

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

Тяговые расчеты

Методические указания к выполнению курсовой работы
и практических заданий по дисциплине

«Изыскания и проектирование железных дорог»

для студентов специальности

270204 – Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство

Белгород

2012

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова
Кафедра автомобильных и железных дорог

Утверждено
научно-методическим советом
университета

Тяговые расчеты

Методические указания к выполнению курсовой работы
и практических заданий по дисциплине
«Изыскания и проектирование железных дорог»
для студентов специальности

270204 – Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство

Белгород
2012

УДК 625 (07)
ББК 39.20 я 7
Т99

Составители: ст. преп. А.С. Погромский
канд. техн. наук, доц. С.А. Гнездилова
Рецензент канд. техн. наук, ст. преп. Н.В. Хоружая

Тяговые расчеты: методические указания к выполнению
Т99 курсовой работы и практических заданий / сост.: А.С. Погром-
ский, С.А. Гнездилова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 12 с.

В методических указаниях рассмотрены основные вопросы, решаемые при выполнении тяговых расчетов: расчеты основного удельного сопротивления движению локомотива и вагонного состава, расчеты массы и длины состава и поезда, расчеты удельных тормозных сил поезда и др.

Методические указания предназначены для студентов специальности 270204 – Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство.

Издание публикуется в авторской редакции.

УДК 625 (07)
ББК 39.20 я 7

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2012

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовая работа выполняется для закрепления знаний по выполнению тяговых расчетов, полученных в ходе изучения дисциплины «Изыскания и проектирование железных дорог». Она предусматривает использование всего комплекса полученных знаний студентами и преследует цель выполнения расчетов основного удельного сопротивления движению локомотива и вагонного состава, расчетов массы и длины состава и поезда, расчетов удельных тормозных сил поезда и других расчетов, составляющих комплекс тяговых.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа (КР) состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части. Расчетно-пояснительная записка содержит следующие разделы:

1. Расчеты основного удельного сопротивления движению локомотива и вагонного состава.
2. Расчеты массы и длины состава и поезда.
3. Расчеты удельных тормозных сил поезда.
4. Расчеты удельных сил тяги.
5. Расчеты удельных равнодействующих сил.
6. Расчеты скорости поезда.
7. Расчеты времени хода поезда.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТЫ

Пояснительная записка к работе должна состоять из титульного листа, задания на проектирование, содержания, текста пояснительной записки (объемом 20–25 с), списка литературы и приложений. Пояснительная записка с необходимыми расчетами, таблицами и выводами должна быть написана на стандартных листах бумаги формата А4 и оформлена в соответствии с действующим ЕСКД. Формулы приводятся с пояснениями всех символов и с последующей подстановкой величин, указываются размерности всех величин. Страницы пояснительной записки подлежат сквозной нумерации. Ссылки на литературу в тексте записки указываются в квадратных скобках. Список литературы составляется в порядке ее использования.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Исходными данными являются:

- а) план и продольный профиль участка;
- б) данные по подвижному составу;
- в) характеристика верхнего строения пути.

ПЕРЕЧЕНЬ ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

1. Кривые расчетной силы тяги для заданного локомотива.
2. Диаграммы ускоряющих и замедляющих сил для заданного локомотива.
3. График ограничения скоростей по тормозам на различных уклонах.
4. Кривые скорости и времени хода как функции пути.

СТРУКТУРА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

1. Расчеты основного удельного сопротивления движению локомотива и вагонного состава

Основным документом для выполнения тяговых расчетов являются Правила тяговых расчетов для поездной работы (ПТР) [1].

Основное удельное сопротивление движению локомотива в режиме тяги ω'_0 и холостого хода ω_x для звеньевого и бесстыкового пути определяется по формулам (13-18) ПТР в интервале скоростей от 0 до 100 км/ч.

Основное средневзвешенное удельное сопротивление вагонного состава определяют в следующем порядке:

1. Определяют массу брутто вагонов по формуле:

$$q_{\dot{\omega}} = q_{\dot{o}} + \beta \cdot q_{\dot{\omega}}, \quad (1.1)$$

где q_m - масса тары вагона, т; q_{ep} - грузоподъемность вагона, т; β - коэффициент полногрузности.

2. Находят массу, приходящуюся на ось вагона:

$$q_o = q_{\dot{\omega}} / m, \quad (1.2)$$

где m – число осей вагона.

3. Вычисляют основное удельное сопротивление движению вагона:

$$\omega_0'' = a + \frac{b + c \cdot v + d \cdot v^2}{q_o}, \quad (1.3)$$

где a , b , c и d – коэффициенты; v – скорость движения поезда.

4. Находят долю вагонов i -той категории в составе по массе:

$$\alpha_i = \frac{\gamma_i \cdot q_{ad(i)}}{\sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot q_{ad(i)}}, \quad (1.4)$$

где γ_i – количество вагонов категории i в составе, %; n – количество категорий вагонов в составе.

Проверка правильности вычисления α_i :

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \quad (1.5)$$

5. Определяют основное средневзвешенное удельное сопротивление вагонного состава, включающего k категорий вагонов:

$$\omega_0'' = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \omega_{0(i)}'' . \quad (1.6)$$

Основное средневзвешенное удельное сопротивление вагонного состава определяют в интервале скоростей от 0 до 100 км/ч. Результаты расчетов необходимо привести в табличной форме.

2. Расчет массы и длины состава и поезда

В зависимости от характера профиля пути данного участка расчет массы состава грузового поезда выполняют исходя из условий безостановочного движения: по расчетному подъему с равномерной скоростью; по труднейшим подъемам с неравномерной скоростью с учетом использования кинетической энергии поезда.

Масса состава определяется по формуле:

$$Q = \frac{F_{\text{ед}} - P \cdot g \cdot (\omega_0' + i_p)}{(\omega_0'' + i_p) \cdot g}, \quad (2.1)$$

где $F_{\text{кр}}$ – расчетная сила тяги локомотива, Н; P – масса локомотива, т; g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с²; i_p – руководящий уклон, ‰; ω_0' и ω_0'' – соответственно удельное сопротивление локомотива и состава при расчетной скорости, Н/кН.

Масса поезда определяется как сумма массы состава и массы локомотива.

Масса состава проверяется по условию трогания поезда с места. Масса состава Q должна быть не больше массы состава при трогании с места:

$$Q_{\delta\delta} = \frac{F_{\kappa(\delta\delta)}}{(\omega_{\delta\delta} + i_{\delta\delta}) \cdot g} - P, \quad (2.2)$$

где $F_{\kappa(mp)}$ – касательная сила тяги при трогании с места, Н; $\omega_{\delta\delta}$ – удельное средневзвешенное сопротивление состава при трогании с места, Н/кН; i_p – уклон профиля раздельного пункта, ‰.

$$\omega_{\delta\delta} = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \omega_{\delta\delta(i)}, \quad (2.3)$$

где $\omega_{\delta\delta(i)}$ – удельное средневзвешенное сопротивление при трогании с места вагона i -й категории, Н/кН, определяемое по формуле:

$$\omega_{\delta\delta(i)} = \frac{28}{q_{o(i)} + 7}. \quad (2.4)$$

Далее необходимо проверить выполнение условия:

$$Q_{\delta\delta} > Q. \quad (2.5)$$

Длина состава:

$$l_c = \sum_{i=1}^k n_i \cdot l_i, \quad (2.6)$$

где n_i – число вагонов i -й категории; l_i – длина вагона i -й категории, м.

$$n_i = \frac{Q \cdot \alpha_i}{q_{\delta\delta(i)}}. \quad (2.7)$$

Длина поезда:

$$l_r = l_c + m_l \cdot l_l, \quad (2.8)$$

где m_l – число локомотивов; l_l – длина локомотива, м.

Потребная длина приемо-отправочных путей:

$$l_{r(r\delta\delta)} = l_r + 10, \quad (2.9)$$

где 10 м – допуск на установку поезда на раздельном пункте.

3. Расчеты удельных тормозных сил поезда

Удельная тормозная сила поезда, Н/кН:

$$b_{\delta} = 1000 \varphi_{\delta\delta} \cdot \mathcal{G}_{\delta}, \quad (3.1)$$

где $\varphi_{\delta\delta}$ – расчетный коэффициент трения; \mathcal{G}_{δ} – расчетный тормозной коэффициент поезда.

Для чугунных стандартных колодок:

$$\varphi_{\partial\partial} = 0,27 \frac{v+100}{5v+100}, \quad (3.2)$$

для композиционных колодок:

$$\varphi_{\partial\partial} = 0,36 \frac{v+150}{2v+150}. \quad (3.3)$$

$$g_{\partial} = \frac{\sum \hat{E}_{\partial}}{(Q+P) \cdot g}, \quad (3.4)$$

где $\sum \hat{E}_{\partial}$ - суммарное тормозное нажатие, кН.

$$\sum \hat{E}_{\partial} = m_{\partial} \cdot \hat{E}_{\partial(\partial)} + \hat{E}_{\partial(i)} \cdot \sum n_i m_i, \quad (3.5)$$

где m_{∂} - число тормозных осей локомотива; $\sum n_i m_i$ - число осей в составе.

Расчетные силы нажатия K_p чугуновых тормозных колодок локомотивов и грузовых вагонов:

- грузовые вагоны – 69 кН;
- электровозы – 137 кН;
- тепловозы – 118 кН.

Учетные массы и число тормозных осей локомотивов приведены в ПТР.

Значения удельных тормозных сил необходимо определить для заданного интервала скоростей и привести в табличной форме.

4. Расчеты удельных сил тяги

Удельные силы тяги:

$$f_k = \frac{F_k}{(P+Q) \cdot g}, \quad (4.1)$$

где F_k – касательная сила тяги, Н, принимаемая по тяговым характеристикам локомотивов, приведенным в ПТР, в зависимости от скорости движения.

Значения удельных сил тяги необходимо определить для заданного интервала скоростей и привести в табличной форме вместе с касательной силой тяги.

5. Расчеты удельных равнодействующих сил

Удельные равнодействующие силы r_0 рассчитывают на прямом горизонтальном участке пути для трех режимов движения поезда: тяги, холостого хода и торможения.

В режиме тяги удельные равнодействующие силы:

$$r_o = f_k - \omega_o. \quad (5.1)$$

Основное удельное сопротивление поезда в режиме тяги:

$$\omega_o = \frac{\omega'_o \cdot P + \omega''_o \cdot Q}{P + Q}. \quad (5.2)$$

В режиме холостого хода удельные равнодействующие силы:

$$r_o = -\omega_{ox} = -\frac{\omega'_i \cdot P + \omega''_i \cdot Q}{P + Q}. \quad (5.3)$$

В режиме торможения удельные равнодействующие силы:

$$r_o = -(\omega_{ox} + \alpha b_o), \quad (5.4)$$

где α - коэффициент использования тормозной силы ($\alpha = 1$ при экстренном торможении и $\alpha = 0,5$ при служебном торможении).

Удельная равнодействующая сила на элементе пути, расположенном на уклоне и в кривой:

$$r_i = r_o - i_k, \quad (5.5)$$

где i_k - приведенный уклон с учетом знака («+» - подъем, «-» - спуск).

Результаты расчетов удельных равнодействующих сил сводят в таблицу и строят по ним диаграммы.

6. Расчеты скорости поезда

Для определения скорости поезда производится спрямление профиля по форме табл. 1.10 [2]. Для облегчения расчетов элементы продольного профиля принято укрупнять, объединяя несколько соседних («спрямление» профиля). Выбираются n смежных элементов с уклонами одного знака и определяется спрямленный уклон:

$$i_c = \frac{\sum_{j=1}^n i_j \cdot l_j}{\sum_{j=1}^n l_j}, \quad (6.1)$$

где i_j - уклоны элементов; l_j - длины элементов, включаемых в спрямляемую группу, м; n - число элементов, включаемых в спрямляемую группу.

Спрямление профиля не повлечет за собой искажения результата тяговых расчетов, если будет удовлетворяться условие для каждого из элементов, входящих в спрямляемую группу:

$$l_i \leq 2000 / |i_c - i_j|, \quad (6.2)$$

где l_i – длина проверяемого элемента; $|i_c - i_j|$ – абсолютная величина разности между спрямленным уклоном и уклоном проверяемого элемента.

Если хотя бы один из спрямляемых элементов не удовлетворяет этой проверке, необходимо искать другую комбинацию элементов.

Для спрямленного участка профиля определяется приведенный уклон, как сумма спрямленного и эквивалентного сопротивлению от кривой в направлении «туда» и «обратно»:

$$i_{\varepsilon}^{\circ} = i_c + i_{y\varepsilon} = i_c + (12,2 \sum \alpha / L_c), \quad (6.3)$$

$$i_{\varepsilon}^{i\acute{a}\acute{a}} = i_c + i_{y\varepsilon} = i_c (-1) + (12,2 \sum \alpha / L_c), \quad (6.4)$$

где $\sum \alpha$ – сумма углов поворота кривых в пределах спрямленного участка, град; L_c – длина спрямленного участка, км:

$$L_c = \sum_{j=1}^n l_j. \quad (6.5)$$

Расчеты приведенных уклонов оформляются по форме табл. 1.10 [2].

Скорость поезда рассчитывают для приведенных уклонов. Для расчетов скорости перегон делят на интервалы пути ΔS . Длину интервала принимают равной 100-200 м. Скорость поезда v_{ε} (км/ч) в конце интервала ΔS :

$$v_{\varepsilon} = \sqrt{v_i^2 + \xi r_i(v_i) \Delta S}, \quad (6.6)$$

где v_i – скорость поезда в начале элемента ΔS , км/ч; ξ – коэффициент, принимается равным 120; $r_i(v_i)$ – удельная равнодействующая сила в начале элемента ΔS , Н/кН.

В начале каждого последующего элемента ΔS скорость v_i равна скорости v_{ε} в конце предыдущего элемента.

Удельную равнодействующую силу $r_i(v_i)$ принимают по построенным ранее диаграммам удельных равнодействующих сил.

Расчеты на тормозном участке проводятся в направлении обратном движению поезда с учетом ограничения скорости движения поезда при проходе стрелки $v_{i\acute{a}\acute{a}} = 50$ км/ч.

Перед расчетами скорости следует на каждом элементе установить ограничение по тормозам (на диаграмме скорости изображается штриховыми горизонтальными линиями).

Ограничение скорости по тормозам в учебных проектах допускается определять по эмпирической формуле:

$$v_{\partial i \partial} = 88 + 1,25i . \quad (6.7)$$

Значение уклона в формулу (6.7) необходимо подставлять с учетом знака.

Результаты расчетов скорости представляются в виде кривой и по форме табл. 1.11 [2].

7. Расчеты времени хода поезда

Время хода на элементе ΔS :

$$\Delta t = \frac{60\Delta S}{v_{\bar{n}\bar{o}}}, \quad (7.1)$$

где $v_{\bar{n}\bar{o}}$ - средняя скорость на элементе ΔS , км/ч.

$$v_{\bar{n}\bar{o}} = \frac{v_i + v_{i+1}}{2}. \quad (7.2)$$

Общее время хода:

$$t = \sum \Delta t . \quad (7.3)$$

Результаты расчетов скорости представляются в виде кривой и по форме табл. 1.13 [2].

Библиографический список

1. Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.
2. Гавриленков, А.В. Изыскания и проектирование железных дорог: Пособие по курсовому и дипломному проектированию / А.В. Гавриленков, Г.С. Переселенков. – М.: Транспорт, 1990. – 167 с.
3. Турбин, И.В. Изыскания и проектирование железных дорог: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / И.В. Турбин, А.В. Гавриленков, И.И. Кантор и др. – М.: Транспорт, 1989. – 479 с.

Оглавление

Цель и задачи курсового проектирования.....	3
Содержание курсовой работы.....	3
Требования к оформлению работы.....	3
Исходные данные к курсовой работе.....	4
Перечень графического материала.....	4
Структура пояснительной записки.....	4
1. Расчеты основного удельного сопротивления движению локомотива и вагонного состава.....	4
2. Расчеты массы и длины состава и поезда.....	5
3. Расчеты удельных тормозных сил поезда.....	6
4. Расчеты удельных сил тяги.....	7
5. Расчеты удельных равнодействующих сил.....	7
6. Расчеты скорости поезда.....	8
7. Расчеты времени хода поезда.....	10
Библиографический список.....	10

Учебное издание

Тяговые расчеты

Методические указания к выполнению курсовой работы
и практических заданий по дисциплине

«Изыскания и проектирование железных дорог»

для студентов специальности

270204 – Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство

Составители: **Погромский** Алексей Сергеевич
Гнездилова Светлана Александровна

Подписано в печать 14.09.12 Формат 60x84/16. Усл.печ.л. 0,7. Уч-изд.л. 0,8.

Тираж 45 экз. Заказ Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете
им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46