

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТУ

Кафедра «Тяговий рухомий склад залізниць»

Черняк Ю.В., Усватов М.О., Гаюр А.В.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання контрольної роботи

з дисциплін: «Теорія локомотивної тяги» і «Теорія тяги» студентами спеціальності: 7.07010501 «Локомотиви та локомотивне господарство» та «Електричний транспорт» заочної скороченої форми навчання.

УДК 629.423

Ю.В. Черняк, М.О. Усватов, А.В. Гаюр. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисциплін: «Теорія локомотивної тяги» і «Теорія тяги» студентами спеціальності:7.07010501 «Локомотиви та локомотивне господарство» та «Електричний транспорт» заочної скороченої форми навчання. – К.: ДЕГУТ, 2013. – 40 с.

Методичні вказівки розглянуті та затверджені на засіданні кафедри «Тяговий руханий склад залізниць» (протокол № від) та на засіданні методичної комісії університету (протокол № від р.).

Призначені для студентів спеціальності:7.07010501 «Локомотиви та локомотивне господарство» та «Електричний транспорт» заочної скороченої форми навчання і відповідають робочій програмі курсу «Теорія локомотивної тяги» та «Теорія тяги». Методичні вказівки можуть використовуватися студентами напряму підготовки 6.070101 «Транспортні технології (залізничний транспорт)», спеціалізації ОПУТ, ОППЗТМ, КДЗ безвідривної скороченої форми навчання.

Укладачі: Ю.В. Черняк, к.т.н., доцент,

М.О. Усватов, доцент

А.В. Гаюр, викладач

Рецензенти:

к.т.н., професор

Ю.М. Черних

Зміст

1. Загальні вказівки.....	4
2. Завдання на контрольну роботу.....	4
3. Точність обчислень.....	5
4. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи.....	6
4.1. Аналіз профілю колії і визначення розрахункового та інерційного підйомів.....	6
4.2. Визначення розрахункової маси складу поїзда та перевірки її на обмеження за умовами експлуатації.....	8
4.2.1. Визначення маси складу.....	8
4.2.2. Перевірка розрахункової маси складу на можливість надійного подолання інерційного підйому.....	10
4.2.3. Перевірка розрахункової маси складу на можливість рушання з місця на роздільних пунктах.....	11
4.2.4. Перевірка розрахункової маси складу по довжині приймально-відправних колій.....	12
4.3.Спрямлення профілю колії.....	13
5. Проведення тягових розрахунків за допомогою пакета програм Mathcad.....	16
Список літератури.....	20
Додаток А.....	21

1. Загальні вказівки

Метою виконання контрольної роботи є закріплення знань теоретичного курсу та отримання практичних навичок з ведення тягових розрахунків.

При виконанні контрольної роботи необхідно дотримуватися таких положень.

1 Робота повинна бути виконана на стандартних аркушах формату А4 (297 x 210 мм).

2 Оформлення розрахунково-пояснювальної записки виконувати згідно з ГОСТ 2.105 - 95.

3 Графічна частина повинна виконуватись на міліметровому папері.

4 На титульному аркуші розрахунково-пояснювальної записки повинна бути вказана:

- назва навчального закладу;
- назва кафедри, по якій вивчається дисципліна;
- назва дисципліни, з якої виконується контрольна робота;
- прізвище та ініціали студента, номер групи, прізвище та ініціали викладача.

2. Завдання на контрольну роботу

Вихідні дані для виконання контрольної роботи студент повинен вибрати з таблиці 1 у відповідності з останньою цифрою шифру, варіант профілю колії заданої ділянки залізниці, які приведені у додатку А, вибирається згідно з порядковим номером у журналі викладача, а розрахункові параметри локомотивів наведені у таблиці 2.

У контрольній роботі студент повинен:

- зробити аналіз профілю колії і встановити величину розрахункового підйому;
- визначити масу складу за встановленим розрахунковим підйомом;

перевірити розраховану масу складу на можливість надійного подолання підйому більшої крутизни, ніж розрахунковий, з урахуванням використання накопиченої кінетичної енергії;

- перевірити можливість рушення поїзду з місця при зупинках на роздільних пунктах (станціях);
- виконати перевірку маси складу по довжині приймально – відправних колій роздільних пунктів заданої ділянки;
- спрямити профіль колії;
- виконати тягові розрахунки за допомогою пакета програм Mathcad.

• 3. Точність обчислень

Точність обчислень при виконанні розрахунків повинна згідно з правилами тягових розрахунків для поїзної роботи (ПТР) прийматися:

- для маси складу вантажних поїздів з округленням до 50 т;
- для сил, що діють на поїзд (сили тяги, опору, гальмові) з округленням до 50Н; для крутості схилу при вимірюванні в проміле (‰) – з одним знаком після коми;
- для питомих сил при вимірюванні в Н/кН – з двома знаками після коми;
- для відстаней при вимірюванні в метрах (для елементів профілю), і в кілометрах (для перегонів) – з одним знаком після коми;
- для швидкостей при вимірюванні в км/год – з одним знаком після коми.

4. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи

Для виконання контрольної роботи на першому етапі необхідно проаналізувати профіль заданої ділянки залізниці і вибрати розрахунковий та інерційний (швидкісний) підйоми.

4.1. Аналіз профілю колії і визначення розрахункового та інерційного підйомів

Розрахунковий підйом - це найбільш важкий для руху в даному напрямку елемент профілю колії, на якому досягається розрахункова швидкість, яка відповідає розрахунковій силі тяги локомотива. Коли найбільш крутий підйом ділянки достатньо довгий, то він приймається за розрахунковий. Коли ж найбільш крутий підйом заданої ділянки має невелику довжину і перед ним є "легкі" елементи профілю(спуски, площинки), на яких поїзд може розвинути високу швидкість, то такий підйом не може бути прийнятий за розрахунковий, тому що поїзд подолає його за рахунок накопиченої кінетичної енергії. Такий підйом називають інерційним або швидкісним. За розрахунковий слід прийняти підйом меншої крутизни, але більшої довжини, на якому може бути досягнута рівномірна швидкість рівна розрахунковій.

Таблиця 1

Вихідні дані

Назва даних	Варіант (остання цифра шифру)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Локомотив	електровоз ВЛ8	електровоз ВЛ10	тепловоз 2ТЕ116	тепловоз 2М62	електровоз ВЛ60 ^к	тепловоз 2ТЕ10М	електровоз ВЛ11(дві секції)	тепловоз 3ТЕ10М	електровоз ВЛ11(три секції)	електровоз ВЛ80 ^т
Склад поїзда в % за масою:										
восьмивісні вагони	13	17	16	18	14	8	10	12	19	20
чотиривісні вагони	87	83	84	82	86	92	90	88	81	80
Середня маса вагонів, брутто, т:										
восьмивісног о вагона	160	162	158	164	168	166	162	164	166	162
чотиривісног о вагона	76	82	86	84	82	80	78	80	84	82
Довжина приймально- відправних колій, м	1200	1050	1000	1050	1250	1350	1250	1050	1250	1050
Гальмові вісі у складі %	96	97	96	98	94	95	97	94	95	97
Гальмові колодки	чавунні					композиційні				

Таблиця 2

Розрахункові характеристики локомотивів

Серія локомотива	Розрахункова сила тяги, $F_{кр}$, Н	Розрахункова швидкість, V_p , км/г	Розрахункова маса, P, T	Конструкційна швидкість, $V_{кст}$, км/г	Сила тяги при русі, F_k руш., Н	Довжина локомотива, $L_{лр}$, м	Число рушійних колісних пар
2TE116	496400	24,0	276	100	797550	36	12
2M62	392400	20,0	240	100	700434	36	12
2TE10M	496400	23,5	276	100	797550	34	12
3TE10M	744600	23,5	414	100	1196330	51	18
ВЛ8	456150	43,3	184	100	595450	28	8
ВЛ10	492460	45,8	184	100	667100	33	8
ВЛ11(дві секції)	451250	46,7	184	100	614100	33	8
ВЛ11(три секції)	676900	46,7	276	100	921150	50	12
ВЛ60 ^к	361000	43,5	138	100	487360	21	8
ВЛ80 ^т	508150	43,5	192	110	677870	33	8

4.2. Визначення розрахункової маси складу поїзда та перевірки її на обмеження за умовами експлуатації

4.2.1. Визначення маси складу

Маса складу поїзда визначається за формулою:

$$Q = \frac{F_{кр} - P(w_0' + i_p) \cdot g}{(w_0'' + i_p) \cdot g}; \quad (1)$$

де $F_{кр}$ – розрахункова сила тяги локомотива, Н;

P – розрахункова маса локомотива, т;

w_0' – основний питомий опір локомотива, Н/кН;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

w_0'' – основний питомий опір складу поїзда, Н/кН;

I_p – крутість розрахункового підйому, ‰.

Величини w_0' і w_0'' визначаються для розрахункової швидкості локомотива V_p .

Основний питомий опір локомотива в Н/кН визначається за формулою:

$$w_0' = 1,9 + 0,01 \cdot V + 0,0003 \cdot V^2, \text{ Н/кН} \quad (2)$$

Основний питомий опір складу в Н/кН визначається за формулою:

$$w_0'' = \alpha w_{04}'' + \beta w_{08}'', \quad (3)$$

де α, β – відповідно долі по вазі (не в %) чотиривісних вагонів і 8-вісних вагонів у складі поїзда.

Основний питомий опір в Н/кН чотиривісних завантажених вагонів з роликовими підшипниками визначається за формулою:

$$w_{04}'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot V + 0,0025 \cdot V^2}{q_{04}}, \text{ Н/кН} \quad (4)$$

Основний питомий опір в Н/кН восьмивісних завантажених вагонів визначається за формулою:

$$w_{08}'' = 0,7 + \frac{6 + 0,038 \cdot V + 0,0021 \cdot V^2}{q_{08}}, \text{ Н/кН} \quad (5)$$

де q_{04}, q_{08} – середня маса, яка припадає відповідно на вісь чотиривісного вагона і восьмивісного вагона, т/вісь

$$q_{04} = \frac{q_4}{4}; \quad q_{08} = \frac{q_8}{8}, \quad (6)$$

де q_4, q_8 – маса брутто відповідно чотиривісного вагона і вісьмивісного вагона, т.

Розрахована за формулою (1) маса складу округляється з точністю до 50 т.

4.2.2 Перевірка розрахованої маси складу на можливість надійного подолання інерційного підйому

В цій перевірці використовують розрахункове співвідношення:

$$S_{\text{пр}} \leq \sum_i^n S_i \leq \sum_i^n \frac{4,17 \cdot (V_{\text{к}}^2 - V_{\text{н}}^2)}{(f_{\text{к}} - w_{\text{к}})_{\text{ср}}}, \text{ м} \quad (7)$$

де $S_{\text{пр}}$ – довжина інерційного (перевіряемого) підйому, м;

S_i – шлях, який проходить поїзд за час зміни швидкості від $V_{\text{н}}$ до $V_{\text{к}}$, м;

I – інтервал зміни швидкості;

n – число інтервалів зміни швидкості,

$V_{\text{н}}$ – початкова швидкість інтервалу, км/год;

$V_{\text{к}}$ – кінцева швидкість інтервалу, км/год;

$(f_{\text{к}} - w_{\text{к}})_{\text{ср}}$ – середня питома сповільнююча сила в межах інтервалу

зміни швидкості від $V_{\text{н}}$ до $V_{\text{к}}$ $\frac{\text{Н}}{\text{кН}}$;

Швидкість на початку перевіряемого підйому можна прийняти в межах 70...90 км/год. Кінцева швидкість останнього інтервалу не може бути меншою розрахункової.

Питому силу тяги $F_{\text{ксп}}$ і питомий опір $w_{\text{ксп}}$ в межах вибраного інтервалу зміни швидкості приймаємо рівними їх значенням при середній швидкості інтервалу:

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{н}} + V_{\text{к}}}{2},$$

$$f_{ксс} = \frac{F_{ксп}}{(P+Q) \cdot g}; \quad w_{ксс} = \frac{(w_{0сп}' + i_{пп}) \cdot P \cdot g + (w_{0сс}'' + i_{пп}) \cdot Q \cdot g}{(P+Q) \cdot g}, \quad (8)$$

Значення сили тяги локомотива $F_{ксп}$ для середньої швидкості беремо з тягової характеристики локомотива. Для цієї ж середньої швидкості визначимо основний питомий опір $w_{0сп}'$ локомотива – за формулою (2), та основний питомий опір $w_{0сс}''$ складу за формулою (3) з використанням формул (3) - (6).

Якщо розрахована за формулою (7) відстань більша або рівна довжині перевіряемого підйому

$$S \geq S_{пп} \quad (9)$$

тоді на цьому перевірці закінчується та робиться висновок, що при розрахунковій масі складу поїзд надійно подолає перевіряемий підйом крутістю більше ніж розрахунковий. Якщо $S > S_{пп}$, тоді необхідно зменшити масу складу.

4.2.3. Перевірка розрахованої маси складу на можливість рушання місця на роздільних пунктах

Ця перевірка виконується за формулою:

$$Q_{тр} = \frac{F_{ктр}}{(w_0'' + i_{тр}) \cdot g} - P, \quad (10)$$

де $F_{ктр}$ – сила тяги локомотива при рушанні поїзда з місця, Н;

$i_{тр}$ – крутість найбільш важкого елемента на роздільних пунктах (станціях) заданої ділянки, ‰;

$W_{тр}$ -питомий опір поїзда при зрушенні з місця (на площині), $\frac{H}{кН}$,

$$w_{тр}'' = \alpha w_{тр4}'' + \beta w_{тр8}'' \quad (11)$$

де $w_{тр4}$ – питомий опір при рушанні з місця 4-вісних вагонів,

$$w_{тр4} = \frac{28}{q_{04} + 7}, \quad \frac{H}{\kappa H} \quad (12)$$

$w_{тр8}$ – питомий опір при рушанні з місця 8-вісних вагонів,

$$w_{тр8} = \frac{28}{q_{08} + 7} \quad (13)$$

де q_0 – беремо з формули (6).

Маса складу $Q_{тр}$, отримана за умовами рушання з місця, повинна бути не менше за масу складу Q , визначену за розрахунковим підйомом, тобто повинна витримуватися умова $Q_{тр} \geq Q$. Оскільки для перевірки маси складу на рушання з місця була вибрана станція, розташована на найбільш важкому елементі, то в цьому випадку робиться висновок про те, що рушання складу з місця і розгін потяга забезпечені на всіх роздільних пунктах дільниці.

4.2.4 Перевірка розрахункової маси складу по довжині приймально-відправних колій

Довжина поїзда

$$L_{п} = 20m_8 + 15m_4 + L_{л} + 10м, \quad (14)$$

де m_4 , m_8 – число 4 і 8-осніх вагонів у складі вантажного поїзда;

10м – запас довжини на неточність установки поїзда відносно середини станції;

$L_{л}$ – довжина локомотива

$$m_4 = \frac{\alpha Q}{q_4}, \quad (15)$$

$$m_8 = \frac{\beta Q}{q_8}, \quad (16)$$

Довжини вагонів приймаються рівними: 4- вісного - 15м, 8-вісного -20м. Довжини локомотивів приведені в таблиці 2.

Перевірка можливості установки поїзда на приймально-відправних коліях виконується за співвідношенням

$$L_{\Pi} \leq l_{\text{поп}} \quad (17)$$

де $l_{\text{поп}}$ - довжина приймально-відправних колій.

Якщо $L_{\Pi} > l_{\text{поп}}$, необхідно зменшити довжину потяга (відповідно і масу складу) шляхом вилучення частини вагонів, або запропонувати проведення подовження приймально-відправних колій станції.

4.3. Спрявлення профілю колії

Для спрощення тягових розрахунків і згладжування зміни сил додаткового опору при переході з одного елемента профілю на інший елементи колії, що мають незначні розбіжності у величині уклонів, поєднують в один елемент. Спрявлення профілю полягає в заміні двох або декількох суміжних елементів поздовжнього профілю колії одним елементом, довжина якого S_c рівна сумі довжин елементів ($S_1, S_2 \dots S_n$), що спрямляються, тобто

$$S_c = S_1 + S_2 + \dots + S_n, \quad (18)$$

а крутість i_c обчислюється за формулою:

$$i_c = \frac{i_1 \cdot S_1 + i_2 \cdot S_2 + \dots + i_n \cdot S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n}, \quad (19)$$

де $i_1, i_2 \dots i_n$ - крутість елементів дільниці, що спрямляється.

Щоб розрахунки швидкості були досить точними, необхідно виконати перевірку можливості спрямлення групи елементів профілю за формулою:

$$S_i \leq \frac{2000}{|i_c - i_i|}, \quad (20)$$

де S_i - довжина елемента, що спрямляється;

$|i_c - i_i|$ – абсолютна величина різниці між схилом спрямленої дільниці і схилом елемента, що перевіряється, ‰.

Криві на спрямленій дільниці замінюються фіктивним підйомом, крутість якого визначається за формулою:

$$i_c'' = \frac{700}{S_c} \sum_1^n \frac{S_{кр_i}}{R_i}, \quad (21)$$

де $S_{кр_i}$ та R_i довжина і радіус кривих в межах спрямленої дільниці, м.

Крутість спрямленої дільниці з урахуванням фіктивного підйому від кривої

$$i_c = \pm i_c' + i_c'', \quad (22)$$

Об'єднувати в групи для спрямлення слід тільки близькі за крутістю елементи профілю одного знаку. Горизонтальні елементи (площини) можуть включатися в групи, що спрямляються як з елементами, які мають позитивний знак крутості, так і з елементами негативної крутості. **Елементи, на яких розташовані роздільні пункти, розрахунковий і швидкісний підйоми, а також найбільший спуск – не спрямляються.**

Результати розрахунків по спрямленню заданого профілю колії зводяться в таблицю 3.

Таблиця 3 – Спряження профілю колії

N° елемнту	Круглість елемнту $i, ‰$	Довжина елемнту S_i, M	Криві		Довжина випрямленої дільниці S_{c2}, M	Круглість спрямленої дільниці $i_c, ‰$	Фіктивний підйом від кривих $i_c', ‰$	Сумарна круглість спрямленої дільниці $i_c = i_c' + i_c''$	N° випр. ел-тів
			R_i, M	$S_{крі}, M$					
1	-1,5	1200						-1,5	I
2	2,0	2000						2,0	II
3	-5,0	800	300	800	1400	-5,4	0,3	-5,1	III
4	-6,0	600							
5	3,0	650						-3,0	IV

5 Проведення тягових розрахунків за допомогою пакета програм Mathcad.

Задачею тягових розрахунків є визначення залежностей, які обумовлюють характер руху поїзда. Характер руху поїзда визначається величиною і напрямком рівнодіючої сили. Залежність між прискоренням і рівнодіючою силою, прикладеною до поїзда, описується диференціальним рівнянням руху поїзда. У тягових розрахунках використовуються наступні методи рішення рівняння руху поїзда: аналітичний, графічний, чисельний і машинний. За допомогою розрахунків вибирається тяговий рухомий склад, визначаються маса поїзда, швидкість і час руху, витрати енергоресурсів, нагрівання тягових електричних машин.

Загальною основою для всіх методів є рішення рівняння руху поїзда у формі задачі Коші. Основними підходами для рішення цієї задачі служать лінеаризація нелінійних функцій, принцип малих відхилень перемінних стану об'єкта, обчислення поточних координат об'єкта, що рухається, методом спостереження. Рішення рівняння руху поїзда є загальними для усіх видів тяги і складають дві групи.

До першої групи відносяться задачі, при рішенні яких передбачається, що поїзд рухається з рівномірною швидкістю. Це дає можливість визначити масу поїзда і рівномірну швидкість, що поїзд може розвинути при русі по конкретному профілю колії.

Друга група задач розраховується при нерівномірній швидкості руху. Рішення задач цієї групи дають можливість розраховувати режими розгону і гальмування поїзда, визначати швидкості і час руху по різних елементах профілю колії, можливість використання кінетичної енергії для подолання «інерційних» підйомів, крутістю більш розрахункового.

Використання пакета програм Mathcad дає можливість вирішувати задачі, як першої, так і другій груп. Застосування Mathcad дозволяє робити не тільки чисельні розрахунки, але і будувати графіки зміни швидкостей і часу при русі

поїзда по заданому профілю колії. Для розрахунку маси поїзда вводяться вихідні дані. У вихідних даних у пункті 18, крім внесення сил тяги, визначених через інтервал 10 км/год, необхідно вказати силу тяги для розрахункової швидкості і для швидкості виходу на автоматичну характеристику. У залежності від матеріалу колодок у пункті 8 вихідних даних ставиться одиниця.

Дані, що треба ввести у ЕОМ для розрахунку:

- | | | | |
|--|--------------------|------------------------|----------|
| 1. Частка 4-х і 8-ми вісних вагонів: | $\alpha := 0.92$ | $\beta := 0.08$ | |
| 2. Маса 4-х і 8-ми вісних вагонів, т: | $q_4 := 78$ | $q_8 := 164$ | |
| 3. Навантаження на вісь 4-х і 8-ми вісних вагонів, т/вісь | $q_{04} := 19.5$ | $q_{08} := 20.5$ | |
| 4. Конструкційна швидкість, км/г | $V_{kon} := 100$ | | |
| 5. Розрахункова маса локомотива, т | $P := 138$ | | |
| 6. Розрахункова сила тяги локомотива, Н | $F_{kr} := 361000$ | | |
| 7. Частка гальмовних осей | $\sigma := 0.99$ | | |
| 8. Індекс вигляду гальмових колодок: | $x_1 := 0$ | чугунные колодки | |
| | $x_2 := 1$ | композиционные колодки | |
| 9. Розрахункова швидкість, км/г | $V_r := 43.5$ | | |
| 10. Розрахунковий підйом, ‰ | $i_r := 9$ | $i := 1..13$ | |
| 11. Крутизна підйому, що перевіряється, ‰ | $i_{pr} := 10$ | $V_i :=$ | $F_i :=$ |
| 12. Довжина підйому, що перевіряється, м | $S_{pr} := 1750$ | 0 | 500000 |
| 13. Початкова швидкість, км/г | $V_n := 80$ | 10 | 435000 |
| 14. Сила тяги при середній швидкості, Н | $F_{kr} := 280000$ | 20 | 405000 |
| 15. Крутизна роздільного пункту, ‰ | $i_{tr} := 0$ | 30 | 385000 |
| 16. Сила тяги при рушенні з місця, Н | $F_{kr} := 487350$ | 40 | 370000 |
| 17. Довжина прийомовідправних колій, м | $L_{пвп} := 1800$ | 43.5 | 361000 |
| 18. Довжина локомотива, м | $L_l := 21$ | 50 | 355000 |
| 19. Необхідно за тяговою характеристикою локомотива вписати силу тяги від 0 до $V_{констр.}$ через 10 км/г | | 57 | 345000 |
| 20. Ввести крутизну найбільшого спуску, | $i_c := -9$ | 60 | 290000 |
| | | 70 | 200000 |
| | | 80 | 150000 |
| | | 90 | 115000 |
| | | 100 | 95000 |

$g := 9.81$

Відповідно до правил тягових розрахунків для поїзної роботи складаємо програму розрахунку маси поїзда (1).

Програма розрахунку маси потягу

$$\begin{aligned}
 Q := & \left\{ \begin{aligned}
 w'_{0} & \leftarrow 1.9 + 0.01 \cdot V_r + 0.0003 \cdot V_r^2 \\
 w''_{04} & \leftarrow 0.7 + \frac{3 + 0.1 \cdot V_r + 0.0025 \cdot V_r^2}{q_{04}} \\
 w''_{08} & \leftarrow 0.7 + \frac{6 + 0.038 \cdot V_r + 0.0021 \cdot V_r^2}{q_{08}} \\
 w''_{0} & \leftarrow \alpha \cdot w''_{04} + \beta \cdot w''_{08} \\
 F_{kr} & = (w'_{0} + i_r) \cdot P \cdot g
 \end{aligned} \right. \quad (1)
 \end{aligned}$$

$Q = 3408.191$

При перевірці маси поїзда на подолання підйому з урахуванням використання кінетичної енергії поїзда кінцеву швидкість приймаємо дорівнену розрахунковій.

Перевірки маси поїзда визначимо за такими програмами:

$$V_k := V_r$$

$$\begin{aligned}
 S := & \left\{ \begin{aligned}
 V_{cr} & \leftarrow \frac{V_k + V_n}{2} \\
 f_{kcr} & \leftarrow \frac{F_{kcr}}{(P + Q) \cdot g} \\
 w_{cr01} & \leftarrow 1.9 + 0.01 \cdot V_{cr} + 0.0003 \cdot V_{cr}^2 \\
 w_{cr04} & \leftarrow 0.7 + \frac{3 + 0.1 \cdot V_{cr} + 0.0025 \cdot V_{cr}^2}{q_{04}} \\
 w_{cr08} & \leftarrow 0.7 + \frac{6 + 0.038 \cdot V_{cr} + 0.0021 \cdot V_{cr}^2}{q_{08}} \\
 w_{cr02} & \leftarrow \alpha \cdot w_{cr04} + \beta \cdot w_{cr08} \\
 w_{kcr} & \leftarrow \frac{(w_{cr01} + i_{pr}) \cdot P \cdot g + (w_{cr02} + i_{pr}) \cdot Q \cdot g}{(P + Q) \cdot g} \\
 4.17 \cdot \frac{V_k^2 - V_n^2}{f_{kcr} - w_{kcr}}
 \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

$$S = 5113.345$$

$$\begin{aligned}
 Q_{tr} := & \left\{ \begin{aligned}
 w_{tr4} & \leftarrow \frac{28}{q_{04} + 7} \\
 w_{tr8} & \leftarrow \frac{28}{q_{08} + 7} \\
 w_{tr} & \leftarrow \alpha \cdot w_{tr4} + \beta \cdot w_{tr8} \\
 \frac{F_{ktr}}{(w_{tr} + i_{tr}) \cdot g} - P
 \end{aligned} \right. \quad (3)
 \end{aligned}$$

$Q_{tr} = 47016.707$

$$\begin{aligned}
 L := & \left\{ \begin{aligned}
 m_4 & \leftarrow \frac{\alpha \cdot Q}{4 \cdot q_{04}} \\
 m_8 & \leftarrow \frac{\beta \cdot Q}{8 \cdot q_{08}} \\
 15 \cdot m_4 + 20 \cdot m_8 + L_l + 10
 \end{aligned} \right. \quad (4)
 \end{aligned}$$

$$L = 667.238$$

Результати розрахунку маси складу та його перевірок

$$Q = 3408.191$$

$$S = 5113.345$$

$$Q_{tr} = 47016.707$$

$$L = 667.238$$

Для подальших розрахунків необхідно визначити величину питомих рівнодіючих прискорюючих і сповільнюючих сил. Основні питомі опори

локомотива w'_{oi} і вагонів w''_{oi} розраховуються для швидкостей, приведених у вихідних даних. Розрахунковий коефіцієнт тертя колодок о бандаж колеса ϕ_i визначається в залежності від швидкості руху і матеріалу, з якого виготовлені колодки. Розрахунковий гальмовий коефіцієнт поїзда θ_r визначається в залежності від матеріалу колодок. Розрахунок зробимо в табличній формі.

Розрахунок питомих рівнодіючих сил

$$w'_i := 1.9 + 0.01 \cdot V_i + 0.0003 \cdot |V_i|^2 \quad (5)$$

$$w''_{4i} := 0.7 + \frac{[3 + 0.1 V_i + 0.0025 |V_i|^2]}{q_{04}} \quad (6)$$

$$w''_{8i} := 0.7 + \frac{[6 + 0.038 \cdot V_i + 0.0021 \cdot |V_i|^2]}{q_{08}} \quad (7)$$

$$w''_i := \alpha \cdot w''_{4i} + \beta \cdot w''_{8i} \quad (8)$$

$$w_{xi} := 2.4 + 0.011 \cdot V_i + 0.00035 |V_i|^2 \quad (9)$$

$$W'_i := w'_i \cdot P \cdot g \quad W''_i := w''_i \cdot Q \cdot g \quad W_i := W'_i + W''_i \quad W_{xi} := w_{xi} \cdot P \cdot g$$

$$m_4 := \frac{\alpha \cdot Q}{4 \cdot q_{04}} \quad m_8 := \frac{\beta \cdot Q}{8 \cdot q_{08}} \quad n_4 := 4 \cdot m_4 \quad n_8 := 8 \cdot m_8$$

$$\phi_i := \begin{cases} 0.27 \cdot \frac{V_i + 100}{5 V_i + 100} & \text{if } |x1| \\ 0.36 \cdot \frac{V_i + 150}{2 V_i + 150} & \text{if } |x2| \end{cases} \quad \theta_r := \begin{cases} \frac{\sigma \cdot [68.5 n_4 + 68.5 n_8]}{Q \cdot g} & \text{if } |x1| \\ \frac{\sigma \cdot [41.5 \cdot n_4 + 41.5 n_8]}{Q \cdot g} & \text{if } |x2| \end{cases} \quad b_i := 1000 \phi_i \cdot \theta_r$$

Таблиця питомих рівнодіючих сил

$V_i :=$	$f - w''_o$	w_{ox}	$w_{ox} + 0.5b_r$	$w_{ox} + b_r$
	$\frac{F_i - W_i}{(P + Q) \cdot g} =$	$\frac{W_{xi} + W''_i}{(P + Q) \cdot g} =$	$\frac{W_{xi} + W''_i}{(P + Q) \cdot g} + 0.5 \cdot b_i =$	$\frac{W_{xi} + W''_i}{(P + Q) \cdot g} + b_i =$
0	13.467	0.925	39.433	77.941
10	11.535	0.989	37.232	73.475
20	10.582	1.081	35.536	69.99
30	9.89	1.199	34.206	67.213
40	9.315	1.345	33.156	64.967
43.5	9	1.402	32.842	64.283
50	8.714	1.517	32.324	63.13
57	8.291	1.654	31.848	62.042
60	6.649	1.716	31.667	61.618
70	3.838	1.943	31.156	60.369
80	2.151	2.196	30.767	59.337
90	0.868	2.476	30.482	58.488
100	-0.01	2.784	30.29	57.796

Список літератури

- 1 Правила тяговых расчетов для поездной работы (ПТР). – М.: Транспорт, 1985.
- 2 Подвижной состав и тяга поездов / Под ред. В.В.Деева и Н.А.Фуфрянского /. – М.: Транспорт, 1979.
- 3 Бабичков А.М, Гурский П.А., Новиков А.П. Тяга поездов и тяговые расчеты. – М: Транспорт, 1971.
- 4 Гребенюк П.Т. Долганов А.Н. Скворцов А.И. Тяговые расчеты: Справочник / Под ред. П.Т. Гребенюка. - М.: Транспорт, 1987.
- 5 Осипов С.Н. Основы электрической и тепловозной тяги. – М.:Транспорт, 1985.
- 6 MATHAD 6.0PLUS. Финансовые, инженерные и научные расчеты в среде WINDOWS 95. /Перевод с англ. – М.: Информационно-издательский дом «Филинь» 1990.
- 7 Деев В.В., Ильин Г.А., Афонин Г.С. Тяга поездов: Учебное пособие для вузов /Под ред. В.В.Деева. – М.: Транспорт, 1987г.
- 8 Бабичков А.М., Гурский П.А., Новиков А.П. Тяга поездов и тяговые расчеты. М., «Транспорт», 1971г.

Додаток А

Профілі до завдання на контрольну роботу

Приймається профіль, номер якого відповідає порядковому номеру в журналі групи.

Таблиця 1 - Профіль №1 від станції А до станції В. Профіль №2 від станції В до станції А (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Крутість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(19)	1000	-1,5		Ст.А
2(18)	300	-2,0	R=640;S _{кр} =250	
3(17)	1400	-3,5		
4(16)	600	0,0		
5(15)	500	3,5		
6(14)	1850	10,5		
7(13)	4800	9,0		
8(12)	1500	0,5		Ст.Б
9(11)	900	0,0	R=1500;S _{кр} =600	
10(10)	900	-2,0	R=1000;S _{кр} =500	
11(9)	1000	0,0		
12(8)	800	6,0	R=640;S _{кр} =450	
13(7)	600	4,5		
14(6)	500	0,0		
15(5)	4350	-8,0		
16(4)	1050	-9,0		
17(3)	900	0,0		
18(2)	1800	4,0	R=1300;S _{кр} =400	
19(1)	1400	0,0		Ст.В

Таблиця 2 - Профіль №3 від станції В до станції Д. Профіль №4 від станції Д до станції В (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Кругість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(23)	1500	-1,0		Ст.В
2(22)	800	-4,0	R=800;S _{кр} =500	
3(21)	2500	-5,0		
4(20)	600	0,0		
5(19)	1000	11,0		
6(18)	5000	9,0		Ст.Г
7(17)	400	0,5		
8(16)	300	1,0	R=700;S _{кр} =300	
9(15)	1150	0,5		
10(14)	300	2,0		
11(13)	400	0,0	R=650;S _{кр} =200	
12(12)	5650	-8,0		
13(11)	1450	-10,0		
14(10)	800	0,0		
15(9)	1400	4,0		
16(8)	800	3,0	R=700;S _{кр} =200	
17(7)	400	0,0		Ст.Д
18(6)	500	5,0		
19(5)	450	0,0		
20(4)	800	-2,0		
21(3)	1550	-1,0		
22(2)	1200	-3,0	R=1500;S _{кр} =850	
23(1)	1000	0,0		

Таблиця 3 - Профіль №5 від станції Д до станції Ж. Профіль №6 від станції Ж до станції Д (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Кругість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(19)	1700	-1,5	R=640;S _{кр} =250	Ст.Д
2(18)	400	-2,0		
3(17)	600	-3,5		
4(16)	600	0,0		
5(15)	1850	9,5		
6(14)	5500	7,5		
7(13)	800	1,0		
8(12)	1500	1,5	R=2000;S _{кр} =600 R=1000;S _{кр} =500	Ст.Е
9(11)	800	0,0		
10(10)	900	-2,0		
11(9)	700	0,0		
12(8)	800	6,0		
13(7)	600	4,5		
14(6)	500	0,0		
15(5)	5500	-7,0		
16(4)	1060	-9,0		
17(3)	800	0,0		
18(2)	1200	6,0	R=1300;S _{кр} =400	Ст.Ж
19(1)	1600	0,0		

Таблиця 4 - Профіль №7 від станції Ж до станції І. Профіль №8 від станції І до станції Ж (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Кругість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(21)	1400	-1,0		Ст.Ж
2(20)	500	-6,0	R=1500;S _{кр} =400	
3(19)	4400	-8,0		
4(18)	1250	-10,0		
5(17)	800	0,0		
6(16)	1200	5,5	R=1000;S _{кр} =500	Ст.3
7(15)	500	4,5	R=700;S _{кр} =450	
8(14)	400	0,0		
9(13)	800	-4,0	R=900;S _{кр} =250	
10(12)	1000	0,0		
11(11)	1300	2,5		
12(10)	500	0,0		
13(9)	450	-2,0	R=1200;S _{кр} =400	
14(8)	600	-3,0	R=1500;S _{кр} =500	
15(7)	500	0,0		
16(6)	1250	10,0		Ст.І
17(5)	3800	8,0		
18(4)	800	3,0		
19(3)	500	0,0		
20(2)	1400	-1,5		
21(1)	2000	-1,0		

Таблиця 5 - Профіль №9 від станції І до станції Л. Профіль №10 від станції Л до станції І (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Кругість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(20)	1500	0,5		Ст.І
2(19)	500	0,0		
3(18)	1000	-1,0	R=960;S _{кр} =400	
4(17)	400	0,0	R=1500;S _{кр} =350	
5(16)	4500	-8,0		
6(15)	1500	-9,5		
7(14)	650	0,0	R=860;S _{кр} =300	Ст.К
8(13)	900	5,0		
9(12)	1300	7,0		
10(11)	1200	1,5		
11(10)	1300	0,0		
12(9)	1000	-3,0	R=1200;S _{кр} =250	
13(8)	750	0,0		
14(7)	1200	11,0		
15(6)	4500	9,0		
16(5)	800	1,5	R=975;S _{кр} =400	
17(4)	600	0,0		Ст.Л
18(3)	750	-1,0		
19(2)	850	-3,5		
20(1)	1450	-1,5		

Таблиця 6 - Профіль №11 від станції Л до станції Н. Профіль №12 від станції Н до станції Л (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Кругість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(19)	1600	-1,5		Ст.Л
2(18)	400	-3,0	R=640;S_{кр}=250	
3(17)	600	-3,5		
4(16)	600	0,0		
5(15)	850	0,5	R=1000;S_{кр}=500	Ст.М
6(14)	1500	8,5		
7(13)	5800	7,0		
8(12)	1500	1,5		
9(11)	800	0,0		
10(10)	900	-2,0	R=1000;S_{кр}=500	
11(9)	1000	0,0		
12(8)	800	3,0	R=640;S_{кр}=450	
13(7)	600	3,5		
14(6)	500	0,0		
15(5)	5500	-7,0		Ст.Н
16(4)	1050	-8,0		
17(3)	900	0,0		
18(2)	700	5,0	R=1300;S_{кр}=400	
19(1)	1600	0,0		

Таблиця 7 - Профіль №13 від станції Н до станції П. Профіль №14 від станції П до станції Н (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Кругість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(23)	1350	-1,0		Ст.Н
2(22)	800	-3,0	R=800;S _{кр} =500	
3(21)	2500	-4,0		Ст.О
4(20)	600	0,0	R=1000;S _{кр} =380	
5(19)	1500	8,0		
6(18)	5000	7,0		
7(17)	400	0,0		
8(16)	500	2,0	R=700;S _{кр} =500	
9(15)	1200	0,0		
10(14)	800	1,0		
11(13)	400	0,0	R=650;S _{кр} =200	
12(12)	5450	-7,5		
13(11)	1450	-9,0		Ст.П
14(10)	800	0,0		
15(9)	900	6,0		
16(8)	800	3,0		
17(7)	300	0,0		
18(6)	500	3,0	R=780;S _{кр} =300	
19(5)	450	0,0		
20(4)	800	-4,0		
21(3)	500	-2,0		
22(2)	1200	-1,0	R=1300;S _{кр} =850	
23(1)	1250	0,0		

Таблиця 8 - Профіль №15 від станції П до станції С. Профіль №16 від станції С до станції П (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Кругість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(21)	1800	0,0		Ст.П
2(20)	1500	-3,0	R=1500;S _{кр} =400	
3(19)	7400	-7,0		
4(18)	1250	-9,0		
5(17)	800	0,0		
6(16)	1200	5,5	R=1000;S _{кр} =500	Ст.Р
7(15)	500	4,5	R=700;S _{кр} =400	
8(14)	400	0,0		
9(13)	800	-4,0	R=900;S _{кр} =250	
10(12)	1000	0,0		
11(11)	1800	1,5		
12(10)	500	0,0		
13(9)	450	-2,0	R=1200;S _{кр} =200	
14(8)	500	-4,0	R=1500;S _{кр} =500	
15(7)	600	0,0		
16(6)	1750	10,0		Ст.С
17(5)	6800	9,0		
18(4)	800	3,0		
19(3)	2500	0,0		
20(2)	1400	-1,5		
21(1)	2000	-0,5		

Таблиця 9 - Профіль №17 від станції С до станції У. Профіль №18 від станції У до станції С (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Кругість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(21)	1800	0,0		Ст.С
2(20)	500	-2,0		
3(19)	5400	-7,0		
4(18)	1250	-8,0		
5(17)	800	0,0		
6(16)	1200	4,5	R=1000;S _{кр} =500	
7(15)	500	5,5	R=700;S _{кр} =450	
8(14)	400	0,0		
9(13)	800	2,0	R=900;S _{кр} =250	
10(12)	1000	0,0		
11(11)	1350	2,5		
12(10)	500	0,0		
13(9)	450	-4,0	R=1200;S _{кр} =400	
14(8)	500	-2,0	R=1500;S _{кр} =500	
15(7)	600	0,0		
16(6)	1250	9,0		
17(5)	5800	7,0		
18(4)	800	2,0	R=1500;S _{кр} =800	
19(3)	500	0,0		Ст.У
20(2)	400	-1,5		
21(1)	2000	-0,5		

Таблиця 10 - Профіль №19 від станції У до станції Х. Профіль №20 від станції Х до станції У (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Кругість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(20)	1800	0,0		Ст.У
2(19)	500	-1,0		
3(18)	1000	-3,0	R=960;S _{кр} =400	
4(17)	400	0,0		
5(16)	5500	-9,0		
6(15)	1500	-10,0		
7(14)	650	0,0		
8(13)	1000	3,0	R=1500;S _{кр} =350	
9(12)	1300	0,0		
10(11)	1000	2,0	R=860;S _{кр} =300	
11(10)	1600	7,0		Ст.Ф
12(9)	1000	-5,0		
13(8)	350	0,0		
14(7)	1200	10,0		
15(6)	5000	9,0		
16(5)	800	1,5	R=975;S _{кр} =400	
17(4)	600	0,0		
18(3)	750	-1,0		
19(2)	850	-3,5	R=900;S _{кр} =400	
20(1)	1800	-1,0		

Таблиця 11 - Профіль №21 від станції Х до станції Ч. Профіль №22 від станції Ч до станції Х (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Кругість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(21)	2000	0,5		Ст.Х
2(20)	1400	1,5		
3(19)	2500	0,0		
4(18)	800	-3,0		
5(17)	6800	-8,0		
6(16)	1750	-10,0		
7(15)	600	0,0		
8(14)	500	4,0	R=1500;S _{кр} =500	Ст.Ц
9(13)	450	2,0	R=1200;S _{кр} =200	
10(12)	500	0,0		
11(11)	1800	-1,5		
12(10)	1000	0,0		
13(9)	800	4,0	R=900;S _{кр} =250	
14(8)	400	0,0		
15(7)	500	-4,5	R=700;S _{кр} =400	
16(6)	1200	-5,5	R=1000;S _{кр} =500	
17(5)	800	0,0		
18(4)	1250	9,0		Ст.Ч
19(3)	7400	7,0		
20(2)	1500	2,0		
21(1)	1800	0,0		

Таблиця 12 - Профіль №23 від станції Ч до станції Ю. Профіль №24 від станції Ю до станції Ч (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Кругість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(21)	2000	0,5		Ст.Ч
2(20)	400	1,5		
3(19)	500	0,0		
4(18)	800	-1,0	R=1500;S _{кр} =500	
5(17)	5800	-7,0		
6(16)	1250	-9,0		
7(15)	600	0,0		
8(14)	1500	2,0		
9(13)	400	0,0	R=1200;S _{кр} =400	
10(12)	1500	1,0		
11(11)	1350	9,0		
12(10)	500	1,0	R=900;S _{кр} =250	
13(9)	5400	7,0		
14(8)	400	0,0		
15(7)	500	-4,5	R=700;S _{кр} =450	
16(6)	1200	-5,5		
17(5)	800	0,0	R=1000;S _{кр} =500	
18(4)	1250	2,0		
19(3)	800	1,0	R=1500;S _{кр} =900	
20(2)	500	0,0		Ст.Ю
21(1)	1800	-0,5		

Таблиця 13 - Профіль №25 від станції Ю до станції А. Профіль №26 від станції А до станції Ю (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Кругість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(20)	1500	0,0		Ст.Ю
2(19)	500	-0,5		
3(18)	600	-4,0	R=1500;S _{кр} =350	
4(17)	400	0,0	R=960;S _{кр} =400	
5(16)	4500	-7,0		
6(15)	1500	-10,5		
7(14)	650	0,0		
8(13)	900	5,0		
9(12)	1300	7,0		
10(11)	1200	1,0		
11(10)	1600	0,0		Ст.Я
12(9)	1000	-3,0	R=1100;S _{кр} =350	
13(8)	250	0,0		
14(7)	1200	11,0		
15(6)	4500	9,0		
16(5)	800	1,5	R=975;S _{кр} =400	
17(4)	600	0,0		
18(3)	750	-1,0	R=860;S _{кр} =300	
19(2)	850	-3,5		Ст.А
20(1)	1450	-0,5		

Таблиця 14 - Профіль №27 від станції Б до станції Е. Профіль №28 від станції Е до станції Б (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Кругість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(20)	1850	0,0		Ст.Б
2(19)	1050	2,8	R=1300;S _{кр} =400	
3(18)	750	4,6	R=650;S _{кр} =450	
4(17)	1100	0,0		
5(16)	4600	-8,0		
6(15)	1200	-8,5		
7(14)	800	0,0		
8(13)	1100	9,5		
9(12)	4200	8,5		
10(11)	1000	0,0	R=1000;S _{кр} =450	
11(10)	1700	-0,5		
12(9)	750	-3,5	R=2000;S _{кр} =600	
13(8)	800	0,0		
14(7)	1500	-4,5		
15(6)	1050	-3,5		
16(5)	600	0,0		
17(4)	850	1,5		
18(3)	450	2,5	R=800;S _{кр} =350	Ст.Е
19(2)	2300	0,5	R=650;S _{кр} =250	
20(1)	1500	-1,5		

Таблиця 15 - Профіль №29 від станції Е до станції К. Профіль №30 від станції К до станції Е (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Кругість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(19)	1700	-2,5		Ст.Е
2(18)	2400	-1,5	R=650;S _{кр} =350	
3(17)	800	-3,5		
4(16)	1600	0,0		
5(15)	1850	12,5		
6(14)	500	3,5		
7(13)	6800	10,0		
8(12)	1600	1,5		Ст.З
9(11)	800	0,0	R=1500;S _{кр} =600	
10(10)	1200	-2,0		
11(9)	1000	0,0	R=1000;S _{кр} =500	
12(8)	800	6,0	R=650;S _{кр} =450	
13(7)	600	4,5		
14(6)	500	0,0		
15(5)	7375	-7,0		
16(4)	1250	-9,0		
17(3)	2500	0,0		
18(2)	1700	2,0	R=1300;S _{кр} =600	Ст.К
19(1)	1600	0,0		

Таблиця 16 - Профіль №31 від станції К до станції О. Профіль №32 від станції В до станції А (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Кругість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(23)	1800	-1,5		Ст.К
2(22)	1800	-3,0	R=800;S _{кр} =1000	
3(21)	2000	-5,0		Ст.М
4(20)	1600	0,0	R=1000;S _{кр} =600	
5(19)	2000	9,0		
6(18)	7000	7,0		
7(17)	400	0,0		
8(16)	500	6,0	R=700;S _{кр} =500	
9(15)	1700	1,5		
10(14)	400	5,0	R=650;S _{кр} =400	
11(13)	400	3,0		
12(12)	600	0,0		
13(11)	1450	-1,0		Ст.О
14(10)	800	0,0		
15(9)	1400	4,0	R=700;S _{кр} =400	
16(8)	800	3,0		
17(7)	700	0,0		
18(6)	6500	-8,0		
19(5)	1850	-10,0		
20(4)	1650	1,0		
21(3)	1500	2,0		
22(2)	1200	4,0	R=1500;S _{кр} =850	
23(1)	1900	0,0		

Таблиця 17 - Профіль №33 від станції О до станції Т. Профіль №34 від станції Т до станції О (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Кругість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(17)	1600	0,0		Ст.О
2(16)	1000	2,0	R=800;S _{кр} =400	
3(15)	1800	0,0		Ст.П
4(14)	800	-4,0	R=1200;S _{кр} =650	
5(13)	1000	0,0		
6(12)	600	-5,0	R=1500;S _{кр} =400	
7(11)	7800	-8,0		
8(10)	1700	-2,0		
9(9)	1500	-10,0		
10(8)	1500	0,0	R=1500;S _{кр} =450	
11(7)	1500	12,0		
12(6)	8000	9,0		
13(5)	1800	5,0	R=850;S _{кр} =750	Ст.Т
14(4)	1300	0,0		
15(3)	800	4,0		
16(2)	2000	0,0		
17(1)	1700	1,0		

Таблиця 18 - Профіль №35 від станції Т до станції Ц. Профіль №36 від станції Ц до станції Т (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Кругість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(21)	1800	0,0		Ст.Т
2(20)	1500	-3,0	R=1500;S _{кр} =900	
3(19)	7400	-7,0		
4(18)	1250	-9,0		
5(17)	800	0,0		
6(16)	1200	5,5	R=1000;S _{кр} =500	
7(15)	600	4,5	R=700;S _{кр} =400	
8(14)	400	0,0		
9(13)	800	-4,0	R=900;S _{кр} =350	
10(12)	1000	0,0		
11(11)	1800	2,5		Ст.Ф
12(10)	500	0,0		
13(9)	450	-2,0	R=1200;S _{кр} =300	
14(8)	500	-4,0	R=1500;S _{кр} =500	
15(7)	600	0,0		
16(6)	1750	11,0		
17(5)	6800	9,0		
18(4)	1000	3,0		
19(3)	2500	0,0		
20(2)	1400	-2,0		
21(1)	2000	-1,5		Ст.Ц

Таблиця 19 - Профіль №37 від станції Ц до станції Я. Профіль №38 від станції Я до станції Ц (знаки схилів змінити на зворотні)

№ елементів	Довжина елементів, м	Кругість схилу, ‰	Криві (радіус та довжина), м	Станція ділянки
1(20)	1800	0,0		Ст.Ц
2(19)	800	-1,0		
3(18)	1000	-4,0	R=900;S _{кр} =400	Ст.Ш
4(17)	1400	0,0	R=1500;S _{кр} =650	
5(16)	7500	-9,0		
6(15)	1500	-10,5		
7(14)	650	0,0	R=800;S _{кр} =300	
8(13)	900	5,0		
9(12)	1300	1,0		
10(11)	2000	2,0		
11(10)	900	0,0		
12(9)	1000	-3,0		
13(8)	750	0,0	R=1200;S _{кр} =450	
14(7)	2000	11,0		
15(6)	7500	9,0		
16(5)	800	1,5	R=975;S _{кр} =400	
17(4)	1600	0,0		
18(3)	2750	-4,0		
19(2)	850	-3,0		
20(1)	1750	-1,5		Ст.Я

Навчально-методичне видання

Черняк Юрій Васильович,

Усватов Марк Оскарівч

Гаюр Андрій Віталівч

Методичні вказівки

до виконання контрольної роботи з дисциплін: «Теорія локомотивної тяги» і «Теорія тяги» студентами спеціальності: 7.07010501 «Локомотиви та локомотивне господарство» та «Електричний транспорт» заочної скороченої форми навчання.

Відповідальний за випуск А.В.Гаюр

Головний редактор

Верстка

Підписано до друку

Формат 60x84/16. Папір – офсетний.

Спосіб друку – ризографія

Замовлення № Тираж 40 прим.

Надруковано в Редакційно-видавничому центрі ДЕГУТ
Свідоцтво про реєстрацію Серія ДК № 3079 від 27.12. 2007 р.

03049, Київ - 49, вул. Миколи Лукашевича, 19