

**РОСЖЕЛДОР**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Ростовский государственный университет путей сообщения»**  
**(ФГБОУ ВО РГУПС)**  
**Волгоградский техникум железнодорожного транспорта**  
**(ВТЖТ – филиал РГУПС)**

---

А.А. Корнюшков

**ПМ 01.01 Эксплуатация и техническое обслуживание**  
**подвижного состава (тепловозы и дизель – поезда)**  
**МДК.01.02. Эксплуатация подвижного состава и обеспечение**  
**безопасности движения поездов**  
**Тема: Основы локомотивной тяги**

рабочая тетрадь по выполнению практических работ для студентов 3 –го  
курса очного отделения  
специальности

23.02.06. Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог

Волгоград

2016

Рабочая тетрадь по выполнению практических работ для студентов 3–го курса. А.А. Корнюшков; ВТЖТ – филиал ФГБОУ ВО РГУПС. – Волгоград, 2016. – 22 с.

Пособие предназначено для студентов специальности

23.02.06. Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог,

Одобрено к изданию учебно-методическим советом ВТЖТ – филиала ФГБОУ ВО РГУПС.

ВТЖТ - филиал РГУПС

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Дисциплина «Основы локомотивной тяги»

23.02.06.3 ТПС. .ПР

Преподаватель

А.А. Корнюшков

Студент

\_\_\_\_\_

2016

## СОДЕРЖАНИЕ

- 1 Пересчет электромеханических характеристик тягового электродвигателя;
- 2 Построение тяговой характеристики тепловоза и действующих ограничений;
- 3 Спрямление плана и профиля пути;
- 4 Определение массы состава грузового поезда;
- 5,6,7 Расчет и построение удельных сил поезда в режимах тяги, выбега и торможения;
- 8 Решение тормозной задачи;
- 9 Построение кривой скорости хода поезда графическим способом;
- 10 Построение кривой времени хода поезда графическим способом;
- 11 Построение кривой тока ТЭД локомотива;
- 12 Проверка выбранной массы состава по условиям нагревания тяговых двигателей локомотива;
- 13 Расчет расхода дизельного топлива на тягу поездов.

|           |      |           |        |      |                                                               |  |  |                        |      |        |  |
|-----------|------|-----------|--------|------|---------------------------------------------------------------|--|--|------------------------|------|--------|--|
|           |      |           |        |      | 23.02.06.3 ТПС. .ЛР                                           |  |  |                        |      |        |  |
| Изм       | Лист | № докум.  | Подпис | Дата |                                                               |  |  |                        |      |        |  |
| Разраб.   |      |           |        |      | Практические работы<br>по теме<br>Основы локомотивной<br>тяги |  |  | Лит.                   | Лист | Листов |  |
| Провер.   |      | Корнюшков |        |      |                                                               |  |  | У                      | 2    | 20     |  |
|           |      |           |        |      |                                                               |  |  | ВТЖТ -<br>филиал РГУПС |      |        |  |
| Н. контр. |      |           |        |      |                                                               |  |  |                        |      |        |  |
| Утв.      |      |           |        |      |                                                               |  |  |                        |      |        |  |

Тема: Пересчет электромеханических характеристик тягового электродвигателя.

Цель: научиться производить пересчет электромеханических характеристик тягового электродвигателя (ТЭД) при изменении передаточного отношения редуктора и диаметра колесных пар локомотива.

#### Решение

Зависимость скорости движения  $v$ , силы тяги на ободах колесной пары  $F_{\text{кд}}$  и к.п.д.  $\eta$  от тока электродвигателя  $I_{\text{д}}$  при неизменном напряжении и постоянной температуре обмоток тяговых электродвигателей называют *электромеханическими характеристиками, отнесенные к ободам колес.*

Скорость определяется формулой

$$V = 0,188 \times D \times n / \mu \quad (1)$$

где  $D$  – диаметр колесной пары;

$n$  – частота вращения колесной пары;

$\mu$  – передаточное отношение редуктора.

Эта формула показывает, что при одной и той же частоте вращения якоря скорость движения больше при большем диаметре колес и меньшем передаточном отношении зубчатой передачи.

Чтобы найти связь между скоростью движения и током  $I_{\text{д}}$ , подставим в формулу 1 значение частоты вращения.

Тогда скорость

$$V = 0,188 \times D / \mu \times (U_{\text{д}} - I_{\text{д}} \times r) / C_1 \times \Phi \quad (2)$$

Обозначив постоянные для данного локомотива параметры через  $C = C_1 \times \mu / (0,188D)$ , получим, что скорость

$$V = (U_{\text{д}} - I_{\text{д}} \times r) / C \times \Phi \quad (3)$$

Зависимость скорости движения от тока тягового электродвигателя называют *скоростной характеристикой.*

*Касательную силу тяги* определяют по формуле

$$F_{\text{кд}} = 2 \times M \times \mu \times \eta / D \quad (4)$$

Таким образом, при одинаковом вращающем моменте на валу тягового электродвигателя сила тяги будет больше при большем передаточном отношении  $\mu$  и меньших диаметрах колес.

Зависимость силы тяги на ободах колес колесной пары от тока тягового электродвигателя называют *электротяговой характеристикой.*

Из формул (1) и (4) видно, что *скоростная и электротяговая характеристики* зависят от передаточного отношения редуктора и диаметров колес. Если передаточное отношение локомотива в процессе эксплуатации не меняется, то диаметры колес уменьшаются из-за износа и обточках.

В практике бывают случаи, когда тяговые электродвигатели одного и того же типа используют на разных локомотивах, имеющих различные передаточные отношения редукторов.

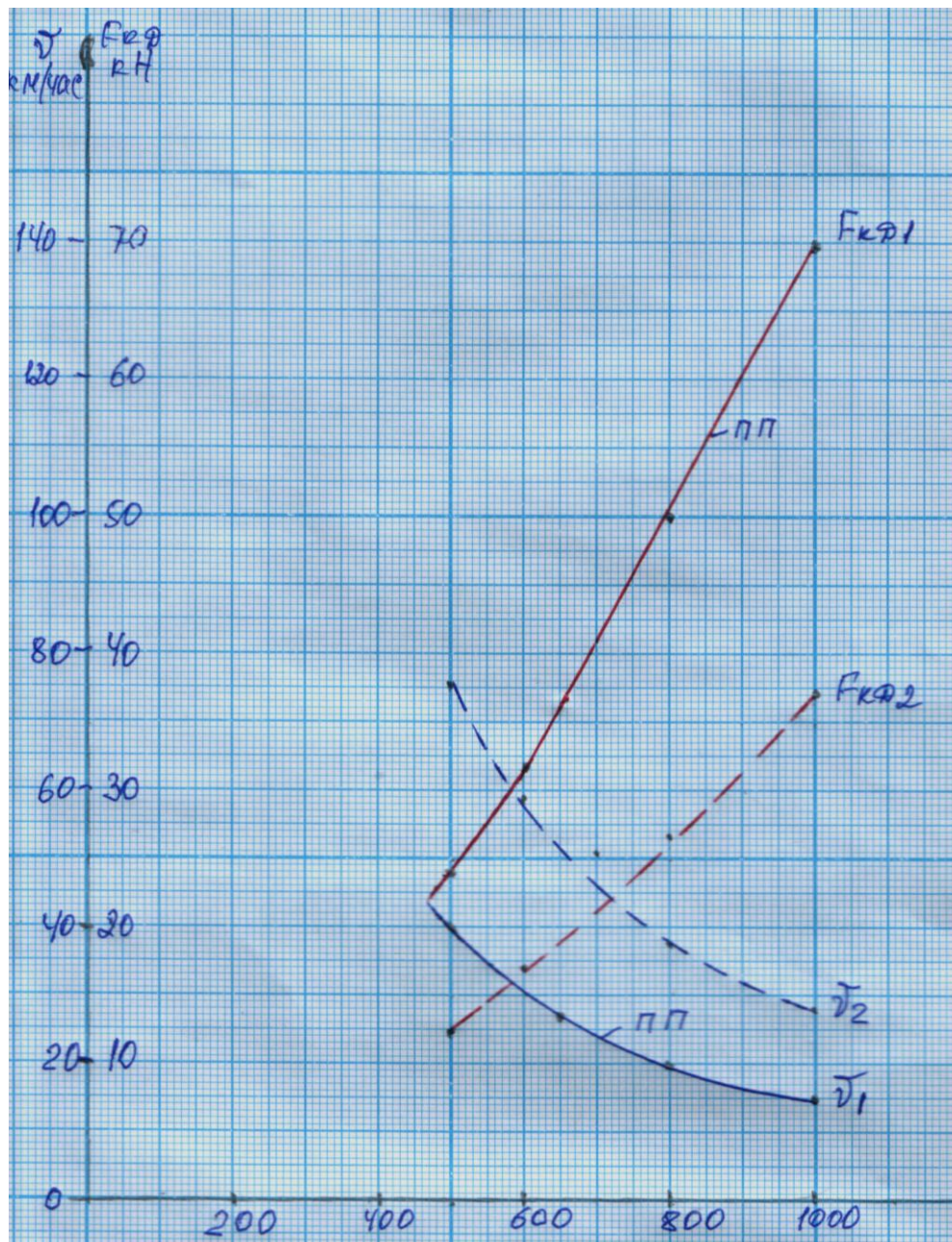


Рисунок 1 - Скоростные и электротяговые характеристики ТЭД ЭД118

На рисунке 1 даны скоростные и электротяговые характеристики тягового двигателя ЭД - 118А 2ТЭ116 при диаметре движущего колеса  $D_1 = 1050$  мм и передаточном отношении зубчатой передачи  $\mu_1 = 4,41$ .

Требуется построить скоростные и электротяговые характеристики этого электродвигателя при диаметре движущего колеса  $D_2 = 1000$  мм и передаточном отношении зубчатой передачи  $\mu_2 = 2,22$ .

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

## Решение

1 По кривым находим значения  $v_1$   $F_{кд}$  при токах 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000 А и заносим их в таблицу 1.

Таблица 1

| Ид, А | Заданные значения |              | Полученные значения |              |
|-------|-------------------|--------------|---------------------|--------------|
|       | $v_1$ км/час      | $F_{кд1}$ кН | $v_2$ км/час        | $F_{кд2}$ кН |
| 500   | 40                | 24           | 75,7                | 12,7         |
| 550   | 35                | 27,5         | 66,2                | 14,6         |
| 600   | 31                | 32           | 58,6                | 17,0         |
| 650   | 27                | 36           | 51,0                | 19,1         |
| 700   | 24                | 41           | 45,4                | 21,7         |
| 750   | 22                | 46           | 41,6                | 24,4         |
| 800   | 20                | 50           | 37,8                | 26,5         |
| 850   | 18                | 56           | 34,0                | 29,7         |
| 900   | 17                | 60           | 32,1                | 31,8         |
| 950   | 16                | 65           | 30,2                | 34,5         |
| 1000  | 15                | 70           | 28,4                | 37,1         |

Для каждого значения тока берем скорость  $v_1$  и по формуле

$$v_2 = (D_2 / D_1 \times \mu_1 / \mu_2) \times v_1 \quad (5)$$

определяем скорость  $v_2$  при том же токе, но измененном диаметре колеса и передаточном числе зубчатой передачи.

Силу тяги для измененного диаметра колеса и передаточного числа зубчатой передачи пересчитываем по формуле

$$F_{кд2} = (D_1 / D_2 \times \mu_2 / \mu_1) \times F_{кд1} \quad (6)$$

Вывод:

- 1 При уменьшении диаметра колеса уменьшается скорость тепловоза;
- 2 Уменьшение передаточного числа зубчатой передачи ведет к увеличению скорости;
- 3 Уменьшение передаточного числа зубчатой передачи ведет к уменьшению силы тяги ТЭД.

### Содержание отчета

1 Построить на миллиметровой бумаге скоростную и электротяговую характеристики ЭД – 118А тепловоза 2ТЭ116 при диаметре движущего колеса  $D_1 = 1050$  мм и передаточном отношении зубчатой передачи  $\mu_1 = 4,41$ .

2 Произвести решение при диаметре движущего колеса  $D_2 = 1000$  мм и передаточном отношении зубчатой передачи  $\mu_2 = 2,22$ .

3 Построить на миллиметровой бумаге скоростную и электротяговую характеристики ЭД – 118А тепловоза 2ТЭ116 при диаметре движущего колеса  $D_2 = 1000$  мм и передаточном отношении  $\mu_2 = 2,22$ .

4 Сделать вывод на основании построенных характеристик.

Тема: Построение тяговой характеристики локомотива и действующих ограничений.

Цель: научиться, в каком порядке вести построение тяговой характеристики локомотива и наносить действующие ограничения.

Тяговую характеристику локомотива строят по скоростной и электротяговой характеристикам следующим образом.

Силу тяги локомотива  $F_k$ , Н, равную произведению силы тяги, реализуемой каждой колесной парой, на число движущих колесных пар или тяговых электродвигателей, определяют по формуле

$$F_k = n_d \times F_{kd} \quad (7)$$

где  $n_d$  — число тяговых электродвигателей локомотива или движущих колесных пар.

Практически из электромеханических характеристик, отнесенных к ободу колеса, задаются током  $I_{д1}$  и определяют скорость движения и силу тяги  $F_{kd1}$ . За тем эту силу умножают на число тяговых электродвигателей или движущих колесных пар и получают по формуле силу тяги локомотива  $F_{k1}$ . Значение скорости откладывают по оси абсцисс графика, а силу тяги  $F_{k1}$  — по оси ординат. Полученная точка с координатами и  $F_{k1}$  находится на тяговой характеристике тепловоза. Аналогично задаются токами  $I_{д2}$ ,  $I_{д3}$  и находят скорости движения  $v_2$ ,  $v_3$ , силы тяги  $F_{kd2}$ ,  $F_{kd3}$ , а затем рассчитывают силы тяги  $F_{k2}$  и  $F_{k3}$  и находят точки для построения тяговой характеристики и т. д. Соединив полученные точки плавной кривой, получают тяговую характеристику. Обычно берут 8 -10 точек, причем на скоростных характеристиках точки берут чаще в местах резкого изменения направления линии и реже при небольших изгибах характеристик с обязательным использованием точек, соответствующих номинальным (часовому и продолжительному) режимам. Каждому способу возбуждения тягового электродвигателя соответствует своя тяговая характеристика, однако все они показывают снижение силы тяги  $P_k$  при увеличении скорости.

Таблица 2

| Тепловоз 2ТЭ116, $m_d = 276$ т, $D = 1050$ мм, $\mu = 4,41$ |            |       |            |       |            |       |
|-------------------------------------------------------------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|
| V,<br>км/час                                                | 15ПВ       |       | 15ОВ1      |       | 15ОВ2      |       |
|                                                             | $F_k$ , кН | $I_d$ | $F_k$ , кН | $I_d$ | $F_k$ , кН | $I_d$ |
| 15                                                          | 840        | 1000  |            |       |            |       |
| 20                                                          | 600        | 800   |            |       |            |       |
| 30                                                          | 380        | 600   |            |       |            |       |
| 32                                                          | 370        | 580   | 370        | 580   |            |       |
| 38                                                          | 338        | 500   | 338        | 650   |            |       |
| 40                                                          |            |       | 300        | 630   |            |       |
| 46                                                          |            |       | 280        | 600   | 280        | 700   |
| 50                                                          |            |       | 260        | 550   | 260        | 670   |
| 58                                                          |            |       | 240        | 500   | 240        | 650   |
| 70                                                          |            |       |            |       | 216        | 600   |
| 80                                                          |            |       |            |       | 200        | 500   |
| 90                                                          |            |       |            |       | 190        | 480   |
| 100                                                         |            |       |            |       | 160        | 460   |

1 Ограничение по скорости у тепловоза 2ТЭ116 является его конструкционная скорость равная 100 км/час.

2 Порядок нанесения ограничения по сцеплению.

Известно, что  $F_k \leq F_{сц}$ , а сила сцепления определяется по формуле

$$F_{сц} = 1000m_{л} g \psi. \quad (8)$$

где  $m_{л} g$  – сцепной вес локомотива,  $m_{л} g \approx 2760Н$ ;

$\psi$  – коэффициент сцепления.

Для тепловоза 2ТЭ116  $\psi$  рассчитывается по формуле

$$\Psi = 0,118 + 5/(27,5+v) \quad (9)$$

Подставляя значение  $V$ , определяем силу сцепления, а значит и наибольшую силу тяги, то есть это и будет ограничение по сцеплению.

Расчеты записываем в таблицу 3

Таблица 3

| $V$ , км/час | $\psi$ | $F_{сц}$ кН |
|--------------|--------|-------------|
| 0            | 0,299  | 825         |
| 10           | 0,251  | 693         |
| 20           | 0,223  | 615         |
| 30           | 0,205  | 566         |
| 40           | 0,192  | 530         |
| 50           | 0,183  | 505         |
| 60           | 0,175  | 483         |

Полученные значения  $F_{сц}$  наносим на кривую силы тяги от скорости.

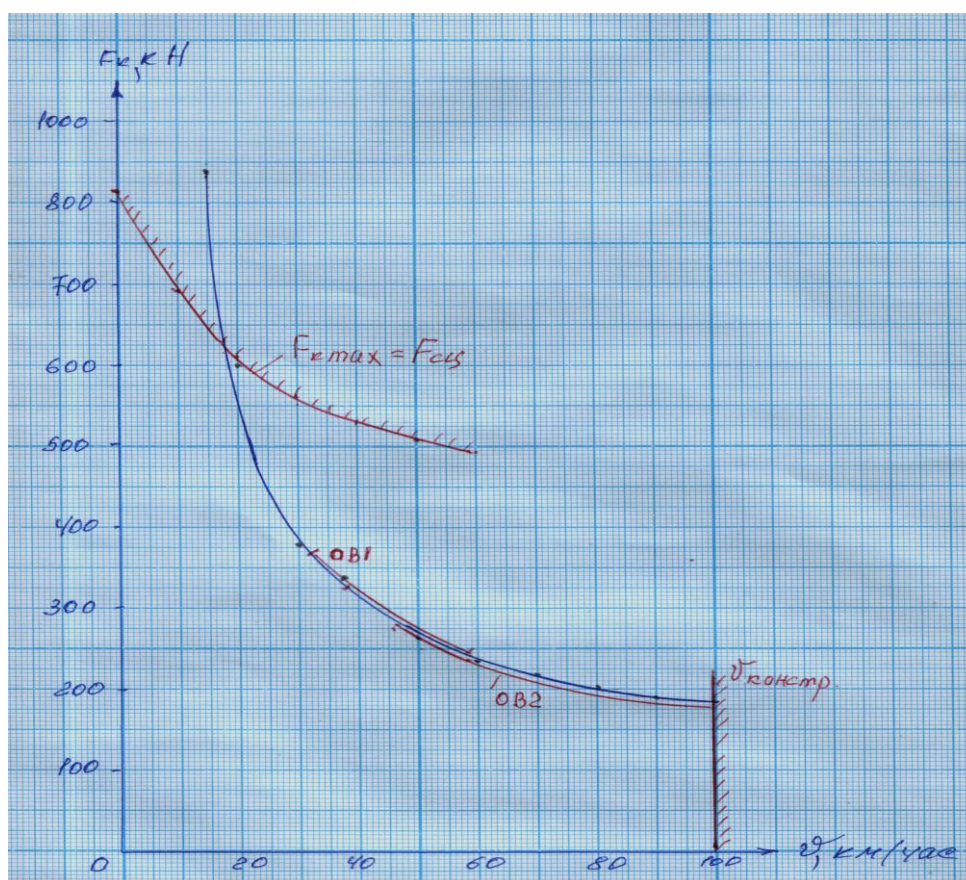


Рисунок 3 – Тяговая характеристика 2ТЭ116

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

# ТЕМА: СПРЯМЛЕНИЕ ПЛАНА И ПРОФИЛЯ ПУТИ

ЦЕЛЬ: Приобрести практические навыки по спрямлению и приведению профиля пути. Произвести спрямление плана и профиля пути по данным в таблице (графы 1,2,3,4,5,6). Графы таблицы (7,8,9,10,11) заполнить после решения задачи

| Заданный профиль пути    |                            |                             |                       |                      |                                | Спрямленный профиль пути                 |                                              |                                    |                                         |                    |
|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------|
| №№<br>эле-<br>мен-<br>та | Дли-<br>на<br>эле-<br>мент | Ук-<br>лон<br>$i \text{ ‰}$ | Кривые                |                      |                                | Уклон<br>без<br>учета<br>кривой<br>$i_c$ | Фикт.<br>уклон<br>от<br>криво-<br>й<br>$i_c$ | Приве-<br>денный<br>уклон<br>$i_c$ | Дли-<br>на<br>уча-<br>стка<br>$S_{c,m}$ | №№<br>Уча-<br>стка |
|                          |                            |                             | Ради-<br>ус<br>$R, m$ | Дли-<br>на<br>$S, m$ | Цент<br>Угол<br>$\alpha^\circ$ |                                          |                                              |                                    |                                         |                    |
| 1                        | 2                          | 3                           | 4                     | 5                    | 6                              | 7                                        | 8                                            | 9                                  | 10                                      | 11                 |
| Ст.А                     |                            |                             |                       |                      |                                |                                          |                                              |                                    |                                         |                    |
| 2                        |                            |                             |                       |                      |                                |                                          |                                              |                                    |                                         |                    |
| 3                        |                            |                             |                       |                      |                                |                                          |                                              |                                    |                                         |                    |
| 4                        |                            |                             |                       |                      |                                |                                          |                                              |                                    |                                         |                    |
| 5                        |                            |                             |                       |                      |                                |                                          |                                              |                                    |                                         |                    |
| 6                        |                            |                             |                       |                      |                                |                                          |                                              |                                    |                                         |                    |
| 7                        |                            |                             |                       |                      |                                |                                          |                                              |                                    |                                         |                    |
| 8                        |                            |                             |                       |                      |                                |                                          |                                              |                                    |                                         |                    |
| 9                        |                            |                             |                       |                      |                                |                                          |                                              |                                    |                                         |                    |
| 10                       |                            |                             |                       |                      |                                |                                          |                                              |                                    |                                         |                    |
| 11                       |                            |                             |                       |                      |                                |                                          |                                              |                                    |                                         |                    |
| 12                       |                            |                             |                       |                      |                                |                                          |                                              |                                    |                                         |                    |
| 13                       |                            |                             |                       |                      |                                |                                          |                                              |                                    |                                         |                    |
| Ст. Б                    |                            |                             |                       |                      |                                |                                          |                                              |                                    |                                         |                    |

# РЕШЕНИЕ

|   |  |  |  |  |                     |      |
|---|--|--|--|--|---------------------|------|
|   |  |  |  |  | 23.02.06.3 ТПС. .ПР | Лист |
|   |  |  |  |  |                     | 9    |
| . |  |  |  |  |                     |      |

ТЕМА: ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ СОСТАВА ГРУЗОВОГО ПОЕЗДА  
 ЦЕЛЬ: ПРИОБРЕСТИ ПРАКТИЧЕСКИЕ НАВЫКИ ПО РАСЧЕТУ МАССЫ  
 СОСТАВА ГРУЗОВОГО ПОЕЗДА И ПРОВЕРКЕ ЕГО ПО УСЛОВИЯМ  
 ТРОГАНИЯ МЕСТА НА РУКОВОДЯЩЕМ ПОДЪЕМЕ И ПО ДЛИНЕ  
 ПРИЕМО-ОТПРАВОЧНЫХ ПУТЕЙ СТАНЦИЙ

Исходные данные

Участок А – Б; Локомотив: 2ТЭ116  $l = 36$  м;  $m_{\text{л}} = 276$  т;  
 $F_{\text{кр}} = 506$  кН;  $V_p = 24,2$  км/час;  $F_{\text{крт}} = 797,5$  кН;

Вагоны состава:

8<sub>ми</sub>осные: %;  $T_{\text{бр.}} = 160$ т;  $l = 20$ м;

6<sub>ти</sub>осные: %  $T_{\text{бр.}} = 126$ т;  $l = 17$ м;

4<sup>х</sup>осные: %  $T_{\text{бр.}} = 76$ т;  $l = 14$ м;

РЕШЕНИЕ

Определяют массу состава по формуле:

$$m_{\text{с}} = (F_{\text{кр}} - (\omega_{\text{о}}^{\text{л}} + i_p) \times m_{\text{л}} \times g) / (\omega_{\text{о}}^{\text{с}} + i_p) \times g$$

Определяют основное удельное сопротивление локомотива:

$$\omega_{\text{о}}^{\text{л}} = 1,9 + 0,008V_p + 0,00025 V_p^2 = 1,9 + 0,008 \times 24,2 + 0,00025 \times 24,2^2 = 2,24 \text{ н/кН}$$

Определяют основное удельное сопротивление вагонов:

$$\omega_{\text{о8}} = 0,7 + (6 + 0,026 V_p + 0,0017 V_p^2) q_0 = 0,7 + (6 + 0,026 \times 24,2 + 0,0017 \times 24,2^2) / 20 = 1,08 \text{ н/кН}$$

$$\omega_{\text{о6}} = 0,7 + (8 + 0,08 V_p + 0,002 V_p^2) q_0 = 0,7 + (8 + 0,08 \times 24,2 + 0,002 \times 24,2^2) / 21 = 1,23 \text{ н/кН}$$

$$\omega_{\text{о4}} = 0,7 + (3 + 0,09 V_p + 0,002 V_p^2) q_0 = 0,7 + (3 + 0,09 \times 24,2 + 0,002 \times 24,2^2) / 19 = 1,04 \text{ н/кН}$$

Определяют основное удельное сопротивление состава:

$$\omega_{\text{о}}^{\text{с}} = \alpha \omega_{\text{о8}} + \beta \omega_{\text{о6}} + \gamma \omega_{\text{о4}} =$$

Тогда вес состава будет равен:

$$m_{\text{с}} =$$

Производят проверку массы состава по условиям трогания поезда на руководящем уклоне по формуле:

$$Q_{\text{тр}} = \{ [F_{\text{крт}} / (\omega_{\text{тр}} + i_{\text{тр}})] - m_{\text{л}} \times g \} / g =$$

$$\text{где } \omega_{\text{тр}} = \alpha \times (28 / (q_{\text{о}}^8 + 7)) + \beta \times (28 / (q_{\text{о}}^6 + 7)) + \gamma \times (28 / (q_{\text{о}}^4 + 7)) =$$

Следовательно,  $m_{\text{с}} =$   $\leq m_{\text{тр}} =$  и это означает, что этот вес поезда может быть взят с места на уклоне  $i =$  , а значит и на любом участке пути.

Произвожу проверку массы поезда по длине приемо - отправочных путей станций А или Б  $l_{\text{ст}} =$

Определяю количество однотипных вагонов в составе:

$$n_8 = \alpha m_{\text{с}} : T_{\text{в8}} =$$

$$n_6 = \beta m_{\text{с}} : T_{\text{в6}} =$$

$$n_4 = \gamma m_{\text{с}} : T_{\text{в4}} =$$

Тогда длина поезда будет равна:

$$l_{\text{п}} = 20n_8 + 17n_6 + 14n_4 + l_{\text{л}} + 10 =$$

Следовательно:  $l_{\text{п}} \leq l_{\text{ст}}$  , а это означает, что вес состава остается прежним.

Тема: Расчет и построение удельных сил поезда в режимах тяги, выбега и торможения

Цель: приобрести практические навыки по расчету и построению диаграмм удельных сил поезда в режимах тяги, выбега и торможения.

#### Режим тяги

В графу 1 таблицы 1 заносятся значения скоростей кратных 10 от 0 км/час до 90 км/час, а также расчетной скорости ( $v$ ), скоростей перехода включения и отключения ступеней ослабления поля на тепловозах

В графу 2 заносятся значения силы тяги  $F_K$ , которые определяются по тяговым характеристикам соответствующей серии локомотива (ПТР, стр.236)

В графу 3 заносятся значения основного удельного сопротивления локомотива  $\omega_o$ , которое рассчитывается по формулам, приведенным в задаче 4

В графу 4 заносятся значения полного основного сопротивления  $W_o^л$

$$W_o^л = \omega_o^л \times m_{л} \times g$$

В графы 5,6,7,8 заносятся значения основного удельного сопротивления состава, которые рассчитываются по формулам, приведенным в задаче 4

В графу № 9 заносятся значения полного основного сопротивления состава

$$W_o^с = \omega_o^с \times m_c \times g$$

В графу № 10 заносятся значения полного основного сопротивления поезда

$$W_o = W_o^л + W_o^с$$

В графу № 11 заносятся значения полной ускоряющей силы в режиме тяги

$$F_y = F_K - W_o$$

В графу № 12 заносятся значения удельной ускоряющей силы в режиме тяги

$$F_y = f_K - \omega_o = (F_K - W_o) / (m_{л} + m_c) \times g$$

По данным граф №1 и №12 строим зависимость -  $f_y = f_K - \omega_o = f_1(v)$

Таблица 1

| V<br>Км/час | F <sub>K</sub><br>кН | ω <sub>o</sub><br>Н/кН | W <sub>o</sub> <sup>л</sup><br>Н | ω <sub>o8</sub><br>Н/кН | ω <sub>o6</sub><br>Н/кН | ω <sub>o4</sub><br>Н/кН | ω <sub>o</sub><br>Н/кН | W <sub>o</sub> <sup>с</sup><br>Н | W <sub>o</sub><br>Н | F <sub>K</sub> -W <sub>o</sub><br>Н | f <sub>K</sub> -ω <sub>o</sub><br>Н/кН |
|-------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------------|---------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|
| 1           | 2                    | 3                      | 4                                | 5                       | 6                       | 7                       | 8                      | 9                                | 10                  | 11                                  | 12                                     |
| 0           | 797,0                | 0,0                    | 0,0                              | 1,0                     | 1,08                    | 0,86                    |                        |                                  |                     |                                     |                                        |
| 10          | 666,8                | 2,005                  | 5429                             | 1,02                    | 1,13                    | 0,92                    |                        |                                  |                     |                                     |                                        |
| 20          | 566,8                | 2,16                   | 5848                             | 1,06                    | 1,20                    | 0,99                    |                        |                                  |                     |                                     |                                        |
| 24,2        | 506                  | 2,24                   | 6065                             | 1,08                    | 1,23                    | 1,04                    |                        |                                  |                     |                                     |                                        |
| 30          | 408,6                | 2,37                   | 6404                             | 1,12                    | 1,28                    | 1,09                    |                        |                                  |                     |                                     |                                        |
| 40          | 313,8                | 2,62                   | 7094                             | 1,19                    | 1,39                    | 1,22                    |                        |                                  |                     |                                     |                                        |
| 50          | 251,8                | 2,93                   | 7933                             | 1,28                    | 1,51                    | 1,35                    |                        |                                  |                     |                                     |                                        |
| 60          | 206,8                | 3,28                   | 8881                             | 1,38                    | 1,65                    | 1,52                    |                        |                                  |                     |                                     |                                        |
| 70          | 179,8                | 3,69                   | 9978                             | 1,51                    | 1,81                    | 1,71                    |                        |                                  |                     |                                     |                                        |
| 80          | 157,9                | 4,14                   | 11210                            | 1,65                    | 2,00                    | 1,91                    |                        |                                  |                     |                                     |                                        |
| 90          | 140                  | 4,65                   | 12590                            | 1,81                    | 2,27                    | 2,14                    |                        |                                  |                     |                                     |                                        |

## РЕЖИМ ВЫБЕГА

Результаты расчетов по определению замедляющих сил в режиме выбега  $\omega_{ox} = f_y(v)$  заносят в таблицу 2

В графу №1 заносят значения скорости движения от 0 до 90 км/час, кратные 10;

В графу №2 заносят значения основного удельного сопротивления движения локомотива при работе на холостом ходу, которые определяются по формуле

$$\omega_{ox} = 2,4 + 0,009v + 0,00035v^2 \text{ (на бесстыковом пути)}$$

В графу №3 заносят значения полного сопротивления движению локомотива при работе на холостом ходу

$$W_{ox}^{\text{л}} = \omega_{ox} \times m_{\text{л}} \times g$$

В графу №4 заносят значения полного основного сопротивления движению поезда в режиме выбега

$$W_{ox} = W_{ox}^{\text{л}} + W_o^c$$

при этом, значения  $W_o^c$  определяют из предыдущей таблицы 1.

В графу №5 заносят значения удельных замедляющих сил в режиме выбега

$$\omega_{ox}^{\text{п}} = W_{ox} / (m_c + m_{\text{л}}) \times g$$

По данным граф 1 и 5 таблицы 2 строят зависимость  $\omega_{ox} = f_y(v)$   
Таблица 2

| V км/час | $\omega_{ox}$ Н/кН | $W_{ox}^{\text{л}}$ Н | $W_{ox}$ Н | $\omega_{ox}^{\text{п}}$ Н/кН |
|----------|--------------------|-----------------------|------------|-------------------------------|
| 1        | 2                  | 3                     | 4          | 5                             |
| 0        | 2,4                |                       |            |                               |
| 10       | 2,52               |                       |            |                               |
| 20       | 2,72               |                       |            |                               |
| 30       | 2,98               |                       |            |                               |
| 40       | 3,32               |                       |            |                               |
| 50       | 3,72               |                       |            |                               |
| 60       | 4,2                |                       |            |                               |
| 70       | 4,74               |                       |            |                               |
| 80       | 5,36               |                       |            |                               |
| 90       | 6,05               |                       |            |                               |

## РЕЖИМ ТОРМОЖЕНИЯ

Результаты расчетов по определению удельных замедляющих сил в режиме служебного и экстренного торможения заносят в таблицу 3

В графу 1 заносят значения скорости движения поезда от 0 до 90 км/час, кратной 10

В графу 2 заносят значения расчетного коэффициента трения чугунных колодок о колеса определяемого по формуле

$$\Phi_{\text{кр}} = 0,27 \times (v + 100) / (5v + 100)$$

В графу 3 заносят значения удельной тормозной силы при экстренном торможении

$$b_T = 1000 \Phi_{\text{кр}} \dot{v}_p,$$

где  $\dot{u}_p$  – расчетный тормозной коэффициент поезда, определяемый по формуле

$$\dot{u}_p = \sum K_p / (m_c + m_{\text{л}}) \times g,$$

где  $\sum K_p$  – сумма расчетных сил нажатия на тормозные оси поезда, Н  
 $m_{\text{л}}$  – учетная масса локомотива;

Расчетные силы нажатия чугунных колодок грузовых вагонов и локомотивов, а также учетную массу локомотива определяют по таблицам 3,4,5 ПТР(Стр 13-15).

Определяют для поезда  $\sum K_p$ . Как было определено ранее состав имеет вагонов, в том числе: 8<sup>ми</sup>осных - ; 6<sup>ти</sup>осных - 4<sup>х</sup>осных - , тогда осей в составе:

$$n_{\text{ос}} = 8 \times + 6 \times + 4 \times = \text{осей}$$

В итоге

$$\sum K_p = \sum K_c + \sum K_{\text{л}} \times g = (7 \times + 12 \times 12) \times g = \text{Н}$$

Следовательно

$$\dot{u}_p =$$

В графу 4 ставят величины удельной тормозной силы служебного торможения 0,5 $v_T$

В графы 5 и 6 заносят соответственно значения замедляющих сил при служебном и экстренном торможении

$$\dot{\omega}_{\text{ох}}^{\text{п}} + 0,5v_T \text{ и } \dot{\omega}_{\text{ох}}^{\text{п}} + v_T$$

где  $\dot{\omega}_{\text{ох}}^{\text{п}}$  берут из предыдущей таблицы 2

По данным граф 1 и 5 строят зависимость  $\dot{\omega}_{\text{ох}}^{\text{п}} + 0,5v_T = f(v)$

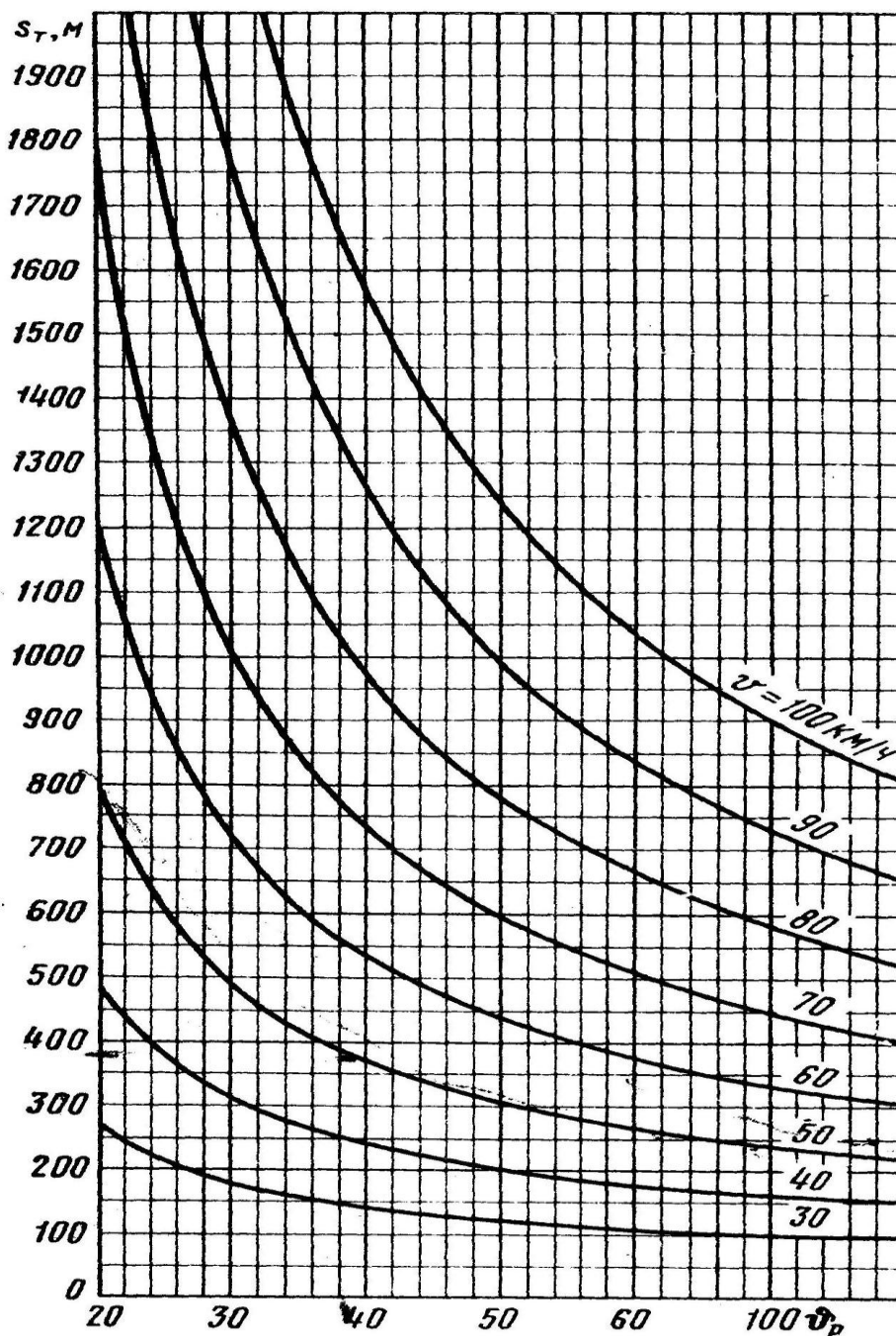
Таблица 3

| V км/час | $\phi_{\text{кр}}$ | $v_T$ Н/кН | 0,5 $v_T$ Н/кН | $\dot{\omega}_{\text{ох}}^{\text{п}} + 0,5v_T$ Н/кН | $\dot{\omega}_{\text{ох}}^{\text{п}} + v_T$ Н/кН |
|----------|--------------------|------------|----------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 0        | 0,27               |            |                |                                                     |                                                  |
| 10       | 0,198              |            |                |                                                     |                                                  |
| 20       | 0,162              |            |                |                                                     |                                                  |
| 30       | 0,14               |            |                |                                                     |                                                  |
| 40       | 0,126              |            |                |                                                     |                                                  |
| 50       | 0,12               |            |                |                                                     |                                                  |
| 60       | 0,108              |            |                |                                                     |                                                  |
| 70       | 0,102              |            |                |                                                     |                                                  |
| 80       | 0,097              |            |                |                                                     |                                                  |
| 90       | 0,093              |            |                |                                                     |                                                  |

Диаграммы ускоряющих и замедляющих сил строят на миллиметровой бумаге в масштабе согласно ПТР (стр. 29).

ТЕМА: ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ НА СПУСКЕ ПРИ ЗАДАННОМ ТОРМОЗНОМ ПУТИ.

ЦЕЛЬ: ПРИОБРЕСТИ ПРАКТИЧЕСКИЕ НАВЫКИ ПО РЕШЕНИЮ ТОРМОЗНЫХ ЗАДАЧ ГРАФИЧЕСКИМ СПОСОБОМ.



Вывод: На основании решения задачи максимальная скорость движения на заданном спуске будет составлять                      км/час.

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

ТЕМА: ПОСТРОЕНИЕ КРИВЫХ СКОРОСТИ И ВРЕМЕНИ ХОДА ПОЕЗДА  
ГРАФИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

ЦЕЛЬ: ПРИОБРЕСТИ ПРАКТИЧЕСКИЕ НАВЫКИ В ПОСТРОЕНИИ КРИ-  
ВЫХ СКОРОСТИ И ВРЕМЕНИ ХОДА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С  
ПОМОЩЬЮ ЛИНЕЙКИ И ТРЕУГОЛЬНИКА.

#### ХОД РАБОТЫ

Для построения кривых скорости  $v(S)$ , времени  $t(S)$  используют спрямленный план и профиль пути задачи № 3 и диаграммы удельных ускоряющих и замедляющих сил для режимов тяги, холостого хода и служебного торможения задачи № 5,6,7 .

Согласно рекомендации ПТР(Стр. 29) используют следующие масштабы

- силы 1Н/кН - 6мм;
- скорость 1 км/час -1 мм;
- путь 1 км -20мм;
- время 1 мин -10мм;
- постоянная  $\Delta t$  -30мм.

Построение кривой скорости  $v(S)$  и кривой времени  $t(S)$  ведут согласно материала, изложенного в учебнике “ Основы локомотивной тяги”, стр. 191-199,395.

Тема: Построение кривой тока тягового электродвигателя.

Цель: приобрести практические навыки по построению кривой тока.

Токовыми характеристиками называют зависимость тока тягового электродвигателя, или тока, потребляемого 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, а на электроподвижном составе и для определения расхода энергии на тягу поезда и расчета элементов системы электроснабжения. 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 времен хода проверяют выбранную массу состава по условиям нагревания обмоток электрических машин, используя характеристики  $u(I_d)$  или  $I_d(u)$ . Для этого на графике  $u, t(s)$  наносят и токи, используя токовые характеристики.

Нагревание обмоток генератора или тяговых электродвигателей определяют соответственно по току генератора  $I_g$  или току электродвигателя  $I_d$  и времени работы. Для этого должна быть известна зависимость тока от скорости движения тепловоза. Зависимость тока электродвигателя от скорости определяют по току генератора при каждом значении скорости с учетом схемы соединения тяговых электродвигателей.

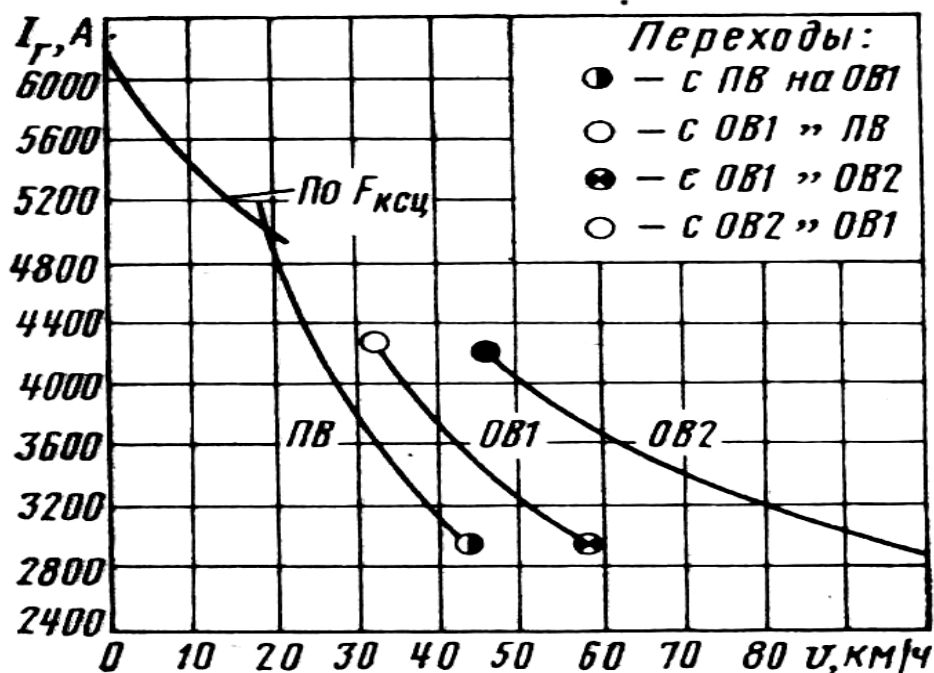


Рисунок 11 – Зависимость тока генератора 2ТЭ116 от скорости

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

Токовые характеристики генератора тепловоза 2ТЭ116 на различных положениях рукоятки контроллера машиниста даны на рисунке 11. Из этих кривых видно, что при работе в пределах какой-либо характеристики ток генератора плавно изменяется, снижаясь с увеличением скорости движения. Токовые характеристики на низших положениях рукоятки располагаются ниже. При переходе с одного режима на другой при неизменной скорости движения появляются броски тока.

Пользуясь кривыми  $I_r(v)$ , по кривым движения  $v(s)$  строят токовые кривые  $I_r(s)$ . На ранее построенной кривой  $v(s)$  с пометками о режиме работы тяговых электродвигателей берут точки перелома и для каждой из них по кривой  $I_r(v)$  определяют ток генератора при данном режиме. Нанесенные на график точки соединяют прямыми линиями, показывающими изменение тока генератора в зависимости от пути  $s$ . При изменении режима работы тяговых электродвигателей (переход с полного возбуждения на ослабленное 0В1, с 0В1 на 0В2 и наоборот) появляются броски тока.

ТЕМА: ПРОВЕРКА ВЫБРАННОЙ МАССЫ СОСТАВА ПО УСЛОВИЯМ НАГРЕВАНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЛОКОМОТИВА.

ЦЕЛЬ: ПРИОБРЕСТИ ПРАКТИЧЕСКИЕ НАВЫКИ ПО ПРОВЕРКЕ ТЭД НА НАГРЕВАНИЕ И ПО ОКОНЧАТЕЛЬНОМУ ВЫБОРУ МАССЫ СОСТАВА.

### ХОД РАБОТЫ

Окончательный выбор массы поезда производится после проверки тяговых электродвигателей на нагревание. Для этого производят расчеты нагревания электрических машин, используя один из следующих способов.

#### Аналитический метод

Проверка нагревания тяговых двигателей заключается в определении превышения температуры обмотки якоря, ГП, ДП над температурой наружного воздуха по тепловым характеристикам, построенных на основе стендовых испытаний. Температура перегрева обмоток ТЭД определяется по формуле

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

Остывание электродвигателей (на холостом ходу) рассчитывается по формуле

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

При этом интервал времени  $\Delta t$  выбирается из условия, чтобы было выдержано соотношение  $\Delta t / T \leq 0,1$ .

Значения  $\tau_{\infty}$  и  $T$  в зависимости от тока приведены в ПТР (стр.252-254). Все данные расчета по определению перегрева обмоток свожу в таблицу:

| №участка | I <sub>д</sub><br>А | Δt<br>мин | τ <sub>∞</sub><br>°С | T<br>мин | Δt/T | 1-Δt/T | τ <sub>∞</sub> Δt:T | τ <sub>0</sub> (1-Δt:T) | τ <sub>0</sub> °с | τ°с |
|----------|---------------------|-----------|----------------------|----------|------|--------|---------------------|-------------------------|-------------------|-----|
|          |                     |           |                      |          |      |        |                     |                         |                   |     |
|          |                     |           |                      |          |      |        |                     |                         |                   |     |
|          |                     |           |                      |          |      |        |                     |                         |                   |     |
|          |                     |           |                      |          |      |        |                     |                         |                   |     |
|          |                     |           |                      |          |      |        |                     |                         |                   |     |
|          |                     |           |                      |          |      |        |                     |                         |                   |     |
|          |                     |           |                      |          |      |        |                     |                         |                   |     |
|          |                     |           |                      |          |      |        |                     |                         |                   |     |
|          |                     |           |                      |          |      |        |                     |                         |                   |     |
|          |                     |           |                      |          |      |        |                     |                         |                   |     |
|          |                     |           |                      |          |      |        |                     |                         |                   |     |
|          |                     |           |                      |          |      |        |                     |                         |                   |     |
|          |                     |           |                      |          |      |        |                     |                         |                   |     |
|          |                     |           |                      |          |      |        |                     |                         |                   |     |
|          |                     |           |                      |          |      |        |                     |                         |                   |     |
|          |                     |           |                      |          |      |        |                     |                         |                   |     |
|          |                     |           |                      |          |      |        |                     |                         |                   |     |
|          |                     |           |                      |          |      |        |                     |                         |                   |     |

Тема: Расчет расхода дизельного топлива

Цель: приобрести практические навыки расчета расхода дизельного топлива на тягу поездов.

При работе тепловоза или дизель - поезда энергия, заключенная в топливе, расходуется на совершение работы по преодолению сил основного и дополнительного сопротивлений, на покрытие потерь в тормозах, дизель-генераторной установке и передаче и на собственные нужды. При расчетах отдельно выделяют расход топлива на стоянках с включенным дизелем и на передвижение по станционным и деповским путям. Массу топлива, расходуемого на движение поезда с учетом собственных нужд, определяют экспериментально для каждой серии тепловозов или дизель - поездов исходя из времени работы дизеля в режиме тяги на различных положениях рукоятки контроллера машиниста с потреблением различного количества топлива и времени работы дизеля на холостом ходу.

График для определения расхода топлива тепловозом 2ТЭ116 на 15-м положении рукоятки приведен на рисунке 16.



Рисунок 16 – Кривые расхода топлива в режиме тяги 2ТЭ116

По известным расходам топлива в одну минуту определяют расход топлива тепловозом или дизель-поездом, кг,

$$E = G_1 \times \Delta t_1 + G_2 \times \Delta t_2 + g_x \times t_x = \sum G_i \times \Delta t_i + g_x \times t_x$$

где E - масса топлива, расходуемая на передвижение состава, кг;

$G_1, G_2, G_i$  - масса топлива, расходуемая тепловозом или дизель-поездом при средней скорости движения на данной позиции контроллера машиниста в одну минуту, кг/мин;

$\Delta t, \Delta t_2, \Delta t_i$  - время работы дизеля на данной средней скорости, мин;

$g_x$  - масса топлива, расходуемого тепловозом или дизель-поездом на холостом ходу в одну минуту, кг/мин;

$t_x$  - время хода по участку на холостом ходу и время стоянок, мин.

Для сравнения расхода топлива различными тепловозами применяют удельный расход топлива на измеритель выполненной перевозочной работы  $10^4 \text{ т} \times \text{км}$ .

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

$$e = E \times 10^4 / m_c \times L$$

где  $e$  - удельный расход топлива,  $\text{кг}/10^4 \text{ т} \times \text{км}$ ;

$E$  - расход топлива на перемещение поезда,  $\text{кг}$ ;

$m_c$  – масса состава,  $\text{т}$ ;

$L$  – длина участка,  $\text{км}$ .

Для сравнения различных видов и сортов топлива, имеющих разную теплоту сгорания пользуются так называемым условным топливом, имеющим удельное количество теплоты горения  $29,3 \text{ МДж/кг}$

При пересчете расхода натурального топлива на условное топливо используют тепловой эквивалент  $\mathcal{E}$ , равный отношению удельного количества теплоты горения натурального и условного топлива. Для дизельного топлива удельное количество теплоты горения равно  $41,9 \text{ МДж/кг}$ . Отсюда  $\mathcal{E} = 41,9/29,3 = 1,43$ . Следовательно, удельный расход условного топлива,  $\text{кг}/(10^4 \text{ т} \times \text{км})$ ,

$$e_y = e \mathcal{E}$$

### Решение

Таблица

| №№ участка | Интервал скорости | Средняя скорость | G<br>кг/мин | q <sub>x</sub><br>кг/мин | Δt<br>мин | t <sub>x</sub><br>мин | G × Δt<br>кг | q <sub>x</sub> × t <sub>x</sub><br>кг |
|------------|-------------------|------------------|-------------|--------------------------|-----------|-----------------------|--------------|---------------------------------------|
|            |                   |                  |             |                          |           |                       |              |                                       |
|            |                   |                  |             |                          |           |                       |              |                                       |
|            |                   |                  |             |                          |           |                       |              |                                       |

Определив расход дизельного топлива за поездку, рассчитывают удельный расход натурального топлива на измеритель  $10^4 \text{ ткм}$  брутто по формуле

$$e = E \times 10^4 / Q \times S =$$

где  $E$  – общий расход топлива тепловозом;

$Q$  – масса состава;

$S$  – длина участка А-Б в  $\text{км}$ .

Определяют удельный расход условного топлива на измеритель  $10^4 \text{ ткм}$  брутто по формуле

$$e_y = e \times \mathcal{E} = \quad \times 1,43 = \quad \text{кг}/(10^4 \text{ ткм})$$

где  $\mathcal{E} = 1,43$  – тепловой коэффициент дизельного топлива.