



**FAKULTA  
ŠTOJNÍ  
ČVUT V PRAZE**

## **Ústav konstruování a částí strojů**

**Návrh konstrukce točny pro kolejová vozidla**

**Design of Railway Turntable**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2017**

**Ondřej SVOBODA**

**Studijní program:** B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD ŠTOJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

**Studijní obor:** 2301R000 Studijní program je bezoborový

**Vedoucí práce:** Ing. Roman Uhlíř, Ph.D.

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Svoboda** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **439008**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**  
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**  
Studijní obor: **bez oboru**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Návrh konstrukce točny pro kolejová vozidla**

Název bakalářské práce anglicky:

**Design of Railway Turntable**

Pokyny pro vypracování:

- Rešerše konstrukce točen pro kolejová vozidla.
- Konceptní návrh konstrukce točny a popis komponent.
- Kontrola komponent točny ve vybraných konstrukčních uzlech.
- 3D parametrický model a 2D sestavný výkres konceptního návrhu točny.

Seznam doporučené literatury:

Švec, V. Části a mechanismy strojů. Spoje a části spojovací. Praha: ČVUT, 2008.  
Švec, V. Části a mechanismy strojů. Mechanické převody. Praha: ČVUT, 2003.  
Kugl, O., Houkal, J., Tomek, P., Zýma, J. Projekt - III. ročník. Vyd. 1. Praha: ČVUT, 1997, ISBN 80-010-1638-2.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

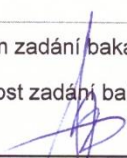
**Ing. Roman Uhlíř Ph.D., ústav konstruování a částí strojů FS**


Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **21.03.2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **09.06.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

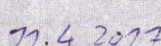
  
Podpis vedoucí(ho) práce

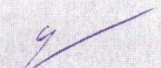
  
Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

  
Podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.  
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

  
Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci s názvem: „*Návrh konstrukce točny pro kolejová vozidla*“ vypracoval pod vedením Ing. Romana Uhlíře, Ph.D. samostatně a uvedl jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Praze .....

.....

Ondřej Svoboda

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Romanovi Uhlířovi, Ph.D. z Fakulty strojní ČVUT v Praze, který mi velmi pomohl svými cennými radami a odborným vedením při konzultacích. Dále bych rád poděkoval svému otci, Richardu Svobodovi – inženýru v oblasti kolejové dopravy, za poskytnutí cenných rad při konstrukci točny.

## ANOTAČNÍ LIST

Jméno autora:	Ondřej Svoboda
Název BP:	Návrh konstrukce točny pro kolejová vozidla
Anglický název:	Design of Railway Turntable
Rok:	2017
Studijní program:	B2342 Teoretický základ strojího inženýrství
Obor studia:	2301R000 Studijní program je bezoborový
Ústav:	Ú12113 - Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí BP:	Ing. Roman Uhlíř, Ph.D.
Bibliografické údaje:	Počet stran 28
	Počet obrázků 48
	Počet tabulek 2
	Počet příloh 3
Klíčová slova:	točna, aretace, jáma, kolejnice, železnice
Keywords:	turntable, harting, hole, rail, railway
Anotace:	Bakalářská práce se zabývá konstrukcí točny pro kolejová vozidla a problematikou s tím spojenou. Na počátku práce je rešerše vývoje točen, dále koncepční návrh a kontrolní výpočty určitých částí.
Abstrakt:	The bachelor thesis focuses on the design of a railway turntable and the related aspects. The first part of the thesis includes a research of railway turntables, followed by a conceptual design and revisory calculations for certain parts.

## OBSAH

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1. Pojem točna .....	1
1.2. Vznik a historie točen.....	2
<b>2. VÝVOJ</b> .....	<b>3</b>
2.1. První pohon .....	3
2.2. Aretační mechanismus .....	4
2.3. Inovace v ovládní .....	5
2.4. Středový čep.....	7
2.5. Inovace v pohonu .....	8
2.6. Ruční pohon .....	8
2.7. Vylepšení podvozku .....	9
2.8. Točny v dnešní době .....	11
2.8.1. Točna Břeclav.....	11
2.8.2. Točna Bohumín .....	14
<b>3. KONCEPČNÍ NÁVRH</b> .....	<b>15</b>
3.1. Rozměry .....	15
3.2. Kolejnice.....	15
3.3. Konstrukce podvozku.....	17
3.4. Část mostní konstrukce .....	18
3.5. Pohon.....	20
3.6. Aretační mechanismus .....	20
3.7. Celkový pohled na točnu .....	21
3.8. Výpočet namáhaných částí.....	22
3.8.1. Kontrolní výpočet namáhaného krajního nosníku točny .....	22
3.8.2. Kontrolní výpočet hřídele .....	23
<b>4. ZÁVĚR</b> .....	<b>24</b>
Seznam zkratk a symbolů .....	25
Seznam použité literatury .....	26
Seznam obrázků .....	27
Seznam tabulek .....	28

## 1. ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukce točny pro kolejová vozidla. Text práce je rozvržen do několika kapitol. Nejprve se zaměřím na vývoj točen (od prvního pohonu až po točnu v dnešní době). V další kapitole se zabývám koncepčním návrhem točny doplněným o výpočet namáhaných částí (nosník točny, hřídel). Přestože byla točna používána především v dobách parních lokomotiv, její uplatnění nalezneme i dnes, například u točny v depu v Hradci Králové.

### 1.1. Pojem točna

Točna, otáčivá mostní konstrukce, je určena a užívána k tomu, aby lokomotivy mohly lokomotivy zajíždět do depa po jedné z kolejí, které se k ní paprskovitě sbíhají. Dnešní točny se skládají z hlavního mostu, který se otáčí kolem středového čepu a dále podvozku, jenž se nachází na obou koncích mostu. Podvozek může být jednoduchý, dvoukolový, nebo zdvojený. Podvozková kola jezdí po koleji, která je položena po obvodu jámy, do které je točna vložena. Kola, která jsou na pojezd použita jsou bez nákolku. Jelikož udržení kol ve správné poloze zajišťuje středový čep, není zde nákok potřeba. Navíc by zde vznikalo velké tření mezi bokem kolejnice a nákokem. Na konstrukci se také většinou nachází ovládací a kontrolní stanoviště.

Důvodem, proč byly točny konstruovány, byl fakt, že parní lokomotivy bylo třeba otáčet tak, aby byl komín vpředu – primární směr jízdy. Na stejném principu fungují i točny pro kolejové vozy.



*Obr. 1.: Ukázka točny a depa v České Lípě*

## 1.2. Vznik a historie točen

První zmínka o točnách se datuje od roku 1832. Nebyla to však točna v pravém slova smyslu, kterou jsme viděli výše, ale jednalo o prostý kulatý tvar složený z několika dřevěných desek s kolejnicemi o průměru asi 1 metr, který byl uložen na středovém čepu. Tyto „točny“ se považují za předchůdce výhybek, neboť jejich cílem bylo otočit například důlní vozík s objemným nákladem do směru, ve kterém měl pokračovat dále (viz obr. 2). Před vynalezením a využitím této desky bylo nutné tyto práce vykonávat ručně. Pomocí této tzv. točny se podařilo zrychlit přesun vozíků a rovněž ulehčit práci dělníkům.

Přestože tyto otočné výhybky měly mnoho výhod, našlo se i pár nedostatků. Jedním z nich byla již dříve zmíněná délka, která nepřesahovala zpravidla 1 metr – respektive 1 yard, který se rovnal 0, 91 metrů. To omezovalo i délku samotného vozíku. Dalším nedostatkem byl materiál – dřevo. Netrvalo dlouho a dřevo bylo nahrazeno ocelí. To způsobilo, že se zvýšila i jeho nosnost.

O vyřešení výše zmíněných problémů se postaral železniční inženýr Charles Fox, který v roce 1832 vydal svůj patent.



*Obr. 2.: Ukázka první točny ve skladovém nádraží*

Později se objevil návrh točny, který již neměnil směr jen o 90°, ale dokázal se otočit do jakéhokoliv směru, do kterého vede jeden z kolejových paprsků (paprskovité sbíhání).



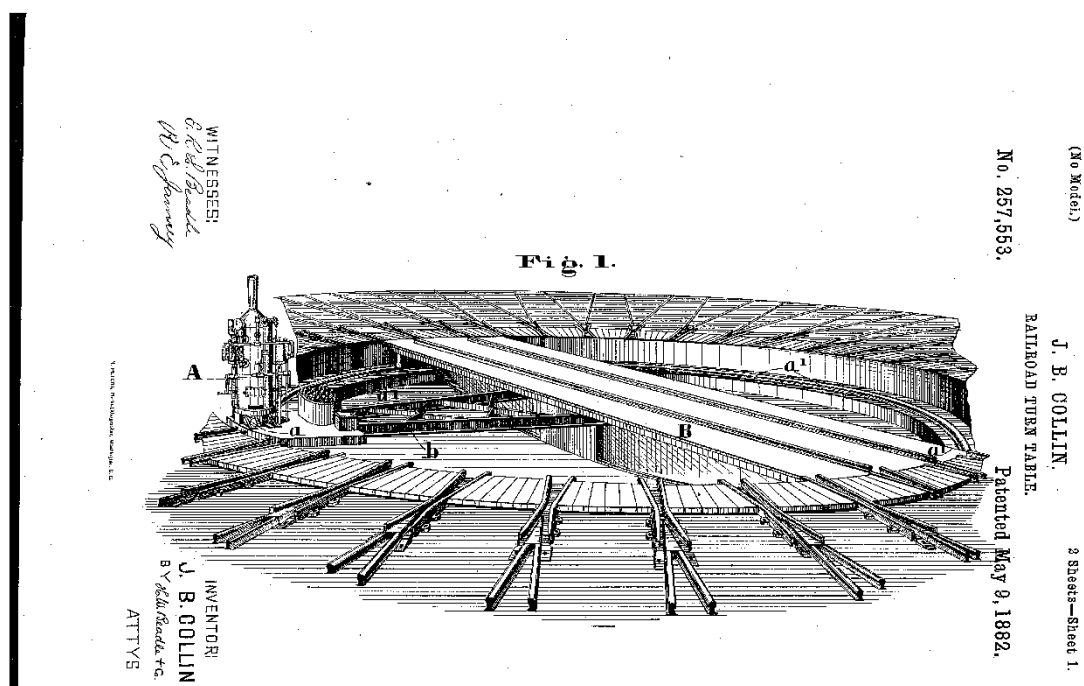
V těchto návrzích je také ukázka uzamknutí točny tak, aby koleje točny a koleje paprsku na sebe co nejpřesněji navazovaly.

## 2. VÝVOJ

Ve druhé kapitole se budu zabývat postupnými konstrukčními řešeními, která se odehrávala v průběhu vývoje točen. Točna vychází z principu otočného mostu. Odtud vzešly návrhy a nápady, jak by měla být točna konstruována. Mostní konstrukce se otáčí kolem své osy okolo středového čepu a po stranách jsou podpěrná kola. Tyto první točny byly poháněny převážně ručně. Znamenalo to, že dotyčný pracovník tlačil točnu a tím ji otáčel. Vzhledem k tomu, že první točny nebyly tak velké, zvládl to i jeden člověk. Do budoucna však bylo zapotřebí vymyslet jiný než ruční pohon.

### 2.1. První pohon

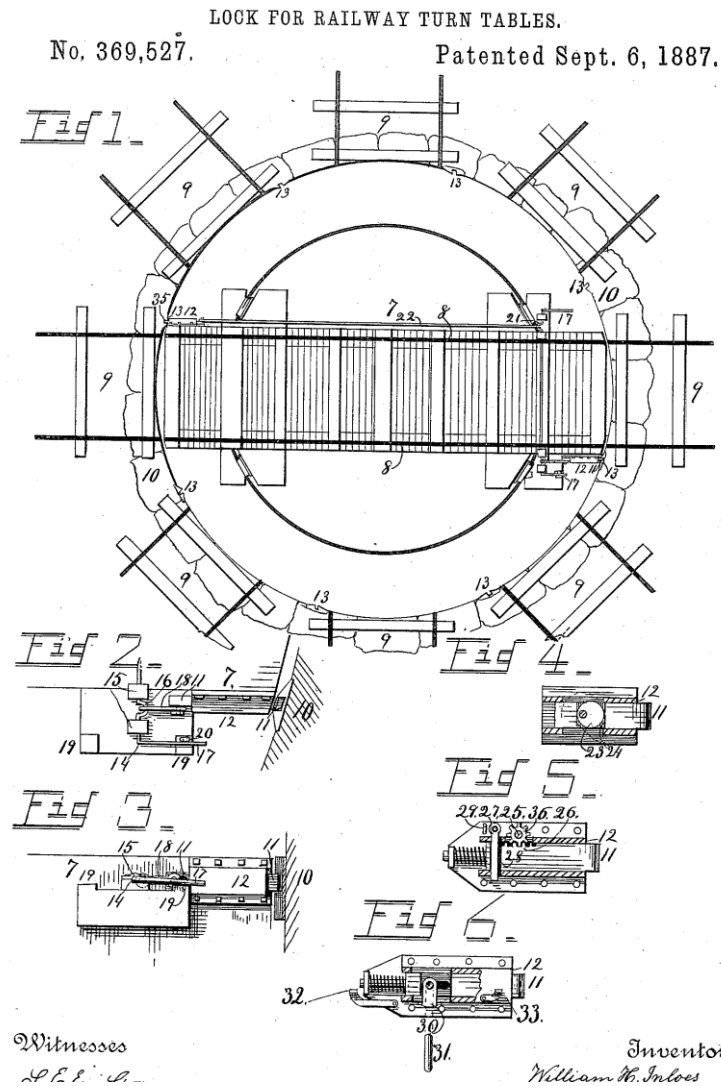
V roce 1882 byl vydán nový patent, který poukazoval na nový pohon. Oproti předcházejícímu ručnímu pohonu zde byla jedna podstatná změna. Jednalo se sice o klasickou mostní konstrukci s koly po stranách, ale na jedné ze stran bylo vyvedeno ještě jedno rameno, na jehož konci se nacházel pohon ve formě parního stroje. Pod tímto strojem bylo napojeno hnané kolo, tzv. single kolo, díky kterému se točna otáčela (viz obr. 3). [3]



Obr. 3.: Ukázka pohonu na rameni

## 2.2. Aretační mechanismus

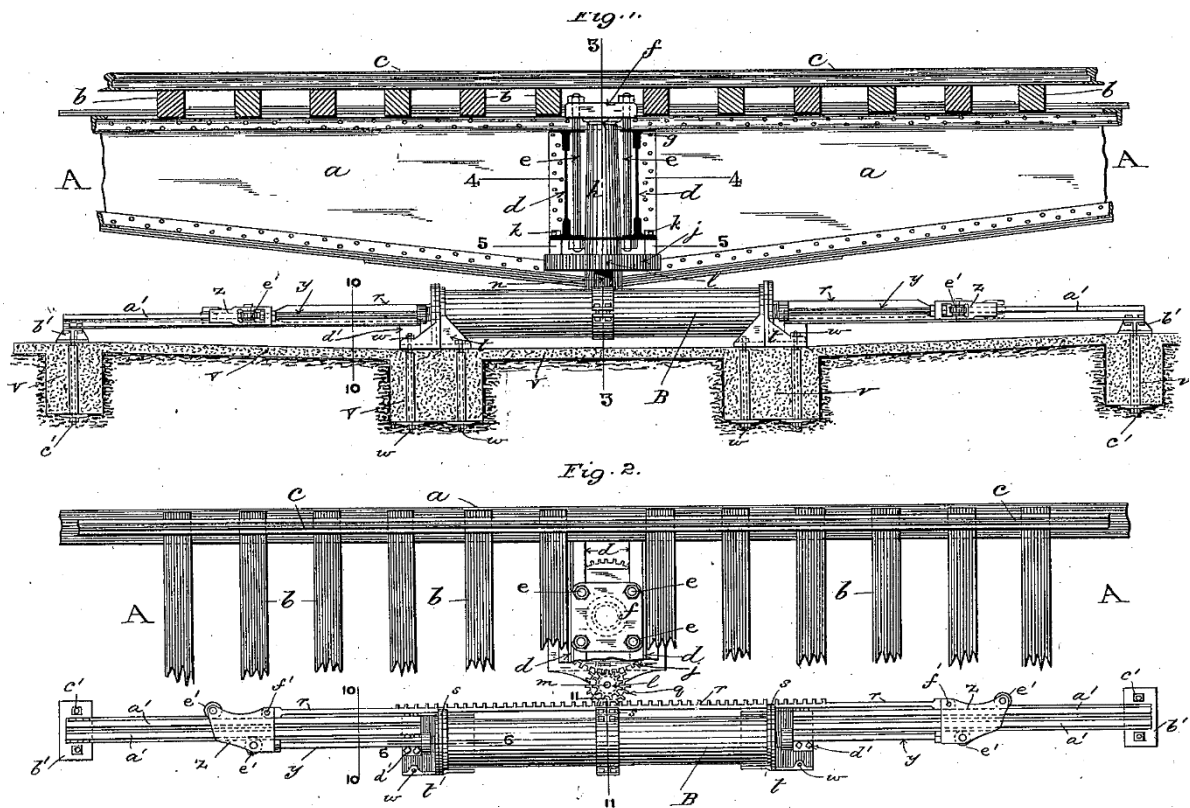
Kromě pohonu a vedení točny, které bylo zajištěno, bylo třeba vytvořit ještě tzv. pečlivou aretaci. Sloužila k tomu, aby po otočení točny do požadované polohy, setrvala na místě a neodchylovala se. Řešení se objevilo v roce 1887, kdy byl aretační mechanismus poprvé využit. Pro lepší představu je zmíněný mechanismus znázorněn na obrázku 4. Nachází se v něm několik částí, které jsou označené anglickým slovem Figure, zkráceně Fig. Číslo 1 je půdorysný pohled v malém měřítku ukazující polohu zámku. Pod ostatními čísly se nachází různé pohledy a modifikace zámku v provozu. Aretační mechanismus fungoval na principu jednoduchého zasouvání do otvorů ve stěnách jámy. Pohon těchto zámku byl zpravidla ruční. [4]



Obr. 4.: Ukázka rámu točny

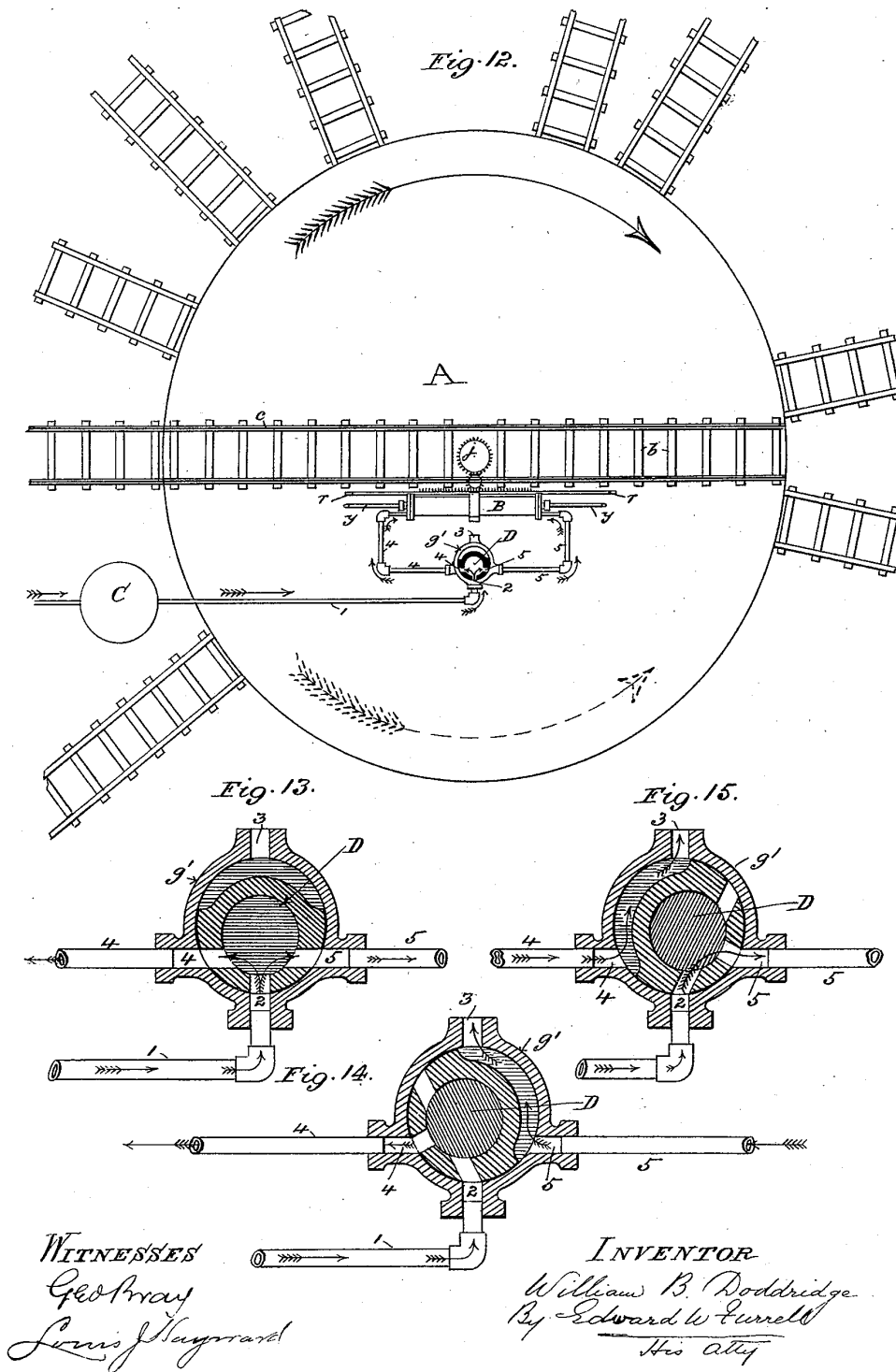
### 2.3. Inovace v ovládní

V roce 1896 došlo ke zdokonalení ovládní točny. Točna se už nepoháněla ručně, nýbrž pomocí stlačeného vzduchu, ventilu a pístů (viz níže). Jeden z důvodů, proč toto ovládní vzniklo, byl i nárok na rychlost otočení lokomotiv. Jelikož se ovládní nacházelo přímo u středového čepu, bylo zapotřebí pozměnit také samotnou konstrukci. Tyto inovace spočívaly především v tom, že oblouk byl složen ze dvou paralelních bočních nosníků. Na pozici a byly zajištěny příčníky a pozice b nesla běžné koleje. Oba dva paralelní boční nosníky byly uspořádány rovnoběžně mezi sebou a ve stejné vzdálenosti od středu (viz obr. 5). [5]



Obr. 5.: Ukázka inovace nosníku a pohonu z boku a z hora

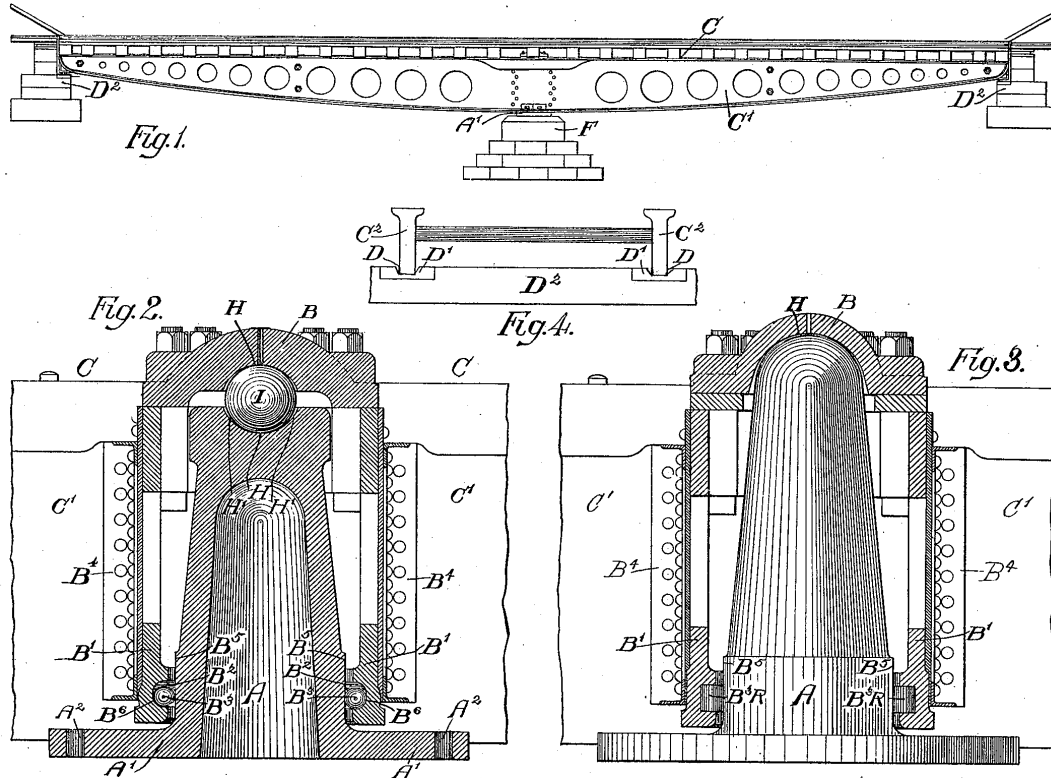
Dále zde pokračovalo specifické uspořádání ložisek, které pracovalo s novým mechanismem ozubených kol. K tomuto mechanismu jsou přidány písty se stlačeným vzduchem, který je přiváděn z jakéhokoli vhodného vzduchového kompresoru do zásobníku, potrubím do vyrovnávacího ventilu, a následně pomocí rozdělovače se pak udává směr, kterým se točna otáčí (viz obr. 6). Podrobnější informace jsou k nalezení ve výše uvedeném patentu. [5]



Obr. 6.: Ukázka systému prvního automatického pohonu

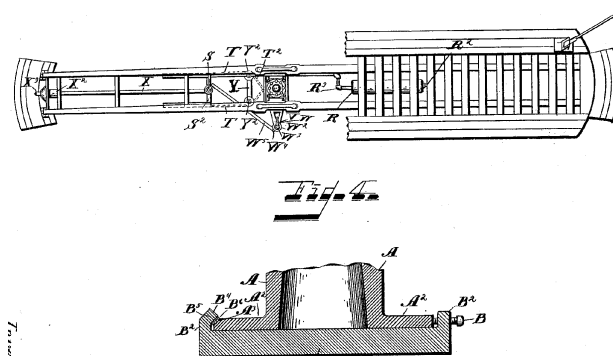
## 2.4. Středový čep

V následujících letech se vynálezci zaměřili hlavně na středový čep. Postupem času na něj byly kladeny čím dál tím větší nároky z hlediska hmotnostního zatížení, životnosti, spolehlivosti a podobně. Jedno z prvních vylepšení se datuje do roku 1896, kdy se objevilo nové řešení uložení středového čepu a ložisek (viz obr. 7). [6]



Obr. 7.: Inovace v uložení

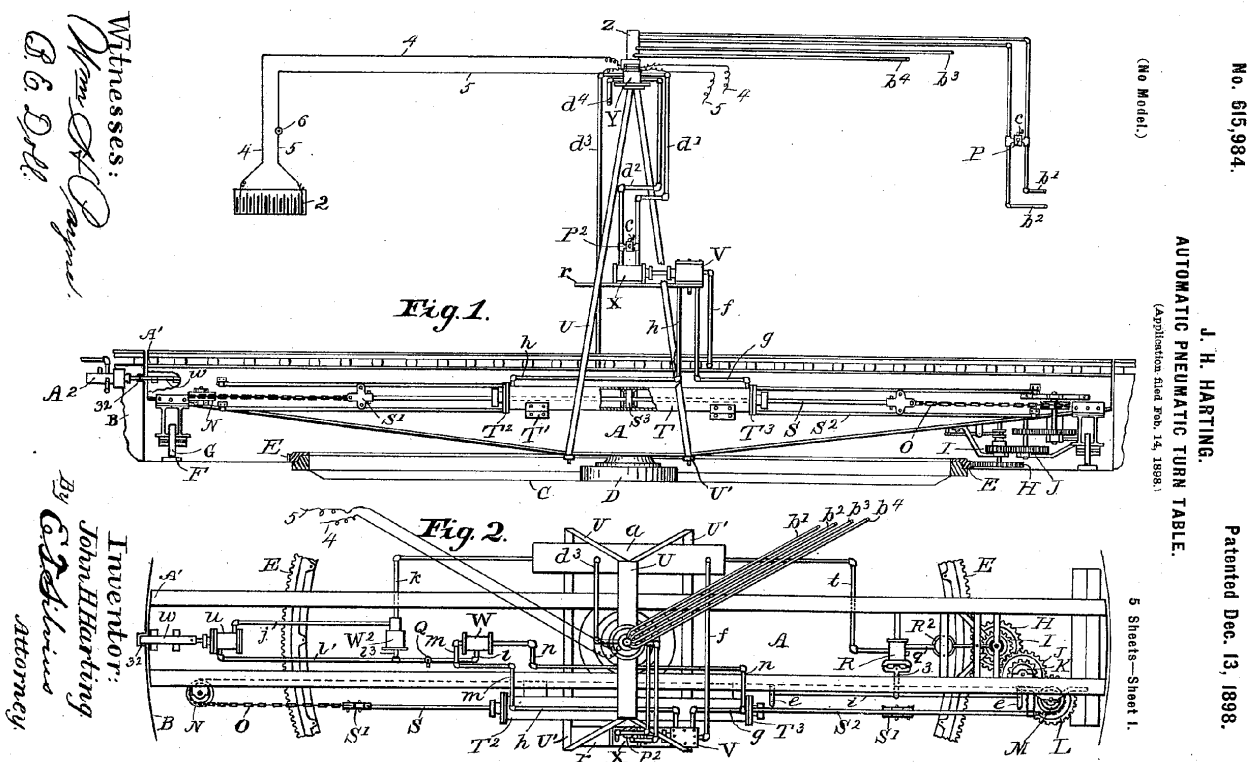
Ačkoli toto řešení bylo opravdu pozoruhodné a převratné, byl zde jeden drobný nedostatek. A to, do jakého podkladu byla samotná středová konstrukce usazena. Pokud nebyl vhodný podklad, točna měla velký problém zvládat vysoká zatížení. Tento problém byl vyřešen inovací v roce 1898, kdy bylo také poukázáno na změny, které se týkaly konstrukce. Objevil se nový mechanismus pro otáčení točny a také nová aretace (viz obr. 8). [7]



Obr. 8.: Nový systém Aretace a vylepšené uložení

## 2.5. Inovace v pohonu

Postupem času vznikala nová a nová vylepšení a modifikace. Za zmínku stojí modifikace pohonu točny jako takové. Kromě použití páry a stlačeného vzduchu byl modifikován pohon přes ozubená kola. Už víme, že k pohonu točny byly použity písty, které určovaly směr pomocí „rozdělovače“. Toto vylepšení se to týkalo automatického řízení ventilů. Z točny se stal důmyslný mechanismus, ve kterém se mimo jiné nacházel hlavní poháněcí ventil, regulátor ventilu, bezpečnostní a zavírací ventil. K dalším inovacím patřil také oblouk, jenž poskytoval správné podepření, mohl se lehce ohýbat do boku a vyrovnal tak naklonění točny bez poškození otočného kloubu nebo jeho spojů. Ozubené kolo po obvodu sloužilo k otáčení točny a používalo se buď vnější, nebo vnitřní ozubení. Podle potřeby, konstrukce a použitého motoru, který byl umístěn na točně, byl tvořen provozní převod. Dále jde o nové uložení přívodního potrubí. Toto uložení, tj. shora, můžeme vidět i dnes. U nových točen, které se vyrábí, se toto uložení nepoužívá (viz obr. 9). [8]

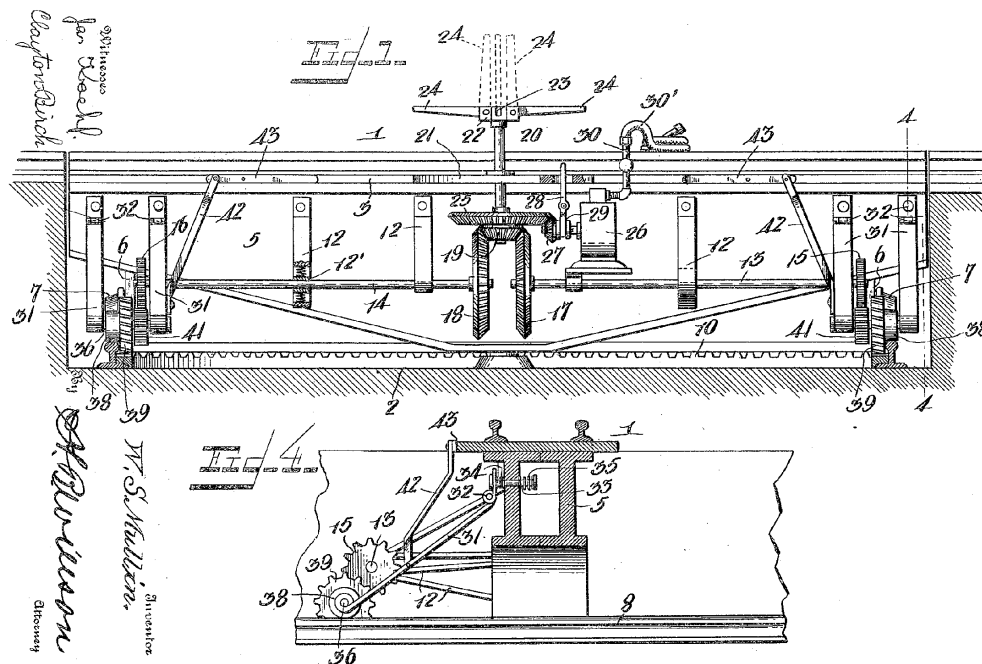


Obr. 9.: Nový model z roku 1898

## 2.6. Ruční pohon

Dřívější úpravy a vylepšení se týkaly konstrukce točny a pohonu. Vzhledem k častým poruchám točny, bylo nutné vylepšení ručního pohonu, ke kterému došlo v roce 1904. Systém vypadal tak, že uprostřed točny byl kříž (pozice 24), kterým mohla obsluha točny otáčet. Od tohoto kříže je pomocí hřídele přenášen moment na soustavu ozubených kol,

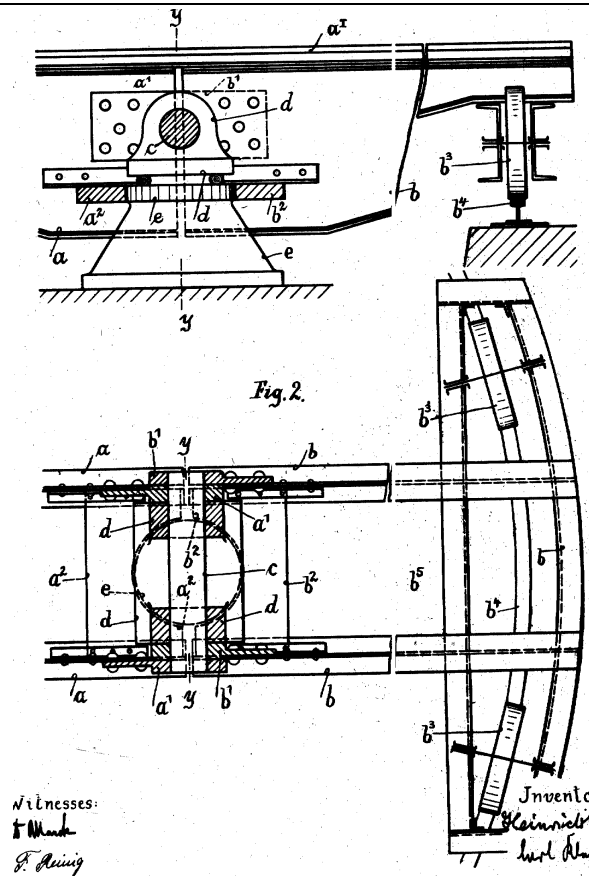
od kterých je opět pomocí hřídel přenášén moment na převodový systém na krajích konstrukce. I nadále je zajištěno, aby se točna mohla otáčet do obou směrů (viz obr. 10). Díky tomuto mechanismu byl pracovník, který otáčel křížem, schopen lokomotivu otočit. [9]



Obr. 10.: Ruční pohon

## 2.7. Vylepšení podvozku

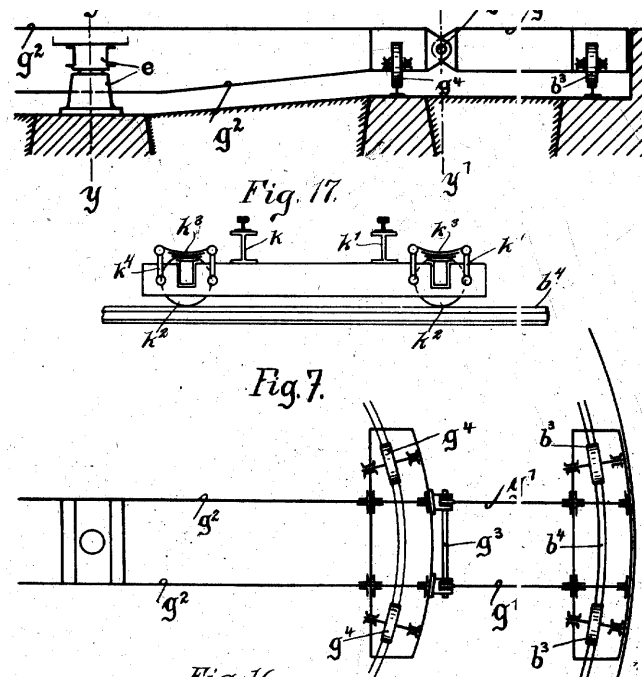
Jelikož v železniční dopravě bylo zapotřebí větší tažné síly, zvětšovaly se i lokomotivy. V důsledku této změny došlo i k prodloužení točny. Čím byla točna delší, tím více se zvyšovalo zatížení podvozku, jenž spočíval pouze na dvou postranních kolech. K dalšímu vylepšení podvozku přispělo i vyřešení zatížení středového čepu v roce 1917, které se ukázalo jako účinné a používá se dodnes. Zlepšení konstrukce i samotného podvozku spočívalo v přidání jednoho kola navíc, čímž se točna stala stabilnější a zatížení se rozložilo do více bodů, včetně samotného středového čepu. Ten plnil úlohu bodu, kolem kterého se točna otáčí. Zatížení nevymizelo úplně, protože na kolech nejsou boční nákolky, které by se opíraly o okraj kolejnice. Nicméně došlo k výraznému odlehčení. Výše zmíněné rozložení kol je znázorněno na obrázku 11. [10]



Witnesses:  
F. Munk  
F. Reising

Obr. 11.: Dvě kola v podvozku

K řešení problému s délkou točny přispělo přidání ještě jedné nápravy mezi krajní podvozek a středový čep. Toto řešení našlo své uplatnění i dnes, přestože konstrukce byla složitější (viz obr. 12). [10]



Obr. 12.: Dvojitý podvozek



## 2.8. Točny v dnešní době

Přestože se v běžném provozu parní lokomotivy nepoužívají, točny mají stále svůj význam. V České republice jich můžeme nalézt hned několik. Jako příklad bychom mohli uvést točnu v Hradci Králové, která je součástí kruhového depa, v němž je stále pracovně využívána. Na rozdíl od točny v muzeu v Lužné u Rakovníka, kde je pouze historickou památkou.

Točny, které dosud slouží a jsou nedílnou součástí některých dep, bylo zapotřebí vlivem času a opotřebením opravit. Ať už se jednalo o drobnosti nebo celkovou opravu.

Výrobou i opravami se v České republice zabývá firma ADECO, sídlící v České Třebové. Tato firma zrekonstruovala točny například v Břeclavi nebo Bohumíně.

### 2.8.1. Točna Břeclav

Točna Břeclav je klasickou točnou rámové konstrukce s dvoukolovým podvozkem, kterou můžeme zhlédnout na obrázku 13. Rekonstrukcí prošel samotný rám, který byl očištěn a ošetřen proti korozi, popřípadě navařen nový materiál. Celá konstrukce poté dostala ochranný nátěr v podobě světle modré barvy, která je pro firmu charakteristická.



*Obr. 13.: Celkový pohled na točnu po rekonstrukci*

Rekonstrukcí také prošla samotná ovládací kabina, která se nachází na jedné straně točny. Před opravou Obr. 14 a po opravě Obr. 15. Předmětem rekonstrukce kabiny byla hlavně renovace ovládání a zateplení. Opravou musel projít také podklad pro kabinu.



*Obr. 14.: Kabina před rekonstrukcí*



*Obr. 15.: Kabina po rekonstrukci*

Renovován byl i pohon. Původní motor byl nahrazen, a i samotná převodovka se změnila. Z fotografie před rekonstrukcí (viz obr. 16) je patrné, jak byl převod řešen. Pomocí rekonstrukce byla převodovka zmenšena a napojena na pojezd kratší hřídelí. Bylo to umožněno díky uložení převodovky (viz obr. 17).



*Obr. 16.: Pohon před rekonstrukcí*



*Obr. 17.: Pohon po rekonstrukci*

Ani aretace nezůstala bez opravy. Zde proběhla hlavně rekonstrukce hydraulického pohonu a zámku. Samotné uložení aretačního čepu zůstalo na podobném principu, jen bylo nahrazeno novějším a přesnějším. Co se ale změnilo, bylo zachycení čepu v zamčené poloze. Zatímco před rekonstrukcí (viz obr. 18) bylo uzamčení tvořeno v otvoru v dlouhé

ocelové části, nyní díky novému pohonu aretace a kontroly polohy točny, bylo možné konstruovat poměrně přesný aretační systém (viz obr. 19).



*Obr. 18.: Aretační mechanismus před rekonstrukcí*



*Obr. 19.: Aretační mechanismus po rekonstrukci*

Součástí rekonstrukce byl také obvodový věnec – původně ze dřeva, který plnil převážně úlohu vyrovnání přírodních kolejí k točně. Tento materiál byl nahrazen kvalitně povrchově upravenou ocelí. V tomto případě byla rekonstrukce zvláště obtížná, neboť zde muselo být manipulováno nejen s kruhovou kolejnicí, ale i s příjezdovými kolejemi. Bylo třeba opět zajistit přesnou pozici, aby nový aretační systém fungoval přesně. Obrázek 20 znázorňuje stav, ve kterém byl prstenec před rekonstrukcí. Na obrázku 21 vidíme změnu prstence společně s připravenými plochami pro uchycení kolejí.



*Obr. 20.: Prstenec a jáma před*



*Obr. 21.: Prstenec po*

Rekonstrukci samotné jámy zachycuje následující obrázek. Součástí rekonstrukce byla i modernizace řízení polohy točny. V důsledku tohoto vylepšení mohla být zřízena také přesná aretace. Na tomtéž obrázku můžeme vidět rozložení kontrolních snímačů po celém obvodu točny. Díky zmíněným snímačům je možné nastavit přesnou polohu, kde se má točna zastavit. Obsluha točny tudíž nemusí čekat na okamžik, kdy se točna zamkne. Stane

se tak automaticky. Na obrázku 23 lze sledovat detail tohoto senzoru. Při montáži senzorů hraje důležitou roli přesnost montáže, na které závisí zastavení točny ve správné poloze.



*Obr. 22.: Járna po rekonstrukci se snímači*



*Obr. 23.: Detail snímače*

### **2.8.2. Točna Bohumín**

Za zmínku stojí i točna v Bohumíně. I ona prošla opravou od firmy ADECO. V tomto případě proběhla rekonstrukce ocelového rámu, který byl vlivem koroze ve velmi špatném stavu (viz obr. 24). Dále bylo zdokumentováno, že i v dnešní době byl použit dvojitý podvozek. Na následujícím obrázku si lze povšimnout rámové konstrukce, ze které byla točna vyrobena. Odehrávalo se to v době, kdy ještě nebyla zakryta.



*Obr. 24.: Ukázka poškozeného rámu*



*Obr. 25.: Opravený rám, dvojitý podvozek*

### 3. KONCEPČNÍ NÁVRH

Před samotnou stavbou je nutné se zamyslet nad tím, jak bude točna využívána. Zda bude jen v depu, nebo bude sloužit k otáčení lokomotiv.

#### 3.1. Rozměry

Nejprve je třeba si rozmyslet rozměry točny. K její stavbě je třeba vyhloubit jámu o určitém průměru, jenž se může lišit, neboť i rozměry lokomotiv jsou různé. Například Lokomotivu řady 150 (viz obr. 26) dlouhou 16,7 m nebo dříve využívanou nejdelší parní lokomotivou řady 4 000 přezdívanou Big Boy (viz obr 27) dosahující délky 40 m.



Obr. 26.: Lokomotiva řady 150



Obr. 27.: Parní lokomotiva řady 4 000

Pro koncepční návrh použijí nominální délku točny 20 m. Tato délka stačí pro naše běžné elektrické a diesellové lokomotivy, pro případ, kdy je třeba zajet do depa nebo do servisního místa.

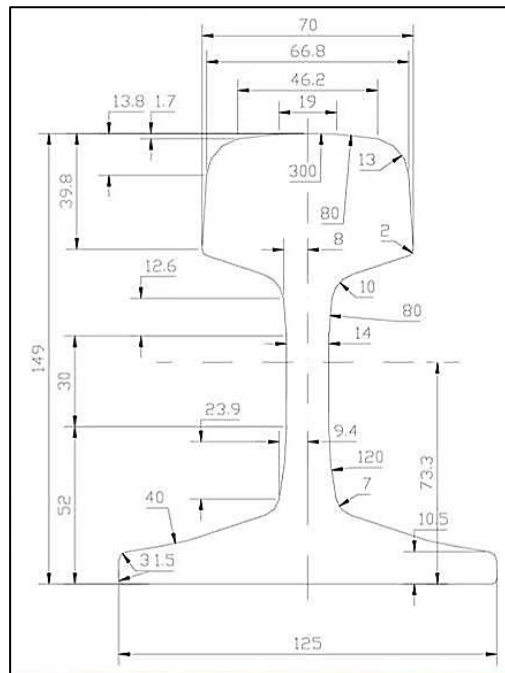
Nyní znám průměr točny. Avšak průměr jámy by měl být o něco větší. Kromě délky točny je třeba určit i její hloubku. Ta se určuje podle konstrukce tak, aby na sebe koleje přesně navazovaly.

#### 3.2. Kolejnice

Dalším atributem koncepčního návrhu jsou kolejnice. Zde je třeba si pečlivě rozmyslet, jaký druh kolejí použít. Existuje několik typů – jeřábová, kolejová.

Existuje několik profilů kolejnic. Nejčastěji se u nás používají koleje tvaru UIC 60, S 49, nebo R65. Na rozdíl od železničního koridoru, například Praha-Brno, kde se používá hlavně řada UIC 60, v tomto případě postačí profil S 49 (viz obr. 28), využívaný na méně vytížené koleje – přejezdné koleje ve stanici, manipulační koleje.

Výrobce těchto kolejí je například firma Třinecké železářny.



Obr. 28.: Kolej tvaru S 49

Kromě typu kolejnic je třeba určit i rozchod kolejí. Rozchod znamená vzdálenost pojížděných hran protilehlých kolejnicových pásů měřenou v rovině příčného řezu (viz obr. 29). Konkrétně v České republice je rozchod 1435 mm.

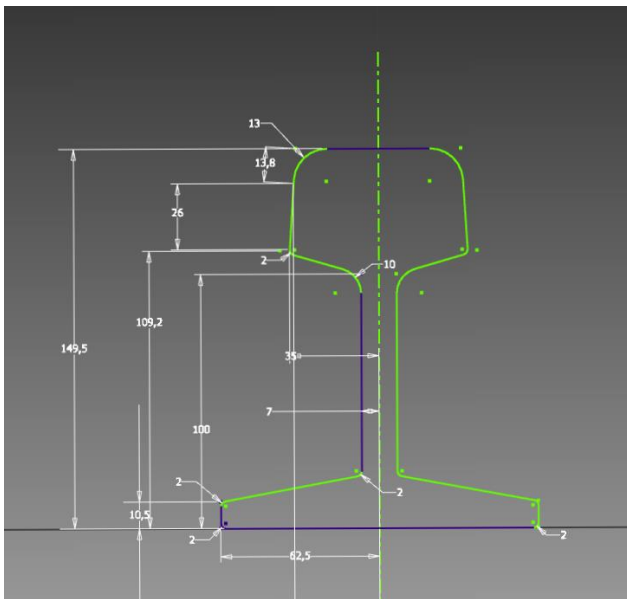


Obr. 29.: Měření rozchodu

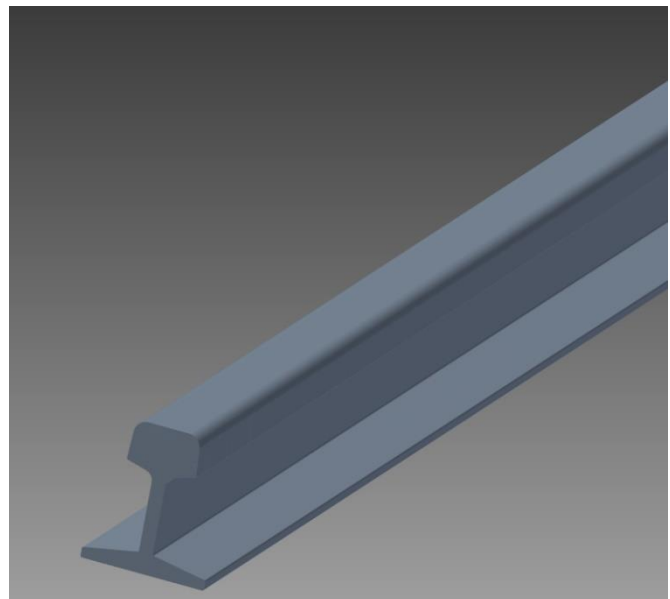
Materiálem kolejnic bývá nejčastěji ocel jakosti 900 A (to odpovídá 95 ČSD - Vk). Vlastnosti materiálu jsou uvedeny v Tab. 1.

Tab. 1.: Vlastnosti oceli 900 A

Značka Oceli	Pevnost v tahu $R_m$ [MPa]	Nejnižší tažnost $A_5$ [%]
UIC 900 A	880 - 1030	10



Obr. 30.: Náčrt modelu kolejnice



Obr. 31.: Model kolejnice

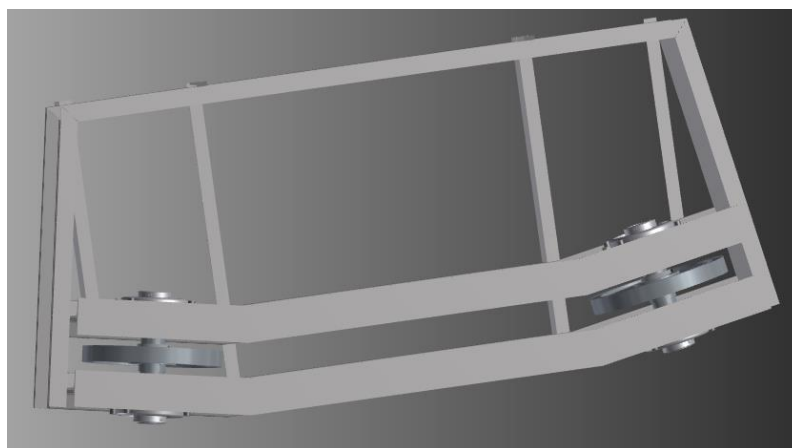
### 3.3. Konstrukce podvozku

I v případě podvozku je nutné zvolit vhodný materiál a respektovat jeho vlastnosti. Protože bude konstrukce převážně svařovaná, volím materiál, který je k tomuto účelu přizpůsoben. Dále je potřeba, aby materiál dokázal odolat napětí, která je na něj bude kladena. Proto jsme jako materiál zvolili materiál ocel ČSN 11 373. Její vlastnosti najdeme v Tab. 2. Na nejvíce namáhané části je možno také použít ocel ČSN 11 523.

Tab. 2.: Vlastnosti oceli 11 373

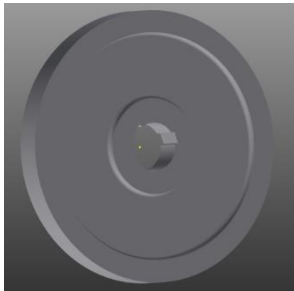
Pevnost v tahu $R_m$ [MPa]	Mez kluzu $R_e$ [MPa]	Tažnost $A_{10}$ [%]
340 - 440	186 – 250	15

Při konstrukci podvozku jsem vybral variantu se dvěma koly. Vzhledem k délce točny by bylo možné uvažovat i o dvojitěm podvozku, nicméně pro zvolené účely postačí výše zmíněná dvoukolová varianta. U konstrukce podvozku vycházím z patentu US 1220031 A.

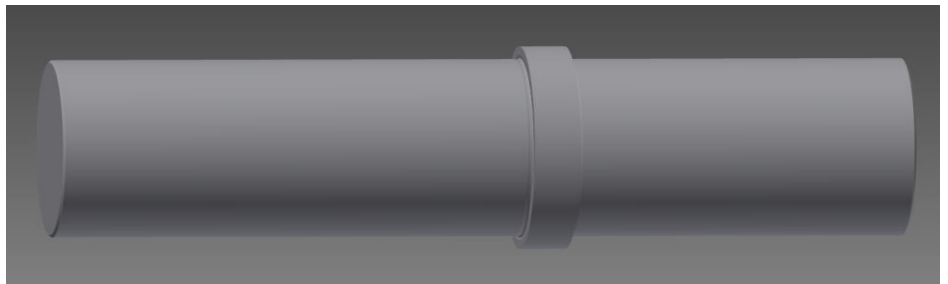


Obr. 32.: Model podvozku

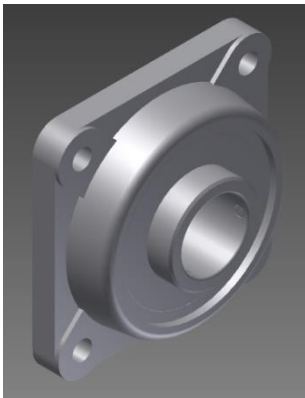
U této konstrukce byly použity dva druhy nosníků. Nosníky, které drží kola jsou I – profily IPE 600 ČSN 42 5553, podélné nosníky jsou U-profilu UE 200 ČSN 42 5571. Dále jsou zde kola s vnitřním průměrem 140 mm a vnějším 800 mm (viz obr. 33). Hřídel je vyrobena z materiálu 12 060 o průměru 140 mm a délkou 750 mm (viz obr. 34). Hřídel je zajištěna pomocí přírubových ložisek SNR UCF 300 s průměrem 140 mm, která jsou znázorněna na



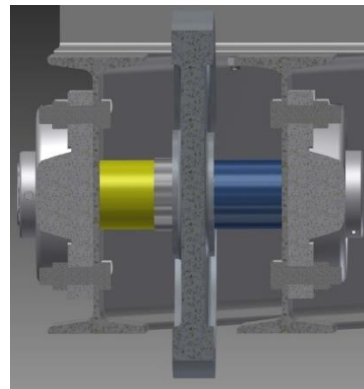
Obr. 33.: Kolo



Obr. 34.: Hřídel



Obr. 35.: Přírubové ložisko



Obr. 36.: Řez spojením

obrázku 35. Ložiska drží 4 šrouby M42x115 DIN 609 a 4 matice M42 ISO 4032. Spojení mezi ložiskem a podvozkem je na obrázku 36. Jedná se o lícované šrouby dimenzované tak, aby unesly zátěž, kterou točna vyvolává.

### 3.4. Část mostní konstrukce

Základem mostní konstrukce jsou čtyři U-Profilu UE 200 ČSN 42 5571. Na dvou z nich je připevněná příhradová konstrukce, aby se zvětšila její nosnost. Příhradová konstrukce je tvořena U-Profilu UE 140 ČSN 42 5571. Nosníky jsou rozloženy tak, že v první vrstvě jsou

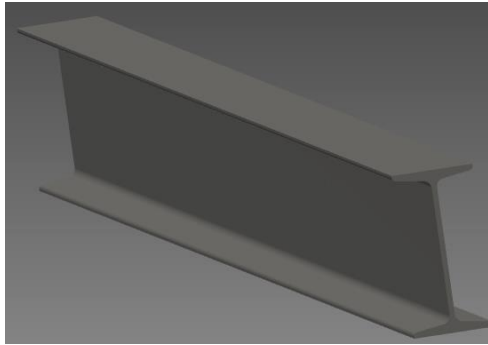


Obr. 37.: Pohled z boku na U profil a příhradovou konstrukci

nosníky podélné, které jsou přivařené k podvozku (viz obr. 37), a další vrstvu tvoří nosníky (I-profilu) příčné (viz obr. 38). Ty jsou svařeny koutovými, popř. tupými svary. Oba dva

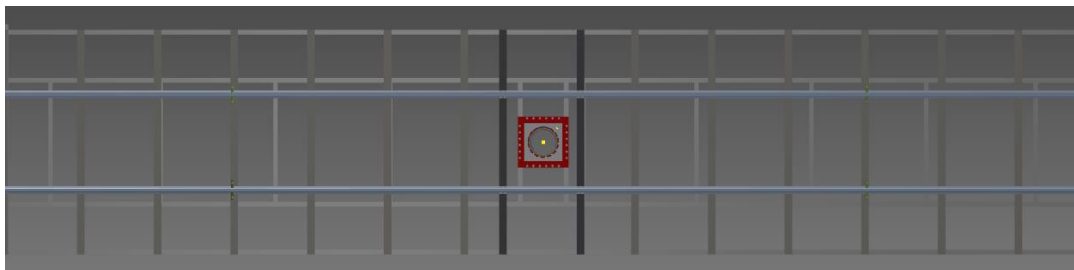


nosníky tvoří pražce, obdobně jako u pražců na tratích, a jsou od sebe i stejně vzdálené. To zajistí, že koleje pod zátěží neprasknou a jsou rozloženy rovnoměrně po celé délce točny.



*Obr. 38.: I – profil*

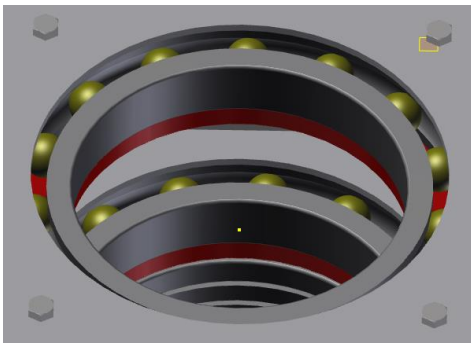
V některých oblastech je mezera mezi pražci menší, což nám znázorňuje obrázek 39.



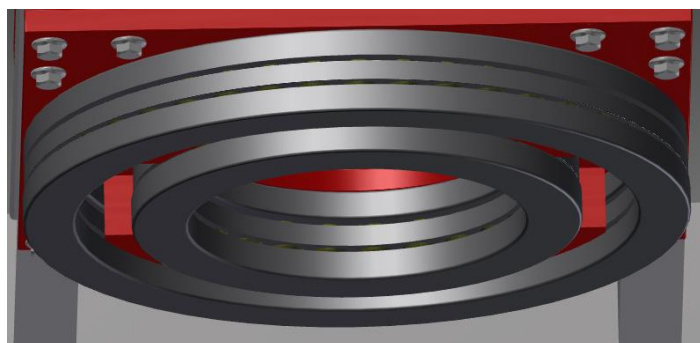
*Obr. 39.: Pohled shora, rozložení I – profilů*

Je to především z důvodu očekávaného občasného většího zatížení.

Ve středu konstrukce můžeme vidět způsob středění. Jedná se o dvě radiální ložiska položená nad sebou (viz obr. 40) a dvě axiální ložiska o dvou různých průměrech (viz obr. 41).

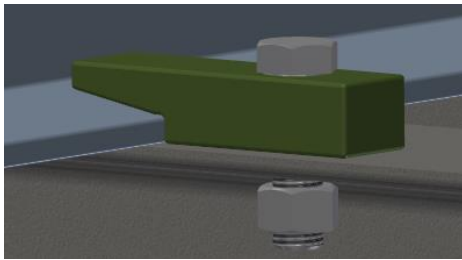


*Obr. 40.: Radiální ložiska*



*Obr. 41.: Axiální ložiska*

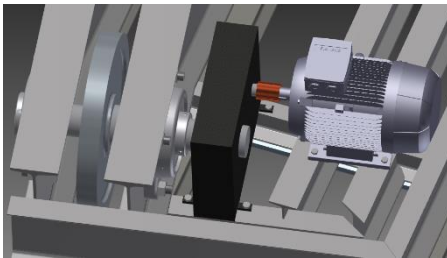
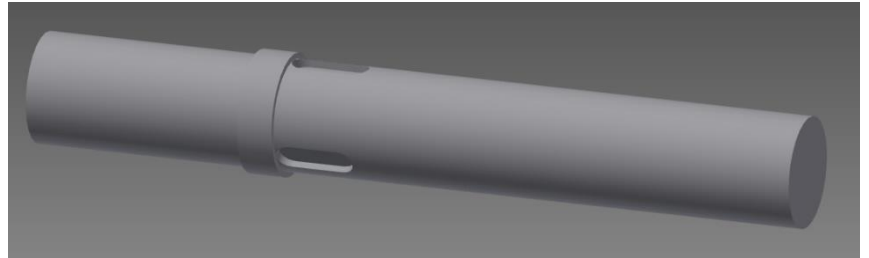
Kolejnice jsou k nosníkům upevněny pomocí klínu (viz obr. 42), kromě středních nosníků. Ty jsou ke kolejím připevněny přímo pomocí šroubu (viz obr. 43). Tento způsob upevnění je nutný proto, aby se nedošlo k posunutí kolejí při brždění lokomotiv na točně.


*Obr. 42.: Klín*

*Obr. 43.: Držení koleje v prostřední části*

### 3.5. Pohon

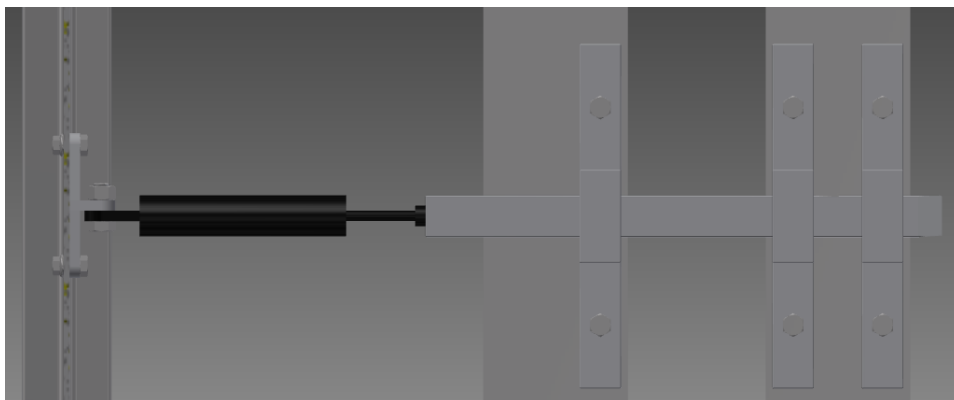
Pohon je zajištěn elektromotorem a převodovkou (viz obr. 44). Tyto části jsou propojeny trubkovou spojkou. Motor je ke konstrukci připevněn čtyřmi šrouby obdobně jako převodovka. Výstupem je zabírací hřídel se třemi drážkami pro pero (viz obr. 45).


*Obr. 44.: Motor + převodovka*

*Obr. 45.: Zabírající hřídel*

Napájecí kabely k motoru vedou ze středu točny, ve kterém je elektrický signál přenášen pomocí rotačního přívodu. Pokud bychom kabely napojily přímo, došlo by k jejich poškození. V minulosti byla nedílnou součástí točny kabina s ovládacím panelem. V dnešní době systém sledování polohy a přesné aretace umožňuje řídit točnu na dálku. Senzory pohybu se zpravidla montují na rohy podvozku a sledovací senzory naproti nim ve stěně.

### 3.6. Aretační mechanismus

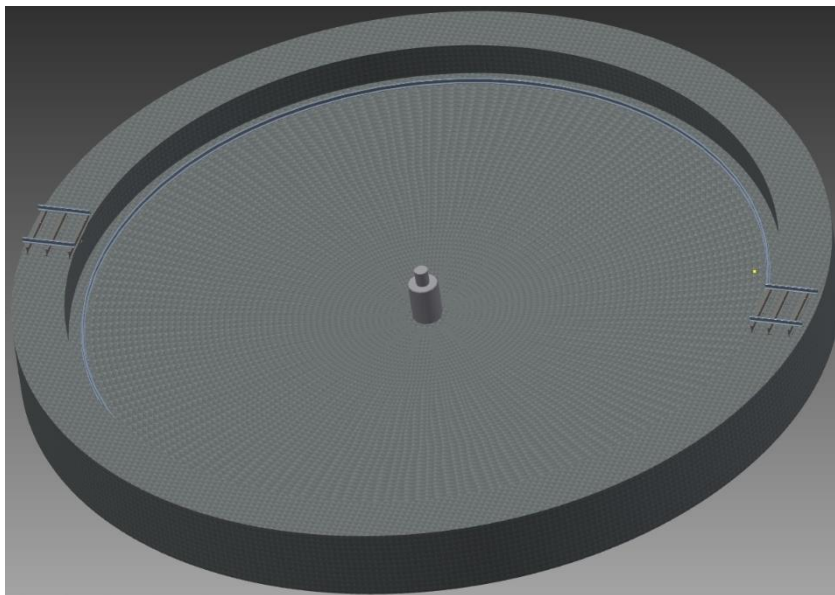
Aretační mechanismus je tvořen obdélníkovou tyčí, která se posouvá v domcích. Pohonem této tyče je jednoduchý hydraulický píst (viz obr. 46). Tato tyč se v případě aktivace zasouvá do aretační díry ve stěně jámy.


*Obr. 46.: Píst s aretační tyčí*

### 3.7. Celkový pohled na točnu

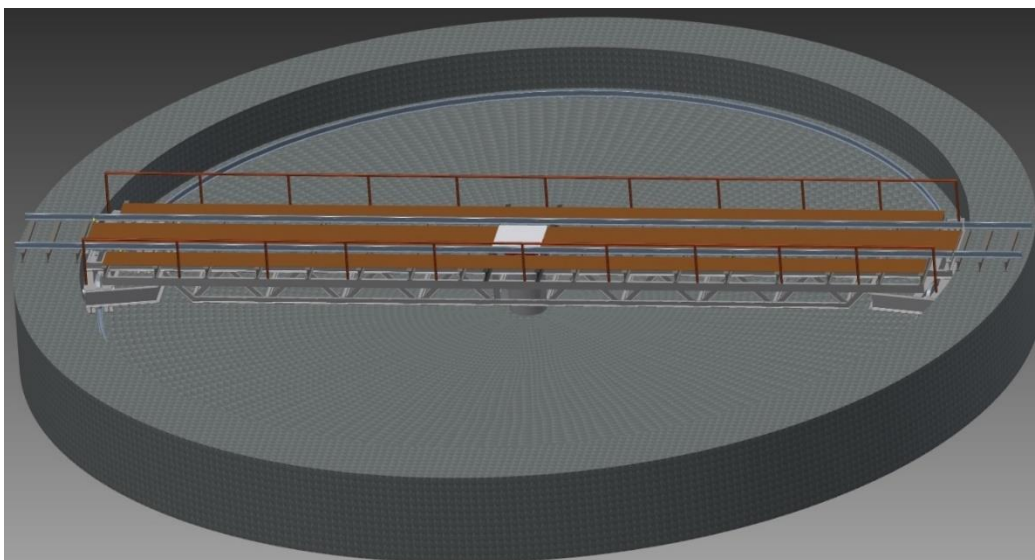
Celkový pohled na točnu je na obr. 48. Na točně je pochozí lávka se zábradlím. Kontrolovat středový čep a ložisko lze po odklopení krytu uprostřed točny (viz obr. 48).

Jáma, do které je točna vložena má průměr 20,8 m. Hloubka na okraji měří 1,053 m a nejhlubší část, jenž se nachází u středového válce, má 1,535 m. Po obvodu na okraji prohlubně je na podkladnicích uložena nosná kolejnice, po které jezdí podvozek točny. Uprostřed točny je středový čep o průměru 400 mm (viz obr. 47), kolem kterého je umístěn



Obr. 47.: Jáma

betonový válec pro oporu nosných axiálních ložisek. Na okrajích jsou zobrazeny navazující koleje, po kterých lokomotiva přijíždí a odjíždí. Teplotní roztažnost kolejí je řešena na okrajích točny volným vložením dilatačních kolejových mezikusů.

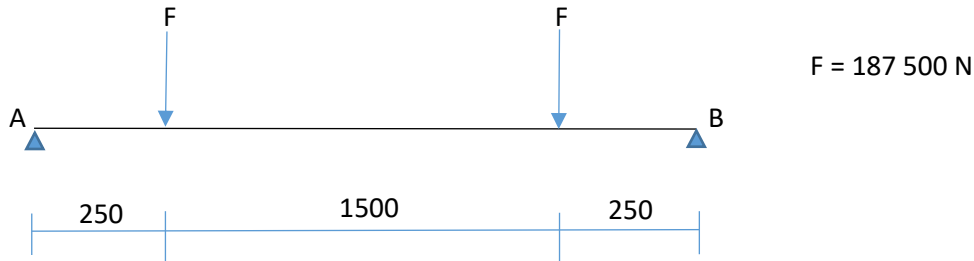


Obr. 48.: Točna celkový pohled

### 3.8. Výpočet namáhaných částí

#### 3.8.1. Kontrolní výpočet namáhaného krajního nosníku točny

Tento nosník se nachází na koncích točny přivařený k podvozku a tvoří ho I – profil IPE 240 ČSN 42 5553. Délka  $l = 2000 \text{ mm}$ . Materiál 11 373.



Vyjádření momentové rovnice rovnováhy k bodu B a následná reakce  $R_A$  v bodě A.

$$M_B: R_A \cdot 2000 - F \cdot (250 + 1500) - F \cdot 250 = 0 \rightarrow R_A = \frac{F \cdot (1750) + F \cdot 250}{2000} \quad (1)$$

$$R_A = \frac{F \cdot (1750) + F \cdot 250}{2000} = \frac{187500 \cdot (1750) + 187500 \cdot 250}{2000} = 187\,500 \text{ N} \quad (2)$$

Vyjádření maximálního ohybového momentu

$$M_{o \max} = R_A \cdot 250 = 187\,500 \cdot 250 = 46\,875\,000 \text{ Nmm} \quad (3)$$

Výpočet maximálního napětí  $\sigma_{\max}$ . Z rovnice (3) je dosazeno  $M_{o \max}$  a z tabulek získáme  $W_o = 324\,000 \text{ mm}^3$ .

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{o \max}}{W_o} = \frac{46\,875\,000}{324\,000} = \mathbf{144,68 \text{ MPa}} \quad (4)$$

Z tabulek známe  $\sigma_D = 155 \text{ MPa}$ .

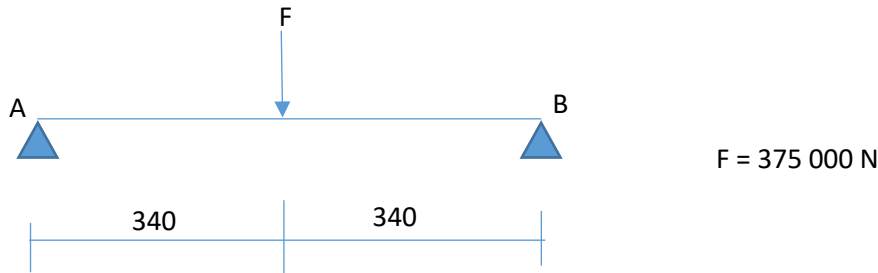
Aby nosník vydržel, musí být  $\sigma_{\max}$  menší než  $\sigma_D$

$$\sigma_{\max} < \sigma_D \rightarrow 144,68 \text{ MPa} < 155 \text{ MPa} \quad (5)$$

### 3.8.2. Kontrolní výpočet hřídele

Pro kontrolní výpočet byl zvolen jeden z hřídelů nepoháněného kola podvozku s nejmenším průměrem 140 mm, materiálem 12 060 a délkou hřídele 750 mm.

Vzhledem k tomu, že vazby tvoří ložiska, použijí pro výpočet délku  $l = 680 \text{ mm}$ .



Vyjádření momentové rovnice rovnováhy k bodu B a následná reakce  $R_A$  v bodě A.

$$M_B: R_A \cdot 680 - F \cdot 340 = 0 \rightarrow R_A = \frac{F \cdot 340}{680} \quad (6)$$

$$R_A = \frac{F \cdot 340}{680} = \frac{375\,000 \cdot 340}{680} = 187\,500 \text{ N} \quad (7)$$

Vyjádření maximálního ohybového momentu

$$M_{o \max} = R_A \cdot 340 = 187\,500 \cdot 340 = 63\,750\,000 \text{ Nmm} \quad (8)$$

Výpočet potřebného momentu průřezu  $W_o$ .

$$W_o = \frac{\pi \cdot D^3}{32} = \frac{\pi \cdot 140^3}{32} = 269\,391,57 \text{ mm}^3 \quad (9)$$

Výpočet maximálního napětí  $\sigma_{\max}$ . Z rovnice (8) je dosazeno  $M_{o \max}$  a z rovnice (9)  $W_o$ .

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{o \max}}{W_o} = \frac{63\,750\,000}{269\,391,57} = 236,7 \text{ MPa} \quad (10)$$

Z tabulek známe  $\sigma_D = 295 \text{ MPa}$ .

Aby hřídel zvládl zatížení musí být  $\sigma_{\max}$  menší než  $\sigma_D$

$$\sigma_{\max} < \sigma_D \rightarrow 236,7 \text{ MPa} < 295 \text{ MPa} \quad (11)$$

Jedná se o koncepční návrh tudíž dynamické účinky neuvažujeme, proto není třeba hřídel kontrolovat na krut.

## 4. ZÁVĚR

Záměrem mé bakalářské práce byl návrh konstrukce točny pro kolejová vozidla. Nejprve jsem objasnil termín točna, její vznik a historii. V další kapitole jsem se zabýval vývojovými poznatky na základě patentů, ať už se jednalo o konstrukci či o pohon točny. Pro srovnání jsem v mém textu vybral i některé točny, které se používají v současnosti.

Hlavní část mé bakalářské práce tvoří koncepční návrh konstrukce točny, který je doplněn kontrolními výpočty vybraných částí točny. Jimi bylo ověřeno, zda vybrané prvky vydrží danou zátěž.

Nedílnou součástí této práce jsou vyobrazení, která názorně doplňují text.



## SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

$F$	$[N]$	Zatěžující síla
$W_o$	$[mm^3]$	Modul pružnosti v tahu
$R_m$	$[MPa]$	Mez pevnosti
$R_e$	$[MPa]$	Mez kluzu
$R_A$	$[N]$	Reakce v podstavě A
$l$	$[mm]$	Délka
$M_{o\ max}$	$[Nmm]$	Maximální ohybový moment
$\sigma_D$	$[MPa]$	Dovolené napětí

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] NADAS. Průvodce po železnici pro přátele železniční techniky. 1975
- [2] THE RAILROAD TURNTABLE  
<http://www.american-rails.com/turntable.html>
- [3] PATENT US 257553 A. 1882
- [4] PATENT US 369527 A. 1887
- [5] PATENT US 561974 A. 1896
- [6] PATENT US 563480 A. 1896
- [7] PATENT US 599934 A. 1898
- [8] PATENT US 615984 A. 1898
- [9] PATENT US 770916 A. 1904
- [10] PATENT US 1220031 A. 1917
- [11] ŠVEC, V. Části a mechanismy strojů. Spoje a části spojovací. Praha: ČVUT, 2008



## SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 1.: UKÁZKA TOČNY A DEPA V ČESKÉ LÍPĚ .....	1
OBR. 2.: UKÁZKA PRVNÍ TOČNY VE SKLADOVÉM NÁDRAŽÍ .....	2
OBR. 3.: UKÁZKA POHONU NA RAMENI .....	3
OBR. 4.: UKÁZKA RÁMU TOČNY .....	4
OBR. 5.: UKÁZKA INOVACE NOSNÍKU A POHONU Z BOKU A Z HORA.....	5
OBR. 6.: UKÁZKA SYSTÉMU PRVNÍHO AUTOMATICKÉHO POHONU.....	6
OBR. 7.: INOVACE V ULOŽENÍ .....	7
OBR. 8.: NOVÝ SYSTÉM ARETACE A VYLEPŠENÉ ULOŽENÍ .....	7
OBR. 9.: NOVÝ MODEL Z ROKU 1898.....	8
OBR. 10.: RUČNÍ POHON .....	9
OBR. 11.: DVĚ KOLA V PODVOZKU .....	10
OBR. 12.: DVOJITÝ PODVOZEK.....	10
OBR. 13.: CELKOVÝ POHLED NA TOČNU PO REKONSTRUKCI .....	11
OBR. 14.: KABINA PŘED REKONSTRUKCÍ .....	12
OBR. 15.: KABINA PO REKONSTRUKCI .....	12
OBR. 16.: POHON PŘED REKONSTRUKCÍ .....	12
OBR. 17.: POHON PO REKONSTRUKCI .....	12
OBR. 18.: ARETAČNÍ MECHANISMUS PŘED REKONSTRUKCÍ .....	13
OBR. 19.: ARETAČNÍ MECHANISMUS PO REKONSTRUKCÍ .....	13
OBR. 20.: PRSTENEC A JÁMA PŘED.....	13
OBR. 21.: PRSTENEC PO .....	13
OBR. 22.: JÁMA PO REKONSTRUKCI SE SNÍMAČI .....	14
OBR. 23.: DETAIL SNÍMAČE.....	14
OBR. 24.: UKÁZKA POŠKOZENÉHO RÁMU .....	14
OBR. 25.: OPRAVENÝ RÁM, DVOJITÝ PODVOZEK .....	14
OBR. 26.: LOKOMOTIVA ŘADY 150.....	15
OBR. 27.: PARNÍ LOKOMOTIVA ŘADY 4 000.....	15
OBR. 28.: KOLEJ TVARU S 49.....	16
OBR. 29.: MĚŘENÍ ROZCHODU .....	16
OBR. 30.: NÁČRT MODELU KOLEJNICE .....	17
OBR. 31.: MODEL KOLEJNICE.....	17
OBR. 32.: MODEL PODVOZKU.....	17
OBR. 33.: KOLO .....	18
OBR. 34.: HŘÍDEL .....	18
OBR. 35.: PŘÍRUBOVÉ LOŽISKO.....	18
OBR. 36.: ŘEZ SPOJENÍM .....	18
OBR. 37.: POHLED Z BOKU NA U PROFIL A PŘÍHRADOVOU KONSTRUKCI.....	18
OBR. 38.: I – PROFIL .....	19
OBR. 39.: POHLED SHORA, ROZLOŽENÍ I – PROFILŮ.....	19
OBR. 40.: RADIÁLNÍ LOŽISKA .....	19
OBR. 41.: AXIÁLNÍ LOŽISKA.....	19
OBR. 42.: KLÍN.....	20
OBR. 43.: DRŽENÍ KOLEJE V PROSTŘEDNÍ ČÁSTI.....	20
OBR. 44.: MOTOR + PŘEVODOVKA.....	20
OBR. 45.: ZABÍRAJÍCÍ HŘÍDEL .....	20
OBR. 46.: PÍST S ARETAČNÍ TYČÍ .....	20
OBR. 47.: JÁMA.....	21
OBR. 48.: TOČNA CELKOVÝ POHLED.....	21



## SEZNAM TABULEK

TAB. 1.: VLASTNOSTI OCELI 900 A .....	16
TAB. 2.: VLASTNOSTI OCELI 11 373.....	17