

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБУ ВПО РГУПС)
Тихорецкий техникум железнодорожного транспорта
(ТТЖТ – филиал РГУПС)

О.В.Бунич

Методические рекомендации по выполнению практических работ

ПМ 01 Эксплуатация и техническое обслуживание подвижного состава

МДК01.02 Эксплуатация подвижного состава и обеспечение безопасности

движения

Тема 2.5 Основы локомотивной тяги
по специальности

23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог

Тихорецк
2015

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора по
Учебной работе
Н.Ю. Шитикова



01 / 09 2015 г.

Методические рекомендации по выполнению практических занятий по ПМ.01 Эксплуатация и техническое обслуживание подвижного состава (Электроподвижной состав) ПМ 01 Эксплуатация и техническое обслуживание подвижного состава МДК01.02 Эксплуатация подвижного состава и обеспечение безопасности движения тема Основы локомотивной тяги по специальности 23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог составлены в соответствии учебной рабочей программой профессионального модуля ПМ.01 Эксплуатация и техническое обслуживание подвижного состава

Организация-разработчик: Тихорецкий техникум железнодорожного транспорта – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ТТЖТ – филиал РГУПС)

Разработчик:

О.В.Бунич, преподаватель ТТЖТ - филиала РГУПС

Рекомендована цикловой комиссией № 9 «Специальности 23.02.06».

Протокол заседания № 01 от 01.09.2015 г

СОДЕРЖАНИЕ

- 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
- 2 ПЕРЕЧЕНЬ НА ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
- 3 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИ ПОДГО-
ТОВКЕ
- 4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО
ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ
- 5 ОБРАЗЕЦ ОТЧЕТА ПО РАБОТАМ

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методическая разработка рекомендации для подготовки к практическим работам по специальности 23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог

ПМ 01 Эксплуатация и техническое обслуживание подвижного состава

МДК01.01 Конструкция, техническое обслуживание и ремонт подвижного состава

Тема 2.4 Основы локомотивной тяги тепловозов и дизель поездов

Тема 2.5 Основы локомотивной тяги ЭПС

Данная методическая разработка содержит перечень работ, список используемой литературы, методические рекомендации по работе с литературой по блокам вопросов. Весь курс дисциплины предусматривает 8 разделов :

РАЗДЕЛ 1 Силы, действующие на поезд

РАЗДЕЛ 2 Свойства и характеристики тепловозов и дизель-поездов (ЭПС).

РАЗДЕЛ 3 Сопротивление движению поезда

РАЗДЕЛ 4 Тормозные силы поезда

РАЗДЕЛ 5 Расчет массы состава поезда.

РАЗДЕЛ 6 Скорость и время движения поезда.

РАЗДЕЛ 7 Токовые характеристики тепловозов и дизель-поездов (ЭПС) .

РАЗДЕЛ 8 Расчет расхода топлива (электроэнергии).

Последовательность изложения изучаемого материала позволяет легче усвоить материал и применить полученные знания на производственной практике, при , дипломного проекта.

2.ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Тема 2.4 Основы локомотивной тяги тепловозов и дизель поездов

Практическая работа №1

Пересчет электромеханических характеристик ТЭД.

Практическая работа №2 Построение тяговой характеристики локомотива и действующих ограничений

Практическая работа №3

Спрямление профиля пути

Практическая работа №4

Решение тормозных задач.

Расчет и построение удельных сил поезда в режиме тяги

Практическая работа №6

Расчет и построение удельных сил поезда в р-ме торможения

Практическая работа №7

Построение кривой скорости

Практическая работа №8

Построение кривой тока.

Практическая работа №9

Расчет массы поезда

Тема 2.5 Основы локомотивной тяги ЭПС

Практическая работа №1

Пересчет электромеханических характеристик ТЭД.

Практическая работа №2 Построение тяговой характеристики локомотива и действующих ограничений

Практическая работа №3

Спрямление профиля пути

Практическое занятие №4

Расчет и построение удельных сил поезда в режиме тяги.

Практическая работа №5

Построение кривой скорости

Практическая работа №6

Расчет и построение удельных сил поезда в режиме выбега.

Практическая работа №7

Решение тормозных задач

Практическая работа №8

Построение кривой тока.

Практическая работа №9

Построение кривой времени.

3.СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ

1 Основная

1.1 Андриященко А.А. Асинхронный тяговый привод локомотивов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Андриященко А.А., Бабков Ю.В., Зарифьян А.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2013.— 413 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26795>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

1.2 Дайлидко А.А., Ветров Ю.Н., Брагин А.Г.Конструкция электровозов и электропоездов: учеб. Пособие. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. – 348 с

1.3 Осинцев И.А., Логинов А.А.Электровоз ВЛ10КРП: учеб. пособие. — М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. — 410 с

1.4 ПоповЮ.В., Стрекалов Н.Н., Баженов А.А.Конструкция электроподвижного состава: учеб. Пособие. – М.:ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте»,2012. – 271 с.

1.5 Дайлидко А.А., Ветров Ю.Н., Брагин А.Г. Конструкция электровозов и электропоездов: учеб. пособие. — М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. — 348 с.

1.6 Мукушев Т.Ш., Писаренко С.А.Электрические машины электровозов ВЛ10, ВЛ10у, ВЛ10к, ВЛ11. Конструкция и ремонт: учеб. пособие. — М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. — 126 с.<http://librari.mii.ru>. по паролю

1.7 Попов Ю.В., Стрекалов Н.Н., Баженов А.А. Конструкция электроподвижного состава: учеб. Пособие. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. – 271 с.

1.8 Логинов Е.Ю.. Электрическое оборудование локомотивов : учебник для студ. вузов ж.-д. трансп. - М. : ФГБОУ "УМЦ ЖДТ", 2014. - 576 с.

2 *Дополнительная*

2.1 Кулинич Ю.М. Электронная преобразовательная техника: учеб. пособие. — М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. — 204 с <http://librari.miit.ru> доступ по паролю

2.2 Основы электропривода технологических установок с асинхронным двигателем: учеб. пособие для студ. вузов ж.-д. трансп. А. М. Худоногов, И. А. Худоногов, Е. М. Лыткина ; под ред. А. М. Худоногова. - М. : ФГБОУ "УМЦ ЖДТ", 2014. - 336 с. : ил.

2.3 Бурков А.Т. Электроника и преобразовательная техника: учебник: в 2 т. — М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015.

2.4 Введение в специальность «Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог»: учебное пособие. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», Ветров Ю.Н., Дайлидко А.А., Хасин Л.Ф. 2013. – 90 с <http://librari.miit.ru>. По паролю

2.4 Введение в специальность «Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог»: учебное пособие. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», Ветров Ю.Н., Дайлидко А.А., Хасин Л.Ф. 2013. – 90 с Режим доступа: <http://librari.miit.ru>. По паролю

2.5 Бородин А.П. Диагностика цепей управления тепловозов 2ТЭ116: учеб. пособие - М. : ФГБОУ "УМЦ ЖДТ", 2014. - 179 с.

2.6 Исмаилов Ш.К. Диагностирование изоляции тяговых электродвигателей локомотивов и обеспечение оптимального температурно-влажностного режима ее эксплуатации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Исмаилов Ш.К., Смирнов В.П., Худоногов А.М.— Электрон. текстовые данные.— М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2012.— 270 с.

2.7 Четвергов В.А. Техническая диагностика локомотивов: учеб. пособие для студ. вузов ж.-д. трансп. В. А. Четвергов, С. М. Овчаренко, В. Ф. Бухтеев ; под ред. В. А. Четвергова. - М. : ФГБОУ "УМЦ ЖДТ", 2014. - 371 с <http://librari.mii.ru>. по паролю

2.8 Бурков А.Т. Электроника и преобразовательная техника: учебник: в 2 т. — М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторные (практические) занятия проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения (лабораторного оборудования, образцов, нормативных и технических документов и т.п.).

При выполнении лабораторных (практических) работ проводятся: подготовка оборудования и приборов к работе, изучение методики работы, воспроизведение изучаемого явления, измерение величин, определение соответствующих характеристик и показателей, обработка данных и их анализ, обобщение результатов. В ходе проведения работ используются план работы и таблицы для записей наблюдений. При выполнении лабораторной работы студент

ведет рабочие записи результатов измерений (испытаний), оформляет расчеты, анализирует полученные данные путем установления их соответствия нормам и/или сравнения с известными в литературе данными и/или данными других студентов. Окончательные результаты оформляются в форме заключения.

В данном разделе указывается перечень средств обучения, формулируется цель проведения и содержание каждой лабораторной работы.

На практических занятиях по техническим дисциплинам нужно не менее 1 часа из двух (50% времени) отводить на самостоятельное решение задач. Практические занятия строятся следующим образом:

1. Вводное слово преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены).
2. Беглый опрос.
3. Решение 1-2 типовых задач у доски.
4. Самостоятельное решение задач.
5. Разбор типовых ошибок при решении (в конце текущего занятия или в начале следующего).

Из различных форм СРС для практических занятий на старших курсах наилучшим образом подходят “деловые игры”. Тематика игры может быть связана с конкретными производственными проблемами или носить прикладной характер, включать задачи ситуационного моделирования по актуальным проблемам и т.д. Цель деловой игры - в имитационных условиях дать студенту возможность разрабатывать и принимать решения.

При проведении семинаров и практических занятий студенты могут выполнять СРС как индивидуально, так и малыми группами (творческими бригадами), каждая из которых разрабатывает свой проект (задачу). Выполненный проект (решение проблемной задачи) затем рецензируется другой бригадой по круговой системе. Публичное обсуждение и защита своего варианта повышают роль СРС и

усиливают стремление к ее качественному выполнению. Данная система организации практических занятий позволяет вводить в задачи научно-исследовательские элементы, упрощать или усложнять задания.

Активность работы студентов на обычных практических занятиях может быть усилена введением новой формы СРС, сущность которой состоит в том, что на каждую задачу студент получает свое индивидуальное задание (вариант), при этом условие задачи для всех студентов одинаковое, а исходные данные различны. Перед началом выполнения задачи преподаватель дает лишь общие методические указания (общий порядок решения, точность и единицы измерения определенных величин, имеющиеся справочные материалы и т.п.). Выполнение СРС на занятиях с проверкой результатов преподавателем приучает студентов грамотно и правильно выполнять технические расчеты, пользоваться вычислительными средствами и справочными данными. Изучаемый материал усваивается более глубоко, у студентов меняется отношение к лекциям, так как без понимания теории предмета, без хорошего конспекта трудно рассчитывать на успех в решении задачи. Это улучшает посещаемость как практических, так и лекционных занятий. Другая форма СРС на практических занятиях может заключаться в самостоятельном изучении принципиальных схем, макетов, программ и т.п., которые преподаватель раздает студентам вместе с контрольными вопросами, на которые студент должен ответить в течение занятия.

Выполнение лабораторного практикума, как и другие виды учебной деятельности, содержит много возможностей применения активных методов обучения и организации СРС на основе индивидуального подхода.

При проведении лабораторного практикума необходимо создать условия для максимально самостоятельного выполнения лабораторных работ.

Поэтому при выполнении работы необходимо:

- 1 Провести экспресс-опрос (устно или в тестовой форме) по теоретическому материалу, необходимому для выполнения работы (с оценкой).
2. Проверить планы выполнения лабораторных работ, подготовленный студентом дома (с оценкой).
3. Оценить работу студента в лаборатории и полученные им данные (оценка).
4. Проверить и выставить оценку за отчет.

5 ОБРАЗЕЦ ОТЧЕТА ПО РАБОТАМ

Практическая работа №1

«Пересчет электромеханических характеристик ТЭД».

ЦЕЛЬ: произвести расчет и построить скоростные характеристики ТЭЦ отнесенные к ободу движущего колеса

Оборудование и раздаточный материал: калькулятор, Правила тяговых расчетов, Справочник по тяговым расчетам.

ЗАДАНИЕ: Построить скоростные электромеханические характеристики электродвигателя, отнесенные к ободу движущего колеса при $U=1500$ В. Перестроить скоростную характеристику полного возбуждения (ПП) на пониженное напряжение.

Краткие теоретические сведения

РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ СКОРОСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Дано: электорвоз~ВЛ-23; сопротивление обмоток двигателя-0,150м;
Электромеханические характеристики электродвигателя при $U=1500$ в приведены в таблице.

Таблица «Электромеханические двигателя НБ-406, отнесенные к ободу, движущего колеса, при $U=1500$ В»

I,А	ПП-100%		ОП1-(75%)		ОП2-(55%)		ОП3-(43%)		ОП4-(36%)	
	$V_{км/ч}$	$F_{кэс}$	$V_{км/ч}$	$P_{кэс}$	$V_{км/ч}$	$P_{кэс}$	$V_{км/ч}$	$FK2C$	$V_{км/ч}$	$F_{кэс}$
68	100	250	-	-	-		-	-	-	
100	77	580	100	430	-		-	-	-	
140	63	1050	76,3	880	100	640	-	-	-	
175	56,7	1510	67	1285	83,6	1030	100	840	-	
210	52,7	1970	61	1720	73,2	1440	86,4	1200	100	970
250	49,6	2520	56,5	2220	65	1940	76	1645	90	1360
300	46,3	3230	52,4	2880	59,3	2560	67,7	2240	80,5	1890
350	43,8	3960	49,5	3550	55,4	3190	62,4	2850	73	2450
400	41,9	4720	47	4260	52,6	3830	58,9	3430	67,4	3020
500	39	6270	43,6	5680	48,6	5140	53,7	4690	60	4210
600	36,8	7940	41	7160	45,8	6490	50,5	5900	55,7	5380

РЕШЕНИЕ

Пересчет характеристики скорости с одного напряжения на другое производится по формуле.

$$V = V(U - IR) \setminus U - IR$$

где U - скорость при $U = 1500 \text{ В}$ V - скорость при $U(U)$
 I - рабочий ток ТЭД r - сопротивление обмоток
 ТЭД при $t = 100 \text{ С}$

при $U = 500 \text{ В}$

$$V, = 100 \frac{500 - 68 \times 0,15}{1500 - 68 \times 0,15} = 32,6 \text{ км/ч}$$

при $U = 1000 \text{ В}$

$$= 100 \frac{1000 - 68 \times 0,15}{1500 - 68 \times 0,15} = 66,7 \text{ км/ч}$$

Для других скоростей расчет производится аналогично, результат расчетов сведен в таблицу:

1, A	$V, \text{ при } V = 1500 \text{ В}$	$I r$	$U - I r, \text{ при } U = 500 \text{ В}$	$U - I r, \text{ при } U = 1000 \text{ В}$	$U - I r, \text{ при } U = 1500 \text{ В}$	$V, \text{ при } U = 500 \text{ В}$ Км/ч	$V, \text{ при } U = 1000 \text{ В}$ Км/ч
68	100	10,2	483,8	983,8	1483,8	32,6	66,7
100	77	15	485	985	1485	25,14	51,07
140	63	21	479	979	1479	20,4	41,7
175	56,7	26,25	473,75	973,75	1473,75	18,22	37,48
210	52,7	31,5	468,5	968,5	1468,5	16,8	34,75
250	49,6	37,5	462,5	962,5	1462,5	15,68	32,64
300	46,3	45	455	955	1455	14,47	30,36
350	43,8	52,5	447,5	947,5	1447,5	13,54	28,67
400	41,9	60	440	940	1440	12,8	27,35

Порядок выполнения работы

1. Изучить методику расчетов и построения характеристик
2. Произвести расчет параметров и построить характеристики

Содержание отчета:

1. Описание расчета параметров
2. Построение характеристики
3. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Обосновать необходимость расчетов и построения характеристик
2. Сравнить полученные данные расчетов с данными справочника
3. Сравнить полученные характеристики с данными справочника

Практическая работа №2

«Построение тяговой характеристики локомотива и действующих ограничений»

ЦЕЛЬ: произвести расчет силы локомотива при различных скоростях движения и построить график зависимости силы тяги от скорости $F(V)$

ОБОРУДОВАНИЕ: калькулятор, Правила тяговых расчетов, Справочник по тяговым расчетам.

ЗАДАНИЕ:

Рассчитать и построить тяговые характеристики электровоза $F(U)$ и поместить на график ограничения силы тяги по сцеплению и по току.

Тяговая характеристика приведена в таблице 1.

Дано: электровоз-ВЛ-80 Вес электровоза- $P=184$ т

Таблица 1 Тяговая характеристика электровоза

$V_{км/ч}$	$F, K2C$										
	$5n$	$9n$	$13n$	$17n$	$21n$	$25n$	$29n$	$33n$	$33n$		
									ОП-1	ОП-2	ОП-3
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	65300				
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						64500	9400	13300	18000	22150	26700
90							7200	9650	14400	17300	21300
100							5500	7550	11100	13700	17600
110								6050	8600	10800	14500

РЕШЕНИЕ

Для решения этой задачи необходимо построить тяговые характеристики на основании данных приведенных в таблице 1. На тяговые характеристики электровоза наносится ограничение по сцеплению $F(V)$. Сила тяги по сцеплению определяется по формуле:

$$F_{\text{ксп}} = 1000 P W$$

Где: P - вес электровоза W - расчетный коэффициент сцепления, определяется по формуле:

$$W = 0,28 + 4 \cdot (50 + 6V) - 0,0006V;$$

Для построения кривой $F_{\text{кспл}}(V)$ задаемся величинами скорости до 70 км/ч, результаты расчетов сводим в таблицу 2:

Таблица 2

$V, \text{км/ч}$	0	10	20	30	40	50	60	70
W	0,36	0,28	0,27	0,26	0,258	0,251	0,245	0,248
$F_{\text{ксп}}$	66240	51520	49680	47840	47472	46184	45080	43742

Кривую $F(V)$ наносим на тяговые характеристики электровоза.

Вывод:

Порядок выполнения работы

- 1.Изучить методику расчетов и построения характеристик
- 2.Произвести расчет параметров и построить характеристики

Содержание отчета:

- 1.Описание расчета параметров
- 2.Построение характеристики
- 3.Вывод.

Контрольные вопросы

- 1.Обосновать необходимость расчетов и построения характеристик
- 2.Сравнить полученные данные расчетов с данными справочника
3. Сравнить полученные характеристики с данными справочника

Практическая работа №3

«Спрямление профиля пути»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: произвести спрямление профиля пути от станции А к станции В

ОБОРУДОВАНИЕ: Правила тяговых расчетов, справочник по тяговым расчетам

ЗАДАНИЕ: Спрямить профиль пути. Определить окончательные уклоны спрямленных участков с учетом кривых в направлении от станции А к станции В.

Таблица 1 Исходные данные

Номер элемента профиля	Длина элемента в метрах	Уклон (+подъем, - спуск)	%	Угол поворота Кривой,
Ст А 1	1000	0		
2	800	-3		52
3	900	-7		
4	500	0		
5	500	+4		60
6	900	+5		
7	1000	+6		54
8	500	0		48
9	3300	+9		
10	600	0		½ 62

11	900	-6	½ 62
12	700	-7	56
13	800	-5	
Ст В 14	1000	0	

Р е ш е н и е.

Элементы 1 и 14 профиля пути спрямлению не подлежат , так как на них расположены станции А и В

Спрямляем элементы 2 и 3 , для этого используется формула

$$i' = \frac{\sum i * S}{S_c}, \%$$

где I - действительный уклон
S-длина элемента

$$i' = \frac{3 * 800 + 7 * 900}{800 + 900} = -5,1\%$$

Возможность спрямления проверяем по формуле

$$S \leq \frac{2000}{i_c^{\perp} - i'}$$

$$800 \leq \frac{2000}{5,1 - 3} \quad 900 \text{ -спрямление возможно}$$

$$900 \leq \frac{2000}{5,1 - 7} = 1052 \text{ - спрямление возможно}$$

На элемент 2 имеется кривая ,заменяем ее фиктивным подъемом и определяем по формуле:

$$i_c^{\parallel} = \frac{12,2 * d}{S_c},$$

$$i_c^{\parallel} = \frac{12,2 * 52}{800} = 0,79\%$$

Окончательный уклон спрямленного участка с учетом кривой

$$i = \pm i_c^{\perp} + i_c^{\parallel} = - 5,1 + 0,79 = - 4,41\%$$

Спрямяем элементы 5 и 6:

$$i' = \frac{4 * 500 + 5 * 900}{500 + 900} = 4,6\%$$

Возможность спрямления проверяем по формуле

$$S \leq \frac{2000}{/ i_c^{\perp} - i' /},$$

$$900 \leq \frac{2000}{/ 4,6 - 5 /} = 5000 \text{ -спрямление возможно}$$

$$500 \leq \frac{2000}{/ 4,6 - 4 /} = 3333,33 \text{ - спрямление возможно}$$

На элементе 5 имеется кривая ,заменяем ее фиктивным подъемом

$$i_c^{\parallel} = \frac{12,2 * 60}{500} = 1,52\%$$

Окончательный уклон спрямленного участка с учетом кривой

$$i = \pm i_c^{\perp} + i_c^{\parallel} = 4,6 + 1,52 = 6,12\%$$

Спрямяем элементы 7 и 8:

$$i' = \frac{6 * 1000 + 0 * 500}{500 + 1000} = 4,0\%$$

Возможность спрямления проверяем по формуле

$$S \leq \frac{2000}{/ i_c^{\perp} - i' /},$$

$$1000 \leq \frac{2000}{/ 4 - 6 /} = 1000 \text{ -спрямление возможно}$$

$$500 \leq \frac{2000}{/ 4 - 0 /} = 500 \text{ - спрямление возможно}$$

На элементе 7 имеется кривая ,заменяем ее фиктивным подъемом

$$i_c^{\parallel} = \frac{12,2 * 54}{1000} = 0,66\%$$

На элементе 8 имеется кривая ,заменяем ее фиктивным подъемом

$$i_c^{\parallel} = \frac{12,2 * 48}{500} = 1,2\%$$

Окончательный уклон спрямленного участка с учетом кривой

$$i = \pm i_c^{\downarrow} + i_c^{\uparrow} = 4 + 0,66 + 1,2 = 5,86\%$$

Элемент пути 9 не спрямляем, так как на нем находится руководящий подъем, и он спрямлению не подлежит

На элементе 10 имеется кривая, заменяем ее фиктивным подъемом

$$i_c^{\uparrow} = \frac{12,2 * 31}{600} = 0,63\%$$

Спрямляем элементы 11,12 и 13:

$$i' = \frac{6 * 900 + 5 * 800 + 7 * 700}{900 + 700 + 800} = -5,9\%$$

Возможность спрямления проверяем по формуле

$$S \leq \frac{2000}{i_c^{\downarrow} - i'}$$

$$900 \leq \frac{2000}{5,9 - 6,1} = 20000 \text{ -спрямление возможно}$$

$$800 \leq \frac{2000}{5,9 - 5,1} = 2222,22 \text{ - спрямление возможно}$$

$$700 \leq \frac{2000}{5,9 - 7,1} = 952,4 \text{ - спрямление возможно}$$

На элементе 11 имеется кривая, заменяем ее фиктивным подъемом

$$i_c^{\uparrow} = \frac{12,2 * 31}{900} = 0,42\%$$

На элементе 12 имеется кривая, заменяем ее фиктивным подъемом

$$i_c^{\uparrow} = \frac{12,2 * 56}{700} = 0,97\%$$

Окончательный уклон спрямленного участка с учетом кривой

$$i = \pm i_c^{\downarrow} + i_c^{\uparrow} = -5,9 + 0,42 + 0,97 = -4,51\%$$

Вывод:

Порядок выполнения работы

- 1.Изучить методику расчетов и построения характеристик
- 2.Произвести расчет параметров и построить характеристики

Содержание отчета:

- 1.Описание расчета параметров
- 2.Построение характеристики
- 3.Вывод.

Контрольные вопросы

- 1.Обосновать необходимость расчетов и построения характеристик
- 2.Сравнить полученные данные расчетов с данными справочника
3. Сравнить полученные характеристики с данными справочника

Практическое занятие №4

счет и построение удельных сил поезда в режиме тяги.

Цель: изучить расчет и построение диаграммы удельных ускоряющих и замедляющих сил.

Оборудование: схемы, инструкционные карты.

Краткие теоретические сведения

Расчет удельных ускоряющих сил для поездов весом $Q + P = (3100 + 184)$ тс. Удельное основное сопротивление движению электровоза и состава для различных скоростей определяем по формулам и приводим в таблице, где для удобства даны произведения удельных сопротивлений на веса электровоза и состава и сила тяги электровоза (с округлением до 50 кгс). Подсчитав разность $f_k - w_o$, определяем характеристики удельных ускоряющих сил.

Интервалы скоростей до выхода на ходовую характеристику принимаем равным 10 км/ч, после выхода на ходовую характеристику интервалы скоростей для более точного построения принимаем равным 5 км/ч. Учитываем точки излома ограничивающих линий и точки перехода с одной характеристики на другую (с ПП на ОП1, с ОП1 на ОП2 и т.д.)

Так, при $v = 30 \text{ км/ч}$ удельное основное сопротивление движению электровоза

$$w_o^1 = 1,9 + 0,01v + 0,0003v^2 = 1,9 + 0,01 \times 30 + 0,0003 \times 900 = 2,47 \text{ кгс/тс}$$

Основное сопротивление движению электровоза при весе $P = 184$ тс. $W_o^1 = 2,47 \times 184 = 455 \text{ кгс}$. Округляя до 50 кгс, получим $W_o^1 = 450 \text{ кгс}$.

Удельное основное сопротивление движению четырехосных вагонов при $v = 30 \text{ км/ч}$

$$w_o^{11} = 0,7 + \frac{8,0 + 0,1v + 0,0025v^2}{q_o} = 1,46 \text{ кгс/тс}$$

Основное сопротивление движению состава весом $Q = 3100$ тс.

$$W_o^{11} = w_o Q = 1,46 \times 3100 = 4520 \text{ кгс} \text{ или округленно } W_o^{11} = 4500 \text{ кгс}.$$

Основное сопротивление движению поезда

$$W_o = W_o^1 + W_o^{11} = w_o^1 P + w_o^{11} Q = 450 + 4500 = 4950 \text{ кгс}.$$

Удельное основное сопротивление движению поезда

$$w_o = \frac{W_o}{P + Q} = \frac{4950}{184 + 3100} = 1,51 \text{ кгс/тс}.$$

Сила тяги электровоза ВЛ – 10 $F_K = 48500 \text{ кгс}$. Удельная сила тяги

$$f_K = \frac{F_K}{P+Q} = \frac{48500}{3284} = 14,77 \text{ кгс/тс}.$$

Удельная ускоряющая сила

$$f_y = f_K - w_O = 14,77 - 1,51 = 13,26 \text{ кгс/тс}.$$

Режим	v , км/ч	w_O , кгс/тс	$w_{O'}$, кгс/тс	$w_O P$, кгс	$w_O Q$, кгс	W_O , кгс	$w_{O'}$, кгс/тс	P_K , кгс	i_K , кгс/тс	$f_y = f_K - w_{O'}$, кгс/тс
Разгон	0	2,03	1,23	350	3800	4 150	1,26	62 600	19,06	17,8
	10	2,03	1,23	350	3800	4 150	1,26	52 400	16,96	15,7
	20	2,22	1,33	400	4100	4 500	1,37	50 200	15,29	13,92
	30	2,47	1,46	450	4500	4 950	1,51	48 500	14,77	13,26
	40	2,78	1,60	500	4950	5 450	1,66	47 000	14,31	12,65
	46,7	3,02	1,74	550	5400	5 950	1,81	46 000	14,00	12,19
ПП	48,5	3,09	1,77	550	5500	6 050	1,84	40 600	12,36	10,52
	50	3,15	1,80	600	5600	6 200	1,89	36 100	11,00	9,11
	55	3,36	1,90	600	5900	6 500	1,98	25 600	7,80	5,82
	60	3,58	2,01	650	6250	6 900	2,10	18 800	5,72	3,62
	65	3,82	2,13	700	6600	7 300	2,22	14 900	4,54	2,32
	70	4,07	2,26	750	7000	7 750	2,36	12 100	3,68	1,32
ОП1	75	4,34	2,39	800	7400	8 200	2,50	10 200	3,11	0,61
	48,5	3,09	1,77	550	5500	6 050	1,80	52 800	16,08	14,28
	50	3,15	1,80	600	5600	6 200	1,89	46 000	14,00	12,11
	52	3,23	1,83	600	5650	6 250	1,90	40 500	12,33	10,43
	55	3,36	1,90	600	5900	6 500	1,98	33 000	10,05	8,07
	60	3,58	2,01	650	6250	6 900	2,10	25 300	7,70	5,60
ОП2	65	3,82	2,13	700	6600	7 300	2,22	20 200	6,15	3,93
	70	4,07	2,26	750	7000	7 750	2,36	16 700	5,09	2,73
	75	4,34	2,39	800	7400	8 200	2,50	14 300	4,35	1,85
	80	4,62	2,53	850	7850	8 700	2,65	12 100	3,68	1,03
	52	3,23	1,83	600	5650	6 250	1,90	51 800	15,77	13,87
	55	3,36	1,90	600	5900	6 500	1,98	42 800	13,03	11,05
ОП3	56	3,40	1,91	650	5900	6 550	1,99	40 200	12,24	10,25
	60	3,58	2,01	650	6250	6 900	2,10	32 100	9,77	7,67
	65	3,82	2,13	700	6600	7 300	2,22	26 200	7,98	5,76
	70	4,07	2,26	750	7000	7 750	2,36	22 000	6,70	4,34
	75	4,34	2,39	800	7400	8 200	2,50	23 100	7,03	4,53
	80	4,62	2,53	800	7850	8 700	2,65	20 000	6,09	3,44
ОП3	85	4,92	2,68	900	8300	9 200	2,80	17 500	5,33	2,53
	90	5,23	2,83	950	8750	9 700	2,95	15 000	4,57	1,62
	59,5	3,56	2,00	650	6200	6 850	2,09	48 000	14,62	12,53
	65	3,82	2,13	700	6600	7 300	2,22	37 300	11,36	9,14
	70	4,07	2,26	750	7000	7 750	2,36	30 900	9,41	7,05
	75	4,34	2,39	800	7400	8 200	2,50	26 500	8,08	5,57
ОП3	80	4,62	2,53	850	7850	8 700	2,65	23 200	7,06	4,41
	85	4,92	2,68	900	8300	9 200	2,80	20 300	6,18	3,38
	90	5,23	2,83	950	8750	9 700	2,95	18 000	5,48	2,53
	95	5,56	2,99	1000	9250	10 250	3,12	15 200	4,63	1,51
	100	5,90	3,26	1100	9800	10 900	3,32	13 700	4,17	0,85

Удельную ускоряющую силу можно определить и исходя из разницы полных сил тяги и сопротивления движению, после деления полученной полной ускоряющей силы на вес поезда.

Аналогично определяем значения удельных ускоряющих сил поезда при весе состава $Q = 3100$ тс. для других скоростей движения и заносим их в таблицу, на

основании которой строим кривые удельных ускоряющих сил в выбранной из таблицы масштабе.

Расчет удельного основного сопротивления движению поезда на выбеге w_{ox} и замедляющих сил при торможении на площадке $b_T + w_{ox}$. Основное удельное сопротивление электровоза при движении без тока определяем для скоростей от 0 до $v_0 = 100$ км/ч по формуле.

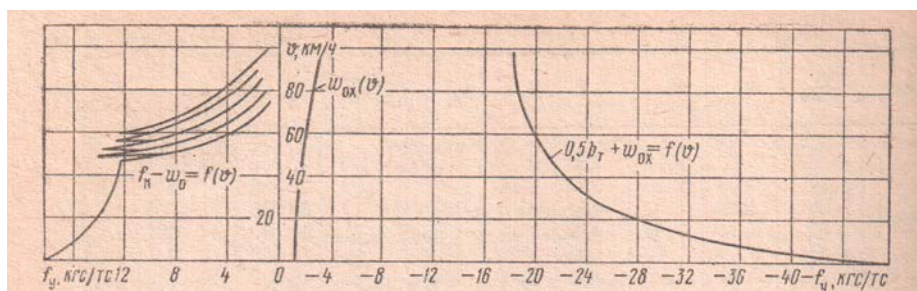
Основное сопротивление движению электровоза определяем по формуле $W_x = w_x P$. Сопротивление движению состава берем для каждой скорости из таблицы или подсчитываем по формуле $W_o^{11} = w_o^{11} Q$.

Удельное основное сопротивление движению поезда определяем по формуле и заносим в таблицу. По этим данным строим кривую $w_{ox}(v)$.

Удельную тормозную силу поезда при механическом торможении определяем по формуле. Значения $\varphi_{кр}$ для стандартных чугунных колодок рассчитываем по формуле $\varphi_{кр} = 0,27 \frac{v+100}{5v+100}$ или берем из таблицы, а расчетный тормозной коэффициент задан: $\varphi_p = 0,33$.

Значение удельной замедляющей силы определяем при служебном ($0,5b_T + w_{ox}$) торможении. Интервалы скоростей принимаем: при $v = 0 \div 50$ км/ч $\Delta v = 5$ км/ч, выше 50 км/ч $\Delta v = 10$ км/ч.

Все результаты подсчета сводим в таблицу. Замедляющие силы при экстренном торможении используют для решения задач.



$v, \text{ км/ч}$	$w_x,$ кгс/тс	$w_x P,$ кгс	$w_o^{11} Q,$ кгс	$w_{ox},$ кгс/тс	$\varphi_{кр}$	$b_T,$ кгс/тс	$w_{ox} + 0,5 b_T,$ кгс/тс
0	2,54	450	3800	1,29	0,27	89,0	46,79
5	2,54	450	3800	1,29	0,227	75,0	38,79
10	2,54	450	3800	1,29	0,198	65,3	33,89
15	2,64	500	3950	1,35	0,177	58,4	30,55
20	2,76	500	4100	1,43	0,162	53,5	28,18
25	2,89	550	4350	1,49	0,150	49,5	26,24
30	3,04	550	4500	1,54	0,140	46,2	24,60
35	3,21	600	4750	1,63	0,133	43,6	23,43
40	3,40	650	5000	1,72	0,126	41,6	22,50
45	3,60	650	5250	1,79	0,121	39,6	21,59
50	3,82	700	5600	1,92	0,116	38,3	21,07
60	4,32	800	6250	2,14	0,108	35,6	19,94
70	4,88	900	7000	2,40	0,102	33,7	19,25
80	5,52	1000	7850	2,69	0,097	32,0	18,69
90	6,23	1150	8750	3,01	0,093	30,7	18,36
100	7,0	1300	9800	3,38	0,09	29,7	18,23

Порядок выполнения работы

1. Изучить методику расчетов и построения характеристик
2. Произвести расчет параметров и построить характеристики

Содержание отчета:

1. Описание расчета параметров
2. Построение характеристики
3. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Обосновать необходимость расчетов и построения характеристик
2. Сравнить полученные данные расчетов с данными справочника
3. Сравнить полученные характеристики с данными справочника

Практическая работа №5

«Построение кривой скорости»

Цель: изучить порядок построения кривой скорости.

Оборудование: инструкционная карта.

Краткие теоретические сведения

1. По выбранным масштабам строят кривые ускоряющих сил (на площадке) для данной серии локомотива и заданного (или установленного) веса поезда для ходовых позиций, которые могут быть применены в процессе построения кривой скорости. Также строят кривые замедляющих сил при движении поезда (на выбеге) и различных способах торможения (механического, электрического).

2. С учетом кривых спрямляют профиль пути, который затем наносят на миллиметровую бумагу, где по оси абсцисс откладывают путь s в масштабе u . Профиль пути изображают отдельно для каждого направления (туда, обратно).

3. По кривым ускоряющих и замедляющих сил строят кривую скорости в следующем порядке: скорости откладывают по оси ординат в масштабе m на миллиметровой бумаге, где нанесен профиль пути. Кривые ускоряющих и замедляющих сил (рис. 121, а) совмещают с кривой скорости (рис. 121, б).

4. Интервалы изменения скорости принимают:

а) при следовании локомотива или мотор вагонного состава под током: до выхода на автоматическую характеристику - не более 10 км/ч, после выхода на заданную характеристику - не более 5 км/ч;

б) при следовании на выбеге - не более 10 км/ч;

в) в режиме торможения: при скорости выше 50 км/ч - не более 10 км/ч, в диапазоне скоростей от 50 км/ч до нуля - не более 5 км/ч.

Построение кривой $v(s)$ начинают с момента трогания поезда, например, со станции А, расположенной на площадке. Задаются первым приращением скорости Δv_1 и на кривой ускоряющих сил отмечают точку В,

соответствующую средней скорости, равно $\Delta v_1 / 2$ (см. рис 121, а), с которой поезд будет следовать на данном отрезке пути АВ. К началу

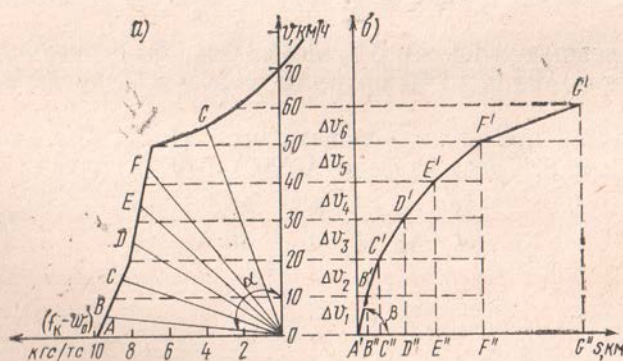


Рис. 121. Построение графическим способом кривой скорости при следовании поезда на площадке

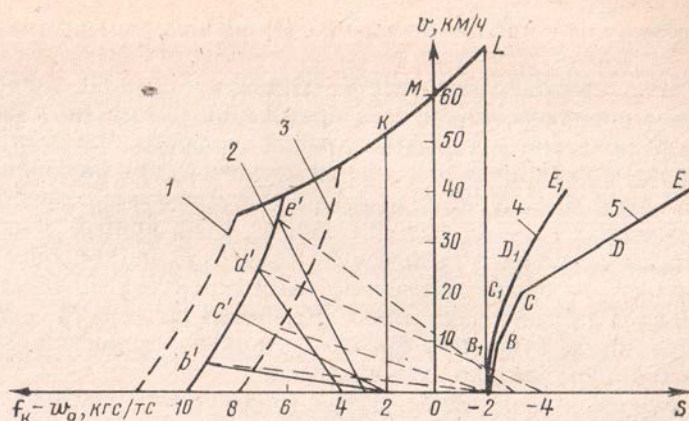


Рис. 122. Построение графическим способом кривой скорости при следовании поезда по подъему и спуску

координат 0 и точке В

на кривой ускоряющих сил прикладывают линейку и получают между ней и осью ординат угол α . Катет угольника, приложенного к линейке, образует с осью абсцисс угол $\beta = \alpha$ (см. рис. 121, б). Проведя по направлению этого катета через начало координат A' прямую до пересечения с горизонталью, соответствующей приращению скорости Δv_1 , получают точку B' . Отрезок $A'B'$ образует первое звено кривой изменения скорости на отрезке пути $A' B'$ при средней, ускоряющей силе (точка В).

Затем задаются вторым приращением скорости Δv_2 и на кривой ускоряющих сил отмечают точку С, соответствующую средней скорости $\Delta v_1 + \frac{\Delta v_2}{2}$. К этой точке и к началу координат прикладывают линейку и с помощью угольника, приложенного к линейке, проводят линию из точки B' до конечной новой скорости $\Delta v_1 + \Delta v_2$ (точка C'). Дальнейшее построение кривой скорости движения поезда по площадке ($i = 0$) выполняют алогично.

При разгоне и движении поезда по подъему, например $i_K = +2^\circ / \infty$, удельная ускоряющая сила $f_K - w_O$ уменьшится на значение сопротивления от уклона, равное подъему $w_K = i_K$, и кривая $f_K - w_O = f(v)$ сместиться вправо на это значение (кривая 3 на рис. 122). Чтобы не перестраивать каждый раз кривую ускоряющих сил, начало координат (точку 0) условно переносят влево на величину, равную $w_K = i_K$.

В этом случае точки b^1, c^1, d^1, e^1 , расположенные на кривой ускоряющих сил (кривая 2), соединяют линейкой с новой точкой 0, соответствующей подъему i_K и кривая $f_K - w_O = f(v)$ сместиться влево на эту величину (кривая 1). Поэтому для построения кривой скорости точки b^1, c^1, d^1, e^1 на кривой $f_K - w_O = f(v)$ соединяют линейкой с точкой на оси абсцисс, отнесенной вправо от начала координат на величину, равную $-i_K$.

Построение кривой скорости $v = (s)$ в этих случаях производят аналогичным порядком, как и при следовании поезда по площадке. На рис. 122 показано построение кривой скорости при трогании и разгоне на подъеме (кривая 5) и спуске (кривая 4) при различных значениях i_K . Точки В, С, D, Е на кривой 5 соответствуют скоростям при средних значениях $f_K - w_O$ (точки b^1, c^1, d^1, e^1 на кривой 2) при следовании поезда по подъему, а точки В1, С1, D1, Е1 на кривой 4 - для этих значений $f_K - w_O$ при движении по спуску. Если удельная ускоряющая сила будет равна сопротивлению от подъема $f_K - w_O = w_K$, то движение поезда будет равномерным и кривая скорости $v(s)$ будет располагаться параллельно оси абсцисс.

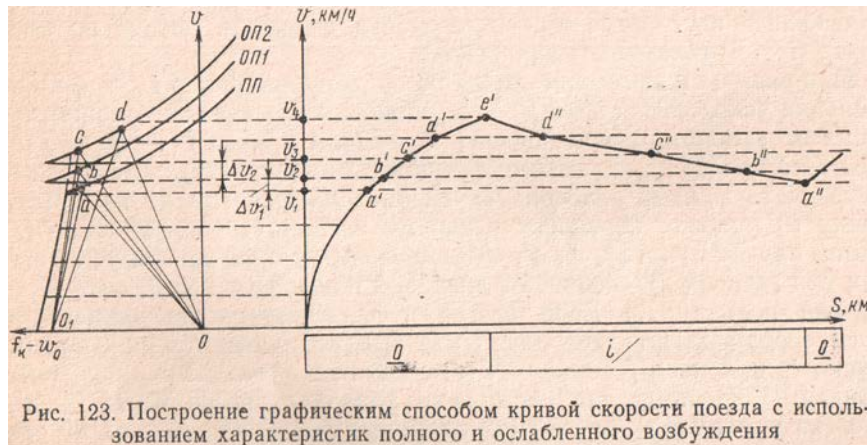
Чтобы определить, на каком уклоне (подъеме или спуске) наступает равномерная (установившаяся) скорость, надо из точки, расположенной на оси абсцисс, соответствующей уклону, провести вертикальную линию до пересечения с кривой ускоряющих сил $f_K - w_O$. Ордината точки пересечения (по оси скорости) будет соответствовать установившейся скорости на данном уклоне. Так, при следовании поезда по подъему, например $i_K = +2^\circ / \infty$, установившаяся скорость наступит в точке К, а при следовании по спуску $i_K = -2^\circ / \infty$ в точке L.

При движении поезда по площадке установившаяся скорость характеризуется точкой пересечения кривой $f_K - w_O$ с осью ординат, на которой откладываются скорости (точка М).

Если по условиям движения приходится переходить с полного возбуждения тяговых двигателей на ослабленное или, наоборот, с ослабленного возбуждения на полное, то для построения кривой скорости пользуются кривыми ускоряющих сил, построенных на соответствующие ступени ослабления возбуждения. Допустим, что выход на ПП (рис. 123) осуществляется при скорости v_1 (точка а'), а переход на ОП происходит при скорости v_2 (точка б'); интервал скорости $\Delta v_1 = v_2 - v_1$. Линию

а'б' на кривой скорости проводят перпендикулярно линии 0а (при следовании по площадке).

При скорости v_2 осуществляется переход движения поезда с ПП на ОП 1. В этом случае



интервал скоростей выбирают равным разности скоростей перехода $\Delta v_2 = v_3 - v_2$, а на кривой ускоряющих сил для ОП1

откладываем точку b, соответствующую средней скорости $v_2 + \frac{\Delta v_2}{2}$. Соединив эту точку линейкой с началом координат, с помощью угольника проводим линию b'c', которая определяет скорость движения поезда на ОП1.

При скорости v_3 происходит переход на ОП2 и построение кривой скорости производится аналогично. Отрезки b^1c^1, d^1e^1 соответствуют движению поезда на ОП2 на горизонтальном участке пути, достигая скорости v_4 . Если бы при скорости v_3 поезд продолжал следовать на ОП1, то построение кривой скорости нужно выполнять, пользуясь кривой ускоряющих сил, построенной для этого режима.

Таким же порядком строят кривую скорости при обратном переходе, например с ОП2 на ОП1 и на ПП, используя те же интервалы изменения скорости.

В том случае когда переход с полного возбуждения на ослабленное или наоборот с ослабленного возбуждения на полное осуществляется при движении поезда по подъему или спуску, то точки на кривых ускоряющих сил соединяют не с началом координат, а с точкой на оси абсцисс, соответствующей приведенному подъему или спуску. На рис. 123 проведено построение кривой скорости при переходе с ОП2 на ОП1 и на ПП при следовании поезда по подъему. Отрезки $e^1d^{11}, d^{11}c^{11}$ на кривой скорости построены с помощью линий $d0_1$ и $c0_1$ при движении поезда на ОП2. При

скорости v_3 переходят с ОП2 на ОП1 и строят отрезок $c^{11}b^{11}$ с помощью линии $b0_1$, а при скорости v_2 осуществляется переход на ПП, которому соответствует отрезок $b^{11}a^{11}$ на кривой скорости, перпендикулярный линии $a0_1$. При построении кривой скорости надо соблюдать интервалы изменения скорости (см. с. 194). Если интервал скорости будет больше, то его делят на две части.

В случае движения поезда без тока (на выбеге) построение кривой скорости выполняют с использованием кривой удельного сопротивления движению поезда $w_{ox}(v)$ на площадке. Разберем построение кривой скорости для профиля пути, указанного на рис. 124. Допустим, что поезд подходит к площадке со скоростью 80 км/ч (точка N'). На кривой $w_{ox}(v)$ задаем точкой K, соответствующей средней скорости v_{cp} между интервалами v_1 и v_2 , равный $v_{cp} = (v_1 + v_2)/2$. В нашем примере $v_{cp} = 75 \text{ км/ч}$. Соединяет точку K началом координат (точка 0). Затем с помощью линейки и угольника проводим линию из точки N', перпендикулярную линии K0 до точки K' при скорости 70 км/ч.

Отрезок N' K' характеризует следование поезда на площадке в режиме выбега в пределах скоростей $v_1 - v_2$. Затем поезд переходит на подъем $i_K = +2^\circ / \infty$, с которой соединяют точки L и M на кривой $w_{ox}(v)$. Построение кривой скорости производят аналогичным порядком, что и при построении скорости при следовании поезда по площадке. Отрезок K'L' характеризует следование поезда на подъеме $i_K = +2^\circ / \infty$ в пределах скоростей 70 – 60 км/ч, а отрезок L'M' – в пределах 60 – 54 км/ч. Точка L на кривой $w_{ox}(v)$ соответствует $v_{cp} = 65 \text{ км/ч}$, а точка M соответствует $v_{cp} = 57 \text{ км/ч}$. При следовании поезда на спуске $i_K = -5,0^\circ / \infty$ построение кривой скорости производят таким же порядком, только точку C на кривой $w_{ox}(v)$, соответствующей $v_{cp} = 61 \text{ км/ч}$ (так как скорость будет увеличиваться), соединяют с точкой 0_2 , перенесенной от начала координат вправо, равной значению $i_K = -5,0^\circ / \infty$. Отрезок M'C' характеризует следование поезда по спуску в пределах скоростей 54 – 64 км/ч.

В случае следования поезда с применением автоматических тормозов точки заданных скоростей отмечают на кривой удельных замедляющих сил $b_T + w_{ox} = f(v)$, обычно для служебного торможения, и соединяют их с точками, соответствующим значениям i_K (подъема или спуска), расположенными на оси абсцисс. Порядок построения кривой скорости приведен на рис. 125.

При движении поезда по затяжному спуску кривую скорости строят в виде пилообразной кривой переходя на тормозной режим при достижении наибольшей допустимой скорости и на выбег при снижении ее до определенного значения. Такое построение кривой скорости очень сложно и требует значительного времени.

В этом случае ПТР разрешается кривую скорости изображать горизонтальной линией; проведенной ниже допускаемой скорости на величину Δv . Эти значения в

зависимости от крутизны приведенного спуска на основании исследований ЦНИИ МПС для грузовых и пассажирских поездов приведены в таблице 26. При этом обеспечивается достаточная точность расчета скорости.

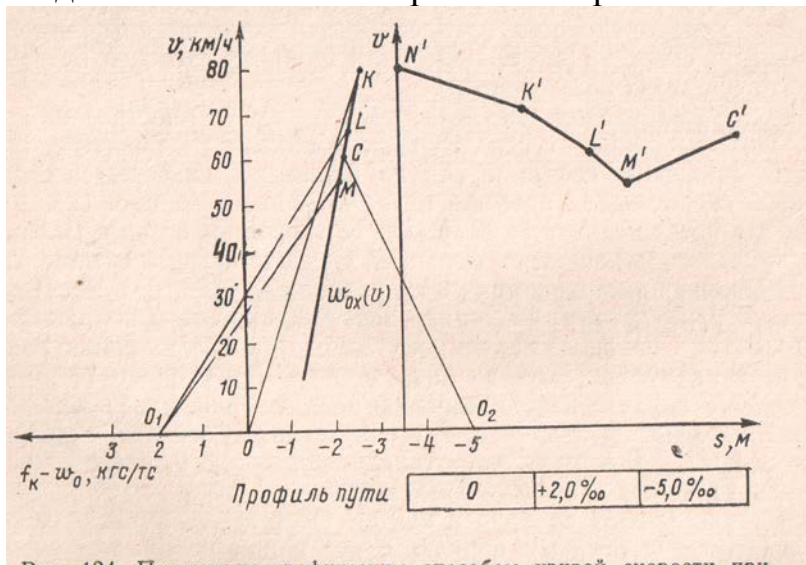


Рис. 124. Построение графическим способом кривой скорости при

На спусках до -5‰ допустимую скорость движения поезда поддерживают прямым тормозом локомотива, поэтому Δv принимают равным нулю.

Если при движении поезда по спуску применяют рекуперативное или реостатное торможение, то кривую скорости строят с использованием характеристик для соответствующих позиций этих видов торможения. Удельные замедляющие силы при рекуперативном торможении для некоторых позиций и порядок построения кривой скорости приведены на рис. 126.

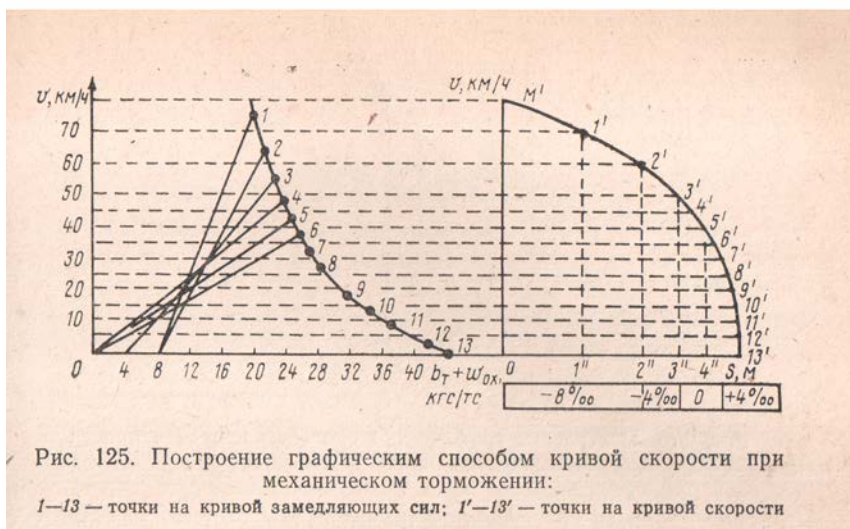


Рис. 125. Построение графическим способом кривой скорости при механическом торможении:

1—13 — точки на кривой замедляющих сил; 1'—13' — точки на кривой скорости

Точки К, L, М на характеристиках рекуперативного торможения соответствуют среднему значению скорости v_{cp} в интервалах изменения

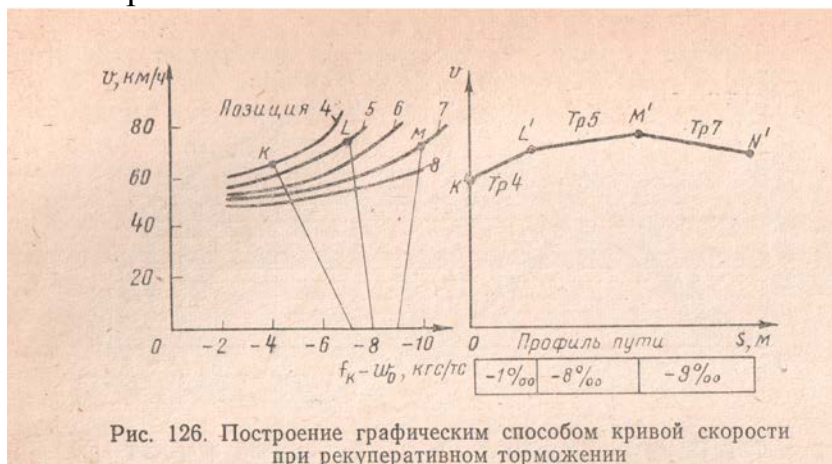
скорости. Отрезки $K' L'$, $L' M'$, $M' N'$ на кривой скорости характеризуют следование поезда, на 4 (Тр4), 5 (Тр5) и 7-й (Тр7) позициях рекуперативного торможения на спусках $-7, -8, -9\text{‰}$. Позиции рекуперативного торможения выбирают исходя из поддержания необходимости скорости движения поезда и крутизны спуска.

Из приведенных примеров кривой скорости можно установить, что при $f_K - w_O < 0$ скорость возрастает; если $f_K - w_O > 0$, то скорость уменьшается и при $f_K - w_O = 0$ кривая скорости параллельна оси абсцисс, что соответствует равномерному движению поезда.

Т а б л и ц а 26

Вид поезда	Δv , км/ч, при спуске i , ‰					
	6	8	10	12	14	16
Грузовой	10	7	4	6	6	7
Пассажирский	2	3	4	6	7	8
Пассажирский, оборудованный электропневматическими тормозами	3	3	3	3	3	3

Кривые удельных ускоряющих и замедляющих сил, удельного сопротивления движению поезда, а также кривую скорости вычерчивают на отдельных листах миллиметровой бумаги в соответствующих масштабах m , y и k . По мере выполнения тягового расчета лист, на котором изображены кривые действующих сил, передвигают в сторону движения поезда. При построении кривой скорости для движения поезда в обратном направлении кривые удельных ускоряющих и замедляющих сил и удельного сопротивления строят повернутыми на 180° вокруг оси ординат, при этом их располагают с правой стороны от начала построения кривой скорости.



Кривые скорости строят как с остановкой поезда на отдельных пунктах, так и для проследования без остановок.

При построении кривой скорости обеспечивают выполнение следующих условий:

для наилучшего использования кинетической энергии поезда скорость к началу

подъема должна быть наибольшей;

скорость движения поезда не должна превышать допустимую по конструкции подвижного состава, состоянию пути и тормозам;

при следовании поезда по станциям, а также по участкам, на которых выданы предупреждения о снижении скорости, выдерживать установленную скорость с учетом длины поезда;

при проследовании отдельных пунктов с механическими жезлообменивателями скорость при подходе к месту обмена снижать до 70 км/ч, а при ручном обмене жезлов или путевок - до 40 км/ч;

при проверке тормозов на эффективность снижать скорость при торможении у грузовых поездов на 20 км/ч и у пассажирских на 10 км/ч

Порядок выполнения работы

- 1.Изучить методику расчетов и построения характеристик
- 2.Произвести расчет параметров и построить характеристики

Содержание отчета:

- 1.Описание расчета параметров
- 2.Построение характеристики
- 3.Вывод.

Контрольные вопросы

- 1.Обосновать необходимость расчетов и построения характеристик
- 2.Сравнить полученные данные расчетов с данными справочника
3. Сравнить полученные характеристики с данными справочника

Практическая работа №6

Решение тормозных задач

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОРМОЗНОГО ПУТИ ПО НОМОГРАММАМ

Цель: научиться определять тормозной путь поезда в зависимости от скорости, руководящего уклона, тормозного нажатия.

Оборудование инструкция по эксплуатации тормозов подвижного состава железных дорог ЦТ ЦВ - ВНИИ ЖТ / 277 - 94г.

Краткие теоретические сведения

Рассчитать тормозной путь поезда весом 3000 т., осей 160, вагоны оборудованные чугунными колодками, воздухораспределитель на среднем режиме, при руководящем уклоне 0,006

Решение

При поезде более 20 осей вес локомотива не учитывается, согласно приложения 3 инструкции по тормозам - 277, общее тормозное (фактическое) нажатие на ось данного поезда будет равно произведению тормозного нажатия одного вагона на количество осей в поезде при данных условиях: тормозное нажатие одного вагона равно - 7, следовательно поезда $7 \times 160 = 1120$.

Требуемое нажатие колодок грузового поезда рассчитывается как

Если фактическое значение больше расчетного следует допустить скорость движения грузового поезда 80 км/ч.

произведение веса поезда на наименьшее тормозных колодок для максимально допустимых скоростей при руководящих уклонах до 0,015 равно 33 на 100 тонн веса.

$$3000 \times 0,33 = 990$$

$$\frac{1120}{3000} \times 100 = 37$$

Исходя из полученных данных по таблицам инструкции - 277, тормозной путь равен - 836 метров. По номограммам для тормозных расчетов, тормозно^Гпу^Г равен - 825 метров.

Порядок выполнения работы

1. Изучить методику расчетов и построения характеристик
2. Произвести расчет параметров и построить характеристики

Содержание отчета:

1. Описание расчета параметров
2. Построение характеристики
3. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Обосновать необходимость расчетов и построения характеристик
2. Сравнить полученные данные расчетов с данными справочника

Практическая работа №7

«Расчет массы поезда»

Цель: произвести расчет массы состава грузового поезда и проверить возможность взятия поезда с места

Оборудование Правила тяговых расчетов, справочник по тяговым расчетам ЗА

ЗАДАНИЕ Определить и проверить массу состава

Краткие теоретические сведения

Определить массу состава сформированного из грузовых вагонов из условия движения по расчетному подъему с установившейся скоростью. Проверить возможность взятия поезда с места на расчетном подъеме.

Дано: электровоз — ВЛ80, вес четырехосного вагона-84т, вес восьмиосного вагона-135т, процент четырехосных вагонов в составе -70%, процент восьмиосных вагонов в составе -30%, I_p -расчетный подъем- 8%

Решение.

Расчетная масса состава при условии движения с равномерной скоростью на расчетном подъеме производится по формуле

$$Q = (F_k - P(W_{10} - I_p)) / W_{20} + I_p$$

где F_k - расчетная сила тяги электровоза $p_k = 51200$ кгс/т;

P- масса электровоза, P=192т;

W1o -основное удельное сопротивление движению электровоза;

W2o -основное удельное сопротивление движению 4-х и 8-и осных вагонов

Основное удельное сопротивление движению электровоза ВЛ80 определяем по формуле-

$$W1o = (1,9 + 0,01V + 0/1003V) / q_o \text{ кзс/тс}$$

Основное сопротивление движению 4-х осных вагонов определяем по

$$W2o=0,7+(3+0,01V+0,0025V*V)/ q_o \text{ кзс/тс}$$

где q_o - нагрузка от оси колесной пары на рельсы I_p -расчетный подъем

q_o - отношение веса вагона к количеству осей вагона

Основное сопротивление движению 8-и осных вагонов определяем по

$$W2o=0,7+(6+0,026V+0,0017V*V)/ q_o \text{ кзс/тс}$$

Суммарное -основное сопротивление вагонов всего состава определяем по формуле:

$$W_o = \nu W1o + aW2o \text{ кзс/тс}$$

расчетную скорость для расчета принимаем V=43,5км/ч Полученный результат расчетной массы состава грузового поезда по правилам тяговых расчетов округляем до 50 тонн

Для проверки массы состава при трогании с места на расчетном подъеме применяется формула

$$Q=(F_k / W_{тр} + I_p) \cdot P \text{ кгс/тс}$$

где F_k -расчетная сила тяги при трогании на расчетном подъеме $p_k=57000$ кгс/т

$W_{тр}$ - удельное сопротивление движению при трогании с места

$$W_{тр}=28 / q_0 + 7 \text{ кгс/тс}$$

Вывод

Порядок выполнения работы

- 1.Изучить методику расчетов и построения характеристик
- 2.Произвести расчет параметров и построить характеристики

Содержание отчета:

- 1.Описание расчета параметров
- 2.Построение характеристики
- 3.Вывод.

Контрольные вопросы

- 1.Обосновать необходимость расчетов и построения характеристик
- 2.Сравнить полученные данные расчетов с данными справочника
3. Сравнить полученные характеристики с данными справочника

Практическая работа №8

«ПОСТРОЕНИЕ КРИВЫХ ТОКА»

Цель : по кривым движения построить на том же графике кривые тока.

Оборудование :токовые характеристики электровоза ВЛ - 10, ВЛ - 80.

Задание: Построить кривую тока $I_{\phi}(v)$ электроподвижного состава постоянного тока.

Дано I электровоз ВЛ - 10, по заданной кривой, и токовой характеристике этого электровоза.

Краткие теоретические сведения

Решение

В соответствии с токовой характеристикой электровоза ВЛ - 10 скорости, при которых электровоз работает на различных соединениях и возбуждениях тяговых электродвигателей, следующее:

От 0 до 10 км/ч.....последовательное

От 10 до 22 км/чпоследовательно - параллельное

От 22 до 46,7 км/ч параллельное с включенными пусковыми реостатами

От 46,7 до 48,7 км/ч.. параллельное при полном возбуждении ПП

От 48,7 до 52 км/ч . ОП1

От 52 до 56 км/ч ОП2

От 56 и выше ОП3

Из токовой характеристики электровоза видно, что при $v = 0$ $I_{\phi} = 685$ А точка. Этот ток откладывают в масштабе при $S = 0$ (точка О), при $v = 10$ км/ч ток $I_{\phi} = 600$ А (точка С).

Эту величину откладывают в той же точке пути S, которой соответствует скорость $v = 10$ км/ч (точка I').

При этой скорости происходит переключение ТЭД с последовательного на

последовательно - параллельное соединение и ток удваивается (1190 А). Это значение наносим на график и получают точку I^i . При $o = 22 \text{ км/ч}$ $1_3 = 1150 \text{ А}$ получают точку 2^i . Так как при $o=22 \text{ км/ч}$ ТЭД переключают с последовательно - параллельного на параллельное, ток увеличивается в два раза ($2^i, 1_3 = 2170 \text{ А}$).

При $o = 30 \text{ км/ч}$ ток равен 2230 А (точка 3^i), при $u = 40 \text{ км/ч}$ $1_3 = 2170 \text{ А}$ (точка 4^i).

В точке 5 при $o = 46,7 \text{ км/ч}$ электровоз выходит на безопасную характеристику ионного возбуждения параллельного соединения групп ТЭД.

$I_1 = 2170 \text{ А}$ (точка 5^i). Далее движение происходит по ходовой карте до $o = 48,5 \text{ км/ч}$ при которой ток на характеристике ПП равен 1970 А (точка 6^i).

В связи с переходом с ПП на ОП1 ток возрастает до 2480 А со скоростью от $48,5$ до 52 км/ч , ток снова снижается до $1_3 = 2060 \text{ А}$ (точка 7^i). Затем переход

на ОП2 вызывает, увеличение тока до $1_3 = 2600 \text{ А}$ (точка 7^H). Движение по характеристике ОП2 со скоростью от 52 до 56 км/ч , вызывает уменьшение тока до $1_3 = 2270 \text{ А}$ (точка 8^i).

Переход на ОП3 сопровождается увеличением тока до $1_3 = 2780 \text{ А}$ (точка 8^H). Далее осуществляется движение на ОП3, при увеличении скорости до 60 км/ч , ток 1_3 снижается до 2420 (точка 9^i), при $v = 65$ ток равен 2090 А

(точка 10^i), при $v = 10 \text{ км/ч}$ $1_3 = 1870 \text{ А}$ (точка 11^i), при $u = 12 \text{ км/ч}$ $1_3 = 1800 \text{ А}$

(точка 12^i), затем скорость снижается (в связи с движением на подъем), а ток соответственно возрастает. Его легко определить для любой точки рассмотренным методом, в точке 16 ток возрастает до небольшого значения (2780 А в точке 16^i). Поэтому приходится переходить с ОП3 на ОП2, при этом ток уменьшается до 2270 А (точка 16^H), а затем при снижении скорости снова растет ток и в точке 17^i достигает наибольшего значения для ОП2 $I_1 = 2670 \text{ А}$. Переход на ОП1 вызывает уменьшение тока 1_3 до 2060 А и т.д. Между точками 18 и 19 скорость равна 49 км/ч ток так же остается постоянным $1_3 = 2420 \text{ А}$.

В точке 24 ток выключен.

При изменении тока между найденными точками по закону прямой линией и соединив точки $ОД^i$ $Д^{11,2'}$ $,2^H$ $,3^x$ и т.д. прямыми получаем ломанную линию,

показывающую зависимость I_3 от пути S .

В том случае если нужно рассчитать нагревание двигателя, можно построить зависимость тока одного ТЭД от пути l_d .

Используя характеристики можно строить кривые электровозов однофазного тока, порядок построения аналогичен.

Порядок выполнения работы

1. Изучить методику расчетов и построения характеристик
2. Произвести расчет параметров и построить характеристики

Содержание отчета:

1. Описание расчета параметров
2. Построение характеристики
3. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Обосновать необходимость расчетов и построения характеристик
2. Сравнить полученные данные расчетов с данными справочника
3. Сравнить полученные характеристики с данными справочника

Практическая работа №9

РАСЧЕТ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (ТОПЛИВА)

Цель: рассчитать расход электроэнергии (топлива).

Оборудование ■ графики расхода топлива и электроэнергии.

Краткие теоретические сведения

Решение

Электрическая энергия потребляемая ЭПС расходуется на движение поезда, собственные нужды и маневровые передвижения по станционным и депоовским путям. Часть энергии теряется при преобразовании на ЭПС и при движении поезда. Рассмотрим способ определения расхода электроэнергии на тягу по кривым движения и тока т.е. графоаналитическим методом. В тяговых расчетах кривые тока, скорости и времени строят в зависимости от

пути, поэтому подсчет значения $2dI_{эф}$ (А?) проводят поочередно для

отдельных отрезков пути на которых скорость, ток и время приняты изобразятся прямолинейно. Величину $I_{ср}$ определяют как среднюю

арифметическую на этом отрезке пути, а время Δt будет из кривой $t(s)$ на этом же отрезке пути.

Рассчитываем среднее значение тока на участке 1

$$I_{ср} = (685 + 595) / 2 = 640 \text{ А} \quad \text{время движения на участке } T = 0,5 \text{ мин.}$$

Рассчитываем среднее значение тока на участке 2

$$I_{ср} = (1190 + 1150) / 2 = 1170 \text{ А} \quad \text{время движения на участке } T = 0,4 \text{ мин.}$$

, подставим в формулу и получим расход энергии на заданном

$$3000 \times 17060$$

$$A_T = (U_c \cdot I_{cp} \cdot T) / 60 \cdot 100 = \frac{3000 \times 17060}{60 \times 1000 \cdot 60 \times 1000} = 853 \text{ кВт-ч}$$

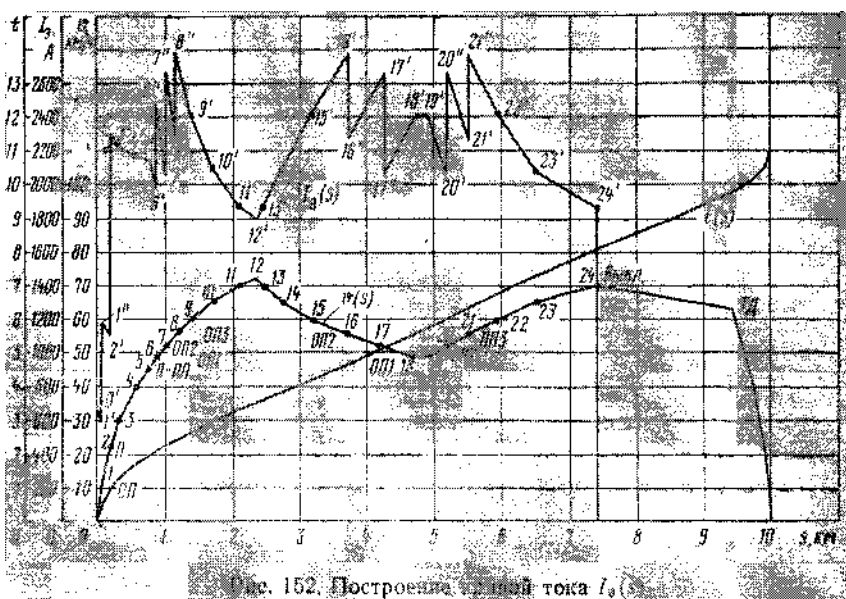
Данные занесем в таблицу. При определении расхода энергии на тягу поезда для электровоза и тока, берут значение активной составляющей I_{da} определяемые по кривым. Определить расход топлива тепловозом 2ТЭ10, если он следовал с поездом по участку на 15 позиции контроллера $v = 42 \text{ км/ч}$ в течении $t_1 = 18 \text{ мин.}$ и свыключенной нагрузкой на 7-й позиции контроллера в течении $t_2 = 5 \text{ мин.}$ установите расход топлива при $v = 42 \text{ км/ч}$, 15 позиции $G = 16 \text{ кг/мин.}$, а при Х.Х. обороты 600 в минуту $g_x = 0,8 \text{ кг/мин.}$, для обших дизелей $g_x = 1,6 \text{ кг / мин}$

Общий расход

$$E = 16,8 \times 18 + 1,6 \times 5 = 313 \text{ кг}$$

Удельный вес топлива 0,84. Следовательно $\frac{313}{0,84} = 372 \text{ литра}$

$M 0,84$



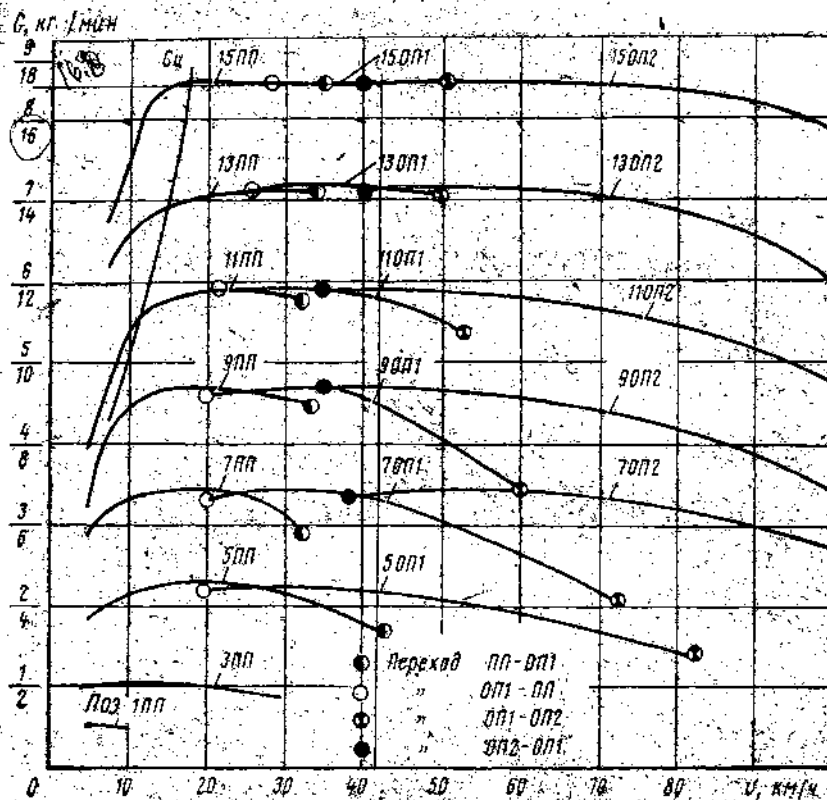


Рис. 191. Кривые расхода топлива в режиме тяги тепловозами ТЭ10 и 2ТЭ10Л с тяговыми электродвигателями ЭД-104 (в числителе ординат данные относятся к тепловозу ТЭ10, в знаменателе — к тепловозу 2ТЭ10Л).

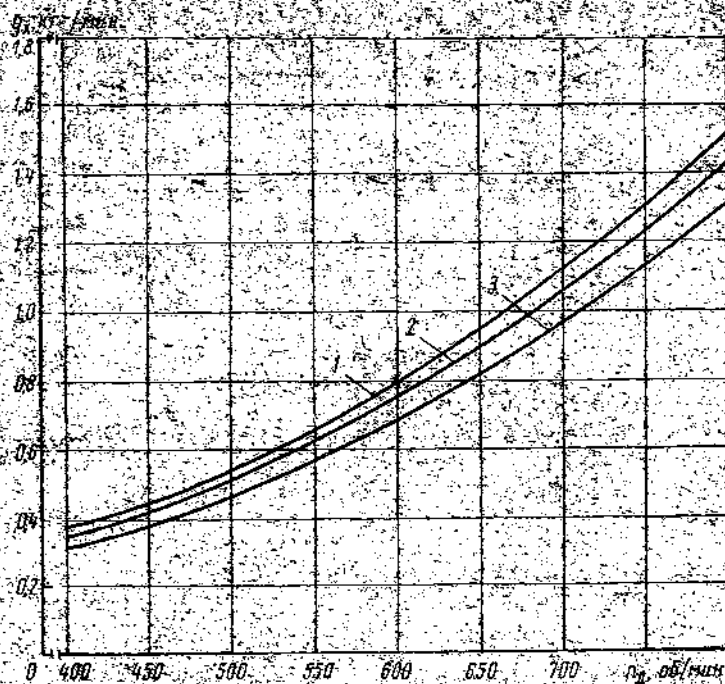


Рис. 192. Кривые расхода топлива на холостом ходу тепловозов ТЭ10, 2ТЭ10Л, ТЭ10Б, ТЭ10Л1.

1 — вентилятор включен на вторую ступень, 2 — вентилятор включен на первую ступень, 3 — вентилятор выключен.

Порядок выполнения работы

1. Изучить методику расчетов и построения характеристик
2. Произвести расчет параметров и построить характеристики

Содержание отчета:

1. Описание расчета параметров
2. Построение характеристики
3. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Обосновать необходимость расчетов и построения характеристик
2. Сравнить полученные данные расчетов с данными справочника
3. Сравнить полученные характеристики с данными справочника

Практическая работа №10

ПРОВЕРКА РАСЧЕТНОЙ МАССЫ СОСТАВА ПО УСЛОВИЯМ НАГРЕВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Цель: определить температуру нагрева обмоток ТЭД.

Оборудование: тепловая характеристика ТЭД электровоза ВЛ - 80.

Краткие теоретические сведения

Задание

Практически рассчитать температуру до которой нагреются обмотки ТЭД, при движении поезда по рассчитанному участку, полученные данные записать в таблицу.

Дано

Электровоз серии ВЛ – 80, $I_{дср.(A)}$ для каждого интервала времени Δt (мин), T_0 - начальное превышение температуры для расчетного промежутка времени.

Решение

определить температуру при нагреве тяговых электродвигателей НБ 418 К электровоза ВЛ – 80т аналитическим методом.

Начальное превышение температуры двигателей условно примем $T_0 = 25^\circ C$.

Токи $I_{дср.}$ и времени Δt приведены в таблице.

В начале ТЭД работали с $I_{дср.} = 1020 A$ в течении 1,6 мин., чтобы найти температуру обмотки якоря ТЭД за это время найдем тепловые параметры.

T_∞ - установившееся превышение температуры.

T - постоянная тепловая составляющая.

Из характеристики находим что при $I_{дср.} = 1020 A$, $T_\infty = 182^\circ C$, величина T - для этого ТЭД = 23 мин.

Тогда получим

$$T_1 = T_\infty \frac{\Delta t}{T} + T_0 \left(1 - \frac{\Delta t}{T}\right) = 182 \frac{1,6}{23} + 25 \left(1 - \frac{1,6}{23}\right) = 36^\circ C$$

Аналогично рассчитываем T при следующем токе 980 А при этом начальное превышение температуры T_0 будет равно 36 градусам, т.е. T полученном при первом расчете:

$T_2, \dots, T_{12}$

при выбеге $T = T_0 \left(1 - \frac{\Delta t}{T}\right)$ т.к. $I_{д.} = 0 \Rightarrow T_\infty = 0$ при реостатном торможении

$T = T_\infty \frac{\Delta t}{T} + T_0 \left(1 - \frac{\Delta t}{T}\right)$ т.е. так же как при режиме тяги.

Наибольшее превышение температуры обмотки якоря ТЭД равно 61,1 градус

при средне летней температуре окружающего воздуха принятой за период июнь-август = 23 градуса.

$$t = T_{\max} + t_{HB} = 61,1 + 23 = 84,1^{\circ}C$$

Эта температура ниже допустимой для изоляции класса В (145 градусов

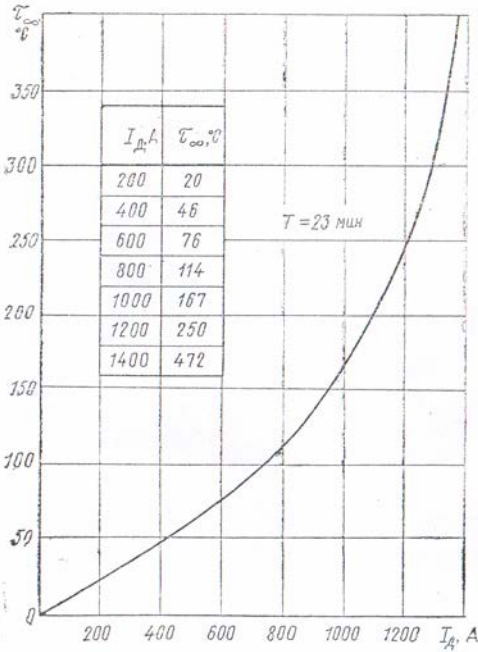


Рис. 162. Тепловая характеристика обмотки якоря тягового электродвигателя НБ-418К при $Q_v=110\text{ м}^3/\text{мин}$

Таблица 33

№ п/п	Режим	$I_{\text{дср}}, A$	$\Delta t, \text{ мин}$	$\tau_{\infty}, ^\circ C$	$T, \text{ мин}$	$\frac{\Delta t}{T}$	$\tau_{\infty} \frac{\Delta t}{T}, ^\circ C$	$1 - \frac{\Delta t}{T}$	$\tau_0 \left(1 - \frac{\Delta t}{T}\right), ^\circ C$	$\tau, ^\circ C$
1	Тяговый	1020	1,6							
2	»	980	0,5							
3	»	940	1,9							
4	»	900	0,7							
5	»	920	0,9							
6	»	800	1,1							
7	»	720	2,0							
8	»	630	1,7							
9	Выбег	0	2,2							
10	Реостатное торможение	415	1,8							
11	То же	780	1,3							
12	»	610	2,1							

Порядок выполнения работы

1. Изучить методику расчетов и построения характеристик
2. Произвести расчет параметров и построить характеристики

Содержание отчета:

1. Описание расчета параметров
2. Построение характеристики
3. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Обосновать необходимость расчетов и построения характеристик
2. Сравнить полученные данные расчетов с данными справочника
3. Сравнить полученные характеристики с данными справочника

