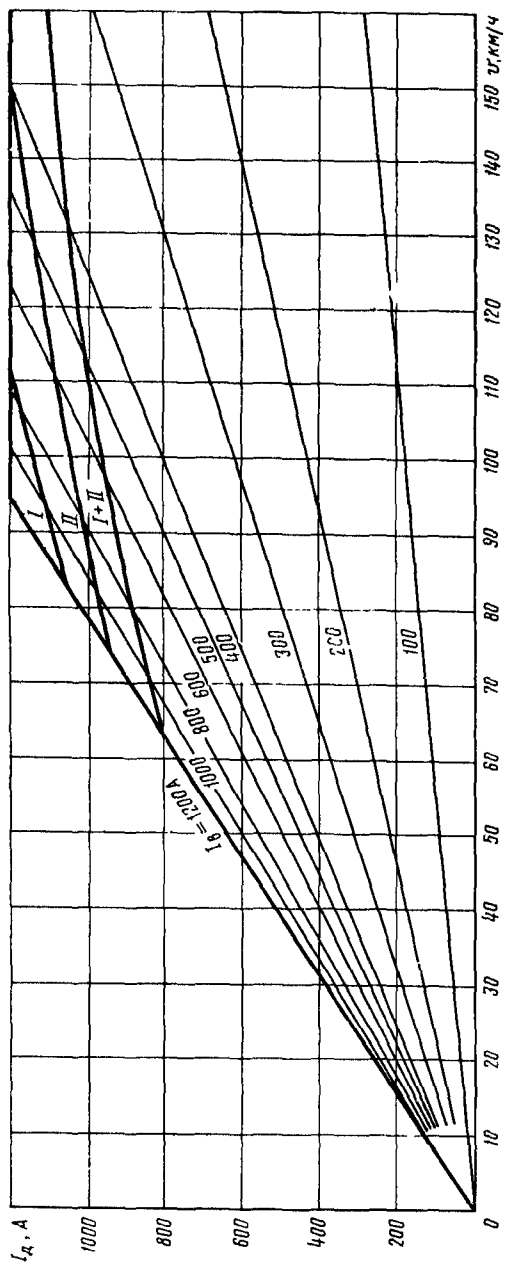


Рис. 4.97 Токовые характеристики тягового электродвигателя AL4442nP

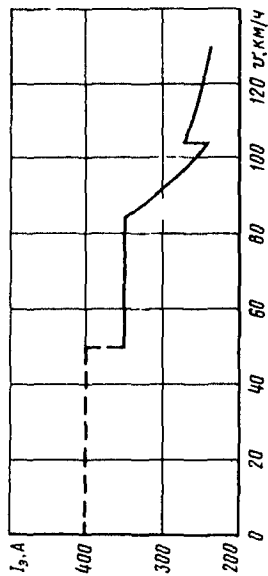


Рис. 4.98. Токовые характеристики моторного вагона с тяговым электродвигателем РТ113А электропоезда ЭР22 при торможении.
1 — рекуперативное, 2 — реостатное

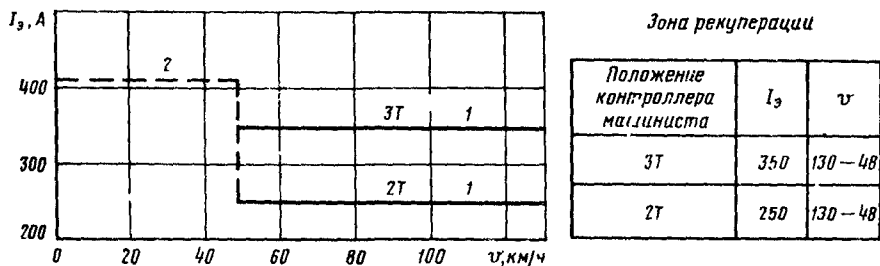


Рис 4 99 Токвые характеристики моторного вагона с тяговым электродвигателем 1ДТ003 1 электропоезда ЭР22В при торможении
1 — рекуперативное, 2 — реостатное

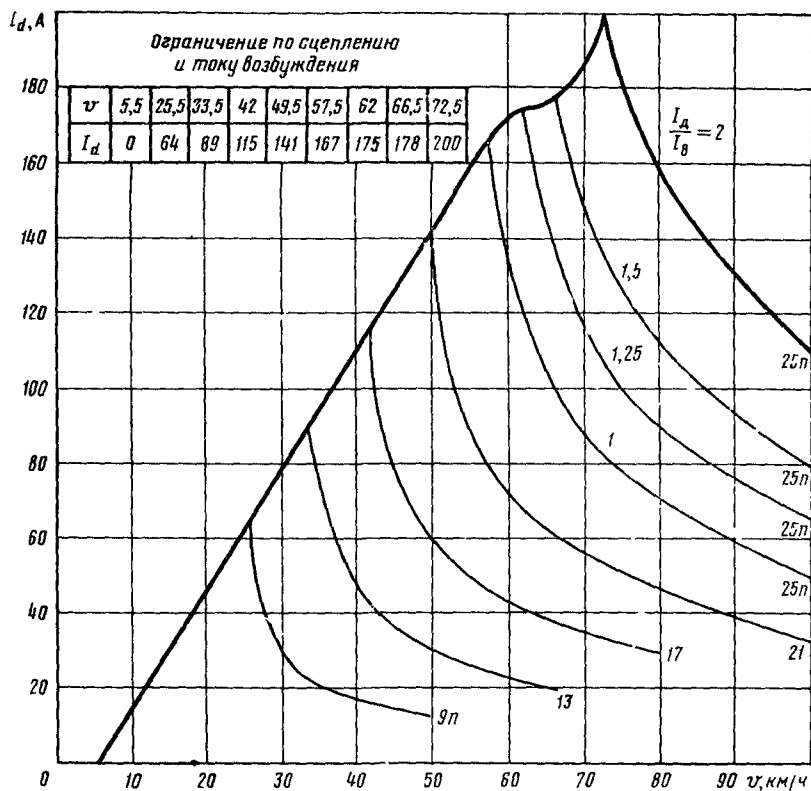


Рис 4 100 Токвые характеристики электровагона ВЛ160 при рекуперативном торможении (приведенный выпрямленный ток)

Скорости при $I_d = 0$

I_B	880								800	700	600	500	400	300	270	
Режим работы	границный *	0,5 зоны1	зона1	0,5 зоны2	зона2	0,5 зоны3	зона3	0,5 зоны4	зона4							
v	0	6,7	13,4	20,2	26,7	33,5	40,1	46,9	53,8	55,4	59,2	62,8	67,9	77,0	93,8	101,7

Ограничение по сцеплению											Ограничение по току съему на коллекторе						
I_B	880									800	700	600	500	400	300	270	
Режим работы	начало зоны1	границ-ный*	0,5 зоны1	зона1	0,5 зоны2	зона2	0,5 зоны3	зона3	0,5 зоны4	зона 4							
v	0	8,5	15,5	21,8	28,0	34,5	40,5	46,7	52,7	58,4	60,8	65,4	69,7	75,5	84,5	101,5	103,5
I_d	99,0	82	76	80	95	132	168	208	244	280	295	324	352	350	329	250	220

* - граница перехода от режима рекуперативного торможения к торможению противобуксовочным

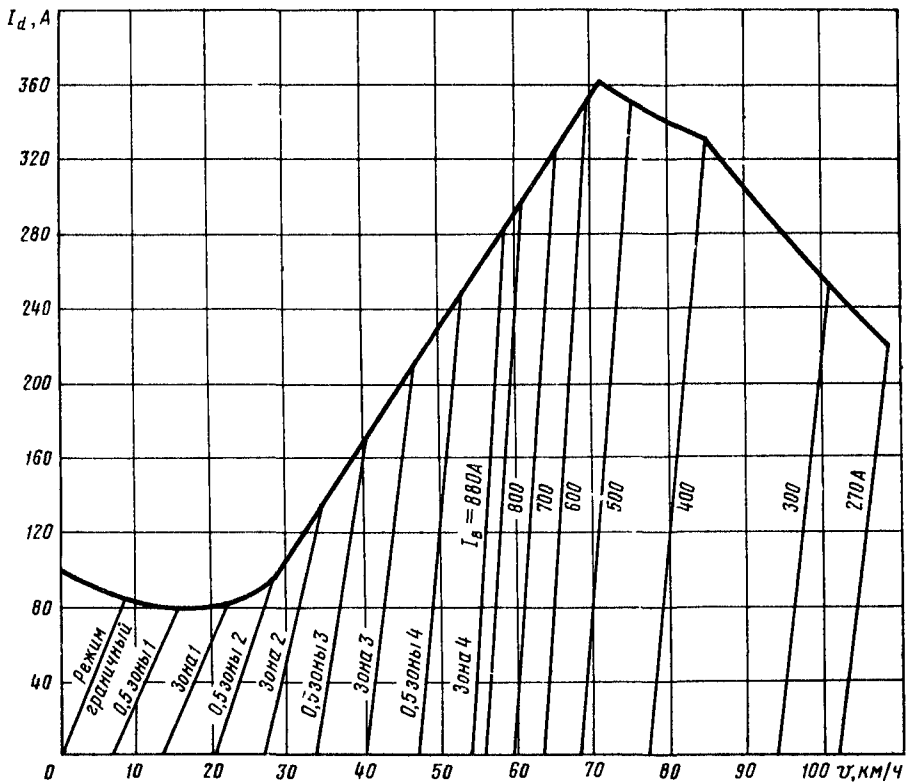


Рис. 4.101. Токовые характеристики электровоза ВЛ80Р при рекуперативном торможении (приведенный выпрямленный ток)

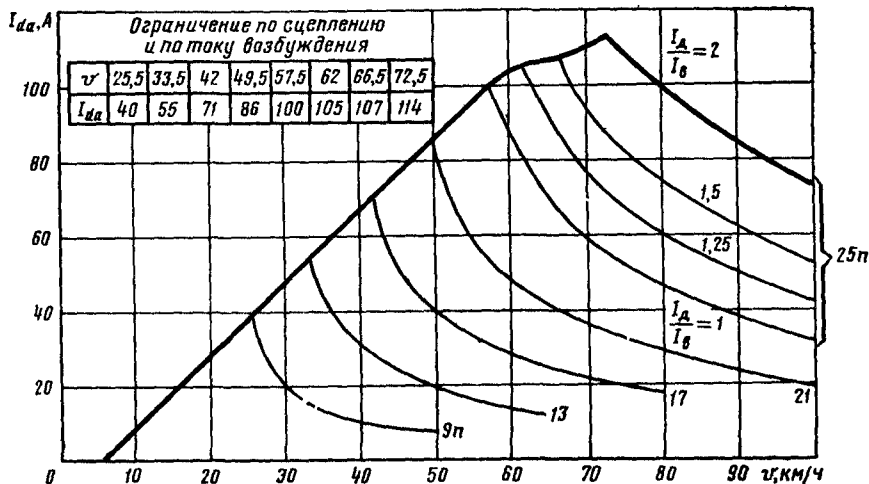


Рис. 4.102. Токовые характеристики электровоза ВЛ60^р при рекуперативном торможении (активный ток)

Скорости при $I_{da}=0$

I_B	880						800	700	600	500	400	300	270	
Режим работы	Зона 1	0,5 зоны 2	Зона 2	0,5 зоны 3	Зона 3	0,5 зоны 4	Зона 4							
ν	13,4	20,2	26,7	33,5	40,1	46,9	53,8	55,4	59,2	62,8	67,9	77,0	93,8	101,7

Ограничение по сцеплению												
I_{da} А	I_B	880								800	700	
	Режим работы	начало зоны 1	границный*	Зона 1	0,5 зоны 2	Зона 2	0,5 зоны 3	Зона 3	0,5 зоны 4	Зона 4		
	ν	0	8,5	21,8	28,0	34,5	40,5	46,7	52,7	58,4	60,8	65,4
	I_{da}	-54	0	54	82	108	132	158	184	208	216	236

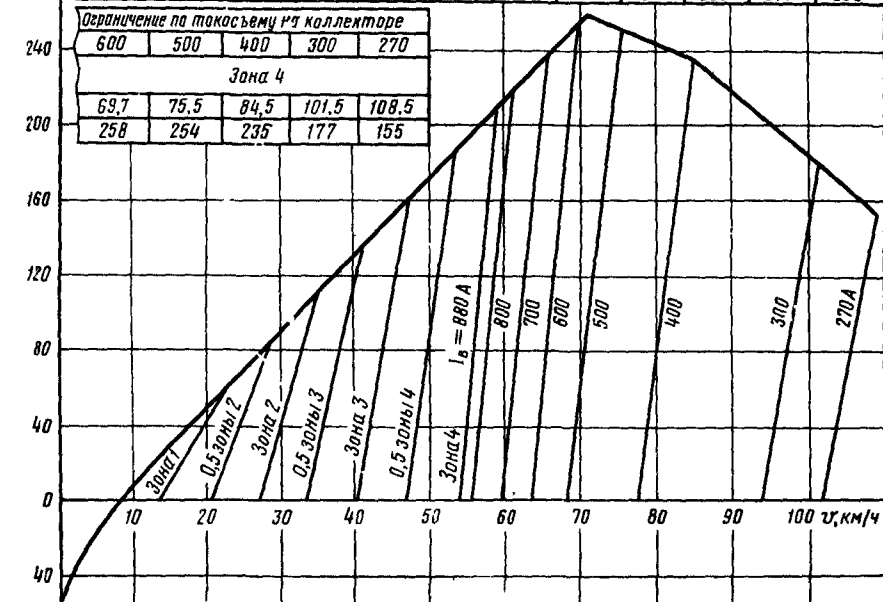
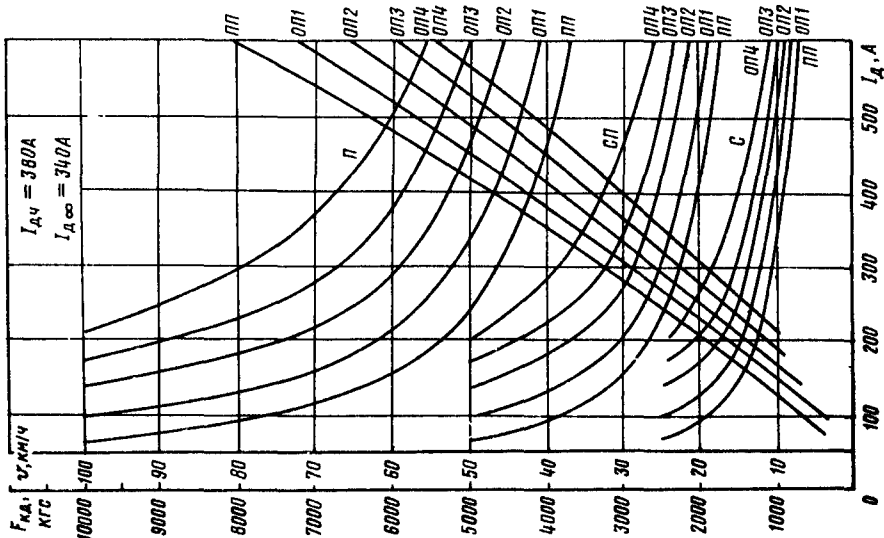
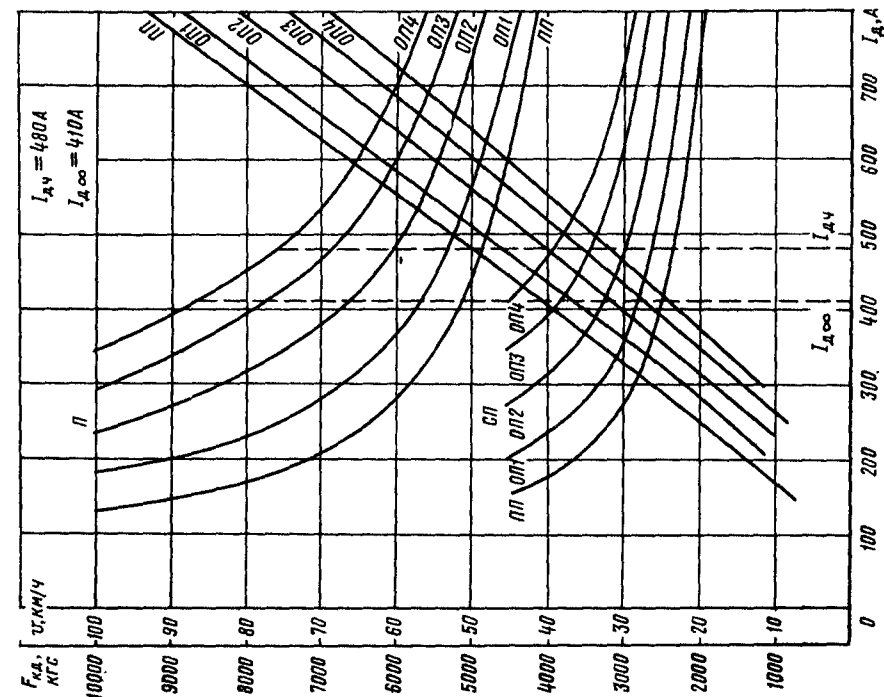


Рис. 4.103. Токовые характеристики электровоза ВЛ80^р при рекуперативном торможении (активный ток)



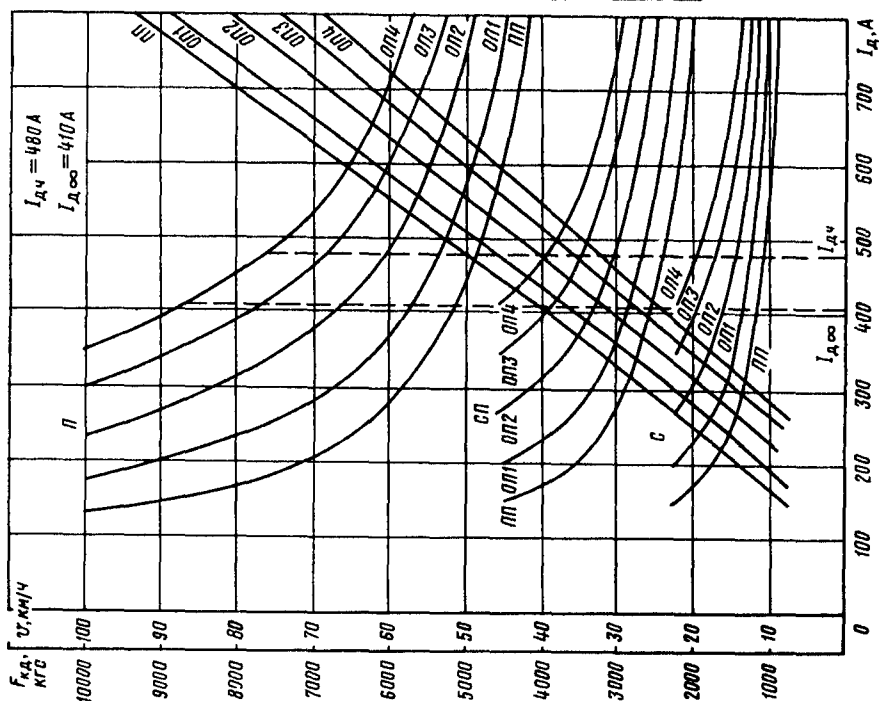
I_d	Полное возбуждение						0П1(75%)						0П2(55%)						0П3(43%)						0П4(36%)					
	F_{kA}			v			F_{kA}			v			F_{kA}			v			F_{kA}			v			F_{kA}			v		
	С	СП	П	С	СП	П	С	СП	П	С	СП	П	С	СП	П	С	СП	П	С	СП	П	С	СП	П	С	СП	П	С	СП	П
68	250	24.5	49.7	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80	360	21.8	44.3	99.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
90	470	19.8	40.8	92.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	580	18.6	38.0	77.0	43.0	24.2	48.4	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
140	1050	15.0	31.1	63.0	88.0	18.2	37.7	76.3	64.0	24.8	49.3	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
150	1180	14.5	29.9	60.9	100.0	17.2	35.7	72.6	75.5	22.4	46.2	94.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
175	1510	13.4	27.8	56.7	128.5	15.8	32.8	67.0	103.0	19.7	41.0	83.6	84.0	23.6	49.0	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	1840	12.5	26.3	53.7	159.5	14.6	30.8	62.3	132.0	17.7	37.0	75.8	103.0	21.0	44.0	90.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
210	1970	12.3	25.8	52.7	172.0	14.2	29.8	61.0	144.0	17.0	35.7	73.2	120.0	20.1	42.2	86.4	97.0	23.3	49.0	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
250	2520	11.4	24.0	49.6	222.0	13.0	27.5	56.5	194.0	15.0	31.6	65.0	164.5	17.3	36.9	76.0	136.0	20.6	43.8	90.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
300	3230	10.5	22.3	46.3	288.0	11.8	25.3	52.4	256.0	13.3	28.7	59.3	224.0	15.2	32.7	67.7	189.0	16.1	38.8	80.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
340	3790	9.9	21.3	44.3	342.0	11.1	24.0	50.0	306.0	12.4	27.0	56.1	273.0	14.0	30.4	63.2	234.0	15.5	35.6	74.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
350	3960	9.7	21.0	43.8	355.0	10.9	23.7	49.5	319.0	12.2	26.6	55.4	285.0	13.7	29.9	62.4	245.0	15.1	34.9	73.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
380	4420	9.3	20.0	42.6	397.0	10.5	23.0	48.0	358.0	11.6	25.7	53.6	320.0	13.1	28.8	60.2	280.0	15.1	33.2	69.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
400	4720	9.1	20.0	41.9	426.0	10.2	22.4	47.0	383.0	11.3	25.1	52.5	343.0	12.7	28.1	58.9	302.0	14.6	32.2	67.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
450	5490	8.6	19.1	40.4	497.0	9.6	21.4	45.2	448.0	10.6	23.9	50.4	406.0	11.8	26.5	56.0	365.0	13.4	30.0	63.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
500	6270	8.1	18.4	39.0	568.0	9.0	20.6	43.6	514.0	10.0	22.9	48.6	469.0	11.1	25.3	53.7	421.0	12.4	28.2	60.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
550	7090	7.7	17.7	37.8	642.0	8.5	19.8	42.3	581.0	9.5	22.1	47.0	528.0	10.5	24.3	52.0	480.0	11.6	27.0	57.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
600	7940	7.2	17.0	36.8	716.0	8.1	19.3	41.0	649.0	9.0	21.3	45.8	590.0	9.9	23.5	50.5	536.0	11.0	25.9	55.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Рис. 4.104. Характеристики тягового электродвигателя НБ-406
электровоза ВЛ8



I_A	η			$\cos \varphi (75\%)$			$\cos \varphi (55\%)$			$\cos \varphi (43\%)$			$\cos \varphi (36\%)$		
	F_{kA}	η		F_{kA}	η		F_{kA}	η		F_{kA}	η		F_{kA}	η	
		СП	П		СП	П		СП	П		СП	П		СП	П
150	810	45,1	87,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	1400	35,4	70,8	1070	45,1	88,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
250	2040	31,4	63,9	1620	37,5	76,2	1250	—	95,2	850	—	—	—	—	—
300	2610	28,6	58,0	2200	33,2	67,2	1810	41,5	83,8	1400	—	98,1	1200	—	—
350	3300	26,7	54,5	2860	30,5	61,8	2400	36,4	74,3	2000	45,1	88,1	1750	—	98,3
400	3950	25,4	52,2	3540	28,6	57,3	3000	33,2	67,5	2500	39,5	76,9	2300	—	89,0
480	4970	23,8	48,7	4570	26,5	53,5	4000	30,2	60,2	3520	34,6	68,8	3220	39,5	76,1
550	5980	22,5	46,7	5530	25,0	50,5	4930	28,4	56,5	4400	32,0	63,9	4020	35,4	68,8
600	6650	21,8	45,4	6220	24,5	49,1	5560	27,2	54,7	5030	30,7	60,2	4600	33,5	65,4
700	8000	20,8	43,6	7570	23,0	46,4	6830	25,8	51,6	6250	28,6	55,9	5750	31,2	60,5
800	9360	19,8	41,8	8800	21,8	44,5	8120	24,5	48,8	7460	27,0	52,5	6900	29,0	56,5

Рис. 4.105. Характеристики тягового электродвигателя ТЛ-2К1 электровозов ВЛ10 и ВЛ10У



I_d	π			$\pi(15\%)$			$\pi(55\%)$			$\pi(43\%)$			$\pi(36\%)$		
	F_{kA}	c	η	F_{kA}	c	η	F_{kA}	c	η	F_{kA}	c	η	F_{kA}	c	η
150	810	122	145	167	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	1400	173	135	147	1070	122	145	183	—	—	—	—	—	—	—
250	2040	147	131	145	1620	118	137	175	1250	—	—	—	—	—	—
300	2510	134	126	136	2200	116	132	167	1810	120	134	158	1400	—	—
350	3200	119	126	134	2860	114	130	161	2400	117	136	147	145	188	1750
400	3950	112	125	134	3540	113	128	157	3000	116	133	145	139	189	17300
450	4570	110	123	133	4150	112	126	153	3400	114	132	142	137	187	17200
500	5050	108	122	132	4670	111	125	150	3800	113	131	140	135	186	17100
550	5500	107	121	131	5120	110	124	148	4100	112	130	139	134	185	17000
600	6050	106	120	130	5540	109	123	146	4400	111	129	138	133	184	16900
700	8000	102	118	128	6570	106	120	143	5100	108	126	135	130	181	16600
800	13500	88	119	130	8500	100	121	145	6170	105	126	135	129	180	16500

Рис. 4.106. Характеристики тягового электродвигателя ТЛ-2К, электроваз ВЛ11

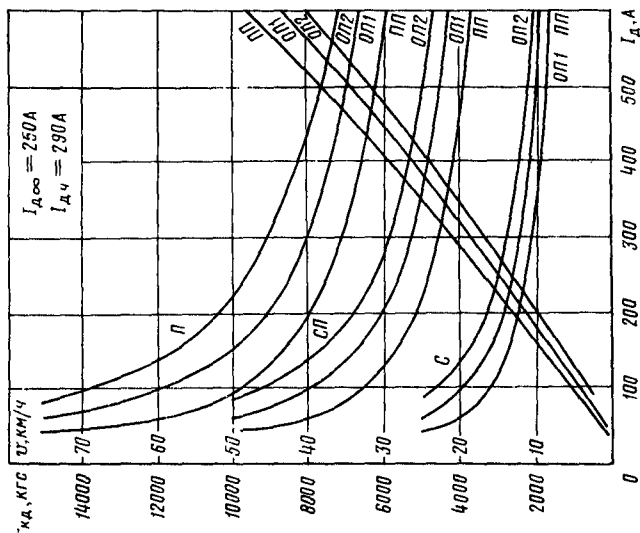


Рис. 4 107. Характеристики тягового электродвигателя ДПЭ-400 электровоза В.122^н

I_d	ПН					ПН1(67%)					ПН2(50%)				
	F_{KA}	V				F_{KA}	V				F_{KA}	V			
		C	CP	Π			C	CP	Π			C	CP	Π	
50	242	24,2	48,9	73,5		—	—	—	—		—	—	—	—	
65	440	19,5	39,6	59,8		400	24,5	49,8	75,0		—	—	—	—	
90	800	16,8	34,2	51,6		700	21,1	42,9	65,0		550	24,3	49,6	75,0	
100	935	16,2	33,0	50,0		802	19,8	40,4	61,0		660	23,2	47,2	71,2	
150	1680	13,9	28,7	43,5		1450	16,3	33,6	51,0		1260	12,5	38,7	58,7	
200	2480	12,6	26,3	40,0		2170	14,4	30,1	45,8		1910	16,3	34,2	52,0	
250	3230	11,6	24,3	37,6		2900	13,0	28,4	43,0		2580	14,9	31,6	48,3	
290	3340	11,0	23,5	36,0		3430	12,6	26,8	41,2		3130	14,1	30,0	46,1	
350	5000	10,4	22,2	34,2		4430	11,7	25,4	39,0		4000	13,0	28,3	43,5	
400	5830	9,8	21,3	33,0		5200	11,0	24,3	37,5		4750	12,2	26,9	41,6	
450	6740	9,3	20,6	31,8		6030	10,5	23,4	36,2		5520	11,6	25,8	40,0	
500	7640	8,7	19,9	30,8		6850	10,0	22,6	35,1		6300	10,9	24,8	38,5	
550	8520	8,4	19,2	30,0		7680	9,5	22,1	34,4		7110	10,3	23,8	37,1	
600	9450	8,0	18,6	29,2		8530	9,1	21,1	33,2		7930	9,7	22,7	35,9	

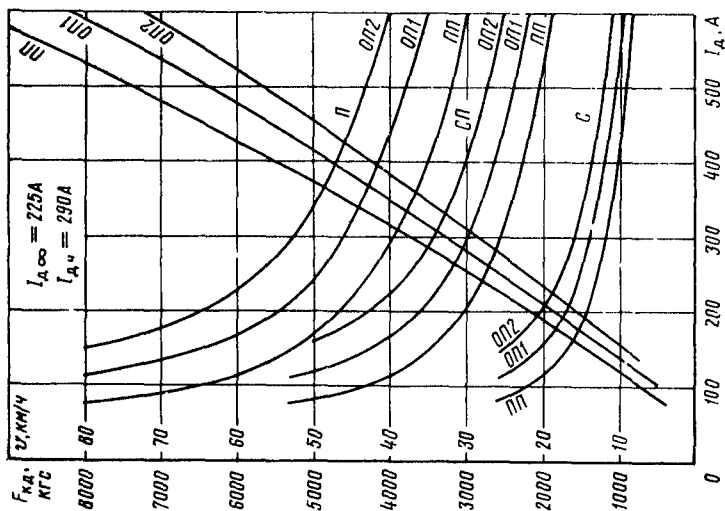


Рис. 4108. Характеристики тягового электродвигателя НБ-411 электроноза ВЛ22^м

I_A	nn						$nn(67\%)$						$nn(50\%)$					
	$F_{к.д.}$	v			$F_{к.д.}$	i	$F_{к.д.}$	v			$F_{к.д.}$	i	$F_{к.д.}$	v			i	η
		C	$СП$	$П$				C	$СП$	$П$				C	$СП$	$П$		
77	450	26,1	53,0	80,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
113	880	19,7	40,1	60,6	670	25,6	670	25,6	52,7	80,0	—	—	—	—	—	—	—	—
150	1400	16,7	34,6	52,5	1130	20,5	1130	20,5	42,5	64,3	905	25,4	52,8	80,0	—	—	—	—
200	2150	14,5	30,5	46,3	1830	17,0	1830	17,0	35,7	54,2	1550	20,3	42,3	64,1	—	—	—	—
225	2550	13,5	29,1	44,0	2180	16,0	2180	16,0	34,0	51,4	1870	18,8	39,6	59,9	—	—	—	—
250	2970	12,8	27,8	42,2	2540	15,0	2540	15,0	32,4	49,3	2210	17,6	37,5	56,6	—	—	—	—
290	3620	12,0	26,2	40,0	3090	14,0	3090	14,0	30,5	46,8	2740	16,0	34,8	53,2	—	—	—	—
350	4530	11,0	24,2	37,3	4000	12,7	4000	12,7	28,2	43,5	3550	14,5	32,0	49,5	—	—	—	—
400	5500	10,3	22,9	35,5	4750	12,0	4750	12,0	26,7	41,5	4220	13,6	30,3	47,0	—	—	—	—
450	6450	9,7	21,7	33,7	5560	11,3	5560	11,3	25,5	39,5	4940	12,7	28,7	44,8	—	—	—	—
500	7430	9,3	20,7	32,3	6400	10,5	6400	10,5	24,2	38,0	5680	11,9	27,4	43,1	—	—	—	—
550	8360	8,6	19,7	31,2	7280	10,0	7280	10,0	23,0	36,3	6410	11,3	26,2	41,5	—	—	—	—
600	9370	8,0	18,9	30,0	8150	9,4	8150	9,4	22,1	35,1	7160	10,6	25,3	40,0	—	—	—	—

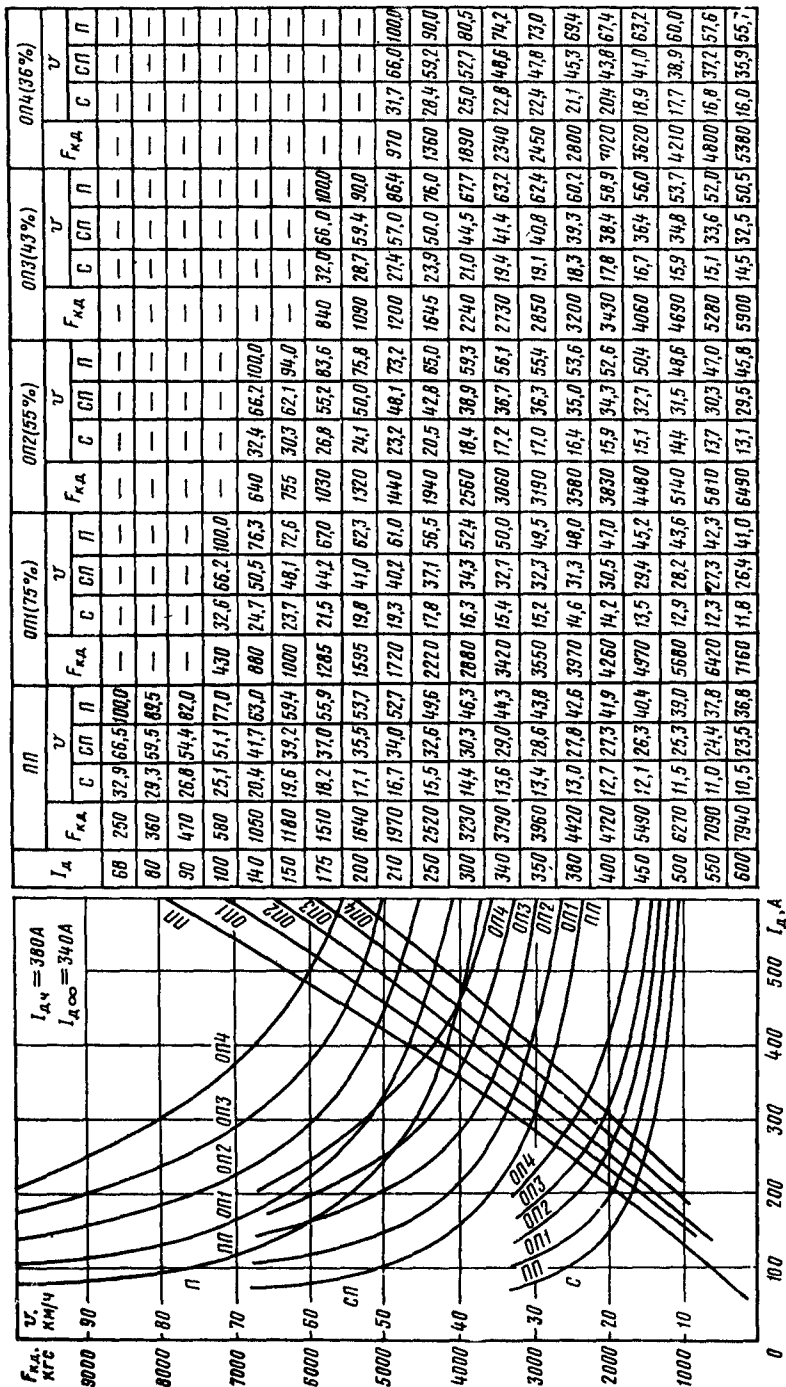
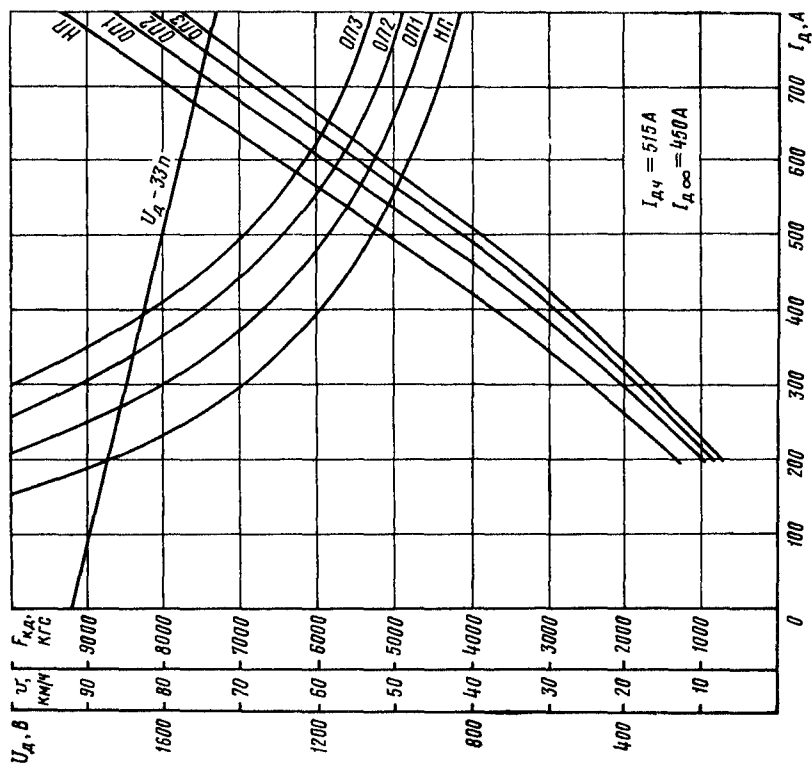


Рис. 4.109 Характеристики тягового электродвигателя НБ-406 электровоза ВЛ23



I_A	U_A	33n01		33n02		33n03	
		v	F_{KA}	v	F_{KA}	v	F_{KA}
200	1750	86,8	1310	103	—	—	—
300	1705	69,3	2410	00,0	92,5	—	—
400	1660	59,8	3680	66,8	3210	75,1	2910
500	1615	53,0	5070	58,4	4480	64,6	4120
600	1575	48,0	6470	52,9	5860	57,6	5400
700	1515	44,6	7870	40,8	7190	52,6	6740
800	1480	41,1	9330	45,15	8590	48,0	8110
						52,6	7700

Рис 4110. Характеристики тягового электродвигателя НБ-412К электровозов ВЛ60* и ВЛ60^в

I_A	U_A	33nHn		33n0n1		33n0n2		33n0n3	
	33n	v	F_{Kd}	v	F_{Kd}	v	F_{Kd}	v	F_{Kd}
200	1750	121,6	935	144,3	—	—	—	—	—
300	1705	97,1	1721	112,1	1464	129,6	—	140	—
400	1660	83,8	2628	93,6	2292	105,2	2078	114,9	1949
500	1615	74,3	3620	81,8	3199	90,5	2942	97,2	2799
600	1575	67,2	4620	74,1	4184	80,7	3856	85,9	3670
700	1515	62,5	5619	68,4	5134	73,7	4812	79,3	4584
800	1480	57,6	6662	63,3	6133	67,2	5791	73,7	5498

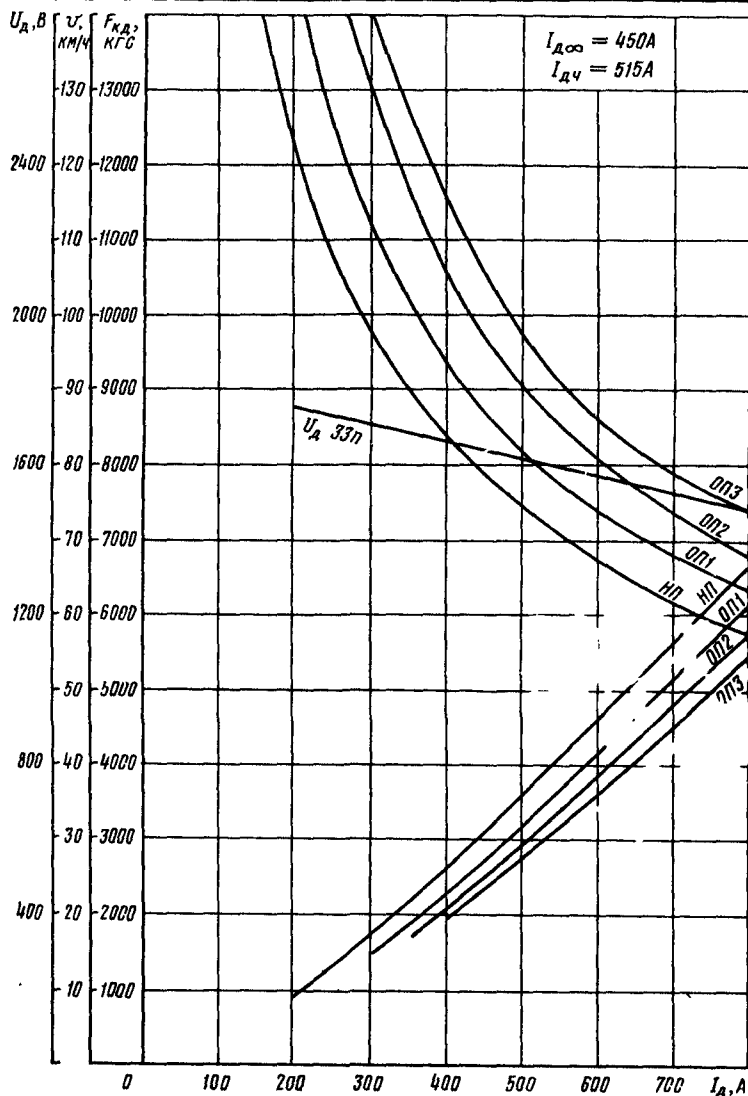


Рис. 4.111. Характеристики тягового электродвигателя НБ-412К электровоза ВЛ60^{мк}

I_d	U_d	33nHn		33nOn1		33nOn2		33nOn3	
		$F_{ка}$	v	$F_{ка}$	v	$F_{ка}$	v	$F_{ка}$	v
250	1065	681	114,2	—	—	—	—	—	—
300	1060	1020	96,5	850	—	—	—	—	—
350	1052	1370	85,5	1090	109,2	820	—	—	—
400	1046	1770	78,2	1480	97,1	1125	—	—	—
450	1040	2138	72,7	1847	88,9	1458	108,8	1100	—
500	1032	2520	68,5	2200	82	1777	98,2	1432	—
600	1019	3300	62,4	2940	72	2482	84,1	2139	101,5
700	1005	4120	57,8	3670	65	3200	75,2	2844	86,8
800	990	4935	54,2	4460	60	3970	68,5	3595	77,4
900	978	5770	51,4	5250	56,4	4725	63,6	4300	70
1000	965	6620	49	6070	53,5	5520	59,4	5040	65
1100	950	7500	46,8	6900	50,8	6375	55,7	5800	60,8
1200	937	8370	44,6	7770	48,2	7130	52,7	6550	57,6
1300	925	9240	42,7	8620	46	7940	50,3	7300	54,8
1400	911	10230	40,8	9550	43,8	8800	48,1	8160	52,4
1500	899	—	39,1	10550	42,2	9650	46,2	9050	49,8

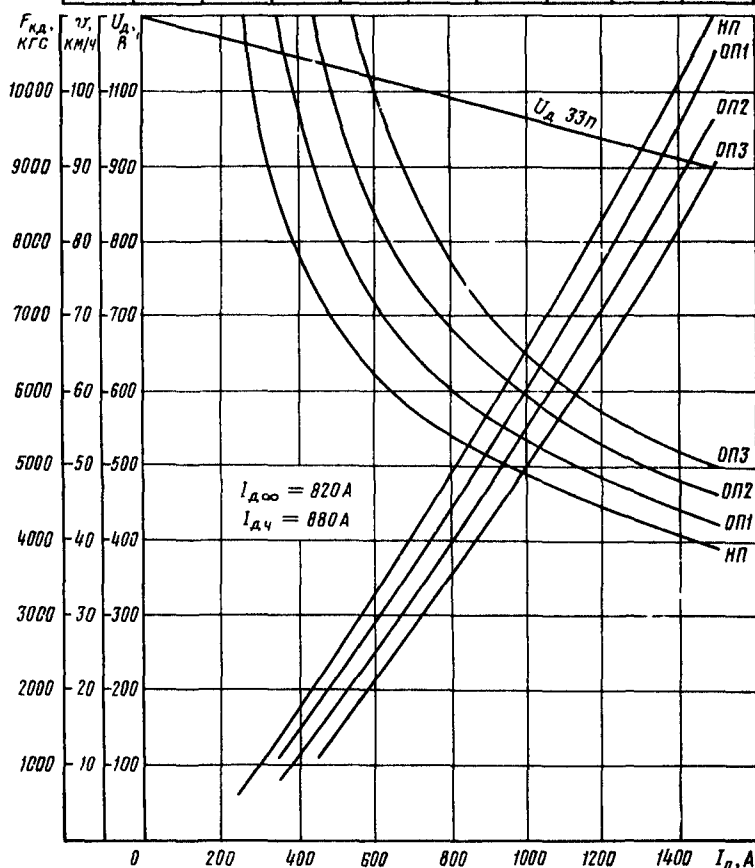
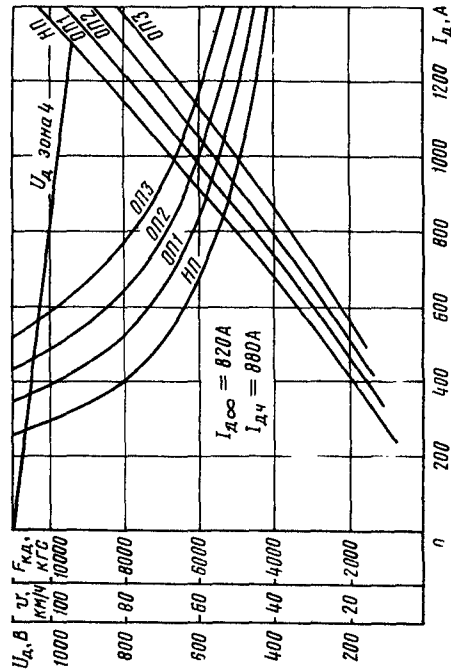


Рис. 4.112. Характеристики тягового электродвигателя НБ-418К электровозов ВЛ180ж, ВЛ180г и ВЛ180с



I_d	U_d	НП				0.071				0.072				0.073			
		$F_{кд}$	ν	$F_{кд}$	ν	$F_{кд}$	ν	$F_{кд}$	ν	$F_{кд}$	ν	$F_{кд}$	ν	$F_{кд}$	ν	$F_{кд}$	ν
250	1070	740	115.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
300	1054	1100	98	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
350	1058	1410	87.6	1115	108.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
400	1052	1810	79.8	1450	96.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
450	1046	2170	73.6	1785	88.2	1470	106	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
500	1040	2560	69.1	2160	81.9	1810	98.6	1585	—	—	—	—	—	—	—	—	—
600	1028	3350	62.5	2940	73	2530	84	2160	98	—	—	—	—	—	—	—	—
700	1016	4150	58.4	3740	66.2	3240	76	2870	86.7	—	—	—	—	—	—	—	—
800	1004	4970	54.5	4520	61.3	4000	68.4	3560	77.9	—	—	—	—	—	—	—	—
900	992	5810	51.6	5340	57.5	4770	63.5	4310	71.3	—	—	—	—	—	—	—	—
1000	980	6740	49.1	6180	54.3	5600	59.5	5060	66.1	—	—	—	—	—	—	—	—
1100	968	7615	46.5	6990	51.4	6360	56.2	5820	62	—	—	—	—	—	—	—	—
1200	956	8550	44.8	7850	49	7200	53.3	6600	58.5	—	—	—	—	—	—	—	—
1300	944	9420	42.8	8700	46.9	8020	50.7	7375	55.7	—	—	—	—	—	—	—	—
1400	932	10350	41.3	9520	44.9	8880	48.5	8180	53.3	—	—	—	—	—	—	—	—

Рис. 4.113. Характеристики тягового электродвигателя НБ-418К электровоза ВЛ80р

I_A	$\eta\eta(97\%)$			$\eta\eta(74\%)$			$\eta\eta(59\%)$			$\eta\eta(48\%)$			$\eta\eta(39\%)$		
	$F_{\kappa, \Delta}$	ν		$F_{\kappa, \Delta}$	ν		$F_{\kappa, \Delta}$	ν		$F_{\kappa, \Delta}$	ν		$F_{\kappa, \Delta}$	ν	
		ζ	η		ζ	η		ζ	η		ζ	η		ζ	η
150	550	46,6	95	—	—	108	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	1120	39,2	80	930	47	92,5	710	—	104,5	—	—	—	—	—	—
250	1670	34,3	71,4	1460	41,2	80,2	1310	47	90	1050	—	103,5	—	—	—
300	2250	31,6	65,8	2000	36,7	73	1850	42,2	80,3	1580	47,7	91,4	1300	—	102,3
350	2830	29,8	62	2580	33,8	68	2360	38,5	73,5	2100	43,5	82,3	1810	49,2	92,5
400	3400	28,2	58,8	3140	31,8	64,4	2900	35,7	69	2630	40	76,2	2350	45,5	84,7
450	4020	26,9	56,4	3740	30,3	61,2	3500	33,3	65,4	3160	37,5	71,5	2870	42,3	78,7
500	4610	25,8	53,8	4330	29	58,4	4080	31,6	62,5	3710	35,2	67,8	3420	39,7	74,2
550	5050	25	52,5	4750	28,3	56,7	4500	30,8	60,5	4120	33,8	65,8	3800	38,3	72
600	5850	24,1	51	5520	27,1	54,5	5260	29,5	57,7	4870	32	62,6	4500	35,6	68,3
700	7130	22,9	49	6760	25,4	52	6470	27,8	54,8	6000	30,2	59,2	5600	32,8	63,7
800	8450	21,8	47	8050	24,2	49,7	7700	26,3	52,5	7140	28,5	56,4	6670	31,2	60,2
900	9720	20,8	45,2	9300	23,4	48	8870	25	50,5	8300	27,3	53,9	7730	29,5	57
1000	11040	20,3	43,7	10570	22,5	46	10060	24	48,5	9500	26,3	51,3	8820	28,4	54
1100	12330	19,5	42	11850	21,7	44,4	11280	23,2	46,8	10670	25,2	49	9950	27,5	51,3

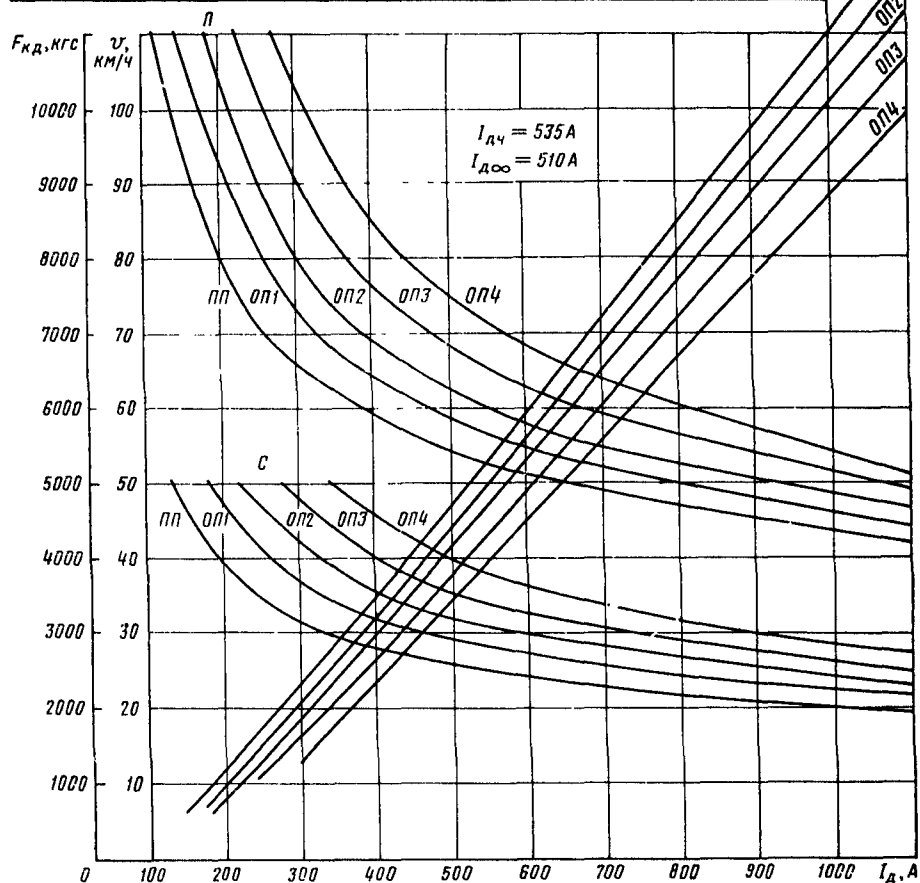


Рис. 4.114 Характеристики тягового электродвигателя НБ-407Б электровозов ВЛ182 и ВЛ182^м (работа на постоянном токе)

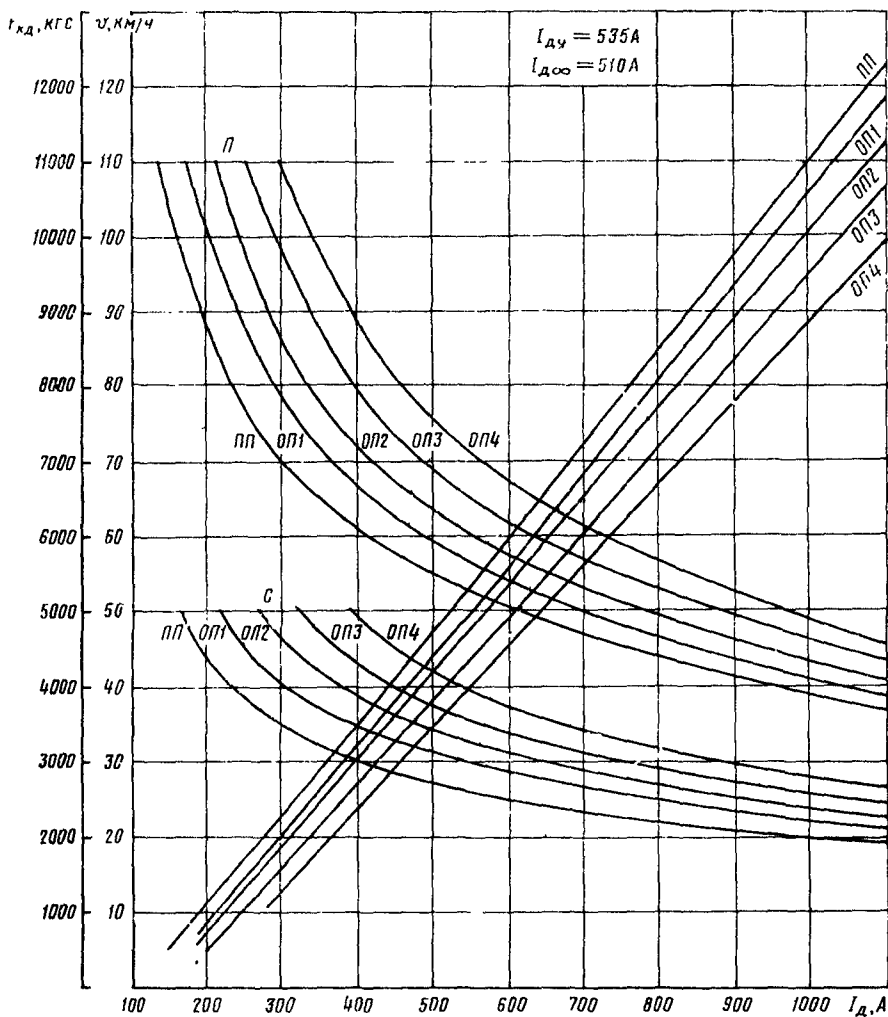


Рис. 4.115. Характеристика тягового электродвигателя

I _д	0п(97%)			0п1(74%)			0п2(59%)			0п3(48%)			0п4(39%)		
	F _{кд}	v		F _{кд}	v		F _{кд}	v		F _{кд}	v		F _{кд}	v	
		с	п		с	п		с	п		с	п		с	п
150	550	51,9	104,4	—	—	117,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	1120	43,4	86,4	930	52,0	100,6	770	—	113,6	—	—	—	—	—	—
250	1670	38,0	76,1	1460	45,3	86,5	1310	51,5	98,2	1050	—	110	—	—	—
300	2250	34,5	69,7	2000	40,1	77,6	1850	46,1	85,4	1580	52,1	97,2	1300	—	108,7
350	2830	32,2	64,8	2580	36,5	71,2	2360	41,6	77,5	2100	47,0	87,0	1810	—	96,8
400	3400	30,4	61,2	3140	34,3	67,2	2900	38,5	71,8	2630	43,1	79,2	2350	49,0	88,1
450	4020	28,8	57,7	3740	32,2	62,7	3500	35,7	67,5	3160	39,7	73,5	2870	45,1	80,7
500	4610	27,4	54,3	4330	30,8	59,2	4080	33,6	63,6	3710	37,4	68,7	3420	42,2	75,2
535	5050	26,5	53,0	4750	30,0	57,0	4500	32,5	61,2	4120	35,7	66,0	3800	40,5	72,2
600	5850	25,3	50,3	5520	28,4	53,8	5260	30,7	57,0	4870	33,5	61,8	4500	37,3	67,4
700	7130	23,6	47,1	6760	26,2	50,0	6470	28,7	52,7	6000	31,1	56,9	5600	33,8	61,2
800	8450	22,1	44,0	8050	24,6	46,5	7700	26,7	49,1	7140	29,0	52,7	6670	31,7	56,1
900	9720	20,8	41,0	9300	23,4	43,6	8870	25	45,9	8300	27,3	48,9	7730	29,7	52,4
1000	11040	19,9	39,2	10570	22,0	41,0	10060	23,5	43,4	9500	25,8	46,4	8820	27,8	48,7
1100	12330	18,7	36,7	11850	20,8	38,7	11280	22,3	40,8	10670	24,2	43,5	9950	26,4	46,0

НБ-407Б электровозов ВЛ82 и ВЛ82^м (работа на переменном токе)

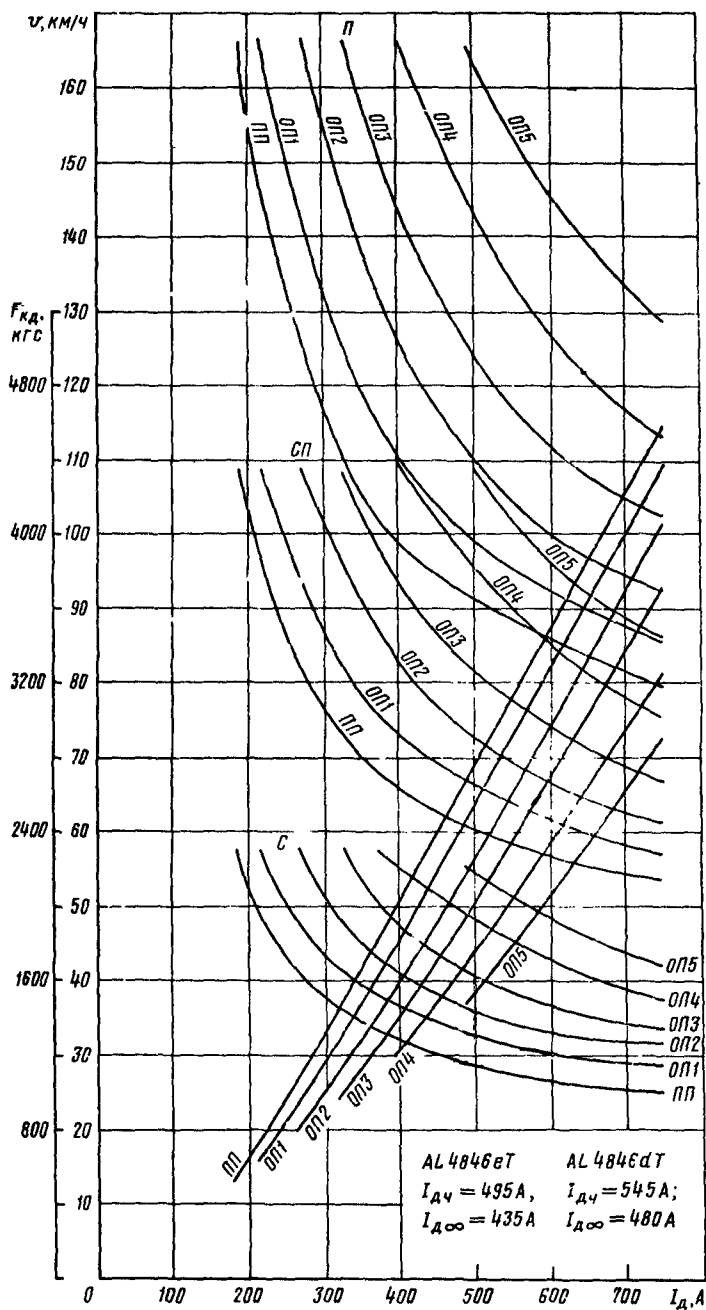


Рис. 4.116. Характеристики тяговых электродвигателе

I _д	nn				он1(85%)				он2(70%)			
	F _{кд}	v			F _{кд}	v			F _{кд}	v		
		с	сн	п		с	сн	п		с	сн	п
185	560	57,5	108,5	166	—	—	—	—	—	—	—	—
200	650	52,5	102,5	155,5	—	—	—	—	—	—	—	—
215	740	48,5	97,0	147	650	57,5	108,5	166	—	—	—	—
250	960	43,0	86,5	132,5	840	50,5	100	150	—	—	—	—
270	1080	40,5	82,0	125	960	47,5	94,0	142	820	57,5	108,5	166
300	1280	38,0	76,7	116,3	1160	44,0	87,0	132,5	980	52,0	102,5	154
327	1480	35,7	73,0	110	1320	41,0	82,0	125	1140	47,5	96,0	145
345	1600	34,7	71,0	106,5	1450	39,7	79,2	121	1260	45,5	92	139
387	1930	32,5	67,2	100,5	1730	37,2	74,0	112,5	1500	41,7	84,5	129,5
402	2030	31,7	66,0	99,0	1840	36,2	72,8	110	1610	40,5	82,5	125
450	2400	30,0	63,0	95,0	2180	34,3	69,5	104	1920	38,0	77,0	116,5
490	2680	28,7	61,0	92,3	2480	33,0	67,0	100	2220	30,5	73,5	110,5
517	2900	28,0	59,7	90,0	2670	32,2	65,5	97,7	2400	35,5	71,2	107
583	3370	26,7	57,5	87,0	3150	30,7	62,5	93,5	2870	34,0	67,2	101
600	3500	26,5	57,0	86,0	3280	30,5	61,8	92,5	3000	33,5	66,5	100
650	3880	26,0	55,5	84,0	3640	29,4	60,0	89,6	3360	32,5	64,2	97,3
700	4240	25,2	54,3	81,6	4000	29,0	58,5	87,5	3700	31,8	62,5	94,8
750	4600	25,0	53,5	79,6	4380	28,5	57,0	85,3	4080	31,2	61,0	92,6

I _д	он3(57,5%)				он4(47,5%)				он5(40%)			
	F _{кд}	v			F _{кд}	v			F _{кд}	v		
		с	сн	п		с	сн	п		с	сн	п
185	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
215	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
270	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
327	1000	57,5	108,5	166	—	—	—	—	—	—	—	—
345	1100	54,0	104	160	—	—	—	—	—	—	—	—
387	1340	48,7	96,5	147	—	—	—	—	—	—	—	—
402	1420	47,2	94,5	143,2	1240	55,5	110	166	—	—	—	—
450	1720	43,5	88,0	132,5	1480	51,5	103,5	154	—	—	—	—
490	1960	41,3	83,0	126	1700	48,5	97,0	145	1480	55,5	110	166
517	2160	40,0	80,5	121	1860	47,0	94,0	140	1600	53,5	104,5	161
583	2600	37,5	75,5	113,7	2240	43,7	87,0	130,7	1940	49,0	98,0	148,3
600	2700	37,0	74,5	112	2350	43,0	85,5	127,7	2060	48,2	96,5	145,5
650	3040	35,5	71,3	108,2	2660	40,6	81,5	121,6	2320	45,7	92,5	139
700	3380	34,2	68,7	105	2980	39,0	78,3	117	2630	43,8	89,0	133,5
750	3720	33,4	66,5	102,3	3280	37,5	75,5	113,4	2920	42,2	86,0	128,6

AL4846E и AL4846D электровозов ЧС2 и ЧС2*

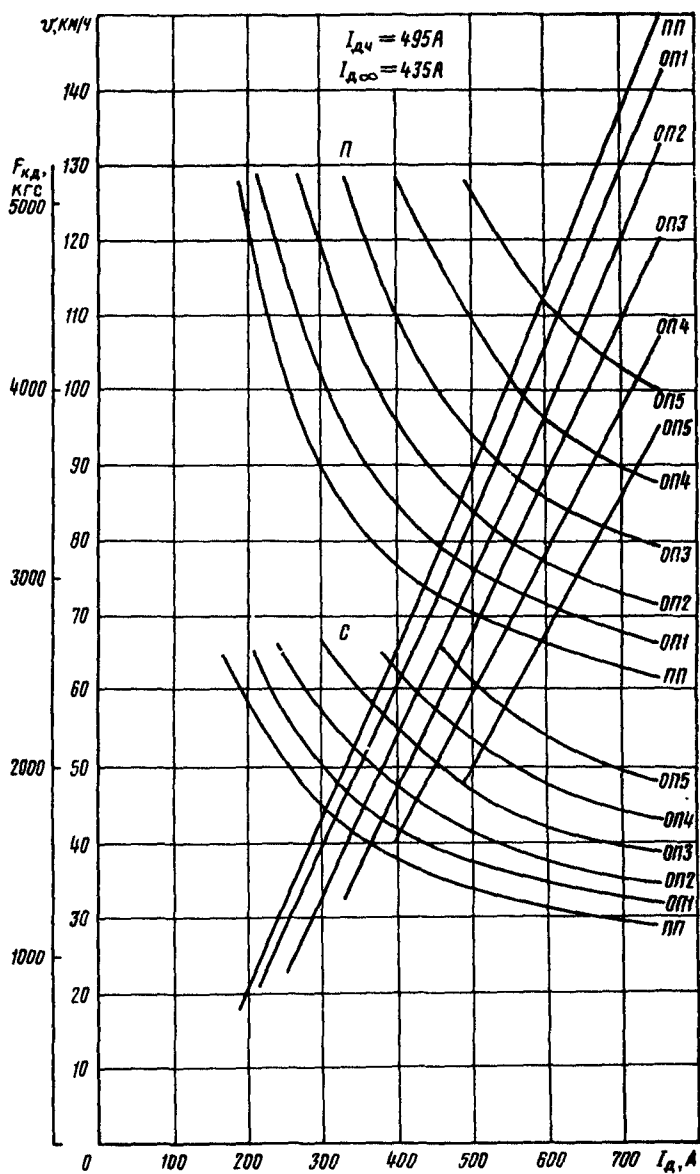
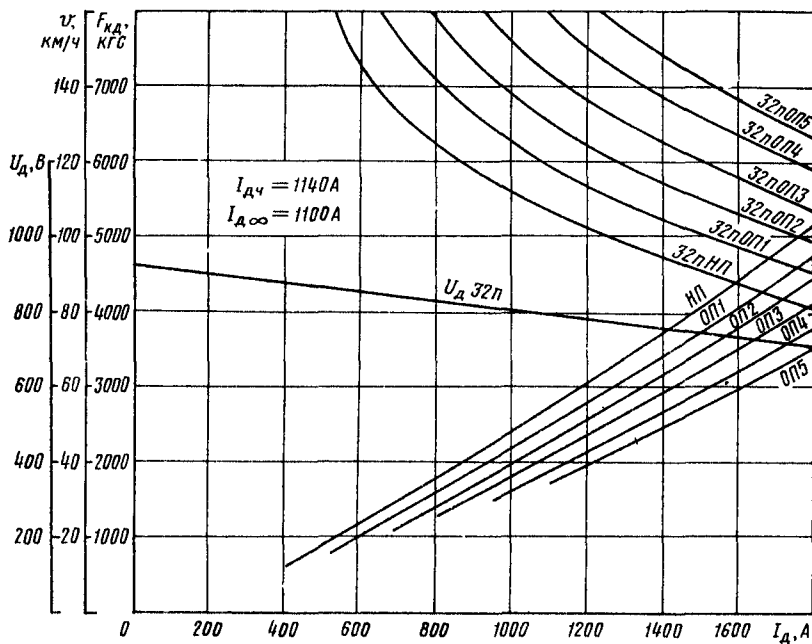


Рис. 4.117. Характеристики тягового эле

I _д	ПП			0П1(85%)			0П2(70%)			0П3(57,5%)			0П4(47,5%)			0П5(40%)		
	F _{кд}	У		F _{кд}	У		F _{кд}	У		F _{кд}	У		F _{кд}	У		F _{кд}	У	
		С	П		С	П		С	П		С	П		С	П		С	П
185	726	61,3	128	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	843	58,3	119,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
215	960	55,5	113	843	63,5	128	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
250	1245	50,5	102,2	1039	57,2	116	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
270	1401	48,2	96	1245	54,3	109	1064	61,7	128	—	—	—	—	—	—	—	—	—
300	1660	45,0	89,7	1505	50,0	102	1271	57,6	119	—	—	—	—	—	—	—	—	—
327	1920	42,5	85	1712	47,5	96,4	1479	55,0	112	1297	62,5	128	—	—	—	—	—	—
345	2075	41,4	82	1881	45,8	93,3	1634	52,5	107	1427	60,5	123	—	—	—	—	—	—
387	2503	38,5	77,5	2244	42,6	86,7	1946	48,5	100	1738	56,0	113	—	—	—	—	—	—
402	2633	37,8	76,3	2386	41,9	84,8	2088	47,4	96	1842	54,8	110	1608	62,5	128	—	—	—
450	3113	35,7	73,3	2828	39,5	80,8	2490	44,2	90	2231	50,5	102	1920	57,5	119	—	—	—
490	3476	34,2	71,1	3216	37,6	77,1	2879	41,9	85	2542	47,5	97	2205	54,4	112	1920	—	—
517	3761	33,4	69,4	3463	36,7	75,3	3113	40,5	83	2802	46,0	93,3	2412	52,5	108	2075	60,0	124
583	4371	31,5	67,1	4088	34,7	72,1	3722	38,0	78	3372	42,5	88	2505	48,4	101	2516	65,0	114
600	4540	31,3	66,3	4254	34,3	71,3	3891	37,4	77	3502	42,0	86	3048	47,5	98	2672	64,0	112
650	5032	30,2	64,8	4321	33,2	69,1	4358	36,0	75	3943	40,5	83	3450	45,2	94	3009	61,3	107
700	5499	29,5	62,9	5188	32,3	67,5	4799	35,0	73	4384	39,0	81	3865	44,0	89,5	3411	49,0	103
750	5968	28,7	61,4	5681	31,5	66,8	5292	34,3	71	4825	38,3	79	4254	42,5	87	3787	47,5	99

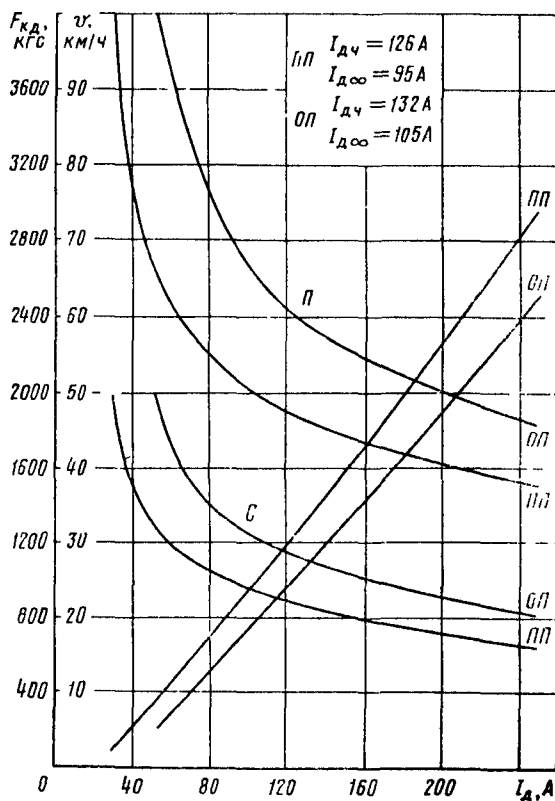
ктродвигателя AL4846eT электровоза ЧСЗ



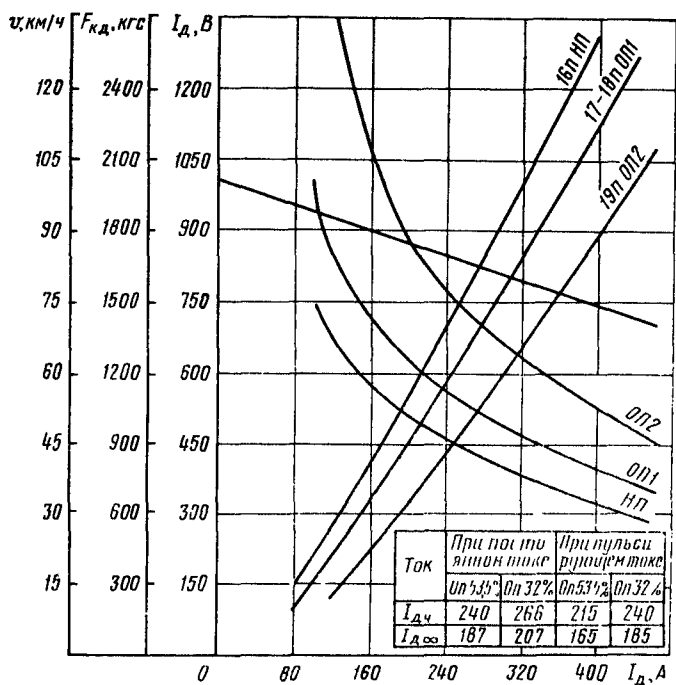
I_d	U_d	НП		ОН1		ОН2		ОН3		ОН4		ОН5	
		v	F_{kd}	v	F_{kd}	v	F_{kd}	v	F_{kd}	v	F_{kd}	v	F_{kd}
400	870	182,1	630	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
600	846	145	1170	169	1000	—	—	—	—	—	—	—	—
800	823	124,6	1780	142,2	1565	158,1	1415	—	—	—	—	—	—
1000	800	111,8	2405	125	2170	137,9	1975	153	1780	—	—	—	—
1100	790	106,5	2740	118,8	2480	130,1	2270	144	2060	160	1860	—	—
1200	779	102	3080	113,1	2790	124	2560	136,5	2340	150,6	2120	163,2	1950
1400	755	94,5	3720	104,5	3420	114	3140	125	2910	137,5	2660	148,2	2480
1600	732	87,4	4430	97,2	4070	106	3780	115,8	3500	127,5	3210	137	3000
1800	711	81,5	5150	91,2	4740	99	4450	107,5	4130	118,5	3780	127	3530

Рис 4 118 Характеристики тягового электродвигателя AL4442nP электровозов ЧС4 и ЧС4т

ПП				ОП1(53%)			
$I_{д}$	$F_{кд}$	ν		$I_{д}$	$F_{кд}$	ν	
		C	Π			C	Π
30	100	49,3	100	—	—	—	—
50	325	32,9	67,5	50	200	50,2	102,5
75	625	27,2	56,5	75	450	36,4	79,2
95	875	24,8	52,0	105	780	31,0	65,0
126	1260	22,0	47,0	132	1080	27,8	58,9
150	1560	20,5	44,5	150	1300	26,4	56,3
175	1890	19,2	42,2	175	1590	24,4	52,7
200	2250	18,1	40,4	200	1900	22,9	49,9
225	2590	17,1	38,9	225	2200	21,6	47,5
250	2940	16,3	37,6	250	2500	20,5	45,8

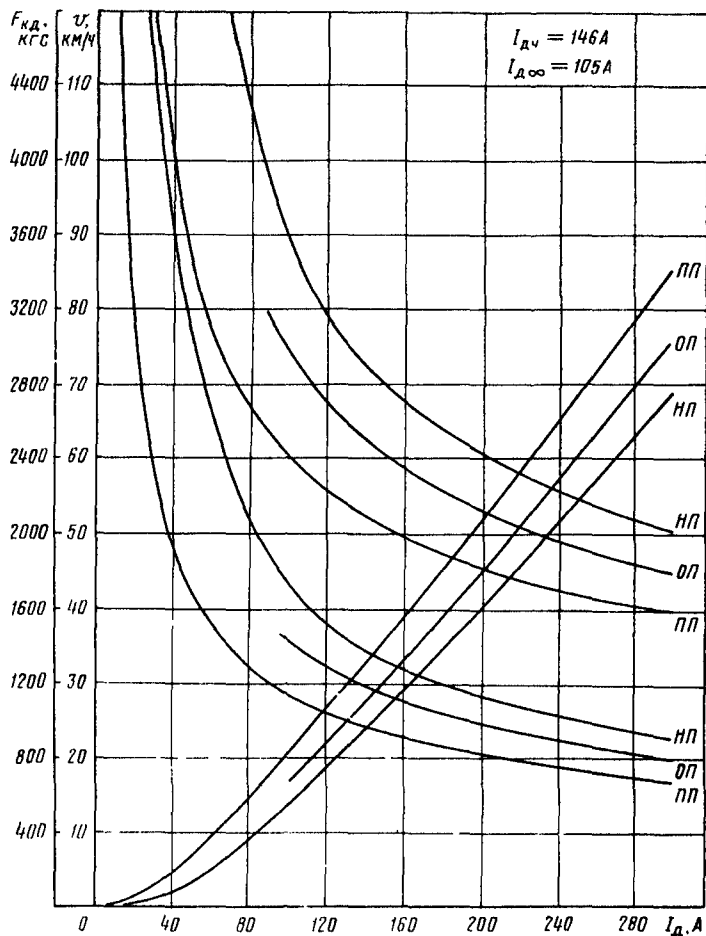


119 Характеристики тягового электродвигателя ДК 103 электропоездов
 C^m, C^p и C^p_p



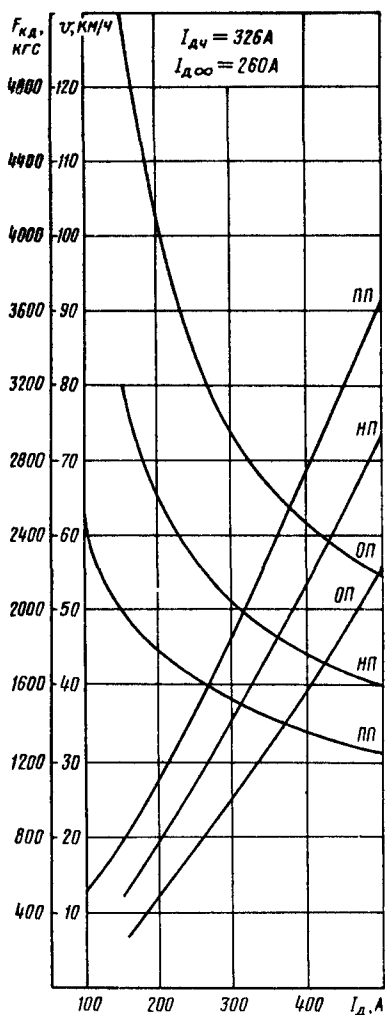
I_D	U_D	16n HП 92,5%		17-18n ОП1 53,5%		19n ОП2 32%	
		F_{KD}	v	F_{KD}	v	F_{KD}	v
80	950	290	—	180	—	—	—
100	937	420	73,8	300	101,7	—	—
120	924	550	66,6	420	87,7	250	134,6
140	912	675	61,0	550	78,4	355	118,6
160	899	815	56,6	670	71,3	450	105,6
180	887	960	53,7	800	66,6	550	96,7
200	874	1100	50,8	930	62,7	660	89,0
220	861	1250	48,5	1060	59,5	760	83,0
240	849	1390	46,3	1190	56,6	865	77,8
260	836	1540	44,7	1320	53,9	980	74,2
280	824	1700	42,5	1450	51,2	1090	70,0
300	811	1850	40,5	1590	49,1	1208	66,8
320	798	2000	38,7	1730	46,9	1330	63,8
340	786	2168	37,2	1860	44,8	1440	60,9
360	773	2320	35,6	1990	43,1	1550	58,1
380	761	2490	34,1	2130	41,5	1670	55,3
400	748	2650	33,1	2270	39,9	1790	52,6
420	735	—	31,7	2410	38,3	1910	50,4
440	723	—	30,5	2550	36,8	2025	48,2
460	710	—	29,2	—	35,7	2150	46,0

Рис 4 120 Характеристики тягового электродвигателя РТ51Д электропоездов ЭР9, ЭР9П и ЭР9М



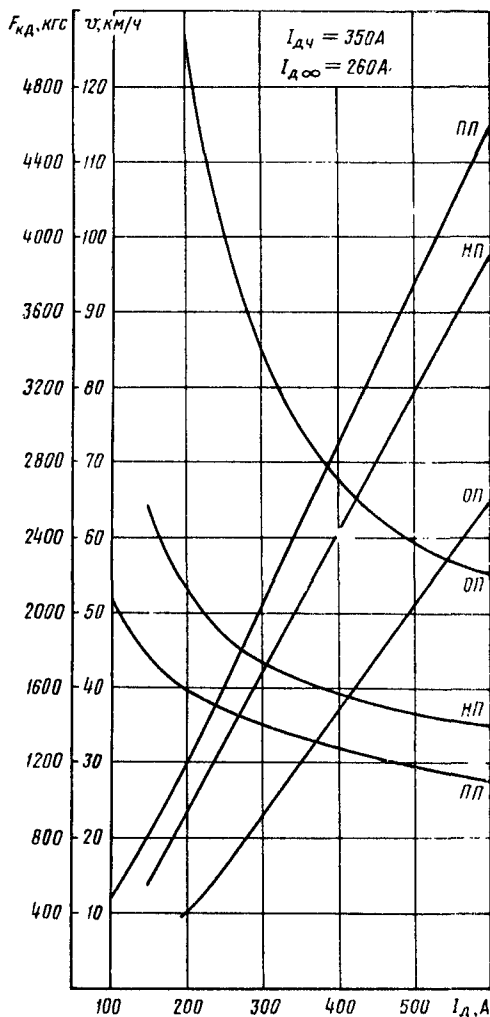
I_d	HP (100%)				OP (67%)				HP (50%)			
	F_{kd}	v			F_{kd}	v			F_{kd}	v		
		C	η			C	η			C	η	
10	(10)	(132)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	(20)	(97)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	(40)	(77.5)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	68	64.6	131	—	—	—	—	—	(30)	(131)	—	—
30	51	59.8	121	—	—	—	—	—	(45)	(115)	—	—
35	125	54.7	111	—	—	—	—	—	(60)	(103)	—	—
40	165	49.6	101	—	—	—	—	—	(83)	(91)	—	—
60	355	38.0	78.0	—	—	—	—	—	200	66.9	135	—
70	465	35.0	71.5	—	—	—	—	—	270	59.7	122	—
80	580	32.0	66.5	—	—	—	—	—	360	52.0	107	—
90	690	—	63.5	—	—	—	—	—	445	47.6	98.0	—
105	870	27.8	59.1	700	35.0	72.8	—	590	42.0	86.0	—	—
120	1050	26.5	55.8	865	32.7	68.1	—	745	38.1	79.5	—	—
146	1375	24.0	51.5	1150	29.4	61.5	—	995	34.0	71.3	—	—
160	1555	23.1	49.6	1120	27.8	58.8	—	1150	32.1	68.0	—	—
180	1815	22.0	47.5	1558	26.2	55.9	1370	30.2	64.0	—	—	—
200	2080	21.0	45.7	1790	24.9	53.3	1590	28.5	61.0	—	—	—
220	2360	20.0	44.0	2050	23.7	51.3	1820	26.8	58.0	—	—	—
240	2630	19.2	42.7	2290	22.6	49.2	2050	25.7	56.0	—	—	—
260	2880	18.4	41.5	2540	21.6	47.3	2280	24.7	54.0	—	—	—
280	3145	17.8	40.3	2800	20.7	46.2	2530	23.5	52.0	—	—	—
300	3420	17.1	39.3	3050	19.6	45.0	2760	22.5	50.5	—	—	—

Рис. 4.121 Характеристики тягового электродвигателя ДК-106Б электропоездов ЭР1 и ЭР2



I_d	nn 100%		np 50%		op 29%	
	F_{kd}	v	F_{kd}	v	F_{kd}	v
100	500	61	—	—	—	—
150	780	50	490	80	250	130
200	1100	44,5	780	64,5	460	100
250	1500	41	1100	56,5	750	83
300	1940	38	1460	51	1040	74
350	2330	36	1800	47	1320	67
400	2760	34	2160	44	1620	62
450	3200	32,5	2560	42	1950	58
500	3680	31	2950	40	2250	54,5

Рис 4.122 Характеристики тягового электродвигателя РТ-113А электропоезда ЭР22



I_d	nn 100%		np 50%		op 18%	
	F_{kd}	v	F_{kd}	v	F_{kd}	v
100	450	52	—	—	—	—
150	800	44	580	64	—	—
200	1200	39,5	950	54	400	126
250	1600	37	1300	47	600	100
300	2050	35	1700	44	900	84,5
350	2450	33,5	2050	41,5	1180	74,5
400	2900	32	2400	39	1460	68
450	3300	31	2800	38	1750	63
500	3700	30	3200	37	2000	59
550	4150	28	3450	36	2300	57,5
600	4600	27,5	3920	35	2600	55

Рис. 4.123. Характеристики тягового электродвигателя 1ДТ.0031 электропоезда ЭР22В

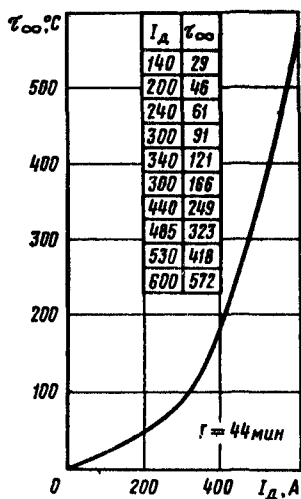


Рис. 4.124. Тепловые характеристики обмотки якоря тягового электродвигателя НБ-406 электровозов ВЛ18 и ВЛ23

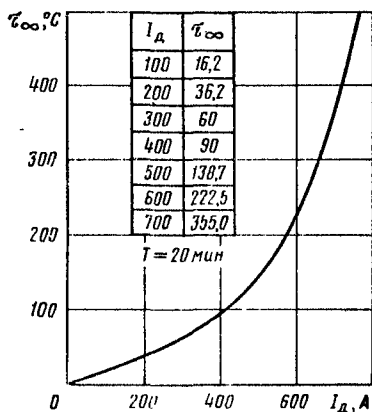


Рис. 4.125. Тепловые характеристики компенсационной обмотки тягового электродвигателя ТЛ-2К1

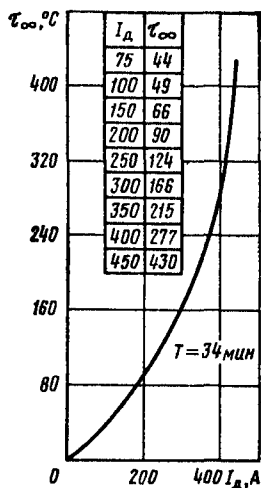


Рис. 4.126. Тепловые характеристики обмотки якоря тягового электродвигателя ДПЭ-400 и НБ-411 электровоза ВЛ22*

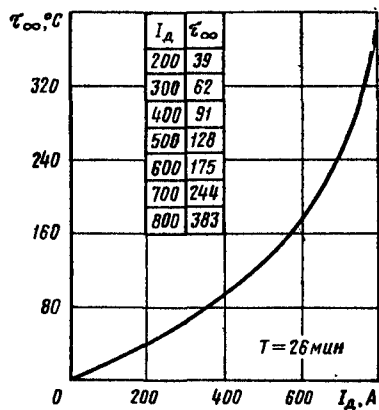


Рис. 4.127. Тепловые характеристики обмотки якоря тягового электродвигателя НБ-412К электровозов ВЛ60*, ВЛ60Р и ВЛ60ПК

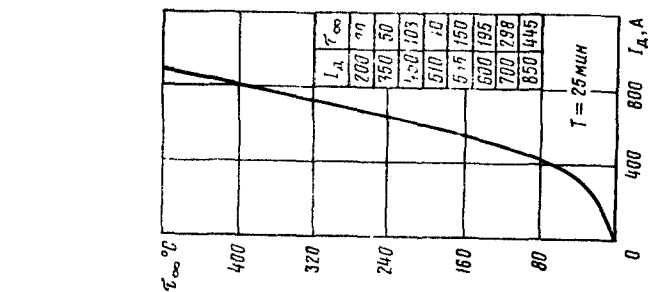


Рис 4 128 Тепловые характеристики обмоток дополнительных полюсов тягового электродвигателя НБ-407Б электровозов ВЛ82 и ВЛ82м

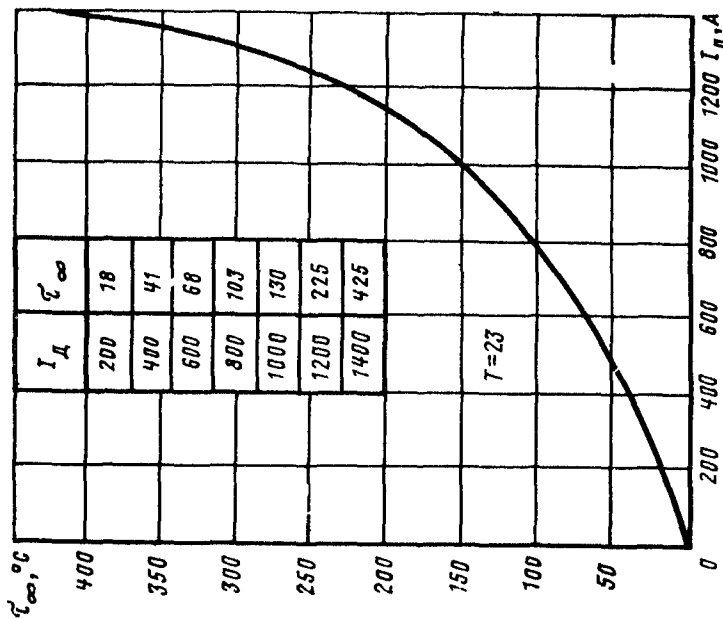


Рис 4 129 Тепловые характеристики обмотки якоря электродвигателя НБ-418К электровозов ВЛ80*, ВЛ80*, ВЛ80*, ВЛ80* и ВЛ80р

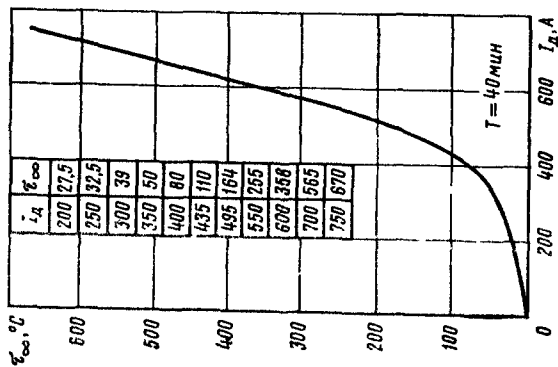
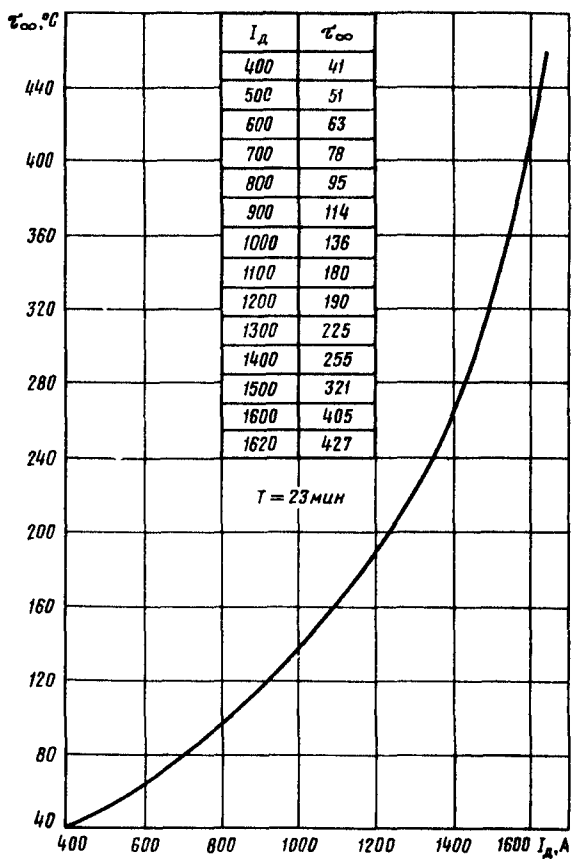


Рис 4 130 Тепловые характеристики обмотки якоря тягового электродвигателя АЛ48456Т электровозов ЧС2 и ЧС3



131 Тепловые характеристики обмотки якоря тягового электродвигателя
AL4442nP электровозов ЧС4 и ЧС4^т

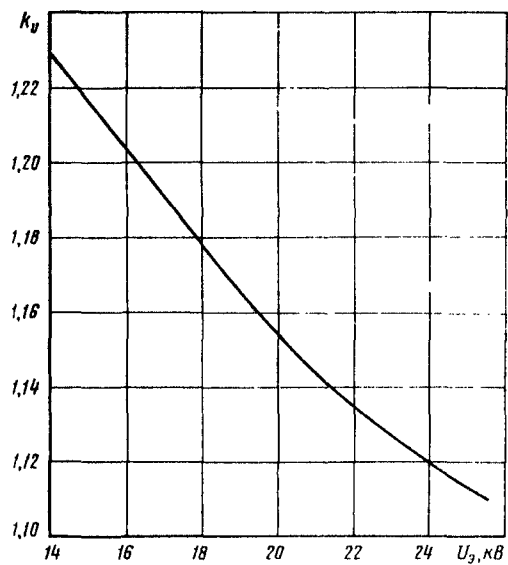


Рис. 4.132. Зависимость коэффициента формы кривой напряжения K_v от него значения напряжения за полупериод на токоприемнике

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕПЛОВОЗОВ И МОТОРНЫХ ВАГОНОВ ДИЗЕЛЬ-ПОЕЗДОВ (рис. 5.1 — 5.79)

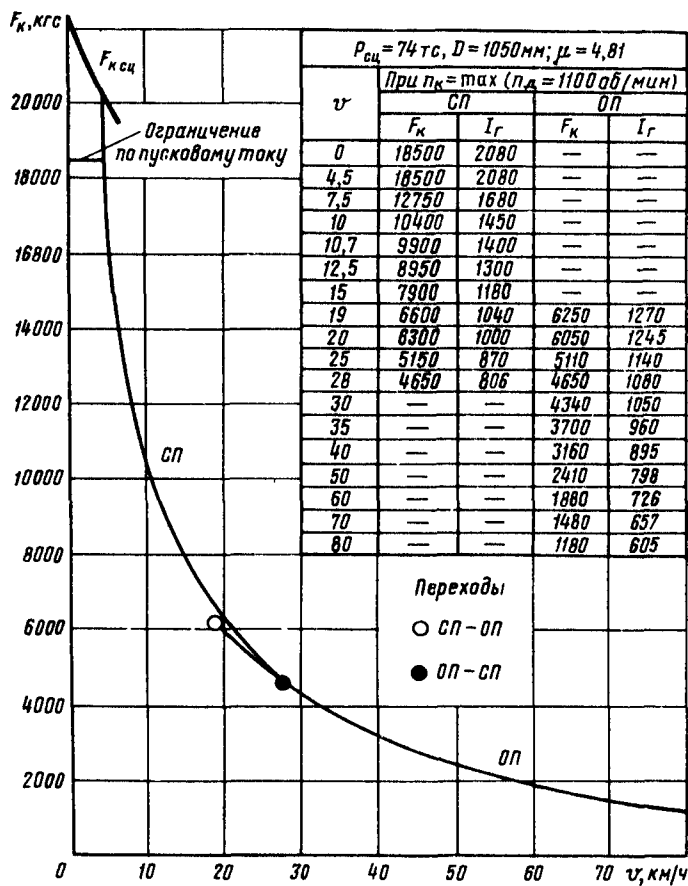


Рис. 5.1. Тяговые характеристики тепловоза ВМЭ1

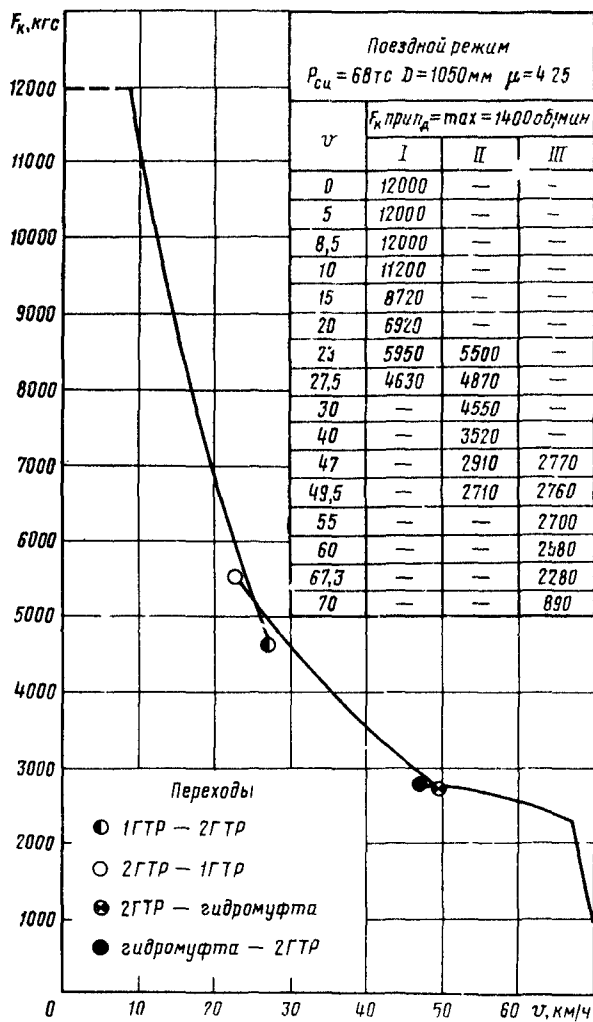


Рис 5.2 Тяговые характеристики тепловоза ТГМ3А

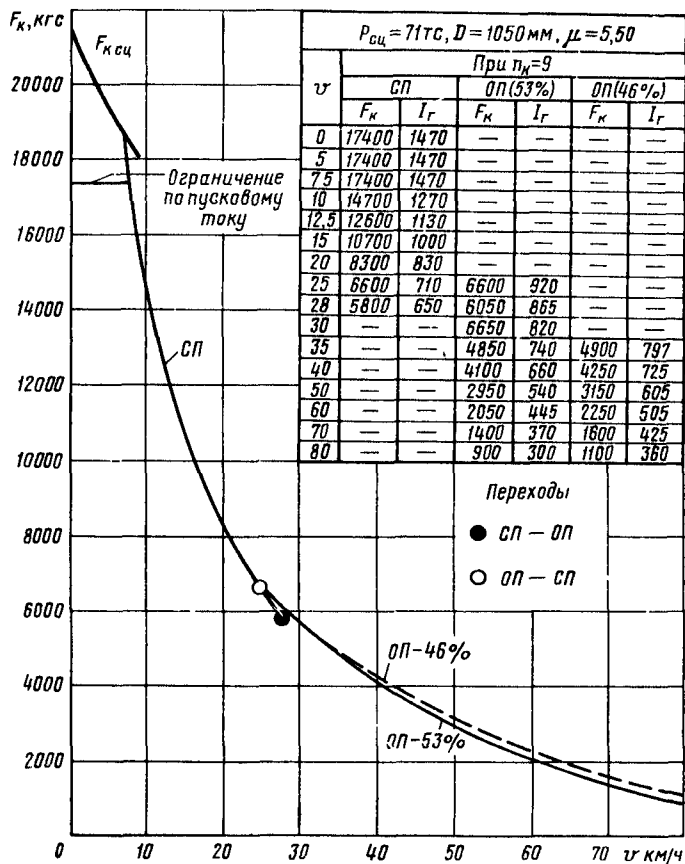


Рис 53 Тяговые характеристики тепловоза ЧМЭ2

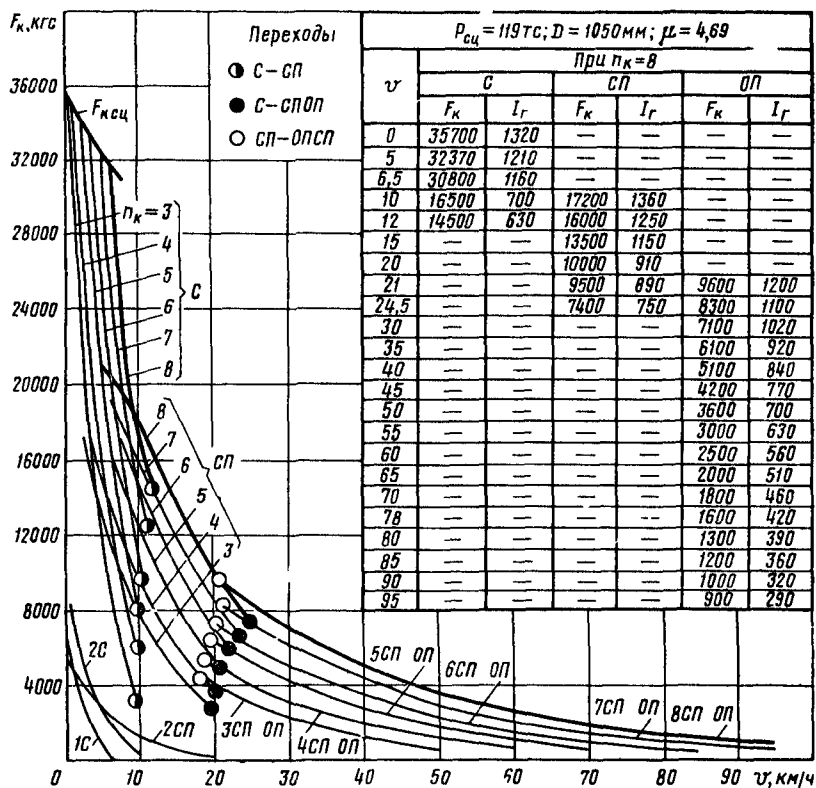


Рис. 5.4. Тяговые характеристики тепловоза ТЭ1

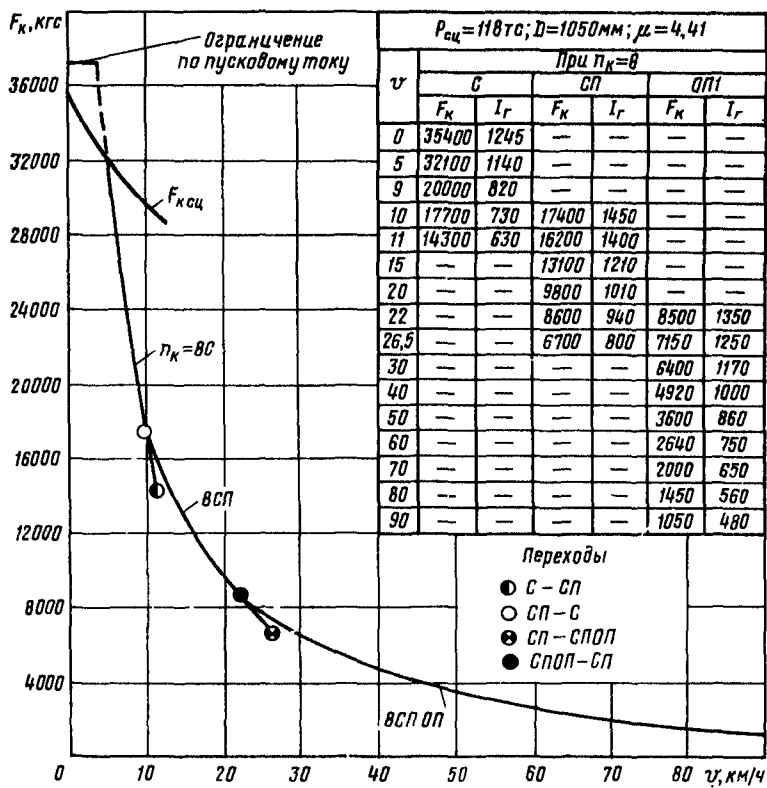


Рис. 5.5. Тяговые характеристики тепловоза ТЭМ1

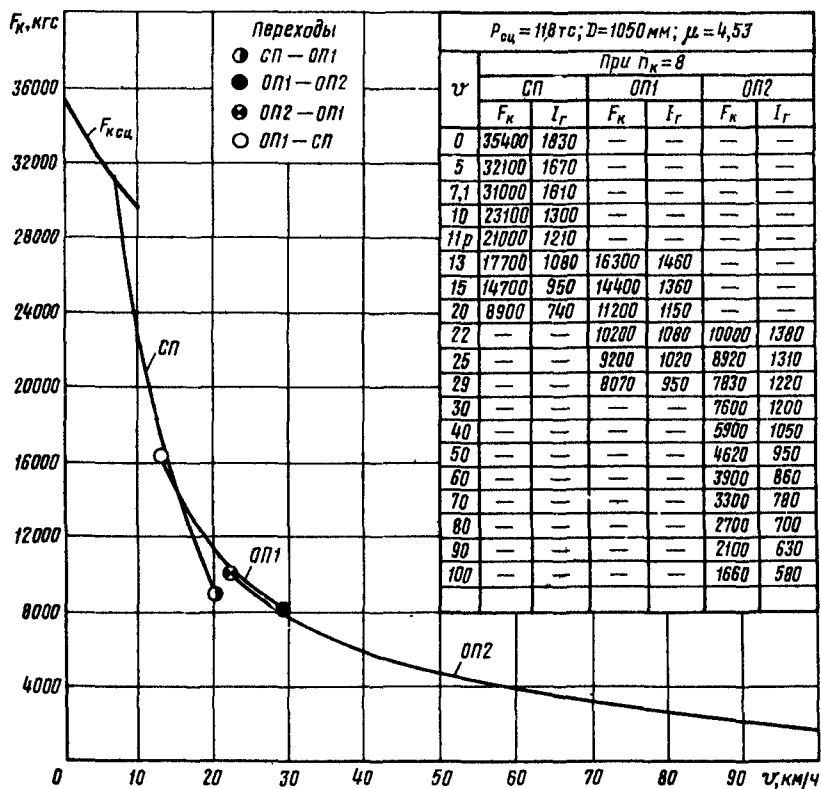


Рис. 5.6 Тяговые характеристики тепловоза ТЭМ2

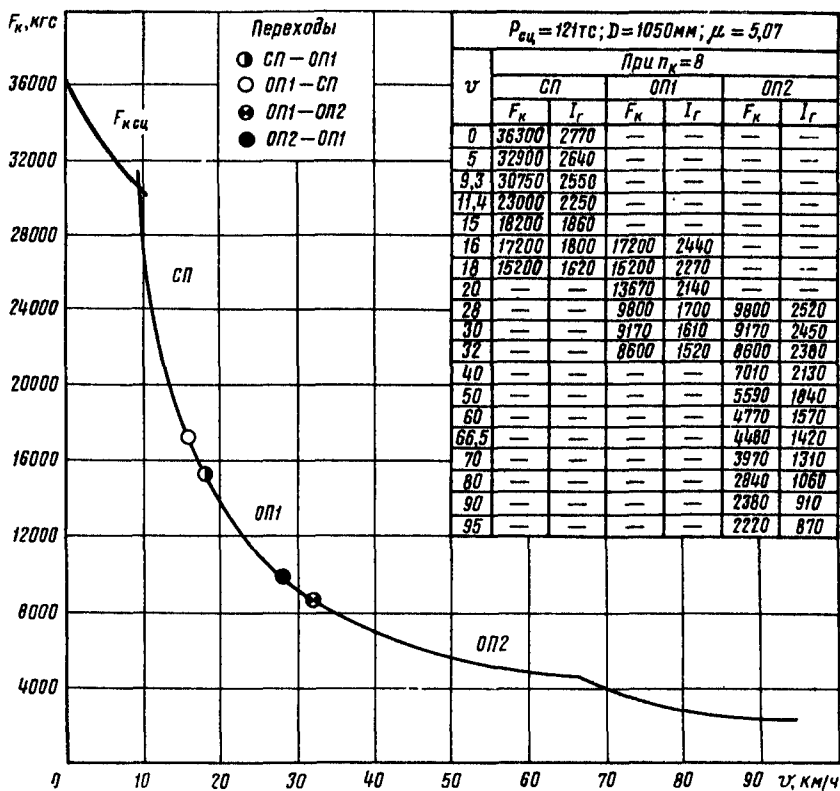


Рис. 5.7. Тяговые характеристики тепловоза ЧМЭЗ

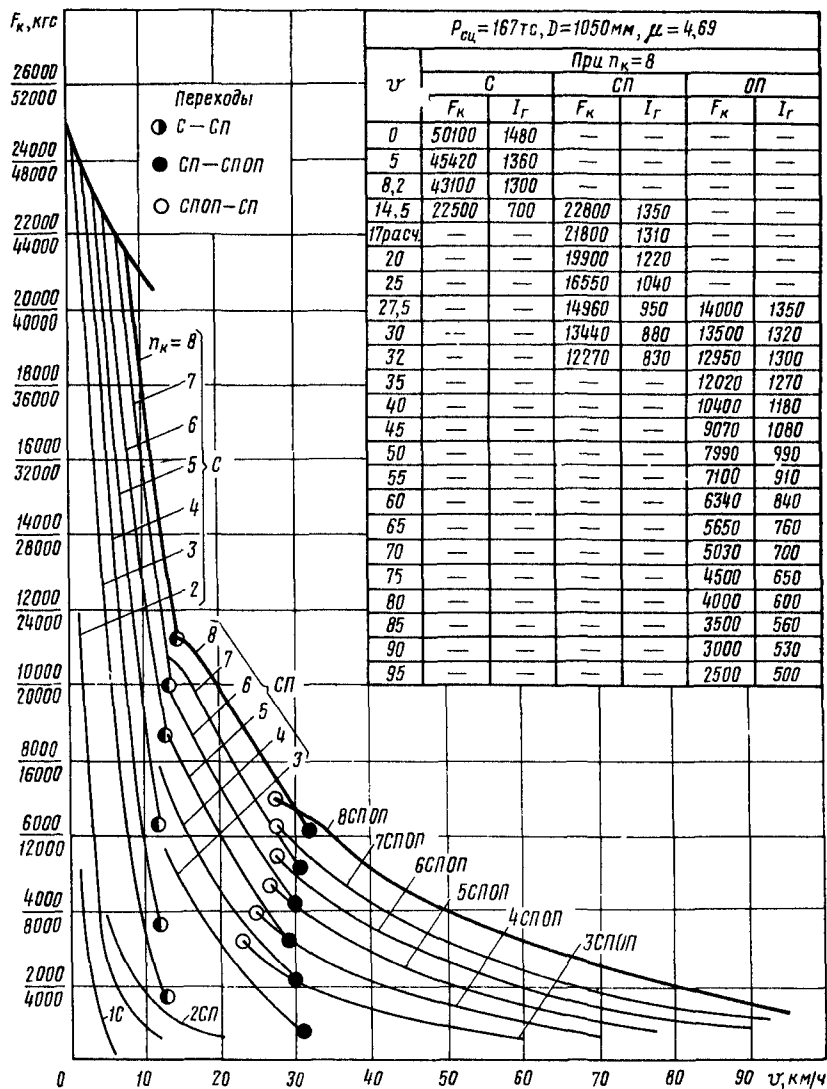


Рис. 5.8 Тяговые характеристики тепловоза ТЭ2

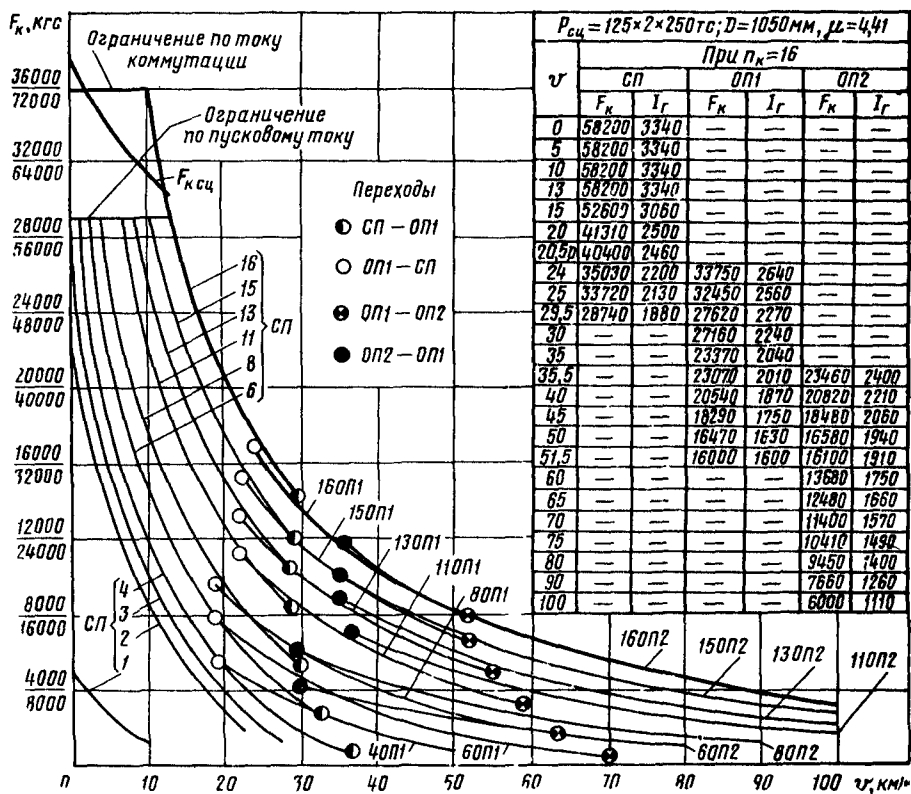


Рис 5.9 Тяговые характеристики тепловоза ТЭ3

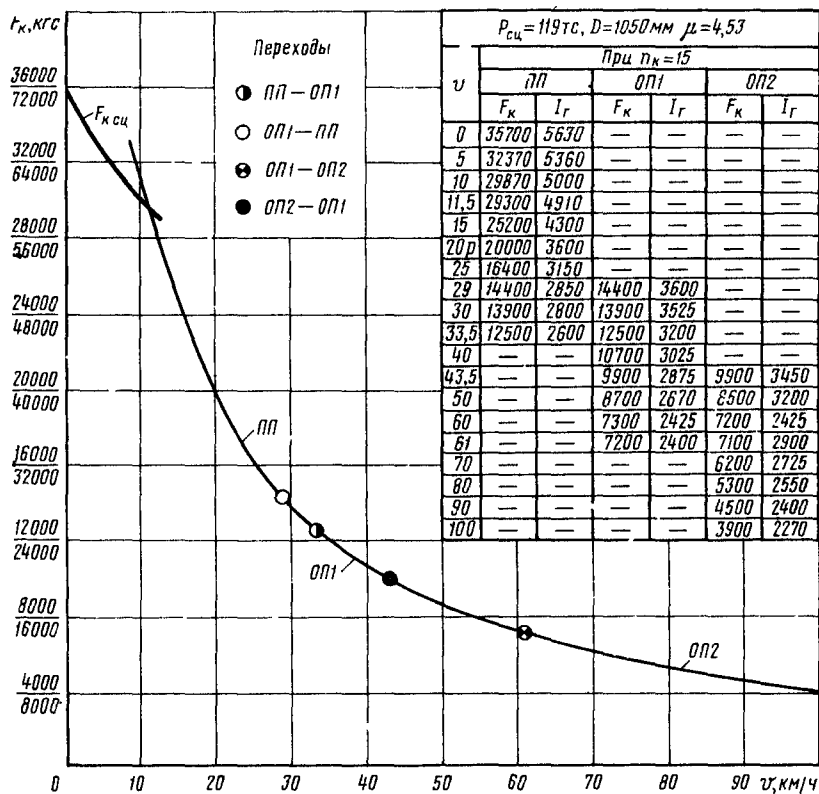


Рис 510 Тяговые характеристики тепловозов М62 (в числителе) и 2М62 (в знаменателе)

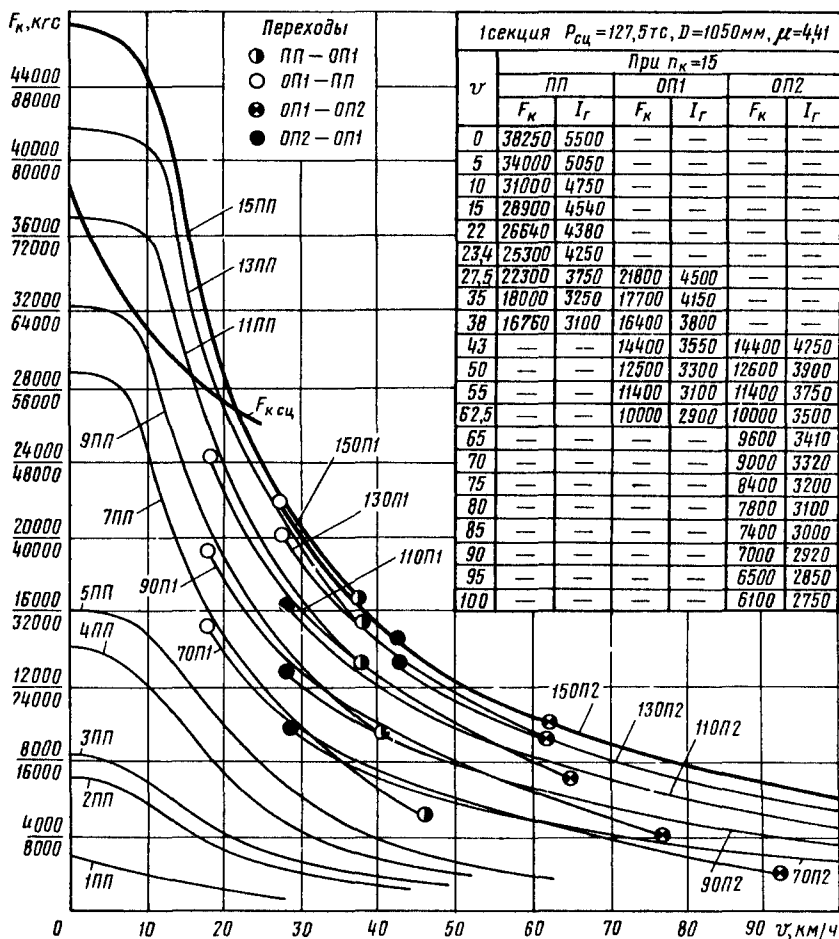


Рис 5.11 Тяговые характеристики тепловозов 2ТЭ10Л и ТЭ10 (значения F_k в числителе для одной секции, в знаменателе — для двух секций)

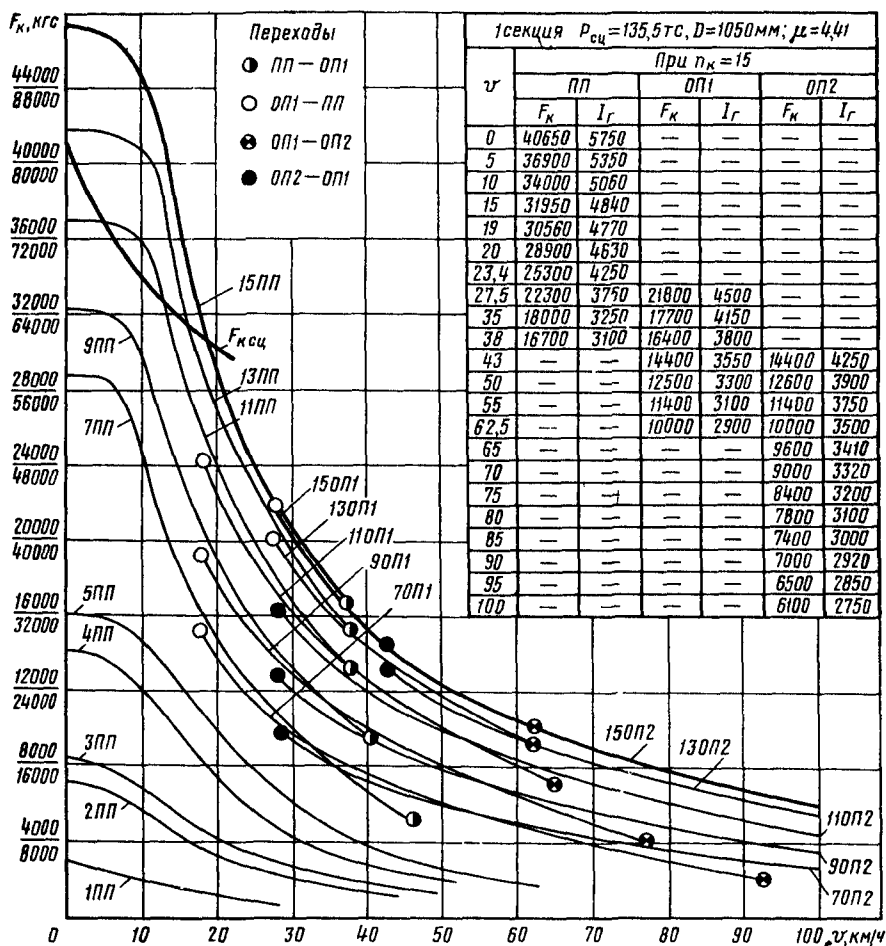


Рис. 5.12. Тяговые характеристики тепловозов 2ТЭ10В, 2ТЭ10М (значения F_k в числителе для одной секции, в знаменателе — для двух секций)

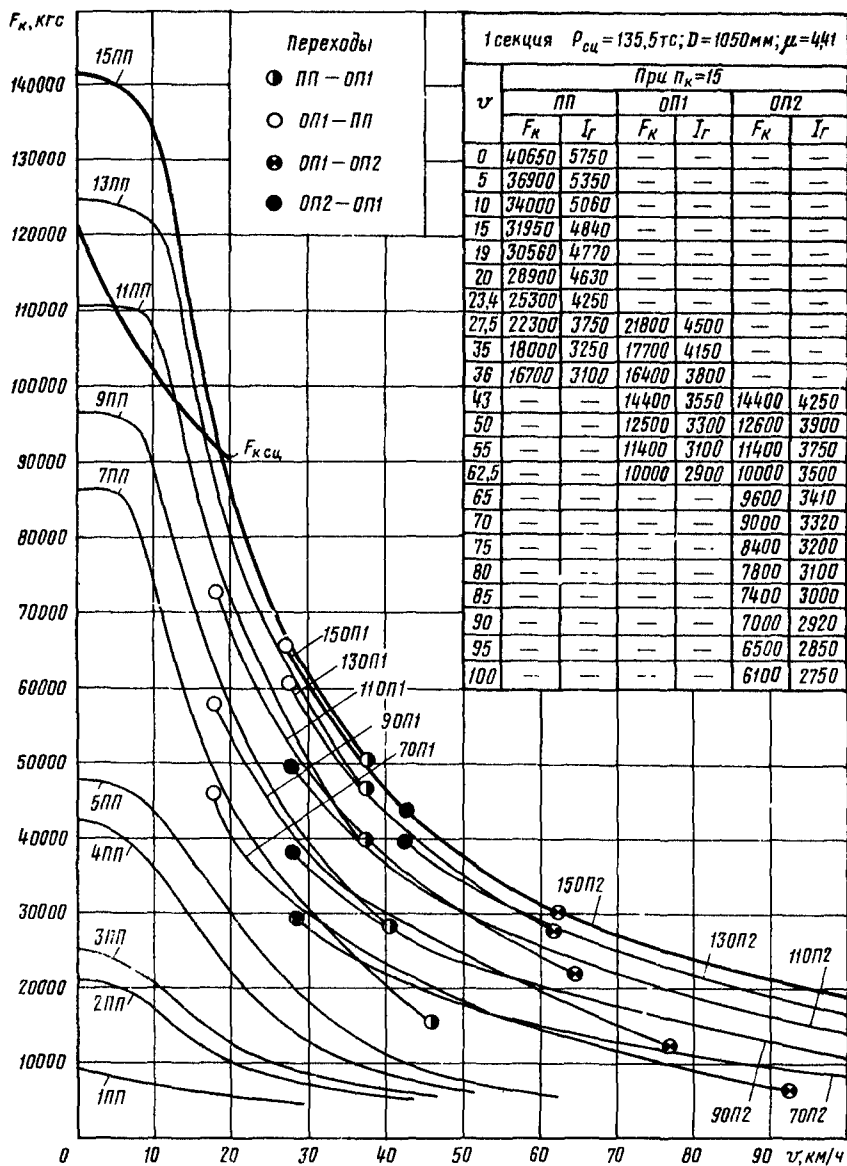


Рис. 5.13. Тяговые характеристики тепловоза 3ТЭ10М

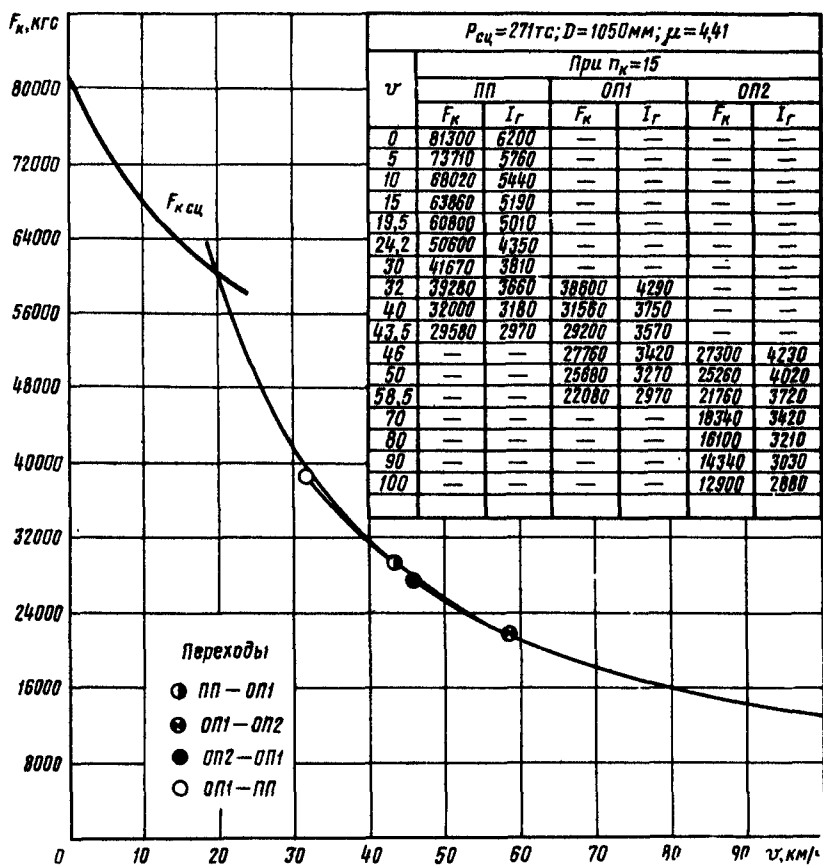


Рис. 5.14. Тяговые характеристики тепловоза 2ТЭ116

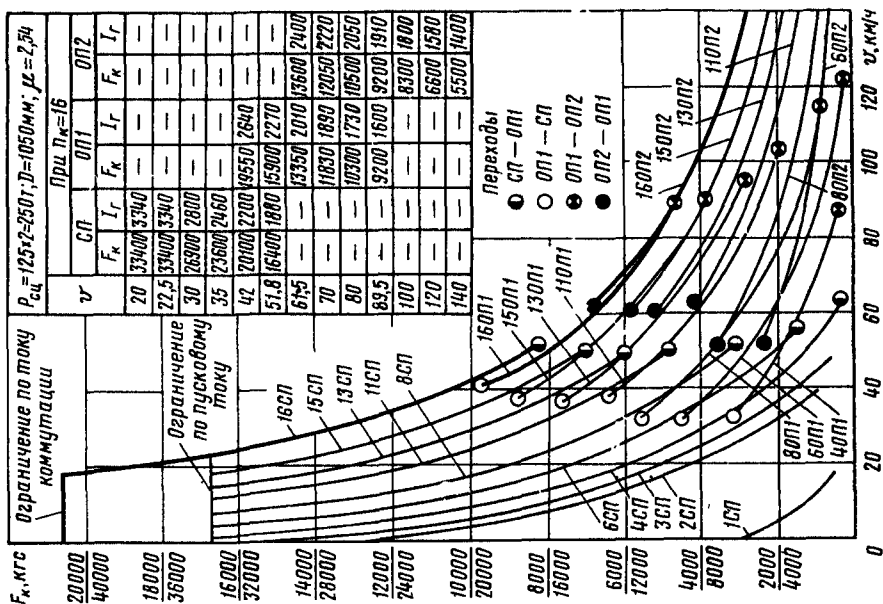


Рис. 5.16. Тяговые характеристики тепловозов ТЭП10 и ТЭП10Д

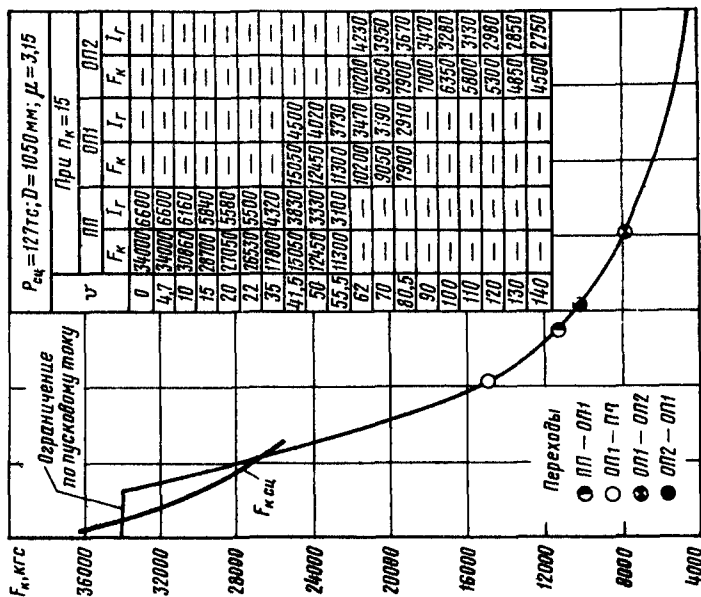


Рис. 5.15. Тяговые характеристики тепловоза ТЭ7 (в числительной — одна секция, в знаменателе — две секции)

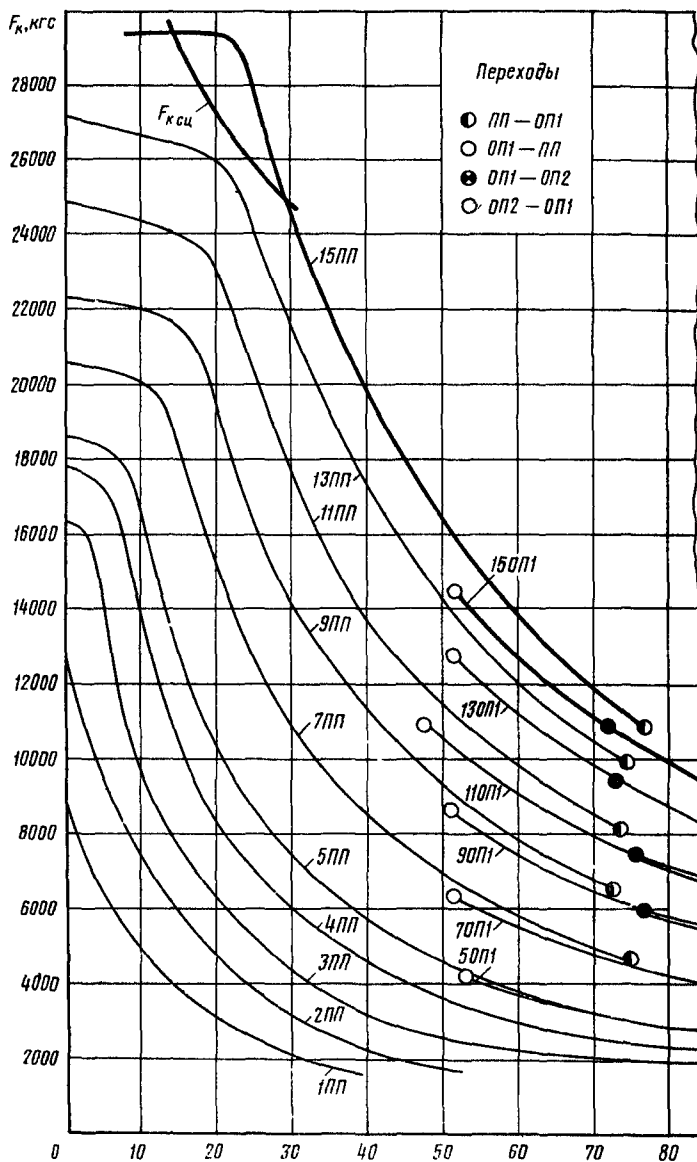
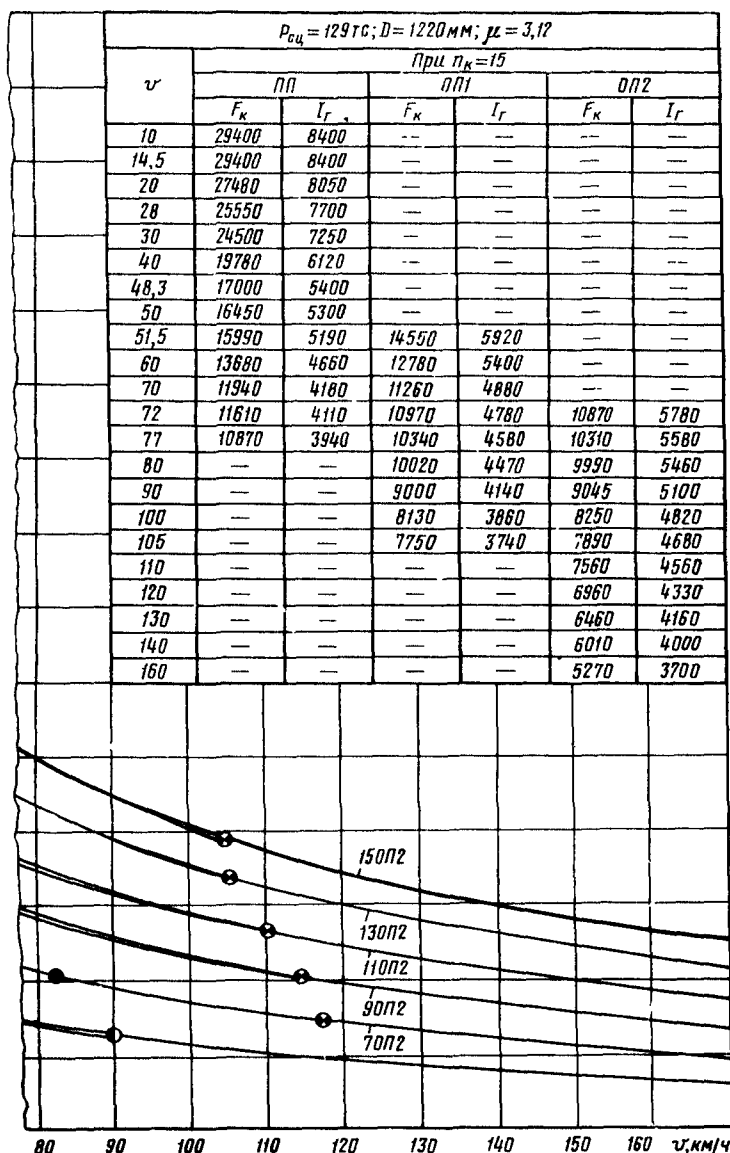


Рис. 5.17. Тяговые характеристики



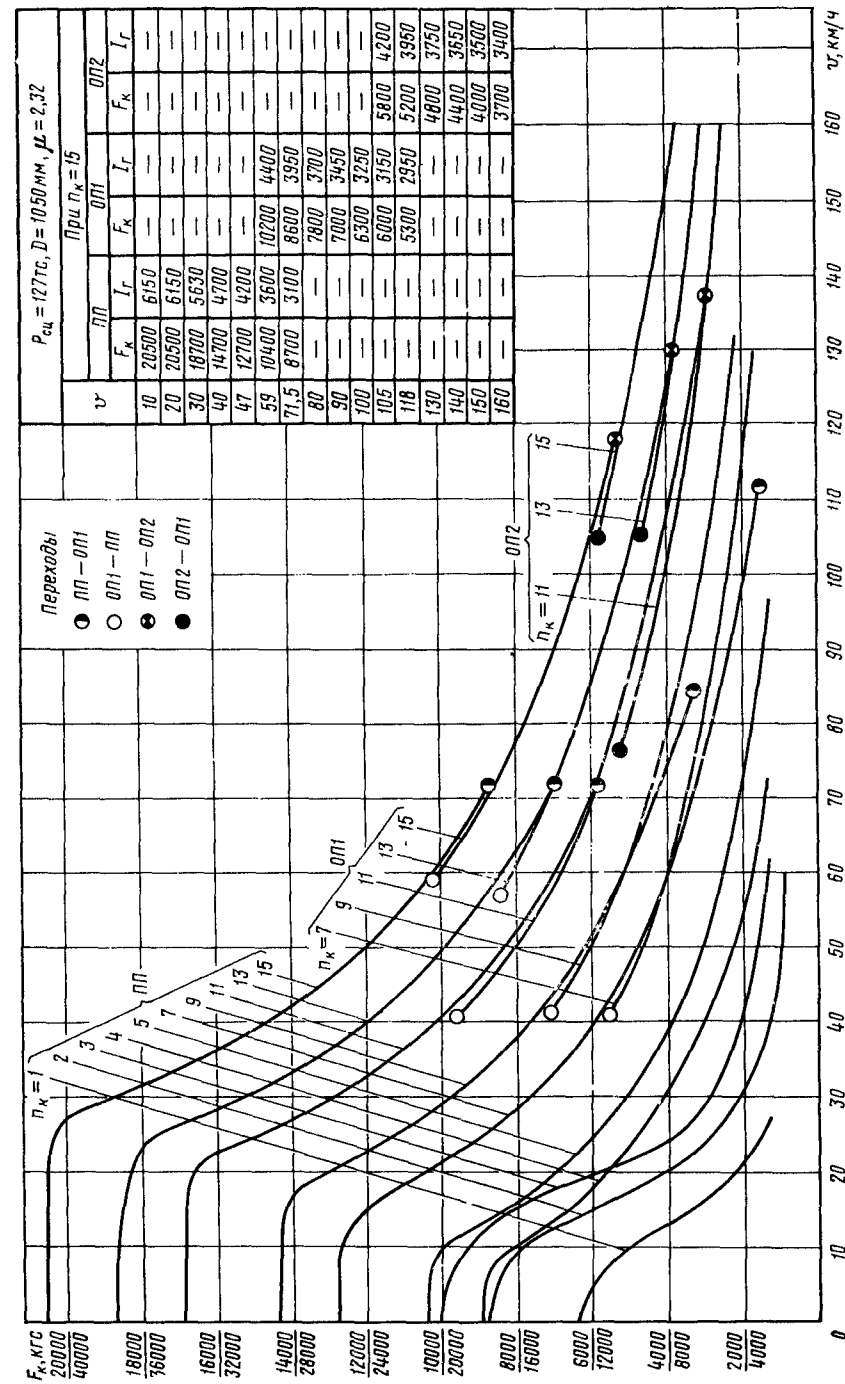


Рис. 5.18 Тяговые характеристики тепловоза ТЭП60 (в числителе) и 2ТЭП60 (в знаменателе)

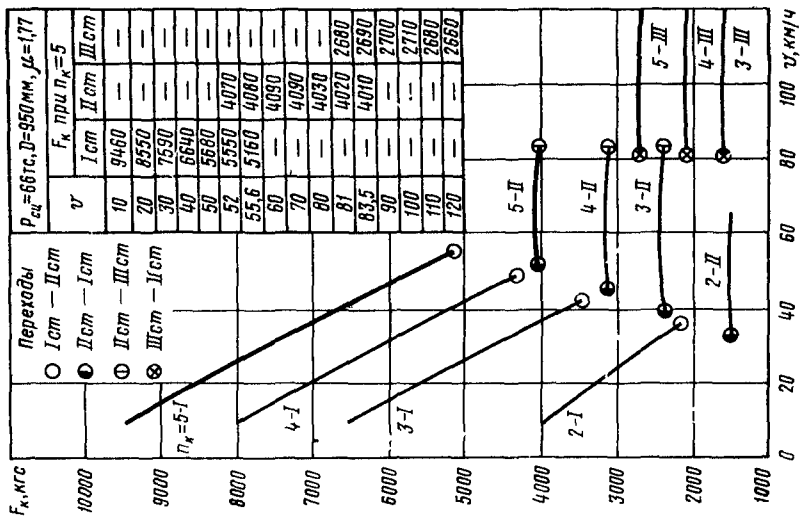


Рис. 5.20 Тяговые характеристики четырехвагонного дизель-поезда Д1 (два моторных вагона)

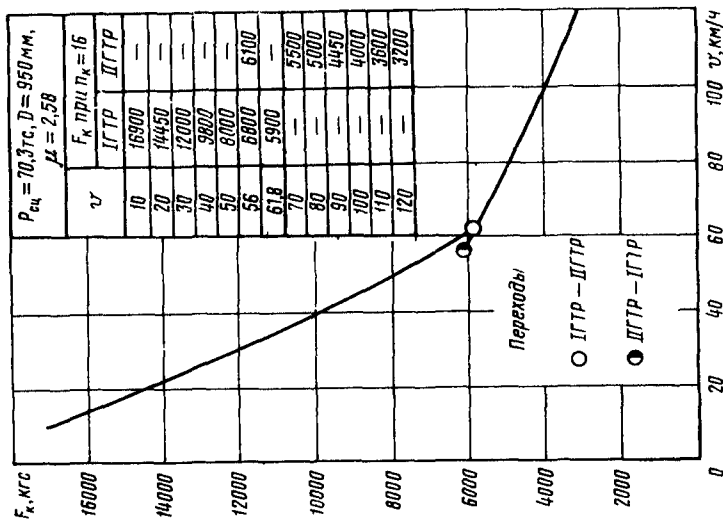


Рис. 5.19 Тяговые характеристики шестивагонного дизель-поезда ДР1 (два моторных вагона)

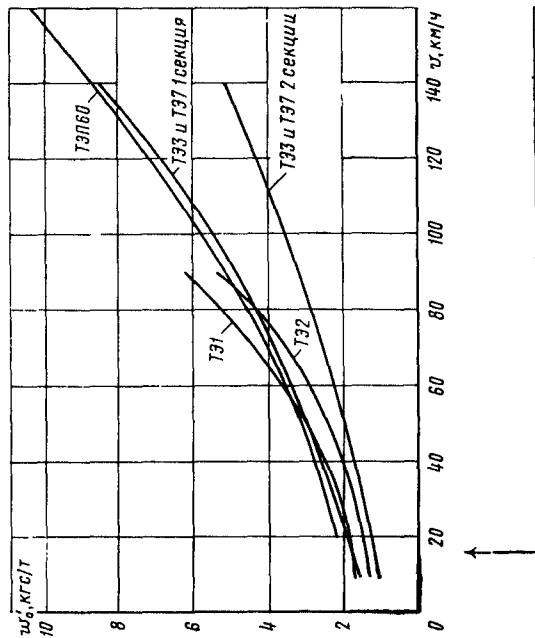
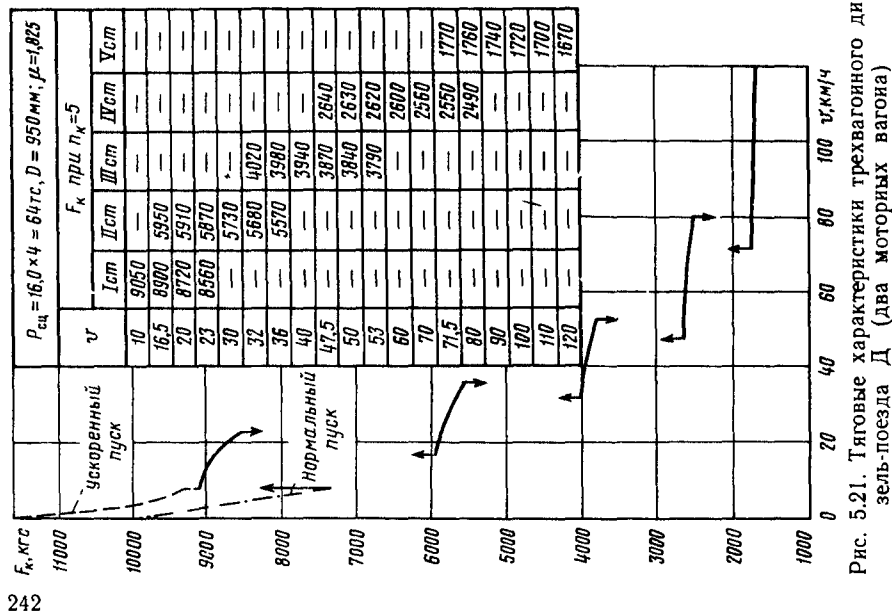


Рис. 5.22. Основное удельное сопротивление движению тепловозов как повозки

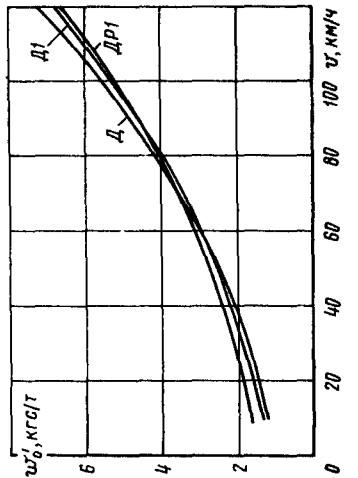


Рис. 5.23. Основное удельное сопротивление движению дизель-поездов как повозки

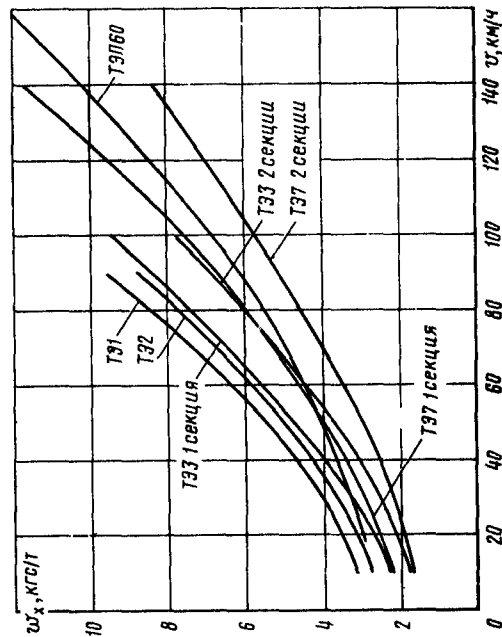


Рис 5.24. Основное удельное сопротивление движению тепловозов на холостом ходу

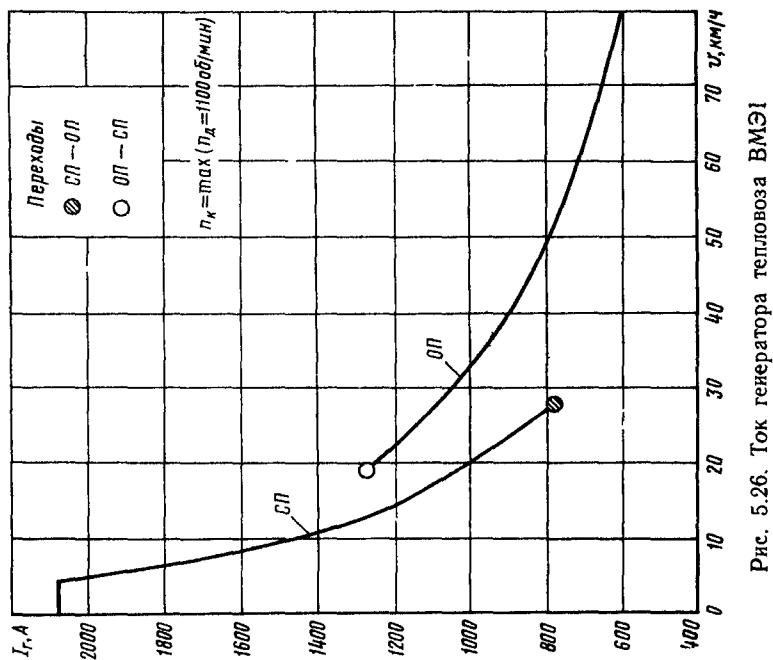
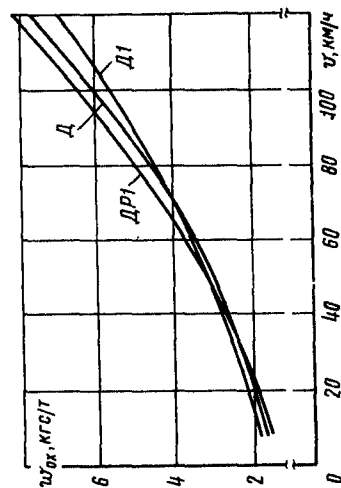


Рис. 5.26. Ток генератора тепловоза ВМЭ1

Рис 5.25. Основное удельное сопротивление движению дизель-поездов на холостом ходу

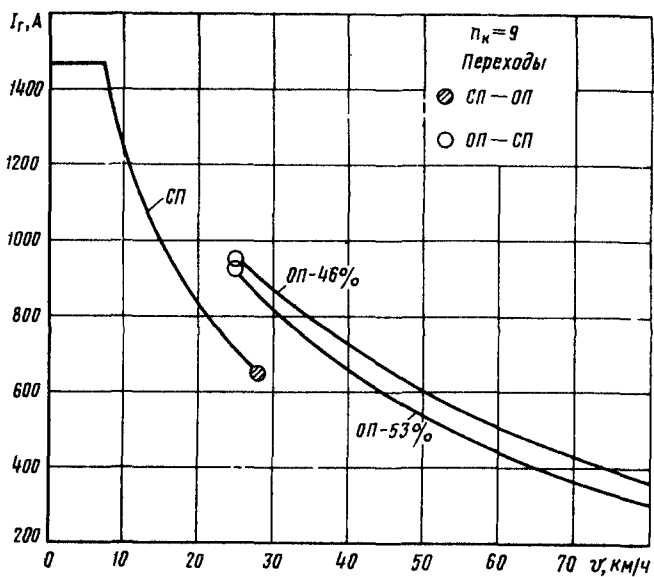


Рис. 5.27. Ток генератора тепловоза ЧМЭ2

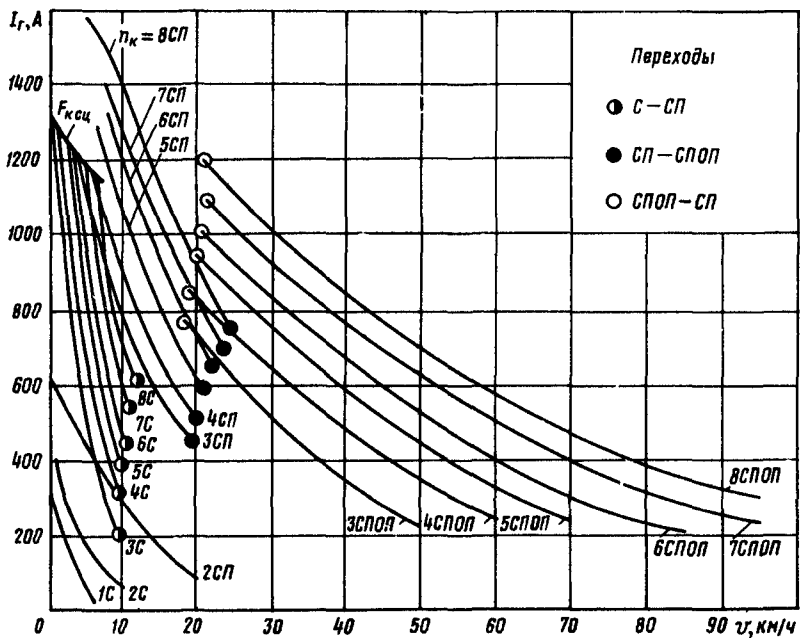


Рис. 5.28. Ток генератора тепловоза ТЭ1

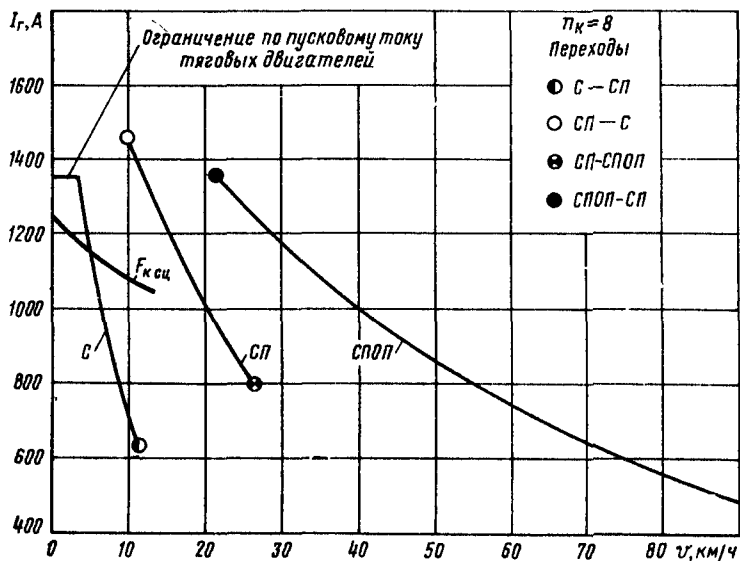


Рис. 5.29. Ток генератора тепловоза ТЭМ1

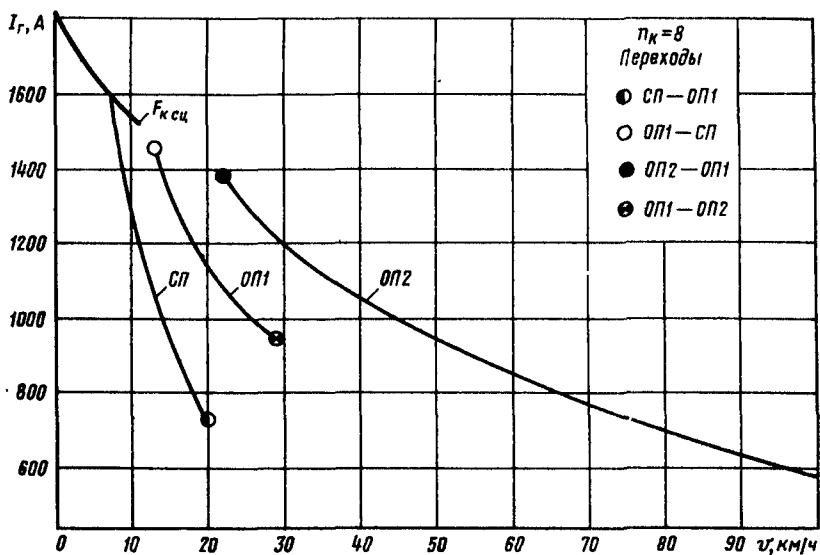


Рис. 5.30. Ток генератора тепловоза ТЭМ2

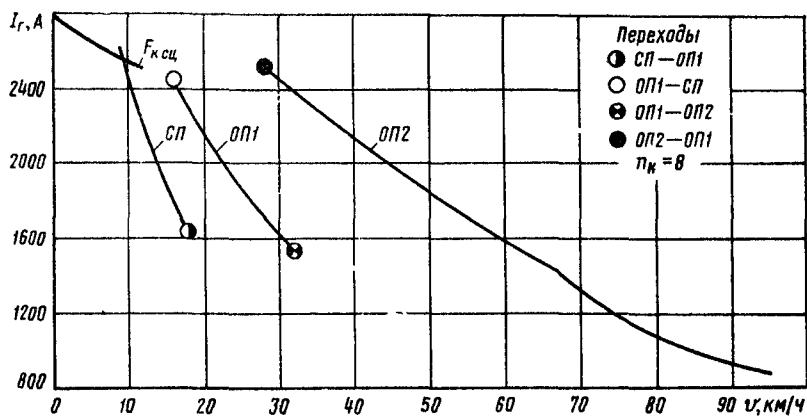


Рис. 5.31. Ток генератора тепловоза ЧМЭЗ

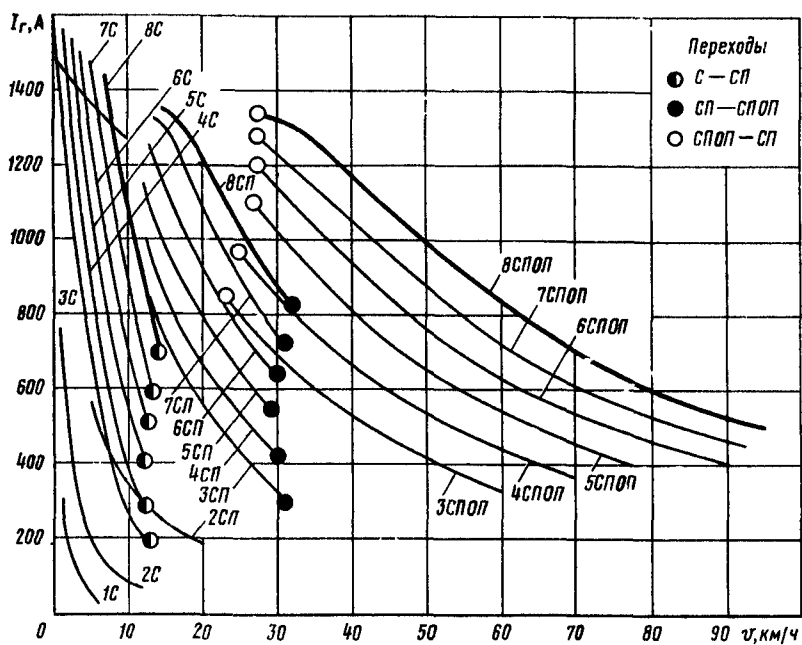


Рис. 5.32. Ток генератора тепловоза ТЭ2

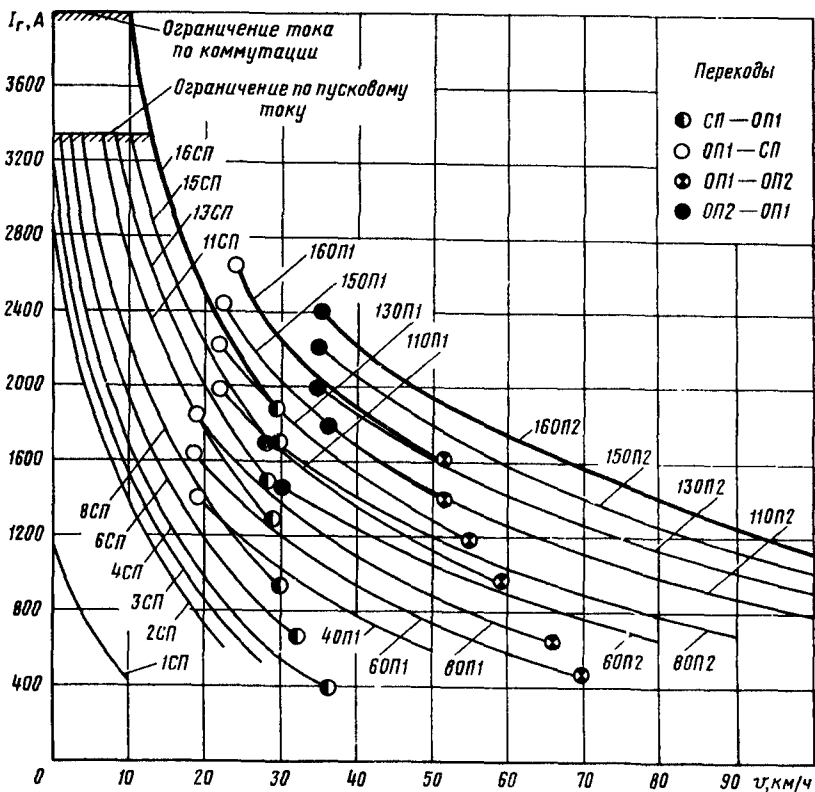


Рис. 5.33. Ток генератора тепловоза ТЭ3

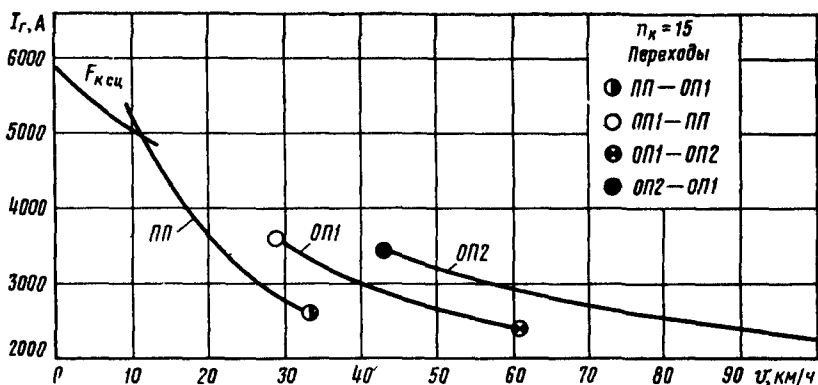


Рис. 5.34. Ток генератора тепловозов М62 и 2М62

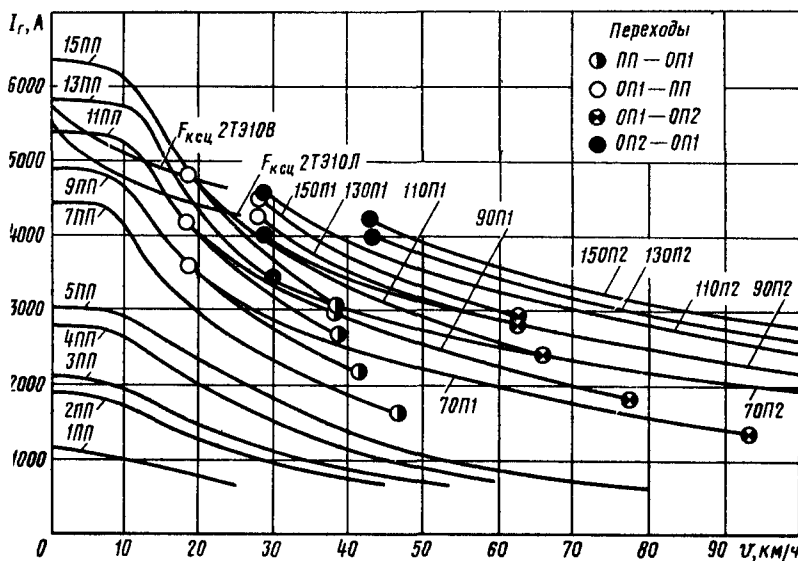


Рис. 5.35. Ток генератора тепловозов 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В (М), ТЭ10, 3ТЭ10М

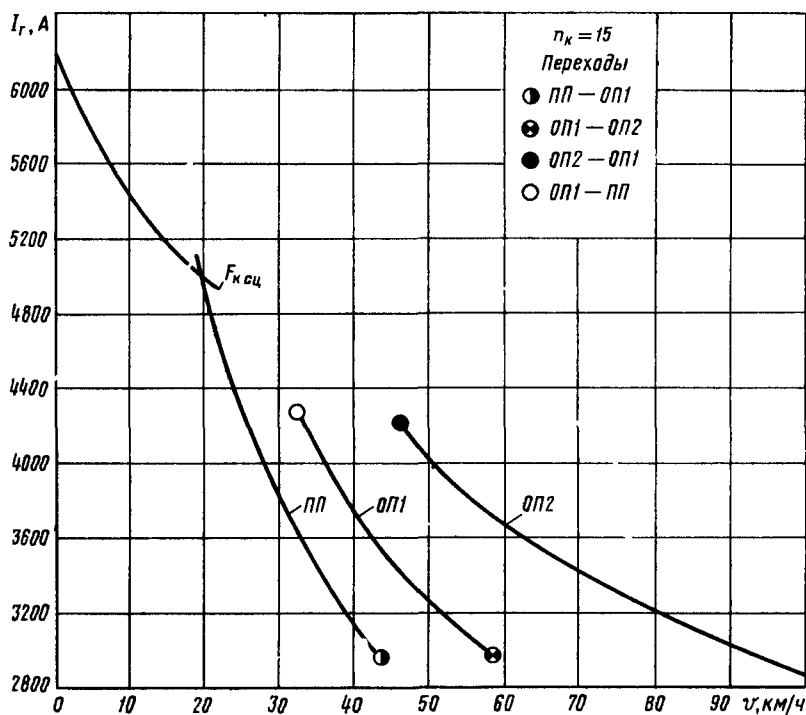


Рис. 5.36. Ток генератора (после выпрямителя) тепловоза 2ТЭ116

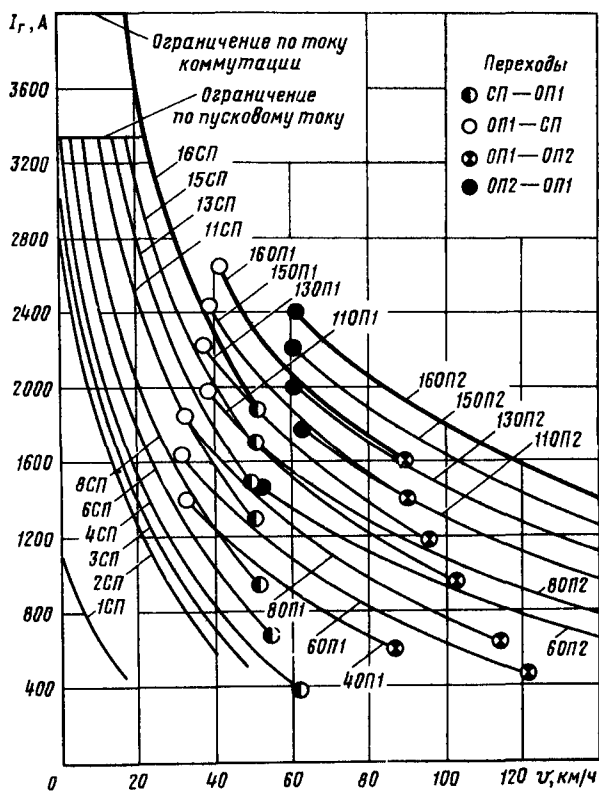


Рис. 5.37. Ток генератора тепловоза ТЭ7

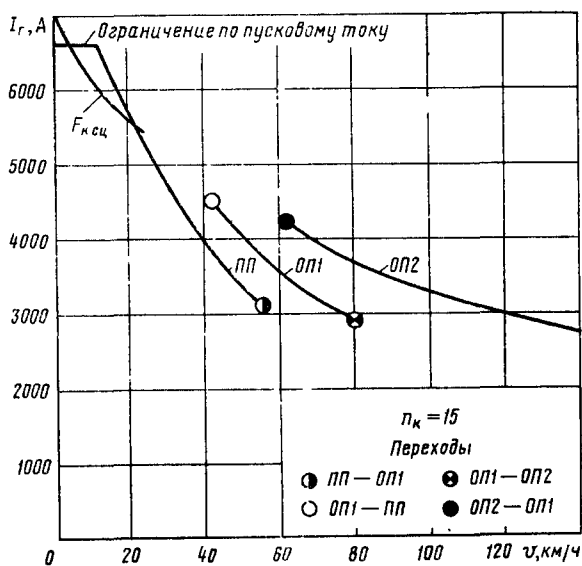


Рис. 5.38. Ток генератора тепловозов ТЭП10 и ТЭП10Л

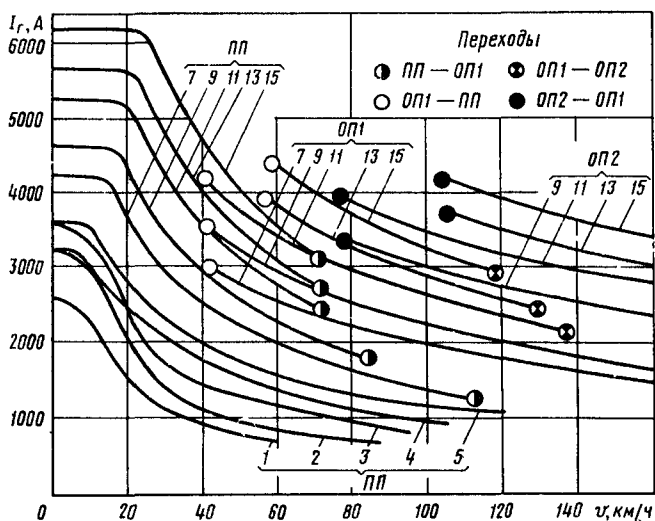


Рис. 5.39. Ток генератора тепловозов ТЭП60 и 2ТЭП60

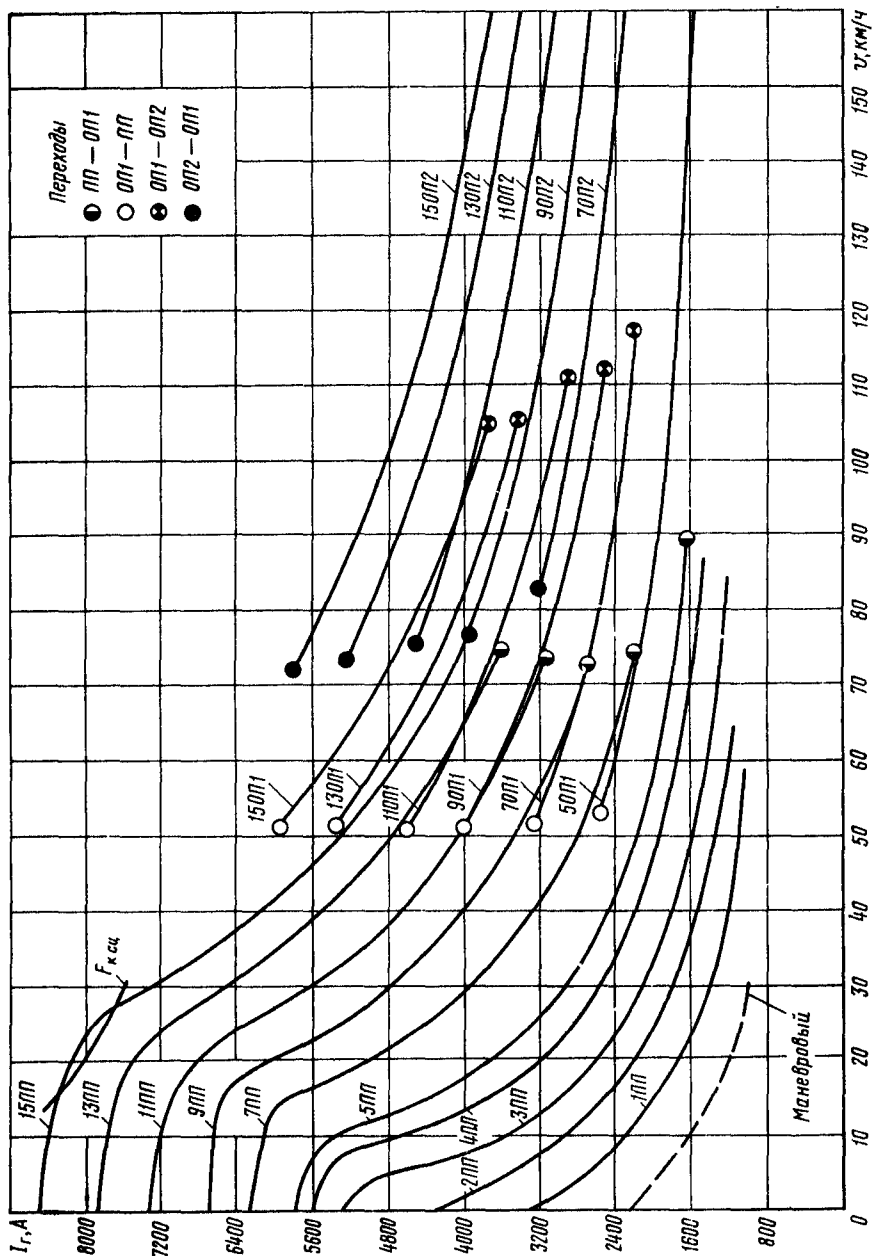


Рис. 5.40. Ток генератора (после выпрямителя) тепловоза ТЭП70

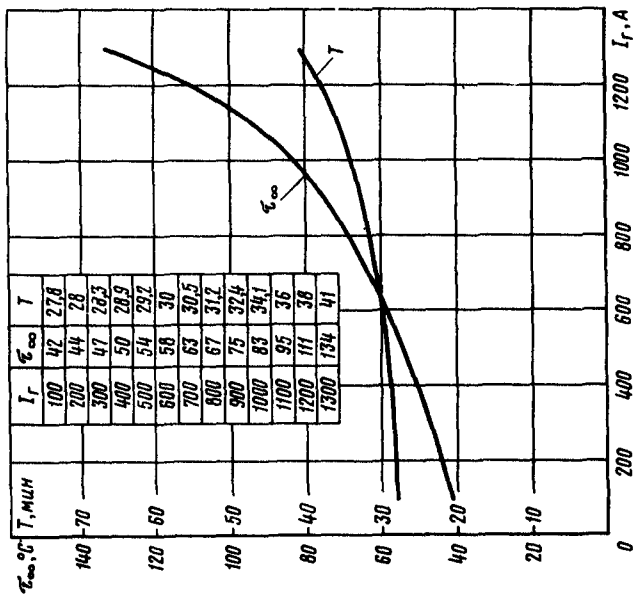


Рис. 5.41. Тепловые характеристики тягового генератора тепловозов ТЭ1, ТЭ2 и ТЭМ1

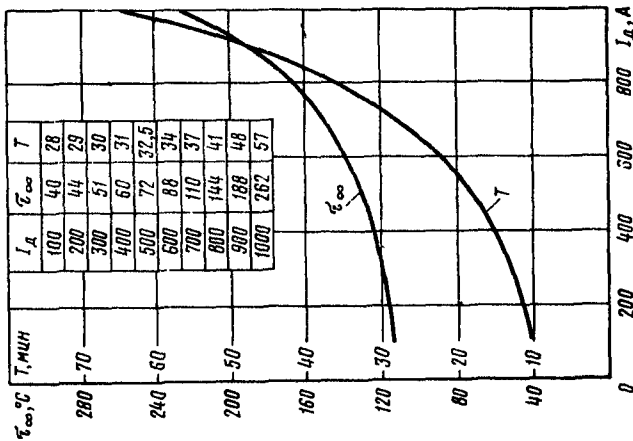


Рис. 5.42. Тепловые характеристики тягового электродвигателя тепловозов ТЭ1 и ТЭ2

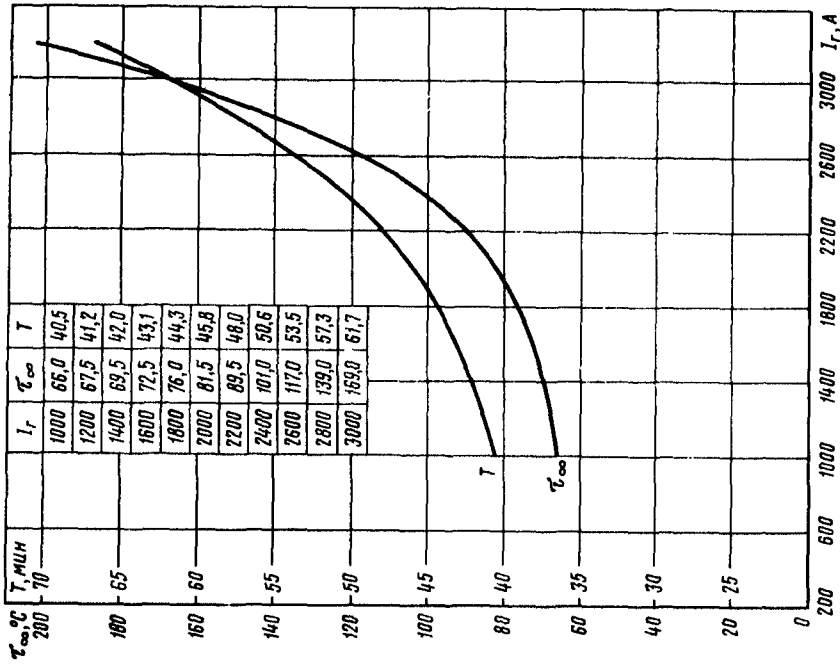


Рис. 5.43. Тепловые характеристики главного генератора тепловозов ТЭ3 и ТЭ7

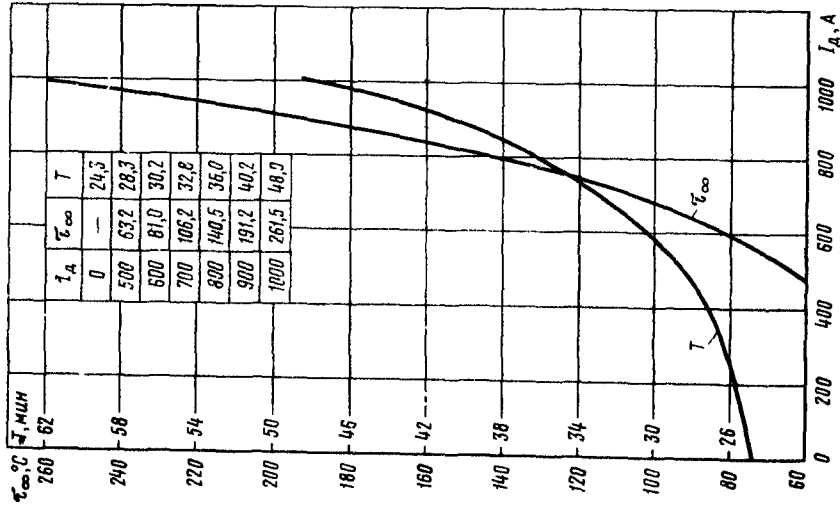


Рис. 5.44. Тепловые характеристики тяговых электрогенераторов ЭД107, ЭД107А, ЭД118А тепловозов М62, 2М62, ТЭ10, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 3ТЭ10М, 2ТЭ116

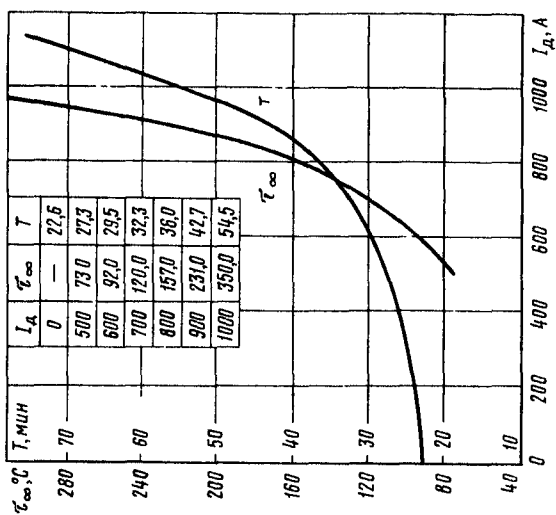


Рис 5 45 Тепловые характеристики тягового электродвигателя тепловоза ТЭП60 (2ТЭП60)

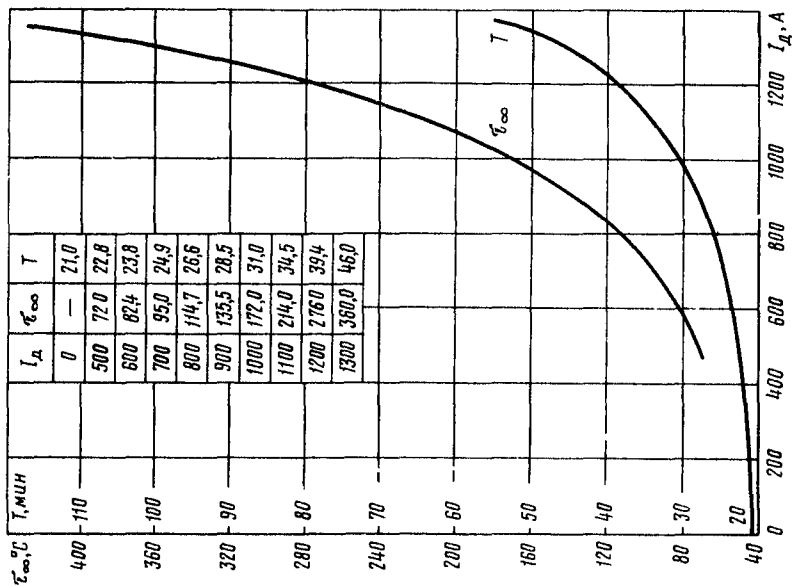


Рис 5 46 Тепловые характеристики тягового электродвигателя тепловоза ТЭП70

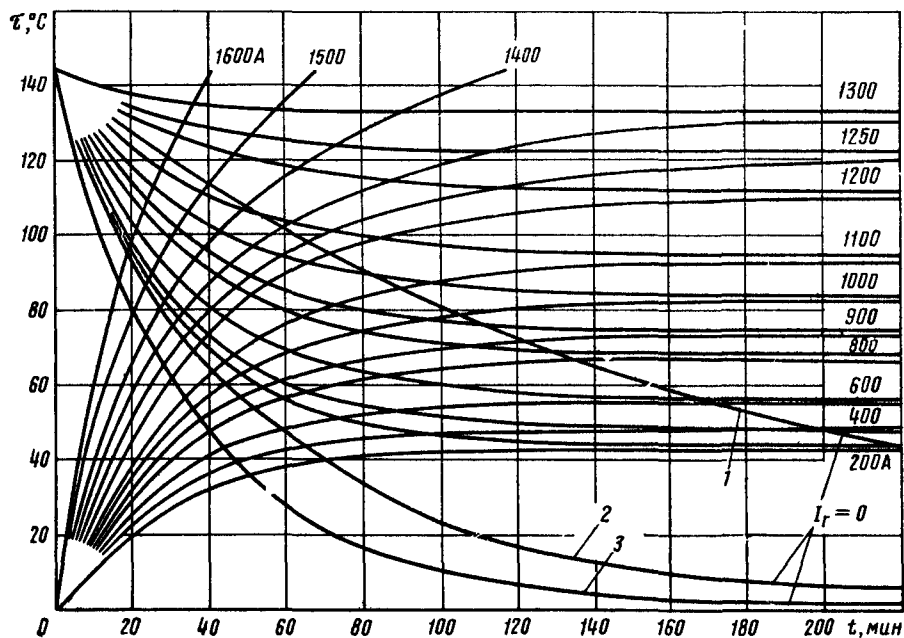


Рис 5 47 Характеристики нагрева и охлаждения обмотки якоря тягового генератора тепловозов ТЭ1, ТЭМ1 и ТЭ2

1 — $n_d = 0$, 2 — $n_d = 270$ об/мин ($n_k = 0$) 3 — $n_d = 740$ об/мин ($n_k = 8$)

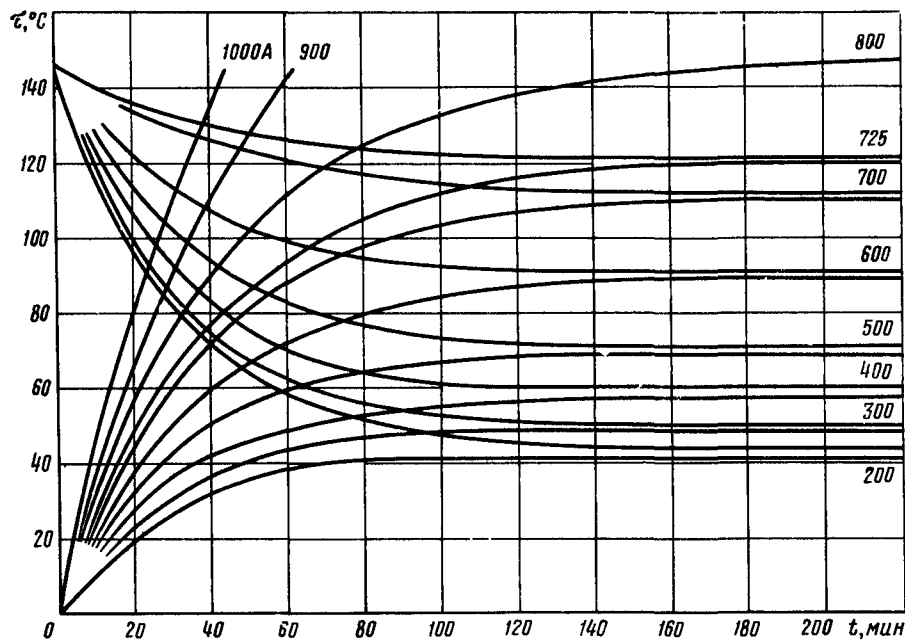


Рис 5 48 Характеристики нагрева и охлаждения обмотки якоря тягового электродвигателя тепловозов ТЭ1, ТЭ2 и ТЭМ1

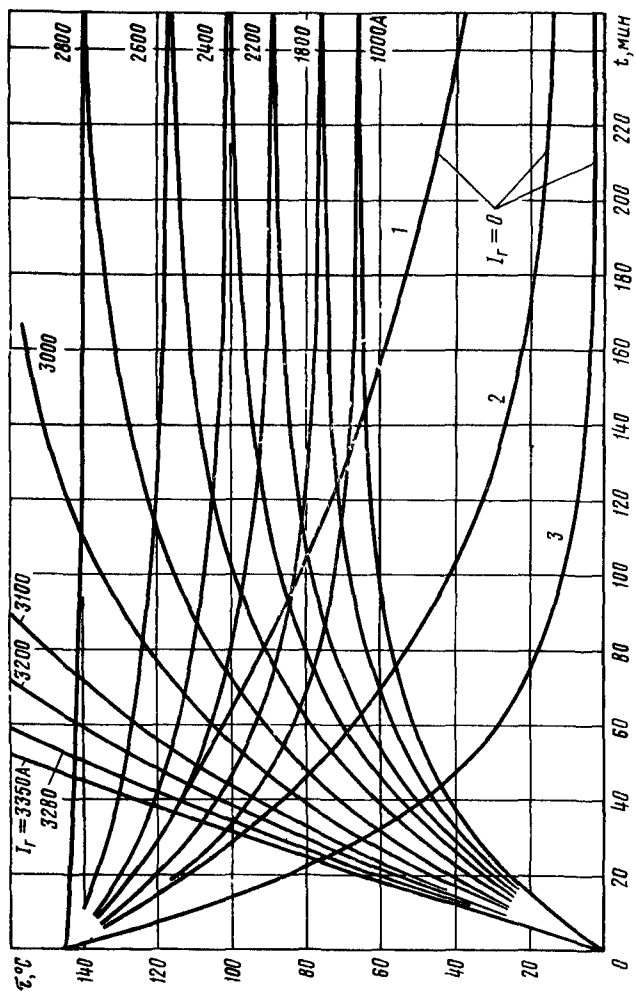


Рис 5 49 Характеристики нагревания и охлаждения обмотки якоря тягового генератора тепловозов ТЭЗ и ТЭ7.

$1 \rightarrow n_d = 0, 2 \rightarrow n_d = 610 \text{ об/мин } (n_k = 8), 3 \rightarrow n_d = 850 \text{ об/мин } (n_k = 16)$

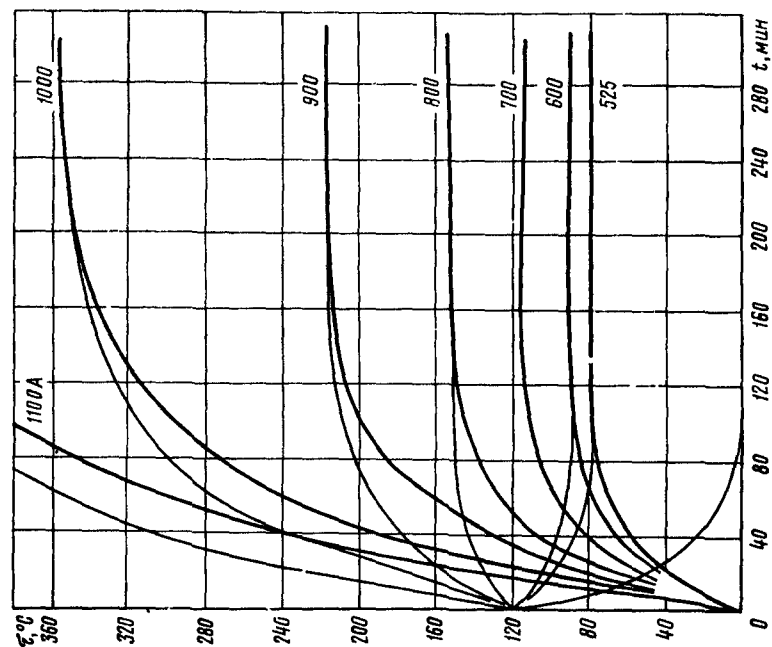
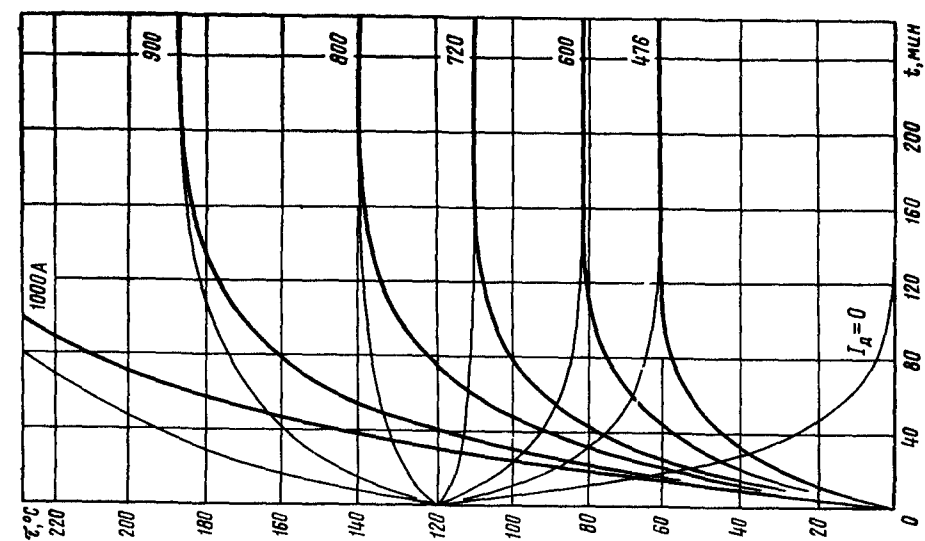


Рис. 5.51. Характеристики нагревания и охлаждения обмотки якоря тягового электродвигателя тепловоза ТЭП60

Рис. 5.50. Характеристики нагревания и охлаждения обмотки якоря тягового электродвигателя тепловозов ТЭ10, ТЭ10Л, ТЭ10В (М) и 3ТЭ10М

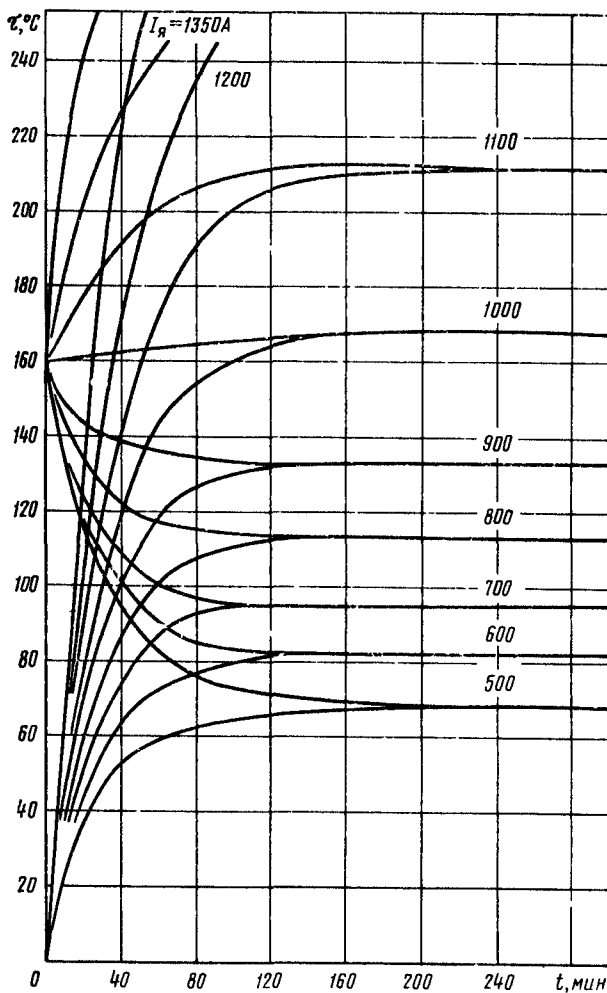


Рис 552 Характеристики нагревания и охлаждения обмотки тягового электродвигателя тепловоза ТЭП70

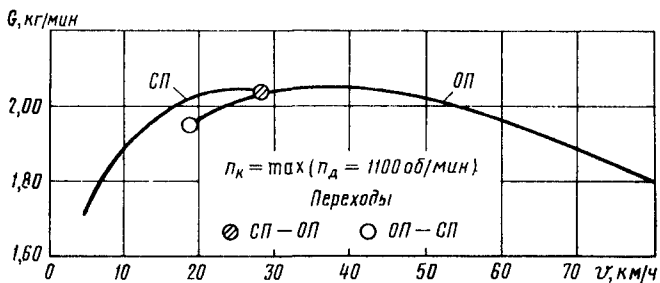


Рис 553 Расход топлива в режиме тяги тепловозом ВМЭ1

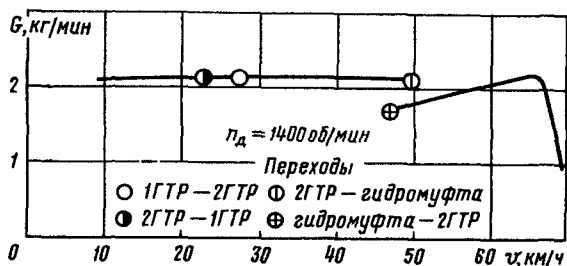


Рис. 5.54. Расход топлива в режиме тяги тепловозом ТГМ3А

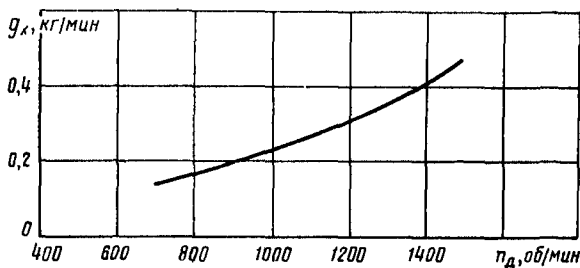


Рис. 5.55. Расход топлива на холостом ходу тепловозом ТГМ3А

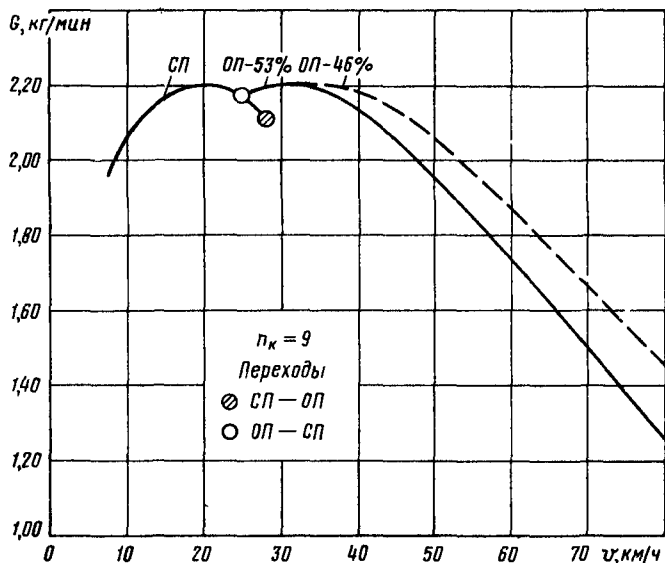


Рис. 5.56. Расход топлива в режиме тяги тепловозом ЧМЭ2

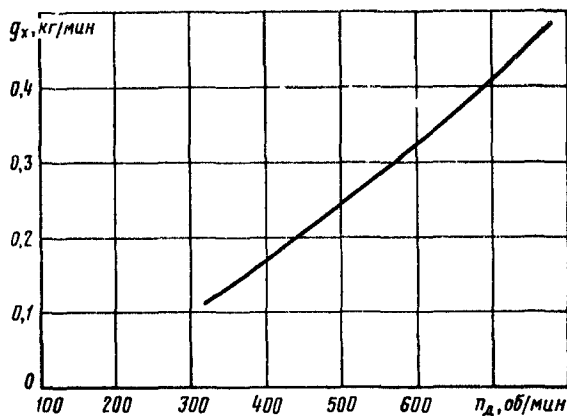


Рис. 5.57. Расход топлива на холостом ходу тепловозом ЧМЭ2

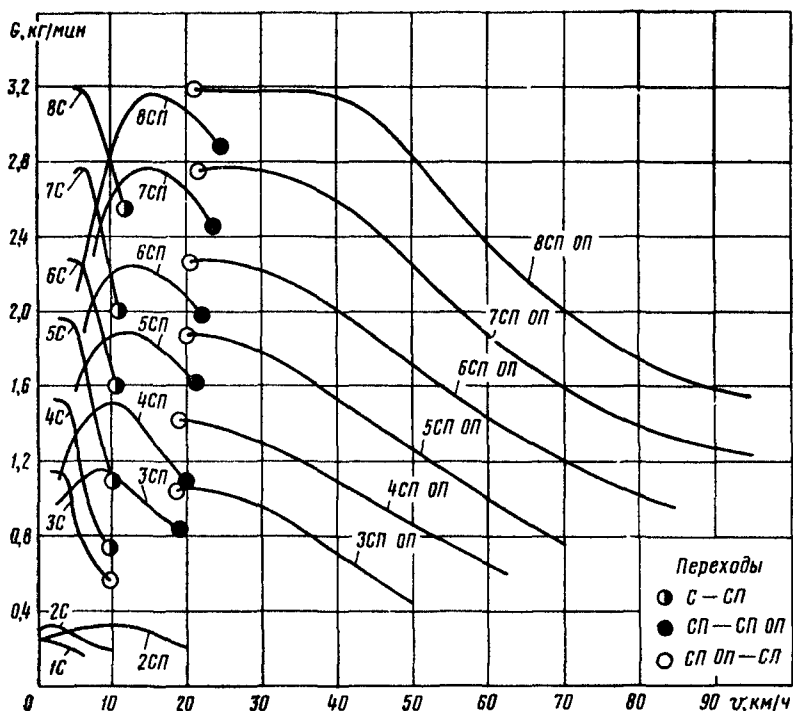


Рис 5.58. Расход топлива в режиме тяги тепловозом ТЭ1

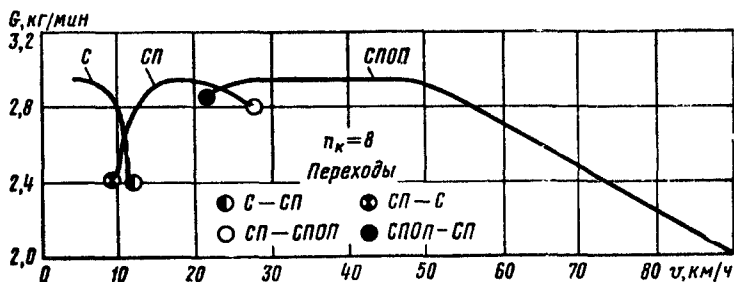


Рис. 5.59. Расход топлива в режиме тяги тепловозом ТЭМ1

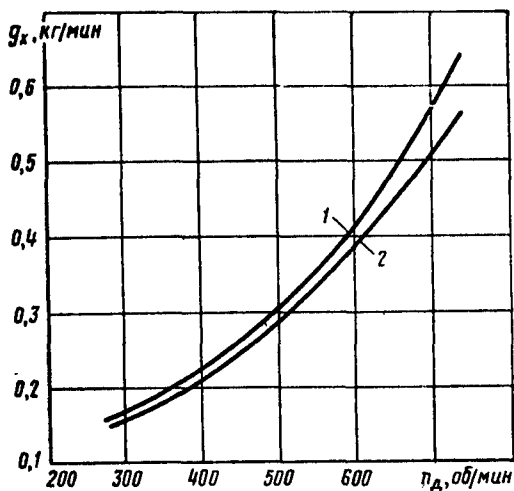
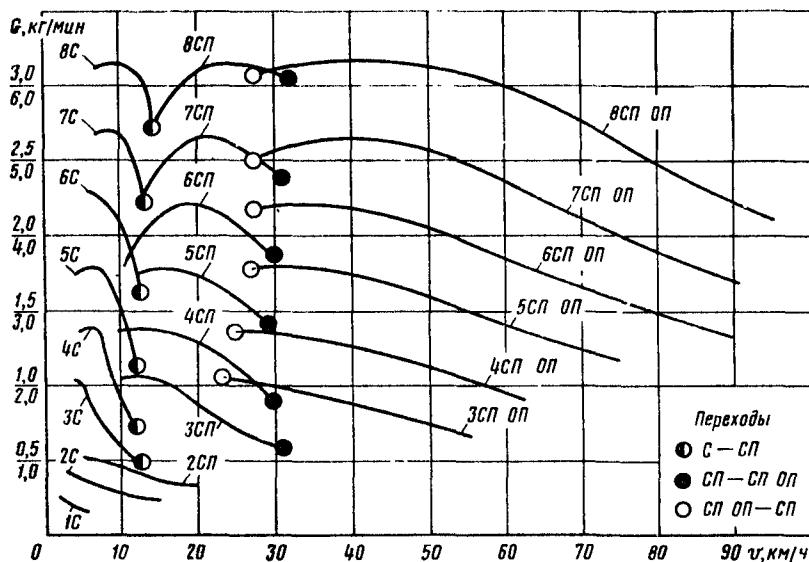


Рис. 5.60. Расход топлива на холостом ходу тепловозами ТЭ1, ТЭМ1 и ТЭ2:

1 — при включенном вентиляторе;
2 — при выключенном вентиляторе

Рис. 5.61. Расход топлива в режиме тяги тепловозом ТЭ2 (в числителе — одной секцией; в знаменателе — двумя секциями)



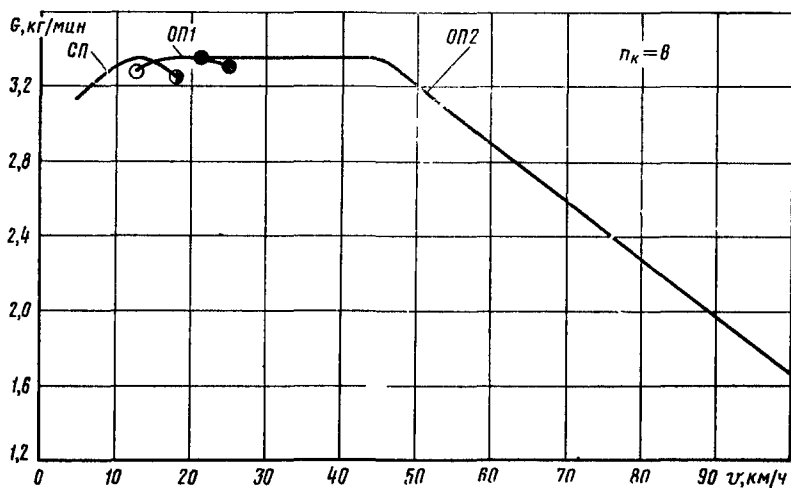


Рис 5 62 Расход топлива в режиме тяги тепловозом ТЭМ2

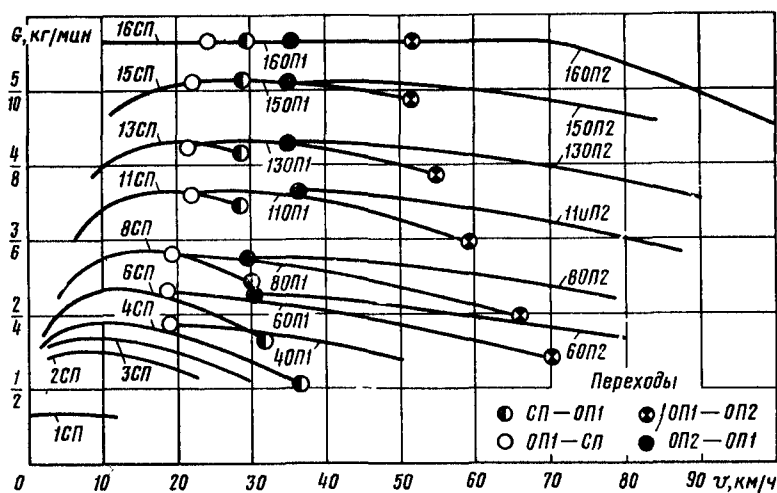


Рис 5 63 Расход топлива в режиме тяги тепловозом ТЭЗ (в числителе — одной секцией, в знаменателе — двумя секциями)

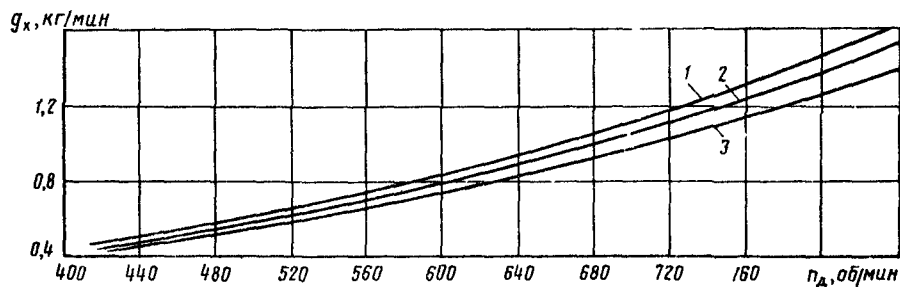


Рис 564 Расход топлива на холостом ходу тепловозами ТЭЗ и ТЭ7 (один дизель, $n_k \geq 2$)
1 вентилятор на летнем режиме 2 вентилятор на зимнем режиме 3 вентилятор выключен

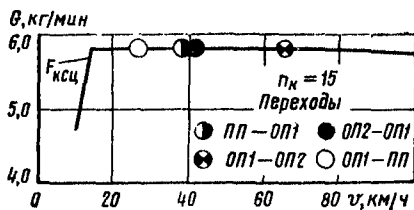


Рис 565 Расход топлива в режиме тяги тепловозом М62

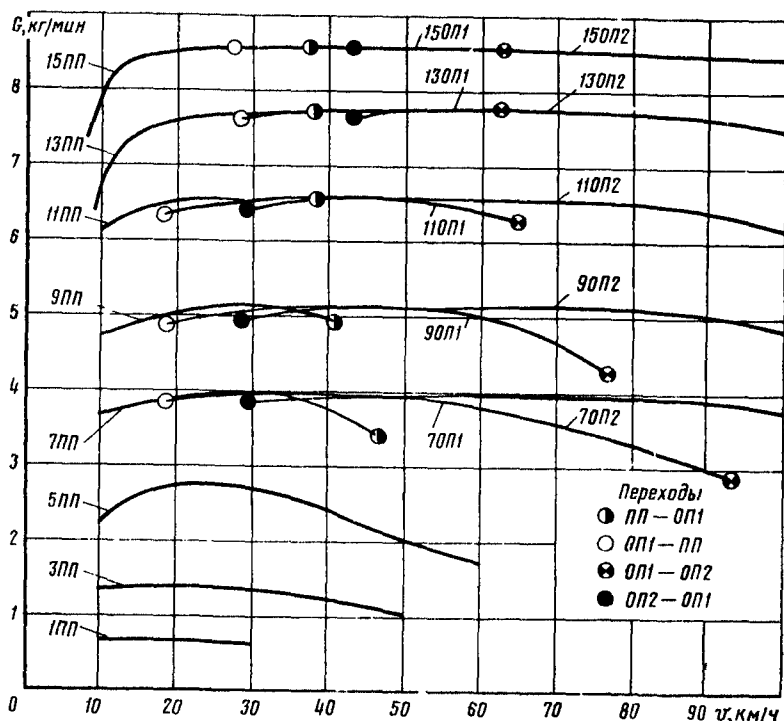


Рис 566 Расход топлива в режиме тяги тепловозами 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М ТЭ10 и 3ТЭ10М (одной секцией)

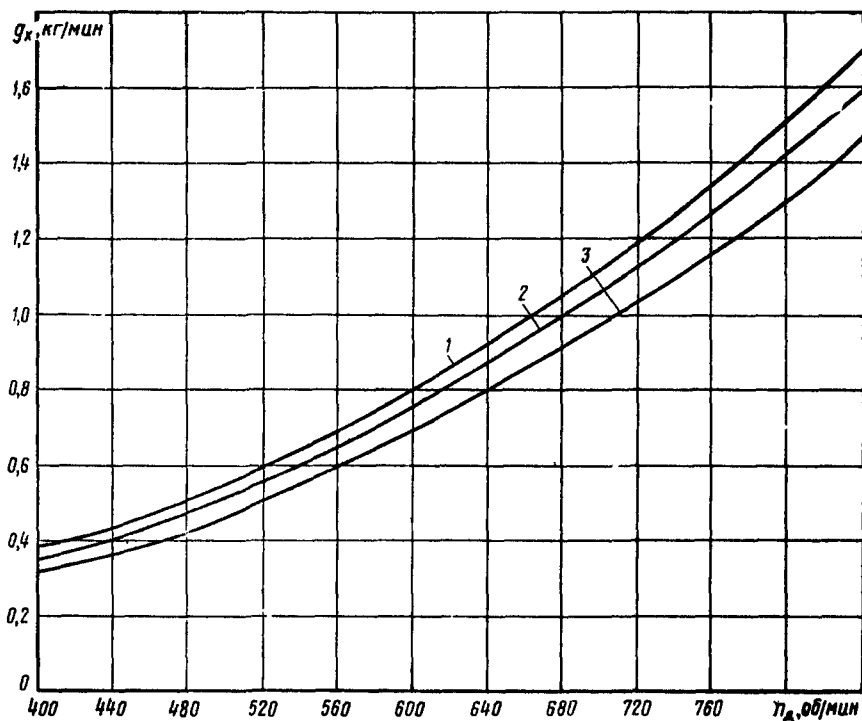


Рис. 5.67. Расход топлива на холостом ходу тепловозами 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 3ТЭ10М, ТЭ10, ТЭП10 и ТЭП10Л (одной секцией):

1 — вентилятор включен на вторую ступень; 2 — вентилятор включен на первую ступень; 3 — вентилятор выключен

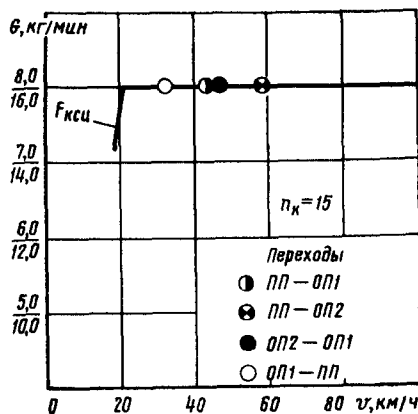


Рис 5.68. Расход топлива в режиме тяги тепловозом 2ТЭ116 (в числителе — одной секцией; в знаменателе — двумя секциями)

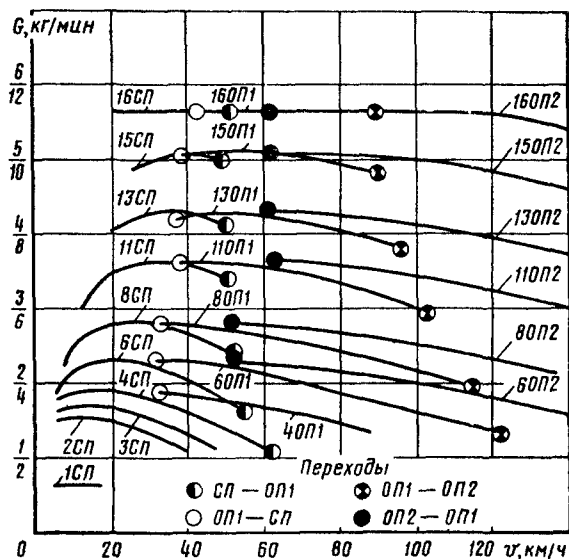


Рис. 5.69. Расход топлива в режиме тяги тепловозом ТЭ7 (в числителе — одной секцией, в знаменателе — двумя секциями)

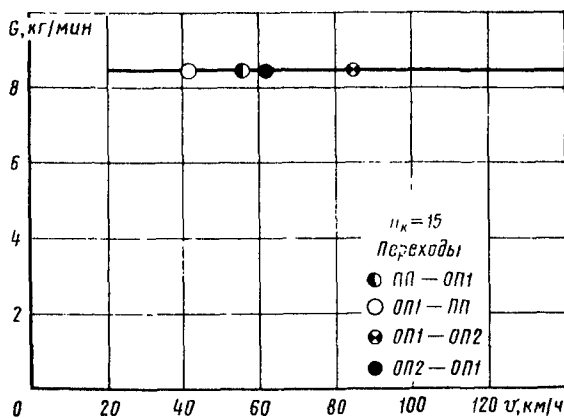


Рис. 5.70. Расход топлива в режиме тяги тепловозами ТЭП10 и ТЭП10Л

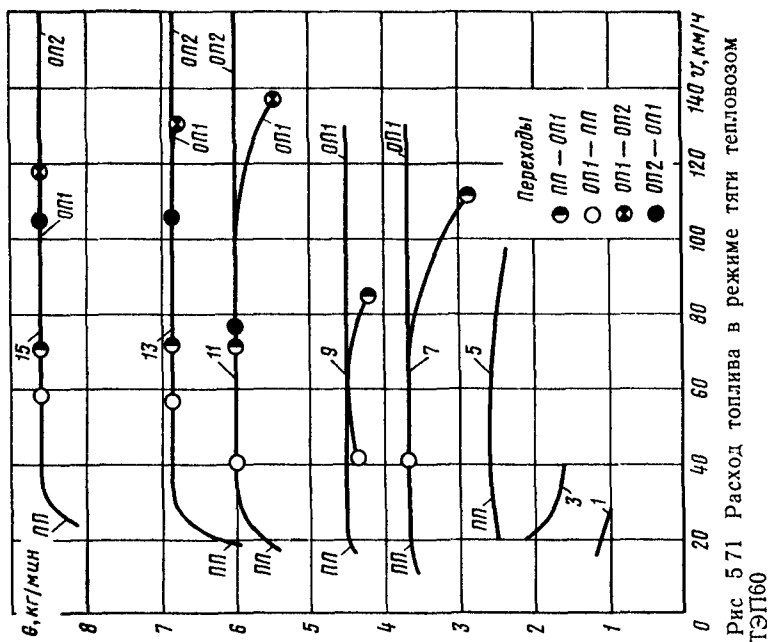


Рис 571 Расход топлива в режиме тяги тепловозом ТЭП60

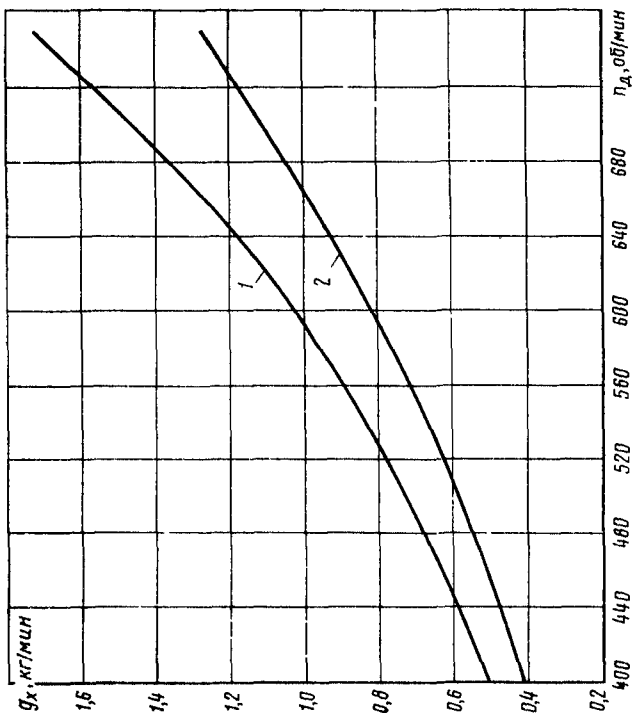


Рис 572 Расход топлива на холодом ходу тепловозом ТЭП60
1 — при включенных вентиляторах холодильника 2 — при выключенных вентиляторах холодильника

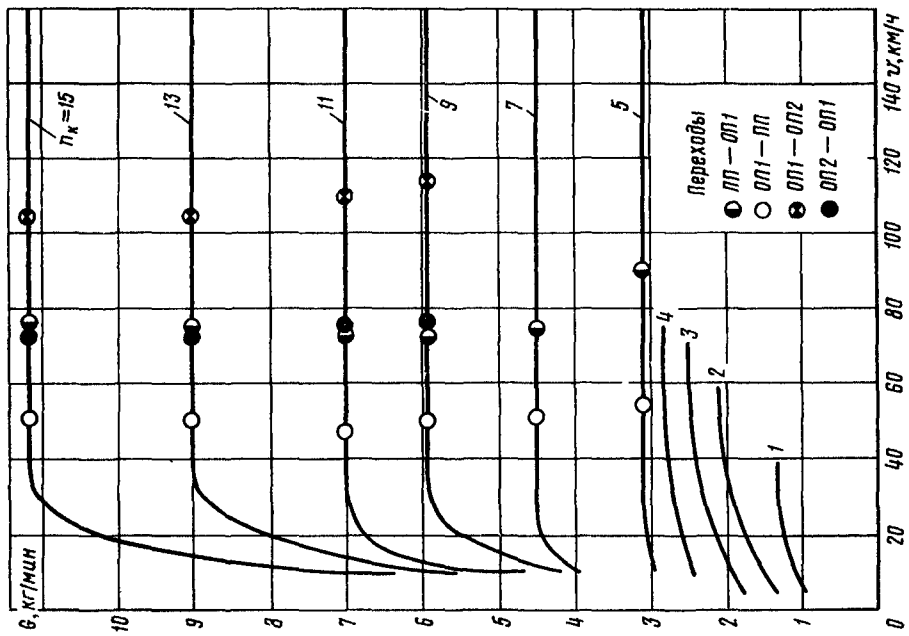


Рис 573 Расход топлива в режиме тяги тепловозом ТЭП70

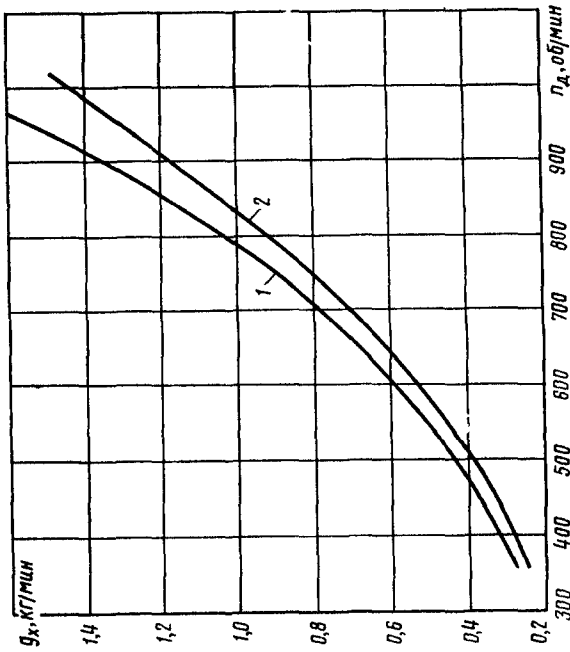


Рис 574 Расход топлива на холостом ходу тепловозом ТЭП70
1 — вентиляторы холодильника включены, 2 — вентиляторы холодильника выключены

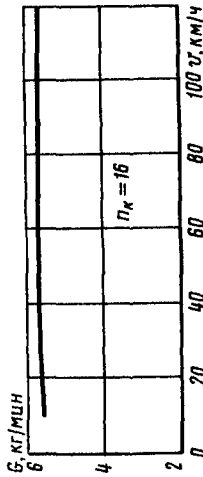


Рис 575 Расход топлива в режиме тяги дизель-поездом ДР1 (двумя дизелями)

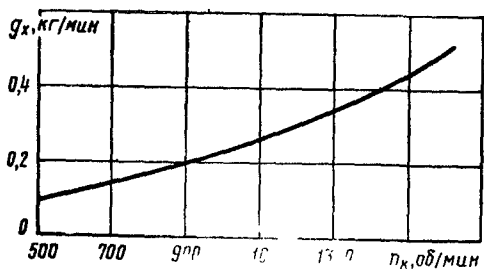


Рис. 5.76. Расход топлива на холостом ходу дизель-поездом ДР1 (одним дизелем)

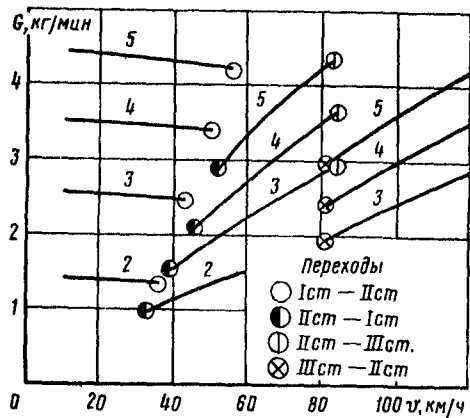


Рис. 5.77. Расход топлива в режиме тяги дизель-поездом Д1 (двумя дизелями)

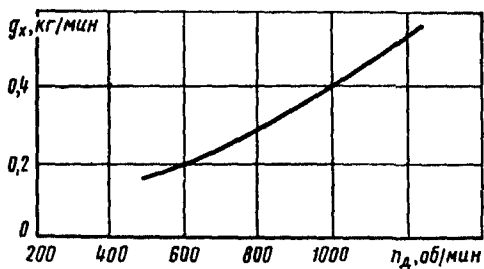


Рис. 5.78. Расход топлива на холостом ходу дизель-поездом Д1 (одним дизелем)

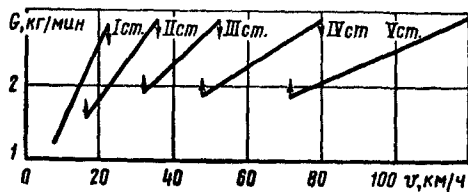


Рис. 5.79. Расход топлива в режиме тяги дизель-поездом Д (двумя дизелями)

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРОВОЗОВ (рис. 6.1—6.12)

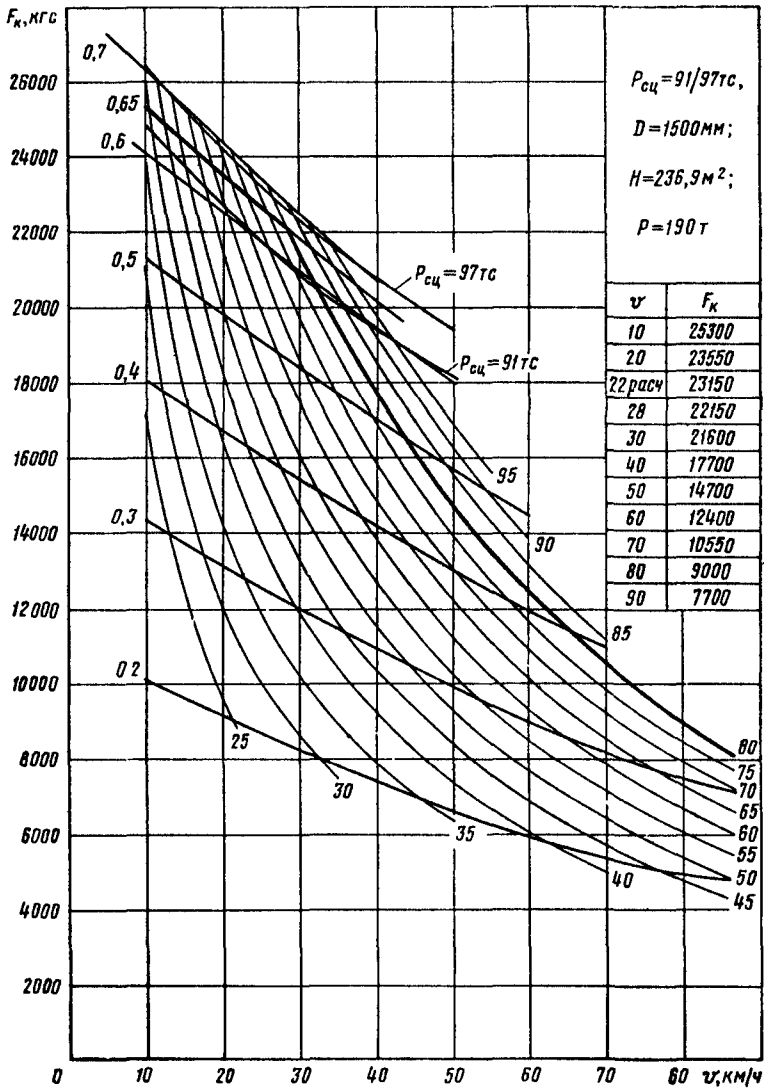


Рис. 6.1. Тяговые характеристики паровоза ЛВ

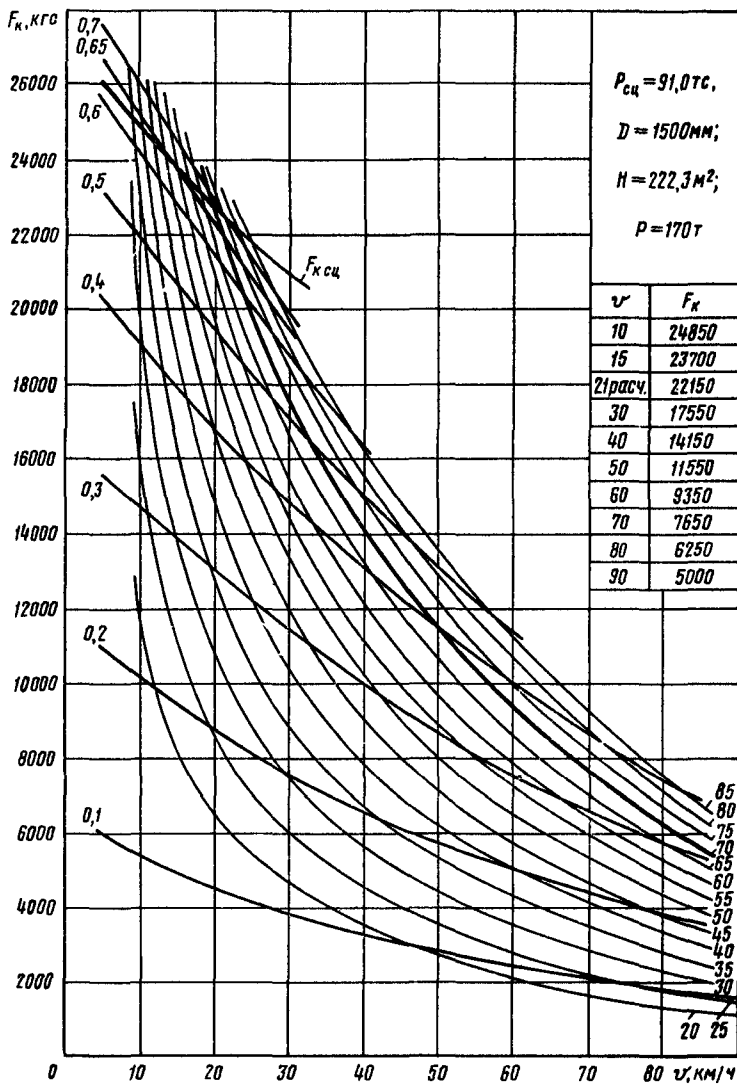


Рис. 6.2. Тяговые характеристики паровоза Л

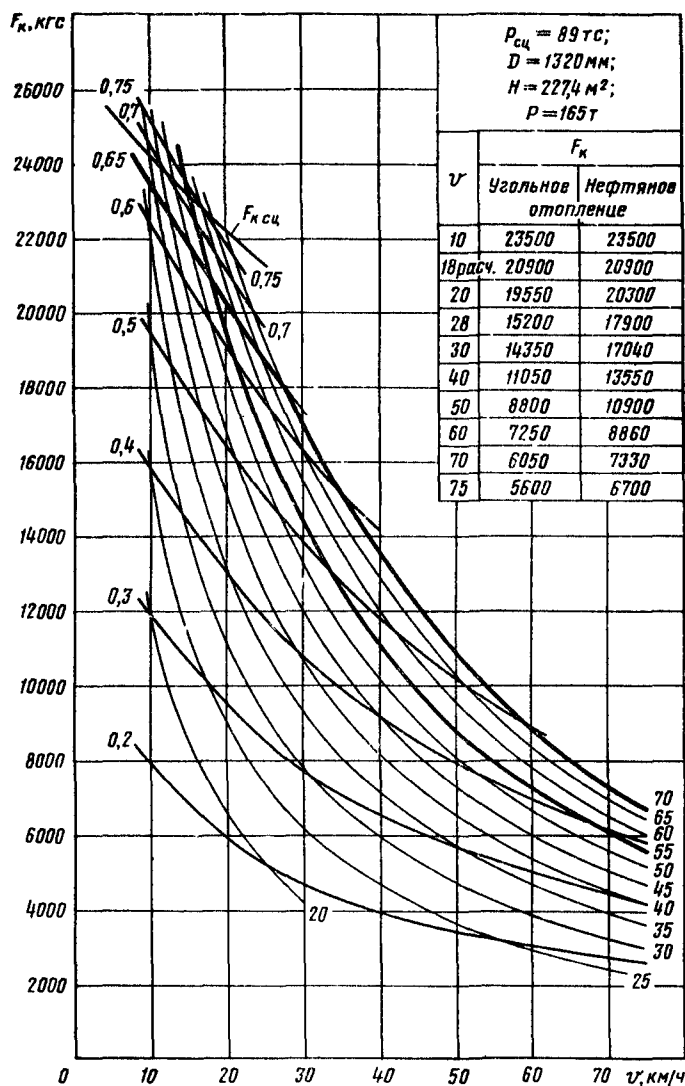


Рис 63. Тяговые характеристики паровоза СО

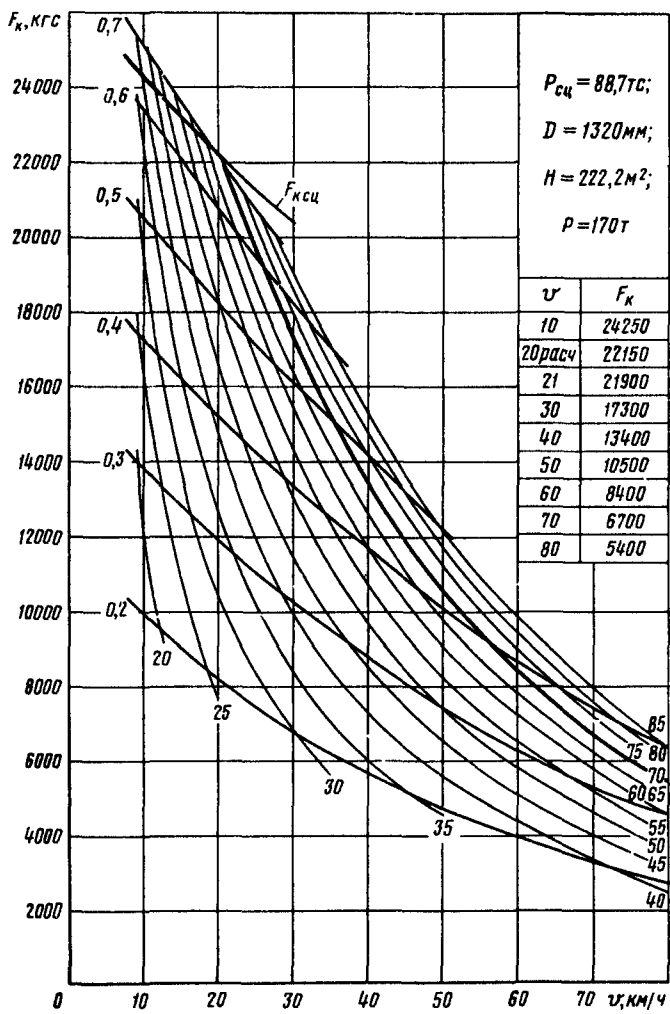


Рис. 6.4. Тяговые характеристики паровозов Е², м

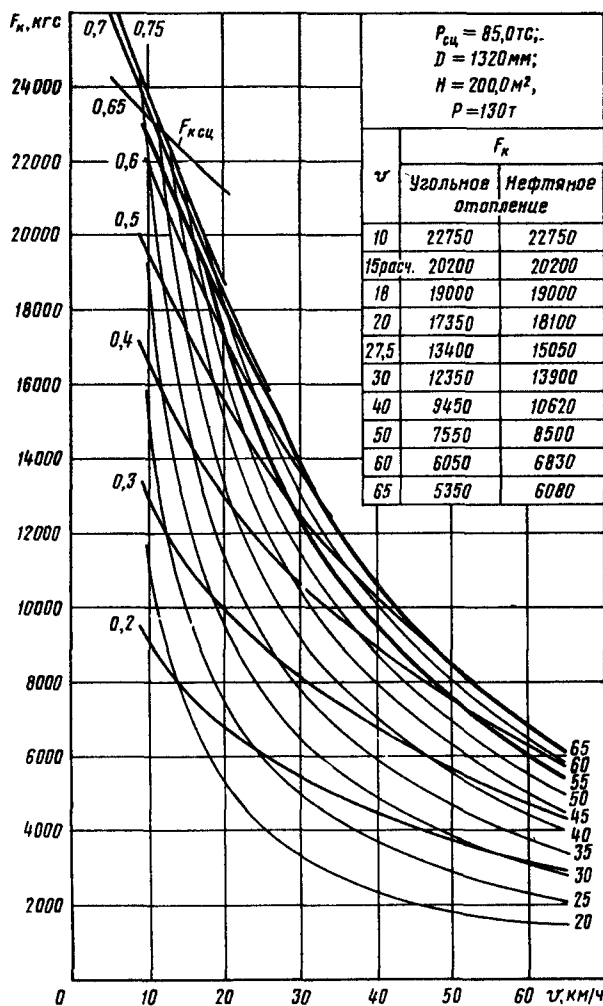


Рис. 6.5. Тяговые характеристики паровоза ЭР (32 жаровые трубы)

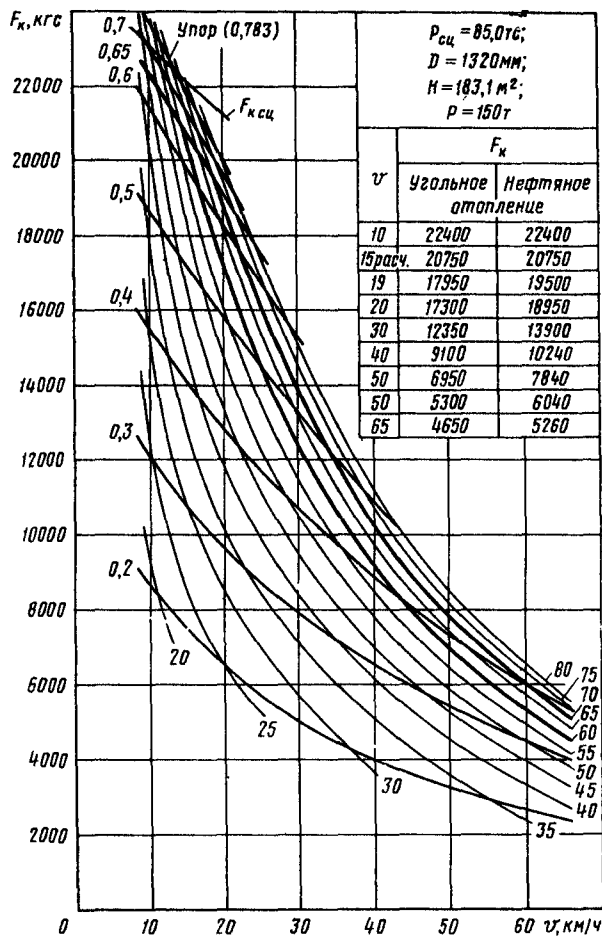


Рис. 6.6 Тяговые характеристики паровоза ЭР (40 жаровых труб)

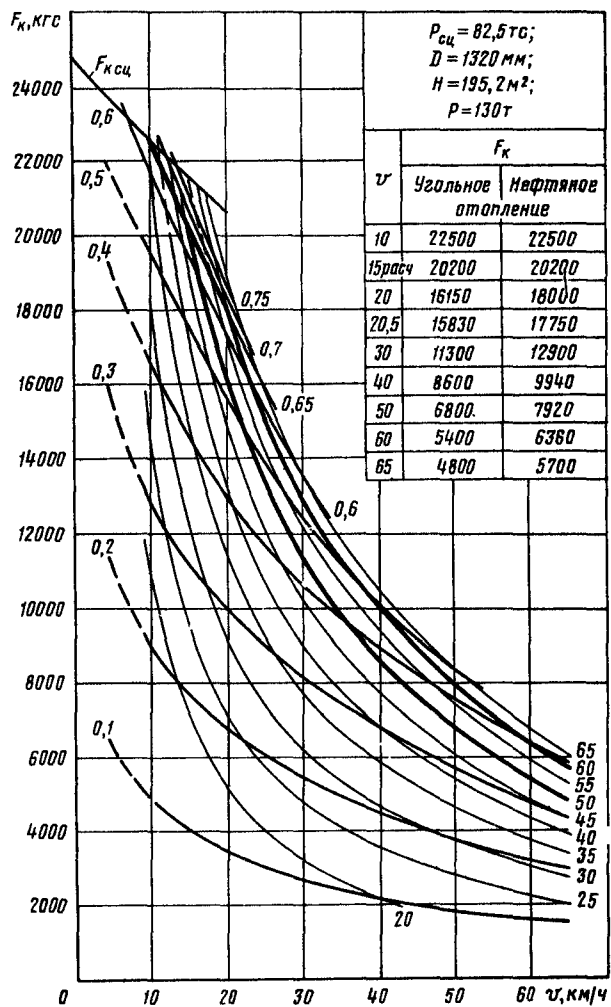


Рис 6.7. Тяговые характеристики паровоза Эм

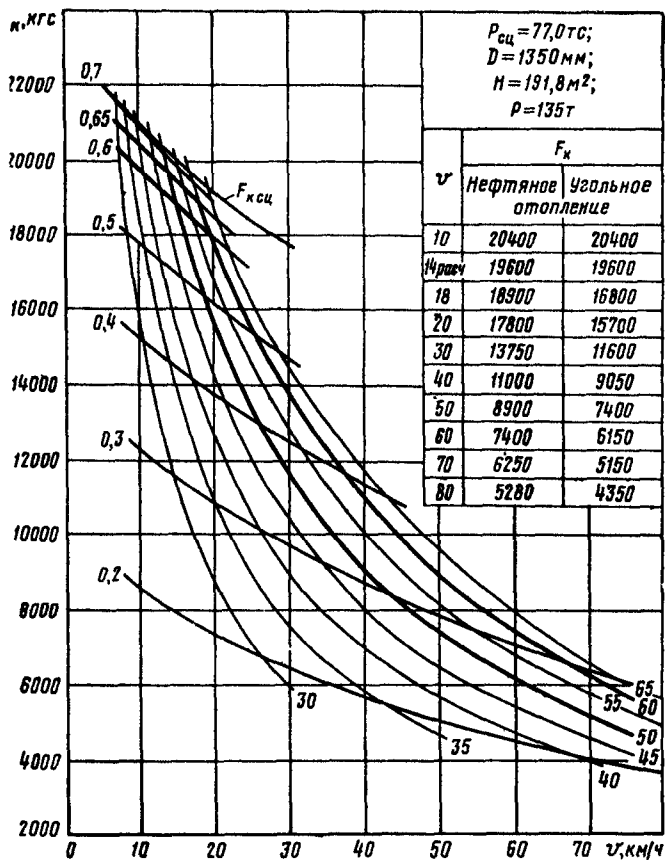


Рис. 6.8. Тяговые характеристики паровоза ТЭ

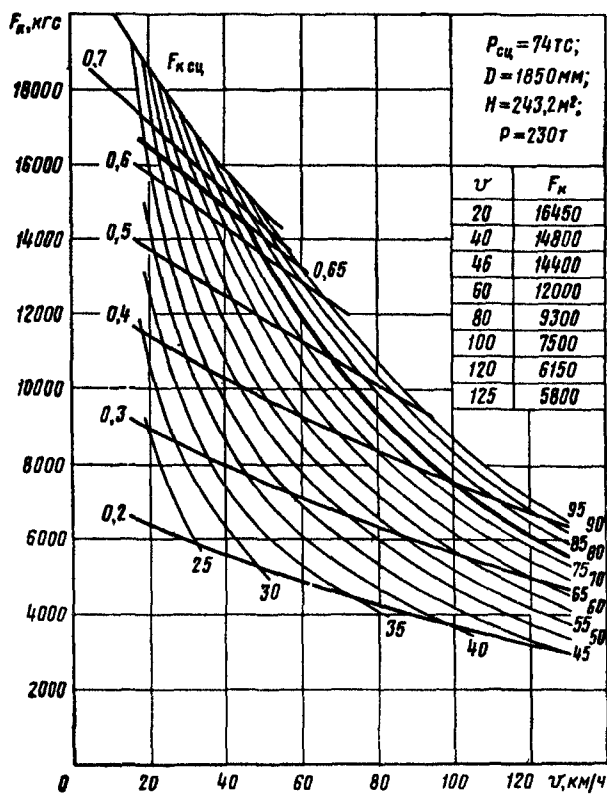


Рис. 6.9. Тяговые характеристики паровоза ПЗ6

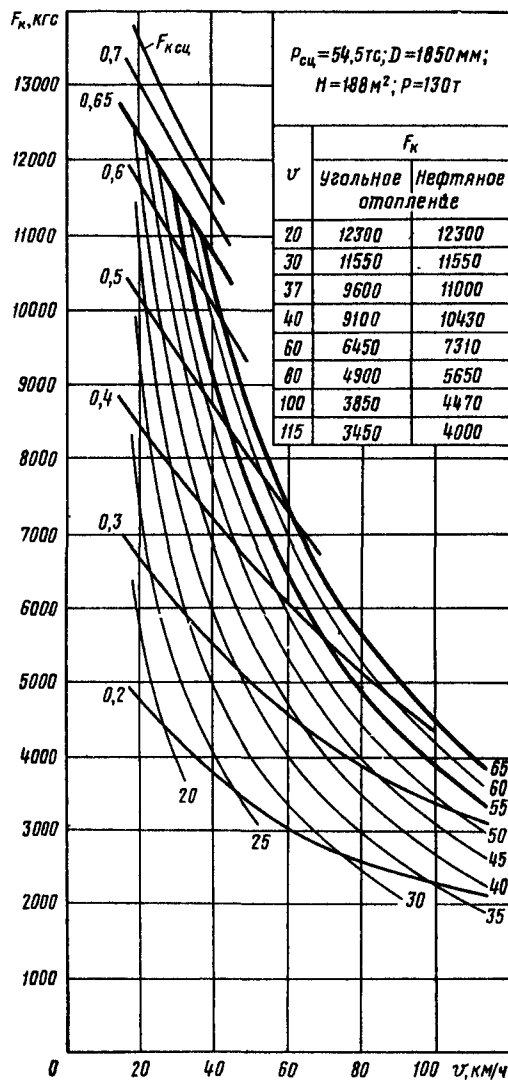


Рис. 6.10. Тяговые характеристики паровоза С7

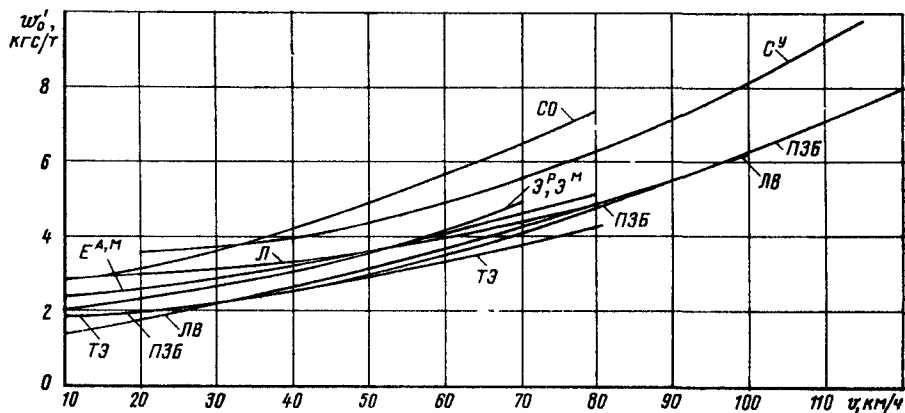


Рис. 6.11. Основное удельное сопротивление движению паровозов как повозки

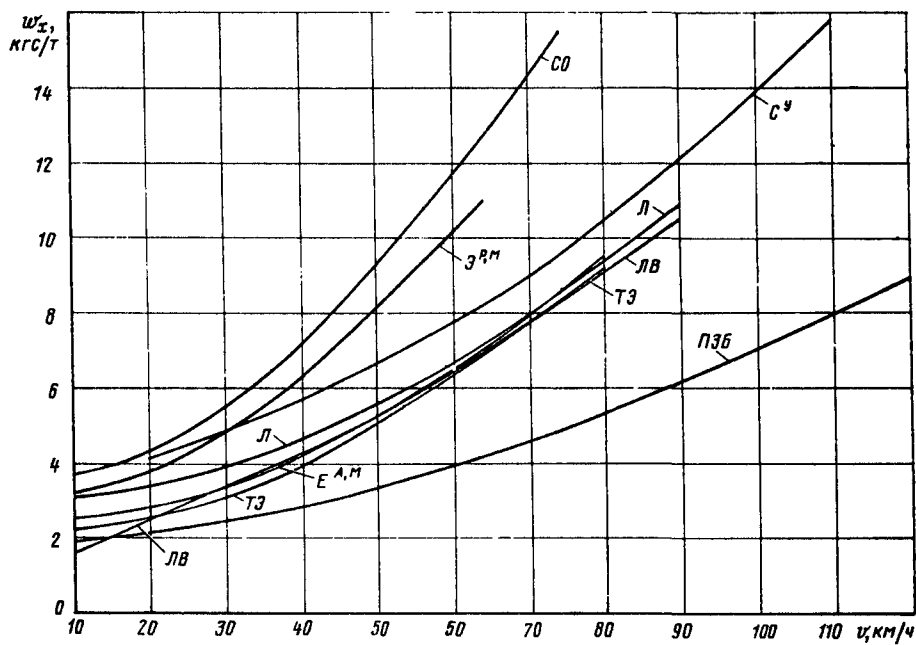


Рис. 6.12. Основное удельное сопротивление движению паровозов на холостом ходу

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛОКОМОТИВОВ УЗКОЙ КОЛЕИ (рис. 7.1—7.20)

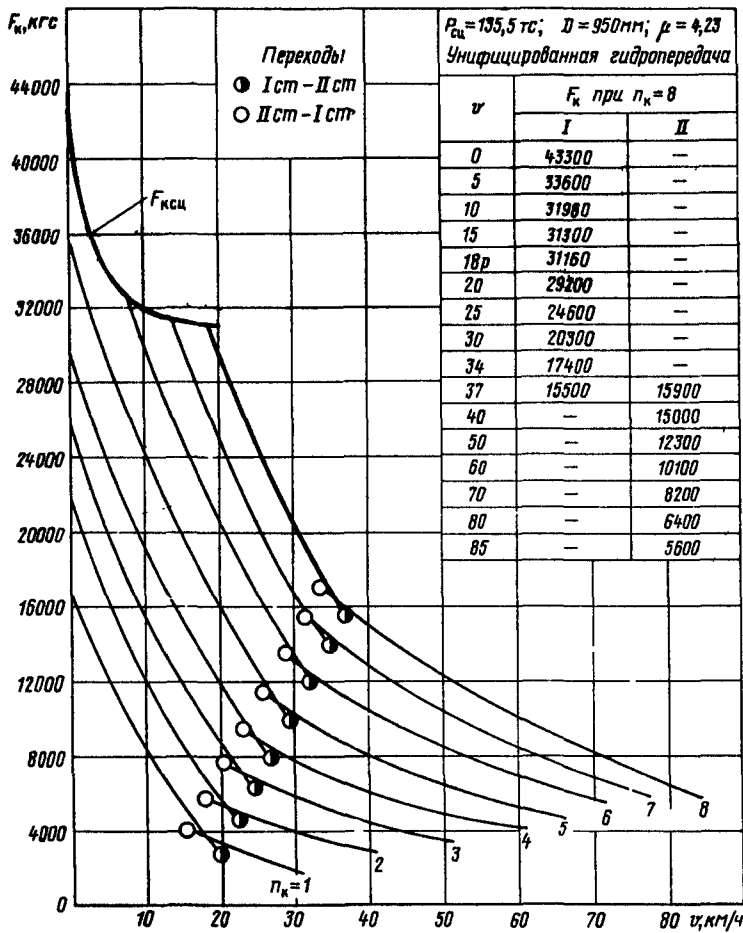


Рис. 7.1. Тяговые характеристики тепловоза ТГ16

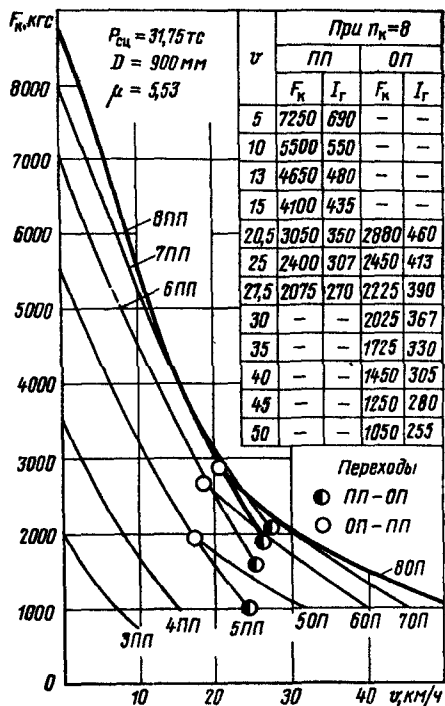


Рис. 7.2. Тяговые характеристики тепловоза ТУ2

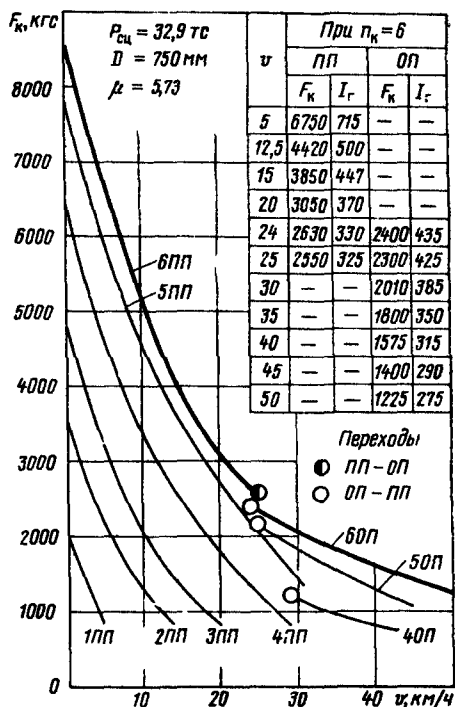


Рис. 7.3. Тяговые характеристики тепловоза ТУ3

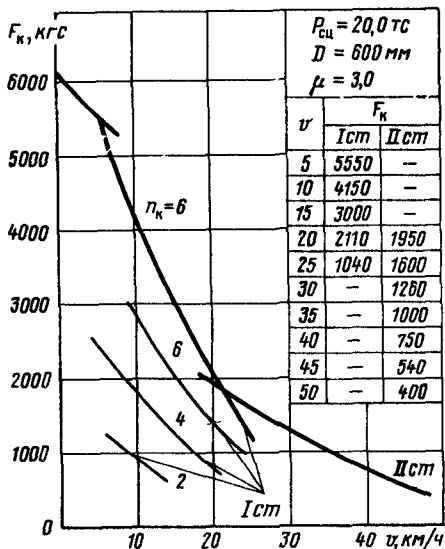


Рис. 7.4. Тяговые характеристики тепловоза ТУ4

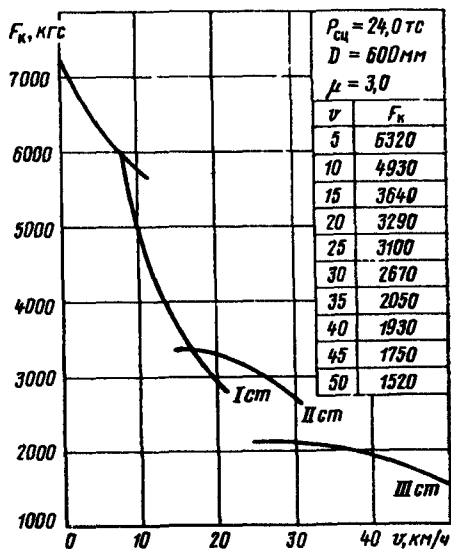


Рис. 7.5. Тяговые характеристики тепловоза ТУ5

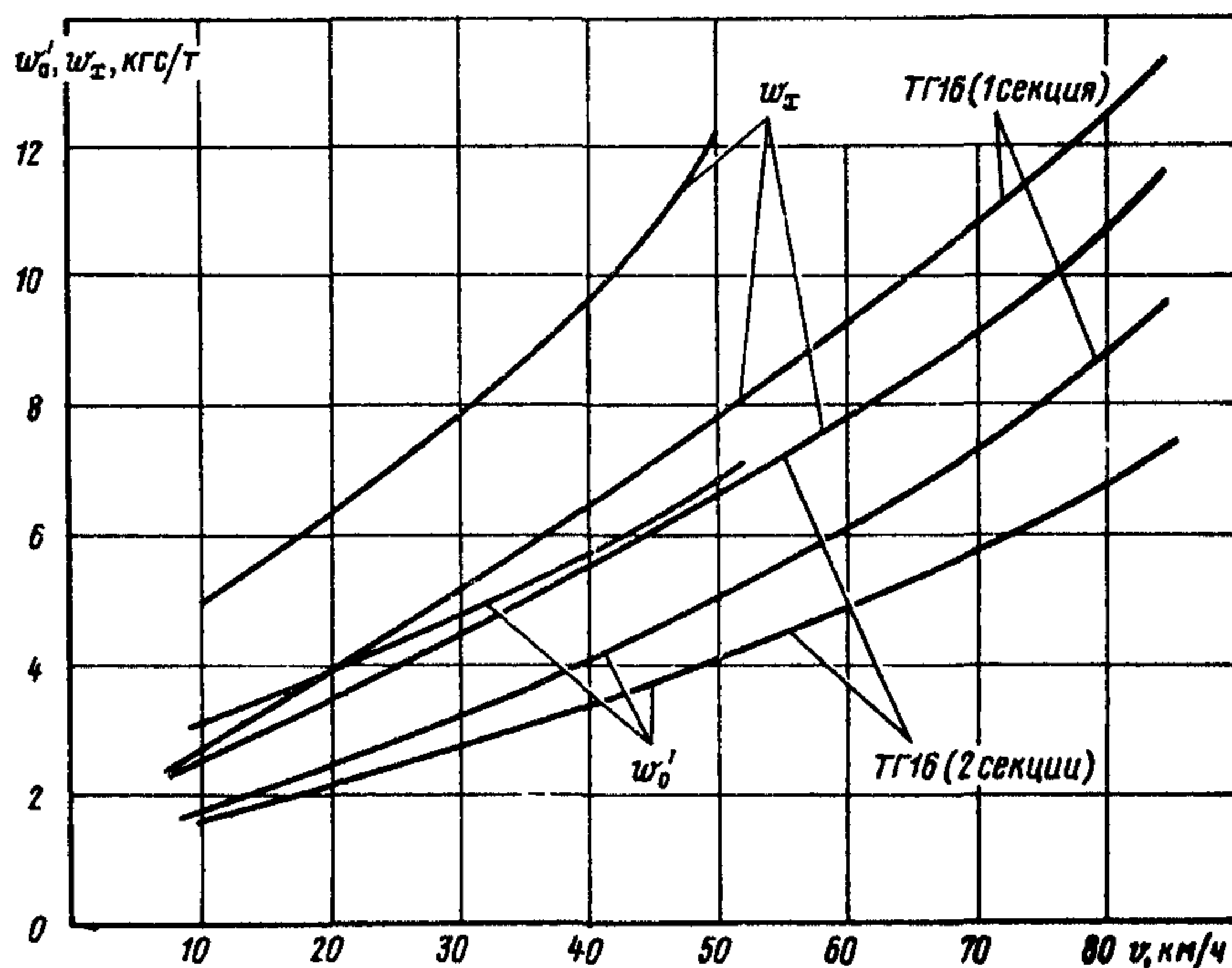


Рис. 7.6. Основное удельное сопротивление движению как поковки (w_0') и основное удельное сопротивление на холостом ходу (w_x) тепловозов узкой колеи

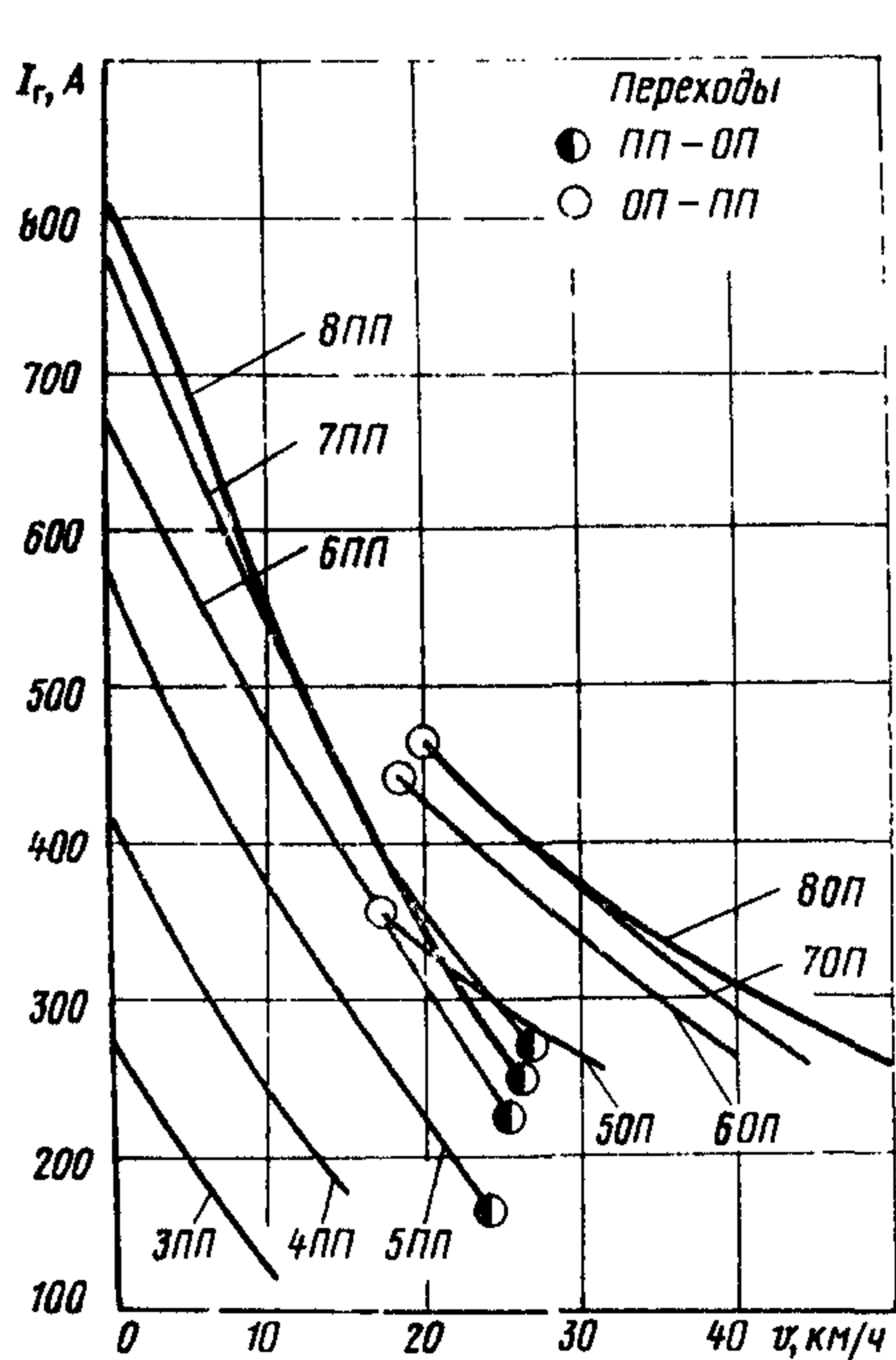


Рис. 7.7 Ток генератора тепловоза ТУ2

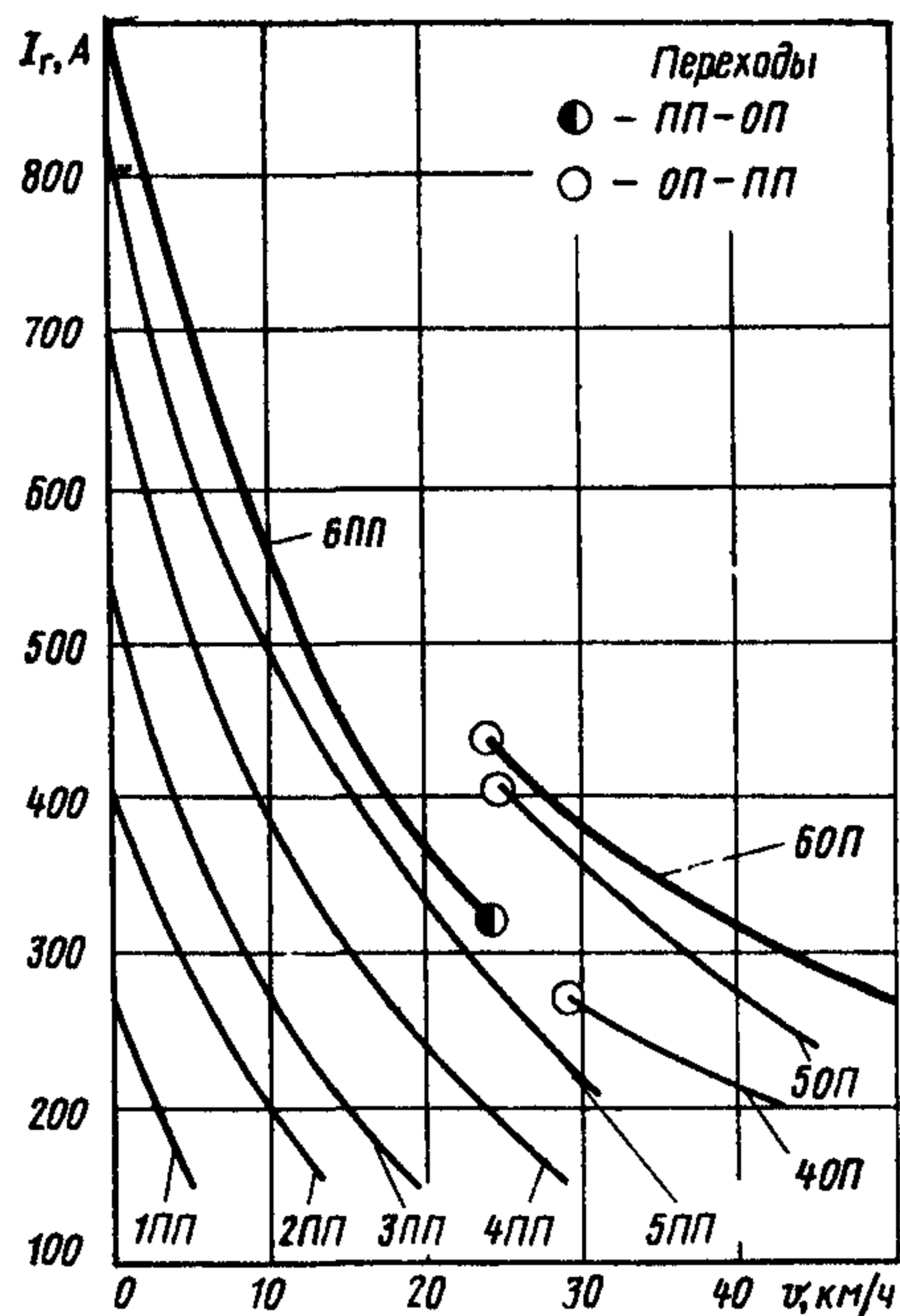


Рис. 7.8. Ток генератора тепловоза ТУ3

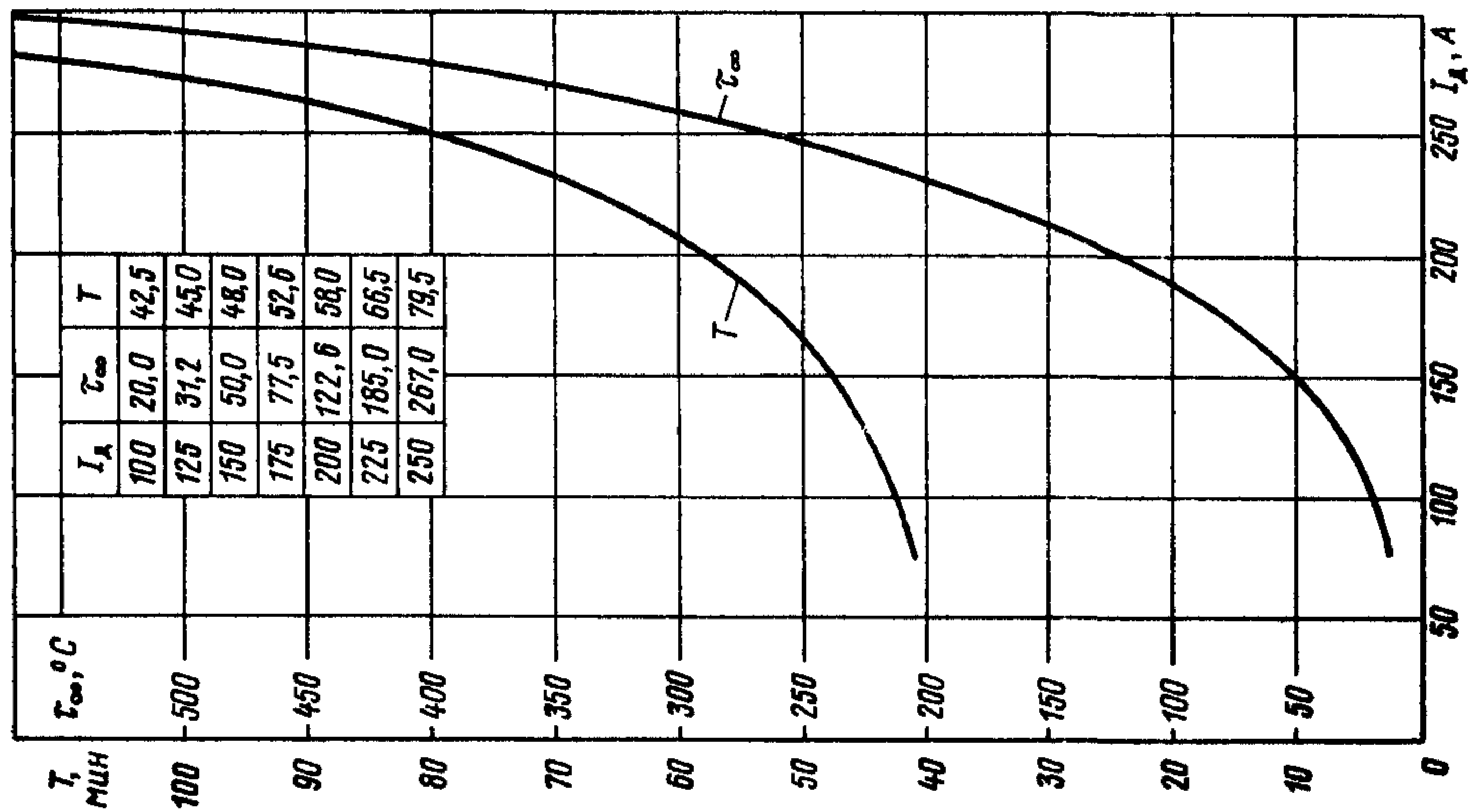


Рис. 7.10. Тепловые характеристики тягового электродвигателя тепловоза ТУЗ

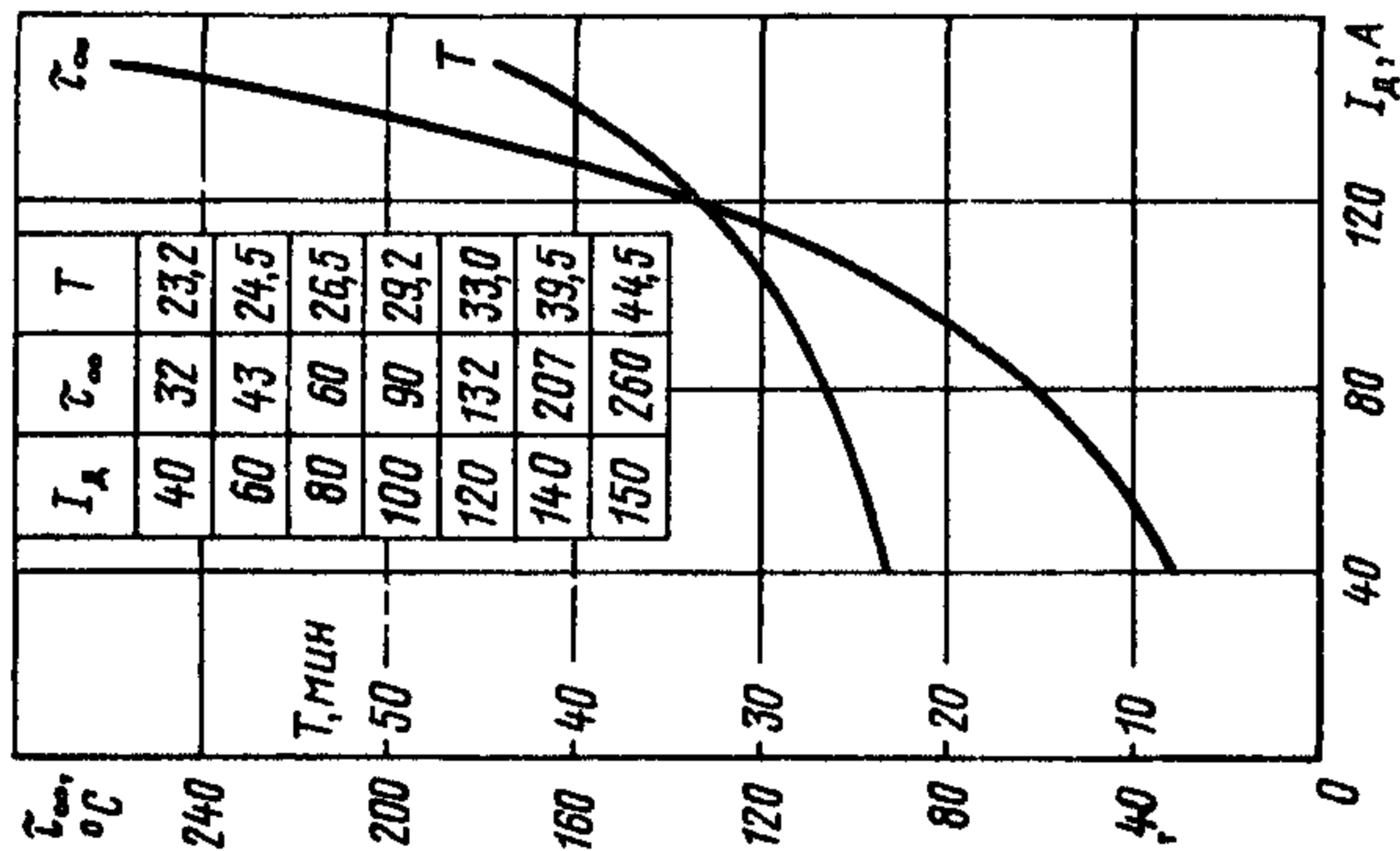


Рис. 7.9. Тепловые характеристики тягового электродвигателя тепловоза ТУ2

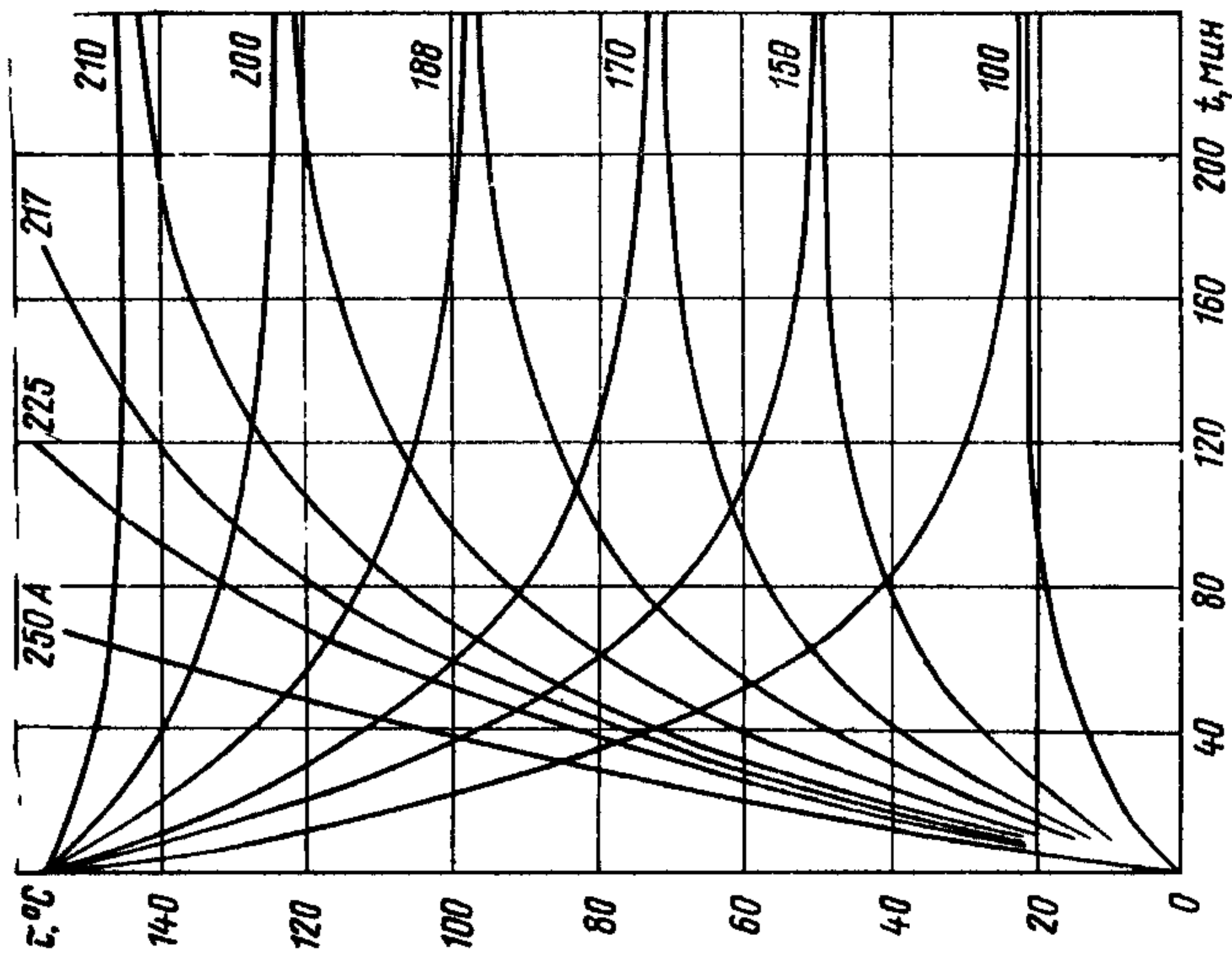


Рис. 7.11. Характеристики нагрева и охлаждения обмотки главных полюсов тягового электродвигателя тепловоза ТУ2

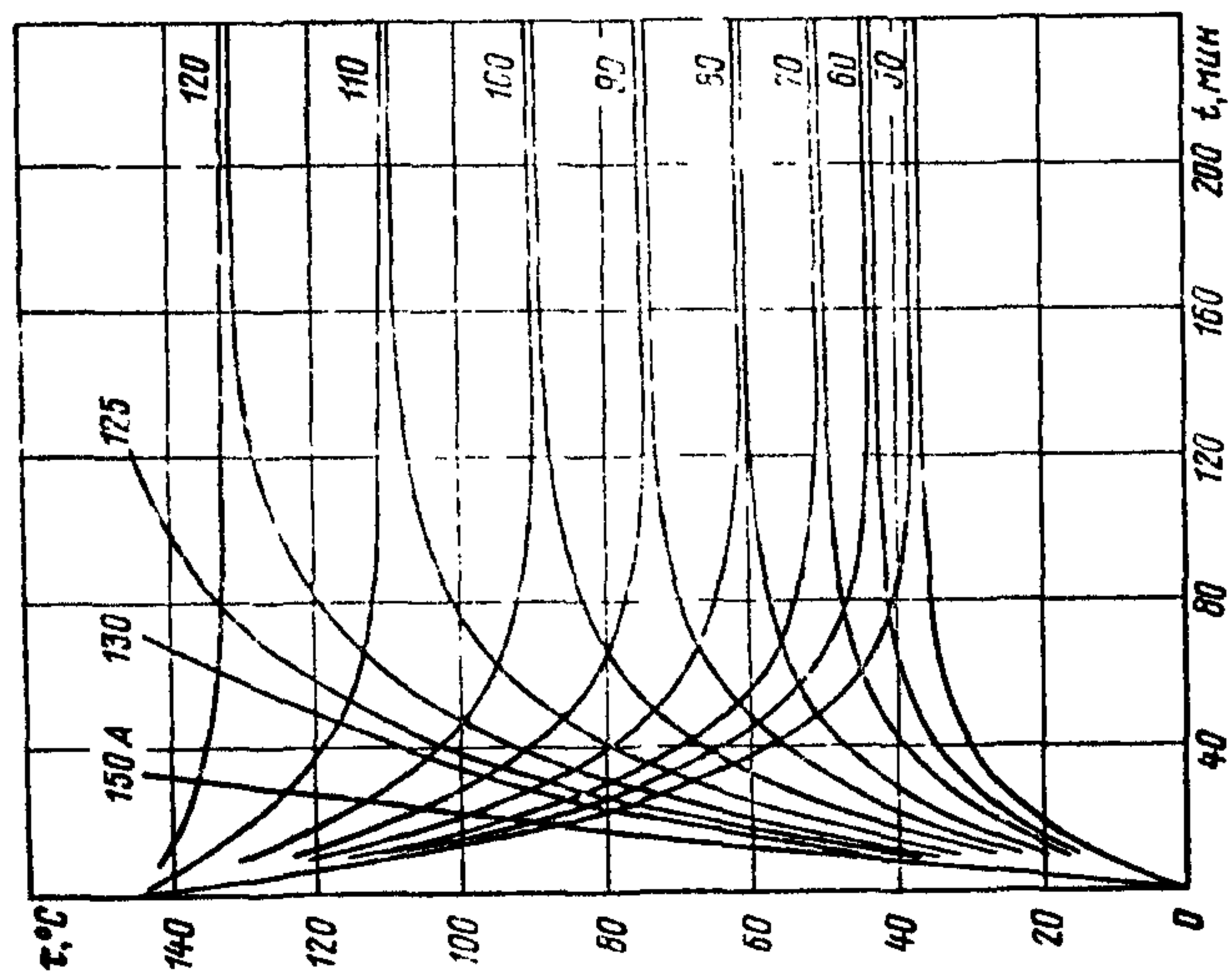


Рис. 7.12. Характеристики нагрева и охлаждения обмотки якоря тягового электродвигателя тепловоза ТУЗ

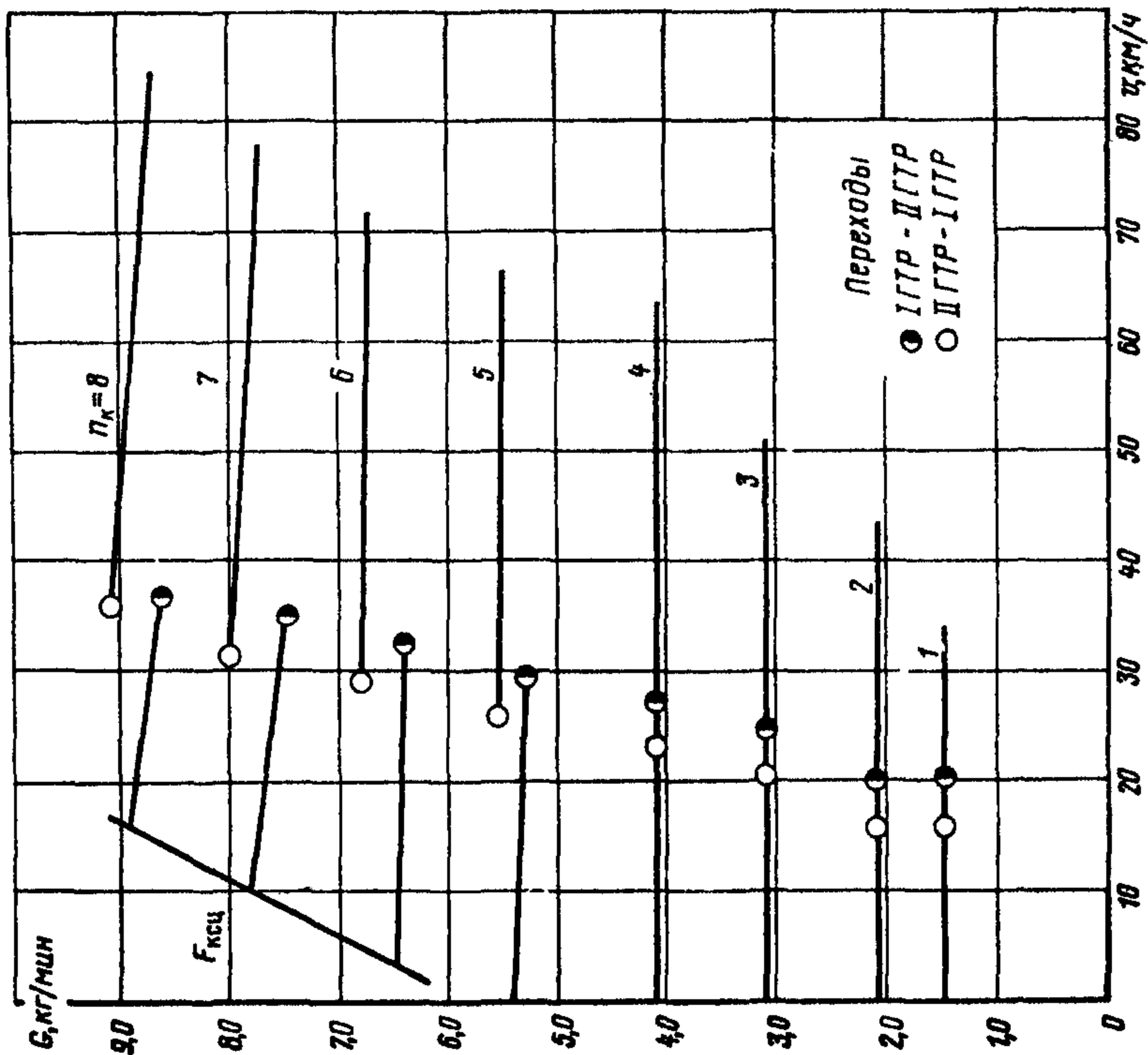


Рис. 7.13. Расход топлива в режиме тяги тепловозом ТГ16

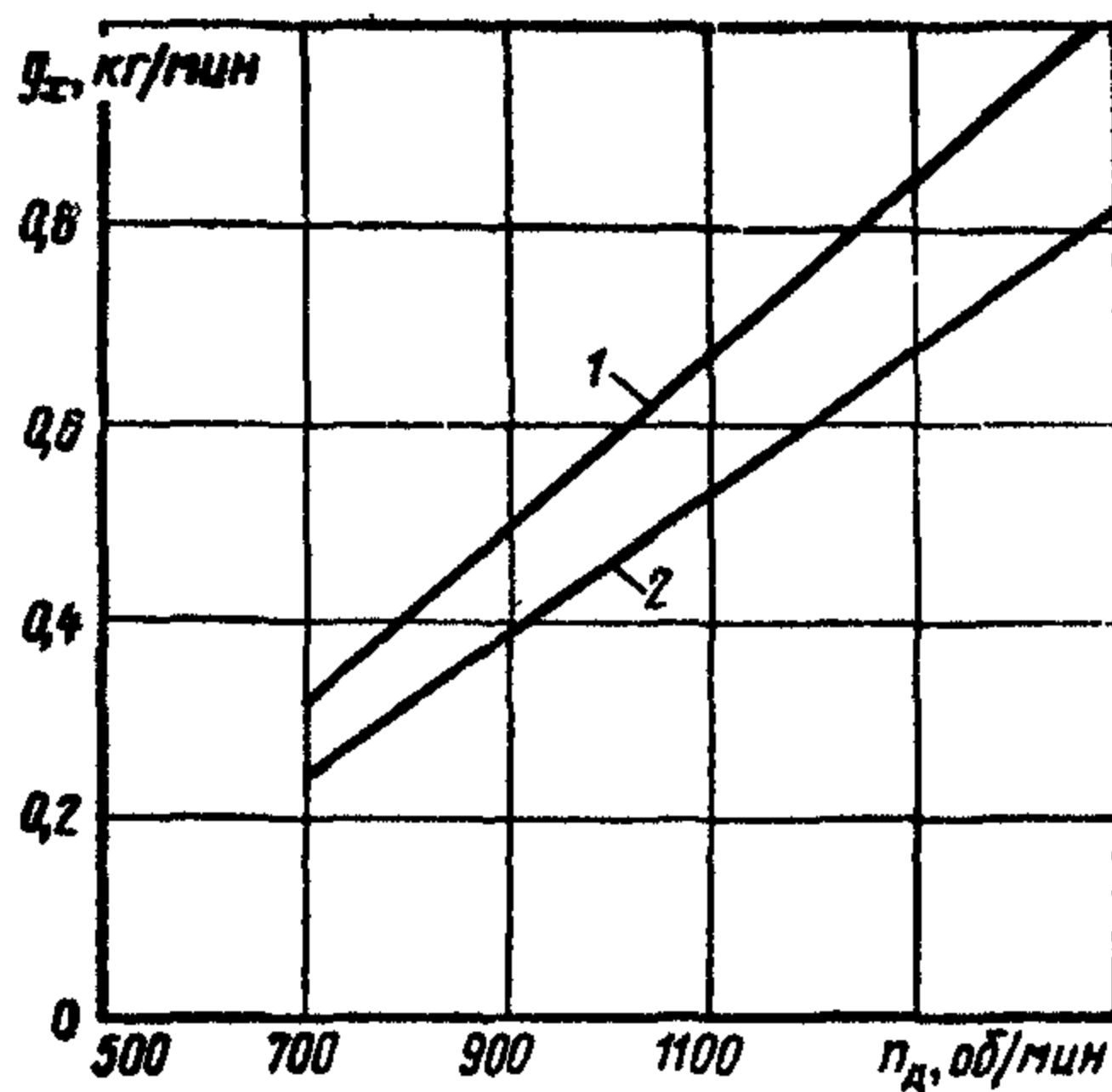


Рис. 7.14. Расход топлива на холостом ходу тепловозом ТГ16 (одна секция):

1 — вентиляторы холодильника и компрессор включены; 2 — вентиляторы выключены, компрессор на холостом ходу

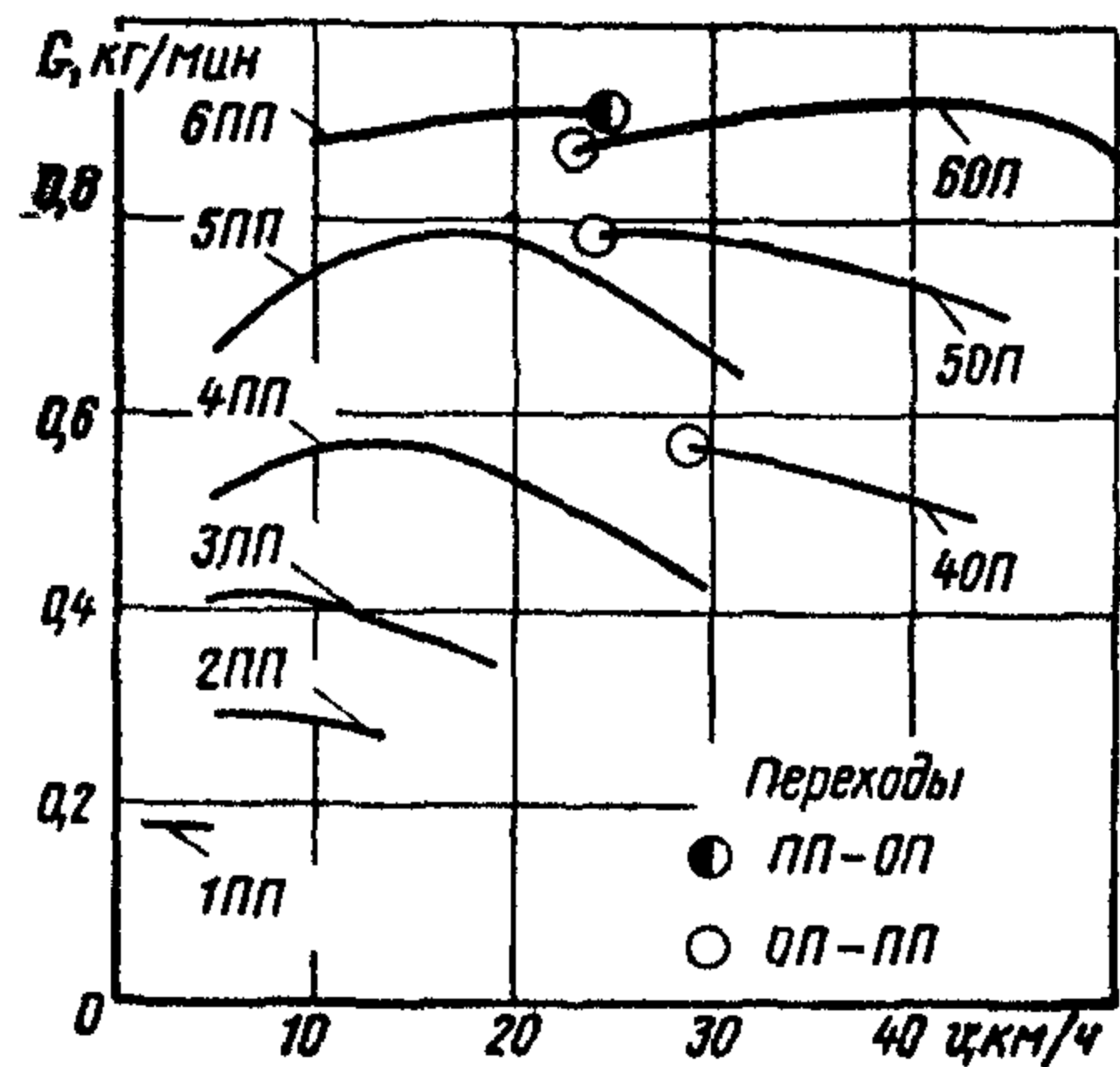


Рис. 7.16. Расход топлива в режиме тяги тепловозом ТУ3

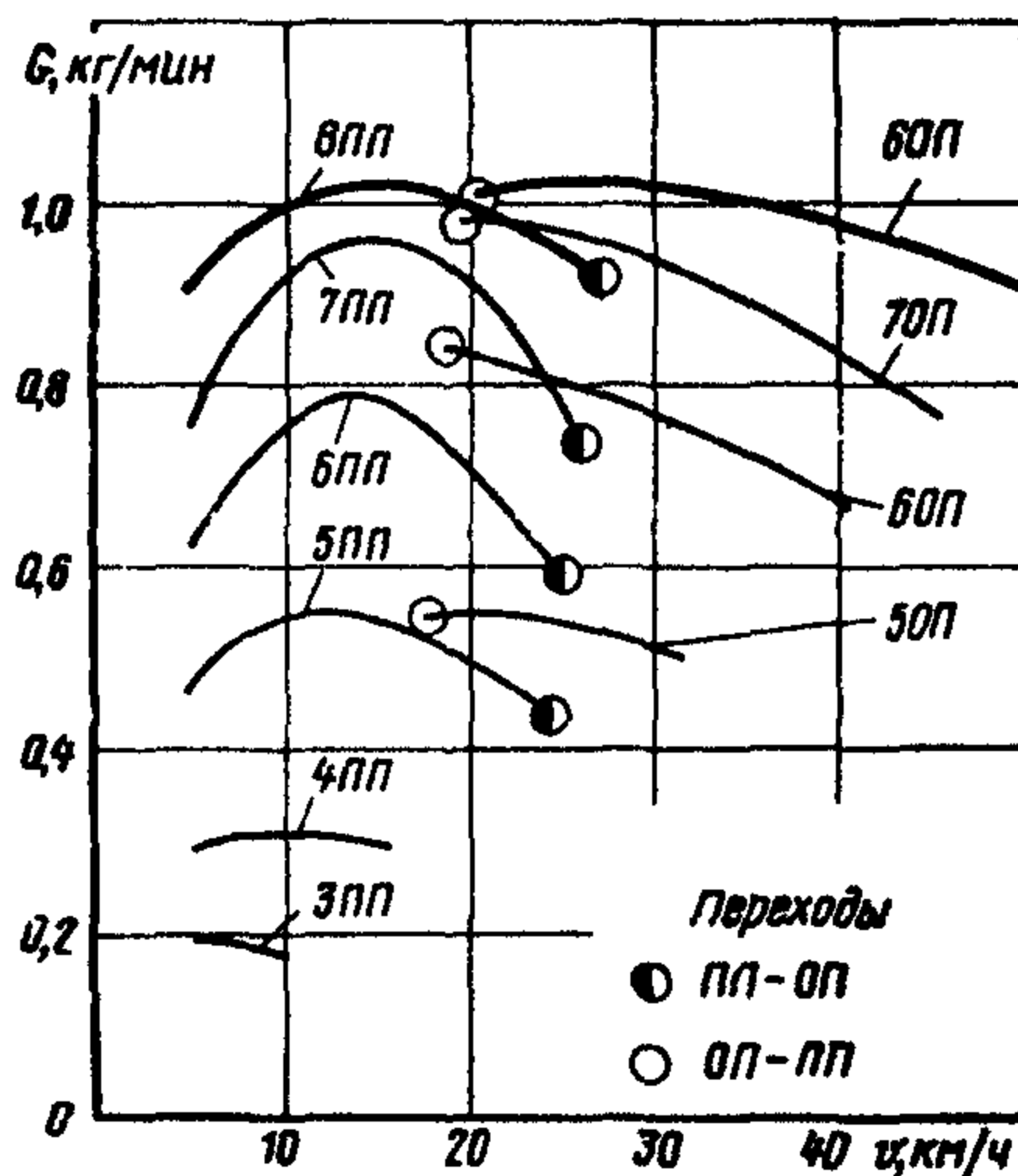


Рис 7.15. Расход топлива в режиме тяги тепловозом ТУ2

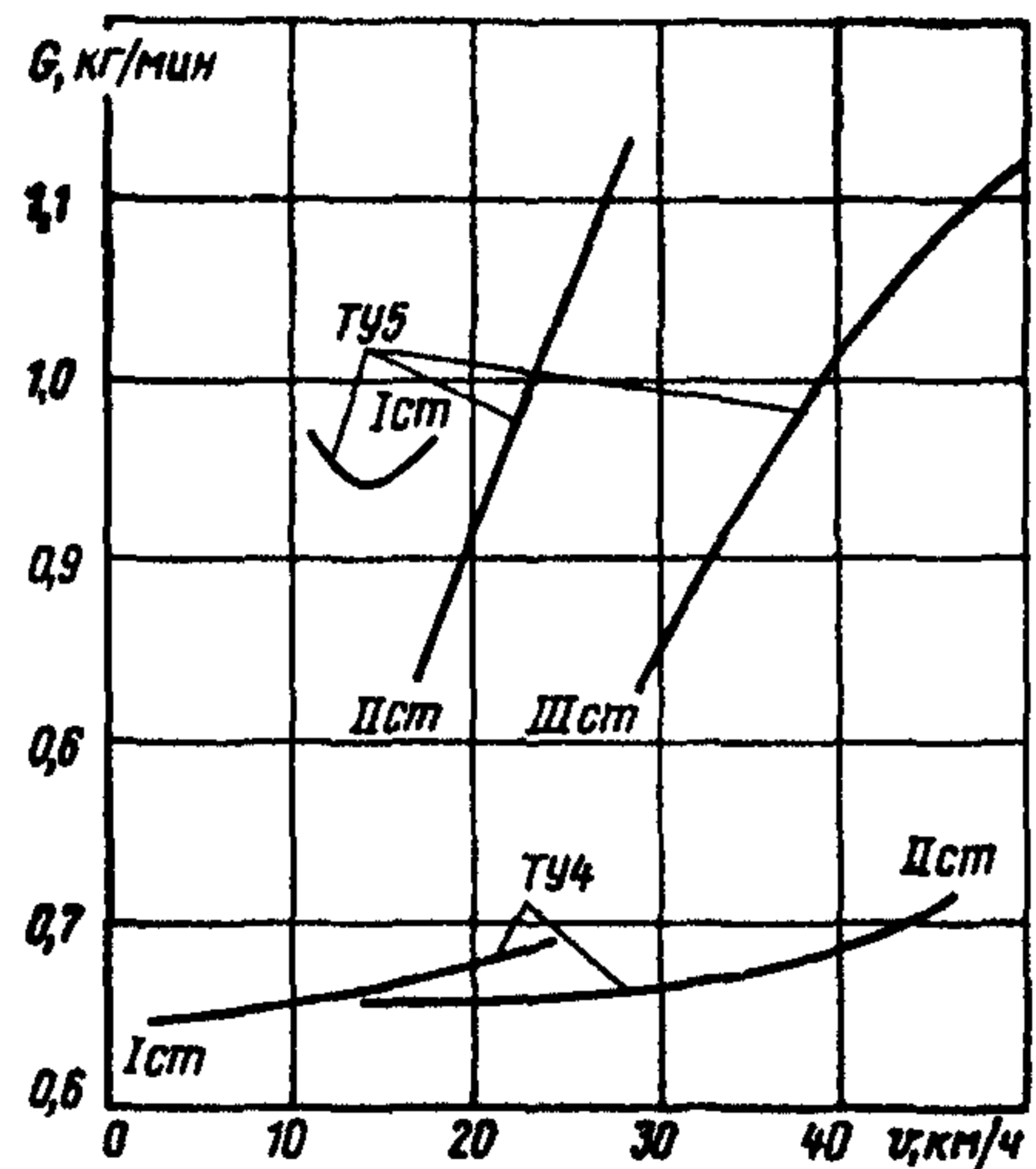


Рис. 7.17. Расход топлива в режиме тяги тепловозами ТУ4 и ТУ5

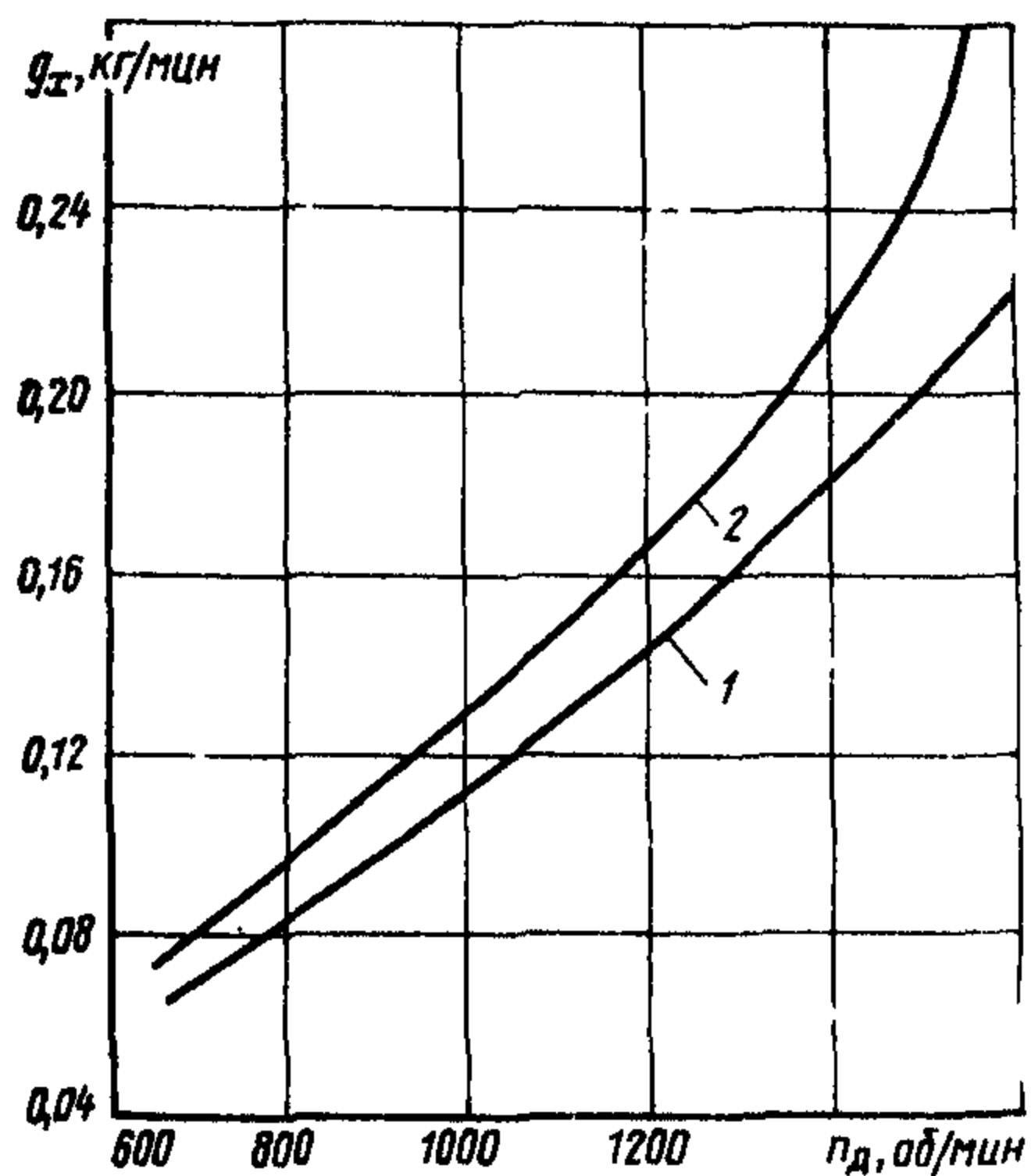


Рис. 7.18. Расход топлива на холостом ходу тепловозом ТУ2:

1 — с выключенным вентилятором холодильника; 2 — с включенным вентилятором холодильника

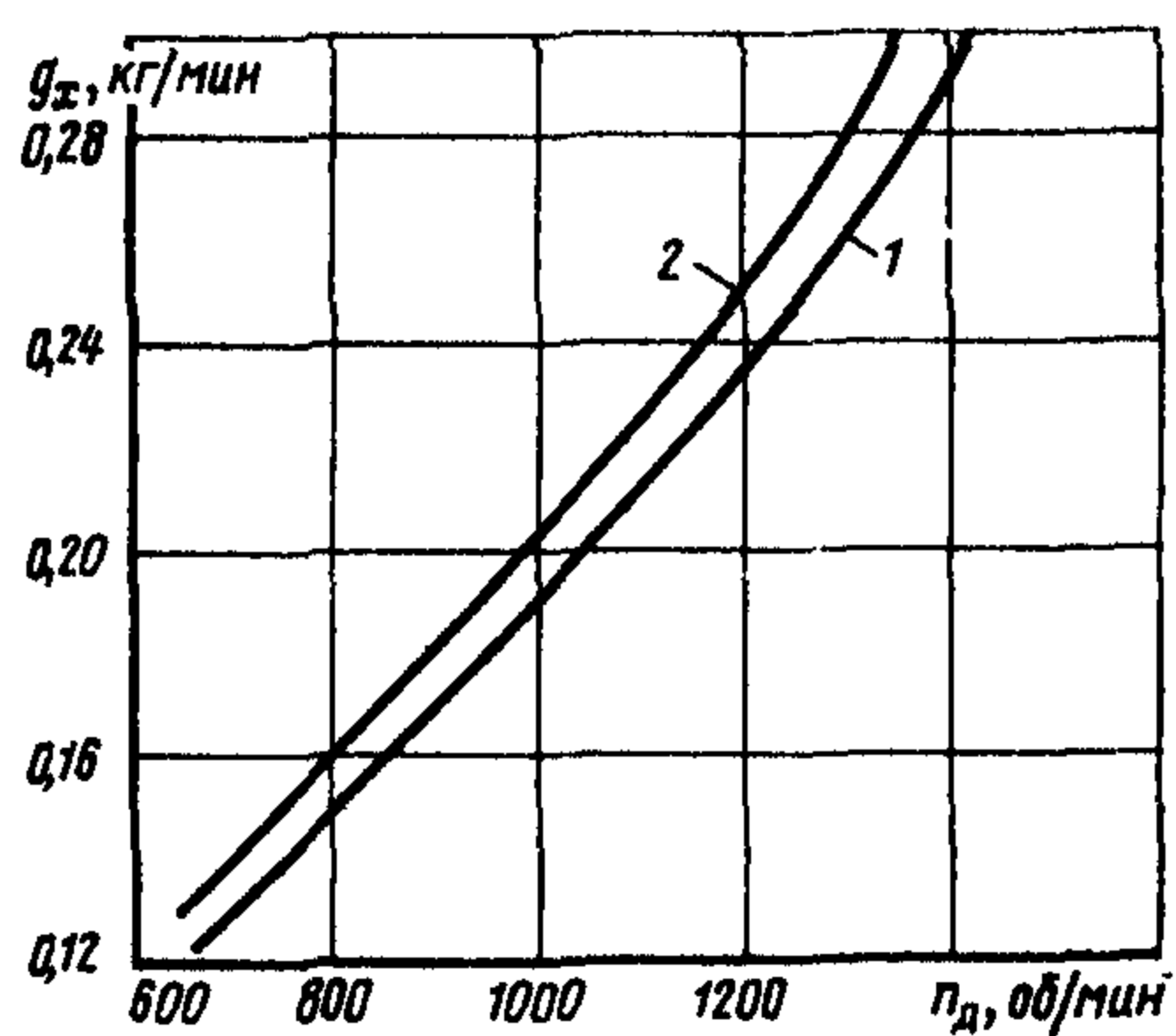


Рис. 7.19. Расход топлива на холостом ходу тепловозом ТУ3.

1 — с выключенным вентилятором холодильника; 2 — с включенным вентилятором холодильника

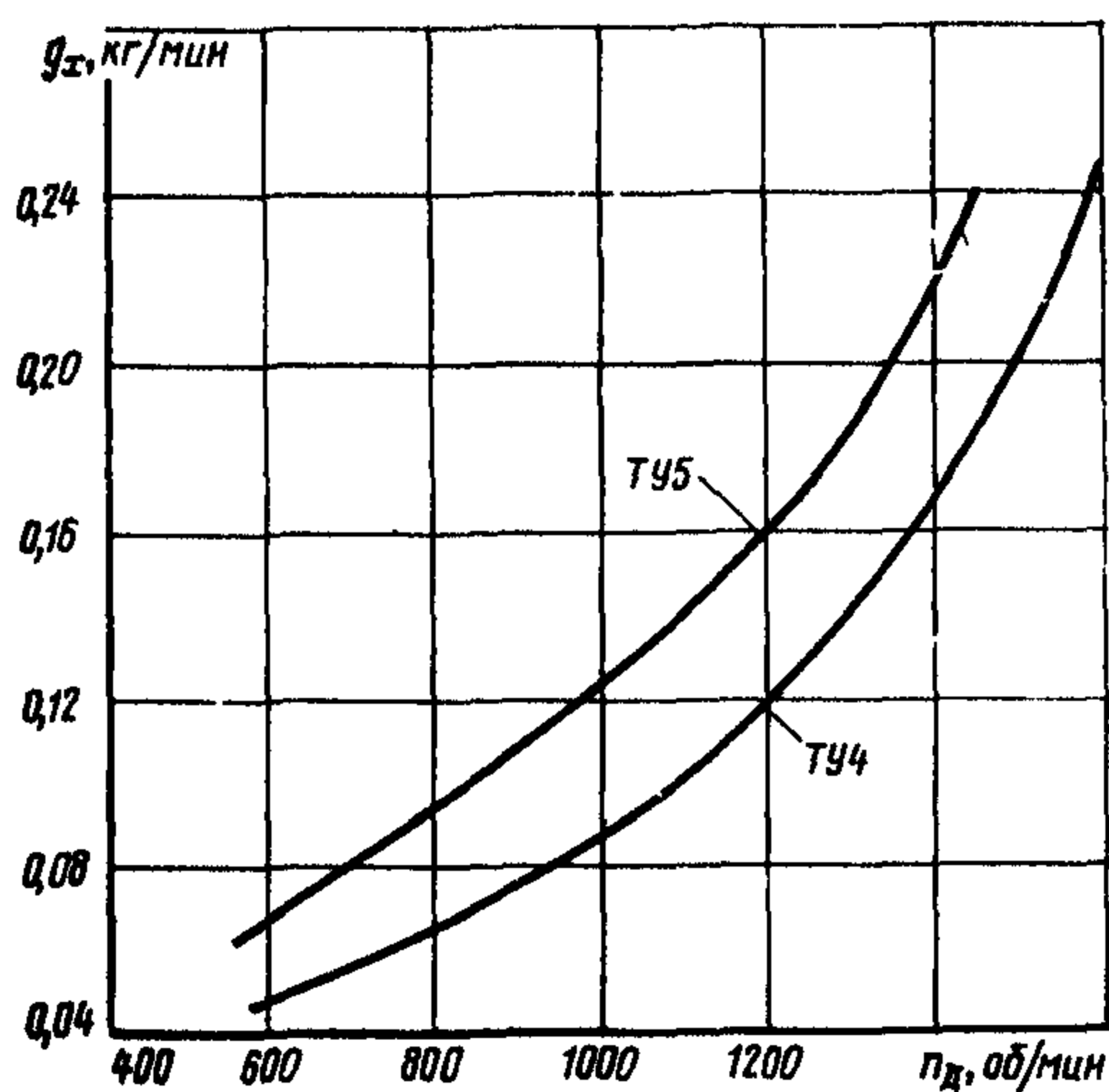


Рис. 7.20. Расход топлива на холостом ходу тепловозами ТУ4 и ТУ5

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Основные положения для расчетов	
1.1. Общие указания	3
1.2. Сопротивление движению подвижного состава	4
1.3. Тормозные расчеты	11
1.4. Расчет массы состава и скорости движения поезда	21
2 Электрическая тяга	
2.1. Определение силы тяги	30
2.2. Расчет массы состава и времени хода по перегонам	32
2.3. Проверка тяговых электродвигателей на нагревание	37
2.4. Определение расхода и рекуперации электрической энергии	39
3. Тепловозная тяга	
3.1. Определение силы тяги	43
3.2. Расчет массы состава и времени хода по перегонам	44
3.3. Проверка тягового генератора и тяговых электродвигателей на нагревание	46
3.4. Определение расхода топлива	49
4 Паровозная тяга	
4.1. Определение силы тяги	51
4.2. Расчет массы состава	52
4.3. Определение расхода воды и топлива	53
5. Тяговые расчеты для железных дорог узкой колеи	
5.1. Определение силы тяги и сопротивления движению	54
5.2. Проверка на нагревание Тормозные расчеты Расход топлива	58
6. Тяговые расчеты на ЭВМ	
6.1. Подготовка информации об участках сети	60
6.2. Подготовка информации о подвижном составе	60
6.3. Характеристика программ тяговых расчетов на ЭВМ	63
Приложения	
1. Условные обозначения сокращения и единицы измерения, принятые в тексте и на рисунках	66
2. Номограммы для определения коэффициента K_v , учитывающего увеличение основного удельного сопротивления движению поезда от встречного и бокового ветра, в зависимости от скорости ветра и скорости движения (рис. 2.1—2.7)	73
3. Номограммы для определения тормозного пути в зависимости от расчетного тормозного коэффициента ($100 \phi_p$) и скорости в начале торможения	77
4. Характеристики электровозов и электропоездов (рис. 4.1—4.132)	92
5. Характеристики тепловозов и моторных вагонов дизель-поездов (рис. 5.1—5.79)	223
6. Характеристики паровозов (рис. 6.1—6.12)	269
7. Характеристики локомотивов узкой колеи (рис. 7.1—7.20)	280

**ПРАВИЛА ТЯГОВЫХ РАСЧЕТОВ
ДЛЯ ПОЕЗДНОЙ РАБОТЫ**

Переплет художника *Л. А. Медведева*
Технический редактор *О. Н. Крайнова*
Корректор *Т. А. Ионова*
Н/К

Сдано в набор 29.03.84. Подписано в печать 06.03.85. Формат 60×90¹/₁₆. Бум. тип. № 2.
Гарнитура литературная. Офсетная печать Усл. печ. л. 18. Усл. кр.-отт. 18
Уч.-изд. л. 17,7. Тираж 30000 экз. Заказ 1690. Цена 1 р. 20 к. Изд. № 1к-3-1/1 № 2073.
Ордена «Знак Почета» издательство «ТРАНСПОРТ», 103064, Москва, Басманный туп., 6а.

Ордена Трудового Красного Знамени тип издательства Куйбышевского обкома КПСС,
443086 ГСП, г. Куйбышев, пр. Карла Маркса, 201.