ОАО РЖД.

ДАЛЬНЕВОСТOЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ.

 Кафедра: «Тепловозы и

тепловые двигатели»

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

По дисциплине: «Теория локомотивной тяги».

**«Тяговые расчёты локомотивной тяги»**

 Разработчик

 \_\_\_\_\_\_К.Ю. Голобоков

 Шифр КТ – 04 – Л – 147

 Руководитель проекта

 \_\_\_\_\_Б.Г. Постол

Хабаровск

2007

**Задание:**

Произвести:

* Построение и спрямление профиля пути.
* Выбор расчётного подъёма и определение массы состава.
* Расчёт и построение удельных ускоряющих и замедляющих сил, действующих на поезд.
* Определение допускаемых скоростей движения поезда по условиям торможения.
* Определение времени и средних скоростей движения поезда по участку приближённым способом установившихся скоростей.
* Построение графическим методом кривых скорости и времёни движения поезда по участку с остановкой на промежуточной станции и без остановки на ней
* Построение кривой тока локомотива.
* Определение общего расхода электроэнергии локомотивом и на единицу перевозочной работы железнодорожного транспорта.
* Проверка тяговых электрических машин локомотива на нагрев.

**Исходные данные:**

1. Локомотив - 2ТЭ121.
2. Состав поезда в долях по массе:

4 – осных вагонов - 0,5

8 – осных вагонов - 0,5

 3. Масса вагонов:

4 – осных вагонов - 88

8 – осных вагонов – 168

 4. Тормозные колодки – чугунные

 5. Доля тормозных осей в составе – 0,98.

 6. Путь - звеньевой.

 7. Скорость по боковым путям – 30 км/ч.

Таблица 1. «Профиль и план пути»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Профиль пути | План пути |
| № |  |  | *R, м* |  | ,*град.* |
| 1 | 1050 | О | Станция А |
| 2 | 400 | -1.0 |  |  |  |
| 3 | 350 | -2.5 |  |  |  |
| 4 | 500 | 0 |  |  |  |
| 5 | 4200 | +9.0 | 300 | 600 |  |
| 6 | 1200 | 0 | 900 |  | 35° |
| 7 | 3900 | -9.2 | 450 | 700 |  |
| 8 | 500 | 0 |  |  |  |
| 9 | 700 | +3.5 |  |  |  |
| 10 | 1050 | 0 | Станция Б |
| 11 | 400 | -3.2 |  |  |  |
| 12 | 500 | -2.8 |  |  |  |
| 13 | 350 | 0 |  |  |  |
| 14 | 1500 | -12.0 |  |  |  |
| 15 | 900 | 0 |  |  |  |
| 16 | 1450 | +11.8 |  |  |  |
| 17 | 600 | +6.2 | 350 | 450 |  |
| 18 | 1300 | +5.8 | 1000 | 500 |  |
| 19 | 500 | +2.7 |  |  |  |
| 20 | 1050 | 0 | Станция В |
| *ZSj* | 22400 |  |  |  |  |

**Содержание работы:**

 Введение.

1. Построение и спрямление профиля пути.
2. Выбор расчётного подъёма и определение массы состава.
3. Расчёт и построение удельных ускоряющих и замедляющих сил, действующих на поезд.
4. Определение допускаемых скоростей движения поезда по условиям торможения.
5. Определение времени и средних скоростей движения поезда по участку приближённым способом установившихся скоростей.
6. Построение графическим методом кривых скорости и времёни движения поезда по участку с остановкой на промежуточной станции и без остановки на ней
7. Построение кривой тока локомотива.
8. Определение общего расхода электроэнергии локомотивом и на единицу перевозочной работы железнодорожного транспорта.
9. Проверка тяговых электрических машин локомотива на нагрев.

Заключение.

# Введение.

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

Основные задачи, которые решаются с помощью тяговых расчетов, следую­щие:

– выбор типа локомотива и его основных характеристик;

– расчет массы состава;

– расчет скорости и времени хода поезда по перегону;

– тормозные расчеты;

– определение механической работы локомотивов;

– определение температуры нагрева тяговых электрических машин.

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

– составление графиков движения поездов;

– разработки рациональных режимов вождения поездов;

– нормирования расхода топлива и электрической энергии натягу поездов;

– составления графика оборота локомотивов;

– расчета пропускной и провозной способности;

– расстановки сигналов на перегонах и раздельных пунктах для обеспечения безо­пасной остановки перед ними;

– проектирования новых и реконструкции существующих железных дорог.

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

– строить и спрямлять профиль и план пути;

– проводить анализ профиля пути и выбирать величину расчетного подъема;

– определять массу состава по выбранному расчетному подъему;

– проверять массу состава на прохождение подъемов большей крутизны, чем рас­четный, с учетом использования накопленной кинетической энергии;

– проверять возможность трогания с места при остановках на расчетном подъеме;

– определять длину поезда и сопоставлять её с заданной длиной приемоотправочных путей;

– рассчитывать удельные ускоряющие и замедляющие силы для режима тяги, хо­лостого хода и торможения;

– определять максимально допустимую скорость движения на наиболее крутом спуске участка при заданных тормозных средствах поезда;

– строить кривые скорости  и времени ;

– определять техническую скорость движения поезда по участку;

– рассчитывать время хода поезда по участку способом равномерных скоростей.

**1. Построение и спрямление профиля пути.**

***1.1. Построение профиля и плана пути***

Элементами профиля пути являются *уклоны* (подъёмы и спуски) и *пло­щадки* (горизонтальный элемент, уклон которого равен нулю). Граница смежных элементов называется *переломом профиля.* Расстояние между смежными переломами профиля пути образует *элемент профиля.*

На профиле пути отмечают крутизну и протяженность элемента, высо­ты (отметки) переломных точек над уровнем моря, оси раздельных пунк­тов, границы станций и километровые отметки.

На плане пути наносят радиусы (углы) и длины кривых и прямых участ­ков пути и их месторасположение.

Заданный в таблице №1 профиль и план пути необходимо нанес­ти на лист миллиметровой бумаги шириной 297 *мм* и длиной 630 *мм.* Профиль вычерчивается в масштабе: путь 1 *км —* 20 *мм,* высота перелом­ных точек 1 *м* - 1 *мм.*

Отметки переломных точек рассчитываются по формуле:

** (1.1)

где *hKj -* конечная для  элемента пути отметка профиля, *м, hHJ -*начальная для  элемента пути отметка профиля, *м.*  *-* уклон (подъём или спуск), %о. Знак (+) ставится для подъема, знак (-) - для спуска; *Sj -*длина элемента профиля пути, *м.*

Порядок и результаты расчета отметок профиля пути сводим в табл. 1.1. Начальное значение отметки первого элемента профиля прини­маем равным . За на­чальное значение отметок последующих элементов берётся конечное значение предыдущей отметки.

Кривые, длина которых задается градусами центрального угла, пересчитываются в метры по формуле

** (1.2)

где *SKр -* длина кривой, *м; R* - радиус кривой, м;  *-* центральный угол в градусах.

Определяем длину кривой на элементе 6 по формуле (1.2)

**

Кривую на плане пути размещаем произвольно, но в пределах элемен­та, в которую она входит. Длина прямого участка на плане пути определя­ется путём измерения.

Построение плана и профиля пути и основные размеры показаны на рис.1.1.

В строке «отметки профиля пути» показаны высоты (отметки) точек перелома профиля над уровнем моря в м.

В строке «профиль» в числителе дан уклон каждого элемента в про­милле (%о), в знаменателе - длина уклона в м. Наклон черты показывает направление уклона. В строке «план пути» показаны радиусы R и длины S кривых в м, а также центральные углы а в градусах.

Таблица 1.1. «Расчет отметок профиля пути»

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № элемента |  |  | *,м* |
| 1 | 1050 | 0 |  |
| 2 | 400 | - 1,0 |  |
| 3 | 350 | - 2,5 |  |
| 4 | 500 | 0 |  |
| 5 | 4200 | + 9,0 |  |
| 6 | 1200 | 0 |  |
| 7 | 3900 | - 9,2 |  |
| 8 | 500 | 0 |  |
| 9 | 700 | + 3,5 |  |
| 10 | 1050 | 0 |  |
| 11 | 400 | - 3,2 |  |
| 12 | 500 | - 2,8 |  |
| 13 | 350 | 0 |  |
| 14 | 1500 | - 12,0 |  |
| 15 | 900 | 0 |  |
| 16 | 1450 | + 11,8 |  |
| 17 | 600 | + 6,2 |  |
| 18 | 1300 | + 5,8 |  |
| 19 | 500 | + 2,7 |  |
| 20 | 1050 | 0 |  |

 ***1.2. Спрямление профиля пути***

**Общие сведения** Действительный профиль пути настолько сло­жен, состоя из комбинаций различных спусков, подъемов и кривых, что пользование им крайне затруднительно, поэтому его упрощают. Упроще­ние заключается в замене его условным профилем - *спрямленным.*

Спрямление профиля состоит из двух операций:

* спрямление в продольном профиле, путем объединения группы эле­ментов пути, лежащих рядом и имеющих близкую друг к другу кру­тизну;
* спрямление в плане путем замены кривых *фиктивным подъемом* в пределах спрямляемых элементов.

***Правила спрямления пути***. Спрямлять разрешается только близ­кие по крутизне элементы одного знака.

Площадки могут включаться в группы с элементами, имеющими как положительный знак, так и отрицательный.

Элемент профиля пути *на остановочных пунктах, расчетный подъ­ем, подъем круче расчетного,* для которого выполняется проверка на возможность преодоления его за счет кинетической энергии, а также *спуск,* по которому определяется максимально допускаемая скорость движения по тормозным средствам поезда - *не объединяются с другими элементами* (к ним добавляется только фиктивный подъем, если на них имеется кривая).

Определяем элементы профиля, которые можно предварительно объединить в группы для спрямления. Это элементы: 2, 3,4; 11, 12,13; 17, 18. Элементы 1, 10, 20 в группы для спрямления не включаем, так как на них расположены станции.

1.2.1 Определим крутизну участка 2, 3, 4

Начальная отметка участка  над уровнем моря.

Конечная отметка участка  над уровнем моря.

Длина участка равна: 

Спрямленный уклон этого участка определим по следующей формуле

 , %o ( 1.3 )

%о.

Проверим возможность такого спрямления по формуле

  ( 1.4 )

 для элемента 2: ;

 для элемента 3: ;

 для элемента 4: .

Проверка на спрямление для этих элементов прошла успешно, следовательно, элементы 2, 3 и 4 мы объединяем.

Определяем фиктивный подъем от кривой, находящейся на спрямленном участке по формуле

 %о, ( 1.5 )

где  – длина кривой в пределах спрямленного элемента;

  – радиус кривой в пределах спрямленного элемента.

%о.

Определяем суммарную крутизну спрямленного участка в рассматриваемом направлении по формуле

 %о ( 1.6 )

%о.

Определяем суммарную крутизну спрямленного участка в противоположном направлении

%о.

Аналогичным образом произведем расчеты по спрямлению профиля пути и для других намеченных участков. Результаты расчетов сводим в таблицу 1,2.

Таблица 1.2 «Расчеты по спрямлению профиля пути»

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Профиль | План |  | %о | %о |  |
|  | %о |  |  |  | Туда | Обратно |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | 1050 | 0 | 100 |  |  | 1050 | Станция А | 0 | 0 |
| 2 | 400 | - 1,0 | 99,60 |  |  | 1250 | - 1,016 | 0 | - 1,016 | + 1,016 |
| 3 | 350 | - 2,5 | 98,73 |  |  |
| 4 | 500 | 0 | 98,73 |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | 4200 | + 9,0 | 136,53 | 300 | 600 | 4200 |  |  |  | + 9,0 |
| 6 | 1200 | 0 | 136,53 | 900 | 549 | 1200 |  |  | 0 | 0 |
| 7 | 3900 | - 9,2 | 100,65 | 450 | 700 | 3900 |  |  | - 9,2 | + 9,2 |
| 8 | 500 | 0 | 100,65 |  |  | 500 |  |  | 0 | 0 |
| 9 | 700 | + 3,5 | 103,10 |  |  | 700 |  |  | + 3,5 | - 3,5 |
| 10 | 1050 | 0 | 103,10 |  |  | 1050 | Станция | Б | 0 | 0 |
| 11 | 400 | 0 | 103,10 |  |  | 1250 | - 2,114 | 0 | - 2,114 | + 2,114 |
| 12 | 500 | - 3,2 | 101,82 |  |  |
| 13 | 350 | - 2,8 | 100,42 |  |  |  |  |  |  |
| 14 | 1500 | 0 | 100,42 |  |  | 1500 |  | 0 | 0 |
| 15 | 900 | - 12,0 | 82,42 |  |  | 900 |  | - 12,0 | + 12,0 |
| 16 | 1450 | 0 | 82,42 |  |  | 1450 |  | 0 | 0 |
| 17 | 600 | + 11,8 | 99,53 |  |  | 2400 | + 5,379 | 0,205 | + 5,58 | - 5,58 |
| 18 | 1300 | + 6,2 | 103,25 | 350 | 450 |
| 19 | 500 | + 5,8 | 110,79 | 1000 | 500 |
| 20 | 1050 | 0 | 112,14 |  |  | 1050 | Станция В | 0 | 0 |
|  | 22400 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1.3.2 Определяем величину расчетного подъема

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

Принимаем расчетный подъем, равный %о.

# 2 Определение массы состава

***2.1 Определяем массы состава при движении поезда по расчетному***

 ***подъему с равномерной скоростью***

Масса состава в этом случае определятся по формуле

  т, ( 2.1 )

где – расчетная сила тяги, ;

– основное удельное сопротивление локомотива в режиме тяги, ;

 – основное удельное сопротивление вагонов, ;

 – расчетная масса локомотива,  т;

 – ускорение свободного падения, .

Определим основное удельное сопротивление движения локомотива в режиме тяги для звеньевого пути по формуле

 , ( 2.2 )

где  – расчетная скорость локомотива, 

 

Определяем основное удельное сопротивление состава по формуле

 , ( 2.3 )

где  – доли в составе по массе четырех-, шести- и восьмиосных вагонов, ;

  – основное удельное сопротивление четырех-, шести- и восьмиосных вагонов.

Определяем основное удельное сопротивление четырехосных вагонов

 , ( 2.4 )

где  – масса, приходящаяся на одну ось вагона.

Для четырехосных вагонов т, а для восьмиосных т.



Определяем основное удельное сопротивление восьмиосных вагонов

  ( 2.5 )





т.

Полученную массу состава для дальнейших расчетов округляем в меньшую сторону до значения кратного 50 т. В нашем случае масса состава будет равна т.

***2.2. Проверяем массу состава на трогание с места.***

Массу грузового состава проверяем на трогание с места на расчетном подъеме по следующей формуле

 т, ( 2.6 )

где  – сила тяги локомотива при трогании с места, 

  – удельное сопротивление состава при трогании с места, 

Определим удельное сопротивление состава при трогании с места по формуле

  ( 2.7 )

Для четырехосных вагонов;



Для восьмиосных вагонов;



Определяем средневзвешенное сопротивление состава при трогании с места по формуле (2.3)



т.

Полученная масса превышает массу состава, рассчитанную по формуле (2.1), следовательно, тепловоз 2ТЭ121 сможет взять с места состав массой 4250 т. на расчетном подъеме.

***2.3. Проверяем массу поезда по длине приемоотправочных путей.***

Длина поезда  не должна превышать полезную длину приемоотправочных путей  станций на участках обращения данного поезда.

Длину поезда определим по следующей формуле

  ( 2.8 )

где – длина состава, м;

 – число локомотивов в поезде;

  – длина локомотива, .

Длину состава определим по формуле

  ( 2.9 )

где к – число различных групп вагонов в составе;

 – число однотипных вагонов в i-й группе;

 – длина вагона i-й группы, м.

Число вагонов в i-й группе определим из выражения

  (2.10)

где  – доля массы состава , приходящаяся на i-ю группу вагонов;

  – средняя масса вагона i-й группы, м.

Длина приемоотправочных путей грузовой станции равна 1050 м.

По формуле (2.10) определяем число вагонов в составе:

* четырехосных



принимаем 

* восьмиосных



принимаем 

Определяем длину вагонов

* четырехосных



* восьмиосных





Длина поезда получилась меньше длины приемоотправочных путей, поэтому для дальнейших расчетов принимаем массу состава 4250 т.

***2.4. Рассчитаем массу состава с учетом использования кинетической энергии поезда.***

Проверим массу состава на прохождение коротких подъемов большой крутизны, с учетом кинетической энергии, накопленной на предшествующих участках по формуле

  ( 2.11 )

где – скорость в конце проверяемого участка, ;

 – скорость поезда в начале проверяемого подъема, ;

  – средняя ускоряющая сила, .

Определим удельную касательную силу тяги локомотива.

  ( 2.12 )

Для определения силы тяги  при средней скорости  построим тяговую характеристику локомотива (рисунок 2.1).

Среднюю скорость рассматриваемого участка определим по формуле

  ( 2.13 )

Таблица 2.1 – Значения тяговой характеристики тепловоза 2ТЭ121

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| 0 | 865000 | 50 | 320000 |
| 10 | 738500 | 57 | 282000 |
| 20 | 656500 | 70 | 228000 |
| 24,9 | 628000 | 80 | 200000 |
| 26,9 | 588500 | 90 | 176500 |
| 30 | 525500 | 100 | 157000 |
| 40 | 399000 |  |  |

Из рисунка 2.1 видно, что при средней скорости  сила тяги локомотива равна .



По формуле (2.2) определим основное удельное сопротивление движения локомотива при скорости .



По формулам (2.4) и (2.5) определим основное удельное сопротивление четырех- и восьмиосных вагонов при той же скорости.







Определим общее удельное сопротивление движения поезда по формуле

  ( 2.14 )

где  – проверяемый подъем крутизной больше расчетного, %о.

.

.

Длина проверяемого подъема () меньше 3185 м, следовательно, этот подъем можно преодолеть за счет кинетической энергии, приобретенной на спусках перед этим подъемом.

# 3. Расчёт и построение диаграмм удельных сил, действующих на поезд.

Удельные ускоряющие силы в режиме тяги рассчитываются по формуле

 . ( 3.1 )

Удельные замедляющие силы в режиме холостого хода определяются по формуле

  ( 3.2 )

где – основное удельное сопротивление движения тепловозов на холостом ходу определяется по формуле

 . ( 3.3 )

Удельные замедляющие силы в режиме торможения определяются по формуле

  ( 3.4 )

где  для экстренного,  для полного служебного и  для служебного торможений;

– удельная тормозная сила поезда от действия тормозных колодок, 

Удельная тормозная сила поезда рассчитывается по формуле

  ( 3.5 )

где  – коэффициент трения колодок о колесо;

 – расчетный тормозной коэффициент поезда.

Расчетный коэффициент трения при чугунных колодках определяется по формуле

  ( 3.6 )

Расчетный тормозной коэффициент определяется по формуле

  ( 3.7 )

где n – число осей в составе;

 – доля тормозных осей в составе, ;

 – расчетная сила нажатия тормозных колодок на ось, .

Масса локомотива  и его тормозные средства включаются в расчет только при наличии на участке спусков круче 20%о.

 Определяем число осей в составе

.

Определим расчетный тормозной коэффициент



Рассчитываем удельные ускоряющие и замедляющие силы, и результаты расчета сведем в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 «Расчет удельных равнодействующих сил тепловоза 2ТЭ121»

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тяговая характеристика | Тяга | Выбег |  | Торможение |
|  |  |  |  | экстренное | служебное |
| 0 | 865000 | 17,7791 | - 1,5341 | 129,60 | - 131,1341 | - 66,3341 |
| 10 | 738500 | 14,9451 | - 1,5437 | 95,04 | - 96,5837 | - 49,0673 |
| 20 | 656500 | 13,1080 | - 1,5579 | 77,76 | - 79,3179 | - 40,4379 |
| 24,9 | 628000 | 12,4694 | - 1,5665 | 72,10 | - 73,6665 | - 37,6165 |
| 26,9 | 588500 | 11,5845 | - 1,5693 | 70,13 | - 71,7003 | - 36,6353 |
| 30 | 525500 | 10,1731 | - 1,5703 | 67,39 | - 68,9666 | - 35,2716 |
| 40 | 399000 | 7,3390 | - 1,6001 | 60,48 | - 62,0801 | - 31,8401 |
| 50 | 320000 | 5,5691 | - 1,6281 | 55,54 | - 57,1681 | - 29,3981 |
| 57 | 282000 | 4,7178 | - 1,6504 | 52,85 | - 54,5004 | - 28,0754 |
| 70 | 228000 | 3,5079 | - 1,6979 | 48,96 | - 50,6579 | - 26,1779 |
| 80 | 200000 | 2,8807 | - 1,6628 | 46,66 | - 48,3228 | - 24,9928 |
| 90 | 176500 | 2,3442 | - 1,7863 | 44,77 | - 46,5563 | - 24,1713 |
| 100 | 157000 | 1,9173 | - 1,8374 | 43,20 | - 45,0374 | - 23,4374 |

# 4. Определение наибольших допустимых движения поезда по условиям торможения.

4.1 Определим тормозной путь

  ( 4.1 )

где – путь подготовки тормозов действию, м;

 – путь действительного торможения, м.

  ( 4.2 )

где  – скорость в начале торможения, ;

  – время подготовки тормозов к действию, с.

  ( 4.3 )

где  и – коэффициенты, определяемые в зависимости от числа осей;

  – удельная тормозная сила при скорости начала торможения.





Строим зависимость  по двум точкам:  и . Точка пересечения зависимости и ломаной определяет максимально допустимую скорость движения поезда на спуске 12,0 %о, которая будет равна 

Чтобы не выполнять подобные построения для каждого спуска участка, выполним аналогичные расчеты для профиля пути с %о. Путь подготовки тормозов к действию при скорости  в этом случае будет равен



Зная значения допускаемых скоростей на этих участках профиля пути, наносим их на диаграмму удельных сил и соединяем между собой. Эта линии будет ограничением скорости по тормозам на спусках для данного поезда (пунктирная линия на рисунке 3.1).

# 5. Приближённое определение времени и средних скоростей движения поезда на участке способом установившихся.

Способ установившихся скоростей основан на предположении, что на протяжении каждого элемента профиля пути поезд движется с равномерной скоростью, соответствующей крутизне профиля данного элемента.

Используя данные таблицы 1.3 и по диаграмме удельных сил (рисунок 3.1) находим средние скорости движения для каждого элемента и определяем время движения по каждому элементу и по всему участку. Результаты вычислений сводим в таблицу 5.1.

 Таблица 5.1 «Расчет времени хода поезда способом равномерных скоростей»

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номера элементовj | Длина элементов  | Уклон элемента %о |  |  |
| Ст.А 1 | 1,05 | 0 | 92,0 | 0,68 |
| 2 | 1,25 | - 1,016 | 91,5 | 0,82 |
| 3 | 4,2 | - 9,0 | 85,0 | 2,96 |
| 4 | 1,2 | 0 | 92,0 | 0,78 |
| 5 | 3,9 | - 9,2 | 84,8 | 2,76 |
| 6 | 0,5 | 0 | 92,0 | 0,33 |
| 7 | 0,7 | + 3,5 | 65,0 | 0,65 |
| Ст. Б 8 | 1,05 | 0 | 92,0 | 0,68 |
| 9 | 1,25 | - 2,114 | 91,2 | 0,82 |
| 10 | 1,5 | 0 | 92,0 | 0,98 |
| 11 | 0,9 | - 12,0 | 82.8 | 0,65 |
| 12 | 1,45 | 0 | 92,0 | 0,95 |
| 13 | 2,4 | + 5,58 | 45,0 | 3,20 |
| Ст. В 14 | 1,05 | 0 | 92,0 | 0,68 |
|  |  |

Общее время нахождения поезда на участке определим по формуле

  ( 5.1 )

где – длина j-го элемента, км;

 – равномерная скорость на j-ом элементе, км/ч;

 – суммарное время простоя на промежуточных ст. участка, 

 – суммарное время на разгон поезда после остановок, 

 – суммарное время на торможение поезда при остановках, 

Ходовую скорость движения поезда определим по формуле

  ( 5.2 )

где – ходовая скорость;

  – длина участка, км;

 – среднее, ходовое время движения поезда по участку без учета времени

 стоянок поезда на промежуточных станциях и времени затраченного на

 разгон и замедление поезда, мин.

Техническую скорость движения поезда определим по формуле

  ( 5.3 )

Участковую скорость движения поезда определим по формуле

  ( 5.4 )

Все вычисления сведем в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 «Время и скорости движения поезда на участке А-Б-В»

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Перегон | Расстоя-ние между станция-ми, км | Время хода, мин | Время на разгон, мин | Время на замедле-ние, мин | Скорость, км/ч |
|  |  |  |
| А – Б | 11,750 | 9,66 | 2 | 1 | 72,98 | 55,9 | – |
| Б – В | 7,500 | 7,96 | 2 | 1 | 56,53 | 41,06 | – |
| А – В | 22,400 | 16,94 | 4 | 2 | 79,33 | 58,59 | 48,10 |

Определим коэффициент участковой скорости

  ( 5.5 )

# 6. Определение скорости и времени хода графическим методом.

6.1 Построение кривой скорости

Для построения кривой скорости  будем использовать данные о спрямленном профиле пути, массу состава, диаграммы удельных сил и допустимую скорость безопасного движения локомотива на спусках (по тормозам), допустимая скорость движения по приемоотправочным путям станции будет равна , (рисунок 6.1).

Сокращенные отметки о режиме работы локомотива:

 Т – режим тяги;

 ХХ – режим выбега;

 ТР – регулировочное торможение;

 ПТ – пробное торможение в пути следования.

6.2 Построение кривой времени

Кривая времени  строится на основании кривой скорости  на том же графике и в том же масштабе (рисунок 6.1).

Используя кривую времени определим время движения поезда по участку А–Б–В в целом и по перегонам, время на разгон  и замедление  поезда по станции Б, техническую и участковую скорость поезда, а также коэффициент участковой скорости  по данным о спрямленном профиле пути.

6.2.1 Определим время движения поезда по перегонам

 ; ; .

6.2.2 Определим время на замедления поезда по станции Б

Для определения времени на замедления поезда по станции Б построим кривую скорости в обратном направлении от точки b (координата оси станции Б) до пересечения с кривой скорости в прямом направлении – точка а на рисунке 6.1. После этого определим время движения поезда от точки а до точки b () и от точки а до точки с ().

Время на замедление по станции Б получаем

 

6.2.3 Определим время на разгон поезда по станции Б

Для определения времени на разгон поезда по станции Б строится кривая скорости от точки b до пересечения с кривой скорости при движении поезда без остановки на станции Б – точка d.

Определим время движения поезда через станцию Б без остановки до точки d () и с учетом остановки на станции Б ().

Время на разгон по станции Б будет равен

.

И с учётом остановки на ст. Б. 



Результаты расчета снесем в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Время и скорости движения поезда на участке А-Б-В

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Перегон | Расстоя-ние между станция-ми, км | Время хода, мин | Время на разгон, мин | Время на замедле-ние, мин | Скорость, км/ч |
|  |  |  |
| А – Б | 11,750 | 17,2 | – | 3,6 | 40,9 | 33,9 | – |
| Б – В | 7,500 | 12,5 | 3,1 | –  | 35,7 | 28,9 | – |
| А – В | 22,400 | 29,7 | 3,1 | 3,6 | 45,3 | 36,9 | 33,3 |

6.2.4 Определим коэффициент участковой скорости

 .

Анализ результатов расчета из таблицы 5.2 и таблицы 6.1 показывает, что ошибка  приближенного метода равномерных скоростей по сравнению с точным графическим методом МПС составляет

* по общему времени движения поезда по участку



* по технической скорости



* по участковой скорости



# 7. Построение кривой тока локомотива.

Кривая тока генератора тепловоза в зависимости от пути  строится на графике кривых скорости и времени, на основании кривой скорости  и тока тягового генератора тепловоза в зависимости от скорости .

На кривой  возьмем точки перелома скорости и для каждой из них по кривой  определим ток генератора, полученные значения занесем в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Значения тока генератора тепловоза 2ТЭ121

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Точка | Скорость,  | Режим движения |  | Точка | Скорость,  | Режим движения |  |
| 0 | 0 | Тяга – ПП | 7000 | 17 | 77 | Тяга – ОП2 | 4100 |
| 1 | 10 | Тяга – ПП | 5750 | 18 | 77 | ТР | 0 |
| 2 | 20 | Тяга – ПП | 5075 | 19 | 70 | ХХ | 0 |
| 3 | 30 | Тяга – ПП | 4400 | 21 | 69 | ХХ | 0 |
| ПП-ОП1 | 45 | Тяга – ПП | 3480 | 22 | 77 | ХХ | 0 |
| Тяга – ОП1 | 4260 | 23 | 75 | Тяга – ОП2 |  |
| 6 | 50 | Тяга – ОП1 | 4000 | 24 | 76 | ТР | 0 |
| ОП1-0П2 | 53 | Тяга – ОП1 | 4260 | 25 | 70 | ТР | 0 |
| Тяга – ОП2 | 3480 | 26 | 60 | ТР | 0 |
| 7 | 60 | Тяга – ОП2 | 4750 | 27 | 50 | ТР | 0 |
| 8 | 60 | Тяга – ОП2 | 4750 | 28 | 40 | ТР | 0 |
| 9 | 60 | Тяга – ОП2 | 4750 | 29 | 30 | Тяга – ПП | 4400 |
| 10 | 60 | ПТ | 0 | 30 | 30 | Тяга – ПП | 4400 |
| 11 | 50 | ХХ | 0 | 31 | 20 | ТР | 0 |
| 12 | 60 | Тяга – ОП2 | 4700 | 32 |  10 | ТР |  0 |
| 13 | 70 | Тяга – ОП2 | 4300 | 33 |  0 | 0 |  0 |
| 14 | 74 | Тяга – ОП2 | 4250 |  |  |  |  |
| 15 | 76 | Тяга – ОП2 | 4200 |  |  |  |  |
| 16 | 77 | Тяга – ОП2 | 4100 |  |  |  |  |

По данным таблицы 7.1 строим кривую тока генератора тепловоза 2ТЭ121.

# 8. Определение расхода топлива тепловозами.

Расход дизельного топлива на заданном участке определим по формуле

  ( 8.1 )

где  – расход топлива тепловозом на максимальной позиции контроллера

 машиниста, ;

  – время движения поезда в режиме тяги, ;

  – расход топлива на холостом ходу, ;

  – время движения поезда в режиме холостого хода, .

 

Определяем удельный расход топлива

  брутто ( 8.2 )

где L – длина участка, км.

  брутто.

Определим условный удельный расход топлива

  брутто. ( 8.3 )

# 9. Проверка тяговых машин локомотивов на нагрев.

Нагревание тяговой электрической машины локомотива зависит от величины тока, проходящего через ее обмотки. Чем больший ток проходит через ее обмотки, тем сильнее нагреваются ее части.

Проверка на нагревание выполняется на основании кривых тока  и кривой времени . Проверку произведем по формуле

  ( 9.1 )

где – температура нагрева обмоток;

 – начальное превышение температуры, ;

 – установившаяся температура, ;

 – интервал времени, в течение которого по обмоткам протекает

 неизменный средний ток, мин;

 Т – тепловая постоянная времени, мин.

Значения среднего тока в интервале  определим по формуле

  ( 9.2 )

где  – ток в начале и конце интервала .

  ( 9.3 )

где  – число параллельных цепей соединения тяговых электродвигателей,

 .

Полученная в результате расчета наибольшая на заданном участке температура перегрева не должна превышать величины

  ( 9.4 )

где  – допускаемое превышение температуры обмоток тяговых

 электрических машин над температурой окружающего воздуха,

 ;

 – температура наружного воздуха, .

 .

Разбиваем кривую тока (рисунок 7.1) на отрезки, в которых выполняется условие  и находим среднее значение тока генератора на каждом отрезке. Затем определяем значение тока ТЭД для каждого отрезка. Полученные значения заносим в таблицу 9.1.

Таблица 9.1 «Расчет температуры перегрева обмоток якоря ТЭД ЭД-126А»

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Отрезок на кривой |  |  |  |  |  |  |  |
| 0’’ – 3’’ | 5700 | 950 | 2,7 | 43,5 | 0,0621 | 226,3 |  |
| 3’’ – 4’’ | 4400 | 733 | 0,6 | 33,7 | 0,0178 | 116,5 |  |
| 4’’ – ПП | 3940 | 656 | 2,0 | 31,7 | 0,0631 | 95,1 |  |
| ОП1- 6’’ | 4230 | 705 | 0,9 | 33,0 | 0,0273 | 107,9 |  |
| 6’’ – ОП2 | 3855 | 641 | 1,7 | 31,3 | 0,0543 | 91,3 |  |
| ОП2 – 10’’ | 4230 | 805 | 4,3 | 36,2 | 0,1188 | 143,1 |  |
| 10’’ – 12’’ | 0 | 0 | 2,1 | 20,3 | 0,1034 | 0 |  |
| 12’’ – 16’’ | 4450 | 742 | 2,3 | 32,8 | 0,0701 | 120,6 |  |
| 16’’ – 18’’ | 4250 | 708 | 1,5 | 33,1 | 0,0453 | 108,9 |  |
| 18’’ – 23’’ | 0 | 0 | 4,2 | 20,3 | 0,2069 | 0 |  |
| 23’’ – 24’’ | 4250 | 708 | 0,7 | 33,8 | 0,0207 | 108,9 |  |
| 24’’– 29’’ | 0 | 0 | 2,3 | 20,3 | 0,1133 | 0 |  |
| 29’’– 30’’ | 4400 | 733 | 2,1 | 37,1 | 0,0566 | 117,5 |  |
| 30’’– 33’’ | 0 | 0 | 2,3 | 20,3 | 0,1133 | 0 |  |

На данном участке температура  не была превышена.

# Список литературы.

* 1. Б. Г. Постол “Теория локомотивной тяги”. Учебное-методическое пособие для курсового проектирования. Хабаровск 1999.
	2. Правила тяговых расчётов для поездной работы. МПС СССР – М. Транспорт 1971г.
	3. С. И. Осипов «Основы электрической и тепловозной тяги». М Транспорт 1985 г.