

Приложение

к рабочей программе по специальности
23.02.06 Техническая эксплуатация
подвижного состава железных дорог
направление подготовки -
электроподвижной состав

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ

**ПМ.01 Эксплуатация и техническое обслуживание подвижного состава
(электроподвижной состав)**

**МДК 01.02. Эксплуатация подвижного состава (электроподвижной состав)
и обеспечение безопасности движения поездов**

Тема 2.5 Основы локомотивной тяги

Составитель: А.С. Красноружский, преподаватель высшей квалификационной категории филиала СамГУПС в г.Саратове

Содержание

Пояснительная записка	3
Лабораторная работа № 1 «Расчет и построение удельных сил поезда в режиме выбега»	7
Лабораторная работа № 2 «Расчет и построение удельных сил поезда в режиме тяги»	12
Лабораторная работа № 3 «Расчет и построение удельных сил поезда в режиме торможения»	16
Лабораторная работа № 4 «Спрямление профиля пути»	19
Лабораторная работа № 5 «Построение кривой скорости движения поезда графическим методом»	24
Лабораторная работа № 6 «Построение кривой времени»	30
Лабораторная работа № 7 «Построение кривой тока»	33
Лабораторная работа № 8 «Построение кривой нагрева тяговых двигателей»	37
Список использованных источников	41

Пояснительная записка

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ составлены в соответствии с примерной программой профессионального модуля ПМ.01 Эксплуатация и техническое обслуживание подвижного состава по специальности 23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог (электроподвижной состав), с рабочей программой профессионального модуля ПМ.01 Эксплуатация и техническое обслуживание подвижного состава по специальности 23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог (электроподвижной состав).

Методические рекомендации являются руководством для выполнения лабораторных работ МДК 01.02 Эксплуатация подвижного состава (электроподвижной состав) и обеспечение безопасности движения поездов Тема 2.5 Основы локомотивной тяги.

На освоение ПМ.01 МДК 01.02 Тема 2.5 Основы локомотивной тяги отведено максимальной учебной нагрузки 99 часов, в том числе:

- количество обязательных часов по учебному плану – 66;
- количество часов на практические занятия – 12;
- количество часов на лабораторные работы – 18;
- количество часов на самостоятельную работу – 33.

В ходе освоения профессионального модуля обучающийся должен:
иметь практический опыт:

ПО.1 Эксплуатации, технического обслуживания и ремонта деталей, узлов, агрегатов, систем подвижного состава железных дорог с обеспечением безопасности движения поездов

уметь:

У.1 определять конструктивные особенности узлов и деталей подвижного состава;

У.2 обнаруживать неисправности, регулировать и испытывать оборудование подвижного состава;

У.3 определять соответствие технического состояния оборудования подвижного состава требованиям нормативных документов;

У.4 выполнять основные виды работ по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава;

У.5 управлять системами подвижного состава в соответствии с установленными требованиями;

знать:

3.1 конструкцию, принцип действия и технические характеристики оборудования подвижного состава;

3.2 нормативные документы по обеспечению безопасности движения поездов;

3.3 систему технического обслуживания и ремонта подвижного состава. Результатом освоения программы профессионального модуля является овладение профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями:

ПК 1.1 Эксплуатировать подвижной состав железных дорог

ПК 1.2 Производить техническое обслуживание и ремонт подвижного состава железных дорог в соответствии с требованиями технологических процессов.

ПК 1.3 Обеспечивать безопасность движения подвижного состава.

ОК 1 Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес

ОК 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 3 Принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность

ОК 4 Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ОК 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в

профессиональной деятельности

ОК 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями

ОК 7 Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий

ОК 8 Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации

ОК 9 Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности

Целью лабораторных работ является закрепление теоретических знаний по междисциплинарному курсу и приобретение студентами практических навыков по эксплуатации и ремонту подвижного состава.

Лабораторные работы проводятся в кабинете «Технической эксплуатации железных дорог и безопасности движения».

Перед выполнением лабораторной работы студент обязан:

- проработать теоретический материал, необходимый для усвоения знаний и приобретения умений,
- ознакомиться с порядком выполнения работы.

Лабораторные работы выполняются студентами индивидуально. К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности с соответствующим оформлением в журнале по проведению инструктажа.

По ходу выполнения работы при возникновении вопросов студент может получить консультацию у преподавателя или самостоятельно воспользоваться лекционным, справочным материалом и рекомендуемой литературой.

Результатом выполнения лабораторной работы является оформленный отчёт о проделанной работе. Отчёт должен содержать:

- тему и цель работы;
- задание;

- выполненная работа в соответствии с содержанием отчёта;
- вывод.

В случае, если студент отсутствовал на лабораторной работе, то ему предоставляется возможность эту работу выполнить на дополнительных занятиях.

Лабораторная работа № 1

«Расчет и построение удельных сил поезда в режиме выбега»

Цель работы: приобрести практические навыки по расчёту и построению диаграмм удельных сил поезда в режимах выбега.

Оборудование: таблицы задания, лист миллиметровой бумаги, калькулятор.

Краткие теоретические сведения:

На движущийся поезд действуют различные внутренние и внешние силы. Как известно из механики, внутренние силы уравниваются внутри системы и не влияют на движение самой системы. На характер поступательного движения системы оказывают влияние только внешние силы или их составляющие, действующие в направлении движения или в противоположную сторону.

Таковыми внешними силами, действующими на механическую систему, называемую поездом, является сила тяги F_k , развиваемая локомотивом, тормозная сила B_t , возникающая при включении тормозов, и силы сопротивления движению, к которым относят все остальные внешние силы, действующие на поезд и влияющие на его движение.

Силу тяги и тормозные силы называют управляемыми, так как их может регулировать машинист. На силы сопротивления движению машинист воздействовать не может, поэтому их называют неуправляемыми.

Сила тяги направлена по движению поезда, тормозная сила действует в противоположном направлении. Силы сопротивления, как правило, также действуют в противоположном направлении. Исключение составляет случай движения по спуску.

По законам механики несколько сил, действующих на точку или механическую систему, можно заменить одной равнодействующей силой, которую в тяге поездов называют ускоряющей силой F_y :

$$F_y = F_k - B_t - W \quad (1)$$

Все три составляющие ускоряющей силы одновременно на поезд не действуют, так как обычно не имеет смысла тянуть локомотивом заторможенный поезд. В зависимости от того, какие силы действуют в данный момент на поезд, различают следующие режимы движения:

- режим тяги, когда действуют сила тяги F_k и силы сопротивления движению:

$$F_y = F_k - W \quad (2)$$

- режим выбега при отсутствии сил тяги и торможения, когда на поезд действуют только силы сопротивления движению:

$$F_y = -W \quad (3)$$

- режим торможения, когда к силам сопротивления движению прибавляется тормозная сила B_T :

$$F_y = -(B_T + W) \quad (13)$$

Ускоряющую силу, имеющую отрицательное значение, называют замедляющей силой.

Для упрощения расчётов удобно использовать удельные значения сил, равные силам в ньютонах, отнесённым к весу поезда в килоньютонах. Вес поезда в системе СИ определяют как произведение массы на ускорение силы тяжести $g = 9.81 \text{ м/с}^2$. Удельная сила тяги f_k , удельные силы сопротивления движению ω , удельная тормозная сила b_T и удельная ускоряющая сила f_y , Н/кН, выражаются следующими уравнениями:

$$f_k = \frac{F_k}{mg}; \quad \omega = \frac{W}{mg}; \quad b_m = \frac{B_m}{mg}; \quad f_y = \frac{F_y}{mg}.$$

Поделив в уравнении (10) левую и правую части на вес поезда, получим

$$f_y = f_k - b_T - \omega \quad (4)$$

При рассмотрении влияния действующих сил на движение поезда его представляют в виде материальной точки, в которой сосредоточена вся его масса. Такая замена упрощает решение задач, связанных с характером движения поезда, не внося большой погрешности в расчёты. В том же случае, когда рассматриваются силы поезда как механической системы, все

перечисленные силы относят к ободам колёсных пар и прикладывают к точкам касания колёс с рельсами.

Для построения диаграмм удельных сил поезда в режимах тяги, выбега и торможения необходимо решить три уравнения:

В режиме тяги:

$$f_y = f_k - \omega \quad (5)$$

В режиме выбега:

$$f_y = -\omega \quad (6)$$

В режиме торможения:

$$f_y = -(b_t + \omega) \quad (7)$$

Задание лабораторной работы:

Рассчитать удельные замедляющие в режиме холостого хода (выбега), состоящего из восьмиосного электровоза ВЛ80^С массой 192 т и состава массой m_c , сформированного из гружёных вагонов, при движении по звеньевому пути. В его составе $p_1\%$ четырёхосных вагонов на роликовых подшипниках (масса вагона 70 т) и $p_2\%$ восьмиосных вагонов на роликовых подшипниках (масса вагона 160 т). Вагоны состава оборудованы стандартными чугунными колодками ($\vartheta_p = 0,4$). По данным расчётов построить диаграмму удельных замедляющих сил в режиме выбега.

Исходные данные:

Таблица 1.1

Серия локомотива	Масса локомотива, m_l , т	Масса состава, m_c , т

Таблица заполняется в соответствии с индивидуальным вариантом задания.

Порядок выполнения:

1. Получить задание и ознакомиться с целью работы.
2. Изучить задание.

3. Используя конспект (методические указания по выполнению лабораторной работы), произвести вычисления, построить графики.

4. Оформить отчёт

Методические указания по выполнению лабораторной работы № 1:

Режим выбега

В графу 1 таблицы 1.2 заносят значения скоростей кратных 10 от 0 км/ч до 110 км/ч, а также расчётной скорости, скоростей перехода включения и отключения ступеней ослабления поля на тепловозах.

В графу 2 заносят значения основного удельного сопротивления движению электровоза при работе на холостом ходу ω_x , которое рассчитывается по формуле:

$$\omega_x = 2,4 + 0,011 \times v + 0,00035 \times v^2. \quad (8)$$

В графу 3 заносят значения основного удельного сопротивления движению поезда при работе электровоза на холостом ходу ω_{0x} , которое рассчитывается по формуле:

$$\omega_{0x} = \frac{\omega'_x \times m_l + \omega''_0 \times m_c}{m_l + m_c}. \quad (9)$$

Диаграммы удельных ускоряющих и замедляющих сил строят на миллиметровой бумаге в выбранном масштабе (приложение 2).

Ось ординат – значения скоростей, ось абсцисс влево от начала координат – ускоряющие силы, ось абсцисс вправо от начала координат – замедляющие силы.

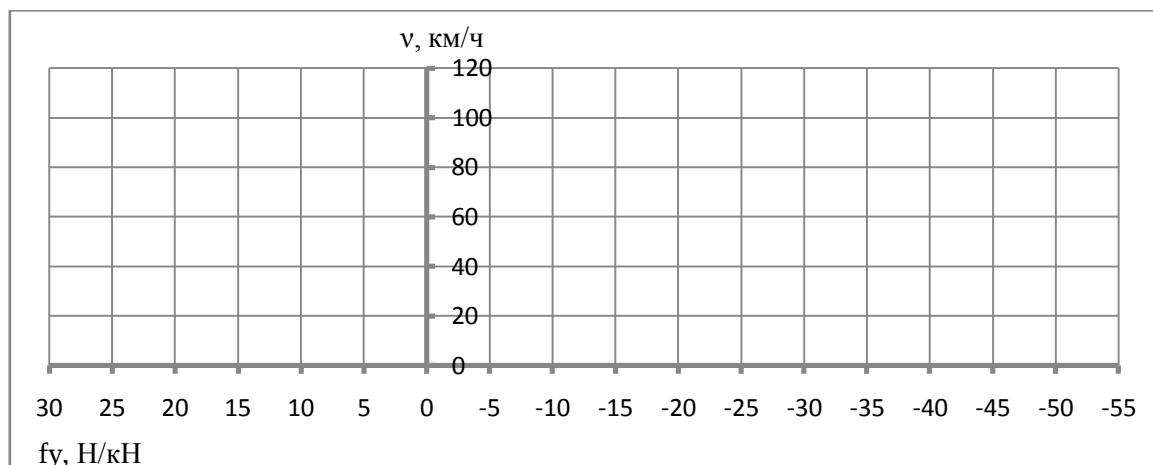


график 1 – диаграмма удельных замедляющих сил при работе тепловоза на холостом ходу $\omega_{0x}(v)$: графы 3, 1;

Содержание отчёта:

1. Рассчитайте значения основного удельного сопротивления движению поезда при работе тепловоза на холостом ходу ω_{0x} , заполните таблицу 1.2.

Таблица 1.2

v , км/ч	ω_x , Н/кН	ω_{0x} , Н/кН
1	2	3
0		
...		
110		

2. Постройте диаграмму удельных замедляющих сил в режиме выбега.
3. Сделать вывод
4. Письменно ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы:

1. Какие силы действуют на поезд во время его движения?
2. Для чего применяются удельные величины замедляющих сил?
3. Описать суть уравнения движения поезда в режиме холостого хода.

Лабораторная работа № 2

«Расчет и построение удельных сил поезда в режиме тяги»

Цель работы: приобрести практические навыки по расчёту и построению диаграмм удельных сил поезда в режиме тяги.

Оборудование: таблицы задания, диаграмма удельных замедляющих сил в режиме выбега, калькулятор.

Краткие теоретические сведения:

См. краткие теоретические сведения лабораторной работы № 1.

Задание лабораторной работы:

Рассчитать удельные ускоряющие силы в режиме тяги поезда, состоящего из восьмиосного электровоза ВЛ80^С массой 192 т и состава массой m_c , сформированного из гружёных вагонов, при движении по звеньевому пути. В его составе $p_1\%$ четырёхосных вагонов на роликовых подшипниках (масса вагона 70 т) и $p_2\%$ восьмиосных вагонов на роликовых подшипниках (масса вагона 160 т). Вагоны состава оборудованы стандартными чугунными колодками ($\vartheta_p = 0,4$). По данным расчётов построить диаграмму удельных ускоряющих сил в режиме тяги.

Исходные данные:

Таблица 2.1

Серия локомотива	Масса локомотива, m_l , т	Состав поезда		Масса		Масса состава, m_c , т
		4-осных вагонов, p_4 , %	8-осных вагонов, p_8 , %	4-осных вагонов, m_4 , т	8-осных вагонов, m_8 , т	

Таблица заполняется в соответствии с индивидуальным вариантом задания.

Порядок выполнения:

1. Получить задание и ознакомиться с целью работы.
2. Изучить задание.

3. Используя конспект (методические указания по выполнению лабораторной работы), произвести вычисления, построить графики.

4. Оформить отчёт

Методические указания по выполнению лабораторной работы № 2:

Режим тяги

В графу 1 таблицы 2.2 заносят значения скоростей кратных 10 от 0 км/ч до 90 км/ч, а также расчётной скорости, скоростей перехода включения и отключения ступеней ослабления поля на тепловозах.

В графу 2 заносят значения силы тяги F_k локомотива, которые определяются по тяговым характеристикам соответствующей серии локомотива (таблица 2.1).

В графу 3 заносят значения основного удельного сопротивления локомотива ω'_0 , которое рассчитывается по формуле:

$$\omega'_0 = 1,9 + 0,01 \times v + 0,0003 \times v^2 \quad (10)$$

В графу 4 заносят значения основного удельного сопротивления четырёхосных вагонов на роликовых подшипниках ω''_{04} , которое рассчитывается по формуле:

$$\omega''_{04} = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \times v + 0,0025 \times v^2}{m_{\text{в}04}}, \quad (11)$$

где $m_{\text{в}04}$ - масса, приходящаяся на одну ось четырёхосного вагона, определяется по формуле:

$$m_{\text{в}04} = \frac{m_{\text{в}4}}{4}, \quad (12)$$

где $m_{\text{в}4}$ – масса четырёхосных вагона.

В графу 5 заносят значения основного удельного сопротивления восьмиосных вагонов на роликовых подшипниках ω''_{08} , которое рассчитывается по формуле:

$$\omega''_{08} = 0,7 + \frac{6 + 0,038 \times v + 0,0021 \times v^2}{m_{\text{в}08}}, \quad (13)$$

где $m_{\text{в}08}$ - масса, приходящаяся на одну ось восьмиосного вагона, определяется по формуле:

$$m_{\text{в}08} = \frac{m_{\text{в}8}}{8}, \quad (14)$$

где $m_{\text{в}8}$ – масса восьмиосного вагона.

В графу 6 заносят значения основного удельного сопротивления движению состава ω''_0 , которое рассчитывается по формуле:

$$\omega''_0 = \frac{p_4 \times \omega''_{04} + p_8 \times \omega''_{08}}{100}, \quad (15)$$

где p_4 , p_8 – процентное соотношение масс четырёхосных и восьмиосных вагонов.

В графу 7 заносят значения основного удельного сопротивления движению поезда ω_0 , которое рассчитывается по формуле:

$$\omega_0 = \frac{\omega'_0 \times m_{\text{л}} + \omega''_0 \times m_{\text{с}}}{m_{\text{л}} + m_{\text{с}}}, \quad (16)$$

где $m_{\text{л}}$ – масса локомотива;

$m_{\text{с}}$ – масса состава.

В графу 8 заносят значения удельной силы тяги $f_{\text{к}}$, которое рассчитывается по формуле:

$$f_{\text{к}} = \frac{F_{\text{к}}}{(m_{\text{л}} + m_{\text{с}}) \times g}. \quad (17)$$

В графу 9 заносят значения удельной ускоряющей силы в режиме тяги $f_{\text{у}}$, которое рассчитывается по формуле:

$$f_{\text{у}} = f_{\text{к}} - \omega_0. \quad (18)$$

Построение диаграммы удельных ускоряющих сил

Диаграммы удельных ускоряющих и замедляющих сил строят на миллиметровой бумаге в выбранном масштабе (приложение 2).

Ось ординат – значения скоростей, ось абсцисс влево от начала координат – ускоряющие силы, ось абсцисс вправо от начала координат – замедляющие силы.

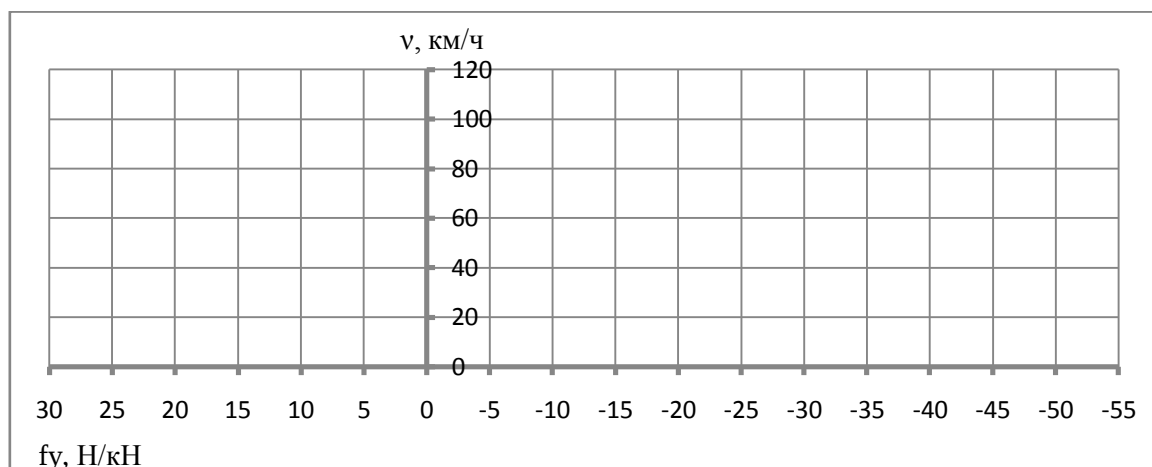


график 2 – диаграмма удельных ускоряющих сил $f_y(v)$: графы 9,1;

Содержание отчёта:

1. Рассчитайте значения удельных ускоряющих сил в режиме тяги f_y , заполните таблицу 2.2.

Таблица 2.2

Режим тяги								
v , км/ч	F_k , Н	ω'_0 , Н/кН	ω''_{04} , Н/кН	ω''_{08} , Н/кН	ω''_0 , Н/кН	ω_0 , Н/кН	f_k , Н/кН	f_y , Н/кН
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0								
...								
110								

2. Постройте диаграмму удельных ускоряющих сил.
3. Сделать вывод
4. Письменно ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы:

1. Для чего применяются удельные величины ускоряющих сил?
2. Описать суть уравнения движения поезда в режимах тяги.

Лабораторная работа № 3

«Расчет и построение удельных сил поезда в режиме торможения»

Цель работы: приобрести практические навыки по расчёту и построению диаграмм удельных сил поезда в режимах торможения.

Оборудование: таблицы задания, диаграмма удельных сил в режиме выбега и тяги, калькулятор.

Краткие теоретические сведения:

См. краткие теоретические сведения лабораторной работы № 1.

Задание лабораторной работы:

Рассчитать удельные замедляющие силы в режиме служебного механического торможения поезда, состоящего из восьмиосного электровоза ВЛ80^С массой 192 т и состава массой m_c , сформированного из гружёных вагонов, при движении по звеньевому пути. В его составе $p_1\%$ четырёхосных вагонов на роликовых подшипниках (масса вагона 70 т) и $p_2\%$ восьмиосных вагонов на роликовых подшипниках (масса вагона 160 т). Вагоны состава оборудованы стандартными чугунными колодками ($\vartheta_p = 0,4$). По данным расчётов построить диаграмму удельных замедляющих сил в режиме торможения.

Исходные данные:

Таблица 3.1

Серия локомотива	Масса локомотива, m_l , т	Состав поезда		Масса		Масса состава, m_c , т	Расчётный тормозной коэффициент, ϑ_p
		4-осных вагонов, p_4 , %	8-осных вагонов, p_8 , %	4-осных вагонов, m_4 , т	8-осных вагонов, m_8 , т		

Таблица заполняется в соответствии с индивидуальным вариантом задания.

Порядок выполнения:

1. Получить задание и ознакомиться с целью работы.
2. Изучить задание.

3. Используя конспект (методические указания по выполнению лабораторной работы), произвести вычисления, построить графики.

4. Оформить отчёт

Методические указания по выполнению лабораторной работы № 3:

Режим торможения

В графу 1 таблицы 3.2 заносят значения скоростей кратных 10 от 0 км/ч до 110 км/ч, а также расчётной скорости, скоростей перехода включения и отключения ступеней ослабления поля на тепловозах.

В графу 2 заносят значения основного удельного сопротивления движению поезда при работе электровоза на холостом ходу ω_{0x} , которое рассчитывается на практическом занятии № 3.

В графу 3 заносят значения расчётного коэффициента трения $\varphi_{кр}$ для чугунных колодок, которое рассчитывается по формуле:

$$\varphi_{кр} = 0,27 \times \frac{v + 100}{5 \times v + 100}. \quad (19)$$

В графу 4 заносят значения удельных тормозных сил b_T , которое рассчитывается по формуле:

$$b_T = 1000 \cdot \varphi_{кр} \cdot \vartheta_p \quad (20)$$

В графу 5 заносят значения удельных замедляющих сил $f_{зс}$, которое рассчитывается по формуле:

$$f_{зс} = \omega_{0x} + 0,5b_T. \quad (21)$$

Построение диаграммы удельных ускоряющих и замедляющих сил

Диаграммы удельных ускоряющих и замедляющих сил строят на миллиметровой бумаге в выбранном масштабе (приложение 2).

Ось ординат – значения скоростей, ось абсцисс влево от начала координат – ускоряющие силы, ось абсцисс вправо от начала координат – замедляющие силы.

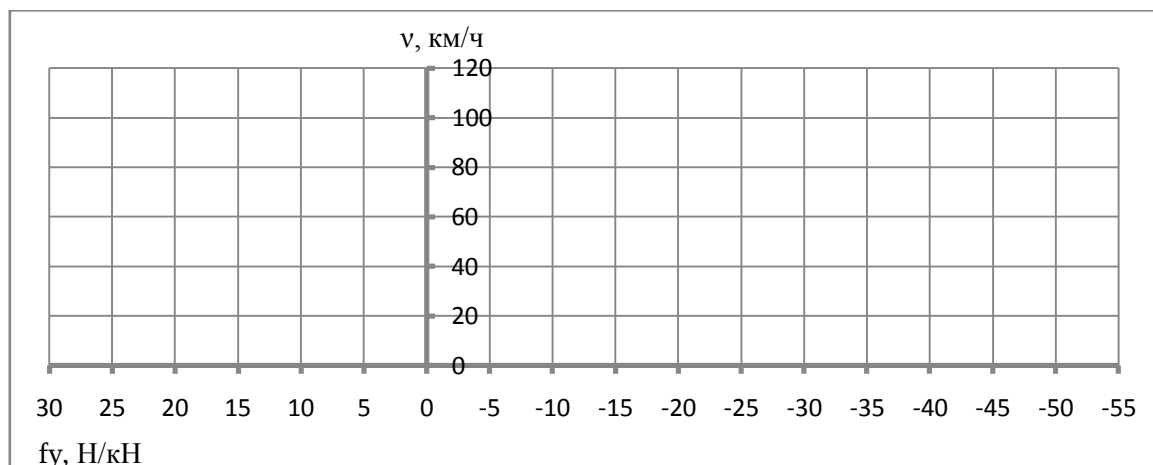


график 3 – диаграмма удельных замедляющих сил при торможении $-f_{zc}(v)$:
графы 5, 1

Содержание отчёта:

1. Рассчитайте значения удельных замедляющих сил f_{zc} , заполните таблицу 3.2.

Таблица 3.2

	Режим выбега	Режим торможения		
v , км/ч	ω_{0x} , Н/кН	$\varphi_{кр}$	b_T , Н/кН	f_{zc} , Н/кН
1	2	3	4	5
0				
...				
110				

2. Постройте диаграмму удельных ускоряющих и замедляющих сил.
3. Сделать вывод
4. Письменно ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы:

1. Для чего применяются удельные величины замедляющих сил?
2. Описать суть уравнения движения поезда в режиме торможения.

Лабораторная работа № 4

«Спрямление профиля пути»

Цель работы: приобрести практические навыки по спрямлению и приведению продольного профиля железнодорожного пути.

Оборудование: таблицы, калькулятор, продольный профиль пути, линейка, треугольник.

Краткие теоретические сведения:

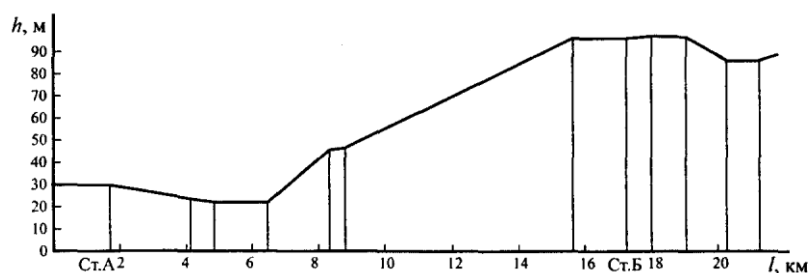
Каждый участок железнодорожного пути вследствие изменения рельефа земной поверхности, на которой он проложен, не может быть строго прямолинейным. Для тяговых расчётов используют продольный профиль участка – это ломаная линия, состоящая из прямолинейных отрезков с разными углами наклона к горизонтали – уклонами $\pm i$, ‰, и различными высотами h конечных точек по отношению к какому-то исходному уровню (высотой над уровнем моря). В случае подъёма i имеет знак «+», а спуск «-».

Продольный профиль участка можно представлять в виде:

- таблицы

Номера элементов	Длина элемента l , м	Крутизна уклона i , ‰	Радиус кривой R , м	Длина кривой $S_{кр}$, м
1 (станция А)	1700	0,0		
2	2400	- 2,5	650	350
3	800	- 1,5		
4	1600	0,0		
5	1850	+12,5		
6	500	+3,5		
7	6800	+7,3		
8 (станция Б)	1600	0,0		
9	800	+1,5	1500	600
10	1000	0,0		
11	1200	-9,0		
12	1000	0,0	1000	500
13	800	+6,0	650	450
14	600	+4,5		
15	875	0,0		
16	7000	-7,0		
17	1650	-2,0		
18	2400	0,0		
19	1600	+2,0	1300	650
20 (станция В)	1400	0,0		

- двумерное изображение



- одномерного изображение

0,0	-2,5	-1,5	0,0	+12,5	+7,3	0,0	+1,5	0,0	-9,0	0,0
1700	2400	800	1600	1850	6800	1600	800	1000	1200	1000

Для упрощения тяговых расчётов продольный профиль подвергают обработке. Спрямление профиля пути – это замена несколько мало отличающихся крутизной элементов одним, длина которого равна сумме длин этих элементов.

Задание лабораторной работы:

Произвести построение заданного профиля пути на участке ст.А – ст.Б согласно варианту (приложение 2)

Произвести спрямление заданного профиля пути на участке ст.А – ст.Б .

Исходные данные:

$h_0=720$	длина	уклон	центр. угол	радиус кривой	длина кривой
Ст.А. 1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
Ст.Б. 14					

Таблица заполняется в соответствии с индивидуальным вариантом задания.

Порядок выполнения:

1. Получить задание и ознакомиться с целью работы.

2. Изучить задание.

3. Используя конспект (методические указания по выполнению лабораторной работы), произвести вычисления, построить графики.

4. Оформить отчёт

Методические указания по выполнению лабораторной работы № 7:

1. Высота конечной точки i -го элемента профиля (отметка переломной точки) вычисляется по формуле:

$$h_i = h_{i-1} + \frac{i}{1000} \times l \quad (22)$$

где h_i , h_{i-1} – отметки (высоты) соответственно конечной и начальной точек элемента профиля (в метрах);

i – уклон элемента профиля, ‰;

l – длина элемента профиля пути, м.

2. На миллиметровой бумаге построить одномерное изображение продольного приведённого профиля в масштабе 1 км – 20 мм.

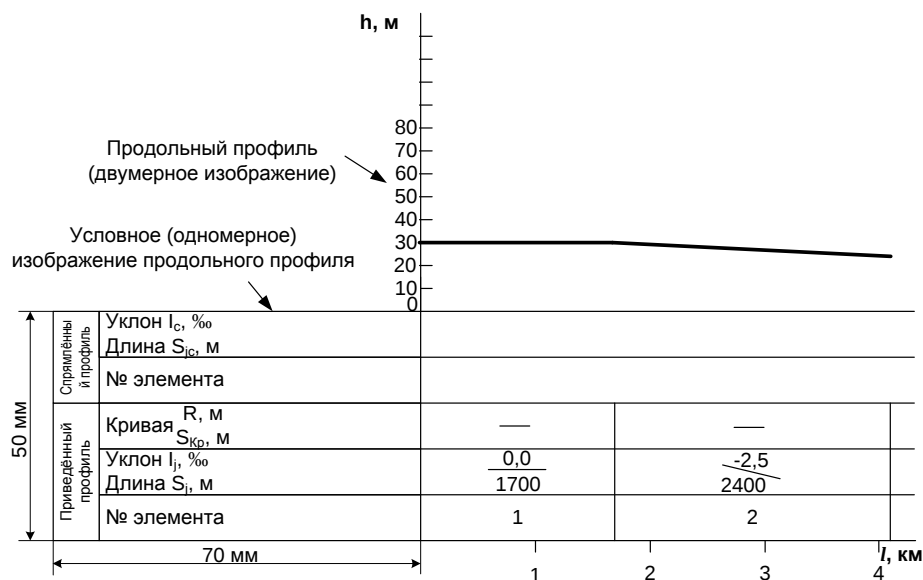


Рисунок 4.1 – Пример оформления продольного профиля пути

Построить двумерное изображение продольного профиля, для этого нанести отметки (высоты) в конечных точках элементов в масштабе 1 м – 1 мм и соединить их отрезками.

3. Правила спрямления пути

Разрешается спрямлять элементы профиля только одного знака.

Нельзя спрямлять элементы пути со станциями.

Нельзя спрямлять элементы пути с расчётным подъёмом

Спрямлённый уклон i'_c (‰) определяется по формуле:

$$i'_c = \frac{\sum_{j=1}^k i_j S_j}{\sum_{j=1}^k S_j} = \frac{i_1 S_1 + i_2 S_2 + \dots + i_k S_k}{S_1 + S_2 + \dots + S_k}, \quad (23)$$

где k – количество элементов профиля, используемых для спрямления;

$i_1, i_2, \dots, i_k$ – уклоны 1-го, 2-го и k -го элементов профиля, ‰;

$S_1, S_2, \dots, S_k$ – длины 1-го, 2-го и k -го элементов профиля, м.

Для каждого элемента действительного (исходного) профиля пути, входящего в спрямлённый участок, должно выполняться неравенство:

$$S_j \leq \frac{2000}{i'_c - i_j}, \quad (1 \leq j \leq k) \quad (24)$$

Если это условие не выполняется, то необходимо выбрать другой вариант объединения элементов.

Фиктивный подъём i''_c (‰) определяется по формуле:

$$i''_c = \frac{700}{S_c} \cdot \sum_{j=1}^n \frac{S_{кр.j}}{R_{кр.j}}, \quad (25)$$

где n – количество элементов спрямлённого профиля с заданными длинами и радиусами кривой;

S_c – длина спрямлённого элемента, м;

$S_{кр.j}$ – длина j -той кривой, м;

$R_{кр.j}$ – радиус j -той кривой, м;

j – порядковый номер кривой, $1 \leq j \leq n$

Приведённый (окончательный) уклон i_c (‰) определяется по формуле:

$$i_c = i'_c + i''_c \quad (26)$$

Уклоны в ‰ определяются с точностью до десятых.

Результаты вычислений сводят в таблице 4.1:

1. Построить одномерное изображение продольного спрямлённого профиля и двумерное изображение продольного спрямлённого профиля.

Содержание отчёта:

1. Рассчитать высоты конечной точки каждого элемента профиля пути $h_0, h_1, \dots, h_{14}$.
2. Построить двумерное изображение продольного профиля пути.
3. Выполнить спрямление приведённого профиля пути (заполнить таблицу 4.1).

Таблица 4.1

№ элемента	Длина элемента, м	Уклон $i_i, ‰$	Кривая		Длина спрямлённого участка $S_c, м$	Спрямлённый уклон $i'_c, ‰$	Фиктивный подъём $i''_c, ‰$	Приведённый уклон $i_c, ‰$	№ спрямлённого участка	Примечание
			Радиус R, м	Длина $S_{кр}, м$						

4. Построить двумерное изображение спрямлённого профиля пути
5. Сделать вывод.
6. Письменно ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Что называется продольным профилем пути?
2. Какими значениями определяется продольный профиль пути?
3. В каком виде можно представить продольный профиль пути?
4. Что значит произвести спрямление плана и профиля железнодорожного пути?
5. На каком принципе производится спрямление плана и профиля железнодорожного пути?
6. Что значит приведённый уклон?

Лабораторная работа № 5

«Построение кривой скорости движения поезда графическим методом»

Цель работы:

приобрести практические навыки по построению кривой скорости.

Оборудование: линейка, треугольник, графики кривых ускоряющих и замедляющих сил, спрямлённый и приведённый профиль пути.

Краткие теоретические сведения:

Кривой скорости принято называть графическую зависимость $v(S)$ скорости движения поезда от пройденного пути.

Для построения кривой скорости необходимо наличие спрямлённого профиля пути и диаграммы удельных ускоряющих и замедляющих сил, построенных на различных миллиметровках в выбранном масштабе (приложение 3).

По мере построения диаграмму прикладывают слева, спрямлённый профиль справа, соблюдая параллельность вертикальных осей и совпадение горизонтальных осей.

Задание лабораторной работы:

Построить кривую скорости на участке ст.А – ст.Б (на спрямлённом и профиле пути).

Исходные данные:

Таблица 5.1

Серия локомотива	Расчётная скорость, v_p , км/ч	Возможность постановки поезда в пределах	
		станции А	станции Б

Для заполнения таблица исходными данными необходимо проанализировать исходные данные из предыдущих практических работ и внести необходимые значения.

Порядок выполнения:

1. Получить задание и ознакомиться с целью работы.
2. Изучить задание.
3. Используя конспект (методические указания по выполнению лабораторной работы), произвести вычисления, построить графики.
4. Оформить отчёт

Методические указания по выполнению лабораторной работы № 5:

Построение кривой скорости происходит следующим образом:

1. На каждом элементе профиля пути определить и построить равновесную скорость в виде горизонтальных площадок.

Равновесную скорость определяют по диаграмме удельных ускоряющих и замедляющих сил, восстанавливая вертикальную линию из точки на оси абсцисс, соответствующей величине уклона в ‰: для подъёма влево, а для спусков вправо от начала координат (рисунок 11.1).

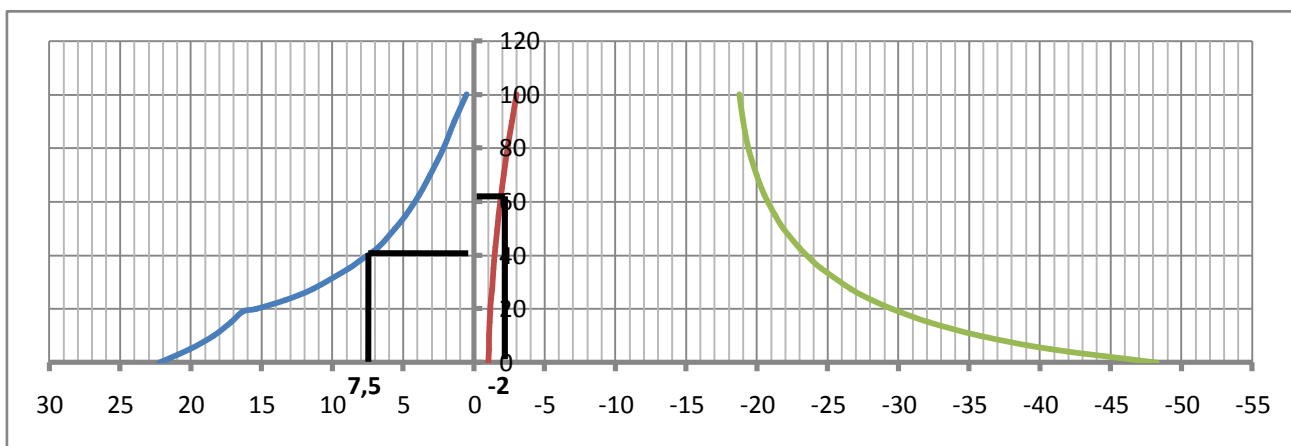


Рисунок 5.1 – Выбор равновесной скорости

При подъёме 7,5‰ равновесная скорость равна 40 км/ч; при спуске -2‰ равновесная скорость равна 60 км/ч. На подъёмах круче расчётного, значения равновесной скорости принимают равными расчётной скорости.

2. Определить режим движения поезда на элементе профиля пути:

режим тяги – при трогании с места на станции отправления, на подъёмах, на прямом горизонтальном элементе пути;

режим холостого хода (выбега) – на спусках, на подъёмах при достижении равновесной скорости;

режим торможения – на затяжных спусках, на элементе пути при проследовании на станцию с остановкой.

При выборе режима движения поезда руководствуются требованием обеспечения движения с максимально возможной скоростью.

3. Построить кривую скорости:

3.1 Режим тяги при трогании с места (движении по горизонтальному пути):

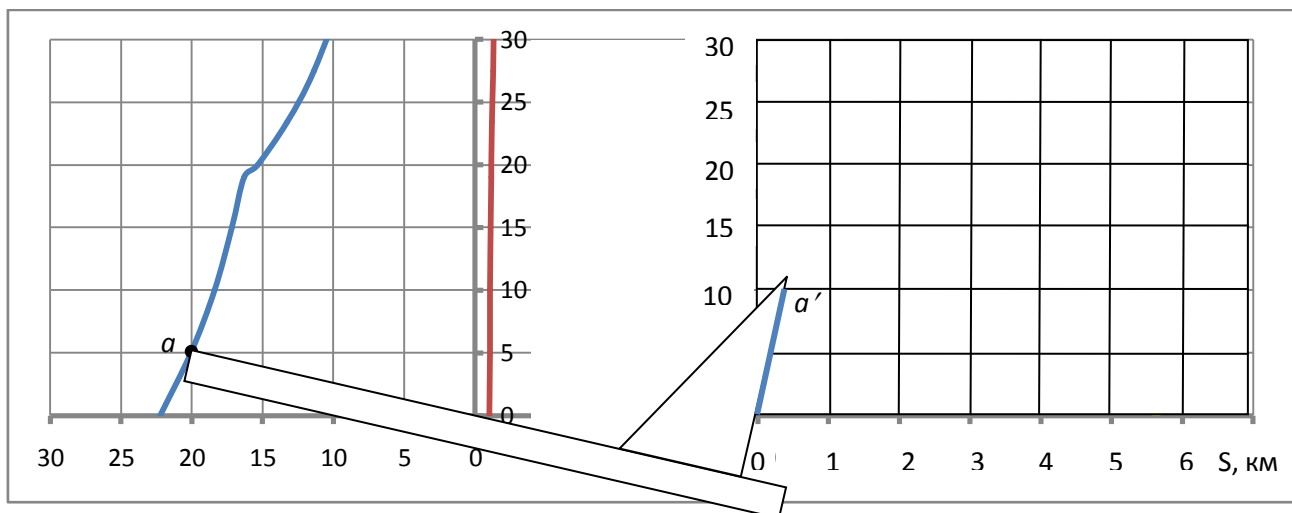


Рисунок 5.2 – Построение кривой скорости в функции пути при движении по горизонтальному прямолинейному пути при средней скорости $v=5\text{ км/ч}$

Рассматриваем интервал скоростей от 0 до 10 км/ч. Берём среднюю скорость 5 км/ч, отмечаем на диаграмме удельную ускоряющую силу при $v=5\text{ км/ч}$ (точка a). Линейку прикладываем к точке a и к началу координат. К линейке прикладывают угольник одной из его сторон прямого угла (рисунок 5.2). Угольник смещаем по линейке до оси при $v=0$ и через эту точку проводим отрезок $0a'$ в интервале скоростей от 0 до 10 км/ч.

Далее в интервале от 10 до 20 км/ч берут точку b при 15 км/ч, к ней и к началу координат приставляют линейку, а к линейке угольник (рисунок 5.3). Из точки a' проводят линию в интервале от 10 до 20 км/ч и т.д.

В дальнейшем интервал скоростей берут не более 5 км/ч.

3.2 Режим тяги при движении поезда на подъёме или на спуске:

Для построения кривой скорости на подъёме 5 ‰ или спуске -5‰ линейку нужно прикладывать не к началу координат, а к точке смещённой влево на 5 или вправо на -5 соответственно (рисунок 5.4).

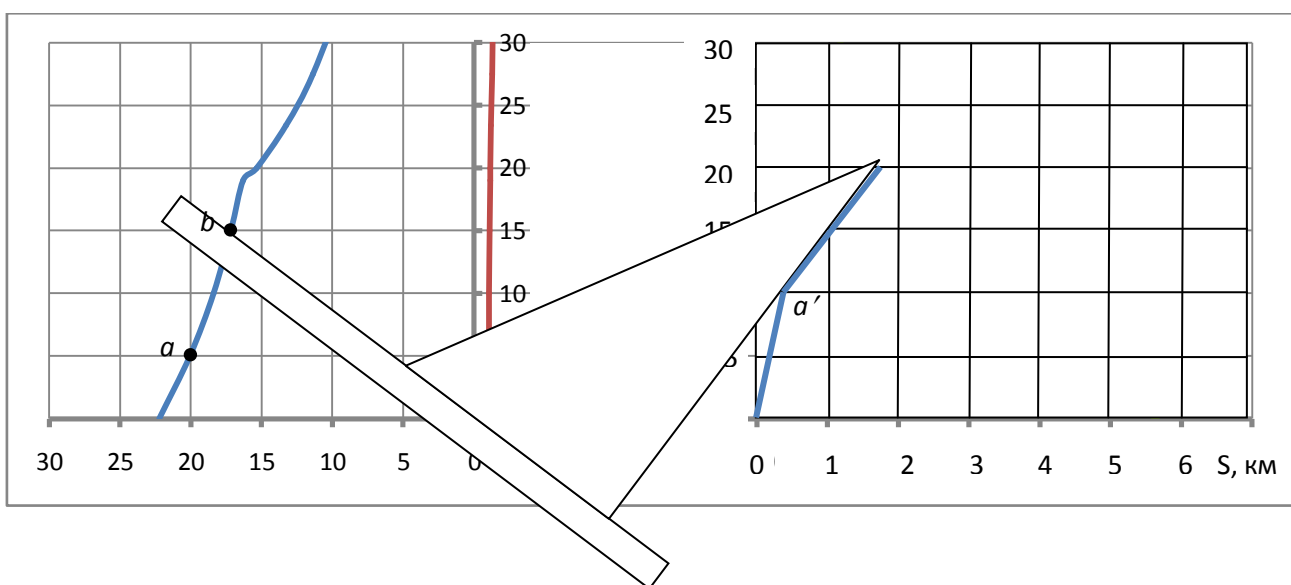
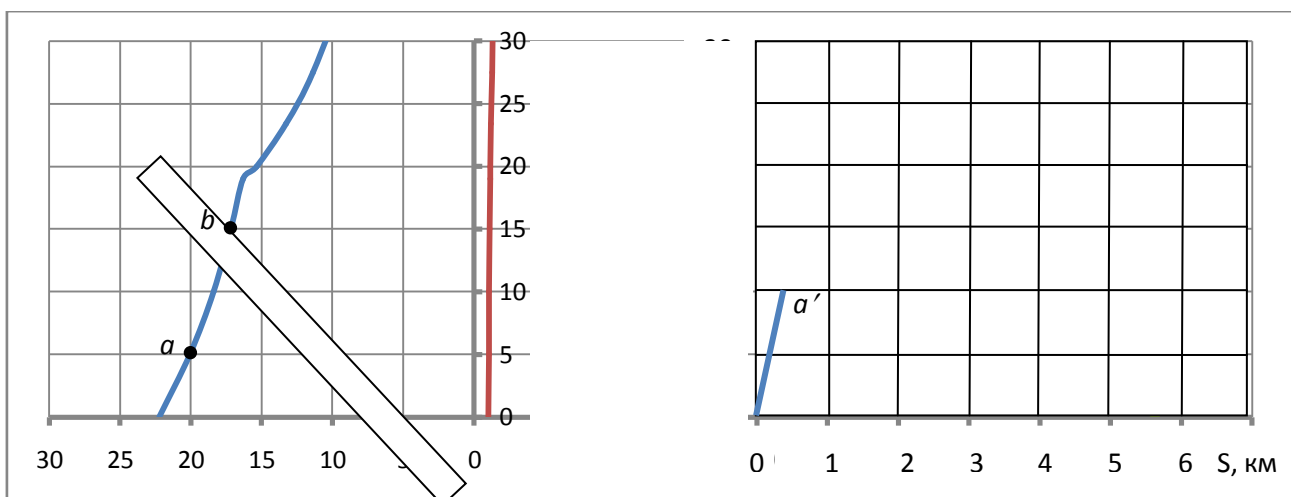


Рисунок 5.3 – Построение кривой скорости в функции пути при движении по горизонтальному прямолинейному пути при средней скорости $v=15\text{ км/ч}$



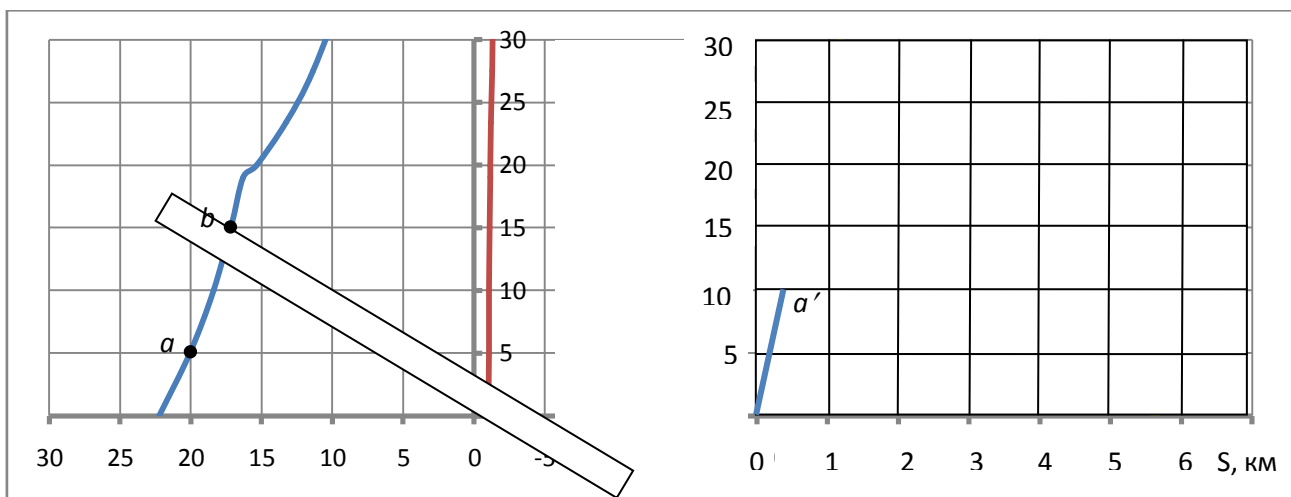


Рисунок 5.4 – Построение кривой скорости в функции пути при движении на подъёме или на спуске

3.3 В режимах холостого хода и торможения построение кривой скорости производится аналогично.

При построении кривой скорости необходимо руководствоваться следующим:

- Скорость всегда стремится к равновесной;
- В пределах элемента профиля пути скорость изменяется до тех пор, пока не достигнет равновесной, по достижении равновесного значения скорость остаётся постоянной до конца элемента профиля или до изменения режима движения.
 - При достижении предельно допустимой скорости на подъёме, необходимо перейти на режим холостого хода.
 - На затяжных спусках длиной более 10 км или крутизной более 18‰ кривую скорости строят, пользуясь диаграммой замедляющих сил, поочерёдно режимы торможения и выбега.
 - При построении кривой скорости следует предусматривать проверку действия тормозов. При этом снижение скорости составляет 20 км/ч для грузовых и 10 км/ч для пассажирских поездов.
 - При остановке поезда следует учитывать ограничение скорости движения.

Содержание отчёта:

1. Построить график кривой скорости.
2. Сделать вывод.
3. Письменно ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Какие методы существуют для решения уравнения движения поезда?
2. Что необходимо иметь для построения кривой скорости?
3. Как учитываются подъёмы и спуски при построении кривой скорости?

Лабораторная работа № 6

«Построение кривой времени»

Цель работы:

приобрести практические навыки по построению кривой времени.

Оборудование: линейка, треугольник, спрямлённый и приведённый профиль пути с графиком кривой скорости.

Краткие теоретические сведения:

Кривой времени называют графическую зависимость $t(S)$ времени движения поезда от пройденного пути.

Результаты построения кривой времени в дальнейшем используют для составления графика движения поездов, расчёта нагрева тяговых электрических машин и расхода энергоресурсов на поездку.

После построения кривой времени определяется время хода по перегонам.

Задание лабораторной работы:

Построить кривую времени по кривой скорости на участке ст.А – ст.Б (на спрямлённом профиле пути).

Порядок выполнения:

1. Получить задание и ознакомиться с целью работы.
2. Изучить задание.
3. Используя конспект (методические указания по выполнению лабораторной работы), произвести вычисления, построить графики.
4. Оформить отчёт

Методические указания по выполнению лабораторной работы № 6:

Последовательность построения кривой времени:

1. Кривая времени строится на основании кривой скорости $v(S)$ на том же графике и в том же масштабе, где построен график скорости.

2. Через точки перелома кривой скорости A, B, C и т.д. проводим перпендикуляры к оси пути S .

3. Влево от оси скорости v на расстояние Δ в соответствие с выбранным масштабом (приложение 3) проводим вертикальную ось времени t .

4. В пределах каждого отрезка скорости OA, AB, BC и т.д. определяем среднее значение скорости и проектируем её на ось времени t , получаем точки a', b', c' и т.д.

5. Соединяем линейкой точку a' с точкой O , восстанавливаем перпендикуляр из точки O на оси пути S до пересечения с отрезком $a'O$ и обозначаем конец этого отрезка точкой A' . Отрезок OA' является первой частью кривой времени $t(S)$. Ордината точки A' показывает время, необходимое для прохождения поездом отрезка пути ΔS_1 или интервала скорости OA .

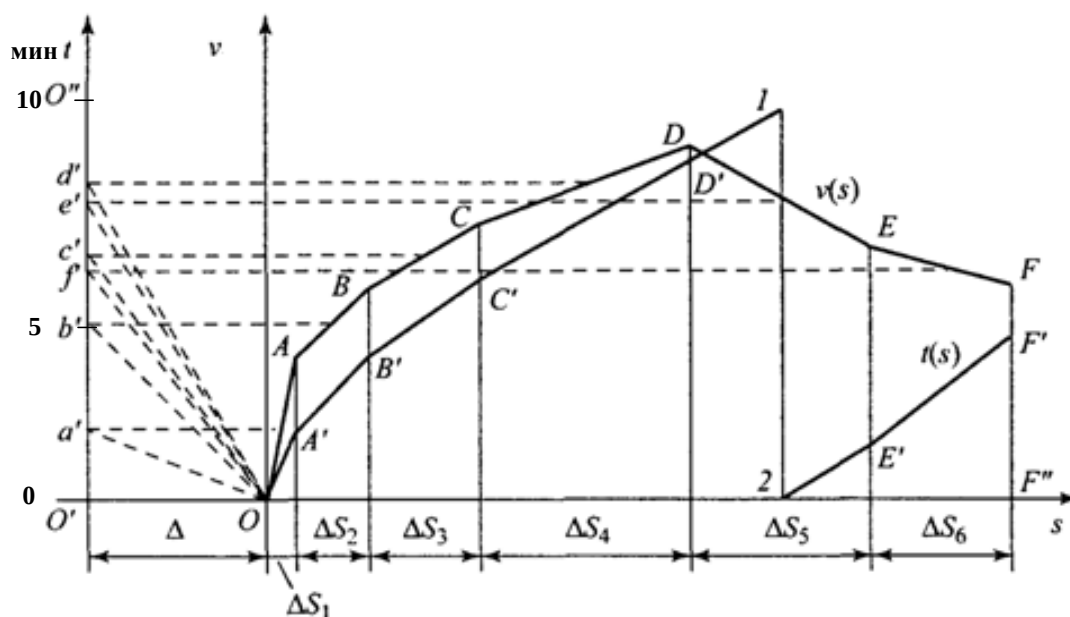


Рисунок 6.1 – Построение кривой времени в функции пути

6. Соединяем линейкой точку b' с точкой O , восстанавливаем перпендикуляр из точки A' до пересечения с отрезком $b'O$ и обозначаем конец

этого отрезка точкой В'. Отрезок А'В' является следующей частью кривой времени $t(S)$

7. Аналогичные построения проводим для следующих отрезков. Для того чтобы кривая времени уместилась при достижении ординаты, равной 10 мин. (точка 1), кривую времени следует оборвать, точку обрыва внести по вертикали вниз на ось абсцисс (точка 2) и продолжать построение кривой времени снова с нуля.

Содержание отчёта:

1. Построить график кривой времени.
2. Сделать вывод.
3. Письменно ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Опишите основную суть метода построения кривой времени?
2. Как определить время хода по участку?

Лабораторная работа № 7

«Построение кривой тока»

Цель работы:

приобрести практические навыки по построению кривой тока.

Оборудование: линейка, спрямлённый и приведённый профиль пути с графиками кривой скорости и кривой времени, токовые характеристики.

Краткие теоретические сведения:

Токовыми характеристиками называют зависимость тока тягового электродвигателя, или тока, потребляемого железнодорожным электроподвижным составом, или тока тягового генератора тепловоза от скорости движения. Их используют для нахождения токов при движении поезда с различными скоростями, которые необходимы для оценки использования мощности тяговых электродвигателей и генераторов. По току, проходящему по обмоткам тягового электродвигателя или генератора, и времени, в течение которого проходит данный ток, определяют нагрев их обмоток. При длительной работе локомотива с большими токами нагревание электрических машин может ограничивать наибольшую массу поезда. Поэтому после определения массы состава, скоростей движения и времени хода проверяют выбранную массу состава по условиям нагревания обмоток электрических машин, используя характеристики $v(I_d)$ или $I_d(v)$. Для этого на графике $v(S)$, $t(S)$ наносят и токи, используя токовые характеристики.

Задание практической работы:

Построить кривую тока на участке ст.А – ст.Б (на спрямлённом профиле пути).

Исходные данные:

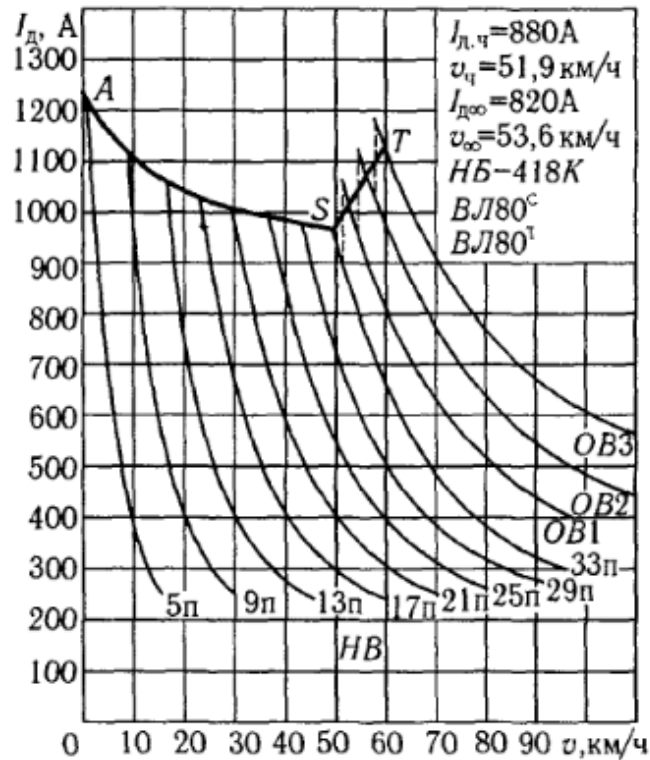


Рисунок 7.1 – Токовые характеристики $I_d(v)$ тягового электродвигателя HB-418K электровоза ВЛ80^C

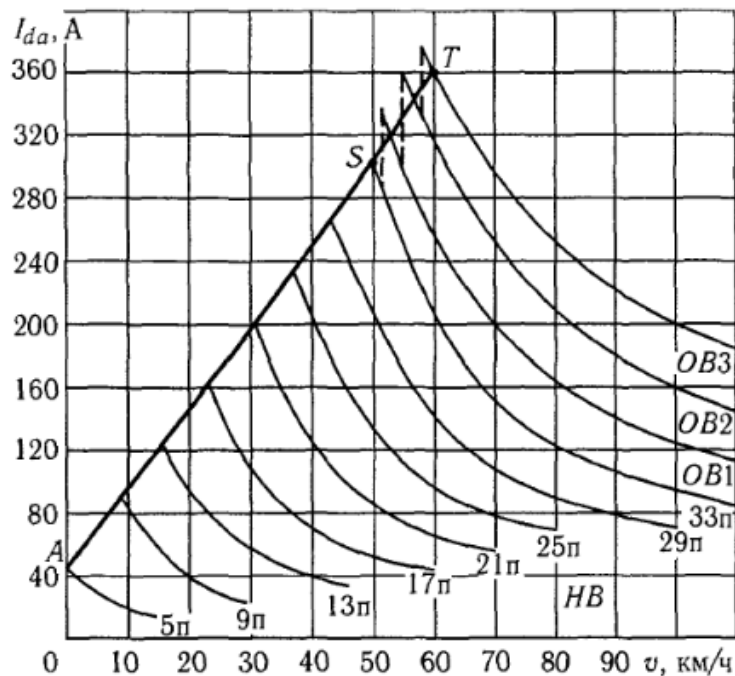


Рисунок 7.2 – Токовые характеристики $I_{da}(v)$ электровоза ВЛ80^C

Порядок выполнения:

1. Получить задание и ознакомиться с целью работы.

2. Изучить задание.
3. Используя конспект (методические указания по выполнению лабораторной работы), произвести вычисления, построить графики.
4. Оформить отчёт

Методические указания по выполнению лабораторной работы № 7:

Последовательность зависимости тока тягового электродвигателя от пройденного пути:

1. Кривая тока $I_d(s)$ строится на основании кривой скорости $v(s)$ на том же графике, добавив ось I_d и выбрав масштаб.

2. На ранее построенной кривой времени $v(s)$ с пометками о режиме работы тяговых электродвигателей берут точки перелома и для каждой из них по кривой $I_d(v)$ определяют ток тягового электродвигателя при данном режиме. Нанесённые на график точки соединяют прямыми линиями, показывающие изменение тока тягового электродвигателя в зависимости от пути S . При изменении режима работы тяговых электродвигателей (переход с ПВ на ОБ1, с ОБ1 на ОБ2 и наоборот) появляются броски тока (рисунок 7.3). Построение кривой тока ведётся только при движении поезда в режиме тяги. В режиме холостого хода и торможения ток отсутствует, и кривая обрывается до нуля, и там, где вновь включается режим тяги, ток соответствует скорости движения.

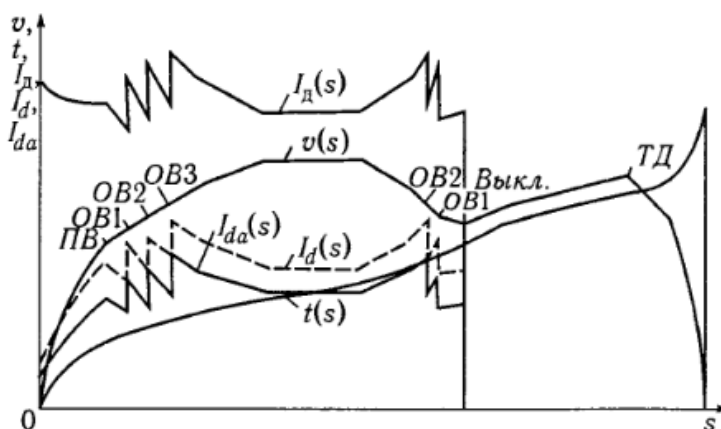


Рисунок 7.3 – Построение кривых тока $I_d(s)$, $I_d(s)$, $I_{da}(s)$ электровоза переменного тока

Зависимость активной составляющей тока электровоза $I_{da}(s)$ в функции

пути строится аналогично по токовым характеристикам $I_{da}(v)$

Содержание отчёта:

1. Построить графики $I_d(s)$, $I_{da}(s)$.
2. Сделать вывод.
3. Письменно ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Назначение токовых характеристик $I_d(v)$, $I_d(v)$, $I_{da}(v)$.
2. Что происходит с током при переходе с полного поля на ослабленное и наоборот?
3. Что происходит с потребляемым током при увеличении скорости поезда?

Лабораторная работа № 8

«Построение кривой нагрева тяговых двигателей»

Цель работы:

приобрести практические навыки построения кривой нагрева тяговых двигателей.

Оборудование: спрямлённый и приведённый профиль пути с графиками кривой скорости, кривой времени и кривыми тока $I_d(s)$.

Краткие теоретические сведения:

Масса состава может быть ограничена предельной температурой тяговых двигателей, которая зависит от класса его изоляции.

Длительная работа тяговых двигателей с большими токами может привести к перегреву обмоток и преждевременному старению изоляции и её пробое. После определения температуры нагрева следует сделать вывод о возможности вождения составов расчётной массы по данному участку заданным типом локомотива. Если температура не превышает предельную, массу состава считают установленной. В противном случае необходимо провести технические или организационные мероприятия, исключающие перегрев. К ним можно отнести: снижение массы состава, организацию технических остановок для остывания электрооборудования, применение подталкивания поездов на критических перегонах, замену серии локомотива и т.д.

Целью расчёта нагревания тяговых двигателей является определение превышения температуры обмоток двигателя над температурой окружающего воздуха при работе электровоза на участке. При этом максимальное превышение температуры обмоток двигателя не должно быть больше их допустимого значения.

Задание лабораторной работы:

Определить температуру обмоток тяговых электродвигателей при

движении поезда по спрямлённому профилю пути на участке ст.А – ст.Б для оценки использования мощности в летних условиях при расчётной температуре +20°C.

Исходные данные:

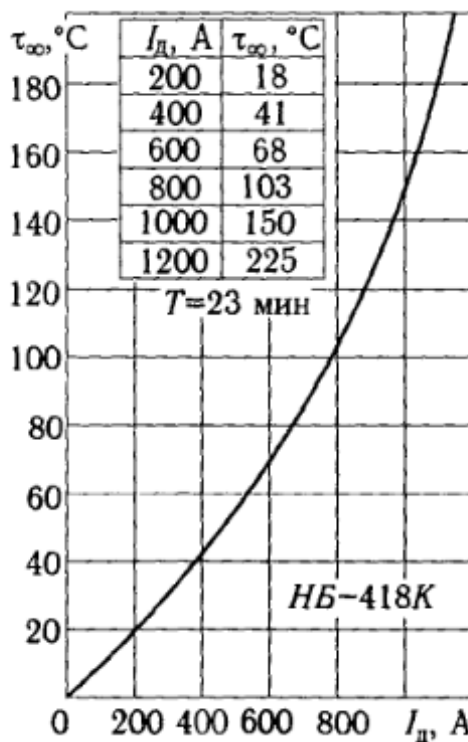


Рисунок 8.1 – Тепловые характеристики обмотки якоря тягового электродвигателя НБ-418К при $Q_v=110 \text{ м}^3/\text{мин}$

Таблица 8.1

Серия локомотива	Масса состава,	Длина участка ст.А – ст. Б,	Тепловая постоянная времени	Начальное превышение температуры для расчётного промежутка времени	Температура наружного воздуха	Предельно-допустимое превышение температуры
	$m_c, т$	$l, км$		$\tau_0, ^\circ C$	$t_{нв}, ^\circ C$	
				15		120

Для заполнения таблица исходными данными необходимо проанализировать исходные данные из заданий предыдущих практических занятий и лабораторных работ и внести необходимые значения.

Порядок выполнения:

1. Получить задание и ознакомиться с целью работы.
2. Изучить задание.
3. Используя конспект (методические указания по выполнению лабораторной работы), произвести вычисления.
4. Оформить отчёт

Методические указания по выполнению лабораторной работы № 8:

1. Выполнить расчёт превышения τ тяговых электродвигателей при номинальных условиях охлаждения

В таблицу 8.2 в графу 1 заносят участки кривой тока I_d ,
 в графу 2 и 3 начальное и конечное значение тока на этих участках,
 для графы 4 вычисляют средние значения тока на участках,
 в графу 5 заносят время движения на каждом участке,
 для графы 6 находят значение τ_∞ по кривым $\tau_\infty(I_d)$ для тягового электродвигателя НБ-418К (рисунок 15.1),

в графах 7 и 8 вычисляют $\frac{\Delta t}{T}$ и $\tau_\infty \frac{\Delta t}{T}$, используя значения граф 5 – 7,

в графе 9 вычисляют $\tau_0(1 - \frac{\Delta t}{T})$, используя значения графы 7,

в графе 10 вычисляют превышение τ тяговых электродвигателей по формуле:

$$\tau = \tau_\infty \frac{\Delta t}{T} + \tau_0 \cdot \left(1 - \frac{\Delta t}{T}\right), \quad (27)$$

2. Выбрать наибольшее превышение температуры обмотки.
3. Рассчитать расчётное превышение температуры τ_p , °С, по формуле:

$$\tau_p = \tau \cdot K_{сз} \cdot K_{нв}; \quad (28)$$

где $K_{сз}$ – коэффициент сезона, принимаемый летом равным 1,0, а зимой – 1,1;

$K_{нв}$ – коэффициент наружного воздуха (при $t_{нв}=15$ °С $K_{нв}=0,98$).

4. Сравнить значение расчётного и предельно-допустимого превышения температуры и сделать вывод о возможности использования мощности ТЭД на заданном участке.

Содержание отчёта:

1. Произвести расчёт превышения температуры обмотки двигателя над температурой окружающей среды на участке ст.А – ст.Б (заполнить таблицу 8.2)

Таблица 8.2

Участок кривой тока	$I_{дн},$ А	$I_{дк},$ А	$I_{дср},$ А	$\Delta t,$ мин	$\tau_{\infty},$ °С	$\frac{\Delta t}{T}$	$\tau_{\infty} \frac{\Delta t}{T},$ °С	$\tau_0 (1 - \frac{\Delta t}{T}),$ °С	$\tau,$ °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0' – 1'									
1' – 2'									
Max=									

2. Сделать вывод.
3. Письменно ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Для чего необходимо вести расчёт превышения температуры обмотки двигателя над температурой окружающей среды?
2. Из чего зависит нагревание электрических машин?
3. Что называется тепловыми характеристиками электрических машин?

Список использованных источников

Основные источники:

1 Красноружский, А.С. Курс лекций по ПМ.01, МДК.01.02 Тема 2.5 «Основы локомотивной тяги» для студентов специальности 23.02.06 (электроподвижной состава)[Текст] / А.С. Красноружский . Саратов, 2019г. – 112с.

2 Методические рекомендации по выполнению практических занятий ПМ.01 МДК 01.02 Тема 2.5 Основы локомотивной тяги для студентов специальности 23.02.06 (электроподвижной состава)

3 Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ ПМ.01 МДК 01.02 Тема 2.5 Основы локомотивной тяги для студентов специальности 23.02.06 (электроподвижной состава)

Дополнительные источники:

1 Правила технического обслуживания тормозного оборудования и управления тормозами железнодорожного подвижного состава. – М.: ООО «Техинформ», 2014. -224 стр. Утверждены Приказом Минтранса России от 03.06.2014г. № 151

2 Ермишкин, И.А. Конструкция электроподвижного состава [Текст]: учеб. пособие / И.А. Ермишкин . – Москва : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. – 376 с.

Интернет ресурсы:

1 Дайлидко, А.А. Электрические машины ЭПС [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / А.А. Дайлидко . – Москва : ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017. – 245 с.—
Режим доступа: <https://umczdt.ru/books/37/2456/>.

Приложение 1

Инструктаж при охране труда (при работе с оборудованием)

Приступая к выполнению практических работ, необходимо соблюдать следующие правила по охране труда:

В учебном кабинете:

- приступать к разборке и сборке узлов локомотива только в присутствии преподавателя;
- пользоваться для разборки и сборки узлов локомотива только исправными инструментами;
- не бросать детали на пол.

На полигоне:

- при осмотре оборудования не смещать его руками с места установки;
- при разборке и сборке узлов локомотива пользоваться только исправным инструментом;
- визуальный осмотр тележки, колёсных пар производиться только при наличии тормозных башмаков.

Приложение 2

Исходные данные:

№ варианта	Масса состава, m_c , т	Состав поезда	
		4-осных вагонов, p_4 , %	8-осных вагонов, p_8 , %
1	5000	20	80
2	3150	25	75
3	4000	30	70
4	3000	35	75
5	4700	40	60
6	3100	45	55
7	3250	50	50
8	4300	55	45
9	3750	60	40
10	3900	65	35
11	3200	70	30
12	4150	75	25
13	4900	80	20
14	3300	20	80
15	4350	25	75
16	3800	30	70
17	3650	35	75
18	3400	40	60
19	4400	45	55
20	3550	50	50
21	4050	55	45
22	4200	60	40
23	3500	65	35
24	4450	70	30
25	4800	75	25
26	3950	80	20
27	4250	20	80
28	3700	25	75
29	4650	30	70
30	4500	35	75
31	3450	40	60
32	3850	45	55
33	4100	50	50
34	3600	55	45
35	3350	60	40
36	4600	65	35

№ элемента	Вариант № 1 $h_0=720$					Вариант № 2 $h_0=450$				
	длина	уклон	центр. угол	радиус кривой	длина кривой	длина	уклон	центр. угол	радиус кривой	длина кривой
Ст.А. 1	1100	0				1100	0			
2	1000	+7	62			1000	-3	54		
3	1100	+6		900	700	1200	-4		800	900
4	900	+5	30			900	-5	56		
5	700	0	30			600	0	31		
6	600	-5		1000	300	400	+6	31		
7	500	-3				500	+7	50		
8	500	-4	50			800	0			
9	3200	+12				900	-4	60		
10	1100	0	29			3000	+12			
11	800	+8	29			700	0	32		
12	1000	+7				600	+4	32		
13	900	+6	52			700	+3		900	500
Ст.Б. 14	1200	0				1200	0			
Вариант № 3 $h_0=545$						Вариант № 4 $h_0=250$				
Ст.А. 1	1100	0				1200	0			
2	800	-6	60			900	+3	58		
3	600	-5				1000	+4		850	700
4	700	-4	32			800	+5	31		
5	500	+10	32	1000	700	600	0	31		
6	900	0				800	-5			
7	3400	+13				900	-6	30		
8	400	0	31			500	0	30		
9	800	-4	31	600	300	700	-4		600	400
10	500	-3				3200	+10			
11	400	0				1400	0	46		
12	1000	+7	52			900	+7			
13	1100	+8	54			800	+6	50		
Ст.Б. 14	1200	0				1200	0			
Вариант № 5 $h_0=735$						Вариант № 6 $h_0=642$				
Ст.А. 1	1200	0				1100	0			
2	1100	+6				500	-4	54		
3	1000	+5	54			600	-5			
4	1200	+7	31			400	-6	30		
5	500	0	31			500	0	30		
6	600	-3		700	400	800	+9		1000	600
7	700	-4	58			1000	+8		800	500
8	900	0				800	0			
9	2800	+12				500	-5	52		
10	800	0	30			3200	+11			
11	900	+5	30			500	0	32		
12	1000	+6		800	900	800	+7	32		
13	700	+4	64			900	+6	62		
Ст.Б. 14	1100	0				1200	0			
Вариант № 7 $h_0=158$						Вариант № 8 $h_0=343$				
Ст.А. 1	1200	0				1300	0			
2	800	+4				900	-5			
3	900	+3	56			800	-6	56		
4	700	+5	29			1000	-7	31		
5	500	0	29			700	0	31		
6	600	-6				1000	+9		700	600
7	900	-5	48			1100	+8	58		
8	800	-4		800	600	800	+7	30		
9	1000	0		700	800	900	0	30		

10	2900	+9				2500	+13			
11	1200	0	30			1400	0			
12	1000	+8	30			600	+7	48		
13	900	+7	54			700	+6		1000	500
Ст.Б. 14	1100	0				1100	0			
	Вариант № 9 $h_0=270$					Вариант № 10 $h_0=536$				
Ст.А. 1	1200	0				1100	0			
2	800	+6	64			900	+8			
3	600	+5				1000	+7	52		
4	700	+4				800	+6		900	500
5	500	0	31			500	0	31		
6	900	-5	31			600	-4	31		
7	2800	+11				700	-5			
8	400	0				1100	0	56		
9	800	+4	32			3000	+10			
10	500	+3	32	700	500	900	0	32		
11	900	0				700	+5	32		
12	1000	-7	60	900	800	900	+4	60		
13	1100	-8				800	+3		700	400
Ст.Б. 14	1200	0				1200	0			
	Вариант № 11 $h_0=245$					Вариант № 12 $h_0=455$				
Ст.А. 1	1100	0				1200	0			
2	700	+3	54			800	-3	54		
3	600	+4	56			900	-4		700	500
4	1200	0		1000	700	700	-5	30		
5	3000	+13				500	0	30		
6	900	+2	31			600	+3			
7	600	0	31			900	+5	48		
8	500	-6	50			800	+4		900	600
9	800	-7		700	500	3300	+9			
10	500	0	32			600	0	29		
11	900	+4	32			1000	-8	29		
12	1100	+5				900	-7	56		
13	1000	+3	60			800	-6			
Ст.Б. 14	1300	0				1200	0			
	Вариант № 13 $h_0=760$					Вариант № 14 $h_0=365$				
Ст.А. 1	1300	0				1100	0			
2	500	+4				1000	-7		900	800
3	600	+5	62			1100	-6	52		
4	400	+6		700	300	900	-5	29		
5	500	0	32			600	0	29		
6	900	-9	32			600	+5			
7	1000	-8				500	+4	60		
8	900	+5		900	800	2900	+12			
9	800	0	52			500	0	30		
10	2800	+11				800	-8	30		
11	500	0	30			1000	-7	62		
12	800	-7	30			900	-6			
13	900	-6	54			700	+4		700	400
Ст.Б. 14	1200	0				1200	0			
	Вариант № 15 $h_0=630$					Вариант № 16 $h_0=135$				
Ст.А. 1	1200	0				1200	0			
2	1100	+9				800	+7	58		
3	900	+8	58			900	+6	31		
4	400	0	31			1000	0	31		
5	600	-5	31	900	500	3100	+13			
6	700	-4				700	0	30		

7	1000	0				500	-7	30		
8	3100	+10				600	-5		600	300
9	1100	0	32			800	0			
10	400	+7	32			1000	+4	46		
11	500	+6				800	+5	54		
12	400	+5	56	1000	400	900	-2	50		
13	600	+4				700	-3			
Ст.Б. 14	1100	0				1100	0			
Вариант № 17 $h_0=260$						Вариант № 18 $h_0=130$				
Ст.А. 1	1200	0				1200	0			
2	1200	-9	56			1100	6			
3	900	-8				1000	+7	54		
4	400	0	32			900	+5	31		
5	600	+5	32			500	0	31		
6	700	+4		1000	400	600	-3		900	400
7	800	0	58			700	-4	58		
8	2900	+12				3200	+11			
9	800	0	31			1000	0	30		
10	400	-7	31			800	+6	30		
11	500	-6				1000	+8	58		
12	400	-5	60			900	+2			
13	600	-4		800	500	700	+3	56		
Ст.Б. 14	1100	0				1100	0			
Вариант № 19 $h_0=570$						Вариант № 20 $h_0=362$				
Ст.А. 1	1200	0				1100	0			
2	900	-3	50			900	+4			
3	1000	-4				700	+3	52		
4	800	-5	46			800	+5		700	500
5	600	0	30			1000	0	31		
6	500	+5	30			700	-5	31		
7	600	+6		700	400	600	-4			
8	500	0				800	-6	60		
9	400	+4		800	300	500	0		1000	300
10	3000	+9				3000	+11			
11	400	0	31			900	0	32		
12	900	-7	31			1000	-7	32		
13	800	-6	58			1100	-8	58		
Ст.Б. 14	1100	0				1200	0			
Вариант № 21 $h_0=441$						Вариант № 22 $h_0=535$				
Ст.А. 1	1200	0				1100	0			
2	1100	-8	56			500	+5			
3	1000	-7	32			400	+7	58		
4	500	0	32			600	+4		800	400
5	600	+4		900	400	500	+6	31		
6	700	+5				1000	0	31		
7	800	-3	60			3100	+11			
8	3100	+10				900	0	32		
9	400	0	31			500	+2	32		
10	700	-5	31			600	+3			
11	900	-4				400	0	28		
12	800	-3	52	700	500	1200	-8	28		
13	600	-6				900	-9	60		
Ст.Б. 14	1100	0				1300	0			
Вариант № 23 $h_0=625$						Вариант № 24 $h_0=733$				
Ст.А. 1	1200	0				1200	0			
2	900	-5	48			1000	+3	60		
3	800	-6		1000	700	1100	+4		1000	800

4	1000	-7	30			900	+5	32		
5	400	0	30			500	0	32		
6	1000	+2				400	-6			
7	1100	0	58			500	-7	50		
8	800	-2		900	500	800	+4	31		
9	500	0				900		31		
10	3500	+10				3000	+9			
11	400	0	31			400	-4		700	300
12	600	-2	31			500	-3	56		
13	700	-4	56			700	-5	54		
Ст.Б. 14	1100	0				1200	0			
Вариант № 25 $h_0=439$						Вариант № 26 $h_0=562$				
Ст.А. 1	1200	0				1300	0			
2	900	-4		1000	700	600	+6			
3	1000	-3				300	+5	64		
4	800	-2	56			400	+4		700	300
5	400	0	21			500	0	58		
6	800	+2	21			900	-7			
7	500	+5	64			800	-6	52		
8	600	+6				400	0		700	200
9	500	+4	52			800	+6	54		
10	3200	+9				3000	+10			
11	400	0				500	0	30		
12	900	-8	56			700	-6	30		
13	800	-6		700	500	900	-5	64		
Ст.Б. 14	1100	0				1100	0			
Вариант № 27 $h_0=354$						Вариант № 28 $h_0=140$				
Ст.А. 1	1200	0				1300	0			
2	1100	-6				1000	+7		900	800
3	1000	-7	58			800	+6	62		
4	600	0	31			900	+8	30		
5	800	+8	31	1000	700	1000	0	30		
6	700	+6				2400	+13			
7	3000	+12				600	-4	50		
8	500	0				500	-5	29		
9	800	-5	32			1100	0	29		
10	1000	-6	32			900	+5			
11	900	-7		800	500	1000	+4	52		
12	400	0	56			800	+6			
13	600	+2				1200	-2		700	900
Ст.Б. 14	1200	0				1100	0			
Вариант № 29 $h_0=635$						Вариант № 30 $h_0=742$				
Ст.А. 1	1100	0				1200	0			
2	800	-3	52			800	+6	54		
3	900	-7				900	+7	52		
4	500	0		700	400	1500	0		1000	900
5	500	+4	60			2500	+11			
6	900	+5		1000	700	500	0	31		
7	1000	+6	54			800	-9	31		
8	500	0	48			1000	-8			
9	3300	+9				600	0	32		
10	600	0	31			400	+6	32		
11	900	-6	31			700	+5		600	400
12	700	-7	56			500	0			
13	800	-5				800	+2	60		
Ст.Б. 14	1200	0				1100	0			

Приложение 3

Таблица 3.1 – Масштабы для построения графиков

Величина	Значения масштаба, мм		
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Сила 1 Н/кН	12	6	10
Скорость 1 км/ч	2	1	2
Путь 1 км	40	20	48
Постоянная Δ	30	30	25
Время 1 ч	600	600	600
Время 1 мин	10	10	10

Приложение 4

Номограммы для определения тормозного пути

