

**Одобрено кафедрой
«Тяговый
подвижной состав»**

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Задание на курсовой проект
с методическими указаниями
для студентов 4 курса обучающихся
по специальности

190300. 65 – ПСс- ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Составители: канд. техн. наук, проф. В.Е. КОНОНОВ, М.А. ИБРАГИМОВ,
канд.техн. наук доц. С.И.Баташов

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

По учебному плану студенты, обучающиеся по специальности «Подвижной состав железных дорог» на 3-5 курсах изучают дисциплину «Подвижной состав железных дорог». Для лучшего усвоения дисциплины студенты на 4 курсе должны выполнить курсовой проект.

Курсовой проект необходимо выполнять осмысленно, применяя расчетные формулы необходимо понимать суть проводимых расчетов тщательно продумывая выводы и результаты. Совершенно недопустимо механическое применение формул и выполнение по ним расчетов. Методические указания, которые приводятся ниже, не избавляют студента от необходимости глубоко и внимательно разобраться в рассматриваемых вопросах, используя рекомендуемую литературу. При несоблюдении этого студент не приобретет необходимых знаний и окажется неподготовленным к экзамену по дисциплине.

При выполнении курсового проекта необходимо придерживаться следующих положений.

1. Расчеты должны быть выполнены в пояснительной записке, составленной из стандартных листов писчей бумаги (размером 210 X 297 мм) с обязательным оставлением полей для замечаний рецензента; на обложке необходимо указать дисциплину, курс, фамилию, инициалы и шифр студента, а также год издания задания на курсовой проект, в соответствии с которым он выполняется.

2. Исходные данные должны быть обязательно приведены в начале работы.

3. Расчеты нужно сопровождать пояснениями. Расчетные формулы приводятся сначала в общем виде с применением принятых буквенных обозначений, после чего следует подставить в формулу числовые значения величин и проставить результат.

4. Необходимо указать, что представляют собой величины, входящие в формулу, обязательно проставляя для именованных величин их единицы измерения.

5. При выборе расчетных величин и параметров, использовании таблиц, формул, справочных материалов нужно ссылаться на источники; использованную литературу (автор, название книги, год издания) следует привести в конце работы.

6. Материал следует излагать с соблюдением принятой в технической литературе терминологии.

7. Точность вычислений до 1% является достаточной при расчетах, поэтому при использовании ПЭВМ результаты следует округлять.

8. Графическую часть работы выполняют на масштабно-координатной (миллиметровой) бумаге.

При изображении графических зависимостей следует:

- а) на каждом графике иметь нулевую абсциссу и нулевую ординату;
- б) графические зависимости вычерчивать аккуратно, остро заточенным карандашом;
- в) оси координат выделить более толстой линией;
- г) на осях координат проставлять буквенные обозначения откладываемых величин и их единицы измерения;
- д) на осях координат нанести числовые шкалы в соответствии с принятыми масштабами изображения величин.

При построении графических зависимостей на миллиметровой бумаге начало координат следует выбирать в точке пересечения жирных линий; круглые значения числовых шкал на осях координат весьма желательно ставить против более жирных линий сетки.

9. Таблицы, диаграммы и графики необходимо вкладывать в пояснительную записку так же, как и страницы с текстом, не поворачивая их на 90°, чтобы удобно было пользоваться (не следует приклеивать графики и таблицы к полям страниц!). Вкладывать

графики и таблицы в пояснительную записку нужно сразу же за той страницей, где есть касающиеся их пояснения.

10. Страницы пояснительной записки, иллюстрации, таблицы и графики должны быть пронумерованы. Таблицы должны иметь названия, иллюстрации и графики – подрисуночные подписи.

11. Работу следует подписать и указать дату ее выполнения.

12. Готовый курсовой проект должна быть представлен в университет не позднее срока, установленного учебным планом.

После получения прорецензированного проекта нужно независимо от того, зачтен он или не зачтен, исправить все ошибки и сделать требуемые дополнения. Если проект не зачтен, следует в кратчайший срок выполнить требования рецензента и выслать исправленную работу вместе с рецензией в университет для повторной проверки. При этом не следует переписывать целиком пояснительную записку или отдельные ее разделы; нельзя также производить исправления по написанному тексту; все исправления и дополнения должны быть сделаны на отдельных листах и вклеены или вшиты в соответствующие места работы. Стирать и зачеркивать замечания рецензента запрещается. Выполнив какое-либо исправление и получив новый числовой результат, следует, если это требуется, внести соответствующие поправки в дальнейшие расчеты.

Курсовые проекты, в которых не соблюдены изложенные выше положения, а также проекты, выполненные студентами не по своим вариантам, не зачитываются.

Зачтенный проект с исправлениями и дополнениями, сделанными по требованию рецензента, следует сохранить, так как его необходимо представить при защите.

Выполнение курсового проекта способствует лучшему усвоению учебного материала.

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Курсовой проект состоит из двух частей.

В первой части проводятся тяговые расчеты. При этом необходимо:

1. Провести анализ профиля пути.
2. Установить крутизну расчетного подъема.
3. Определить массу состава по выбранному расчетному подъему.
4. Выполнить проверку массы состава по длине приемоотправочных путей отдельных пунктов заданного участка.
5. Рассчитать таблицу и построить диаграмму удельных равнодействующих сил.
6. Определить максимально допустимую скорость движения на наиболее крутом спуске участка при заданных тормозных средствах поезда.
7. Построить кривые скорости $v = f(s)$ и времени $t = f(s)$ используя аналитические способы расчета.

8. Рассчитать техническую скорость и время хода поезда по участку.

Во второй части производятся расчеты позволяющие оценить эффективность работы локомотивного хозяйства на заданном участке. При этом необходимо:

1. Привести схему заданного участка, обслуживаемого локомотивами для которых произведен тяговый расчет и разместить на нем пункты основного и оборотного депо, пункты остановок для обгона пассажирскими поездами и смены локомотивных бригад.
2. Наметить пункты для экипировки локомотивов песком и топливом исходя из объемов топливного бака и песочниц локомотива и норм расхода.
3. Определить эксплуатируемый парк локомотивов.
4. Определить основные показатели работы локомотивов.
5. Рассчитать потребность локомотивных бригад и основные показатели их работы.
6. Рассчитать программу и фронт ремонта локомотивов.
7. Определить инвентарный парк локомотивов.

Исходные данные для расчетов первой части проекта выбираются студентом по последней цифре учебного шифра (табл. 1.1), а профиль участка – по предпоследней цифре шифра (табл.1.2). При цифрах 0, 2, 4, 6, 8 в направлении от ст. *А* к ст. *К*, а при цифрах 1, 3, 5, 7, 9 – от ст. *К* к ст. *А*, при этом знаки уклонов сменить на обратные. Эти данные, а также расчетные параметры заданного локомотива (табл.1.3) **обязательно приводятся** в начале работы. Кроме того, студент должен вычертить тяговую характеристик заданного тепловоза или электровоза .параметры которых приведены в таблицах 1.3 и 1.3а.

Таблица 1.1

Исходные данные

[illegible]

Масса вагона брутто, q_4 , т	88									
Длина приемо- отправочных путей $l_{\text{понт}}$, м	1250	1250	850	1250	1550	1550	1050	1250	1550	1550
Тормозные колодки	Чугунные					Композиционные				

Таблица 1.2

**Профили пути к заданию на курсовую работу
(принимается профиль, номер которого
соответствует предпоследней цифре шифра)**

Вариант	Станции	Номер элемента	Крутизна уклона %	Длина элемента, м
0 и 1	Ст. А	1	-2,5	1100
		2	-7,6	3400
		3	-9,0	1000
		4	0,0	1600
		5	+12,5	2850
		6	+8,5	1500
		7	+10,0	6800
	ст. К	8	+1,5	1600
2 и 3	Ст. А	1	-1,5	1800
		2	-6	2800
		3	-9	8000
		4	0,0	1600
		5	+9,0	2000
		6	+7,0	6000
		7	0,0	2400
		8	+6,0	1500
	ст. К	9	+1,5	1700
4 и 5	Ст. А	1	0,0	1100
		2	-6,0	2000
		3	0,0	1500
		4	+12,0	2500
		5	+9,0	8000
		6	+7,0	1800
		7	-7,0	5300
		8	-9,0	1000
		9	0,0	2000
	ст. К	10	+1,0	1700
6 и 7	Ст. А	1	0,0	1800
		2	-3,0	1500
		3	-7,3	9400
		4	-9,0	1250
		5	0,0	800
		6	+2,5	1200
		7	+10,0	3000
		8	+8,0	8400
		9	+2,0	1000
	ст. К	10	0,0	1800
8 и	Ст. А	!	0,0	1800
		2	-1,0	800
		3	-4,0	1000
		4	0,0	1400
		5	-9,0	9500
		6	-10,5	1500

9	ст. К	7	+1,0	900
		8	+10,0	1000
		9	+8,0	8300
		10	+2,0	2000

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Тяговые расчеты

Точность вычислений при выполнении расчетов должна в соответствии с Правилами тяговых расчетов для поездной работы (ПТР) приниматься:

- а) для масс составов (грузовых) с округлением до 50 т;
- б) для сил, действующих на поезд (силы тяги, сопротивления, тормозные) с округлением до 50 Н;
- в) для крутизны уклонов при измерении в тысячных (промилле, ‰) – с одним знаком после запятой;
- г) для удельных сил при измерении в Н/кН – с двумя знаками после запятой;
- д) для расстояний при измерении в метрах (для элементов профиля) и в километрах (для перегонов) – с одним знаком после запятой;
- е) для скоростей при измерении в км/ч – с одним знаком после запятой;
- ж) для перегонных времен хода – расчетное до 0,1 мин, для графика движения поездов с округлением до 1 мин.

1. Расчетный подъем – это наиболее трудный для движения в данном направлении элемент профиля пути, на котором достигается расчетная скорость, соответствующая расчетной силе тяги локомотива (см. табл. 1.3). Если наиболее крутой подъем участка достаточно длинный, то он принимается за расчетный. Если же наиболее крутой подъем заданного участка имеет небольшую протяженность и ему предшествуют «легкие» элементы профиля (спуски, площадки), на которых поезд может развить высокую скорость, то такой подъем не может быть принят за расчетный, так как поезд преодолеет его за счет накопленной кинетической энергии. В этом случае за расчетный следует принять подъем меньшей крутизны, но большей протяженности, на котором может быть достигнута равномерная скорость.

Например, для профиля № 4 (см. табл.1.2) расчетным подъемом будет элемент, имеющий крутизну $i = +9\text{‰}$ и длину $s=8000$ м, а не элемент крутизной $i = +12\text{‰}$ и длиной $s=2500$ м, так как он небольшой длины и перед ним расположены спуски, позволяющие поезду подойти к этому подъему с большой скоростью.

2. 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.

Для выбранного расчетного подъема массу состава в тоннах вычисляют по формуле

$$Q = \frac{F_{кр} - (w'_0 + i_p)Pg}{(w''_0 + i_p)g} \quad (1)$$

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

P — расчетная масса локомотива, т;

w'_0 — основное удельное сопротивление локомотива, Н/кН;

w''_0 — основное удельное сопротивление состава, Н/кН;

i_p — крутизна расчетного подъема, ‰;

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

Величины w'_0 и w''_0 определяют для расчетной скорости локомотива v_p .

Расчетная скорость, расчетная сила тяги, масса локомотива и другие расчетные нормативы, приведены в табл. 1.3.

Основное удельное сопротивление локомотива¹ Н/кН в зависимости от скорости на режиме тяги (при движении под током) подсчитывают по формуле

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

Основное удельное сопротивление состава с 4-осными вагонами на роликовых подшипниках

$$w''_{04} = 0,7 + \frac{3 + 0,1v + 0,0025v^2}{q_{04}} \quad (3)$$

здесь q_{04} — масса, приходящаяся на одну колесную пару 4-осного вагона, т/ось,

$$q_{04} = \frac{q_4}{4}, \text{ т/ось.}$$

3. 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 станций.

Число вагонов в составе грузового поезда:

$$m_4 = \frac{Q}{q_4} \quad (4)$$

Полученные количества вагонов необходимо округлить до целых числовых значений.

Длина 4-осного вагона принимается равной 15 м. Длины локомотивов приведены в табл.3. Общая длина поезда

$$l_n = 15m_4 + l_{л} + 10 \text{ м,} \quad (5)$$

здесь 10м — запас длины на неточность установки поезда.

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

$$l_n \leq l_{нон}, \quad (6)$$

¹ Удельные силы отнесены к 1 кН веса поезда, состава, вагона, локомотива.

где l_{nop} — длина приемо-отправочных путей, м (см. табл. 1.1).

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 надо².

Если же вычисленная длина поезда получилась больше длины приемо-отправочных путей, указанной в исходных данных, то масса состава уменьшается так, чтобы длина поезда равнялась длине приемо-отправочных путей на отдельных пунктах (при этом снова должны быть определены число вагонов в составе уменьшенной массы и соответствующая длина поезда и выполнено сопоставление последней с заданной длиной приемо-отправочных путей станций).

² В настоящее время для увеличения провозной способности формируются поезда повышенной массы и длины, превышающей длину приемо-отправочных путей.

Таблица 1.3

Расчетные параметры локомотивов

Серия локомотива		Расчетная сила тяги $F_{кр}$, Н	Расчетная скорость v_p , км/ч	Расчетная масса P , т	Конструкционная скорость $v_{констр}$, км/ч	Сила тяги при трогании с места $F_{кр}$, Н	Длина локомотива $l_{л,м}$	Число движущихся колесных пар
Тепловозы	2Т116 (две секции)	496 400	24,0	276	100	797 550	36	12
	2М62 (две секции)	400 300	20,0	238	100	610 100	34	12
	3ТЭ10М (три секции)	744 000	23,5	414	100	1020750	51	18
	2ТЭ70 (две секции)	608 000	26	282	110	883000	43	12
		600000	24	276	120	800000	34	12
Электровозы	ВЛ85 (две секции)	726000	49	270	110	1050000	45	12
	ВЛ10 (две секции)	451 250	46,7	184	110	614 100	33	8
	ВЛ11 (три секции)	676 900	46,7	276	110	921 200	50	12
	2ЭС10 (две секция)	480 000	57	200	120	700000	34	8
	ВЛ80 ^р (две секции)	502 300	43,5	192	110	677 650	33	8

Таблица 1.3^а

Сила тяги локомотивов F_k при различных значениях скорости V локомотивов, Н
 10^3

Серии локомотивов \ Скорость		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Тепловозы	2ТЭ 116	680	585	417	320	241	210	190	160	145	130
	2М62	600	400	280	210	170	150	125	115	100	80
	3ТЭ10М	1020	867	605	460	375	305	270	245	210	190
	2ТЭ70	680	570	410	310	245	185	170	160	130	120
	2ТЭ25К	690	607	480	360	288	240	208	180	160	144
Эл.	ВЛ85	980	850	815	790	780	725	500	420	340	270
	ВЛ10	524	502	485	470	456	400	270	200	150	115

ВЛ11 (три секции)	786	753	727	705	685	580	400	300	235	170
ВЛ 80 (две секции)	584	550	525	510	490	290	188	130	95	74
2ЭС10 (две секции)	605	575	550	530	520	450	390	315	300	270

*- значения силы тяги указаны в кН, а нужно перевести их в Н, т.е. умножить на 10^3

4. Для построения диаграммы удельных равнодействующих сил предварительно составляют таблицу для трех режимов ведения поезда по прямому горизонтальному пути:

а) для режима тяги $f_k - w_0 - f_1(v)$;

б) для режима холостого хода $w_{ox} = f_2(v)$;

в) для режима торможения:

при служебном регулировочном торможении $w_{ox} + 0,5b_T = f_3(v)$,

при экстренном торможении $w_{ox} + b_T = f_4(v)$.

Таблицу удельных равнодействующих сил, форма которой приведена ниже (табл. 5), заполняют для скоростей от 0 до конструкционной $v_{констр}$ через 10 км/ч.

Значение силы тяги для скоростей от 0 до конструкционной $v_{констр}$ приведены в табл. 3Е

Расчетную кривую тяговой характеристики заданного локомотива необходимо вычертить на миллиметровой бумаге и привести в работе.

Основное удельное сопротивление локомотива при движении под током w_0' определено по формуле (2), основное удельное сопротивление состава w_0'' – по формуле (3). Числовые значения этих величин приведены в табл.1.4 одинаковыми для всех вариантов.

Основное удельное сопротивление локомотива на холостом ходу (при движении без тока)³ определяют по формуле

$$w_x = 2,4 + 0,01v + 0.0003v^2, \text{ Н/кН} \quad (7)$$

и его значения для разных скоростей приведены в табл.1.4.

Удельные тормозные силы поезда в Н/кН вычисляют по формуле

$$b_T = 1000\varphi_{кр}g_p, \quad (8)$$

где $\varphi_{кр}$ — расчетный коэффициент трения колодок о колесо:

при чугунных колодках

$$\varphi_{кр} = 0,27 \frac{v + 100}{5v + 100}; \quad (9a)$$

при композиционных колодках

$$\varphi_{кр} = 0,36 \frac{v + 150}{2v + 150}. \quad (9б)$$

(значения $\varphi_{кр}$ подсчитываются или принимают по табл. 1.4 для всех скоростей, занесенных в табл. 5);

Таблица 1.4

Расчетные значения удельных основных сил сопротивления

³ При отключении двигателей увеличивается сопротивление вращению якорей за счет остаточного магнетизма полюсов.

движению локомотива w'_0 , w_{ox} , состава w''_0 и коэффициентов трения $\varphi_{кр}$ для чугунных и композиционных колодок

v, км/ч	w'_0 , Н/кН	w''_0 , Н/кН	w_x , Н/кН	Чугунные	Композиционные
				$\varphi_{кр}$	$\varphi_{кр}$
0	1,9	0,9	2,4	0,27	0,36
10	2,1	0,95	2,55	0,198	0,34
20	2,2	1,0	2,76	0,162	0,32
30	2,4	1,1	3,05	0,140	0,31
40	2,8	1,25	3,4	0,126	0,297
50	3,15	1,35	3,83	0,116	0,288
60	3,58	1,5	4,32	0,108	0,28
70	4,07	1,7	4,89	0,102	0,273
80	4,62	1,9	5,52	0,097	0,267
90	5,23	2,1	6,23	0,093	0,262
100	5,9	2,3	7,00	0,09	0,257

$\mathcal{G}_p$ — расчетный тормозной коэффициент состава в кН/кН

$$\mathcal{G}_p = \frac{\sum K_p}{Qg} = \frac{K_{p4}n_4}{Qg}, \quad (10)$$

где n_4 — число осей состава: $n_4 = 4/m_4$ (значения m_4 подсчитывались выше);

K_{p4} — расчетные силы нажатия тормозных колодок на ось 4-осного вагона (при чугунных колодках $K_{p4}=68,5$ кН/ось, при композиционных колодках $K_{p4}=41,5$ кН/ось).

При определении расчетного тормозного коэффициента грузовых поездов на спусках до 20‰ масса и тормозные средства локомотива обычно не учитываются; это упрощает расчеты и не снижает их точность.

Удельная замедляющая сила, действующая на поезд на режиме торможения, Н/кН:

при служебном регулировочном торможении: $w_{ox} + 0,5b_T$;

при экстренном торможении: $w_{ox} + b_T$.

Все результаты вычислений вносят в расчетную табл. 1.5. Значения w'_0 , w''_0 , w_x , $\varphi_{кр}$ для различных скоростей берутся из табл. 4. По данным этой таблицы следует построить по расчетным точкам диаграмму удельных равнодействующих сил для режима тяги $f_k - w_0 = f_1(v)$, режима холостого хода $w_{ox} = f_2(v)$ и режима служебного торможения $w_{ox} + 0,5b_T = f_3(v)$ (рис. 1).

Диаграмму удельных равнодействующих сил рекомендуется вычертить на отдельном листе, с тем, чтобы в дальнейшем при построении кривой $v = f(s)$ ее можно было бы перемещать вдоль профиля.

При построении графических зависимостей следует пользоваться масштабами, приведенными в табл. 1. 6.

Пользуясь построенной диаграммой для определенной массы состава и типа локомотива, можно анализировать условия и характер движения поезда на различных элементах профиля пути: определять равномерную скорость движения поезда на элементах различной крутизны, удельную равнодействующую силу на разных элементах в зависимости от скорости и т.д.

Таблица 1.5

Таблица удельных равнодействующих сил
Локомотив _____; масса состава $Q=$ _____ т

Режим тяги	v , км/ч	0	10	20	...	...	...	...	...	...	$V_{\text{констр}}$
	F_k , Н										
	ω'_0 , Н/кН										
	$W'_0 = \omega'_0 P g$, Н										
	ω''_0 , Н/кН										
	$W'_0 = \omega''_0 Q g$, Н										
	$W_0 = W'_0 + W''_0$, Н										
	$F_k - W_0$, Н										
	$F \frac{F_k - W_0}{(P + Q)g} = f_k - \omega_0$										
Режим холостого хода	ω_x , Н/кН										
	$W_x = \omega_x P g$, Н										
	$W_x + W''_0$, Н										
	$\omega_{ox} = \frac{W_x + W''_0}{(P + Q)g}$, Н/кН										
Режим торможения	$\varphi_{кр}$										
	$b_T = 1000 \varphi_{кр} \cdot g_p$, Н/кН										
	$w_{ox} + 0,5b_T$, Н/кН										
	$w_{ox} + b_T$, Н/кН										

Диаграмму удельных равнодействующих сил вычерчивают на миллиметровой бумаге, расчетные точки наносят на планшет заточенным карандашом четко, чтобы их положение было заметно.

6. Перед тем, как приступить к определению скорости и времени хода поезда по участку, следует решить **тормозную задачу**,

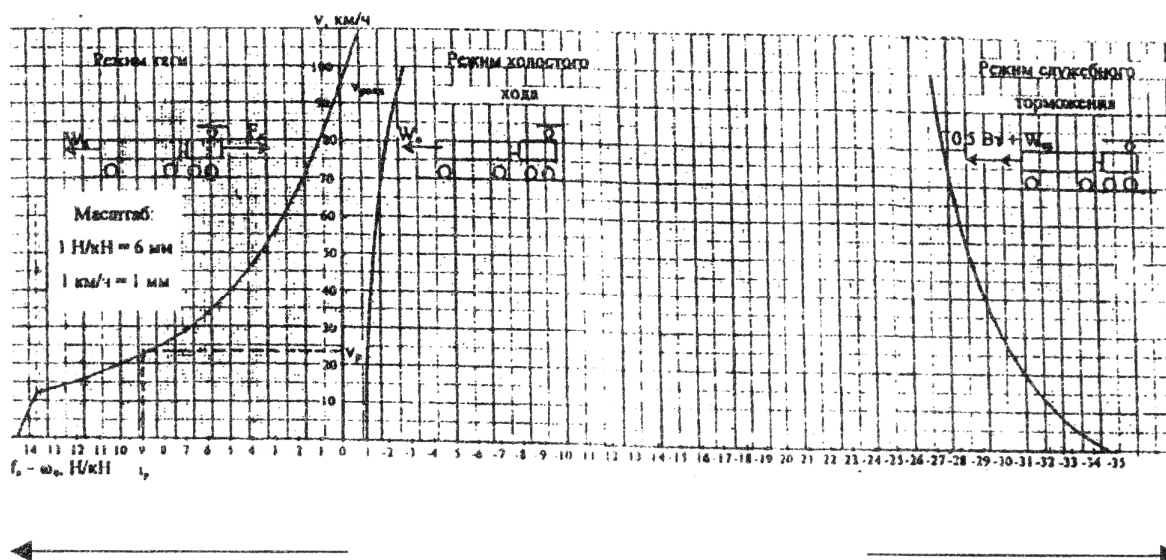


Рис. 1.1. Диаграмма удельных равнодействующих сил поезда

Таблица 1.6

Масштабы для графических расчетов

Величины	Для общих расчетов		Для тормозных расчетов	
	1	2	3	4
Удельные силы 1 Н/кН= К, мм	6	10	1	2
Скорость 1 км/ч = <i>m</i> , мм	1	2	1	2
Путь 1 км = <i>y</i> , мм	20	48	120	240
Постоянная времени Δ, мм	30	25	—	—
Время 1 мин = <i>x</i> , мм	10	10	—	—

которая состоит в определении максимально допустимой скорости движения поезда по наиболее крутому спуску участка при заданных тормозных средствах и принятом тормозном пути. Эта задача в работе решается графическим способом.

Полный (расчетный) тормозной путь

$$s_T = s_{II} + s_D, \quad (11)$$

где s_{II} — путь подготовки тормозов к действию, на протяжении которого тормоза поезда условно принимаются недействующими (от момента установки ручки крана машиниста в тормозное положение до включения тормозов поезда);

s_D — действительный тормозной путь, на протяжении которого поезд движется с действующими в полную силу тормозами (конец пути s_{II} совпадает с началом пути s_D).

Равенство (11) позволяет искать допустимую скорость как величину, соответствующую точке пересечения графических зависимостей подготовительного пути s_{II} и действительного тормозного пути s_D от скорости движения поезда на режиме торможения. Поэтому решают тормозную задачу следующим образом.

По данным расчетной таблицы удельных равнодействующих сил строят по точкам графическую зависимость удельных замедляющих сил при экстренном торможении от скорости $w_{ox} + b_T = f(v)$, а рядом, справа, устанавливают в соответствующих масштабах систему координат $v-s$ (рис.1.2). Оси скоростей v в обеих системах координат должны быть параллельны, а оси удельных сил ($w_{ox} + b_T$) и пути s должны лежать на одной пря-

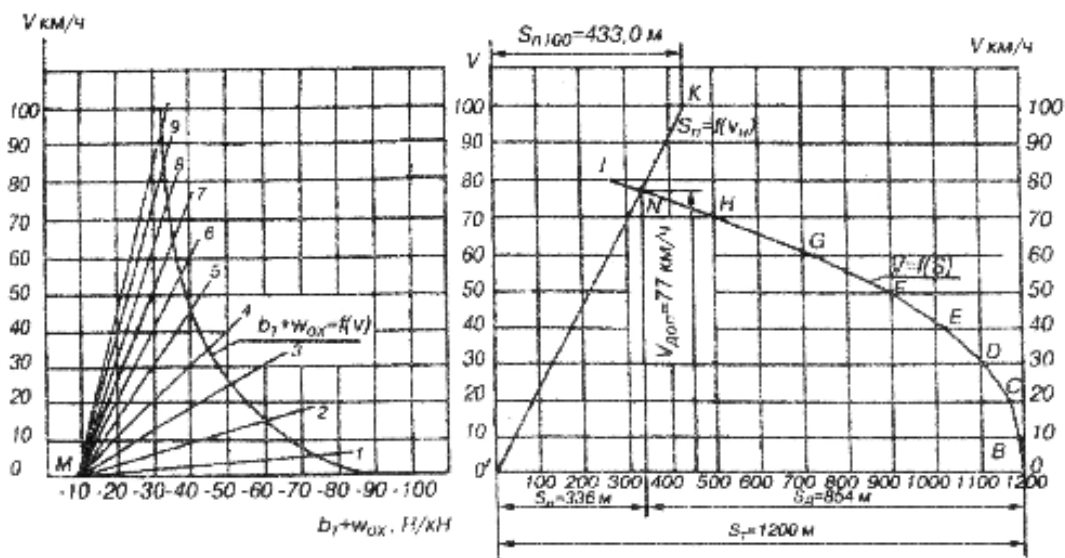


Рис.1.2. Графическое решение тормозной задачи

мой. Масштабы для графических построений при тормозных расчетах следует выбирать из табл.1. 6.

Решают тормозную задачу следующим образом. От точки O' вправо на оси s откладывают значение полного тормозного пути s_T , который следует принимать равным: на спусках крутизной до 6‰ включительно – 1000 м, на спусках круче 6‰ – 1200 м.

На кривой $w_{ox} + b_T = f(v)$ отмечают точки, соответствующие средним значениям скоростей выбранного скоростного интервала 10км/ч (т.е. точки, соответствующие 5, 15, 25, 35 км/ч и т.д.). Через эти точки из точки M на оси $w_{ox} + b_T$, соответствующей крутизне самого крутого спуска участка (полнос построения), проводят лучи 1, 2, 3,4 и т.д.

Построение кривой $v=f(s)$ начинают из точки O , так как нам известно конечное значение скорости при торможении, равное нулю. Из этой точки проводят (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 проводят перпендикуляр к лучу 2 до конца второго скоростного интервала от 10 до 20 км/ч (отрезок BC); из точки C проводят перпендикуляр к лучу 3 и т.д. Начало каждого последующего отрезка совпадает с концом предыдущего. В результате получают ломаную линию, которая представляет собой выраженную графически зависимость скорости заторможенного поезда от пройденного пути (или, иначе говоря, зависимость пути, пройденного поездом на режиме торможения, от скорости движения).

На тот же график следует нанести зависимость подготовительного тормозного пути от скорости:

$$s_{II} = 0,278v_H t_{II}, \text{ м}, \quad (12)$$

где v_H — скорость в начале торможения, км/ч;

t_{II} — время подготовки тормозов к действию, с; это время для автотормозов грузового типа равно:

$$t_{II} = 7 - \frac{10i_c}{b_T} \text{ — для составов длиной 200 осей и менее;}$$

$$t_{\Pi} = 10 - \frac{15i_c}{b_T} \text{ — для составов длиной от 200 до 300 осей;}$$

$$t_{\Pi} = 12 - \frac{18i_c}{b_T} \text{ — для составов длиной более 300 осей.}$$

Здесь i_c — крутизна уклона, для которого решается тормозная задача (для спусков со знаком минус)⁴;

b_T — удельная тормозная сила при начальной скорости торможения v_H .

Число осей в составе $n = 4m_4$.

Построение зависимости подготовительного тормозного пути s_{Π} от скорости производим по двум точкам, для чего подсчитываем значения s_{Π} при $v_H = 0$ (в этом случае $s_{\Pi} = 0$) и при $v_H = v_{\text{констр}}$

Считают, что заторможенный поезд движется слева направо.

Графическую зависимость между s_{Π} и v_H строят в тех же выбранных масштабах. Значение s_{Π} , вычисленное для скорости, равной конструкционной скорости локомотива ($v_{\text{констр}}$ приведена в табл. 1.3), откладывают в масштабе (см. табл. 1.6) вправо от вертикальной оси $O'v$ на «уровне» той скорости, для которой подсчитывалось значение s_{Π} (т.е. против скорости, равной $v_{\text{констр}}$). Получают точку K ; соединяют ее с точкой O' (так как при $v_H = 0$ имеем $s_{\Pi} = 0$). Точка пересечения ломаной линии $OBCDEFGHIP$ с линией $O'K$ — точка N — определяет максимально допустимую скорость движения поезда на наиболее крутом спуске участка при данном расчетном тормозном пути s_T . Полученные после решения тормозной задачи результаты следует указать в работе ($v_{\text{дон}} = \dots$ км/ч; $s_{\Pi} = \dots$ м; $s_{\text{д}} = \dots$ м).

Результаты решения тормозной задачи необходимо учитывать при построении кривой скорости движения поезда $v = f(s)$ с тем, чтобы нигде не превысить скорости, допустимой по тормозам, т.е. чтобы поезд мог быть всегда остановлен на расстоянии, не превышающем длины полного тормозного пути.

6. Аналитическое интегрирование уравнения движения поезда.

Уравнение движения поезда определяет зависимость между ускорением и равнодействующей приложенных к поезду сил:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \xi(f_k - \omega_k - \epsilon_T) \text{ км/ч}^2, \quad (13)$$

где $\xi = 120$ — коэффициент уравнения движения поезда с учетом поправки на силы инерции вращающихся масс;

$f_k - \omega_k - \epsilon_T$ — удельная сила, действующая на поезд, Н/кН.

Интегрирование уравнения движения поезда позволяет найти зависимость между скоростью v , временем t и пройденным расстоянием s .

В инженерной практике уравнение движения поезда обычно интегрируют, пользуясь методом конечных приращений скорости $\Delta v = v_{n+1} - v_n$. В пределах этих приращений величина равнодействующей силы принимается постоянной и соответствующей средней

⁴ Следовательно, при $n < 200$ осей $t_{\Pi} > 7$ с, при $n > 200$ осей $t_{\Pi} > 10$ с, при $n > 300$ осей $t_{\Pi} > 12$ с.

скорости v_{cp} интервалов. Следовательно, кривая удельных равнодействующих сил заменяется ступенчатой кривой [2,рис.47].

$$t = \frac{v_k - v_n}{2(f_k - \omega_k - \epsilon_T)_{cp}}, \text{ мин}, \quad (14)$$

$$s = \frac{4,17(v_k - v_n)}{(f_k - \omega_k - \epsilon_T)_{cp}}, \text{ м}, \quad (15)$$

где v_n — начальная скорость выбранного интервала скоростей, км/ч;
 v_k — конечная скорость интервала, км/ч;
 $(f_k - \omega_k - \epsilon_T)_{cp}$ — численное значение равнодействующей удельной силы, приложенной к поезду при средней скорости интервала (берется по диаграмме удельных равнодействующих сил).

Под равнодействующей удельных сил $(f_k - \omega_k - \epsilon_T)_{cp}$ следует понимать разность удельных сил, действующих на поезд.

Эта разность в режиме тяги при движении по ровному горизонтальному пути представляет собой $(f_k - \omega_o)_{cp}$ при средней скорости интервала изменения скорости. Ее находят по постоянной диаграмме удельных сил для средних скоростей интервалов. При движении по подъему в режиме тяги она будет иметь вид $(f_k - \omega_k - i)_{cp}$ (i — удельное сопротивление от подъема, численно равное числу тысячных подъема).

При движении по спуску, наоборот, к разности $(f_k - \omega_o)_{cp}$ нужно прибавить удельную силу, создаваемую при спуске за счет составляющей веса поезда т.е. $(f_k - \omega_o + i_c)_{cp}$.

В режиме холостого хода (выбега) сила тяги отсутствует и удельные равнодействующие силы будут иметь вид: $(-\omega_{ox} \pm i)_{cp}$, а в режиме торможения: $(-\omega_{ox} \pm i - \epsilon_T)_{cp}$.

Студенту следует учитывать эти изменения (элементов профиля и режимов движения), при расчете проходимого пути и времени в интервалах скоростей.

Для примера приведен расчет времени хода поезда по участку, состоящему из четырех элементов:

площадка длиной 1000 м;

спуск (3‰) длиной 800 м;

подъем (9‰) длиной 3500 м ;

спуск (12‰) длиной 5000 м.

Равнодействующие удельные силы для режимов тяги, холостого хода и торможения берем из диаграммы удельных равнодействующих сил (рис.3) при средних скоростях интервалов.

Наибольшая допустимая скорость движения 80 км/ч.

Определим время хода поезда по участку от момента трогания до прохода подъемом последнего четвертого элемента участка.

Первый элемент участка

$$s_1 = 1000 \text{ м}; i_1 = 0.$$

В интервале $v = 0 \div 10$ км/ч по диаграмме удельных равнодействующих сил (рис.1.1) в режиме тяги при средней скорости 5 км/ч

$$(f_k - \omega_o)_{cp} = 14,2 \text{ Н/кН};$$

$$t_1 = \frac{10 - 0}{2 \cdot 14,25} = 0,35 \text{ мин},$$

$$s_1 = \frac{4,17(10^2 - 0^2)}{14,25} \approx 30 \text{ м},$$

$$v = 10 \div 20 \text{ км/ч}; \quad (f_k - \omega_o)_{cp} = 12 \text{ Н/кН};$$

$$t_2 = \frac{20 - 10}{2 \cdot 12} = 0,4 \text{ мин},$$

$$s_2 = \frac{4,17(20^2 - 10^2)}{12} = 104 \text{ м},$$

$$v = 20 \div 30 \text{ км/ч}; \quad (f_k - \omega_o)_{cp} = 8 \text{ Н/кН}$$

$$t_3 = \frac{30 - 20}{2 \cdot 8} = 0,62 \text{ мин},$$

$$s_3 = \frac{4,17(30^2 - 20^2)}{8} = 260 \text{ м},$$

$$v = 30 \div 40 \text{ км/ч}; \quad (f_k - \omega_o)_{cp} = 5,8 \text{ Н/кН}$$

$$t_4 = \frac{40 - 30}{2 \cdot 5,8} = 0,86 \text{ мин},$$

$$s_4 = \frac{4,17(40^2 - 30^2)}{5,8} = 503 \text{ м},$$

Пройденный путь до достижения поездом скорости 40 км/ч:

$$s_1 + s_2 + s_3 + s_4 = 30 + 104 + 260 + 503 = 897 \text{ м}.$$

До перехода на спуск осталось $1000 - 897 = 103 \text{ м}$. Методом подбора найдем повышение скорости, при котором поезд проходит оставшиеся 103 м:

$$v = 40 \div 41,5 \text{ км/ч}; \quad (f_k - \omega_o)_{cp} = 4,9 \text{ Н/кН}$$

$$t_5 = \frac{41,5 - 40}{2 \cdot 4,9} = 0,2 \text{ мин},$$

$$s_5 = \frac{4,17(41,5^2 - 40^2)}{4,9} = 103 \text{ м},$$

Второй элемент участка:

$$s_H = 800 \text{ м}; \quad i_H = -3 \text{ ‰}.$$

В интервале от 41,5 до 50 км/ч:

$$(f_k - \omega_o + i_c)_{cp} = 4 + 3 = 7 \text{ Н/кН};$$

$$t_6 = \frac{50 - 41,5}{2 \cdot 7} = 0,6 \text{ мин},$$

$$s_6 = \frac{4,17(40^2 - 41,5^2)}{7} = 463 \text{ м},$$

Оставшиеся 337 м поезд проследует при повышении скорости с 50 до 55 км/ч (опять подбором).

$$(f_k - \omega_o + i_c)_{cp} = 3,4 + 3 = 6,4 \text{ Н/кН};$$

$$t_7 = \frac{55 - 50}{2 \cdot 6,4} = 0,4 \text{ мин},$$

$$s_7 = \frac{4,17(55^2 - 50^2)}{0,4} = 340 \text{ м},$$

Третий элемент участка:

$$s_3 = 3500 \text{ м}; \quad i_3 = 9 \text{ ‰}.$$

На этом элементе удельная равнодействующая сила в режиме тяги отрицательна, т.е. скорость будет снижаться. Для средней скорости 50 км/ч в интервале от 55 до 45 км/ч:

$$(f_k - \omega_o - i_n)_{cp} = 3,8 - 9 = -5,2 \text{ Н/кН};$$

$$t_8 = \frac{45 - 55}{-2 \cdot 5,2} = 0,96 \text{ мин},$$

$$s_8 = \frac{4,17(45^2 - 55^2)}{-5,2} = 802 \text{ м},$$

$$v = 45 \div 35 \text{ км/ч}; \quad (f_k - \omega_o - i_n)_{cp} = 5,0 - 9 = -4,0 \text{ Н/кН};$$

$$t_9 = \frac{35 - 45}{2 \cdot (-4,0)} = 1,25 \text{ мин},$$

$$s_9 = \frac{4,17(35^2 - 45^2)}{-4,0} = 1250 \text{ м},$$

Следующий интервал скорости берем от 35 км/ч до расчетной скорости $v_p = 23,5$ км/ч:

$$(f_k - \omega_o - i_n)_{cp} = 6,7 - 9 = -2,3 \text{ Н/кН};$$

$$t_{10} = \frac{23,5 - 35}{2 \cdot (-2,3)} = 2,5 \text{ мин},$$

$$s_{10} = \frac{4,17(23,5^2 - 35^2)}{-2,3} = 1220 \text{ м},$$

Итого пройденное расстояние по подъему крутизной 9 ‰ = 3272 м.

При расчетной скорости $v_p = 23,5$ км/ч равнодействующая удельных сил

$$(f_k - \omega_o - i_n) = 9 - 9 = 0.$$

Поезд движется равномерно до конца 9 ‰-го подъема:

$$s_{11} = 3500 - 3272 = 228 \text{ м};$$

$$t_{11} = \frac{s_{11}}{v_p} = \frac{0,228 \cdot 60}{23,5} = 0,58 \text{ мин},$$

Четвертый элемент участка:

$$s_4 = 5000 \text{ м}, \quad i_4 = -12 \text{ ‰}.$$

Ускоряющая сила увеличивается, скорость растет.

$$v = 23,5 \div 30 \text{ км/ч}; \quad (f_k - \omega_o + i_c) = 7,5 + 12 = 19,5 \text{ Н/кН};$$

$$t_{12} = \frac{30 - 23,5}{2 \cdot 19,5} = 0,16 \text{ мин},$$

$$s_{12} = \frac{4,17(30^2 - 23,5^2)}{19,5} = 118 \text{ м},$$

$$v = 30 \div 40 \text{ км/ч}; \quad (f_k - \omega_o + i_c) = 5,8 + 12 = 17,8 \text{ Н/кН};$$

$$t_{13} = \frac{40 - 30}{2 \cdot 17,8} = 0,28 \text{ мин},$$

$$s_{13} = \frac{4,17(40^2 - 30^2)}{17,8} = 164 \text{ м,}$$

$$v = 40 \div 50 \text{ км/ч; } (f_k - \omega_o + i_c) = 4,1 + 12 = 16,1 \text{ Н/кН;}$$

$$t_{14} = \frac{50 - 40}{2 \cdot 16,1} = 0,3 \text{ мин,}$$

$$s_{14} = \frac{4,17(50^2 - 40^2)}{16,1} = 233 \text{ м,}$$

$$v = 50 \div 60 \text{ км/ч; } (f_k - \omega_o + i_c) = 2,8 + 12 = 14,8 \text{ Н/кН;}$$

$$t_{15} = \frac{60 - 50}{2 \cdot 14,8} = 0,34 \text{ мин,}$$

$$s_{15} = \frac{4,17(60^2 - 50^2)}{14,8} = 253 \text{ м,}$$

$$v = 60 \div 70 \text{ км/ч; } (f_k - \omega_o + i_c) = 2,1 + 12 = 14,1 \text{ Н/кН;}$$

$$t_{16} = \frac{70 - 60}{2 \cdot 14,1} = 0,35 \text{ мин,}$$

$$s_{16} = \frac{4,17(70^2 - 60^2)}{14,1} = 384 \text{ м,}$$

Допустимая скорость по тормозам на крутом спуске $v_{\text{доп}} = 77 \text{ км/ч}$ (см. рис. 1.2).

Выключаем тяговые двигатели, достигнув скорости 70 км/ч, и продолжаем двигаться на холостом ходу до скорости 77 км/ч:

$$v = 70 \div 77 \text{ км/ч; } (-\omega_{\text{ох}} + i_c) = -1,9 + 12 = 10,1 \text{ Н/кН;}$$

$$t_{17} = \frac{77 - 70}{2 \cdot 10,1} = 0,346 \text{ мин,}$$

$$s_{17} = \frac{4,17(77^2 - 70^2)}{10,1} = 420 \text{ м.}$$

Скорость достигла максимально допустимой – 77 км/ч. Необходимо произвести служебное торможение, снизив скорость до 60 км/ч. Используем кривую служебного торможения диаграммы удельных равнодействующих сил (рис.1.1).

$$v = 77 \div 70 \text{ км/ч}; \quad (-\omega_{ox} - 0,5b_T + i_c) = -27,5 + 12 = -15,5 \text{ Н/кН};$$

$$t_{18} = \frac{70 - 77}{2 \cdot (-15,5)} = 0,22 \text{ мин},$$

$$s_{18} = \frac{4,17(70^2 - 77^2)}{-15,5} = 277 \text{ м},$$

$$v = 70 \div 60 \text{ км/ч}; \quad (-\omega_{ox} - 0,5b_T + i_c) = -28 + 12 = -16 \text{ Н/кН};$$

$$t_{19} = \frac{60 - 70}{2 \cdot (-16)} = 0,3 \text{ мин},$$

$$s_{19} = \frac{4,17(60^2 - 70^2)}{(-16)} = 339 \text{ м}.$$

Отпустив тормоза, двигаемся на холостом ходу:

$$v = 60 \div 70 \text{ км/ч}; \quad (\omega_{ox} + i_c) = -1,6 + 12 = 10,4 \text{ Н/кН};$$

$$t_{20} = \frac{70 - 60}{2 \cdot 10,4} = 0,48 \text{ мин},$$

$$s_{20} = \frac{4,17(70^2 - 60^2)}{10,4} = 677 \text{ м},$$

$$v = 70 \div 77 \text{ км/ч}; \quad (-\omega_{ox} + i_c) = -1,9 + 12 = 10,1 \text{ Н/кН};$$

$$t_{21} = \frac{77 - 70}{2 \cdot 10,1} = 0,346 \text{ мин},$$

$$s_{21} = \frac{4,17(77^2 - 70^2)}{10,1} = 420 \text{ м},$$

Суммируем пройденный путь по спуску: $S = 3285 \text{ м}$.

Оставшийся путь по спуску ($5000 - 3285 = 1715 \text{ м}$) пройдем со скоростью 77 км/ч, поддерживаемой регулировочным торможением.

$$S_{22} = 1715 \text{ м};$$

$$t_{22} = \frac{1715 - 60}{77} = 1,3 \text{ мин}.$$

Результаты расчетов заносим в табл. 1.7 и выполняем **построение кривых скорости и времени** по их рассчитанным значениям на миллиметровой бумаге в рекомендованных таблицей 1.6 масштабах (при этом выбираем масштабы 1 или 2).

7. Техническая скорость поезда на заданном участке определяется по формуле (16)

$$v_{\text{т}} = \frac{s}{t} \cdot 60 = \frac{10,3 \cdot 60}{13,1} = 47 \text{ км/ч.} \quad (16)$$

Таблица 1.7

Сводная таблица результатов расчётов

Номер элемента профиля	Скоростной интервал	v_1 , км/ч	v_2 , км/ч	$(f_k \pm \omega_k - e_t)_{cp}$, Н/кН	Δt_i , мин	$t = \Sigma \Delta t$, мин	ΔS_i , м	$S = \Sigma \Delta S$, м	Режим работы локомотивов
I $S_1=1000$ м $i_1=0$	1	0	10	14,2	0,35		30		Режим тяги То же -//- -//- -//-
	2	10	20	12	0,4		104		
	3	20	30	8	0,62		260		
	4	30	40	5,8	0,86		503		
	5	40	41,5	4,9	0,2	2,43	103	1000	
II $S_2=800$ м $i_2=-3\%$	6	41,5	50	4+3=7	0,6	1,0	463	805	Режим тяги То же
	7	50	55	3,4+3=6,4	0,4		342		
III $S_2=3500$ м $i_2=9\%$	8	55	45	3,8-9=-5,2	0,96		802		Режим тяги То же -//- -//-
	9	45	35	5,0-9=-4,0	1,25		1250		
	10	35	23,5	6,7-9=-2,3	2,5		1220		
	11	23,5	23,5	9-9=0	0,58	5,29	228	3500	
	12	23,5	30	7,5+12=19,5	0,16		118		
IV $S_2=5000$ м $i_2=-12\%$	13	30	40	5,8+12=17,8	0,28		164		Режим тяги То же -//- -//- -//- -//- Служ. тормож Режим х.х. -//-
	14	40	50	4,1+12=16,1	0,3		233		
	15	50	60	2,8+12=14,8	0,34		253		
	16	60	70	2,1+12=14,1	0,35		384		
	17	70	77	1,3+12=13,3	0,375		470	1622	
	18	77	70	-27,5+12=15,5	0,32		403		
	19	70	60	-28+12=16	0,3		339	742	
	20	60	70	-1,6+12=10,4	0,48		677	3041	
	21	70	77	-1,9+12=10,1	0,34+1,3	4,4	1715	5000	

 $\Sigma \Delta t = 13,1$ мин. $\Sigma \Delta S = 10$, км

1.2. Методические указания по выполнению 2-го раздела курсового проекта

Таблица 2.1

Исходные данные для выполнения 2-й части проекта

Наименование данных	Вариант (предпоследняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Длина участков, км А – Б	430	400	220	390	370	300	420	250	390	370
А – В	410	300	460	490	260	400	280	410	250	250
Размеры движения n , пар поездов в сутки	18	39	32	15	24	18	26	16	32	28
Участковая скорость, км/ч:										
в четном направлении	47	48	38	39	42	43	43	42	48	43
в нечетном направлении	44	46	39	40	39	40	44	41	45	42
Суммарная продолжительность стоянок на промежуточных станциях t_{cm} , ч:										
в четном направлении	2,0	2,5	2,0	2,5	1,5	2,0	1,7	1,5	1,6	1,8
в нечетном направлении	1,5	2,0	2,0	1,5	1,0	2,5	1,5	2,0	1,8	1,5
Время нахождения локомотива в пункте оборота t_B , t_B ч	1,5	1,6	1,5	1,7	1,5	1,8	1,6	1,5	1,7	1,6

2.1. Определение необходимости размещения промежуточных пунктов смены локомотивных бригад.

1. На заданных участках принимается прогрессивный кольцевой способ обслуживания поездов локомотивами при сменном способе обслуживания локомотивов бригадами,

который является основным на железных дорогах. Длина участка обращения локомотивов

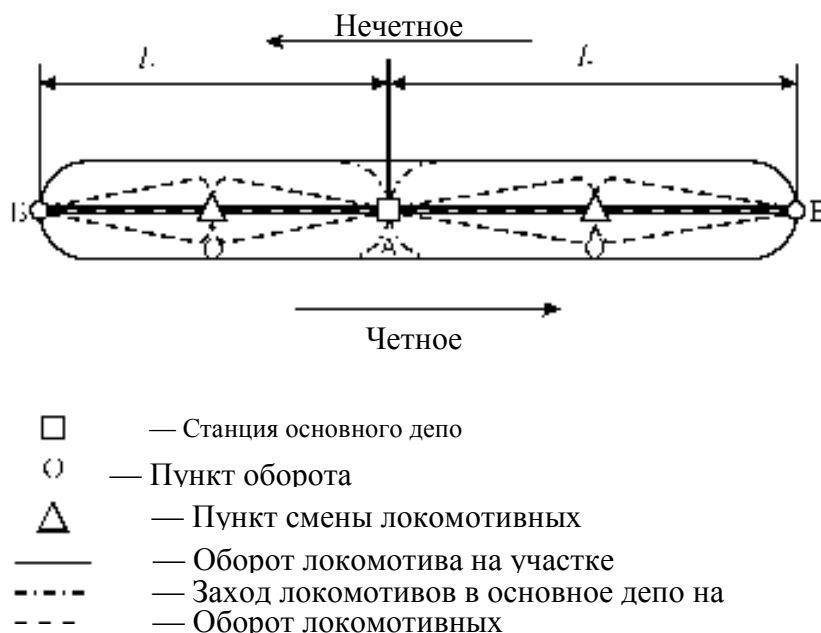


Рис. 2.1. Пример схемы обслуживания участков локомотивами и локомотивными бригадами

при этом не ограничивается нормой непрерывной работы локомотивных бригад.

Пример схемы обслуживания участков локомотивами и локомотивными бригадами приведен на рис. 2.1.

Протяженность участков, обслуживаемых локомотивными бригадами, выбирается такой, чтобы время непрерывной работы бригады (в одну сторону) не превышало (с учетом приемки и сдачи локомотива) 7-8 ч, а непосредственно в пути следования бригада находилась, как правило, не более 6 ч.

Необходимость организации промежуточных пунктов смены локомотивных бригад на участках $A-B$ и $A-B$ определяется исходя из времени следования поездов по этим участкам. Зная допустимое время непрерывной работы локомотивной бригады, можно определить потребное количество пунктов смены бригад на участках $A-B$ и $A-B$.

2.2. Определение полного оборота локомотива и эксплуатируемого парка локомотивов.

Потребность поездных локомотивов для выполнения заданного объема работы на участке обращения определяется аналитическим способом:

$$N_{\text{с}} = T \cdot n / 24 \quad (17),$$

где n — размеры движения на участке в парах поездов в сутки;

24 — число часов в сутках;

T — полный оборот локомотива на участке обращения, ч;

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8, \quad (18)$$

где t_1 — простой локомотива на станции основного депо A (в одном направлении);

$t_1 = 30 \text{ мин.};$

t_2 — время в пути от станции основного депо A до пункта оборота B ;

t_3 — простой локомотива в пункте оборота B ; $t_3 = 1 \text{ ч } 30 \text{ мин.};$

t_4 — время в пути от станции B до станции основного депо A ;

t_5 — простой локомотива на станции основного депо A (в другом направлении);

$t_5 = 30 \text{ мин.};$

t_6 — время в пути от станции основного депо A до пункта оборота B ;

t_7 — простой локомотива в пункте оборота B ; $t_7 = 1 \text{ ч } 30 \text{ мин.};$

t_8 — время в пути от станции B до станции основного депо A .

Времена t_2 , t_4 , t_6 и t_8 включают время стоянки поезда в пунктах смены локомотивных бригад б и в (см. рис. 7).

2.3. Определение основных показателей работы локомотивного парка.

Важными эксплуатационными измерителями, характеризующими полноту использования локомотивов в процессе их эксплуатации, являются среднесуточный пробег и суточная производительность локомотива, а также участковая скорость грузовых поездов на участке, время полезной работы локомотива за сутки и в чистом движении, бюджет времени локомотива, коэффициент потребности локомотивов и их годовой пробег.

Среднесуточный пробег локомотивов в км/сутки может быть определен по формуле

$$S_{\text{сут}} = \frac{2 \cdot (l_1 + l_2) \cdot n}{N_{\text{э}}} \quad (19)$$

где l_1 и l_2 — длины заданных участков (см. табл. 1);

$N_{\text{э}}$ — количество локомотивов, занятых в поездной работе (эксплуатируемый парк грузового движения).

Среднесуточная производительность локомотива в т·км брутто/сутки вычисляется по формуле

$$M = \frac{S_{\text{сут}} \cdot Q}{1 + \beta_0} \quad (20)$$

где Q — средняя масса состава, т (определена выше);

β_0 — коэффициент, учитывающий резервный и вспомогательный пробег локомотивов, можно принять $\beta_0 = (0,05 - 0,1)$.

Время полезной работы локомотива за сутки в ч

$$t_{пол} = \frac{S_{сум}}{v_y}, \quad (21)$$

где v_y — участковая скорость, км/ч (задана для четного и нечетного направлений, взять среднее значение).

Время работы локомотива в чистом движении за сутки в ч

$$t_{чд} = \frac{S_{сут}}{v_T}, \quad (22)$$

где v_T — техническая скорость (определенная ранее, взять среднее значение).

Бюджет времени локомотива является показателем, позволяющим установить время движения и простоя локомотива за сутки.

Этот показатель выражается в часах:

$$t_{чд} + t_{пр см} + t_{ос} + t_{об} = 24, \quad (23)$$

где $t_{чд}$ — время работы локомотива в чистом движении за сутки, ч;

$t_{пр см}$ — время простоя локомотива на промежуточных станциях за сутки, ч;

$t_{ос}$ — время нахождения локомотива за сутки на станции основного депо, ч;

$t_{об}$ — время нахождения локомотива за сутки в пунктах оборота, ч.

Бюджет времени локомотива по элементам в %:

$$\frac{t_{чд}}{24} \cdot 100 + \frac{t_{пр см}}{24} \cdot 100 + \frac{t_{ос}}{24} \cdot 100 + \frac{t_{об}}{24} \cdot 100 = 100 \%. \quad (24)$$

Элементы бюджета времени локомотива определяются следующим образом.

Время простоя локомотива на промежуточных станциях за сутки в ч

$$t_{пр см} = t_{пол} - t_{чд}. \quad (25)$$

Время нахождения локомотива на станции основного депо $t_{ос}$ и в пунктах оборота $t_{об}$ в ч вычисляется по формулам:

$$t_{ос} = \frac{n \cdot (t_1 + t_5)}{N_s}; \quad (26)$$

$$t_{об} = \frac{n \cdot (t_3 + t_7)}{N_s}, \quad (27)$$

где n — размеры грузового движения, пар поездов/сутки.

Коэффициент потребности локомотивов (количество локомотивов, требуемое для обслуживания одной пары поездов)

$$K = T / 24, \quad (28)$$

Годовой пробег локомотивов, обслуживающих заданный участок обращения, в км/год

$$L_z = 365 \cdot 2 \cdot (l_1 + l_2) \cdot n \quad (29)$$

где n — размеры движения на участках в парах поездов за сутки (см. табл 2.1).

2.4. Потребное количество локомотивных бригад

Потребное количество локомотивных бригад (явочное число) для заданных размеров движения на участке обращения при сменном обслуживании локомотивов может быть получено по формуле

$$B_{бр}^{яв} = \frac{30,4 \cdot \sum T_{бр}}{173,4}, \quad (30)$$

где 30,4 — среднее число суток в месяце;

173,4 — среднемесячная норма часов работы локомотивной бригады;

$T_{бр}$ — суммарное суточное время работы локомотивных бригад в ч;

$$\sum T_{бр} = (t_2 + t_4 + t_6 + t_8 + t_{дон}) \cdot n, \quad (31)$$

$t_{дон}$ — дополнительное время работы локомотивных бригад по приемке и сдаче локомотивов (в пунктах $A, B, B, б, в$), ч.

На приемку и сдачу локомотива устанавливается время не более 30 мин на станции основного депо и в пунктах оборота локомотивов, а в промежуточных пунктах смены локомотивных бригад — не более 20 мин (при этом надо учесть, что работают две бригады — принимающая и сдающая).

Для схемы обслуживания участков локомотивными бригадами, приведенной на рис. 7,

$$t_{дон} = (0,5 \cdot 2 \cdot 4 + 0,33 \cdot 4 \cdot 2), \quad \text{ч.} \quad (32)$$

С учетом подмены бригад, находящихся в отпуске, командировке, больных и занятых на общественной работе, определяется списочное количество бригад

$$B_{бр}^{спис} = 1,13 \cdot B_{бр}^{яв}.$$

Средняя часовая производительность локомотивной бригады в ткм/ч

$$m = \frac{2 \cdot (l_1 + l_2) \cdot n \cdot Q}{\sum T_{бр}} \quad (33)$$

Месячная выработка локомотивной бригады, выраженная в километрах (км/месяц), м

$$L_{бр} = \frac{30 \cdot 2 \cdot (l_1 + l_2) \cdot n}{B_{бр}^{спис}} \quad (34)$$

2.5. Программа и фронт ремонта локомотивов.

Для поддержания локомотивов в исправном состоянии, обеспечения устойчивости работы и повышения их надежности в эксплуатации нормами РЖД установлены следующие виды планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта электровозов и тепловозов.

Техническое обслуживание ТО-1, ТО-2, ТО-3 — для предупреждения появления неисправностей и поддержания локомотивов в работоспособном и надлежащем санитарно-гигиеническом состоянии, обеспечивающим их бесперебойную работу и безопасность движения.

Техническое обслуживание ТО-4 — для обточки бандажей колесных пар без выкатки их из-под локомотивов с целью поддержания оптимальной величины проката.

Текущий ремонт ТР-1, ТР-2, ТР-3 — для восстановления основных эксплуатационных характеристик и работоспособности локомотивов в соответствующих межремонтных периодах путем ревизии, ремонта и замены отдельных деталей, узлов и агрегатов, регулировки и испытания, а также частичной модернизации.

Капитальный ремонт КР-1 — для восстановления эксплуатационных характеристик, исправности и ресурса (срока службы) путем замены, ремонта изношенных и поврежденных агрегатов, узлов и деталей, а также модернизации.

Капитальный ремонт КР-2 — для восстановления эксплуатационных характеристик, исправности и полного ресурса всех агрегатов, узлов и деталей, включая базовые, полной замены проводов и кабелей, а также модернизации.

Техническое обслуживание ТО-1 выполняется локомотивными бригадами в соответствии с перечнем работ, утвержденным начальником службы локомотивного хозяйства дороги приписки локомотивов.

Техническое обслуживание ТО-2 поездных локомотивов выполняется высококвалифицированными слесарями в пунктах технического обслуживания, оснащенных необходимым оборудованием, приспособлениями, инструментом и обеспеченных технологическим запасом деталей и материалов.

Техническое обслуживание ТО-3 и ТО-4; текущий ремонт ТР-1, ТР-2, ТР-3 локомотивов выполняются в депо приписки комплексными и специализированными бригадами. При отсутствии в депо приписки необходимой ремонтной базы текущий ремонт ТР-2 и ТР-3 выполняется в других (специализированных) депо дороги.

Капитальный ремонт КР-1 и КР-2 локомотивов выполняется на специализированных локомотиворемонтных заводах МПС.

Среднесетевые межремонтные пробеги локомотивов, а также нормы продолжительности технического обслуживания и ремонта приведены в табл. 2.2.

По данным табл. 2.2 составляется схема цикличности выполнения ремонтов локомотивов (пример такой схемы представлен на рис. 2.2.).

Годовую программу ремонтов и технического обслуживания ТО-3 локомотивов можно определить по следующим формулам (локомотивов/год):

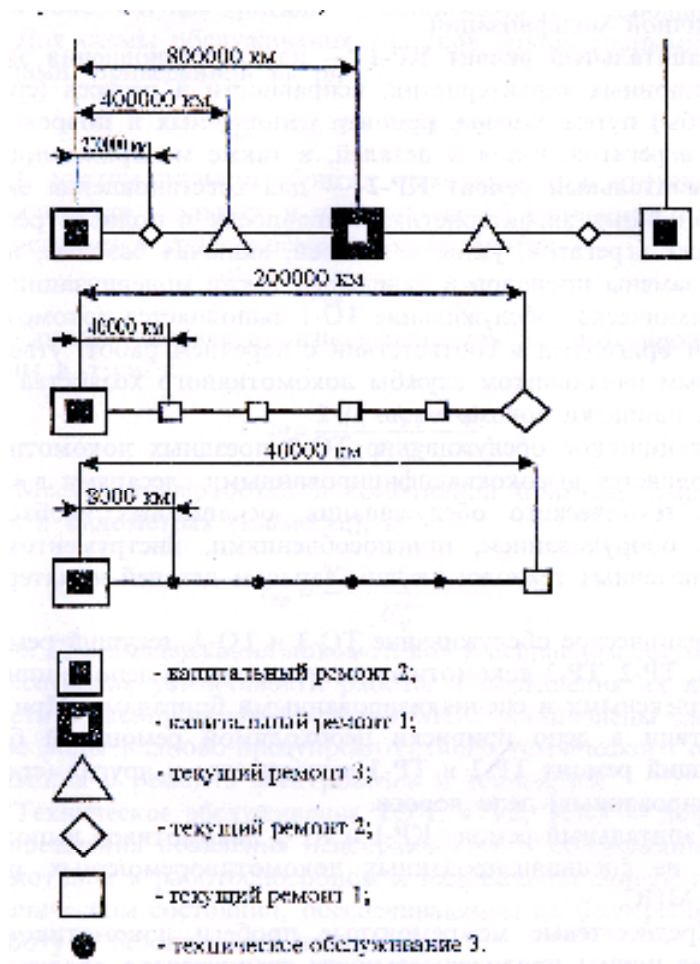


Рис. 2.2 Пример схемы цикличности выполнения ремонта и технического обслуживания локомотивов

капитальный ремонт КР-2

$$N_{кр-2} = \frac{L_{год}}{L_{кр-2}}, \quad (35)$$

капитальный ремонт КР-1

$$N_{кр-1} = \frac{L_{год}}{L_{кр-1}} - \frac{L_{год}}{L_{кр-2}}, \quad (36)$$

текущий ремонт ТР-3

$$N_{тр-3} = \frac{L_{год}}{L_{тр-3}} - \frac{L_{год}}{L_{кр-1}}, \quad (37)$$

текущий ремонт ТР-2

$$N_{тр-2} = \frac{L_{год}}{L_{тр-2}} - \frac{L_{год}}{L_{тр-3}}, \quad (38)$$

текущий ремонт ТР-1

$$N_{тр-1} = \frac{L_{год}}{L_{тр-1}} - \frac{L_{год}}{L_{тр-2}}, \quad (39)$$

техническое обслуживание ТО-3

$$N_{то-3} = \frac{L_{год}}{L_{то-3}} - \frac{L_{год}}{L_{тр-1}}, \quad (40)$$

В этих формулах: $L_{год}$ — годовой пробег всех поездных локомотивов, км;

$L_{кр-2}$, $L_{кр-1}$, $L_{тр-3}$, $L_{тр-2}$, $L_{тр-1}$, $L_{то-3}$ — нормы пробега локомотивов между соответствующими ремонтами и техническими обслуживаниями.

Фронтом ремонта называют количество локомотивов, одновременно находящихся в данном виде ремонта:

$$\Phi_1 = N_1 \cdot t_1 / D \quad (41)$$

где N_1 — годовая программа данного вида ремонта (или технического обслуживания);

t_1 — продолжительность нахождения локомотива в данном виде ремонта или технического обслуживания, сут (см. табл. 5);

D — расчетное количество рабочих дней в году (260,4 дня при продолжительности смены 8 ч и 254 дня при продолжительности смены 8 ч 12 мин).*

Фронт ремонта (по каждому виду) следует вычислять с точностью до второго знака после запятой.**

2.6. Инвентарный парк локомотивов

Инвентарный парк локомотивов $N_{ме}$ состоит из локомотивов эксплуатируемого парка $N_э$, локомотивов, находящихся в ремонте $N_{рем}$ и локомотивов, находящихся в резерве управления дороги $N_{рез}$ и в запасе МПС $N_{зан}$, т.е.

$$N_{инв} = N_э + N_{рем} + N_{рез} + N_{зан}, \quad *** \quad (42)$$

где $N_{рем} = \Phi_{кр-2} + \Phi_{кр-1} + \Phi_{тр-3} + \Phi_{тр-2} + \Phi_{тр-1} + \Phi_{то-3}$.

Здесь $\Phi_{кр-2}$, $\Phi_{кр-1}$, $\Phi_{тр-3}$, $\Phi_{тр-2}$, $\Phi_{тр-1}$, $\Phi_{то-3}$ — фронты капитальных, текущих ремонтов и технического обслуживания ТО-3.

Количество локомотивов, находящихся в резерве управления дороги, можно принять равным 10% от эксплуатируемого парка, а число локомотивов запаса МПС — 5% от эксплуатируемого парка.

Состояние локомотивного парка характеризуется отношением количества неисправных локомотивов к парку в распоряжении дороги.

2.7. Процент неисправных локомотивов в деповском ремонте рассчитывается по формуле

$$\alpha_{ден} = \frac{\Phi_{тр-3} + \Phi_{тр-2} + \Phi_{тр-1} + \Phi_{то-3}}{N_э + N_{рем} + N_{рез}} \cdot 100\% \quad (43)$$

* При подсчете фронта технического обслуживания ТО-3, а также капитальных ремонтов принимать $D = 365$ дней.

** Разумеется, надо выдерживать соответствие размерностей величин: если простой берется в сутках, то и в знаменателе формулы (42) ставится число суток (365, 254 или 260,4); если же простой представляется в часах, то и в знаменателе должны быть часы (например, 365-24 ч).

*** Значения $N \wedge N_{ез}$ и $N_{зан}$ должны быть округлены.

Таблица 2,2.

Локомотивы	Техническое обслуживание ТО-3	Виды технического обслуживания в ремонте				
		Текущий ремонт			Капитальный ремонт	
		ТР-1	ТР-2	ТР-3	КР-1	КР-2
Электровозы: постоянного тока (ВЛ8, ВЛ10, ВЛ11)	12500 км 6 ч	25000 км 15 ч	175000 км 1,5 сут	350000 км 3,5 сут	700000 км 20 сут	2100000 км 23 сут
переменного тока (ВЛ60 ^А , ВЛ70 ^А)	—	14000 км 15 ч	200000 км 1,5 сут	400000 км 3,5 сут	800000 км 20 сут	2400000 км 25 сут
Тепловозы: ТЭ3, М62	7500 км 8 ч	30000 км 36 ч	120000 км 4 сут	240000 км 4,5 сут	720000 км 18 сут	1440000 км 22 сут
2ТЭ10В, 3ТЭ10В	7200 км 10 ч	29000 км 40 ч	115000 км 5 сут	230000 км 6 сут	690000 км 19 сут	1380000 км 22 сут
3ТЭ11Б, 2ТЭ131	8000 км 16 ч	40000 км 56 ч	200000 км 8 сут	400000 км 10 сут	800000 км 19 сут	1600000 км 22 сут

Примечания:
1. Условно принимаем, что техническое обслуживание ТО-4, совпадающее с обходом ближайшей колонной шир без их выкатки из-под локомотивов, совмещается с текущими ремонтами ТР-1, ТР-2 и техническим обслуживанием ТО-3.
2. Продолжительности текущих ремонтов и технического обслуживания даны в рабочих сутках, а продолжительности капитальных ремонтов — в календарных сутках с учетом назначения постоянного локомотива в ремонт.

Общий процент неисправных локомотивов

$$\alpha_{\text{общ}} = \frac{N_{\text{рем}}}{N_{\text{г}} + N_{\text{рем}} + N_{\text{рез}}} \cdot 100\%. \quad (44)$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Тяговые расчеты

1. Назначение тяговых расчетов.
2. Что называют расчетным подъемом и какой элемент профиля принимают за расчетный.
3. Что понимают под основным сопротивлением движению и какие факторы его определяют.
4. Что понимают под дополнительным сопротивлением движению.
5. Что понимают под удельным сопротивлением движению.
6. Чему равно удельное дополнительное сопротивление движению поезда от подъема?
7. Как определяется удельное дополнительное сопротивление движению поезда от кривой?
8. Какое условие положено в основу определения массы состава.
9. Режимы движения поезда.
10. В каких случаях поезд движется ускоренно; замедленно; равномерно.
11. Отличие технической скорости от участковой.

Локомотивное хозяйство

1. По какому принципу построена система управления локомотивным хозяйством? Какова структура управления локомотивным хозяйством?
2. Что является на транспорте основой для организации эксплуатационной работы локомотивов?
3. Что подразумевают под пропускной и провозной способностью железнодорожного участка?
4. Какие существуют способы обслуживания поездов локомотивами? Какой из них наиболее прогрессивный?

5. Как определяется потребность локомотивов эксплуатируемого парка в грузовом и пассажирском движении и на маневровой работе?
6. Из каких локомотивов состоит инвентарный (приписной) парк локомотивов депо?
7. Какими основными показателями оценивается работа локомотива?
8. Как повысить среднесуточный пробег, время полезной работы и производительность локомотивов?
9. Как повысить участковую скорость движения локомотивов?
10. Из каких элементов состоит бюджет времени работы локомотива?
11. Каков порядок работы и отдыха локомотивных бригад?
12. Как определяется контингент локомотивных бригад?
13. В чем заключается планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта локомотивов?
14. Кем и когда выполняются технические обслуживания ТО-1, ТО-2, ТО-3?
15. Какой примерный объем ремонта выполняется на текущих ремонтах ТР-1, ТР-2, ТР-3?
16. Что называется фронтом ремонта локомотивов?
17. Как определяется годовая программа ремонта по каждому виду ремонта?
18. Какая норма процента неисправных локомотивов установлена по сети дорог?
19. Какие экипировочные устройства должны быть предусмотрены в депо?

Рекомендуемая литература

ОСНОВНАЯ

1. Кононов, В.Е. Скалин А.В. Ибрагимов М.А. Локомотивы. Общий курс: учеб. пособ. - М.: РГОТУПС, 2008 – 187 с.
2. А.А.Астахов, С.И. Баташов, М.А.Ибрагимов. Теория тяги поездов: Учеб. пособ.- Брянск: Издательство ООО «Дизайн Принт» , 2013-277 с.
- 3.. Кононов, В.Е. Бухтев В.Ф.. Ибрагимов М.А. и др. Подвижной состав железных дорог : учеб. пособ. ./-Смоленск : Смоленский филиал МИИТ, 2013 – 204 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

4. Осипов, С.И. Осипов С.С. Основы тяги поездов: учеб. для техникумов ж.д. транспорта.- М.: УМК МПС России, 2000 - 592 с.
5. Правила тяговых расчётов для поездной работы.- М.: Транспорт, 1985 – 287 с.
- 6.Некрашевич В.И., Апатцев В.И. Управление эксплуатацией локомотивов.Уч. пос.: - М.:РГОТУПС ,2004.-257 с