

Практические работы №1-2

Тяговые расчеты

Цель работы: научиться определять вес поезда, проверять его по условию трогания с места и определять его длину.

Исходные данные:

1. Тип пути: *смотри в задании*
2. Вид тяги: *тепловоз*
3. Серия локомотива: *смотри в задании*
4. Масса локомотива P , [Т]: *смотри в таблице 1*
5. Расчетная скорость V_p , $\left[\frac{\text{км}}{\text{ч}}\right]$: *смотри в таблице 1*
6. Расчетная сила тяги $F_{к(р)}$, [Н]: *смотри в таблице 1*
7. Сила тяги при трогании с места $F_{к(тр)}$, [Н]: *смотри в таблице 1*
8. Длина локомотива $l_{лок}$, [м]: *смотри в таблице №2*
9. Руководящий уклон i_p , [‰]: *смотри в задании*
10. Уклон под поездом при трогании с места $i_{тр}$, [‰]: *смотри в задании*
11. Соотношение вагонов в составе по количеству γ_m , [%]: *смотри в задании*
12. Коэффициент использования грузоподъемности вагонов α : 0,9
13. Грузоподъемность вагонов Γ_m , [Т]: *смотри в таблице 3*
14. Вес тары $P_{Тm}$, [Т]: *смотри в таблице 3*
15. Длина вагона $l_{в(m)}$, [м]: *смотри в таблице 3*

Ход работы:

1. Определение основного удельного сопротивления движению локомотива:

$$\omega'_0 = a_0 + a_1 \cdot V + a_2 \cdot V^2, \left[\frac{\text{Н}}{\text{кН}}\right]$$

где a_0, a_1, a_2 - коэффициенты формулы для определения основного удельного сопротивления движению локомотива, которые зависят от конструкции верхнего строения пути – *смотри в таблице 4*.

2. Определение массы брутто вагонов:

$$q_{бр(m)} = \alpha \cdot \Gamma_m + P_{Т(m)}, [\text{Т}]$$

3. Определение массы приходящейся на ось вагона:

$$q_{0(m)} = \frac{q_{бр(m)}}{m}, \left[\frac{\text{Т}}{\text{ось}} \right]$$

4. Определение основного удельного сопротивления движению вагонов:

$$\omega''_{0(m)} = a + \frac{b + c \cdot V + d \cdot V^2}{q_{0(m)}}, \left[\frac{\text{H}}{\text{кН}} \right]$$

где a, b, c, d - коэффициенты формулы для определения основного удельного сопротивления движению грузовых вагонов, которые зависят от конструкции верхнего строения пути – *смотри в таблице 5*.

5. Определение доли вагонов в составе по массе:

$$a_{(m)} = \frac{\gamma_m \cdot q_{бр(m)}}{\sum(\gamma_m \cdot q_{бр(m)})}$$

6. Проверка:

$$\sum a_m = 1$$

7. Определение основного средневзвешенного сопротивления движению вагонного состава:

$$\omega_0 = \sum (\omega''_{0(m)} \cdot a_m), \left[\frac{\text{H}}{\text{кН}} \right]$$

8. Определение веса состава:

$$Q = \frac{F_{к(p)} - g \cdot P \cdot (\omega'_0 + i_p)}{(\omega_0 + i_p) \cdot g}, [\text{Т}]$$

9. Определяем массу поезда:

$$Z_{п} = P + Q, [\text{Т}]$$

10. Проверяем массу поезда по условию трогания с места $Q_{тр} > Q$:

$$Q_{тр} = \frac{F_{к(тр)}}{(\omega_{тр} + i_{тр}) \cdot g} - P, [\text{Т}]$$

10.1. Определение удельного средневзвешенного сопротивления при трогании с места вагона:

$$\omega_{тр(m)} = \frac{28}{q_{0(m)} + 7}, \left[\frac{\text{H}}{\text{кН}} \right]$$

10.2. Определение средневзвешенного сопротивления при трогании с места состава:

$$\omega_{\text{тр}} = \sum \omega_{\text{тр}(m)}, \left[\frac{H}{kH} \right]$$

11. Определение числа вагонов в составе:

$$n_m = \frac{Q \cdot a_{(m)}}{q_{\text{бр}(m)}}$$

12. Определение длины состава:

$$l_c = \sum (l_{\text{в}(m)} \cdot n_m), [\text{М}]$$

13. Определение длины поезда:

$$l_{\text{п}} = l_c + l_{\text{лок}}, [\text{М}]$$

Вывод.

Справочный материал для выполнения практических работ № 1-2

Таблица 1. Расчетные характеристики грузовых локомотивов

Серия локомотива	Расчетная масса P , [т]	Расчетная сила тяги $F_{к(p)}$, [кН]	Расчетная скорость V_p , [км/ч]	Сила тяги при трогании с места $F_{к(тр)}$, [кН]
Тепловозы				
ТЭ3	254	396,3	20,5	570,9
3ТЭ3	381	594,5	20,5	856,4
М62	120	196,2	20,0	350,2
2М62	240	392,4	20,0	700,4
2ТЭ10Л	260	496,4	23,4	750,5
2ТЭ10В, 2ТЭ10М	276	496,4	23,4	797,6
3ТЭ10М	414	744,6	23,4	941,8
4ТЭ10С	552	992,8	23,4	941,8
2ТЭ116	276	496,4	24,2	797,6
2ТЭ121	300	588,6	26,6	829,9

Таблица 2. Длина подвижного состава

Тепловозы	Длина, м
ТЭ3, ТЭ7, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М	34
2ТЭ116, 2М62	36
3ТЭ10М	51
ТЭ10, ТЭП10, ТЭП10Л, ТЭП60 (1 секция)	19
ТЭП70	22
М62	18

Таблица 3. Характеристики грузовых вагонов

Число осей, m	Вес тары, P_T , [т]	Грузоподъемность, Γ , [т]	Длина вагона, l_B , [м]
4	22,4	63,0	14,0
6	32,0	94,0	17,0
8	47,7	125,0	20,0

Таблица 4. Коэффициенты формул для определения основного удельного сопротивления движению локомотива

Тип конструкции верхнего строения пути	a_0	a_1	a_2
Звеньевой	1,9	0,01	0,0003
Бесстыковой	1,9	0,008	0,00025

Таблица 5. Коэффициенты формул для определения основного удельного сопротивления движению грузовых вагонов

Число осей, m	Звеньевой путь				Бесстыковой путь			
	a	b	c	d	a	b	c	d
4	0,7	3	0,1	0,0025	0,7	3	0,07	0,002
6	0,7	8	0,1	0,0025	0,7	8	0,08	0,002
8	0,7	6	0,038	0,0021	0,7	6	0,026	0,0017

Пример выполнения практических работ №1-2

Тяговые расчеты

Цель работы: научиться определять вес поезда, проверять его по условию трогания с места и определять его длину.

Исходные данные:

1. Тип пути: *звеньевой*
2. Вид тяги: *тепловоз*
3. Серия локомотива: *ТЭЗ*
4. Масса локомотива P , [Т]: *254*
5. Расчетная скорость V_p , $\left[\frac{\text{км}}{\text{ч}}\right]$: *20,5*
6. Расчетная сила тяги $F_{к(р)}$, [Н] : *396300*
7. Сила тяги при трогании с места $F_{к(тр)}$, [Н]: *570900*
8. Длина локомотива $l_{лок}$, [м]: *34*
9. Руководящий уклон i_p , [‰]: *8*
10. Уклон под поездом при трогании с места $i_{тр}$, [‰]: *0,97*
11. Соотношение вагонов в составе по количеству γ_m , [%] : *4-хосных вагонов 34, 6-тиосных вагонов 66*
12. Коэффициент использования грузоподъемности вагонов α : *0,9*
13. Грузоподъемность вагонов Γ_m , [Т]: *4-хосных вагонов 63,0, 6-тиосных вагонов 95,0*
14. Вес тары $P_{Тm}$, [Т]: *4-хосных вагонов 22,4, 6-тиосных вагонов 32,0*
15. Длина вагона $l_{в(m)}$, [м]: *4-хосных вагонов 14,0, 6-тиосных вагонов 17,0*

Ход работы:

1. Определение основного удельного сопротивления движению локомотива:

$$\omega'_0 = a_0 + a_1 \cdot V + a_2 \cdot V^2, \left[\frac{\text{Н}}{\text{кН}}\right]$$

$$\omega'_0 = 1,9 + 0,01 \cdot 20,5 + 0,0003 \cdot 20,5^2 = 2,2311 \left[\frac{\text{Н}}{\text{кН}}\right]$$

где a_0, a_1, a_2 - коэффициенты формулы для определения основного удельного сопротивления движению локомотива, которые зависят от конструкции верхнего строения пути.

2. Определение массы брутто вагонов:

$$q_{\text{бр}(m)} = \alpha \cdot \Gamma_m + P_{T(m)}, [\text{Т}]$$

$$q_{\text{бр}(4)} = 0,9 \cdot 63,0 + 22,4 = 79,1 [\text{Т}]$$

$$q_{\text{бр}(6)} = 0,9 \cdot 94,0 + 32 = 116,6 [\text{Т}]$$

3. Определение массы приходящейся на ось вагона:

$$q_{0(m)} = \frac{q_{\text{бр}(m)}}{m}, \left[\frac{\text{Т}}{\text{ОСЬ}} \right]$$

$$q_{0(4)} = \frac{79,1}{4} = 19,775 \left[\frac{\text{Т}}{\text{ОСЬ}} \right]$$

$$q_{0(6)} = \frac{116,6}{6} = 19,433, \left[\frac{\text{Т}}{\text{ОСЬ}} \right]$$

4. Определение основного удельного сопротивления движению вагонов:

$$\omega''_{0(m)} = a + \frac{b + c \cdot V + d \cdot V^2}{q_{0(m)}}, \left[\frac{\text{H}}{\text{kH}} \right]$$

$$\omega''_{0(4)} = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 20,5 + 0,0025 \cdot 20,5^2}{19,775} = 1,009 \left[\frac{\text{H}}{\text{kH}} \right]$$

$$\omega''_{0(6)} = 0,7 + \frac{8 + 0,1 \cdot 20,5 + 0,0025 \cdot 20,5^2}{19,433} = 1,271 \left[\frac{\text{H}}{\text{kH}} \right]$$

где a, b, c, d - коэффициенты формулы для определения основного удельного сопротивления движению грузовых вагонов, которые зависят от конструкции верхнего строения пути.

5. Определение доли вагонов в составе по массе:

$$a_{(m)} = \frac{\gamma_m \cdot q_{\text{бр}(m)}}{\sum(\gamma_m \cdot q_{\text{бр}(m)})}$$

$$a_{(4)} = \frac{34 \cdot 79,1}{(34 \cdot 79,1) + (66 \cdot 116,6)} = 0,259$$

$$a_{(6)} = \frac{66 \cdot 116,6}{(34 \cdot 79,1) + (66 \cdot 116,6)} = 0,741$$

6. Проверка:

$$\sum a_m = 1$$

$$0,259 + 0,741 = 1$$

7. Определение основного средневзвешенного сопротивления движению вагонного состава:

$$\omega_0 = \sum (\omega''_{0(m)} \cdot a_m), \left[\frac{H}{kH} \right]$$

$$\omega_0 = 1,009 + 1,271 = 2,28 \left[\frac{H}{kH} \right]$$

8. Определение веса состава:

$$Q = \frac{F_{к(p)} - g \cdot P \cdot (\omega'_0 + i_p)}{(\omega_0 + i_p) \cdot g}, [T]$$

$$Q = \frac{396300 - 9,81 \cdot 254 \cdot (2,2311 + 8)}{(2,28 + 8) \cdot 9,81} = 3425,5 [T]$$

9. Определяем массу поезда:

$$Z_{п} = P + Q, [T]$$

$$Z_{п} = 254 + 3425,5 = 3679,5 [T]$$

10. Проверяем массу поезда по условию трогания с места $Q_{тр} > Q$:

$$Q_{тр} = \frac{F_{к(тр)}}{(\omega_{тр} + i_{тр}) \cdot g} - P, [T]$$

$$Q_{тр} = \frac{396300}{(2,105 + 0,97) \cdot 9,81} - 254 = 12883,41, [T]$$

$$12883,41 > 3425,5$$

10.1. Определение удельного средневзвешенного сопротивления при трогании с места вагона:

$$\omega_{тр(m)} = \frac{28}{q_{0(m)} + 7}, \left[\frac{H}{kH} \right]$$

$$\omega_{тр(4)} = \frac{28}{19,775 + 7} 1,046 \left[\frac{H}{kH} \right]$$

$$\omega_{тр(6)} = \frac{28}{19,433 + 7} 1,059 \left[\frac{H}{kH} \right]$$

10.2. Определение средневзвешенного сопротивления при трогании с места состава:

$$\omega_{\text{тр}} = \sum \omega_{\text{тр}(m)}, \left[\frac{H}{kH} \right]$$

$$\omega_{\text{тр}} = 1,046 + 1,059 = 2,105 \left[\frac{H}{kH} \right]$$

11. Определение числа вагонов в составе:

$$n_m = \frac{Q \cdot a_{(m)}}{q_{\text{бр}(m)}}$$

$$n_4 = \frac{3425,5 \cdot 0,256}{79,1} = 11,22 \approx 11$$

$$n_6 = \frac{3425,5 \cdot 0,741}{116,6} = 21,76 \approx 22$$

12. Определение длины состава:

$$l_c = \sum (l_{\text{в}(m)} \cdot n_m), [\text{м}]$$

$$l_c = l_{\text{в}(4)} \cdot n_4 + l_{\text{в}(6)} \cdot n_6 = 14,0 \cdot 11 + 17,0 \cdot 22 = 528 [\text{м}]$$

13. Определение длины поезда:

$$l_{\text{п}} = l_c + l_{\text{лок}}, [\text{м}]$$

$$l_{\text{п}} = 528 + 34 = 562 [\text{м}]$$

Вывод: Я научился определять вес поезда ($Z_{\text{п}} = 3679,5 [\text{т}]$), проверять его по условию трогания с места ($Q_{\text{тр}} > Q = 12883,41 [\text{т}] > 3425,5 [\text{т}]$) и определять его длину ($l_{\text{п}} = 562 [\text{м}]$).