



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

MAZÁNÍ OKOLKŮ KOLEJOVÝCH VOZIDEL EKOLOGICKÝMI MAZIVY

LUBRICATION OF FLANGES OF RAILWAY VEHICLES BY ECOLOGICAL LUBRICANTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LADISLAV JANOVEC

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. RNDr. Ing. JOSEF NEVRLÝ, CSc.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ladislav Janovec

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Mazání okolků kolejových vozidel ekologickými mazivy

v anglickém jazyce:

Lubrication of flanges of railway vehicles by ecological lubricants

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem bakalářské práce je vytvoření přehledu současného stavu poznání a analytické zhodnocení jednotlivých přístupů aplikovaných výrobcí v oblasti mazání okolků kolejových vozidel ekologickými mazivy.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat:

- 1.Úvod
- 2.Přehled současného stavu poznání
- 3.Formulaci řešeného problému a jeho analýzu
- 4.Vymezení cílů práce
- 5.Návrh metodického přístupu k řešení
- 6.Analýzu a interpretaci získaných výsledků
- 7.Závěr

Forma bakalářské práce: průvodní zpráva, technická dokumentace

Typ práce: rešeršní

Účel práce: pro potřeby průmyslu

Seznam odborné literatury:

Nevrlý, J.: Methodology of modeling fluid power and lubrication systems. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2005. 107 p. ISBN 83-7085-848-1.

Vedoucí bakalářské práce: prof. RNDr. Ing. Josef Nevrlý, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 26.11.2009

L.S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této práce je provést rešeršní a analytické zhodnocení jednotlivých přístupů aplikovaných výrobci v oblasti mazání okolků kolejových vozidel ekologickými mazivy. Analýza je zaměřena na cyklické i kontinuální způsoby mazání jednotlivých typů centrálních mazacích systémů umístovaných na kolejových vozidlech.

KLÍČOVÁ SLOVA

tribologie, mazání kolejových vozidel, ekologická maziva, cyklické mazání, kontinuální mazání

ABSTRACT

The Aim of this thesis is to search and analytical evaluation of different approaches applied by producers in the field of wheel flanges lubrication of railway vehicles by means of ecological lubricants. The analysis focuses on the cyclical and continuous methods of lubrication of different types of central lubrication systems placed on the railway vehicles.

KEY WORDS

tribology, lubrication of rolling stock, ecological lubricants, cyclic lubrication, continuous lubrication

Bibliografická citace mé práce:

JANOVEC, L. *Mazání okolků kolejových vozidel ekologickými mazivy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 41 s. Vedoucí bakalářské práce prof. RNDr. Ing. Josef Nevrlý, CSc.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tuto bakalářskou práci *Mazání okolků kolejových vozidel ekologickými mazivy* jsem vypracoval a napsal samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce prof. RNDr. Ing. Josefa Nevrlého, CSc. a uvedl v seznamu všechny zdroje.

V Brně dne 26. května 2010

vlastnoruční podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu prof. RNDr. Ing. Josefu Nevrlému, CSc. za odborné vedení mé práce, podmětné připomínky, cenné rady a ochotu pomoci, kterou přispěl k vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Marku Hruškovi a panu Ing. Michalu Vašíčkovi, MBA. za přiblížení průmyslové praxe v oblasti mazání okolků kolejových vozidel a také panu Ing. Karlu Niemczykovi za informace ohledně plastických maziv.

OBSAH

Obsah	11
Úvod	12
1 Přehled současného stavu poznání	13
1.1 Kolejová vozidla a jejich pohyb	13
1.2 Mazání okolků kolejových vozidel	14
1.3 Vybrané tribologické vlastnosti	14
1.3.1 Viskozita	14
1.3.2 Index viskozity	15
1.3.3 Nízkoteplotní vlastnosti oleje	15
1.3.4 Voda v oleji	15
1.4 Možnosti matematického popisu tribologických jevů	16
1.4.1 Newtonské a nenewtonské kapaliny	16
1.4.2 Reynoldsova rovnice	17
1.5 Norma ČSN EN 15427 – Mazání okolků	17
1.6 Výhody mazání okolků	18
1.7 Cyklické a kontinuální mazání	19
2 Jednotlivé společnosti a jejich konstrukce	20
2.1 Společnost TriboTec	20
2.1.1 Mazací systém OK-01	20
2.1.2 Mazací systém OK-02	21
2.2 Společnost VOGEL	23
2.2.1 Mazací systém SP8	23
2.2.2 Mazací systém SP9	24
2.2.3 Mazací systém Tram	24
2.2.4 Porovnání jednotlivých variant	25
2.3 Společnost REBS	26
2.4 Společnost Bijur Delimon	27
2.4.1 Stacionární mazací systém StaTrack 1000	27
2.4.2 Mazací systém RAILJET	28
2.5 Společnost Lincoln	28
2.5.1 Stacionární mazací systém RailRoad	28
2.5.2 Mazací systém CRL101	29
2.6 Společnost BEKA	29
2.6.1 Mazací systém Lighrail	30
2.6.2 Mazací systém Heavyrail	30
3 Vyhodnocení mazacích systémů	31
3.1 Programovatelnost řídicí jednotky	31
3.2 Maziva	31
3.4 Složitost zařízení a náročnost údržby	32
3.5 Tloušťka mazacího filmu	33
3.6 Analytické zhodnocení	33
4 Návrh dalšího postupu	37
5 Závěr	38
6 Seznam použitých zdrojů	39
6.1 Seznam symbolů a jednotek	40
6.2 Seznam obrázků	40
6.3 Seznam tabulek	40

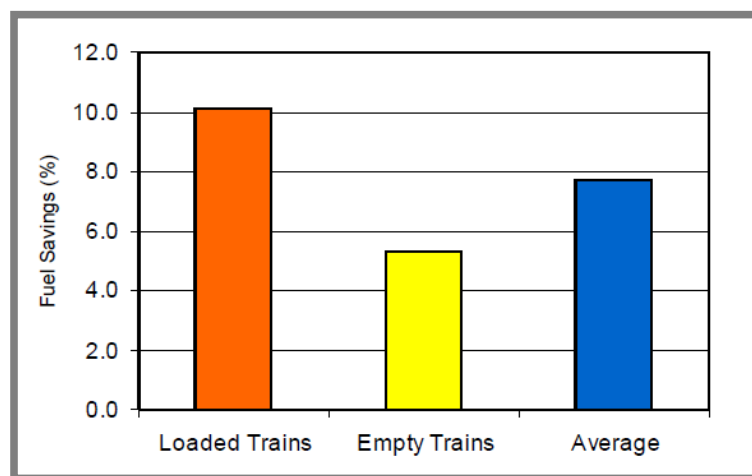
ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou a hodnocením jednotlivých přístupů k mazání okolků kolejových vozidel pro potřeby průmyslu, fakulty a dalšího výzkumu. Smyslem této práce je vytvořit rešeršní přehled mazacích systémů jednotlivých výrobců, určení výhod těchto systémů a stanovení cílů dalšího zkoumání s přímou návazností na aplikaci v průmyslové praxi. Práce vzniká ve spolupráci se společností TriboTec, spol. s r. o.

Analýza jednotlivých centrálních mazacích systémů je zaměřena na systémy umístěné na kolejových vozidlech. Stacionární mazací systémy zde budou uvedeny pouze jako doplnění popisu problematiky mazání kolejových vozidel

Výrobní společnosti uvádějí pracovní tlaky svých mazacích systémů v barech, které nejsou základní jednotkou SI soustavy, nicméně je možné bary považovat za jistý standard používaný v průmyslové praxi, proto pracovní tlaky jednotlivých systémů v této práci jsou uváděny také v barech.

Dle výzkumu ministerstva dopravy USA vyplývá, že pomocí mazání okolků kolejových vozidel bylo dosaženo průměrné snížení spotřeby paliva o 7,7 %. U naložených nákladních vlakových souprav bylo dosaženo snížení spotřeby paliva o více než 10 %. Při velké četnosti využití vlakové dopravy, především nákladní, jsou toto nezanedbatelné úspory paliva a také finanční i ekologické. Další výhody mazání okolků poskytuje v méně časté údržbě kolejnic, vyhybek a samotných kol. Snižuje se četnost oprav i jejich náročnost.



Obr. 0 Snížení spotřeby nákladních vlakových souprav [6]

1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

1

1.1 Kolejová vozidla a jejich pohyb

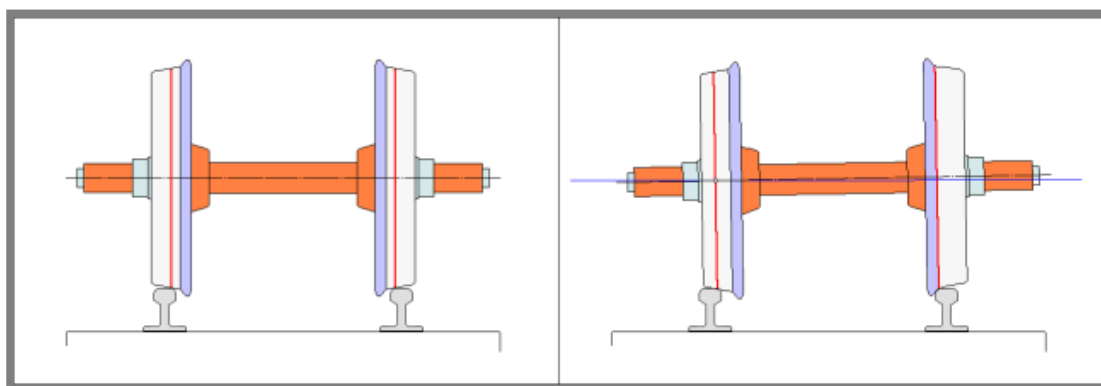
1.1

Vnější obvodová plocha kola kolejového vozidla má tvar podobný části rotačního hyperboloidu popřípadě komolého kužele. Průměr kola se k vnějšímu okraji zmenšuje. Takovýto tvar stabilizuje jízdní dvojkolí v pohybu po kolejích na rovných úsecích i při průjezdu obloukem. Při posunu dvojkolí mimo středovou osu kolejí se každé kolo odvaluje po jiném průměru. Vlivem toho kolo odvalující se po větším průměru urazí delší vzdálenost než kolo odvalující se po průměru menším. V přímočarém směru pohybu vozidla dochází k sinusovému pohybu dvojkolí. Při ideálním průjezdu obloukem nedochází ke smykům. Veškeré překážky a negativní vlivy, jako nesprávná konstrukce podvozku, tvar kol, nesprávné rozteče kolejí, křížení a další, ovlivňují tento sinusový pohyb a může dojít k nebezpečnému rozkmitání kolejového vozidla ve směru kolmém na směr jízdy vozidla. Kolejová vozidla se proto musí stabilizovat. S přibývajícím rychlostí vozidla je nebezpečí těchto nežádoucích vlivů větší.

Na vnitřní straně dvojkolí se používají okolky, které zabezpečují vozidlo proti vykolejení svým tvarem. Také pomáhají k vedení vozidla během průjezdu kříženími, výhybkami či při přechodu mezi napojováním kolejí.

Ve velkých obloucích se zachovává standardní rozchod 1435 mm, v obloucích s malým poloměrem se rozchod zvětšuje, aby se zaručil hladký průjezd vozidel s více dvojkolími. V obloucích se také používá pro redukci odstředivé síly převýšení vnější koleje. Tím se posune těžiště vozu do středu oblouku, sníží tření a zlepši průjezd. Moderní rychlovlaky mají naklápěcí kabiny, což umožňuje průjezd obloukem mnohem vyššími rychlostmi.

Při pohybu kolejového vozidla o vysoké hmotnosti po kolejích dochází k nežádoucímu tření a opotřebení styčných ploch. Z tohoto důvodu se vyvíjejí metody jak účinně, přesně a ekologicky mazat.



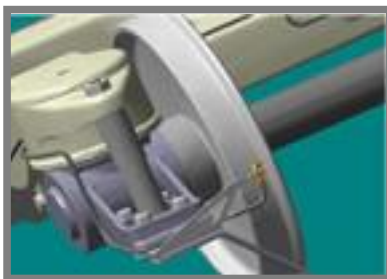
Obr. 1 Postavení železničního dvojkolí [8]

1.2 Mazání okolků kolejových vozidel

V dnešní době by se měly dodržovat stanovené ekologické limity, které se týkají od nakládání s odpady až po jejich skladování či postup výroby. Bez dodržování těchto norem pro mazání okolků kolejových vozidel není dovoleno kolejové vozidlo provozovat. Z těchto důvodů se využívá organicky odbouratelných maziv. Při nástřiku mazacího oleje se využívají specifická místa styku kola s kolejnici, na která jsou výstupní trysky směřovány.



Obr. 1.2.1 Místo mazání okolků [2]



Obr. 1.2.2 Pohled na trysku [2]

1.3 Vybrané tribologické vlastnosti

Aby bylo možno objektivně hodnotit a aplikovat dosažené poznatky v oblasti mazání, je potřeba charakterizovat vlastnosti a jejich veličiny, které budou charakterizovat chování maziv za určitých podmínek.

1.3.1 Viskozita

Jednotlivá maziva lze obecně charakterizovat vlastností viskozitou, která je mírou vnitřního tření kapaliny. Viskozitu ovlivňuje tlak a teplota tekutiny. Při zvýšení teploty oleje dochází ke zvýšení hodnoty součinitele tření.

Obecně sledujeme kinematickou a dynamickou (absolutní) viskozitu. Dynamická viskozita je rovna součinu kinematické viskozity a hustoty zkoumané tekutiny.

Viskozitu je důležité znát jak pro správné a přesné měření dávkování směsi mazadla, tak pro volbu součástí mazacího zařízení.

dynamická viskozita: η (Pa.s)

kinematická viskozita: ν (m².s⁻¹)



Obr. 1.3.1 Vibrační viskozimetr [4]

1.3.2 Index viskozity

1.3.2

Index viskozity vyjadřuje závislost kinematické viskozity na teplotě. Tohoto indexu se využívá pro oleje, které jsou vystaveny velkým změnám teploty. Čím je vyšší hodnota indexu viskozity, tím méně se mění hodnota viskozity při změně teploty.

1.3.3 Nízkoteplotní vlastnosti oleje

1.3.3

bod zákalu – teplota začátku procesu vylučování parafinu do oleje

bod tekutosti – teplota, při níž je zkoumaná látka za podmínek stanovených normou již natolik pevná, že přestane téci. Stanovení bodu tuhnutí se provádí tak, že se teplota postupně snižuje a opakovaně se zkoumá, zda je vzorek kapalný. Přesný postup stanovení je normalizován.

1.3.4 Voda v oleji

1.3.4

Voda se nejčastěji do oleje dostává kondenzací vzdušné vlhkosti na stěnách nádrže. Vznikají emulze, které mají korozní účinky a také narušují funkci aditiv.

Pro stanovení množství vody v oleji se používá např. destilační metoda.

Destilační zkouška

Příměs toluenu, se kterým se váže voda obsažená v oleji. Volumetricky se stanoví procentuální obsah vody v oleji. Dosahuje se přesnost v jednotkách procent.

1.4 Možnosti matematického popisu tribologických jevů

1.4.1 Newtonské a nenewtonské kapaliny

Newtonské kapaliny [19]

Řídí se Newtonovým zákonem a jedná se zpravidla o nízkomolekulární látky. Viskozita těchto kapalin nezávisí na vazkém napětí (napětí sil vnitřního tření, odezvy materiálu na posouvání jeho částí vůči sobě).

Newtonův zákon pro smykové tření v kapalině:

$$\tau = \eta \frac{du}{dx}$$

Pro teoretické úlohy elastohydrodynamického mazání bodových kontaktů je používán Roelandsův vztah, který přesněji vystihuje změnu dynamické viskozity se změnou tlaku:

$$\eta = \eta_0 \exp\{[\ln(\eta_0) + 9,67][(1 + 5,1 \cdot 10^{-9} p)^Z - 1]\}$$

kde Z je viskozitně-tlakový index, který je nezávislý na teplotě.

Nenewtonské kapaliny [19]

Neřídí se Newtonovým zákonem, jsou to kapaliny reologicky složitější. Viskozita nenewtonských kapalin je v každém časovém okamžiku závislá na napětíovém a deformačním stavu kapaliny.

Platí pro ně také rovnice:

$$\tau = \eta \cdot D$$

kde η je zdánlivá viskozita, která není konstantní, ale je závislá na rychlosti deformace nebo tečném napětí

kde D je závislost rychlosti deformace

Základní typy nenewtonských kapalin:

Časově nezávislé (viskózní) nenewtonské kapaliny, jsou kapaliny, u kterých je smyková rychlost v každém okamžiku funkcí pouze smykového napětí.

Pseudoplastické kapaliny

Jejich zdánlivá viskozita se s rostoucím gradientem rychlosti zmenšuje. Někdy se dělí na pravé pseudoplastické kapaliny a strukturně viskózní kapaliny.

Dilatantní kapaliny

Jejich zdánlivá viskozita se s rostoucím gradientem rychlosti zvětšuje. Toto chování není tak časté a lze potlačit změnou složení.

Binghamské kapaliny

Tyto kapaliny mají plastickou složku deformace, k toku dochází až po překročení prahového smykového napětí (mez toku, mez kluzu).

Časové závislé nenewtonské kapaliny, jsou kapaliny, u kterých vztah mezi smykovým napětím a rychlostí smyku závisí na čase, po který byla tato kapalina zatížena smykovým namáháním nebo je funkcí předchozí deformace kapaliny.

Tixotropní kapaliny

Při stálém tečném napětí roste smyková rychlost nebo naopak při stálé smykové rychlosti se snižuje tečné napětí.

Reopexní kapaliny

Mají opačné vlastnosti než tixotropní látky.

1.4.2 Reynoldsova rovnice

1.4.2

Reynoldsova rovnice je diferenciální rovnice popisující rozložení tlaku v úzké štěrbině mezi tekutinou mazanými tělesy. Je to tedy základní rovnice tekutinového mazání a vyskytují se v ní hodnoty tlaku, tloušťky mazacího filmu, viskozita maziva a rychlost proudění kapaliny. Ve své podstatě popisuje zákon zachování hmoty pro elementární objem maziva mezi mazanými prvky. Zde je uvedena pro dvourozměrné proudění. Pro mnoho problémů v oblastech teorie tekutin požadované řešení lze získat pomocí Reynoldsovy rovnice.

Předpokládá se, že zkoumaný kontakt musí být zatopen mazivem. Tomu odpovídá okrajová podmínka nulového (atmosférického) tlaku na hranici oblasti. Tlak v mazivu nikdy nesmí klesnout pod tlak kavitační, což je tlak, při kterém dochází k „varu“ maziva. Pokud tlak u okraje kontaktu klesne pod kavitační tlak, vznikne tzv. ventilace, neboli vniknutí okolního prostředí (vzduchu) do maziva. Předpokládá se, že tlak kavitační je roven nule (tedy atmosférickému tlaku) [18].

Reynoldsova rovnice:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\rho h^3}{\eta} \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\rho h^3}{\eta} \frac{\partial p}{\partial y} \right) = 12 \frac{\partial}{\partial x} (u \rho h) + 12 \frac{\partial}{\partial y} (v \rho h) + 12 \frac{\partial (\rho h)}{\partial t}$$

1.5 Norma ČSN EN 15427 – Mazání okolků

1.5

Norma pro *Železniční aplikace – Řízení procesu tření ve vztahu kolo/kolejnice – Mazání okolků* je převzata ze zahraničních pramenů a je v mnoha směrech nejednoznačná, nepřesná a neuvádí ucelené požadavky způsobu měření a vyhodnocení mazacího filmu. Níže jsou uvedeny některé problematické části této normy.

bod 4.4.1:

Vybraný řídicí systém musí zaručit, aby míra nanášeného maziva byla stálá za všech podmínek během provozu [5].

Dle mnou nabytých informací je stálá hodnota tloušťky nanášeného maziva nežádoucí. Kolejová vozidla pracují téměř ve všech podnebních podmínkách a za téměř jakéhokoliv počasí. Nástřik maziva se musí měnit, dle těchto měnicích parametrů. Za letního dne by tloušťka mazacího filmu měla být jiná než např. za sněžení. Změna mazání by se měla provádět nejen dle ročního období, ale zároveň i podle aktuálního stavu pracovního prostředí. Změna mazání nezávisí jen na vnějších vlivech, ale také na směru pohybu vozidla. Při průjezdu obloukem se musí mazat

jiným způsobem než při jízdě po rovné trati. Mnozí výrobci do svých zařízení instalují senzory průjezdu obloukem, které jsou schopny zachytit jízdu obloukem a řídicí jednotky na tyto informace reagují změnou mazání.

bod 4.4.2:

Jakékoliv vlakové mazací zařízení s mazací jednotkou používající tekuté rozstřikované mazivo musí mít nízkou rychlost rozstřiku. Rychlost musí být odsouhlasena zúčastněnými stranami [5].

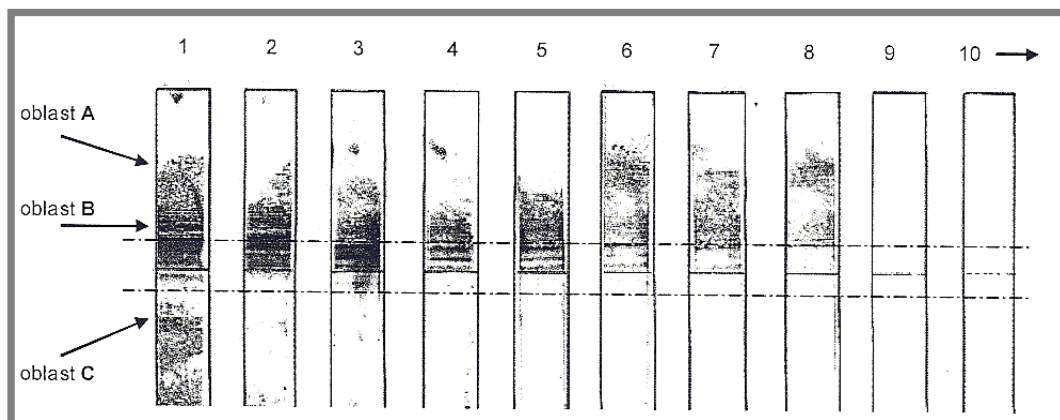
Hodnota nízké rychlosti rozstřiku maziva v normě není jednoznačně uvedena. Obvykle tato výstupní rychlost maziva tryskou závisí na použitém tlaku v zařízení.

Příloha B. 1.3:

Celková účinnost systému mazání by měla být ověřována průběžným hodnocením snížení opotřebení kolejnic a kol [5].

Norma mazání okolků kolejových vozidel jednoznačně neurčuje vyhodnocovací kritéria. Mimo laboratorní podmínky nelze zaručit objektivní průběžné vyhodnocování opotřebení kol a kolejnic, protože na naprosté většině tratí jezdí více druhů vlaků patřících různým společnostem. Průběžné hodnocení je použitelné jen za podmínek stejného mazacího systému na všech vlcích a ve velmi velkém časovém horizontu.

Ukázka metody vyhodnocování správnosti mazání za pomoci testovacích papírů:



Obr. 1.5 Výběr z normy [5]

1.6 Výhody mazání okolků

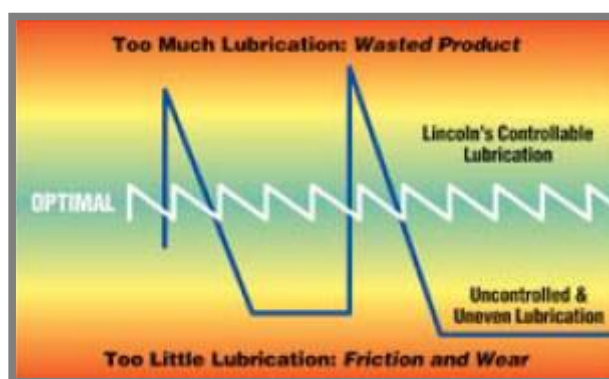
- snížení nákladů na výměnu kol z důvodu opotřebení okolků
- snížení opotřebení a deformací kolejnic
- úspora energie snížením tření okolků o kolejnice
- snížení rizika vykolejení vozidel
- snížení hluku při průjezdu vozidel, zejména na výhybkách a v obloucích
- zkrácení doby odstávek vozidel z provozu

1.7 Cyklické a kontinuální mazání

Za cyklický způsob mazání je považováno mazání, které se v průběhu času periodicky opakuje v závislosti na vstupních parametrech.

Za kontinuální způsob mazání je považováno mazání, které probíhá v zadaných úsecích stále, jen se mění množství maziva dle vstupních parametrů.

Výrobci uvedení v této práci, využívají cyklické mazání okolků. S řešením kontinuálního mazání okolků se zatím žádná společnost neprezentovala. U společnosti Lincoln a jejich stacionárního mazacího systému RailRoad dochází k určité „kontinualizaci“ ve smyslu stálého mazání kolejnice, viz obr. 1.6. U cyklického mazacího systému dochází k nástřiku určitého množství maziva, které je nanášeno kolem na kolejnici a nástřik se opakuje v závislosti na zvoleném kritériu, které zpracovává řídicí jednotka, z čehož plyne, že tloušťka mazacího filmu se u cyklických systémů mění v závislosti na fázi mazacího cyklu a dalších vnějších vlivech. Při nástřiku maziva na okolek kolejového vozidla dochází k mazání styčných ploch mazací mlhou. S ujetou vzdáleností se množství maziva na okolku snižuje a další nástřik je závislý na předprogramování řídicího systému. Z tohoto důvodu se tloušťka mazací vrstvy na okolku mění. Na začátku mazacího cyklu dochází k nežádoucímu „přemazání“ mazivem mezi okolkem a kolejnicí. Ke konci cyklu je tloušťka maziva na okolku menší, než by byla její optimální hodnota. Hodnotu optimální tloušťky maziva není zatím možné přesně vyčíslit, nicméně norma pro mazání okolků kolejových vozidel poskytuje interval, ve kterém se tloušťka maziva má pohybovat.



Obr. 1.6 Schéma mazacích cyklů [18]

Tyto nežádoucí jevy v uvedených částech mazacího cyklu by mohly být odstraněny přesným a častým mazáním u cyklických systémů, popřípadě zcela novým konstrukčním řešením kontinuální distribuce maziva.

Kontinuální mazací systém musí být uzpůsoben tak, aby splňoval stanovenou normu pro mazání okolků kolejových vozidel (popsanou výše) stejně, jako systémy cyklické. Spotřeba maziva při průjezdu dlouhou rovnou tratí je nižší, než při průjezdu obloukem. K docílení stálé tloušťky mazacího filmu by bylo vhodné využít co nejvíce zařízení, které je již vyvinuto pro mazací systémy. Pro zajištění stálého množství výstupní mazací mlhy by bylo vhodné využít jemnější trysky, než u klasických systémů, aby nedocházelo k přemazávání okolků. K regulaci výstupního množství maziva by bylo vhodné využít tlakový vzduch za pomoci elektricky ovládaného ventilu. Tloušťky mazacích vrstev se pohybují v řádech mikrometrů.

2 JEDNOTLIVÉ SPOLEČNOSTI A JEJICH KONSTRUKCE

Každý výrobce mazacích systémů pro kolejová vozidla má svůj vlastní přístup ke komplexnímu řešení a snaží se vyvíjet originální zařízení. Vzhledem k omezené dostupnosti zdrojových informací a zkušeností o mazacích systémech zde budou uvedeny nabídky těchto prodejců: VOGEL, TriboTec, REBS, Bijur Delimon, Lincoln a BEKA. V této části práce budou uváděny informace tak, jak je prezentují jednotliví výrobci.

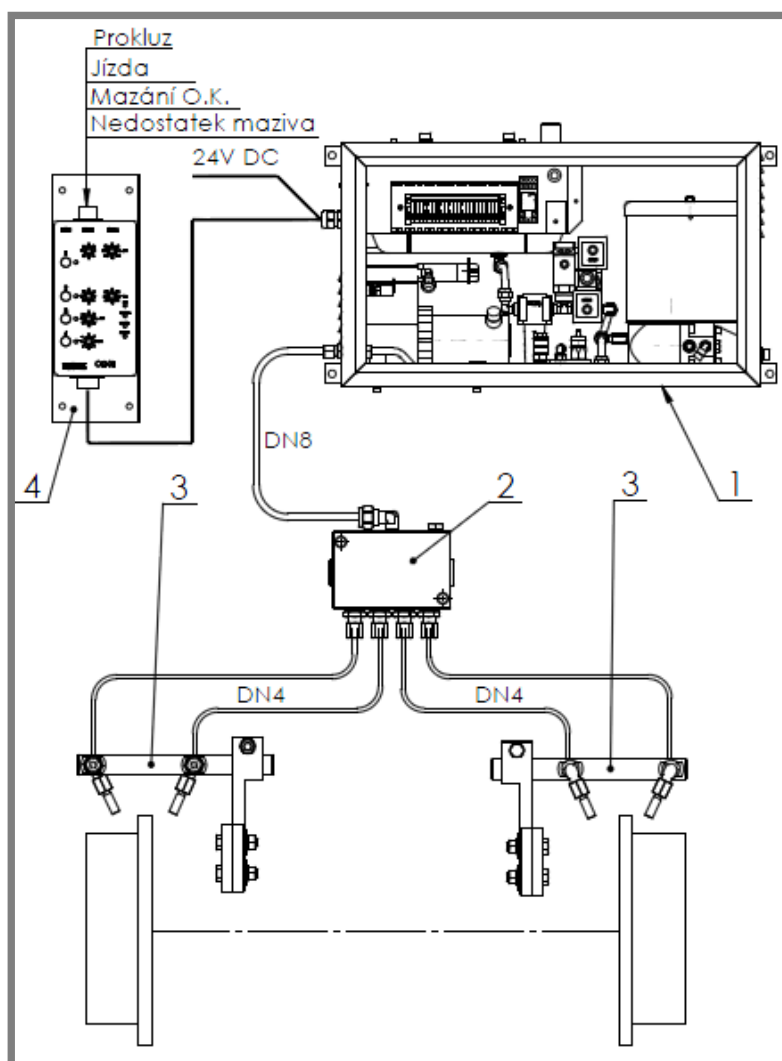
2.1 Společnost TriboTec

Česká firma TriboTec vyrábí dva základní mazací systémy. Použitá maziva si firma TriboTec nevyrábí sama, ale kupuje je od subdodavatelů, kteří se zabývají pouze výrobou maziv.

2.1.1 Mazací systém OK-01

Systém mazání okolků OK-01 je určen pro tramvaje, které nemají ve své standardní výbavě rozvod stlačeného vzduchu. Stlačený vzduch vyrábí dodávaná kompresorová stanice. Kompresor vytváří pracovní tlak 0,5 až 0,8 MPa. Směs maziva a stlačeného vzduchu, který mazivo žene dále potrubím, se vytváří ve směšovači. Mazivo je nasáváno do nádrže zpětným chodem pístu. Pohyb pístu vytvoří podtlak v komoře tím, že vytlačilo mazivo z minulého stlačení. Aby se zabránilo usazování maziva na dně nádrže, používá se přivedení „seškraceného“ stlačeného vzduchu na dno zásobníku a mazivo je tzv. probubláváno. Za směšovačem se nenacházejí žádné pohyblivé díly. Tato varianta zvyšuje spolehlivost zařízení. Mazivo tlačené vzduchem se rozděluje v děliči a poté putuje do výstupních trysek. Trysky nanášejí mazivo na styčné plochy okolků s kolejemi. Výstupní trysky se umísťují na přední nápravu, u tramvají se dvěma směry provozu se na vozidlo umístí dvě samostatné mazací systémy. Čistění mazacího systému pro případ dlouhodobé odstávky vozidla či změny používaného mazadla je zabezpečeno profukem potrubí pomocí tlakového vzduchu [10].

Ve skříni se nachází kompresorová stanice, dávkovač a směšovač. Každá tryška je propojena samostatně s děličem. Taktovač je umístěn v kabině vozidla a obsahuje 4 přednastavené režimy [10].



Obr. 2.1.1 Schéma systému OK-01 [10]

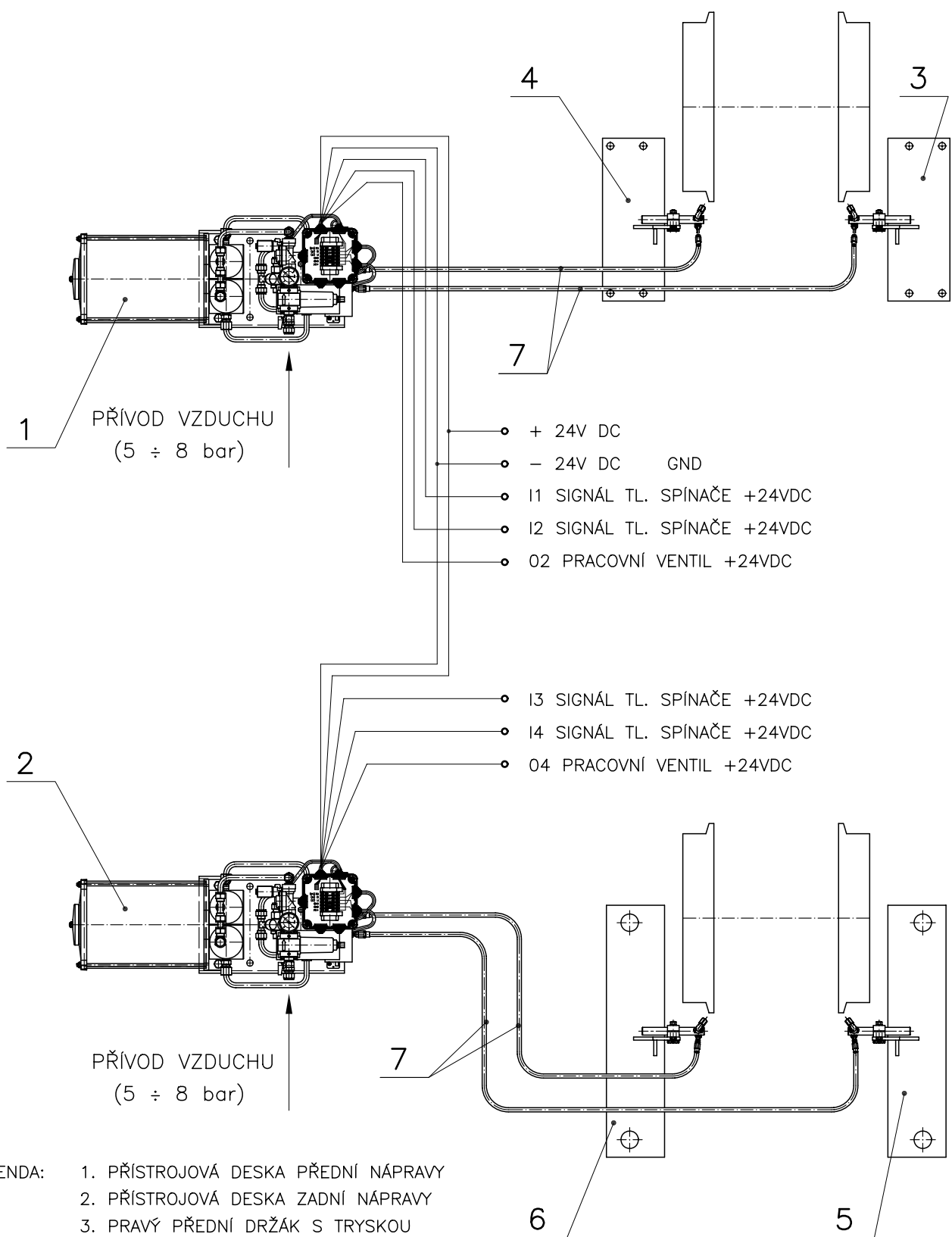
Legenda:

1. skříň mazání okolků
2. dělič
3. držák s tryskami
4. řídicí elektronický systém – taktovač

2.1.2 Mazací systém OK-02

2.1.2

Systém mazání okolků OK-02 je určen k mazání okolků lokomotiv převážně s provozem ve dvou směrech. Pracovní tlak je stejný jako u systému OK-01, což je 0,5 až 0,8 MPa. Systém v provedení OK-02 je montován na přední i zadní nápravu lokomotivy. Pro lokomotivy s převážně jedním směrem jízdy lze použít mazací okruh s jednou přístrojovou deskou pro mazání okolků jen přední nápravy. Nádoba s mazivem je stejná pro oba systémy společnosti TriboTec. Aby nedocházelo k přemazávání okolků, je doporučeno při rychlosti jízdy do 5 km.h⁻¹ nemazat. Zásobování děliče a následně trysek mazivem je taktéž shodné pro oba systémy [12]. Na další straně (str. 22) je přiloženo blokové schéma mazacího systému OK-02.



- LEGENDA:
1. PŘÍSTROJOVÁ DESKA PŘEDNÍ NÁPRAVY
 2. PŘÍSTROJOVÁ DESKA ZADNÍ NÁPRAVY
 3. PRAVÝ PŘEDNÍ DRŽÁK S TRYSKOU
 4. LEVÝ PŘEDNÍ DRŽÁK S TRYSKOU
 5. PRAVÝ ZADNÍ DRŽÁK S TRYSKOU
 6. LEVÝ ZADNÍ DRŽÁK S TRYSKOU
 7. HADICE DN4

Název	BLOKOVÉ SCHÉMA MAZÁNÍ OKOLKŮ LOKOMOTIV	©Tribotec s.r.o. Košuličova 4 Brno www.tribotec.cz +420 543 425 611
Typ	OK - 02 - 854	
	OBR. 2	

2.2 Společnost VOGEL

Mazací systémy pro mazání okolků kolejových vozidel vytvořené společností Vogel mohou být instalovány při koupi nové vlakové soupravy a také, na vozidla, která jsou již v provozu.

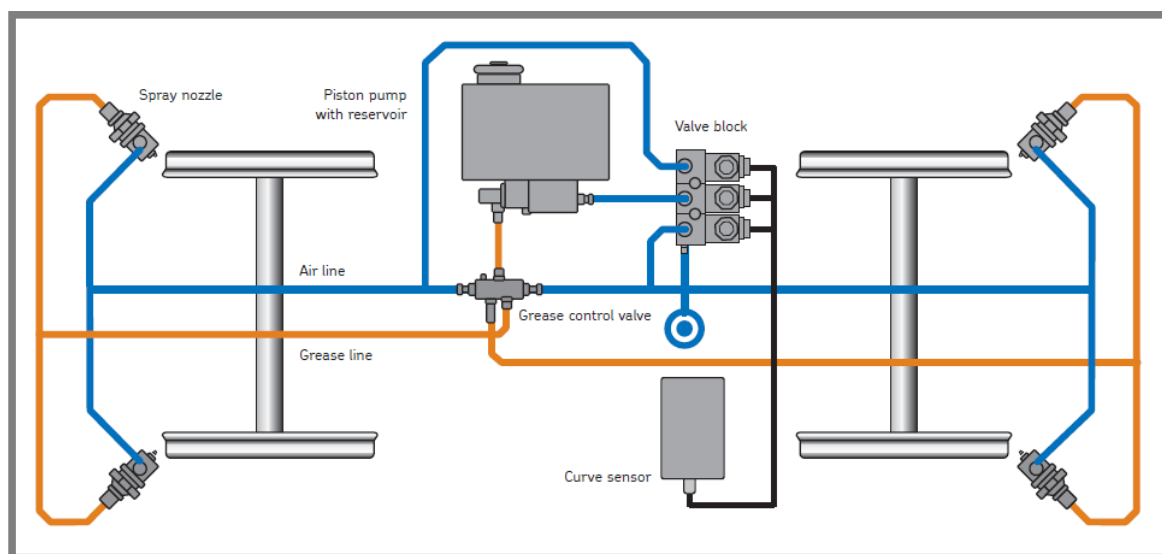
Společnost Vogel uvádí:

Tření na trati poklesne o 30 až 35 % bez vlivu na tah lokomotivy, či brzdění soupravy. Snížení hodnoty součinitele tření má za následek okamžitou 12 až 15 % úsporu energie. Prodloužení životnosti kol a kolejnic je o 30 až 80 % s minimální údržbou. Dochází ke snížení nebezpečí vykolejení [13].

Pozn.: Tyto hodnoty nebylo možné ověřit a jsou pouze převzaty z oficiální technické dokumentace mazacích systémů společnosti Vogel.

2.2.1 Mazací systém SP8

Systém SP08 se využívá zejména u velkých lokomotiv. Výstupní trysky dodávají mazivo na okolek přední nápravy. Mazivo se z okolku dostává na profil kolejnice, kde snižuje tření. Čerpadlo přivádí mazivo do řídicího ventilu. Z ventilu je mazivo směřováno do trysky na první nápravě dle směru jízdy. Měření a mísení maziva se stlačeným vzduchem se provádí přímo ve výstupní trysce [13].



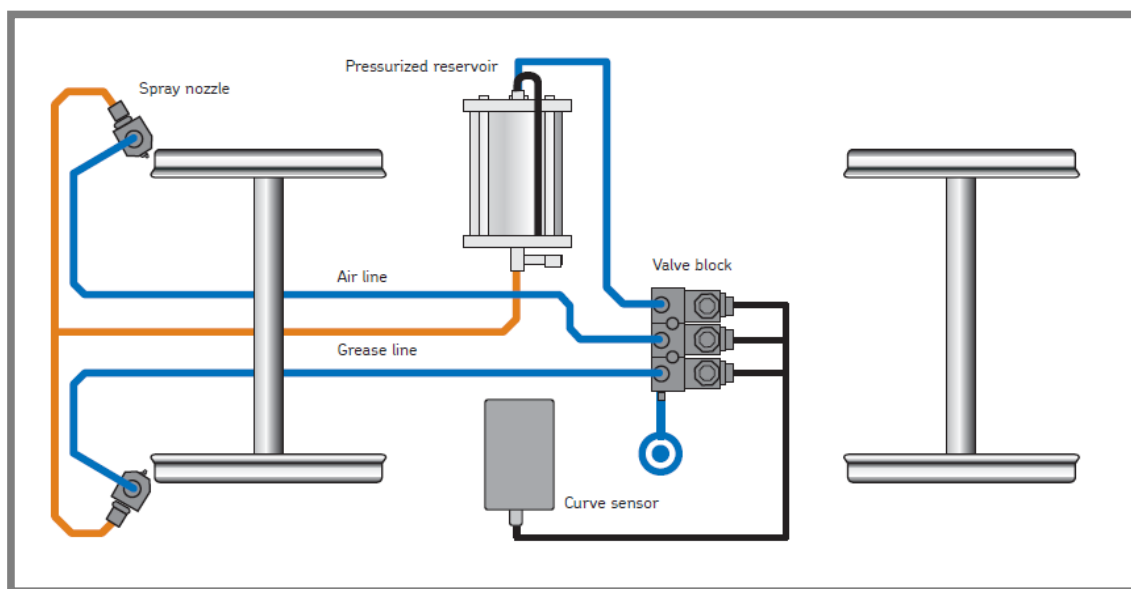
Obr. 2.2.1 Schéma SP8 [13]

Tab. 1 Mazací systém SP8 [13]

aplikace	výhody
stříkaná dvojkolí musí mít maximální rozteč 20 m	pracovní tlak 100 bar
maximální délka vedení mezi čerpadlem a tryskou	obousměrný provoz
nízká teplota okolí	separované okruhy vzduchu a maziva

2.2.2 Mazací systém SP9

Systém SP9 se používá zejména u malých lokomotiv a motorizovaných kolejových vozidel. Výstupní trysky dodávají mazivo na okolek přední nápravy podobně jako u předcházejícího systému SP08. Stlačený vzduch se uvolňuje v tlakové nádrži při startu vozidla. Mazivo vytéká z nádrže pod tlakem. Proces dávkování probíhá přímo v trysce. Směšování maziva a tlakového vzduchu je řízen množstvím tlakového vzduchu, které je dávkováno pomocí ventilu [13].



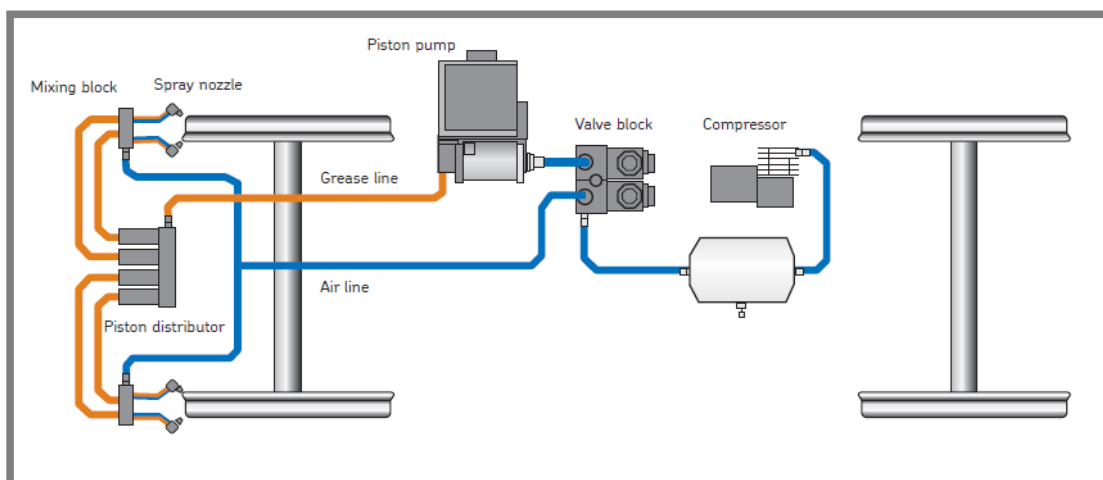
Obr. 2.2.2 Schéma SP9 [13]

Tab. 2 Mazací systém SP9 [13]

aplikace	výhody
maximální délka mezi nádrží a tryskou 5 m	jednoduchá konfigurace
nezávislý systém na motorové jednotce	kompaktní design
	nezávislost na délce vozidla

2.2.3 Mazací systém Tram

Tento systém využívá pneumaticky ovládané čerpadlo maziva. Po načerpání maziva na píst distributoru se čerpadlo vypne. Mísení maziva a tlakového vzduchu probíhá ve směšovacích blocích. Stlačený vzduch kompresoru se využívá jak při čerpání maziva tak k ostříku kol [13].



Obr. 2.2.3.1 Schéma SP10 [13]

Tab. 3 Mazací systém TRAM [13]

aplikace	výhody
vozidla bez rozvodu tlakového vzduchu	vlastní zdroj tlakového vzduchu
městská kolejová vozidla	variabilní nastavení pístu distribuce maziva

2.2.4 Porovnání jednotlivých variant

2.2.4

Tab. 5 Mazací systémy Vogel [13]

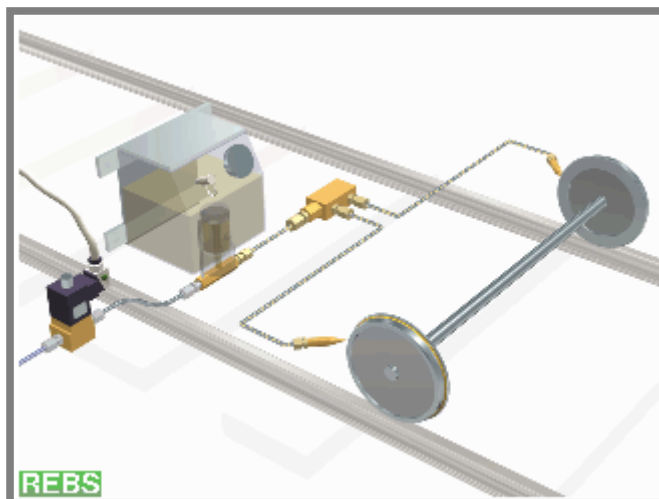
systém	SP8 / SP10	SP9	Tram
délka vedení	max. 10 m	max. 5 m	max. 10 m
zásobovací tlak	100 bar	8 bar	38 bar
přívod maziva	pístové čerpadlo	nádrž maziva	pístové čerpadlo
objem nádrže	5 l	do 6 l	3 l
obousměrný provoz	ano	speciální model	speciální model
reakce na oblouk	ano	ano	ano
závislost na čase	ano	ano	ano
závislost na dráze	ano	ano	ano
teplotní rozsah	(-25 až 80) °C		
speciální model	až -40 °C		
mazivo	tekuté mazivo NLGI třídy 000, 00		
měřené množství	0,03 cm ³	0,03 cm ³	0,04 cm ³

Tab. 6 Maziva NLGI [14]

třída	konzistence
000	tekuté
00	polotekuté

2.3 Společnost REBS

Řešení mazacího systému od společnosti REBS je vhodné pro vozidla s rozvodem i bez rozvodu tlakového vzduchu. Pro vozidla bez rozvodu tlakového vzduchu je dodáván kompresor. Mazání probíhá na základě vyhodnocení ujeté vzdálenosti, času nebo průjezdu obloukem. Tyto signály zpracovává řídicí jednotka nezávisle na sobě a jsou možné i jejich různé kombinace. Ostřik okolku probíhá v cyklech. Společnost vyvinula volně programovatelný řídicí systém REMATIC, který reaguje právě na vstupní hodnoty časové a rychlostní. Tento systém je možné doinstalovat i vozidla, která jsou již v provozu. Na dlouhých rovných tratích, kde je rychlost soupravy vysoká, se maže méně než při pomalém průjezdu obloukem. Výstupní trysky jsou směrově nastavitelné. Zajišťují homogenní a celistvé pokrytí okolku mazivem. Využívá se zde oddělený systém stříkání a dávkování, což umožňuje přesnější pokrytí okolku a zabraňuje malé tloušťce maziva odkápnutím vlivem odstředivých sil. Spotřeba maziva s pevnými částicemi je 0,5 až 1,5 litru na 10 000 km. Děliče a trysky jsou bez pohyblivých dílů. Mazací film má tloušťku 0,001 mm. Spotřeba vzduchu je 3 l na jednu trysku na jeden mazací cyklus [2].



Obr. 2.3.1 Schéma systému REBS [2]

Tab. 7 Mazací systém REBS

aplikace	výhody
vozidla bez i s rozvodem tlakového vzduchu	vlastní zdroj tlakového vzduchu
	univerzální řešení
	programovatelný řídicí systém
	nízká spotřeba

2.4 Společnost Bijur Delimon

Bijur Delimon je nadnárodní koncern společností Bijur, Delimon, Denco Lubrication, Farval a LubeSite system zabývající se problematikou mazání v různých oblastech průmyslu. Nejstarší člen tohoto uskupení je společnost Delimon, která byla založena již v roce 1872.

Mezi hlavní zájmy společnosti patří: obráběcí stroje, železnice, těžba, tisk, větrná energie, potravin a nápojů, textil a manipulace s materiálem, mimo jiné.

2.4.1 Stacionární mazací systém StaTrack 1000

Stacionární mazací systém je určen pro mazání trati v těžkých provozech. Minimalizace hluku a tření (dle tvrzení výrobce). Maximální dodávané množství $0,6 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$.

StaTrack - decentral

Decentralizovaný systém kanálů a distribuovaných bodů v kolejišti. Pracuje s jednou nádrží maziva. Systém využívá vysokotlaké vedení maziva k mazacím bodům na trati. Pro dvojité tratě je možno použít dvě nezávislá čerpadla se společnou skříní včetně nádrže [16].

StaTrack - central

Centralizovaný systém pro mnoho tratí na malém prostoru je nainstalován například v průmyslových nádražích. Vzhledem k použití progresivních distributorů se využívá zásobování jednotlivých tratí prostřednictvím společného čerpadla.

Systém reaguje na počet projektů vagonů a také vyhodnocuje dešťové srážky. Pro napájení je možno v příhodných lokalitách ke stacionárním mazacím systémům dodat solární panely [16].



Obr. 2.4.1 Rozvodná skříň StaTrack 1000 [16]

Tab. 8 Mazací systém StaTrack 1000

aplikace	výhody
jedno i více kolejové tratě	jedna nádrž pro všechna čerpadla
	možnost solárního napájení
	reakce na průjezd i počasí
	progresivní distributor

2.4.2 Mazací systém RAILJET

Mazací systém vhodný pro městská kolejová vozidla pozemní i podzemní soupravy. Mazivo je v nádrži uloženo pod tlakem a dále prochází dávkovacím čerpadlem. Smíchané míchané s tlakovým vzduchem proudí dále do rozdělovače a dále do jednotlivých trysek [16].

Elektronický řídicí systém Siemens PLC umožňuje 3 různá dávkování mazacího filmu na okolek. Do řídicího systému vstupují opět signály ujeté vzdálenosti, časové a průjezdu obloukem. Díky PLC jsou mazací charakteristiky dále volitelně programovatelné. Lze použít ruční ovládání dávkovacího čerpadla [16].



Obr. 2.4.2 Mazací systém RAILJET [16]

Tab. 9 Mazací systém RAILJET

aplikace	výhody
městská kolejová vozidla	5 až 15 % úspora energie při jízdě
	snížení opotřebení až o 80 %

2.5 Společnost Lincoln

Společnost Lincoln je další, která ve svých systémech reaguje na změny počasí a okolní teploty. Tato společnost sama sebe považuje za vůdčí společnost v problematice mazání okolků kolejových vozidel má více než staletou historii v oboru mazací techniky.

2.5.1 Stacionární mazací systém RailRoad

Jakékoliv mazivo, které se nezachytí na okolku, je příčinou nežádoucího, zbytečného odpadového materiálu a nerovnoměrného rozložení maziva v místě aplikace. Lincoln a jejich systém mazání účinně vytváří konzistentní film maziva na trati, viz obr. 1.6 [18].

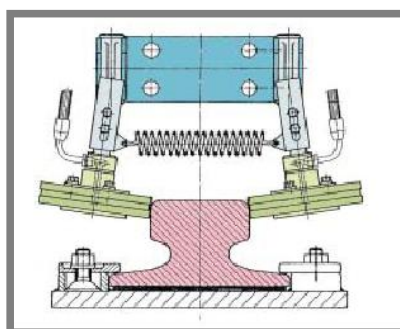
Tento systém přináší přesně kontrolovaný výstup maziva na každou kolej bez ohledu na viskozitu maziva a teplotní podmínky. Toho je docíleno originálním, patentovaným distributorem maziva. Nádrž maziva je vyrobena, aby se nedostala vlhkost dovnitř a ani nesrážela na stěnách nádoby a následně se smíchala s mazivem [18].

Tab. 10 Mazací systém RailRoad

aplikace	výhody
obtížné pracovní podmínky	mazivo je dodáváno v malých, přesných částech a v krátkých intervalech
	vysokotlaký systém zabraňuje ucpání
	stěrač brání kontaktu nečistot a maziva

2.5.2 Mazací systém CRL101

Mazací systém CRL101 se využívá zejména u kolejí jeřábů, speciálních kontejnerů a ostatní kolejové techniky. Využívá se vysokoviskozitních mazadel z důvodu zabránění odkapávání maziva [18].



Obr. 2.5.2 Mazací systém CRL101 [18]

Tab. 11 Mazací systém CRL101

aplikace	výhody
pomalou pohybující se technika	minimální opotřebení kol jeřábu a kolejnice
	přesný, nastavitelný systém dávkování maziva

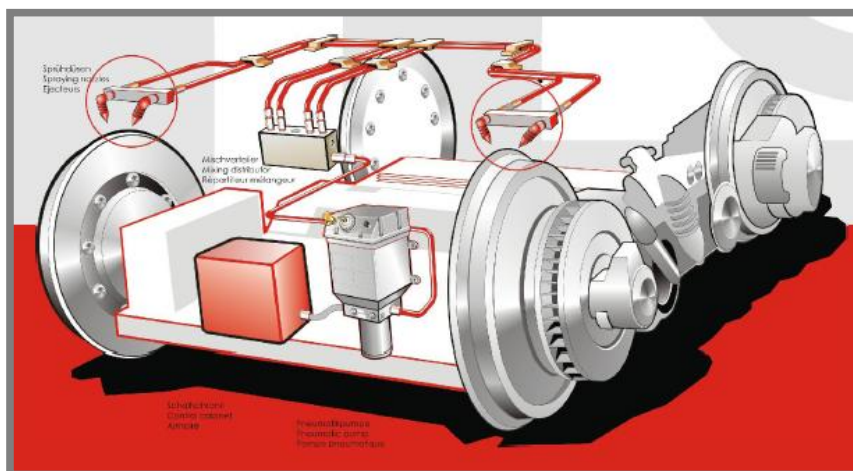
2.6 Společnost BEKA

Společnost BEKA vyrábí dva systémy pro centrální mazání okolků. Oba systémy jsou téměř identické. Pneumatické čerpadlo maziva se vyznačuje robustní konstrukcí z hliníku. Úroveň maziva je monitorována elektronicky. V nádobě je mazivo promícháváno, z důvodu zabránění usazování pevných částic. Čerpání je ovládáno solenoidovým ventilem. Pneumatický píst je stlačován pružinou. Čerpadlo je schopno dodávat mazivo s velkými pevnými částicemi. Jakmile tlak začne působit na čerpadlo, píst se začne pohybovat dolů a mazivo je dopraveno do rozvodové soustavy. Originální distributor rozděluje mazivo. Porézní vrstva kumuluje tekuté částice a následně je rozděljuje do mazací mlhy. Tento způsob zaručuje homogenní výstupní proud mazací mlhy. Trysky jsou koncipovány tak, aby ani při vysokých

rychlostech nedocházelo ke znečištění dalších komponent, zejména brzdy. Pro zařízení bez rozvodu tlakového vzduchu je dodáván kompresor. Mazací systémy jsou navrženy s minimálním počtem pohybujících se částí. Tyto systémy dosahují 5 až 15 % úspory energie [20].

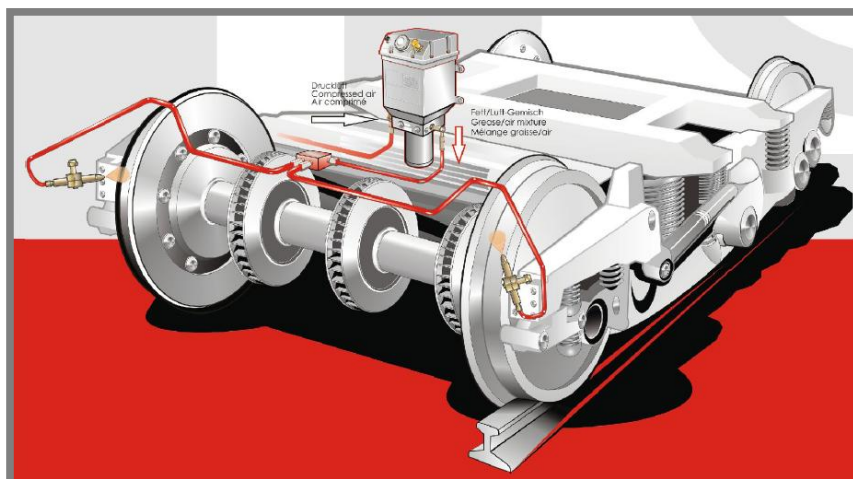
2.6.1 Mazací systém Lighrail

Trysky mají vnitřní průměr v poměru 1:2 na vnitřní a vnější straně okolku. Rozměry trysek se mění podle jejich aplikace.



Obr. 2.6.1 Mazací systém Lighrail [20]

2.6.2 Mazací systém Heavyrail



Obr. 2.6.2 Mazací systém Heavyrail [20]

Tab. 12 Mazací systémy BEKA

aplikace	výhody
vozidla s i bez rozvodu tlakového vzduchu	úspora energie 5 až 15 %
lehká, těžká technika	také maziva s vysokou hustotou

3 VYHODNOCENÍ MAZACÍCH SYSTÉMŮ

3

3.1 Programovatelnost řídicí jednotky

3.1

Společnost Bijur Delimon využívá třech hlavních nezávislých vstupů řídicí jednotky, která upravuje následné dávkování maziva. Řídicí jednotka vyhodnocuje signály ze senzorů, které měří ujetou vzdálenost, čas a také průjezd obloukem. U systému RAILJET je díky PLC zaručena další možná programovatelnost.

Společnost TriboTec má řízený mazací cyklus v závislosti na rychlosti lokomotivy. Předprogramované jsou 2 typy cyklů. Pomalý cyklus od 5 do 10 km/h a rychlý cyklus pro rychlosti větší. Do 5 km/h je doporučeno vůbec nemazat.

U společnosti REBS je použit zcela volně programovatelný systém Rematic, což umožňuje zpracovávat různé vstupní signály. Ve standardní výbavě dochází k vyhodnocení času a ujeté vzdálenosti. U systému Rematic je možné přidat další čidla a měnit cyklus mazání v jejich závislosti.

Americká společnost Lincoln ve svých zařízeních používá vyhodnocování času, rychlosti a u stacionárních systémů dokonce senzor deště. Jejich řídicí jednotky nejsou dále programovatelné a fungují v továrním nastavení po celou dobu provozu.

Řídicí jednotky od společnosti Vogel mohou vyhodnocovat opět základní tři parametry vzdálenost, čas a průjezd obloukem. Nabízí tři různé řídicí jednotky a každá jednotka nabízí několik předprogramovaných mazacích cyklů. Jednotlivé řídicí systémy mohou různě kombinovat vstupní parametry např. vzdálenost a čas, čas a průjezd obloukem nebo všechny tři parametry najednou. Předprogramované vlastnosti řídicích jednotek jsou uvedeny ve zdroji č. 13.

3.2 Maziva

3.2

Výrobci mazacích systémů by měli využívat organická maziva, která chrání životní prostředí. Z uvedených pramenů je zřejmé, že vybraní výrobci mazacích systémů používají téměř výhradně jeden druh maziva. V mazivech použitých při mazání okolků jsou přimíchány pevné částice, nejčastěji grafitické.

Je zajímavé, že výrobci používají stejné druhy mazadel, ať se jedná o městská kolejová vozidla či vozidla těžkých souprav. Rozdílnost požadavků mezi různými způsoby dopravy vždy řeší pomocí programovatelných řídicích systémů dávkování maziva.

Cena maziva vztažená na hmotnost či objem není postačující pro objektivní vyhodnocení. Problematika kvality mazání nemůže být rozvedena v této práci z důvodu omezeného rozsahu práce.

Tab. 13 Přehled maziv a jejich užití výrobci mazacích systémů

mazivo společnost	Mogul EKO OK	CERITOL LS 500 UWS	EKORAIL 2001	EKORAIL 8200
TriboTec	ano	ano	ne	ne
VOGEL	ne	ne	ne	ne
REBS	-	-	-	-
Bijur Delimon	ne	ano	ano	ano
Lincoln	ne	ne	ne	ne

Společnost TriboTec uvádí, že pracovní teploty jejich systémů jsou -30 až 60 °C. Výrobce maziva Mogul EKO-OK uvádí teplotní rozsah použití -15 až 50 °C [17]. Dle informací poskytnutých společností TriboTec zařízení opravdu bezporuchově pracuje za teplot uvedených v manuálech k mazacím systémům OK-01 a OK-02.

Mogul EKO-OK

Popis: biologicky snadno rozložitelné mazivo na bázi hlinitých mýdel a rostlinného maziva s přísadou grafitu [17].

Použití: pro ztrátové mazací systémy; zejména je určen k mazání okolků hnacích vozidel na železnici [17].

Společnost Lubricant, s. r. o. prodala v loňském roce 32 tun maziva CERITOL dominantnímu odběrateli ČD, a. s. Rovněž v roce 2010 uvedla na český trh nové mazivo EKORAIL, které vyvinula společnost Bechem.

Bechem Ecorail 8200

Mazivo Ecorail 8200 je tuhé mazivo s přísadami na bázi sloučenin vápníku, pro zajištění mezního mazání, podobně jako grafit. Toto mazivo bylo nově vyvinuto a uvedeno na trh teprve začátkem letošního roku.

Tab. 14 Tabulka cen maziv

mazivo	hmotnost balení	cena	cena 1kg
Mogul EKO OK	8 kg	864 Kč	108,0 Kč
CERITOL LS 500 UWS	-	-	207,0 Kč
EKORAIL 2100	-	-	330,0 Kč
EKORAIL 8200	-	-	cca. 600,00kč

3.4 Složitost zařízení a náročnost údržby

Dle sdělených informací firmou TriboTec jsou mazací systémy bezporuchové, tudíž mají vysokou životnost. Dosud nebyly hlášeny žádné závady na těchto systémech. Životnost a poruchovost jednotlivých systémů výrobci neuvádějí. Největším nebezpečím pro mazací systémy je zaschnutí trysek či jejich ucpání v důsledku přítomnosti nečistot v mazivu.

3.5 Tloušťka mazacího filmu

Tloušťka mazací vrstvy se pohybuje v řádech mikrometrů, proto vyžaduje speciální druh zařízení, který dokáže na ocelové kolejnici změřit takto tenkou vrstvu maziva. Existuje několik různých řešení měření vrstev maziva či jiné plastické látky na ocelovém podkladu. Pro správné měření tloušťky nanesené vrstvy maziva na skutečných tratích, avšak zejména pro připravovaný testovací stend, je důležité zvolit správnou a vhodnou metodu měření. Měřicí zařízení pro měření tloušťky mazacího filmu výhledově mohou pracovat na principu interferometrie, spektrometrie, ultrazvuku, infrazářením i elektromagneticky. Výše uvedená norma pro mazání okolů kolejových vozidel udává hodnoty měřené tloušťky vrstvy pomocí indukční sondy pro ocel a zároveň se odvolává na to, že při takto malých hodnotách tloušťky mazací vrstvy, naměřená hodnota tloušťky mazací vrstvy závisí na principu měřicího zařízení.

Zatím neexistuje zařízení pro pření tloušťky mazacího filmu v průmyslovém provozu.

Tab. 15 Tloušťka mazací vrstvy [5]

	tloušťka vrstvy	
	mokrý vrstva	suchá vrstva
pojízdná hrana vnější kolejnice v oblouku	větší než 5 μm	menší než 1 μm
Poznámka: Hodnoty uvedené v tabulce představují hodnoty zjištěné při zkouškách na koleji pomocí zkušebního zařízení pro suchou vrstvu s indukční sondou pro ocel. Metoda měření ovlivňuje získané hodnoty. Metoda pro získání cílové hodnoty tloušťky vrstvy by měly být odsouhlaseny zúčastněnými stranami.		

3.6 Analytické zhodnocení

Analytické zhodnocení uvedených mazacích systémů je provedeno pomocí koeficientů, jejichž hodnoty kvantifikují vlastnosti jednotlivých systémů vzhledem k posuzovaným kritériím. Koeficienty zhodnocení byly vytvořeny tak, aby vyšší hodnota koeficientu připadla na lepší systém vyhodnocovaný dle zvoleného kritéria.

Vyhodnocovací kritéria:

A – povolený rozsah provozních teplot

Provozní teploty jednotlivých systémů nezávisí pouze na použitém mazivu, ale také na mechanických součástech jednotlivých mazacích systémů pro mazání okolů kolejových vozidel.

TriboTec: (- 30 až + 60) °C

Vogel: (- 40 až + 80) °C

Bijur D.: (- 30 až + 70) °C

Lincoln: (- 30 až + 100) °C

Vypočtení koeficientu A:

Koeficient A je vypočten z rozsahu provozních teplot vyděleného stem.

B – programovatelnost řídicí jednotky (viz výše)

Vypočtení koeficientu B:

Koeficient B je odvozen na základě subjektivního hodnocení podle informací k jednotlivým řídicím jednotkám.

C – cena maziva (viz výše)

Vypočtení koeficientu C:

Koeficient C je vypočten pomocí konstanty sto dělené cenou maziva zaokrouhlenou na stovky korun.

D – prostor pro zástavbu

Jako referenční rozměry jednotlivých systémů byly použity rozměry rozvodové skříně, popřípadě nádrže na mazivo.

TriboTec: (240x380x650) mm, (260x260x605) mm

Vogel: (330x200x473) mm, (267x195x355) mm

Bijur D.: společnost uvádí pouze objem nádrží na mazivo
4 l; 6,5 l; 10 l; 13 l; 18 l, také možnost speciální zakázky

Beka: (188x188x432) mm

Vypočtení koeficientu D:

Koeficient D je určen počtem nabízených různých rozměrů skříní či nádrží děleným konstantou pět.

E – využití senzoru průjezdu obloukem

Vypočtení koeficientu E:

Koeficient E vyjadřuje skutečnost, zda daná společnost využívá se svých systémech senzor průjezdu obloukem. Proto nabývá hodnoty 0 a 1.

F – dávka maziva při mazacím cyklu

Množství maziva vztažené na jeden mazací cyklus je zásadní pro celkovou spotřebu maziva a utváření mazacího filmu na okolku kolejového vozidla. Dle informací poskytnutých společnostmi TriboTec, je množství maziva, vztažené na jeden mazací cyklus možno ovlivnit pouze při výrobě pomocí distančních kroužků různých velikostí.

TriboTec: (0,2 až 0,8) cm³ / cyklus

Vogel: (0,03 až 0,04) cm³ / cyklus

Bijur D.: 0,1 cm³ / cyklus

Beka: (0,05 až 1,0) cm³ / cyklus

Vypočtení koeficientu F:

Koeficient F je určen rozsahem jednotlivých dávek maziva v cm³.

Tab. 16 Analytické zhodnocení

společnost	vyhodnocovací kritéria					
	A	B	C	D	E	F
TriboTec	0,9	0,4	1	0,4	0	0,6
VOGEL	1,2	0,8	-	0,4	1	0,01
REBS	-	0,6	-	-	1	-
Bijur Delimon	1	1	0,5	1	1	0
Beka	-	0,6	-	0,2	1	0,95

Některé relevantní informace nebylo možné z podkladů zjistit a z důvodu malé ochoty ke spolupráci ostatních společností na žádost o zaslání informací, které by při vyhodnocování byly užitečné, nebylo možné uvést více zajímavých porovnání jako například cena, spolehlivost, životnost, celková hmotnost zařízení a možnost dodatečné instalace.

Výsledné hodnocení jednotlivých mazacích systému nelze uvést pouze jako součet obdržených „bodů“. Z důvodu chybějících informací pro vyhodnocení všech potřebných vlastností zde uvedených mazacích systémů, byla vytvořena druhá tabulka, která je doplněna o subjektivní hodnocení chybějících hodnot.

Tab. 17 Analytické zhodnocení – doplněná tabulka

společnost	vyhodnocovací kritéria					
	A	B	C	D	E	F
TriboTec	0,9	0,4	1	0,4	0	0,6
VOGEL	1,2	0,8	0,5	0,4	1	0,01
REBS	0,8	0,6	0,7	0,2	1	0,4
Bijur Delimon	1	1	0,5	1	1	0
Beka	1,1	0,6	0,3	0,2	1	0,95

Odhadnuté hodnoty koeficientu v tab. 17 byly získány porovnáním zde uvedených zdrojových informací k mazacím systémům okolo kolejových vozidel. Např. společnost Beka, jediná z vyhodnocovaných společností, řeší vlastnosti a homogenitu výstupní mazací mlhy z trysky. Díky tomu je předpokládán požadavek na kvalitnější druh maziva a tudíž i jeho vyšší cenu. Nicméně toto kritérium je třeba akceptovat tak, jak je definováno (cena 1 kg maziva). Kritérium C již neposkytuje žádné další informace o kvalitě mazání či jiných vlastnostech maziva. Takovéto

informace společnosti vyrábějící maziva pro mazání okolků kolejových vozidel nebyly ochotny poskytnout a mohly by být předmětem dalšího výzkumu za pomoci vyvíjeného stendu.

Ke společnosti REBS bylo získáno velice málo relevantních údajů pro vyhodnocení. Nicméně tato společnost se specializuje na nízkou spotřebu maziva a dodatečné úpravy svých systémů pro konkrétního zákazníka, tudíž odhadnuté hodnoty jsou dány, jakožto lepší průměr ostatních mazacích systémů, právě díky osobnímu přístupu k zákazníkovi.

4 NÁVRH DALŠÍHO POSTUPU

4

Další výzkumné práce by se měly zaměřit na řízení mazacích cyklů v důsledku měnících se podmínek např. průjezdu obloukem, změny počasí, polohou na trati apod. Následně aplikovat tyto poznatky do skutečných mazacích systémů.

Nejbližší doporučený cíl pro potřeby společnosti TriboTec:

Zakomponovat do svých systémů senzor pro vyhodnocení průjezdu obloukem, zpracování signálu tohoto senzoru řídicí jednotkou s následnou aplikací změny mazání. Senzor průjezdu obloukem by teoreticky mohl být nahrazen GPS přijímačem propojeným s řídicí jednotkou. Toto řešení by mělo tu výhodu, že změna mazání by mohla začít již před nájezdem do oblouku. V důsledku toho by mohlo být mazání po celé trase předprogramované. Dokonce v problémových úsecích tratě by se dalo měnit dávkování maziva pomocí programu, což za použití ostatních automatizovaných technik nelze a dnes toto „přimazávání“ ručně provádí obsluha. Také by bylo vhodné, aby mazací systémy OK-01 a OK-02 co nejvíce vyloučily ze svého provozu lidský faktor. Při nízkých rychlostech, kdy se mazání nedoporučuje, by bylo vhodné využít řídicí jednotkou, která sama by začala mazací proces při překročení rychlosti 5 a 10 km.h⁻¹ a tím vyloučit zásah člověka z mazacího procesu.

Je potřeba rozšířit přístrojovou a teoretickou základnu použitelnou v průmyslové praxi, zejména určit metody měření mazací vrstvy a metody regulace průtoku maziva. Zejména vypracovat techniku měření dávek maziva a jeho řízené distribuce.

Přiblížení se kontinuálnímu mazání, ať na principu vysokých frekvencí přimazávání okolků, či zcela novým přístupem, by mohlo být do budoucna perspektivní a mohlo by poskytnout určitou jedinečnost mazacího systému, ve kterém by bylo zahrnuto.

Výrobci, uvedení v textu práce, používají do značné míry podobné systémy. Proto musí společnost, která chce dosáhnout úspěchu, vytvořit ve svých mazacích systémech něco vlastního, inovativního a přínosného, co konkurenci chybí.

5 ZÁVĚR

V této práci byly uvedeny největší společnosti na tuzemském trhu zabývající se výrobou mazacích systémů pro mazání okolků kolejových vozidel. Byly popsány výhody těchto systémů a bylo vytvořeno analytické i slovní srovnání jednotlivých typů mazacích systémů. Všichni výrobci používají pro vytvoření mazací mlhy stlačený vzduch smíšený s plastickým mazivem.

Společnost Vogel má nejobsáhlejší nabídku příslušenství pro systémy mazání okolků kolejových vozidel. Její tři různé mazací systémy, jsou přizpůsobeny tak, aby byla zajištěna vzájemná kompatibilita jednotlivých zařízení, čímž v tomto ohledu převyšuje konkurenci v možnosti výběru individuálního řešení takových mazacích systémů. Tyto tři řídicí jednotky, které dovolují použít množství přednastavených mazacích cyklů, je možno kombinovat s těmito mazacími systémy, stejně tak různé nádrže na plastické mazivo jsou zaměnitelné.

Společnost Beka se jako jediná zmiňuje o různé velikosti vnější a vnitřní trysky na okolků kolejového vozidla a tím určeném poměru 1 : 2 množství maziva vystupujícího na vnější a vnitřní stranu okolku. Tato společnost také používá technologii porézní vrstvy ve směšovači, která vytváří homogenní směs mazací mlhy. Ostatní společnosti k promíchání maziva používají míchání či „proublávání“ maziva vzduchem v nádrži.

Česká společnost TriboTec zaujímá stále významnější místo na domácím trhu, zatím ale nevyužívá ve svých systémech zařízení pro detekci průjezdu obloukem, jako jediná ze zde uvedených. Pro „přimazávání“ před nájezdem do oblouku je využito obsluhy zařízení, což může způsobovat předčasné, pozdní nebo nedostatečné „přimazání“. Vyřazení obsluhy z procesu mazání by se mělo stát jedním z hlavních cílů v budoucím vývoji mazacího zařízení pro mazání okolků kolejových vozidel v této firmě.

V této práci byla uvedena a popsána možnost využití zcela odlišného způsobu detekce průjezdu obloukem či kříženími za pomoci signálu GPS.

Byl vytvořen orientační nástin možnosti vývoje kontinuálního mazání, uvedeny jeho výhody a základní popis konstrukce.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Studijní materiály* | TUL katedra technologie
URL: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/spt/>,
[cit. 2010-3-26].
- [2] *REBS Central Lubrication GmbH*
URL: <<http://www.rebs.de/english/products/spurkranzschmierung.php>>,
[cit. 2010-3-15].
- [3] *Wheel Flange Lubrication* | Rowe Hankins
URL: <<http://www.rowehankins.com/wheel-flange-lubrication.php>>,
[cit. 2010-3-15].
- [4] *SV-1A / SV-10 / SV-100* | HELAGO-CZ s.r.o.
URL: <<http://www.helago-cz.cz/set/sv-1a-sv-10-sv-100/>>, [cit. 2010-3-15].
- [5] ČSN EN 15427 (280555) | Železniční aplikace - Řízení procesu tření ve vztahu kolo/kolejnice - Mazání okolků, 2009.
- [6] *Evaluation of a Top-of-Rail Lubrication System* | U. S. Department of Transportation, Federal Railroad Administration, 2000.
- [7] *Opotřebení & tribologie* | Oerlikon Balzers Coating Services
URL: <<http://www.balzers.se/bcz/cze/02-applications/01-wear-Tribology/indexW3DnavidW263.php>>, [cit. 2010-3-26].
- [8] Wikipedie – Soubor: *Axle_Train_in_Radius.png*
URL: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Průjezd_obloukem>, [cit. 2010-3-15].
- [9] *Downloads, Products* | Carl Bechem GmbH - Lubricants
URL: <<http://www.bechem.com/en/5,products/index.html>>,
[cit. 2010-3-26].
- [10] KUBEC, Petr. *Mazání okolků tramvají OK – 01* | TriboTec, 2006.
- [11] KUBEC, Petr. *Návod na obsluhu montáž a údržbu OK-01* | TriboTec, 2006.
- [12] KUBEC, Petr. *Návod na obsluhu montáž a údržbu OK-02-854* | TriboTec, 2008.
- [13] *Centralized Lubrication for Wheel+Rail* | VOGEL, 2006.
URL: <<http://www.vogelag.com>>
- [14] *NLGI Grade* | Wikipedia, the free encyclopedia
URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/NLGI_Grade>, [cit. 2010-3-26].
- [15] KOZEL, Lubomír. *Přehled současných metod zjišťování tlaku v mazaném kontaktu třecích povrchů*, 2007.
- [16] *Automatic Lubrication Systems: Railway Lubrication* | Bijur Delimon
URL: <<http://www.bijurdelimon.com/usa/system-type/railway-lubrication.html>>, [cit. 2010-4-19].
- [17] *Katalogový list* | Paramo
URL: <<http://eshop.paramo.cz/produkty/KatalogovyList.aspx?kodproduktu=V591332>>, [cit. 2010-4-02].
- [18] *Advanced Solutions for Railroad Lubrication* | Lincoln Industrial
URL: <<http://www.lincolnindustrial.com/asp/rail/rail.asp>>, [cit. 2010-4-02].
- [19] PRÁŠILOVÁ, A. *Vliv reologie maziv na tloušťku mazacího filmu*, 2009.
- [20] *Spray Lubrication Systems* | Beka Fluilube
URL: <<http://www.beka-lube.com/beka-fluilube.php>>, [cit. 2010-4-15].

6.1 Seznam symbolů a jednotek

η (Pa.s)	- dynamická viskozita, zdánlivá viskozita
ν (m ² .s ⁻¹)	- kinematická viskozita
τ (Pa)	- tečné napětí
u (m.s ⁻¹)	- rychlost
ρ (kg.m ⁻³)	- hustota kapaliny
p (Pa)	- tlak
D (ms ⁻¹)	- závislost rychlosti deformace
x (m)	- kartézská souřadnice osy X
y (m)	- kartézská souřadnice osy Y
z (m)	- kartézská souřadnice osy Z
t (s)	- čas

6.2 Seznam obrázků

Obr. 0 Snížení spotřeby nákladních vlakových souprav	12
Obr. 1 Postavení železničního dvojkolí	13
Obr. 1.2.1 Místo mazání okolku	14
Obr. 1.2.2 Pohled na trysku	14
Obr. 1.3.1 Vibrační viskozimetr	15
Obr. 1.5 Výběr z normy	18
Obr. 1.6 Schéma mazacích cyklů	19
Obr. 2.1.1 Schéma systému OK-01	21
Obr. 2.2.1 Schéma SP8	23
Obr. 2.2.2 Schéma SP9	24
Obr. 2.2.3.1 Schéma SP10	25
Obr. 2.3.1 Schéma systému REBS	26
Obr. 2.4.1 Rozvodná skříň StaTrack 1000	27
Obr. 2.4.2 Mazací systém RAILJET	28
Obr. 2.5.2 Mazací systém CRL101	29
Obr. 2.6.1 Mazací systém Lighrail	30
Obr. 2.6.2 Mazací systém Heavyrail	30

6.3 Seznam tabulek

Tab. 1 Mazací systém SP8	23
Tab. 2 Mazací systém SP9	24
Tab. 3 Mazací systém TRAM	25
Tab. 5 Mazací systémy Vogel	25
Tab. 6 Maziva NLGI	25
Tab. 7 Mazací systém REBS	26
Tab. 8 Mazací systém StaTrack 1000	28
Tab. 9 Mazací systém RAILJET	28
Tab. 10 Mazací systém RailRoad	29
Tab. 11 Mazací systém CRL101	29
Tab. 12 Mazací systémy BEKA	30
Tab. 13 Přehled maziv a jejich užití výrobci mazacích systémů	32

Tab. 14 Tabulka cen maziv	32
Tab. 15 Tloušťka mazací vrstvy	33
Tab. 16 Analytické zhodnocení	35
Tab. 17 Analytické zhodnocení – doplněná tabulka	35