UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA
Katedra dopravních prostředků

ZÁKLADY DOPRAVNÍ TECHNIKY I.

Železniční doprava

lng. Bohumil Culek, CSc.

PARDUBICE 1996

Univerzita Pardubice-UK
32100049072

KDP
prof. Cu

ZÁKLADY DOPRAVNÍ TECHNIKY I.

Železniční doprava

Ing. Bohumil Culek, CSc.

UNIVERZITA PARDUBICE
Univerzitní knihovna
Přír. č.
Sign.
DT

Na vydání těchto skript finančně přispěla **Nadace Jana Pernera.**

UNIVERZITA PARDUBICE
Univerzitní knihovna
Přír. č. 182043
Sign. 47 874-1 l
DT 625.11.5:656.2

ISBN 80-7194-052-6

© Ing. Bohumil Culek, CSc. 1996

1. ÚVOD

Železniční doprava, jejíž počátky se datují od dvacátých let devatenáctého století, je charakteristická tím, že pohyb vozidel se uskutečňuje po kolejích, tvořených dvěma pásy ocelových kolejnic příčně vázaných pražci nebo jinými vazebními prvky na vzdálenost zvanou rozchod koleje. Vozidlo je kolejí neseno (svislé síly mezi koly a kolejnicemi) i vedeno (příčné síly mezi koly [okolky kol] a kolejnicemi). Tažné síly a brzdné síly jsou vyvozovány na principu adheze ve styku kol s kolejnicemi.

Tento konvenční systém dopravy dosáhl v některých západoevropských zemích vynikajících výsledků prezentovaných jak dosaženou maximální rychlostí jízdy železničního vozidla 515,3 km/h v roce 1990 na vysokorychlostní trati vlaků TGV (Train á Grande Vitese) ve Francii, tak vyřešením technických otázek souvisejících s provozem na železnici rychlostí jízdy 300 až 350 km/h.

Díky těmto výsledkům a dalším přednostem (např. v porovnání s ostatními druhy doprav relativně příznivý vliv na životní prostředí) je železnice schopna konkurovat ostatním druhům dopravy, což zpětně vytváří podmínky pro její další rozvoj. Dokladem toho je např. „Projekt 2015 – Evropská vysokorychlostní síť" a nedávno otevřený železniční tunel pod kanálem La Manche, který umožňuje překonání vzdálenosti mezi Paříží a Londýnem v čase kratším než 3,5 hodiny.

2. STANDARDIZACE V ŽELEZNIČNÍ TECHNICE

Potřeba zajistit pokud možno hladký přechod cestujících a zboží po železnici mezi jednotlivými státy vedla již brzy od vzniku železniční dopravy k založení organizací, které se snažily zvláště v technickém směru působit na činnost a rozvoj jednotlivých železničních společností ve smyslu usnadnit vzájemnou přechodnost vozidel. Tato snaha vedla k vytváření určitých standardů (norem, doporučení, podmínek) jak pro stavbu vozidel, tak pro stavbu železničních tratí a dalších zařízení železnic.

V historii železniční dopravy měly a stále mají tyto organizace významnou úlohu a proto je dále uveden přehled nejvýznačnějších z nich, tak jak postupně vznikaly:

- V roce 1847 byl založen Spolek německých železnic, který záhy přešel ve Spolek středoevropských železnic.
- V roce 1872 byla založena Mezinárodní konference jízdních řádů osobních vlaků.
- V roce 1882 byla na mezistátní úrovni vytvořena Technická jednota, v jejímž rámci představitelé středoevropských států přijali v roce 1886 dohodu o technické jednotnosti v železniční dopravě jako státní dohodu nazvanou Technická jednotnost.
- V roce 1890 byla jako mezistátní smlouva uzavřena Úmluva o přepravě zboží po železnici.
- V roce 1921 vznikly Mezinárodní svaz pro nákladní vozy (RIV) a Mezinárodní svaz pro osobní vozy (RIC). Oba svazy byly založeny k usnadnění vzájemného používání vozů v mezinárodním provozu.
- V roce 1922 byla založena Mezinárodní železniční unie (UIC), dosud nejvýznačnější mezinárodní železniční organisace, pod jejíž působností pracuje také od roku 1949 Výzkumný a zkušební úřad (původně zkratka ORE dnes ERRI).
- V roce 1923 byla uzavřena na mezistátní úrovni Úmluva o přepravě cestujících a zavazadel (v platnost vstoupila v roce 1928).
- V roce 1930 byla založena Evropská konference jízdních řádů nákladních vlaků.
- Po druhé světové válce byly v západní Evropě založeny další významné organisace. V roce 1954 Evropská konference ministrů dopravy, v šedesátých letech a později organisace: Evropské společenství nákladních vozů (EUROP), Mezinárodní železniční společnost pro přepravu chlazeného zboží (Interfrigo), Mezinárodní společnost lůžkových vozů a velkých evropských expresů, Mezinárodní sdružení výrobců železničních vozidel a další. Obdobně ve státech východní Evropy byly založeny organisace: Organizace pro spolupráci železnic (OSŽD), Společný park nákladních vozů (OPW), Mezinárodní železniční přeprava cestujících a zboží (PPV) a další, které v dnešním evropském integračním procesu ztratily význam a postupně zanikají.

2.1 Mezinárodní železniční unie (UIC)

Mezinárodní železniční unie, jejíž oficiální název je „Union Internationale des Chemins de fer" (UIC), je nevládní organizace, která vznikla proto, aby řešila na mezinárodní úrovni společné otázky sjednocení a rozvoje železničních zařízení, především tratí a vozidel a podmínek pro provoz železnic. Svoji činnost zahájila 1.12.1922 jako organizace 22 zakládajících železničních správ, mezi nimiž figurovaly i tehdejší

Československé státní dráhy (ČSD). Dnes má UIC více jak 70 členů z celého světa, kromě evropských železničních správ jsou jejími členy i železnice z Asie, Afriky, Ameriky a Austrálie. Sídlem UIC je Paříž.

Činnost UIC je zaměřena na:

1. Sjednocování a zlepšování podmínek pro stavbu a provoz železnic.
2. Koordinaci a usměrňování mezinárodních železničních vztahů.
3. Zastupování železničních správ navenek při šetření ve společných otázkách, přesahujících rámec železniční dopravy.

UIC přísluší řešit:

1. Společné otázky tzv. „všeobecného použití", tj. otázky týkající se většiny členských železničních správ UIC.
2. Společné otázky tzv. „omezeného použití", které se týkají pouze určitého počtu členských železničních správ UIC, dodržujících zásady činnosti UIC, avšak ponechávajících si v některých otázkách určitou autonomii.

Vrcholným organizačním útvarem UIC je generální shromáždění se správním výborem. Činnost UIC řídí v souladu se stanovami UIC generální sekretář. Praktická působnost UIC se realizuje v tzv. studijních orgánech UIC, kterými jsou:

1. Výbory pro hlavní odborné činnosti (plánování, komerční otázky, finance, provoz, vozidla a trakce, stavby, personální otázky, informace).
2. Technické výbory (postavené na roveň výborům pro hlavní činnosti).
3. Úřady, kanceláře a střediska pro činnosti, které nemohou zajistit výbory. Sem patří Výzkumný a zkušební úřad, kancelář pro statistiku a další.
4. Skupiny pro daný konkrétní případ, zřízené trvale nebo dočasně správním výborem. Tyto skupiny řeší otázky spadající do působnosti více výborů, nebo nespadající do působnosti žádného výboru.

Výsledky činnosti UIC se zpracovávají do vyhlášek UIC, které tvoří zákoník UIC (Kodex UIC). Kodex UIC se člení na tyto části:

- Zvláštní svazek – kromě stanov a jednacího řádu obsahuje vyhlášky zásadní povahy
- Svazek I – obsahuje vyhlášky týkající se osobní dopravy a odbavování zavazadel
- Svazek II – vyhlášky týkající se nákladní dopravy
- Svazek III – vyhlášky týkající se financí, odúčtování, nakládky
- Svazek IV – vyhlášky týkající se provozu
- Svazek V – vyhlášky týkající se vozidel
- Svazek VI – vyhlášky týkající se trakce
- Svazek VII – vyhlášky týkající se pevných drážních zařízení
- Svazek VIII– vyhlášky týkající se technických dodacích podmínek
- Svazek IX – vyhlášky týkající se informací, různých dalších věcí.

Každý svazek má několik pododdílů (zpravidla deset), které blíže specifikují o jakou problematiku se jedná.

Vyhlášky jsou číslovány základním třímístným číslem , jehož první číslice označuje svazek, první dvě číslice označují pododdíl (např. vyhláška UIC č.432, patřící do svazku IV– provoz, pododdílu 43 – hlediska použití vozidel a nakládacích prostředků pro nákladní přepravu, se zabývá bezpečností proti vykolejení nákladních vozů).

2.2 Výzkumný a zkušební úřad (ERRI)

Velmi rychlý rozvoj železnic po 2. světové válce si vyžádal pro společné řešení technických problémů založení výzkumného a zkušebního útvaru v rámci UIC. Takový útvar byl pod názvem Výzkumný a zkušební úřad (Office de Recherches et d´Essais – ORE) založen v roce 19 :9, jeho sídlo bylo umístěno do Utrechtu v Nizozemsku. V roce 1992 byl název ORE formálním rozhodnutím změněn na European Rail Research Institute (ERRI). I když je ERRI organizačně začleněno pod UIC, má vlastní statut, správní orgány, vlastní rozpočet a vlastní členskou základnu.

Základním úkolem ERRI je řídit výzkum a zkoušky mezinárodního významu v zájmu představ a cílů členských železničních správ UIC. Jeho činnost se vztahuje na všechny technické oblasti – hnací i tažená vozidla, tratě, sdělovací a zabezpečovací zařízení, elektrifikaci, materiálové problémy atd. a je buď povahy čistě výzkumné nebo aplikační. Dalšími úkoly jsou: zajištění výměny technických informací mezi členskými správami, práce v oblasti tvorby norem, zpracovávání podkladů pro standardizaci a řešení úkolů plynoucích z jednání správního výboru UIC.

Hlavním orgánem ERRI je řídící výbor, který se skládá ze zástupců drah jmenovaných správním výborem UIC. Řídící výbor řídí hospodářské záležitosti, vydává směrnice pro činnost ERRI, přiděluje úkoly členským drahám, schvaluje pracovní programy, rozpočty a zprávy k řešeným otázkám. Předkládá správnímu výboru UIC studie k otázkám, které se navrhují k řešení a každý rok také předkládá zprávu o činnosti ERRI.

Praktickou činnost ERRI řídí výbory znalců složené z odborníků členských správ, které se ustavují pro řešení jednotlivých výzkumných a zkušebních úkolů. K výborům znalců mohou být sestaveny pracovní skupiny specialistů pro řešení dílčích otázek zpracovávaných úkolů. Výsledky řešených úkolů se vydávají ve formě zpráv, které se předkládají ke schválení řídícímu výboru. Po schválení je dostávají všechny členské železniční správy ERRI.

Úkoly zařazené do programu prací ERRI se číslují v pořadí tak, jak jsou postupně zařazovány. Před pořadovým číslem se označuje velkým písmenem tematická skupina, do které daný řešený úkol spadá:

A – elektrotechnické problémy

B – vozidlové problémy

C – problémy vztahů mezi vozidlem a kolejí

D – problémy železničního svršku

E – materiálové problémy.

Kromě zpráv vydává ERRI následující dokumenty:

S – speciální studie

AZ– zprávy týkající se zkušebních zařízení ERRI

DT– technické dokumenty.

3. ŽELEZNIČNÍ TRAŤ

Železniční trať je tvořena železničním tělesem a dalšími stavbami a stavebními prvky, které umožňují železniční provoz. Základní část (železniční těleso) se skládá z železničního spodku, na jehož horní ploše, nazývané plání, je položen železniční svršek. Železniční svršek zahrnuje kolej, složenou ze dvou kolejnicových pásů, vázaných obvykle pomocí upevňovadel příčnými pražci, které jsou uloženy na kolejovém (štěrkovém) loži. Kolej tvoří spojitou jízdní dráhu pro železniční vozidla.

3.1 Třídění železničních tratí

Vyhláška UIC č.700 třídí tratě (traťové úseky) podle přípustnosti největších hodnot hmotnosti na nápravu M_n a hmotnosti vozidla na jednotku délky M_l do tříd A, B1, B2, C2, C3, C4, D2, D3, D4 viz. následující Tab. 3.1:

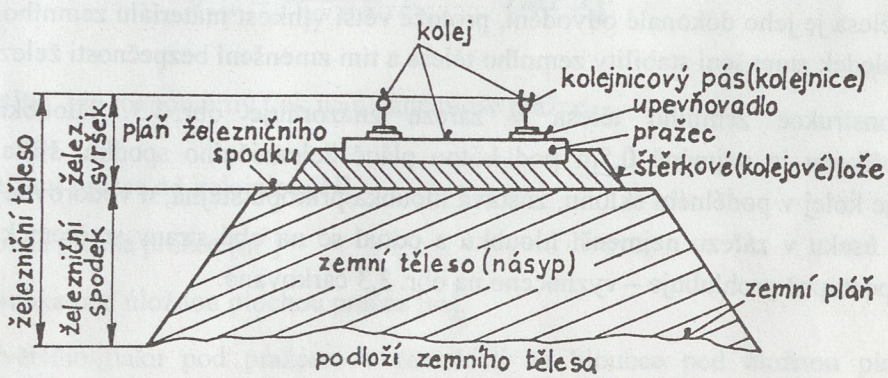
Hmotnost vozidla na jednotku délky M_l		Hmotnost na nápravu M_n			
		A 16t	B 18t	C 20t	D 22,5t
1	5,0 t/m	A	B1		
2	6,4 t/m		B2	C2	D2
3	7,2 t/m			C3	D3
4	8,0 t/m			C4	D4

Tab. 3.1 – rozdělení tratí

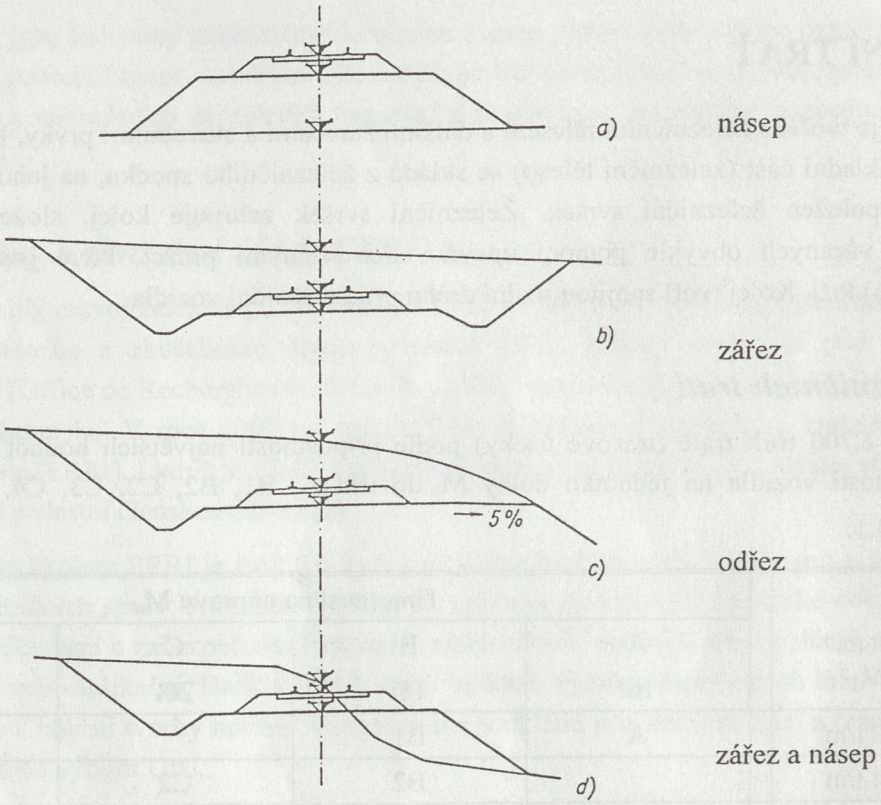
Označení tratí velkými písmeny (A, B, C, D) odpovídá povoleným nejvyšším hmotnostem na nápravu, označení arabskými číslicemi (1, 2, 3, 4) odpovídá povoleným nejvyšším hmotnostem vozidla na jednotku délky.

3.2 Železniční těleso

Železniční těleso je tvořeno železničním spodkem a železničním svrškem. Každá z těchto částí železničního tělesa se dále člení na nižší stavební celky: zemní těleso, pláň železničního spodku, kolejové (štěrkové) lože, kolej – viz obr. 3.1. Každá z těchto částí má svá specifika, o kterých bude pojednáno v dalších částech skripta.



obr. 3.1 – železniční těleso



obr. 3.2 – typy zemního tělesa

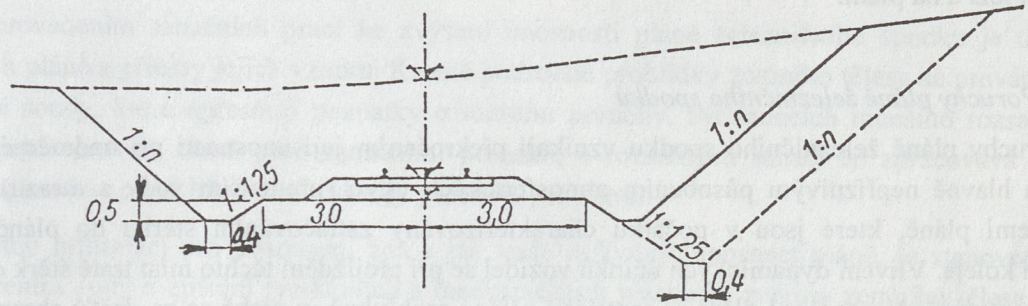
3.3 Železniční spodek

Železniční spodek je stavební inženýrská konstrukce vybudovaná úpravou terénu a stavbou řady umělých staveb typu propustků, mostů, opěrných zdí apod. K železničnímu spodku náleží také stavby zajišťující stabilitu železničního tělesa (odvodňovací stavby, zpevňovací stavby) a stavby tvořící ochranu před živelnými silami (např. sněhové zábrany).

3.3.1 Zemní těleso

Zemní těleso je základní částí železniční trati. Je vytvořeno zářezy v terénu, náspy vybudovanými z hornin, odřezy a kombinacemi částečných zářezů a násypů – viz obr. 3.2. Musí být dostatečně únosné a nesmí podléhat změnám od provozního zatížení a atmosférickým vlivům. Nejdůležitějším požadavkem při stavbě zemního tělesa je jeho dokonalé odvodění, protože větší vlhkost materiálu zemního tělesa, nebo jeho podloží má za následek zmenšení stability zemního tělesa a tím zmenšení bezpečnosti železničního provozu.

Příklad konstrukce zemního tělesa v zářezu znázorňuje obr. 3.3. Hloubka oboustranného odvodňovacího příkopu je nejméně 0,5m pod kótou pláně železničního spodku, šířka příkopu ve dně je 0,4m. Jestliže je kolej v podélném sklonu, zůstává hloubka příkopu stejná, u vodorovné koleje má příkop v polovině délky úseku v zářezu nejmenší hloubku a odtud se na obě strany směrem k nulovým bodům svažuje, čímž se postupně prohlubuje – vyznačeno na obr. 3.3 čárkovaně.



obr. 3.3 – příčný řez železničního tělesa v zářezu

3.3.2 Pláň železničního spodku

Pláň železničního spodku je velmi důležitou částí železniční tratě. Pro dobrý stav koleje je třeba, aby pláň byla dostatečně únosná, aby bezpečně přenášela zatížení vyvozená železničním provozem přenesená na pláň prostřednictvím železničního svršku. Pro únosnost pláně je stanovena podmínka, že deformace pláně, způsobené účinky pojíždějících vozidel, musí být v oblasti pružných deformací, tj. nesmí se porušit zemina pláně. Má–li mít zemina na pláni pouze pružné stlačení, musí být zpracována tak, aby měla rovnovážnou objemovou hmotnost odpovídající tlaku, který na pláň působí. Únosnost pláně je tedy dána výrazem

$$k = \frac{q}{m} \qquad [MPa] \tag{3.1}$$

kde q je tlak, při kterém v zemině nastal rovnovážný stav (zemina má rovnovážnou objemovou hmotnost),

m je součinitel bezpečnosti větší než jedna.

Únosnost pláně se mění během roku. V zimě, kdy je zemina zmrzlá, je únosnost největší, v době tání, kdy se zemina obohacuje vodou, je únosnost nejmenší. V létě zemina vysychá a její únosnost se zvětšuje, v době podzimních dešťů se opět zmenšuje. Pro únosnost pláně je rozhodující stav zeminy s největší vlhkostí v průběhu roku. Pro stanovení únosnosti pláně je třeba znát velikost účinku pojížděných vozidel na železniční svršek a přenesený vliv na pláň. Pro výpočet největšího tlaku pod pražcem byl na základě experimentů odvozen empirický vztah

$$p_{max} = \frac{0.1704}{h^{1.25}} \cdot p \qquad [MPa] \tag{3.2}$$

kde $p = \frac{2P}{U}$ [MPa] je rovnoměrný tlak na úložné ploše pražce,

P je zatížení pražce od kolejnice [N]

U je úložná plocha pražce [m^2]

h je hloubka pod úložnou plochou pražce [m].

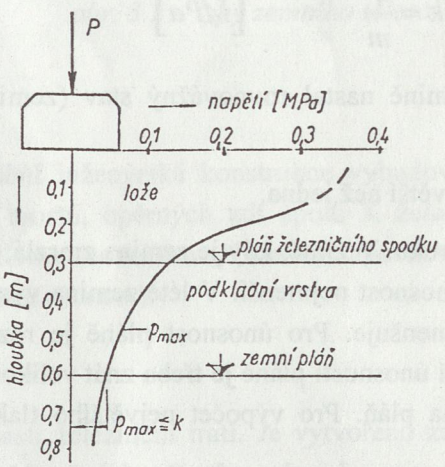
Průběh největšího tlaku pod pražcem v závislosti na hloubce pod úložnou plochou pražce je znázorněn na obr. 3.4. Je–li znám průběh tlaku pod pražcem a hodnota q (viz vztah 3.1), při které v zemině nastane rovnovážný stav, lze určit hloubku pod úložnou plochou pražce, ve které bude tato podmínka

splněna. Velikost tlaku pod pražcem je možné experimentálně měřit tlakovými snímači umístěnými ve štěrkovém loži a na pláni.

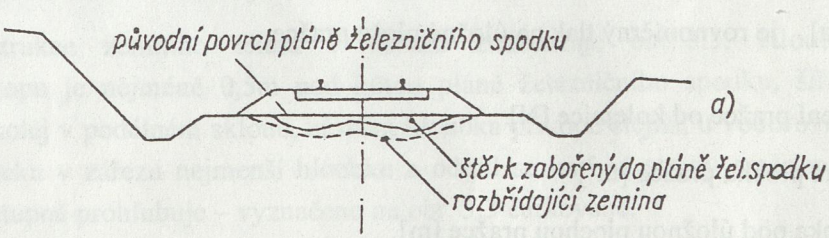
3.3.2.1 Poruchy pláně železničního spodku

Poruchy pláně železničního spodku vznikají překročením její únosnosti při nadměrném provozním zatížení a hlavně nepříznivým působením atmosférických vlivů (především vody a mrazu). Projevují se deformacemi pláně, které jsou v počátku charakterizovány zatlačováním štěrku do pláně a výškovou deformací koleje. Vlivem dynamických účinků vozidel se při přejíždění těchto míst tratě štěrk dále a rychleji zatlačuje do pláně. V porušené pláni se vytvářejí příčné prohlubně, v nichž se za dešťů shromažďuje voda způsobující rozbřednutí zeminy, což má za následek další snížení únosnosti pláně.

Příčné prohlubně pod jednotlivými pražci se při dalších účincích provozu a srážkové vody prohlubují tak, že se v místech pod kolejnicemi vytvoří v pláni podélné žlaby s vodou štěrkem a rozbředlou zeminou – viz obr. 3.5. Jestliže k této poruše v provozu dojde, způsob údržby (opravy) doplněním a zhutněním štěrku situaci nezachrání, protože zhutňovaný štěrk se dál zamačkává do již „rozbité" pláně a zlepšení geometrie koleje je tedy jen krátkodobé. Poruchy a následné deformace pláně vznikají hlavně tehdy, když zemní těleso je složeno z namrzavých zemin, jílovitých zemin a hlíny, které nepropouští vodu a také v traťových úsecích, kde nejsou dobře vybudovaná, nebo nejsou dobře udržovaná odvodňovací zařízení. V zimním období se voda v zemním tělesu mění v led, což způsobí zvětšení objemu zeminy, které se projeví deformací koleje ve svislém směru (zvednutí koleje).



obr. 3.4 – průběh tlaku pod pražcem



obr. 3.5 – porucha pláně

3.3.2.2 Sanace pláně železničního spodku

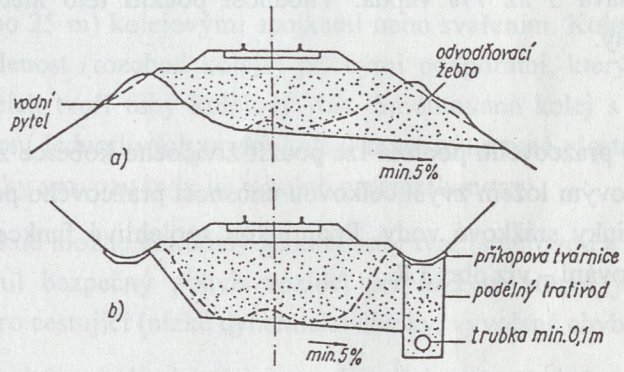
Před provedením sanačních prací ke zvýšení únosnosti pláně železničního spodku je třeba zjistit rozsah poruch pláně a příčiny jejich vzniku. Kromě podrobné prohlídky zemního tělesa se provádějí vrtané, případně jiné sondy, které upřesňují poznatky o rozsahu poruchy. Při sanacích menšího rozsahu se tyto průzkumné práce provádí těsně před sanačními pracemi, u rozsáhlých sanací se zpracovává projektová dokumentace, která se opírá hlavně o výsledky provedených sond.

Důležitou informací pro posouzení zda a jak voda ovlivňuje únosnost pláně, je stanovení hloubky hladiny podzemní vody a zjištění fyzikálních a mechanických vlastností zeminy zemního tělesa. K tomuto účelu se odebírají vzorky neporušené zeminy, které se laboratorně ohodnocují. Podle získaných výsledků se pak stanovují materiály, které se použijí k sanaci.

Metody sanace pláně železničního spodku jsou následující:

a) Odvodňovací žebra

Odvodňovací žebra slouží k sanaci větších deformací pláně. Odvodněním části zemního tělesa a pláně se zvýší únosnost zeminy. Žebra se zřizují o šířce 0,8 až 1,5 m ve vzdálenostech od sebe 4 až 8 m. Hloubí se buď jen pod jednu polovinu pláně – viz obr. 3.6 nebo pod celou pláň. K výplni žeber se používá štěrk, štěrkopísek nebo písek.



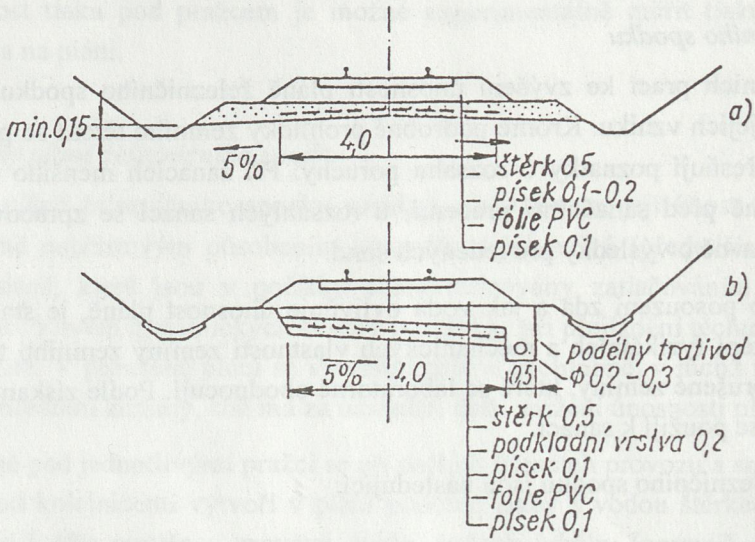
obr. 3.6–odvodňovací žebro

b) Podkladní vrstvy ze štěrkopísku

Ke zlepšení podmínek přenášení tlaku ze štěrkového lože na pláň železničního spodku se zřizuje mezi štěrkovým ložem a plání vrstva štěrkopísku, nebo jiného drobného propustného materiálu. Zabrání se tím zatlačování štěrku do neúnosné pláně. Tímto způsobem se zesiluje pražcové podloží.

c) Izolační fólie z plastických hmot

Položením izolační fólie mezi štěrkové lože a pláň železničního spodku (viz obr. 3.7) se zabrání průniku srážkové vody do pláně a zemního tělesa, čímž se za předpokladu, že nebude nepříznivě působit spodní voda, zvýší únosnost pláně. Fólie se kladou na vrstvu (0,1 m) jemnozrnného písku, rozprostřenou na pláni upravené do sklonu 5%. Svrchu se fólie chrání opět vrstvou písku o min. tloušťce 0,1 m.



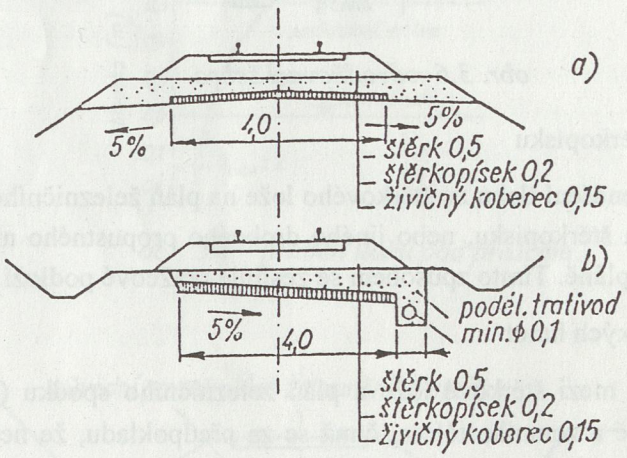
obr. 3.7 – ochrana pláně fólií

d) Stabilizace cementem nebo vápnem

Tato metoda spočívá v promísení vrstvy zemního tělesa s cementem nebo vápnem, čímž se zlepší její mechanické vlastnosti. Při stabilizaci cementem se přidává u hlinitopísčitých zemin 8 až 10% cementu. Při stabilizaci vápnem se přidává 3 až 7% vápna. Vhodnost použití této metody se zvažuje na základě laboratorního rozboru zeminy.

e) Živičné koberce

Ke zvýšení únosnosti pražcového podloží lze použít živičného koberce z drti obalené živicí. Živičný koberec umístěný pod štěrkovým ložem zvýší celkovou únosnost pražcového podloží a svoji nepropustností chrání zemní pláň před účinky srážkové vody. Podmínkou spolehlivé funkce živičného koberce je jeho dokonalé zhutnění a vyspádování – viz obr. 3.8.



obr. 3.8 – živičný koberec

f) Podložní desky

Únosnost pražcového podloží se dá zvýšit pomocí betonových desek uložených na zemní pláni. Desky o rozměrech 3,0 x 0,5 x 0,06m mající předepsaný sklon 5% navíc částečně chrání pláň před srážkovou vodou.

g) Další způsoby sanace pláně železničního spodku

V některých případech porušení pláně železničního spodku je vhodné použít pro zvýšení únosnosti pláně další způsoby sanace. Jsou to injektování cementovou maltou, prosycení rozbředlé zeminy roztoky kyseliny křemičité (vytvoří se z ní nerozpustná zpevňující látka), zpevňující pískové piloty, vápenné piloty a jiné způsoby.

Jak je patrné z předchozího textu, cílem sanačních prací je zamezit negativnímu účinku vody na zemní těleso a tak vytvořit podmínky pro vyšší únosnost pláně železničního spodku. Prvotním cílem ovšem je projektovat a stavět železniční spodek tak, aby v provozu k poruchám únosnosti pláně nedocházelo.

3.4 Železniční svršek

Železniční svršek se skládá z železniční koleje a kolejového (štěrkového) lože, ve kterém je kolej uložena. Je to stavební konstrukce, která by měla být montážně i stavebně jednoduchá, s co největší odolností proti provozním i atmosférickým vlivům.

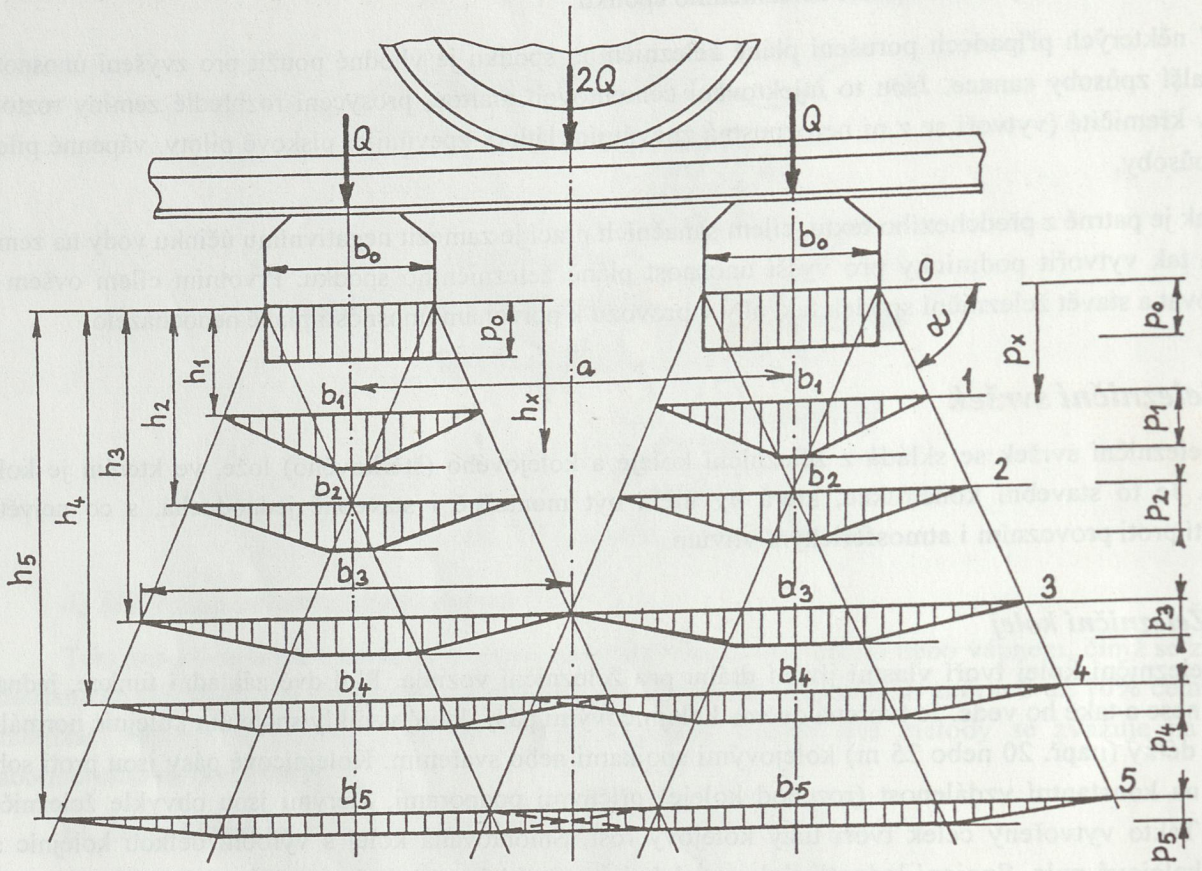
3.4.1 Železniční kolej

Železniční kolej tvoří vlastní jízdní dráhu pro železniční vozidla. Plní dvě základní funkce, jednak vozidlo nese a také ho vede. Je tvořena dvěma kolejnicovými pásy, které vznikly spojením kolejnic normální výrobní délky (např. 20 nebo 25 m) kolejovými spojkami nebo svařením. Kolejnicové pásy jsou proti sobě vázány na konstantní vzdálenost (rozchod koleje) příčnými podporami, kterými jsou obvykle železniční pražce. Takto vytvořený celek tvoří tuhý kolejový rošt. Smontovaná kolej s výrobní délkou kolejnic se nazývá kolejové pole. Spojení jednotlivých prvků koleje musí být pevné, dostatečně tuhé a přitom natolik pružné, aby dynamické účinky provozu byly již v koleji pružně tlumeny.

Kolej by měla mít pokud možno dokonalý geometrický tvar (směrovou a výškovou polohu a neměnný rozchod), který by umožnil bezpečný pohyb vozidel při nízkém stupni jízdních (traťových) odporů a vysokém stupni pohodlí pro cestující (nízké dynamické účinky, vyvolané chybami v geometrii koleje).

Nejúnosnější prvek koleje, ocelová kolejnice, přejímá bezprostředně silové účinky od kol vozidel a přenáší je na další níže položené části železničního svršku a železničního spodku. Přitom jsou tyto silové účinky roznášeny postupně na větší plochy, takže se vzniklé specifické tlaky na jednotlivé části železničního tělesa zmenšují s hloubkou těchto částí – viz zjednodušené schéma na obr. 3.9.

Tvary, rozměry a druh použitého materiálu jednotlivých součástí koleje jsou normalizovány. Existuje několik typů konstrukce koleje, které se liší zejména tvarem a hmotností kolejnic na 1m délky, druhem upevňovacích prvků kolejnic na příčných podporách a tvarem příčných podpor. Jako klasickou konstrukci železniční koleje označujeme kolej na pražcích, u níž jednotlivá kolejová pole, spojená spojkami, mají mezi sebou dilatační spáry umožňující dilataci kolejnic vlivem teploty prostředí. Taková kolej se nazývá také stykovaná. Naopak pokud se kolejová pole spojují svařováním, mluvíme pak o koleji bezstykové (svařované).



Obr. 3.9 – průběh tlaků na části železničního tělesa

3.4.1.1 Kolejnice

Podle tvaru průřezové plochy kolejnic lze kolejnice rozdělit do dvou základních skupin. Jednu skupinu tvoří tzv. širokopatní kolejnice, druhou kolejnice žlábkové, které se používají na železnici jen ve zvláštních případech.

a) Širokopatní kolejnice

Kolejnice je tvarovaná jako nosník, jehož hmota je ve svislém směru soustředěna v místech co nejvíce vzdálených od těžiště průřezu, aby bylo dosaženo potřebné tuhosti a přijatelného namáhání kolejnice – viz obr. 3.10 s popisem hlavních částí kolejnice. Přibližné procentuální rozdělení hmotností jednotlivých částí kolejnice (a také dalších níže popsaných typů kolejnic) je uvedeno v Tab. 3.2. Nejvíce exponovanými částmi kolejnice jsou hlava a pata. Hlava je zatěžována svislými, příčnými a podélnými silami, vyvozovanými koly vozidla a pata reakcemi podpor. Zatím co pata kolejnice nedoznává během své životnosti téměř žádného opotřebení, opotřebovává se hlava kolejnice jak ve svislém směru, tak v příčném směru (v příčném směru zejména v obloucích tratí u vnějších kolejnicových pásů).

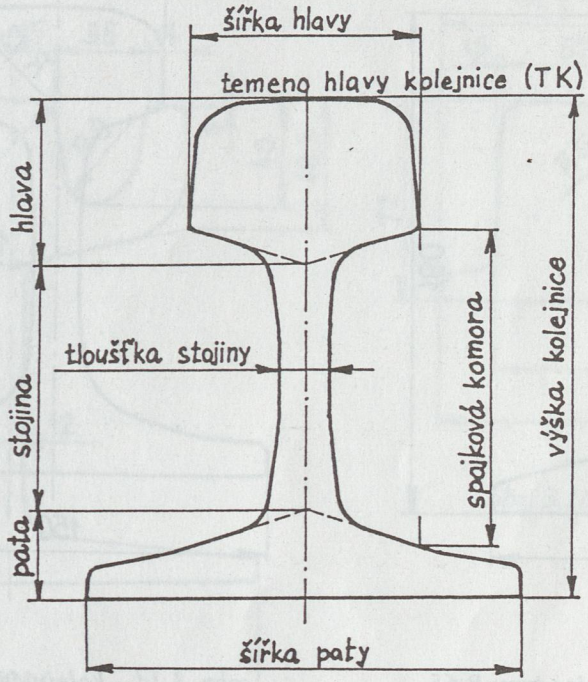
Tvar průřezu kolejnice v průběhu let podléhal určitému vývoji, dnes jsou v provozu Českých drah (ČD) následující typy kolejnic:

Kolejnice typu T patří mezi starší typy kolejnic,měla vyhovovat pro rychlost do 150 km/h. Její znázornění viz obr. 3.11.

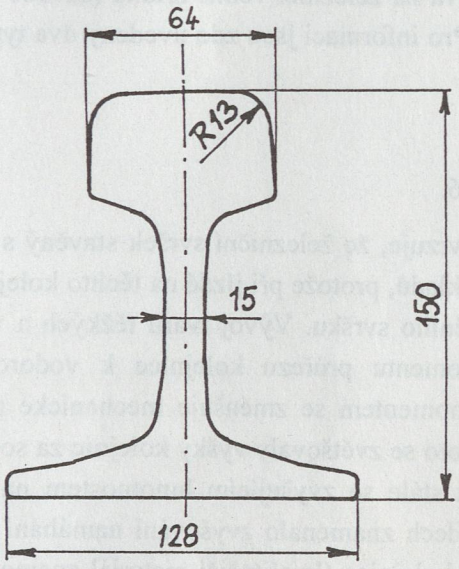
Kolejnice typu S 49 je rozměrově velmi blízká kolejnici typu T. Její výroba byla zahájena v roce 1970, schematicky je znázorněna na obr. 3.12.

Kolejnice typu R 65 patří mezi těžší typy kolejnic, byla určena pro tratě s velmi silným provozním zatížením. Její znázornění viz obr. 3.13.

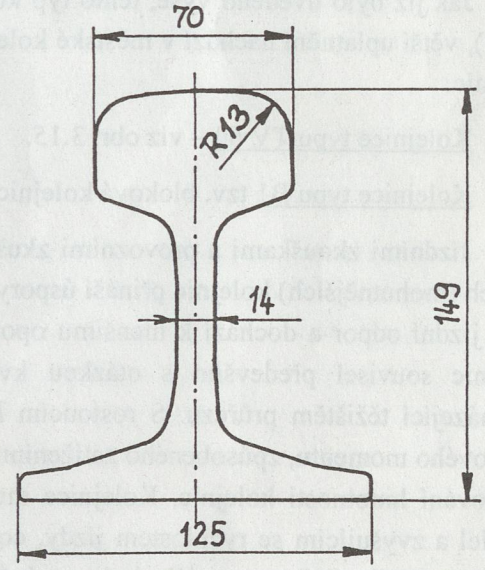
Kolejnice typu UIC 60 patří do stejné kategorie jako kolejnice R 65 viz obr. 3.14



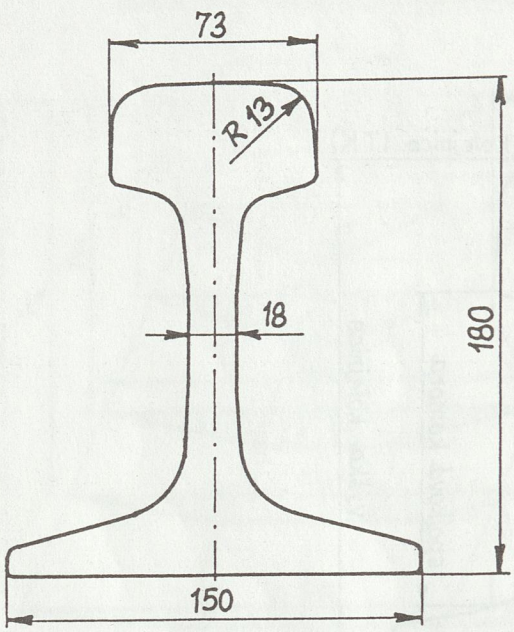
obr. 3.10 – širokopatní kolejnice



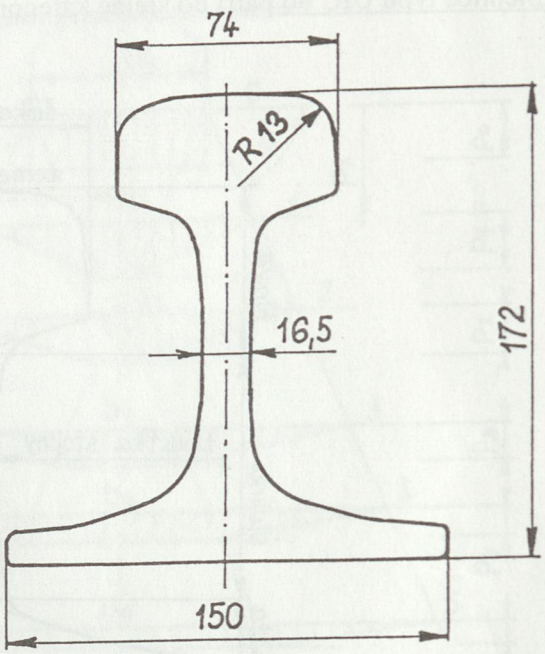
obr. 3.11 – kolejnice typu T



obr. 3.12 – kolejnice typu S 49



obr. 3.13 – kolejnice typu R 65



obr. 3.14 – kolejnice typu UIC 60

b) Žlábkové kolejnice

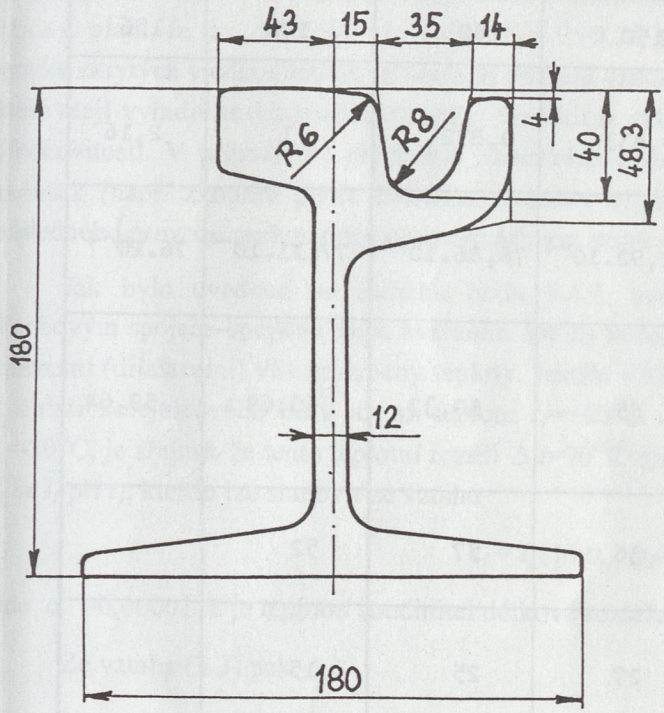
Jak již bylo uvedeno výše, tento typ kolejnic se využívá na železnici velmi zřídka (závodové vlečky apod.), větší uplatnění nachází v městské kolejové dopravě. Pro informaci jsou zde uvedeny dva typy těchto kolejnic.

Kolejnice typu TV 60 – viz obr. 3.15.

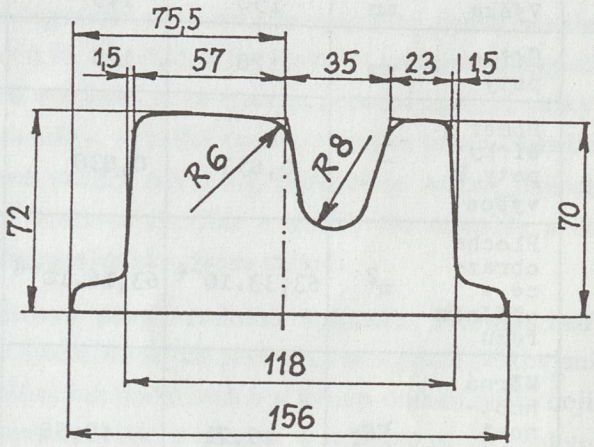
Kolejnice typu B1 tzv. bloková kolejnice – viz obr. 3.16.

Jízdními zkouškami a provozními zkušenostmi se potvrzuje, že železniční svršek stavěný s použitím těžších (mohutnějších) kolejnic přináší úspory provozních nákladů, protože při jízdě na těchto kolejnicích je nižší jízdní odpor a dochází k menšímu opotřebení železničního svršku. Vývoj tvaru těžkých a vysokých kolejnic souvisel především s otázkou kvadratického momentu průřezu kolejnice k vodorovné ose procházející těžištěm průřezu. S rostoucím kvadratickým momentem se zmenšuje mechanické napětí od ohybového momentu, způsobeného zatížením kol vozidla. Proto se zvětšovaly výšky kolejnic za současného zvětšování hmotnosti kolejnic. Kolejnice musely odpovídat stále se zvyšujícím hmotnostem na nápravu vozidel a zvyšujícím se rychlostem jízdy, což v obou případech znamenalo zvyšování namáhání kolejnic. Použitím kvalitnějšího materiálu bylo možné zmenšit hlavu kolejnice (kvalitnější materiál znamená menší opotřebení), o tento ušetřený materiál bylo možné zvětšit hmotnost paty kolejnice, což způsobilo, že kvadratický moment setrvačnosti vychází ještě příznivěji. Vyšší a těžší kolejnice má další výhodu v tom, že má větší tuhost a tím přenáší účinky provozního zatížení na více pražců, čímž zmenšuje namáhání všech

prvků koleje. Bylo prokázáno, že zvýšené pořizovací náklady na stavbu železničního svršku s těžšími kolejnicemi se díky snížení provozních nákladů vrátí na středně zatížené trati za cca 5 roků. U více zatížených tratí je návratnost rychlejší. ČD používají nyní pro obnovu železničního svršku převážně kolejnice typu UIC 60.



obr. 3.15 – kolejnice typu TV 60



obr. 3.16 – kolejnice typu B1

Kolejnice		T	S 49	R 65	UIC 60	TV 60	B 1
Výška	mm	150	149	180	172	180	72
Šířka paty	mm	128	125	150	150	180	156
Poměr šířky paty k výšce	-	0,853	0,838	0,833	0,872	1	2,16
Plocha obrazce v příčném řezu	m^2	$63,33.10^{-4}$	$63,16.10^{-4}$	$82,92.10^{-4}$	$76,86.10^{-4}$	$77,31.10^{-4}$	76.10^{-4}
Měrná hmotnost celé kolejnice	$kg.m^{-1}$	49,71	49,58	65	60,33	60,69	59,64
Měrná hmotnost hlavy ~	%	44	53	36	37	52	-
Měrná hmotnost stojiny ~	%	21	20	27	25	15	-
Měrná hmotnost paty ~	%	35	27	37	38	33	-
Kvadratický moment plochy k ose x	m^4	1862.10^{-8}	1829.10^{-8}	3573.10^{-8}	3055.10^{-8}	3585.10^{-8}	315.10^{-8}
Průřezový modul v ohybu k ose x	m^3	242.10^{-6}	244.10^{-6}	363.10^{-6}	336.10^{-6}	394.10^{-6}	$76,7.10^{-6}$
Kvadratický moment plochy k ose y	m^4	329.10^{-8}	318.10^{-8}	572.10^{-8}	512.10^{-8}	897.10^{-8}	1086.10^{-8}
Průřezový modul v ohybu k ose y	m^3	52.10^{-6}	51.10^{-6}	76.10^{-6}	$68,4.10^{-6}$	$94,9.10^{-6}$	$134,9.10^{-6}$

Tab. 3.2 – parametry kolejnic

Na únosnost kolejnic má kromě průřezových charakteristik (kvadratický moment, průřezový modul) vliv také materiál kolejnic a způsob jejich výroby. Kolejnice se vyrábějí z kolejnicové oceli o minimální pevnosti 700 MPa, u nás tomuto požadavku odpovídá ocel třídy 10750.0. Pro vysoce namáhané kolejnice pro vnější pásy oblouků, srdcovky, kolejnice výhybek se používá ocel 10800.0. Tato ocel má zvýšený obsah manganu až na 1,4%, který podstatně zvyšuje mechanické vlastnosti a otěruvzdornost oceli. Běžná kolejnicová ocel má složení následující: 0,45 až 0,8% C, 0,15 až 0,50% Si, do 0, 055% S, do 0,05% P a min 0,75% Mn. Některé speciální kolejnicové oceli mohou mít další přísady (Ti a Cr). Přitom součet P+S může být max 0,1 %. K dosažení vysoké otěruvzdornosti kolejnicové oceli má pro vzájemný poměr obsahu Mn a C platit, že tzv. uhlíkový ekvivalent E_c= C+0,25 Mn= 0,95. V případě, že E_c=0,75, nastává nebezpečí vzniku skrytých vločkových trhlin oceli. K ověření vlastností vyrobených kolejnic se provádí jejich zkoušky, které mají vyřadit nevyhovující výrobky. Provádí se tyto zkoušky: zkouška rázem, zkouška trhací, zkouška vločkovitosti. V případě, že při těchto zkouškách zkoušené vzorky nevyhoví, provádí se soubor dalších zkoušek (např. zkouška podle Brinella, zkoušky ohybem, vrubová zkouška a další). Do montáže a do následného provozu mohou přijít pouze kolejnice, které předepsaným zkouškám vyhoví.

Jak bylo uvedeno na začátku bodu 3.4.1, kolejnicové pásy vzniknou spojením kolejnic buď šroubovým spojem–spojkou, nebo svařením. Délky kolejnic a kolejnicových pásů souvisí s jejich délkovými změnami (dilatacemi) vlivem změny teploty. Jestiže v klimatických podmínkách v letním období může dojít k ohřátí kolejnicového pásu až na teplotu t_l=+60°C a zimním období naopak k schladnutí na teplotu t_z=-30°C, je zřejmé, že tento teplotní rozdíl Δt=90°C způsobí jistou délkovou změnu kolejnice z délky l_z při t_z na l_l při t_l, kterou lze stanovit ze vztahu

$$l_l = l_z(1+\alpha \,.\, (t_l - t_z)) \tag{3.3}$$

kde α =0,0000118 je teplotní součinitel délkové roztažnosti oceli.

Ze vztahu (3.3) pak

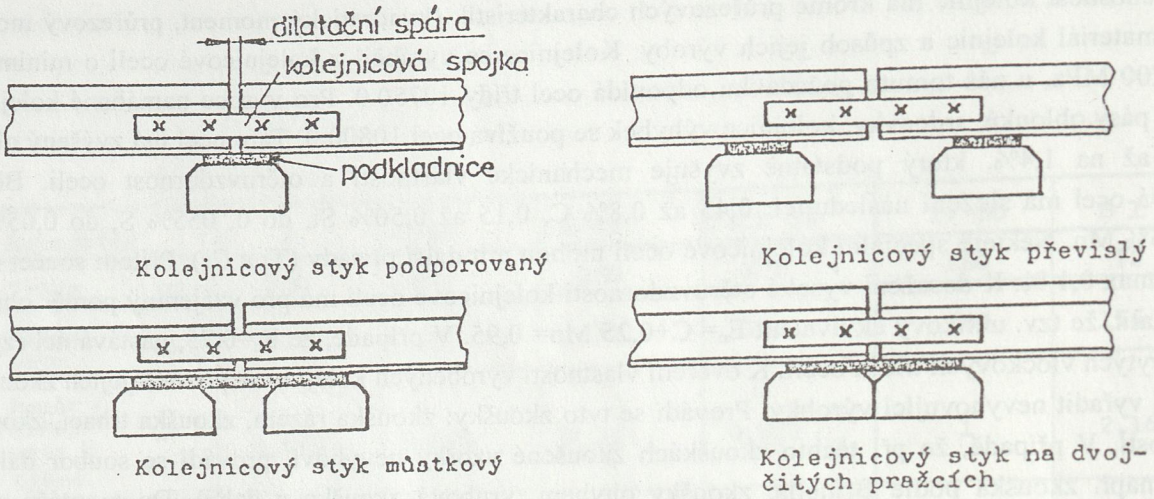
$$\Delta l = l_l - l_z = l_z \,.\, \alpha \,.\, \Delta t \tag{3.4}$$

Jestliže nechceme, aby v kolejnici vznikalo mechanické napětí ze změny teploty, musí ve spoji (styku) se sousední kolejnicí být vytvořena určitá vůle (dilatační spára). Je zřejmé, že největší vůle ve spoji dvou kolejnic odpovídá teplotě t_z, nulová vůle by měla odpovídat teplotě t_l. Ze vztahu (3.4) lze při známé hodnotě Δl=20 mm, což je maximální v provozu dovolená dilatační spára, stanovit délku l_z:

$$l_z = \frac{\Delta l}{\alpha . \Delta t} = \frac{0{,}02}{1{,}18.10^{-5}.90} = 18{,}83\ m.$$

Poplatně této hodnotě byly používány kolejnice délky 20 m, dnes se s vědomím vzniku mechanického napětí používají kolejnice délky 25 a 30 m. U ČD se kolejnice typu UIC 60 dodávají v délce 20 a 25 m, kolejnice typu S 49 v délce 25m. Aby se neprojevila tendence k vybočení kolejnice vlivem větší dilatace kolejnice než je dilatační spára, je nutné provést dokonalejší (pevnější) upevnění kolejnic na jednotlivých pražcích, čímž se za cenu vzniku napětí v kolejnici zmenší její dilatace (až o 50%). Nutno poznamenat, že určité napětí vzniká v kolejnicích i při tzv. volné dilataci vlivem tření mezi kolejnicemi a kolejnicovými spojkami staženými šrouby.

Konstrukční provedení jednotlivých používaných kolejnicových styků je znázorněno na obr. 3.17.



obr. 3.17 – kolejnicové styky

Důležitým hlediskem pro konstrukci kolejovéko styku je kromě mechanických vlastností jeho elektrický odpor. V koleji s izolovanými proudovými obvody pro zabezpečovací zařízení je mezi jednotlivými traťovými úseky používán tzv. izolovaný styk. Je proveden buď jako „šroubovaný" pro stykovanou kolej, nebo lepený pro stykovanou i svařovanou kolej. U šroubovaného styku jsou čela kolejnic odizolována textilní nebo polyamidovou vložkou, kolejnicové spojky jsou buď ocelové odizolované od kolejnic nevodivými dýhami, nebo jsou polyamidové. Lepený izolovaný styk se vyrábí v dílnách spojením dvou krátkých kolejnic (cca 2m). Takto získaná kolejnice se potom vevaří do kolejnicového pásu na trati, když před tím z něho byla vyříznuta část kolejnice stejné délky. Opakem izolovaného styku je styk elektrovodný , jehož elektrický odpor má být co nejmenší, aby kolejnicové pásy tratí elektrizovaných a tratí s automatickým zabezpečovacím zařízením měly co nejlepší vodivost, neboť plní funkci vodiče elektrického proudu. Dobré vodivosti kolejnicového styku se dosáhne propojením styku měděným vodičem, používá se měděné lano o průřezu 75 mm^2.

3.4.1.2 Upevnění kolejnice na podpory

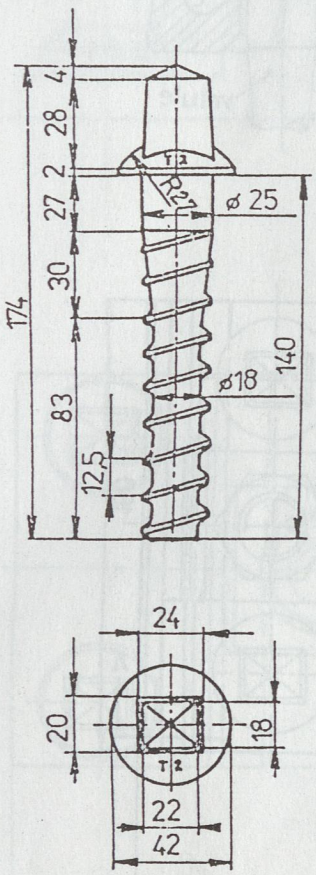
Kolejnice se upevňuje na podpory pomocí upevňovadel, která zajišťují její stálou polohu. Upevnění musí být dostatečně tuhé, aby byl zajištěn neměnný rozchod koleje a ostatní geometrické parametry koleje, a zároveň pružné, aby se zabránilo namáhání koleje vlivem vyšších frekvencí kmitání, které by u nepružného upevnění vznikly.

Způsob upevnění prošel dlouhodobým vývojem. Nejstarší a nejjednodušší upevnění bylo prosté přibití pat kolejnic, ležících přímo na dřevěných pražcích, ocelovými hřeby. Se zvyšujícím se zatížením železničních tratí bylo nutné přejít na upevnění kolejnic pomocí podkladnic. Podkladnice je ocelová deska, která svou dolní plochou spočívá na úložné ploše pražce a na horní straně je tvarově uzpůsobena pro uložení paty kolejnice. S ohledem na požadavek pružnosti upevnění se mezi patu kolejnice a podkladnici vkládá pružná, obvykle pryžová podložka o tloušťce cca 5mm a mezi podkladnici a betonový pražec zpravidla polyetylénová podložka o tloušťce 2mm, která má zabránit opotřebování pražce v úložné ploše. Podkladnice je k pražci připevněna tzv. vrtulemi – viz obr. 3.18. Jestliže vrtulemi je současně k pražci kromě podkladnice přitažena i kolejnice, mluvíme o tzv. upevnění přímém – viz obr. 3.19. Je–li podkladnice připevněna k pražci vrtulemi samostatně a kolejnice k podkladnici jinými upevňovacími prvky, mluvíme o upevnění nepřímém – viz ukázky na obr. 3.20 a obr. 3.21. Z obou obrázků je patrné, že podkladnice svými rozměry zvětšuje úložnou plochu kolejnice na pražci, čímž zmenšuje měrné zatížení od svislých sil. Upevnění znázorněné na

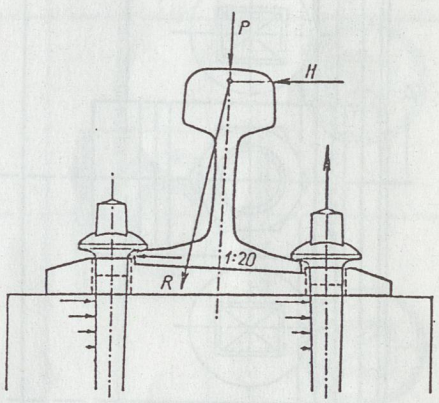
obr. 3.20 je provedeno pomocí tzv. rozponové podkladnice, která má dosedací plochu pro patu kolejnice ve sklonu 1:20. Podkladnice je přišroubovaná k pražci čtyřmi vrtulemi, je možné připevňovat ji tímto způsobem jak ke dřevěnému pražci tak k pražci betonovému. U betonového pražce jsou k tomuto účelu při výrobě zabudovány v příslušných místech pražce umělohmotné hmoždinky.

Příčná poloha kolejnice oproti rozponové podkladnici a tedy i příčná vzdálenost kolejnicových pásu (rozchod koleje) jsou určeny polohami svěrek, respektive utažením protilehlých svěrek. Toto je velmi důležitý montážní prvek, který lze využít jak při montáži nových kolejových polí, tak při úpravě rozchodu koleje během provozu.

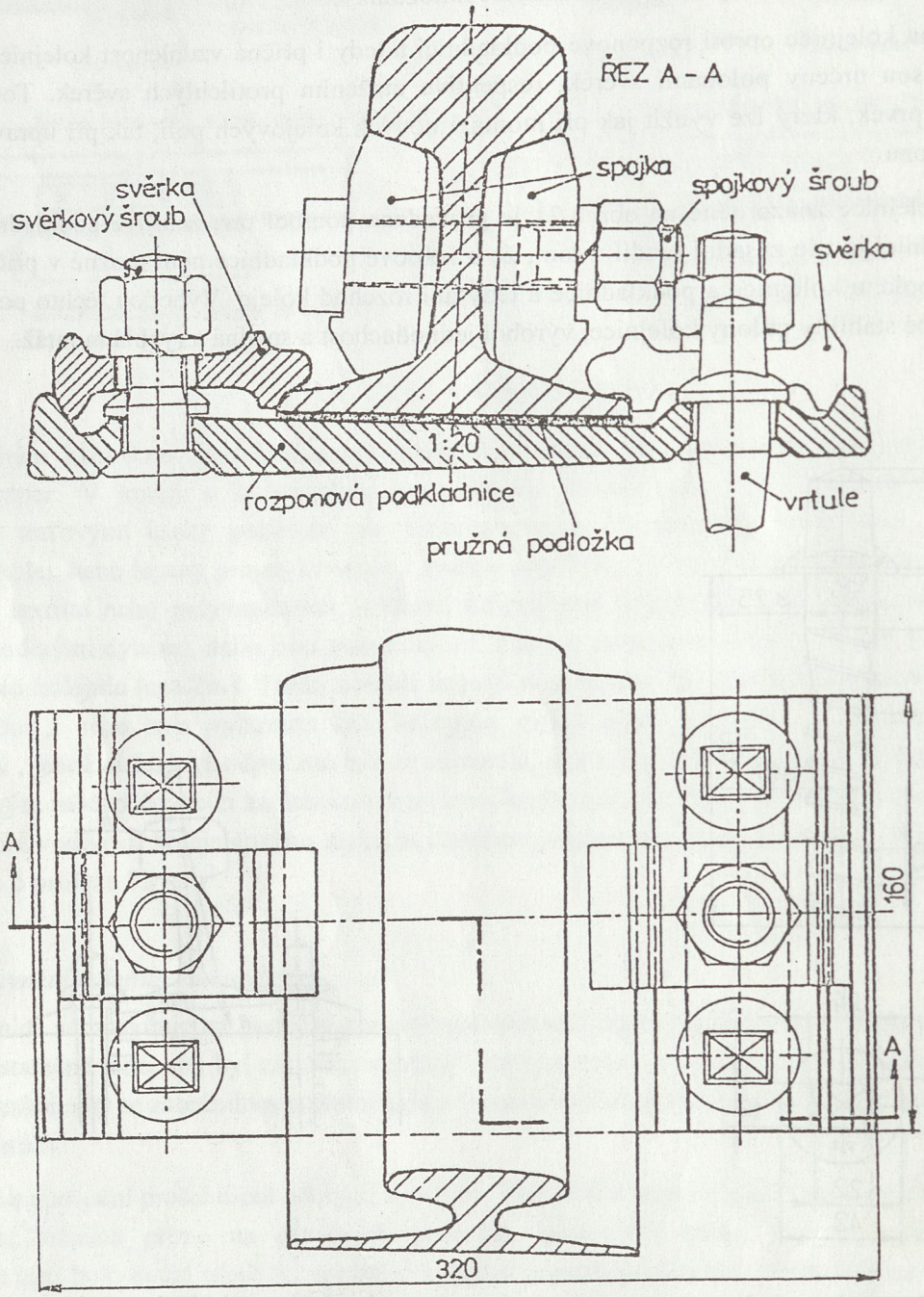
Upevnění kolejnice znázorněné na obr. 3.21 je provedeno pomocí tzv. žebrové podkladnice. Oproti rozponové podkladnici je zde zásadní rozdíl v tom, že u žebrové podkladnice není možné v příčném směru měnit vzájemnou polohu kolejnice a podkladnice a tedy ani rozchod koleje. Výhodou těchto podkladnic je zajištění dlouhodobé stability polohy kolejnice, výrobní jednoduchost a snadná a rychlá montáž.



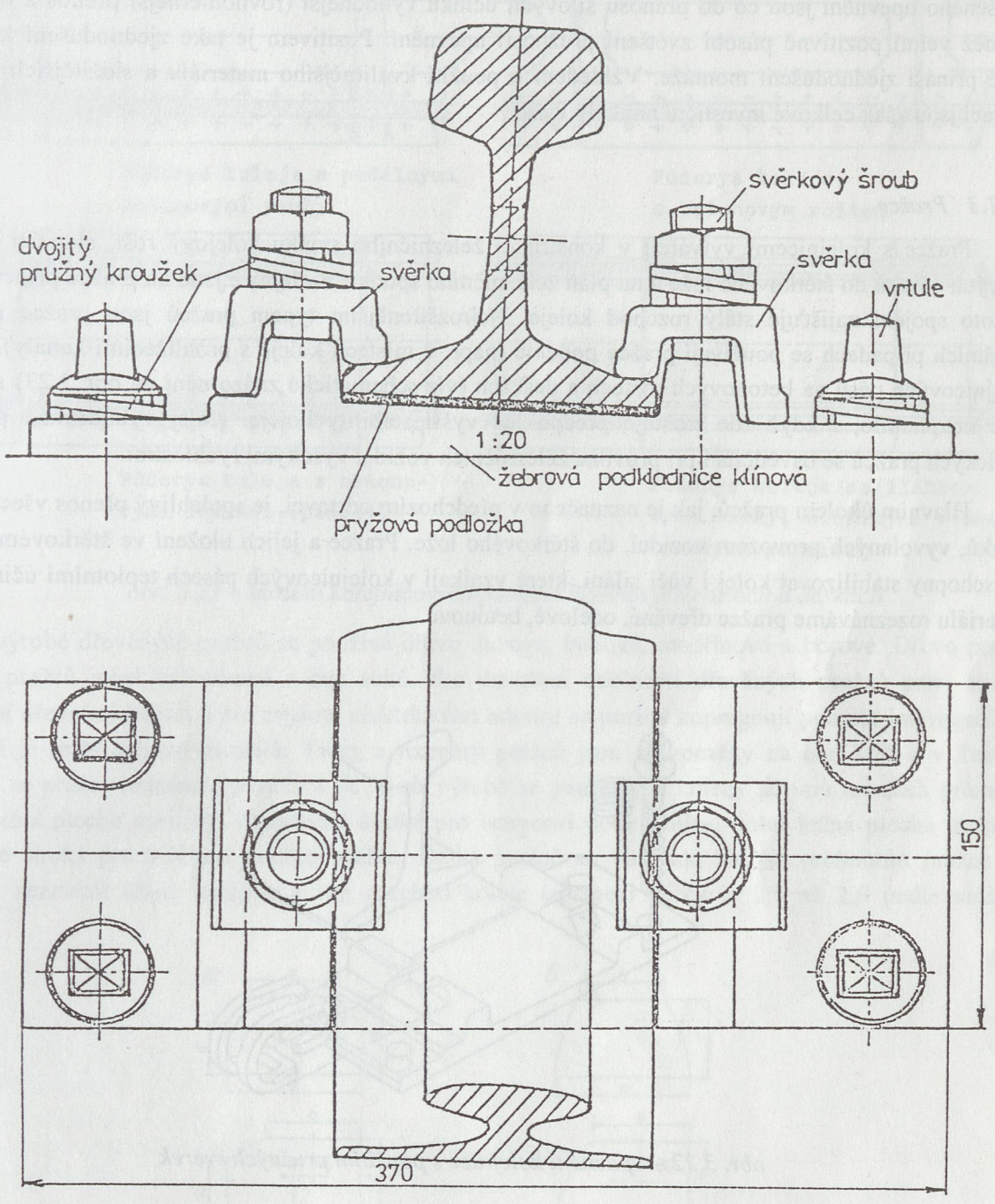
obr. 3.18 – vrtule



obr. 3.19 – přímé upevnění



obr. 3.20 – upevnění pomocí rozponové podkladnice



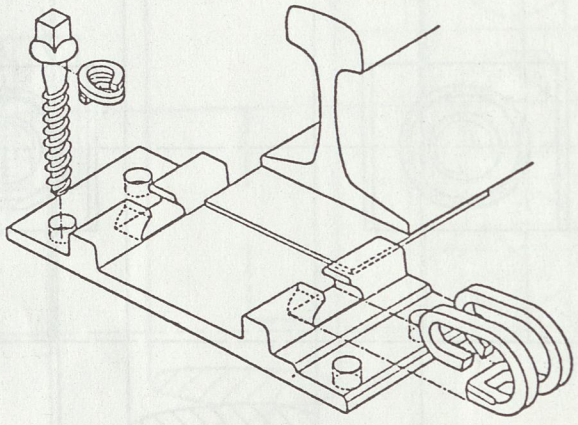
obr. 3.21 – upevnění pomocí žebrové podkladnice

Další zlepšení a zjednodušení upevnění pomocí žebrových podkladnic představuje použití pružných svěrek, které nahradí tuhé svěrky včetně svěrkových šroubů a dvojitých pružných kroužků. Pružné svěrky se zasouvají do výřezu v žebru – viz obr. 3.22. Tvar a průřez pružných svěrek může být odlišný (čtvercový nebo kruhový průřez). Laboratorními i provozními zkouškami bylo prokázáno, že vlastnosti tohoto zlepšeného upevnění jsou co do přenosu silových účinků výhodnější (rovnoměrnější přenos a roznos sil). Rovněž velmi pozitivně působí zvětšení pružnosti upevnění. Pozitivem je také zjednodušení konstrukce, které přináší zjednodušení montáže. Vzhledem k použití kvalitnějšího materiálu a složitějších výrobních operací jsou však celkové investiční náklady vyšší.

3.4.1.3 Pražce

Pražce s kolejnicemi vytvářejí v konstrukci železničního svršku kolejový rošt, sloužící k přenosu silových účinků do štěrkového lože a na pláň železničního spodku. Kolejnice jsou na pražce připevněny tak, že toto spojení zajišťuje stálý rozchod koleje. Nejrozšířenějším typem pražců jsou pražce příčné, ve zvláštních případech se používají pražce podélné (např. v místech koleje s prohlížecími kanály). Ukládání kolejnicových pásů na betonových roštech a deskách (viz schematické znázornění na obr. 3.23) se ve větší míře neuplatnilo, i když zde existuje předpoklad vyšší stability koleje. Kolej vybudovaná při použití klasických pražců se osvědčila i při provozu železničních vozidel vysokými rychlostmi.

Hlavním úkolem pražců, jak je naznačeno v předchozím odstavci, je spolehlivý přenos všech silových účinků, vyvolaných provozem vozidel, do štěrkového lože. Pražce a jejich uložení ve štěrkovém loži musí být schopny stabilizovat kolej i vůči silám, které vznikají v kolejnicových pásech teplotními účinky. Podle materiálu rozeznáváme pražce dřevěné, ocelové, betonové.



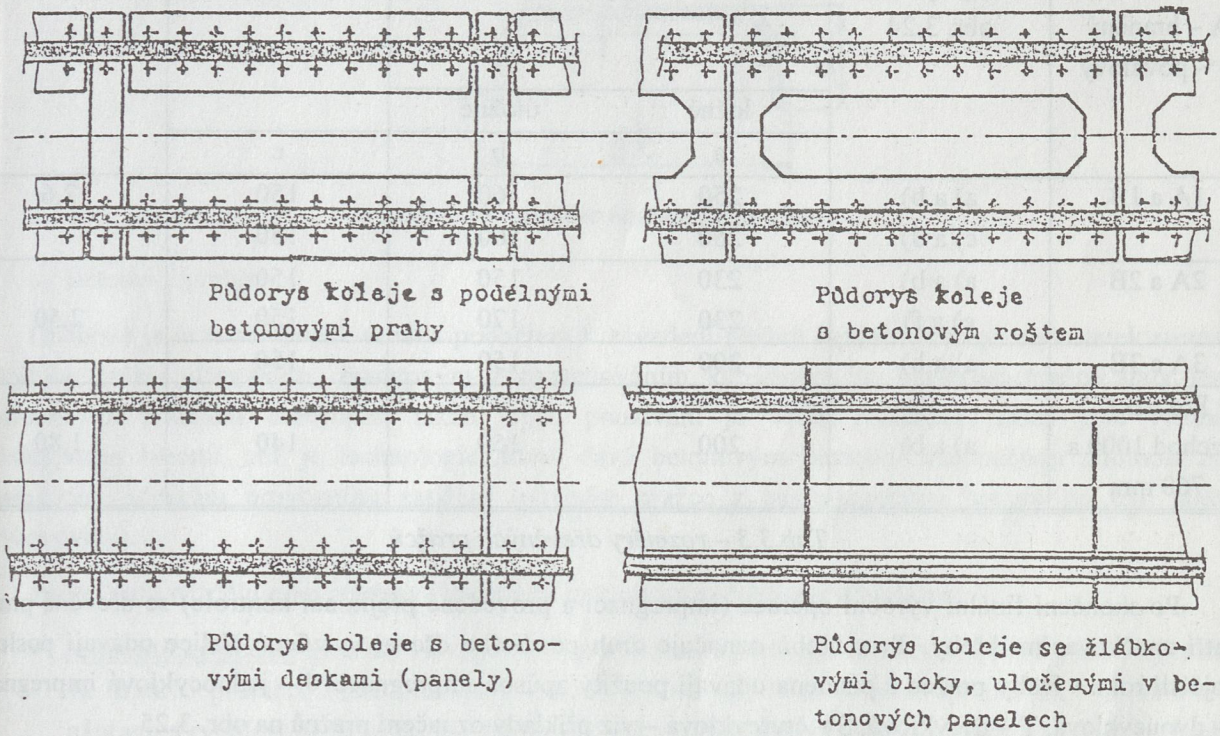
obr. 3.22 – upevnění kolejnice s použitím pružných svěrek

a) Dřevěné pražce

Dřevěné pražce velmi dobře splňují požadavky na pražce kladené:

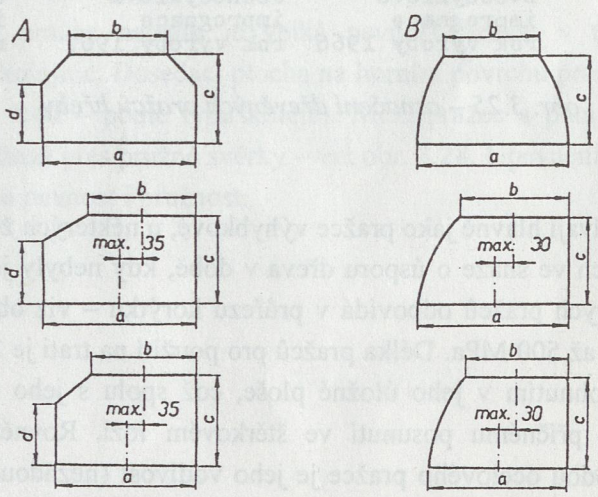
- snadná výroba
- dokonalé připevnění kolejnice
- snadný způsob připevnění kolejnice
- dostatečná pevnost a pružnost
- dostatečně velká dosedací plocha na pražec

- dostatečný odpor proti podélným a příčným posuvům ve štěrkovém loži
- dostatečná doba životnosti.



obr. 3.23 – uložení kolejnicových pásů na betonových roštech a deskách

K výrobě dřevěných pražců se používá dřevo dubové, bukové, modřínové a borové. Dřevo použité k výrobě pražců musí být zdravé a bez suků. Pro dosažení odolnosti dřevěných pražců proti hnilobě a napadání dřevními škůdci a pro zvýšení elektrického odporu se pražce impregnují pomocí impregnačního oleje, což je směs dehtových olejů. Tvary a rozměry pražců jsou znázorněny na obr. 3.24 a v Tab.3.3. Používají se pražce hraněné i povalové (k jejich výrobě se používají i kmeny stromů menších průměrů). Horní úložná plocha musí být dostatečně široká pro uchycení podkladnice, dolní ložná plocha musí být dostatečně široká pro možnost podbití pražce. Délka pražců se volí tak, aby se prohnutím pražce pod zatížením nezměnil úklon kolejnic a tím rozchod koleje (rozmezí délky je 2,5 až 2,6 podle velikosti zatížení).

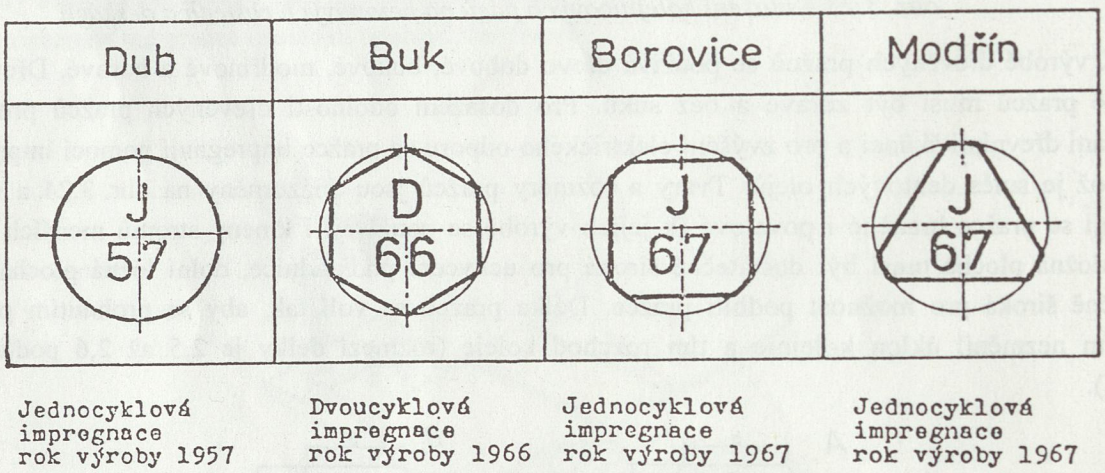


obr. 3.24 – průřezy dřevěných pražců

Tvar A – hraněný B – povalový	obrys podle obr. 3.24	Rozměry průřezu [mm]			Délka [m]
		Šířka plochy		tloušťka	
		ložné	úložné		
		a	b	c	
1A a 1B	a) a b)	250	160	150	2,6
	c) a d)	250	160	150	
2A a 2B	a) a b)	230	150	150	2,50
	e) a f)	230	170	150	
3A a 3B	a) a b)	200	150	150	
Pro úzký rozchod 1000 a 760 mm	a) a b)	200	150	140	1,80

Tab.3.3 – rozměry dřevěných pražců

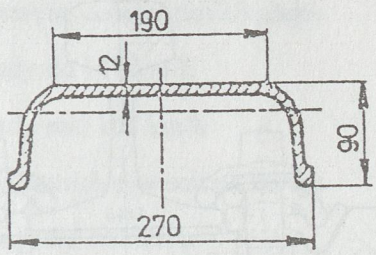
Po skončení finální výrobní operace (impregnaci a provedené přejímací kontrole) se dřevěné pražce opatří značkovacími hřeby. Tvar hřebů označuje druh použitého dřeva, vyražené číslice udávají poslední dvojčíslí roku výroby pražce a písmena udávají použitý způsob impregnace: J – jednocyklová impregnace, D – dvoucyklová, T – třícyklová, S – čtyřcyklová – viz příklady označení pražců na obr. 3.25.



obr. 3.25 – označení dřevěných pražců hřeby

b) Ocelové pražce

Ocelové pražce se využívají hlavně jako pražce výhybkové, u některých železničních správ bylo jejich používání rozšířeno i na tratích ve snaze o úsporu dřeva v době, kdy nebyly ještě v široké míře zavedeny betonové pražce. Tvar ocelových pražců odpovídá v průřezu korýtku – viz obr. 3.26, materiál z něhož se válcují je ocel o pevnosti 370 až 500 MPa. Délka pražců pro použití na trati je 2,50 m, hmotnost cca 80 kg. Pražec je na konci uzavřen ohnutím v jeho úložné ploše, což spolu s jeho tvarem dává základ značné odolnosti proti podélnému i příčnému posunutí ve štěrkovém loži. Rovněž výhodná je jeho vysoká životnost – až 30 let. Nevýhodou ocelového pražce je jeho vodivost (nežádoucí v kolejích s elektrickými obvody) a také potíže při jeho podbíjení (štěrk se špatně hutní do korýtkového tvaru pražce).



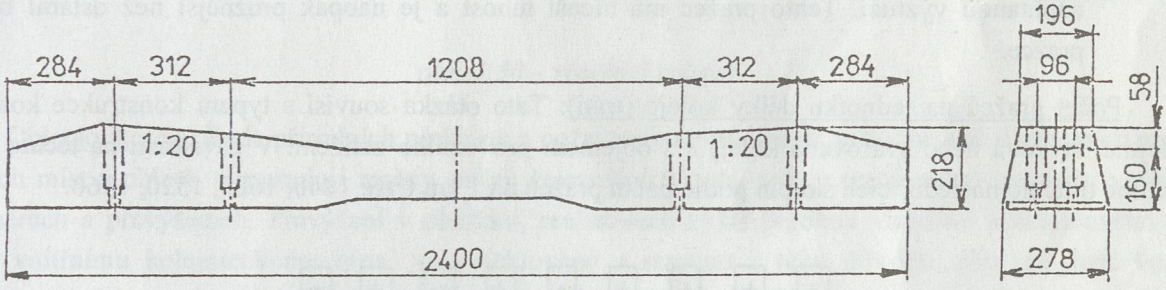
obr. 3.26 – průřez ocelového pražce

c) Betonové pražce

Obdobně jako u ocelových pražců podnětem k zavedení pražců betonových byl nedostatek suroviny na výrobu pražců dřevěných. Postupným zdokonalováním konstrukce se betonové pražce staly téměř rovnocennými pražcům dřevěným, takže jejich používání je velmi rozšířené. Dnes jsou vyráběny z předepjatého betonu, což je technologie, která dává betonovým pražcům dostatečnou odolnost proti dynamickým účinkům provozního zatížení (původní pražce z nepředepjatého betonu po této stránce nevyhovovaly).

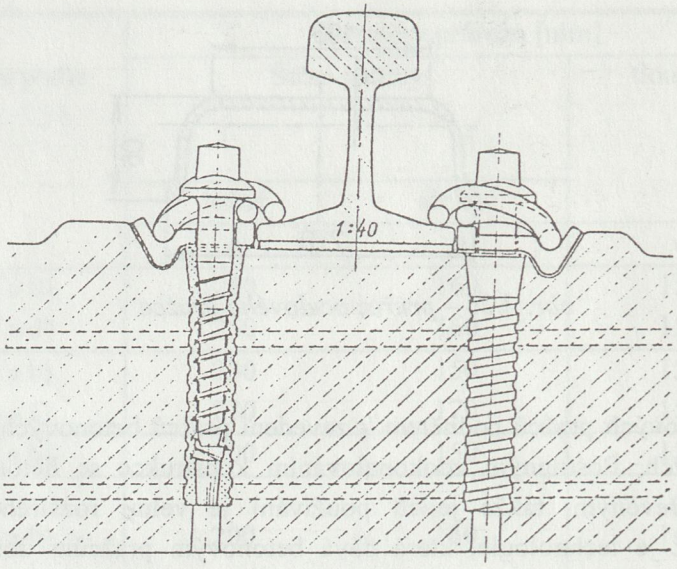
Podle tvaru rozdělujeme betonové pražce na monolitické, článkové a blokové:

- Monolitický pražec (příklad viz obr. 3.27) je vyroben z předepjatého betonu, předepínací výztuží je 12 drátů o průměru 6mm, hmotnost pražce je 260 kg. Pražec vyhovuje pro 25 t hmotnosti na nápravu a rychlost jízdy vyšší jak 160 km/h. Má vyšší tuhost ve svislém směru než pražce dřevěné, což je nevýhoda stejně tak jako to, že při vykolejení vozidla dojde téměř vždy k jeho rozbití, zatímco dřevěné pražce nejsou většinou vážně poškozeny.



obr. 3.27 – monolitický betonový pražec typu PB 2

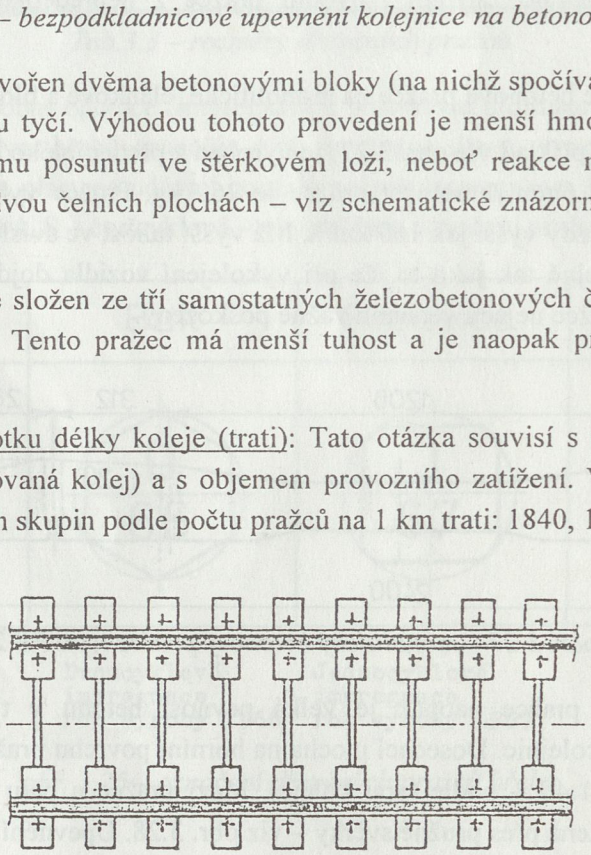
Výhodou betonového pražce naopak je velká pevnost betonu v tlaku, kterou lze využít pro bezpodkladnicové upevnění kolejnic. Dosedací plocha na horním povrchu pražce je provedena v příslušném sklonu kolejnic 1:20 (nebo 1:40 – podle typu koleje). Mezi pražec a patu kolejnice se vkládá pryžová podložka a kolejnice je přitažena přes pružné svěrky – viz obr. 3.28. Upevnění je velmi jednoduché a přitom splňuje veškeré požadavky na pevnost i pružnost.



obr. 3.28 – bezpodkladnicové upevnění kolejnice na betonovém pražci

- Blokový pražec je tvořen dvěma betonovými bloky (na nichž spočívají kolejnicové pásy) vzájemně spojenými ocelovou tyčí. Výhodou tohoto provedení je menší hmotnost pražce a mnohem větší odpor proti příčnému posunutí ve štěrkovém loži, neboť reakce na příčnou sílu od vozidla se odehrává vždy na dvou čelních plochách – viz schematické znázornění koleje s blokovými pražci na obr. 3.29.
- Článkový pražec je složen ze tří samostatných železobetonových částí, které se spojí dodatečně napínanou výztuží. Tento pražec má menší tuhost a je naopak pružnější než ostatní betonové pražce.

Počet pražců na jednotku délky koleje (trati): Tato otázka souvisí s typem konstrukce koleje (typ kolejnic, styková nebo svařovaná kolej) a s objemem provozního zatížení. V závislosti na těchto údajích členíme tratě do následujících skupin podle počtu pražců na 1 km trati: 1840, 1680, 1520, 1360.



obr. 3.29 – kolej s blokovými pražci

3.4.1.4 Základní útvary koleje

Podle směrových poměrů rozdělujeme kolej na přímé úseky a úseky zakřivené (oblouky, přechodnice).

Přímá kolej: Osa přímé koleje může měnit svůj směr pouze ve vertikální rovině podle klesání, respektive stoupání koleje. Pro přímou kolej s tzv. normálním rozchodem 1435 mm – viz obr. 3.30, platí následující předpisy:

a) povolené odchylky rozchodu při stavbě nebo obnově koleje:

+3mm, –2mm pro rychlost jízdy do 100 km/h

+2mm, –2mm pro rychlost jízdy nad 100 km/h

b) povolené odchylky rozchodu při ostatních pracech na koleji:

+6mm, –2mm pro rychlost jízdy do 100 km/h

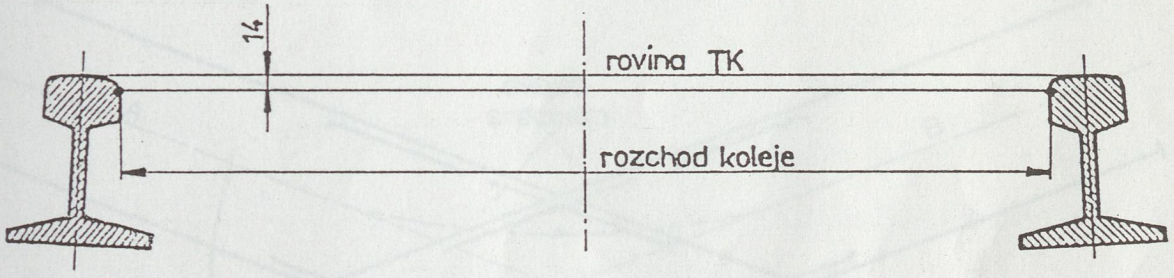
+4mm, –2mm pro rychlost jízdy nad 100 km/h

c) povolené odchylky rozchodu za provozu

+10mm, –3mm pro rychlost jízdy do 100 km/h

+5mm, –3mm pro rychlost jízdy nad 100 km/h

d) lom sklonu koleje se zaobluje kruhovým obloukem o poloměru $\frac{V^2}{2}$ (nejméně však 2000m) pro rychlosti jízdy 60 km/h a vyšší.

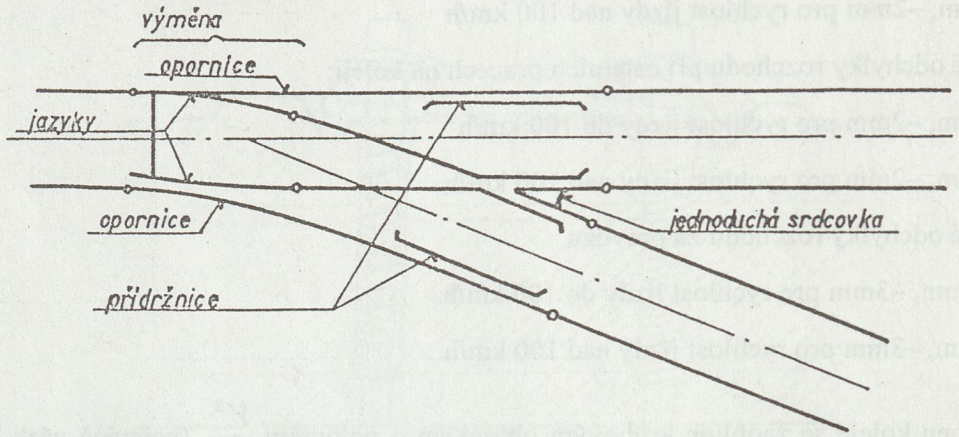


obr. 3.30 – rozchod koleje

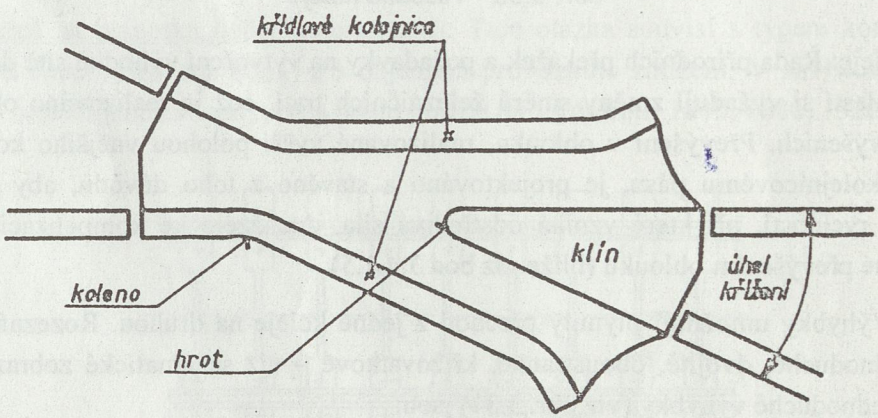
Oblouky koleje: Řada přírodních překážek a požadavky na vytvoření výhodné sítě dopravních spojení různých míst a oblastí si vyžadují změny směrů železničních tratí, což je realizováno oblouky o různých poloměrech a převýšeních. Převýšení v oblouku, realizované vyšší polohou vnějšího kolejnicového pásu oproti vnitřnímu kolejnicovému pásu, je projektováno a stavěno z toho důvodu, aby při jízdě vozidla obloukem určitou rychlostí, při které vzniká odstředivá síla, docházelo ke kompenzaci této síly vlivem dostředivé síly dané převýšením oblouku (blíže viz bod 3.4.1.5).

Výhybky: Výhybky umožňují plynulý přechod z jedné koleje na druhou. Rozeznáváme následující typy výhybek: jednoduché, dvojité, oboustranné, křižovatkové – viz schematické zobrazení na obr. 3.33. Hlavními částmi jednoduché výhybky (viz obr. 3.31) jsou:

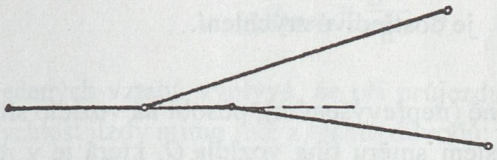
- výměna tvořená dvěmi opornicemi, dvěma pohyblivými jazyky spojenými spojovací tyčí
- jednoduchá srdcovka (znázorněná na obr. 3.32)
- výhybkové kolejnice
- přídržnice.



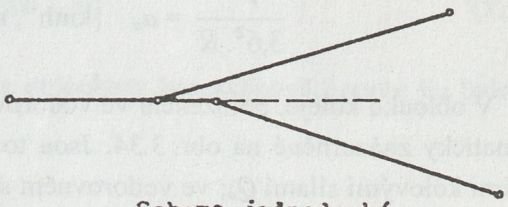
obr. 3.31 – části jednoduché výhybky



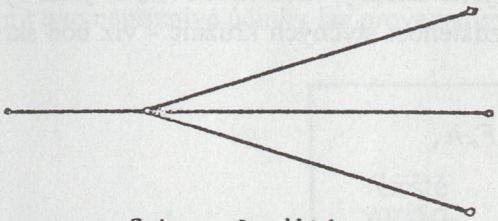
obr. 3.32 – jednoduchá srdcovka



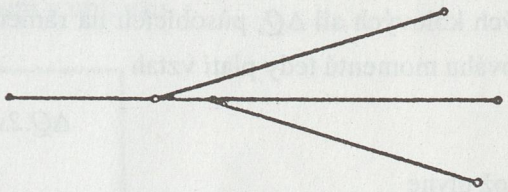
Schema jednoduché výhybky oboustranné asymetrické odsazené



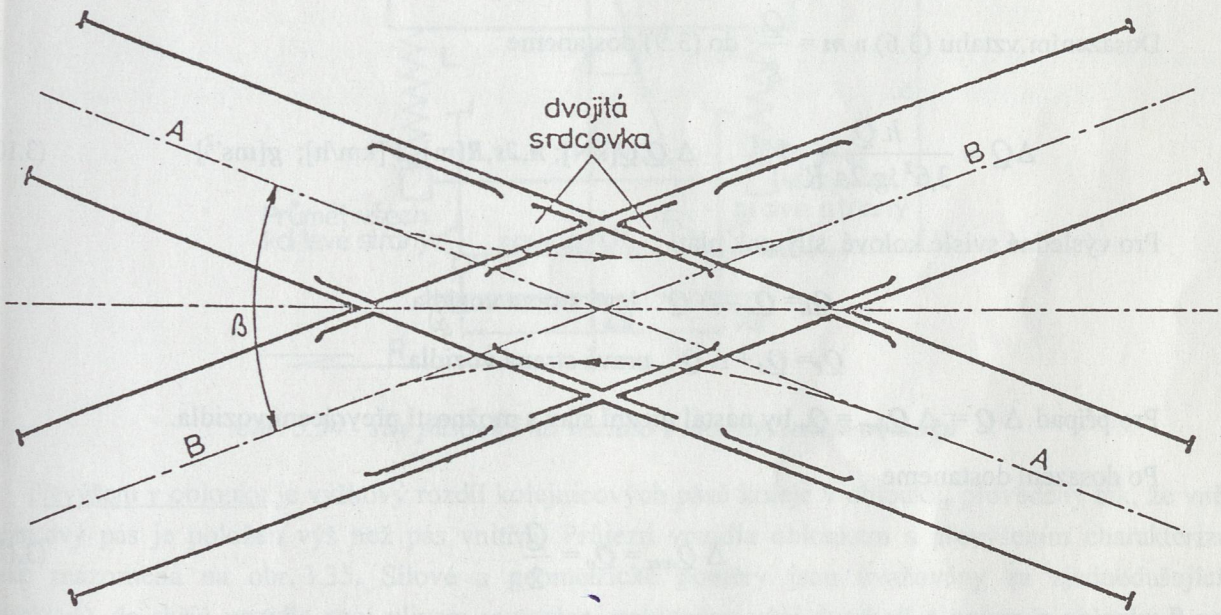
Schema jednoduché výhybky oboustranné, symetrické odsazené



Schema dvojité výhybky oboustranné symetrické neodsazené



Schema dvojité výhybky oboustranné odsazené



Kolejová křižovatka

obr. 3.33 – typy výhybek

3.4.1.5 Převýšení koleje v oblouku

Projíždí–li vozidlo o hmotnosti m obloukem o poloměru ***R*** rychlosti jízdy *V*, působí na něj odstředivá síla F_o daná vztahem

$$F_o = m \cdot \frac{V^2}{R} \qquad [\mathrm{N;kg,ms^{-1},m}] \qquad (3.5)$$

respektive

$$F_o = m \cdot \frac{V^2}{3{,}6^2 . R} \qquad [\mathrm{N;kg,kmh^{-1},m}] \qquad (3.6)$$

kde $\frac{V^2}{3{,}6^2 . R} = a_o$ [kmh^{-1}, m; ms^{-2}] je dostředivé zrychlení. (3.7)

V oblouku koleje, položeném ve vodorovné rovině (nepřevýšeném), působí na vozidlo síly, které jsou schematicky znázorněné na obr. 3.34. Jsou to: ve svislém směru tíha vozidla Q, která je v rovnováze se svislými kolovými silami Q_o; ve vodorovném směru odstředivá síla F_o, která je v rovnováze se silou F jako výslednou silou, kterou na sebe vzájemně působí vozidlo a kolej. Odstředivá síla F_o, která oproti rovině temene kolejnice (TK) působí na rameni h vytváří ještě klopný moment $M=F_o.h$, jenž vyvolá změny svislých kolových sil ΔQ, působících na rameni $2s$ (vzdálenost styčných kružnic - viz bod skript 4.4). Pro rovnováhu momentů tedy platí vztah

$$\Delta Q.2s = M = F_o.h\,, \tag{3.8}$$

z něhož plyne

$$\Delta Q = F_0 . \frac{h}{2s} \tag{3.9}$$

Dosazením vztahu (3.6) a $m = \frac{Q}{g}$ do (3.9) dostaneme

$$\Delta Q = \frac{h.Q}{3{,}6^2 . g.2s.R} . V^2 \qquad \Delta Q,Q[\text{kN}];\ h,2s,R[\text{m}];\ V[\text{km/h}];\ g[\text{ms}^{-2}] \tag{3.10}$$

Pro výsledné svislé kolové síly pak platí

$$Q_L = Q_o - \Delta Q \text{ ...levá strana vozidla}$$

$$Q_P = Q_o + \Delta Q \text{ ...pravá strana vozidla.}$$

Pro případ $\Delta Q = \Delta Q_{mez} = Q_o$ by nastal mezní stav s možností převrácení vozidla.

Po dosazení dostaneme

$$\Delta Q_{mez} = Q_o = \frac{Q}{2} \tag{3.11}$$

Mezní rozdíl kolových sil ΔQ_{mez} odpovídá dle vztahu (3.10) mezní rychlosti jízdy V_{mez}, takže dosazením (3.11) do (3.10) obdržíme vztah

$$\frac{Q}{2} = \frac{h.Q}{3{,}6^2 . g.2s.R} . V_{mez}^2 \,, \qquad Q[\text{kN}];\ h,2s,R[\text{m}];\ V[\text{kmh}^{-1}];\ g[\text{ms}^{-2}] \tag{3.12}$$

z něho

$$V_{mez} = 3{,}6 . \sqrt{\frac{g.R.s}{h}} \,, \qquad [\text{kmh}^{-1};\text{ms}^{-2},\text{m}] \tag{3.13}$$

obdobně ze vztahu (3.7) obdržíme

$$a_{0mez} = \frac{V_{mez}^2}{3{,}6^2 . R} \,, \qquad [\text{ms}^{-2};\ \text{kmh}^{-1},\text{m}] \tag{3.14}$$

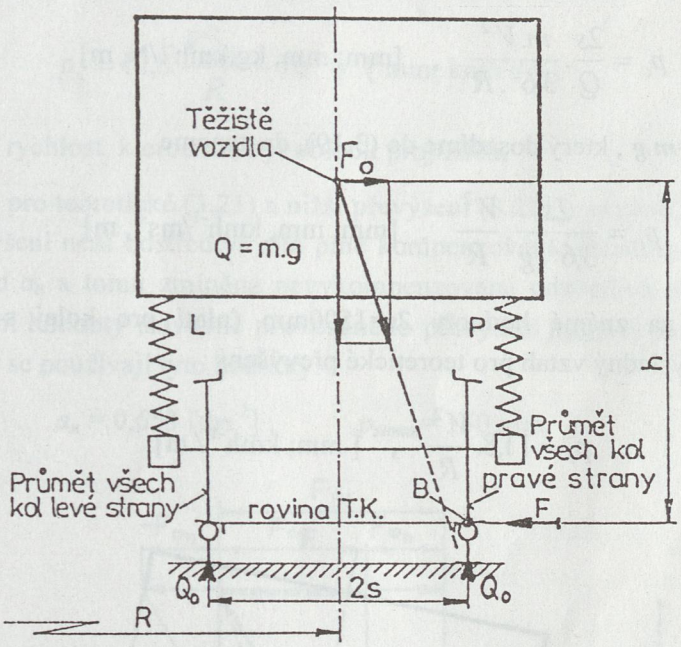
z něho po dosazení za V_{mez} z (3.13) dostaneme

$$a_{0mez} = \frac{g.s}{h} \quad , \qquad [ms^{-2}; ms^{-2}, m] \tag{3.15}$$

Z uvedených vztahů vyplývá, že při průjezdu vozidla obloukem bez výškové úpravy by bylo nutné omezovat rychlost jízdy mimo jiné z těchto důvodů:

- nebezpečí převrácení vozidla
- značné příčné a svislé přitížení vnějšího kolejnicového pásu i celé koleje na štěrkovém loži.

Zmírnit tyto nepříznivé účinky lze provedením převýšení v oblouku.



obr. 3.34 - síly působící na vozidlo v nepřevýšeném oblouku

Převýšení v oblouku je výškový rozdíl kolejnicových pásů koleje v oblouku, provedený tak, že vnější kolejnicový pás je položen výš než pás vnitřní. Průjezd vozidla obloukem s převýšením charakterizuje situace znázorněná na obr. 3.35. Silové a geometrické poměry jsou uvažovány za zjednodušujících předpokladů, že skříň vozidla není vlivem vypružení nakloněna vůči dvojkolí a poloměr oblouku R není kótován k ose koleje, ale k těžišti vozidla. Rozdíly, které tím v dalších výpočtech vzniknou jsou však zanedbatelné. Situace znázorněná na obr. 3.35 je případ, kdy výslednice odstředivé síly F_o a váhy vozidla Q je kolmá na rovinu TK, tedy případ, kdy účinek odstředivé síly F_o je v rovnováze se silou danou velikostí složky tíhy vozidla $F_{do} = Q.\text{tg}\delta = F_o$ vyplývající z převýšení oblouku. Jak je patrné z velikosti výslednice sil F_o a Q dochází k určitému rovnoměrnému přitížení obou kolejnicových pásů (obdobně i k přitížení cestujících). Dále je zřejmé, že při jistém převýšení p_t, existuje pouze jediná velikost odstředivé síly F_o, při které nastane výše popsaná situace. Z předchozího víme, že této velikosti odstředivé síly odpovídá pouze jediná rychlost jízdy V, která se nazývá rychlostí teoretickou (nebo vyváženou) a převýšení, při kterém tato situace nastane, se nazývá převýšením teoretickým p_t.

Podle obr. 3.35 lze psát:

$$tg\delta = \frac{F_0}{Q} \tag{3.16}$$

$$\sin\delta = \frac{p_t}{2s} \tag{3.17}$$

Pro extrémní možnou hodnotu p_t=150mm a $2s$=1500mm vychází úhel δ =5,739°. Tangens tohoto úhlu se liší od sinu zanedbatelně, proto můžeme vztahy (3.16) a (3.17) položit sobě rovny a vyjádřit

$$p_t = \frac{F_0}{Q}.2s \tag{3.18}$$

dosazením (3.6) obdržíme

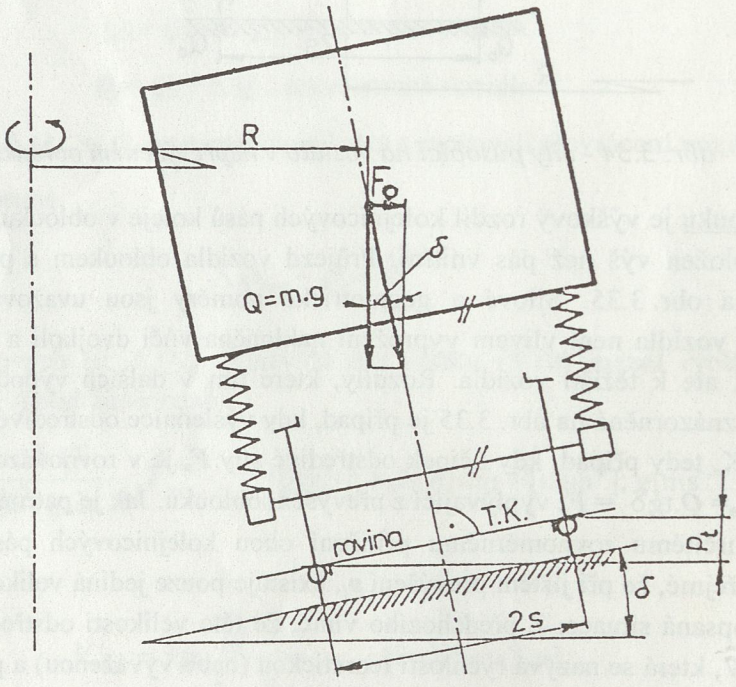
$$p_t = \frac{2s}{Q}.\frac{m.V^2}{3{,}6^2.R} \quad , \quad [\text{mm; mm, kg,kmh}^{-1}\text{/N, m}] \tag{3.19}$$

Použitím vztahu $Q=m.g$, který dosadíme do (3.19), dostaneme

$$p_t = \frac{2s}{3{,}6^2.g}.\frac{V^2}{R} \quad , \quad [\text{mm; mm, kmh}^{-1}\text{/ms}^{-2}\text{, m}] \tag{3.20}$$

Jestliže dosadíme za známé hodnoty $2s$=1500mm (platí pro kolej s normálním rozchodem), g=9,81 ms^{-2}, dostaneme výsledný vztah pro teoretické převýšení

$$p_t = 11{,}8.\frac{V^2}{R} \quad , \quad [\text{ mm; kmh}^{-1}\text{ / m}] \tag{3.21}$$



obr. 3.35 - vozidlo v oblouku s převýšením

Pokud bude oblouk o daném poloměru projížděn stále touž rychlostí (přichází v úvahu na speciálních tratích, kde jezdí pouze jedna kategorie vozidel–vlaků), pak skutečné stavební převýšení p_{st} lze provést tak, aby odpovídalo převýšení teoretickému p_t. Problémy však nastávají na tratích, kde jezdí vlaky různými rychlostmi (např. rychlíky rychlostí V=100 km/h, osobní vlaky V=80 km/h a nákladní vlaky V=70 km/h).

Bude-li v konkrétním oblouku provedeno převýšení tak, aby docházelo k úplné kompenzaci odstředivé síly F_{ot} pro rychlíky, pak při průjezdu vlaků pomalejších bude část p_{st} přebytečná o určitou hodnotu p_p, neboť odstředivá síla v tomto případě F_{op} bude menší než F_{ot} –viz obr. 3.36 o nevykompenzovanou složku F_{on} působící směrem do středu oblouku. Tato nevykompenzovaná složka F_{on} má nepříznivé účinky na vozidla i cestující. Nejhorší případ nastane tehdy, když se v takovém oblouku budou vozidla pohybovat velmi malou rychlostí. V tom případě dochází k velkému příčnému zatížení ložisek vozidel a vnitřních kolejnicových pásů, což může mít při častém opakování za následek jejich nadměrné opotřebení.

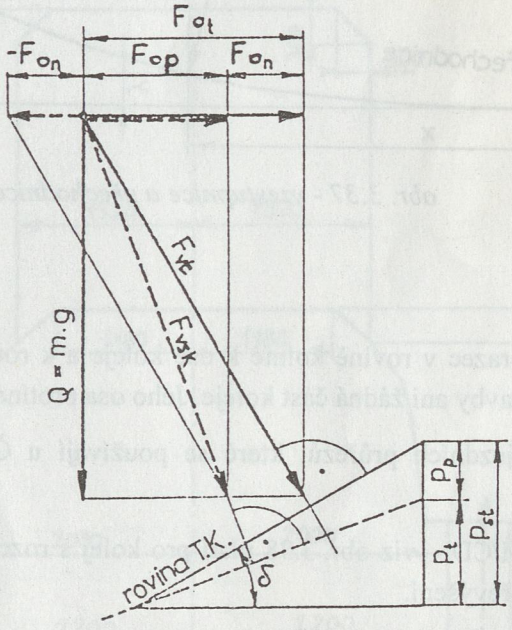
Se záměrem snížit tyto nežádoucí účinky se, pro oblouky tratí provozovaných tímto způsobem, projektuje a stavebně realizuje tzv. nižší převýšení podle nasledujícího vztahu

$$p_n = 11{,}8.\frac{V_{max}^2}{R} - 70 \quad , \quad [\text{mm; kmh}^{-1}/\text{m}] \tag{3.22}$$

kde V_{max} je maximální rychlost, kterou má být oblouk projížděn.

Z porovnání vztahů pro teoretické (3.21) a nižší převýšení (3.22) je zřejmé, že při rychlosti jízdy V_{max} v oblouku o nižším převýšení není odstředivá síla plně kompenzována. Existuje zde nedostatek převýšení, jemuž odpovídá zrychlení a_n a tomu zmíněná nevykompenzovaná odstředivá síla. Velikost zrychlení a_n, jakož i velikost maximální hodnoty stavebně provedeného převýšení p_{stmax} si jednotlivé železniční správy určují individuelně. U ČD se používají tyto hodnoty:

$$a_n = 0{,}653 \ [\text{ms}^{-2}] \ ; \qquad p_{stmax} = 150 \text{ mm}.$$



obr. 3.36 - silové poměry při přebytku převýšení

Dosavadní úvahy v souvislosti s obloukem a jeho převýšením se týkaly „čistého" oblouku bez jeho návaznosti na přímou (nepřevýšenou) kolej. Protože z nepřevýšené přímé koleje se do plně převýšené koleje nedostaneme skokem, musí zde být část koleje provedená stavebně tak, aby tento přechod byl plynulý. Zmíněný požadavek splňuje tzv. vzestupnice, která je vytvářena postupným zvedáním vnějšího kolejnicového pásu až do plného převýšení.

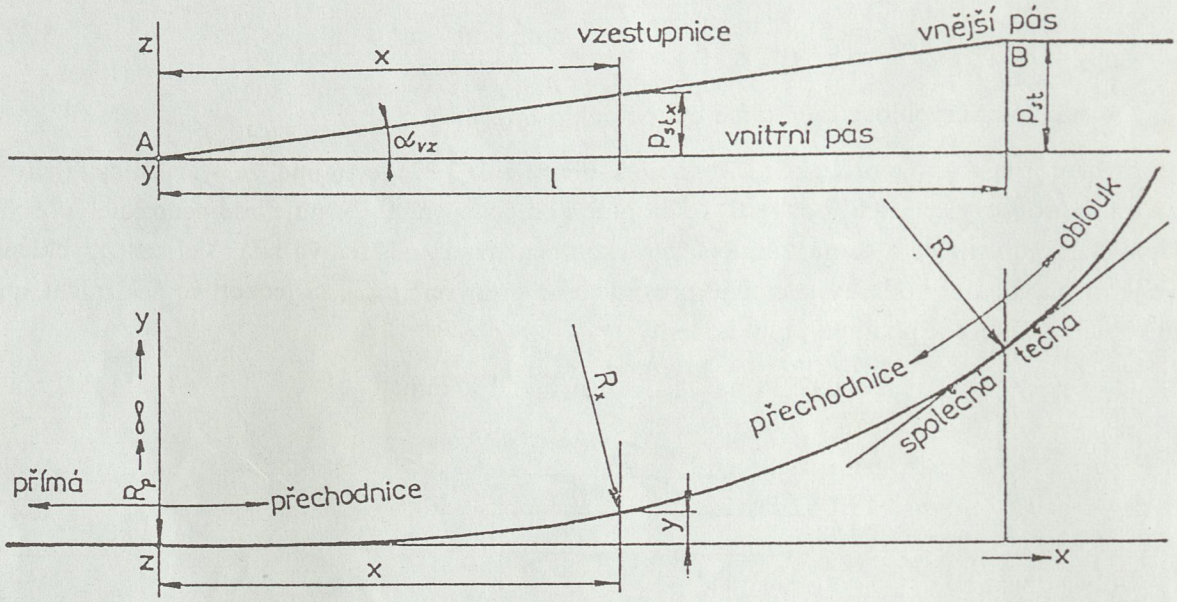
Obdobně, jako je nutné plynule přejít z nepřevýšené koleje na převýšenou, je nutné přejít plynule z přímé koleje do oblouku. Pokud by oblouk o dané křivosti (poloměr oblouku R) bezprostředně navazoval

na přímou kolej došlo by ke změně křivosti skokem, který by se projevil i ve skoku příčného zrychlení se všemi negativními důsledky (nežádoucí silové účinky, negativní vliv na člověka). Plynulost přechodu z přímé do oblouku zajišťuje tzv. přechodnice.

Přechodnice a vzestupnice mají zpravidla stejnou délku, pro přímkovou vzestupnici má přechodnice přibližně tvar kubické paraboly

$$y = \frac{x^3}{6.l.R} \tag{3.23}$$

Schematické znázornění vzestupnice a přechodnice je uvedeno na obr. 3.37.



obr. 3.37 - vzestupnice a přechodnice

3.4.1.6 Průjezdní průřez

Průjezdní průřez je obrazec v rovině kolmé k ose koleje a k rovině TK, do něhož nesmí zasahovat žádná část jakékoliv pevné stavby ani žádná část koleje. Jeho osa protíná osu koleje.

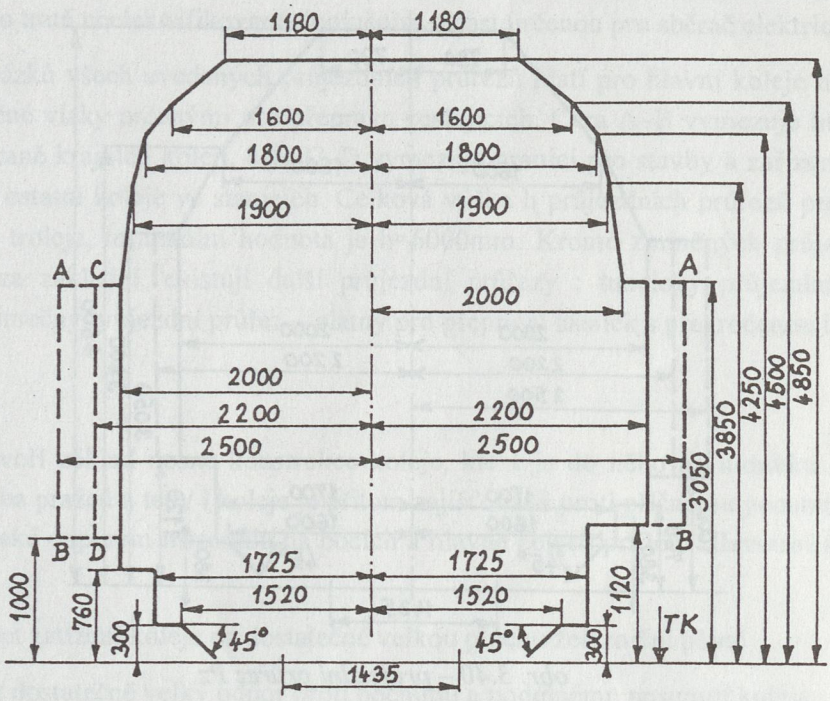
Tvary a rozměry průjezdních průřezů, které se používají u ČD, jsou uvedeny na následujících obrázcích:

Průjezdní průřez 1–SM/ČD – viz obr. 3.38 platí pro kolej s rozchodem 1435mm v přímé a bloucích o poloměru $R > 4000$m bez převýšení.

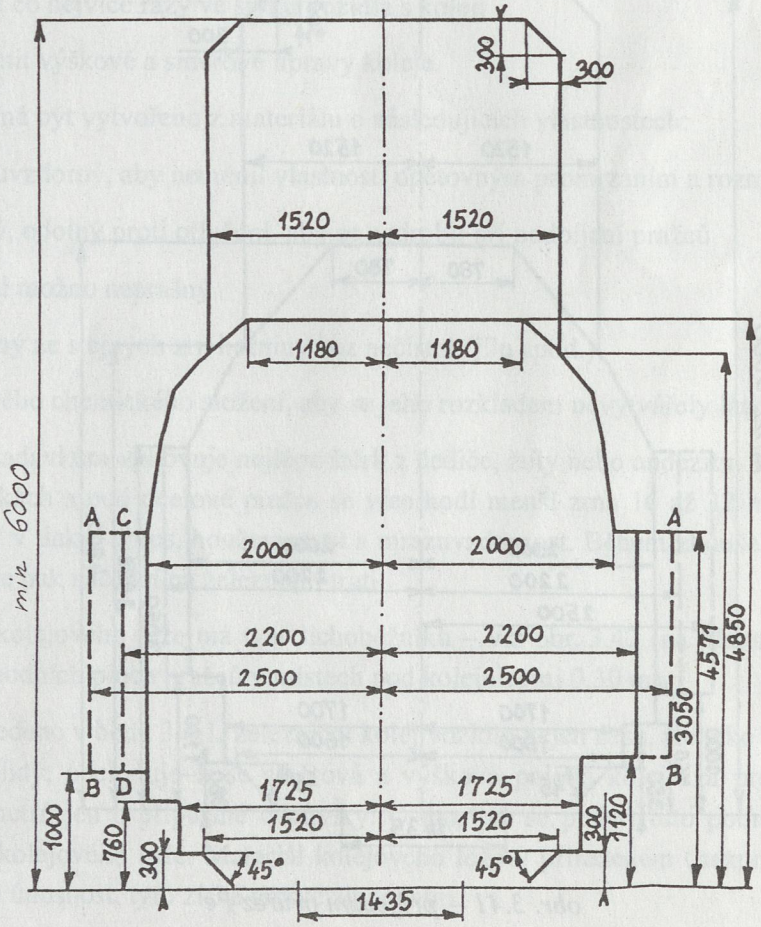
Průjezdní průřez 1–SM_E/ČD. – viz obr. 3.39 platí pro elektrizované tratě s rozchodem 1435mm v přímé a obloucích o poloměru $R > 4000$m bez převýšení.

V železniční síti ČD jsou dosud užívány také průjezdní průřezy typu Pz a Pe. Průjezdní průřez Pz – viz obr. 3.40 je pro kolej s rozchodem 1435mm v přímé a obloucích o poloměru $R > 250$m bez převýšení.

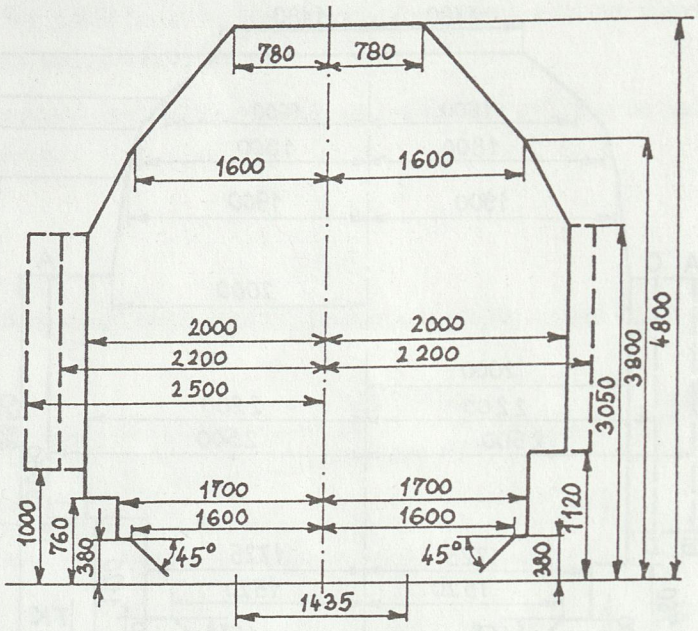
Průjezdní průřez Pe –viz obr. 3.41 je pro elektrizované tratě s rozchodem 1435mm v přímé a obloucích o poloměru $R > 250$m bez převýšení.



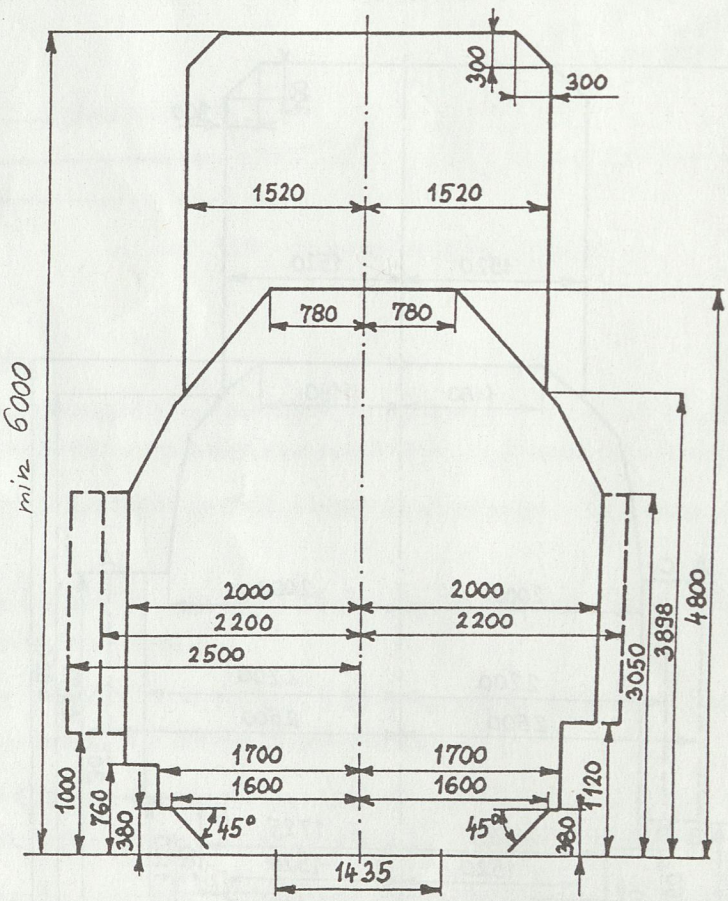
obr. 3.38 – průjezdní průřez 1–SM/ČD



obr. 3.39 – průjezdní průřez 1–SM_E/ČD



obr. 3.40 – průjezdní průřez Pz



obr. 3.41 – průjezdní průřez Pe

Jak je z obrázků jednotlivých průřezů patrné, jsou průjezdní průřezy pro elektrifikované tratě odvozeny z průřezů pro tratě neelektrifikované doplněním o část určenou pro sběrač elektrického proudu.

Levé strany obrázků všech uvedených průjezdních průřezů platí pro hlavní koleje na širé trati a pro staniční koleje pojížděné vlaky určenými pro přepravu cestujících. Čára A–B vymezuje hranici pro stavby a zařízení na vnější straně krajních kolejí, čára C–D vymezuje hranici pro stavby a zařízení mezi kolejemi. Pravé strany platí pro ostatní koleje ve stanicích. Celková výška h průjezdních průřezů pro elektrifikované tratě závisí na poloze troleje, minimální hodnota je h=6000mm. Kromě zmíněných průjezdných průřezů, které lze považovat za základní, existují další průjezdní průřezy : tunelový průjezdní průřez, mostní průjezdní průřez a výjimečný průjezdní průřez – platný pro přepravu zásilek s překročenou ložnou mírou.

3.4.2 *Kolejové lože*

Kolejové lože tvoří základ nosné konstrukce koleje, která je do něho na hloubku danou tloušťkou pražců ponořena. Poloha pražců a tedy i koleje je přitom zajišťovaná proti příčnému posunutí kromě tření na dosedacích plochách také odporem materiálu na bocích a hlavně čelech pražců. Hlavními úkoly kolejového lože jsou:

- roznášet zatížení koleje na dostatečně velkou plochu železniční pláně
- zajistit dostatečně velký odpor proti bočnímu a podélnému posunutí koleje
- odvádět rychle z koleje srážkovou vodu a zamezovat vzlínání spodní vody k pražcům
- tlumit co nejvíce rázy ve styku vozidla s kolejí
- umožnit výškové a směrové úpravy koleje.

Kolejové lože má být vytvořeno z materiálu o následujících vlastnostech:

- mrazuvzdorný, aby neměnil vlastnosti opětovným promrzáním a rozmrzáním
- pevný, odolný proti otlučení, aby se nedrobil při podbíjení pražců
- pokud možno neprašný
- složený ze stejných zrn horniny bez nečistot (jílu apod.)
- takového chemického složení, aby se jeho rozkladem nevytvářely látky poškozující kolej.

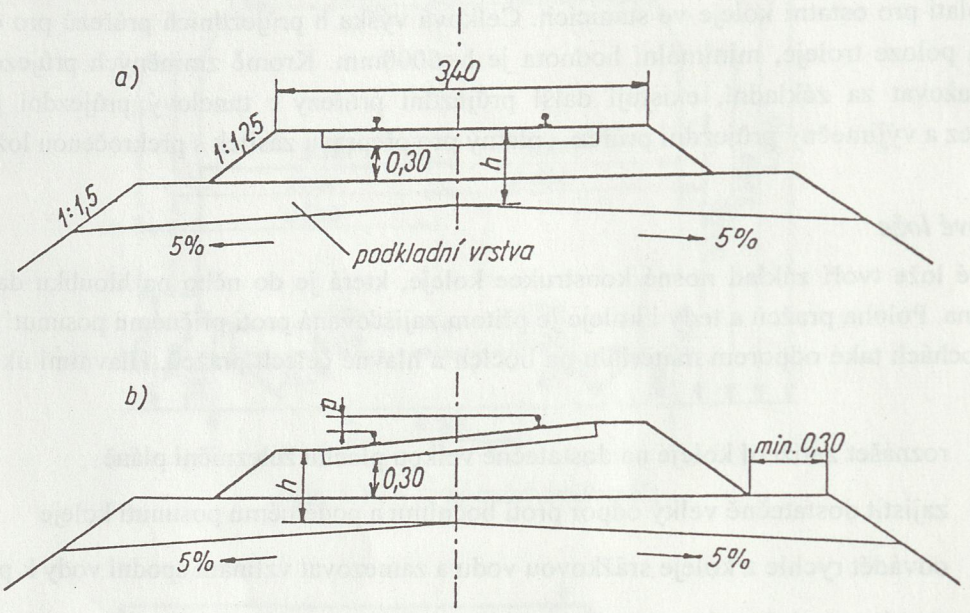
Uvedeným požadavkům vyhovuje nejlépe štěrk z čediče, žuly nebo andezitu. Velikost zrna má být 32 až 63 mm, ve výhybkách a pod ocelové pražce se více hodí menší zrna 16 až 32 mm. Štěrk se podrobuje zkouškám na pevnost v tlaku, obrus, houževnatost a mrazuvzdornost. Během zkoušek jsou vytvořeny stejné podmínky, v jakých se pak nachází na železniční trati.

Příčný průřez kolejového lože má tvar lichoběžníku – viz obr. 3.42 (na hlavních tratích bývá výška kolejového lože od spodních ploch pražců v místech pod kolejnicemi 0,30 m).

Jak již bylo uvedeno v bodu 3.4.1, železniční kolej vozidlo nejen nese, ale také vede. Tuto úlohu může dobře plnit jedině tehdy, odchyluje–li se směrová a výšková poloha koleje za provozu od stanovených geometrických parametrů jen o přípustné odchylky. O tom jak se podaří tuto podmínku splnit rozhoduje z velké míry kvalita kolejového lože. Materiál kolejového lože v přirozeném (nezpracovaném) stavu nemá žádoucí vlastnosti ani únosnost, tyto získá teprve zhutněním.

Zhutněním se dosahuje těsného styku zrn štěrku a také jejich zaklínování tak, že potom nemohou pod zatížením vybočit ze své polohy. Materiál lože se zhutňuje podbíjením pražců, čímž se pod pražci vytvoří

pevné „štěrkové lavičky“ z navzájem zaklíněných zrn. Takto zhutněné lože má po určitou dobu provozu dostatečnou únosnost, která se ale postupně snižuje vlivem drcení hran nejvíce namáhaných zrn štěrku. Je proto nutné provádět opětovné podbití pražců a v pravidelných intervalech pročistit štěrkové lože od vzniklého prachu a dalších nečistot a doplnit chybějící štěrk.



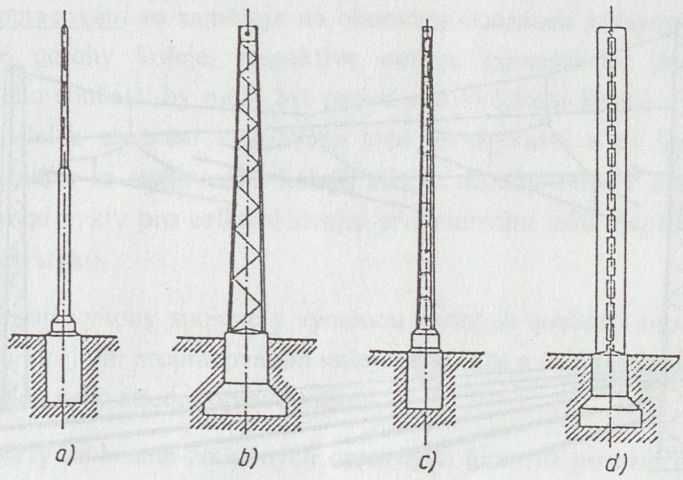
obr. 3.42 – Tvar kolejového lože na jednokolejné trati
a) v přímé, b) v oblouku

3.5 Zařízení na elektrizovaných tratích

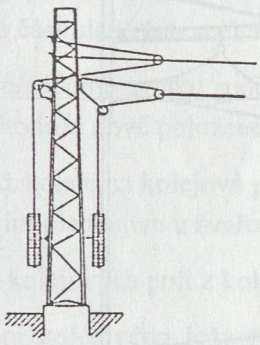
Základním prvkem elektrizovaných tratí je trolejové vedení. Nejběžnějším je trolejové vedení vrchní, v některých případech se používá napájení z boční napájecí kolejnice (druhý způsob je běžný u napájení hnacích vozidel podzemních drah). U ČD se používá výhradně napájecí systém s vrchním trolejovým vedením a proto mu bude dále věnována pozornost. Trolejové vedení se skládá ze stožárů, konzol nebo závěsů a z vlastních vodičů (troleje).

Stožáry se používají ocelové (trubkové a příhradové) nebo betonové (z předepjatého betonu). Příhradové stožáry se používají pro přenášení velkého zatížení (převěsy) a jako kotevní stožáry. Ploché příhradové stožáry jsou určeny na zachycení pouze jednosměrného zatížení a proto se používají na širé trati. Příklady jednotlivých typů stožárů – viz obr. 3.43.

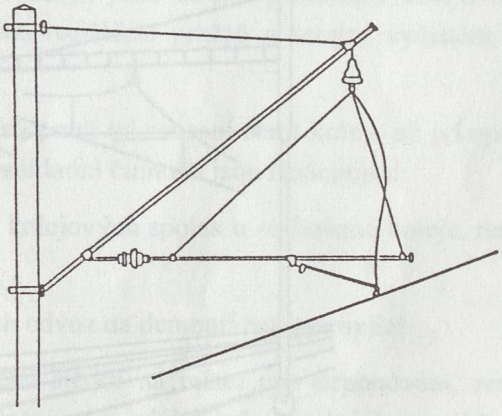
Vlastním vodičem je měděný trolejový drát, který je zavěšen pomocí lanových závěsů na nosném laně o průřezu 120mm^2 pokud je měděné, nebo 240mm^2 pokud je ocelové. Celé vedení je rozděleno na úseky dlouhé cca 1 km, které jsou samostatně napínané a kotvené. Nosné lano je napínáno silou 15 kN závěsem z betonových bloků – viz obr. 3.44. Na širé trati je trolej zavěšena pomocí šikmých trubkových konzol – viz obr. 3.45 a 3.46. Při stavbě trolejového vedení přes více kolejí (především ve stanicích) se dříve používaly lanové převěsy – viz obr. 3.47. Dnes se dává přednost při zatrolejování stanic tzv. břevnovému nosnému systému (brány) – viz obr. 3.48, který je proti lanovým převěsům výhodnější především kvůli montáži a údržbě.



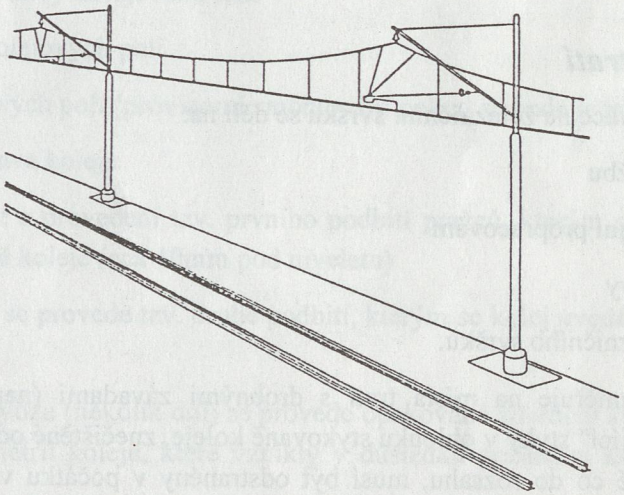
obr. 3.43 – stožáry pro trolej
a) trubkový, b), d) kotevní, c) příhradový pro trať



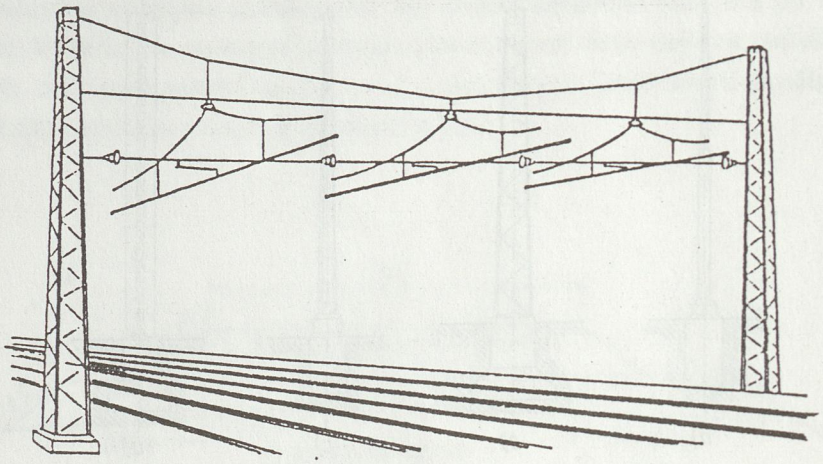
obr. 3.44 – schéma napínání troleje



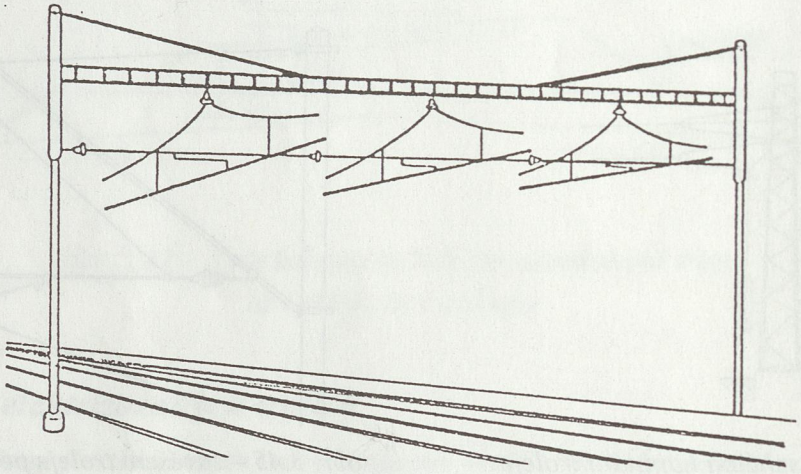
obr. 3.45 – zavěšení troleje pomocí konzol



obr. 3.46 – zavěšení troleje pomocí konzol (celkové uspořádání)



obr. 3.47 – zavěšení troleje pomocí lanových převěsů



obr. 3.48 – zavěšení troleje pomocí břevnového systému

3.6 Údržba a opravy tratí

Údržbové a opravné práce na železničním svršku se dělí na:

- drobnou údržbu
- souvislé strojní propracování
- střední opravy
- obnovy železničního svršku.

Drobná údržba se zaměřuje na místa trati s drobnými závadami (např. „propadající se“ styky u stykované koleje, „vybočující“ styky v oblouku stykované koleje, znečištěné odtoky srážkové vody apod.). Tyto drobné závady, drobné co do rozsahu, musí být odstraněny v počátku vzniku, protože jinak se po určitém čase stanou závadami hrubými, respektive způsobí hrubé závady. K drobné údržbě není nutná složitá mechanizace, často postačí provést pouze ruční údržbu a opravu. Velmi důležité je však mít o svěřeném traťovém úseku dokonalý přehled a provádět drobnou údržbu včas.

Souvislé strojní propracování se zaměřuje na obnovení únosnosti kolejového lože podbitím pražců a na úpravu geometrické polohy koleje, respektive opravu geometrické polohy koleje. Provádí se v pravidelných cyklech, jeho součástí by mělo být periodické vyčištění štěrku v kolejovém loži, doplnění štěrku, dotažení upevňovadel a zhutnění kolejového lože mezi pražci a za hlavami pražců. Na tratích s menším provozním zatížením se stykovanou kolejí, kde je dlouhý časový interval pro souvislé strojní propracování, se vkládá mezi cykly pro celkové strojní propracování ještě doplňkové strojní propracování koleje v místech kolejových styků.

Střední opravy zahrnují výkony spojené s výměnou vadných součástí železničního svršku, úpravou geometrické polohy koleje, strojním propracováním kolejového lože a dalšími činnostmi podle toho, jestli se jedná o střední opravu lehkou nebo střední opravu těžkou.

U lehké střední opravy se kromě zmíněných opravných činností provádí oprava vybočených styků, kontrola spojek stykované koleje, úprava dilatačních spár, vyčištění a odvodnění kolejového lože s rozbředlým materiálem, podle potřeby oprava svarových spojů na bezstykové koleji, doplnění kolejového lože štěrkem, zhutnění lože mezi pražci a za hlavami pražců.

Těžká střední oprava zahrnuje vedle činností předchozích ještě strojní pročištění kolejového lože v celém profilu (předchází všem ostatním úkonům),úpravu rozdělení pražců a strojní vyčištění příkopů a banketů (odkrytá část pláně železničního spodku).

Obnovy železničního svršku spočívají v komplexnosti prací od snesení staré koleje až po opakované zhutnění kolejového lože nově položené koleje. Jednotlivé základní činnosti jsou následující:

- demontáž koleje na kolejová pole (rozmontování kolejových spojek u stykované koleje, respektive rozřezáním plamenem u svařované koleje)
- vytrhání kolejových polí z kolejového lože a jejich odvoz na demontážní pracoviště
- odstranění kolejového lože (odvoz nepoužitelného štěrku na místo pro deponování, respektive vyčištění použitelného štěrku a jeho dočasné umístění na speciálních železničních vozech)
- úprava a oprava železniční pláně
- položení základní vrstvy kolejového lože
- položení nových kolejových polí
- smontování kolejových polí (provizorní smontování pokud se bude jednat o svařovanou kolej)
- hrubá směrová úprava koleje
- zaštěrkování koleje a provedení tzv. prvního podbití pražců, kterým se kolej směrově a výškově upraví vůči niveletě koleje (cca 40mm pod niveletu)
- po doplnění štěrku se provede tzv. druhé podbití, kterým se kolej uvede do definitivní geometrické polohy
- po krátké době provozu (několik dní) se provede opakované zhutnění kolejového lože k odstranění nedostatků v geometrii koleje, které vznikly v důsledku počáteční konsolidace kolejového lože vlivem provozu.

3.7 Rekonstrukce tratí

Zvyšující se nároky na provozní výkonnost tratí vyvolávají potřebu rekonstrukcí tratí. Při rekonstrukc se vesměs jedná o záměr zvýšit rychlost jízdy a povolenou hmotnost na nápravu dané rekonstruované trati.

3.7.1 Zvýšení povolené hmotnosti na nápravu

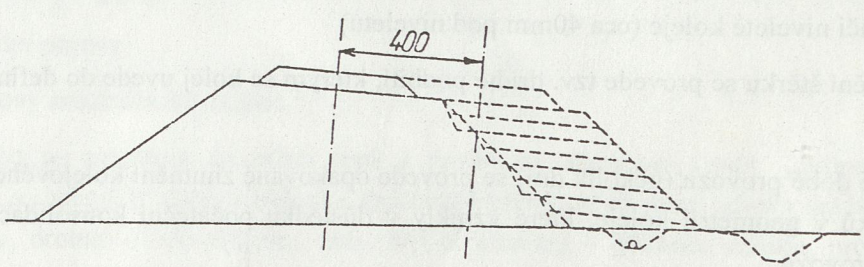
Rekonstrukce pro zvýšení povolené hmotnosti na nápravu (viz Tab.3.1, str. 7 – rozdělení tratí) nevyžaduje většinou změnu dosavadního železničního tělesa jako celku, ale vyžaduje změnu umělých staveb: mostů, podjezdů, propustů, podchodů atd. V místech tratě, kde se tyto stavby nacházejí, je nutné přezkoušet jak po stránce statické, tak po stránce dynamické, jestli pevnostně a svoji stabilitou budou vyhovovat zvýšeným účinkům. Jestliže umělé stavby nevyhoví, teprve pak se navrhne způsob zesílení respektive rekonstrukce. Například u ocelových konstrukcí je možné provést zesílení pásnic nosných profilů, doplnění výztuh apod. Jestliže zesílení není možné provést, přistoupí se k výměně celé konstrukce za novou, která je dostatečně dimenzovaná na zvýšené zatížení.

3.7.2 Zvýšení rychlosti

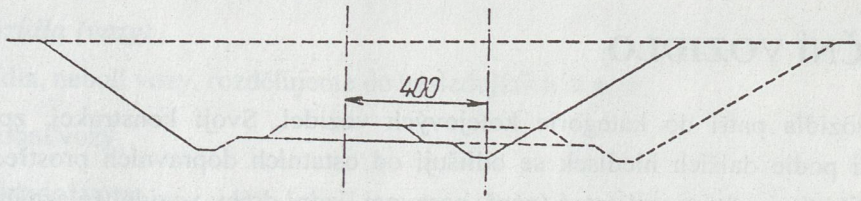
Rekonstrukce pro zvýšení rychlosti jízdy zpravidla vyžaduje směrové úpravy tratě, rekonstrukci staničních zhlaví – nahrazení nevyhovujících výhybek, elektrifikaci tratě pokud se nejedná o již elektrifikovanou trať. V některých případech je nutné provést úpravu sklonových poměrů a v souvislosti s předpokladem vyšších dynamických účinků i úpravy umělých staveb (souvislost s předchozím bodem 3.7.1).

Úpravy pro zvyšování rychlosti jízdy jsou účelné jedině tehdy, když se provedou pro celou trať. Nemá smysl upravovat pro větší rychlosti jen úseky mezi obtížnými místy, na nichž se ponechají původní nízké rychlosti. V takových případech je zvýšení rychlosti tratě neefektivní. Rovněž je nutné zvážit možnost stavby nové tratě, v případě, že rekonstrukce stávající tratě je v porovnání hodnotových ukazatelů horší než stavba nová.

Zvýšení rychlosti jízdy je často otázkou propustnosti tratí (např. příliš hustý provoz na jednokolejné trati nedovolí jízdu rychlejších vlaků – problém s předjížděním). Řešením je výstavba další koleje, která vyžaduje vybudování nového železničního tělesa. Zůstane–li trasa a niveleta tratě nezměněna, buduje se železniční těleso rozšiřováním náspu – viz obr. 3.49, respektive rozšiřováním zářezu – viz obr. 3.50. Rozšířený násep nelze budovat pouhým přisypáváním zeminy, ale na původním svahu se musí vytvořit tzv. lavičky o šířce min. 1m se šikmou plochou, která má v půdorysu šířku rovněž min. 1m – viz znázornění na obr. 3.49.



obr. 3.49 – budováni náspu při zdvoukolejňování tratě



obr. 3.50 – hloubení zářezu při zdvoukolejňování tratě

Při zdvoukolejňování tratí i při ostatních rekonstrukcích by v etapě projekčních prací měla být dodržována zásada, že v rámci každé rekonstrukce se vylepší směrové a sklonové poměry tratí tak, aby výhledově bylo možné počítat na hlavních tratích se zvýšením rychlosti jízdy minimálně na 160 km/h a na tratích vedlejších minimálně na 120 km/h.

4. ŽELEZNIČNÍ VOZIDLO

Železniční vozidla patří do kategorie kolejových vozidel. Svojí konstrukcí, způsobem provozu, systémem údržby i podle dalších hledisek se odlišují od ostatních dopravních prostředků. V některých směrech je toto odlišení zásadní a podstatné (např. porovnej jízdní dráhy vozidel železničního a silničního), v jiných směrech může být zanedbatelné, nebo nemusí být žádné (např. porovnej principy hnacích agregátů motorové lokomotivy a nákladního automobilu).

V této kapitole jsou uvedeny základní – vesměs technické informace o železničních vozidlech. Je zde pojednáno o charakteristikách železničního vozidla, jeho konstrukčním uspořádání, principu přenosu tažných a brzdných sil mezi vozidlem a kolejí, jízdě vozidla v přímé koleji a v oblouku koleje, jsou zde uvedeny základní údaje o jízdních odporech vozidel a další informace.

4.1 Charakteristiky železničního vozidla

Základní charakteristikou železničního vozidla je to, že k pohybu po koleji využívá princip valení ocelového kola po ocelové kolejnici. Druhým charakteristickým rysem je, že vozidlo je kolejí nejen neseno, ale i vedeno. Třetí významná charakteristická vlastnost je, že železniční vozidla je možné spřahovat do vlakových souprav, v nichž lze přepravovat najednou značné množství nákladu, respektive v osobní dopravě značné množství cestujících.

Princip valení ocelového kola po ocelové kolejnici dovoluje přenášet značné svislé i příčné síly, což umožňuje přepravovat náklady o velké hmotnosti. Vzhledem k nízké hodnotě valivého odporu mezi kolem a kolejnicí lze zmíněné velké hmotnosti uvádět do pohybu relativně malými silami, které jsou vyvozovány mezi koly hnacího vozidla a kolejnicemi na principu adheze.

Vedení vozidla kolejí je docíleno vzájemnou konstrukční „vazbou" koleje (tvarem kolejnic) – viz kap.3, a kol železničního vozidla, která jsou opatřena okolky – viz bod 4.4.

Vzájemná spřahovatelnost železničních vozidel je jejich velkou předností. Je ovšem zřejmé, že zajištění vzájemné spřahovatelnosti vyžaduje zvýšené nároky na konstrukci vozidel.

4.2 Rozdělení železničních vozidel

Železniční vozidla můžeme rozdělit do tří základních skupin:

- hnací vozidla
- tažená vozidla (vozy)
- speciální vozidla.

Podle dopravního hlediska jsou vozidla určena pro: dopravu expresní, dopravu rychlíkovou a dálkovou, dopravu příměstskou, dopravu místní, dopravu zvláštního určení, dopravu nákladní, posunovací a seřaďovací službu, pomocné a pracovní vlaky, podnikový a vlečkový provoz.

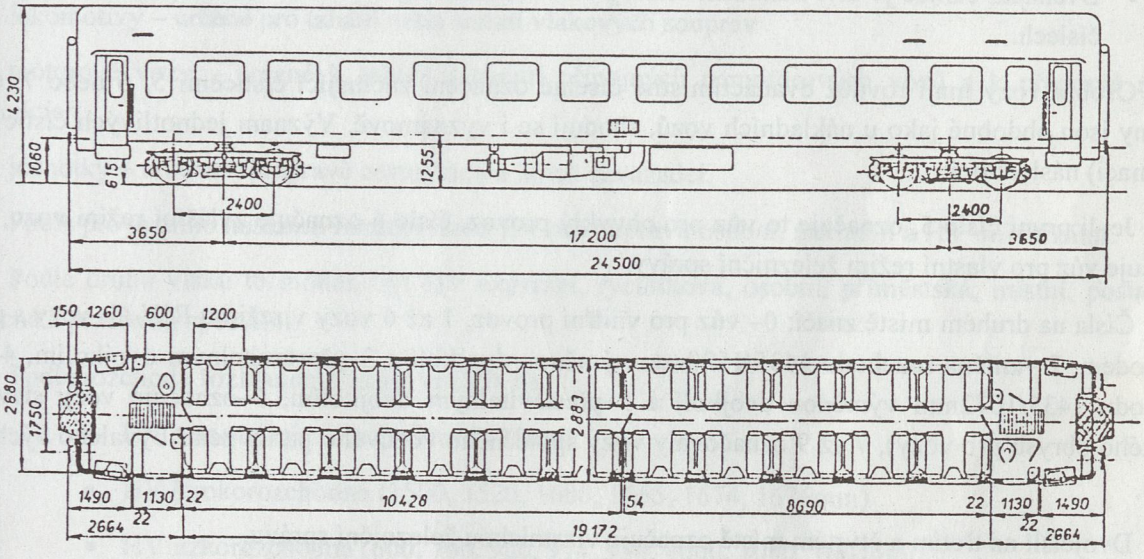
4.2.1 *Tažená vozidla (vozy)*

Tažená vozidla, neboli vozy, rozdělujeme do následujících skupin:

- osobní vozy
- nákladní vozy
- vozy pro zvláštní účely.

Podle počtu náprav rozlišujeme vozy dvounápravové, třínápravové a vícenápravové. Vozy se čtyřmi a více nápravami se staví zpravidla jako podvozkové, u některých vozů se setkáváme i s podvozky jednonápravovými.

Osobní vozy můžeme rozdělit podle účelu použití na vozy pro sedící cestující – viz příklad na obr. 4.1, lehátkové a lůžkové, jídelní a bufetové, služební a poštovní, salónní a zvláštního určení.



obr. 4.1 – typový plán osobního vozu

Vozy nákladní se podle účelu použití dělí na vozy zavřené a kryté, otevřené vysokostěnné a nízkostěnné, plošinové a oplenové, výsypné, nádržkové, chladící, hlubinové, pro přepravu automobilů, speciální, vozy zvláštního určení a do samostatné skupiny dáváme vozy přepravců.

Vozy pro zvláštní určení, osobní i nákladní, mohou být např. měřicí vozy, pracovní vozy, dílenské a montážní vozy.

Označování vozů

Vozy jsou označené dvanáctimístným číslem a doplňujícím písmenným označením. Význam jednotlivých číslic číselného označení je následující:

Nákladní vozy:

- První dvojčíslí charakterizuje režim použití vozu (jeho schopnost pro přepravu podle úmluvy RIV, s vyjádřením možnosti přechodu na tratě různých rozchodů).

Pro informaci:

První čísla 0, 2, 4 označují vozy s nezávislými nápravami (jedná se většinou o dvou a třínápravové vozy). První čísla 1, 3, 8 označují podvozkové vozy. Vozy s první číslicí 0 nebo 1 jsou zařazené do

mezinárodního společného parku EURUOP, případně INTERFRIGO. Čísla 4 a 8 označují vozy určené jen pro vnitrostátní přepravu.

Druhé číslo označuje vlastníka vozu a také přechodnost na tratě různých rozchodů. Čísla 1 a 2 označují vozy patřící evropským železnicím, čísla 3 a 4 označují soukromé vozy přepravců. Čísla 5 a 6 označují zapůjčené vozy od železničních správ a čísla 7,8, 9 označují vozy provozované mezinárodně jen mezi vzájemně se dohodnutými železničními správami. Sudé číslo vyjadřuje způsobilost vozu pro změnu rozchodu.

- Druhé dvojčíslí vyjadřuje vlastnickou železniční správu, ČD má číslo 54.
- Skupina dalších sedmi čísel je vlastní číslo vozu, charakterizující vozovou řadu a provozně – technické vlastnosti vozu. Druh a hlavní parametry vozu označují čísla na pátém až osmém místě.
- Deváté až jedenácté číslo vyjadřuje pořadové číslo vozu v dané vozové řadě.
- Dvanáctá číslice je tzv. kontrolní číslo, podle určitého algoritmu závislé na předchozích jedenácti číslech.

Osobní vozy mají rovněž dvanáctimístné číselné označení začínající číslicemi 5, 6 nebo 7. Číselné skupiny jsou obdobné jako u nákladních vozů, shodují se i významově. Význam jednotlivých číslic je (pro informaci) následující:

Je–li první číslo 5, označuje to vůz pro obvyklý provoz, číslo 6 označuje zvláštní režim vozu, číslo 7 označuje vůz pro vlastní režim železniční správy.

Čísla na druhém místě značí: 0– vůz pro vnitřní provoz, 1 až 6 vozy v režimu RIV (1–vozy s pevným rozchodem, 2 –změna rozchodu 1435/1520mm výměnou dvojkolí a 3–přestavitelným dvojkolím, 4–změna rozchodu 1435/1672mm výměnou dvojkolí a 5–přestavitelným dvojkolím, 6–označuje vozy stavěné do britského obrysu pro vozy), 7 až 9 označovaly vozy společného vozového parku zemí bývalého východního bloku.

Dvojčíslí na třetím a čtvrtém místě označuje vlastnickou železniční správu.

Pátá číslice označuje: 0 –soukromý vůz, 1 –vůz se sedadly 1. třídy, 2 – vůz se sedadly 2. třídy, 3 – vůz se sedadly 1. a 2. třídy, 4 – lehátkový vůz 1. nebo 1.a 2. třídy, 5 – lehátkový vůz 2. třídy, 6 – lůžkový vůz 1. nebo 1.a 2. třídy, 7 – lůžkový vůz 1.a 2. nebo 2. třídy, 8– osobní vůz zvláštní stavby, 9– zavazadlový vůz nebo vůz pro zvláštní účely.

Šestá číslice v závislosti na páté číslici má tyto významy:

a) u osobních, lehátkových a lůžkových vozů počet oddílů

b) počet náprav vozu, je–li nižší než 4

c) typ vozu zvláštní stavby (poštovní, služební apod.).

Sedmá číslice označuje největší možnou rychlost vozu: 0 až 2 označuje vozy s rychlostí do 120 km/h, 3 až 6 rychlost 121 až 140 km/h, 7 až 8 rychlost 141 až 160 km/h, 9 rychlost nad 160 km/h.

Osmá číslice označuje v závislosti na předchozí sedmé číslici vytápěcí systém vozu. Může to být vytápění parní, elektrické nebo samostatné (individuální) vytápění vozu.

Ostatní číslice mají stejný význam jako u nákladních vozů.

Číselné označení u nákladních i osobních vozů je doplňováno písmenným označením, kde velká písmena vyjadřují vozovou řadu a malá písmena vedlejší řadové označení.

4.2.2 *Hnací vozidla*

V železničním provozu rozeznáváme hnací vozidla (HV) těchto trakcí:

- parní
- motorové
- elektrické.

Podle přívodu energie rozdělujeme hnací vozidla na:

- závislá – vozidla elektrické trakce
- polozávislá – akumulátorová a setrvačníková vozidla
- nezávislá – vozidla parní a motorové trakce.

Bez ohledu na trakci můžeme rozdělit hnací vozidla na:

lokomotivy – určené pro tahání nebo sunutí vlakových souprav

motorové vozy – určené k tahání a sunutí přípojných nemotorových vozů a k přepravě nákladu a cestujících

jednotky – určené k přepravě cestujících a jejich zavazadel.

Podle provozního nasazení rozeznáváme HV pro dopravu osobní, nákladní a HV univerzální.

Podle druhu vlaku to mohou být HV expresní, rychlíková, osobní, příměstská, místní, posunovací, pomocná a pracovní, speciální.

Podle rozchodu rozlišujeme hnací vozidla na:

- HV s normálním rozchodem 1435mm
- HV širokorozchodná (1500, 1520, 1600, 1665, 1674, 1676mm)
- HV úzkorozchodná (600, 760, 900, 914, 950, 1000, 1050, 1067mm).

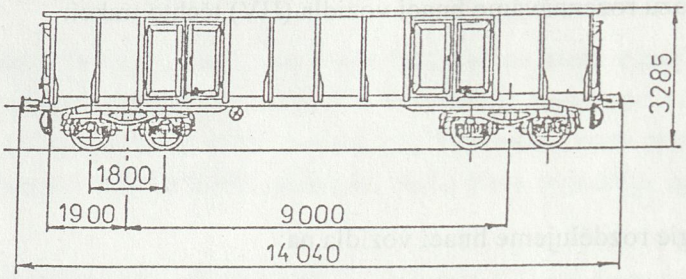
Z konstrukčního hlediska se HV člení na jednodílná, vícedílná a zdvojená, mohou mít uspořádání kapotové nebo skříňové.

Podle umístění stanoviště pro strojvedoucího rozeznáváme HV s čelním jednostranným nebo oboustranným stanovištěm, středním stanovištěm a bočním stanovištěm.

Základním rozlišovacím prvkem HV je konstrukční řešení pojezdu. Podle něho rozeznáváme HV rámová a podvozková. Podvozky mohou být dvou a trojnápravové, případně tzv. kombinované. V této souvislosti lze dělit HV na dvou, troj, čtyř, šesti a vícenápravová.

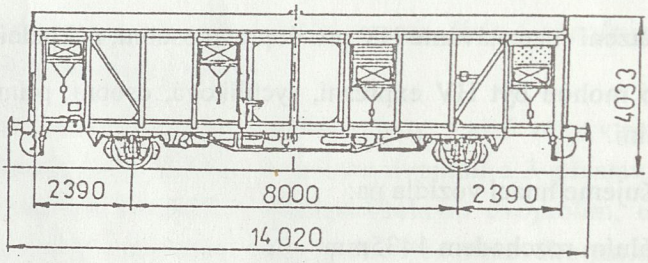
Zvláštní skupinou, kterou v souvislosti s uváděním přehledu železničních vozidel lze přiřadit vzhledem k jejich vlastnímu hnacímu agregátu mezi HV, jsou vozidla určená pro speciální činnosti k zajištění provozu. Jedná se o vozidla pro údržbu pevných drážních zařízení (podbíječky, vozidla pro opravu troleje, sněhové frézy apod.).

Pokud jde o poměrné zastoupení jednotlivých vozidel v parku železničních vozidel u evropských železničních správ (prakticky se neliší), tak je následující: 3% lokomotivy, 1% motorové vozy a jednotky, 7% osobní vozy, 89% nákladní vozy. Pro názornost jsou na následujících obr. 4.2, 4.3, obr. 4.4, 4.5, a obr. 4.6, uvedena některá typická železniční vozidla a napsány jejich stručné charakteristiky.



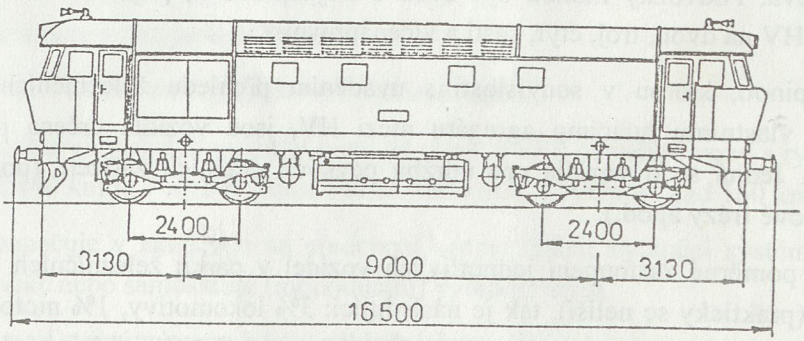
obr. 4.2 – vůz řady Eas

Na obr. 4.2 je 4–nápravový podvozkový otevřený vysokostěnný nákladní vůz řady Eas určený pro přepravu sypkých substrátů, rudy a kusových zásilek. Konstrukce vozu umožňuje vykládku na rotačních i čelních výklopnících. Hmotnost prázdného vozu je 22,5 t, ložná hmotnost 57,5 t. Maximální rychlost jízdy v loženém stavu je 100 km/h, v prázdném stavu 120 km/h.



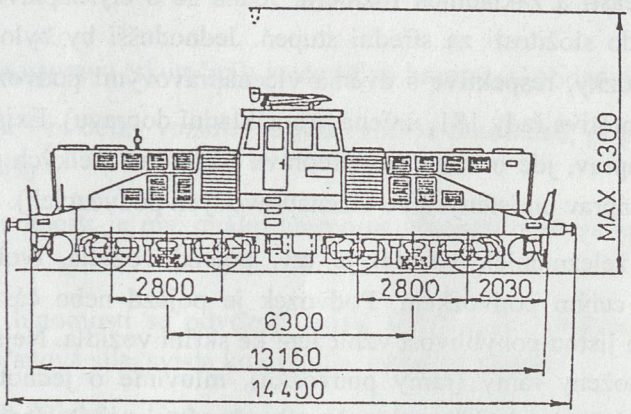
obr. 4.3 – vůz řady Gbqkks

Na obr. 4.3, je 2–nápravový krytý nákladní vůz řady Gbqkks určený pro přepravu nákladů vyžadujících ochranu před povětrnostními vlivy. Hmotnost prázdného vozu je 15,5 t, ložná hmotnost 24,5 t. Ložná plocha vozu je cca 36 m^2, ložný objem cca 100 m^3. Maximální rychlost jízdy v loženém stavu je 100 km/h, v prázdném stavu 120 km/h.



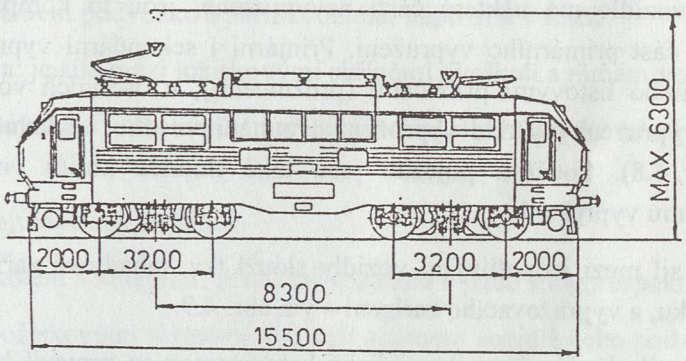
obr. 4.4 – motorová lokomotiva (751)

Na obr. 4.4 je znázorněna traťová motorová lokomotiva řady 751, jejíž pohon představuje vznětový drážní motor K 6S 310 DR o výkonu 1100 kW. Lokomotiva má elektrický přenos výkonu, 4 hnací nápravy, maximální tažnou sílu 180 kN, maximální rychlost 100 km/h, celkovou hmotnost 74 t.



obr. 4.5 – elektrická lokomotiva (110)

Na obr. 4.5 je znázorněna elektrická posunovací lokomotiva řady 110 vyrobená ve Škodě Plzeň. Jedná se o stejnosměrnou lokomotivu pro napětí 3 kV, trvalém výkonu 780 kW, maximální tažné síle 210 kN, maximální rychlosti 80 km/h, celkové hmotnosti 67 t.



obr. 4.6 – elektrická lokomotiva (150)

Na obr. 4.6 je znázorněna elektrická traťová lokomotiva řady 150 vyrobená ve Škodě Plzeň. Je to stejnosměrná lokomotiva pro napětí 3 kV,trvalý výkon 4000 kW, maximální tažná síla 210 kN, maximální rychlost 140 km/h, celková hmotnost 82 t.

Označování hnacích vozidel

Hnací vozidla se u ČD označují sedmimístným číslem. První trojčíslí udává řadové označení, z toho první číslice uvádí o jaké HV se jedná:

1 – elektrické stejnosměrné lokomotivy
2 – elektrické střídavé lokomotivy
3 – elektrické obousystémové lokomotivy
4 – elektrické stejnosměrné motorové jednotky
5 – elektrické střídavé motorové jednotky
7 – motorové lokomotivy
8 – motorové vozy.

Druhá číslice udává řadu HV– viz příklady na obr. 4.4, 4.5, 4.6. Třetí číslice udává bližší řadové označení.

Druhé trojčíslí uvádí inventární číslo daného HV, sedmá číslice je číslicí kontrolní.

4.3 *Základní pojmy o železničním vozidle*

Pod základními pojmy o železničním vozidle si v tomto případě představíme pojmy, týkající se jeho hlavních konstrukčních částí a rozměrů. Na obr. 4.7 je schematicky znázorněno železniční vozidlo s označením nejdůležitějších částí a základních rozměrů. Jedná se o čtyřnápravové podvozkové vozidlo, které můžeme považovat co do složitosti za střední stupeň. Jednodušší by bylo dvounápravové vozidlo, složitější vozidlo s více podvozky, respektive s dvěma vícenápravovými podvozky (např. šestinápravová dvoupodvozková traťová lokomotiva řady 181, určená pro nákladní dopravu). Existují však i vozy poměrně komplikované co do počtu náprav, jde o vozy pro přepravu nadměrně velkých a těžkých nákladů (např. hlubinové vozy, mající až 20 náprav umístěných ve vícenápravových podvozcích).

Velmi důležitou částí železničních vozidel je tzv. pojezd vozidla, tvořený dvojkolím, svislým a příčným vypružením, nebo celým podvozkem. Podvozek je pojezd nebo část pojezdu vyznačující se samostatným rámem, který má jistou pohyblivost vzhledem ke skříní vozidla. Nejsou–li mezi skříní vozidla a jednotlivými dvojkolími vloženy rámy (rámy podvozků), mluvíme o jednotlivých pojezdech. Svislé vypružení bývá jednostupňové (jednoduché) nebo dvoustupňové (dvojité). Jednostupňové vypružení se používá u vozidel, u nichž se během provozu mění ve velkém rozsahu celková hmotnost (nákladní vozy). Dvoustupňové vypružení se používá u hnacích vozidel a u osobních vozů – viz obr. 4.7. První stupeň vypružení (primární vypružení) je vypružení mezi dvojkolím a rámem podvozku. Druhý stupeň vypružení (sekundární vypružení) je vypružení mezi rámem podvozku a skříní vozidla (nástavbou vozidla). Z obr. 4.7 je patrné, že železniční vozidlo má některé části nevypružené, jsou to kompletní dvojkolí s ložisky a ložiskovými skříněmi a část primárního vypružení. Primární i sekundární vypružení může být tvořeno šroubovitými pružinami, nebo listovými pružinami (pružnicemi), u osobních vozů se pro druhý stupeň používá tzv. vzduchové vypružení (příklad vypružení dvounápravového nákladního vozu pomocí listové pružiny je patrný z obr. 4.8). Součástí pojezdu jsou také tlumiče kmitů vozidla, paralelně řazené k primárnímu i sekundárnímu vypružení.

K přenosu tažných sil mezi jednotlivými vozidly slouží tzv. tahadlové zařízení, které se skládá ze šroubovky tahadlového háku, a vypružovacího zařízení – viz obr. 4.9.

K přenosu tlačných sil slouží nárazníky, jejichž kategorizace se provádí buď podle koncové síly, vyvolané pružícím prvkem nárazníku na konci jeho zdvihu (např. 590 kN), nebo podle velikosti akumulované práce v kJ (např. 70 kJ). Nárazníky jsou připevněny na čelnících vozidla v předepsané výšce 1060^{+5}mm nad TK a v předepsané vzdálenosti od sebe 1750 mm.

Obdobně jako u nárazníků, jsou předepsány i další rozměry vozidla (např. rozměry na dvojkolí), některé rozměry jsou určitým způsobem omezeny (např. šířka a výška skříně vozidla). Jiné rozměry jsou sice volitelné (např. rozvor, délka vozu přes nárazníky), ale ani u nich nelze postupovat libovolně, protože souvisí s ostatními rozměry a tato vzájemná vazba musí být při návrhu vozidla respektována.

Skříň vozidla spočívá na podvozku přes otočný prvek, který se nazývá kulová torna (pokud má kulovou plochu) , pokud má tvar ploché desky, nazývá se plochá torna. Ke stabilizaci skříně vozidla vůči podvozku slouží kluznice, které jsou buď vypružené (nemají vůli), nebo nevypružené (mezi dosedacími plochami kluznic a skříně je několikamilimetrová vůle).

Základními pojmy jsou také hmotnostní údaje o vozidle jako např.:

- hmotnost vozidla: je hmotnost prázdného vozidla (u motorové lokomotivy je to hmotnost včetně pohonných hmot, mazadel, vody a písku používaného ke zlepšení adhezních vlastností v kontaktu kol s kolejnicemi)

- hmotnost nákladu (cestujících): je skutečná hmotnost nákladu
- celková hmotnost: je hmotnost, daná součtem hmotnosti vozidla a hmotnosti nákladu
- hmotnost na nápravu (jmenovitá): je část celkové hmotnosti, připadající na jednu nápravu (dvojkolí)
- hmotnost na nápravu (skutečná): je skutečná hmotnost, připadající na jednu nápravu
- hmotnost na 1 m délky vozidla: je část celkové hmotnosti, připadající na 1 m délky vozidla přes nárazníky
- užitečná hmotnost: je maximální hmotnost nákladu (cestujících), kterou může být vozidlo zatíženo.

Od výše uvedených hmotností se odvozují svislé síly vozidla: vlastní tíha vozidla, tíha nákladu, celkové zatížení, svislá nápravová síla, svislá kolová síla, užitečné zatížení.

Vlivem dynamických účinků z jízdy vozidla se projevují svislé dynamické síly, které se přičítají k základním (statickým) silám.

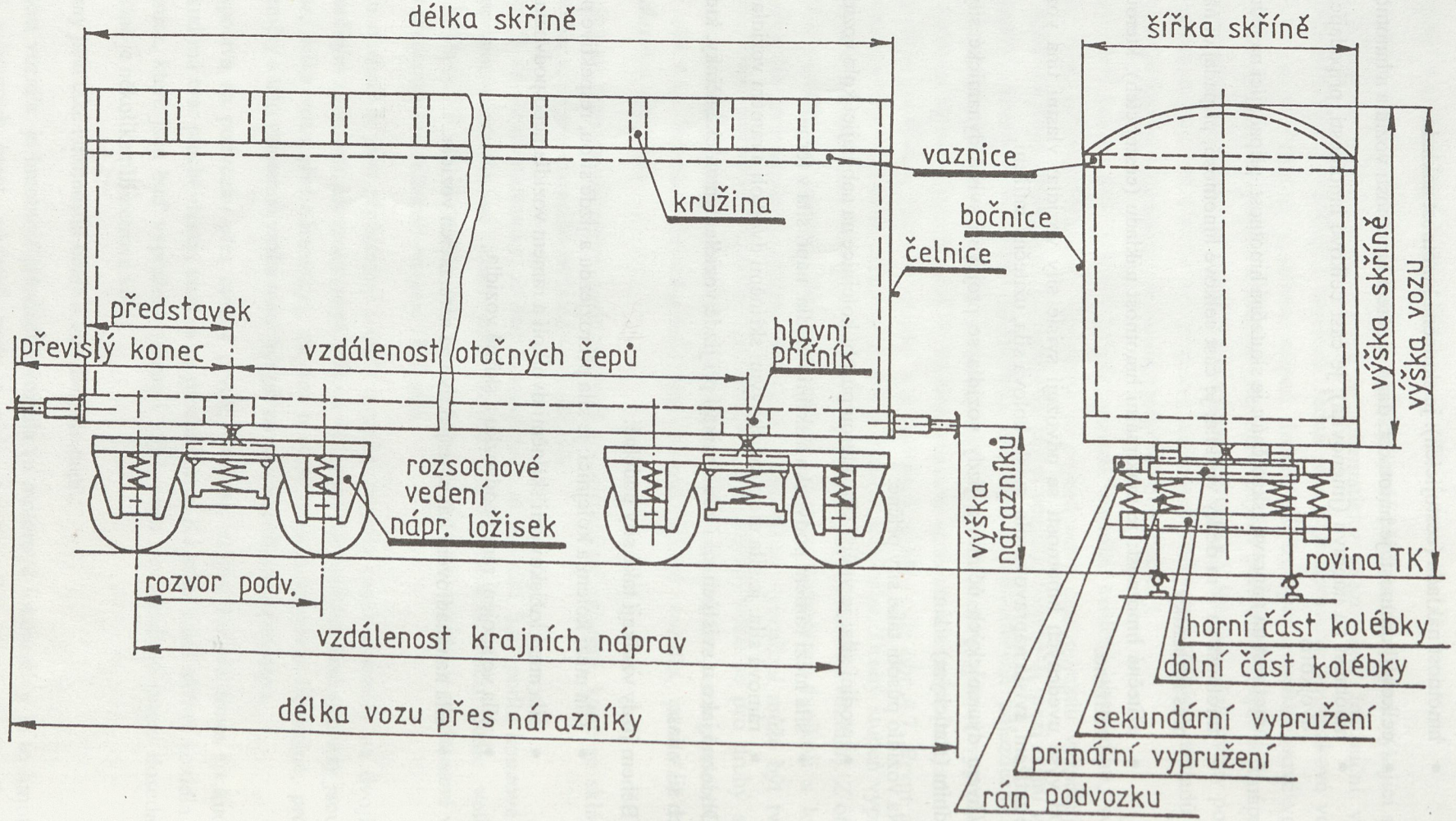
Na vozidlo působí také síly příčné:

- vodicí síla: je vnější síla, kterou působí kolejnice na nabíhající kolo vozidla
- síla mezi rámem podvozku a skříní vozidla: např. síla v torně
- rámová síla: je síla mezi ložiskovými skříněmi dvojkolí a rámem vozidla nebo podvozku.

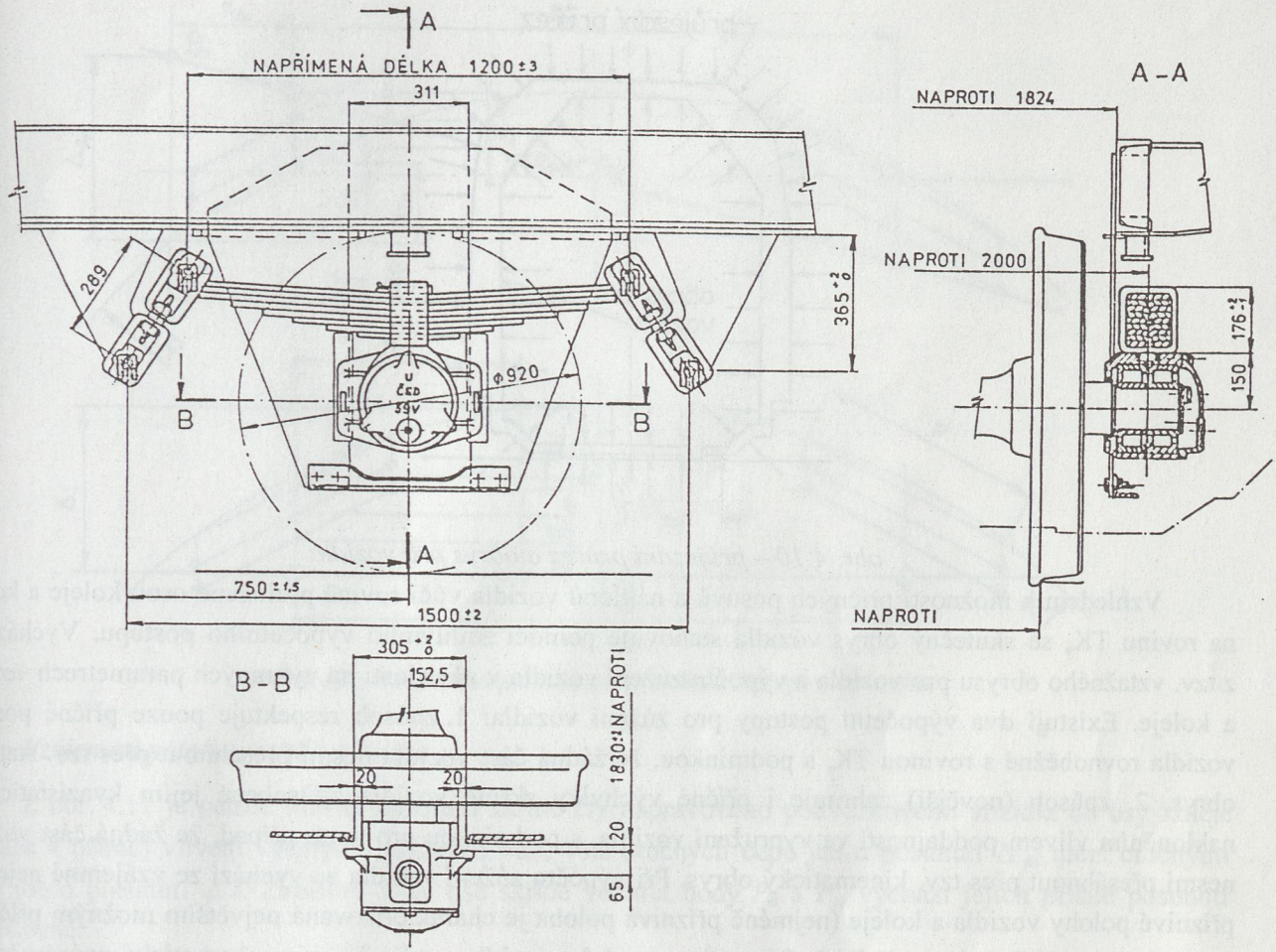
Obdobně jako u svislých sil i zde vznikají při jízdě vozidla dynamické účinky, které způsobují změny příčných sil v čase.

Během jízdy vznikají také síly podélné:

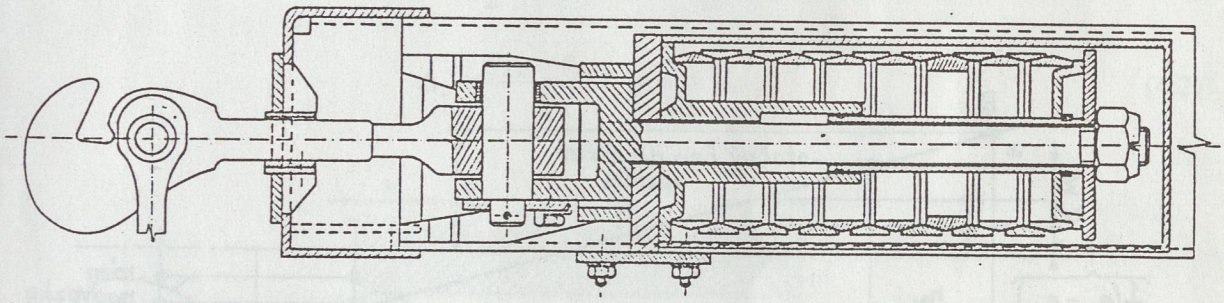
- síla mezi kolem a kolejnicí: je síla při rozjezdu a jízdě silou, respektive při brzdění vozidla
- síla mezi ložiskovými skříněmi dvojkolí a rámem vozidla nebo podvozku
- síla ve spojení rámu podvozku a skříně vozidla
- síla na tahadlovém háku, respektive na nárazníčích vozidla.



obr. 4.7 – schéma železničního vozidla



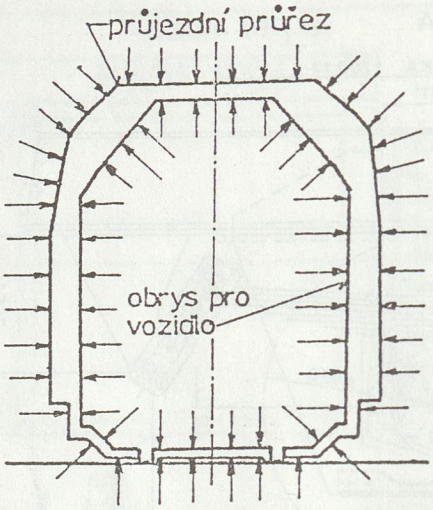
obr. 4.8 – pojezd dvounápravového vozu



obr. 4.9 – tahadlové zařízení

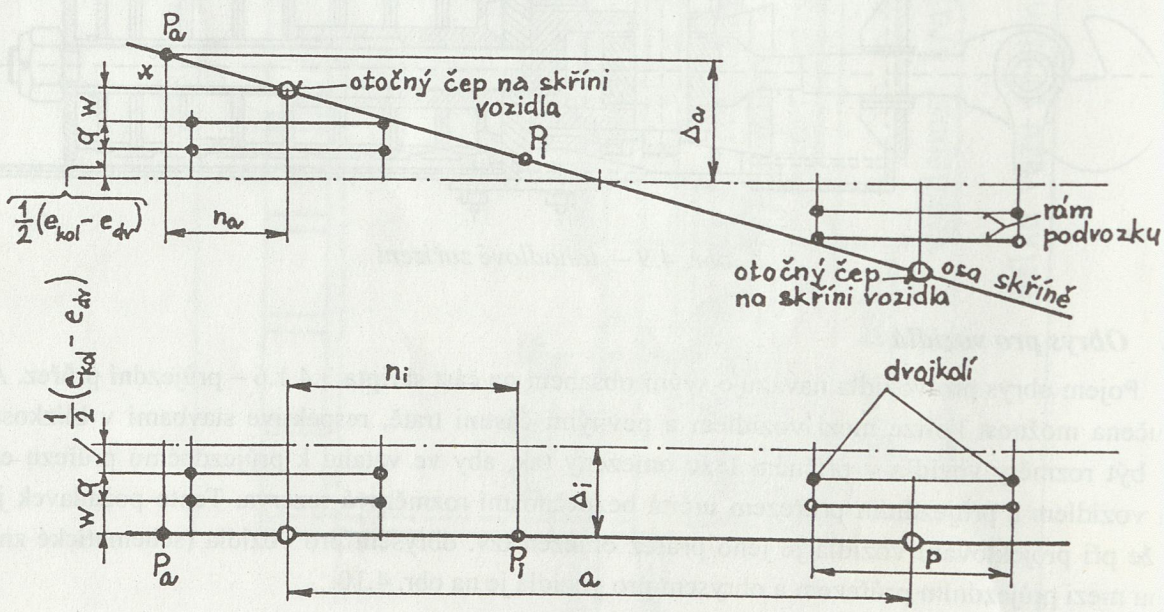
4.3.1 Obrys pro vozidla

Pojem obrys pro vozidla navazuje svým obsahem na část skripta 3.4.1.6 – průjezdní průřez. Aby byla vyloučena možnost kolize mezi vozidlem a pevnými částmi tratě, respektive stavbami v blízkosti koleje, musí být rozměry vozidla v příčném řezu omezeny tak, aby ve vztahu k průjezdnému průřezu existovala mezi vozidlem a průjezdním průřezem určitá bezpečnostní rozměrová rezerva. Tento požadavek je splněn tím, že při projektování vozidla je jeho průřez omezen tzv. obrysem pro vozidla (schematické znázornění vztahu mezi průjezdním průřezem a obrysem pro vozidla je na obr. 4.10.

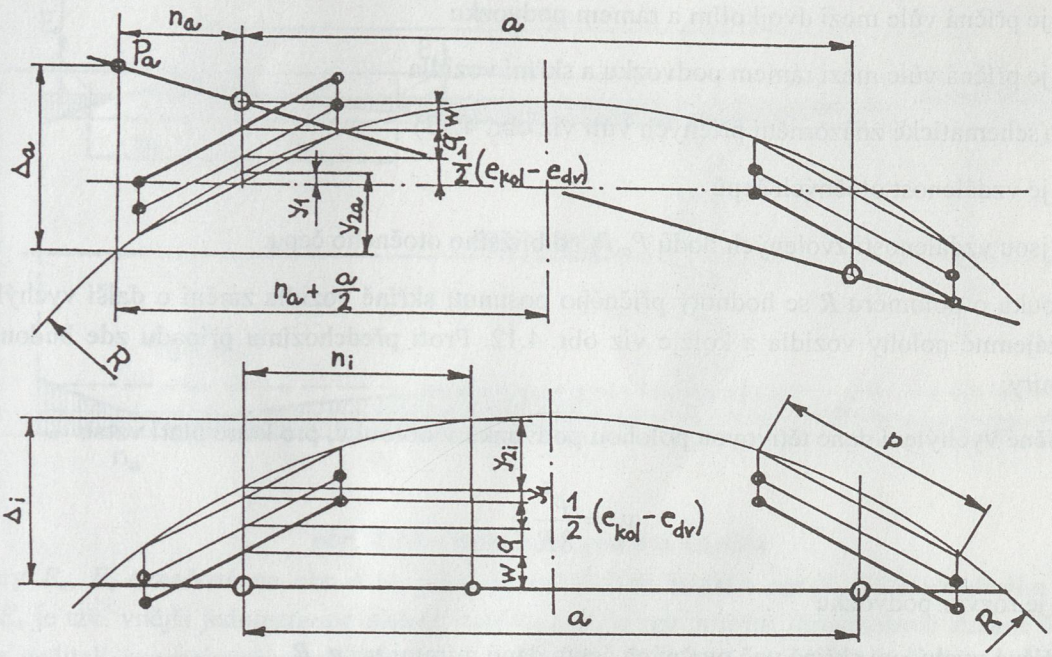


obr. 4.10 – průjezdní průřez a obrys pro vozidla

Vzhledem k možnosti příčných posuvů a náklonů vozidla vůči rovině proložené osou koleje a kolmé na rovinu TK, se skutečný obrys vozidla stanovuje pomocí smluvního výpočetního postupu. Vychází se z tzv. vztažného obrysu pro vozidla a výpočtu zúžení vozidla v závislosti na vybraných parametrech vozidla a koleje. Existují dva výpočetní postupy pro zúžení vozidla: 1. způsob respektuje pouze příčné posuvy vozidla rovnoběžné s rovinou TK, s podmínkou, že žádná část vozidla nesmí přesáhnout přes tzv. statický obrys. 2. způsob (novější) zahrnuje i příčné výchylky skříně vozidla způsobené jejím kvazistatickým nakloněním vlivem poddajnosti ve vypružení vozidla, s podmínkou pro tento případ, že žádná část vozidla nesmí přesáhnout přes tzv. kinematický obrys. Při výpočtu zúžení vozidla se vychází ze vzájemné nejméně příznivé polohy vozidla a koleje (nejméně příznivá poloha je charakterizovaná největším možným příčným vychýlením vozidla od osy koleje). Posuzuje se poloha vozidla v přímé – viz schematické znázornění na obr. 4.11 a v oblouku – viz schematické znázornění na obr. 4.12.



obr. 4.11 – vzájemná poloha os vozidla a koleje v přímé



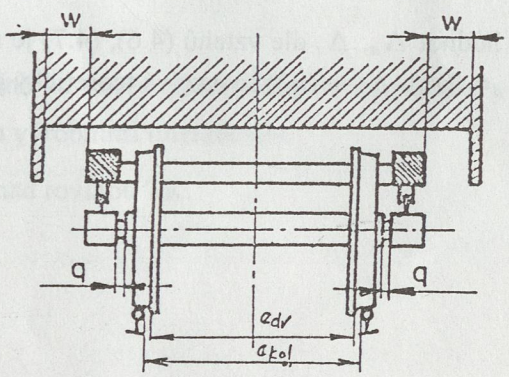
obr. 4.12 – vzájemná poloha os vozidla a koleje v oblouku

Vzájemná poloha vozidla a koleje

Z obr. 4.11 je patrné možné posunutí skříně čtyřnápravového podvozkového vozidla od osy koleje (situace v přímé) vlivem vyčerpání příčných vůlí. Vně otočných čepů jde o posunutí Δ_a, mezi otočnými čepy jde o posunutí Δi. Zvolíme–li na ose skříně vozidla body P_a a P_i, vychází jejich příčné posunutí následovně:

$$\Delta_a = \left(\frac{e_{kol} - e_{dv}}{2} + q + w\right).\frac{2n_a + a}{a} \tag{4.1}$$

$$\Delta_i = \frac{e_{kol} - e_{dv}}{2} + q + w \tag{4.2}$$



obr. 4.13 – příčné vůle

kde e_{kol} je rozchod koleje

e_{dv} je rozchod dvojkolí

q je příčná vůle mezi dvojkolím a rámem podvozku

w je příčná vůle mezi rámem podvozku a skříní vozidla

(schematické znázornění příčných vůlí viz obr. 4.13)

a je vzdálenost otočných čepů

n_a, n_i jsou vzdálenosti zvolených bodů P_a, P_i od bližšího otočného čepu.

V oblouku o poloměru R se hodnoty příčného posunutí skříně vozidla změní o další vychýlení dané geometrií vzájemné polohy vozidla a koleje viz obr. 4.12. Proti předchozímu případu zde budou mít vliv následující míry:

y_1...příčné vychýlení dané tětivovou polohou podvozku v oblouku, pro které platí vztah

$$y_1 = \frac{p^2}{8R} \tag{4.3}$$

kde p je rozvor podvozku

y_{2a}...příčné vychýlení skříně vně otočných čepů, dané mírami n_a, a, R

$$y_{2a} = \frac{a.n_a + n_a^2}{2R} \tag{4.4}$$

y_{2i}...příčné vychýlení skříně mezi otočnými čepy, dané mírami n_i, a, R

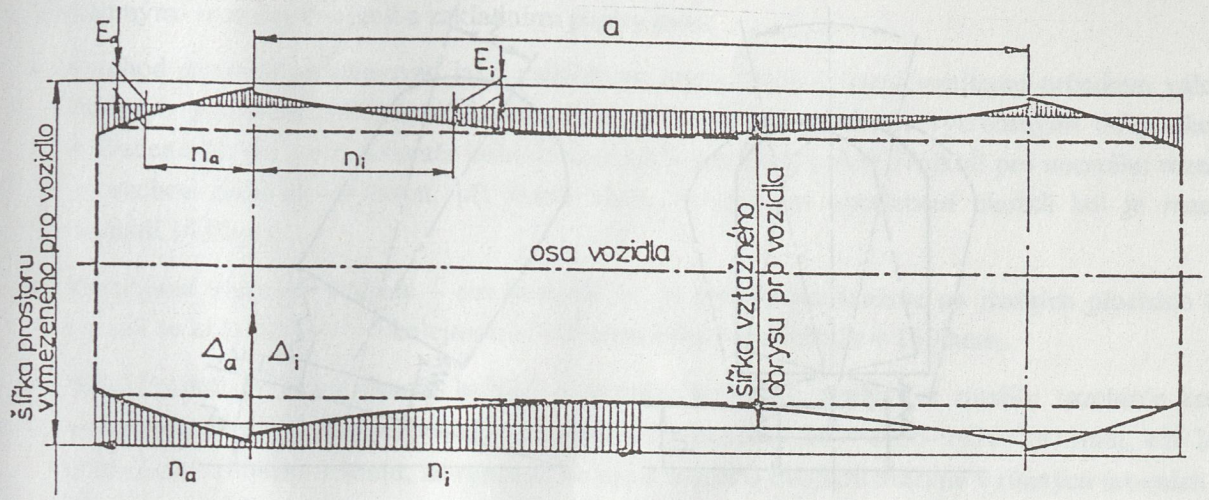
$$y_{2i} = \frac{a.n_i - n_i^2}{2R} \tag{4.5}$$

Pro zvolené body P_a, P_i na ose skříně vozidla pak celková příčná posunutí budou podle vztahů:

$$\Delta_a = -\frac{p^2}{8R} + \frac{a.n_a + n_a^2}{2R} + \left(\frac{e_{kol} - e_{dv}}{2} + q + w\right).\frac{2n_a + a}{a} \tag{4.6}$$

$$\Delta_i = \frac{p^2}{8R} + \frac{a.n_i - n_i^2}{2R} + \frac{e_{kol} - e_{dv}}{2} + q + w \tag{4.7}$$

Grafické znázornění průběhu hodnot Δ_a, Δ_i dle vztahů (4.6), (4.7) je na obr. 4.14. Obrazec, který je takto vytvořen (funkční závislosti $\Delta_a = f(n_a)$, $\Delta_i = f(n_i)$) se nazývá teoretický půdorys vozidla.



obr. 4.14 – teoretický půdorys vozidla

Míry E_a, E_i označené na obr. 4.14, jsou zúžení skříně vozidla oproti šířce vztažného obrysu pro vozidla. E_a je tzv. vnější jednostranné zúžení vozidla a E_i je tzv. vnitřní jednostranné zúžení vozidla. Obě zúžení se počítají pro nejnepříznivější postavení vozidla v oblouku o poloměru R=250m a platí pro ně v případě statického vztažného obrysu pro vozidla vztahy:

$$E_a = \Delta_a - k \tag{4.8}$$

$$E_i = \Delta_i - k \tag{4.9}$$

kde k je míra, o níž může libovolná část vozidla přesahovat vztažný obrys pro vozidla:

k = 0,075m pro části vozidla, nacházející se 430mm a výše nad rovinou TK

k = 0,025m pro části vozidla, nacházející se níže než 430mm nad rovinou TK.

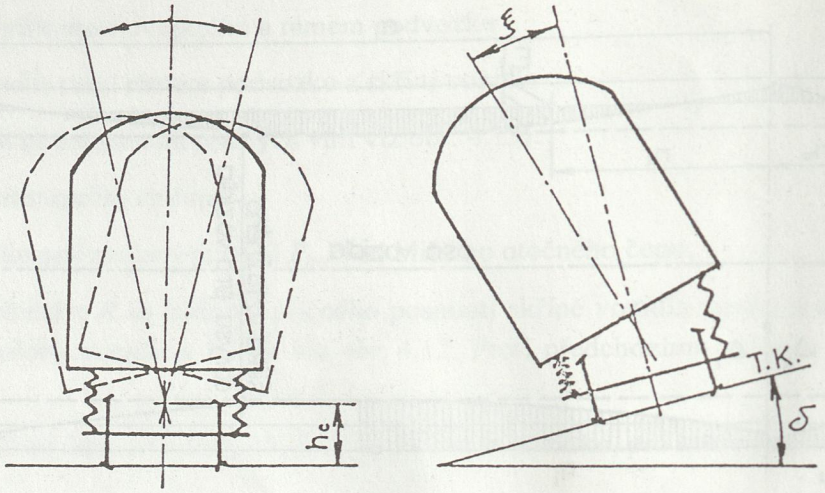
Při výpočtu zúžení ve vztahu ke kinematickému obrysu pro vozidla se uplatní ještě veličiny souvisící s nakloněním skříně vozidla – viz obr. 4.15:

s_z...součinitel náklonu

$$s_Z = \frac{\xi}{\delta} \tag{4.10}$$

η_0 ...úhel naklonění skříně na nepřevýšené koleji v důsledku asymetrie způsobené nerovnoměrným rozložením hmot a výrobními tolerancemi

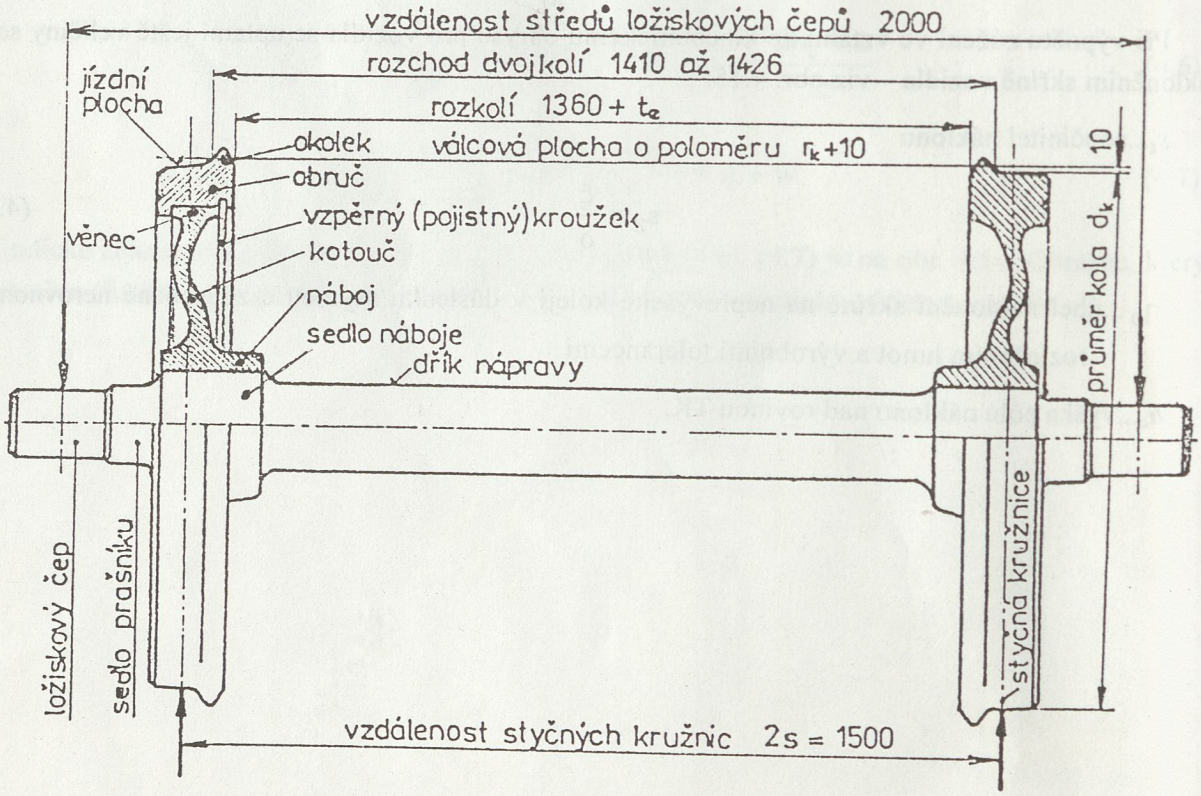
h_c...výška pólu náklonu nad rovinou TK.



obr. 4.15 – veličiny souvisící s výpočtem zúžení

4.4 Dvojkolí

Dvojkolí (obr. 4.16) zajišťuje styk železničního vozidla s kolejí. V běžném provedení se skládá z nápravy a dvou nalisovaných kol. Náprava je válcová, většinou plného průřezu. Jednotlivé základní části nápravy jsou dřík nápravy, sedlo náboje, sedlo prašníku, ložiskový čep. Kola dvojkolí jsou buď obručová – viz znázornění v levé části obr. 4.16, nebo celistvá (tzv. monobloky) – viz znázornění v pravé části obr. 4.16. Kola jsou na nápravu nalisována za studena lisovací silou, odpovídající přesahu sedla náboje nápravy proti náboji kola (pro celistvé kolo a obručové kolo s již nataženou obručí se volí přesah $p = (1{,}6 \text{ až } 1{,}8).10^{-3}.D_n$, kde D_n je vnitřní průměr náboje kola). Obručové kolo se skládá ze tří samostatných dílů: kotouče s nábojem a věncem, obruče, vzpěrného kroužku. Obruč se na věnec kola natahuje po ohřátí na 200 až 250°C.



obr. 4.16 – dvojkolí

Významnými rozměry dvojkolí a zakladními pojmy jsou:

- Rozchod dvojkolí je definován jako vzdálenost rovin kružnic, které vzniknou průnikem válcové plochy o poloměru r_k+10mm (viz obr. 4.16) s rotačními plochami vytvořenými boky okolků. V uvedené definici je r_k poloměr kola. U nového (neopotřebeného) dvojkolí pro normální rozchod je rozchod dvojkolí 1426mm, při maximálním dovoleném opotřebení okolků kol je rozchod dvojkolí 1410mm.

- Vzdálenost styčných kružnic – označovaná *2s*, je vzdálenost kružnic na jízdních plochách kol, v nichž se kola odvalují po kolejnicích. U normálního rozchodu *2s* = 1500mm.

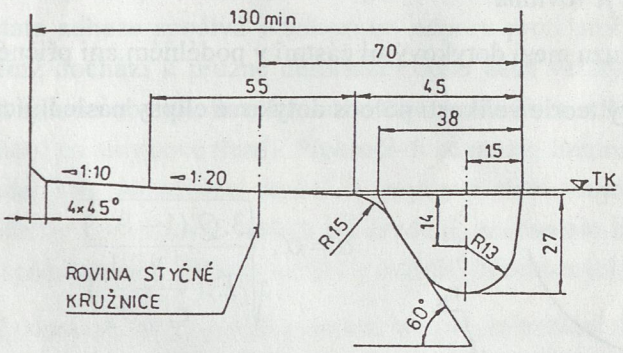
- Vůle dvojkolí v koleji (kanál koleje) – označovaná 2σ, vyplývá z rozdílu rozchodu koleje a rozchodu dvojkolí. Pro neopotřebené dvojkolí má hodnotu 2σ =1435–1426+2=11mm, kde 2mm přidáváme vzhledem k tomu, že rozchod koleje a rozchod dvojkolí měříme v různých úrovních nad TK.

- Rozkolí je vzdálenost vnitřních čel kol dvojkolí. Jmenovitá hodnota rozkolí je 1360mm. Výrobní tolerance rozkolí $t_e=^{+2}_{-0}$ mm pro dvojkolí s vnějšími nápravovými ložisky a $t_e=^{+1}_{-3}$ mm pro dvojkolí s vnitřními ložisky. Hodnota rozkolí měřená v průběhu provozu nesmí překročit hodnotu 1360^{+3}_{-3} mm.

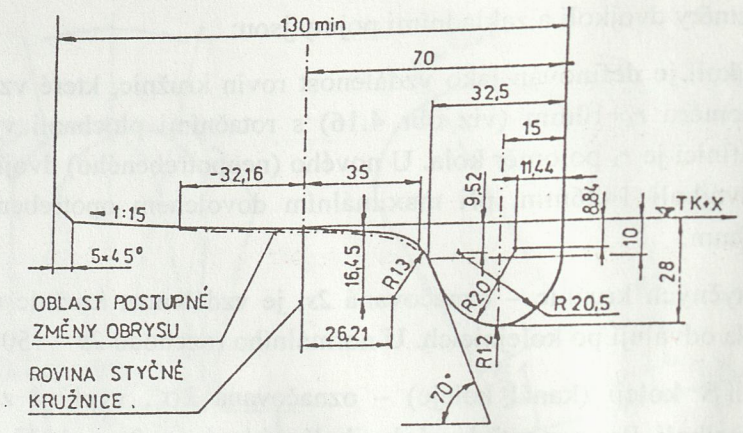
- Jízdní obrys (profil) železničního kola je tvar radiálního řezu jízdní plochy kola. V minulosti se používal jízdní obrys kuželový (viz obr. 4.17), u něhož byla jízdní plocha tvořena kuželovými plochami se sklonem 1:20 a 1:10. Dnes se používá jízdní obrys UIC–ORE (viz obr. 4.18), který našel široké uplatnění zejména ze dvou důvodů:

  a) vozidla s tímto jízdním obrysem mají v důsledku většího úhlu okolku $\beta = 70^{O}$ větší bezpečnost proti vykolejení,

  b) opotřebení tohoto jízdního obrysu na kolejích se sklonem 1:40 je v porovnání s kuželovým jízdním obrysem nižší, takže dochází k úspoře materiálu a vynaložené práce na obnovování obrysu.



obr. 4.17 – kuželový jízdní obrys



obr. 4.18 – jízdní obrys UIC–ORE

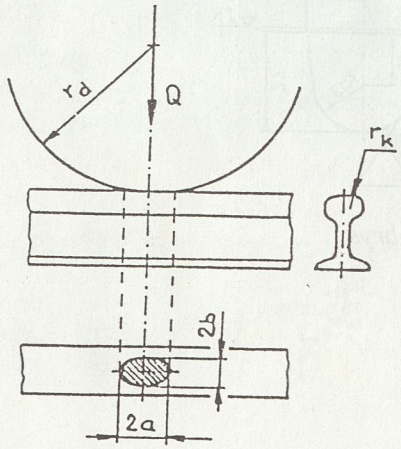
Jízdní obrys UIC–ORE je charakteristický tím, že jeho křivka jízdní plochy (na obr. 4.18 znázorněná čerchovaně) je dána matematickým výrazem devátého stupně zjištěným experimentálně jako výsledek řady měření.

4.5 *Styk kola s kolejnicí*

Zjednodušeně můžeme styk železničního kola s kolejnicí považovat za styk dvou válcových ploch. Jednu válcovou plochu představuje povrch hlavy kolejnice s poloměrem r_k = 300mm, druhou válcovou plochu (ve skutečnosti kuželovou) představuje jízdní obrys kola o běžné hodnotě poloměru r_d = 460 až 625mm. Tyto dva mimoběžné válce se stýkají v plošce, která má vzhledem k rozdílným poloměrům tvar elipsy – viz obr. 4.19. Za předpokladu, že platí pravidla:

- materiál dotykových těles je homogenní a izotropní
- materiál vykazuje elastické vlastnosti
- deformace a napětí materiálu jsou místně ohraničené
- dotyková plocha je vzhledem k povrchu malá
- dotyková plocha je rovinná
- nedochází ke skluzu mezi dotykovými částmi v podélném ani příčném směru,

lze vyjádřit podle Hertzovy teorie velikosti poloos dotykové elipsy následujícími výrazy



$$a = \alpha . \sqrt{\frac{3.Q.(1-\vartheta^2)}{E.(\frac{1}{r_d}+\frac{1}{r_k})}} \qquad (4.11)$$

$$b = \beta . \sqrt{\frac{3.Q.(1-\vartheta^2)}{E.(\frac{1}{r_d}+\frac{1}{r_k})}} \qquad (4.12)$$

obr. 4.19 – eliptická plocha

kde Q je svislá kolová síla

E je modul pružnosti materiálu

ϑ je Poissonovo číslo

r_d, r_k jsou poloměry kola a kolejnice.

Součinitelé α a β se udávají tabelárně (viz Tab. 4.2) a závisí na výrazu

$$\cos\delta = \frac{r_d - r_k}{r_d + r_k} \tag{4.13}$$

respektive

$$\delta = \arccos\frac{r_d - r_k}{r_d + r_k} \tag{4.14}$$

δ	r_d/r_k	α	β
60°	3,000	1,486	0,717
65	2,464	1,378	0,759
70	2,040	1,284	0,802
75	1,698	1,202	0,846
80	1,420	1,128	0,893
85	1,191	1,061	0,944
90	1,000	1,000	1,000

Tab. 4.2 – součinitelé α, β

4.6 Adheze

Adheze se definuje jako schopnost přenášet stykovou plochou mezi kolem a kolejnicí tečné síly (např. tažné nebo brzdné síly). Podstata adheze spočívá v adhezním odporu proti prokluzu ve stykové ploše při valení kola po kolejnici, přičemž dochází k pružné deformaci obou částí ve styčné ploše a k nepatrnému jejich skluzu. Překročí–li tažná síla na obvodu hnacích kol určitou mez (mez adheze), dojde k prokluzu kol (adheze se v tom okamžiku změní na smykové tření). Překročí–li se mezní brzdná síla, nastane smyk kol po kolejnicích. U každého případu, kdy se adheze změní v smykové tření, dojde k podstatnému poklesu přenášených tečných sil. Jestliže by tato situace nastala při brzdění, znamenalo by to ohrožení bezpečnosti provozu a další negativa s tím spojená (např. poškození kol v podobě obroušených plochých míst na kolech).

Jak naznačuje předchozí odstavec, problematika adheze má pro železniční dopravu podstatný význam, a proto v minulosti i nyní je adhezi věnována patřičná pozornost ve výzkumu, vývoji i provozu vozidel. V současné době se hlavní úsilí věnuje otázce instalování co největšího výkonu na jednu nápravu hnacího vozidla (dnes už to je např. u elektrických lokomotiv více jak 1000 kW).

Adhezi charakterizuje součinitel adheze φ_a , který je definován jako poměr mezi největší adhezní silou kola a svislou kolovou silou

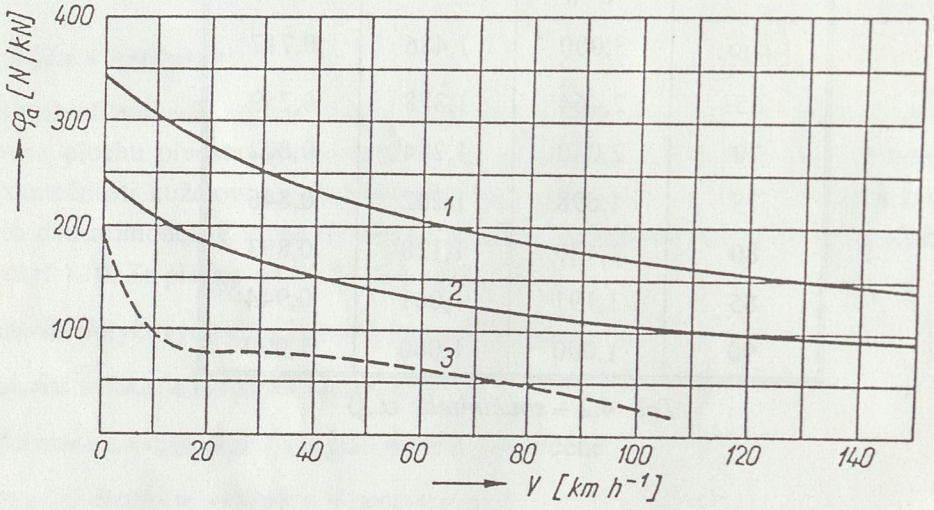
$$\varphi_a = \frac{F_{t\max}}{Q} \tag{4.15}$$

Poměr mezi momentální tažnou silou a svislou kolovou silou je tzv. adhezní poměr μ, vyjádřený vztahem

$$\mu = \frac{F_t}{Q} \tag{4.16}$$

Nemá–li dojít k prokluzu, musí být stále $\mu \leq \varphi_a$. Velikost součinitele adheze závisí na následujících parametrech a okolnostech:

- jakosti materiálu kol a kolejnic
- rychlosti jízdy vozidla
- stavu jízdních ploch kol a kolejnic (viz obr. 4.20).



obr. 4.20 – průběh součinitele adheze

1 – součinitel adheze na suché koleji

2 – součinitel adheze na mokré koleji

3 – součinitel smykového tření za sucha.

4.7 Trakční odpory

Proti tažné síle působí při jízdě vozidel odporové síly, které jsou způsobeny tratí (traťové odpory) a samotnými vozidly (vozidlové odpory). Tyto odporové síly, zkráceně odpory, musí být překonávány vynaložením trakčního výkonu hnacích vozidel a proto je souhrnně nazýváme trakčními odpory.

Trakční odpory se označují symbolem O_i, kde index i vyjadřuje příslušný druh odporu. Při výpočtech trakční mechaniky se více pracuje s poměrnými veličinami trakčních odporů, které nazýváme měrné trakční odpory a označujeme je o_i. Pro měrné trakční odpory platí vztah

$$o_i = \frac{O_i}{G} \quad \left[\frac{N}{kN}\right] \tag{4.17}$$

kde $G = M.g$ je tíhová síla vozidla (vozidel ve vlaku)

M je hmotnost vozidla (vozidel ve vlaku)

g je gravitační zrychlení.

Rozdělení trakčních odporů je následující:

- traťové odpory: – odpor ze sklonu tratě
  – odpor v oblouku tratě
  – odpor v tunelu
- vozidlové odpory: – jízdní odpory vozidla
  – odpory ze setrvačnosti vozidla.

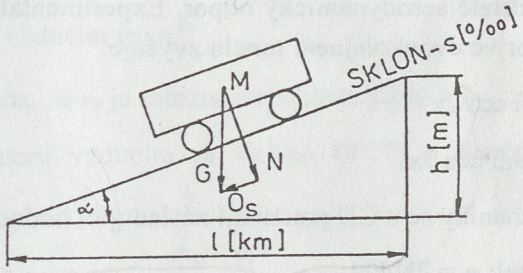
4.7.1 Traťové odpory

Odpor ze sklonu tratě – působí na vozidlo, když se toto vozidlo (vlak) pohybuje do stoupání tratě (viz schematické zobrazení na obr. 4.21). Z obr. 4.21 je možné napsat vztah pro odpor ze sklonu

$$O_s = G.1000.\sin\alpha \quad [\mathrm{N; kN}] \tag{4.18}$$

pro malé úhly lze psát

$$O_s = G.1000.\mathrm{tg}\,\alpha \tag{4.19}$$



obr. 4.21 – odpor ze sklonu tratě

Protože sklon s je udáván v promilích, platí vztah

$$\frac{s}{1000} = \frac{h}{l} = tg\alpha \tag{4.20}$$

Po dosazení (4.20) do (4.19) dostaneme výsledný vztah

$$O_s = G.s \tag{4.21}$$

Z porovnání vztahů (4.21) a (4.17) je zřejmé, že měrný odpor ze stoupání se číselně přímo rovná stoupání s podle vztahu

$$o_s = \frac{O_s}{G} = s \tag{4.22}$$

Odpor v oblouku tratě – je výslednicí všech pasivních sil, které působí při průjezdu vozidla (vlaku) obloukem proti směru jeho pohybu. Jsou to:

- síly z tření mezi jízdními plochami kol a kolejnicemi
- síly z tření mezi okolky kol a kolejnicemi
- síla působící změnu směru pohybu vozidla.

Velikost odporu v oblouku závisí na:

- velikosti poloměru oblouku
- rozchodu koleje
- převýšení oblouku a geometrii koleje
- vlastní konstrukci vozidla (rozvor, počet a uložení dvojkolí, velikost poloměru kol, stav jízdních ploch kol)
- hmotnosti vozidla
- rychlosti jízdy.

Z uvedeného výčtu vyplývá, že teoretické odvození odporu v oblouku by bylo vzhledem k různorodosti podmínek výpočtu nespolehlivé, a proto se v praxi stanovuje tento odpor podle empirických vzorců sestavených na základě experimentálních měření. Pro koleje s normálním rozchodem se nejčastěji používá vztah vyjadřující měrný odpor v oblouku

$$o_r = \frac{500}{r - 30} \quad , \text{ kde } r \text{ je poloměr oblouku.} \tag{4.23}$$

Odpor v tunelu – je v podstatě aerodynamický odpor. Experimentálně bylo ověřeno, že při rychlosti jízdy do 120 km/h se jízdní odpor ve dvoukolejném tunelu zvyšuje:

- u osobních vlaků cca 2x
- u nákladních vlaků cca 3x.

Při výpočtech trakční mechaniky se u ČD používají následující hodnoty měrných odporů v tunelu:

- jednokolejný tunel: o_t = 2N/kN
- dvoukolejný tunel: o_t = 1N/kN.

4.7.2 Vozidlové odpory

4.7.2.1 Jízdní odpor vozidla

Jízdní odpor vozidla je způsoben hlavně valivým třením mezi koly vozidla a kolejnicemi, třením čepů náprav v ložiscích a při vyšších rychlostech odporem vzduchu.

Valivé tření mezi koly a kolejnicemi – vzniká pružnými deformacemi kol a kolejnic. Měrný odpor o_v je závislý na rychlosti jízdy, materiálu kol a kolejnic, stavu styčných ploch a stavu koleje (tuhost železničního svršku, geometrie koleje). Při dobrém stavu koleje je o_v = 0,3 až 0,5 N/kN. Pro výpočet lze o_v vyjádřit vztahem

$$o_v = b.V \tag{4.24}$$

kde b je konstanta

V je rychlost jízdy.

Tření čepů náprav v ložiscích – způsobuje ztráty, které vyjádřeny měrným odporem o_t dosahují hodnot o_t = 0,1 až 0,3 N/kN. Hodnota o_t se při ustáleném pohybu vozidla nemění, pro výpočet lze uvažovat se vztahem

$$o_t = a \tag{4.25}$$

kde a je konstanta.

Součet měrných odporů o_v a o_t je základní měrný jízdní odpor

$$o_z = o_v + o_t \tag{4.26}$$

Odpor vzduchu – zahrnuje tlak na čelní stěnu vozidla, tření vzduchu o boční stěny a sání (podtlak) při zadní stěně vozidla. Zavisí na tvaru vozidla, rychlosti jízdy a rychlosti proudícího vzduchu. Vzhledem k složitým tvarům železničních vozidel se odpor vzduchu nedá teoreticky vypočítat, zjišťuje se experimentálně v laboratorních tunelech. Pro praktické stanovení odporu vzduchu byl stanoven empirický vzorec

$$O_{vz} = \frac{1}{2} c_x . \rho . S . v_r^2 \tag{4.27}$$

kde c_x je součinitel tvaru čela vozidla

ρ je měrná hustota vzduchu [kg.m^{-3}]

S je čelní plocha vozidla [m^2]

v_r je rychlost obtékání vzduchu [m.s^{-1}]

(běžně se předpokládá, že v_r je totožná s rychlostí jízdy V).

Vyjádřením měrného odporu vzduchu ze vztahu (4.27) a sloučením dílčích konstant do jedné konstanty c, dostaneme vztah

$$o_{vz} = c . V^2 \tag{4.28}$$

Součtem všech tří složek dostaneme pro celkový měrný jízdní odpor vztah

$$o_o = o_v + o_t + o_{vz} \tag{4.29}$$

a po dosazení z (4.25), (4.24) a (4.28) do (4.29) obdržíme obecný vztah pro celkový měrný jízdní odpor

$$o_o = a + b . V + c . V^2 \tag{4.30}$$

4.7.2.2 Odpor ze setrvačnosti vozidla

Odpor ze setrvačnosti vozidla je dán setrvačnými silami, které musíme překonat, když uvádíme vozidlo (vlak) do pohybu a když chceme jeho pohyb urychlit. Skládá se ze dvou částí:

- odporu ze setrvačnosti hmoty vozidla proti posuvu
- odporu ze setrvačnosti rotačních hmot vozidla proti rotaci.

4.8 *Tažná síla hnacího vozidla*

Podle místa, kde tažnou sílu měříme, rozlišujeme tyto tažné síly:

- tažná síla na obvodu hnacích kol F_t (je to součet všech dílčích tažných sil na jednotlivých kolech)
- tažná síla na tahadlovém háku F_h
- tažná síla hnacího motoru (hnacích motorů) F_i.

Tažná síla na tahadlovém háku F_h je menší než tažná síla na obvodu kol, a to o sílu, která se spotřebuje na překonání odporu valení a odporu vzduchu. Podobně tažná síla na obvodu hnacích kol je menší než tažná síla hnacích motorů, a to o sílu, která se vyčerpá na eliminaci ztrát v zařízení, přenášejícím tažnou sílu z motorů na dvojkolí.

Při rovnoměrném pohybu vozidla (vlaku) je tažná síla na obvodu kol v rovnováze s trakčními odpory, takže pro tažnou sílu na obvodu kol platí vztah

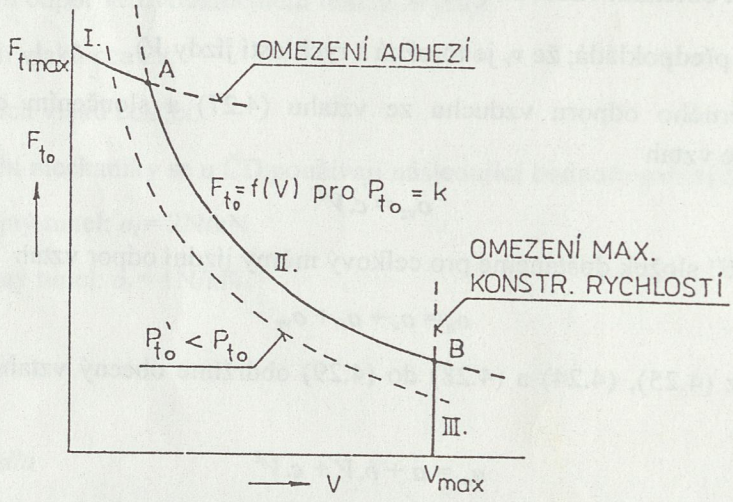
$$F_t = G_L .(o_{oL} + o_{rL} + o_s) + G_v .(o_{oV} + o_{rV} + o_s) \qquad (4.31)$$

kde G_L je tíhová síla lokomotivy [kN]

G_V je tíhová síla všech vozů vlaku [kN]

výrazy v závorkách jsou měrné trakční odpory lokomotivy, respektive všech vozů vlaku.

$$F_t \cdot V = \text{konst.}$$



obr. 4.22 – ideální trakční hyperbola

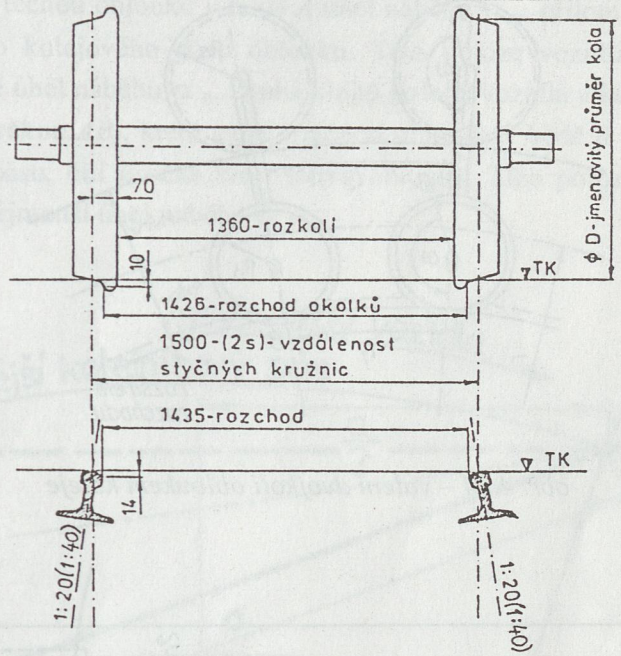
Podle charakteristiky tažné síly F_t v závislosti na rychlosti jízdy V posuzujeme schopnost hnacího vozidla pro trakci. Nejvhodnější hnací vozidlo, v tomto ohledu, by mělo zmíněnou charakteristiku shodnou s ideální trakční hyperbolou, pro kterou platí vztah

$$F_t .V = \text{konst.} \qquad (4.32)$$

V grafickém zobrazení tento vztah představuje rovnoosou hyperbolu – viz obr. 4.22, která je v horní části omezena adhezí (tažnou silou na mezi adheze) a v dolní části maximální rychlostí jízdy.

4.9 *Jízda vozidla v přímé koleji*

Působením kuželovitosti jízdních ploch dvojkolí (viz obr. 4.18) a sklonu kolejnic (viz obr. 4.23) se vozidlo, jedoucí po přímé koleji, dostřeďuje do osy koleje. Tento princip zabraňuje trvalému jednostrannému nabíhání dvojkolí vozidla na jednu kolejnici a tím snižuje míru opotřebení jízdních ploch kol a kolejnic.



obr. 4.23 – znázornění vztahů mezi dvojkolím a kolejí

Za ideálních podmínek (neopotřebené dvojkolí ani kolej) by se dvojkolí valilo po koleji tak, že tento pohyb si lze představit jako valení dvou kuželů spojených nápravou po dvou břitech (temenech kolejnic). Působením rozdílných průměrů kol v šířce obrysu jízdních ploch kol by se vytvářel periodický příčný pohyb dvojkolí se sinusovým průběhem. Dá se odvodit, že délka vlny tohoto pohybu je

$$l = 2\pi . \sqrt{\frac{R.s}{\gamma}} \qquad [\mathrm{m}] \qquad (4.33)$$

kde R je poloměr kola

s je polovina vzdálenosti styčných kružnic

γ je úkos jízdních ploch kol.

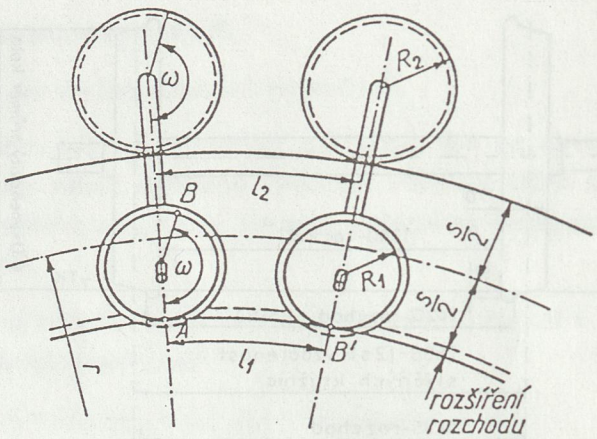
Podle geometricky odvozeného vztahu (4.33) by např. pro R=0,5m, γ =1: 20 a $2s$=1,5m vyšla délka vlny 17,2m. Protože však proti sinusovému pohybu dvojkolí působí řada vlivů (gyroskopický moment roztočeného dvojkolí, vratné síly v závěsech vypružení, odchylky v geometrii koleje), je skutečný příčný pohyb dvojkolí složitější otázkou, než bylo výše naznačeno.

4.10 *Jízda vozidla v oblouku*

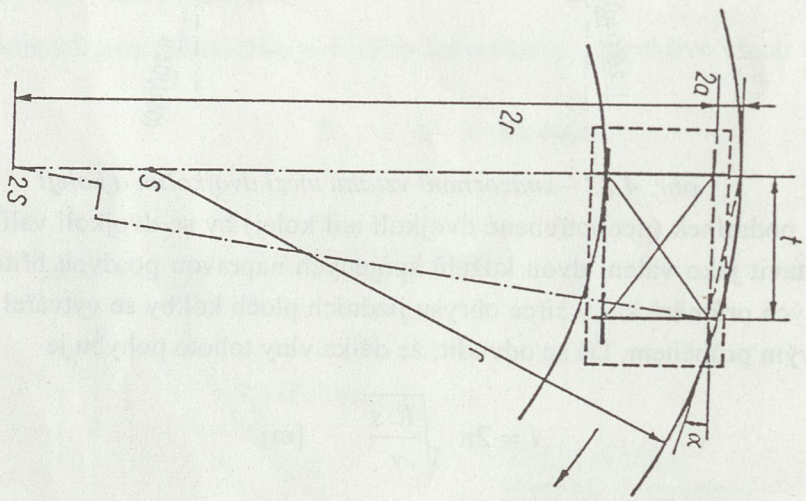
Pevně nalisovaná kola na nápravě společně s kuželovitostí jízdních ploch kol způsobují, že dvojkolí má možnost stavět se při průjezdu obloukem radiálně. Přitom ve směru příčném na podélnou osu koleje má tendenci zaujmout takovou polohu, aby poloměry oběžných kružnic vnitřního a vnějšího kola byly v poměru k ujetým dráhám na vnitřním a vnějším kolejnicovém pásu – viz obr. 4.24. Platí vztah

$$l_1 : l_2 = \omega R_1 : \omega R_2 \qquad (4.34)$$

Obě kola se otáčejí stejnou úhlovou rychlostí ω, příčné nastavení dvojkolí je umožněno vůlí mezi rozchodem koleje a rozchodem dvojkolí (v obloucích o malých poloměrech $R < 300$m se z tohoto důvodu provádí rozšíření rozchodu).



obr. 4.24 – valení dvojkolí obloukem koleje



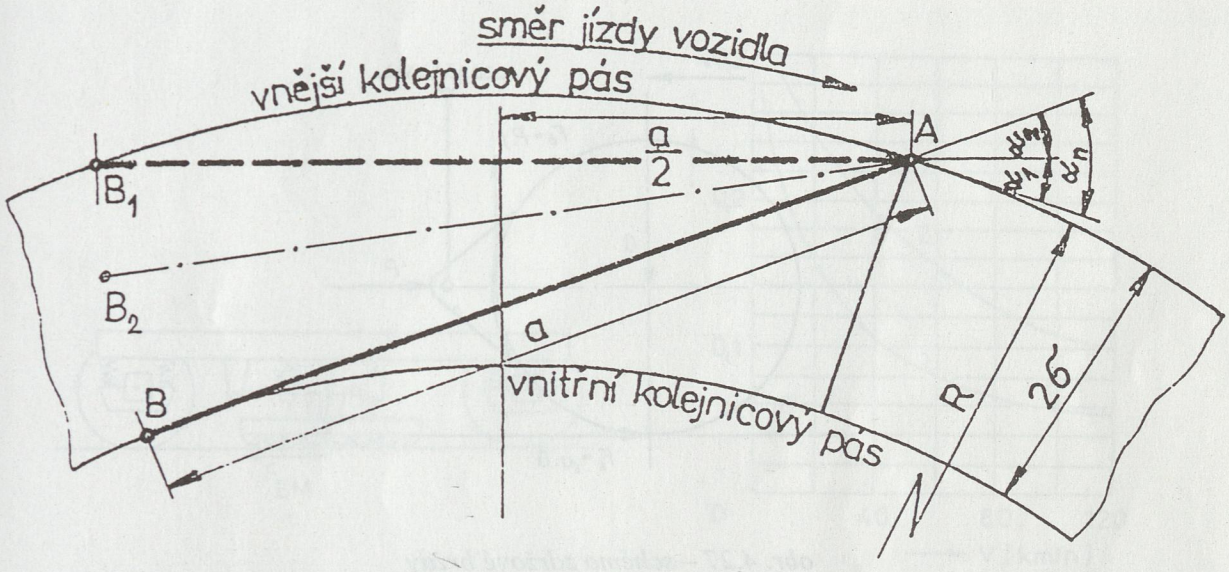
obr. 4.25 – poloha dvounápravového vozu v oblouku

K objasnění dalších základních údajů je na obr. 4.25 znázorněna poloha dvounápravového vozidla v koleji při průjezdu obloukem. Z obrázku je patrné, že rovina styčné kružnice předního (nabíhajícího) dvojkolí svírá s tečnou vedenou v bodě dotyku k oblouku vnějšího kolejnicového pásu uhel α , který se nazývá úhel náběhu. Velikost tohoto úhlu závisí na velikosti poloměru oblouku, na velikosti poloměru kola, na rozvoru vozu a na velikosti příčné vůle mezi dvojkolím a kolejí. Čím větší je úhel náběhu α , tím větší jsou trakční odpor, opotřebení kol a kolejnic a vyšší je nebezpečí vykolejení.

Pro dané parametry koleje je velikost úhlu náběhu záležitostí konstrukčního řešení pojezdu vozidla. Snahou je, aby při průjezdu vozidla obloukem mohla dvojkolí zaujmout pokud možno radiální polohu. Je tedy zapotřebí, aby dvojkolí měla dostatečné podélné i příčné vůle ve vedení vůči rámu vozu – viz obr. 4.8 a optimální míru rozvoru, což souvisí se stavbou podvozkových vozidel.

Z hlediska čistě geometrického může dvounápravové vozidlo zaujmout v koleji při průjezdu obloukem tři základní polohy, které se dají popsat následujícím zjednodušeným způsobem. Jak bylo již výše uvedeno rozdíl mezi rozchodem koleje a rozchodem dvojkolí je šířka 2σ , nazývaná kanálem koleje. Jestliže

pomyslně zredukujeme rozchod koleje na šířku 2σ , můžeme si představit vozidlo v tomto kolejovém kanálu jako úsečku o délce rovnající se rozvoru vozidla (vycházíme přitom z předpokladu, že se jedná o vozidlo s pevným rozvorem tj. s dvojkolími pevně vedenými v podélném i příčném směru). Úsečka představuje podélnou osu vozidla a svírá s tečnou oblouku v bodě dotyku stejný úhel (úhel náběhu),jako ve skutečnosti svírá tento úhel se zmíněnou tečnou rovina nabíhajícího kola dvojkolí – viz obr. 4.26. Jak vyplývá z obr. 4.26, úsečka AB svírá s tečnou oblouku v bodě A úhel náběhu α_n, přitom bod B, představující zadní dvojkolí, se dotýká vnitřního kolejového pásu oblouku. Této poloze vozidla říkáme, že je to poloha vzpříčená, odpovídá ji největší úhel náběhu α_n. Druhá krajní poloha vozidla v koleji při průjezdu obloukem je na obr. 4.26 znázorněná úsečkou AB_1, která svírá s tečnou oblouku v bodě A úhel α_1, přitom bod B_1 se dotýká vnějšího kolejového pásu, čili úsečka tvoří tětivu oblouku. Této poloze vozidla říkáme, že je to poloha tětivová, odpovídá ji nejmenší úhel naběhu α_1.



obr. 4.26 – znázornění poloh vozidla v kanálu koleje v oblouku

V případě, že vozidlo zaujme v kanálu koleje při průjezdu obloukem polohu takovou, že bod B_2 úsečky AB_2 se nachází mezi krajními pozicemi (body B,B_1) – viz obr. 4.26 mluvíme o tzv. statické poloze vozidla, které se také někdy říká poloha volná.

Obdobně jako při průjezdu vozidla obloukem i v přímé koleji může vozidlo zaujmout v kanálu koleje teoreticky všechny tři základní geometrické polohy.

4.11 Brzdy železničních vozidel

Brzdová zařízení jsou jednou z nejdůležitějších částí železničních vozidel. Jejich precizní fungování je podmínkou bezpečnosti provozu.

4.11.1 Druhy brzd

Brzdy můžeme rozdělit do několika skupin podle různých hledisek:

a) Podle způsobu vyvození brzdné síly:

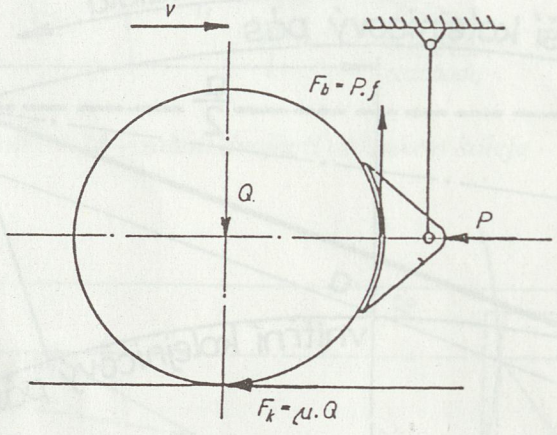
- brzdy mechanické (třecí), u nichž se brzdící účinek vyvolává třením materiálů o sebe

- brzdy elektrodynamické, u kterých elektromotory pracují jako generátory tak, že vyrobená elektrická energie, která je úměrná brzdícímu účinku, se maří v odporech, nebo se dodává zpět do elektrorozvodné sítě
- brzdy motorické, kde vzniká brzdící účinek kompresí ve spalovacích motorech, kdy motor nenasává pohonnou látku, ale pouze vzduch

Z uvedených brzd se v železničním provozu používá převážně mechanických třecích brzd.

b) Podle konstrukce brzdy:

- brzdy zdržové – viz schematické znázornění na obr. 4.27, u nichž se brzdící síla vyvolává přitlačováním brzdových zdrží (většinou litinových) na kola vozidla



obr. 4.27 – schéma zdržové brzdy

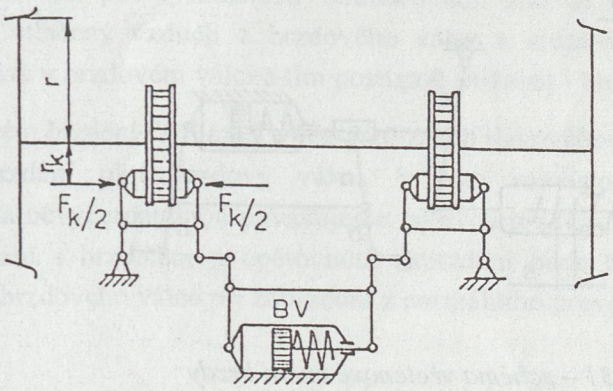
kde P je přítlačná síla na zdrž, $F_b = P.f$ je brzdící síla na zdrži

f je součinitel tření mezi zdrží a kolem, F_k je vyvozená adhezní síla mezi kolem a kolejnicí

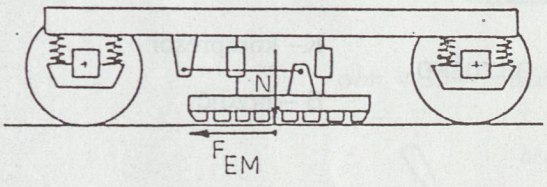
μ je adhezní poměr

Q je svislá kolová síla

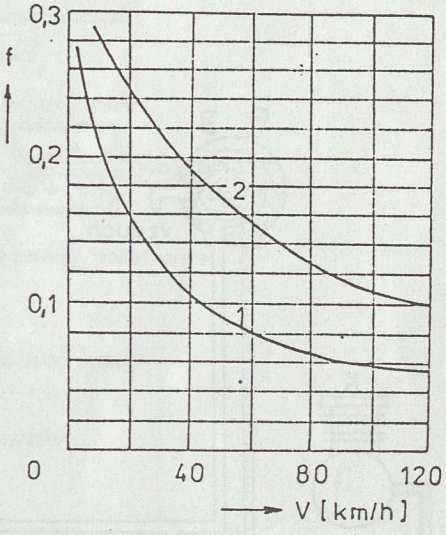
- kotoučové brzdy – viz obr. 4.28, brzdící účinek se vyvolává svíráním postranních ploch kotoučů čelistmi, které jsou ovládány klešťovým mechanizmem
- elektromagnetické brzdy kolejnicové – viz obr. 4.29, jejich hlavní částí jsou elektromagnety, které způsobují přitahování zdrží ke kolejnicím, přičemž brzdící účinek je vyvolán třením zdrží o kolejnici, výhodné je použít dělených zdrží, protože se tím dosáhne vyššího součinitele tření f – viz obr. 4.30



obr. 4.28 – schéma kotoučové brzdy



obr. 4.29 – elektromagnetická brzda kolejnicová

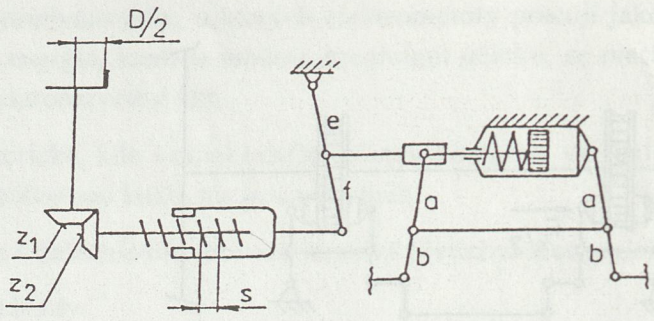


obr. 4.30 – třecí charakteristika elektromagnetické kolejnicové brzdy

c) Podle způsobu ovládání rozeznáváme tyto třecí brzdy:

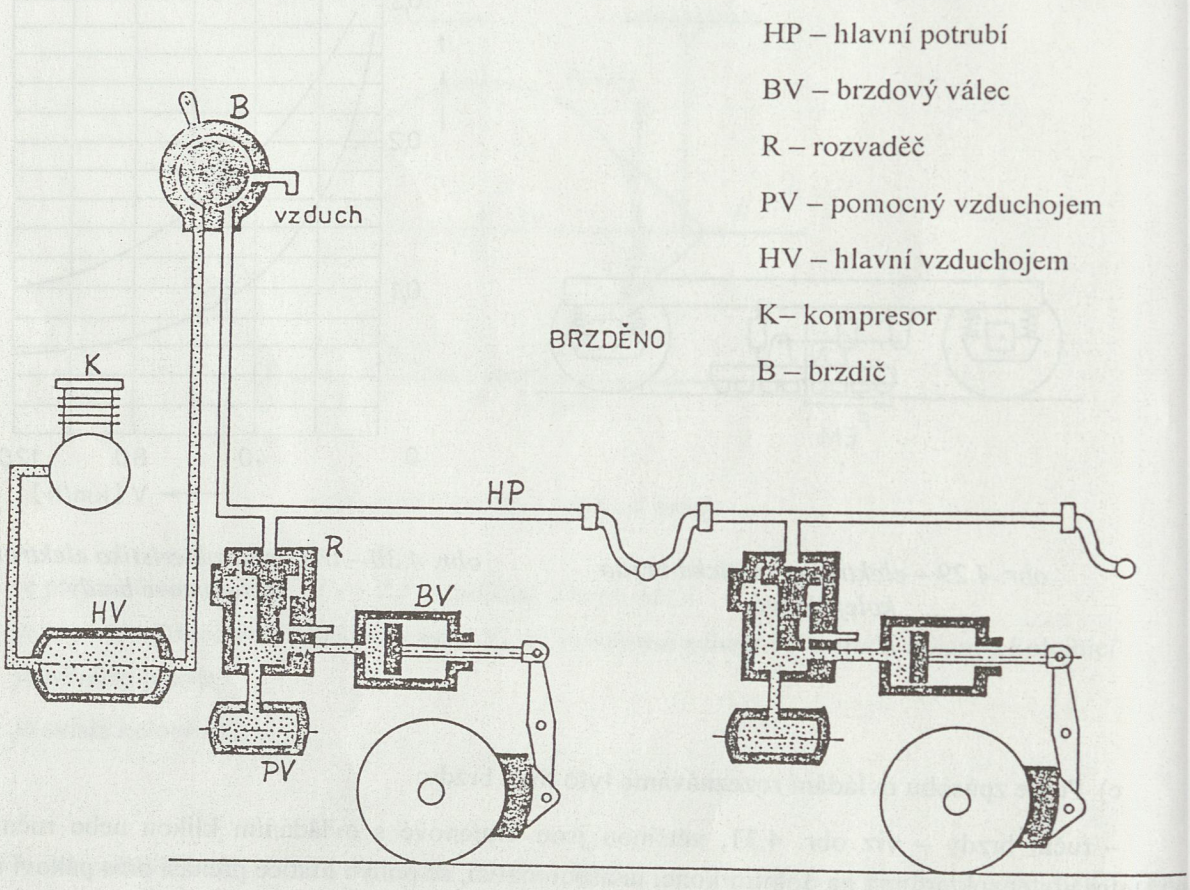
– ruční brzdy – viz obr. 4.31, většinou jsou vřetenové s ovládáním klikou nebo ručním kolem; otáčením vřetena, které má na dolním konci unášecí matici, se pohyb matice přenáší přes páková na brzdové zdrže tak, že tyto jsou přitlačovány rovnoměrně na kola

– vzduchové brzdy – přítlačnou sílu vyvozuje tlak vzduchu v brzdovém válci působící na píst; z pístu se přes pákoví brzdy přenáší přítlačná síla na zdrže –viz předchozí obr. 4.31.



obr. 4.31 – schéma vřetenové ruční brzdy

Dnes se u železničních vozidel v převážné míře uplatňují tzv. samočinné (nepřímočinné) tlakové brzdy, kterými jsou vybavena všechna vozidla. V sestavě vlaku jsou pak brzdy jednotlivých vozidel spojeny průběžným (hlavním) potrubím a brzda celého vlaku je ovládána centrálně z hnacího vozidla –viz obr. 4.32.

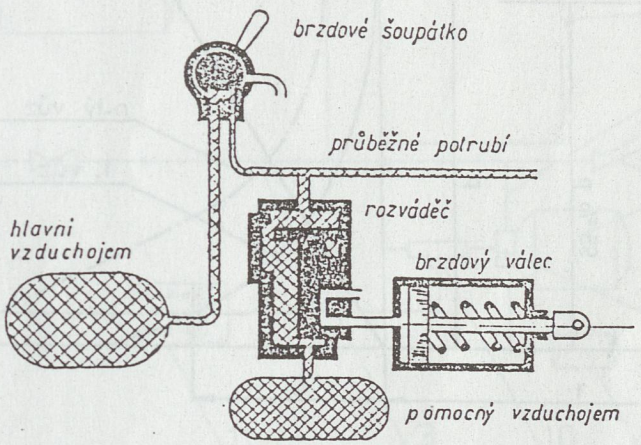


obr. 4.32 – znázornění brzdy vlaku (stav při zabrzdění)

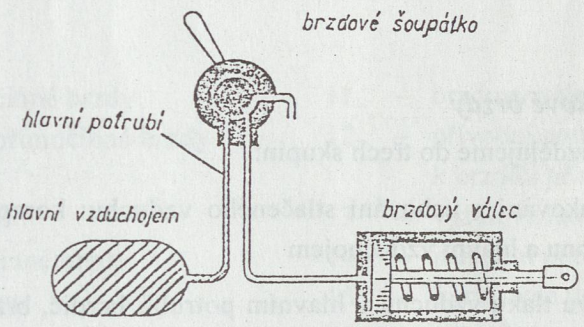
Samočinnost železniční brzdy spočívá v tom, že dojde–li ke ztrátě tlaku vzduchu v hlavním potrubí (např. při „přetržení" vlaku), obě části automaticky zabrzdí. To, že se samočinná brzda někdy nazývá nepřímočinnou je dané tím, že tlakový vzduch se při brzdění dodává do brzdového válce z pomocného vzduchojemu, čili nepřímo (přímo by to bylo z hlavního potrubí). Schematické znázornění funkce samočinné brzdy je na obr. 4.33. Přímočinná brzda, kterou jsou vybavena hnací vozidla (navíc kromě samočinné brzdy) je znázorněna na obr. 4.34.

Brzdy se také liší podle možnosti odbrzďování. Známe brzdy jednorázově odbrzďující, které vypouštějí veškerý stlačený vzduch z brzdového válce a stupňovitě odbrzďující, u kterých je možné postupně snižovat tlak v brzdovém válci a tím postupně snižovat i brzdící účinek.

Při opakovaném brzdění dochází k vyčerpání zásob tlakového vzduchu v pomocném vzduchojemu, ze kterého se při brzdění plní brzdový válec. V této souvislosti rozeznáváme brzdy vyčerpatelné a nevyčerpatelné. Za nevyčerpatelnou považujeme takovou brzdu, u níž po rychlém zabrzdění a následném libovolném zacházení s brzdičem a opětovném zabrzdění bude tlak v brzdovém válci minmálně 85% maximálního tlaku brzdového válce při zabrzdění z normálního provozního tlaku.



obr. 4.33 – funkce samočinné brzdy

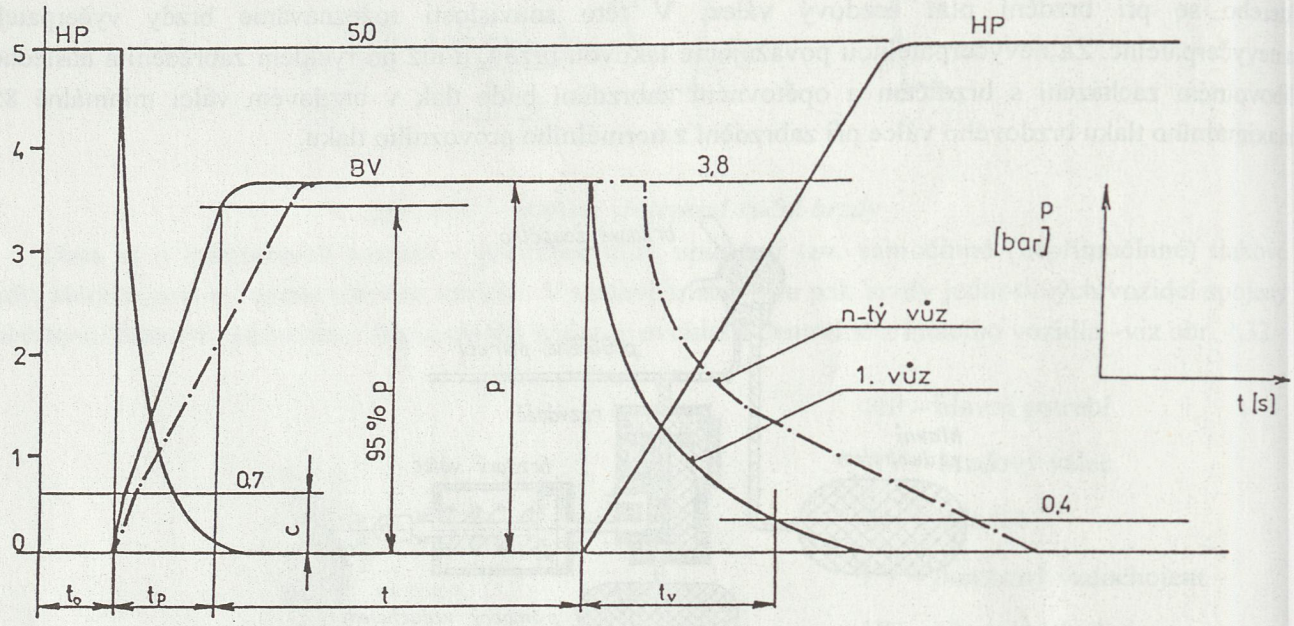


obr. 4.34 – funkce přímočinné brzdy

Velmi důležitou vlastností brzdy je rychlost, s jakou ji lze uvést do činnosti. Vyjadřujeme ji tzv. plnící dobou t_p, ve které se po úplném zabrzdění (tlak v průběžném potrubí snížen na 0) dosáhne v brzdovém válci tlaku rovnajícímu se 95% tlaku maximálního p_{max}. Počáteční částí plnící doby je tzv. náskok brzdy, což je čas, ve kterém dojde k přilehnutí brzdových zdrží na kola, přičemž za přilehnuté zdrže se považuje stav, kdy tlak v brzdovém válci dosáhne hodnoty 15 až 20% maximálního tlaku, tj. asi 0,7 baru.

Důležitou charakteristikou brzdy je i tzv. doba vyprazdňování t_v, což je doba potřebná pro pokles tlaku v brzdovém válci po odbrzdění z p_{max} na p=0,4 barů (odbrzdění má za následek naplnění průběžného potrubí až na hodnotu provozního tlaku 5 barů). Diagram průběhů tlaků v hlavním potrubí (HP) a brzdovém válci (BV) v závislosti na čase při procesu zabrzdění a odbrzdění je uveden na obr. 4.35. V diagramu je také naznačen čerchovaně vliv postupného šíření tlakového impulzu v potrubí brzdy. Projeví se to tím, že u vozů, které jsou ve větší vzdálenosti od brzdiče (ovladače brzdy) se při zabrzdění projeví brzdící efekt opožděně. Obdobně tomu je i při odbrzdění. Aby vlivem těchto disproporcí nedocházelo k silným podélným rázům ve

vlaku, musí mít každá brzda (uznaná pro mezinárodní provoz) hodnotu tzv. průrazné rychlosti šíření tlakového impulzu minimálně 250 m/s.



obr. 4.35 – diagram průběhu tlaků v HP a BV

4.11.2 Součásti a zařízení tlakové brzdy

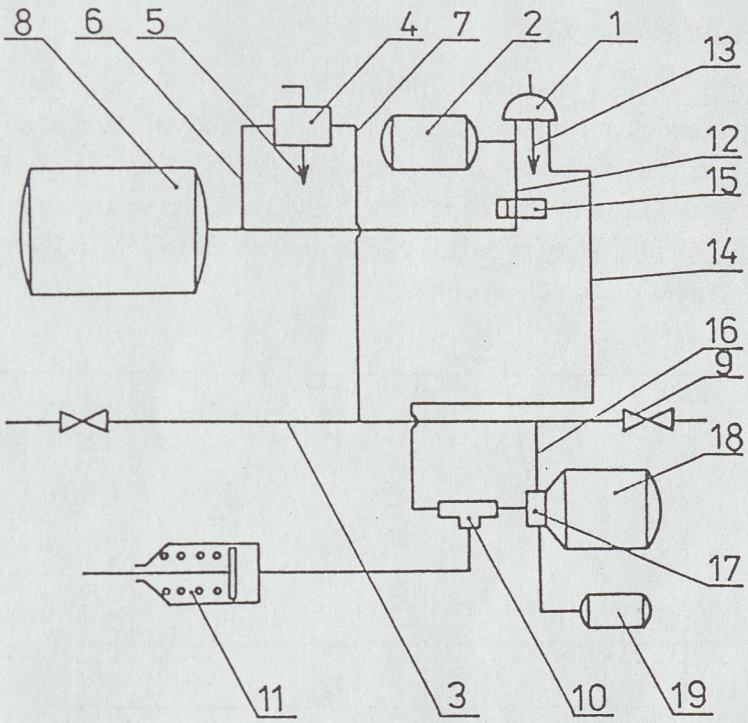
Součásti a zařízení brzdy rozdělujeme do třech skupin:

a) zařízení na produkování a uchování stlačeného vzduchu: kompresor s příslušenstvím pro regulaci jeho výkonu a hlavní vzduchojem

b) zařízení pro úpravu tlaku vzduchu v hlavním potrubí: brzdič, brzdové kohouty, upravovače tlaku, tlakoměr, hlavní potrubí s příslušenstvím, uzavírací kohouty

c) vlastní brzdové zařízení vozidel pro samočinnou a přímočinnou brzdu: rozvaděče, pomocné vzduchojemy, řídící vzduchojemy, zpětné záklopky, dvojité ventily, hlavní potrubí, brzdové válce.

Jako příklad je na obr. 4.36 uvedeno schéma brzdy hnacího vozidla s označením jednotlivých částí.



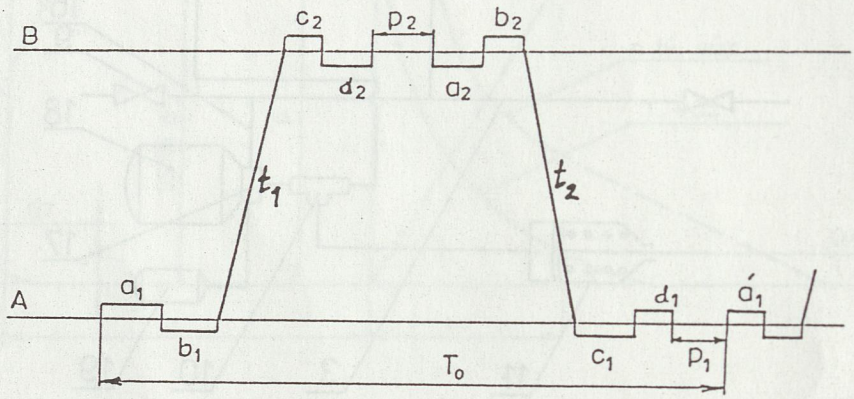
1 – brzdič přímočinné brzdy
2 – vzduchojem přímočinné brzdy
3 – hlavní potrubí
4 – brzdič samočinné brzdy
5 – výfuk vzduchu
6 – přívodní potrubí z hlavního vzduchojemu
7 – potrubí z brzdiče samočinné brzdy k hlavnímu potrubí
8 – hlavní vzduchojem
9 – koncový kohout
10 – dvojitá záklopka
11 – brzdový válec
12 – přívodní potrubí z hlavního vzduchojemu k brzdiči přímočinné brzdy
13 – výfuk vzduchu
14 – přívodní potrubí k přímočinné brzdě
15 – upravovač tlaku
16 – přívodní potrubí k rozvaděči
17 – rozvaděč
18 – pomocný vzduchojem
19 – rozvodový vzduchojem

obr. 4.36 – schéma brzdy hnacího vozidla

5. PROVOZ, ÚDRŽBA A OPRAVY ŽELEZNIČNÍCH VOZIDEL

5.1 *Provoz železničních vozidel*

Provoz železničních vozidel si můžeme ilustrovat na příkladu jednoduchého schématu tzv. plného obratu hnacího vozidla. Předpokládejme, že hnací vozidlo provozně zajišťuje jízdy vlaků na jednoramenném úseku železniční tratě mezi dvěma železničními stanicemi (výchozí stanice a stanice obratu). Ve výchozí stanici se nachází domovské lokomotivní depo hnacího vozidla, ve stanici obratu je rovněž lokomotivní depo. Plný obrat hnacího vozidla, který se skládá z jednotlivých časových fází provozního nasazení hnacího vozidla, je pro uvedený případ znázorněn na obr. 5.1.



obr. 5.1 – plný obrat hnacího vozidla

Z obrázku vidíme, že kromě časů jízd vlaků (t_1, t_2) je zde několik dalších úseků představujících následující technologické úkony:

a_1,a_2 – doby přípravy hnacího vozidla v depech na provozní výkon
b_1,b_2 – doby jízdy na vlak v železničních stanicích
c_1,c_2 – doby jízdy od vlaku v železničních stanicích
d_1,d_2 – doby odstavování hnacího vozidla v depech
p_1,p_2 – doby pracovní přestávky mezi dvěma traťovými výkony.

V době přípravy zkontroluje lokomotivní četa všechny funkční části hnacího vozidla, příprava končí vystavením hnacího vozidla na tzv. hranice depa. V okamžiku, kdy hnací vozidlo převezme pod svoji dopravní kontrolu železniční stanice, začíná se naplňovat doba jízdy hnacího vozidla na vlak. V této časové etapě provádí hnací vozidlo posun v obvodu železniční stanice, připojí se na vlakovou soupravu, naplní se vzduchem a odzkouší brzda vlaku, v zimním období se provádí předtápění vlaku. Návěstí pro odjezd vlaku začíná časový úsek jízdy vlaku z výchozí stanice do stanice obratu (cílové stanice vlaku). Po příjezdu vlaku do stanice obratu začíná pro hnací vozidlo doba jízdy od vlaku, která je svojí náplní reciproká k době jízdy na vlak a končí příjezdem hnacího vozidla na hranice depa ve stanici obratu. Následuje doba odstavování hnacího vozidla spojená s posunem, umístěním a zajištěním hnacího vozidla na příslušném stanovišti v depu. V pracovní přestávce se na hnacím vozidle provádí údržba nutná k zajištění jeho připravenosti pro další provozní výkon. Po skončení pracovní přestávky, jejíž součástí často bývá i neproduktivní prostoj hnacího vozidla, vzniklý nedokonalou organizací činností na železnici, začíná celý cyklus výše popsaných úkonů až do odstavení hnacího vozidla v domovském depu.

Podobným způsobem bychom mohli popsat provoz osobních vozů a v obou případech, jak u hnacích vozidel, tak u osobních vozů, musíme konstatovat, že se jedná o velmi pestrý soubor provozních činností,

které jistě mají silný poškozující účinek na jednotlivé části zmíněných železničních vozidel. Zvlášť je třeba se zmínit o nákladních vozech, jejichž provozní nasazení je oproti předchozím dvěma skupinám železničních vozidel náročnější v tom, že většina nákladních vozů je ve volném oběhu a z toho důvodu se u nich zatím nedá systematicky sledovat kilometrický proběh a další provozní ukazatelé, které jsou důležité pro provozní ošetření a údržbu. Termín „volný oběh" znamená v podstatě libovolné využití nákladních vozů v dané železniční síti, čímž se jejich pohyb v síti stává nepravidelným.

V souvislosti s uvedenými odlišnostmi provozu hnacích vozidel, osobních a nákladních vozů jsou i zařízení sloužící k provoznímu ošetření, údržbě a opravám jednotlivých skupin vozidel do jisté míry odlišná (viz dále), i když např. u ČD jsou v souvislosti s probíhajícími organizačními změnami vytvořena tzv. depa kolejových vozidel, pod která jsou organizačně začleněna všechna kolejová vozidla (organizační opatření ČD odboru kolejových vozidel č.j. 2201/95 – 12/2 – RO).

5.1.1 Lokomotivní depa

Lokomotivní depa zajišťují provoz hnacích vozidel po stránce technické i organizační. Jejich úkolem je zajistit, aby hnací vozidla byla v dobrém technickém stavu, byla vyzbrojena provozními látkami a včas byla přistavena podle potřeby dopravy k vykonání provozního výkonu. Podle druhu hnacích vozidel, obhospodařovaných daným lokomotivním depem, rozeznáváme lokomotivní depa motorová, elektrická a smíšená.

Umístění lokomotivních dep v železniční síti je obvykle provedeno tak, že lokomotivní depa se nacházejí ve velkých železničních stanicích (velkých centrech dopravy), v místech křížení tratí různých trakčních systémů a v místech velkých pohraničních přechodových železničních stanic. Podle polohy lokomotivního depa vůči železniční stanici rozeznáváme depa průjezdná, koncová (hlavová) a částečně průjezdná.

Pohyb hnacích vozidel v depu, jejich příjezd i odjezd, musí mít svůj řád. Rovněž jejich pobyt spojený s provozním ošetřením, vyzbrojením provozními látkami, nutnou údržbou a opravami musí být organizován tak, aby nedocházelo k zbytečným prostojům hnacích vozidel. Jednotlivé činnosti, spojené s pobytem hnacích vozidel v depech, jsou odlišné podle druhu trakce. Každá trakce má své zvláštnosti, které vyžadují i odlišné technické vybavení, a také pracovníky příslušného odborného zaměření. Např. lokomotivní depo pro motorovou trakci musí mít vybudované tzv. vyzbrojovací stanoviště napojené na nádrže pohonných hmot, stanoviště pro doplňování chladicí kapaliny do motorů hnacích vozidel, místo se zásobníkem vody pro parní vytápěcí generátory hnacích vozidel, prostor pro skladování a doplňování mazacích olejů, apod.

V závislosti na druhu trakce jsou v kolejišti lokomotivního depa vybudovaná stanoviště pro provádění provozního ošetření hnacích vozidel, která jsou vybavena prohlížecími lávkami a prohlížecími kanály. Tato stanoviště umožňují kontrolovat stav vozidel – především pojezdu, narážecího a spřahovacího ústrojí, částí brzdy, mechanických nosných částí, elektrických částí apod. Důležitou součástí lokomotivních dep jsou točny, které umožňují otočení vozidel a jejich umístění na jednotlivé koleje v kruhových rotundách dep. Podobnou manipulační funkci plní i přesuvny, které umožňují přesunutí vozidel na různé koleje v halách dep.

Haly a rotundy lokomotivních dep jsou budovy, ve kterých se provádí údržba hnacích vozidel. K tomuto účelu musí být náležitě vybaveny strojními zařízeními typu: spouštěcí stavy pro vyvazování dvojkolí a podvozků, zdvihací zařízení pro zvedání skříní vozidel a jiných těžkých celků vozidel. Prohlížecí kanály jsou někdy doplněny podúrovňovým soustruhem pro obnovení obrysu jízdních ploch kol, případně zařízením pro navařování okolků kol.

V zájmu zajištění bezporuchového provozu jsou hnací vozidla po vykonání určitého provozního výkonu přistavována k provoznímu ošetření, respektive k některému z předepsaných stupňů údržby. Provozní ošetření i údržbové práce jsou odstupňované podle počtu ujetých kilometrů hnacích vozidel, nebo podle počtu vykonaných provozních hodin. V lokomotivních depech se většinou provádí provozní ošetření a nižší stupně údržby hnacích vozidel. Vyšší stupně údržby a složité opravy hnacích vozidel se provádí v železničních opravovnách, které jsou k tomuto účelu lépe vybaveny technickými prostředky a zařízeními.

5.1.2 Vozová depa

Obdobně jako lokomotivní depa zajišťují provoz hnacích vozidel, vozová depa mají za úkol zajistit pokud možno bezporuchový provoz vozů. Činnost vozových dep je soustředěna do stanic technických prohlídek, kde se provádí prohlídky vozů a rozhoduje se o jejich technické způsobilosti pro provoz, a do opravoven vozů, kde se provádí opravy vozů.

Stanice technických prohlídek (STP) – je provozní jednotkou vozového depa, ve které se vykonávají tyto činnosti:

- technické prohlídky a zkoušky brzd vlaků
- provozní údržba vozů a vybavení vozů
- mazání vozů
- odevzdávání a přebírání vozů do a z oprav v opravovnách vozů
- odevzdávání a přebírání osobních vlakových souprav mezi STP a železniční stanicí
- běžné opravy.

Podle provozních potřeb se STP zřizují:

- ve vlakotvorných železničních stanicích
- v místech hromadné nakládky a vykládky
- v přechodových železničních stanicích
- v železničních stanicích, kde se uskutečňuje odevzdávka a přejímka vozů na vlečky.

Kromě vlastních STP se v určených železničních stanicích zřizují dislokovaná pracoviště STP, která jsou obsazena komplexními četami pracovníků STP, nebo skupinami vozmistrů, nebo skupinami čističů vozů.

STP zajišťují provádění následujících technických prohlídek:

- technické prohlídky vozů v cílových stanicích
- technické prohlídky ve výchozích stanicích
- technické prohlídky v nácestných stanicích
- technické prohlídky v přechodových stanicích
- technické prohlídky při výběru vozů pro ložení do zahraničí
- technické prohlídky na vlečkách

- technické prohlídky při odevzdávání a přebírání vozů s železničními opravovnami a opravovnami vozů.

Technické prohlídky se většinou vykonávají na vyčleněných kolejích železniční stanice.

Podle náplně práce rozlišujeme tato pracoviště STP:

- pracoviště pro běžné opravy s odvěšením vozu z vlakové soupravy
- pracoviště pro běžné opravy bez odvěšení vozu a pro technické prohlídky nákladních vlaků
- pracoviště pro běžné opravy bez odvěšení vozu a pro technické prohlídky vlaků pro přepravu osob
- pracoviště pro čištění osobních vozů
- pracoviště pro technické prohlídky v přechodových stanicích a na vlečkách.

Opravovna vozů (OV) – jé obdobně jako STP provozní jednotkou vozového depa a vykonávají se v ní tyto činnosti:

- neplánované opravy vozů
- mezidobé opravy osobních vozů
- roční opravy nákladních vozů
- periodické opravy vozů přepravců
- záruční technické prohlídky nákladních vozů.

Základní rozdělení opravoven vozů se určuje podle toho, jaké železniční vozy se v té či oné opravovně opravují. Rozeznáváme opravovny: pro osobní vozy, nákladní vozy a smíšené opravovny. Většina opravoven jsou samostatné útvary s vlastním kolejištěm, komunikacemi a vlastní inženýrskou sítí. Opravárenské haly se budují jako „průjezdné“ (na jednom konci vstupuje do haly vozidlo do opravy, na druhém konci vystupuje toto vozidlo opravené). Kolejiště OV obsahuje koleje sběrné, opravárenské, odevzdávkové, zásobovací a koleje manipulační. Kromě hlavního objektu, kterým je opravárenská hala, má OV tyto další nezbytné objekty a prostory:

- skladovací prostory dvojkolí (většinou jsou nekryté)
- skladovací prostory hutního materiálu, vozových součástak, řeziva (většinou jsou kryté)
- sklady olejů, chemických výrobků, barev, technických plynů
- garáže manipulačních prostředků
- kompresorovnu
- trafostanici.

5.2 *Údržba železničních vozidel*

V tomto bodu se zaměříme na obecné rysy provozní kontroly a údržby železničních vozidel, a to pouze na ty konstrukční části, které se vyskytují u hnacích i tažených vozidel:

Dvojkolí – je součást, které se přikládá velký význam, protože na jejím stavu do značné míry závisí bezpečnost železničního provozu. Rozhodující je stav jízdních ploch kol (jízdního obrysu), deformace nápravy (odchylka v rozkolí) a u obručových kol možné uvolnění obručí. Podle provozně technických

předpisů nesmějí být připuštěny do provozu vozidla s dvojkolími, u nichž byly při údržbě a kontrole zjištěny tyto závady:

- ohnutá náprava (míry rozkolí měřené po obvodu kol se liší více jak o 1mm)
- trhlina v kterémkoliv místě dvojkolí
- vybroušené místo na nápravě (má–li ostré hrany nebo je–li hlubší než 1mm)
- uvolněné kolo na nápravě (příznaky této závady jsou stopy posunutí, rez mezi nábojem kola a nápravou)
- uvolněná obruč (příznaky jsou nejasný zvuk při poklepu kladivem, vzájemné posunutí obruče proti věnci kola, uvolněný vzpěrný kroužek, rez mezi obručí a věncen kola)
- odloupnuté pleny na jízdní ploše kol hlubší jak 1mm a delší než 60mm
- plochá místa na jízdní ploše delší jak 60mm
- nánosy materiálu na jízdní ploše vyšší než 1mm
- rýha na jízdní ploše hlubší než 3mm (při tloušťce obruče nebo věnce celistvého kola 35mm a menší)
- tloušťka okolku, měřená 10mm nad styčnou kružnicí, menší než 22mm
- hodnota q_r (viz obr. 5.2) musí být větší než 6,5mm
- na vodicí ploše okolku do vzdálenosti 2mm pod jeho vrcholem nesmí být ostrá hrana
- tloušťka obruče nebo věnce celistvého kola nesmí být menší než

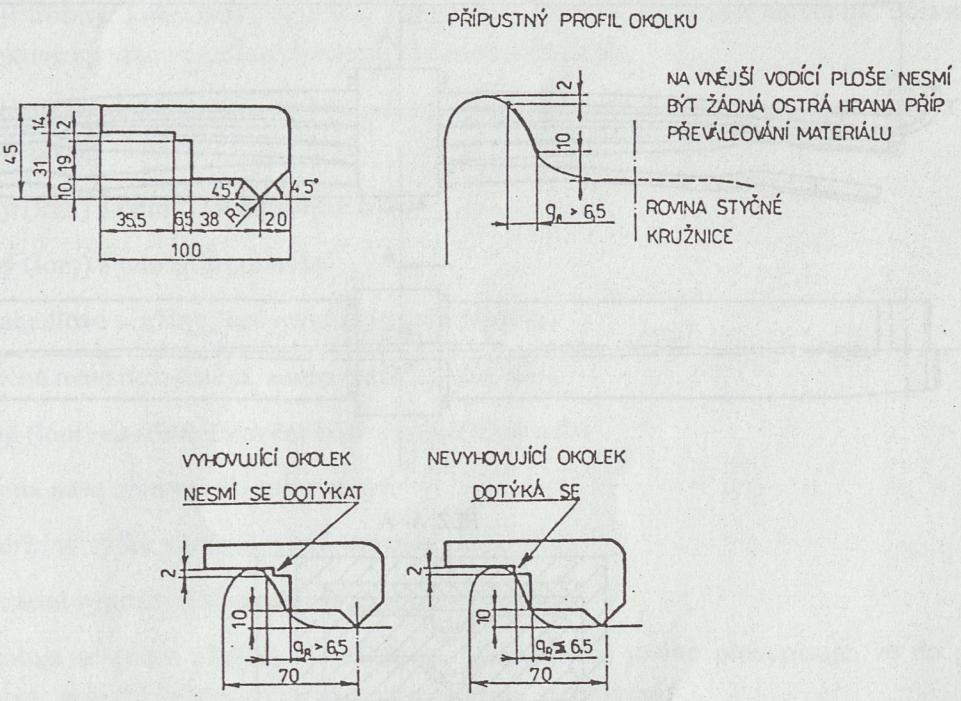
  30mm u obručového kola

  25mm u celistvého kola
- šířka obruče nebo věnce celistvého kola nesmí být

  větší než 136mm

  menší než 130mm.

Ložiska – považují se někdy za součást dvojkolí, protože zejména u nákladních vozů je zvykem dodávat dvojkolí s již osedlanými ložisky. V dnešní době se pro železniční vozidla používají výhradně valivá ložiska. V provozu se sleduje především zahřátí ložisek, snahou je zabránit jejich horkoběžnosti, což je stav velice nebezpečný, signalizující možnost zadření ložiska. Pokud se v provozu horký běh ložiska zjistí, dotyčné vozidlo musí být okamžitě z provozu vyřazeno a provedena jeho oprava, respektive dvojkolí s horkoběžným ložiskem vyměněno.

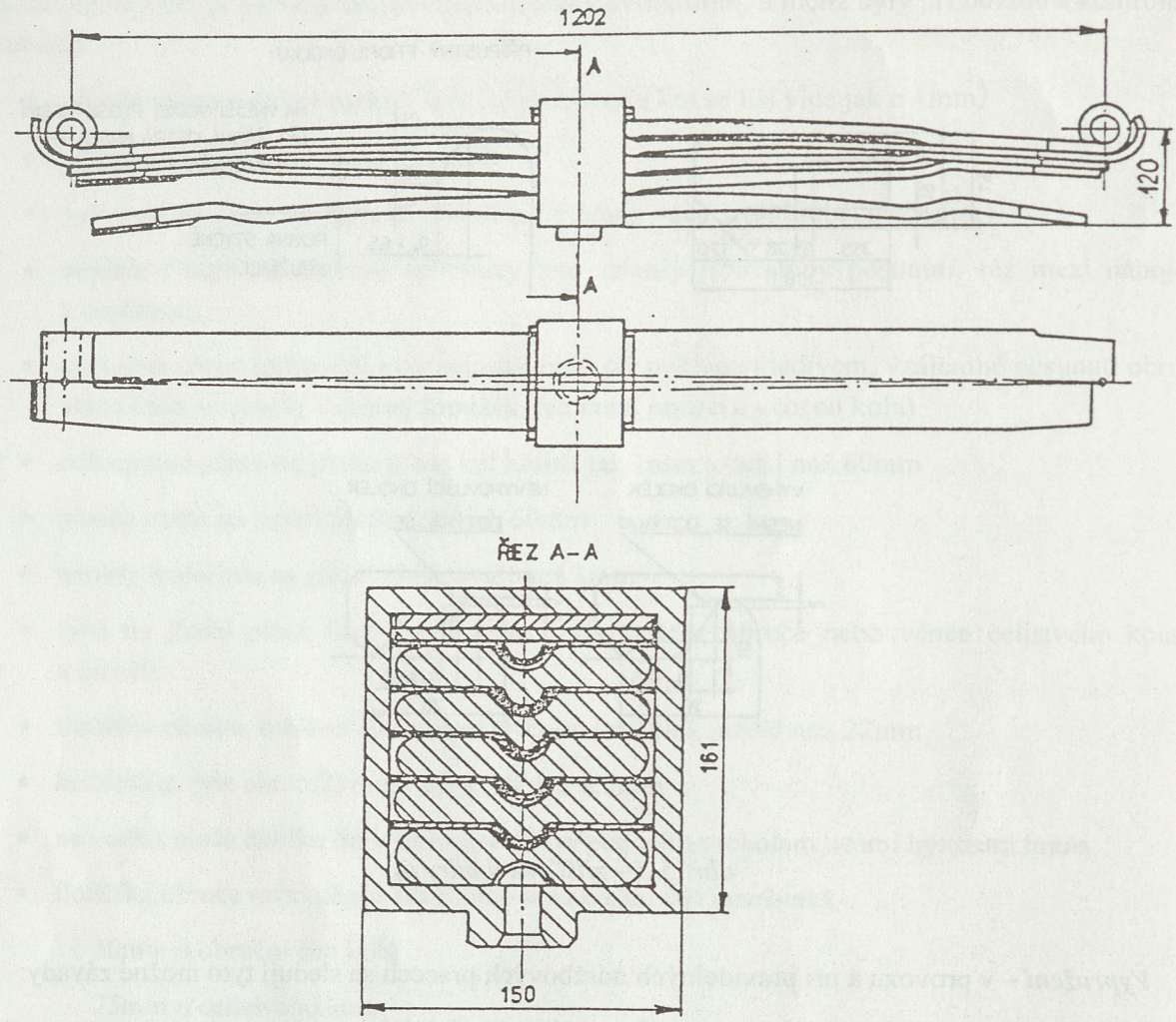


obr. 5.2 – zjišťování míry q_r

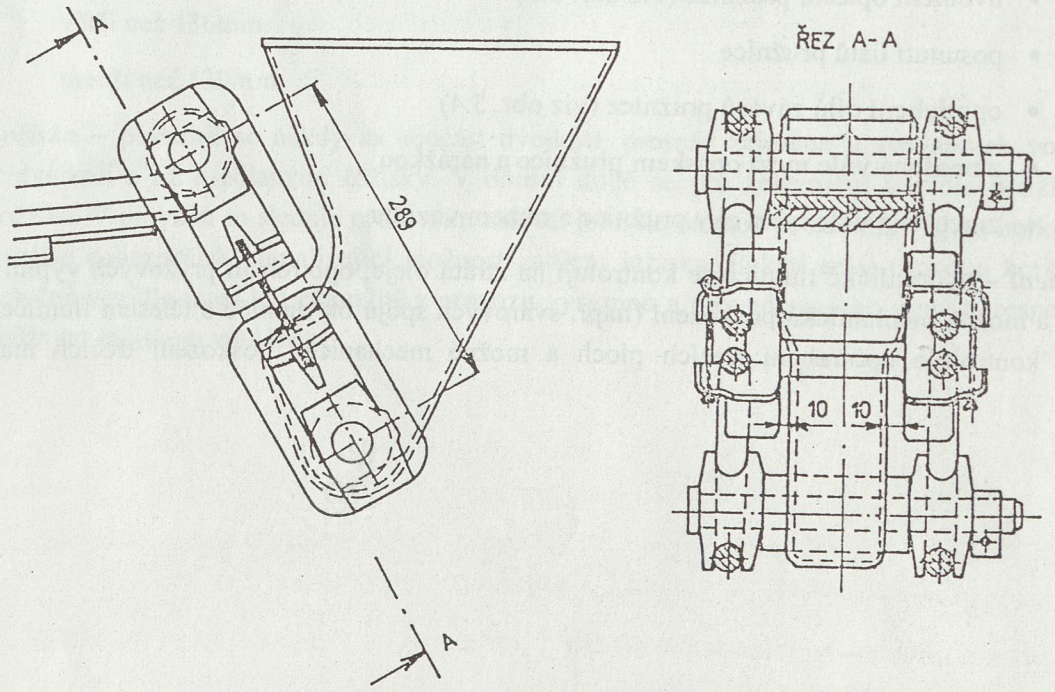
Vypružení – v provozu a při pravidelných údržbových pracech se sledují tyto možné závady:

- trhliny (lomy) a deformace listů pružnic a šroubovitých pružin
- uvolnění opasku pružnice (viz obr. 5.3)
- posunutí listů pružnice
- opotřebení dílů závěsů pružnice (viz obr. 5.4)
- zmenšená vůle mezi opaskem pružnice a narážkou
- zmenšená vůle mezi oky pružnice a rámem vozidla.

Tlumení – hydraulické tlumiče se kontrolují na ztrátu oleje, opotřebení pryžových výplní závěsných ok tlumičů a možná mechanická poškození (např. svarových spojů ok tlumičů s tělesem tlumiče); u třecích tlumičů se kontroluje opotřebení třecích ploch a možné mechanické poškození třecích manganových příložek.



obr. 5.3 – pružnice



obr. 5.4 – dvojitý závěs pružnice

Rámy podvozků a skříní vozidel – při provozních prohlídkách a údržbě se kontroluje, zda se na konstrukci nevyskytují trhliny, lomy nebo viditelné deformace; zvláštní pozornost se věnuje oblasti vazby rámu podvozku, respektive spodku vozidla s dvojkolím (vedení dvojkolí).

Tahadlové a narážecí ústrojí – kontroluje se kompletnost, způsob upevnění, funkčnost a možný výskyt dále uvedených závad:

- trhliny (lom) a ohnutí tahadlového háku
- trhliny (lom) a ohnutí šroubovky
- lom tahadlové pružiny (nevypružený zdvih tahadla)
- uvolněná nebo nezajištěná matice tahadlového háku
- trhliny (lom) na nárazníkovém koši a trubce nárazníku
- zlomená nebo ohnutá nárazníková tyč
- nedodržená výška nárazníku nad temenem kolejnice
- poškozené vypružení nárazníku (nevypružený zdvih).

Brzda – kontroluje se podle příslušného předpisu, který kromě jiného předepisuje, že do provozu nesmí být zařazeny vozy, u nichž byla zjistěna některá z následujících závad:

- závada na hlavním potrubí
- chybějící nebo zlomené záchytky rozpor zdrží
- chybějící nebo poškozené brzdové zdrže
- závady na upevnění brzdových součástek
- závada na zařízení záchranné brzdy
- nepřípustné opotřebení brzdových zdrží
- vadné nebo chybějící součástky samočinné tlakové brzdy
- zdvih pístu brzdového válce větší jak 3/4 maximálního zdvihu
- nesprávně účinkující protismykové zařízení
- stranové přesazení brzdových zdrží o více než 5mm oproti čelu kola.

Akumulátorová baterie – v různých stupních údržbářských prací se provádějí tyto úkony:

- vizuelní kontrola stavu baterie
- kontrola spojek článků a kabelů
- kontrola výšky hladiny elektrolytu
- konzervace elektrovodných částí
- kontrola napětí článků při zatížení
- očištění povrchu baterie od hrubých nečistot
- kontrola hustoty elektrolytu
- nabití baterie.

Z uvedených příkladů je zřejmé, že obsahově je průběžná provozní údržba zmíněných částí železničních vozidel převážně zaměřena na kontrolu stavu těchto částí, s minimem vlastních údržbových prací. Tato situace je poplatná principu periodických oprav železničních vozidel, které by měly teoreticky zajistit spolehlivý provoz železničních vozidel bez větších údržbových zásahů v době mezi těmito periodickými opravami. Jinými slovy, hlavní tíha údržby železničních vozidel je soustředěna do periodických oprav, při kterých by se měly vykonat takové opravárenské a údržbové úkony, aby vozidlo s co nejvyšší spolehlivostí „přežilo" do další periodické opravy. Jedná se v podstatě o údržbový systém s časově etapovými preventivními zásahy do konstrukce vozidel v průběhu jejich života. Tento systém, pokud je vypracován na základě kvalitních znalostí o provozním zatížení a jeho vlivu na namáhání konstrukcí železničních vozidel, může přinést požadovaný vysoký stupeň provozní spolehlivosti na jedné straně, a na straně druhé úsporu celkových nákladů vynaložených na údržbu a opravy vozidel.

5.3 Opravy železničních vozidel

Opravy železničních vozidel se provádějí v pravidelných časových intervalech (periodách) – viz vysvětlení smyslu periodických oprav v předchozím odstavci. V provozu se ovšem vyskytují případy, kdy se objeví poškození nebo závady na vozidlech, které je nutno opravit mimo rámec periodických oprav. Takové opravy se nazývají neplánovanými a podle rozsahu poškození vozidel se uskutečňují buď v depech nebo železničních opravovnách, při malém rozsahu poškození může být neplánovaná oprava na vozidle provedena přímo v provozu.

5.3.1 Neplánované opravy

Při neplánovaných opravách se většinou opravují závady na železničních vozidlech, které vznikly v důsledku chybné obsluhy, nebo v důsledku mimořádných událostí (vykolejení, srážka vozidel, skrytá materiálová vada apod.). Souhrnně se dá říci, že neplánované opravy jsou všechny opravy, vykonávané mezi periodickými opravami.

Rozeznáváme následující typy neplánovaných oprav u tažených vozidel:

- neplánované opravy bez odvěšení vozu z vlakové soupravy
- neplánované opravy s odvěšením vozu z vlakové soupravy (oprava je lehčího charakteru, ale k jejímu provedení jsou potřebné určité mechanizační prostředky; provádí se buď na určené koleji stanice technických prohlídek, nebo v opravovně vozů vozového depa)
- těžké neplánované opravy (vzhledem k potřebě náročnějších opravárenských prostředků se provádějí zásadně v železničních opravovnách)

U hnacích vozidel registrujeme ve všeobecnosti obdobný způsob rozdělení neplánovaných oprav s tím, že rozsah oprav bez odvěšení hnacího vozidla je do značné míry závislý na technické zdatnosti strojní čety, obsluhující hnací vozidlo. Ostatní neplánované opravy se realizují v lokomotivních depech nebo železničních opravovnách.

Zpravidla se při neplánovaných opravách uskutečňují opravárenské zásahy na těchto částech vozidel:

- pojezd (oprava je obyčejně spojená s vývazem; většinou se jedná o závady po vykolejení: poškození ložiskových skříní, poškození dvojkolí)
- tahadlové a narážecí ústrojí (většinou jde o opravu (výměnu) ohnutého tahadlového háku, prasklé tahadlové pružiny, prasklé šroubovky, upevňovacích šroubů koše nárazníku apod.)

- rámy podvozků a skříně vozidel (vesměs jde o deformace a trhliny, způsobené nějakou mimořádnou událostí)
- brzda (nejčastěji jde o zadření mechanického převodu brzdy, výměnu nefungujícího rozvaděče, výměnu hadicových spojek tlakové brzdy apod.
- elektrická výzbroj (opravují se poruchy elektromotorů, dynam, akumulátorových baterií, osvětlení, vytápění atd.)
- u hnacích vozidel je typickým důvodem neplánované opravy porucha hnacího agregátu, nebo závada na pomocných pohonech.

5.3.2 Periodické opravy

Společným rysem periodických oprav všech typů železničních vozidel je (kromě toho, že se vykonávají v určitých časových cyklech) to, že jejich obsahy jsou určeny příslušnými předpisy pro opravy. Protože však právě obsahem a také délkou period se od sebe periodické opravy jednotliových typů železničních vozidel podstatně odlišují, je dále stručně uvedeno základní rozdělení těchto oprav podle toho, jestli se týkají osobních vozů, nákladních vozů, nebo hnacích vozidel.

5.3.2.1 Periodické opravy osobních vozů

Rozdělujeme je na:

- mezidobé opravy (prováděné v opravovnách vozových dep)
- revizní opravy (prováděné v železničních opravovnách)
- střední opravy (prováděné v železničních opravovnách)
- generální opravy (prováděné v železničních opravovnách).

Pro mezidobou opravu (Mo) je charakteristická prohlídka a oprava:

- pojezdu vozu
- skříně vozu, včetně vnitřního vybavení
- bočních nástupních dveří, čelních průchozích dveří a všech vnitřních dveří a jejich uzávěrů
- oken a větracích zařízení
- vodoinstalačního, vytápěcího a osvětlovacího zařízení
- elektrické výzbroje
- brzdy vozu.

Opravu revizní (Or) charakterizují všechny práce v rozsahu Mo a navíc se vyvazují dvojkolí a podvozky, provede se prohlídka a oprava rámu podvozku a spodku vozu, opraví se střecha vozu a obložení vnitřních stěn, opraví se těsnění oken. Ve větším rozsahu se provede kontrola a oprava vytápěcího a osvětlovacího zařízení, důkladně se prohlídne a opraví zařízení elektrické výzbroje – vadné nebo nespolehlivě fungující díly se vymění, aby se zaručila správná funkce všech zařízení v časovém intervalu do další Or. Při Or se mohou provést i dohodnuté rekonstrukce vozu.

Pro střední opravu je charakteristické, že se při ní provádějí všechny práce v rozsahu Or a navíc se rozeberou a zrenovují okna vozu včetně ovládacích mechanizmů, vymění se podlahové krytiny, rozeberou se a opraví všechny zámky dveří, rozeberou se a opraví sociální zařízení.

Oprava generální (Og) je periodická oprava nejvyššího stupně. Úkony prováděné při této opravě jsou zaměřené na obnovení původních vlastností vozu. Musí se uvolnit a rozebrat všechny odnimatelné části vozu a odkrýt části skříně vozu. Všechny opotřebené nebo poškozené součásti se musí opravit nebo vyměnit. Při Og se provedou všechny nutné rekonstrukce vozu.

5.3.2.2 Periodické opravy nákladních vozů

Rozdělujeme je na:

- roční opravy (prováděné v opravovnách vozových dep)
- střední opravy (prováděné v železničních opravovnách)
- generální opravy (prováděné v železničních opravovnách).

Roční oprava (Nr) nákladního vozu je charakterizovaná prohlídkou a opravou pojezdu, spodku a skříně vozu, domazáním valivých ložisek, prohlídkou a přezkoušením brzdy. V případě, že se při prohlídce zjistí závady vyžadující vyvázání dvojkolí nebo podvozku, mluvíme pak o tzv. roční opravě s vývazem. Příklad pro pracovní postup (dvounápravového nákladního vozu) je následující:

- příprava vozu na prohlídku (rozpojení rozsochových spon, rozpojení tyčoví brzdy)
- vyvázání dvojkolí a jejich odsun na pracoviště kontroly a oprav dvojkolí
- kontrola pružnic, jejich oprava – případně výměna
- prohlídka a oprava tahadlového ústrojí
- prohlídka a oprava spodku vozu
- zavázání opraveného nebo nového dvojkolí
- prohlídka a oprava narážecího ústrojí
- prohlídka, oprava a vyzkoušení brzdy vozu
- prohlídka a oprava skříně vozu
- obnovení nátěru a nápisů vozu
- promazání vozu (všech určených míst).

Střední oprava (Ns) nákladního vozu je oprava, při které se musí provést vždy vyvázání dvojkolí a podvozků. Kromě rozsahu prací odpovídajících Nr se musí provést přeměření rámů podvozků a spodku vozu. Musí se také provést oprava nebo výměna všech opotřebených nebo poškozených částí vozu a provést obnova nátěru a nápisů vozu. V rámci této periodické opravy se provádějí také dohodnuté rekonstrukce vozu.

Generální oprava (Ng) nákladního vozu se provádí pouze u určitých typů vozů (např. chladící vozy, kotlové vozy). Při opravě se vykonávají všechny práce v rozsahu Ns, navíc se provádí kompletní výměna izolace chladících vozů a výměna vytápěcích hadů kotlových vozů.

Periodické opravy osobních i nákladních železničních vozů se řídí předpisy pro opravy vozů, které vydává centrální řídící orgán příslušné železniční správy. Opravárenské postupy, uplatňované při opravách, musí respektovat návody pro údržbu vozů, vydané výrobci vozů.

5.3.2.3 Periodická udržovací soustava hnacích vozidel

Periodická udržovací soustava hnacích vozidel se člení na:

a) provozní ošetření

b) periodické prohlídky

c) periodické opravy

Každá periodická oprava, prohlídka nebo provozní ošetření se skládá z určitého počtu a rozsahu opravárenských a údržbových úkonů, které se aplikují na hnacím vozidle vždy po určitém počtu ujetých km. Příklad systému periodických oprav je naznačen v následující Tab.5.1 pro případ motorové lokomotivy řady 751 (dřívější označení T 478.1), patřící ČD.

Název opravy (prohlídky)	**Označení**	**Provádí**
provozní ošetření	MO	lokomotivní depo
technická prohlídka malá	MM	lokomotivní depo
technická prohlídka velká	MV	lokomotivní depo
periodická oprava vyvazovací	MVY	žel. opravovna
periodická oprava hlavní	MH	žel. opravovna

Tab. 5.1 – periodické opravy (prohlídky) motorové lokomotivy

Rozsah periodických oprav a prohlídek je vypracován přímo jako technologický postup s časovým sledem jednotlivých prací. V Tab.5.2 je pro představu uvedena část pracovních úkonů prováděných na naftovém motoru při periodických prohlídkách MM a MV lokomotivy řady 751.

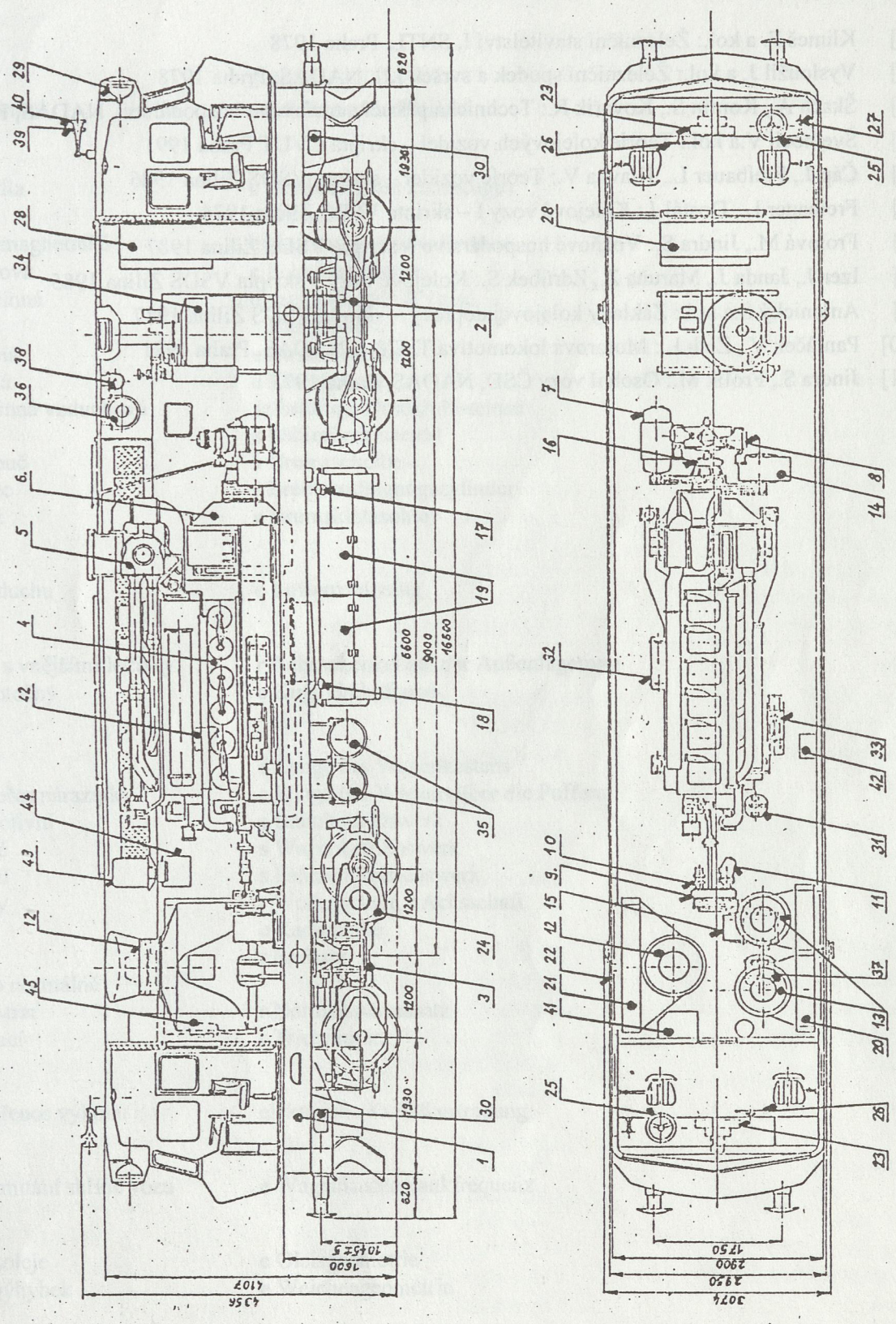
Agregát	Provedený pracovní úkon	provést při	
		MM	MV
Naftový motor (rozvod motoru)	1. Sejme se kryt hlav, zkontroluje se ventilová vůle	*	*
	2. Zkontroluje se funkce vahadel ventilů a příčníků vahadel	*	*
	3. Zkontroluje se funkce ventilových pružin, vahadel, pouzder příčníků vahadel a kulových kloubů vahadel		*
	4. Zkontroluje se volnost otáčení ventilových tyčí (zvedáků)	*	*
	5. Sejme se kryt a zkontroluje se povrch vaček pro zdvih sacích a výfukových ventilů, "vstřikovacích" vaček, kladek zvedáků, vedení ventilů a vstřikovacích čerpadel	*	*
	6. Kontrola izolačních vložek výfuku motoru a krycích mříží ventilátoru chladiče		*

Tab. 5.2 – pracovní úkony na naftovém motoru při prohlídkách MM a MV motorové lokomotivy řady 751

Stejným způsobem, jako je naznačeno v Tab.5.2 pro naftový motor, jsou vypracovány postupy periodických prohlídek a oprav pro další části lokomotivy (viz typový náčrt lokomotivy řady 751 na obr. 5.5).

K typovému náčrtu lokomotivy řady 751 na obr. 5.5 přísluší následující označení jednotlivých pozic:

1 – hlavní rám, 2 – přední podvozek, 3 – zadní podvozek, 4 – naftový motor, 5 – turbodmychadlo, 6 –hlavní generátor, 7 – agregát, 8 – kompresor, 9 – převodovka pro pohon hydrostatických čerpadel, 10 – hydrostatické čerpadlo, 11 – hydrostatické čerpadlo, 12 – ventilátorové kolo – 800mm, 13 – ventilátorové kolo – 630mm, 14 – ventilátor chlazení trakčních motorů předního podvozku, 15 – ventilátor chlazení trakčních motorů zadního podvozku, 16 – náhon kompresoru, 17 – plnicí hrdlo palivové nádrže, 18 – plnicí hrdlo vodní nádrže, 19 – skříně baterií, 20 – pravý chladič vody, 21 – levý chladič vody, 22 – žaluzie chladiče vody, 23 – kalorifer, 24 – trakční elektromotor, 25 – volant kontroleru, 26 – kolo ruční brzdy, 27 – brzdič, 28 – stykačová skříň, 29 – dálkový reflektor, 30 – víko násypky písečníku, 31 – štěrbinový filtr oleje, 32 – ohřívač paliva, 33 – vodní čerpadlo s elektromotorem pomocné cirkulace vody, 34 – parní generátor, 35 – hlavní vzduchojemy, 36 – pomocný vzduchojem 220 l, 37 – pomocný vzduchojem přístrojový 50 l, 38 – rozvodový vzduchojem, 39 – houkačka vysokého tónu, 40 – houkačka nízkého tónu, 41 – šatník a skříňka na nářadí, 42 – přídavný rozvaděč, 43 – vodní vyrovnávací nádrž, 44 – olejová nádrž hydrostatických náhonů, 45 – zásobník maziva mazacího zařízení.



obr. 5.5 – typový náčrt lokomotivy řady 751

SEZNAM LITERATURY:

[1] Klimeš F. a kol.: Železniční stavitelství I, SNTL, Praha 1978

[2] Vysloužil J. a kol.: Železniční spodek a svršek I,II, NADAS, Praha 1978

[3] Škach A., Komín S., Kovařík R.: Technická příručka traťového hospodářství, NADAS, Praha 1974

[4] Švejnoch V.a kol.: Teorie kolejových vozidel – skripta ČVUT Praha 1991

[5] Čáp J., Freibauer L., Hlavňa V.: Teorie vozidel – skripta VŠDS Žilina 1985

[6] Freibauer L., Dostál J.: Kolejové vozy I – skripta VŠDS Žilina 1974

[7] Frolová M., Jindra S.: Vozňové hospodárstvo – skripta VŠDS Žilina 1987

[8] Izer J., Janda J., Maruna Z., Zdrůbek S.: Kolejové vozy – skripta VŠDS Žilina 1985

[9] Antonický S.a kol.: Základy kolajovej dopravy – skripta VŠDS Žilina 1987

[10] Pantůček V., Zich L.: Motorová lokomotiva T 478.1, NADAS, Praha 1971

[11] Jindra S., Frolík M.: Osobní vozy ČSD, NADAS, Praha 1975

ČESKO – NĚMECKÝ SLOVNÍK VYBRANÝCH VÝRAZŮ:

A	
adheze	e Adhäsion
adhezní součinitel	r Adhäsionskoeffizient
B	
bočnice vozidla	e Bordwand des Fahrzeuges
brzda	e Bremse
brzda elektromagnetická	elektromagnetische Bremse
brzda kotoučová	e Scheibenbremse
brzda přímočinná	direct wirkende Bremse
brzda ruční	e Handbremse
brzda přídavná	e Zusatzbremse
brzda zdržová	e Klotzbremse
brzda samočinná vzduchová	selbsttätige Druckluftbremse
brzdič	s Führerbremsventil
brzdový kotouč	e Bremsscheibe
brzdový válec	r Bremsbetätigungszylinder
brzdová zdrž	e Bremsklotzsohle
C	
cirkulace vzduchu	e Luftumwälzung
Č	
čep nápravy s vnějšími ložisky	r Achsschenkel bei der Außenlagerung
čep kulový otočný	e Kugeldrehpfanne
D	
délka skříně	e Lenge des Wagenkastens
délka vozu přes nárazníky	e Lenge des Wagens über die Puffern
depo lokomotivní	s Bahnbetriebswerk
depo vozové	s Wagenbetriebswerk
depo vozidel	s Fahrzeugbetriebswerk
dřík nápravy	r Wellenschaft, r Achsschaft
disk kola	e Radscheibe
dvojkolí	r Radsatz
dvojkolí pro normálně rozchodnou trať	r Normalspurradsatz
dvojkolí hnací	r Triebradsatz
E	
elektrický přenos výkonu	elektrische Kraftübertragung
F	
frekvence kmitání skříně vozu	e Wagenkastenwankfrequenz
G	
geometrie koleje	e Gleisgeometrie
geometrie výhybek	e Weichengeometrie
H	
hlavní příčník	r Hauptquerträger
hlavní potrubí	e Hauptluftleitung
hlavní vzduchojem	r Hauptluftbehälter

hmotnost na nápravu	e Achslast
hnací vozidlo	s Triebfahrzeug
hydraulický tlumič	hydraulischer Dämpfer
CH	
charkteristika železničního vozidla	e Eisenbahnfahrzeugscharakteristik
chyba v geometrii koleje	r Gleislagerfehler
I	
identifikace vozidel	e Fahrzeugidentifizierung
indikátor prokluzu kol	r Radschleuderanzeiger
J	
jednoduchá srdcovka	einfaches Herzstück
jízdní obrys železničního kola	s Laufflächenprofil des Eisenbahnrades
K	
kinematický obrys pro vozidlo	kinematische Fahrzeugbegrenzungsprofil
kolej	s Gleis
kolejnice	e Schiene
kolejnicový styk	r Schienenkontakt
kolejový štěrk	r Gleisschotter
kolo diskové	s Scheibenrad
kolo loukoťové	s Speichenrad
kompresor brzdový	r Bremsluftverdichter
konsola trolejového vedení	r Fahrleitungsausleger
konstrukce koleje	e Konstruktion des Gleises
L	
lanový převěs	r Fahrdrahtanfangsdurchgang
listová pružnice	e Blattfeder
ložisková skříň	e Achslagerung
M	
Mezinárodní železniční unie (UIC)	Internationaler Eisenbahnverband
metoda sanace pláně železničního spodku	e Methode der Sanierung des Bahnkörpers
N	
nabíhající kolo	aufkletterndes Rad
náboj kola	e Radnabe
náskok brzdy	e Anfangsbremsbetätigung
nerovnost koleje	e Gleisunebenheit
nákladní vůz	r Güterwagen
nárazník	r Puffer
O	
oblouk koleje	s Bogengleis
obnova železničního svršku	e Eisenbahnoberbauerneuerung
obruč kola	r Radreifen
obrys pro vozidlo	s Fahrzeugbegrenzungsprofil
odvodňovací žebro	e Querentwasserung
okolek	r Spurkranz
okolek opotřebený	abgenutzter Spurkranz
oprava železniční tratě plánovaná	planmäßige Reparatur der Eisenbahnstrecke
osobní vůz	r Reisezugwagen
otočný čep	r Drehzapfen

označování železničních vozidel	e Zeichnung der Eisenbahnfahrzeuge
P	
periodická oprava železničního vozidla	zwischenzeitliche Reparatur des Eisenbahnfahrzeuges
pláň železničního spodku	r Bahnkörper
plnící doba brzdového válce	e Füllzeit des Bremszylinders
podbití pražců	s Stopfen der Schwellen
podkladnice žebrová	e Rippenunterlagsplatte
podvozek železničního vozidla	s Drehgestell des Eisenbahnfahrzeuges
pomocný vzduchojem	r Hilfsluftbehälter
porucha pláně železničního spodku	r Defekt des Bahnkörpers
pražec	e Gleisschwelle
pražec dřevěný	e Holzschwelle
pražec kloubový	e Gelenkschwelle
pražec ocelový	e Stahlschwelle
pražec z předepjatého betonu	e Spannbetonschwelle
primární vypružení	e Primärfederung
průjezdní průřez	r Regelquerschnitt
pružina nárazníku	e Pufferfeder
pružné upevnění	elastische Schienenbefestigung
přechodnice oblouku	r Übergangsbogen
převýšení koleje v oblouku	e Überhöhung des Bogengleises
přídržnice	e Gegenschiene, r Radlenker
přímá kolej	s Geradegleis
R	
rám podvozku	r Drehgestellrahmen
rekonstrukce železniční tratě	e Rekonstruktion der Eisenbahnstrecke
rozchod dvojkolí	r Radabstand
rozchod koleje	e Spurweite
rozvaděč	s Steuerventil
rozvor podvozku	r Drehgestellachsabstand
rozvor celkový (vozu)	r Gesamtachsstand
Ř	
řetězový závěs	e Kettenaufhängung
S	
sanace pláně železničního spodku	e Sanierung des Bahnkörpers
sanace železniční tratě	e Sanierung der Eisenbahnstrecke
sedlo náboje	–r Nabensitz
sekundární vypružení	e Sekundärfederung
skříň vozu	r Wagenkasten
stabilisace pláně železničního spodku	e Stabilisierung des Bahnkörpers
standardisace	e Standardisierung
statický obrys pro vozidlo	statische Fahrzeugbegrenzungsprofil
stožár trakčního vedení	r Fahrleitungsmast
svěrka	e Klemmschraube
Š	
štěrkové lože	durchgehendes Schotterbett
šířka skříně vozu	e Breite des Wagenkastens
T	
tažná síla	e Zugkraft

teoretické převýšení	ausgleichende Überhöhung
teplotní dilatace kolejnice	e Temperaturdehnung der Schiene
tlak v brzdovém potrubí	r Bremsleitungdruck
tlak v brzdovém válci	r Bremszylinderdruck
tlumení	e Dämpfung

U

údržba železniční tratě	e Unterbauverbesserung der Eisenbahnstrecke
údržba železničního vozidla	e Eisenbahnfahrzeugunterhaltung
únosnost kolejnice	e Tragfähigkeit der Schiene
únosnost pláně železničního spodku	e Tragfähigkeit des Bahnkörpers
upevnění kolejnice	e Schienenbefestigung

V

vaznice střechy vozu	e Dachpfette des Wagens
vodící síla	e Führungskraft
vrstva štěrku	e Kiesschutzschicht
vrtule	r Wellendübel
výhybka	e Weiche
výměna odvratná	e Schutzweiche
vypružení	e Federung
Výzkumný a zkušební úřad (ERRI)	Forschungs und Versuchsamt
vzdálenost otočných čepů	e Entfernung der Drehzapfen
vzepětí koleje v obloku	e Pfeilhöhe des Bogengleises
vzestupnice koleje	e Überhöhungsrampe des Gleises
vzpěrný kroužek	r Sprengring

Z

závěs pružnice	e Zugfederlasche
zavěšení troleje	e Fahrdrahtaufhängung
zemní těleso	r Erdkörper

Ž

železnice	e Eisenbahn
železnice adhezní	e Adhäsionsbahn
železniční doprava	r Eisenbahnverkehr
železniční provoz	s Eisenbahnwesen
železniční trať	e Eisenbahnstrecke
železniční těleso	r Eisebahnkörper
železniční spodek	r Eisebahnunterbau
železniční svršek	r Eisenbahnoberbau
železniční vozidlo	s Eisenbahnfahrzeug

1. ÚVOD 3

2. STANDARDIZACE V ŽELEZNIČNÍ TECHNICE 4

2.1 Mezinárodní železniční unie (UIC) 4
2.2 Výzkumný a zkušební úřad (ERRI) 6

3. ŽELEZNIČNÍ TRAŤ 7

3.1 Třídění železničních tratí 7
3.2 Železniční těleso 7
3.3 Železniční spodek 8
3.3.1 Zemní těleso *8*
3.3.2 Pláň železničního spodku *9*
3.3.2.1 Poruchy pláně železničního spodku 10
3.3.2.2 Sanace pláně železničního spodku 11
3.4 Železniční svršek 13
3.4.1 Železniční kolej *13*
3.4.1.1 Kolejnice 14
3.4.1.2 Upevnění kolejnice na podpory 20
3.4.1.3 Pražce 24
3.4.1.4 Základní útvary koleje 28
3.4.1.5 Převýšení koleje v oblouku 31
3.4.1.6 Průjezdní průřez 36
3.4.2 Kolejové lože *39*
3.5 Zařízení na elektrizovaných tratích 40
3.6 Údržba a opravy tratí 42
3.7 Rekonstrukce tratí 44
3.7.1 Zvýšení povolené hmotnosti na nápravu *44*
3.7.2 Zvýšení rychlosti *44*

4. ŽELEZNIČNÍ VOZIDLO 46

4.1 Charakteristiky železničního vozidla 46
4.2 Rozdělení železničních vozidel 46
4.2.1 Tažená vozidla (vozy) *47*
4.2.2 Hnací vozidla *49*
4.3 Základní pojmy o železničním vozidle 52
4.3.1 Obrys pro vozidla *55*
4.4 Dvojkolí 60
4.5 Styk kola s kolejnicí 62

4.6 Adheze 63
4.7 Trakční odpory 64
4.7.1 Traťové odpory 65
4.7.2 Vozidlové odpory 66
4.7.2.1 Jízdní odpor vozidla 66
4.7.2.2 Odpor ze setrvačnosti vozidla 67
4.8 Tažná síla hnacího vozidla 68
4.9 Jízda vozidla v přímé koleji 69
4.10 Jízda vozidla v oblouku 69
4.11 Brzdy železničních vozidel 71
4.11.1 Druhy brzd 71
4.11.2 Součásti a zařízení tlakové brzdy 76
5. PROVOZ, ÚDRŽBA A OPRAVY ŽELEZNIČNÍCH VOZIDEL 78
5.1 Provoz železničních vozidel 78
5.1.1 Lokomotivní depa 79
5.1.2 Vozová depa 80
5.2 Údržba železničních vozidel 81
5.3 Opravy železničních vozidel 86
5.3.1 Neplánované opravy 86
5.3.2 Periodické opravy 87
5.3.2.1 Periodické opravy osobních vozů 87
5.3.2.2 Periodické opravy nákladních vozů 88
5.3.2.3 Periodická udržovací soustava hnacích vozidel 89
SEZNAM LITERATURY: 92
ČESKO – NĚMECKÝ SLOVNÍK VYBRANÝCH VÝRAZŮ: 93

Rukopis neprošel redakční ani jazykovou úpravou vydavatelství. Za odbornou a obsahovou náplň skript odpovídá vedoucí dopravních prostředků Dopravní fakulty Jana Pernera Prof. Ing. Jaroslav Čáp, DrSc.

Název	Základy dopravní techniky
Autor	Ing. Bohumil Culek, CSc.
Vydavatel	Univerzita Pardubice
Edice povolena	na základě živnostenského listu č. 003064 vydaného Živnostenským úřadem v Pardubicích
Určeno pro	posluchače Dopravní fakulty Jana Pernera Univerzity Pardubice
Vedoucí katedry	Prof. Ing. Jaroslav Čáp, DrSc.
Odpovědný redaktor	Ing. Jaromír Zelenka, CSc.
Do tisku	duben 1996
Str. / Obr. / Tab.	96 / 91 / 6
Náklad	200 výtisků
Vydání	první
AA / VA	10,31 / 10,44
Publikace č.	95-07/DF
Tisk	ofset v Edičním středisku Univerzity Pardubice

55 - 715 - 96

ISBN 80-7194-052-6

Název	Základy dopravní techniky
Autor	Ing. Bohumil Culek, CSc.
Vydavatel	Univerzita Pardubice
Edice povolena	na základě živnostenského listu č. 003064 vydaného Živnostenským úřadem v Pardubicích
Určeno pro	posluchače Dopravní fakulty Jana Pernera Univerzity Pardubice
Vedoucí katedry	Prof. Ing. Jaroslav Čáp, DrSc.
Odpovědný redaktor	Ing. Jaromír Zelenka, CSc.
Do tisku	duben 1996
Str. / Obr. / Tab.	96 / 91 / 6
Náklad	200 výtisků
Vydání	první
AA / VA	10,31 / 10,44
Publikace č.	95-07/DF
Tisk	ofset v Edičním středisku Univerzity Pardubice

Kč - 48 -

55 - 715 - 96

ISBN 80-7194-052-6