

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Transporta un mašīnzinību fakultāte

Dzelzceļa transporta institūts

LOKOMOTĪVJU VILCES TEORIJA

Kursa darbs

Rīga, 2009

SATURS

SATURS	2
1. KURSA DARBA UZDEVUMS	3
2. VILCIENA SASTĀVA NOTEIKŠANA.....	5
3. PROFILA IZLĪDZINĀŠANA	9
4. ĪPATNĒJO SPĒKU NOTEIKŠANA	16
5. MAKSIMĀLĀ DROŠĀ KUSTĪBAS ĀTRUMA NOTEIKŠANA	21
6. KUSTĪBAS ĀTRUMA UN LAIKA NOTEIKŠANA.....	23
7. VILCES DZINĒJU SILŠANAS APRĒĶINS.....	31
8. DEGVIELAS PATĒRIŅA APRĒĶINS.....	34
LITERATŪRAS SARAKSTS.....	35

1. KURSA DARBA UZDEVUMS

Kursa darba uzdevums ir, atbilstoši metodisko norādījumu 3. variantam, veikt profila analīzi, noteikt aprēķina kāpumu, sastāva masu, pārbaudīt stāvāko kāpumu pārvarēšanu, iekustēšanos no vietas, ievietošanos stacijas ceļu garumā, izlīdzināt profilu, noteikt īpatnējos vilces spēkus, maksimālo drošo kustības ātrumu kritumos, sastādīt ātruma un laika grafikus kā funkciju no ceļa, noteikt iecirkņa tehnisko ātrumu, pārbaudīt elektromašīnu sasilšanu, noteikt lokomotīves degvielas patēriņu.

Uzdevuma sākumdati:

Lokomotīve – 2M62

Vilciena sastāva masas procentuālais sastāvs:

Astoņas vagoni $\beta = 18\%$

Četrus vagoni $\alpha = 82\%$;

Vagona bruto masa:

Astoņas vagoni $q_8 = 166 \text{ t}$

Četrus vagoni $q_4 = 88 \text{ t}$

Bremzējošo asu īpatsvars $\sigma = 97\%$

Pieņemšanas – nosūtīšanas ceļu garums $l_p = 850 \text{ m}$

Bremžu kluču veids – čuguna.

Lokomotīves aprēķina vilcējspēks $F_{ra} = 392 \text{ kN}$

Lokomotīves aprēķina ātrums $v_a = 20 \text{ km/h}$

Lokomotīves aprēķina masa $P = 240 \text{ t}$

Lokomotīves konstruktīvais ātrums $v_{konstr} = 100 \text{ km/h}$

Vilcējspēks uzsākot kustību $F_{r_{iekust}} = 700 \text{ kN}$

Lokomotīvju garums $l_l = 36 \text{ m}$

Piedzīto asu skaits – 12.

Vilciena sastāvs pārvietojas pa iecirkni, kas dots 1. tabulā, no stacijas E caur staciju K (bez apstājas) līdz stacijai A.

1. tabula

Profila elementa numurs	Slīpums, promiles	Elementa garums, m	Līknes (rādiuss un garums metros)	Sadales punkti
1	0,0	1900		Stacija E
2	-4,0	1200	$R=1500, s=850$	
3	-2,0	1500		
4	-1,0	1650		
5	0	1850		
6	+8,0	6500		
7	0,0	700		
8	-3,0	800	$R=700, s=400$	
9	-4,0	1400		
10	0	800		
11	+10,0	1450		
12	0,0	600		
13	-3,0	400	$R=650, s=400$	
14	-5,0	300		
15	-1,5	1700		Stacija K
16	-6,0	500	$R=700, s=500$	
17	0,0	400		
18	-7,0	7000		
19	-9,0	2000		
20	0,0	1600	$R=1000, s=600$	
21	+5,0	2000		
22	+3,0	1800	$R=800, s=1000$	
23	+1,5	1800		Stacija A

2. VILCIENA SASTĀVA NOTEIKŠANA

Analizējot doto profilu redzams, ka stāvākais kāpums šajā iecirknī ir 11. elementā (+10,0 promiles), taču šī elementa garums nav liels (1450 m) un pirms tā novietots neliels kritums un horizontāls posms, tāpēc par aprēķina kāpumu pieņemsim 6. elementu, ar slīpumu $i_a = +8,0$ promiles un garumu 6500 m.

Vilciena sastāva masu, ar kādu iespējams pārvarēt aprēķina kāpumu, var noteikt pēc formulas:

$$Q = \frac{F_{ra} - (\omega'_0 + i_a) \cdot P \cdot g}{(\omega''_0 + i_a) \cdot g} \quad (2.1)$$

kur $\omega'_0 = 2,22 \text{ N/kN}$ - īpatnējā lokomotīves kustības pamatpretestība pie lokomotīves aprēķina ātruma $v_a = 20 \text{ km/h}$, pēc [3] datiem,

ω''_0 - īpatnējā vagonu kustības pamatpretestība pie lokomotīves aprēķina ātruma,

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ - brīvās krišanas paātrinājums.

Īpatnējā vagonu kustības pamatpretestība:

$$\omega''_0 = \alpha \omega''_{04} + \beta \omega''_{08} \quad (2.2)$$

kur $\omega''_{04} = 0,7 + \frac{3 + 0,1v + 0,0025v^2}{q_{04}}$ - četrasu vagonu īpatnējā kustības

pamatpretestība,

$v = v_a = 20 \text{ km/h}$ - kustības ātrums,

$q_{04} = \frac{q_4}{4} = \frac{88}{4} = 22 \text{ t/ass}$ - četrasu vagonu asslodze,

$\omega''_{08} = 0,7 + \frac{6 + 0,038v + 0,0021v^2}{q_{08}}$ - astoņasu vagonu īpatnējā kustības

pamatpretestība,

$q_{08} = \frac{q_8}{8} = \frac{166}{8} = 20,75 \text{ t/ass}$ - astoņasu vagonu asslodze.

Ievietojot (2.2) visas vērtības:

$$\begin{aligned} \omega''_0 &= \alpha \omega''_{04} + \beta \omega''_{08} = \\ &= \alpha \cdot \left(0,7 + \frac{3 + 0,1v + 0,0025v^2}{q_{04}} \right) + \beta \cdot \left(0,7 + \frac{6 + 0,038v + 0,0021v^2}{q_{08}} \right) = \end{aligned}$$

$$= 0,82 \cdot \left(0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 20 + 0,0025 \cdot 20^2}{22} \right) + 0,18 \cdot \left(0,7 + \frac{6 + 0,038 \cdot 20 + 0,0021 \cdot 20^2}{20,75} \right) =$$

$$= 0,99 \text{ N/kN}$$

Ievietojot visas vērtības (2.1):

$$Q = \frac{F_{ra} - (\omega'_0 + i_a) \cdot P \cdot g}{(\omega''_0 + i_a) \cdot g} = \frac{392 \cdot 10^3 - (2,22 + 8,0) \cdot 240 \cdot 9,81}{(0,99 + 8,0) \cdot 9,81} = 4170 \approx$$

$$\approx 4150 \text{ t}$$

Zinot sastāva masu, pārbaudīsim tā spēju pārvarēt stāvāko iecirkņa kāpumu (11. elements, kāpums $i_p = +10,0$ promiles, garums $s_p = 1450 \text{ m}$).

Ceļu, kādā vilciena ātrums no lieluma, ar kādu tas piebrauc pie 11. elementa, nokrītās līdz lielumam, kas sakrīt ar lokomotīves aprēķina ātrumu, var noteikt pēc formulas:

$$s = \frac{4,17 \cdot (v_2^2 - v_1^2)}{(f_r - \omega_r)_{vid}} \quad (2.3)$$

kur $v_1 = 70 \text{ km/h}$, $v_2 = v_a = 20 \text{ km/h}$ - atbilstoši pieņemtais ātrums 11. elementa sākumā un kritiskā elementa beigās.

Vidējais ātrums šā ceļa laikā:

$$v_{vid} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{70 + 20}{2} = 45 \text{ km/h} \quad (2.4)$$

Vidējie īpatnējie vilces un pretestības spēki:

$$f_{rvid} = \frac{F_{rvid}}{(P + Q) \cdot g} = \frac{194 \cdot 10^3}{(240 + 4150) \cdot 9,81} = 4,5 \text{ N/kN} \quad (2.5)$$

$$\omega_{rvid} = \frac{(\omega'_{0vid} + i_p) \cdot P \cdot g + (\omega''_{0vid} + i_p) \cdot Q \cdot g}{(P + Q) \cdot g} \quad (2.6)$$

kur $F_{rvid} = 194 \text{ kN}$ - lokomotīves vilcējspēks uz riteņa aploces pie $v_{vid} = 45 \text{ km/h}$, pēc [2] datiem,

$\omega'_{0vid} = 2,96 \text{ N/kN}$ - īpatnējā lokomotīves kustības pamatpretestība pie $v_{vid} = 45 \text{ km/h}$, pēc [3] datiem,

Vagonu īpatnējā kustības pamatpretestība pie vidējā ātruma atbilstoši (2.2) formulai:

$$\omega''_{0vid} = \alpha \omega''_{04vid} + \beta \omega''_{08vid} =$$

$$\begin{aligned}
&= \alpha \cdot \left(0,7 + \frac{3 + 0,1v_{vid} + 0,0025v_{vid}^2}{q_{04}} \right) + \beta \cdot \left(0,7 + \frac{6 + 0,038v_{vid} + 0,0021v_{vid}^2}{q_{08}} \right) = \\
&= 0,82 \cdot \left(0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 45 + 0,0025 \cdot 45^2}{22} \right) + 0,18 \cdot \left(0,7 + \frac{6 + 0,038 \cdot 45 + 0,0021 \cdot 45^2}{20,75} \right) = \\
&= 1,27 \text{ N/kN}
\end{aligned}$$

Ievietojot (2.6):

$$\begin{aligned}
\omega_{rvid} &= \frac{(\omega'_{0vid} + i_p) \cdot P \cdot g + (\omega''_{0vid} + i_p) \cdot Q \cdot g}{(P + Q) \cdot g} = \\
&= \frac{(2,96 + 10) \cdot 240 \cdot 9,81 + (1,27 + 10) \cdot 4150 \cdot 9,81}{(240 + 4150) \cdot 9,81} = 11,4 \text{ N/kN}
\end{aligned}$$

Ievietojot (2.3):

$$s = \frac{4,17 \cdot (v_2^2 - v_1^2)}{(f_r - \omega_r)_{vid}} = \frac{4,17 \cdot (20^2 - 70^2)}{(4,5 - 11,4)} = 2720 \text{ m}$$

Salīdzinot šo ceļu ar 11. elementa garumu, redzams, ka pārvarot 11. elementu ar sākuma ātrumu 70 km/h, ātrums nepaspēj nokristies līdz lokomotīves aprēķina ātrumam, tātad kāpuma pārvarēšana ir nodrošināta.

Pārbaudīsim sastāva iespējamību sākt kustību no sadales punktiem, šajā gadījumā visneizdevīgākais stāvoklis ir stacijā A, kurā ir kāpums $i_{iekust} = +1,5$ promiles.

Īpatnējā vagonu iekustināšanas pretestība:

$$\omega_{iekust} = \alpha \omega_{iekust4} + \beta \omega_{iekust8} = 0,82 \cdot 0,97 + 0,18 \cdot 1,01 = 0,98 \text{ N/kN} \quad (2.7)$$

kur $\omega_{iekust4} = \frac{28}{q_{04} + 7} = \frac{28}{22 + 7} = 0,97 \text{ N/kN}$ - četrasu vagonu īpatnējā iekustināšanas pretestība,

$$\omega_{iekust8} = \frac{28}{q_{08} + 7} = \frac{28}{20,75 + 7} = 1,01 \text{ N/kN} \quad - \quad \text{astoņasu vagonu īpatnējā}$$

iekustināšanas pretestība.

Vilciena sastāva svārs, kuru var iekustināt šajā stacijā:

$$Q_{iekust} = \frac{F_{r_{iekust}}}{(\omega_{iekust} + i_{iekust}) \cdot g} - P = \frac{700 \cdot 10^3}{(0,98 + 1,5) \cdot 9,81} - 240 = 28500 \text{ t} \quad (2.8)$$

Redzams, ka sastāva iekustināšana nesagādā grūtības.

Pārbaudīsim iespēju ievietot vilciena sastāvu stacijas ceļu robežās.

Vagonu skaits sastāvā pa veidiem:

$$m_4 = \frac{\alpha Q}{q_4} = \frac{0,82 \cdot 4150}{88} = 38,7 \approx 38 \text{ četrasu vagoni} \quad (2.9)$$

$$m_8 = \frac{\beta Q}{q_8} = \frac{0,18 \cdot 4150}{166} = 4,5 \approx 5 \text{ astoņasu vagoni} \quad (2.10)$$

Vilciena sastāva kopējais garums:

$$l_s = 20 \cdot m_8 + 15 \cdot m_4 + l_l + 10 = 20 \cdot 5 + 15 \cdot 38 + 36 + 10 = 716 \text{ m} \quad (2.11)$$

Redzams, ka sastāva garums nepārsniedz pieņemšanas/nosūtīšanas ceļu garumu (716 m < 850 m).

3. PROFILA IZLĪDZINĀŠANA

Lai atvieglotu aprēķinus, izlīdzināsim profilu, apvienojot vairākus viena slīpuma profila elementus. Redzams, ka apvienot iespējams 2. – 5. profila elementu, 7. – 10. elementu, 12. – 14. elementu, 16. – 20. elementu, 21. – 22. elementu.

Apvienosim 2. – 5. profila elementu:

$$i_2 = -4,0 \text{ promiles} \quad S_2 = 1200 \text{ m} \quad R_2 = 1500 \text{ m} \quad S_{\text{likne2}} = 850 \text{ m}$$

$$i_3 = -2,0 \text{ promiles} \quad S_3 = 1500 \text{ m}$$

$$i_4 = -1,0 \text{ promiles} \quad S_4 = 1650 \text{ m}$$

$$i_5 = 0,0 \text{ promiles} \quad S_5 = 1850 \text{ m}$$

Apvienotā elementa garums un kāpums:

$$s_a = 1200 + 1500 + 1650 + 1850 = 6200 \text{ m} \quad (3.1)$$

$$i_a = \frac{\sum(i_i \cdot s_i)}{s_a} = \frac{(-4,0) \cdot 1200 + (-2,0) \cdot 1500 + (-1,0) \cdot 1650 + 0,0 \cdot 1850}{6200} = -1,5 \text{ promiles} \quad (3.2)$$

Pārbaudām apvienošanas pamatotību:

$$\Delta i_2 = |i_a - i_2| = |-1,5 - (-4,0)| = 2,5 \text{ promiles}$$

$$\Delta i_3 = |-1,5 - (-2,0)| = 0,5 \text{ promiles}$$

$$\Delta i_4 = |-1,5 - (-1,0)| = 0,5 \text{ promiles}$$

$$\Delta i_5 = |-1,5 - 0,0| = 1,5 \text{ promiles}$$

$$s_2 = 1200 \text{ m} > \frac{2000}{\Delta i_2} = \frac{2000}{2,5} = 800 \text{ m}, \text{ tātad 2. elementu nedrīkst apvienot,}$$

$$s_3 = 1500 \text{ m} < \frac{2000}{0,5} = 4000 \text{ m}, \text{ tātad 3. elementu drīkst apvienot,}$$

$$s_4 = 1650 \text{ m} < \frac{2000}{0,5} = 4000 \text{ m}, \text{ tātad 4. elementu drīkst apvienot,}$$

$$s_5 = 1850 \text{ m} > \frac{2000}{1,5} = 1330 \text{ m}, \text{ tātad 5. elementu nedrīkst apvienot.}$$

Secinām, ka apvienot var tikai 3. un 4. elementu:

$$s_a = 1500 + 1650 = 3150 \text{ m}$$

$$i_a = \frac{\sum(i_i \cdot s_i)}{s_a} = \frac{(-2,0) \cdot 1500 + (-1,0) \cdot 1650}{3150} = -1,5 \text{ promiles}$$

Pārbaudām apvienošanas pamatotību:

$$\Delta i_3 = |-1,5 - (-2,0)| = 0,5 \text{ promiles}$$

$$\Delta i_4 = |-1,5 - (-1,0)| = 0,5 \text{ promiles}$$

$$s_3 = 1500 \text{ m} < \frac{2000}{0,5} = 4000 \text{ m}, \text{ tātad 3. elementu drīkst apvienot,}$$

$$s_4 = 1650 \text{ m} < \frac{2000}{0,5} = 4000 \text{ m}, \text{ tātad 4. elementu drīkst apvienot.}$$

Apvienosim 2. elementu, ņemot vērā līknes radīto papildpretestību:

$$i''_2 = \frac{700}{s_2} \cdot \frac{s_{\text{līkne } 2}}{R_2} = \frac{700}{1200} \cdot \frac{850}{1500} = 0,3 \text{ promiles} \quad (3.3)$$

Kopējais apvienotā 2. elementa kāpums:

$$i_2 = i'_2 + i''_2 = -4,0 + 0,3 = -3,7 \text{ promiles} \quad (3.4)$$

Apvienosim 7. – 10. profila elementu:

$$i_7 = 0,0 \text{ promiles} \quad S_7 = 700 \text{ m}$$

$$i_8 = -3,0 \text{ promiles} \quad S_8 = 800 \text{ m} \quad R_8 = 700 \text{ m} \quad S_{\text{līkne } 8} = 400 \text{ m}$$

$$i_9 = -4,0 \text{ promiles} \quad S_9 = 1400 \text{ m}$$

$$i_{10} = 0,0 \text{ promiles} \quad S_{10} = 800 \text{ m}$$

Apvienotā elementa garums un kāpums:

$$s_a = 700 + 800 + 1400 + 800 = 3700 \text{ m}$$

$$i_a = \frac{\sum(i_i \cdot s_i)}{s_a} = \frac{0,0 \cdot 700 + (-3,0) \cdot 800 + (-4,0) \cdot 1400 + 0,0 \cdot 800}{3700} = -2,2 \text{ promiles}$$

Pārbaudām apvienošanas pamatotību:

$$\Delta i_7 = |i_a - i_7| = |-2,2 - 0,0| = 2,2 \text{ promiles}$$

$$\Delta i_8 = |-2,2 - (-3,0)| = 0,8 \text{ promiles}$$

$$\Delta i_9 = |-2,2 - (-4,0)| = 1,8 \text{ promiles}$$

$$\Delta i_{10} = |-2,2 - 0,0| = 2,2 \text{ promiles}$$

$$s_7 = 700 \text{ m} < \frac{2000}{\Delta i_7} = \frac{2000}{2,2} = 910 \text{ m}, \text{ tātad 7. elementu drīkst apvienot,}$$

$$s_8 = 800 \text{ m} < \frac{2000}{0,8} = 2500 \text{ m}, \text{ tātad 8. elementu drīkst apvienot,}$$

$$s_9 = 1400 \text{ m} > \frac{2000}{1,8} = 1110 \text{ m}, \text{ tātad 9. elementu nedrīkst apvienot,}$$

$$s_{10} = 800 \text{ m} < \frac{2000}{2,2} = 910 \text{ m}, \text{ tātad 10. elementu drīkst apvienot.}$$

Secinām, ka apvienot var tikai 7. un 8. elementu:

$$s_a = 700 + 800 = 1500 \text{ m}$$

$$i'_a = \frac{\sum(i_i \cdot s_i)}{s_a} = \frac{0,0 \cdot 700 - 3,0 \cdot 800}{1500} = -1,6 \text{ promiles}$$

Pārbaudām apvienošanas pamatotību:

$$\Delta i_7 = |i_a - i_7| = |-1,6 - 0,0| = 1,6 \text{ promiles}$$

$$\Delta i_8 = |-1,6 - (-3,0)| = 1,4 \text{ promiles}$$

$$s_7 = 700 \text{ m} < \frac{2000}{\Delta i_7} = \frac{2000}{1,6} = 1250 \text{ m}, \text{ tātad 7. elementu drīkst apvienot,}$$

$$s_8 = 800 \text{ m} < \frac{2000}{1,4} = 1430 \text{ m}, \text{ tātad 8. elementu drīkst apvienot.}$$

Līknes radītā papildpretestība:

$$i''_a = \frac{700}{s_a} \cdot \sum \frac{s_{likne i}}{R_i} = \frac{700}{1500} \cdot \frac{400}{700} = 0,3 \text{ promiles}$$

Kopējais apvienotā posma kāpums:

$$i_a = i'_a + i''_a = -1,6 + 0,3 = -1,3 \text{ promiles}$$

Apvienosim 12. – 14. profila elementu:

$$i_{12} = 0,0 \text{ promiles} \quad S_{12} = 600 \text{ m}$$

$$i_{13} = -3,0 \text{ promiles} \quad S_{13} = 400 \text{ m} \quad R_{13} = 650 \text{ m} \quad S_{likne13} = 400 \text{ m}$$

$$i_{14} = -5,0 \text{ promiles} \quad S_{14} = 300 \text{ m}$$

Apvienotā elementa garums un kāpums:

$$s_a = 600 + 400 + 300 = 1300 \text{ m}$$

$$i'_a = \frac{\sum(i_i \cdot s_i)}{s_a} = \frac{0,0 \cdot 600 + (-3,0) \cdot 400 + (-5,0) \cdot 300}{1300} = -2,1 \text{ promiles}$$

Pārbaudām apvienošanas pamatotību:

$$\Delta i_{12} = |i_a - i_{12}| = |-2,1 - 0,0| = 2,1 \text{ promiles}$$

$$\Delta i_{13} = |-2,1 - (-3,0)| = 0,9 \text{ promiles}$$

$$\Delta i_{14} = |-2,1 - (-5,0)| = 2,9 \text{ promiles}$$

$$s_{12} = 600 \text{ m} < \frac{2000}{\Delta i_{12}} = \frac{2000}{2,1} = 950 \text{ m}, \text{ tātad 12. elementu drīkst apvienot,}$$

$$s_{13} = 400 \text{ m} < \frac{2000}{0,9} = 2220 \text{ m}, \text{ tātad 13. elementu drīkst apvienot,}$$

$$s_{14} = 300 \text{ m} < \frac{2000}{2,9} = 690 \text{ m}, \text{ tātad 14. elementu drīkst apvienot.}$$

Līknes radītā papildpretestība:

$$i''_a = \frac{700}{s_a} \cdot \sum \frac{s_{likne i}}{R_i} = \frac{700}{1300} \cdot \frac{400}{650} = 0,3 \text{ promiles}$$

Kopējais apvienotā posma kāpums:

$$i_a = i'_a + i''_a = -2,1 + 0,3 = -1,8 \text{ promiles}$$

Apvienosim 16. – 20. profila elementu:

$$i_{16} = -6,0 \text{ promiles} \quad S_{16} = 500 \text{ m} \quad R_{16} = 700 \text{ m} \quad S_{likne16} = 500 \text{ m}$$

$$i_{17} = 0,0 \text{ promiles} \quad S_{17} = 400 \text{ m}$$

$$i_{18} = -7,0 \text{ promiles} \quad S_{18} = 7000 \text{ m}$$

$$i_{19} = -9,0 \text{ promiles} \quad S_{19} = 2000 \text{ m}$$

$$i_{20} = 0,0 \text{ promiles} \quad S_{20} = 1600 \text{ m} \quad R_{20} = 1000 \text{ m} \quad S_{likne20} = 600 \text{ m} \dots\dots\dots$$

Apvienotā elementa garums un kāpums:

$$s_a = 500 + 400 + 7000 + 2000 + 1600 = 11500 \text{ m}$$

$$i_a = \frac{\sum(i_i \cdot s_i)}{s_a} =$$

$$= \frac{(-6,0) \cdot 500 + (0,0) \cdot 400 + (-7,0) \cdot 7000 + (-9,0) \cdot 2000 + (0,0) \cdot 1600}{11500} = -6,1 \text{ promiles}$$

Pārbaudām apvienošanas pamatotību:

$$\Delta i_{16} = |i_a - i_{16}| = |-6,1 - (-6,0)| = 0,1 \text{ promiles}$$

$$\Delta i_{17} = |-6,1 - 0,0| = 6,1 \text{ promiles}$$

$$\Delta i_{18} = |-6,1 - (-7,0)| = 0,9 \text{ promiles}$$

$$\Delta i_{19} = |-6,1 - (-9,0)| = 2,9 \text{ promiles}$$

$$\Delta i_{20} = |-6,1 - 0,0| = 6,1 \text{ promiles}$$

$$s_{16} = 500 \text{ m} < \frac{2000}{\Delta i_{16}} = \frac{2000}{0,1} = 20000 \text{ m}, \text{ tātad 16. elementu drīkst apvienot,}$$

$$s_{17} = 400 \text{ m} > \frac{2000}{6,1} = 330 \text{ m}, \text{ tātad 17. elementu nedrīkst apvienot,}$$

$$s_{18} = 7000 \text{ m} > \frac{2000}{0,9} = 2220 \text{ m}, \text{ tātad 18. elementu nedrīkst apvienot,}$$

$$s_{19} = 2000 \text{ m} > \frac{2000}{2,9} = 690 \text{ m}, \text{ tātad 19. elementu nedrīkst apvienot,}$$

$$s_{20} = 1600 \text{ m} > \frac{2000}{6,1} = 330 \text{ m}, \text{ tātad 20. elementu drīkst apvienot.}$$

Mēģināsim apvienot tikai 16. un 17. elementu:

$$s_a = 500 + 400 = 900 \text{ m}$$

$$i'_a = \frac{\sum(i_i \cdot s_i)}{s_a} = \frac{(-6,0) \cdot 500 + 0,0 \cdot 400}{900} = -3,3 \text{ promiles}$$

Pārbaudām apvienošanas pamatotību:

$$\Delta i_{16} = |i'_a - i_{16}| = |-3,3 - (-6,0)| = 2,7 \text{ promiles}$$

$$\Delta i_{17} = |-3,3 - 0,0| = 3,3 \text{ promiles}$$

$$s_{16} = 500 \text{ m} < \frac{2000}{\Delta i_{16}} = \frac{2000}{2,7} = 740 \text{ m}, \text{ tātad 16. elementu drīkst apvienot,}$$

$$s_{17} = 400 \text{ m} < \frac{2000}{3,3} = 610 \text{ m}, \text{ tātad 17. elementu drīkst apvienot.}$$

Līknes radītā papildpretestība:

$$i''_a = \frac{700}{s_a} \cdot \sum \frac{s_{likne i}}{R_i} = \frac{700}{900} \cdot \frac{500}{700} = 0,6 \text{ promiles}$$

Kopējais apvienotā posma kāpums:

$$i_a = i'_a + i''_a = -3,3 + 0,6 = -2,7 \text{ promiles}$$

Apvienosim 20. elementu, ņemot vērā līknes radīto papildpretestību:

$$i''_{20} = \frac{700}{s_{20}} \cdot \frac{s_{likne 20}}{R_{20}} = \frac{700}{1600} \cdot \frac{600}{1000} = 0,3 \text{ promiles}$$

Kopējais apvienotā 20. elementa kāpums:

$$i_{20} = i'_{20} + i''_{20} = 0,0 + 0,3 = +0,3 \text{ promiles}$$

Apvienosim 21. – 22. profila elementu:

$$i_{21} = +5,0 \text{ promiles} \quad S_{21} = 2000 \text{ m}$$

$$i_{22} = +3,0 \text{ promiles} \quad S_{22} = 1800 \text{ m} \quad R_{22} = 800 \text{ m} \quad S_{likne 22} = 1000 \text{ m}$$

Apvienotā elementa garums un kāpums:

$$s_a = 2000 + 1800 = 3800 \text{ m}$$

$$i'_a = \frac{\sum(i_i \cdot s_i)}{s_a} = \frac{(+5,0) \cdot 2000 + (+3,0) \cdot 1800}{3800} = +4,1 \text{ promiles}$$

Pārbaudām apvienošanas pamatotību:

$$\Delta i_{21} = |i_a - i_{21}| = |4,1 - 5,0| = 0,9 \text{ promiles}$$

$$\Delta i_{22} = |4,1 - 3,0| = 1,1 \text{ promiles}$$

$$s_{21} = 2000 \text{ m} < \frac{2000}{\Delta i_{21}} = \frac{2000}{0,9} = 2220 \text{ m}, \text{ tātad 21. elementu drīkst apvienot,}$$

$$s_{22} = 1800 \text{ m} < \frac{2000}{1,1} = 1820 \text{ m}, \text{ tātad 22. elementu drīkst apvienot.}$$

Līknes radītā papildpretestība:

$$i''_a = \frac{700}{s_a} \cdot \sum \frac{s_{likne i}}{R_i} = \frac{700}{3800} \cdot \frac{1000}{800} = 0,2 \text{ promiles}$$

Kopējais apvienotā posma kāpums:

$$i_a = i'_a + i''_a = +4,1 + 0,2 = +4,3 \text{ promiles}$$

2. tabulā apkopots uzdevumā dotais sākuma profils un izlīdzinātais profils.

2. tabula

Profila elementa numurs	Elementa garums s , m	Slīpums i , promiles	Līknes		Izlīdzinātais profils					
			Rādiuss R , m	Garums s_{liknes} , m	Izlīdzinātā elementa garums s_a , m	Izlīdzinātā elementa slīpums i'_a , promiles	Fiktīvais slīpums no līkņu pretestības i''_a , promiles	Kopējais slīpums $i_a = i'_a + i''_a$, promiles	Profila elementa numurs	
1	1900	0,0			1900	0,0		0,0	I	
2	1200	-4,0	1500	850	1200	-4,0	0,3	-3,7	II	
3	1500	-2,0			3150	-1,5		-1,5	III	
4	1650	-1,0			1850	0		0	IV	
5	1850	0			6500	+8,0		+8,0	V	
6	6500	+8,0				1500	-1,6	0,3	-1,3	VI
7	700	0,0				700	400	1400	-4,0	-4,0
8	800	-3,0			800	0		0	VIII	
9	1400	-4,0			1450	+10,0		+10,0	IX	
10	800	0				1300		-2,1	0,3	-1,8
11	1450	+10,0				1700	-1,5		-1,5	XI
12	600	0,0				900	-3,3	0,6	-2,7	XII
13	400	-3,0	650	400		7000	-7,0	-7,0	XIII	
14	300	-5,0		2000		-9,0	-9,0	XIV		
15	1700	-1,5		1000		600	1600	0,0	0,3	XV
16	500	-6,0				3800	+4,1	0,2	+4,3	XVI
17	400	0,0	800			1000				
18	7000	-7,0				1800		+1,5	+1,5	XVII
19	2000	-9,0								
20	1600	0,0								
21	2000	+5,0								
22	1800	+3,0								
23	1800	+1,5								

Iecirkņa garums $\sum s_i = 39850 \text{ m}$

4. ĪPATNĒJO SPĒKU NOTEIKŠANA

Lai turpmākā darba gaitā varētu konstruēt grafiskās vilciena kustības sakarības, nepieciešams zināt īpatnējos spēkus, kādi darbojas uz vilcienu tā vilces, tukšgaitas un bremzēšanas režīmos. Šos spēkus aprēķināsim diapazonā no 0 km/h līdz $v_{konstr} = 100 \text{ km/h}$, ar intervālu 10 km/h, rezultātus apkopojot 3. tabulā.

Vilces režīmā uz sastāvu darbojas vilces un sastāva kustības pretestības īpatnējo spēku starpība $f_1(v) = f_r - \omega_0$.

Pēc [2] datiem nosakām katram kustības ātrumam atbilstošo lokomotīves vilcējspēku uz riteņa apmales F_r (1. attēls), spēks iekustoties ($v=0 \text{ km/h}$) atbilst $F_{r_{iekust}}$.

Lokomotīves kustības īpatnējo pretestību vilces režīmā ω'_0 noteiksim pēc [3] datiem. Sastāva kustības īpatnējo pretestību ω''_0 noteiksim izmantojot (2.2) formulu.

Tukšgaitas režīmā uz sastāvu darbojas tikai sastāva kustības pretestības īpatnējie spēki $f_2(v) = \omega_{0x}$. Lokomotīves īpatnējo kustības pretestību tukšgaitas režīmā ω_x noteiksim pēc [2] datiem.

Bremzēšanas režīmā uz sastāvu darbojas sastāva kustības pretestības īpatnējo spēku un bremzējošo spēku summa, dienesta bremzēšanas gadījumā $f_3(v) = \omega_{0x} + 0,5b_t$, pēkšņās bremzēšanas gadījumā - $f_4(v) = \omega_{0x} + b_t$.

Visās formulās kustības pretestība pie ātruma $v=0 \text{ km/h}$ atbilstoši [1] norādījumiem pieņemta tāda pati kā pie $v=10 \text{ km/h}$.

Īpatnējo bremzējošo spēku nosaka pēc formulas:

$$b_t = 1000 \cdot \varphi_{k_{apr}} \cdot g_{apr} \quad (4.1)$$

kur $\varphi_{k_{apr}} = 0,27 \frac{v+100}{5v+100}$ - aprēķina berzes koeficients starp čuguna bremžu kluci un riteņi,

$$g_{apr} = \frac{\sigma \sum k_{apr}}{Q \cdot g} = \frac{\sigma(k_{apr4} \cdot n_4 + k_{apr8} \cdot n_8)}{Q \cdot g} = \frac{0,97 \cdot (68,5 \cdot 152 + 68,5 \cdot 40)}{4150 \cdot 9,81} = 0,313 \quad -$$

aprēķina bremžu koeficients, kN/kN,

$\sigma = 0,97$ - bremzējošo asu īpatsvars sastāvā (dots uzdevumā),

$k_{apr4} = k_{apr8} = 68,5 \text{ kN/ass}$ - aprēķina bremžu kluču spiedspēks čuguna klučiem,

$n_4 = 4m_4 = 4 \cdot 38 = 152$, $n_8 = 8m_8 = 8 \cdot 5 = 40$ - atbilstoši četrasu vagonu un astoņas vagonu asu skaits.

Iegūto īpatnējo vilces spēku vērtības attēlotas 2. attēlā. Šeit un turpmāk grafikiem pieņemtas šādas mēroga koeficientu vērtības:

Lielums	Vispārējie aprēķini	Bremzēšanas ceļa aprēķins
Īpatnējo spēku mērogs $k, \text{ mm} / \frac{N}{kN}$	6	2
Ātruma mērogs $m, \text{ mm} / \frac{km}{h}$	1	2
Ceļa mērogs $y, \text{ mm/km}$	20	240
Laika konstante $\Delta, \text{ mm}$	30	-
Laika mērogs $x, \text{ mm/min}$	10	-

1. attēls

3. tabula

2. attēls

5. MAKSIMĀLĀ DROŠĀ KUSTĪBAS ĀTRUMA NOTEIKŠANA

Lai vilciena sastāvu būtu iespējams droši apturēt bremzēšanas ceļa robežās, jānosaka pieļaujamais kustības ātrums lielākajā no iecirkņa kritumiem (vadošajā kritumā). Uzdevumā apskatītajā iecirknī tas ir 14. izlīdzinātā profila elements ar slīpumu $i_{kr} = -9,0$ promiles. Šādam slīpumam atbilstoši [1] bremzēšanas ceļa pilnais garums ir $s_b = 1200 \text{ m}$. Kopējo bremzēšanas ceļu veido divas komponentes:

$$s_b = s_s + s_d \quad (5.1)$$

kur s_s - bremžu sagatavošanas laikā nobrauktais ceļš,

s_d - bremžu darbības laikā nobrauktais ceļš.

Šie abi lielumi ir atkarīgi no kustības ātruma, pie tam s_d nav lineāra funkcija, tāpēc visvieglāk tos atrast ar [1] izklāstīto grafisko metodi, kuru arī pielietosim.

Bremžu sagatavošanas laikā nobraukto ceļu var noteik pēc formulas:

$$s_s = 0,278 v_s t_s \quad (5.2)$$

kur v_s - vilciena kustības ātrums, km/h, bremzēšanas sākumā,

t_s - bremžu sagatavošanas laiks, sekundes, mūsu gadījumā pie asu skaita

$n_4 + n_8 = 152 + 40 = 192 < 200$ asis tas nosakāms pēc formulas:

$$t_s = 7 - \frac{10i_{kr}}{b_t} \quad (5.3)$$

kur b_t - īpatnējais bremzēšanas spēks pie bremzēšanas sākuma ātruma pēc 3. tabulas.

Bremžu sagatavošanas ceļa grafiku zīmēsim kā taisni, kas iet caur diviem punktiem – atbilstoši pie ātruma $v = 0 \text{ km/h}$ un $v = v_{konstr} = 100 \text{ km/h}$. Pirmajā gadījumā bremžu sagatavošanas ceļš ir $s_s = 0 \text{ m}$, otrajā gadījumā:

$$\begin{aligned} s_s &= 0,278 v_s t_s = 0,278 \cdot v_{konstr} \cdot \left(7 - \frac{10i_{kr}}{b_t} \right) = 0,278 \cdot 100 \cdot \left(7 - \frac{10 \cdot (-9,0)}{28,2} \right) = \\ &= 283 \text{ m} \end{aligned}$$

Atbilstoši grafiskajam risinājumam (3. attēls), pie vadošā krituma $i_{kr} = -9,0$ promiles un bremzēšanas ceļa $s_b = 1200 \text{ m}$, maksimālais drošais kustības ātrums ir $v_{piel} = 81 \text{ km/h}$.

3. attēls

6. KUSTĪBAS ĀTRUMA UN LAIKA NOTEIKŠANA

Noteiksim vilciena kustības ātrumu un laiku atkarībā no nobrauktā ceļa ar grafiskās integrēšanas metodi. Ņemot vērā vilcienu kustību regulējošo normatīvo dokumentu prasības, līdzenumā vai kritumā jāveic bremžu pārbaude pie ātruma 40-60 km/h ar ātruma samazinājumu 15-20 km/h; šķērsojot ieejas pārmijkopu stacijā, kurā paredzēta apstāšanās (stacija A), ātrums nedrīkst pārsniegt 50 km/h, ievērojot apstākli, ka grafikā vilciens tiek attēlots kā materiāls punkts ar masu vilciena sastāva centrā.

Konstruējot ātruma līkni, jāievēro sekojoši ātruma ierobežojumi:

- 1) kravas vagonu un lokomotīves konstruktīvais ātrums – 100 km/h.
- 2) pieļautas kustības ātrums izejot no ceļa stāvokļa – 100 km/h.
- 3) pieļaujamais drošais kustības ātrums lielākajā kritumā $i_{kr} = -9,0$ promiles, ievērojot bremzēšanas ceļa $s_b = 1200 \text{ m}$, ir $v_{piel} = 81 \text{ km/h}$.

Aplūkojamā iecirknī atrodas ilgstošs kritums, kurā vilciena ātrums cenšas pārsniegt pieļaujamo, atbilstoši [2] šajā kritumā jāpielieto regulējošā bremzēšana, lai uzturētu vilciena ātrumu par $\Delta v = 4 \text{ km/h}$ mazāku par pieļaujamo ($v_{piel} - \Delta v = 81 - 4 = 77 \text{ km/h}$).

Kursa darba uzdevums ir noteikt tādu vilciena sastāva svaru, lai maksimāli tiktu izmantota līnijas caurlaides spēja, tāpēc vilciena kustība pa iecirkni notiek ar maksimālo iespējamo ātrumu atkarībā no profila un spēkā esošajiem ierobežojumiem. Taču lai modelētu arī citus iespējamus variantus, tiks apskatīti sekojoši trīs aprēķina režīmi:

- 1) kursa darbā noteiktais aprēķina režīms, kuram tiks noteikta arī vilces dzinēju sasilšana, izmantojot lokomotīves ģeneratora raksturlīkni (8. attēls);
- 2) vilciena sastāva parametri analogiski 1. režīmam, taču šajā gadījumā lokomotīves vadītājs (mašīnists), izmantojot profilu un uzkrāto kinētisko enerģiju centīsies samazināt degvielas patēriņu, nedaudz samazinot tehnisko kustības ātrumu iecirknī;
- 3) vilciena sastāvs uz pusi vieglāks ($Q = 2100 \text{ t}$) nekā kursa darbā noteiktais, ar analogisku četrasu un astoņasu vagonu sadalījumu, kustībai ar palielinātu tehnisko ātrumu iecirknī, šim režīmam papildus sastādīts īpatnējo spēku grafiks (7. attēls).

4. attēls (i rež)

5. attēls (II rež)

6. attēls (III rež)

7. attēls (III rež)

8. attēls

Pamatojoties uz noteiktajiem ātruma un laika grafikiem noteiksim laiku, kāds nepieciešams, lai veiktu posmus starp sadales punktiem, un iecirkņa tehnisko ātrumu.

Laiki posmu un iecirkņa veikšanai apkopoti 4. tabulā.

4. tabula

Posms	Posma garums, km	Posmu veikšanas laiks, min			
		I režīms		II režīms	III režīms
		aprēķina laiks	pieņemts kustības grafikam		
E-K	20,95	31,8	32	32,3	20,7
K-A	17,05	14,8	15	16,8	14,3
Pa visu iecirkni	38	46,6	47	49,1	35

Iecirkņa tehnisko ātrumu var noteikt pēc formulas:

$$v_t = \frac{L \cdot 60}{t_1 + t_2} \quad (6.1)$$

kur $L = 38 \text{ km}$ - iecirkņa garums,

t_1, t_2 - posmu, atbilstoši E-K un K-A, veikšanas laiks, min.

I režīmā:

$$v_{t1} = \frac{L \cdot 60}{t_1 + t_2} = \frac{38 \cdot 60}{31,8 + 14,8} = 48,9 \text{ km/h}$$

II režīmā:

$$v_{t1} = \frac{L \cdot 60}{t_1 + t_2} = \frac{38 \cdot 60}{32,3 + 16,8} = 46,4 \text{ km/h}$$

III režīmā:

$$v_{t1} = \frac{L \cdot 60}{t_1 + t_2} = \frac{38 \cdot 60}{20,7 + 14,3} = 65,1 \text{ km/h}$$

Lai varētu novērtēt aptuvenu dažādu režīmu ietekmi uz līnijas caurlaides spēju (ņemot vērā tikai vilcienu kustības ātrumu), noteiksim vienā diennaktī caurvedamās kravas daudzumu, uzskatot, ka kravas vilcieni tiek nosūtīti bez intervāla starp tiem. Tad vienā diennaktī caurvestās kravas daudzums:

$$q = \frac{24 \cdot 60 \cdot Q}{t_1 + t_2} \text{ t/diennakti}$$

I režīmā:

$$q = \frac{24 \cdot 60 \cdot Q}{t_1 + t_2} = \frac{24 \cdot 60 \cdot 4150}{31,8 + 14,8} = 128000 \text{ t/diennakti}$$

II režīmā:

$$q = \frac{24 \cdot 60 \cdot Q}{t_1 + t_2} = \frac{24 \cdot 60 \cdot 4150}{32,3 + 16,8} = 122000 \text{ t/diennakti}$$

III režīmā:

$$q = \frac{24 \cdot 60 \cdot Q}{t_1 + t_2} = \frac{24 \cdot 60 \cdot 2100}{20,7 + 14,3} = 86400 \text{ t/diennakti}$$

Redzams, ka I režīmā ir vislielākais iecirkņa caurvedamās kravas daudzums, lai gan arī II režīmā tas ir ļoti tuvu tādām pašām, kā I režīmā (starpība ir 5%), taču acīmredzot II režīmā pārvadājumu pašizmaksa būs zemāka.

Savukārt III režīmā iecirkņa caurvedamās kravas daudzums ir ievērojami mazāks (68% apmērā no I režīma), taču iecirkņa tehniskais ātrums ir par 33% lielāks nekā I režīmā. Ja kravu intensitāte ir vidēja, šāds režīms ļauj apvienot kravas vilcienu kustību ar pasažieru vilcienu kustību, kurus raksturo tehniskais ātrums ap 70 km/h piepilsētas satiksmē, īpaši netraucējot pasažieru vilcienu kustību.

7. VILCES DZINĒJU SILŠANAS APRĒĶINS

Lokomotīvei 2M62 jāpārbauda vilces elektrodzinēju sasilšana, kuru veiksīm I kustības režīmā, kā pamata aprēķina režīmā un visvairāk noslogotajā, izmantojot uz 4. attēlā attēlotā kustības grafika uznesto lokomotīves ģenerators strāvu grafiku atkarībā no ceļa, kas izveidots izmantojot lokomotīves ģenerators raksturlīkni (9. attēls).

Vilces dzinēju silšanu pārbaudīsim izmantojot formulu:

$$\tau = \tau_{\infty} \frac{\Delta t}{T} + \tau_0 \left(1 - \frac{\Delta t}{T} \right) \quad (7.1)$$

kur $\tau, ^\circ C$ - vilces dzinēja sasilšanas temperatūra virs apkārtējās vides temperatūras;

$\tau_0, ^\circ C$ - vilces dzinēju sākotnējā temperatūra virs apkārtējās vides temperatūras,

vilcienam atējot no sākuma stacijas $\tau_0 = 15^\circ C$;

$\Delta t, \text{min}$ - aprēķina laika intervāls, kurā vilces strāva tiek pieņemta konstanta;

$\tau_{\infty}, ^\circ C$ - termiskā līdzsvara temperatūra virs apkārtējās vides temperatūras pie dotās vilces strāvas lieluma,

T, min - siltuma laika konstante dotajai vilces strāvas vērtībai, pēc 9. attēla.

Lai ievērotu aprēķinu pareizību un pietiekamu precizitāti, ņemsim vērā, ka jāizpilda sekojošs nosacījums:

$$\frac{\Delta t}{T} \leq 0,1 \quad (7.2)$$

Ja lokomotīve kustas tukšgaitā vai bremzē, dzinēju atdzišanu nosaka pēc formulas:

$$\tau = \tau_0 \left(1 - \frac{\Delta t}{T} \right) \quad (7.3)$$

Maksimālā pieļaujamā vilces dzinēju sasilšanas temperatūra 2M62 lokomotīvēm - $120^\circ C$.

Aprēķini apkopoti 5. tabulā. Kā redzams, nevienā brīdī vilces dzinēju izolācijas temperatūra nepārsniedz pieļaujamo (maksimālā temperatūra ir $50^\circ C < 120^\circ C$).

9. attēls

5. tabula

Izlīdzinātā profila elementi			I_g , A	I_d , A	Δt , min	τ_∞ , °C	T , min	$\frac{\Delta t}{T}$	$1 - \frac{\Delta t}{T}$	$\tau_\infty \frac{\Delta t}{T}$	τ_0 , °C	$\tau_0 \left(1 - \frac{\Delta t}{T}\right)$	τ , °C
Npk.	i_a , promiles	s_a , m											
I	0	1900/2	4490	748	2,46	121	34,2	0,07	0,928	8,70	15	13,92	22,62
II	-3,7	1200	2890	482	0,92	60	28	0,03	0,967	1,97	22,62	21,88	23,85
			0	0	1,06	0	24,3	0,04	0,956	0,00	23,85	22,81	22,81
III	-1,5	3150	3050	508	2,22	64,2	28,4	0,08	0,922	5,02	22,81	21,03	26,05
			2730	455	1,65	57,5	27,7	0,06	0,940	3,43	26,05	24,50	27,92
IV	0	1850	2800	467	1,7	59,2	27,9	0,06	0,939	3,61	27,92	26,22	29,83
			3000	500	2,8	63	28,3	0,10	0,901	6,23	29,83	26,88	33,11
V	+8,0	6500	3160	527	2,8	66,7	28,7	0,10	0,902	6,51	33,11	29,88	36,39
			3340	557	2,8	71,7	29,2	0,10	0,904	6,88	36,39	32,90	39,78
			3520	587	2,8	77,5	29,8	0,09	0,906	7,28	39,78	36,04	43,32
			3520	587	2,17	77,5	29,8	0,07	0,927	5,64	43,32	40,17	45,81
VI	-1,3	1500	3100	517	2,47	65,7	28,6	0,09	0,914	5,67	45,81	41,85	47,53
VII	-4,0	1400	2750	458	1,46	57,8	27,8	0,05	0,947	3,04	47,53	45,03	48,07
VIII	0	800	2780	463	0,72	58	27,9	0,03	0,974	1,50	48,07	46,83	48,33
IX	+10,0	1450	3100	517	1,6	65,7	28,6	0,06	0,944	3,68	48,33	45,63	49,3
X	-1,8	1300	2700	450	1,57	56,8	27,6	0,06	0,943	3,23	49,3	46,50	49,73
XI	-1,5	1700	2630	438	1,66	55,5	27,5	0,06	0,940	3,35	49,73	46,73	50,08
XII	-2,7	900	2700	450	0,78	56,8	27,6	0,03	0,972	1,61	50,08	48,66	50,27
XIII	-7,0	7000	2600	433	0,31	54,8	27,4	0,01	0,989	0,62	50,27	49,70	50,32
			0	0	2,3	0	24,3	0,09	0,905	0,00	50,32	45,56	45,56
			0	0	2,3	0	24,3	0,09	0,905	0,00	45,56	41,25	41,25
			0	0	0,55	0	24,3	0,02	0,977	0,00	41,25	40,32	40,32
XIV	-9,0	2000	0	0	1,56	0	24,3	0,06	0,936	0,00	40,32	37,73	37,73
XV	0,3	1600	2550	425	1,24	53,7	27,3	0,05	0,955	2,44	37,73	36,02	38,46
XVI	4,3	3800	2730	455	2,52	57,5	27,7	0,09	0,909	5,23	38,46	34,96	40,19
			0	0	0,95	0	24,3	0,04	0,961	0,00	40,19	38,62	38,62
XVII	1,5	1800/2	0	0	1,5	0	24,3	0,06	0,938	0,00	38,62	36,24	36,24

8. DEGVIELAS PATĒRIŅA APRĒĶINS

Degvielas patēriņu var noteikt pēc formulas:

$$E = G \cdot t_v + g_x \cdot t_x \quad (8.1)$$

kur $G = 12,8 \text{ kg/min}$ - degvielas patēriņš vilces režīmā 15. kontrolera pozīcijā,

t_v - summārais laiks, min, kuru lokomotīve darbojas vilces režīmā,

$g_x = 0,8 \text{ kg/min}$ - degvielas patēriņš tukšgaitā,

t_x - summārais laiks, min, kuru lokomotīve darbojas tukšgaitā.

Īpatnējo degvielas patēriņu var noteikt pēc formulas:

$$e = \frac{E}{Q \cdot L} \cdot 10^4 \quad (8.2)$$

Reducējot degvielas patēriņu pret pieņemto kurināmā vienību:

$$e_p = e \cdot k_d \quad (8.3)$$

kur $k_d = 1,43$ - dīzeļdegvielas ekvivalentā vērtība, salīdzinot ar pieņemto kurināmā vērtību.

Degvielas patēriņa dati visiem režīmiem apkopoti 6. tabulā.

6. tabula

Parametrs	I režīms	II režīms	III režīms
$t_v, \text{ min}$	36,7	30,9	22,5
$t_x, \text{ min}$	9,9	18,2	12,5
$E, \text{ kg}$	478	410	298
$e, \frac{\text{kg}}{10^4 \cdot t \cdot \text{km}}$	30,3	26	37,3
$e_p, \frac{\text{kg}}{10^4 \cdot t \cdot \text{km}}$	43,3	37,2	53,3

Kā jau iepriekš tika paredzēts, II režīmu raksturo vismazākā pārvadājumu pašizmaksa (par 15% mazāka nekā I režīmā), kas ņemot vērā tikai 5% samazinājumu kravu caurvedes spējā, ir vērā ņemams rādītājs. Vienlaikus redzams, ka tehniskā ātruma palielināšana un sastāva masas samazināšana palielina pārvadājumu pašizmaksu (par 23% salīdzinot ar I režīmu), taču ja priekšroka tiek dota netraucētai pasažieru vilcienu satiksmei, iespējams šie zaudējumi ir atsverami.

LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Теория локомотивной тяги. Задание на курсовой проект – Москва, 1992.
– 37 лрр.
2. Правила тяговых расчетов для поездной работы – изд. Транспорт, Москва, 1985 – 287 лрр.
3. Тяговые расчеты. Справочник - изд. Транспорт, Москва, 1987 – 272 лрр.