

2 TECHNOLOGIE SEŘAĎOVACÍCH STANIC

Ve vybraných lokalitách na železničních sítích (v místech významných průmyslových aglomerací, významných železničních uzlech, železničních přechodech apod.) jsou zřízeny specializované železniční stanice zaměřené na vlakové práce (rozřadování cílových a sestavu výchozích nákladních vlaků) – seřaďovací stanice.

Uvedené úkony mohou probíhat i v jiných vlakových stanicích (např. úsekové stanice), rozsah vlakových prací v nákladní dopravě bývá v porovnání s výkonem seřaďovacích stanic nižší. Následující kapitola bude zaměřena na typovou technologii vztahující se k seřaďovacím stanicím, kterou lze s přihlédnutím k místním provozním poměrům přiměřeně aplikovat i na ostatní stanice disponující odpovídající technickou základnou.

Seřaďovací stanice se tedy ve srovnání s ostatními stanicemi liší rozsahem posunovacích prací v nákladní dopravě. Objem posunovacích prací v seřaďovacích stanicích bývá mnohdy natolik významný, že mnohonásobně přesahuje objem vlastní vlakové dopravy.

Ke studiu podrobnějších informací o seřaďovacích stanicích včetně popisu základních druhů technologií doporučujeme publikaci [2].

Významným řešicím nástrojem železničního technologa poskytujícím cenné informace jsou technologické grafy.

Základní struktura technologického grafu je uvedena v tabulce 2.1.

Tabulka č. 2.1

Pořadové číslo činnosti	Název činnosti	Funkce	Časový normativ [min.úk ⁻¹]	Celkové trvání činnosti [min.úk ⁻¹]	Časová návaznost
1.	2.	3.	4.	5.	6.

Obsah jednotlivých sloupců :

sloupec 1 – pořadové číslo činnosti,

sloupec 2 – název činnosti a jeho stručnou charakteristiku,

sloupec 3 – označení funkce člena pracovní čety, který danou činnost zabezpečuje,

sloupec 4 – časový normativ na jeden úkon (např. povolení šroubovky a rozvěšení brzdových spojek) stanovený na základě norem práce, příp. časových měření,

sloupec 5 – celkové trvání dané činnosti (součin počtu úkonů prováděných v rámci dané činnosti a časového normativu stanoveného na provedení jednoho úkonu)

sloupec 6 – časová návaznost – obsahuje grafické znázornění délky trvání a věcné návaznosti jednotlivých činností

Pozn.:

V mnohých případech hraje významnou úlohu také čas potřebný pro chůzi kolem vlaku, v některých případech je chůze započítána do časového normativu, v ostatních případech tomu tak není.

2.1 Odbavení soupravy vozů cílového nákladního vlaku ve vjezdovém kolejišti

K tvorbě technologického grafu potřebujeme mít především k dispozici odpovídající podkladové údaje. Podkladovou dokumentaci pro tvorbu technologických grafů v případě vjezdové skupiny kolejí tvoří výkazy vozidel vstupujících cílových nákladních vlaků. Výkaz vozidel je soupis obsahující číslo vlaku, údaje o času sepsání, seznam vozů zařazených ve vlaku, souhrnné údaje o vlaku a identifikační údaje o osobách, které se na jeho sestavě podílely. Na obr. č.2.1 vidíme příklad výkazu vozidel pro vlak č. 51361 sestavený ze 30 vozů.

Pozn.:

Mimo to se v praxi můžeme setkat s technologickými grafy sestavenými výhradně pro určité druhy vlaků (např. vlaky s prázdnými vozy určenými k nakládce, předávce cizí železnici, přímé odesílatelské vlaky pro jednoho příjemce apod.). Všechna tato specifika se odvíjejí od grafikonu vlakové dopravy plánu vlakové práce sestaveného na základě obchodních smluv.

Analyzujeme nyní hlavní faktory ovlivňující délku času potřebného k odbavení cílového vlaku. V souladu s obecným popisem technologie se bude jednat o :

- počet vozů v soupravě (v souvislosti s provedením technické a přepravní prohlídky a sepsání třídky),
- počet přepravních listin, počet místních vozů, které musí být podle údajů z přepravních listin a dispozic vozového dispečera označeny (v případě přepravní stránky odbavení),
- počet odvěsů v soupravě v případě přípravy k rozřadění,
- počet zaměstnanců a složení pracovní čety.

V prvním případě počet vozů významně ovlivní délku trvání technické prohlídky po zastavení vlaku ve vjezdovém kolejišti, délku trvání přepravní prohlídky (se vzrůstající délkou vlaku se zvyšuje pravděpodobnost přepravní závady – chybějící vozové nálepky, chybějící vozové závěry apod.) a čas potřebný pro sepsání třídky.

Ve druhém případě soustředíme pozornost zejména na podrobné rozbory výkazů vozidel cílových vlaků. Sledujeme vybavení vozů průvodními listinami, rozlišujeme vozy místní a tranzitní. Při určování počtu průvodních listin (jejich počet má vliv na délku operace „zpracování průvodních listin“) vycházíme ze zásady, že průvodními listinami jsou vybaveny zpravidla všechny ložené vozy a prázdné vozy přepravců (ložené vozy lze rozeznat podle údaje „stav vozu – 1“, příp. v krajním případě podle údaje týkajícího se hmotnosti zásilky). Při sledování, zda jde o vůz místní nebo tranzitní vycházíme z úvahy, že u místního vozu je stanice určení totožná se stanicí cílovou vlaku. Ostatní vozy považujeme za tranzitní (v některých uzlech je pro určení, zda se jedná o vůz místní nebo tranzitní, rozhodující číslo poslední vlakové stanice).

Pozn.:

Existují výjimky, kdy se průvodními listinami vybavují i prázdné vozy (např. vozy určené k dezinfekci apod.).

V případě přípravy k rozřazení musí být v místě každého odvěsu povolena šroubovka a rozvěšeny spojky brzdových hadic.

V obecnosti se sestavují technologické grafy pro určité typizované průměrné vlaky, my si však pro názornost sestavíme v následujícím příkladě technologický graf pro vlak konkrétní.

Řešený příklad :

Sestavte technologický graf odbavení cílového vlaku ve vjezdové skupině kolejí. Výkaz vozidel je na obr. č. 2.1. Za místní vozy považujte vozy, u nichž má poslední vlakotvorná stanice číslo 31100 – 31500 (vyjma 31209). Pracovní četou tvoří tranzitér vnitřní služby, tranzitér vnější služby, tranzitér-tříděnkář, 2 vozmistři a posunovač-rozvěšovač. Chůzi kolem vlaku neuvažujte, tranzitér-tříděnkář doručuje vyhotovenou tříděnkou na tři pracoviště (místnost staničního dispečera, stanoviště posunu na svážném pahrbku a stanoviště brzdařů). Předpokládejme, že k odvěsu bude docházet vždy při změně poslední vlakotvorné stanice. Časové normativy vybraných činností jsou uvedeny v tab.č. 2.2.

Tab. č. 2.2

název činnosti	jednotka	časový normativ [min.činnost ⁻¹]
Svěšení nákladních vozů (svěšení a utažení šroubovky, zajištění nepoužité šroubovky, spojení brzdových spojek a otevření kohoutů průběžné brzdy)	1 svěšení	0,61
Rozpojení brzdových spojek a povolení šroubovky (uzavření kohoutů průběžné brzdy, rozpojení brzdových spojek a jejich zavěšení na jalová hrdla, povolení šroubovky)	1 vůz	0,43
Přivěšení vlakové lokomotivy (zavěšení šroubovky na hák a její utažení, spojení brzdových spojek a otevření kohoutů průběžné brzdy)	1 přivěšení	0,71
Odvěšení vlakové lokomotivy (uzavření kohoutů průběžné brzdy, rozpojení brzdových spojek a jejich zavěšení na jalová hrdla, rozvěšení šroubovky a její zajištění)	1 odvěšení	0,65
Označení konce vlaku koncovou návěstí (umístění desek v držácích)	1 souprava	0,8
Technická prohlídka vlaku v cílové stanici (technická prohlídka vozů podle předpisu ČD V 62, přechod od jednoho vozu k druhému, doba na polepování vozu a písemné práce spojené s prohlídkou vozu)	1 náprava	0,8

Jednoduchá zkouška brzdy	1 vlak	5
Převzetí a předání obalu s průvodními listinami (u vlaků bez obsluhy mezi strojvedoucím a tranzitérem vnější služby)	1 obal s průvodními listinami	1
Odevzdání obalu s průvodními listinami na pracovišti VPK vnitřnímu tranzitérovi	1 obal s průvodními listinami	1
Převzetí průvodních listin vnitřním tranzitérem (přezkoušení počtu, zaznamenání případných přebytků a ztrát, potvrzení převzetí listin příjezdovým razítkem)	1 průvodní listina	0,2
Přezkoušení průvodních listin (porovnání údajů v průvodní listině s údaji ve výkazu vozidel, provedení oprav a doplňků a označení průvodních listin staničním příjezdovým razítkem)	1 průvodní listina	0,7
Příprava určovací nálepek na místní vozy	dvojice nálepek	0,36
Přepravní prohlídka (porovnání údajů ve výkazu vozidel s údaji na voze a vozových nálepkách, provedení oprav a doplňků, umístění určujících nálepek na místní vozy, provedení kontroly stavu zásilky)	1 vůz	0,51
Sepsání tříděnký	1 vůz ložený	1,1
	1 vůz prázdný	0,91
Sepsání výkazu vozidel (pomocí přenosného terminálu)	1 vůz	0,5
Doručení tříděnký na určená pracoviště	1 odevzdávka	2
Příprava vlakové dokumentace (zpráva o brzdění, zpráva o vlaku apod.)	1 dokumentace	5
Příprava průvodních listin před odjezdem vlaku (výběr, porovnání správnosti údajů, odstranění zjištěných závad)	1 průvodní listina	0,41
Předání obalu s průvodními listinami (u vlaku bez vlakové čety)	1 odevzdávka	1

Čas potřebný pro vykonání úplné zkoušky brzdy je odvislý od počtu náprav ve vlaku. Časové normativy pro vybrané počty náprav jsou uvedeny v tab. č. 2.3. Při použití kompresní stanice se hodnoty normativů snižují o 20%.

Tab. č. 2.3

počet náprav	časový normativ [min.počet náprav ⁻¹]
37 - 48	18
49 - 60	22
61 – 80	27
81 - 90	31
91 - 150	31+4 min za každých započatých 10 náprav
nad 150	60

Analýza výkazu vozidel :

počet vozů celkem : 30

počet vozů cizích železničních správ : 2

počet vozů ČD : 28

počet vozů volného oběhu : 20

počet vozů přepravců : 10

počet vozů místních (s poslední vlakotvornou stanicí 31100 – 31500, vyjma 31209) : 7

počet vozů tranzitních : 23

počet vozů vybavených průvodními listinami : 28

počet vozů ložených : 20

počet vozů prázdných vybavených přepravními listinami : 8

počet vozů bez průvodních listin : 2

počet náprav ve vlaku : 112

Pro přehlednost uspořádáme vozy podle jednotlivých kategorií rozhodných pro tvorbu technologického grafu do jednoduché tabulky (viz. tab. č. 2.4).

Tabulka č. 2.4

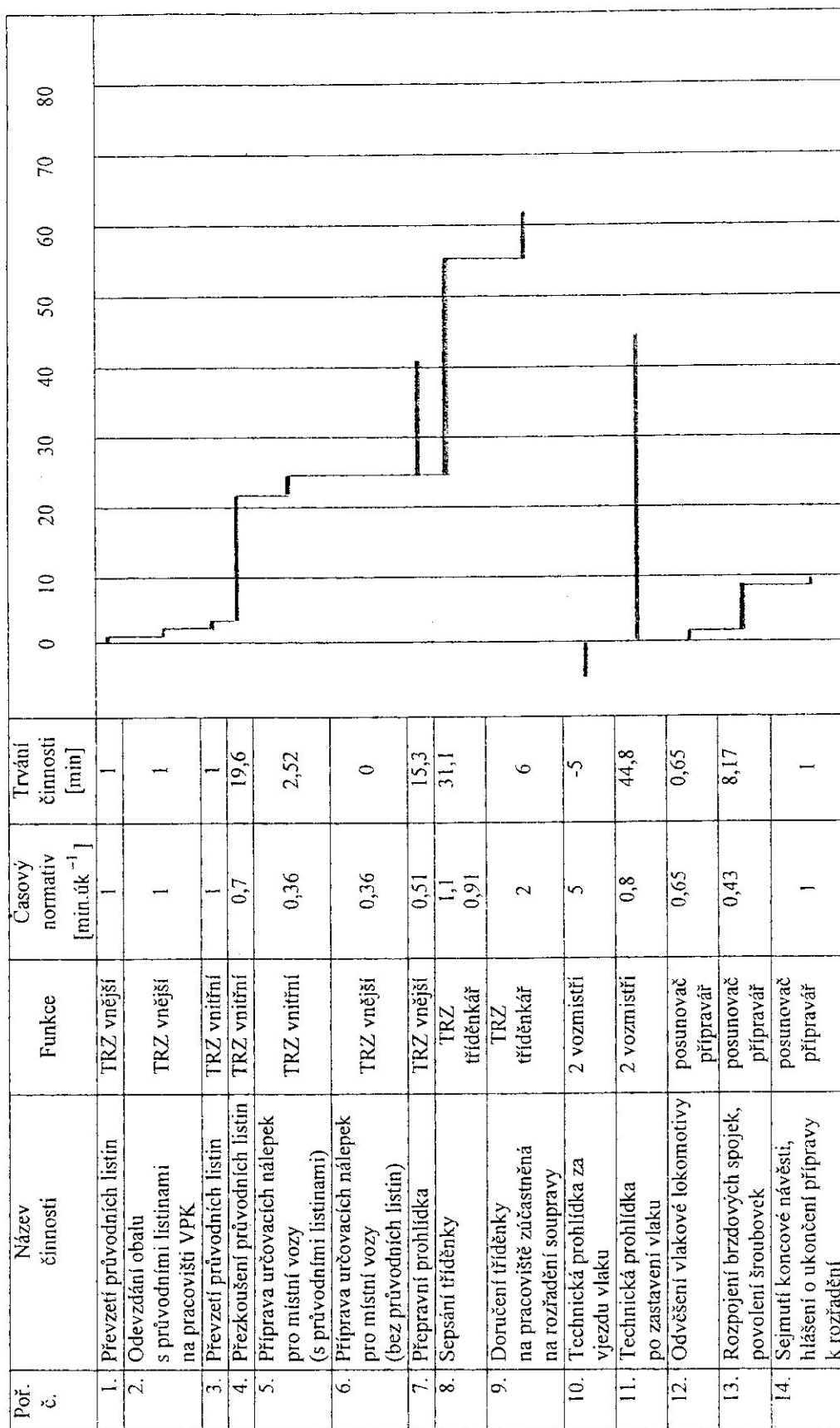
	vozy místní	vozy tranzitní
vozy s průvodními listinami	7	21
vozy bez průvodních listin	0	2

Vypracovaný technologický graf je uveden na obr. č. 2.2.

Výkaz vozidel pro nákladní vlak

				žstsou				odjezd							
žstsou				mmdd	hhmi	vlak	žstc	mmdd	hhmi	vlak					
539130				1122	0848	051361	343640	051361					
cr	číslo vozu			n	ds	žstod	žstur	žstvl	po	hmz	hmv	dlv	br	pozn	
01	21	54	553	8940-7	2	51	546135	349241	30100	32	15	13	100	24	
02	81	54	597	8753-8	4	51	546937	382440	31209	32	22	22	140	42 26	
03	81	54	394	3686-7	4	31	550137	335745	30804	32	32	24	200	0 701826	
04	21	54	154	9263-0	2	11	559666	250	2500	00	18	15	140	26 282000	
05	81	54	597	1774-1	4	51	532796	960	9600	00	57	22	140	48 20	
06	31	54	595	1537-7	4	51	532796	960	9600	00	53	22	140	48 20	
07	31	54	595	3782-7	4	51	532796	960	9600	00	53	22	140	48 20	
08	44	54	724	7054-8	2	71	532093	349241	30100	32	19	13	089	23 25	
09	31	54	596	9157-4	4	50	531590	339044	31900	00	0	23	140	22 25	
10	81	54	597	4185-7	4	51	536102	349241	30100	32	50	22	140	48	
11	81	54	597	4398-6	4	51	532002	340646	30806	32	45	22	140	48 26	
12	81	54	597	5179-9	4	51	532002	340646	30806	32	45	22	140	48 26	
13	31	54	596	2678-6	4	51	532002	340646	30806	32	45	22	140	52	
14	81	54	597	2884-7	4	51	538009	382440	31209	32	28	22	140	48	
15	81	54	394	3188-4	4	31	541409	382440	31209	32	31	24	200	44	
16	81	54	394	2694-2	4	31	541409	382440	31209	32	25	24	200	44 70	
17	31	54	596	4442-5	4	51	559914	344044	31108	32	9	22	140	26	
18	31	54	596	8663-2	4	51	559914	344044	31108	32	7	23	140	26	
19	31	54	199	1274-8	4	11	542878	270	2700	00	31	23	165	52	
20	84	54	657	9021-8	4	50	533794	343640	31100	00	0	25	135	25 4235	
21	84	54	657	9115-8	4	50	533794	343640	31100	00	0	26	135	25 4235	
22	33	54	788	7089-2	4	71	546861	382440	31209	32	54	24	127	44 50	
23	33	54	786	7276-9	4	70	546861	339044	31900	00	0	23	126	0 3525	
24	81	54	470	8274-5	4	30	535666	349241	30100	00	0	24	152	24	
25	42	54	154	2503-1	2	99	544510	343640	31100	00	1	15	140	16 03	
26	34	80	463	8486-6	4	30	420	341248	30900	00	0	28	233	27 35	
27	33	80	463	8547-6	4	30	420	341248	30900	00	0	28	233	27 35	
28	33	54	788	7732-7	4	70	420	343640	31200	00	0	26	127	26 35	
29	33	54	788	7118-9	4	70	420	343640	31200	00	0	26	127	26 3507	
30	83	54	932	1255-8	4	10	735159	332742	30905	00	0	25	145	25 3536	

Obr. č. 2.1 : Výkaz vozidel



Obr. č. 2.2 : Technologický graf odbavení soupravy ve vjezdové skupině

Příklad k samostatné práci :

Podle zadaného výkazu vozidel (obr. č. 2.3) sestavte technologický graf. Ostatní potřebné údaje získáte ze zadání předchozího řešeného příkladu.

Výkaz vozidel pro nákladní vlak

		žstsou				odjezd									
žstsou		mmdd	hhmi	vlak	žstc	mmdd	hhmi	vlak							
539130		1122	0848	063301	343640	063301							
cr	číslo vozu			n	ds	žstod	žstur	stvl	po	hmz	hmv	dlv	br	pozn	
01	21	54	553	8940-7	2	51	546135	349241	30100	32	15	13	100	24	
02	83	54	932	1267-3	4	10	735159	332742	30905	00	0	25	145	25	35
03	83	54	932	1229-3	4	10	735159	332742	30905	00	0	25	145	25	35
04	81	54	081	3465-9	4	11	765859	250	2500	00	40	23	165	42	20
05	81	54	081	4560-6	4	11	765859	250	2500	00	40	23	165	42	20
06	81	54	081	3094-7	4	11	765859	250	2500	00	40	23	165	42	20
07	81	54	081	4189-4	4	11	765859	250	2500	00	40	23	165	44	20
08	81	54	394	3686-7	4	31	550137	335745	30804	32	32	24	200	0	701826
09	81	54	597	1774-1	4	51	532796	960	9600	00	57	22	140	48	20
10	31	54	595	3782-7	4	51	532796	960	9600	00	53	22	140	48	20
11	31	54	596	9157-4	4	50	531590	339044	31900	00	0	23	140	22	25
12	31	54	595	3546-6	4	51	765859	382440	31209	32	30	23	140	48	
13	81	54	597	4398-6	4	51	532002	340646	30806	32	45	22	140	48	26
14	01	54	826	2082-8	2	10	572065	341941	30800	00	0	17	140	16	
15	01	54	826	1053-0	2	10	572065	341941	30800	00	0	17	140	17	
16	31	54	596	2678-6	4	51	532002	340646	30806	32	45	22	140	52	
17	31	54	196	1746-1	4	11	736025	333443	31600	32	19	24	165	27	
18	21	56	153	3804-7	2	11	571968	960	9600	00	10	15	140	24	26
19	33	54	798	4705-5	4	70	549865	343640	31100	00	0	24	126	24	352150
20	82	54	260	3745-3	4	11	530667	342444	30807	32	51	25	165	44	26
21	21	81	911	7059-4	2	11	100	260	2600	00	26	13	96	26	2636

Obr. č. 2.3 : Výkaz vozidel

Řešení úlohy je uvedeno v příloze č. 2.

2.2 Odbavení soupravy vozů pro výchozí nákladní vlak v odjezdovém kolejišti

Analogicky jako v případě vjezdové skupiny musíme mít k dispozici odpovídající podkladový materiál. Podkladová dokumentace pro tvorbu technologických grafů je tvořena údaji o složení souprav vystupujících ze směrového kolejiště.

Stejně jako v případě vjezdové skupiny kolejí i u odbavení v odjezdovém kolejišti vyhledáme základní významné faktory ovlivňující čas potřebný k jeho naplnění.

V souladu se základní literaturou [2] jsou základní faktory :

- režim shromažďování zátěže na směrových kolejích,
- délka soupravy a počet odvěsů, z nichž byla souprava složena,
- způsob sepisování výkazu vozidel a vlakové dokumentace,
- způsob provedení úplné zkoušky brzdy (s použitím kompresní stanice, hnacího vozidla).

V prvním případě, uplatňujeme-li režim shromažďování na normativní délky, vystupují ze směrové skupiny soupravy složené z přibližně stejného počtu vozů, v případě ostatních režimů shromažďování tato podmínka nemusí být splněna.

Režim shromažďování tedy významně ovlivňuje délku soupravy a následně také počet odvěsů, z nichž byla souprava složena.

V případě způsobu sepisování výkazu vozidel a vlakové dokumentace je rozhodující, zda výkaz sepisujeme ručně do připravených tiskopisů, resp. zda z dat pořízených v kolejišti vyhotovujeme výkaz prostřednictvím výpočetní techniky (zde hrají významnou roli místní informační systémy, evidující základní charakteristiky vozu v rámci jeho pobytu ve stanici).

Úplnou zkoušku brzdy, jejíž provedení je nezbytnou podmínkou pro odjezd výchozího vlaku předpokladem, lze provést buď pomocí kompresní stanice nebo hnacího vozidla. V případě použití kompresní stanice dochází ke zvyšování nároků na údržbu stabilní části železničního provozu, použití hnacích vozidel k provedení úplné zkoušky brzdy však snižuje procento jejich produktivního využití.

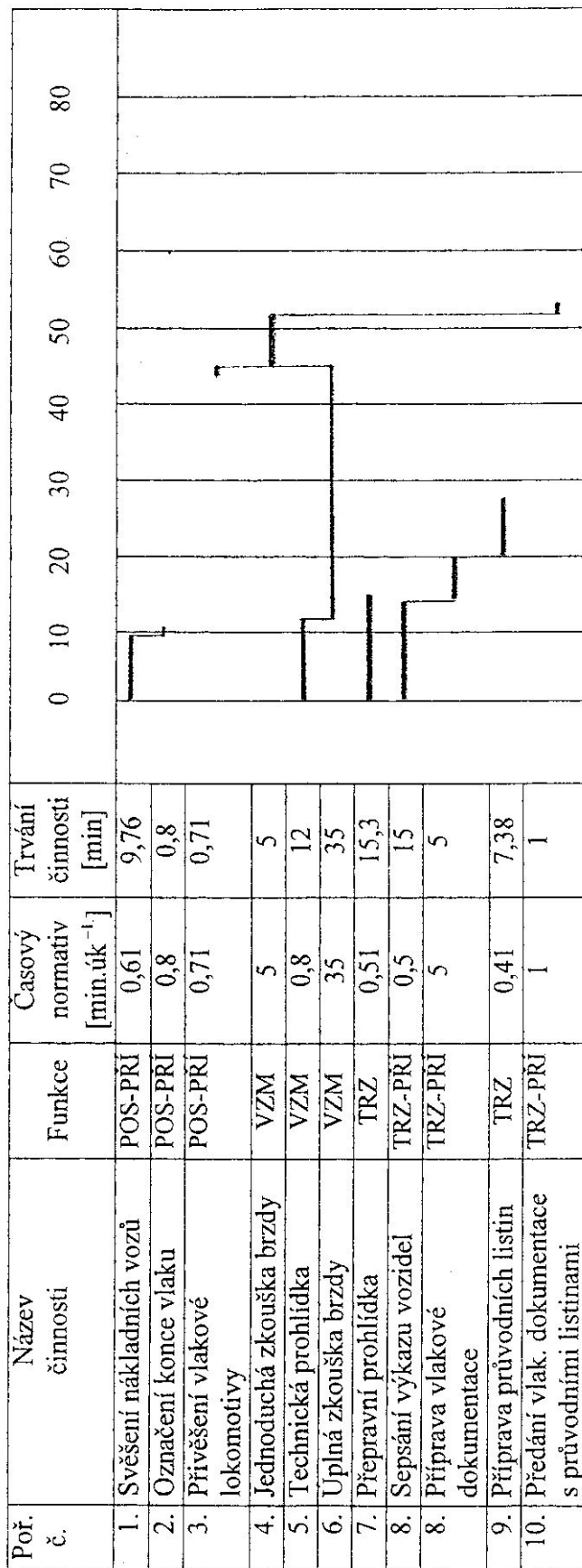
Pozn.:

Rovněž technologické grafy v odjezdové skupině se mohou vytvářet pro určité charakteristické soupravy, které periodicky odjíždějí ze stanice (např. pro soupravy prázdných vozů, výchozí odesílatelské vlaky apod.)

Řešený příklad :

Sestavte technologický graf komplexní obsluhy soupravy (ve směrové skupině neprobíhají žádné činnosti vyjma svěšení šroubovek mezi jednotlivými odvěsy) výchozího vlaku v odjezdovém kolejišti. Souprava je tvořena 40 vozy, počet náprav 150, počet odvěsů 13. Počet vozů vybavených průvodními listinami 24, výkaz vozidel se vyhotovuje pomocí výpočetní techniky. Naplnění brzdového potrubí průběžné brzdy včetně úplné zkoušky brzdy probíhá pomocí kompresní stanice. Čas chůze kolem vlaku neuvažujte. Četa je tvořena tranzitérem, tranzitérem připravářem, posunovačem připravářem a 2 vozmistry.

Sestavený technologický graf je znázorněn na obr. č. 2.4. K sestavení byly použity časové normativy uvedené v tab. č. 2.2.



Obr. č. 2.4 : Technologický graf odbavení v odjezdové skupině

Příklad k samostatné práci :

Sestavte technologický graf odbavení soupravy vozů pro výchozí nákladní vlak v odjezdové skupině kolejí. Souprava je tvořena 50 vozy, počet náprav 180, počet odvěsů 20. Počet vozů vybavených průvodními listinami 38. Naplnění brzdového potrubí vzduchem a úplná zkouška probíhá pomocí hnacího vozidla. Ostatní podklady použijte ze zadání řešeného příkladu.

Řešení příkladu k samostatné práci je uvedeno v příloze č. 3.

3 POSUN

Posunem rozumíme každou úmyslně prováděnou manipulaci s drážními vozidly vyjma jízdu vlaku. Kategorizovat posun lze z několika hledisek, pro trakční výpočty má význam kategorizace podle síly, která uvádí drážní vozidla do pohybu. Podle tohoto hlediska nejčastěji rozeznáváme :

- posun lokomotivami,
- posun na spádovišti,
- posun silničními vozidly,
- mechanizačními prostředky.

Při obsluze manipulačních míst je zpravidla využíváno posunu hnacími vozidly (zejména technologii zajíždění a odrazu), při rozřadování souprav cílových vlaků v seřadovacích stanicích je stěžejním druhem posunu posun na spádovišti.

Z technologického hlediska sehrává důležitou roli v případě posunu zajížděním a odrazem doba potřebná k provedení posunu. Tento faktor nabývá na významu zejména v případě posunu na staničních zhlavích a výrazně tak ovlivňuje propustnou výkonnost železničních stanic. V případě posunu na spádovišti je zase nezbytně nutné znát dynamické poměry na spádovišti (výšku spádoviště, rozřadovací rychlost apod.). Zabývejme se tedy uvedenými vybranými případy podrobněji.

3.1 Stanovení doby posunu zajížděním

Posun zajížděním je způsob posunu, při němž v první etapě dojde k vytažení skupiny vozů do příslušné koleje, přičemž po zrušení původní a postavení nové posunovací cesty posunující díl zajede na jinou kolej. Ve fázi vytažení je lokomotiva v čele, ve fázi zjetí na konci posunujícího dílu. Směr jízdy se tedy v průběhu posunu mění.

Teoretický příklad

Odvoďte dobu potřebnou k provedení jednosměrné posunovací jízdy.

Z teorie víme, že jednosměrná posunovací jízda při posunu zajížděním je složena ze tří fází – rozjezdu, jízdy stálou rychlostí a brzdění. Čas každé posunovací jízdy vypočítáme ze vzorce

$$T = t_r + t_s + t_b \quad [\text{s}]$$

kde :

T ... doba jednosměrné posunovací jízdy [s],

t_r ... doba rozjezdu na rychlost v_s [s],

t_s ... doba jízdy stálou rychlostí [s],

t_b ... doba brzdění posunujícího dílu [s],

v_s ... stálá rychlost ve střední fázi [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$].

Na základě elementárních fyzikálních vzorců pro rovnoměrný, rovnoměrně zrychlený a rovnoměrně zpomalený pohyb (při respektování, že počáteční rychlost ve fázi rozjezdu a koncová rychlost ve fázi brzdění je nulová) se dá snadno odvodit, že

$$t_s = \frac{l_s}{v_s}$$

$$t_r = \frac{v_s}{a_r}$$

$$t_b = \frac{v_s}{a_b}$$

přičemž po dosazení do původního vzorce lze psát

$$T = \frac{v_s}{a_r} + \frac{l_s}{v_s} + \frac{v_s}{a_b} \quad [\text{s}]$$

kde :

a_r ... rozjezdové zrychlení [m.s^{-2}]

a_b ... brzdné zpomalení [m.s^{-2}]

l_s ... délka koleje pojížděná stálou rychlostí [m]

V trakčních výpočtech jsou zpravidla zadanými údaji rychlost ve střední fázi a délka koleje, na níž posun zajížděním realizujeme. Za tím účelem nahradíme

$$l_s = L - (l_r + l_b) \quad [\text{m}]$$

přičemž

l_r ... délka koleje potřebná pro rozjezd [m]

l_b ... délka koleje potřebná pro brzdění [m]

a dále

$$l_r = \frac{v_s^2}{2a_r}$$

$$l_b = \frac{v_s^2}{2a_b}$$

po dosazení a úpravě pak pro celkovou dobu jednosměrné posunovací jízdy platí

$$T = \frac{v_s}{2a_r} + \frac{L}{v_s} + \frac{v_s}{2a_b} \quad [\text{s}]$$

Chceme-li odvodit nejkratší dobu posunovací jízdy T_{\min} , předpokládáme, že se celá posunovací jízda bude skládat pouze ze dvou fází a to z rozjezdu na určitou maximální rychlost v_{\max} , po němž bude ihned následovat fáze brzdění.

Tedy :

$$T_{\min} = \frac{v_{\max}}{a_r} + \frac{v_{\max}}{a_b} \quad [\text{s}]$$

Přičemž hodnotu v_{\max} získáme z rovnice pro dráhu posunu.

Analogicky jako v případě trojfázové posunovací jízdy platí

$$l_r = \frac{v_{\max}^2}{2a_r}$$

$$l_b = \frac{v_{\max}^2}{2a_b}$$

a tedy

$$L = \frac{v_{\max}^2}{2} \left(\frac{a_r + a_b}{a_r a_b} \right) \quad [\text{m}]$$

odkud

$$v_{\max} = \sqrt{2L \frac{a_r a_b}{a_r + a_b}} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$$

Po dosazení za v_{\max} a úpravě zřejmě

$$T_{\min} = \sqrt{2L \frac{a_r + a_b}{a_r a_b}} \quad [\text{s}]$$

Protože v běžných provozních výpočtech nemáme zpravidla k dispozici hodnoty a_r , a_b nezbyvá nám tedy nic jiného, než uvést vztahy, podle kterých se uvedené hodnoty dají vypočítat.

Hodnoty rozjezdového zrychlení a brzdného zpomalení lze odvodit pomocí následující úvahy. Za výchozí rovnici při odvození rozjezdového zrychlení považujeme

$$F_h = ma_r(1 + \rho) \quad [\text{kN}]$$

a v případě brzdného zpomalení

$$F_h = ma_b(1 + \rho) \quad [\text{kN}]$$

kde

F_h ... tažná síla na háku [kN]

m ... hmotnost soupravy [t]

ρ ... součinitel rotujících součástí [-]

Odvodíme nejdříve hodnotu rozjezdového zrychlení.

V praktických příkladech jsou především k dispozici údaje o hmotnosti vozů, hmotnosti lokomotivy, vozidlových a traťových odporech (bývá znám spád, stoupání atd.). Tažnou sílu na háku F_h lze s pomocí těchto veličin vyjádřit rovnicí

$$F_h = G_a \mu_a - (G_l + G_v) \frac{s + w}{1000}$$

G_a ... adhezní tíha [kN],

μ_a ... součinitel adheze [-],

G_l ... tíha lokomotivy [kN],

G_v ... tíha posunovaných vozů [kN],

w ... měrný jízdní odpor [N.kN⁻¹],

s ... měrný traťový odpor [N.kN⁻¹].

přičemž zřejmě pro měrnou tažnou sílu na háku Φ_h platí

$$\Phi_h = \frac{1000 G_a \mu_a}{G_l + G_v} - (s + w) \quad [\text{N.kN}^{-1}]$$

podle 2.Newtonova pohybového zákona potom

$$a_r = \frac{F_h}{(m_l + m_v)(1 + \rho)} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}]$$

a po vyjádření hmotností v tíhovém tvaru

$$a_r = \frac{F_h g}{(G_l + G_v)(1 + \rho)} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}]$$

což se dá také napsat s využitím Φ_h , která bývá v odborné literatuře v případě rozjezdového zrychlení označena jako Φ_a ve tvaru

$$a_r = \frac{\Phi_a g}{1000(1 + \rho)} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}]$$

V případě brzdného zpomalení je používán vzorec

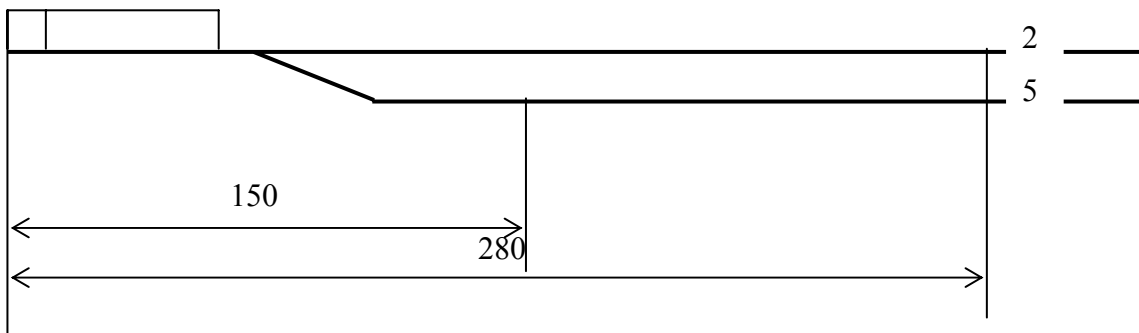
$$a_b = \frac{\Phi_b g}{1000(1 + \rho)} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}]$$

Odvození brzdného zpomalení je založeno na stejném principu, ponecháváme jej tedy na čtenáři.

Řešený příklad :

Z koleje č.5 je zapotřebí posunem zajižděním přestavit 5 vozů o celkové tíze 1 300 kN na kolej č.2. Posun vykonává lokomotiva o vlastní tíze 600 kN. Předpokládejte, že adhezní tíha je rovna vlastní tíze lokomotivy, při brzdění brzdí pouze lokomotiva svou vlastní tíhou. Dále je zadán součinitel adheze 0,26 a součinitel tření 0,2. Měrný vozidlový odpor uvažujte 3,4 N.kN⁻¹, sklon ve stanici ve směru vytahování činí 2 ‰. Přípustná rychlost posunu je stanovena na 7 m.s⁻¹, odpory z oblouků a výhybek zanedbejte, součinitel rotujících součástí 0,06.

Situace je znázorněna na obr. č. 3.1.



Obr. č. 3.1 : Schéma kolejiště

Při vlastním řešení si musíme uvědomit, že fáze vytažení probíhá do stoupání, tudíž hodnotu s při rozjezdu odečítáme při brzdění přičítáme (urychluje brzdění). Fáze zajetí probíhá ze spádu, z tohoto důvodu při rozjezdu hodnotu s přičítáme (urychluje rozjezd), při brzdění odečítáme.

Tedy

$$a_{rv} = \frac{g}{1000(1+\rho)} \left(\frac{1000G_a\mu_a}{G_l + G_v} - s - w \right) = \frac{9,81}{1000(1+0,06)} \left(\frac{1000 \cdot 600 \cdot 0,26}{1900} - 2 - 3,4 \right) = 0,71 m \cdot s^{-2}$$

$$a_{rz} = \frac{g}{1000(1+\rho)} \left(\frac{1000G_a\mu_a}{G_l + G_v} + s - w \right) = \frac{9,81}{1000(1+0,06)} \left(\frac{1000 \cdot 600 \cdot 0,26}{1900} + 2 - 3,4 \right) = 0,747 m \cdot s^{-2}$$

$$a_{bv} = \frac{g}{1000(1+\rho)} \left(\frac{1000G_a\mu_b}{G_l + G_v} + s + w \right) = \frac{9,81}{1000(1+0,06)} \left(\frac{1000 \cdot 600 \cdot 0,2}{1900} + 2 + 3,4 \right) = 0,635 m \cdot s^{-2}$$

$$a_{bz} = \frac{g}{1000(1+\rho)} \left(\frac{1000G_a\mu_b}{G_l + G_v} - s + w \right) = \frac{9,81}{1000(1+0,06)} \left(\frac{1000 \cdot 600 \cdot 0,2}{1900} - 2 + 3,4 \right) = 0,598 m \cdot s^{-2}$$

Po dosazení vypočítaných hodnot rozjezdového zrychlení a brzdného zpomalení do vzorce pro výpočet celkové doby potřebné pro výkon jednosměrné posunovací jízdy dostáváme pro dobu vytahování

$$T_v = 31,87s$$

pro dobu zajetí

$$T_z = 50,54s$$

celkem tedy

$$T = T_v + T_z = 82,41s$$

Výpočetní poznámka :

K celkové době obou jednosměrných posunovacích jízd je zapotřebí připočítat ještě dobu prostoje z důvodu změny směru jízdy (zjišťuje se časovým měřením).

3.2 Posun odrazem

Při posunu odrazem se posunovací lokomotiva rozjíždí z nulové počáteční rychlosti až na odrazovou rychlost, po té brzděním rychlost sníží a jeden, příp. více odvěšených vozů jedou v důsledku udělené kinetické energie výběhem na určenou kolej. Je zřejmé, že u tohoto druhu posunu nepřichází pouze v úvahu doba trvání posunu (vozů), ale také odrazová rychlost a dráha, kterou odrážené vozy ujedou. Jedná se o jednosměrnou posunovací jízdu, směr posunu se tedy v průběhu operace nemění.

Teoretický příklad

Odvoďte požadované provozní parametry při posunu odrazem.

Celkovou dobu pohybu odrážených vozů vypočítáme ze vztahu

$$T = t_r + t_v \quad [\text{s}]$$

kde je

T ... celková doba pohybu odrážených vozů [s],

t_r ... doba rozjezdu [s],

t_v ... doba výběhu [s].

Opětovně využijeme základních fyzikálních vzorců pro pohyb rovnoměrně zrychlený a rovnoměrně zpomalený.

Pro dobu rozjezdu máme

$$t_r = \frac{v_{odr}}{a_r} \quad [\text{s}]$$

pro dobu výběhu

$$t_v = \frac{v_{odr} - v_n}{a_v} \quad [\text{s}]$$

Následně lze také vypočítat příslušné dráhy

$$l_r = \frac{v_{odr}^2}{2a_r} \quad [\text{m}]$$

$$l_v = \frac{v_{odr}^2 - v_n^2}{2a_v} \quad [\text{m}]$$

Odrazovou rychlost lze vypočítat pomocí dráhy L , na které máme posun odrazem vykonat. Výchozí je rovnice

$$L = \frac{v_{odr}^2}{2a_r} + \frac{v_{odr}^2 - v_n^2}{2a_v} \quad [\text{m}]$$

po osamostatnění v_{odr}^2 a následných úpravách dostáváme

$$v_{odr} = \sqrt{\frac{2a_r a_v}{a_r + a_v} \left(L + \frac{v_n^2}{2a_v} \right)} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$$

speciálně pro $v_n = 0$ potom

$$v_{odr} = \sqrt{\frac{2a_r a_v}{a_r + a_v} L} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$$

Dosadíme-li vypočítanou hodnotu odrazové rychlosti do vztahu pro výpočet celkové doby pohybu odražených vozů, dostáváme

$$T = \sqrt{\frac{2a_r a_v}{a_r + a_v} \left(L + \frac{v_n^2}{2a_v} \right)} \frac{a_r + a_v}{a_r a_v} - \frac{v_n}{a_v} \quad [\text{s}]$$

odkud po úpravě

$$T = \sqrt{\frac{2a_r + a_v}{a_r a_v} \left(L + \frac{v_n^2}{2a_v} \right)} - \frac{v_n}{a_v} \quad [\text{s}]$$

Pro odvození hodnot rozjezdového zrychlení použijeme stejných úvah jako při posunu zajižděním. Zbývá tedy odvodit hodnotu výběhového zpomalení.

Při odvození opětovně vycházíme ze 2. Newtonova pohybového zákona

$$F_z = m_v a_v (1 + \rho) \quad [\text{kN}]$$

kde

F_z představuje zpomalující sílu vyjádřitelnou také ve tvaru

$$F_z = G_v (s + w) \quad [\text{kN}]$$

F_z ... zpomalující síla [N]

G_v ... tíha vozů [kN]

a_v ... výběhové zpomalení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]

m_v ... hmotnost vozů [t]

s, w ... měrné odpory [$\text{N} \cdot \text{kN}^{-1}$]

potom zřejmě

$$a_v = \frac{G_v(s+w)}{\frac{1000G_v}{g}(1+\rho)} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}]$$

po úpravě

$$a_v = \frac{g(s+w)}{1000(1+\rho)} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}]$$

Řešený příklad

Posunovací lokomotiva o tíze 600 kN má s posunujícím dílem o tíze 1 300 kN odrazit jeden vůz o tíze 300 kN tak, aby najel na stojící vozy na manipulační koleji ve vzdálenosti 300 m rychlostí 1 m.s⁻¹. Stanice leží v rovině, průměrný jízdní odpor soupravy je 3,5 N.kN⁻¹, u samostatného odraženého vozu 4 N.kN⁻¹, součinitel adheze je 0,25, součinitel brzdného tření 0,2, součinitel rotujících součástí 0,06. Vypočítejte odrazovou rychlost, celkovou dobu jízdy odraženého vozu.

Analogicky jako v případě posunu zajižděním vypočítáme nejdříve hodnoty rozjezdového zrychlení a výběhového zpomalení.

$$a_r = \frac{g}{1000(1+\rho)} \left(\frac{1000G_a\mu_a}{G_l + G_{zát}} - w \right) = \frac{9,81}{1000(1+0,06)} \left(\frac{1000 \cdot 600 \cdot 0,25}{600 + 1300} - 3,5 \right) = 0,69 \text{m.s}^{-2}$$

$$a_v = \frac{wg}{1000(1+\rho)} = \frac{4,9,81}{1000(1+0,06)} = 0,037 \text{m.s}^{-2}$$

po dosazení vypočítaných hodnot do příslušných vzorců získáme dobu jízdy odraženého vozu a odrazovou rychlost

$$T = 106,59 \text{ s}$$

$$v_{odr} = 4,6 \text{m.s}^{-1} = 16,9 \text{km.h}^{-1}$$

3.3 Posun na spádovišti

Spádoviště je oblast za svážným pahrbkem, ve které dochází k vlastnímu rozřadování souprav od cílových vlaků.

Jak již bylo uvedeno v úvodu, je stěžejním úkolem technologa při posunu na spádovišti jeho dynamické posouzení.

3.3.1 Dynamické posouzení spádoviště

Odvoďte vzorec pro výpočet potřebné výšky spádoviště

Při zjišťování potřebné výšky vycházíme z rovnice:

$$E_k + E_p = A_w + A_r + A_{výh}$$

kde je

E_k - kinetická energie z rozřadovací rychlosti [kJ],

E_p - potenciální energie z výšky spádoviště [kJ],

A_w - práce potřebná pro překonání vozidlových odporů [kJ],

A_r - práce potřebná k překonání odporů z oblouků [kJ],

A_{vyh} - práce potřebná k překonání odporů z výhybek [kJ].

Věnujme se nyní podrobněji jednotlivým dílčím složkám na pravé straně rovnice.

Při odvození A_w vycházíme z předpokladu, že pro překonání jízdních odporů musí být tíha vozu alespoň tak velká, aby její sinová složka mohla vykonat práci:

$$A_w = g.M.w.l.\frac{1}{1000} \text{ [kJ]}$$

kde je

g ... gravitační zrychlení [m.s^{-2}]

M ... hmotnost vozu [t]

w ... měrný vozidlový odpor [N.kN^{-1}]

l - dráha, kterou vůz musí urazit do místa zastavení [m]

Odvození A_r

Měrnou práci potřebnou k překonání odporů z oblouků obecně vypočítáme

$$\bar{A}_r = w_r.l_r \quad [\text{kJ} \cdot \text{kN}^{-1}]$$

kde je

\bar{A}_r - měrná práce potřebná k překonání odporů z oblouků [$\text{kJ} \cdot \text{kN}^{-1}$]

w_r - měrná síla pro překonání měrného odporu [N.kN^{-1}]

l_r - délka oblouku [m],

přičemž měrnou sílu w_r zjistíme z empirického Protopapadakisova vzorce

$$w_r = \frac{\mu(0,72e + 0,47a)}{r} \quad [\text{N.kN}^{-1}]$$

kde je

μ ... koeficient kluzného tření mezi okolcem a kolejnicí [N.kN^{-1}],

a ... rozvor vozu [m],

e vzdálenost styčných kružnic dvojkolí [m],

r poloměr oblouku [m],
 délku oblouku odpovídající úhlu α vypočteme

$$l_r = \frac{2\pi r \alpha}{360} \quad [\text{m}]$$

kde je

α ... středový úhel oblouku

po dosazení do vzorce pro výpočet \bar{A}_r

$$\bar{A}_r = \frac{\mu(0,72e+0,47a)}{r} \frac{2\pi r \alpha}{360}$$

po úpravě

$$\bar{A}_r = \frac{\mu(0,72e+0,47a)}{180} \pi \alpha$$

položíme – li

$$\frac{\mu(0,72e+0,47a)\pi}{180} = K$$

lze pro \bar{A}_r psát

$$\bar{A}_r = K \cdot \alpha \quad [\text{kJ} \cdot \text{kN}^{-1}]$$

V běžných výpočtech pracujeme s hodnotou $K = 12,2$

Pojíždíme – li na stanovené dráze i oblouků, jejichž součet středových úhlů označíme $\sum_i \alpha_i$ lze pro \bar{A}_r psát

$$\bar{A}_r = K \cdot \sum_i \alpha_i$$

V běžných výpočtech slučujeme středové úhly pojížděných oblouků se středovými úhly výhybkových oblouků.

Analogicky jako v případě jízdnic odporů musí být tíha vozu alespoň tak velká, aby její sinová složka mohla vykonat práci

$$A_r = g \cdot M \cdot w_r \cdot l_r$$

po dosazení

$$A_r = g \cdot M \cdot \frac{12,2 \sum_i \alpha_i}{1000}$$

kde je

A_r ... práce potřebná k překonání odporů z oblouků [kJ],

g ... gravitační zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$],

M ... hmotnost vozu [t].

Odvození odporu ve výhybkách

Odpor ve výhybkách vzniká důsledkem rázů kol přes kolejnicové styky, jazyky, srdcovku, při jízdě do odbočky – odpory z výhybkového oblouku (zahrnuli jsme jej do odporů z oblouků). Měrná práce potřebná k překonání odporů (pouze rázů) ve výhybce se stanoví empiricky

$$\overline{A_{\text{výh}}} = 20 \quad [\text{kJ} \cdot \text{kN}^{-1}]$$

při n výhybkách

$$\overline{A_{\text{výh}}} = n \cdot 20 \quad [\text{kJ} \cdot \text{kN}^{-1}]$$

a tedy práci pro překonání odporů z výhybek při tíze vozu $G = g \cdot M$ vypočteme

$$A_{\text{výh}} = g \cdot M \cdot n \cdot 20 \cdot \frac{1}{1000} \quad [\text{kJ} \cdot \text{kN}^{-1}]$$

Po dosazení odvozených hodnot hodnoty $A_w, A_r, A_{\text{výh}}$ do základní rovnice (na levé straně jsou hmotnosti v tunách)

$$E_k = \frac{1}{2} M \cdot v^2 \cdot \rho$$

$$E_p = M \cdot g \cdot h$$

dostáváme rovnici

$$\frac{1}{2} M \cdot v_0^2 (\rho + 1) + M \cdot g \cdot h = g \cdot M \cdot \frac{w \cdot l}{1000} + g \cdot M \cdot \frac{12,2 \sum \alpha}{1000} + g \cdot M \cdot \frac{20n}{1000}$$

v praktických výpočtech nahrazujeme $(\rho + 1)$ vztahem $\frac{g}{g'}$,

a dostáváme

$$\frac{1}{2} M \cdot v_0^2 \cdot \frac{g}{g'} + M \cdot g \cdot h = g \cdot M \cdot \frac{w \cdot l}{1000} + g \cdot M \cdot \frac{12,2 \sum \alpha_i}{1000} + g \cdot M \cdot \frac{20n}{1000}$$

po úpravě

$$\frac{v_0^2}{2g'} + h = \frac{w \cdot l}{1000} + \frac{12,2 \sum \alpha_i}{1000} + \frac{20 \cdot n}{1000}$$

tedy potřebnou výšku spádoviště zjistíme ze vztahu

$$h = \frac{w.l}{1000} + \frac{12,2 \sum_i \alpha_i}{1000} + \frac{20.n}{1000} - \frac{v_0^2}{2g}$$

Náměty pro samostatnou práci :

- vypočítat výšku spádoviště, aby se vůz při zadané rychlosti zastavil v požadované vzdálenosti,
- vypočítat velikost rozřadovací rychlosti, aby vůz dojel při stanovené výšce spádoviště do požadované vzdálenost,
- vypočítat do jaké vzdálenosti dojde vůz při zadané rozřadovací rychlosti a výšce spádoviště.