Министерство Транспорта Российской Федерации

Федеральное Агентство Железнодорожного Транспорта

Государственное Образовательное Учреждение

Высшего профессионального образования

Самарский Государственный Университет Путей Сообщения

Кафедра Электрический железнодорожный транспорт

**Курсовая работа**

**По дисциплине: Теория электрической тяги**

Вариант 42

Выполнил :

студент 5 курса з/о

шифр :

.

Проверил :

Самара 2010

**РЕФЕРАТ**

Данная курсовая работа посвящена изучению основ тяговых расчетов путём построения сил действующих в поезде при различных видах движения и дальнейшего рассмотрения процессов происходящих при движении поезда по заданному участку пути.

Данная курсовая работа содержит:

листов 33;

таблиц 7;

рисунков 5;

список использованных источников 3.

#### СОДЕРЖАНИЕ

[1.Введение 4](#_Toc164430554)

[2. Задание и исходные данные 5](#_Toc164430555)

[3.Спрямление профиля пути 8](#_Toc164430556)

[4.Определение массы состава 14](#_Toc164430557)

[5.Определение числа вагонов и осей состава, проверка массы состава и числа определённых вагонов 15](#_Toc164430558)

[6.Определение длины состава и поезда. Сравнение длины поезда с заданной длиной приёмо-отправочных путей. Определение погонной нагрузки, сравнение масс. 15](#_Toc164430559)

[7.Проверка массы состава при трогании с места 16](#_Toc164430560)

[8.Определение величины расчётного тормозного коэффициента 17](#_Toc164430561)

[9.Тяговая характеристика локомотива 18](#_Toc164430562)

[10.Решение тормозной задачи 24](#_Toc164430563)

[11.Построение кривых скорости , времени движения и тока  25](#_Toc164430564)

[12.Определение технической скорости движения поезда 25](#_Toc164430565)

[13.Построение кривой зависимости тормозного пути от величины уклона 25](#_Toc164430566)

[14.Построение кривой зависимости пути замедления поезда от скорости на максимальном подъёме 26](#_Toc164430567)

[15.Построение совмещённого графика зависимости силы тяги от скорости  и сил сопротивления  на различных подъёмах 26](#_Toc164430568)

[16.Определение времени хода поезда способом равномерных скоростей 26](#_Toc164430569)

[17.Определение расхода энергоресурсов 28](#_Toc164430570)

[18.Определение виртуального коэффициента участка 29](#_Toc164430571)

[19.Определение нагрева обмоток тяговых жлектрических машин 30](#_Toc164430572)

[Заключение 32](#_Toc164430573)

[Библиографический список 33](#_Toc164430574)

# 1.ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития и совершенствования эксплуатации локомотивов характеризуется новым уровнем управленческих задач, развитием автоматизированных систем управления. К железным дорогам предъявляются новые, все более высокие требования по удовлетворению возрастающих потребностей народного хозяйства и населения в перевозках, успешное выполнение которых во многом зависит от рациональной организации эксплуатации локомотивов. Возросли требования к решению задач по обеспечению безопасности движения поездов, чёткому выполнению графика движения, обеспечения экономного вождения поездов, в которых вопросы эксплуатации локомотивов занимают центральное место.

Поэтому для эффективного выполнения поставленных перед железной дорогой целей нужно грамотно организовать эксплуатацию локомотивного комплекса.

# 2. ЗАДАНИЕ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

В курсовой работе необходимо выполнить нижеследующие задачи.

1.Провести анализ и спрямление профиля пути, установить величины расчетного подъема, максимального спуска и подъема.

2.Определить массу состава по выбранному расчетному подъему.

3.Определить число вагонов и осей состава. Выполнить проверку массы состава.

4.Определить длину состава и поезда. Сравнить длину поезда с заданной длиной приемоотправочных путей на раздельных пунктах (станциях)

5.Определить погонную нагрузку состава. Определить массу состава исходя из значения средней погонной нагрузки.

6.Сравнить массы состава, определенные по расчетному подъему и средней погонной нагрузке.

7.Проверитьь массу состава на трогание поезда с места при остановках на различных пунктах (станциях).

8.Определить величины расчетного тормозного коэффициента для чугунных и композиционных колодок.

9.Составить тяговую характеристику локомотива.

10. Подготовить исходные данные для ввода в ЭВМ.

11.По полученным с ЭВМ данным построить диаграммы удельных равнодействующих сил.

12.Определить максимально допустимую скорость движения поезда на наиболее крутом спуске участка для заданных тормозных средств поезда (математическое и графическое решение тормозной задачи).

13.Потсроить кривые скорости  и времени движения  поезда на перегоне с остановкой на промежуточной станции в направлении движения «туда» и без остановки на промежуточной станции в направлении движения «обратно».

14.Определить техническую скорость движения поезда на участке в направлении «туда» и «обратно».

15.Построитьь кривые тока  электровоза постоянного тока,  электровоза переменного тока, тяговых двигателей электровозов для заданного типа локомотива. Построение провести в одном направлении.

16.Построить кривые зависимости пути замедления поезда от скорости на максимальном подъеме  при . Сделать вывод об эффективности того или иного типа колодок.

17.Построить кривую зависимости пути замедления поезда от скорости на максимальном подъеме  при . Сделать вывод о возможности преодоления поездом максимального подъема за счет накопленной кинетической энергии.

18.Построить совмещенный график зависимости сил тяги от скорости  и сил сопротивления  на различных подъемах от до с интервалом 

19.Рассчитать время хода поезда по участку способом равномерных скоростей.

20.Определить расход электроэнергии электровозом.

21.Рассчитать виртуальный коэффициент и сделать вывод о сложности участка.

22.Определить нагрев обмоток электрических машин заданного локомотива.

Исходные данные

Электровоз – ВЛ11;

Доля вагонов в поезде:

4-осные на подшипниках качения ;

4-осные на подшипниках скольжения ;

6-осные ;

8-осные ;

Масса вагонов:

т;

т;

т;

Процент тормозных осей в составе – 92%;

Тип тормозных колодок – композиционные;

Длина приемоотправочных путей – 1050 м.

*Таблица 2.1*

Профиль пути

| № | Длина элемента, м | Крутизна уклона, ‰ | Кривые (радиус и длина), м |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 400 | 0,0 | Станция А |
| 2 | 300 | +1,0 |
| 3 | 500 | 0,0 |
| 4 | 400 | +2,0 | ;  |
| 5 | 700 | 0,0 |  |
| 6 | 900 | +1,5 |  |
| 7 | 500 | -4,0 |  |
| 8 | 700 | 0,0 | ;  |
| 9 | 600 | -2,5 |  |
| 10 | 1000 | -8,0 |  |
| 11 | 1200 | -9,0 | ;  |
| 12 | 1050 | -8,5 |  |
| 13 | 900 | -7,5 | ;  |
| 14 | 1250 | -8,1 | ;  |
| 15 | 850 | -8,8 |  |
| 16 | 500 | +2,0 |  |
| 17 | 700 | +1,5 |  |
| 18 | 650 | +2,4 | Станция Б |
| 19 | 570 | +1,9 |
| 20 | 450 | -2,5 |  |
| 21 | 500 | -3,2 | ;  |
| 22 | 700 | -10,5 |  |
| 23 | 800 | -9,5 |  |
| 24 | 1200 | 0,0 | ;  |
| 25 | 700 | +12,5 |  |
| 26 | 900 | +12,0 |  |
| 27 | 1000 | 0,0 | ;  |
| 28 | 1200 | +8,1 |  |
| 29 | 1400 | +9,2 | ;  |
| 30 | 1600 | +8,8 |  |
| 31 | 1000 | +8,4 | ;  |
| 32 | 1250 | +9,0 |  |
| 33 | 1500 | +9,5 | ;  |
| 34 | 780 | 0,0 |  |
| 35 | 650 | +1,5 |  |
| 36 | 800 | +2,0 | ;  |
| 37 | 1000 | +4,0 | ;  |
| 38 | 900 | +3,0 |  |
| 39 | 600 | +1,5 |  |
| 40 | 800 | -2,4 | Станция В |
| 41 | 600 | -1,8 |

# 3.СПРЯМЛЕНИЕ ПРОФИЛЯ ПУТИ

Для повышения точности результатов тяговых расчетов, а также для сокращения объема последних и, следовательно, времени на их выполнение, необходимо спрямить профиль пути.

Спрямление профиля пути состоит в замене двух или нескольких смежных элементов продольного профиля пути одним элементом, длина которого равна сумме длин спрямляемых элементов, а крутизна вычисляется по формуле приведенной в /1/.

По формулам (1), (2) /1/, спрямим элементы № 1, 2, 3.

м;

‰.

Чтобы расчеты скорости и времени движения поезда по участку были достаточно точными, необходимо выполнить проверку каждого элемента на возможность спрямления по формуле:

; (3.1)

где  - длина спрямляемого элемента, м;

 - абсолютная величина разности между уклоном спрямляемого участка и уклоном проверяемого элемента, ‰, т.е. .

Произведем проверку:

Элемент №1 ;

Элемент №2 ;

Элемент №3 .

**Вывод:** элементы № 1, 2, 3 имеют право на спрямление.

Спрямим элементы № 4, 5, 6.

м;

‰.

Произведем проверку:

Элемент №4 ;

Элемент №5 ;

Элемент №6 .

**Вывод:** элементы № 4, 5, 6 имеют право на спрямление.

На элементе № 4 находится кривая, которая при спрямлении заменяется фиктивным подъемом. Величина фиктивного подъема определяется по формуле:

‰, (3.2)

где  - длина и радиус кривых в пределах спрямленного участка, м.

Окончательный уклон спрямленного участка рассчитаем по формуле:

‰ (3.3)

 -1,1+0,1 = 1,0‰

Спрямим элементы № 7, 8, 9.

м;

‰.

Произведем проверку:

Элемент №7 ;

Элемент №8 ;

Элемент №9 .

**Вывод:** элементы № 7, 8, 9 имеют право на спрямление.

Фиктивный подъем от кривой:

‰.

Окончательный уклон:

‰.

 1,9 + 0,2 = 2,1‰.

Спрямим элементы № 10, 11, 12, 13, 14, 15.

м;



Произведем проверку:

Элемент №10 ;

Элемент №11 ;

Элемент №12 .

Элемент №13 ;

Элемент №14 ;

Элемент №15 .

**Вывод:** элементы № 10, 11, 12, 13, 14, 15 имеют право на спрямление.

Фиктивный подъем от кривых:

‰.

Окончательный уклон:

‰.

 8,3 + 0,1 = 8,4 ‰.

Спрямим элементы № 16, 17.

м;

‰.

Произведем проверку:

Элемент №16 ;

Элемент №17 ;

**Вывод:** элементы № 16, 17 имеют право на спрямление.

Спрямим элементы № 18, 19 (станция Б).

м;

‰.

Произведем проверку:

Элемент №18 ;

Элемент №19 ;

**Вывод:** элементы № 18, 19 имеют право на спрямление.

Спрямим элементы № 20, 21.

м;

‰.

Произведем проверку.

Элемент №20 ;

Элемент №21 ;

**Вывод:** элементы № 20, 21 имеют право на спрямление.

Фиктивный подъем от кривой:

‰.

Окончательный уклон:

‰.

 2,9 + 0,1 = 3,0 ‰.

Элемент № 22 не имеет права на спрямление, т.к. на нем находится минимальный спуск.

Спрямим элементы № 23, 24.

м;

‰.

Произведем проверку:

Элемент №23 .

**Вывод:** элементы № 23, 24, не имеют права на спрямление.

На элементе № 24 находится кривая, найдем фиктивный подъем от нее по формуле:

‰ (3.4)

Окончательный уклон:

‰.

 -0 + 0,8 = -0,8 ‰.

Элемент № 25 не имеет права на спрямление, т.к. на нем находится максимальный подъем.

Элемент № 26 не имеет права на спрямление, т.к. соседний с ним элемент является максимальным подъёмом.

Элемент № 27 не подлежит спрямлению, т.к. имеет большую разницу в уклонах с соседними элементами, но на элементе № 27 находится кривая, найдем фиктивный подъем от нее:

‰

‰.

 -0 + 0,5 = -0,5 ‰

Спрямим элементы № 28, 29.

м;



Произведем проверку:

Элемент №28 ;

Элемент №29 ;

**Вывод:** элементы № 28, 29 имеют право на спрямление.

Фиктивный подъем от кривых:

‰.

Окончательный уклон:

‰.

 - 8,7 + 0,1 = - 8,6 ‰.

Элемент №30 не имеет права на спрямление, т.к. на нем расположен расчетный подъем.

Спрямим элементы № 31, 32, 33.

м;



Произведем проверку:

Элемент №31 ;

Элемент №32 ;

Элемент №33 .

**Вывод:** элементы № 31, 32, 33имеют право на спрямление.

Фиктивный подъем от кривых:

‰.

Окончательный уклон:

‰.

 - 9,0 + 0,1 = - 8,9 ‰.

Спрямим элементы № 34, 35, 36, 37, 38, 39.

м;



Произведем проверку:

Элемент №34 ;

Элемент №35 ;

Элемент №36 .

Элемент №37 ;

Элемент №38 ;

Элемент №39 .

**Вывод:** элементы № 34, 35, 36, 37, 38, 39 имеют право на спрямление.

Фиктивный подъем от кривых:

‰.

Окончательный уклон:

‰.

 -2,2 + 0,1 = -2,1 ‰.

Спрямим элементы № 40, 41.

м;

‰.

Произведем проверку.

Элемент №40 ;

Элемент №41 ;

**Вывод:** элементы № 40, 41 имеют право на спрямление.

Результаты расчетов по спрямлению заданного профиля пути сведем в таблицу 3.1.

*Таблица 3.1*

Спрямленный профиль от станции А до станции В

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Длина элемента ,м | Крутизна элемента,‰ | Кривые | Длина ,м | Крутизна ,‰ | Фиктивный подъем ,‰ | ,‰ | № спряженного участка | Примечание |
| ,м | ,м | «туда» | «обратно» |
| 1 | 400 | 0,0 |  |  | 1200 | +0,3 | - | +0,3 | -0,3 | 1 | Станция А |
| 2 | 300 | +1,0 |  |  |
| 3 | 500 | 0,0 |  |  |
| 4 | 400 | +2,0 | 250 | 800 | 2000 | +1,1 | +0,1 | +1,2 | -1,0 | 2 |  |
| 5 | 700 | 0,0 |  |  |
| 6 | 900 | +1,5 |  |  |
| 7 | 500 | -4,0 |  |  | 1800 | -1,9 | +0,2 | -1,7 | +2,1 | 3 |  |
| 8 | 700 | 0,0 | 300 | 900 |
| 9 | 600 | -2,5 |  |  |
| 10 | 1000 | -8,0 |  |  | 6250 | -8,3 | +0,1 | -8,2 | +8,4 | 4 |  |
| 11 | 1200 | -9,0 | 400 | 1500 |
| 12 | 1050 | -8,5 |  |  |
| 13 | 900 | -7,5 | 360 | 1200 |
| 14 | 1250 | -8,1 | 200 | 1000 |
| 15 | 850 | -8,8 |  |  |
| 16 | 500 | +2,0 |  |  | 1200 | +1,7 | - | +1,7 | -1,7 | 5 |  |
| 17 | 700 | +1,5 |  |  |
| 18 | 650 | +2,4 |  |  | 1220 | +2,2 | - | +2,2 | -2,2 | 6 | Станция Б |
| 19 | 570 | +1,9 |  |  |
| 20 | 450 | -2,5 |  |  | 950 | -2,9 | +0,1 | -2,8 | +3,0 | 7 |  |
| 21 | 500 | -3,2 | 150 | 850 |
| 22 | 700 | -10,5 |  |  | 700 | -10,5 | - | -10,5 | +10,5 | 8 | min спуск |
| 23 | 800 | -9,5 |  |  | 800 | -9.5 | - | -9,5 | +9,5 | 9 |  |
| 24 | 1200 | 0,0 | 250 | 900 | 1200 | 0.0 | +0,8 | +0,8 | -0,8 | 10 |  |
| 25 | 700 | +12,5 |  |  | 700 | +12.5 | - | +12,5 | -12,5 | 11 | max подъем |
| 26 | 900 | +12,0 |  |  | 900 | +12.0 | - | +12,0 | -12,0 | 12 |  |
| 27 | 1000 | 0,0 | 400 | 1300 | 1000 | 0.0 | +0,5 | +0,5 | +0,5 | 13 |  |
| 28 | 1200 | +8,1 |  |  | 2600 | +8.7 | +0.1 | +8.8 | -8.6 | 14 |  |
| 29 | 1400 | +9,2 | 330 | 1100 |
| 30 | 1600 | +8,8 |  |  | 1600 | +8.8 |  | +8.8 | -8.8 | 15 | iр |
| 31 | 1000 | +8,4 | 280 | 950 | 3750 | +9,0 | +0,1 | +9,1 | -8,9 | 16 |  |
| 32 | 1250 | +9,0 |  |  |
| 33 | 1500 | +9,5 | 400 | 1300 |
| 34 | 780 | 0,0 |  |  | 4730 | +2,2 | +0,1 | +2,3 | -2,1 | 17 |  |
| 35 | 650 | +1,5 |  |  |
| 36 | 800 | +2,0 | 180 | 800 |
| 37 | 1000 | +4,0 | 300 | 1200 |
| 38 | 900 | +3,0 |  |  |
| 39 | 600 | +1,5 |  |  |
| 40 | 800 | -2,4 |  |  | 1400 | -2,1 | - | -2,1 | +2,1 | 18 | Станция В |
| 41 | 600 | -1,8 |  |  |

# 4.ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ СОСТАВА

Расчетный подъем – это наиболее трудный для движения в данном направлении элемент профиля пути, на котором достигается расчетная скорость, соответствующая расчетной силе тяги локомотива.

Исходя из данных спрямленного профиля найдем расчетный подъем:

‰ – находится на элементе № 30.

Массу состава для выбранного расчетного подъема определяют, исходя из расчетных параметров локомотива и состава, по следующей формуле:

т, (4.1)

где кгс - расчетная сила тяги локомотива /2/;

т. - расчетная масса локомотива /2/;

 - основное удельное сопротивление локомотива в режиме тяги, кгс/т;

 - основное удельное сопротивление состава, кгс/т;

 - крутизна расчетного подъема, ‰.

Основное удельное сопротивление локомотива определяем по формуле:

кгс/т, (4.2)

где км/ч – расчетная скорость локомотива /2/.

Основное удельное сопротивление состава определяют по формуле:

 (4.3)

где  - соответственно доли 4-, 6-, 8-осных грузовых вагонов в составе;

 - основное удельное сопротивление 4-осных грузовых вагонов на подшипниках качения, кгс/т.

 кгс/т, (4.4)

 основное удельное сопротивление 4-осных грузовых вагонов на подшипниках скольжения, кгс/т.

кгс/т, (4.5)

 основное удельное сопротивление 6-осных вагонов, кгс/т.

кгс/т, (4.6)

 основное удельное сопротивление 8-осных вагонов, кгс/т.

кгс/т. (4.7)

Здесь  - масса, приходящаяся на ось колесной пары соответственно 4-, 6-, 8-осных грузовых вагонов, т:

т; т; т, (4.8)

где  - массы соответственно 4-, 6-, 8-осных грузовых вагонов т.

# 5.ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ВАГОНОВ И ОСЕЙ СОСТАВА, ПРОВЕРКА МАССЫ СОСТАВА И ЧИСЛА ОПРЕДЕЛЕННЫХ ВАГОНОВ

Для выполнения проверки массы состава необходимо определить число вагонов в составе.

Число вагонов в составе определяется по формулам:

вагонов, (5.1)

вагонов,

вагонов.

После определения и округления числа вагонов проводим проверку массы по числу вагонов.

т; (5.2)

; (5.3)

 - условие (5.3) выполняется. Число вагонов определено верно.

Определим число осей состава:

осей. (5.4)

# 6.ОПРЕДЕЛНИЕ ДЛИНЫ СОСТАВА И ПОЕЗДА. СРАВНЕНИЕ ДЛИНЫ ПОЕЗДА С ЗАДАННОЙ ДЛИНОЙ ПРИЕМООТПРАВОЧНЫХ ПУТЕЙ. ОРЕДЕЛЕНИЕ ПОГОННОЙ НАГРУЗКИ, СРАВНЕНИЕ МАСС

Длина поезда рассчитывается по формуле:

м; (6.1)

где м - длина локомотива /2/;

 - длина состава, м;

10м – запас длины поезда на неточность установки между входным и выходным сигналами станции.

Длина состава определяется по формуле:

м, (6.2)

где , ,  - длина соответственно 4-,6-,8-осного вагонов /1/.

Погонная нагрузка в составе определяется по формуле:

т/м (6.3)

Масса состава, исходя из значения погонной нагрузки, определяется по формуле

т (6.4)

Сравним массы состава, определенные по расчетному подъему (4.1) и по средней погонной нагрузке (6.4):

т, т,  принимаем за расчетную величину.

Сравним  и . м, м.

 - условие выполняется.

**Вывод:** поскольку условия выполняются значит расчёт произведён верно, поезд помещается в заданную длину приёмо-отправочных путей.

# 7.ПРОВЕРКА МАССЫ СОСТАВА ПРИ ТРОГАНИИ С МЕСТА

Масса состава проверяется на трогание с места на станции или остановочных пунктах по формуле:

т, (7.1)

где кгс – сила тяги локомотива при трогании с места /2/,

 - масса локомотива /2/,

 - удельное сопротивление состава при трогании с места, кгс/т,

 - величина подъема на станции или остановочном пункте, крутизна которого наибольшая. Принимаем‰ – станция Б.

 (7.2)

где кгс/т – удельное сопротивление при трогании с места для подшипников качения;

кгс/т - удельное сопротивление при трогании с места для подшипников скольжения;

кгс/т - удельное сопротивление при трогании с места 6-осного вагона;

кгс/т - удельное сопротивление при трогании с места 8-осного вагона;

 - масса, приходящаяся на ось колесной пары соответственно 4-,6-,8-осного вагона, т (4.8).

. Условие  выполняется.

**Вывод:** так как для проверки массы состава на трогание с места была выбрана станция, расположенная на наиболее трудном элементе, и выполняется вышеуказанное условие, то трогание с места и разгон поезда обеспечены на всех раздельных остановочных пунктах участка.

# 8.ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ РАСЧЕТНОГО ТОРМОЗНОГО КОЭФФИЦИЕНТА

Расчетным тормозным коэффициентом поезда называется отношение суммы тормозных расчетных сил нажатия всех тормозных колодок к массе поезда.

Расчетный тормозной коэффициент определяется по формуле:

, (8.1)

где  - сумма расчетных сил нажатия на тормозные оси поезда,

тс,

 (8.2)

где  - сумма сил нажатия тормозных осей локомотива,

 - суммарная сила нажатия тормозных осей состава,

тс, (8.3)

где =10 тс – сила нажатия колодок на ось локомотива при груженом режиме /2/,

 - число тормозных осей локомотива.

тс, (8.4)

где  - доля тормозных осей состава,

 - сила нажатия колодок на одну ось вагона в зависимости от режима,

 - число осей состава.

Для того чтобы найти , определим среднюю нагрузку на ось состава:

тс/ось (8.5)

тс/ось – следовательно режим груженый, тс/ось (таблица 5) /1/.

# 9.ТЯГОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛОКОМОТИВА

По графику тяговой характеристики локомотива ВЛ8 /2/, изменяя скорость от 0 до с интервалом км/ч, составим массив сил тяги локомотива:

км/ч; кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;  кгс;

км/ч;кгс.

# 10.РЕШЕНИЕ ТОРМОЗНОЙ ЗАДАЧИ

Полный тормозной путь:

, (10.1)

где  - путь подготовки тормозов к действию;

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

В настоящее время приняты следующие расчетные тормозные пути:

м – для спусков круче 6‰.

Скорость поезда, при которой начинается торможение, называется начальной скоростью , а скорость, устанавливающаяся в результате торможения – конечной скоростью торможения ; при полной остановке поезда .

Путь подготовки тормозов:

м, (10.2)

где  - время подготовки тормозов к действию, с.

Следовательно действительный тормозной путь будет равен:

 ,

Согласно /2/ время подготовки тормозов рассчитывается по эмпирической формуле:

с, (10.3)

где  - расчетный тормозной коэффициент поезда;

 - крутизна спуска, на котором производится торможение;

 - расчетный коэффициент трения колодки о колесо при наибольшей скорости который рассчитывается по формуле /2/:

 (10.4)

Графическое решение тормозной задачи представлено на рис.1.

Вывод: на рис.1 линия ABCD, представляющая графическую зависимость скорости при торможении от пройденного пути, пересекается с линией О’Р в точке N , при скорости 87 км/ч. Из этого следует, что 87 км/ч – это максимально допустимая скорость движения поезда на наиболее крутом спуске.

# 11.ПОСТРОЕНИЕ КРИВЫХ СКОРОСТИ , ВРЕМЕНИ ДВИЖЕНИЯ  И ТОКА

Построения произведем по масштабам /1/:

Удельная сила 1кгс/т – 12мм,

Скорость 1км/ч – 2мм,

Путь 1км – 40мм,

Время 1мин – 10мм,

Ток 100А – 10мм.

Графики зависимостей ,  и , а также кривая тока тяговых электродвигателей представлены на рис.2.

# 12.ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДА

После построения кривой  определим время хода поезда по перегонам и техническую скорость поезда  на участке.

км/ч, (12.1)

где  - длина участка;

 - время хода поезда по i-ому перегону.

*Таблица 12.1*

Расчет технической скорости

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Направление движения | Режим движения | Перегоны | Длина, км | Время хода, мин. | Техническая скорость, км/ч |
| по расчету | принятое для графика движения |
| «туда» | с остановкой | А-Б | 12,46 | 19,1 | 19 | 39,1 |
| Б-В | 20,24 | 29,0 | 29 | 41,9 |
| А-Б-В | 32,7 | 48,1 | 48 | 40,8 |
| «обратно» | без остановки | В-Б | 20,24 | 20,4 | 20 | 59,5 |
| Б-А | 12,46 | 14,5 | 15 | 51,6 |
| В-Б-А | 32,7 | 34,9 | 35 | 56,2 |

# 13.ПОСТРОЕНИЕ КРИВОЙ ЗАВИСИМОСТИ ТОРМОЗНОГО ПУТИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ УКЛОНА

Построение кривой зависимости тормозного пути от величины уклона  произведем по результатам расчетов на ЭВМ, для чугунных колодок рис.3.

# 14.ПОСТРОРЕНИЕ КРИВОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПУТИ ЗАМЕДЛЕНИЯ ПОЕЗДА ОТ СКОРОСТИ НА МАКСИМАЛЬНОМ ПОДЪЕМЕ

Построение кривой зависимости пути замедления поезда от скорости на максимальном подъеме  произведем по результатам расчетов на ЭВМ в произвольном масштабе, рис.4.

На оси ординат отложим длину элемента, на котором находится максимальный подъем . Проведя описанные в /1/ построения, найдем минимальную скорость подхода к максимальному подъему: км/ч. Фактическую скорость подхода определим по графику , км/ч. Проведя описанные в /1/ построения, найдем фактически возможную длину преодоления максимального подъема м.

,



**Вывод:** поезд рассчитанной массы может преодолеть подъем максимальной крутизны за счёт накопленной кинетической энергии.

# 15.ПОСТРОЕНИЕ СОВМЕЩЕННОГО ГРАФИКА ЗАВИСИМОСТИ СИЛЫ ТЯГИ ОТ СКОРОСТИ  И СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ  НА РАЗЛИЧНЫХ ПОДЪЕМАХ

Совмещенный график вычертим на основании расчетов на ЭВМ и массива сил тяги электровоза в произвольном масштабе рис.5. На оси ординат откладываем силы  и , а по оси абсцисс скорость.

# 16.ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ХОДА ПОЕЗДА СПОСОБОМ РАВНОМЕРНЫХ СКОРОСТЕЙ

Для определения равномерной скорости берется точка пересечения кривых  и , соответствующая уклону элемента данного профиля. Полученная точка сносится по вертикали вниз на ось абсцисс.

Для подъемов более крутых чем расчетный величину равномерной скорости принимаем равной расчетной скорости, т.к. такие подъемы преодолевают за счет ранее накопленной кинетической энергии поезда.

Ко времени хода поезда по перегонам, полученному при расчете приближенным способом добавляется 2 мин. на разгон и 1 мин. на замедление в каждом случае, когда имеется разгон и торможение.

Расчеты сведем в таблицу 16.1.

*Таблица 16.1*

Расчет времени хода поезда в направлении «туда»

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номера элементов профиля | Длина элементов, км | Крутизна уклона,‰ | ,км/ч | мин/км |  | Время на разгон и замедление |
| 1 | 1,2 | +0,3 | 100 | 0,6 | 0,72 | 2 |
| 2 | 2 | +1,2 | 84 | 0,71 | 1,42 |  |
| 3 | 1,8 | -1,7 | 100 | 0,6 | 1,08 |  |
| 4 | 6,25 | -8,2 | 100 | 0,6 | 3,75 |  |
| 5 | 1,2 | +1,7 | 77 | 0,78 | 0,94 |  |
| 6 | 1,22 | +2,2 | 72 | 0,83 | 1,01 | 1+2 |
| 7 | 0,95 | -2,8 | 100 | 0,6 | 0,57 |  |
| 8 | 0,7 | -10,5 | 100 | 0,6 | 0,42 |  |
| 9 | 0,8 | -9,5 | 100 | 0,6 | 0,48 |  |
| 10 | 1,2 | +0,8 | 92 | 0,65 | 0,78 |  |
| 11 | 0,7 | +12,5 | 43,3 | 1,38 | 0,96 |  |
| 12 | 0,9 | +12,0 | 43,3 | 1,38 | 1,24 |  |
| 13 | 1 | +0,5 | 100 | 0,6 | 0,6 |  |
| 14 | 2,6 | +8,8 | 47 | 1,28 | 3,32 |  |
| 15 | 1,6 | +8,8 | 43,3 | 1,38 | 2,05 |  |
| 16 | 3,75 | +9,1 | 43,3 | 1,38 | 4,8 |  |
| 17 | 4,73 | +2,3 | 72 | 0,83 | 3,93 |  |
| 18 | 1,4 | -2,1 | 100 | 0,6 | 0,84 | 1 |



(16.1)

*Таблица 16.2*

Расчет времени хода поезда в направлении «обратно»

| Номера элементов профиля | Длина элементов, км | Крутизна уклона,‰ | ,км/ч | мин/км |  | Время на разгон и замедление |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 18 | 1,4 | +2,1 | 73 | 0,82 | 1,15 | 2 |
| 17 | 4,73 | -2,1 | 100 | 0,6 | 2,84 |  |
| 16 | 3,75 | -8,9 | 100 | 0,6 | 2,25 |  |
| 15 | 1,6 | -8,8 | 100 | 0,6 | 0,96 |  |
| 14 | 2,6 | -8,6 | 100 | 0,6 | 1,56 |  |
| 13 | 1 | -0,5 | 100 | 0,6 | 0,6 |  |
| 12 | 0,9 | -12,0 | 100 | 0,6 | 0,54 |  |
| 11 | 0,7 | -12,5 | 100 | 0,6 | 0,42 |  |
| 10 | 1,2 | -0,8 | 100 | 0,6 | 0,72 |  |
| 9 | 0,8 | +9,5 | 43,3 | 1,38 | 1,1 |  |
| 8 | 0,7 | +10,5 | 43,3 | 1,38 | 0,96 |  |
| 7 | 0,95 | +3,0 | 67 | 0,89 | 0,85 |  |
| 6 | 1,22 | -2,2 | 100 | 0,6 | 0,73 |  |
| 5 | 1,2 | -1,7 | 100 | 0,6 | 0,72 |  |
| 4 | 6,25 | +8,4 | 48 | 1,25 | 7,81 |  |
| 3 | 1,8 | +2,1 | 73 | 0,82 | 1,48 |  |
| 2 | 2 | -1,0 | 100 | 0,6 | 1,2 |  |
| 1 | 1,2 | -0,3 | 100 | 0,6 | 0,72 | 1 |

 (16.2)

# 17.ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Расход электроэнергии, затраченной электровозом на перемещение поезда по участку, определяем по кривым  и . Подсчет выполняем путем суммирования расходов энергии по отдельным элементам:

кВт/ч, (17.1)

где  - напряжение на токоприемнике, 3000В;

 - среднее значение тока для отрезка кривой, в пределах которого величину тока можно принять постоянной и равной полусумме токов в начале и конце указанного отрезка.

 - соответствующий промежуток времени, в течение которого величина тока принимается постоянной, определяется по кривой .

*Таблица17.1*

Расчет расхода электроэнергии

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер участка | Ток электровоза ,А | Время , мин | , А·мин |
| 1 | 540 | 0,6 | 324 |
| 2 | 1150 | 0,4 | 460 |
| 3 | 985 | 0,8 | 788 |
| 4 | 1955 | 0,6 | 1173 |
| 5 | 1930 | 1,1 | 2123 |
| 6 | 1915 | 0,8 | 1532 |
| 7 | 1905 | 0,4 | 762 |
| 8 | 1965 | 1,3 | 2555 |
| 9 | 1975 | 0,8 | 1580 |
| 10 | 1720 | 0,9 | 1548 |
| 11 | 1965 | 1,5 | 2948 |
| 12 | 1725 | 1,6 | 2760 |
| 13 | 1335 | 1,7 | 2270 |
| 14 | 540 | 0,6 | 324 |
| 15 | 1150 | 0,4 | 460 |
| 16 | 985 | 0,8 | 788 |
| 17 | 1955 | 0,3 | 587 |
| 18 | 1935 | 0,6 | 1161 |
| 19 | 1920 | 0,6 | 1152 |
| 20 | 1905 | 0,8 | 1524 |
| 21 | 1965 | 0,3 | 590 |
| 22 | 2030 | 0,4 | 812 |
| 23 | 1850 | 0,5 | 925 |
| 24 | 1595 | 0,2 | 319 |
| 25 | 1370 | 0,6 | 822 |
| 26 | 1175 | 1,1 | 1293 |
| 27 | 1290 | 0,7 | 903 |
| 28 | 1485 | 0,2 | 297 |
| 29 | 1775 | 0,7 | 823 |
| 30 | 1950 | 1,1 | 2145 |
| 31 | 1950 | 1,2 | 2340 |
| 32 | 2030 | 2 | 4060 |
| 33 | 2030 | 2,2 | 4466 |
| 34 | 1965 | 2,9 | 5699 |
| 35 | 1910 | 2,7 | 5157 |
| 36 | 1975 | 0,4 | 790 |
| 37 | 2030 | 1,4 | 2842 |
| 38 | 1775 | 1,2 | 2130 |

Для расчета расхода электроэнергии электровозом на собственные нужды полученный расход  увеличиваем на 2%.

кВт/ч. (17.2)

Удельный расход электроэнергии подсчитываем по формуле:

кВтч/ткм, (17.3)

где  - масса состава,

 - длина участка, для которого выполнены тяговые расчеты.

# 18.ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА УЧАСТКА

Виртуальный коэффициент вычисленный по расходу электроэнергии

 (18.1)

где А – расход электроэнергии на заданном участке рассчитанный по формуле (17.2)

кВт/ч, (18.2)

где  - напряжение в контактной сети;

 - ток электровоза при максимально допустимой скорости движения /2/.

 - время движения поезда по прямому горизонтальному участку пути при максимально допустимой скорости.

мин, (18.3)

где  - длина участка пути;

 - берем из совмещенного графика зависимости  и  при .

#

# 19.ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРЕВА ОБМОТОК ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Расчеты по определению нагревания тяговых электрических машин производим путем определения превышения температуры обмоток над температурой наружного воздуха, руководствуясь кривыми  и . Наибольшее допускаемое превышение температуры обмоток над температурой наружного воздуха определяется по табл.10 /1/.

Для полюсов тяговых электродвигателей электровоза ВЛ8 ºС.

Начальную температуру наружного воздуха принимаем 15ºС /1/.

Превышение температуры обмоток электрических машин определяем по формуле:

ºС, (19.1)

где  - температура перегрева, которая установилась бы при длительном действии данной нагрузки /2/;

 - тепловая постоянная времени, указывающая то условное время, за которое нагрелась бы обмотка до окончательной температуры при условии полного отсутствия теплоотдачи /2/;

 - интервал времени, в течение которого поезд проходит путь, соответствующий выбранному отрезку на кривой тока электродвигателей (находится по графику).

Допускаемое превышение температуры обмоток тяговых электрических машин находим по таблице 10 /1/, ºС.

*Таблица19.1*

Расчет перегрева обмоток электрических машин

| № п/п | , А | , мин | , мин | ,ºС |  |  | , ºС | , ºС | , ºС | ,ºС |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 67,5 | 0,6 | 20 | 20 | 0,03 | 0,97 | 0,6 | 15 | 14,55 | 15,15 |
| 2 | 145 | 0,4 | 20 | 40 | 0,02 | 0,98 | 0,8 | 15,15 | 14,85 | 15,65 |
| 3 | 125 | 0,8 | 20 | 30 | 0,04 | 0,96 | 1,2 | 15,65 | 15,02 | 16,22 |
| 4 | 245 | 0,6 | 20 | 90 | 0,03 | 0,97 | 2,7 | 16,22 | 15,73 | 18,43 |
| 5 | 240 | 1,1 | 20 | 85 | 0,055 | 0,945 | 4,68 | 18,43 | 17,42 | 22,1 |
| 6 | 240 | 0,8 | 20 | 85 | 0,04 | 0,96 | 3,4 | 22,1 | 21,22 | 24,62 |
| 7 | 235 | 0,4 | 20 | 80 | 0,02 | 0,98 | 1,6 | 24,62 | 24,13 | 25,73 |
| 8 | 245 | 1,3 | 20 | 90 | 0,005 | 0,935 | 5,85 | 25,73 | 24,06 | 29,91 |
| 9 | 245 | 0,8 | 20 | 90 | 0,04 | 0,96 | 3,6 | 29,91 | 28,71 | 32,31 |
| 10 | 215 | 0,9 | 20 | 60 | 0,045 | 0,935 | 2,7 | 32,31 | 30,86 | 33,56 |
| 11 | 0 | 1,4 | 20 | 0 | 0,07 | 0,93 | 0 | 33,56 | 31,21 | 31,21 |
| 12 | 245 | 1,5 | 20 | 90 | 0,075 | 0,925 | 6,75 | 31,21 | 28,87 | 35,62 |
| 13 | 215 | 1,6 | 20 | 60 | 0,08 | 0,92 | 4,8 | 35,62 | 32,77 | 37,57 |
| 14 | 165 | 1,7 | 20 | 45 | 0,085 | 0,915 | 3,63 | 37,57 | 34,38 | 38,21 |
| 15 | 0 | 5,5 | 20 | 0 | 0,275 | 0,725 | 0 | 38,21 | 27,70 | 27,70 |
| 16 | 67,5 | 0,6 | 20 | 20 | 0,03 | 0,97 | 0,6 | 15 | 14,55 | 15,15 |
| 17 | 145 | 0,4 | 20 | 40 | 0,02 | 0,98 | 0,8 | 15,15 | 14,85 | 15,65 |
| 18 | 125 | 0,8 | 20 | 30 | 0,04 | 0,96 | 1,2 | 15,65 | 15,02 | 16,22 |
| 19 | 245 | 0,3 | 20 | 90 | 0,015 | 0,985 | 1,35 | 16,22 | 15,98 | 17,33 |
| 20 | 240 | 0,6 | 20 | 85 | 0,03 | 0,97 | 2,55 | 17,33 | 16,81 | 19,36 |
| 21 | 240 | 0,6 | 20 | 85 | 0,03 | 0,97 | 2,55 | 19,36 | 18,78 | 24,33 |
| 22 | 235 | 0,8 | 20 | 80 | 0,04 | 0,96 | 3,2 | 24,33 | 20,48 | 23,68 |
| 23 | 245 | 0,3 | 20 | 90 | 0,015 | 0,985 | 1,35 | 23,68 | 23,32 | 24,67 |
| 24 | 255 | 0,4 | 20 | 95 | 0,02 | 0,98 | 1,9 | 24,67 | 24,18 | 26,08 |
| 25 | 230 | 0,5 | 20 | 75 | 0,025 | 0,975 | 1,88 | 26,08 | 25,43 | 27,31 |
| 26 | 200 | 0,2 | 20 | 50 | 0,01 | 0,99 | 0,5 | 27,31 | 27,04 | 27,54 |
| 27 | 170 | 0,6 | 20 | 45 | 0,03 | 0,97 | 1,35 | 27,54 | 26,71 | 28,06 |
| 28 | 145 | 1,1 | 20 | 40 | 0,055 | 0,945 | 2,2 | 28,06 | 26,52 | 28,72 |
| 29 | 160 | 0,7 | 20 | 45 | 0,035 | 0,965 | 1,58 | 28,72 | 27,71 | 29,29 |
| 30 | 185 | 0,2 | 20 | 50 | 0,01 | 0,99 | 0,5 | 29,29 | 28,99 | 29,49 |
| 31 | 220 | 0,7 | 20 | 65 | 0,035 | 0,965 | 2,28 | 29,49 | 28,46 | 30,74 |
| 32 | 245 | 1,1 | 20 | 90 | 0,055 | 0,945 | 4,95 | 30,74 | 29,05 | 34,00 |
| 33 | 245 | 1,1 | 20 | 90 | 0,055 | 0,945 | 4,95 | 34,00 | 32,13 | 37,08 |
| 34 | 255 | 2 | 20 | 95 | 0,1 | 0,9 | 9,5 | 37,08 | 33,37 | 42,87 |
| 35 | 255 | 2,2 | 20 | 95 | 0,11 | 0,89 | 10,45 | 42,87 | 38,15 | 48,60 |
| 36 | 245 | 2,9 | 20 | 90 | 0,145 | 0,855 | 13,05 | 48,60 | 41,55 | 54,60 |
| 37 | 240 | 2,7 | 20 | 85 | 0,135 | 0,865 | 11,48 | 54,60 | 47,23 | 58,71 |
| 38 | 245 | 0,4 | 20 | 90 | 0,02 | 0,98 | 1,8 | 58,71 | 57,54 | 59,34 |
| 39 | 255 | 1,4 | 20 | 95 | 0,07 | 0,93 | 6,65 | 59,34 | 55,19 | 61,84 |
| 40 | 220 | 1,2 | 20 | 65 | 0,06 | 0,96 | 3,9 | 61,84 | 59,37 | 63,27 |
| 41 | 0 | 4,8 | 20 | 0 | 0,24 | 0,76 | 0 | 63,27 | 48,09 | 48,09 |

Максимальная температура обмоток якоря тяговых электродвигателей при следовании поезда по участку

ºС (19.2)

Сравнивая  с , делаем вывод, что вождение поездов расчетной массы выбранным локомотивом возможно без перегрева тяговых электрических машин.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной курсовой работе проанализировано движение поезда массой 4347,8 тонн по заданному участку пути. Длина поезда составляет 840 метров, число вагонов – 53, число осей – 228.

Была решена тормозная задача. По ее результатам найдена допустимая скорость движения км/ч на наиболее крутом спуске рассмотренного участка.

В соответствии с заданным профилем были построены кривые скорости (в направлении «туда» с остановкой, в направлении «обратно» без остановки) и времени хода поезда. Руководствуясь токовыми характеристиками электровоза ВЛ8 и кривой скорости, построены кривые тока электровоза. Определена техническая скорость движения поезда. По результатам расчетов на ЭВМ были построены графики: зависимости тормозного пути от величин уклонов, зависимости пути замедления поезда от скорости на максимальном подъёме, зависимости силы тяги и сил сопротивления на различных подъёмах. По графикам тока электровоза определён расход энергоресурсов затрачиваемый на тягу поезда массой 4347,8 тонн электровозом ВЛ8 по заданному участку пути: А = 3225 кВт/ч, а также произведён расчёт перегрева обмоток тяговых электрических машин.

При данных параметрах вождение поезда по данному участку возможно на высоких скоростях, без допускания перегрева тяговых электрических машин.

# БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1.Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Теория электрической тяги» для студентов специальности 190303 «Электрический транспорт железных дорог». – Самара: СамГАПС, 2004. – 36с.

2.Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М.: Транспорт, 1985 г.

3. Гребенюк П.Т., Долганов А.Н., Скворцова А.И. Справочник. Тяговые расчёты. – М.: Транспорт, 1987г.