

UNIVERZITA PARDUBICE

Dopravní Fakulta Jana Pernera

DVOUNÁPRAVOVÉ PODVOZKY OSOBNÍCH VOZŮ

Michal HAVRÁNEK

Bakalářská práce

2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal HAVRÁNEK**
Osobní číslo: **D07294**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky-Kolejová vozidla**
Název tématu: **Dvounápravové podvozky osobních vozů**
Zadávající katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Vytvořit přehled problematiky dvounápravových podvozků osobních vozů se zaměřením na vývoj, konstrukci, používané typy a jejich odlišnosti a zvláštnosti. Vypracovat:

1. Historický vývoj dvounápravových podvozků osobních vozů.
2. Konstrukční požadavky na podvozky osobních vozů.
3. Přehled konstrukčních řešení dvounápravových podvozků osobních vozů.
4. Technické řešení nepoužívanějších typů podvozků osobních vozů.

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího BP
Rozsah pracovní zprávy: 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- [1] ČSN EN 13 749: Železniční aplikace - Dvojkolí a podvozky - Metoda specifikování požadavků na rámy podvozků. Praha: Český normalizační institut, 2005. 52 s.
- [2] IZER, J., JANDA, J., MARUNA, Z., ZDRŮBEK S. Kolejové vozy, Bratislava: ALFA, 1 vydání, 1986, 380s., ISBN 63-870-84.
- [3] POHL, Rudolf, NOVOTNÝ, Ctirad. Železniční vozidla I. Praha: ČVUT, 2002. 284 s. ISBN 80-01-02622-1.
- [4] POHL, Rudolf, NOVOTNÝ, Ctirad. Železniční vozidla II. Praha: ČVUT, 2003. 355 s. ISBN 80-01-02690-6.
- [5] HANNEFORTH, Wolfgang, FISCHER, Werner. Laufwerke. Berlin: Verlag für Verkehrswesen, 1986.
- [6] BAUR, Karl Gerhard. Drehgestelle - Bogies. Freiburg: EK Verlag, 2006. 288 s. ISBN-13 978-3-88255-147-1.

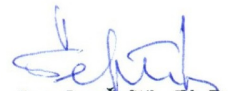
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Aleš Hába, Ph.D.
Katedra mechaniky, materiálů a částí strojů

Datum zadání bakalářské práce: 25. února 2011
Termín odevzdání bakalářské práce: 31. května 2011



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.



Ing. Ivo Šefčík, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. února 2011

PROHLÁŠENÍ AUTORA

Prohlašuji,

že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na mojí práci vztahují práva a povinnosti vyplívající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména ze skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

PODĚKOVÁNÍ

Moje poděkování především patří vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Aleši Hábovi, Ph.D., který mi poskytl cenné rady, náměty a připomínky při zpracování zadaného tématu. Dále poděkování patří mým rodičům, Ondřeji Kašparovi a kolegům z Železničního muzea výtopna Jaroměř za poskytnutí přístupu do archivu muzea. Poslední řádky poděkování bych rád věnoval pracovníkům Dislokovaného pracoviště Dopravní fakulty Jana Pernera v České Třebové za poskytnutí studijního zázemí.

ANOTACE

Rešeršní bakalářská práce je zaměřena na popis dvounápravových podvozků osobních železničních vozů. Mapuje jak historické, tak i současné konstrukce používané na českých železnicích. Též se zabývá konstrukčními celky podvozku, u kterých jsou vždy popsána jednotlivá řešení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Osobní vůz, podvozek, vypružení, dvojkolí, vedení dvojkolí

TITLE

Two-axle bogies of passenger cars

ABSTRACT

The search work is aimed to describe two-axle bogies of passenger railway carriage. It surveys both the historical and present, the construction used in the Czech railways. It also deals with the construction bogie, which are always described by several power solution.

KEYWORDS

Coach, bogie, suspension, wheel set, conducting of wheel sets

Dvounápravové podvozky osobních vozů	7	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	---	---

OBSAH

1. ÚVOD.....	10
2. VÝVOJ PODVOZKŮ OSOBNÍCH VOZŮ	11
2.1. STŘEDOEVROPSKÝ PODVOZEK KkStB	13
2.2. PODVOZEK SE JHY (TZV. PENSYLVÁNSKÝ)	14
2.3. Podvozek s PŘÍMÝMI JHY	16
2.4. KONSTRUKCE KRÁLOVOPOLSKÝCH STROJÍREN	17
2.5. MEZIVÁLEČNÉ PODVOZKY LEHKÉ KONSTRUKCE	18
2.6. GÖRLITZ I - IV	20
3. KONSTRUKCE OSOBNÍCH PODVOZKŮ	22
3.1. ROZDĚLENÍ PODVOZKŮ DLE POUŽITÍ	22
3.1.1. Podvozky pro osobní vozy běžné stavby	22
3.1.2. Podvozky pro vysoké rychlosti	23
3.1.3. Podvozky pro vozy s naklápěcími skříněmi	23
3.1.4. Jakobsovy podvozky	23
3.1.5. Podvozky pro provoz na regionálních tratích	23
3.2. ROZDĚLENÍ PODVOZKŮ DLE KONSTRUKCE	24
3.2.1. Kolébkové podvozky	24
3.2.2. Bezkolébkové podvozky	26
4. KONSTRUKČNÍ POŽADAVKY	27
4.1. VYPRUŽENÍ	27
4.1.1. Základní funkce vypružení	27
4.1.2. Požadavky na vypružení	27
4.1.2.1. Zajištění minimální výšky nárazníků.....	27
4.1.2.2. Bezpečnost proti vykolejení.....	28
4.1.2.3. Komfort jízdy (vlastní frekvence kmitů)	28
4.1.2.4. Tlumení	29
4.1.3. Charakteristika vypružení	29
4.1.4. Prky vypružení	30
4.1.4.1. Šroubovitá válcová pružina	30
4.1.4.2. Lichoběžníková pružnice	31
4.1.4.3. Parabolická pružnice	31
4.1.4.4. Vzduchová pružina	31

Dvounápravové podvozky osobních vozů	8	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	---	---

4.1.4.5.	Pryžová pružina	32
4.1.4.6.	Závěsy	32
4.1.4.7.	Tlumiče	33
4.2.	VEDENÍ DVOJKOLÍ.....	33
4.2.1.	Základní funkce vedení dvojkolí	34
4.2.2.	Požadavky na vedení dvojkolí	34
4.2.3.	Geometrie náprav.....	34
4.2.4.	Jednotlivé typy vedení dvojkolí.....	35
4.2.4.1.	Rozsochové vedení dvojkolí.....	35
4.2.4.2.	Vedení dvojkolí svislými čepy	35
4.2.4.3.	Vedení dvojkolí pružnými pasy	35
4.2.4.4.	Vedení dvojkolí pryží	36
4.2.4.5.	Vedení dvojkolí kyvným ramenem.....	36
4.2.4.6.	Vedení dvojkolí ojnicemi.....	37
4.3.	DVOJKOLÍ	37
4.3.1.	Požadavky na dvojkolí.....	38
4.4.	RÁM PODVOZKU	38
4.4.1.	Požadavky na rám	38
4.4.2.	Torzní poddajnost rámu	38
4.5.	ULOŽENÍ VOZOVÉ SKŘÍŇE.....	40
4.5.1.	Požadavky na uložení vozové skříně	40
4.5.2.	Vymezení příčných vřel	40
4.6.	BRZDA.....	40
4.6.1.	Zdržová brzda	41
4.6.2.	Kotoučová brzda	42
4.6.3.	Magnetická kolejnicová brzda	43
4.6.4.	Vířivá kolejnicová brzda.....	43
5.	PŘEHLED OSOBNÍCH PODVOZKŮ	44
5.1.	GÖRLITZ V/VA	44
5.2.	GÖRLITZ V/DUNAKESZI.....	45
5.3.	GÖRLITZ VI	46
5.4.	GÖRLITZ VIII.....	47
5.5.	GP 200.....	48
5.6.	SGP 300	51

Dvounápravové podvozky osobních vozů	9	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	---	---

5.7.	SGP 400	53
5.8.	MD 50	54
5.9.	MD 36	55
5.10.	MD 52x	57
5.11.	Y32.....	59
5.12.	VÚKV 801	61
5.13.	VÚKV 8 – 833.....	62
6.	ZÁVĚR	64
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	65

Dvounápravové podvozky osobních vozů	10	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

1. ÚVOD

Již od počátku železnic se konstruktéři zabývali pojezdy železničních vozidel. Jejich snahou bylo dosáhnout optimálních jízdních vlastností, nenáročné údržby a kvalitního cestovního komfortu. Aby tohoto dosáhli, zrodila se ve Spojených státech amerických počátkem 19. století myšlenka podvozkového uspořádání pojezdu. Tato koncepce se dostává i do Evropy, kde v následujících dvou stoletích zaznamenala bouřlivý vývoj, který dal vzniknout různým typům podvozků osobních železničních vozů. Tato rešeršní bakalářská práce se pokouší čtenáři přiblížit pouze část z tohoto velkého množství rozmanitých konstrukcí. V první části seznamuje s vývojem předválečných i meziválečných podvozků osobních železničních vozů používaných u Československých státních drah, též i se stručným vývojem německých podvozků řady Görlitz I – IV. V další kapitole se dozvíte o třídění podvozků dle použití v provozu a o jejich základních konstrukčních rozdílech. Také nesmí být opomenuto rozdělení osobních podvozků do dvou základních konstrukčních skupin, a to na podvozky kolébkové a bezkolébkové. Dále se dozvíte základní informace o jednotlivých konstrukčních uzlech podvozků osobních vozů, také jsou zde nastíněny možné konstrukční řešení a jejich výhody či nevýhody. Poslední kapitola bakalářské práce se zabývá přehledem nejrozšířenějších podvozků používaných na českých železnicích v období od druhé světové války až po současnost.

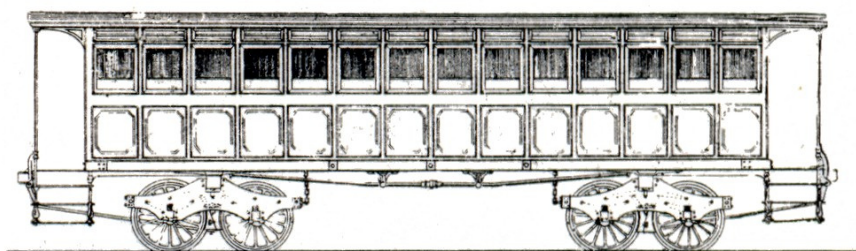
Dvounápravové podvozky osobních vozů	11	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

2. VÝVOJ PODVOZKŮ OSOBNÍCH VOZŮ

První železniční vozy vznikají počátkem devatenáctého století v Anglii a výrazně se odlišovaly od vozů doposud používaných na koněspřežných drahách. Vozy koněspřežných drah spíše připomínaly dostavníkové vozy než železniční. Nová koncepce stavby železničních vozů zavedla řadu nových konstrukčních řešení. Rám byl zesílen a tak tvořil základ pro stavbu různých typů vozových skříní, odpružení bylo vyřešeno pomocí pružnic umístěných mezi rám a dvojkolí. Další konstrukční změnou bylo to, že dvojkolí již nebyla natáčivá, ale pevně vedena rozsochami. Pevný rám dovolil železničním konstruktérům postupně zvětšovat rozvor, který se u prvních vozů pohyboval pouze okolo 2,5 m.

Aby byl zvýšen komfort cestování a zlepšeny jízdní vlastnosti vozů, hlavně při vyšších rychlostech, vzniká nové uspořádání pojezdu. Toto řešení spočívalo v připevnění dvou nízkých dvounápravových vozů na kraje dlouhého rámu pomocí svislých čepů.

První podvozkové, čtyřnápravové vozy na území Rakouska-Uherska zakoupila dráha Wien – Raab v roce 1841. Podvozky těchto vozů byly odvozeny z amerických konstrukcí a skládaly se z plechových nýtovaných postranic, čelníků a příčníků. Tyto podvozky měly pouze jeden stupeň vypružení, který tvořily vinuté kuželové pružiny umístěné mezi ložiskovou skříní a rám vozu. K rámu vozu byly tyto podvozky připevněny pomocí dřevěných čepů. Poměrně tuhá konstrukce s krátkým rozvorem přibližně 1200mm spolu s nekvalitním železničním svrškem způsobovala časté vykolejování.

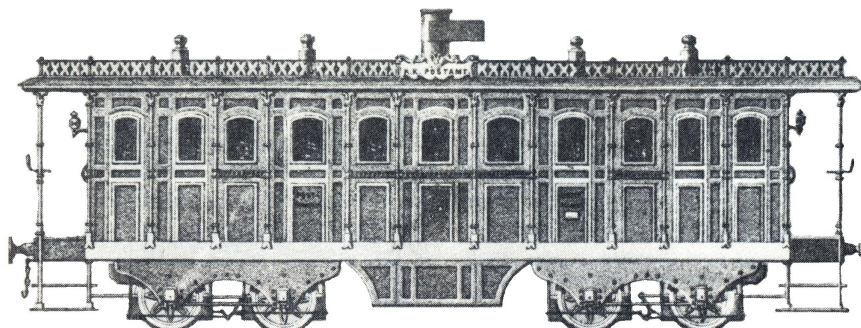


Obr. 1. Dřevorytina čtyřnápravového osobního vozu dráhy Vídeň - Kognice z roku 1842
[14]

V roce 1845 zakoupila Severní dráha císaře Ferdinanda čtyřnápravové podvozkové vozy, které konstrukčně vycházely z vozů dráhy Wien – Raab. Tyto vozy měly vzdálenost otočných čepů 6320 mm a rozvor podvozků činil pouze 1500 mm. Vypružení dvojkolí bylo zajištěno pomocí pružnic. U některých podvozků byly nápravy provahadlované, ale i přes tyto změny

Dvounápravové podvozky osobních vozů	12	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

nedošlo ke zvýšení bezpečnosti proti vykolejení. Proto se v následujících letech téměř upouští od stavby podvozkových osobních vozů na českých železnicích.



Obr. 2. Poštovní vůz používaný v roce 1853 u Severní dráhy císaře Ferdinanda (rozvor podvozku cca 1600 mm, vzdálenost otočných čepů cca 5800 mm) [1]

Nástup rychlíkové dopravy v devadesátých letech předminulého století si vyžádal nové konstrukční řešení osobních vozů. Vznikají nové tří a čtyřnápravové vozy, které mají nabídnout cestujícím vyšší komfort, nikoliv však zavést nový standart do rychlé železniční dopravy. Musíme si uvědomit, že v tomto období byly do těchto vlaků zařazovány i vozy dvounápravové, které měly mnohdy rozvor kratší jak sedm metrů. Jako vzor pro stavbu čtyřnápravových podvozkových vozů posloužil dvorní vlak rakouského císaře, který byl dodán Ringhofferovými závody v roce 1891. Z osmivozového vlaku bylo pět vozů čtyřnápravových, ostatní třínápravové. Čtyřnápravové vozy byly opatřeny již podvozky tzv. středoevropského typu. Následně státní dráhy (K.k.St.B.) objednávají vozy I. třídy v salónní úpravě pro lázeňské rychlíky z Vídně do Karlových Varů a Mariánských lázní. Posléze K.k.St.B. začaly přecházet k čtyřnápravovým vozům, nejprve u I. a II. vozové třídy. Když začala být rychlíková doprava přístupná i střední společenské třídě, byly před první světovou válkou zaváděny do provozu podvozkové vozy třetí třídy. U většiny tehdejších vozů byl použit středoevropský podvozek.

Po vzniku československých státních drah (ČSD) bylo zapotřebí obnovit a sjednotit vozový park. Pro nově dodávané vozy se i nadále používal středoevropský podvozek avšak v novém provedení „If“ s valivými ložisky. Poslední užití těchto podvozků je u dodávek poštovních vozů řady Fa v roce 1934, jsou to i zároveň poslední čtyřnápravové vozy s dřevěnou skříní dodané ČSD. Nové konstrukce podvozků se začínají objevovat až s příchodem celokovových skříní rychlíkových vozů řad Ca, BCa, CDa a Da počátkem třicátých let.

V meziválečném období mají všechny používané podvozky společné rysy. Jsou kolébkové, primárním stupněm vypružení zajišťují pružnice nebo šroubovitě válcové

Dvounápravové podvozky osobních vozů	13	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

pružiny. V sekundárním stupni vypružení se používají pouze pružnice jak trapézové tak i eliptické (kočárové). Tento vývoj je způsoben absencí tlumících prvků, které se začínají objevovat až po druhé světové válce. Díky rozvoji sváření pomocí elektrického oblouku se přechází od nýtovaných ráků ke svařovaným. K osvětlení vozů se přestaly používat plynové lampy a zavádí se elektrické osvětlení, proto vždy jeden podvozek vozu je osazen dynamem zavěšeným na nosiči. Pohon dynama je zajištěn plochým řemenem od řemenice umístěné na nápravě dvojkolí. Podvozky jsou brzděny špalíkovou brzdou s brzdovými válci umístěnými na rámu vozu.

V třicátých letech přicházejí do provozu ČSD motorové vozy pro dálkovou dopravu, ke kterým vznikají nové konstrukce přípojných vozů lehké stavby s novými odlehčenými podvozky.

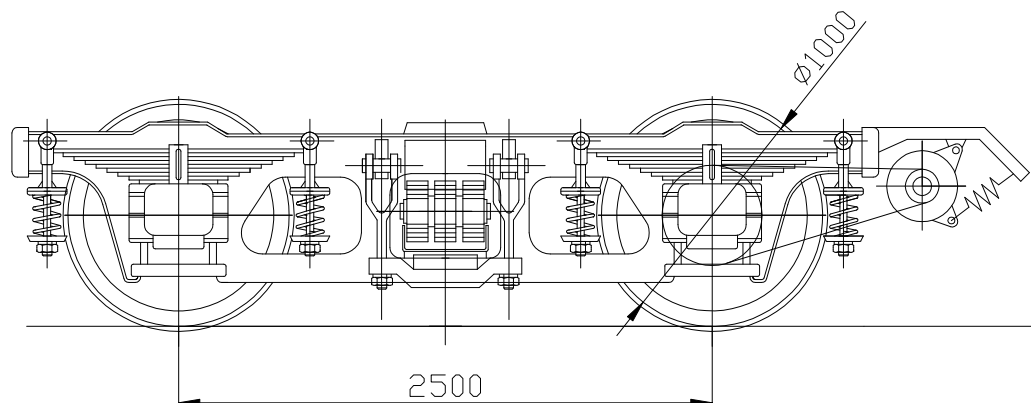
Po druhé světové válce na našem území zůstává vlivem válečných událostí řada podvozkových osobních vozů, převážně německé konstrukce s různými typy podvozků. Do šedesátých let se při stavbě podvozků vycházelo z předválečných konstrukcí. Změna nastává až s dodávkami nových rychlíkových vozů s podvozky Görlitz V v šedesátých letech.

2.1. STŘEDOEVROPSKÝ PODVOZEK KkStB

Středoevropský podvozek vznikl začátkem devadesátých let 19. století a byl vyráběn v různých variantách až do třicátých let 20. století. Poslední dodávka byla Československým státním drahám (ČSD) předána v roce 1934 u poštovních vozů řady Fa.

Základ tohoto dvounápravového kolébkového podvozku o rozvoru 2500 mm tvoří nýtovaný rám. Bočnice jsou vyrobeny z 13 mm silného plechového výlisku s odlehčujícími otvory. K bočnicím jsou přinýtovány příčníky, čelníky a šikmě výztuhy. Primární stupeň vypružení je vyřešen pomocí listových pružin s 11 nebo 12 listy, závěsy pružnic jsou doplněny o válcové pružiny s obdélníkovým nebo elipsovitým průřezem drátu. Sekundární stupeň vypružení je umístěn mezi spodní a horní kolébkou. Tvoří jej pár eliptických (kočárových) pružnic. Spodní kolébka je zavěšena v rámu podvozku pomocí šikmých závěsů. Do podvozků byla zavazována jak loukoťová, tak i plná dvojkolí o jmenovitém průměru 1000 mm. Kluzná nápravová ložiska byla u posledních sérií nahrazena za valivá. Spojení podvozku se skříní vozu je zprostředkováno pomocí ploché torny a dvou neodpružených kluznic uložených na horní kolébce. Přenos pracovních sil mezi horní kolébkou a rámem podvozku zajišťují kluznice. Aby nedošlo, k zpříčení podvozku vůči skříní vozu je podvozek spojen s rámem vozu čtyřmi řetězy. Podvozek je osazen zdržovou brzdou a dynamem zavěšeným na nosiči.

Dvounápravové podvozky osobních vozů	14	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---



Obr. 3. *Středoevropský podvozek KkStB*



Obr. 4. *Středoevropský podvozek KkStB If pocházející ze služebního vozu řady Fa*

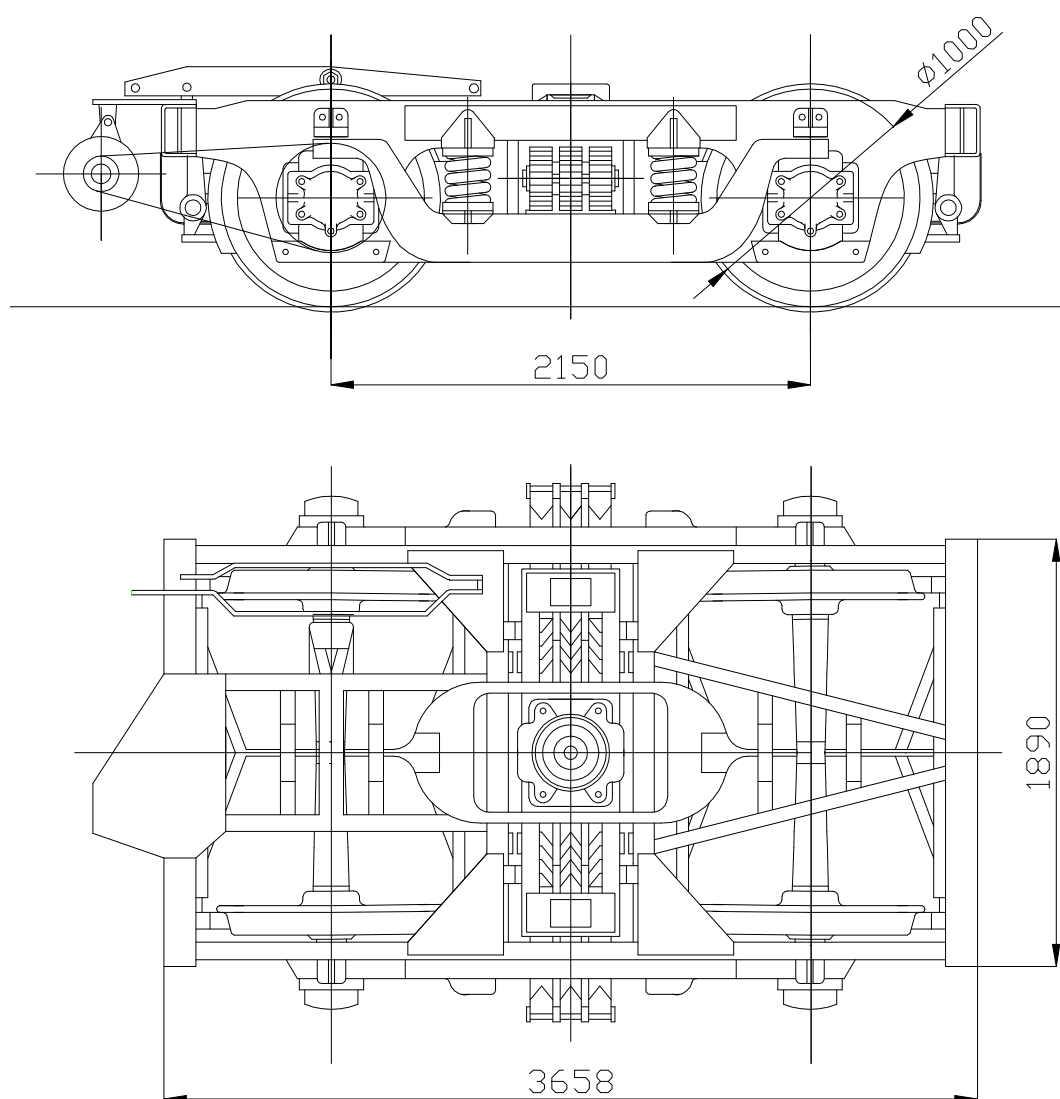
2.2. PODVOZEK SE JHY (tzv. pensylvánský)

Podvozky s horními jhy se u ČSD začaly používat s příchodem celokovových skříní osobních železničních vozů počátkem třicátých let 19. století. Tyto podvozky se vyráběly v různých variantách téměř do poloviny šedesátých let.

První série podvozků byla dodána pro služební vozy řady Da v roce 1930. Tyto podvozky měly rozvor 2500 mm a valivá ložiska SKF. Samotný rám byl odvozen od středoevropského podvozek KkStB If. Rámy následujících variant podvozků prošly různými konstrukčními úpravami.

Jedná se o nýtovaný později svařovaný dvounápravový kolébkový podvozek s horními jhy. Rozvor podvozek se u jednotlivých sérií pohybuje v rozmezí 2150-2500mm. Základ podvozek tvoří plechové lisované bočnice, ke kterým jsou připevněny čelníky a příčníky.

Primární stupeň vypružení je umístěn mezi rám podvozku a jho, což má za následek značné nevypružené hmoty, které negativně ovlivňují železniční svršek. V tomto stupni vypružení jsou použity šroubovitě válcové pružiny. Vedení dvojkolí je rozsochové. Sekundární stupeň vypružení je řešen obdobně jako u středoevropského podvozku KkStB pomocí páru eliptických pružnic, které jsou umístěny mezi spodní a horní kolébku. Spodní kolébka je zavěšena v rámu podvozku pomocí šikmých závěsů. Do podvozku byla zavazována dvojkolí o jmenovitém průměru 1000 mm. Skříň vozu je uložena na horní kolébce pomocí ploché torny a dvou neodpružených kluznicích. Přenos pracovních sil mezi horní kolébkou a rámem podvozku zajišťují kluznice. Podvozek je opatřen špalíkovou brzdou a dynamem.



Obr. 5. Celosvařovaný podvozek se jhy

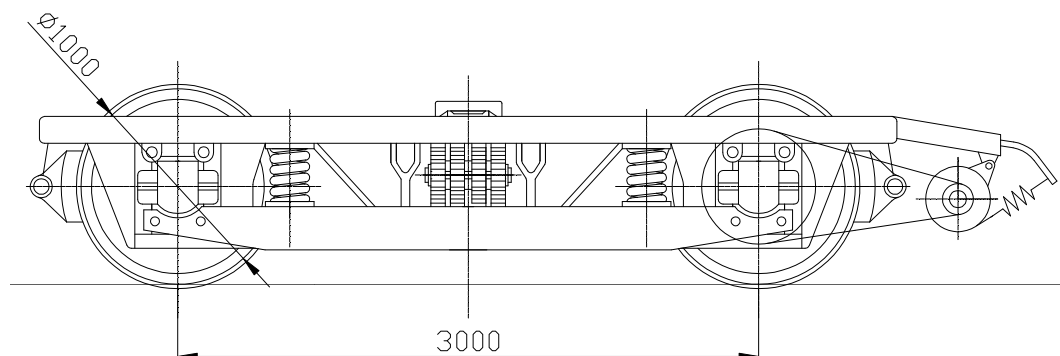


Obr. 6. Podvozek se jhy zavázaný pod vozem řady ABa

2.3. PODVOZEKN S PŘÍMÝMI JHY

V roce 1936 byly Ringhofferovými závody v Praze dodány ČSD tři služební vozy řady Da s podvozky s přímými jhy. Tyto podvozky byly též použity u rychlíkových vozů řad Ca a BCa dodávaných těsně před druhou světovou válkou. Tento nový typ podvozku s rozvorem 3000 mm měl zajistit lepší jízdní vlastnosti při vyšších traťových rychlostech. Aby byla snížena hmotnost nevypružených hmot, byly použity přímé jhy namísto horních.

Rozvoj sváření pomocí elektrického oblouku umožnil zkonstruovat celosvařovaný, kolébkový podvozek. Primární stupeň vypružení tvoří válcové pružiny, které jsou uloženy mezi jhem a rámem podvozku. Sekundární stupeň je řešen obdobně jako u předchozích podvozků. Tvoří jej dvojce parabolických pružin umístěných mezi spodní a horní kolébkou. Spodní kolébka je v rámu podvozku zavěšena na šikmých závěsech. V podvozku jsou zavázaná dvojkolí o jmenovitém průměru 1000 mm. Kluzná ložiska dvojkolí byla opatřena mazacím systémem Isothermos. Namísto mazacích polštářů byl olej rozstříkovaný v ložiskové skříni pomocí plechového kroužku, který se ve spodní části smáčel v oleji. Posléze olej stékal ze stěn ložiskové skříně do speciálně upravené pánve, kde byl mazacími kanálky přiveden na čep nápravy. Jednalo se o poslední použití kluzných ložisek u osobních vozů ČSD. V průběhu padesátých let byla nespolehlivá kluzná ložiska u těchto podvozků nahrazena valivými.

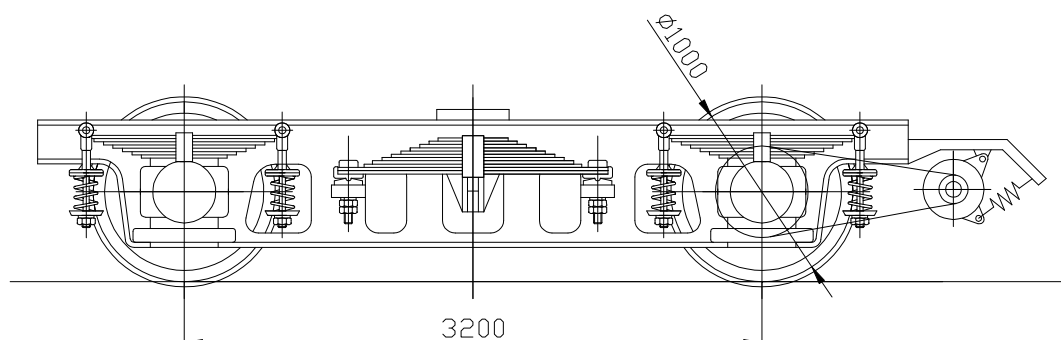


Obr. 7. Podvozek s přímými jhy

2.4. KONSTRUKCE KRÁLOVOPOLSKÝCH STROJÍREN

V roce 1936 byly ČSD dodány nové služební vozy řady Da z produkce Ringhofferových závodů a Královopolských strojiren v Brně. Každý výrobce zvolil pro vůz vlastní konstrukci podvozku. Ringhoffer použil podvozky o rozvoru 3000 mm se spodními jhy. Královopolská zavazovala pod tyto vozy podvozky o rozvoru 3200 mm, které byly odvozeny od podvozků Görlitz III.

Základ nýtovaného rámu podvozku tvoří dvě lisované bočnice s odlehčujícími otvory, ke kterým jsou připevněny čelníky a příčníky. Primární stupeň vypružení je řešen obdobně jako u střeoevropského podvozku. Kolébka podvozku je zavěšena přímo na pružnici sekundárního stupně vypružení. Skříň vozu je uložena na kolébce pomocí ploché torny a dvou kluznic. Přenos podélných sil mezi kolébkou a rámem podvozku zajišťují kluznice. Vedení dvojkolí je rozsochové. Podvozek je opatřen zdržovou brzdou a dynamem.

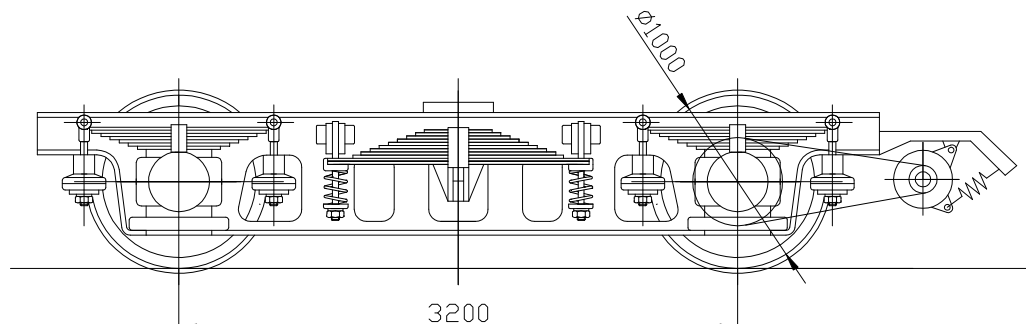


Obr. 8. Podvozek královopolských strojiren pro vozy řady Da z roku 1936

V roce 1937 byl u dodávek nových poštovních vozů řady Fa použit zdokonalený podvozek Královopolských strojiren. Ten se lišil od původní varianty v obou stupních

Dvounápravové podvozky osobních vozů	18	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

vypružení, u primárního stupně byly nahrazeny v závěsech válcové pružiny gumokovovými a sekundární stupeň byl doplněn o odpružené závěsy pružnice.

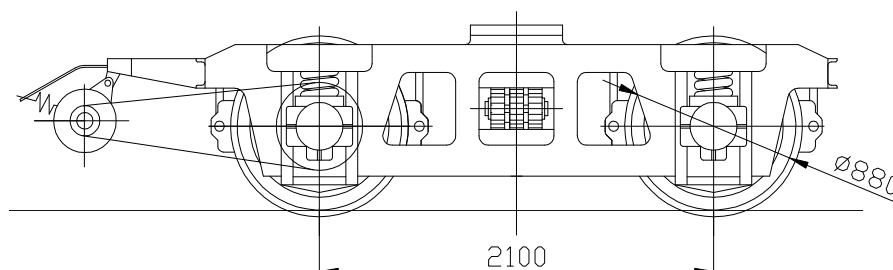


Obr. 9. Podvozek královopolských strojíren pro vozy řady Fa z roku 1937

2.5. MEZIVÁLEČNÉ PODVOZKY LEHKÉ KONSTRUKCE

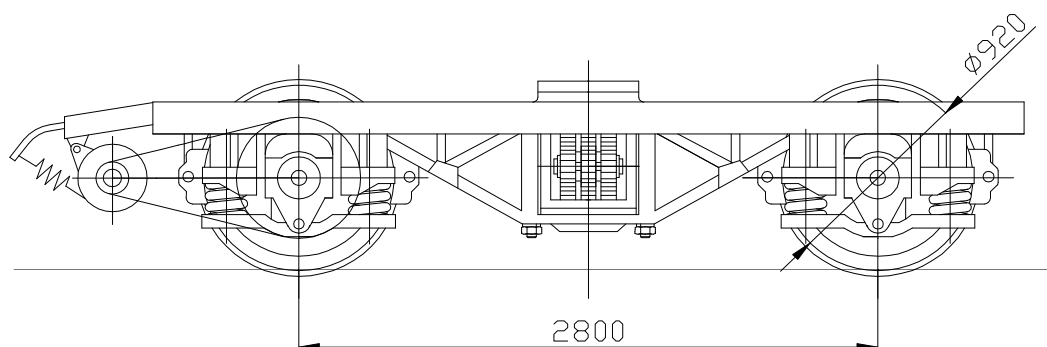
Ve třicátých letech začínají ČSD rozšiřovat vozový park o nové motorové vozy pro dálkovou dopravu. Spolu s těmito vozy objednávají i přípojné vozy lehké stavby, pro které vznikají v průběhu následujících let celkem čtyři konstrukce podvozků.

V roce 1934 byly Ringhofferovými závody dodány první čtyřnápravové podvozkové vozy řady Calm. Pro dosažení nízké hmotnosti podvozků je použit rozvor pouhých 2100 mm. V primárním stupni vypružení byly použity válcové pružiny, umístěné mezi ložiskovou skříň a rám podvozku. Vedení dvojkolí bylo rozsochové. Vypružení kolébky bylo vyřešeno obdobně jako u podvozků středoevropského typu pomocí parabolických pružnic. Do podvozku byla zavazována dvojkolí o jmenovitém průměru 880 mm s valivými ložisky. Skříň vozu byla uložena na kolébce pomocí ploché torny a neodpružených kluznic. Přenos pracovních sil mezi kolébkou a rámem podvozku zajišťovaly kluznice. Obdobné podvozky jsou použity i u vozů řady Calm z roku 1935.



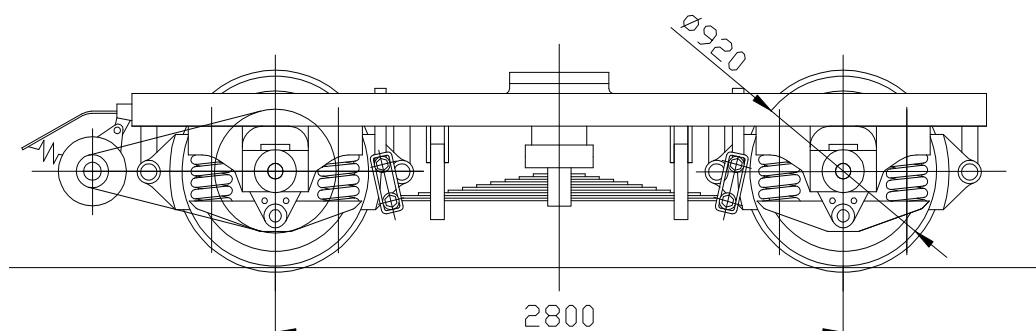
Obr. 10. Podvozek lehké konstrukce pro přípojné vozy řady Calm z roku 1934

U třetí série vozů Calm z roku 1936 použily Ringhofferovy závody nové podvozky o rozvoru 2800 mm. Aby byla snížena hmotnost podvozku, byl rám svařen z profilů a výlisků. Prvotní stupeň vypružení byl tvořen dvěma válcovými pružinami, které spočívaly na vahadle zavěšeném pod ložiskovou skříní. Vypružení kolébky bylo řešeno obdobně jako u předchozí série podvozků. Dvojkolí o průměru 920 mm byla zavázaná v kluzných ložiscích.



Obr. 11. Podvozek lehké konstrukce pro přípojný vozy řady Calm z roku 1936

U posledních předválečných přípojných vozů z let 1939-1942 a 1949-1950 byly použity podvozky konstrukce Tatra. Jednalo se o celosvařovaný kolébkový podvozek s rozvorem 2800 mm. Primární stupeň vypružení je vyřešen obdobně jako u předchozího podvozku pomocí šroubovitých válcových pružin uložených na vahadlech, která jsou zavěšena pod ložiskovou skříní. Kolébka je proti rámu odpružena pomocí dvou pružnic s deseti listy zavěšených na hraníkových závěsech. Dvojkolí o průměru 920 mm jsou uložena ve valivých ložiscích. Vedení dvojkolí je rozsochové. Skříň vozu spočívá na kolébce pomocí ploché torny a dvou neodpružených kluznic. Přenos příčných a podélných sil mezi kolébkou a rámem podvozku zajišťovaly kluznice.



Obr. 12. Typový výkres podvozku řady Calm z roku 1939

Dvounápravové podvozky osobních vozů	20	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---



Obr. 13. Podvozek lehké konstrukce zavázaný pod vozem řady Calm

2.6. GÖRLITZ I - IV

Během válečných událostí druhé světové války se na naše území dostává řada německých vozů, které zde zůstávají i po ukončení války. Ve vozovém parku ČSD se proto objevují nové konstrukce dvounápravových podvozků, mezi které patří i podvozky Görlitz.

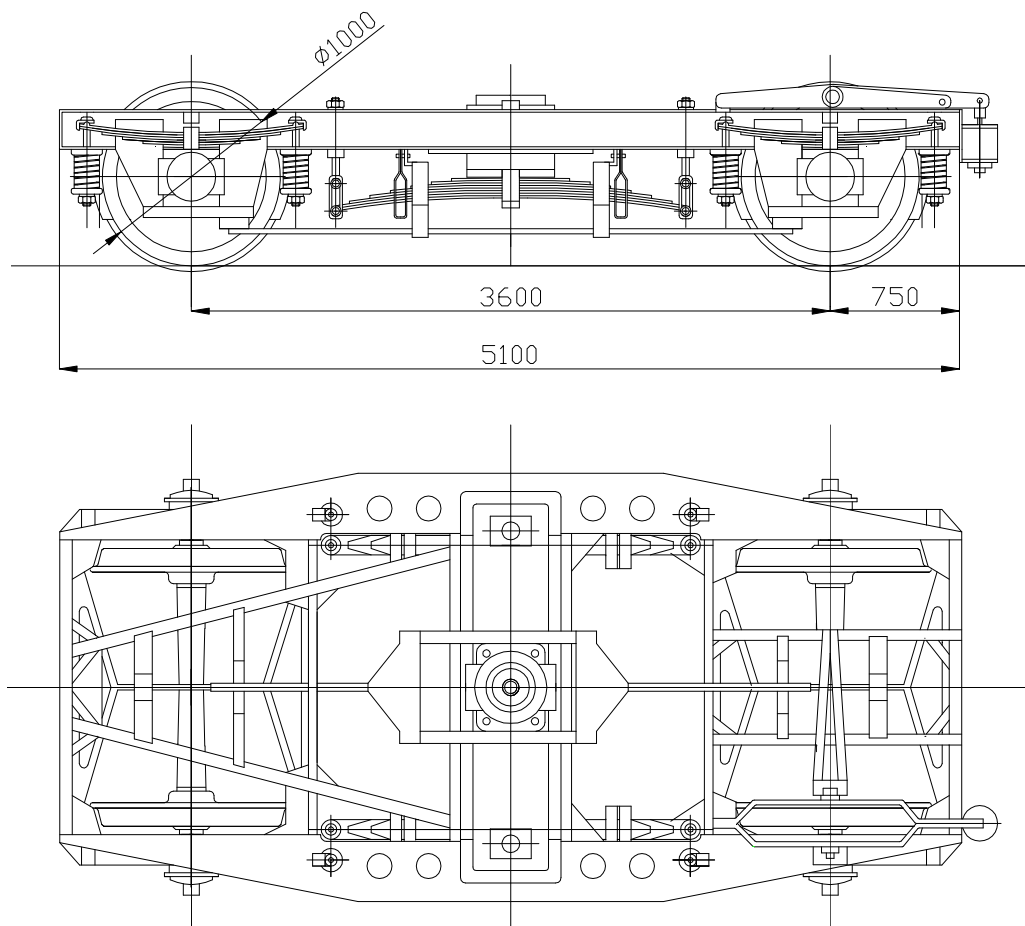
První podvozek z této velké rodiny vzniká v roce 1923 a dostává označení Görlitz I. Jednalo se o zkušební sérii deseti kolébkových podvozků s rozvorem 3600 mm. Rám podvozku tvořily snýtované profily. Aby nedocházelo k deformacím rámu, byl opatřen vazníky. Primární stupeň vypružení zajišťovaly pouze pružnice. V sekundárním stupni byly použity dva páry pružnic o délce hlavního listu 2100 mm. Tento podvozek trpěl řadou konstrukčních nedostatků, které byly u dalších sérií odstraněny.

V roce 1927 vzniká nový podvozek Görlitz II, který je odvozen od předchozí verze. Rám podvozku byl zesílen a primární stupeň vypružení byl doplněn o odpružené závěsy.

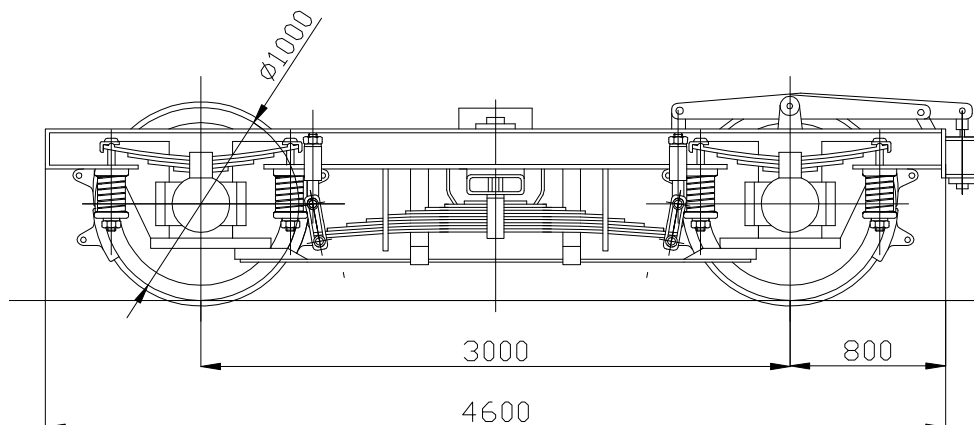
Na tento podvozek navazují v třicátých letech dvě varianty podvozku Görlitz III. A to v lehkém provedení o rozvoru 3000 mm a těžkém o rozvoru 3600 mm. Tyto kolébkové podvozky byly již celosvařované s valivými ložisky. Primární stupeň vypružení byl vyřešen pomocí pružnice a odpružených závěsek se šroubovitou válcovou pružinou. Sekundární stupeň vypružení byl zajištěn pružnicí. Skříň vozu byla uložena na ploché torně a dvou kluznicích. Podvozek byl opatřen špalíkovou brzdou a dynamem. Podvozky této konstrukce byly licenčně vyráběny v různých evropských zemích.

Podvozek s konstrukčním označením Görlitz IV byl lehké stavby o rozvoru 2500 mm, jeho určení bylo pro motorovou jednotku řady SVT 137 DR.

Další vývoj podvozků Görlitz pokračuje až po ukončení druhé světové války.



Obr. 14. Görlitz III těžké konstrukce



Obr. 15. Typový výkres podvozku Görlitz III lehké konstrukce

Dvounápravové podvozky osobních vozů	22	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

3. KONSTRUKCE OSOBNÍCH PODVOZKŮ

Za podvozek můžeme označit pojezd, který se vůči vozové skříni v určitém bodě otáčí a má jedno nebo více dvojkolí, která jsou vázána k rámu podvozku [5]. Podvozky osobních vozů se liší od nákladních v tom, že mají dva stupně vypružení a jsou konstruovány pro vyšší rychlosti. Z toho vyplívá složitější konstrukce a náročnější výroba.

Při porovnání s vozy s rejdovnými dvojkolími má podvozek následující výhody [5]:

- a) Příznivější chodové vlastnosti při průjezdu obloukem
- b) Zlepšena schopnost přizpůsobit se zborcené koleji
- c) Možnost použití vícestupňového vypružení
- d) Použitelnost pro vozidla s vyšší rychlostí a vyšším jízdním komfortem
- e) Menší úhel náběhu dvojkolí
- f) Menší řídicí síly
- g) Menší opotřebení okolků

3.1. ROZDĚLENÍ PODVOZKŮ DLE POUŽITÍ

3.1.1. PODVOZKY PRO OSOBNÍ VOZY BĚŽNÉ STAVBY

Jedná se o dvounápravové podvozky se dvěma stupni vypružení, rozvorem max. 2500 mm a nosností až 30 t. Maximální dovolená rychlost těchto podvozků se pohybuje od 120 km/h u podvozků starších konstrukcí se špalíkovou brzdou až po rychlosti 200 km/h u vozů nových konstrukcí. Vedení dvojkolí bývá bez opotřebení nebo s malým opotřebením, podle použití podvozku je buď tuhé, nebo poddajné. Primární stupeň vypružení je zpravidla realizován pomocí šroubovitých válcových pružin. Sekundární stupeň vypružení tvoří šroubovitě válcové pružiny nebo vzduchové pružiny paralelně doplněné o tlumiče. Novější podvozky bývají opatřeny i tlumiči pro tlumení pohybů v příčném směru. Dnes se výhradně konstruuje podvozky s kotoučovou brzdou, ale u starších konstrukcí se stále setkáváme s brzdou zdržovou. Pro rychlosti nad 160 km/h je nutné opatřit podvozek tlumičem vrtivých pohybů a magnetickou kolejnicovou brzdou. [6]

Dvounápravové podvozky osobních vozů	23	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

3.1.2. PODVOZKY PRO VYSOKÉ RYCHLOSTI

Jsou to osobní podvozky, které z pevnostního, chodového a brzdového hlediska vyhovují provozu při rychlostech nad 200 km/h. Vyznačují se podélně a příčně velmi tuhým vedením ložiskových skříní. Ložiskové skříně dvojkolí jsou opatřeny snímači horkoběžnosti, otáček aj. Svislé a příčné vypružení bývá poměrně měkké a je doplněné o hydraulické tlumiče. Dále musí být podvozek osazen tlumiči vrtivých pohybů. Brzda je vždy kotoučová, pro nouzové brzdění musí být podvozek osazen magnetickou kolejnicovou brzdou nebo brzdou vířivou. Nosnost podvozků bývá 20 t a rozvor náprav 2500 mm. [6]

3.1.3. PODVOZKY PRO VOZY S NAKLÁPĚCÍMI SKŘÍNĚMI

Jsou to osobní podvozky jednoúčelových konstrukcí pro vysoké rychlosti, doplněné o mechanismy pro naklápění vozových skříní při průjezdu oblouky. Naklopení skříně eliminuje vliv nevyrovnaného příčného zrychlení při jízdě obloukem na cestujícího. Naklápění probíhá buď samočinně, nebo nuceně. Při samočinném naklápění je skříň vozu zavěšena na principu kyvadla nebo jeho mechanického ekvivalentu. Nucené naklápění je realizováno například pomocí výškově regulovatelných pneumatických pružin sekundárního stupně vypružení a je řízeno pomocí systému automatické regulace náklonu. Vozy s naklápěcí skříní zvyšují komfort jízdy a umožňují zvýšení rychlosti ve stávajících obloucích. [6]

3.1.4. JAKOBSONY PODVOZKY

Do této skupiny lze zařadit mnoho konstrukcí dvounápravových podvozků určených pro článkové uspořádání souprav. Hlavním znakem podvozků je, že vždy nese čela dvou sousedních skříní. Přenos svislých i podélných sil bývá řešen nejrůznějšími konstrukcemi. Tato koncepce přispívá ke snížení vlastní hmotnosti soupravy i počtu dvojkolí, v případě jakékoliv závady je však nutné odstavit z provozu celou soupravu. Tyto podvozky našly své uplatnění zejména v konstrukcích regionálních a vysokorychlostních souprav, kde snižují hmotnost celé soupravy. [6]

3.1.5. PODVOZKY PRO PROVOZ NA REGIONÁLNÍCH TRATÍCH

Převážná většina evropských regionálních tratí je vedena členitým terénem, zpravidla po vrstevnicích což má za následek velké množství oblouků o malých poloměrech. Aby nedocházelo k nadměrnému opotřebení dvojkolí a kolejnic, jsou pro tyto tratě konstruovány podvozky s poddajnějším vedením dvojkolí. Zpravidla se snižuje úhel náběhu dvojkolí jeho více či méně přesným natáčením do radiální polohy. Impuls k tomuto natočení se získává

Dvounápravové podvozky osobních vozů	24	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

z natáčení podvozků vůči vozové skříni, z nevyrovnaného příčného zrychlení, z řídící síly na dvojkolí či jinak. Natáčení dvojkolí může být jak nucené tak i samočinné. [6]

3.2. ROZDĚLENÍ PODVOZKŮ DLE KONSTRUKCE

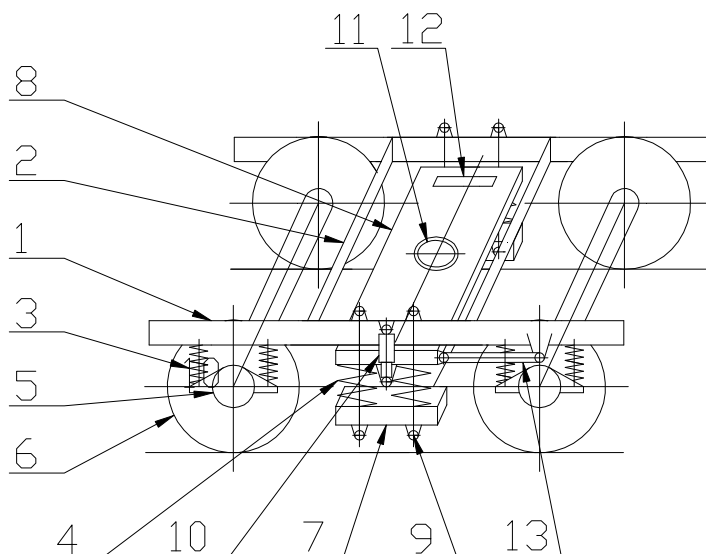
Podvozky osobních železničních vozů můžeme rozdělit do dvou základních konstrukčních skupin a to podle způsobu uložení vozové skříně na rámu podvozku. První skupinu tvoří tzv. kolébkové podvozky u kterých je skříň vozu uložena na podvozku pomocí kolébky a natáčení podvozku vůči vozové skříni zajišťuje u starších typů torna u novějších svislý čep. Kolébka spočívá na pružinách sekundárního stupně vypružení. Vypružení je uloženo na nosiči pružin, který může tvořit konzola, která je součástí rámu podvozku anebo tzv. spodní kolébka, která je v rámu podvozku zavěšena na závěsech.

Druhou skupinu tvoří tzv. bezkolébkové podvozky, u kterých je skříň vozu nesena přímo na sekundárním stupně vypružení, který zpravidla tvoří válcové flexi-coil nebo vzduchové pružiny. Natáčení podvozku vůči vozové skříni zajišťuje deformace sekundárního stupně vypružení.

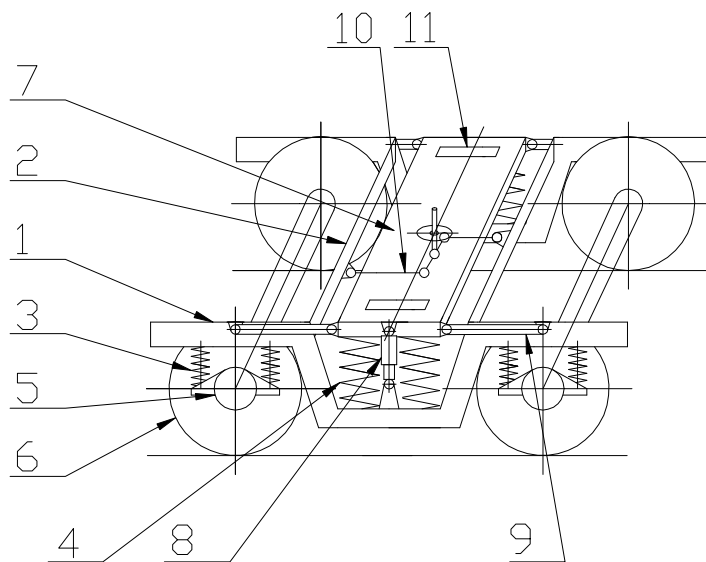
3.2.1. KOLÉBKOVÉ PODVOZKY

První kolébkové podvozky začaly vznikat již před první světovou válkou a na dlouhá léta se staly jedinou koncepcí pro stavbu podvozků osobních vozů. Tyto podvozky mají oproti bezkolébkovým podvozkům vyšší hmotnost, větší počet dílů a o mnoho více součástí podléhajících opotřebení. S větším počtem dílů souvisí i náročnější pracnost výroby.

Rám podvozku je zpravidla tvořen bočnicemi ze skříňových nosníků ke kterým jsou přivařeny příčníky a u starších typů podvozků i čelníky, které hlavně slouží k nesení špalíkové brzdy. Hlavním znakem podvozku je umístění sekundárního stupně vypružení mezi nosič pružin a kolébku. U nás nejrozšířenějším uspořádáním sekundárního stupně vypružení je sestava spodní a horní kolébky. Spodní kolébka slouží jako nosič pružin sekundárního stupně vypružení a v rámu je zavěšena pomocí závěsek, které plní funkci příčného vypružení. Horní kolébka, kterou tvoří masivní nosník převážně skříňové konstrukce je uložena na sekundárním stupni vypružení. Spojení skříně vozu s podvozkem je zajištěno otočným čepem, který je uložen v pryžovém silentbloku. Samotná skříň vozu je nesena na horní kolébce pomocí kluznic, které umožňují natáčení podvozku okolo svislého čepu. Příčný pohyb vozové skříně vůči podvozku je vymezen pomocí příčných nárážek. Vůle mezi nárážkami bývá v rozmezí 22 – 25mm. Přenos podélných sil mezi skříní vozu a podvozkem se zpravila realizuje pomocí odpružených ojnic nebo táhel.



Obr. 16. Schéma kolébkového podvozku se zavěšeným nosičem sekundárního stupně vypružení, 1 – bočnice, 2 – příčník, 3 – primární stupeň vypružení, 4 – sekundární stupeň vypružení, 5- ložisková skříň, 6 – dvojkolí, 7 – nosič pružin (spodní kolébka), 8 – kolébka (horní kolébka), 9 – závěs, 10 – tlumič, 11 – pouzdro čepu, 12 – kluznice, 13 - ojnice



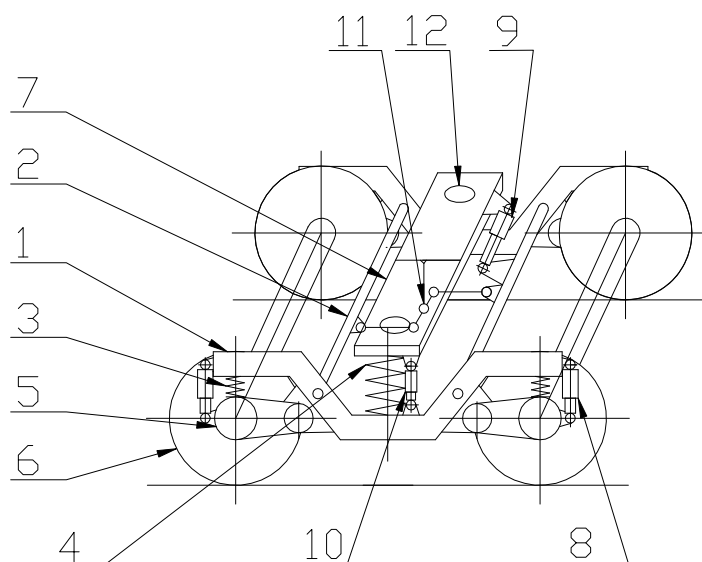
Obr. 17. Schéma kolébkového podvozku s pevným nosičem pružin sekundárního stupně vypružení, 1 – bočnice, 2 – příčník, 3 – primární stupeň vypružení, 4 – sekundární stupeň vypružení, 5- ložisková skříň, 6 – dvojkolí, 7 – kolébka, 8 – tlumič, 9 – ojnice, 10 lemniskátový mechanismus, 11 – kluznice

3.2.2. BEZKOLÉBKOVÉ PODVOZKY

Tento typ podvozků se začal používat s rozvojem vzduchových a šroubovitých flexi-coil pružin, coby prvků sekundárního stupně vypružení. Výhodou těchto podvozků vůči podvozkům kolébkovým je jednoduchá konstrukce a nižší hmotnost, ale zároveň jsou tyto podvozky náročnější na výrobu z technologického hlediska.

Hlavním znakem těchto podvozků je, že při průjezdu oblouky je natáčení podvozků zajištěno pomocí deformace sekundárního stupně vypružení.

Rám podvozků má zpravidla tvar dvojitého písmena „H“. Jeho základ tvoří dva podélníky, které jsou ve střední části poníženy a tak uzpůsobeny k nesení sekundárního stupně vypružení. Podélníky jsou spojeny pomocí příčníků, které zároveň slouží k nesení konzol pro zavěšení jednotek kotoučové brzdy. Sekundární stupeň vypružení vozu se nachází mezi poníženým podélníkem a hlavním příčníkem skříň vozu, je řešen šroubovitými flexi-coil pružinami nebo vzduchovou pružinou. Skříň vozu je na podvozku zajištěna pomocí otočného čepu, který je pevně spojen s hlavním příčníkem rámu vozu. Čep zpravidla prochází příčníkem podvozků, kde bývají uloženy příčné a podélné narážky. Přenos provozních sil mezi skříní vozu a podvozkem je zajištěn zpravidla tzv. lemniskátovým mechanismem. Tento mechanismus je tvořen ojnicemi a umožňuje jak svislé pohyby skříň vůči rámu podvozků při svislém vypružení, tak příčné pohyby i natáčení rámu podvozků vůči skříní.



Obr. 18. Schéma bezkolébkového podvozků, 1 – bočnice, 2 – příčník, 3 – primární stupeň vypružení, 4 – sekundární stupeň vypružení, 5 – ložisková skříň, 6 – dvojkolí, 7 – tráмец, 8 – tlumič primárního stupně vypružení, 9 – tlumič příčných pohybů, 10 – tlumič sekundárního stupně vypružení, 11 – lemniskátový mechanismus, 12 – čep k ukotvení hlavního příčnicku vozové skříně

Dvounápravové podvozky osobních vozů	27	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

4. KONSTRUKČNÍ POŽADAVKY

4.1. VYPRUŽENÍ

Podvozky osobních vozů jsou charakteristické tím, že mají dva stupně svislého vypružení, na rozdíl od podvozků nákladních, u kterých je zpravidla použit jen jeden stupeň. Primární stupeň vypružení je u osobních podvozků umístěn mezi dvojkolí a rám podvozku. Sekundární stupeň zajišťuje pružnou vazbu mezi rámem podvozku a skříní vozu. K vypružení se používají kovové, pryžové nebo vzduchové pružiny.

Nesmíme však zapomenout ani na vypružení v příčném a podélném směru. U podvozků kolébkové koncepce dochází k tomuto vypružení v závěskách kolébky. U bezkolébkových podvozků je funkce závěsek nahrazena deformací flexi-coil pružin sekundárního stupně vypružení. Vůle mezi jednotlivými částmi podvozků anebo mezi podvozkem a skříní vozu jsou vymezeny příčnými a podélnými nárazkami.

4.1.1. ZÁKLADNÍ FUNKCE VYPRUŽENÍ: [6]

- Snížení dynamických účinků vozidla na kolejnici při jízdě
- Udržení přijatelné úrovně kmitavých pohybů skříně, rámu podvozků a vozidel mezi sebou
- Zajištění rovnoměrného zatížení všech kol vozidla při staticky neurčitěm uložení jeho rámu na dvojkolích a při postavení na koleji s vertikální nerovností (bezpečnost proti vykolejení)

4.1.2. POŽADAVKY NA VYPRUŽENÍ

4.1.2.1. Zajištění minimální výšky nárazníků

Jedním z hlavních požadavků na svislé vypružení je zajištění výšky nárazníků nad temenem kolejnice (dále TK) v oblasti tolerancí stanovených normou bez ohledu na provozní režim vozu. Pokud by nebyly zaručeny hodnoty této normy, mohlo by dojít k zaklesnutí nárazníků sousedních vozů a následnému vykolejení. Dále musí být zaručena bezpečnost při přecházení mezi dvěma sousedními vozy.

Do výpočtu minimální výšky nárazníků nad TK v prázdném stavu musíme započítat provozní opotřebení jednotlivých součástí podvozku, maximální ojetí kol a toleranci tuhosti vypružení. Dle UIC je stanovena jmenovitá hodnota výšky nárazníků nad TK u osobních vozů

Dvounápravové podvozky osobních vozů	28	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

v rozmezí 980 – 1060 mm. Rovnice (1) popisuje výpočet minimální výšky nárazníků nad TK v prázdném stavu.

$$h_{p\min} = 1060 - A - B - C - D \quad (1)$$

A.....tolerance jmenovité výšky nárazníků

B.....ojetí kol

C.....opotřebení nosných částí

D.....tolerance tuhostí vypružení

Po výpočtu minimální výšky nárazníků nad TK v prázdném stavu můžeme jednoduše vypočítat užitečnou deformaci vypružení (z_u). Tato deformace je součtem dílčích deformací obou stupňů vypružení. Minimální výška nárazníku nad TK ($h_{\min}$) je stanovena normou. U osobních vozů na hodnotu 980 mm a u nákladních na hodnotu 970 mm.

$$z_u = h_{p\min} - h_{\min} \quad (2)$$

4.1.2.2. Bezpečnost proti vykolejení

Vypružení podvozku musí být navrženo tak, aby dokázalo rovnoměrně rozložit tíhu vozidla na všechny čtyři kola. Při jízdě po zborcené koleji nesmí dojít k výrazným změnám v kvazistatickém zatížení kol jednoho dvojkolí, než je dáno vyhláškou UIC 515. Na bezpečnost proti vykolejení nemá vliv pouze svislé zatížení jednotlivých kol, ale i torzní tuhost rámu podvozku, tuhost příčné vazby vedení dvojkolí, natáčivé uspořádání dvojkolí, kvalita železničního svršku a také rychlost jízdy.

Při posuzování bezpečnosti proti vykolejení se posuzuje míra rizika vyšplhání okolku vodícího kola při působení svislé kolové síly Q a vodící síly Y . Vztahy pro výpočet jsou uvedeny v normě ČSN EN 14 363. Samotná zkouška bezpečnosti proti vykolejení se provádí přímo na trati, nebo na zkušebním stavu.

4.1.2.3. Komfort jízdy (vlastní frekvence kmitů)

Při navrhování vypružení podvozku osobního vozu musíme dbát na pohodlí cestujících a sledovat vlastní frekvenci kmitání primárního i sekundárního stupně vypružení. Z fyziologického hlediska jsou pro člověka nejvhodnější vlastní frekvence svislých kmitů v rozsahu 1 – 1,5 Hz. Frekvence nižší jak 1 Hz mohou způsobit u cestujících kinetózu (pocit „mořské nemoci“), u frekvencí přesahujících 4 Hz může docházet k vyvolání pocitu nevolnosti. Poměr frekvencí primárního a sekundárního stupně vypružení by měl být větší nebo roven $\sqrt{2}$. Pro příčné vypružení podvozku je optimální rozsah vlastních frekvencí v rozmezí 0,2 – 0,5 Hz.

Dvounápravové podvozky osobních vozů	29	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

Rozlišujeme čtyři poměry naladění tuhostí primárního (k_1) a sekundárního (k_2) stupně vypružení.

$$\frac{k_1}{k_2} \rightarrow 0 \quad \Rightarrow \quad k_2 \rightarrow \infty \quad (3)$$

Pojezd pouze s primárním stupněm vypružení. Tato varianta se používá u nákladních vozů a je nejprůzračnější z hlediska dynamických účinků na kolej.

$$\frac{k_1}{k_2} \approx 2,5 \quad (4)$$

Optimální poměr vypružení u osobních vozů.

$$\frac{k_1}{k_2} \approx 4 - 10 \quad (5)$$

Velmi tuhé primární vypružení, zpravidla tvořené pryžovými pružinami. Při tomto poměru tuhostí musí být zajištěna dostatečná poddajnost rámu podvozku, aby se minimalizovaly negativní účinky na trať.

$$\frac{k_1}{k_2} \rightarrow \infty \quad \Rightarrow \quad k_1 \rightarrow \infty \quad (6)$$

S tímto poměrem tuhosti se můžeme setkat u nákladního podvozku typu Diamond, který má pouze sekundární stupeň vypružení. U osobních podvozků se toto řešení nepoužívá.

4.1.2.4. Tlumení

Jelikož se u osobních podvozků používají převážně pružící prvky, které nemají vlastní tlumení, musí být paralelně doplněny o tlumiče. Zpravidla je využito teleskopických hydraulických tlumičů, v omezené míře se též můžeme setkat i s tlumiči třecími. Pro tlumení vrtivých pohybů se používají speciální tlumiče soustavy KONI.

Tlumení by mělo být tím účinnější, čím je vypružení měkčí. S narůstající deformací vypružení by měla též narůstat i tlumící síla. Pouze velmi tuhé vypružení (např. příčné vypružení ložiskové skříně vzhledem k rámu podvozku) lze koncipovat bez tlumiče [8].

4.1.3. CHARAKTERISTIKA VYPRUŽENÍ

Aby byla zaručena výška nárazníků nad temenem kolejnice v parametrech normy, musí být vypružení navrženo tak, aby se měnila jeho tuhost v závislosti na změně hmotnosti vozu.

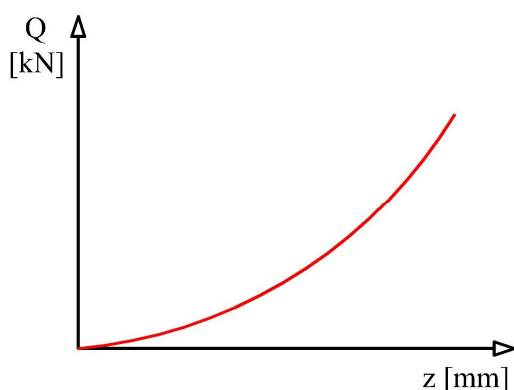
Dvounápravové podvozky osobních vozů	30	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

Tuhost je dána poměrem svislé zatěžující síly Q ku svislé deformaci vypružení z , jak vyplývá z rovnice (9).

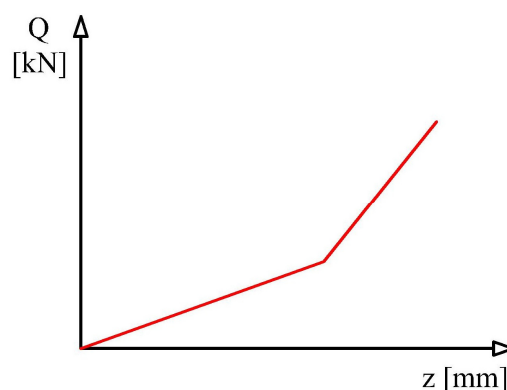
$$k = \frac{Q}{z} \quad (7)$$

U pružících prvků osobních podvozků můžeme rozlišit dvě rozdílné charakteristiky a to buď progresivní, nebo lineární lomenou. S progresivní charakteristikou se můžeme setkat u vzduchových pružin. Tato charakteristika má ideální průběh tuhostí. Při malé zatěžující síle vykazuje malou tuhost, při zvýšení zatěžující síly dojde ke zvýšení tuhosti a minimální změně deformace pružiny. Aby se této vlastnosti docílilo i u kovových pružin, které mají lineární charakteristiku, využívá se lomené charakteristiky. Té docílíme paralelním řazením dvou až tří válcových šroubovitých pružin. Při nejnižší zatěžující síle je zatížena pouze jedna pružina, jakmile se zvýší zatěžující síla, dojde k vyčerpání vůle a dosednutí rámu podvozku na druhou pružinu. Výsledkem je zvýšení tuhosti vypružení.

Duplexní uspořádání válcových šroubovitých pružin se hojně využívá jak v primárním, tak i v sekundárním stupni vypružení osobních vozů.



Obr. 19. Progresivní charakteristika vypružení



Obr. 20. Lineární lomená charakteristika vypružení

4.1.4. PRKY VYPRUŽENÍ

4.1.4.1. Šroubovitá válcová pružina

Tyto ocelové pružiny našly své uplatnění jak v konstrukci sekundárního, tak i primárního stupně vypružení osobních železničních vozů. Výhody tohoto pružícího prvku jsou následující: malé zastavovací rozměry, nižší hmotností oproti pružnicím a bezúdržbový provoz. Jelikož šroubovitě válcové pružiny při svém provozu nevykazují žádné vnitřní tlumení, musí být paralelně doplněny o tlumiče. Aby bylo docíleno lomené charakteristiky,

Dvounápravové podvozky osobních vozů	31	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

volí se duplexní nebo triplexní uspořádání. Pružiny musí být doplněny o svislé nárazky, aby nedošlo k dosednutí závitů. Pro případ zvedání vozidla musí být sestava doplněna o podvěsky.

U moderních bezkolébkových podvozků se dnes hojně využívají flexi – coil pružiny v sekundárním stupni vypružení. Tyto pružiny zajišťují jak svislé, tak i příčné vypružení podvozku. Jelikož jsou značně namáhané, jsou na jejich výrobu kladeny velké technologické nároky. Flexi – coil pružiny musí být opatřeny nárazkami, aby nedošlo k překročení maximální míry příčného a podélného vybočení.

4.1.4.2. Lichoběžníková pružnice

S tímto typem pružnic se již u moderních osobních podvozků nesetkáváme. Naposledy byly použity u Pensylvánského podvozku, kde tvořily sekundární stupeň vypružení. S tímto podvozkem se můžeme v pravidelném provozu setkat u příměstských elektrických jednotek řady 451 a 452 Českých drah. Lichoběžníkové pružnice stále nacházejí své uplatnění v pojezdech nákladních vozů a to zejména u podvozku 26 - 2.8 a u unifikovaného pojezdu s rejdovným dvojkolím UIC 517.

4.1.4.3. Parabolická pružnice

Tento novější typ pružnice se v konstrukci osobních podvozků nepoužívá, můžeme se s ním setkat například u nákladních dvounápravových podvozků typu DB 665.

4.1.4.4. Vzduchová pružina

Vzduchové pružiny našly především své uplatnění v sekundárním stupni vypružení osobních podvozků. Můžeme je rozdělit do dvou základních skupin, a to na vlnovcové a membránové. Princip funkce obou typů je naprosto shodný a spočívá v uzavření stlačeného vzduchu v pružném obalu. Aby bylo docíleno požadované tuhosti, je tlak v pružině regulován pomocí ventilu. Tím se zároveň docílí i konstantní výška nárazníků nad temenem kolejnice a rovnoměrnějšího rozložení svislých kolových sil. Stlačený vzduch je možno odebírat z hlavního brzdového potrubí, u ucelených souprav z napájecího potrubí. Maximální pracovní přetlak se pohybuje v rozmezí 6 – 8 barů.

Výhodou vzduchových pružin je snadné docílení progresivní charakteristiky vypružení a nízká hmotnost. Mezi nevýhody se dají zařadit větší rozměry, náročnější údržba a náchylnost k poškození. Vzduchové pružiny nemají téměř žádné vlastní tlumení, proto musí být doplněny o tlumiče ve všech směrech pohybu.

Dvounápravové podvozky osobních vozů	32	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

Vlnovcová pružina je tvořena pryžovým vlnovcem s kordovou vložkou. Díky této vložce se nemůže realizovat příčné vypružení, proto se u osobních podvozků od této pružiny upustilo.

Druhým typem je pružina membránová, která našla své uplatnění hlavně v sekundárním stupni vypružení bezkolébkových podvozků, kde zajišťuje jak svislé tak i příčné vypružení. Pružina je zpravidla uložena přímo na nosiči, který je součástí rámu podvozků. Skříň vozu bývá uložena rovnou na pružině. Deformace pružiny dovoluje natáčení podvozků pod skříň vozu. Pro případ poruchy je pružina opatřena nouzovou kluznicí s nouzovým vypružením.

4.1.4.5. Pryžová pružina

Pryžové pružící prvky mají v konstrukci podvozků kolejových vozidel velmi rozmanité použití. Používají se jako pružící prvky, pryžové klouby a nebo jako tlumiče hluku a přenosu vibrací. Použitím těchto prvků se docílí účinků jinak dosažitelných pouze složitými konstrukcemi. Pryžové, popřípadě pryžokovové součásti umožňují zejména pružný přenos působících sil a dovolují vzájemné pohyby jednotlivých součástí bez tření. Za omezení můžeme považovat to, že mohou být namáhané pouze na tah, smyk anebo na jejich kombinaci.

Pokud jsou pryžové pružiny použity ve svislém vypružení podvozků, tak vždy v primárním stupni. Příkladem mohou být pryžové pružiny typu „MEGI“ které zároveň zajišťují i vedení dvojkolí. Další použití nalezneme u podvozků SF 4000 vyráběných společnostmi Siemens, kde jsou v primárním stupni použity kuželové pryžokovové silentbloky. Tento podvozek je používán u jednotek řady VT 642. (viz. Kapitola 4.2.4.4)

Nevýhodou všech pryžových součástí je jejich stárnutí, které má za následek změnu mechanických vlastností. Další nevýhodou pryžových pružin, což je prvků svislého vypružení, je jejich nízká unosnost, proto se používají převážně u vozidel lehké stavby

4.1.4.6. Závěsy

Se závěsy se můžeme setkat v sekundárním stupni vypružení kolebkových podvozků, kde umožňují příčné vypružení. Tvoří vazbu mezi rámem podvozků a nosičem pružin (dolní kolébkou) druhotného stupně vypružení. Závěsy pracují na principu fyzikálního kyvadla a mohou být jak svislé tak i šikmé. Šikmé se používají pro eliminaci přílišného naklápění vozové skříně, jelikož u nich dojde ke snížení polů náklonu skříně a omezení příčného kolébání. Toto řešení je použito například u podvozků GP 200. Zpravidla se používají stavitelné závěsy, pomocí kterých se eliminuje snížení výšky nárazníků nad temenem kolejnice po opotřebení kol. Pro případ přetržení závěsu musí být dolní kolébka opatřena

Dvounápravové podvozky osobních vozů	33	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

podchytkami. Aby se omezil přenos vibrací a snížila hlučnost, jsou u moderních podvozků závěsy uloženy v pryžových pouzdrech.

4.1.4.7. Tlumiče

V konstrukcích podvozků osobních vozů se používají teleskopické třecí a hydraulické tlumiče, které se paralelně zařazují k těm pružným prvkům, které nemají dostatečně velké vlastní tlumení. Úkolem tlumičů je snižovat amplitudu kmitání vypružených částí a také zabránovat případné rezonanci.

Funkce teleskopického hydraulického (viskózního) tlumiče spočívá v řízeném průtoku kapaliny škrticími otvory při pohybu pístu ve válci tlumiče. Tyto tlumiče mohou být uloženy jak svisle tak i vodorovně. Hydraulické tlumiče mohou tvořit neoddělitelnou součást rozsáhlejšího celku, například součást uzlu prvotního stupně vypružení a vedení dvojkolí. Nevýhodou tohoto řešení je složitá demontáž poškozeného tlumiče.

S teleskopickým třecím tlumičem se můžeme setkat například v primárním stupni vypružení podvozku GP 200, kde slouží k tlumení relativních svislých pohybů mezi ložiskovou skříní a rámem podvozku. Skládá se ze dvou vzájemně se pohybujících celků. Horní část tvoří válcový plášť, na jehož vnitřní straně se vyvozuje třecí síla. V dolní části tlumiče jsou dvě brzdící čelisti, ke kterým jsou přinýtovány desky třecího obložení z materiálu Rubos. Tyto čelisti jsou v horní části rozpínány pružinou. Tlumič má maximální zdvih ± 38 mm a jmenovitou tlumící sílu 1 200 N

4.2. VEDENÍ DVOJKOLÍ

Vedení dvojkolí je důležitým konstrukčním celkem podvozku, který během vývoje kolejových vozidel zaznamenalo značný pokrok. Dříve, jediné používané rozsochové uspořádání bylo postupně nahrazeno vedením se svislými, ojnicemi, pryží až po vedení tvořená pružnými pasy a kyvnými rameny. V současné době je snahou co nejvíce minimalizovat opotřebení jednotlivých částí vedení dvojkolí během provozu, a tím i docílit delšího proběhu vozidla bez nutnosti dílenské údržby.

Vedení dvojkolí můžeme rozdělit do dvou skupin, a to na vedení tuhé a poddajné. S tuhým vedením se zpravidla setkáváme u vozidel určených pro vysokorychlostní dopravu, jelikož má mnohem menší sklon k nestabilnímu chodu. Zato u vozidel určených na provoz při nižších rychlostech a po obloukovitých tratích je výhodnější volit poddajnější vedení dvojkolí. Tímto vedením můžeme v omezené míře snížit negativní účinky vozu na trať.

Vedení dvojkolí zajišťuje konstrukční vazbu mezi ložisky dvojkolí a rámem podvozku. Ve svislém směru musí umožnit dostatečnou vůli pro funkci sekundárního stupně vypružení.

Dvounápravové podvozky osobních vozů	34	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

Též zde dochází k příčnému vypružení a podélné poddajnosti. Vedení dvojkolí též musí zajistit přenos podélných sil mezi dvojkolím a rámem podvozku.

4.2.1. ZÁKLADNÍ FUNKCE VEDENÍ DVOJKOLÍ

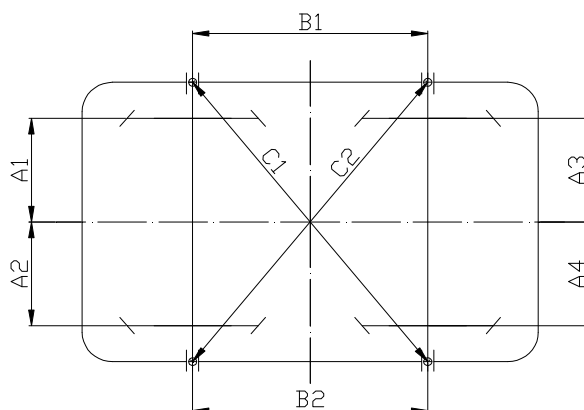
- Přenos pracovních sil mezi rámem podvozku a dvojkolím
- Vedení dvojkolí ve svislém směru při funkci sekundárního stupně vypružení
- Zajištění příčného a podélného vypružení

4.2.2. POŽADAVKY NA VEDENÍ DVOJKOLÍ

- Jednoduchá konstrukce a údržba
- Schopnost jízdy po zborcené koleji
- Tuhost musí být taková, aby byl zajištěn stabilní chod a zároveň aby ve vedení dvojkolí působily co nejmenší síly
- Schopnost přenášet provozní síly mezi rámem podvozku a dvojkolím
- Zajištění souososti dvojkolí
- Zajištění dvojkolí v rámu podvozku při zvedání vozidla

4.2.3. GEOMETRIE NÁPRAV

Na obr. 22 jsou znázorněny míry nutné k zajištění správné geometrie náprav podvozku. A – soustopost kol, B – rovnoběžnost, C – křížové míry. Pro jednotlivé míry musí platit následující $A1 = A2 = A3 = A4$, $B1 = B2$, $K1 = K2$.



Obr. 21. Geometrie náprav podvozku

Dvounápravové podvozky osobních vozů	35	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

4.2.4. JEDNOTLIVÉ TYPY VEDENÍ DVOJKOLÍ

4.2.4.1. Rozsochové vedení dvojkolí

Rozsochové vedení dvojkolí je již dnes u osobních vozů zastaralé, hojně se používalo do 60. minulého století. V současnosti se používá výhradně u nákladních vozů, kde stále nachází své uplatnění.

Rozsochy zajišťují vedení dvojkolí jak v příčném, tak i v podélném směru, mezi nimi se pohybuje ložisková skříň, která je opatřena kluznicemi. Rozsochy jsou ve spodní části spojeny rozsochovou sponou, která zajišťuje rovnoměrné rozložení zatěžujících sil mezi obě rozsochy. Rozsochy též slouží jako prvek příčného vypružení.

4.2.4.2. Vedení dvojkolí svislými čepy

Vedení ložiskové skříně pomocí svislých čepů nahradilo vedení rozsochové, a na dlouhá léta se stalo nejpoužívanějším typem.

Oproti rozsochovému vedení se dá u tohoto typu zajistit přesná geometrie náprav, která zajišťuje stabilnější chod při vyšších rychlostech. Velkou výhodou je též snadná montáž, jelikož není potřeba po každém vyvázání dvojkolí nastavovat geometrii náprav, ta je dána přesnou polohou svislých čepů, které jsou v rámu podvozku zalisovány. Též je možné docílit konstrukčními úpravami ve vedení dvojkolí požadované tuhosti v příčném i podélném směru. Konstrukční nevýhodou je, že během provozu dochází ke značnému opotřebením třecích součástí a k nárůstu vůlí ve vedení dvojkolí. Tyto vůle mohou vyvolat nestabilní chod podvozku.

4.2.4.3. Vedení dvojkolí pružnými pasy

U tohoto vedení je zajištěn přenos podélných sil mezi rámem podvozku a ložiskovou skříní pomocí ocelových nebo sklolaminátových podélných pasů. Pasy mohou být jak jednostranné, tak i oboustranné v jednoduchém i dvojitěm provedení. Vedení je bez opotřebení a nevyžaduje žádné provozní ošetření. Při svislém zatížení jsou pasy poddajné a pružné, naopak v příčném a podélném směru jsou velmi tuhé. U některých typů podvozku je tato tuhost snižována přidáním pryžových kloubů do vedení dvojkolí.

Pasy jsou z obou stran zakončeny ocelovými příložkami s drážkováním. K ložiskové skříně i ke konzolám rámu podvozku jsou přišroubovány předepjatými šrouby. Aby nemusela být při každém vyvázání dvojkolí nastavována geometrie náprav, jsou ložiskové skříně půlené. Proto je dvojkolí možné vyvázat bez demontáže vedení dvojkolí a primárního stupně vypružení. Naproti tomu s poddajným rámem pak vhodně spolupracuje poměrně měkké příčné vypružení.

Dvounápravové podvozky osobních vozů	36	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

4.2.4.4. Vedení dvojkolí pryží

V šedesátých letech minulého století byla snaha o co největší zjednodušení pojezdů, z tohoto důvodu se v prvotním stupni vypružení začínají používat pryžové pružiny, které zároveň plní i funkci vedení dvojkolí. Poměrně příznivé vlastnosti pryžových prvků spočívají v možném odlišení tuhostí v různých směrech zatěžování.

V letech 1960 – 66 byly ČSD dodány přípojné osobní vozy řady Balm (dnes označené řadou Btx) vyráběné vagónkou Studénka s podvozky typu Tatra 1 – 740 u kterých bylo použito v primárním stupni vypružení šikmých pryžových bloků. Tyto bloky jsou v příčném a svislém směru namáhány smykově, v podélných pak převážně tlakově. Tento stupeň je poměrně tuhy, měkkého vypružení bylo docíleno v sekundárním stupni. Poměr mezi tuhostmi primárního a sekundárního stupně je 1:10. Aby bylo docíleno optimální bezpečnosti proti vykolejení, je použit poddajný rám podvozku. Z těchto důvodů toto řešení nachází uplatnění u vozidel, která se pohybují nepříliš vysokou rychlostí, jako jsou například tramvaje nebo úzkorozchodná vozidla.

Aby byla zajištěna podélná tuhost vedení dvojkolí, je u moderních vozidel pryžová pružina proložena šikmými ocelovými plechy, které mají ve vodorovném řezu šípový tvar. Tím je docíleno, že i v příčném směru je pružina zatěžována kombinací tlaku a smyku. Tento typ vedení dvojkolí a zároveň prvotní stupeň vypružení nese označení „MEGI“ a je používán u podvozků osobních vozů určených pro regionální tratě a jednotek lehké stavby.

4.2.4.5. Vedení dvojkolí kyvným ramenem

Toto vedení je typické pro bezkolébkové podvozky. Kyvné rameno, ve starší literatuře označované za kývačku, je v rámu podvozku uloženo pomocí pryžového silentbloku, který umožňuje svoji deformaci výchylku ramena. Proto tento způsob vedení můžeme zařadit do skupiny bez opotřebení. Kyvné rameno zpravidla tvoří jeden celek s ložiskovou skříní. Pružina primární stupeň vypružení bývá uložena mezi ložiskovou skříní a rám podvozku. Z důvodu nedostatku prostoru musí být v postranici rámu podvozku vytvořena dutina, ve které je uložena pružina druhotného stupně vypružení.

Tuhost vedení v podélném směru je dána radiální tuhostí silentbloku. Nevýhodou tohoto typu vedení je, že při pohybu ramena dochází k natáčení dosedacích ploch pružiny, proto musíme sledovat přídatné dynamické napětí v pružině a její stabilitu proti vybočení. Pro přenos příčných sil a vytvoření potřebné příčné vůle se používají dva základní mechanické principy. U prvního jsou kývačky „vetknuty“ do náprav (jde tedy o úhlově nepohyblivá spojení) takže silentblok v kloubu je namáhán pouze smykem a svoji osovou tuhost převádí na příčnou tuhost vedení ložiskové skříně v rámu podvozku. U druhého principu se na čepu nápravy užívá sférického ložiska a při vzniku příčných sil se silentblok

Dvounápravové podvozky osobních vozů	37	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

v kloubu kývačky, kromě osového zatížení, namáhá převážně ohybem. U prvního principu lze dosáhnout vyšších tuhostí vedení v příčném směru, avšak značný ohybový moment v místě vetknutí silně namáhá ložiska. Druhý princip, jehož charakteristickou vlastností je menší příčná tuhost, se častěji užívá u lehčích vozidel a při nižších provozních rychlostech. [6]

4.2.4.6. Vedení dvojkolí ojnicemi

Toto řešení je typické pro podvozky lokomotiv z produkce společnost Bombardier. Též se s ním můžeme setkat u podvozků osobních vozů a jednotek.

Ojničkové vedení je konstrukčně jednoduché a bezúdržbové. Ojnica je opatřená na obou koncích oky, do kterých jsou zalisovány pryžové silentbloky. Ty umožňují příčné i podélné vypružení, také tlumí hluk a vibrace. Toto vedení se kombinuje se šroubovou válcovou pružinou coby prvkem primárního stupně vypružení. K této pružině musí být paralelně doplněn tlumič.

Mezi výhody tohoto vedení patří nízká hmotnost a absence třecích vazeb, které by způsobovaly provozní opotřebení. Za nevýhodu můžeme považovat stárnutí silentbloků, které ztrácí svoje původní vlastnosti.

4.3. DVOJKOLÍ

Dvojkolí zajišťuje vedení a nesení vozidla po kolejnicích. Musí být schopno zajistit přenos všech sil v příčném, podélném i svislém směru a zabezpečit odvod energie při brzdění. Všechny tyto síly musí být v provozu spolehlivě přenášeny, i když se jedná o síly dynamické s proměnnou amplitudou i frekvencí. Často dochází ve styku kola a kolejnic ke vzniku rázových sil, které jsou způsobené například přejezdem přes styk kolejnic. Při těchto rázech vzniká zrychlení, které je až desetinásobně větší než zrychlení tíhové. Z tohoto důvodu vyplývá, že železniční dvojkolí je značně namáhanou součástí vozidla a jakákoliv závada vede k ohrožení bezpečnosti železniční dopravy.

Do moderních podvozků osobních železničních vozů jsou zpravidla zavazována dvojkolí s celistvými koly o jmenovitém průměru 920 mm. Dále jsou tyto dvojkolí osazeny 2 až 4 brzdovými kotouči. Dvojkolí jsou uložena v ložiskových skříních pomocí kompaktních ložiskových jednotek, které jsou osazeny snímači.

Dvounápravové podvozky osobních vozů	38	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

4.3.1. POŽADAVKY NA DVOJKOLÍ

- a) Nízká hmotnost (z důvodů minimalizace nevypružených hmot)
- b) Malé obvodové házení a malá nevyváženost
- c) Tvar jízdního obrysu podle opotřebení
- d) Ložisková skříň s minimální údržbou

4.4. RÁM PODVOZKU

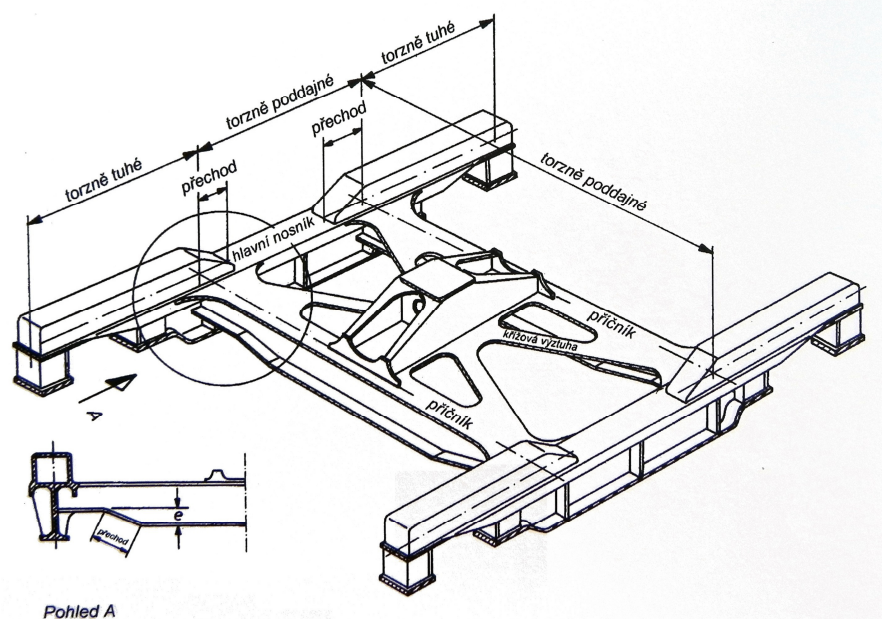
Podvozky osobních vozů mají zpravidla rám tvaru dvojitého písmene „H“ a jsou tvořeny bočnicemi, příčníky a výztuhami, starší provedení mají též čelníky. Rám podvozku tvoří zpravidla svařence z ocelových profilů tvaru T, L, I, U a plechových výlisků. Velikost rámu podvozku je omezena daným prostorem pod skříní vozu, kde musí být zavěšeny i pomocné agregáty.

4.4.1. POŽADAVKY NA RÁM

- a) Jednoduchá konstrukce a výroba
- b) Nízká hmotnost
- c) Optimální poddajnost
- d) Tvarová stálost při plném zatížení
- e) Malý moment setrvačnosti ke svislé ose

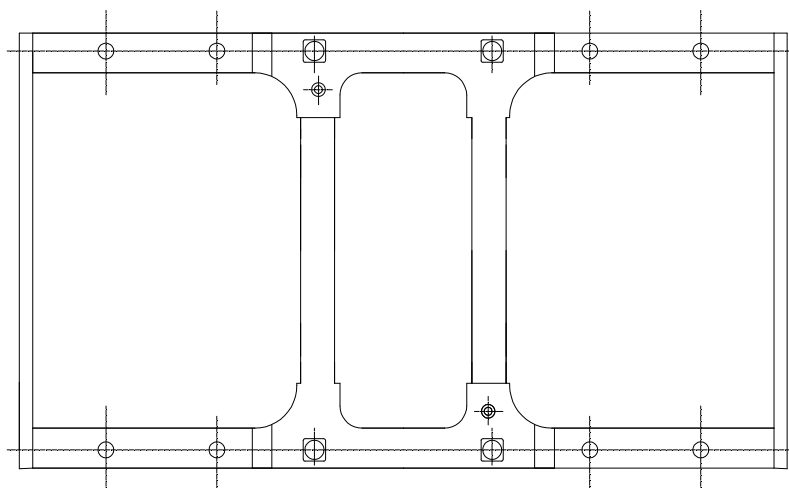
4.4.2. TORZNÍ PODDAJNOST RÁMU

Při malém podílu primárního stupně vypružení z celkového vypružení vozidla se klade důraz na torzní poddajnost rámu podvozku, která zajišťuje dostatečnou bezpečnost proti vykolejení při jízdě vozidla ve zborcené koleji. Torzně poddajné rámy jsou rovněž při namáhání prostřednictvím nerovností koleje méně citlivé než rámy tuhé, jelikož stejné nerovnosti způsobují menší napětí v rámu torzně poddajném, než v rámu torzně tuhém [5]. Jednotlivé nosníky rámu podvozku musí být dostatečně torzně poddajné. Na obr. 21 je znázorněn rám torzně poddajného podvozku osobního vozu.



Obr. 22. Torzně poddajný rám podvozku osobního vozu [5]

Torzní poddajnosti též můžeme dosáhnout pružnou vazbou mezi jednotlivými částmi podvozku. Tohoto principu bylo využito u české konstrukce podvozku VÚKV 801. Podvozek je složen ze dvou půlrámů tvaru písmena „T“ k sobě spojených pomocí čepů (viz. kapitola 5.13.).



Obr. 23. Torzně poddajný rám podvozku VÚKV 801 složený ze dvou půlrámů tvaru písmena „T“ [5]

Dvounápravové podvozky osobních vozů	40	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

4.5. ULOŽENÍ VOZOVÉ SKŘÍNĚ

Uložení vozové skříně na podvozku má za hlavní úlohu přenášet svislé, příčné i podélné síly mezi skříní vozu a rámem podvozku. Též musí být zaručeno odpružení v těchto směrech. Způsob uložení se liší dle konstrukce podvozku a je popsáno u jednotlivých typů viz. kapitola 5.

4.5.1. POŽADAVKY [5]

- Jednoduchá konstrukce
- Pružné spojení bez opotřebení
- Definovaný moment odporu proti natáčení musí být realizovatelný
- Schopnost vracet se do původní polohy při vychýlení podvozku v příčném směru v případě, že tuto úlohu nepřebírá sekundární vypružení

4.5.2. VYMEZENÍ PŘÍČNÝCH VŮLÍ

K omezení příčných vůlí se používají u osobních vozů dva typy nárazek. Prvním typem jsou nárazky s konstantními vůlemi, to znamená, že jejich konstrukce není závislá na poloměrech projížděných oblouků. Tyto nárazky jsou konstruovány jako kovové bloky umístěné na vnitřní straně podélníku rámu skříně vozu. Proti nim jsou na kolébce podvozku umístěny obdobné nárazky. Kluzná část nárazek musí být schopna obsáhnout všechny předpokládané relativní výškové pohyby. Vůle činí u vozů se skříní typu „X“ 22 mm, u typu „Y“ 25 mm.

Druhým typem jsou nárazky s lineárně proměnnou příčnou vůlí. Tyto nárazky jsou konstruovány jako konzole umístěné na vnější části podélníku rámu skříně vozu. Protikus k této nárazce je umístěn na rámu podvozku. Nárazky se umísťují buď do příčné osy podvozku se šikmými spárami, nebo do roviny posunuté o vypočtenou excentricitu a s podélnými spárami. Při jízdě obloukem dochází ke zvětšování příčné vůle vně oblouku a ke snížení na opačné straně. Jednotlivé vůle jsou stanoveny pouze pro oblouky o poloměrech 250 m, a to pro vozy typu „X“ 22 mm uvnitř a 50 mm vně oblouku, pro vozy „Y“ 25 mm uvnitř a 50 mm vně oblouku.

4.6. BRZDA

Brzda je velmi důležitým konstrukčním celkem každého železničního vozidla. Prostřednictvím brzdy dochází k maření kinetické energie vozidla. U osobních železničních

Dvounápravové podvozky osobních vozů	41	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

vozů se zpravidla používají brzdy třecí a to jak adhezní (zdržová, kotoučová), tak i neadhezní (magnetická kolejnicová). U vložených vozů vysokorychlostních jednotek se můžeme setkat s brzdou dynamickou neadhezní, která využívá vířivé proudy.

V Evropě se až na výjimky používá k brzdění vlakových souprav průběžná samočinná brzda, která se skládá z části pneumatické a části mechanické.

Pneumatická část brzdy se u vozů skládá z hlavního potrubí s brzdovými spojkami, které slouží k propojení sousedních vozů vlaku, z rozvaděče s pomocným a rozvodovým vzduchojemem a z brzdového válce. U starších typů osobních vozů byl brzdový válec připevněn na rámu skříně vozu a s podvozkem spojen pomocí tyčové. Moderní konstrukce využívají brzdové jednotky, které tvoří brzdový válec s pákovým a jsou připevněny přímo na rámu podvozku.

Mechanická část jednotlivých typů brzd je popsána níže. Každý vůz je též vybaven ruční brzdou, u které se vyvolává brzdný účinek pomocí šroubového převodu (matice na vřetenu), takže její mechanismus je samosvorný.

4.6.1. ZDRŽOVÁ BRZDA

Zdržová, neboli špalíková brzda je nejstarším konstrukčním provedením brzdy železničních vozidel. V konstrukcích podvozků moderních osobních vozů se s touto brzdou již nesetkáme, jelikož má nižší brzdící účinnost při vyšších rychlostech. S touto brzdou se stále můžeme setkat u starších typů podvozků osobních vozů a u vozů nákladních.

Hlavním znakem této brzdy je brzdová zdrž, která je přitlačována na jízdní plochu kola, kde třením dochází ke vzniku tečné síly působící proti směru jeho otáčení. Brzdová zdrž je v rámu podvozku zavěšena pomocí závěsnice, která zajišťuje jak výškovou polohu, tak i odlehnutí brzdových špalíků od kola. Aby byla zajištěna správná rozteč zdrží při brzdění, musí být k sobě vázány rozporou. Brzdná síla z brzdového válce, který je zpravidla zavěšen pod skříní vozu, se přenáší pomocí tyčové a pák. Převod tyčové i je součet převodů od brzdového válce k jednotlivým zdržím a doporučuje se, aby nabýval hodnot $i = 9 - 11$. Důvodem tohoto poměru je zajištění dostatečného odlehnutí brzdových zdrží od kola při daném zdvihu pístu brzdového válce. Samotná zdrž prošla během let značným vývojem. Zpočátku používaná celistvá zdrž byla nahrazena zdrží dělenou, která se skládá z botky zdrže a brzdového špalíku. Oba díly jsou k sobě vázány klínem zajištěným proti vypadnutí závlačkou.

Brzdové špalíky můžeme rozdělit do dvou základních skupin, a to na kovové a nekovové. Kovové špalíky jsou zpravidla vyrobené z šedé litiny legované fosforem, aby bylo docíleno

Dvounápravové podvozky osobních vozů	42	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

vyššího součinitele tření. Nekomovové špalíky jsou vyrobeny ze spékaných materiálů a můžeme je rozdělit do supiny K a L. Špalíky typu L jsou zaměnitelné za litinové špalíky.

Jednou z hlavních nevýhod zdržové brzdy je tepelné namáhání kola, kdy při nadměrném zahřátí může dojít k odlehnutí a pootočení obruče. Mezi další nevýhody tohoto typu brzdění můžeme zařadit hluk, značné opotřebení brzdových špalíků a závislost součinitele tření na rychlosti. Účinnost této brzdy se pohybuje v rozmezí 83 – 85%.

U moderních typů podvozků osobních vozů a lokomotiv se používá čistící zdržová brzda, která začišťuje jízdní plochu. Tato brzda je vždy doplňkovou k brzdě kotoučové.

4.6.2. KOTOUČOVÁ BRZDA

Všechny moderní konstrukce osobních podvozků jsou osazeny kotoučovou brzdou, která má oproti brzdě špalíkové mnoho výhod:

- a) Vyšší účinnost, která se pohybuje okolo 95%
- b) Nižší hlučnost
- c) Jednoduchá konstrukce
- d) Nižší hmotnost
- e) Rovnoměrný průběh brzdného účinku
- f) Při brzdění nedochází k opotřebení jízdního profilu a vzniklé teplo se maří v brzdových kotoučích, nedochází k tepelnému zatížení kola

Nevýhodou kotoučové brzdy je vyšší zatížení nápravy, což má za následek vyšší nevypružené hmoty. Též tato brzda vykazuje omezení brzdného účinku v zimním období.

U osobních vozů se zpravidla používají dva až čtyři brzdové kotouče, které jsou nalisované na dřívku nápravy. Brzdná síla, která působí v opačném smyslu než je rotace brzdového kotouče je vyvíjena pomocí brzdového obložení, které je přitlačováno na brzdový kotouč čelistmi. Tyto čelisti společně s brzdovým válcem tvoří tzv. brzdovou jednotku. Brzdové jednotky se vyrábějí jak v levém tak v pravém provedení a do rámu podvozku jsou přišroubované. Brzdové kotouče se vyrábějí z oceli, šedé a tvárné litiny, hliníku nebo z keramických vláknitých materiálů.

Dvounápravové podvozky osobních vozů	43	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

4.6.3. MAGNETICKÁ KOLEJNICOVÁ BRZDA

Magnetickou kolejnicovou brzdu můžeme zařadit do skupiny nouzových brzd, kdy se nejedná o brzdu provozní

Základ brzdy tvoří trámec zavěšený mezi nápravami podvozku. V základní poloze je trámec vzdálen přibližně 100 mm od hlavy kolejnice. Do této polohy je zvednut pomocí válcových pružin umístěných ve zdvihacích válcích. Jakmile je uvedena nouzová brzda v činnost, dojde k naplnění zdvihacích válců z pomocného vzduchojemu vzduchem a k následnému přitlačení trámce ke kolejnici. Samotná přitlačná síla je způsobena cívkami elektromagnetů, které jsou součástí brzdového trámce. Elektromagnety kolejnicové brzdy jsou napájeny z akumulátorů. V žádném případě nesmí být přítlak trámce způsoben tlakem vzduchu ve zdvihacích válcích, jelikož by došlo k odlehčení dvojkolí podvozku a ke snížení účinků adhezní brzdy.

4.6.4. VÍŘIVÁ KOLEJNICOVÁ BRZDA

Tuto brzdu řadíme mezi neadhezní brzdy. Jako provozní jí můžeme použít do rychlosti 50 km/h. Vířivá kolejnicová brzda byla zkonstruována pro velmi vysoké rychlosti a používá se například u vysokorychlostních jednotek německých drah ICE 3.

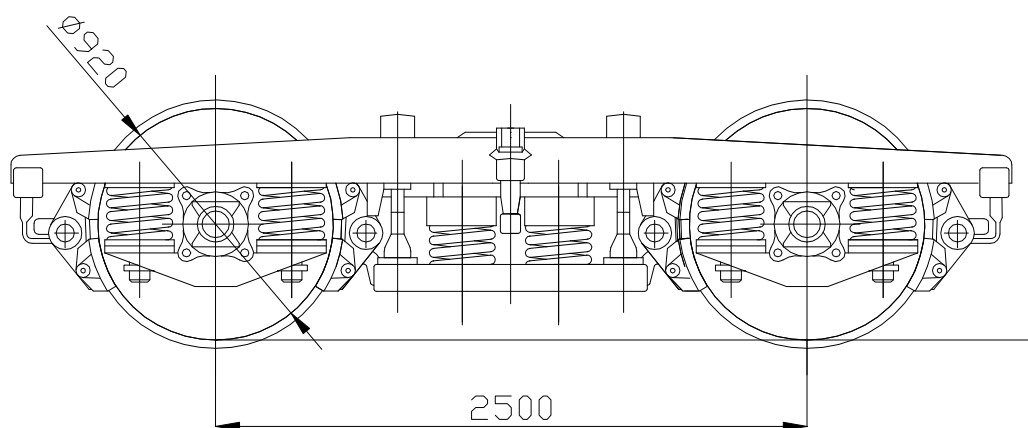
Základ brzdy tvoří trámec s elektromagnety, který je zavěšen na rámu podvozku mezi dvojkolími. Elektromagnety jsou napájeny z akumulátorů. Vzdálenost trámce od hlavy kolejnice je pouhých 7 mm.

5. PŘEHLED OSOBNÍCH PODVOZKŮ

5.1. GÖRLITZ V/Va

Podvozky této konstrukce byly od 60. let minulého století zavazovány pod vozy se skříní typu „Y“ z produkce východoněmecké vagónky VEB Wagonbau Bautzen a maďarské vagónky a strojírny RABA Győr.

Görlitz V je již dnes zastaralý, ale stále hojně používaný kolébkový podvozek o rozvoru 2500 mm. Základ rámu tvoří svařenec z dvou podélníků, dvou příčníků a dvou čelníků skříňového profilů. Primární stupeň vypružení je tvořen čtyřmi sadami šroubovitých válcových pružin uložených na konzolách ložiskové skříně. Dvojkolí jsou vedena pomocí svislých čepů procházejících konzolami ložiskových skříní. Sekundární stupeň vypružení tvoří dva páry duplexních šroubovitých válcových pružin doplněných paralelně o dva hydraulické tlumiče. Pružiny druhotného stupně vypružení spočívají na spodní kolébce zavěšené na stavitelných závěškách na břitech. Horní kolébka, tvořena skříňovým nosníkem, je osazena plochou tornou a dvěma neodpruženými kluznicemi sloužícími k nesení vozové skříně. Příčné pohyby horní kolébky jsou tlumeny dvěma hydraulickými tlumiči umístěnými mezi horní kolébkou a příčným rámem podvozku. Přenos podélných sil mezi horní kolébkou a rámem podvozku je zajištěn pryžovými nárazkami. Podvozek je osazen pouze zdržovou brzdou.



Obr. 24. Typový výkres podvozku Görlitz V

Dvounápravové podvozky osobních vozů	45	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---



Obr. 25. Podvozek řady Görlitz V vozu řady A Českých drah (ČD) s hraníkovými závěsy kolébky a tlumiči primárního stupně vypružení



Obr. 26. Podvozek řady Görlitz Va zavázaný pod vozem řady B Českých drah (ČD)

Tab. 1. Technické údaje podvozku Görlitz Va

Rozvor	2 500 mm	Maximální rychlost	140 km/h
Ø kol - nová/opotřebovaná	920 /840 mm	Hmotnost	6 300 kg

5.2. GÖRLITZ V/DUNAKESZI

Od roku 1996 probíhala modernizace vybraných osobních vozů ČD se skříní typu „Y“ z produkce maďarské vagónky a strojírný RABA Győr. Rekonstrukci vozů provedly železniční opravny MOVO Plzeň ve spolupráci s DVJ Dunakeszi. Modernizované vozy byly po rekonstrukci označeny řadami Aee, Bee, Apee, Bpee a jsou řazeny do vlaků vyšší kvality.

Hlavním cílem modernizace zastaralého podvozku Görlitz V bylo zvýšit jeho maximální dovolenou rychlost ze 140 km/h na 160 km/h a upravit jednotlivé konstrukční celky tak, aby byly zlepšeny chodové vlastnosti.

Dvounápravové podvozky osobních vozů	46	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

Rám podvozku byl při modernizaci zkrácen a osazen novými čelníky a podélnými výztuhami. Původní zdržová brzda byla odstraněna a nahrazena kotoučovou. Za účelem nesení kotoučové brzdy byly na příčníky podvozku dosazeny nové konzoly. Systém vypružení byl doplněn o pryžové odhlučňovací prvky a zcela bylo přepracováno zavěšení nosiče sekundárního stupně vypružení. Původní vedení dvojkolí bylo zcela přepracováno a nahrazeno za nové. Do podvozku byla zavázána nová dvojkolí opatřena brzdovými kotouči. Dále byl podvozek osazen protismykovou ochranou KNORR G I5 a nápravovým uzemňovačem FROST typ AB 408B.



Obr. 27. Podvozek Görlitz V/Dunakeszi zavázaný pod vozem řady Bee Českých drah (ČD)

Tab. 2. Technické údaje podvozku Görlitz V/DUNAKESZI

Rozvor	2 500 mm	Maximální rychlost	160 km/h
Ø kol - nová/opotřebovaná	920 /866 mm	Hmotnost	6 000 kg

5.3. GÖRLITZ VI

Tento typ podvozku se u ČSD začal používat v 70. letech minulého století. Byl zavázán pod vozy z produkce vagónky VEB Wagonbau Görlitz. V roce 1974 byly ČSD dodány vozy řady WLAB, které měly dvě sady podvozků. Jedna sada byla normálněrozchodná, druhá o rozchodu 1520mm pro přechod na tratě bývalého Sovětského svazu. Tyto širokorozchodné podvozky byly deponovány v železniční stanici Čop, kde docházelo i k jejich převazování. Dodnes jsou tyto podvozky používány u ČD pod patrovými vozy řady Bmto.

Podvozek Görlitz VI je odvozen od předchozího typu V. Zásadní změny v konstrukci podvozku souvisí s vedením dvojkolí, kde jsou nahrazeny svislé čepy za sklolaminátové jednostranné pasy. Další změna konstrukce spočívá v přenosu podélných sil mezi rámem podvozku a kolébkou, kde byly použity ojníčky.



Obr. 28. Podvozek Görlitz VI o rozchodu 1435 mm zavázaný pod vozem řady WLAB, na podvozku chybí hřídel náhonu dynamu

5.4. GÖRLITZ VIII

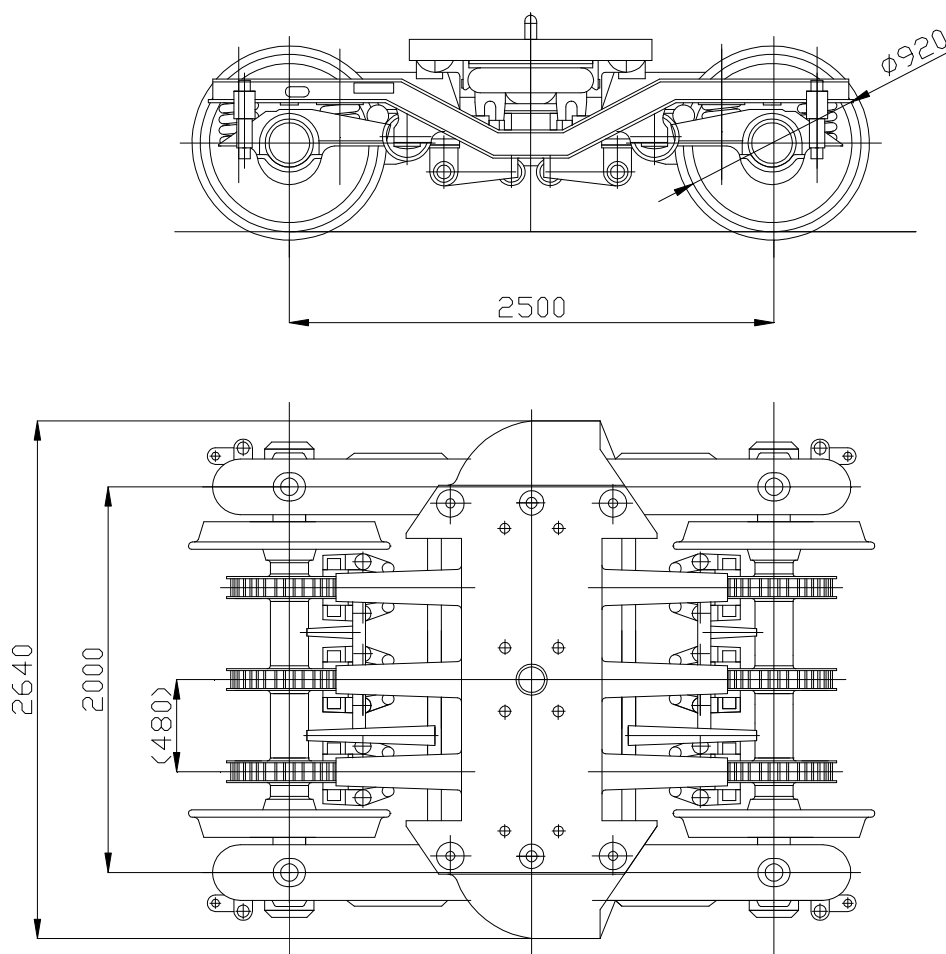
Podvozek typu Görlitz VIII je primárně určen pro patrové vozy vratných souprav. Jednotlivé varianty tohoto podvozku jsou navrženy pro maximální rychlost pohybující se v rozmezí od 140 km/h do 200 km/h. Nyní je tento podvozek vyráběn koncernem Bombardier Transportation a dodáván do vagónky Görlitz.

Základ tohoto bezkolébkového podvozku tvoří rám tvaru dvojitého písmene „H“. Postranice rámu jsou ve střední části poníženy a tak uzpůsobeny k nesení sekundárního stupně vypružení. Primární stupeň vypružení je tvořen čtyřmi páry duplexních válcových pružin spočívajících na konzolách ložiskových skříní. Vedení dvojkolí je zajištěno u staršího provedení podvozků pomocí jednostranných podélných pasů. U novější verze byly pasy nahrazeny za kyvné rameno. Sekundární stupeň vypružení je tvořen párem vzduchových pružin. Oba stupně jsou paralelně doplněny o hydraulické tlumiče. Uložení vozové skříně na podvozku se u jednotlivých variant liší, přenos podélných sil je zajištěno pomocí lemniskátového mechanismu. Podvozek je osazen kotoučovou, začišťující zdržovou a nouzovou magnetickou brzdou. Z důvodů zvýšené nosnosti podvozku je každé dvojkolí opatřeno třemi brzdovými kotouči. Nosnost podvozku činí 32 tun.

Tab. 3. Technické údaje podvozku SGP 300 R/3S používaného u Českých drah (ČD)

Rozvor	2 500 mm	Maximální rychlost	200 km/h
Ø kol - nová/opotřebovaná	920 /860 mm	Hmotnost	7 100 kg

Dvounápravové podvozky osobních vozů	48	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---



Obr. 29. Typový výkres podvozku Görlitz VIII

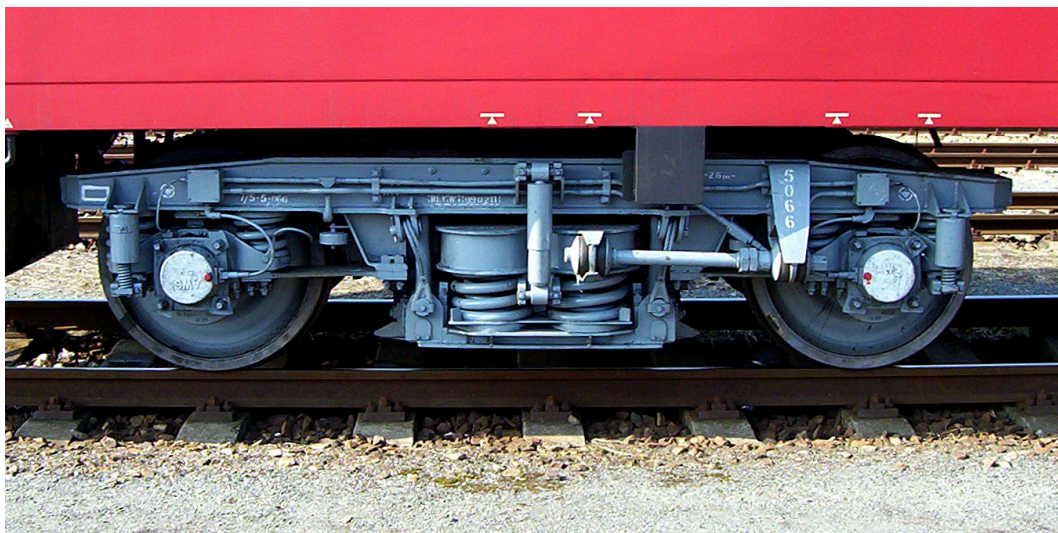
5.5. GP 200

Podvozek byl vyvinut v 80. letech 20. století ve spolupráci VÚKV a východoněmecké vagónky VEB Waggonbau Görlitz. Byl vyráběn v několika variantách, které se od sebe lišily pouze drobnými konstrukčními úpravami. U nás se tyto podvozky vyráběly ve vagónce Studénka ve verzích s označením GP 200 typ 8-819, 8-822 a 8-825. Pod vozy Českých drah z produkce německé vagónce VEB Waggonbau Bautzen jsou zavázány podvozky s označením GP 200 S.

Základ kolébkového podvozku tvoří rám ve tvaru dvojitého písmena H, který je svařen ze skříňových profilů. Skládá se ze dvou podélníků a dvou příčníků, na kterých jsou upevněny konzoly pro nesení čelistí kotoučové brzdy. Primární stupeň vypružení tvoří duplexní šroubovitě válcové pružiny umístěné na nosiči pružin ložiskových skříní. Přenos podélných sil mezi podvozkem a ložiskovou skříní je zajištěn jednostrannými podélnými sklolaminátovými pasy. Pasy jsou z obou stran zakončeny ocelovými příložkami s drážkováním. K ložiskovým skříním i ke konzolám rámu jsou přišroubovány. U podvozku

GP 200 S je primární stupeň vypružení paralelně osazen třecími tlumiči. Kolébka podvozku, která tvoří společně s vinutými válcovými pružinami sekundární stupeň vypružení je zavěšena na šikmých stavitelných závěškách odkloněných od svislice o 10°. Šikmé závěsky umožňují též vypružení podvozku v příčném směru a zajišťují nízké hodnoty součinitele náklonu bez použití torzních tlumičů. K sekundárnímu stupni vypružení jsou paralelně zařazeny hydraulické tlumiče. Příčné vypružení je též tlumeno dvěma hydraulickými tlumiči. Přenos podélných sil mezi kolébkou a rámem podvozku je zajištěn pomocí ojnic s pryžovým odpružením. Skříň vozu je uložena na podvozku pomocí dvou pevných kluznic a vodícího čepu umístěného do osy podvozku. Dvojkolí o jmenovitém průměru 920mm jsou uložena v půlených ložiskových skříních, které umožňují vyvázání dvojkolí bez demontáže prvotního stupně vypružení. U prvních podvozků byla použita zdržová brzda, která byla posléze nahrazena za kotoučovou. Na vybraných podvozcích byla doplněna kotoučová brzda o jednostrannou čistící zdržovou brzdou. Nejnovější verze těchto podvozků byly vybaveny magnetickou kolejnicovou brzdou. Ruční brzda působí vždy na pákové kotoučové brzdy jednoho podvozku vozu. [6]

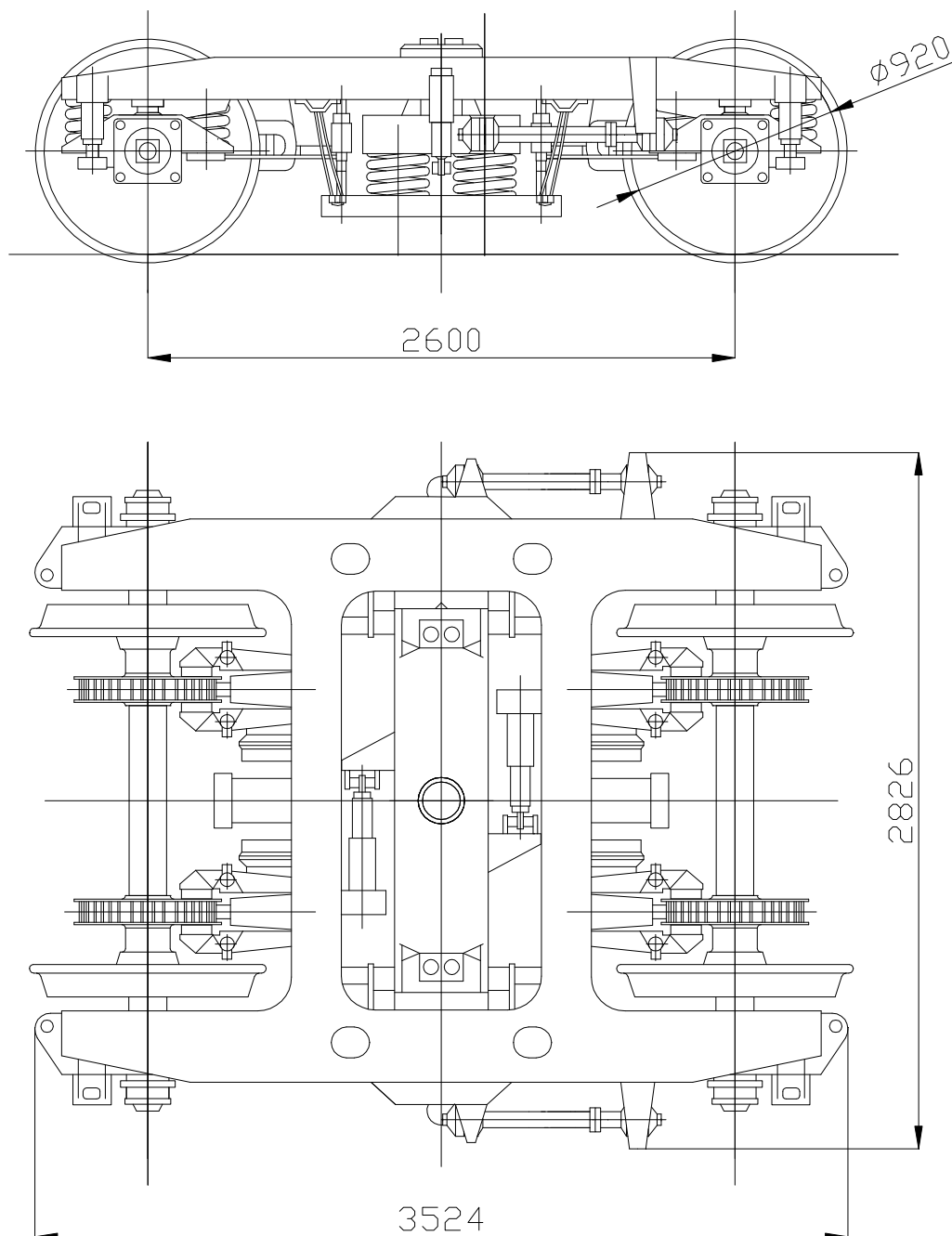
Rám podvozku je značně torzně tuhý. Díky tuhému vedení dvojkolí má podvozek dobré jízdní vlastnosti, ale není vhodný pro provoz na obloukovitých tratích z důvodů velkých dynamických účinků na trať.



Obr. 30. Podvozek GP 200 vozu WLABmee Ruských železnic (RZD)

Tab. 4. Technické údaje podvozku GP 200 S typu 25/85

Rozvor	2 600 mm	Maximální rychlost	160 km/h
Ø kol - nová/opotřebovaná	920 /870 mm	Hmotnost	5 810 kg

**Obr. 31.** *Typový výkres podvozku GP 200 S*

V letech 2006-2010 dodala společnost Pars nova Šumperk ve dvou sériích Českým drahám řídicí vozy řady 954. Tyto vozy vznikly přestavbou již nepoužívaných poštovních vozů řady Postw s podvozky GP200 typu 8-819. Při rekonstrukci bylo na čelní podvozek dosazeno pískovací zařízení a zařízení na mazání okolků. Vždy jedno dvojkolí podvozku bylo vybaveno snímačem otáček. U podvozku byla ponechána původní zdržová brzda.

5.6. SGP 300

Podvozek SGP 300 byl zkonstruován koncem 80. let 20. století a stal se standardním podvozkem Rakouských drah (ÖBB). Mezi českými železničními dopravci jej používají České dráhy a.s. (ČD) u vozů řad Ampz a Bmz.

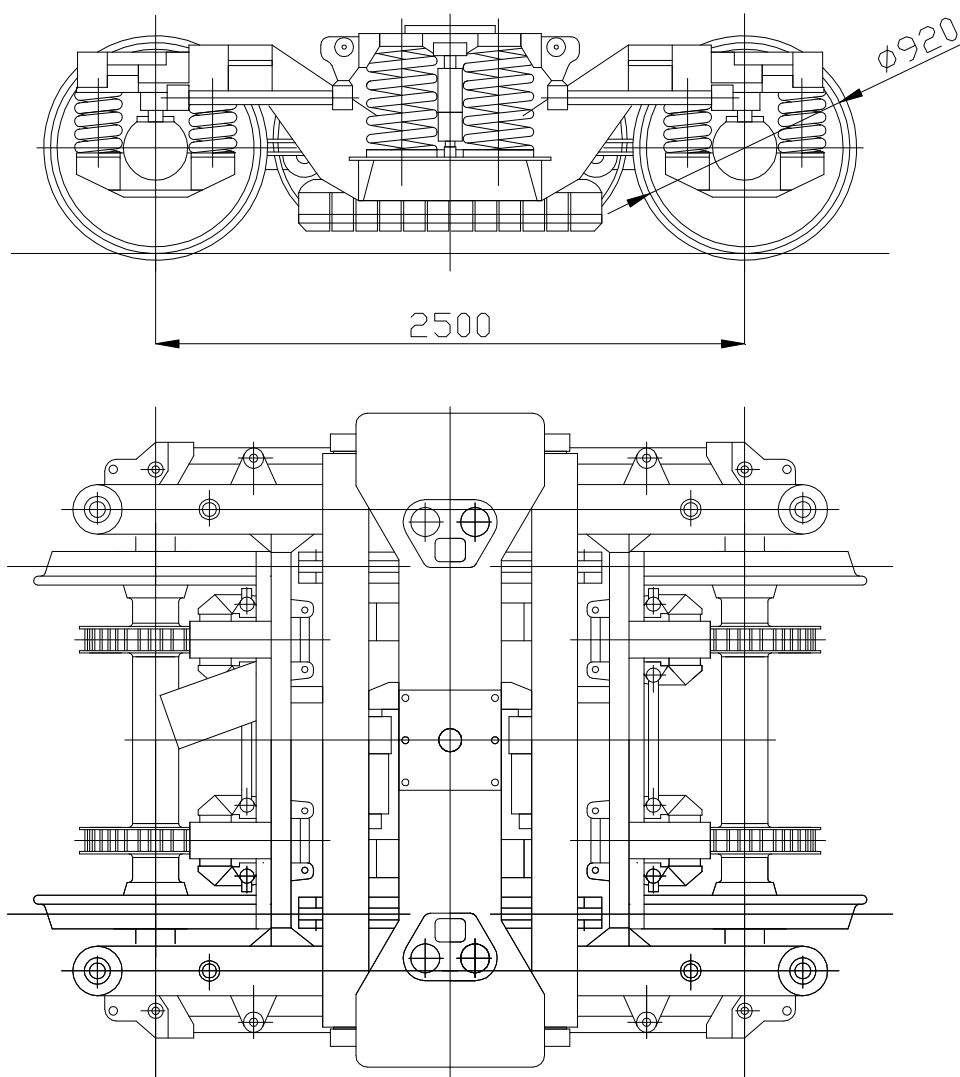
Podvozek se vyrábí ve třech variantách SGP 300-R, SGP 300-HG a SGP 300-RHC, tyto podvozky se od sebe liší počtem brzdových kotoučů na nápravě a tuhostí vedení dvojkolí. U podvozků typu R a HG je použito čepové vedení na rozdíl od typu RHC který má proměnlivou příčnou a podélnou tuhost vedení dvojkolí.

Základ podvozku tvoří svařovaný rám skříňového provedení tvaru dvojitého písmene „H“. Podélníky rámu jsou ve střední části poníženy a tak uzpůsobeny k nesení druhotného stupně vypružení. Ve střední části jsou spojeny hlavním a dvěma pomocnými příčnicí, které slouží k nesení brzdové výstroje podvozku. Primární stupeň vypružení zajišťují čtyři páry válcových pružin uložených na pryžokovových kotoučích, umožňující radiální stavění dvojkolí při jízdě oblouky. Vedení dvojkolí zajišťuje osm svislých čepu nalisovaných do podélníků rámu. Na těchto čepích jsou navlečeny pryžokovové klouby, které kloužou v hrncích ložiskových skříní a tak umožňují svislý pohyb nápravy. Podvozek typu SGP 300 můžeme zařadit do kolébkových podvozků s pevným nesením sekundárního stupně vypružení. Dva páry pružin sekundárního stupně jsou uloženy vně rámu na nosících. Kolébka je situována nad rám podvozku a je posazena přímo na předepjaté flexi-coil pružiny, které jsou na obou koncích uloženy v pryžových podložkách. Příčné a podélné vůle v tomto stupni vypružení jsou vymezeny pryžovými nárazkami. Oba stupně jsou paralelně doplněny o tlumiče. Přenos podélných sil mezi rámem podvozku a hlavním příčnicí rámu je zajištěn lemniskátovým mechanismem. Skříň vozu je uložena na kolébce pomocí otočného čepu a kluznic, ve kterých probíhá tlumení vrtivých pohybů podvozku.

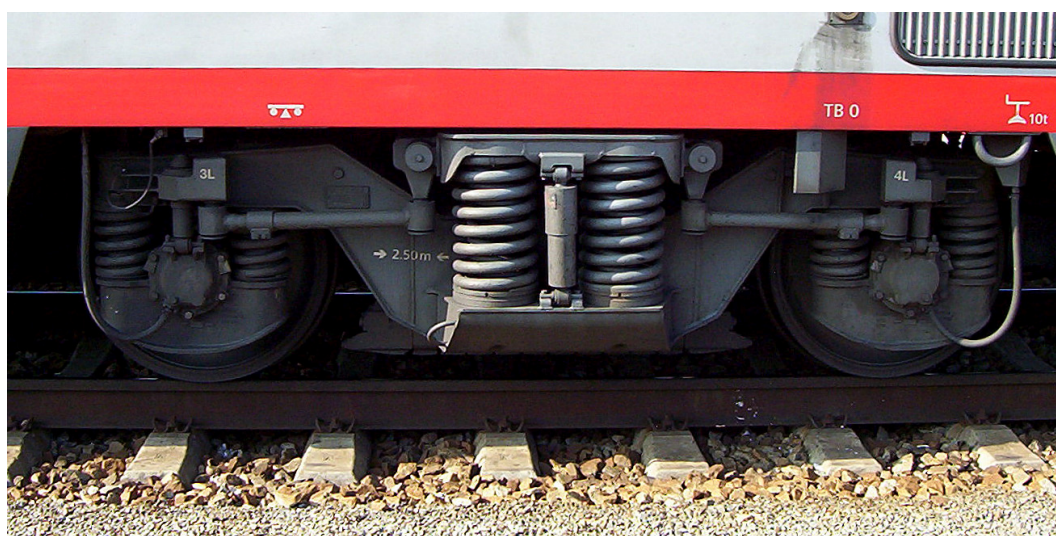
Každé dvojkolí podvozku je osazeno třemi brzdovými jednotkami kotoučové brzdy. Pro případ nouzového brzdění je vybaven elektromagnetickou kotoučovou brzdou. Každé dvojkolí je osazeno protismykovým snímačem typu MGS-2. Dále je podvozek osazen uzemňovačem typu Frost.

Tab. 5. Počet brzdových kotoučů na jednotlivých typech podvozku SGP 300

Typ	Počet brzdových kotoučů na dvojkolí	Maximální rychlost
SGP 300 R	2	200 km/h
SGP 300 HG	3	300 km/h



Obr. 32. Typový výkres podvozku SGP 300



Obr. 33. Podvozek SGP 300 zavázaný pod vozem Bmz Rakouských spolkových drah (ÖBB)

Dvounápravové podvozky osobních vozů	53	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

Tab. 6. *Technické údaje podvozku SGP 300 R/3S používaného u Českých drah (ČD)*

Rozvor	2 500 mm	Maximální rychlost	200 km/h
Ø kol - nová/opotřebovaná	920 /860 mm	Hmotnost	7 200 kg

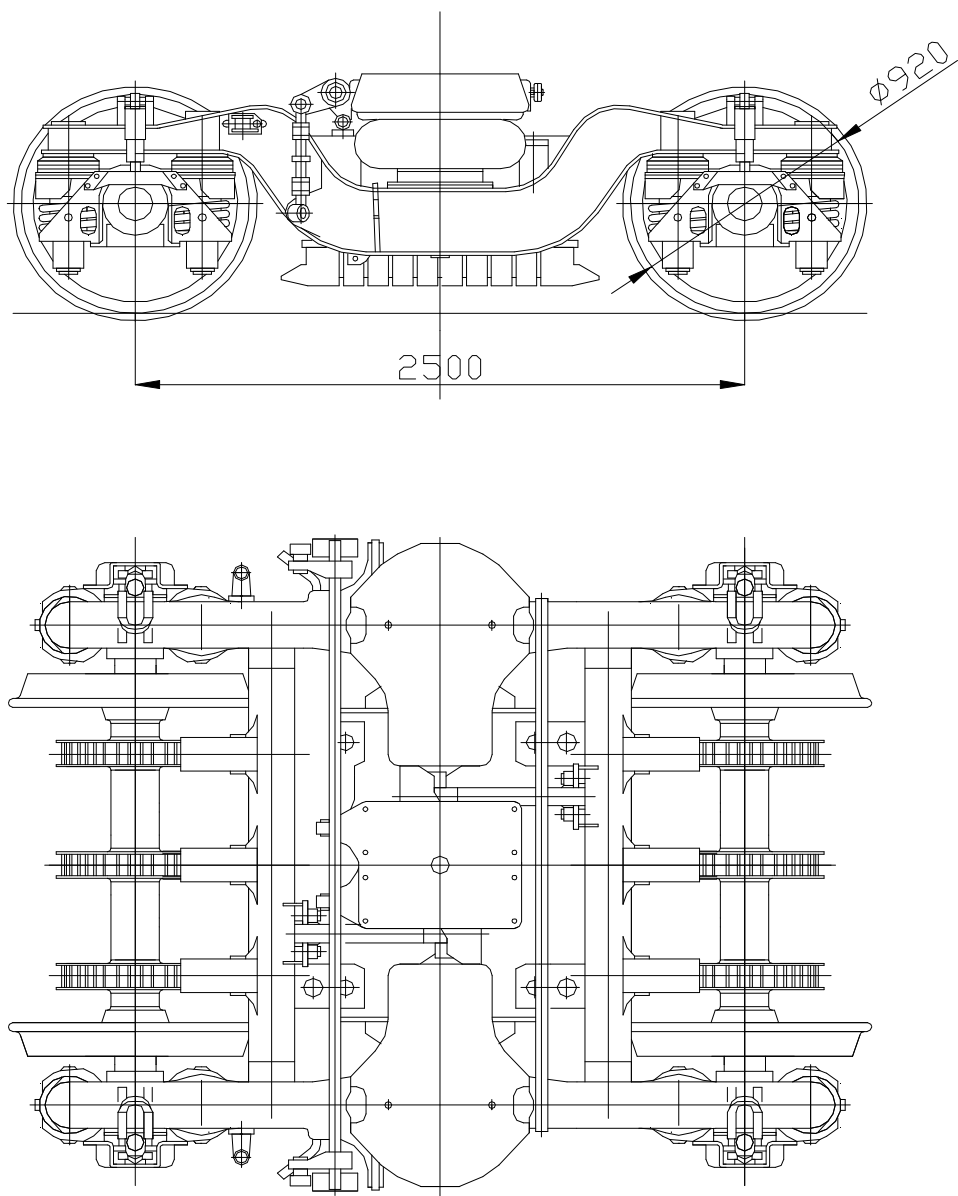
5.7. SGP 400

Základ tohoto bezkolébkového podvozku tvoří svařenec ze dvou podélníků, dvou pomocných a jednoho hlavního příčnicku. Na pomocných příčnicích jsou instalovány konzole k nesení jednotek kotoučové brzdy. Primární stupeň vypružení tvoří válcové pružiny doplněné o paralelní tlumiče. Vedení dvojkolí je shodné s podvozkem typu SGP 300. Sekundární stupeň vypružení je tvořen vzduchovou pružinou umístěnou mezi ponížený podélník a hlavní příčník skříně vozu. Sekundární stupeň vypružení je dále doplněn o paralelní tlumič a torzní stabilizátor. Pro případ poruchy jsou vzduchové pružiny doplněny o pryžovou pružinu s kluznicí. Skříň vozu je uložena přes pomocné desky přímo na pružinách sekundárního stupně vypružení. Přenos podélných sil mezi skříní vozu a podvozkem je zajištěn pomocí svislého čepu, na jehož konci je připevněn lemniskátový mechanismus.

Na podvozku je instalována kotoučová brzda se třemi brzdovými kotouči na jednom dvojkolí, čistící zdržová brzda a elektromagnetická kolejnicová brzda. Podvozky používané pod německými jednotkami ICE 2 jsou vybaveny čtyřmi brzdovými kotouči na jednom dvojkolí. Podvozek je torzně poddajný.

Tab. 7. *Technické údaje podvozku SGP 400*

Rozvor	2 500 mm	Maximální rychlost	280 km/h
Ø kol - nová/opotřebovaná	920/860 mm	Hmotnost	7 100 kg



Obr. 34. Typový výkres podvozku SGP 400 bez brzdových jednotek

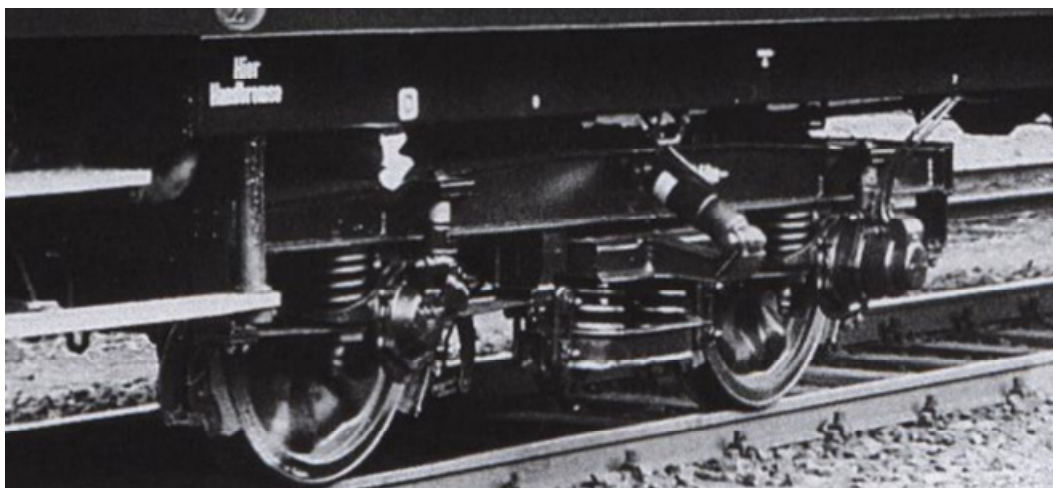
5.8. MD 50

Podvozek Minden – Deutz 50 se u Německých spolkových drah začal používat v roce 1951. Byl zkonstruován a vyráběn v západoněmeckých strojárnách Vereinigten Westdeutschen Waggonfabriken. Tento podvozek posloužil jako základ pro stavbu dalších konstrukcí nesoucích označení Minden – Deutz.

Rám tohoto kolébkového podvozku je svařen ze dvou podélníků a dvou příčníků skříňového profilu. K rámu jsou též připevněny dva čelníky z U profilu. Prvotní stupeň vypružení je tvořen válcovými pružinami umístěnými na konzolách ložiskové skříně. Vedení

dvojkolí je zajištěno oboustrannými ocelovými pasy. Sekundární stupeň vypružení zajišťují duplexní válcové pružiny umístěné mezi horní a spodní kolébku podvozku. Spodní kolébka je v rámu podvozku zavěšena pomocí závěsek, které umožňují příčné vypružení. Příčný pohyb kolébky vůči rámu podvozku je omezen nárazkami. Pro tlumení svislých a příčných kmitů jsou mezi kolébku a rám podvozku umístěny šikmé hydraulické tlumiče. Skříň vozu je uložena na horní kolébce pomocí pevných kluznic a svislého čepu. Podvozek byl osazen pouze zdržovou brzdou, která postačovala pro maximální provozní rychlost podvozku, která činila 140 km/h.

Nevýhodou podvozku je značná torzní tuhost a poměrně dlouhý rám o délce 4 095 mm, který způsoboval velké relativní pohyby pod skříní vozu.



Obr. 35. Podvozek typu MD 50 zavázaný pod vozem řady A4üe Německých spolkových drah (DB) [4]

Tab. 8. Technické údaje podvozku MD 50

Rozvor	2 500 mm	Maximální rychlost	140 km/h
Ø kol - nová	950 mm	Hmotnost	5 400 kg

5.9. MD 36

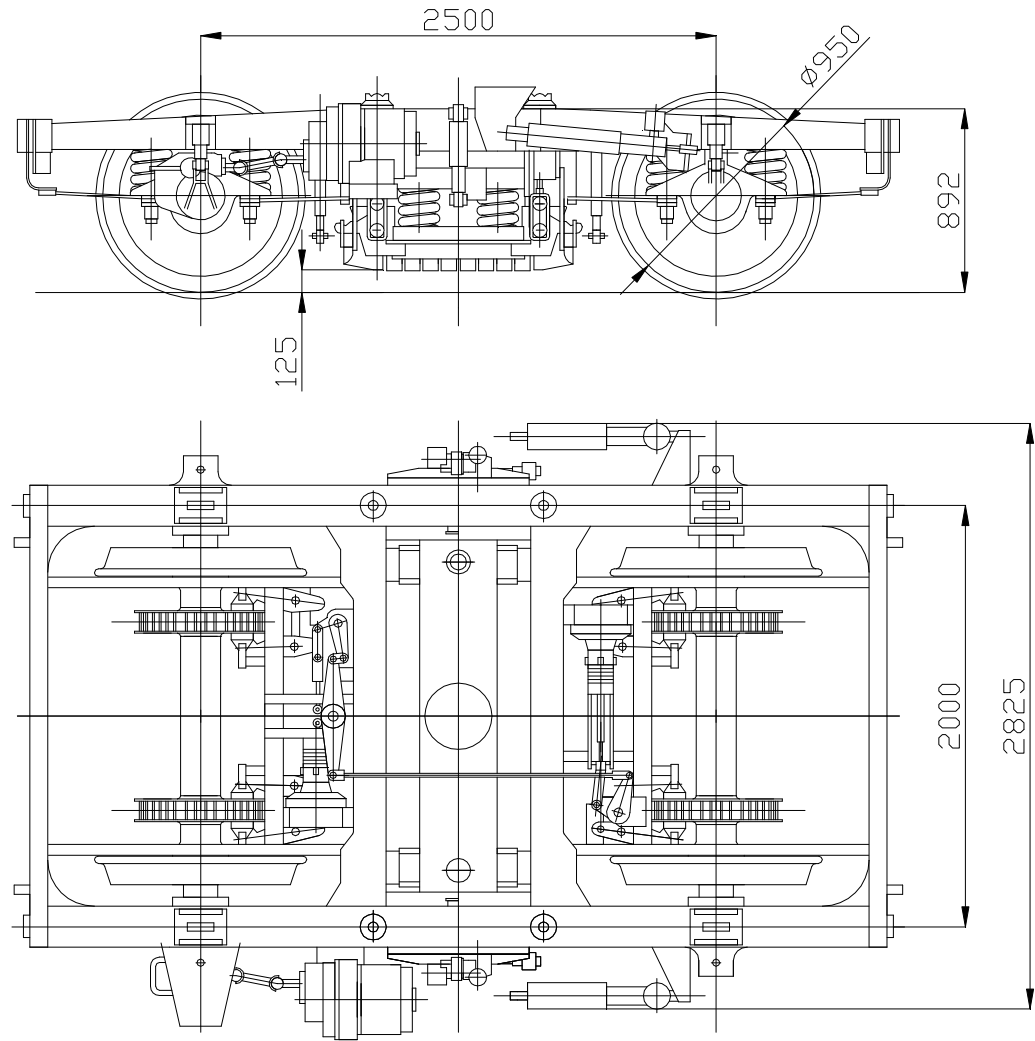
Minden – Deutz 36 konstrukčně navazuje na podvozek typu MD 50, který byl konstrukčně upraven, tak aby byl schopný provozu při rychlosti až 200 km/h. Díky konstrukčním úpravám bylo také docíleno optimálních chodových vlastností.

Rám podvozku až na drobné úpravy neprošel žádnými zásadními konstrukčními změnami. Hlavní změnu oproti předešlému podvozku MD 50 zaznamenal brzdový systém, kde byla zdržová brzda nahrazena za kotoučovou. Na vybrané podvozky byla též dosazena magnetická

Dvounápravové podvozky osobních vozů	56	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

kolejnicová brzda. Podvozek byl osazen hydraulickými tlumiči vlnivých pohybů umístěných mezi rám podvozku a skříň vozu.

Dnes je již tento typ podvozku zastaralý, ale stále se s ním můžeme setkat u vozů starší stavby zahraničních železničních společností.

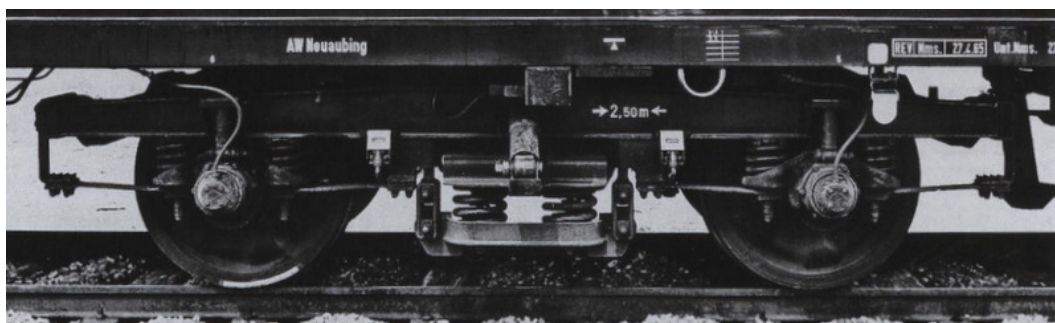


Obr. 36. Typový výkres podvozku MD36 s magnetickou kolejnicovou brzdou

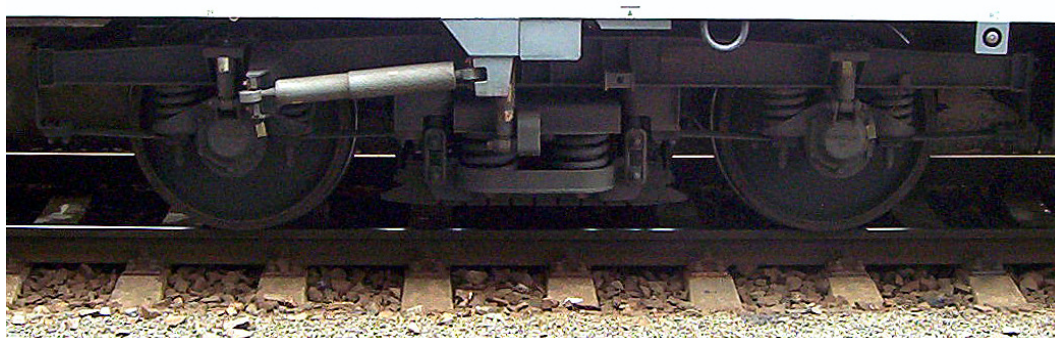
Tab. 9. Technické údaje podvozku MD 36

Rozvor	2 500 mm	Maximální rychlost	200 km/h
Ø kol - nová	920 mm	Hmotnost	-

Dvounápravové podvozky osobních vozů	57	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---



Obr. 37. Podvozek typu MD 36 Německých spolkových drah (DB) bez magnetické kolejnicové brzdy [4]



Obr. 38. Podvozek MD 36 Německých spolkových drah (DB) s magnetickou kolejnicovou brzdou

5.10. MD 52x

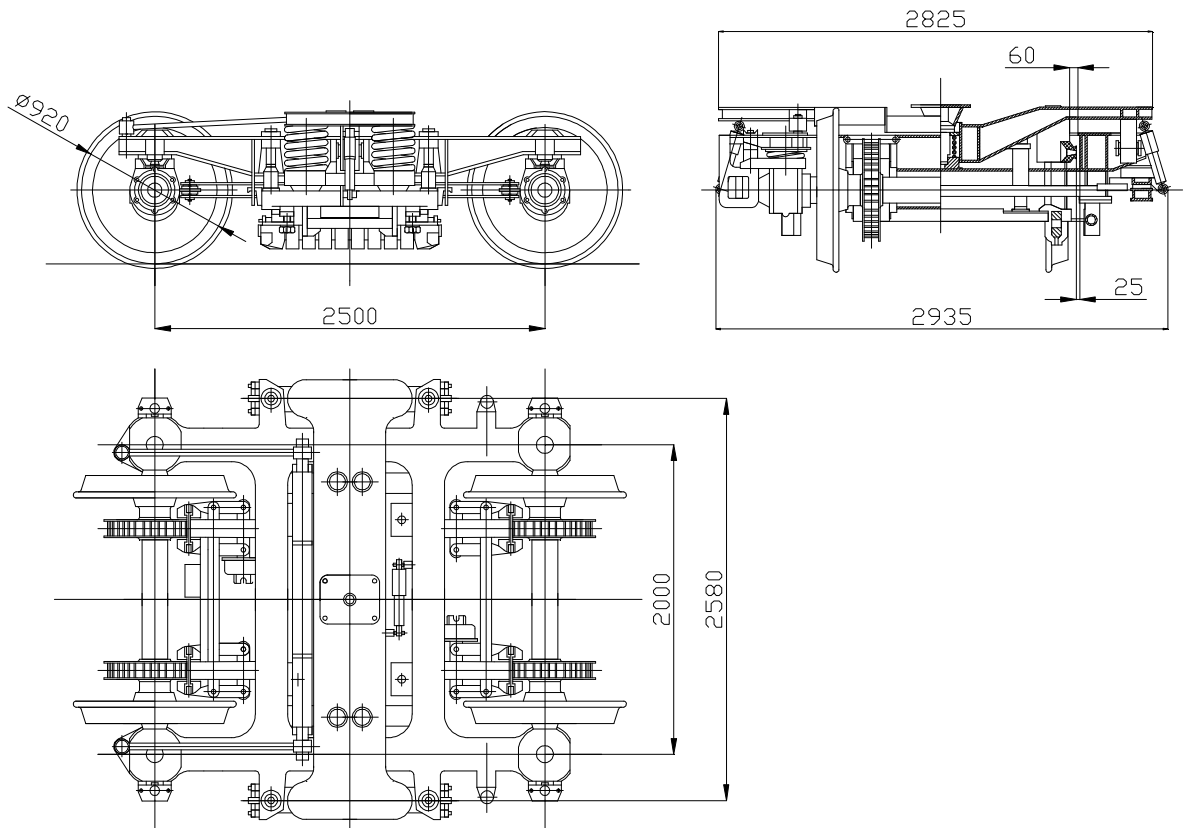
První z podvozků řady Minden - Deutz 52 byl zkonstruován koncem sedmdesátých let 20. století pro potřeby vysokorychlostní dopravy v Německu. Byl určen pro osobní vozy vyšší kvality a pro nově vznikající vysokorychlostní jednotky řady ICE 1. Podvozek je vyráběn ve variantách nesoucí označení 522, 523, 524 a 530.

Rám tohoto kolébkového podvozku tvaru dvojitého písmene „H“ je tvořen nosníky skříňového průřezu. Primární stupeň vypružení zajišťují duplexní válcové pružiny umístěné nad ložiskovou skříní. Za účelem tlumení svislých kmitů tohoto stupně vypružení jsou doplněny paralelně o hydraulický tlumič. Dvojkolí jsou vedena zdvojenými jednostrannými ocelovými pasy. Sekundární stupeň vypružení je řešen pomocí páru duplexních válcových pružin umístěných po obou stranách podvozku vně podélníků. Pružiny druhotného stupně vypružení spočívají na nosiči pružin, který je zavěšen na stavitelných závěškách. Závěsky jsou na rámu podvozku uchyceny pomocí konzol a uloženy v pryžových silentblocích. Kolébka je situována nad podélníky rámu a přímo uložena na sekundárním stupni vypružení. Sekundární stupeň vypružení je doplněn o šikmé hydraulické tlumiče, které tlumí kmity jak ve svislém, tak i v příčném směru. Přenos podélních sil mezi rámem podvozku a kolébkou

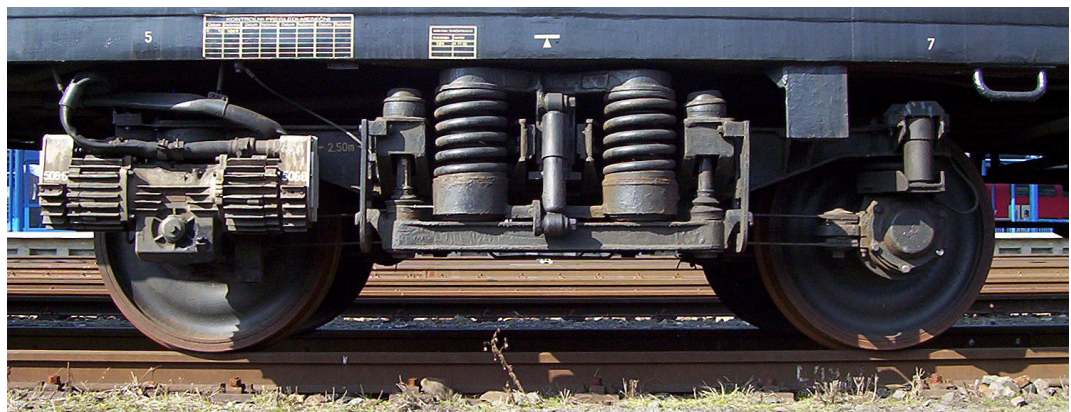
Dvounápravové podvozky osobních vozů	58	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

zajišťují ojnice s oky odpruženými pryží. Ojnice jsou připevněny ke kolébce přes torzní hřídel.

Dvojkolí jsou osazena dvěma až čtyřmi brzdovými kotouči. Čelisti kotoučových brzd jsou zavěšeny na konzolách připevněných k příčníkům podvozku. Podvozek je osazen dvěma brzdovými válci, z nichž každý působí přes pákoví na brzdové čelisti jednoho dvojkolí. [6]



Obr. 39. Typový výkres podvozku MD522



Obr. 40. Podvozek MD 522 zavázaný pod vozem řady B Srbských železnic (ŽS) bez magnetické kolejnicové brzdy

Dvounápravové podvozky osobních vozů	59	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

Tab. 10. Brzdová výstroj jednotlivých podvozků MD 52x

Typ	Počet brzdových kotoučů na dvojkolí	Magnetická kolejnicová brzda	Maximální rychlost
MD 522	2	ne	160 km/h
MD 523	2	ano	200 km/h
MD 524	3	ano	200 km/h
MD 530	4	ano	280 km/h

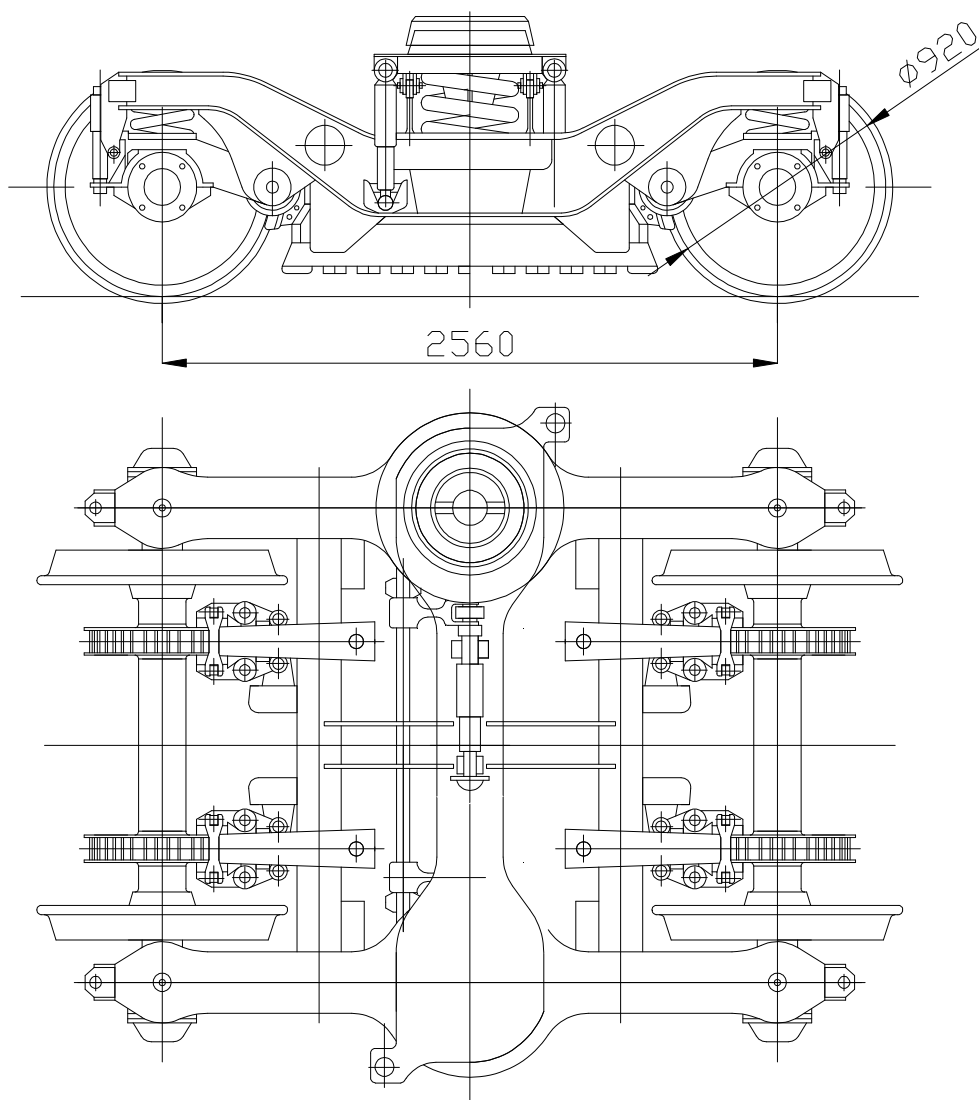
Tab. 11. Technické údaje podvozku MD 530

Rozvor	2 500 mm	Maximální rychlost	280 km/h
Ø kol - nová/opotřebovaná	920/860 mm	Hmotnost	7 400 kg

5.11. Y32

Francouzský podvozek s označením Y32 vznikl v 70. letech minulého století. Tento typ podvozku je stále velmi rozšířený ve vozových parcích francouzských, švýcarských a italských drah, v menší míře se s ním můžeme setkat i u dalších evropských železničních dopravců.

Základ tohoto bezkolébkového podvozku tvoří rám tvaru dvojitého písmene „H“. Postranice rámu, které tvoří skříňový nosník, jsou ve střední části poníženy a tak uzpůsobeny k nesení sekundárního stupně vypružení. Tento stupeň vypružení tvoří mohutné flexi-coil pružiny, které jsou zasazeny do dutin v podélnících rámu. K sekundárnímu stupni vypružení jsou paralelně zařazeny hydraulické tlumiče a torzní stabilizátory. Skříň vozu je uložena přes pomocný nosník přímo na pružinách sekundárního stupně vypružení. Primární stupeň vypružení tvoří šroubovitě válcové pružiny doplněné o tlumiče. Dvojkolí jsou vedena kyvnými rameny. Podvozek má v příčném směru vůli vůči skříni v rozmezí od 20 mm do 60 mm omezenou pryžovými nárazkami. Přenos podélných sil mezi podvozkem a skříní vozu je zprostředkován pomocí táhel, která jsou pružně vázána k příčnícím trubkového průřezu. Na těchto příčnících jsou též upevněny konzoly k nesení čelistí kotoučové brzdy. Dále je podvozek vybaven začíšťovací zdržovou brzdou a pro režim nouzového brzdění je instalována magnetická kolejnicová brzda. [6]

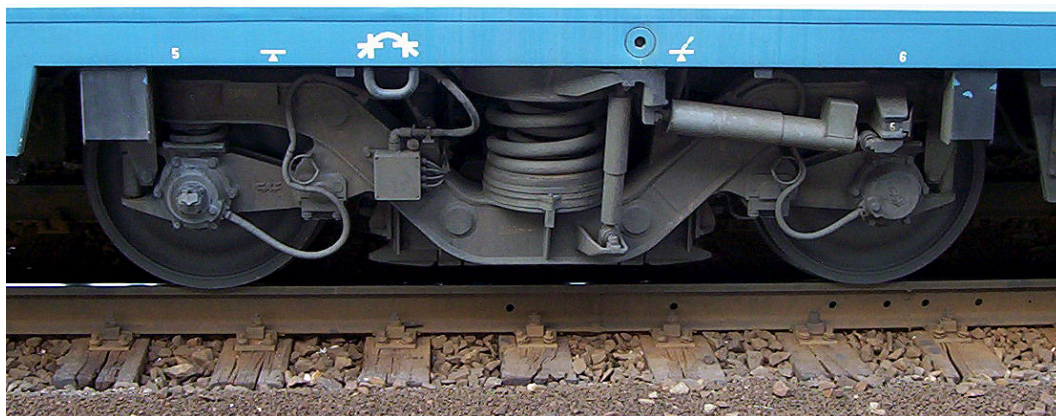


Obr. 41. Typový výkres podvozku Y32

Tab. 12. Technické údaje podvozku Y32 B

Rozvor	2 560 mm	Maximální rychlost	200 km/h
Ø kol - nová/opotřebovaná	920/890 mm	Hmotnost	6 000 kg

Podvozek typu Y32 se v provozu osvědčil. Licenčně byl vyráběn firmou Fiat, kde prošel úpravami a byl označen jako Y0207S pro maximální rychlost 200 km/h. Tento podvozek byl nadále zdokonalován, poslední typ nese označení Y0362 a je vyráběna společností Siemens Transportation Systems s vnitropodnikovým označením SF 200. Tento podvozek má nosnost 17 tun na nápravu a jeho dvojkolí jsou opatřena třemi brzdovými kotouči.



Obr. 42. Podvozek Fiat zavázaný pod vozem Bmz Maďarských státních drah

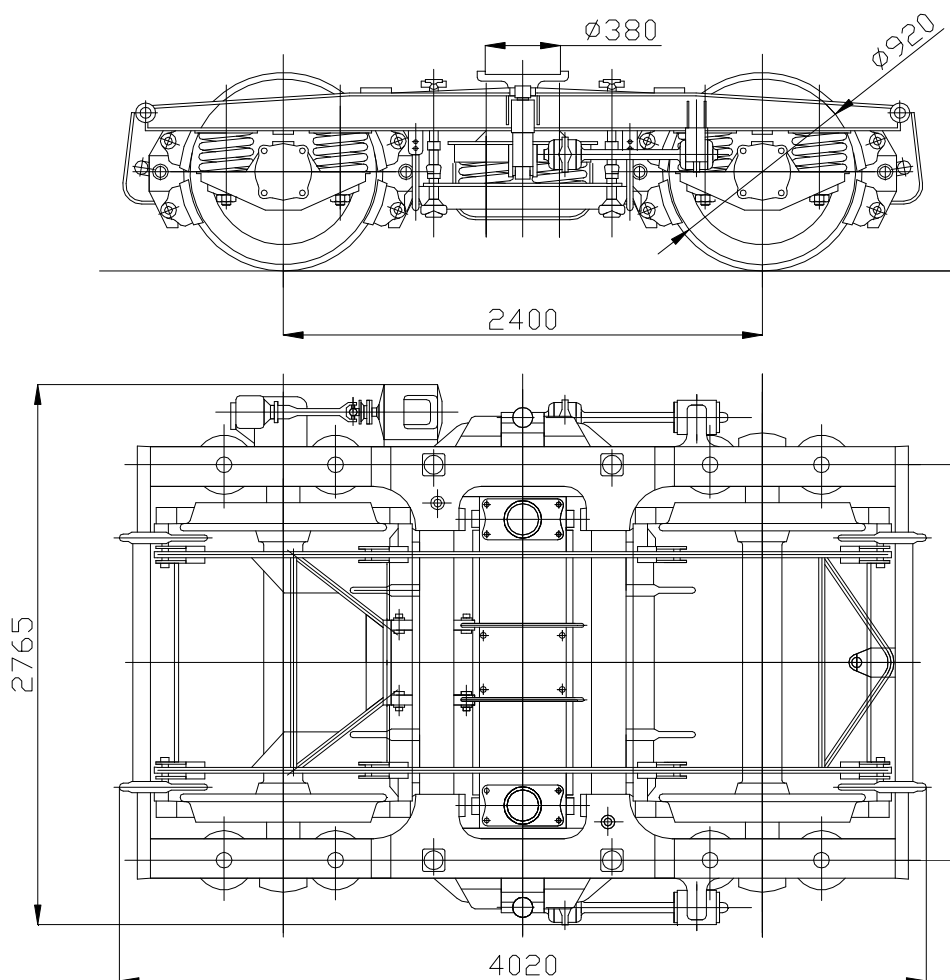
Tab. 13. Technické údaje podvozku Y 0207 S

Rozvor	2 560 mm	Maximální rychlost	200 km/h
Ø kol - nová/opotřebovaná	920/860 mm	Hmotnost	7 200 kg

5.12. VÚKV 801

Podvozek s označením VÚKV 801 byl vyvíjen od šedesátých let 20. století ve Výzkumném ústavu kolejových vozidel a poprvé použit pod osobní vozy řady Bai (dnes řada Bt) vyrobené roku 1969 vagónkou Studenka. Posléze byly od tohoto typu podvozku odvozeny modernější varianty a to vzor VÚKV 8-802 a VÚKV 8-803, které se od původního provedení lišily pouze drobnými konstrukčními úpravami.

Jedná se o kolébkový podvozek o rozvoru dvojkolí 2400mm. Rám podvozku tvoří dva půlrámy ve tvaru písmene T, které jsou k sobě spojeny pomocí čepu. Půlram je svařen z jednoho podélníku a jednoho příčnicku skříňového průřezu. Toto řešení rámu zajišťuje dobrou torzní poddajnost, rám je méně namáhán a lépe kopíruje svislé nerovnosti koleje. Primární stupeň vypružení tvoří šroubovitě válcové pružiny, které spočívají na konzolách ložiskových skříní. Vedení dvojkolí je zajištěno pomocí svislých vodicích čepů. Sekundární stupeň vypružení zajišťují dvě dvojice duplexních šroubovitých válcových pružin, které jsou umístěny mezi spodní a horní kolébkou. Spodní kolébkou je zavěšena v rámu podvozku pomocí výškově stavitelných závěsek, které zároveň umožňují příčné vypružení. Horní kolébkou tvoří skříňový nosník opatřený silentblokem pro uložení svislého čepu a dvěma kluznicemi pro přenos svislých sil ze skříně vozu na kolébkou. Přenos sil mezi rámem podvozku a kolébkou zajišťuje dvojice ojníc. Proti přetížení pryžových elementů ojnice jsou mezi rámem a kolébkou umístěny omezující nárazky. Podvozek je vybaven špalíkovou brzdou. [6]



Obr. 43. Typový výkres podvozku VÚKV 801

Tab. 14. Technické údaje podvozku VÚKV 801

Rozvor	2 400 mm	Maximální rychlost	120 km/h
Ø kol - nová/opotřebovaná	920/840 mm	Hmotnost	5 600 kg

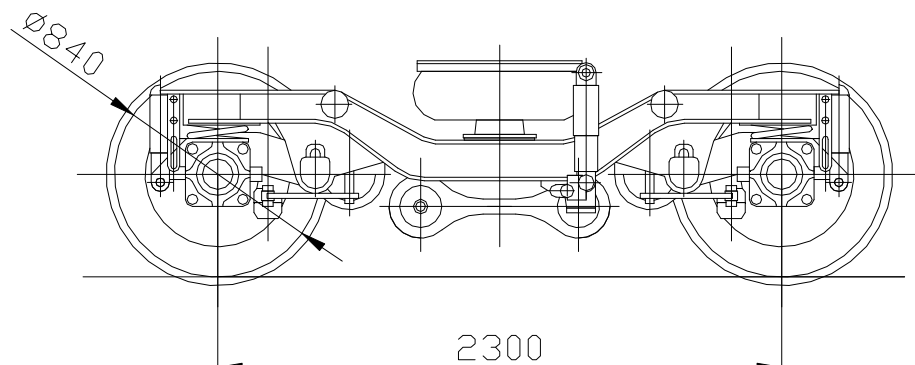
5.13. VÚKV 8 – 833

V roce 1995 byl zkonstruován v Moravskoslezské vagónce Studénka nový typ podvozku VÚKV 8 – 833 určený pro nové přípojné vozy řady Btn⁷⁵³ a řídící vozy řady 943.

Pro tento typ lehkého podvozku o rozvoru 2300mm byla použita bezkolébková koncepce. Primární stupeň vypružení tvoří šroubovitá válcová pružina umístěna nad ložiskovou skříní přenos podélných sil z rámu podvozku na dvojkolí je zajištěno kyvným ramenem. Sekundární stupeň vypružení tvoří dvě vzduchové pružiny. K oběma stupňům vypružení jsou paralelně

Dvounápravové podvozky osobních vozů	63	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

připojeny hydraulické tlumiče. Podvozek je osazen kotoučovou brzdou. Podvozky určené pro řídicí vozy jsou doplněny o pískovací zařízení. Maximální dovolená rychlost je 120 km/h.



Obr. 44. Typový výkres podvozku řady VÚKV 8-833



Obr. 45. Podvozek řady VÚKV 8-833 zavázaný pod vozem Btn Českých drah (ČD)

Tab. 15. Technické údaje podvozku VÚKV 8-833

Rozvor	2 300 mm	Maximální rychlost	120 km/h
Ø kol - nová/opotřebovaná	840/760 mm	Hmotnost	5 200 kg

Dvounápravové podvozky osobních vozů	64	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

6. ZÁVĚR

Aby byla i nadále zajištěna konkurenceschopnost železniční osobní doprava proti ostatním druhům dopravy, je snaha stále zvyšovat traťovou rychlost na hlavních tratích, tak i zlepšovat kvalitu cestování. Z těchto důvodů jsou na podvozky osobních železničních vozů kladeny stále přísnější nároky. Proto se u nových typů podvozků používají stále dokonalejší a propracovanější konstrukční řešení, které využívají nejnovější poznatky z mnoha technických oborů. Současným trendem ve stavbě podvozků osobních vozů je bezkolébkové řešení, které má oproti kolébkovému mnoho výhod. U těchto podvozků se využívají v sekundárním stupni vypružení buď ocelových flexi-coil pružin, anebo vzduchových. Výhodou tohoto řešení je zajištění natáčení podvozku vůči vozové skříni pomocí deformace tohoto stupně vypružení, z čehož také vyplývá absence kolébky a nižší počet součástí podléhajících opotřebení. Moderní podvozky jsou dnes výhradně vybaveny kotoučovou brzdou, která nahradila u starších typů používanou zdržovou brzdu. Pro případ nouzového brzdění jsou podvozky určené pro provoz při rychlostech vyšších jak 160 km/h vybaveny magnetickou kolejnicovou brzdou nebo vířivou kolejnicovou brzdou.

Cílem této práce bylo poskytnout čtenáři ucelený přehled o historických i současných podvozcích osobních železničních vozů a nastínit funkci a požadavky na jednotlivé konstrukční celky. Nicméně, vzhledem k velkému množství typů podvozků osobních železničních vozů není možné uvést všechny typy používané během stosedmdesátileté historie našich železnic, natož pak vytvořit přehled v celoevropském měřítku.

Dvounápravové podvozky osobních vozů	65	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] LOSOS, Ludvík; MAHEL, Ivo. *Salonní vozy Ringhoffer*. Vyd. 1. Praha : NADATUR, 1999. 293 s. ISBN 80-85884-92-5.
- [2] HONS, Josef, et al. *Čtení o Severní dráze Ferdinandově*. Vyd. 1. Praha : Nakladatelství dopravy a spojů, 1990. 262 s. ISBN 80-7030-094-9.
- [3] *Příručka pro strojvůdce a topiče*. Praha : Pražské akciové tiskárny, 1928. 416 s.
- [4] BAUR, Karl Gerhard. *Drehgestelle - Bogies*. Freiburg : EK - Verlag GmbH, 2006. 288 s. ISBN 978-3-88255-147-1.
- [5] HANNEFORTH, Wolfgang; FISCHER, Werner. *Laufwerke*. Berlin : VEB Verlag für verkehrswesen, 1986. 160 s. ISBN 3-344-00037-3.
- [6] IZER, Jiří, et al. *Kolejové vozy*. Bratislava : Alfa, 1985. 378 s.
- [7] *ČD SR 52 (V) : katalog osobních vozů*. Praha : České dráhy, a. s., 1977 - 2001. 438 s.
- [8] MARUNA, Zdeněk; HOFFMANN, Vilém; KOULA, Jíří. *Metodika konstruování kolejových vozidel : osobní a nákladní podvozky*. Praha : ČVUT, 1992. 176 s.
- [9] Hába, Aleš. *Konstrukce kolejových vozidel 1 – přednášky a podklady k samostudiu*. DP DFJP Česká Třebová, ZS 2009/2010.
- [10] ŠKODA TRANSPORTATION a.s. [online]. 2011 [cit. 2011-05-10]. Řídící vůz řady 954. Dostupné z WWW: <www.skoda.cz>.
- [11] *Knorr-Bremse ČR* [online]. 2011 [cit. 2011-05-10]. Vybavení podvozků. Dostupné z WWW: <www.knorr-bremse.cz>.

Dvounápravové podvozky osobních vozů	66	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
--------------------------------------	----	---

- [12] *Parostroj* [online]. 2004 [cit. 2011-05-10]. Katalog osobních vozů. Dostupné z WWW: <www.parostroj.net>.
- [13] *Siemens Transportation Systems* [online]. 2011 [cit. 2011-05-10]. First Class Bogies. Dostupné z WWW: <<http://www.mobility.siemens.com>>.
- [14] Archív železničního muzea Výtopna Jaroměř
- [15] Propagační materiály společnosti *BOMBARDIER TRANSPORTATION*
- [16] Propagační materiály společnosti *ALSTHOM*
- [17] Propagační materiály společnosti *WAGGONAUSRÜSTUNGEN VETSCHAU GmbH*