

**Методические рекомендации для обучающихся
по выполнению курсовой работы**

**ПМ.01. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**
(электроподвижной состав)

**МДК 01. 02 Эксплуатация подвижного состава и обеспечение безопасности
движения поездов (электроподвижной состав)**
для специальности

190623 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог
гр12-1

Рассмотрены на заседании
методического совета и рекомендованы к
использованию в учебном процессе
Протокол № _____ от «___» _____ 201_ г.
Председатель МС _____ А.Р.Анохина

Рассмотрены

Заседание ЦМК

Протокол № _____
«___» _____ 201_ г.

Автор - составитель: Е.В. Кальянова

Рецензент:

Методические рекомендации по выполнению курсовой работы обучающимися по профессиональному модулю ПМ.01. Эксплуатация и техническое обслуживание подвижного состава (*электроподвижной состав*), МДК 01. 02 Эксплуатация подвижного состава и обеспечение безопасности движения поездов (*электроподвижной состав*), для специальности 23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог, [Текст]/С.А. Кальянова, - Белово, ГПОУ «Беловский многопрофильный техникум», 2016 - 54 с.

Методические рекомендации определяют цели, задачи, порядок выполнения, а также содержат требования к лингвистическому и техническому оформлению курсовой работы/проекта, практические советы по подготовке и прохождению процедуры защиты. Методические рекомендации адресованы обучающимся очной и заочной формы обучения по специальности среднего профессионального образования **23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог**

Кальянова Е.В., 2016
ГПОУ «Беловский многопрофильный техникум»

Введение

Курсовая работа - это самостоятельная часть, которая выполняется параллельно с междисциплинарным курсом МДК.01.02. Эксплуатация подвижного состава и обеспечение безопасности движения поездов (электроподвижной состав) и должна способствовать глубокому пониманию материала, излагаемого в курсе, а именно:

а) закрепить и расширить знания, полученные при изучении междисциплинарного курса, и правильно применять эти знания к решению конкретных задач;

б) научить пользоваться технической литературой, справочниками, ГОСТами, нормами и т.д.;

в) ознакомить с методами тяговых расчетов и способствовать развитию навыков самостоятельной работы;

При эксплуатации, а также при определении путей перспективного развития железных дорог, возникают многочисленные практические задачи, которые решаются с помощью теории локомотивной тяги и ее прикладной части - тяговых расчетов. Основные задачи, которые решаются с помощью тяговых расчетов, следующие:

- выбор типа локомотива и его основных характеристик;
- расчет массы состава;
- расчет скорости и времени хода поезда по перегону;
- тормозные расчеты;

Полученные с помощью тяговых расчетов данные служат основой для решения следующих задач:

- составление графиков движения поездов;
- разработки рациональных режимов вождения поездов;
- нормирования расхода топлива и электрической энергии на тягу поездов;
- составления графика оборота локомотивов;
- расчета пропускной и провозной способности;
- расстановки сигналов на перегонах и отдельных пунктах для обеспечения безопасной остановки перед ними;
- проектирования новых и реконструкции существующих железных дорог.

1. ЦЕЛЬ И ТЕМАТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Цель данной курсовой работы научиться решать следующие задачи тяговых расчетов для заданного участка железнодорожной линии и заданного вида подвижного состава:

- строить и спрямлять профиль и план пути;
- проводить анализ профиля пути и выбирать величину расчетного подъема;
- определять массу состава по выбранному расчетному подъему;
- проверять массу состава на прохождение подъемов большей крутизны, чем расчетный, с учетом использования накопленной кинетической энергии;
- проверять возможность трогания с места при остановках на расчетном подъеме;
- определять длину поезда и сопоставлять её с заданной длиной приемоотправочных путей;
- рассчитывать удельные ускоряющие и замедляющие силы для режима тяги, холостого хода и торможения;
- определять максимально допустимую скорость движения на наиболее крутом спуске участка при заданных тормозных средствах поезда.

Задание на курсовую работу

При выполнении курсовой работы необходимо:

1. Провести анализ профиля пути, выбрать расчётный и проверяемый подъёмы.
2. Обосновать выбор серии локомотива для заданной массы состава, вида тяги и выбранного расчётного подъёма.
3. Провести проверки на возможность преодоления проверяемого подъёма и на возможность трогания поезда с места на отдельных пунктах.
4. Определить длину поезда и сопоставить её с длиной приёмо - отправочных путей станций, (раздельных пунктов).
5. Спрямить профиль пути.
6. Рассчитать таблицу и построить диаграммы удельных равнодействующих (ускоряющих и замедляющих) сил.
7. Обосновать максимально допустимую скорость движения в соответствии с профилем пути и техническими характеристиками подвижного состава по результатам решения тормозной задачи.

Исходные данные обучающийся выбирает по варианту, заданному преподавателем:

- о подвижном составе (таблица 1) - по предпоследней цифре зачетной книжки;
- о расчетных параметрах локомотивов (таблица 2) (по последней цифре зачетной книжки)
- о профиле пути (таблица 3) (по последней цифре зачетной книжки).

Исходные данные

Таблица 1. Исходные данные о подвижном составе (по предпоследней цифре зачетной книжки)

Наименование Данных	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
вид тяги	Электрическая									

род тока	Постоянный					Переменный				
тип пути	Бесстыковой					Звеньевой				
в составе поезда (по массе), %:										
- восьмиосных вагонов	14	5	6	17	8	9	10	11	12	13
- четырехосных вагонов	86	95	94	83	92	91	90	89	88	87
масса вагона брутто, т:	154	156	158	160	162	154	156	158	160	162
- восьмиосного	82	80	78	76	74	74	76	78	80	82
- четырехосного										
тормозные колодки	Чугунные		Композиционные			Чугунные		Композиционные		
Буксовые подшипники	роликовые									
Максимальная скорость движения не более 90 км/ч										

Таблица 2. Расчетные параметры локомотивов (по последней цифре зачетной книжки)

Вариант	Серия локомотива	Расчетная скорость v_p , км/ч	Расчетная сила тяги $F_{кр}$, Н	Расчетная масса m_z , т	Сила тяги при трогании с места $F_{кр}$, Н	Длина локомотива l_L , м	Конструкционная скорость $v_{констр}$, км/ч
0	ВЛ10, ВЛ10у	46,7	451 250	184	614 100	33,0	100
1	ВЛ 11 (3 секции)	46,7	676 900	276	921 200	50,0	100
2	ВЛ11 (2 секции)	46,7	451000	184	614000	33,0	100
3	ВЛ15	45,0	739500	285	932000	45,0	100
4	2ЭС4К«Дончак»	52,0	434000	192	640500	35,0	120
5	2ЭС5К «Ермак»	49,9	464000	192	678000	35,0	110
6	ВЛ85	50,0	706320	288	932000	45,0	110
7	ВЛ80с	43,5	502500	192	679000	33,0	110
8	ВЛ80 ^p	43,5	512 000	192	677 650	33,0	100
9	3ЭС5К «Ермак»	49,9	696000	288	932000	52,5	110

Таблица 3. Профиль пути (по последней цифре зачетной книжки)

Станция или элемент пути	Длина, м	Номер участка пути														
		0 и 1		2 и 3		4 и 5		6 и 7		8 и 9						
		Уклон, ‰	Кривая, м		Уклон, ‰	Кривая, м		Уклон, ‰	Кривая, м		Уклон, ‰	Кривая, м				
		R	S		R	S		R	S		R	S				
ст. А	1150	+2,5			+2,0			+1,5	2100	700	-2,5			-1,0		
2	900	0,0			-1,0	800	500	-2,0			+1,5			+4,0	900	300
3	1600	-2,0	1000	600	-2,0			-4,0	900	600	+6,0			+6,0		
4	1200	0,0			+1,0	900	100	0,0			-9,0	800	100	-7,0	600	600
5	600	+1,5			+3,0			+3,0			+4,0	1200	600	-4,0		
6	4800	+9,0	700	350	+8,0			-7,0			-6,0			-7,0		
7	1900	-4,0			-3,0			-3,0	1800	900	+4,0			-3,0		
8	1200	+9,0			-1,0	700	600	-9,0			-8,0			+5,0		
9	600	-2,0	900	500	-2,0			+6,0			+4,0			+3,0		
10	1800	+11,0			+10,0			+4,0			+3,0			+10,0		
ст. Б	1050	-2,0			-2,0			-1,0			0,0			+1,0	800	450
12	1000	0,0			+1,0	210	500	+5,0			+2,0	2000	100	0,0		
13	4500	+4,0			+3,0			+7,0			+6,0			-5,0		
14	900	-11,0	800	500	-10,0			-2,0	1400	800	-2,0			0,0		
15	300	+4,3			+4,0			0,0			-4,0			+3,0	1400	300
16	500	+3,0			+3,0			-4,0			+3,0			+4,0		
17	5000	-9,0			-8,0	150	500	-1,0			+2,0	1800	900	+8,0	1200	500
18	1200	-1,0	700	400	-2,0			+9,0			+9,0			+4,0		
19	800	+5,0			+3,0			0,0	900	400	-3,0			-8,0		
20	700	0,0			0,0			+1,0			-5,0			-4,0		
ст. В	1250	+1,5			+1,5			+2,0			+1,0	2100	900	+2,0		

При последней цифре 0, 2, 4, 6, 8 принимается направление движения поезда от ст. А к ст. В, а при последней цифре 1, 3, 5, 7, 9 - от ст. В к ст. А. и при этом знаки уклонов сменить на обратные.

Таблица 4. Сила тяги локомотивов F_K при различных значениях скорости v , км/ч локомотивов, кН

Серия локомотива		Скорость											
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
ВЛ 10, ВЛ 10 у (две секции)	ВЛ 10, ВЛ 10 у (две секции)	660	545	502	485	470	456	355	270	200	150	125	
	ВЛ 11 (три секции)	900	805	753	727	705	685	515	395	295	215	170	
	ВЛ 11 (две секции)	638	535	514	492	476	460	447	393	264	196	147	
	ВЛ15	932	840	800	780	755	738	715	640	440	340	270	
	ВЛ80 ^р , ВЛ80с	678	600	560	535	515	500	390	295	225	170	135	
	2ЭС4К «Дончак»	640	537	513	496	481	391	348	298	261	232	208	
	2ЭС5К «Ермак»	678	584	549	526	508	462	359	308	269	239	215	
	3ЭС5К «Ермак»	932	877	823	789	762	690	539	462	404	359	323	
	ВЛ85	932	932	883	846	809	706	527	429	319	257	201	

Таблица 5. Расчетные значения удельных основных сил сопротивления движению локомотива w'_0 , w_{ox} , состава w_0'' и коэффициентов трения $\varphi_{кр}$, для чугуновых и композиционных колодок

v , км/ч	Чугунные	Композиционные
	$\varphi_{кр}$	$\varphi_{кр}$
0	0,27	0,36
10	0,198	0,34
20	0,162	0,32
30	0,140	0,31
40	0,126	0,297
50	0,116	0,288
60	0,108	0,28
70	0,102	0,273
80	0,097	0,267
90	0,093	0,262
100	0,09	0,257

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Расчёты нужно сопровождать достаточно подробными пояснениями. Расчётные формулы приводить вначале в общем виде с расшифровкой принятых буквенных обозначений, после чего следует подставить в формулу числовые величины, произвести вычисления и записать результат. При этом необходимо проставить для рассчитанных величин их размерность.

В курсовой работе предпочтительней использовать единицы измерений системы СИ. В Правилах тяговых расчётов для поездной работы (ПТР) и ряде других пособий использованы размерности технической системы единиц, поэтому появляется необходимость пересчёта их в систему СИ. При этом нужно использовать следующие соотношения: $1 \text{ кгс} = 9,81 \text{ Н}$, $1 \text{ тс} = 9,81 \text{ кН}$.

При расчётах достаточна следующая точность вычислений в соответствии с данными:

- для массы состава - с округлением до 50 т;
- для полных сил, действующих на поезд (силы тяги, сопротивления движению, тормозной силы) - с округлением до 500 Н;
- для крутизны уклонов при измерении в тысячных (‰) - с одним знаком после запятой;
- для удельных сил при размерности Н/кН - с двумя знаками после запятой;
- для расстояний при измерении в метрах (для элементов профиля) - с округлением до целых метров, при измерении в километрах (для перегонов) - с двумя знаками после запятой;
- для скоростей при измерении в км/ч - с одним знаком после запятой;
- для коэффициента трения - с тремя знаками после запятой;

При оформлении курсовой работы необходимо соблюдать ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам». Текстовая часть работы должна быть представлена в компьютерном варианте на бумаге формата А4. Шрифт – Times New Roman, размер шрифта – 14, полуторный интервал, выравнивание по ширине. Страницы должны иметь поля (рекомендуемые): левое поле - 30 мм, правое поле - 10 мм, верхнее поле - 20 мм, нижнее поле - 20 мм. Объем курсовой работы/проекта - 20-25 страниц. Все страницы работы должны быть подсчитаны, начиная с титульного листа и заканчивая последним приложением. Нумерация страниц - сквозная, начиная с введения и заканчивая последним приложением. Номер страницы ставится на середине листа нижнего поля.

Весь текст должен быть разбит на части. Разбивка текста производится делением его на разделы (главы) и подразделы (параграфы). В содержании работы/проекта не должно быть совпадения формулировок названия одной из составных частей с названием работы, совпадения названий глав и параграфов. Названия разделов (глав) и подразделов (параграфов) должны отражать их основное содержание и раскрывать тему работы/проекта.

При делении работы/проекты на разделы (главы) (согласно ГОСТ 2.105-95) их обозначают порядковыми номерами – арабскими цифрами без точки и

записывают с абзацного отступа. При необходимости подразделы (параграфы) могут делиться на пункты. Номер пункта должен состоять из номеров раздела (главы), подраздела (параграфа) и пункта, разделённых точками. В конце номера раздела (подраздела), пункта (подпункта) точку не ставят.

Если раздел (глава) или подраздел (параграф) состоит из одного пункта, он нумеруется. Пункты при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: 4.2.1.1, 4.2.1.2, 4.2.1.3 и т. д.

Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа. Разделы (главы), подразделы (параграфы) должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют. Наименование разделов (глав) должно быть кратким и записываться в виде заголовков (в красную строку) жирным шрифтом, без подчеркивания и без точки в конце. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов (глав), подразделов (параграфов), пунктов.

В основной части работы/проекта должны присутствовать таблицы, схемы, графики с соответствующими ссылками и комментариями.

В работе/проекте должны применяться научные и специальные термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии – общепринятые в специальной и научной литературе. Если принята специфическая терминология, то перед списком литературы должен быть перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями.

Графическая часть тяговых расчётов выполняется карандашом или тушью на миллиметровой бумаге, имеющей высоту листа 297 мм.

При изображении графических зависимостей следует:

- на каждом графике иметь нулевую абсциссу и нулевую ординату;
- оси координат выделить по сравнению с сеткой более толстой линией;
- на осях координат проставить буквенные обозначения откладываемых величин с соответствующими размерностями;
- на оси координат нанести числовые обозначения шкалы в соответствии с принятыми масштабами изображения величин.

На титульном листе работы необходимо указать название дисциплины, группу, фамилию и инициалы обучающегося, а также номер варианта. Содержание, задание и исходные данные следует поместить в начале работы, а список литературы в конце.

Курсовая работа обязательно подписывается обучающимся с указанием даты.

Обучающийся сдаёт выполненную курсовую работу рецензенту для проверки и обязан до защиты работы внести в неё исправления по замечаниям преподавателя. Все исправления должны быть сделаны на обратной стороне предыдущего листа напротив того места, где допущена ошибка. Стирать и зачёркивать замечания рецензента запрещается. После выполнения каких - либо исправлений и получив новый результат, следует, если это требуется, внести соответствующие поправки и в дальнейшие расчёты.

Курсовая работа, выполненная обучающимся не по своему варианту и в которой не соблюдены выше изложенные положения, к защите не допускается.

ВВЕДЕНИЕ

Во введении к курсовому проекту должны быть кратко изложены:

- а) актуальность темы курсовой работы
- б) задачи курсовой работы
- в) характеристика курсовой работы

1. АНАЛИЗ ПРОФИЛЯ ПУТИ И ВЫБОР РАСЧЕТНОГО ПОДЪЕМА

Для выбора расчётного подъёма, т.е. самого трудного подъёма на заданном участке, необходимо выделить несколько элементов разной длины и крутизны и один из них принять за расчётный. Если самый крутой подъём имеет небольшую длину, а ему предшествуют “легкие” элементы пути (спуски, площадки), позволяющие поезду развить высокую скорость движения и преодолеть часть его за счёт использования накопленной кинетической энергии, то такой подъём считать расчётным нецелесообразно. С целью более полного использования тяговых свойств локомотива, за расчётный подъём принимают не самый крутой, но достаточно длинный подъём, на котором может быть достигнута равномерная скорость движения поезда. В этом случае самый крутой подъём называют проверяемым или скоростным.

Например, для профиля № 2 расчётным подъёмом будет элемент, имеющий крутизну $i = +7\text{‰}$ и длину $s = 6000$ м, а не элемент крутизной $i = +9\text{‰}$ и длиной $s = 2000$ м, так как он небольшой длины и перед ним расположены два спуска и площадка, позволяющие поезду подойти к этому подъёму с большой скоростью и за счёт запасенной кинетической энергии преодолеть этот подъём.

Крутизну расчётного подъёма определяют по формуле:

$$i_p = i_d + i_\phi, \quad (1.1)$$

где i_d - крутизна действительного подъёма, ‰

i_ϕ - крутизна фиктивного подъёма, ‰

Крутизну фиктивного подъёма определяют по формуле:

$$i_\phi = \frac{700}{R} \cdot \frac{S_{кр}}{S}, \quad (1.2)$$

где R - радиус кривой, м; $S_{кр}$ - длина кривой, м;

S - длина элемента участка пути, м.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛОКОМОТИВОВ

Из исходных данных выбрать серию и основные расчетные параметры локомотивов по варианту № зачетной книжки.

Основные технические данные локомотива серии.....:

- сила тяги при трогании с места $F_{к тр} = \dots$ кН;
- расчетная сила тяги $F_{кр} = \dots$ кН;
- расчетная скорость движения $V_p = \dots$ км/ч;
- конструкционная скорость движения $V_k = \dots$ км/ч;
- масса локомотива $m_3 = \dots$ т;
- длина локомотива $l_l = \dots$ м.

Ограничение тяговой характеристики локомотива по сцеплению $F_{сц}$, кН определяют по формуле:

$$F_{сц} = 9,81 m_3 \Psi_k, \quad (2.1) \quad \text{где } m_3 - \text{масса}$$

локомотива, т; Ψ_k - расчетный коэффициент сцепления.

Расчетный коэффициент сцепления определяют по формуле из таблицы 6 в соответствии с серией электровоза в пределах скоростей от 0-100 км/ч.

Таблица 6. Формулы для определения расчетного коэффициента сцепления: для электровозов

Серия электровоза	Формулы коэффициента сцепления
ВЛ-10, ВЛ10у, ВЛ11, ВЛ15	$\Psi_k = 0,28 + \frac{3}{50+20v} - 0,0007v$
2ЭС4К «Дончак», 2ЭС5К «Ермак», 3ЭС5К «Ермак»	$\Psi_k = 0,28 + \frac{4}{50+6v} - 0,0006v$
ВЛ80с, ВЛ80р, ВЛ85	$\Psi_k = 0,3 + \frac{4,3}{50+6v} - 0,0006v$

Результаты расчета свести в таблицу.

Таблица 2.1 – Таблица расчета тяговой характеристики локомотива

V, км/ч	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
F _к , кН											
Ψ _к											
F _{сц} , кН											

Тяговую характеристику локомотива $F_k(V)$ и ее ограничение $F_{сц}(V)$ построить на миллиметровой бумаге в масштабе: скорость (ось абсцисс) – 10 км/ч = 10 мм; сила тяги (ось ординат) – 50000 Н = 10 мм.

Пример тяговой характеристики

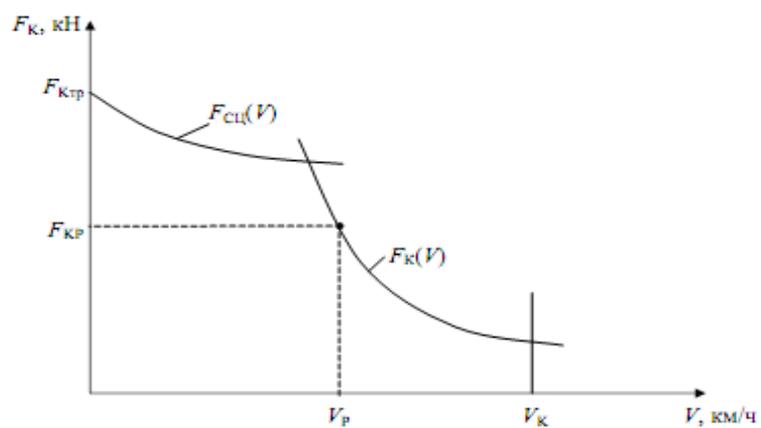


Рисунок 2.1 – Тяговая характеристика локомотивов

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСА СОСТАВА С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ ПО УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Масса состава - один из важнейших показателей работы железнодорожного транспорта. Увеличение массы состава позволяет повысить провозную способность железнодорожных линий, уменьшить расход топлива и электрической энергии, снизить себестоимость перевозок. Поэтому массу грузового состава определяют исходя из полного использования тяговых и мощностных качеств локомотива.

3.1 Расчет критической массы состава

Для выбранного расчетного подъема массу состава в тоннах вычисляют по формуле:

$$m_c = \frac{F_{кр} - (w_0' + i_p)m_э g}{(w_0'' + i_p)g}, \quad (3.1)$$

где $F_{кр}$ — расчетная сила тяги локомотива, Н;

$m_э$ — расчетная масса локомотива, т;

w_0' — основное удельное сопротивление движению локомотива, Н/кН;

w_0'' — основное удельное сопротивление движению состава, Н/кН;

i_p — удельное дополнительное сопротивление движению поезда в Н/кН, численно равно крутизне подъема в ‰;

g — ускорение свободного падения; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Величины w_0' и w_0'' определяют для расчетной скорости локомотива $V = V_p$.

Расчетная скорость, расчетная сила тяги, масса локомотива и другие расчетные нормативы, взятые из ПТР, приведены в табл.2.

Основное удельное сопротивление движению локомотива, Н/кН, в зависимости от скорости на режиме тяги (при движении под током) подсчитывают по формуле:

по звеньевому пути

$$w_0' = 1,9 + 0,01V + 0,0003 V^2. \quad (3.2)$$

по бесстыковому пути

$$w_0' = 1,9 + 0,008V + 0,00025V^2. \quad (3.3)$$

Для состава, сформированного из четырехосных и восьмиосных вагонов, величину w_0'' рассчитывают по выражению:

$$w_0'' = \alpha_4 * w_{04}'' + \alpha_8 * w_{08}'',$$

где α_4, α_8 - ‰ в составе поезда по массе четырехосных и восьмиосных вагонов.

Удельное основное сопротивление движению груженых четырехосных и восьмиосных вагонов определяют по формулам:

по звеньевому пути

с четырехосными вагонами на роликовых подшипниках

$$w_{04}'' = 0,7 + (3 + 0,1V + 0,0025V^2) / m_{в.о} \quad (3.5)$$

с восьмиосными вагонами на роликовых подшипниках:

$$w_{08}'' = 0,7 + (6 + 0,38V + 0,0021V^2) / m_{в.о} \quad (3.6)$$

по бесстыковому пути

с четырехосными вагонами на роликовых подшипниках

$$w_{04}'' = 0,7 + (3 + 0,09V + 0,002 V^2) / m_{в.о} \quad (3.7)$$

с восьмиосными вагонами на роликовых подшипниках:

$$w_{08}'' = 0,7 + (6 + 0,38V + 0,0021V^2) / m_{в.0} \quad (3.8)$$

где $m_{в.0}$ — масса, приходящаяся на одну колесную пару четырехосного и восьмиосного вагонов, т/ось:

$$m_{в.0} = m_{в.} / 4 \text{ или } 8, \text{ т/ось.}$$

3.2 Проверка массы состава на возможность надежного преодоления встречающегося на участке короткого подъема крутизной больше расчетного с учетом использования кинетической энергии

Массу состава, полученную по формуле (4), необходимо проверить на прохождение коротких подъёмов большей крутизны, чем расчётный, с учётом кинетической энергии, накопленной на предшествующих участках.

Проверка выполняется по формуле:

$$S \leq \frac{4,17 (v_k^2 - v_n^2)}{f_{кр} - w_{кр}} \quad , \quad (3.10)$$

где S — длина проверяемого участка профиля пути, м; V_k — скорость в конце проверяемого подъёма (эта скорость должна быть не менее расчетной, в курсовой работе принимать $V_k = V_p$); V_n — скорость поезда в начале проверяемого подъёма (для грузовых поездов принимать $V_n = 70-100$ км/ч, но не выше конструкционной скорости локомотива); $f_{кр}$ — $w_{кр}$ — средняя ускоряющая сила, действующая на поезд в пределах интервала скорости от V_n до V_k .

Удельная касательная сила тяги локомотива $f_{кр}$ рассчитывается по формуле:

$$f_{кр} = F_{кр} / (m_{э} + m_{с})g \quad , \quad (3.11)$$

а общее удельное сопротивление движению поезда $w_{кр}$ — по формуле:

$$w_{кр} = (m_{э} w_0' + m_{с} w_0'') / (m_{э} + m_{с}) + i_{пр} \quad , \quad (3.12)$$

где $i_{пр}$ — проверяемый подъём крутизной больше расчетного, ‰.

Величины $F_{кр}$ и $w_{кр}$ определяются по среднему значению скорости рассматриваемого интервала $V_{ср}$:

$$V_{ср} = (V_n + V_k) / 2 \quad , \quad (3.13)$$

Значение силы тяги $F_{кр}$ для средней скорости $V_{ср}$ определяется по построенной тяговой характеристике локомотива.

Если полученное по формуле (3.10) расстояние больше или равно длине проверяемого подъёма, то этим проверка заканчивается. Если же путь S , который может быть пройден за счет разгона, окажется короче длины проверяемого подъёма, то необходимо уменьшить массу состава (например, на 100 т) и все расчёты по проверке повторить снова и т. д. до тех пор, пока не будет выдерживаться условие формулы (3.10).

3.3 Проверка массы состава при трогании поезда с места

При составлении графика движения и в практической деятельности железных дорог остановка поездов может предусматриваться на линейных станциях и разъездах для скрещения на однопутных линиях и обгона на двухпутных. Нередко указанные пункты расположены на подъемах до 2,5 ‰, и при трогании с места состава локомотиву приходится преодолевать не только основное сопротивление движению, которое значительно больше, чем при

движении с равномерной скоростью, но и дополнительное. Отметим, что и сила тяги при трогании с места $F_{ктр}$ значительно выше, чем при движении с расчетной скоростью. Избыточная сила тяги расходуется на преодоление повышенного сопротивления движению при трогании с места и на ускорение поезда.

Рассчитав массу состава поезда, необходимо произвести проверку по условию трогания с места поезда на отдельных пунктах.

Масса состава, который может быть стронут с места на отдельном пункте с максимальным уклоном i_p

$$m_{тр} = \frac{F_{ктр}}{(w_{тр} + i_p)g} - m_э, \quad (3.14)$$

где $F_{ктр}$ – сила тяги локомотива при трогании с места, Н; $w_{тр}$ – удельное сопротивление состава при трогании с места, кгс/т; i_p – уклон пути на станции (предполагается, что трогание производится в направлении подъема), ‰,

Удельное сопротивление состава при трогании с места для вагонов на подшипниках качения (роликах) определяется по формуле:

$$w_{тр4,8} = 28 / (m_{в.о} + 7), \quad (3.15)$$

Для состава из четырехосных и восьмиосных вагонов $w_{тр}$ определяют по выражению:

$$w_{тр} = \alpha_4 * w_{тр4} + \alpha_8 * w_{тр8}, \quad (3.16)$$

3.4 Проверка массы поезда по длине приемо - отправочных путей

Для того чтобы обеспечить возможность скрещения и обгона поездов, массу поезда необходимо проверить на возможность пропуска его по приемо-отправочным путям станций исходя из их длины. Длина поезда должна быть менее полезной длины приемо-отправочных путей на участках обращения данного поезда с учетом десятиметрового допуска на установку поезда. Для того чтобы определить длину поезда, суммируют длину вагонов (по осям автосцепок), из которых сформирован состав, и длину локомотивов.

Чтобы выполнить проверку массы состава по длине приемо-отправочных путей, необходимо определить число вагонов в составе, длину поезда и сопоставить эту длину с заданной длиной приемо-отправочных путей станции 1250 м.

Длина поезда в метрах определяется из выражения:

$$l_{п} = l_c + n_{л} l_{л} + 10, \quad (3.17)$$

где l_c – длина состава, м; $n_{л}$ – число локомотивов в поезде; $l_{л}$ – длина локомотива, м; 10 – запас длины на неточность установки поезда, м.

Длина состава определяется по формуле:

$$l_c = \sum(n_i * l_i), \quad (3.18)$$

где n_i – число однотипных вагонов в i -й группе; l_i – длина вагона i -й группы, м.

Количество вагонов определяем по выражению:

$$n_i = \alpha_i * m_c / m_i, \quad (3.19) \quad (2.13)$$

где α_i – доля вагонов i -го типа (по массе); m_i – масса одного вагона i -го типа, т.

Проверка возможности установки поезда на приемо-отправочных путях выполняется по соотношению

$$l_{п} \leq l_{поп}$$

Если длина поезда меньше или равна длине приемо-отправочных путей станций заданного участка, то масса состава не корректируется и делается вывод о том, что массу состава уменьшать не надо.

Если же вычисленная длина поезда получилась больше длины приемо-отправочных путей, указанной в исходных данных, то масса состава уменьшается так, чтобы длина поезда не превышала длину приемо-отправочных путей на станциях (при этом снова должно быть определено число вагонов в составе уменьшенной массы и соответствующая длина поезда и выполнено сопоставление последней с заданной длиной приемо-отправочных путей станций).

Количество уменьшаемых вагонов $n_{у.в}$ определяют по формуле:

$$n_{у.в} = (l_{п} + 10 - l_{ст}) / l_{в}, \quad (3.20)$$

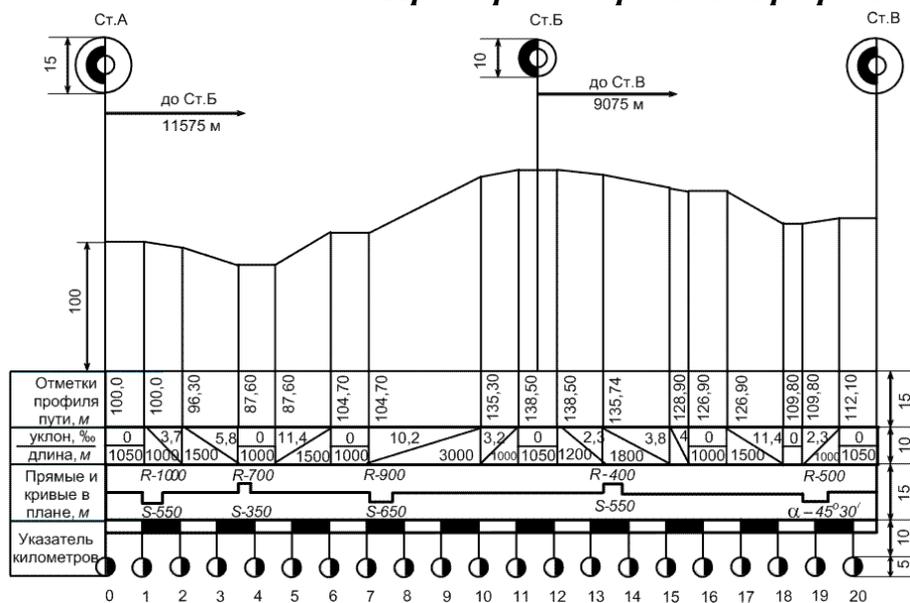
где $l_{ст}$ – длина станции, м

Количество вагонов, оставленных в составе

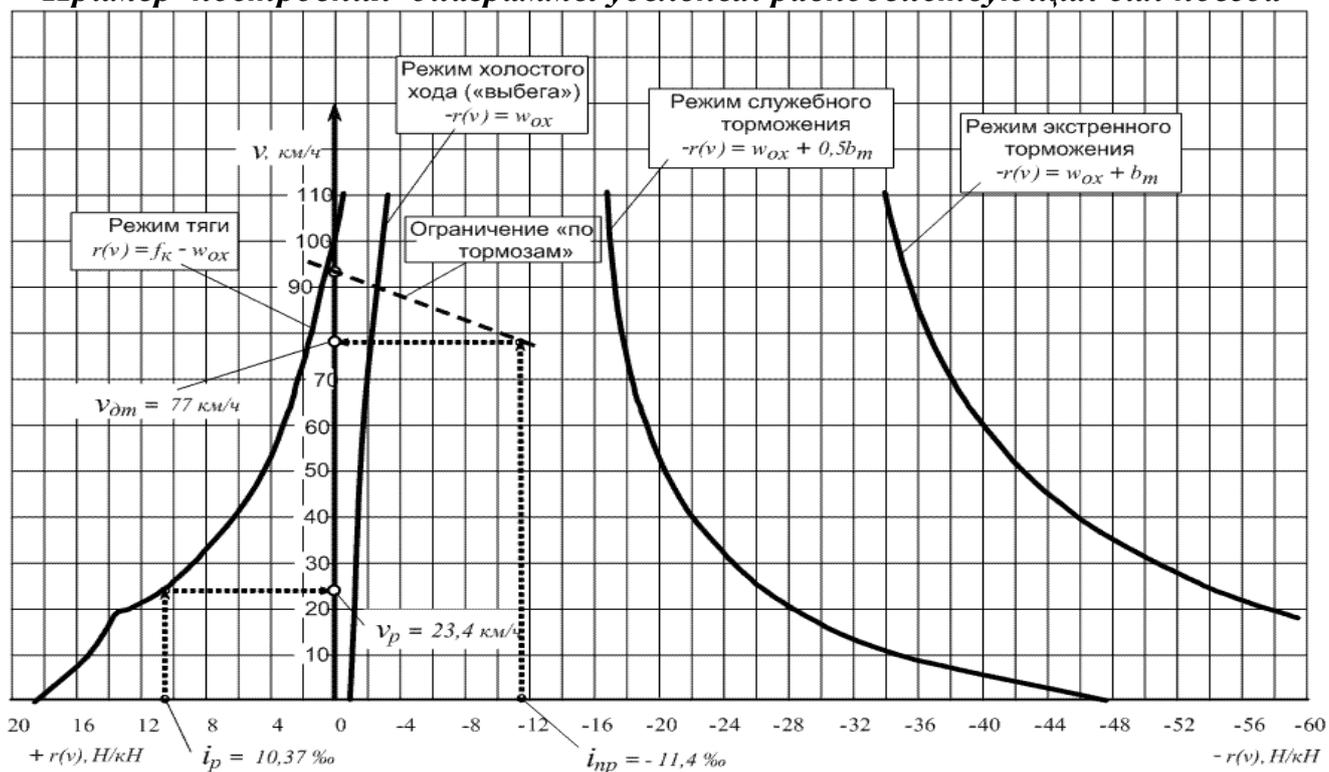
$$n_{в.о} = n_{в} - n_{у.в}$$

Заданный в табличной форме профиль и план пути необходимо нанести на лист миллиметровой бумаги шириной 297 мм и длиной 630 мм. Профиль вычерчивается в масштабе: путь 1 км – 20 мм; высота переломных точек 1 м – 1 мм.

Пример построения профиля пути



Пример построения диаграммы удельных равнодействующих сил поезда



6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА ЗАДАННОМ УЧАСТКЕ.

Необходимо определить максимально допустимую скорость движения на наиболее крутом спуске участка при заданных тормозных средствах и принятом тормозном пути.

Полный тормозной путь определяется по формуле:

$$S_T = S_{\text{п}} + S_{\text{д}}, \quad (6.1)$$

где $S_{\text{п}}$ - путь подготовки тормозов к действию, на протяжении которого тормоза поезда условно принимаются недействующими (от момента установки управляющего органа КМ в тормозное положение до включения тормозов поезда); $S_{\text{д}}$ - действительный тормозной путь, на протяжении которого поезд движется с действующими в полную силу тормозами (конец пути $S_{\text{п}}$ совпадает с началом пути $S_{\text{д}}$)

Полный тормозной путь $S_{\text{п}} = 1200$ м, (на спусках более 6‰).

Определим путь подготовки тормозов к действию по формуле:

$$S_{\text{п}} = 0,278 V_{\text{н}} t_{\text{п}},$$

где $V_{\text{н}} = V$ конст = 100 км/ч - скорость в начале торможения;

$t_{\text{п}}$ - время подготовки тормозов к действию.

Для автотормозов грузового типа:

- для составов длиной до 200 осей:

$$t_{\text{п}} = 7 - 10i_c / b_T$$

- для составов длиной 200-300 осей:

$$t_{\text{п}} = 10 - 15i_c / b_T$$

- для составов длиной более 300 осей:

$$t_{\text{п}} = 12 - 18i_c / b_T$$

где i_c ‰ - наиболее крутой спуск; ρ_p — расчетный тормозной коэффициент состава в кН/кН; $\phi_{\text{кр}}$ - коэффициент трения

По данным расчетной таблицы удельных равнодействующих сил строим по точкам графическую зависимость удельных замедляющих сил при экстренном торможении от скорости, а рядом, справа, устанавливаем в соответствующих масштабах систему координат. Оси скоростей в обеих системах должны быть параллельны, а оси удельных сил и пути должны лежать на одной прямой.

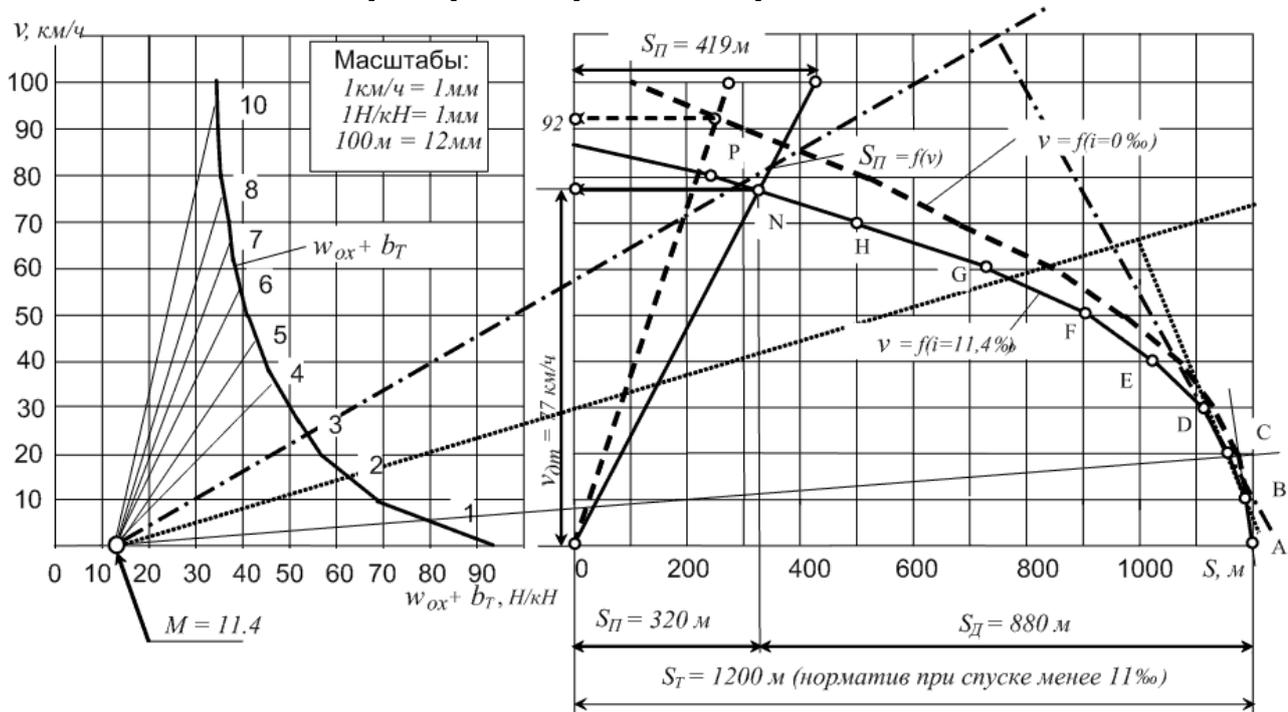
Решаем тормозную задачу следующим образом. От точки вправо на оси откладываем значение полного тормозного пути, который следует принимать равным: на спусках крутизной до 6 включительно – 1000м, на спусках круче 6 и до 12 – 1200м.

На кривой отмечаем точки, соответствующие, средним значениям скоростей выбранного скоростного интервала 10 км/ч (т. е. точки, соответствующие 5,15,25,35 и т.д. км/ч). Через эти точки из точки M на оси соответствующей крутизне самого крутого спуска участка (полюс построения), проводим лучи 1,2,3,4 и т. д.

Построение кривой начинаем из точки O , так как нам известно конечное значение скорости при торможении, равное нулю. Из этой точки проводим (с помощью линейки и угольника) перпендикуляр к лучу 1 до конца первого интервала, т. е. в пределах от 0 до 10 км/ч (отрезок OB). из точки B проводим перпендикуляр к лучу 2 до конца второго скоростного интервала от 10 до 20 км/ч (отрезок BC); из точки C проводим перпендикуляр к лучу 3 и т. д. Начало каждого последующего отрезка

совпадает с концом предыдущего. В результате получаем ломаную линию, которая представляет собой выраженную графически зависимость скорости заторможенного поезда от пройденного пути (или, говоря иначе, зависимость пути, пройденного поездом на режиме торможения, от скорости движения).

Пример построения тормозной задачи



Решив графически тормозную задачу, мы определили максимально допустимую скорость движения по наиболее крутому спуску $v_{\text{доп}} = 70$ км/ч., а также путь подготовки тормозов $S_{\Pi(70)} = 317$ м., и действительный тормозной путь $S_{\text{Д}} = S_{\text{Т}} - S_{\Pi} = 1200 - 317 = 883$ м.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение тяговой характеристики локомотива?
2. Какие ограничения могут накладываться на тяговую характеристику локомотива?
3. Что необходимо знать при определении массы состава?
4. Что такое крутизна уклона, ее размерность и как отличить по записи подъем от спуска?
5. Для чего выбирают расчетный подъем?
6. Какие основные расчетные характеристики локомотивов необходимы при определении массы состава на расчетном подъеме?
7. Какие проверки проводятся для рассчитанной массы состава?
8. Как обеспечивается безопасность движения после определения максимально допустимой скорости движения по наибольшему спуску заданного участка?
9. Какие пять факторов влияют на длину подготовительного тормозного пути?
10. Какова последовательность решения тормозной задачи графическим способом для определения максимально допустимой скорости движения по наибольшему спуску заданного участка?

Список литературы

1. Гребенюк, П.Т. Правила тяговых расчетов для поездной работы [Текст]: учеб. – метод. рекомендации / Гребенюк, П.Т., Долганов, А.Н.; под ред. В.Г. Максимова; Москва: Транспорт, 2009.- 70с.
2. Гребенюк, П.Т., Тяговые расчеты [Текст]: / учеб. – метод. рекомендации Гребенюк, П.Т., Долганов, А.Н., Скворцов, А.И. / под ред. А.И. Скворцова; В.Г. Максимова; Москва: Транспорт, 2010.- 82с.
3. Кузьмич, В.Д. Теория локомотивной тяги [Текст]: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / В.Д. Кузьмич, В.С. Руднев, С.Я. Френкель; под ред В.Д. Кузьмича ; Москва: Маршрут, 2005.- 448с.
4. Осипов, С.И. Теория электрической тяги [Текст]: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / С.И.Осипов, С.С. Осипов, В.П. Феоктистов; под ред С.И. Осипова; Москва: Маршрут, 2006.- 436с.
5. Осипов, С.И. Основы тяги поездов [Текст]: Учебник для студентов техникумов и колледжей ж.-д. транспорта / С.И. Осипов : Москва: УМК МПС России, 2000.- 592 с.
6. Френкель, С.Я. Техника тяговых расчетов [Текст]: учебно-методическое пособие / С.Я. Френкель: Министерство образования Беларусь.- Гомель, 2007.- 72 с.
7. Фуфрянский, И.А. Подвижной состав и тяга поездов [Текст]: учеб. – метод. рекомендации / И.А. Фуфрянского; под ред. докт. техн. наук, проф. И.А. Фуфрянского: Москва: Транспорт, 1979.
8. Хуторянский, Н.М. Решение тормозных задач [Текст]: учеб. – метод. рекомендации / А.А. Вознесенский; под ред Л.Т. Артюхина: Москва: ВЗИИТ, 1990.