

Аннотация.

В данной курсовой работе необходимо произвести спрямление заданного профиля, а также рассчитать массу состава под заданные параметры и тепловоз с возможностью ведения состава этим тепловозом. Необходимо также решить тормозную задачу с тем, что бы состав при необходимости мог остановиться в любой точке профиля в соответствии с введенными нормативами по тормозам. В заключении требуется рассчитать энергетические параметры тепловоза, в частности потребление топлива и нагрев тяговых двигателей.

Объём пояснительной записки составил 17 листов, в том числе 5 рисунков и 8 таблиц. Список использованной литературы содержит 3 источника.

Содержание. стр.

Аннотация.....	2
Введение.....	4
Исходные данные для выполнения курсового проекта.....	5
1. Спрямление профиля пути.....	6
2. Определение массы состава.....	7
2.1 Предварительная масса состава.....	7
2.2 Проверка массы состава по длине приёмо-отправочных путей.....	7
2.3 Проверка массы состава на возможность преодоления крутого подъёма.....	8
2.4 Проверка массы состава на трогание с места.....	8
3. Исходные данные для расчёта на ЭВМ.....	9
4. Построение диаграммы удельных равнодействующих сил.....	9
5. Определение максимально допустимой скорости движения поезда на максимальном спуске.....	16
6. Построение кривой скорости в функции пути.....	18
7. Построение кривой времени и тока двигателя в функции пути.....	19
8. Определение технической скорости.....	19
9. Определение времени хода поезда методом равномерных скоростей.....	21
10. Минимальная скорость подхода к трудному участку.....	21
11. Расход тепловозом дизельного топлива.....	24
12. Определение виртуального коэффициента.....	24
13. Расчёт нагревания электрических машин.....	24
Заключение.....	26
Список использованной литературы.....	27

Введение.

Наука о тяге поездов изучает комплекс вопросов, связанных с теорией механического движения поезда, рационального использования локомотивов и экономичного расходования электрической энергии и топлива.

Теория электрической и тепловозной тяги позволяет решать широкий круг практических вопросов эффективной эксплуатации железных дорог, рассчитывать основные параметры вновь проектируемых линий, участков, переводимых на новые виды тяги, намечать основные требования к вновь разрабатываемым локомотивам, а также вагонам. С помощью теории и тяги поездов определяют силы, действующие на поезд, влияние этих сил на характер его движения, находят оптимальную массу состава при выбранной серии локомотива, рассчитывают скорости движения в любой точке пути с учётом безопасности движения поездов и время хода по каждому перегону и участку, определяют расход топлива и проверяют использование мощности локомотива.

На основании этих данных составляют график движения поездов, определяют пропускную и провозную способность железных дорог и рассчитывают эксплуатационные показатели локомотивного хозяйства.

На действующих линиях теория позволяет найти рациональные режимы вождения поездов на различных участках и наиболее экономичные условия эксплуатации локомотивов.

Теория тяги поездов начата развиваться еще девятнадцатом веке профессором Н. П. Петровым. В те времена были проведены исследования сопротивления движению подвижного состава, непрерывных тормозных систем и разработана гидродинамическая теория трения, сохранившая своё значение до наших дней. Эти исследования он подтвердил опытной проверкой и показан пути уменьшения вредных сопротивлений движению на железнодорожном транспорте. В это же время другой русский учёный профессор А. П. Бородин создал первую лабораторию для опытных исследований работы паровозов. В дальнейшем уже в годы Советской власти теоретические и экспериментальные исследования в тяге поездов проводили профессора В. Ф. Егорченко, А. М. Бабников и другие учёные.

В 1918 году был создан Научно-экспериментальный институт путей сообщения, впоследствии преобразованный во Всесоюзный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ), который в те времена проводил и сейчас проводит исследования вопросов тяги поездов, испытывает новые серии локомотивов, изучает сопротивление движению подвижного состава, работает над совершенствованием тормозных средств поездов.

Теория тяги поездов позволявшая найти скрытые резервы в каждом из этих направлений и решить поставленные задачи наиболее рационально с меньшей затратой сил и средств. Ввод более мощных тепловозов обеспечит значительный подъём производительности труда и повышение объёма перевозок. На наиболее напряженных направлениях железных дорог используют электрическую тягу, обладающую более высокой пропускной и провозной способностью участков.

Выполнение расчётов, связанных с тягой поездов, пользуются Правилами тяговых расчётов для поездной работы (ПТР), являющимися основным официальным документом, утверждаемым Министерством путей сообщения. В них приведены методы и порядок проведения расчётов, расчётные формулы и нормативы, которыми руководствуются при выполнении расчётов. Эти расчёты требуют больших затрат времени. Для их уменьшения в настоящее время широко используют вычислительную технику, которой оснащены вычислительные центры железных дорог.

Исходные данные для выполнения курсового проекта.

Вариант: 10

Тип локомотива: 2ТЭ116.

Доля вагонов в поезде: четырехосных на подшипниках качения $\alpha=50\%$;

четырёхосных на подшипниках скольжения $\beta=30\%$;

шестиосных $\gamma=7\%$;

восьмиосных $\delta=13\%$.

Масса вагонов: четырехосных $q_4=78$ т;

шестиосных $q_6=120$ т;

восьмиосных $q_8=168$ т.

Тормозных осей в составе: $\sigma=90\%$. | /

Тип тормозных колодок: композиционные.

Длина приёма - отправочных путей: $L_{\text{поп}}=1250$ м.

Номер профиля: 3 (табл. 1).

Тяговая характеристика составлена на основании рис. 147 [2].

1. Спрямление профиля пути.

Спрямление профиля состоит в замене двух или нескольких смежных элементов продольного профиля пути одним элементом, длина которого S_c равна сумме длин спрямляемых элементов (S_1, S_2, \dots, S_n)

$$S_c = S_1 + S_2 + \dots + S_n, \quad (1.1)$$

а крутизна i_c вычисляется по формуле

$$i_c = \frac{i_1 \cdot S_1 + i_2 \cdot S_2 + \dots + i_n \cdot S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n}, \quad (1.2)$$

где $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$ - крутизна элементов спрямляемого участка.

Чтобы расчёты скорости и времени движения поезда по участку были достаточно точными, необходимо выполнить проверку возможности спрямления группы элементов профиля по формуле

$$S_{i \leq} \leq 2000 / \Delta i = 2000 / |i'_c - i_i|$$

Кривые на спрямлённом участке заменяются фиктивным подъёмом, крутизна которого определяется по формуле

$$i'_c = \frac{700}{S_c} \sum_{i=1}^n \frac{S_{KPi}}{R_i},$$

где S_{KPi} и R_i - длина и радиус кривых в пределах спрямляемого участка, м.

Крутизна спрямляемого участка с учётом фиктивного подъёма от кривой "туда" и "обратно"

$$i_c = i'_c + i''_c.$$

$$i_c = -i'_c + I''_c.$$

(1.5)

По вышеописанному методу произведём спрямление заданного профиля. При этом расчёты проведем в табличной форме (табл. 2), а расчёт одного спрямлённого участка приведем для примера.

Участок 2-5:

$$S_c = 1200 + 1500 + 1650 + 1850 = 6200,0 \text{ м};$$

$$i'_c = \frac{-4 \cdot 1200 + 2,0 \cdot 1500 - 1 \cdot 1650}{1200 + 1500 + 1650 + 1850} = -1,5 \text{ ‰}$$

$$\text{Для 2-го участка} \quad 1200 / -1,5 + 4/ = 2980 < 4000$$

Для 3- го участка 1500/-1,5 + 2/ < 4000
 Для 4 –го участка 1650/-1,5+1/ <4000
 Для 5 –го участка 1850/-1,5+0/ < 4000

$$i_c'' = \frac{700}{6200} \cdot \frac{850}{1500} = 0,06\%$$

Крутизна спрямленного участка с учетом фиктивного подъема от кривой:

$$i_c = i_c' + i_c''$$

Туда $i_c = -1,5 + 0,06 = -1,44\%$

Обратно $i_c = 0,06 + 1,5 = 1,56\%$

Таблица 2. Спрямление профиля пути.

№эле- мента	S,м	I,‰	Кривые		S _с ,м	i _с ',‰	i _с '' ,‰	I _с туда	I _с об- рат- но	№ спрям.эле- мента
			R,м	S _{кр} ,м						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1900	0,0	Станция Е		1900	0,0	0	0,0	0,0	1
2	1200	-4,0	1500	850	6200	-1,5	0,06	-1,4	1,4	2
3	1500	-2,0	0	0						
4	1650	-1,0	0	0						
5	1850	0,0	0	0						
6	6500	8,0			6500	8,0	0	+8,0	- 8,0	3
7	700	0,0	0	0	3700	-2,2	0,1	-2,1	+2,1	4
8	800	-3,0	700	400						
9	1400	-4,0								
10	800	0,0								
11	1400	10,0	0	0	1450	10,0	0	10,0	-10,0	5
12	600	0,0	0	0	1300	-2,1	0,3	-1,8	+1,8	6
13	400	-3,0	650	400						
14	300	-5,0								
15	1700	-1,5	Ст.К		1700	-1,5	0	-1,5	+1,6	7
16	500	-6,0	700	500	900	-3,3	0,6	-2,7	+2,7	8
17	400	0,0								
18	7000	-7,0			7000	-7,0	0	-7,0	+7,0	9
19	2000	-9,0			2000	-9,0	0	-9,0	+9,0	10
20	1600	0,0	1000	600	1600	0	0,4	0,4	-0,4	11
21	2000	+5,0			2000	+5,0	0	+5,0	-5,0	12
22	1800	+3,0	800	1000	1800	+3,0	0,5	+3,5	-3,5	13
23	1800	+1,5	Ст.А		1800	+1,5	0	+1,5	-1,5	14

2. Определение массы состава.

2.1 Предварительная масса состава.

1) Основное удельное сопротивление локомотива на режиме тяги:

$$\omega_0 = 1,9 + 0,01 \cdot V_p + 0,0003 \cdot V_p^2 = 1,9 + 0,01 \cdot 24,2 + 0,0003 \cdot 24,2^2 = 2,32 \text{ Н/кН},$$

где $V_p = 24,2$ км/ч - расчётная скорость тепловоза (табл. 3.3 [1]).

2) Масса, приходящаяся на одну колёсную пару четырёх-, шести- и восьмиосного вагона:

$$q_{04} = q_4/4 = 78/4 = 19,5 \text{ т/ось}, \quad q_{06} = 120/6 = 20 \text{ т/ось}, \quad q_{08} = q_8/8 = 168/8 = 21 \text{ т/ось}$$

3) Основное удельное сопротивление соответственно четырехосных грузовых вагонов на подшипниках качения и скольжения, шести- и восьмиосных:

$$\omega_{04к}'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1V_p + 0,0025V_p^2}{q_{04}} = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 24,2 + 0,0025 \cdot 24,2^2}{19,5} = 1,05 \text{ Н / кН};$$

$$\omega_{04с}'' = 0,7 + \frac{8 + 0,1V_p + 0,0025V_p^2}{q_{04}} = 0,7 + \frac{8 + 0,1 \cdot 24,2 + 0,0025 \cdot 24,2^2}{19,5} = 1,31 \text{ Н / кН};$$

$$\omega_{06}'' = 0,7 + \frac{8 + 0,1 \cdot V_p + 0,0025V_p^2}{q_{06}} = 0,7 + \frac{8 + 0,1 \cdot 24,2 + 0,0025 \cdot 24,2^2}{20} = 1,29 \text{ Н / кН};$$

$$\omega_{08}'' = 0,7 + \frac{6 + 0,038V_p + 0,0021V_p^2}{q_{08}} = 0,7 + \frac{6 + 0,038 \cdot 24,2 + 0,0021 \cdot 24,2^2}{21} = 1,09 \text{ Н / кН};$$

4) Основное удельное сопротивление состава:

$$\omega_0'' = \alpha \cdot \omega_{04к}'' + \beta \cdot \omega_{04с}'' + \gamma \cdot \omega_{06}'' + \delta \cdot \omega_{08}'' = 0,5 \cdot 1,05 + 0,3 \cdot 1,31 + 0,07 \cdot 1,29 + 0,13 \cdot 1,09 = 1,15 \text{ Н/кН}$$

5) Масса состава (предварительно):

$$Q = \frac{F_{кр} - (\omega_0'' + i_p) \cdot P \cdot g}{(\omega_0'' + i_p) \cdot g} = \frac{50600 - (2,32 + 8) \cdot 276 \cdot 9,81}{(1,15 + 8,00) \cdot 9,81} = 5250 \text{ Т}$$

где $F_{кр} = 50600$ Н - расчётная сила тяги (табл. 3.3 [1]);

$P = 276$ т - расчётная масса локомотива (табл. 3.3 [1]);

$i_p = 8,0$ ‰ - выбранный расчётный подъём (табл. 1);

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

Полученную массу удовлетворяет условию.

2.2 Проверка массы состава по длине приёмо-отправочных путей.

1) Число четырехосных, шестиосных и восьмиосных вагонов в составе:

$$m_4 = (\alpha + \beta) \cdot Q / q_4 = (0,5 + 0,3) \cdot 5250 / 78 = 54 \quad m_6 = \gamma \cdot Q / q_6 = 0,07 \cdot 5250 / 120 = 3$$

$$m_8 = \delta \cdot Q / q_8 = 0,13 \cdot 5250 / 168 = 4$$

2) Число осей в составе:

$$n = 4 \cdot m_4 + 6 \cdot m_6 + 8 \cdot m_8 = 4 \cdot 54 + 6 \cdot 3 + 8 \cdot 4 = 266.$$

3) Длина состава:

$$l_c = l_4 \cdot m_4 + l_6 \cdot m_6 + l_8 \cdot m_8 = 15 \cdot 54 + 17 \cdot 3 + 20 \cdot 4 = 941 \text{ м},$$

l_4, l_6, l_8 - длины грузовых вагонов.

4) Длина поезда:

$$l_{п} = l_c + l_{л} + 10 = 941 + 36 + 10 = 987 \text{ м}$$

где $l_{л}$ - длина, локомотива (табл. 3.3 [1]);

10м- запас длины на неточность установки поезда.

Проверка возможности установки поезда на приёмно-отправочных путях выполняется по соотношению:

$$l_{п} \leq l_{поп}, \quad 987 \leq 1250 \text{ м, т. е. условие выполняется}$$

2.3 Проверка массы состава на возможность преодоления крутого подъёма,

Проверка рассчитанной массы состава на возможность надёжного преодоления встречающегося на участке короткого подъёма крутизной больше расчётного с учётом использования кинетической энергии, накопленной на предшествующих "лёгких" элементах профиля, выполняется аналитическим методом.

1) Средняя скорость движения поезда по рассматриваемом)7 подъёму:

$$V_{cp} = \frac{V_H + V_K}{2} = \frac{75,8 + 24,2}{2} = 50 \text{ км/ч}$$

где V_H - скорость поезда в начале проверяемого подъёма, выбирается из условия подхода к проверяемому элементу ц,;

$V_K = V_p$ - скорость в конце проверяемого подъёма.

Начальную скорость выбираем ориентировочно исходя из вида предшествующих участков. Конечную скорость выбираем минимальной, в расчете возможности преодоления трудного участка.

2) Основное удельное сопротивление локомотива при средней скорости интервала:

$$\omega_0^* = 1,9 + 0,01 \cdot V_p + 0,0003 \cdot V_p^2 = 1,9 + 0,01 \cdot 50 + 0,0003 \cdot 50^2 = 3,15 \text{ Н/кН}$$

3) Основное удельное сопротивление соответственно четырехосных грузовых вагонов на подшипниках качения и скольжения, шести- и восьмиосных при средней скорости движения в интервале:

$$\omega_{04K}^{**} = 0,7 + \frac{3 + 0,1V_p + 0,0025V_p^2}{q_{04}} = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 50 + 0,0025 \cdot 50^2}{19,5} = 1,43 \text{ Н / кН};$$

$$\omega_{04c}^{**} = 0,7 + \frac{8 + 0,1V_p + 0,0025V_p^2}{q_{04}} = 0,7 + \frac{8 + 0,1 \cdot 50 + 0,0025 \cdot 50^2}{19,5} = 1,69 \text{ Н / кН};$$

$$\omega_{06}^{**} = 0,7 + \frac{8 + 0,1 \cdot V_p + 0,0025V_p^2}{q_{06}} = 0,7 + \frac{8 + 0,1 \cdot 50 + 0,0025 \cdot 50^2}{20} = 1,66 \text{ Н / кН};$$

$$\omega_{08}^{**} = 0,7 + \frac{6 + 0,038V_p + 0,0021V_p^2}{q_{08}} = 0,7 + \frac{6 + 0,038 \cdot 50 + 0,0021 \cdot 50^2}{21} = 1,33 \text{ Н / кН};$$

4) Основное удельное сопротивление состава:

$$\omega_0^{**} = \alpha \cdot \omega_{04K}^{**} + \beta \cdot \omega_{04c}^{**} + \gamma \cdot \omega_{06}^{**} + \delta \cdot \omega_{08}^{**} = 0,5 \cdot 1,43 + 0,3 \cdot 1,69 + 0,07 \cdot 1,66 + 0,13 \cdot 1,33 = 1,51$$

5) Средняя ускоряющая сила поезда в интервале за время изменения скорости от начальной до конечной:

$$(f_k - \omega_k)_{cp} = \frac{F_k - (\omega_0^* + i_{np}) \cdot P \cdot q - (\omega_0^{**} + i_{np}) \cdot Q \cdot q}{(P + Q) \cdot q} = \frac{25470 - (3,15 + 10,0) \cdot 276 \cdot 9,81 - (1,51 + 10) \cdot 5250 \cdot 9,81}{(276 + 5250) \cdot 9,81} = -$$

где $i_{np} = 10,0 \text{ ‰}$ - величина уклона проверяемого участка (участок с максимальным уклоном на заданном профиле);

$F_k = 25470 \text{ Н}$ - сила тяги локомотива при средней скорости (определяется по тяговой характеристике).

6) Для проверки используют расчётное соотношение:

$$S = \frac{4,17(V_k^2 - V_H^2)}{(S_k - \omega_k)_{cp}} \quad S = \frac{4,17(24,2^2 - 75,8^2)}{- 11,12} = 1935 \text{ М}$$

Так как получилось, что $S > S_{пр}$ ($1935 > 1450$), то можно сделать вывод о том, что при рассчитанной массе состава Q поезд надёжно преодолевает проверяемый подъём, крутизной больше расчётного, с учётом

использования накопленной к началу 9 элемента кинетической энергии.

2.4 Проверка массы состава на трогание с места.

1) Удельное сопротивление при трогании с места четырехосных грузовых вагонов на подшипниках качения и скольжения, шести- и восьмиосных вагонов соответственно:

$$\omega_{04к}^{mp} = \frac{28}{q_{04} + 7} = \frac{28}{19,50 + 7} = 1,06 \text{ н/кН} \quad \omega_{04с}^{mp} = \frac{142}{q_{04} + 7} = \frac{142}{19,5 + 7} = 5,36 \text{ н/кН}$$

$$\omega_{06}^{mp} = \frac{28}{q_{06} + 7} = \frac{28}{20 + 7} = 1,04 \text{ н/кН} \quad \omega_{08}^{mp} = \frac{28}{q_{08} + 7} = \frac{28}{21 + 7} = 1 \text{ н/кН}$$

2) Удельное сопротивление поезда при трогании с места:

$$\omega_{mp} = \alpha\omega_{04к}^{mp} + \beta\omega_{04с}^{mp} + \gamma\omega_{06}^{mp} + \delta\omega_{08}^{mp} = 0,5 \cdot 1,06 + 0,3 \cdot 5,36 + 0,07 \cdot 1,04 + 0,13 \cdot 1 = 2,34 \text{ н/кН}$$

3) Масса состава, которую заданный тепловоз может стронуть:

$$Q_{mp} = \frac{F_{кmp}}{(\omega_{mp} - i_{mp})q} - P \quad Q_{mp} = \frac{81300}{(2,34 + 0) \cdot 9,81} - 276 = 34470 \text{ т}$$

где $P_{ктр} = 81300 \text{ Н}$ - сила тяги локомотива при трогании состава с места (табл. 3.3 [1 Т]);

$i_{тр} = 1,07\text{‰}$ - крутизна наиболее трудного элемента на. отдельных пунктах (станциях) заданного профиля. Так как в процессе решения было установлено, что $Q < Q_{тр}$ ($34470 < 5250$), то следовательно трогание составе с места обеспечено на всех отдельных пунктах заданного профиля пути. 4) Расчётный тормозной коэффициент поезда:

$$V_p = \frac{\sigma \cdot n \cdot K_p}{Q \cdot q} \quad V_p = \frac{0,90 \cdot 276 \cdot 68,5}{34470 \cdot 9,81} = 0,5$$

где $K_p = 68,5 \text{ кН/ось}$ - расчётное нажатие тормозных колодок на каждую колёсную пару гружёного вагона. Для чугунных колодок $V \geq 0,2$. Следовательно, расчётный тормозной коэффициент вычислен правильно.

3. Исходные данные для расчёта на ЭВМ.

Для выполнения расчётов в ЭВМ вводятся следующие данные (рассчитанные проверенные ранее):

276 т - расчётная масса локомотива;

5250 т - масса поезда;

0,5 - доля четырехосных вагонов на подшипниках качения;

0,3 - доля четырехосных вагонов на подшипниках скольжения;

0,07 - доля шестиосных вагонов на подшипниках качения;

0,13 - доля восьмиосных вагонов на подшипника качения;

78 т - масса четырехосных вагонов;

120т- масса, шестиосных вагонов;

168 т - масса восьмиосных вагонов;

0,34 - расчётный тормозной коэффициент поезда для чугунных колодок;

100 км/ч - максимальная скорость движения;

5км/ч - приращение скорости движения;

10,0 ‰ - максимальный спуск;

12,0 ‰ - максимальный подъём;

9,0 ‰ - расчётный подъём;

2,0 ‰ - приращение подъёма;

248 - число осей состава;

24,2 км/ч - расчётная скорость.

Зависимость силы тяги тепловоза, от скорости движения представлена в табл. 2 (составлена на основании тяговой характеристики).

4. Построение диаграммы удельных равнодействующих сил.

По данным таблицы 4 в стандартных масштабах по расчётным точкам строятся диаграммы удельных равнодействующих сил (рис. 1) для режимов:

- тяга $f_k - w_1 = f_1(V)$ - данные колонок 1 и 3;
- холостого хода $\omega_{ox} = f_2(V)$ - данные колонок 1 и 2;
- служебного торможения $\omega_{ox} + 0,5B_m = f_3(V)$ - данные колонок 1 и 6 (для чугунных колодок), 1 и 7 (для композиционных колодок).

5. Определение максимально допустимой скорости движения поезда на максимальном спуске.

Решение тормозной задачи состоит в определении максимальной допустимой скорости движения поезда по наиболее крутому спуску участка при заданных тормозных средствах и принятом тормозном пути. 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 превышающим длины полного тормозного пути.

Тормозную задачу решаем графическим способом.

Полный (расчётный) тормозной путь:

$$S_m = S_n + S_d$$

где S_n - путь подготовки тормозов к действию;

S_d - действительный тормозной путь, на протяжении которого поезд движется с действующими в полную силу тормозами.

По данным удельных равнодействующих сил из табл. 4 (колонки 1,4 - для чугунных колодок) строим графическую зависимость удельных замедляющих сил при экстренном торможении от скорости $\omega_{ox} + B_m = f(V)$, а рядом, справа, устанавливаем в соответствующих масштабах систему координат $V - S$ (рис. 2).

Решаем тормозную задачу следующим образом. От точки O' вправо на оси S откладываем значение полного тормозного пути S_t , который следует принимать равным: на спусках крутизной до 6 ‰ включительно - 1000 м, на спусках круче 6 ‰ - 1200 м. В нашем случае примем S_m равным 1200 м.

На кривой $\omega_{ox} + B_m = f(V)$ отмечаем точки, соответствующие средним значениям скоростей выбранного скоростного интервала 10 км/ч (т. е. точки, соответствующие 5, 15, 25 км/ч и т. д.). Через эти точки из точки M (полюс построения) на оси $\omega_{ox} + B_m$, соответствующей крутизне самого крутого спуска заданного профиля, проводим лучи 1, 2, 3, 4 и т. д.

Построение кривой $\omega_{ox} + B_m = f(V)$ начинаем из точки O , так как нам известно конечное значение скорости при торможении, равное нулю. Из этой точки проводим 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.

На тот же график наносим зависимость подготовительного тормозного пути от скорости:

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

где $V_{\text{н}}$ - скорость в начале торможения,

$t_{\text{п}}$ - время подготовки тормозов к действию. В свою очередь время подготовки тормозов к действию для состава длиной от 200 до 300 осей составляет:

$$t_{\text{п}} = 10 - 15 \cdot i_{\text{с}} / b_{\text{T}}$$

где $i_{\text{с}} = -12,7\%$ - крутизна, уклона, для которого решается тормозная задача;

b_{T} - удельная тормозная сила при начальной скорости торможения $V_{\text{н}} = 100 \text{ км/ч}$,

Численное значение b_{T} получаем из табл. 4 для чугунных колодок как разность между данным четвертой и второй колонок, а для композиционных колодок - разность между данными пятой и второй колодок, при $V_{\text{н}}$. В нашем случае, подставив все известные данные, получим:

$$b_{\text{T}} = 31,73 - 2,93 = 28,8 \text{ Н/кН,} \quad t_{\text{п}} = 10 - \frac{15 \cdot (-9,0)}{100,28} = 11,35 \text{ с,} \quad S_{\text{п}} = 0,278 \cdot 100 \cdot 11,35 = 315 \text{ м.}$$

Построение зависимости подготовительного тормозного пути $S_{\text{п}}$ от скорости производим по двум точкам, для чего подсчитываем значения $S_{\text{п}}$ при $V_{\text{н}} = 0 \text{ км/ч}$ и $V_{\text{н}} = 100 \text{ км/ч}$.

Считаем, что заторможенный поезд движется слева направо.

Графическую зависимость $S_{\text{п}} = f(V_{\text{н}})$ стоим в тех же координатах $V - S$. -Эту зависимость принято считать линейной, поэтому её строим по двум точкам. Для этого соединяем начало координат O (т. к. при $V_{\text{н}} = 0$ $S_{\text{п}} = 0$) и точку K (при $V_{\text{н}} = 100 \text{ км/ч}$ $S_{\text{п}} = 448,8 \text{ м}$). Точка пересечения ломаной линии $OBCDEFGHIP$ с линией OK - точка N - определяет максимально допустимую скорость движения поезда на наиболее крутом спуске профиля при данном расчётном тормозном пути S_{T}

6. Построение кривой скорости в функции пути.

Построение кривой $V = f(S)$ осуществляется на листе миллиметровой бумага, в нижней части которого наносим: километровые отметки, номере элементов спрямлённого профиля, величины уклонов и длин элементов, оси станций. При этом поезд рассматривается как материальная точка, в которой сосредоточена вся масса поезда и к которой приложены внешние силы. Условно принимаем, что материальная точка расположена в середине поезда.

Кривая скорости строится для движения с остановкой и без остановки на промежуточной станции, при этом необходимо соблюдать условие, что скорость поезда по входным стрелкам станции, на которой предусмотрена остановка не должна превышать 50 км/ч вследствие возможного приёма на боковой путь. На кривой скорости делаем отметки о включении и выключении тяговых электродвигателей, а отметка о включении и отпуске тормозов ("Вкл.", "Выкл.", "Т", "ОТ").

Максимально допустимая скорость движения поезда принимается равной наиболее допустимой скорости поезда по тормозным средствам (см. пункт 5). Если на спусках скорость стремится превзойти допустимую, то применяют служебное торможение. При снижении скорости на 10-20 км/ч вновь переходят на режим выбега. При этом получается пилообразная линия, характерная для механических тормозов.

Для упрощения расчётов при движении поезда по затяжному спуску длиной до 10 км/ч и крутизной до 18‰ ИТР разрешено строить кривую $V = f(S)$ в виде горизонтальной линии, проведённой ниже допустимой скорости на величину ΔV , значения которой приведены в табл. 5.

Таблица 5. Величина поправки в зависимости от величины уклона.

Тип поезда	ΔV , км/ч, при движении по спуску ‰							
	4	6	8	10	12	14	16	18
Грузовой	4	4	4	4	5	6	7	8
Пассажирский	9	2	3	4	6	7	8	9

При выполнении расчётов считаем, что центр массы поезда располагается примерно в середине поезда по его длине, оси станций - в середине элементов, на которых они расположены, входные стрелки соответственно на расстоянии $b_{\text{доп}}/2$ м от оси станции.

Кривая скорости изображает движение центра массы поезда. Когда локомотив, например, входит на входные стрелки, центр массы поезда находится от них на расстоянии, равном половине длины поезда $l_n/2$. Это необходимо учитывать при построении кривой скорости при остановке поезда на станции, В данном случае допускаемая скорость движения 50 км/ч для точки, изображающей центр массы поезда, должна выдерживаться не на рубеже, где расположены стрелки, а на расстоянии $l_n/2$ от вертикальной линии, проведённой через место расположения входных стрелок на станционном элементе профиля пути.

Построение кривой скорости начинаем от оси первой станции заданного участка. Построение проводим по спрямлённому и приведённому профилю пути, который наносим на лист миллиметровой бумаги в стандартном масштабе (для скорости $1 \text{ км/ч} \rightarrow 1 \text{ мм}$, для перемещения $100 \text{ м} \rightarrow 12 \text{ мм}$). Построение ведём с использованием графика удельных сил (рис. 1), который подкладываем к графику $V=f(S)$ соблюдая параллельность осей координат. Начинаем кривую используя режим тяга, задавшись интервалом скоростей 10 км/ч (кривая $f_k-\omega_0$, рис. 1). Берём на диаграмме среднюю удельную ускоряющую силу при средней скорости $V_{\text{cp}}=5 \text{ км/ч}$ (точка a). Соединяем эту точку с величиной уклона пути на станции (при выбранном масштабе $1 \text{ ‰} \rightarrow 1 \text{ н/км}$) получаем луч 1. Из начала координат (точка 0) проводим перпендикуляр к лучу 1 до конца первого интервала (отрезок Oa), т. е. в пределах от 0 до 10 км/ч . Из точки a' проводим перпендикуляр к лучу 2 до конца второго скоростного интервала от 10 до 20 км/ч (отрезок $a'b'$) и т. д. для остальных лучей. Как видно построение кривой аналогично изложенному в пункте 5, но имеется и своя специфика. В случае попадания в интервал излома линии удельных ускоряющих сил необходимо интервалы скорости брать до точки излома, а затем после нее. Т. е. после точки излома берётся интервал, нижняя граница которого равна скорости в точке излома, а верхняя больше на величину интервала, который в дальнейшем берётся не более 5 км/ч .

Переход с режима тяга на режим выбега или торможения при построении сводится к использованию кривой удельных замедляющих сил при выбеге $\omega_{\text{ок}}$ или торможении $\omega_{\text{ок}}+0,5b_m$ вместо кривой удельных ускоряющих сил при тяге, начиная с той скорости, при которой перешли на выбег или торможение. При этом интервал скоростей для выбега можно брать не более 10 км/ч , а для торможения сначала не более 10 км/ч , а затем по мере снижения скорости не более 5 км/ч .

При переходе с одного элемента профиля на другой существует следующая особенность в построении. Если при принятом интервале кривая пересекает линию следующего элемента профиля, то необходимо взять новый интервал. Нижняя граница нового интервала совпадает с нижней границей старого, а верхняя равна скорости, при которой кривая пересекла границу участка. Элемент кривой перечерчивается в соответствии с новым интервалом. Следующий интервал берётся с нижней границей скорости перехода.

При торможении перед остановками или местами с ограниченными скоростями движения, когда известна точка, к которой поезд должен подойти с известной скоростью (при остановке $V=0$), выполняют обратное построение кривой скорости.

7. Построение кривой времени и тока двигателя в функции пути.

Для построения кривой времени применяют ранее построенную функцию $V=f(S)$. Построение ведётся в тех же координатах в стандартном масштабе, принятом для кривой времени ($1 \text{ мин} \rightarrow 10 \text{ мм}$). Кривая времени

$t=f(S)$ является нарастающей. Поэтому, чтобы не иметь дела с очень большим листом бумаги, при достижении ординаты, равной 10 мин, кривую времени обрываем, точку обрыва сносим по вертикали вниз на ось абсцисс и продолжаем построение кривой времени снова от нуля. Таким образом, кривая времени обрывается через каждые 10 мин.

В ходе построения функции $V=f(S)$ была получена кривая, состоящая из отдельных отрезков (рис. 3), которые изображают интервалы скорости, которые были взяты в ходе построения. Необходимо середину каждого интервала перенести влево на линию параллельную оси ординат, но отстоящей от неё на величину постоянной времени $\Delta=30$ мм. Полученные точки соединяем с началом координат. Перпендикулярно первому отрезку (связанному с первым интервалом) строим отрезок, начало которого лежит в начале координат, а конец равен абсциссе интервала скорости. Аналогичным образом производится построение для остальных интервалов скорости, при этом получаемые отрезки должны ограничиваться абсциссами соответствующих точек интервала скорости.

У точек пересечения кривой $t=f(S)$ с осями разделяем пункты записываем времена хода поезда между двумя соседними отдельными пунктами-(с точностью до 0,1 мин).

Построение токовой характеристики двигателя производится по токовой характеристике генератора, приведенной на рисунке вместе с тяговой характеристикой тепловоза. Так как двигатели соединены параллельно, то искомым ток двигателя получим, разделив ток генератора на 6. Характеристику двигателя $I=f(V)$ (зависимость тока двигателя от скорости движения тепловоза) приводим на рис. 3 слева. Чтобы построить данную характеристику для конкретно нашего случая необходимо по зависимости $V=f(S)$ взять любую скорость и провести прямую параллельную оси ординат (вертикальная линия). На характеристике двигателя $I=f(V)$ находим точку соответствующей этой скорости и проводим линию параллельную оси абсцисс (горизонтальная линия). Точка пересечения этих линий и будет ток двигателя при данной скорости тепловоза на данном элементе заданного профиля. Построив таким образом ряд точек получаем искомую кривую $I=f(V)$ для заданного профиля. На получившейся кривой указываем точней переход с полного поля "III" двигателя, на первую ступень ослабления возбуждения "ОП1" и после на вторую ступень ослабления возбуждения "ОП2".

8. Определение технической скорости.

Техническая скорость на участке:

$$V_T = L * 60 / t$$

где L - длина участка, км (расстояние между осями граничных станций участка);

t - время хода по перегону, мин (берётся по рис. 3).

Расчёт сводим в табл. 6, причём данные берутся по кривой $t=f(S)$ с точностью до 0,1 мин, а принятые для графика движения поездов времена хода по перегонам округляем с точностью до 1 мин.

Таблица 6. Расчёт технической скорости.

Режим движения	Перегоны	Длина, км	Времена хода, мин		Техническая скорость, км/ч
			по расчётному график движения	1 принятое для	
С остановкой	Е - К	21,97	30,0	30	53,1
	К - А	17,95	15,2	15	
Без остановки	Е-К	21,9	29,8	30	54,3
	К-А	17,95	14,1	14	

9. Определение времени хода поезда методом равномерных скоростей.

Метод определения времени хода поезда способом равномерных скоростей основан на предположении равномерном движении поезда по каждому элементу профиля. Предварительно строится совмещённый график $F_k=f(V)$ и $\omega_k=f(V)$ в произвольном масштабе(рис. 4). Данные для построения $F_k=f(V)$ берём по

тяговой характеристике локомотива или по табл. 3. Данные для построения $\omega_k=f(V)$ берём из табл. 4 (колонка 10). По оси ординат откладываем F_k и ω_k а по оси абсцисс V .

Общий вид совмещенного графика $F_k=f(V)$ и $\omega_k=f(V)$ показан 4.

Из точек пересечения кривых F_k и ω_k для уклона каждого элемента профиля опускаем вертикаль на ось V и определяем равномерную скорость.

Для подъёмов круче расчётного равномерная скорость принимаем равной расчётной, так как такие подъёмы преодолеваются за счёт ранее накопленной кинетической энергии поезда. На спусках, если равномерная скорость, определённая по совмещённому графику получается выше допустимой (определённой в пункте 5), то величину равномерной скорости принимаем равной допустимой.

К времени хода по перегонам, полученному при расчёте этим способом, добавляем 2 минуты на разгон и 1 минуту на замедление в каждом случае, когда имеется трогание и разгон поезда на станции и остановка его на раздельном пункте участка. Все расчёты сводим в табл. 7.

Таблица 7. Расчёт времени хода способом равномерных скоростей.

№ элемента	Длина элемента S, км	Крутизна, уклона i, ‰	$V_{рав}$, км/ч	$60/V$, мин/км $V_{рав}$	$(60/V_{рав})S$, мин	Время на разгон и замедление, мин
1	1,9	0,0	90	0,7	1,3	2 ст.Е
2	6,2	-1,4	100	0,6	3,7	
3	6,5	+8,0	24,2	2,5	16,3	
4	3,7	-2,1	100	0,6	2,2	
5	1,45	+10,0	24,2	2,5	3,6	
6	1,3	-1,8	100	0,6	0,8	
7	1,7	-1,5	100	0,6	1,0	Ст.К
8	0,9	2,7	100	0,6	0,5	
9	7	-7,0	100	0,6	4,2	
10	2	-9,0	100	0,6	1,2	
11	1,6	0,4	59,3	1	1,6	
12	2	+5,0	30,7	2	4,0	
13	1,8	+3,5	42	1,4	2,5	
14	1,8	+1,5	59,3	1	1,8	1 ст.А
Итого					44,7	

В итоге получаем:

$$t = (\sum 60/V_{рав}) + 3 = 44,7 + 3 = 47,7 \text{ мин.}$$

10. Минимальная скорость подхода к трудному участку.

Ранее (пункт 2.3) была проведена аналитическим способом проверка рассчитанной массы состава на возможность надёжного преодоления встречающегося на участке короткого подъема крутизной больше расчётного с учетом накопленной кинетической энергии. Теперь графическим способом определим минимальную скорость подхода и возможную длину преодолеваемого максимального подъема. Для этого по данным табл. 4 (колонки 1 и 8) строим зависимости *пути* замедления $S_{зам}$ от скорости на максимальном подъёме. Построение производится в произвольном масштабе. По оси ординат откладываем $S_{зам}=f(V)$ а по оси абсцисс - скорость V (рис. 5).

Для определения минимальной скорости подхода к максимальному подъёму, на оси ординат откладываем длину максимального подъема и из точки $S_{эл}$ проводим горизонтальную линию до пересечения с кривой $S_{зам}=f(V)$. Из точки пересечения опускаем вертикальную линию на ось абсцисс и находим V_{min} . Следовательно, если по построенной кривой $V=f(S)$ (пункт 6) скорость подхода к максимальному подъёму не менее V_{min} то поезд уверенно преодолеет этот подъём.

По данной кривой можно определить фактическую длину максимального подъёма $S_{\text{фак}}$. Для этого по оси абсцисс вверх откладываем значение скорости $V_{\text{фак}}$ (фактическая скорость в начале подъема большой крутизны, рис. 3), до пересечения кривой зависимости. В точке пересечения кривой и линии проводим горизонтальную линию до оси S . Длина, отрезка $OS_{\text{фак}}$ есть протяжённость подъёма, который может преодолеть поезд.

11. Расход тепловозом дизельного топлива.

1) Расход дизельного топлива тепловозом на участке определяется по формуле:

$$E = G \cdot \Delta t_t + g_x \cdot \Delta t_x = 15,7 \cdot 29,4 + 0,5 \cdot 14,6 = 468,88 \text{ кг},$$

где $G = 16,8$ кг/мин - расход дизельного топлива тепловозом на режиме тяги (табл. 3,9 [1]);

Δt_t - суммарное время работы тепловоза на режиме тяги (рис. 3), мин;

$g_x = 0,76$ кг/мин - расход дизельного топлива, тепловозом на режиме холостого хода и торможения (табл. 3.9 [1]);

Δt_x - суммарное время работы тепловоза в режиме холостого хода и торможения

2) Удельный расход топлива на измеритель:

$$e = \frac{E}{(P + Q)L} 10^4 = \frac{468,88}{5526 \cdot 39,85} 10^4 = 21,3 \text{ кг} / 10^4 \text{ Ткм}$$

3) Удельный расход топлива обычно приводится к удельному расходу условного топлива:

$$e_y = e \cdot \Theta = 21,3 \cdot 1,43 = 30,5 \text{ кг} / \text{Ткм}$$

где $\Theta = 1,43$ - эквивалент дизельного топлива.

12. Определение виртуального коэффициента.

Коэффициент трудности участка (виртуальный коэффициент) представляет собой отношение механической работы, затраченной локомотивом на перемещение состава по заданном}' участке, к механической работе, затраченной тем же локомотивом на перемещение состава той же массы по прямому горизонтальному участку пути длиной, равной длине заданного участка. Следовательно, виртуальный коэффициент показывает, во сколько раз данный участок по затратам механической работы на ведение поезда труднее прямого горизонтального пути той же протяженности

1) Время хода поезда по площадке:

$$t_0 = (L/V_0)60 = (39,85/90)60 = 26,57 \text{ мин}$$

2) Расход топлива на прямом горизонтальном участке пути (площадке) той же длины:

$$E_0 = G \cdot t_0 = 15,7 \cdot 26,57 = 417,15 \text{ кг}$$

3) Виртуальный коэффициент:

$$\alpha = \frac{E}{E_0} = \frac{468,88}{417,15} = 1,12$$

13. Расчёт нагревания электрических машин.

Расчёты на нагревание электрических машин проводим, руководствуясь построенными кривыми $I=f(V)$ и $t=f(S)$, путём определения превышения температуры лимитирующих обмоток над температурой наружного воздуха. Наибольшее допускаемое превышение температуры обмоток над температурой наружного воздуха $t_{\text{нв}} \leq 40^\circ\text{C}$ примем равным $\tau_{\text{доп}} = 140^\circ\text{C}$. Начальную температуру наружного воздуха примем равной $\tau_0 = 15^\circ\text{C}$.

Превышение температуры обмоток электрических машин определим аналитическим способом:

$$\tau = \tau_\infty \Delta t / T + \tau_0 (1 - \Delta t / T)$$

где τ_0 - начальное превышение температуры обмоток для расчётного промежутка времени Δt , $^\circ\text{C}$;

Δt - промежуток времени, в течении которого величину тока принимаем постоянной, мин;

τ_∞ - установившееся превышение температуры обмоток над температурой окружающего воздуха, $^\circ\text{C}$;

T - тепловая постоянная времени, мин.

Величины τ_0 и T называются тепловыми характеристиками электрических машин и берутся по рис. 185[2].

Интервал времени Δt выбираем таким образом, чтобы выдерживалось соотношение:

$$\Delta t/T \leq 0,1$$

Изменение температуры обмоток электрических машин при движении без тока определяется по формуле:

$$\tau = \tau_0(1 - \Delta t/T)$$

При определении средней величины тока для отыскания тепловых параметров τ_0 и T , кривую тока $I=f(V)$ разбиваем на отдельные отрезки, в пределах которых ток считаем постоянным, равным среднему значению в принятом интервале. За такие отрезки принимают участки кривой тока $I=f(V)$ в пределах двух соседних точек её перелома, где среднее значение тока равно полусумме крайних значений на этом отрезке. Полученные по формулам значения температур τ для каждого расчётного элемента кривой тока является начальными значениями τ_0 для элемента следующего расчёта,

Все расчёты по определению температур обмоток электрических машин сводим в табл.8.

Таблица 8. Расчёт перегрева электрических машин

№ элемента	I_{cp}, A	$\Delta t, \text{мин}$	$\tau_0, ^\circ C$	$T, \text{мин}$	$\Delta t/T$	$1-(\Delta t/T)$	$\tau_0(\Delta t/T)$	τ_0	$\tau_0(1-(\Delta t/T))$	$\tau, ^\circ C$
1	37	0,5	3	23	0,02	0,98	0,06	15	14,7	14,76
2	65	0,2	7	23	0,009	0,991	0,063	14,76	14,63	14,69
3	117,5	0,1	10	23	0,004	0,996	0,04	14,69	14,63	14,67
4	160,5	0,7	12	23	0,03	0,97	0,36	14,67	14,23	14,59
5	168	1,1	14	23	0,05	0,95	0,7	14,59	13,86	14,56
6	257	1	20	23	0,04	0,96	0,8	14,56	13,56	14,78
7	292	0,2	22	23	0,009	0,991	0,198	14,78	14,65	14,85
8	317	0,6	30	23	0,03	0,97	0,9	14,85	14,4	15,3
9	345	0,6	32	23	0,03	0,97	0,96	15,3	14,84	15,8
10	363	0,15	35	23	0,006	0,994	0,21	15,8	15,71	15,92
11	0	0,2	0	23	0,009	0,991	0	15,92	15,78	15,78
12	257	1	20	23	0,04	0,96	0,8	15,78	15,15	15,95
13	292	0,2	22	23	0,009	0,991	0,198	15,95	15,81	16,01
14	317	0,4	30	23	0,02	0,98	0,6	16,01	15,69	16,29
15	345	0,4	32	23	0,02	0,98	0,64	16,29	15,96	16,6
16	363	0,15	35	23	0,006	0,994	0,21	16,6	16,5	16,71
17	321,5	1,6	31	23	0,07	0,93	2,17	16,71	15,54	17,71
18	321,5	0,8	31	23	0,03	0,97	0,93	17,71	17,18	18,11
19	363	0,15	35	23	0,006	0,994	0,21	18,11	18,00	18,21
20	345	0,35	32	23	0,015	0,985	0,48	18,21	17,94	18,42
21	317	0,3	30	23	0,013	0,987	0,39	18,42	18,18	18,57
22	292	0,1	22	23	0,004	0,996	0,088	18,57	18,5	18,588
23	357	0,35	20	23	0,015	0,985	0,3	18,588	18,31	18,61
24	168	1,3	14	23	0,06	0,94	0,84	18,61	17,49	18,33

25	135	2,25	11	23	0,098	0,902	1,078	18,33	16,53	17,61
26	165	0,55	13	23	0,024	0,976	0,312	17,61	17,19	47,5
27	170	1,45	15	23	0,06	0,94	0,9	17,5	16,45	17,35
28	170	2	15	23	0,087	0,913	1,305	17,35	15,84	17,15
29	170	1,25	15	23	0,05	0,95	0,75	17,15	16,29	17,04
30	140	0,3	11	23	0,013	0,987	0,143	17,04	16,82	16,96
31	168	0,6	14	23	0,03	0,97	0,42	16,96	16,45	16,87
32	257	1	20	23	0,04	0,96	0,8	16,87	16,2	17
33	292	0,15	22	23	0,006	0,994	0,132	17	16,9	17,03
34	317	0,75	30	23	0,033	0,967	0,99	17,03	16,47	17,46
35	345	0,4	32	23	0,02	0,98	0,64	17,46	17,11	17,75
36	363	0,15	35	23	0,006	0,994	0,21	17,75	17,64	17,87

Заклучение.

В ходе выполнения курсовой работы было произведено спрямление заданного *пути*, рассчитана масса грузового состава $Q=4700$ т, а также произведена проверка рассчитанной массы. Состав поезда в корректировки по массе не нуждается и соответствует основным параметрам по длине ($l=910$ м). Так же произведён расчёт поезда для ведения его заданным локомотивом, и проверялась возможность движение состава по заданному профилю. Была так же решена тормозная задача для выявления максимальной скорости движения ($V=75$ км/ч) по профилю с сохранением параметров по тормозам. В последнюю очередь был произведен тепловой расчёт нагрева обмоток тяговых двигателей на выявление недопустимого перегрева. Установлено, что на данном профиле пути максимальная температура перегрева ($\tau=62,67^\circ\text{C}$) не превысит допустимой величины.

Список использованной литературы.

1. Методические указания к курсовой работе по дисциплине "Теория локомотивной тяги". - Самара: СамИИТ, 2002. - 40с.
2. Правила тяговых расчётов для поездной работы. Изд-во "Транспорт",1969.320с.
3. Осипов С. И. Основы электрической и тепловозной тяги. Учебник для техникумов ж.-д. транспорта. - М.: Транспорт, 1985. - 408 с.