Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта»

Кафедра “Тепловозы и тепловые двигатели”

### КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине

«Подвижной состав и тяга поездов»

|  |  |
| --- | --- |
| Выполнил: | Проверил: |
| студент группы УД-33 | преподаватель |
| Иванов С.Н. | Гришечкин В.В |

Гомель 2007 г.

**Содержание**

Введение

1. Анализ профиля пути и выбор величины расчетного подъема
2. Определение массы состава
3. Проверка полученной массы состава на прохождение подъемов большей крутизны, чем расчётный с учетом накопленной кинетической энергии
4. Проверка полученной массы состава на трогание с места и по длине приемо-отправочных путей
5. Спрямление профиля на заданном участке
6. Расчет и построение диаграммы ускоряющих и замедляющих сил‚ действующих на поезд
7. Графическое решение тормозной задачи
8. Определение времени хода поезда по кривой времени и технической скорости движения
9. Построение кривых скоростей, времени и тока
10. Определение времён хода поезда по перегонам и технической скорости движения
11. Определение расхода электрической энергии

Литература

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

УД-33

Разраб.

Щамель С.Н

Провер.

Гришечкин В.В.

Реценз.

Н. Контр.

Утверд.

***Курсовой проект***

Лит.

Листов

БелГУТ, кафедра «ТиТД»

# Введение

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

УД-33

Теория локомотивной тяги – научная дисциплина, которая предназначена для решения важнейших для железнодорожного транспорта вопросов:

* выбор типа локомотива и его основных параметров;
* расчет массы состава, расчет времени хода поезда по перегону;
* определение рациональных режимов вождения поездов;
* расчет тормозов;
* определение расхода топлива (электроэнергии, воды).

Решение данных вопросов служит для: составление графиков движения поездов, определения пропускной и провозной способности, расчетов по размещению остановочных пунктов (тяговых подстанций, складов топлива, локомотивного парка).

Условно все курсовую можно поделить на 3 части.

В первой нужно рассчитать массу состава, проверить полученную массу состава на прохождение подъемов большей крутизны, чем расчетный, а также на трогание с места и по длине приемо-отправочных путей.

Во второй части мы должны спрямить профиль пути и произвести построение кривой скорости и времени методом МПС.

В третьей мы определим расход энергоресурсов.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

УД-33

## **1 Анализ профиля пути и выбор величины расчетного подъема**

Проанализировав профиль пути был выбран расчетный подъем длиной 4500 м и уклон 8 ‰ (элемент №18)

Данный расчетный подъем будет использован при нахождении массы состава.

**2 Определение массы состава**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

УД-33

Состав поезда в процентах по массе состоит из вагонов:

4-осных-86%,

6-осных-6%,

8-осных-8%.

Средняя масса вагонов брутто составляет:

4-осных-88т,

6-осных-128т,

8-осных-168т.

Путь принят звеньевой.

Масса состава вычисляется по формуле:

*Q =(Fкр-P(****+****ip)) / (+ip),* (1)



где Fкр—расчетная сила тяги локомотива, H;

#### *P*— расчетная масса локомотива, т;

—основное удельное сопротивление движению локомотива, H/т;



— основное удельное сопротивление движению состава, Н/т;



*iр*—расчетный подъем, ‰;

Расчетные нормативы электровоза ВЛ10 принимаем из [1]

Расчетная сила тяги - Fк тр=460000 Н;

расчетная скорость- νр=46,7 км/ч;

расчетная масса- P=184 т.

Основное удельное сопротивление движению локомотива при *ν=νр* определяется по формуле:



где *ν*–скорость движения локомотива.

Н/т;



Расчет удельных сопротивлений 4-,6-и 8-осных вагонов производится по следующим формулам:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

УД-33

; (3)



(6)=7+(80+*ν*+0,025*ν*2)/*qo*( 6); (4)



(8)=7+(60+0,38*ν*+0,021*ν*2)/*qo*(8), (5)



где *qo*(4), *qo*(6), *qo*(8) –масса, приходящаяся на одну колесную пару, соответственно для 4-,6- и 8- осных вагонов, т.

Находится из выражений:

*qo*(4)=*q*4/4; (6)

*qo*(6)=*q6*/6; (7)

*qo*(8)=*q8*/8; (8)

где q4, q6,q8 — масса брутто 4-,6- и 8-осных вагонов, т/ось;

*qo*(4)=88/4=22 т/ось;

*qo*(6)=128/6=21,3 т/ось;

*qo*(8)=168/8=21 т/ось;

Рассчитаем удельные сопротивления:

(4)=7+(30+46,7+0,025. 46,72)/22=12,96 Н/т;



(6)=7+(80+43,5+0,025. 43,52)/21,3=15,51 Н/т;



(8)=7+(60+0,38. 46,7+0,021. 46,72)/20,5=12,88 Н/т;



Средневзвешенное удельное сопротивление движению состава определяется по формуле:



(9)  
где α, β, γ–соответственно доля 4-,6- и 8-осных вагонов в составе.



=0,86.12,96+0,06.15,51+0,08.12,88=13,11 Н/т;



Следовательно, масса состава будет равна:

*Q* =(46000-184.(72,3 **+**10.8)) / (13,11+10∙8)=4679 т.

Принимаем *Q*=4700 т.

**3 Проверка полученной массы состава на прохождение подъемов большей крутизны, чем расчетный с учетом накопленной кинетической энергии**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

УД-33

Проверка рассчитанной массы состава на возможность надежного преодоления встречающегося на участке короткого подъема крутизной больше расчетного с учетом использования кинетической энергии, накопленной на предшествующих (легких) элементах профиля, выполняется аналитическим способом.

Чтобы убедиться в том, что с таким составом принятый электровоз преодолеет подъем 10 ‰, рассчитаем, как изменяется скорость по мере движения поезда по данному подъему.

*S*пр ≤∑*S*пр =1000()/2. 12(). (10)



Допустим, что к моменту вступления на рассматриваемый подъем скорость поезда *v* = 75 км/ч. ПТР рекомендуют для повышения точности расчета интервалы изменения скорости движения принимать в пределах 10 км/ч. Чтобы рассчитать расстояние, которое поезд пройдет при понижении

скорости от 80 км/ч до 70 км/ч, необходимо определить значение удельной замедляющей силы для средней на рассматриваемом интервале скорости *v* = 75 км/ч:



=( *F*к- *W*0)/(*P+Q*). (11)



Из тяговой характеристики электровоза ВЛ10, приведенной в ПТР, для скорости *v* = 80 км/ч значение касательной силы тяги *F*к = 231000 Н.

Основное удельное сопротивление движению тепловоза

= 19+0,1. 75+0,003. 752=43,4 Н/т.



Основное удельное сопротивление движению груженых 4-,6-и 8-осных вагонов на подшипниках качения (роликовых) по звеньевому пути при осевой нагрузке:

*q*o(4)=88/4=22 т/ось;

*q*o(6)=128/6=21,3 т/ось;

*q*o(8)=168/8=21 т/ось.

Будет иметь вид:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

УД-33

(4)=7+(30+75+0,025. 752)/22=18,2 Н/т;



(6)=7+(80+75+0,025. 752)/21,3=20,9 Н/т;



(8)=7+(60+0,38. 75+0,021. 752)/21=16,8 Н/т.



Средневзвешенное удельное сопротивление движению состава:



=0,86.18,2+0,06.20,9+0,08.16,8=18,22 Н/т.



Таким образом, основные сопротивления движению локомотива и составу поезда:

=*P*. ; (12)



=184. 43,4=5981,9 Н.



=*Q*. ; (13)



=4700. 18,22=85634 Н.



Общее основное сопротивление движению поезда:

= +; (14)



=5981,9 +85634=93615,9 Н.



Удельная замедляющая сила

=( *F*к- *W*0)/(*P+Q*), Н/т. (15)



=137384/(184+4700)=28,13 Н/т.



=- 10. *i*пр Н/т; (16)



= 28,13 -10 . 10 = -71,9 Н/т.



Расстояние, пройденное поездом при изменении скорости движения от 80 км/ч до 70 км/ч

*S*пр =1000. (702 - 802)/2.12(-71,9)=869,6 м.

Проведем такие же расчеты и для расстояния, пройденного поездом при снижении его скорости с 70 км/ч до 60 км/ч. Средняя скорость – 65 км/ч.

Сведем расчеты в таблицу 3.1

Таблица 3.1- Расчет движения поезда по подъему с уклоном 10‰

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *v*1-  *v*2,  км/ч | *v*ср,  км/ч | *Fк*,  Н | ,  Н/т | ,  Н | ,  Н/т | ,  Н | ,  Н | ,  Н | ,  Н/т | ,  Н/т | ,  м | ,  м |
| 80-70 | 75 | 231000 | 43,4 | 7981,9 | 18,22 | 85634 | 93615,9 | 137384 | 28,13 | -71,9 | 869,6 | 869,6 |
| 70-60 | 65 | 323000 | 38,2 | 7025,1 | 16,21 | 76187 | 83212,1 | 239788 | 49,1 | -50,9 | 1064,11 | 1933,7 |

**4 Проверка полученной массы состава на трогание с места и по длине приемоотправочных путей**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

УД-33

Проверка массы состава на трогание. Необходимо проверить выполнение следующего условия:

, (18)



где *Fктр* **–**расчетная сила тяги локомотива при трогании с места, Н;

- удельное сопротивление состава при трогании с места, Н/т;



*iтр* - уклон элемента профиля, с которого будет проводиться трогание, ‰. Принимаем, что поезд трогается со станции, которая находится на горизонтальной площадке. Соответственно, *iтр*=0 ‰..

Таким образом, масса состава *Q* не должна превышать значение *Q*тр, определенное по условиям трогания поезда на подъеме с уклоном *i*тр.

Сопротивление троганию принимают для подвижного состава на роликовых подшипниках. Здесь *q*o – средняя осевая нагрузка, т/ось.



, (19)



где α, β, γ–соответственно доля 4-,6- и 8-осных вагонов в составе,

,, - удельное сопротивление соответственно 4-,6- и 8-осных вагонов в составе при трогании с места.



=280/(22+7)=9,6 Н/т;



=280/(21,3+7)=9,8 Н/т;



=280/(21+7)=10 Н/т.



Общее удельное сопротивление троганию состава:

=0,86.9,6+0,06.9,8+0,08.10=9,7 Н/т



Масса состава при трогании с места:

*Q*тр=626000/9,7-184=64352 т.

Так как *Q<Q*тр, то есть 4700<64352, это значит, что данный локомотив сдвинет с места состав с рассчитанной ранее массой.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

УД-33

Проверка массы состава по длине приемоотправочных путей. Масса состава, рассчитанная по наиболее трудному элементу продольного профиля пути, прошедшая проверки на прохождение более крутого, чем расчетный, подъема и на трогание поезда, может оказаться, тем не менее, слишком большой для того, чтобы поезд уместился в пределах приемоотправочных путей. Для проверки следует определить длину поезда:



где *l*л – длина локомотива, м;

*l*с – длина состава, м;

10 – допуск на неточность установки поезда в пределах приемо-отправочных путей.

Для определения длины состава необходимо определить число вагонов. Число однотипных вагонов можно рассчитать, если известна, доля массы данной группы вагонов в общей массе состава

, (21)



где – доля массы *i*-й группы однотипных вагонов в общей массе состава поезда,



*qi* – средняя масса вагона (брутто) для *i*-й группы однотипных вагонов.

Округляя *ni* до целого и, принимая из ПТР длину одного вагона для рассматриваемой группы, определяют длину состава.

Длина локомотива *l*л=33 м,

Длина вагонов:

4-осных *l*4=15 м;

6-осных *l*6=17 м;

8-осных *l*8=20 м.

Число вагонов:

*n4* =0,86.4700/88=46 вагонов,

*n6*=0,06.4700/128=2 вагонов,

*n8*=0,08.4700/168=2 вагонов.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

УД-33

Длина всего поезда:

*l*п=46.15+2.17+2.20+33+10=807 м.

Поскольку в результате расчетов получили длину поезда меньше, чем длину приемоотправочных путей, то корректировать массу поезда не обязательно.

**5 Спрямление профиля пути на заданном участке**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

УД-33

При производстве тяговых расчетов целесообразно заменять несколько малоотличающихся крутизной элементов одним, длина которого *Sс* равна сумме длин этих элементов. Такую операцию называют спрямлением профиля пути.

Уклон спрямленного элемента определяем по формуле:

(22)



где - уклон спрямляемого элемента, ‰



- длина спрямляемого элемента, м;



- длина спрямленного элемента, м.



Для количественной оценки возможности спрямления профиля вводят условие:

(23)



где =- абсолютное значение разности между уклоном спрямленного участка и действительного значения уклона i-ого элемента, входящий в спрямляемый участок, ‰;



Кривые, имеющиеся на элементах спрямляемого профиля, учитываем с помощью зависимости:



Окончательный уклон спрямленного участника, на котором расположены кривые:

(25)



При спрямлении учитываем условия:

1. Спрямляем элементы одного знака и 0

Не спрямляем:

1. Расчетный, максимальный подъем, максимальный спуск и

элементы, на которых располагаются станции.

Результаты спрямления профиля пути приведем в виде таблицы.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

УД-33

Таблица 5.1-Спрямление профиля пути

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № элемента | Длина, м | Уклон, ‰ | Кривые | | | *s*с, м | *i*с', ‰ | *i*с", ‰ | *i*с, ‰ |  | Номер приведенного элемента | Примечания |  |
| R, м | *s*кр, м | о |
| 1 | 2000 | 0 | - | - | - | 2000 | 0 | 0,0 | 0,0 |  | 1 | стД |
| 2 | 450 | -3,5 | 640 | - | 10 | 3000 |  |  |  | 1250 | 2 |  |
| 3 | 1750 | -6 | - | - | - | -5,1 | 0,1 | -5,0 | 2222 |
| 4 | 800 | -4 | 1500 | 250 | - |  |  |  | 1818 |
| 5 | 1000 | -2,5 | - | - | - | 1650 | -1,5 | 0,0 | -1,5 | 2000 | 3 |  |
| 6 | 650 | 0 | - | - | - | 1333 |
| 7 | 1400 | 10 | - | - | - | 1400 | 10 | 0,0 | 10,0 |  | 4 |  |
| 8 | 500 | 0 | - | - | - | 1900 | 3,2 | 0,2 | 3,4 | 625 | 5 |  |
| 9 | 800 | 3 | 850 | 400 | - | 10000 |
| 10 | 600 | 6 | 2500 | 300 | - | 714 |
| 11 | 1000 | 0 | - | - | - | 1000 | 0 | 0,0 | 0,0 |  | 6 |  |
| 12 | 1200 | -3,5 | 1050 | 600 | - | 2100 | -1,9 | 0,1 | -1,8 | 1250 | 7 |  |
| 13 | 900 | -3,5 | - | - | - | 1176 |
| 14 | 2400 | 0 | - | - | - | 2400 | 0 | 0,0 | 0,0 |  | 8 | стС |
| 15 | 700 | 1 | 1300 | 400 | - | 2400 | 1,3 | 0,2 | 1,5 | 6667 | 9 |  |
| 16 | 800 | 3 | - | - | - | 1176 |
| 17 | 900 | 0 | 1200 | - | 20 | 1538 |
| 18 | 4500 | 8 | - | - | - | 4500 | 8 | 0,0 | 8,0 |  | 10 | *i* |
| 19 | 375 | 3 | - | - | - | 1575 | 2,2 | 0,0 | 2,2 | 2500 | 11 |  |
| 20 | 1200 | 2 | - | - | - | 10000 |
| 21 | 4500 | 0 | - | - | - | 4500 | 0 | 0,0 | 0,0 |  | 12 |  |
| 22 | 600 | -4,5 | 900 | 200 | - | 1800 | -6,8 | 0,2 | -6,6 | 870 | 13 |  |
| 23 | 1200 | -8 | 640 | - | 12 | 1667 |
| 24 | 1000 | 0 | - | - | - | 2700 | 1,9 | 0,1 | 2,0 | 1053 | 14 |  |
| 25 | 900 | 2 | 3000 | 600 | - | 20000 |
| 26 | 800 | 4 | 2000 | 600 | - | 952 |
| 27 | 2200 | 0 | - | - | - | 2200 | 0 | 0,0 | 0,0 |  | 15 | cтВ |
| 28 | 1500 | -1,5 | - | - | - | 1500 | -1,5 | 0,0 | -1,5 |  | 16 |  |
| 29 | 4800 | -7 | 1500 | 900 | - | 4800 | -7 | 0,1 | -6,9 |  | 17 |  |
| 30 | 1500 | -2,5 | - | - | - | 2000 | -1,9 | 0,0 | -1,9 | 3333 | 18 |  |
| 31 | 500 | 0 | - | - | - | 1053 |
| 32 | 1000 | -5,5 | 860 | - | 22 | 1850 | -4,8 | 0,1 | -4,7 | 2857 | 19 |  |
| 33 | 850 | -4 | - | - | - | 2500 |
| 34 | 600 | 0 | 750 | - | 15 | 2300 | -1,7 | 0,2 | -1,5 | 1176 | 20 |  |
| 35 | 700 | -2 | - | - | - | 6667 |
| 36 | 600 | -3,5 | - | - | - | 1111 |
| 37 | 400 | -1 | 640 | 250 | - | 2857 |
| 38 | 2000 | 0 | - | - | - | 2000 | 0 | 0,0 | 0,0 |  | 21 | стА |

Приведем пример спрямления участка на основании элементов №2,№3 и № 4.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

УД-33

Длина спрямленного участка вычисляется по формуле:

(26)



где , и - длина 2-ого, 3-его и 4-ого элемента спрямляемого участка, м;



м;



Уклон спрямленного элемента определяем по формуле (22):

‰.



Для учета на профиле кривых воспользуемся формулой (24):

‰,



‰,



‰.



Окончательный уклон определяем по формуле (25):

‰.



Определим, удовлетворяют ли значения длин наших элементов условию возможности спрямления:

м< м;



м< м;



м< м.



Так как условие возможности спрямления выполнилось, значит, элементы № 2, №3 и №4 можно спрямить.

Аналогичным образом производятся спрямления других элементов.

**6 Расчет и построение диаграммы ускоряющих и**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

УД-33

# замедляющих сил, действующих на поезд

При построении диаграммы удельных равнодействующих сил действующих на поезд, результаты расчетов сводим в таблицу 6.1. Вычисления выполняем для трех режимов движения поезда:

1. режим тяги;
2. режим холостого хода;
3. режим торможения.

Первые два столбца таблицы заполняем тяговыми данными.

Пример заполнения таблицы приведем на основании км/ч и силы тяги Н



Для режима холостого хода удельное сопротивление определяем по формуле:

(27)



Н/т.



Полное сопротивление от локомотива определим по формуле:

(28)



Н;



(29)



Н/т.



Для режима торможения определим значение расчетного тормозного коэффициента:

(30)



где - расчетный тормозной коэффициент;



- доля тормозных осей в составе;



- суммарное нажатие тормозных колодок на оси.



(31)



где - нажатие на ось, т/ось;



Принимаем в курсовом проекте в соответствии с ПТР

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

УД-33

т/ось.



т.



Расчетный коэффициент трения колодки для чугунных колодок:

(32)



.



Значение удельной тормозной силы определяем по формуле:

(33)



Н/т.



В соответствующие столбцы записываем значения равнодействующих сил приложенных к поезду.

Некоторые значения выразим с помощью (рисунка 1)

Произведем расчет первой строки таблицы:



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

УД-33



# 7 Графическое решение тормозной задачи

**Изм.**

**Лист**

**№ докум.**

**Подпись**

**Дата**

**Лист**

УД-33

Полный тормозной путь состоит из подготовительного и действительного тормозного пути:

(34)



Подготовительный путь определяется по формуле:

(35)



где - скорость поезда в момент начального торможения, км/ч; =100 км/ч;



- время подготовки тормозов к действию, с.



Учитывая, что в действительности за время подготовки тормозов к действию скорость не постоянна, используют поправку, учитывающая величину уклона и тормозную силу. Так как у нас состав с количеством осей от 200 до 300 используем формулу:

(36)



где - приведенный уклон, ‰;



Рассчитаем время подготовки тормозов к действию для =0‰, -4‰,-8‰.



с;



с;



с;



м;



м;



м;



Действительный тормозной путь определим графическим способом (рисунок 2).

# 8 Определение времени хода поезда по участку способом равномерных скоростей

**Изм.**

**Лист**

**№ докум.**

**Подпись**

**Дата**

**Лист**

УД-33

Этот способ предполагает следующие допущения:

* скорость движения в пределах элемента спрямленного профиля пути постоянна и равна равновесной;
* при переходе с одного элемента профиля на другой скорость движения поезда меняется мгновенно.

Равновесную скорость для каждого элемента профиля определяем по диаграмме удельных ускоряющих и замедляющих сил.

Если ограничения по конструкционной скорости подвижного состава, по тормозам или по состоянию пути оказываются меньше, то в качестве равновесной принимаем наименьшее из названных значений. На подъемах круче расчетного принимаем значение равновесной скорости .



Время хода по рассмотренному участку определяется по формуле:

(37)



где ,- поправки на разгон и замедление соответственно, мин.; =2 мин.; =1 мин.



Все расчеты сводим в табличную форму.

Таблица 8.1 - Определение времени хода поезда методом равновесных скоростей

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер элемента | S, км | , ‰ | , км/ч | t, мин. | Поправка на разгон и замедление | | С остановкой на станции |
| 1 | 1,0 | 0,0 | 90 | 0,67 | 2 | |  |
| 2 | 3,0 | -5,0 | 90 | 2 |  | |  |
| 3 | 1,65 | -1,5 | 57,5 | 1,57 |  | |  |
| 4 | 1,4 | 10,0 | 46,7 | 1,8 |  | |  |
| 5 | 1,9 | 3,4 | 72 | 1,58 |  | |  |
| 6 | 1,0 | 0 | 90 | 0,67 |  | |  |
| 7 | 2,1 | -1,8 | 70 | 1,8 |  | |  |
| 8 | 2,4 | 0 | 90 | 1,6 |  | |  |
| 9 | 2,4 | 1,5 | 78 | 1,85 |  | |  |
| 10 | 4,5 | 8,0 | 46,7 | 5,78 |  | |  |
| 11 | 1,575 | 2,2 | 79 | 1,2 |  | |  |
|  | | | | | | | |
| Продолжение таблицы 8.1 | | | | | | | |
| Номер элемента | S, км  Изм.  Лист  № докум.  Подпись  Дата  Лист  УД-33 | , ‰ | ,м/ч | t, мин. | Поправка на разгон и замедление | С остановкой на станции | |
| 12 | 4,5 | 0 | 90 | 3 |  |  | |
| 13 | 1,8 | -6,6 | 90 | 1,2 |  |  | |
| 14 | 2,7 | 2,0 | 81 | 2 |  |  | |
| 15 | 2,2 | 0 | 90 | 1,46 |  | 3 | |
| 16 | 1,5 | -1,5 | 57 | 1,58 |  |  | |
| 17 | 4,8 | -6,9 | 90 | 3,2 |  |  | |
| 18 | 2,0 | -1,9 | 70 | 1,71 |  |  | |
| 19 | 1,85 | -4,7 | 90 | 1,23 |  |  | |
| 20 | 2,3 | -1,5 | 57 | 2,42 |  |  | |
| 21 | 1,0 | 0 | 90 | 0,67 | 1 |  | |
|  | | | | 40 | 3 | 6 | |

Найдем время хода без остановок:

мин;



Найдем время хода с учетом остановок:

мин.



Определим погрешность между методом равновесных скоростей и графическим способом определения времени хода:

Без остановки: ∆бо=(40,8-40)/40,8∙100%=2%

С остановкой: ∆со=(43,7-46)/43,7∙100%=5%

# 9 Построение кривых скорости, времени и тока

# 9.1 Построение кривой скорости

Построение кривой скорости осуществляем способом Липеца (МПС).

В соответствии с ПТР при выполнении тяговых расчетов поезд рассматривается как материальная точка, в которой сосредоточена вся масса поезда и к которой приложены внешние силы, действующие на реальный объект (поезд). Условно принимают, что эта точка расположена в середине поезда.

После трогания поезда осуществляется опробование тормозов (при достижении скорости 40 км/ч); снижаем скорость на 20 км/ч.

Проба осуществляется только на спуске либо на ровной площадке.

На кривой скорости делаем отметки о включении и выключении контролера (КВ, КО) и о включении и отпуске тормозов (ТД, ТО). При построении учитывается необходимые ограничения скорости движения:

* конструкционная скорость локомотива (100 км/ч);
* по состоянию пути и подвижного состава (90 км/ч);
* по тормозным средствам (п. 7);

Так как результаты построения в дальнейшем используется при составлении графика движения поездов, то кривую скорости строим исходя из условия минимального времени преодоления участка.

# 9.2 Построение кривой времени

**Изм.**

**Лист**

**№ докум.**

**Подпись**

**Дата**

**Лист**

УД-33

Кривой времени называют графическую зависимость времени движения поезда от пройденного пути . Ее строят на имеющемся листе миллиметровой бумаги с помощью построенной ранее кривой скорости.



Для построения кривой времени используем способ Лебедева.

Результаты построения в дальнейшем используем для составления графика движения поездов и определения расхода энергоресурсов. При построении используем следующий масштаб 1 см – 1 мин.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

УД-33

# 9.3 Построение кривой тока

Кривую тока строим, используя имеющуюся кривую скорости и токовую характеристику электровоза ВЛ10. При построении используем следующий масштаб 1 см – 200 А.

# 10 Определение времени хода поезда по кривой времени и технической скорости движения

**Изм.**

**Лист**

**№ докум.**

**Подпись**

**Дата**

**Лист**

УД-33

Определяем время хода поезда с остановкой и без остановки по кривой . Точность определения времени составляет 0,1 мин. Полученное время округляем для использования в графике движения поездов (ГДП) с точностью до 1 мин.Результаты сведем в таблицу 5.



Таблица 10.1 – Определение времени хода по участку с остановкой

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Перегон | Длина, км | Время хода, мин | Время принятое для ГДП, мин |
| Д-B | 33,025 | 28,7 | 29 |
| B-А | 14,5 | 12,1 | 13 |
| Итого | 47,525 | 40,8 | 42 |

Определяем техническую скорость движения поезда по участку с учетом остановки:

(38)



где - длина участка, км;



- время принятое для ГДП.



км/ч



Таблица 10.2 – Определение времени хода по участку без остановки

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Перегон | Длина, км | Время хода, мин | Время принятое для ГДП, мин |
| Д-В | 33,025 | 29,8 | 30 |
| В-А | 14,5 | 13,9 | 14 |
| Итого | 47,525 | 43,7 | 44 |

Определим техническую скорость движения поезда по участку без учета остановки:

(39)



км/ч



# 11 Определение расхода электрической энергии

**Изм.**

**Лист**

**№ докум.**

**Подпись**

**Дата**

**Лист**

УД-33

По кривым и подсчитываем расход энергии, затраченной электровозом на перемещение поезда по участку и отнесенный к токоприемнику. Подсчет выполняем путем суммирования расходов энергии по отдельным элементам времени:



(40)



где - напряжение в контактной сети, В; =25000 В;



- среднее значение тока для отрезка кривой , А;



- промежуток времени, в течение которого величина тока принимается постоянной, мин.



Расчет по определению расхода электроэнергии с учетом остановки сведем в таблицу 11.1.

Таблица 11.1 – Определение расхода электрической энергии с учетом остановки

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № элемента | , А | , мин | , А·мин |
| 1 | 650 | 0,5 | 135,4 |
| 2 | 1180 | 0,5 | 245,8 |
| 3 | 2270 | 0,4 | 378,3 |
| 4 | 2220 | 0,6 | 555 |
| 5 | 2190 | 0,2 | 182,5 |
| 6 | 2270 | 0,3 | 283,8 |
| 7 | 2210 | 0,3 | 276,3 |
| 8 | 2160 | 0,2 | 270 |
| 9 | 2200 | 0,2 | 183,3 |
| 10 | 2420 | 0,6 | 605 |
| 11 | 2490 | 0,1 | 103,8 |
| 12 | 2130 | 0,5 | 443,8 |
| 13 | 1720 | 0,7 | 501,7 |
| 14 | 1540 | 0,2 | 128,3 |
| 15 | 1520 | 1,2 | 760 |
| 16 | 1660 | 1,1 | 760,8 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Продолжение таблицы 11.1 | | | | | |
| № элемента | , А | | , мин | , А·мин | |
| 17 | 1870 | | 1,7 | 1324,6 | |
| 18  Изм.  Лист  № докум.  Подпись  Дата  Лист  УД-33 | | 1820 | 0,4 | | 303,3 |
| 19 | | 1740 | 0,5 | | 362,5 |
| 20 | | 1600 | 1,2 | | 1066,7 |
| 21 | | 1450 | 1,7 | | 1027,1 |
| 22 | | 1410 | 1,7 | | 998,8 |
| 23 | | 1550 | 0,8 | | 516,7 |
| 24 | | 1830 | 1,0 | | 762,5 |
| 25 | | 2280 | 2,1 | | 1995 |
| 26 | | 2180 | 1,2 | | 1090 |
| 27 | | 1700 | 1,8 | | 1275 |
| 28 | | 1540 | 1,7 | | 1090,8 |
| 29 | | 1600 | 2,2 | | 1466,7 |
| 30 | | 1550 | 4,2 | | 2712,5 |
| итого | |  |  | | 21805,9 |

Расчет по определению расхода электроэнергии без учета остановки сведем в таблицу 11.2.

Таблица 11.2 – Определение расхода электрической энергии без учета остановки

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № элемента | , А | | , мин | | , А·мин | |
| 1 | 650 | | 0,5 | | 135,4 | |
| 2 | 1180 | | 0,5 | | 245,8 | |
| 3 | 2270 | | 0,4 | | 378,3 | |
| 4 | 2220 | | 0,6 | | 555 | |
| 5 | 2190 | | 0,2 | | 182,5 | |
| 6 | 2270 | | 0,3 | | 283,8 | |
| 7 | 2210 | | 0,3 | | 276,3 | |
| 8 | 2160 | | 0,2 | | 270 | |
| 9 | 2200 | | 0,2 | | 183,3 | |
| Продолжение таблицы 11.2 | | | | | | | |
| № элемента | | , А | | , мин | | , А·мин | |
| 10 | | 2420 | | 0,6 | | 605 | |
| 11 | | 2490 | | 0,1 | | 103,8 | |
| 12 | | 2130 | | 0,5 | | 443,8 | |
| 13 | | 1720 | | 0,7 | | 501,7 | |
| 14 | | 1540 | | 0,2 | | 128,3 | |
| 15 | | 1520 | | 1,2 | | 760 | |
| 16 | | 1660 | | 1,1 | | 760,8 | |
| 17 | | 1870 | | 1,7 | | 1324,6 | |
| 18  Изм.  Лист  № докум.  Подпись  Дата  Лист  УД-33 | | 1820 | | 0,4 | | 303,3 | |
| 19 | | 1740 | | 0,5 | | 362,5 | |
| 20 | | 1600 | | 1,2 | | 1066,7 | |
| 21 | | 1450 | | 1,7 | | 1027,1 | |
| 22 | | 1410 | | 1,7 | | 998,8 | |
| 23 | | 1550 | | 0,8 | | 516,7 | |
| 24 | | 1830 | | 1,0 | | 762,5 | |
| 25 | | 2280 | | 2,1 | | 1995 | |
| 26 | | 2180 | | 1,2 | | 1090 | |
| 27 | | 1700 | | 1,8 | | 1275 | |
| 28 | | 1540 | | 1,7 | | 1090,8 | |
| 29 | | 1600 | | 2,0 | | 1333,3 | |
| 30 | | 1550 | | 1,5 | | 968,8 | |
| итого | |  | |  | | 19928,8 | |

Расход электроэнергии с учетом остановки будет равен:

кВт/ч.



Расход электроэнергии без учета остановки будет равен:

кВт/ч.



Расход электроэнергии на собственные нужды электровоза:

(41)



где - средний расход электроэнергии на собственные нужды; для ВЛ10 =2,08 кВт·ч/мин;



- полное время работы электровоза на заданном участке, мин.



Расход электроэнергии на собственные нужды электровоза с учетом остановки:

кВт/ч



Расход электроэнергии на собственные нужды электровоза без учета остановки:

кВт/ч.



Полный расход электроэнергии электровозом с учетом и без учета остановки соответственно:

(42)



кВт/ч;

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

УД-33



кВт/ч.



Удельный расход электроэнергии:

, (43)



Удельный расход электроэнергии с учетом и без учета остановки соответственно:

;



.



# Литература

**Изм.**

**Лист**

**№ докум.**

**Подпись**

**Дата**

**Лист**

УД-33

1. Правила тяговых расчетов для поездной работы – М.: Транспорт,1985. 287 с.
2. **Френкель, С.Я.** Техника тяговых расчетов: учебно–метод. пособие / С.Я. Френкель–Гомель: УО “БелГУТ”,2006. – 74 с.