

OBLICZENIA TRAKCYJNE 3.

Rozwiązanie równania ruchu pociągu metodą analityczną (obliczeniową) -robimy to dla przykładowego pociągu z wcześniejszych obliczeń z poprzednich lekcji:

Dla pociągu :

- składającego się z lokomotywy EU 07 i 10 wagonów osobowych, 4 – osiowych, na łożyskach tocznych o masie 50 ton każdy
- jadącego po torze na wzniesieniu o pochyleniu 2 [%o]
- jadącego po łuku toru o promieniu 2940 [m]
- dla prędkości jazdy co 5 [m/s] do 30 [m/s]
- $\vartheta = 0,9$
- $\Psi = 0,3/(1+ 0,029*v)$
- $\eta = 0,98$
- $N_s = 2000$ [kW]
- $G_N = 800\ 000$ N

:

1) Znajdujemy wzór na siłę przyspieszającą pociąg

- $F_p = F_{OG} - W$ (w zakresie prędkości od 0 do v_{gr}) lub $F_p = F_{ON} - W$ (w zakresie prędkości od v_{gr} do v_{maxE})
- właśnie po to liczy się v_{gr} żeby właściwie policzyć F_p
- $F_p = F_{OG} - W$
- $F_p = \frac{216000}{1+ 0,029*v} - 20,42* v^2 + 307,4*v + 24610$
- $F_p = F_{ON} - W$
- $F_p = \frac{1960000}{v} - 20,42* v^2 + 307,4*v + 24610$

2) Obliczamy wartość F_p dla v równego co 2 [m/s] do v_{maxE}

v	$F_p = F_{OG} - W$	$F_p = F_{ON} - W$
2	178852,3102	954693,52
4	167382,0671	463833,68
6	156796,8514	299477,1467
8	146948,5953	216623,92
10	137715,8605	166274
12	128998,1087	132094,0533 v_{GR}
14	120711,3915	107084,08
16	112785,0636	87744,08
18	105159,2483	72129,60889
20	97782,86076	59074
22	90612,05187	47834,82909
24	83608,97057	37917,14667
26	76740,77236	28978,29538
28	69978,81801	20773,52
30	63298,02139	13123,33333
32	56676,31502	5893,12 v_{maxE}

3) Obliczamy f_p dla tego zakresu prędkości

- $f_p = F_p / G_p$ [N/kN] F_p – siła przyspieszająca, G_p – ciężar pociągu

v	$F_p = F_{OG-W}$	$F_p = F_{ON-W}$	f_p
2	178852,3102	954693,52	30,83661
4	167382,0671	463833,68	28,85898
6	156796,8514	299477,1467	27,03394
8	146948,5953	216623,92	25,33596
10	137715,8605	166274	23,74411
12	128998,1087	132094,0533	22,24105
14	120711,3915	107084,08	18,46277
16	112785,0636	87744,08	15,12829
18	105159,2483	72129,60889	12,43614
20	97782,86076	59074	10,18517
22	90612,05187	47834,82909	8,247384
24	83608,97057	37917,14667	6,537439
26	76740,77236	28978,29538	4,996258
28	69978,81801	20773,52	3,581641
30	63298,02139	13123,33333	2,262644
32	56676,31502	5893,12	1,016055

4) Obliczamy drogę i czas jakie pociąg przebył od momentu ruszenia z miejsca do momentu osiągnięcia V_{maxE} na podstawie poznanych wcześniej wzorów:

- $t_{0-z} = \int_{v_0}^{v_z} \Phi(v) dv = \Delta v \left(\frac{\Phi_0}{2} + \Phi_1 + \Phi_2 + \dots + \Phi_{z-1} + \frac{\Phi_0}{2} \right)$
- $s_{0-z} = \int_{v_0}^{v_z} \Psi(v) dv = \Delta v \left(\frac{\Psi_0}{2} + \Psi_1 + \Psi_2 + \dots + \Psi_{z-1} + \frac{\Phi_0}{2} \right)$
- $\Phi(v) = \frac{1000 \cdot \gamma_z}{g} \cdot \frac{1}{f_p}$, $\Psi(v) = \Phi(v) \cdot v$, $\Psi(v) = \frac{1000 \cdot \gamma_z}{g} \cdot \frac{v}{f_p}$

5) Obliczamy czas:

- γ_z przyjmujemy równy 1,04 dla naszego pociągu, g przyjmujemy równe 10 [m/s²]
- obliczamy funkcję $\Phi(v) = \frac{1000 \cdot \gamma_z}{g} \cdot \frac{1}{f_p} = \frac{1000 \cdot \gamma_z}{10} \cdot \frac{1}{f_p} = \frac{100 \cdot 1,04}{f_p} = \frac{104}{f_p}$
- obliczamy $\Phi(v)$ co 2 [m/s] do prędkości V_{maxE}

v	$\Phi(v)$
0	3,15168
2	3,372615
4	3,603731
6	3,847016
8	4,104837
10	4,380033
12	4,676038
14	5,632957
16	6,874538
18	8,362724
20	10,21092
22	12,61006
24	15,90837
26	20,81558
28	29,03697
30	45,96393
32	102,3566

- obliczamy czas jazdy od momentu ruszenia z miejsca

v	$\Phi(v)$	t [s]
0	3,15168	0,00
2	3,372615	6,52
4	3,603731	13,50
6	3,847016	20,95
8	4,104837	28,90
10	4,380033	37,39
12	4,676038	46,44
14	5,632957	56,75
16	6,874538	69,26
18	8,362724	84,50
20	10,21092	103,07
22	12,61006	125,89
24	15,90837	154,41
26	20,81558	191,13
28	29,03697	240,99
30	45,96393	315,99
32	102,3566	464,31

6) Obliczamy drogę:

- obliczamy funkcję $\Psi(v) = \Phi(v) \cdot v$, $\Psi(v) = \frac{1000 \cdot \gamma_z}{g} \cdot \frac{v}{f_p}$
- $\Psi(v) = \frac{104 \cdot v}{f_p}$
- obliczamy $\Psi(v)$ co 2 [m/s] do prędkości $V_{\max E}$

v	$\Psi(v)$
0	0
2	6,74523
4	14,41493
6	23,0821
8	32,83869
10	43,80033
12	56,11245
14	78,8614
16	109,9926
18	150,529
20	204,2184
22	277,4213
24	381,8009
26	541,2051
28	813,0351
30	1378,918
32	3275,413

- obliczamy drogę przebytą przez pociąg od momentu ruszenia z miejsca

v	$\Psi(v)$	s [m]
0	0	0,00
2	6,74523	6,75
4	14,41493	31,06
6	23,0821	68,55
8	32,83869	124,47
10	43,80033	201,11
12	56,11245	297,88
14	78,8614	436,00
16	109,9926	624,85
18	150,529	958,36
20	204,2184	1329,83
22	277,4213	1831,89
24	381,8009	2516,34
26	541,2051	3471,16
28	813,0351	4867,03
30	1378,918	7117,06
32	3275,413	11501,36

- 7) Wniosek – pociąg od momentu ruszenia z miejsca do momentu osiągnięcia prędkości maksymalnej eksploatacyjnej przejechał 11 501,36 [m] w czasie 464,31 [s]
- 8) Z obliczeń widać jakie drogi w jakim czasie pociąg przebywał co 2 [m/s], np. V_{gr} osiągnął po przejechaniu 297,88 [m] w czasie 46,44 [s]

v	Fp=FOG-W	Fp=FON-W	fp	$\Phi(v)$	$\Psi(v)$	t [s]	s [m]
0	191390		32,99828	3,15168	0	0,00	0,00
2	178852,3102	954693,52	30,83661	3,372615	6,74523	6,52	6,75
4	167382,0671	463833,68	28,85898	3,603731	14,41493	13,50	31,06
6	156796,8514	299477,1467	27,03394	3,847016	23,0821	20,95	68,55
8	146948,5953	216623,92	25,33596	4,104837	32,83869	28,90	124,47
10	137715,8605	166274	23,74411	4,380033	43,80033	37,39	201,11
12	128998,1087	132094,0533	22,24105	4,676038	56,11245	46,44	297,88
14	120711,3915	107084,08	18,46277	5,632957	78,8614	56,75	436,00
16	112785,0636	87744,08	15,12829	6,874538	109,9926	69,26	624,85
18	105159,2483	72129,60889	12,43614	8,362724	150,529	84,50	958,36
20	97782,86076	59074	10,18517	10,21092	204,2184	103,07	1329,83
22	90612,05187	47834,82909	8,247384	12,61006	277,4213	125,89	1831,89
24	83608,97057	37917,14667	6,537439	15,90837	381,8009	154,41	2516,34
26	76740,77236	28978,29538	4,996258	20,81558	541,2051	191,13	3471,16
28	69978,81801	20773,52	3,581641	29,03697	813,0351	240,99	4867,03
30	63298,02139	13123,33333	2,262644	45,96393	1378,918	315,99	7117,06
32	56676,31502	5893,12	1,016055	102,3566	3275,413	464,31	11501,36