



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

PODVOZKY PÁSOVÝCH RYPADEL A DOZERŮ

UNDERCARRIAGE OF THE TRACKED EXCAVATORS AND DOZERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Pavel Hampl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Pavel Hampl**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.**
Akademický rok: 2018/19

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:

Podvozky pásových rypadel a dozerů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Přehledová studie používaných pásových podvozků včetně pohonných systémů pojezdových ústrojí pásových rypadel a dozerů. Porovnání různých koncepcí přenosu kroutícího momentu z hnacího agregátu na kola s ohledem na jejich účinnost a efektivitu. Koncepce předpokládaného dalšího vývoje.

Cíle bakalářské práce:

Současná koncepční řešení pásových podvozků.

Analýza konstrukce různých řešení pásových pojezdových systémů a mechanismů s ohledem na účinnost, efektivitu, způsob řízení stroje, druh podvozku a úspornost.

Stanovení předpokládané vývojové tendence.

Seznam doporučené literatury:

VANĚK, Antonín. Moderní strojní technika a technologie zemních prací. Praha: Academia, 2003. Česká matice technická (Academia). ISBN 8020010459.

JEŘÁBEK, Karel. Stroje pro zemní práce: Silniční stroje. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. ISBN 8070783893.

BAUER, František. Traktory a jejich využití. 2. vyd. Praha: Profi Press, 2013. ISBN 9788086726526.

HADDOCK, Keith. Modern earthmoving machines. Hudson, Wis.: Iconografix, 2011. ISBN 1583882901.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá rozбором pásových podvozků rypadel a dozerů. V první části jsou definovány základní informace o pásových rypadlech a dozerech. Druhá část je věnována rozboru současné koncepce pásového podvozku rypadel a dozerů. Ve třetí části je pak porovnání používaných pohonných systémů a mechanismů s ohledem na účinnost, efektivitu a úspornost.

KLÍČOVÁ SLOVA

dozer, rypadlo, pásové podvozky, hydrostatický pohon, hydrodynamický pohon

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the analysis of the tracked undercarriage of excavators and dozers. The first part defines basic information about the tracked excavators and dozers. The second part is devoted to the analysis of the current concept of the tracked undercarriage of excavators and dozers. The third part compares the used drive systems and mechanisms with regard to efficiency and economy.

KEYWORDS

dozer, excavator, tracked undercarriage, hydrostatic drive, hydrodynamic drive

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HAMPL, P. *Podvozky pásových rypadel a dozerů*. Brno, 2019. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 34 s. Vedoucí bakalářské práce Jaroslav Kašpárek.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jaroslava Kašpárka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. května 2019

.....

Pavel Hampl

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Jaroslavu Kašpárkovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a trpělivost. Poděkování patří i mé rodině za velkou podporu během studia.

OBSAH

Úvod	10
1 Základní informace o pásových rypadlech a dozerech	11
1.1 Dozer	11
1.1.1 Buldozer	11
1.1.2 Angldozer	12
1.1.3 Tiltdozer	12
1.2 Pásová rypadla	12
2 Současná koncepční řešení pásových podvozků rypadel a dozerů	13
2.1 Rozdělení pásových podvozků	14
2.1.1 Rozdělení pásových podvozků podle typu	14
2.1.2 Rozdělení pásových podvozků podle šířky opěrných desek	15
2.2 Rám	16
2.2.1 Nezávislé rámy	16
2.2.2 Rám stroje sloužící jako rám pojezdového ústrojí	17
2.3 Pásy	18
2.3.1 Článekové pásy	18
2.3.2 Pryžové pásy	19
2.4 Napínání pásů	20
2.5 Základní charakteristika pohonů pojezdového ústrojí	20
2.5.1 Pohon s mechanickým přenosem energie	21
2.5.2 Pohon s hydrostatickým přenosem energie	22
2.5.3 Pohon s hydrodynamickým přenosem energie	23
2.6 Způsob řízení pásových strojů	23
3 Používané pojezdové systémy a mechanismy	25
3.1 Hydrodynamické pohony	25
3.1.1 Hydrodynamická spojka	25
3.1.2 Hydrodynamický měnič	26
3.2 Hydrostatické pohony	27
3.2.1 Centrální hydrostatický pohon	27
3.2.2 Individuální hydrostatický pohon	27
3.3 Elektromechanické pohony	28
3.4 Porovnání pohonných systémů	29
3.4.1 Hydrodynamické pohony	29
3.4.2 Hydrostatické pohony	30
3.4.3 Elektromechanické pohonné systémy	30

3.5 Předpokládaná vývojová tendence.....	31
Závěr.....	32

ÚVOD

Tato bakalářská práce si klade za cíl shrnutí současných koncepčních řešení pohonných a pojezdových systémů pásových rypadel a dozerů. Obsahem práce je přehledová studie koncepčních řešení pásových podvozků. V práci je dále zahrnuta základní charakteristika přenosu kroutícího momentu z hnacího motoru na kola. Rozebírány jsou pak používané koncepce pohonů s ohledem na účinnost, efektivitu a úspornost. Na konci jsou shrnuty výhody a nevýhody daných pohonných systémů a mechanismů. Závěrem byl stanoven předpoklad dalšího vývoje pohonných a pojezdových systémů pásových rypadel a dozerů.

1 ZÁKLADNÍ INFORMACE O PÁSOVÝCH RYPADLECH A DOZERECH

Pásová rypadla a dozery jsou nedílnou součástí stavebních prací. Používají se všude tam, kde je třeba upravovat terén, popřípadě pracovat se zeminou nebo stavebním materiálem. Oproti kolovým strojům se lépe vypořádají s náročným terénem, protože dokáží lépe rozložit svou hmotnost na větší plochu a tím snížit měrný tlak na povrch.

1.1 DOZER

Pásové dozery (obr. 1.1) patří mezi traktorové stroje pro zemní práce. Jejich hlavním nástrojem je radlice, která je uchycena vpředu stroje pomocí vzpěrných ramen a přímočarých hydromotorů. U nejvýkonnějších dozerů může radlice dosahovat šířky až šesti metrů. Dozery se používají hlavně na rozhrnování zeminy, shrnování ornice, odstraňování porostů a balvanů nebo třeba k částečnému zhutnění půdy. Dalším nástrojem může být rozrývač, který je umístěn vzadu a používá se hlavně na rozpojování tvrdých hornin. Dozery se pohybují v náročných terénních podmínkách, a proto je kladen důraz na stabilitu, trakční sílu a celkovou pohyblivost stroje. Obvykle se používají dva typy pásových podvozků, klasický mnohokladkový nebo tzv. delta podvozek. Řízení pásového dozeru probíhá změnou rychlosti jednoho z pásů. Pohonným agregátem je vznětový spalovací motor. Požadavek na svahovou dostupnost dozerů při práci je 25° a stoupavost na rovném a tvrdém povrchu 35°. Dozery se dělí podle druhu radlice na tyto tři základní typy, a to na buldozery, angldozery a tiltdozery. [2] [3] [4]



Obr. 1.1 Schéma dozeru Cat D9T [4]

1.1.1 BULDOZER

Buldozer je nejpoužívanějším typem dozeru. Radlice se může pohybovat pouze ve vertikálním směru, popřípadě lze ještě změnit úhel řezu naklopením radlice. Zeminu je tudíž možno jen rýpat nebo hrnout. Buldozer je namáhán symetricky. [2] [3]

1.1.2 ANGLDOZER

Angldozer používá radlici natáčející se v horizontální rovině až o 60° vzhledem k podélné ose stroje. To umožňuje horninu hrnout i do strany. Při práci však může dojít k asymetrickému namáhání a je nutno vyztužit patřičná místa stroje, zejména radlici a podvozek. [2] [3]

1.1.3 TILTDOZER

Tiltlozery mají takové uchycení radlic, které jim umožňuje natočení ve vertikální rovině až o 30°. Takto natočená radlice pak například dokáže vytvořit rýhu pro uložení odvodňovacích žlabů. Stejně jak u angldozeru dochází při práci k asymetrickému namáhání. [2] [3]

1.2 PÁSOVÁ RYPADLA

Pásová rypadla (obr. 1.2) jsou stroje pro zemní práce. Díky otočnému svršku nemusejí při cyklickém přemísťování, rýpání nebo rozpojování zeminy popojíždět. K výkopu jam, přesouvání zeminy, úpravě svahů, těžbě hornin, rozrývání vozovek, pokládání potrubí používají rypadla mnoho rozličných nástrojů. Základním nástrojem je lopata (výšková, hloubková nebo drapáková). Dalšími nástroji mohou být korečky (vlečné nebo kolesové), rozrývací trny, hydraulické nůžky nebo třeba beraníci zařízení. Rypadla dosahují velkých rypných sil, a proto je kladen důraz na stabilitu stroje jako celku. Obvykle používaným typem pásového podvozku je klasický mnohokladkový podvozek s dostatečně tuhým rámem, se širokým rozchodem pásů a s velkou délkou podélných nosičů pro již zmíněnou stabilitu při práci. Řízení pásového rypadla probíhá stejně jak u pásových dozerů, a to změnou rychlosti jednoho z pásů. Pohonným agregátem je buď čistě spalovací motor, nebo čistě elektrický motor, nebo jejich kombinace. Druhů rypadel existuje celá řada. Lze je však rozdělit na tři základní nejpoužívanější typy, a to na rypadla lopatová, korečková a kolesová. [2] [3] [5]

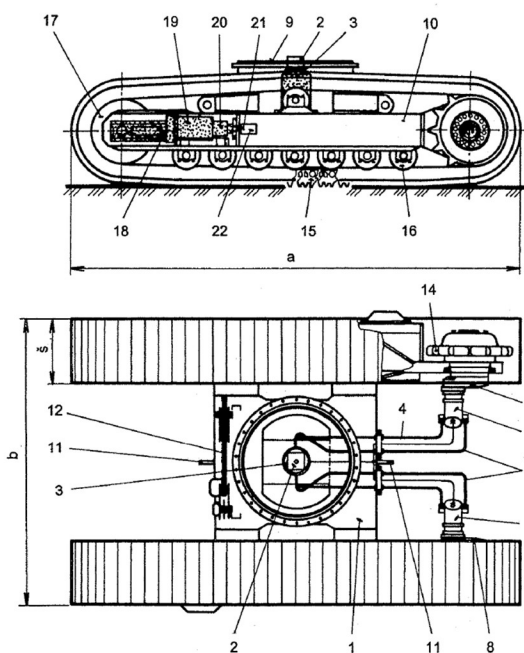


Obr. 1.2 Schéma pásového lopatového rypadla Caterpillar 345 L [5]

2 SOUČASNÁ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ PÁSOVÝCH PODVOZKŮ RYPADEL A DOZERŮ

Největší výhodou pásových podvozků oproti kolovým je jejich schopnost rozložit hmotnost i stovky až tisíce tun vážících strojů na relativně velkou stykovou plochu. Tato vlastnost zajišťuje pásovým podvozkům dobrou průchodnost terénem a velkou stoupavost. Velká styková plocha rovněž umožňuje větší tažné a brzdné síly a vysokou stabilitu stroje. To všechno dává příslib dobrých provozních vlastností ve svahovitých, nerovných terénech s měkkým podložím. Pásové podvozky rovněž vynikají dobrou manévrovatelností a změnou směru jízdy z místa. Pásové podvozky jsou konstruovány tak, aby fungovaly bezproblémově v blátivých a prašných podmínkách, avšak za předpokladu častějšího intervalu údržby. [1] [2]

Nevýhodou pásových podvozků je velké množství pohyblivých mechanických součástí. Z toho plyne hned několik nevýhod, a to častější a nákladnější údržba, větší hmotnost a vyšší pořizovací náklady. Hmotnost pásového podvozku může dosahovat přes jednu třetinu hmotnosti stroje. Životnost je pak poloviční oproti kolovým podvozkům. Velká styková plocha má i negativní vlastnost, a to vyšší odporové síly při pohybu stroje, což vede k vyšším nárokům na výkon pohonného agregátu. [1] [2]



Obr. 2 Schéma uspořádání pásového podvozku [1]

1 – rám podvozku, 2 – hydraulický převaděč, 3 – pouzdro, 4 – tlakové potrubí pro pojezdové hydromotory, 6 – odpadové potrubí, 7 – rotační pojezdové hydromotory, 8 – koncové převody, 9 – nosný věnec velkorozměrového ložiska, 10 – podélný nosič pásů, 11 – tažené závěsy, 12 – opěrná deska, 14 – turasové kolo, 15 – články řetězu, 16 – nosné pojezdové kladky, 17 – vodící napínací kolo, 18 – třmen napínacího ústrojí, 19 – válcový tlumič, 20 – prostor pro plnění tuku, 21 – tuková plnicí maznička, 22 - uzávěr

Pásové podvozky se skládají ze tří hlavních částí, a to rámu, pojezdového a pohonného ústrojí (obr. 2). Pojezdové ústrojí je složeno z turasového a vodícího kola, z pojezdových a podpěrných kladek, z napínacího mechanismu a z článkových nebo pryžových pásů. [1] [2]

2.1 ROZDĚLENÍ PÁSOVÝCH PODVOZKŮ

V současnosti se u pásovéch rypadel a dozerů používají pásové mnohokladkové podvozky (obr. 2.1.1). Výjimkou jsou pásové dozery firmy Caterpillar, které používají tzv. delta podvozek (obr. 2.1). [1]

2.1.1 ROZDĚLENÍ PÁSOVÝCH PODVOZKŮ PODLE TYPU

Rozdělujeme-li pásové podvozky podle typů, myslíme tím počet a vzájemné uspořádání kol a kladek.

PÁSOVÝ PODVOZEK DELTA

Tento typ podvozku si nechala firma Caterpillar patentovat v roce 1974 a používá jej dnes u pásovéch dozerů vyšších hmotnostních kategorií začínajících řadou 6. Pás je napnut mezi dvě vodící a jedno hnací turasové kolo. Turasové kolo se nachází na vrcholu pomyslného trojúhelníku, který je tvořen právě těmito koly. Výhodou takového uspořádání je nižší opotřebení turasového kola v bahnitém terénu, protože kolo se otáčí mimo terén. Tím se snižují náklady na údržbu a zvyšuje se životnost a spolehlivost podvozku. Podvozek je součástí rámu stroje a může být osazen podpěrnou kladkou. Přítlak k zemi zajišťují pojezdové kladky a vodící kola.[1] [6] [7]



Obr. 2.1 Pásový podvozek typu delta dozeru Cat D9T [8]

PÁSOVÝ PODVOZEK S JEDNÍM HNACÍM A JEDNÍM VODÍCÍM KOLEM

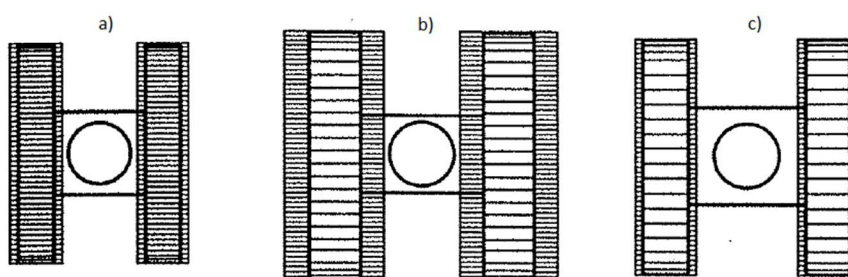
Nejrozšířenějším a nejpoužívanějším typem podvozku pásových rypadel a dozerů je klasický mnohokladkový podvozek (obr. 2.1.1) s jedním kolem vodícím a druhým hnacím turasovým. Podpěrných kladek je oproti typu delta více, a to konkrétně o dvě až tři. Přítlak k zemi zajišťují podpěrné kladky a obě kola.



Obr. 2.1.1 Pásový podvozek dozeru Komatsu D85EX [9]

2.1.2 ROZDĚLENÍ PÁSOVÝCH PODVOZKŮ PODLE ŠÍŘKY OPĚRNÝCH DESEK

Druhy pásových podvozků (obr. 2.1.2) jsou rozlišovány podle únosnosti půdy, na které daný stroj provozujeme. Pro nižší únosnost půdy se používají pásové podvozky s širšími opěrnými deskami a pro vyšší únosnost půdy je užito užších opěrných desek. Standardní podvozek má měrný tlak na půdu 40–135 kPa. Podvozek Long Crawler s širokou stopou a velkým rozvorem je schopen tlačit na půdu nižším tlakem než 30 kPa. Podvozky Heavy Duty ob stojí i v těch nejnáročnějších podmínkách. Předpokládá se však u nich vyšší únosnost půdy, na kterou vytváří měrný tlak o velikosti větší než 100 kPa. [1]



Obr. 2.1.2 Druhy pásových podvozků [1]

a) Standardní, b) Long Crawler, c) Heavy Duty

2.2 RÁM

Rám je základní a nosná část pásových podvozků. Jelikož stroje mnohdy pracují v náročných podmínkách, klade se důraz při výrobě na jejich tuhost, která má vliv na celkovou stabilitu stroje. Rám spojuje tělo stroje s pojezdovým ústrojím. Při výrobě se rámy svařují, odlévají nebo se spojují pomocí šroubových spojů.

2.2.1 NEZÁVISLÉ RÁMY

Nezávislé rámy se používají u rypadel, kde je rám spojen s podélnými nosiči pásů a oddělen kruhovou přírubou od zbytku stroje. To umožňuje rypadlům pracovat na místě, bez potřeby pojezdu nebo otáčení celého podvozku. Tím je zachována stabilita stroje.

Nezávislé rámy se dělí na tři základní druhy, a to na nedělené rámy, dělené rámy s pevným rozchodem a dělené rámy s proměnlivým rozchodem. [1] [10]

NEDĚLENÉ RÁMY

Skříňová konstrukce neděleného rámu je složena ze středního mostu s kruhovou přírubou pro osazení nástavby. Podélné nosiče pásů jsou navařeny z obou stran středního mostu. Tato koncepce dosahuje značné tuhosti rámu, který je odolný proti zkrutu. Díky velké hmotnosti se nedělené rámy vyznačují dobrou stabilitou a nosností. Proto se používají pro stroje s velkým zatížením při práci. [1]



Obr. 2.2 Nedělený svařovaný rám podvozku pásových rypadel [11]

DĚLENÉ RÁMY S PEVNÝM ROZCHODEM

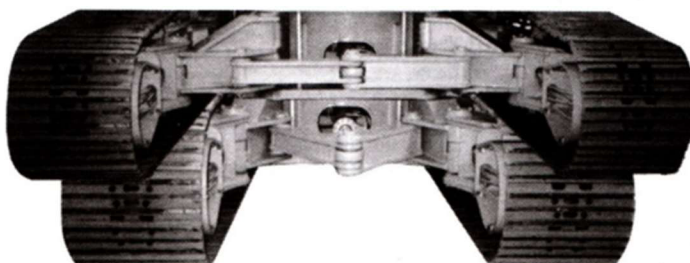
Základem je odlévaný nebo svařovaný střední most s podélnými nosiči pásů po stranách. Nosiče pásů jsou připevněny pomocí šroubového spojení. Toto spojení umožňuje bezproblémovou mechanickou přestavbu rámu. Pro vyšší stabilitu, trakční sílu a snížení

měrného tlaku na povrch lze vyměnit krátké podélné nosiče za delší, čímž se navýší styková plocha. [1]

DĚLENÉ RÁMY S PROMĚNLIVÝM ROZCHODEM

Rypadla vybavená rámem s proměnlivým rozchodem mohou pomocí hydraulických válců měnit rozchod podélných nosičů. Hydraulické válce jsou zabudovány v podvozku s ohledem na různé varianty konstrukce této koncepce. Zúžením rozchodu je usnadněný transport stroje na místo určení. Rozšíření rozchodu umožňuje vyšší příčnou stabilitu při práci s delšími výložníky a při práci ve svahu s větším sklonem. Rozchod nelze měnit v zatíženém stavu, proto musí být podvozek odlehčen. Odlehčení se obvykle provádí pomocí pracovního nástroje, kdy se zvedne jedna strana, proběhne rozšíření a následně se postup zopakuje i na druhé straně. Rypadla vybavená radlicí mohou měnit rozchod podélných nosičů zároveň. [1] [10]

Existuje hned několik variant konstrukcí rozšiřitelných rámců. Rozšiřování je možné zajistit pomocí různých druhů posuvných příčniců nebo pomocí kloubových příčniců (obr. 2.2.1). Rypadla s kloubovou variantou musí mít automaticky radlici, protože k rozšiřování dochází zároveň. [10]



Obr. 2.2.1 Hydraulicky rozšiřitelný rozchod pásového podvozku s kloubovými příšnicí [12]

2.2.2 RÁM STROJE SLOUŽÍCÍ JAKO RÁM POJEZDOVÉHO ÚSTROJÍ

U dozerů se používá rám stroje jako nosič pojezdového ústrojí (obr. 2.2.2). Snižuje se tím hmotnost a těžiště stroje. To napomáhá k větší stabilitě při práci v náročném kopcovitém terénu. Nižší hmotnost má pak pozitivní vliv na pohyblivost stroje v těžkých podmínkách při pracovní činnosti. Pro lepší kopírování terénních nerovností je u dozerů obvykle přední příčnicí kyvně uložený.



Obr. 2.2.2 Pásový dozer Cat D5K2 [13]

2.3 PÁSY

Pásky jsou jednou z hlavních částí pásového podvozku a udávají jeho vlastnosti. Podle podmínek, ve kterých se bude stroj pohybovat, probíhá volba typu pásu, popřípadě u článkového pásu ještě volba opěrných desek. Pásky se rozdělují na článkové a pryžové.

2.3.1 ČLÁNKOVÉ PÁSY

Článkové pásky se skládají z řetězových článků a opěrných ocelových desek. Řetězové články jsou tvořeny dvěma kovanými lamelami. Mezi lamelami se nachází distanční pouzdro s těsněním. Řetězové články jsou spojeny dutým hřídelem, kterým protéká mazivo. Mazány jsou tímto způsobem třecí plochy čepů s pouzdry. Ocelové opěrné desky jsou montovány k lamelám šroubovými spoji. Vyrábí se v několika variantách o různých šířkách. [2] [12]

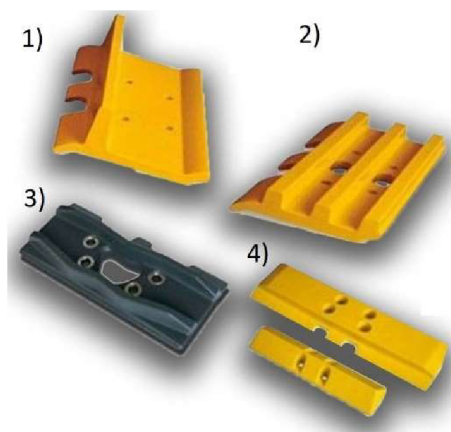


Obr. 2.3.1 Řetězový článkový pás pro dozer Cat D6T [14]

DRUHY OPĚRNÝCH DESEK

Druhy a použití opěrných desek (obr. 2.3.2) [12]:

- Deska s jedním žebrem se používá pro stroje, u kterých se počítá s přenosem velkých tažných sil.
- Deska s dvěma nebo třemi žebry se montuje na pásy těžkých nebo středně těžkých rypadel.
- Desky s hladkým povrchem jsou určeny pro lehce poškoditelné povrchy (trávníky, asfaltové nebo betonové plochy atd.)
- Ocelová deska s možností přišroubování povlaků z umělých hmot se používá u asfaltových fréz
- Desky z umělých hmot s ocelovou výztuží



Obr. 2.3.2 Druhy opěrných desek [15]

1 - deska s jedním žebrem, 2 – deska s třemi žebry,
3 – deska s dvěma žebry, 4 – deska s hladkým
povrchem

2.3.2 PRYŽOVÉ PÁSY

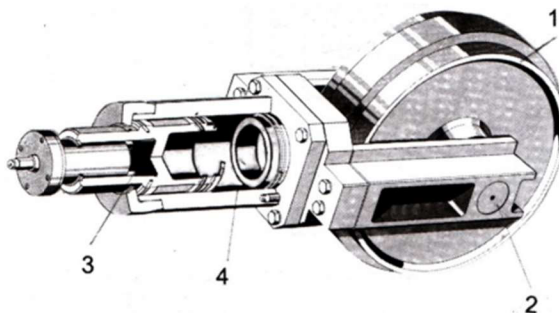
Pryžové pásy (obr. 2.3.3) jsou vyrobeny z jednoho kusu pryže a vyztuženy ocelovými lany. Mají mnohem nižší hmotnost oproti článkovému pásu. Také jsou šetrnější k podkladu, ale zároveň se více opotřebovávají. Absence mechanických součástek zajišťuje nenáročnost údržby. Dobře tlumí dynamické rázy, proto se uplatňují při jízdě vyššími rychlostmi. Používají se hlavně u menších rypadel s hmotností do deseti tun. [2] [12]



Obr. 2.3.3 Pryžový pás [16]

2.4 NAPÍNÁNÍ PÁSŮ

K napínání pryžových nebo článkových pásů dochází obvykle pomocí hydraulického napínacího mechanismu. Napnutí u článkových pásů se může provádět také úpravou posledního článku pásu. Důležité je správné předepnutí pásů, aby nedošlo k jejich vyzutí nebo nadměrnému namáhání vlivem vniknutí nečistot (kameny, ztvrdlá hlína atd.) mezi pás a kola (vodící a turasové). Správná hodnota průvisu pásu je někde mezi 30-50 milimetry podle tvrdosti terénu. V měkkém terénu je třeba mít pás více napnutý a v tvrdším terénu stačí, aby byl pás napnutý méně. [2] [12]



Obr. 2.4 Hydraulicko-pneumatické ústrojí pro pružení pásů [12]

1 – vodící kolo, 2 – vidlice s ložiskem, 3 – tukový váleček,
4 – prostor vyplněný dusíkem

2.5 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA POHONŮ POJEZDOVÉHO ÚSTROJÍ

Funkcí pohonů je přeměna a přenos energie, která je stroji přivedena formou paliva nebo elektrické energie, na jinou formu energie potřebnou pro provedení pohybu stroje. K přenosu energie z hnacího agregátu na kola dochází přímo přes převody u mechanických pohonů nebo pomocí kapaliny u hydrostatických a hydrodynamických pohonů. Při pracovní činnosti dozerů a rypadel dochází k překonávání velkých odporů. Proto musí pohony efektivně přerozdělovat energii mezi pojezdové a pracovní mechanismy stroje. Pokud se sníží odpory

při pojezdu nebo při pracovní činnosti, zvýší se pracovní rychlost stroje a naopak. Je-li pro pohon všech mechanismů stroje použit jeden centrální zdroj energie, mluvíme o stroji s centrálním pohonem. Pokud mají mechanismy stroje vlastní pohony, jde o stroj s individuálním pohonem každého mechanismu. [1] [2]

K pohánění pojzdového ústrojí pásových rypadel a dozerů se obvykle používají přepřňované vznětové motory. Ty musí mít dostatečný výkon, ale zároveň nízkou spotřebu paliva. Dalšími požadavky jsou spolehlivost, nízké emise a vysoká životnost. U některých rypadel, zejména těch důlních kolesových s obrovskými hmotnostmi, se využívá k pohonu trojfázových asynchronních motorů s přívodem elektrické energie kabelem. Jednou z výjimek jsou elektrická rypadla s bateriemi. [2]

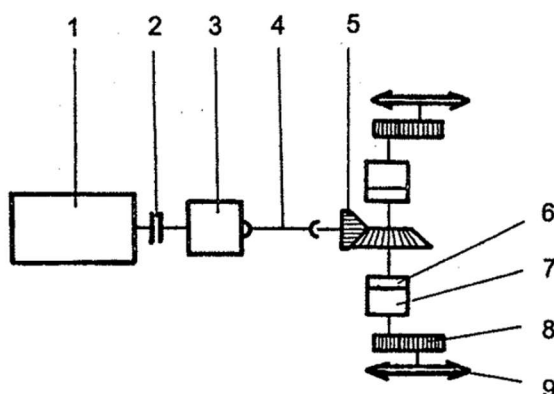
Příkladem elektrického rypadla s bateriemi je 28 tun vážící rypadlo Cat 323F (obr. 2.5) firmy Caterpillar přestavěné společností Pon Equipment na elektrický pohon. Výkon elektromotoru dosahuje 122 kW. Rypadlo nemusí být připojeno do elektrické sítě kabelem, ale má v zadní části nástavby baterie o celkovém výkonu 300 kWh. Při plné kapacitě baterií vydrží v pracovní činnosti 5-7 hodin. Nabití trvá taky přibližně 5-7 hodin a děje se tak s pomocí dodávané nabíječky 400 V/63 A. Aby nedocházelo k opotřbovávání hydraulických systémů a mechanismů, musel být omezen kroutící moment. [17] [18]



Obr. 2.5 Elektrické rypadlo Cat 323F [17]

2.5.1 POHON S MECHANICKÝM PŘENOSEM ENERGIE

Přenos energie z motoru na hnací kola probíhá přes řadu mechanismů (obr. 2.5.1). Základem je mechanická převodovka s ozubenými koly. Pomocí kardanového hřídele se přenáší kroutící moment přes rozvodovku na turasová kola. Pro rozpojování převodů se používají třecí spojky (suchá lamelová, stranová lamelová). Jde o zastaralé řešení, ale poměrně jednoduché oproti hydraulickým systémům. Mezi výhody patří vysoká účinnost, spolehlivost a nízká pořizovací cena. Nevýhodou mechanického systému je přerušování hnací síly při řazení a špatná využitelnost efektivního rozsahu otáček motoru. Tato koncepce se už u pásových dozerů nepoužívá. [1] [2]

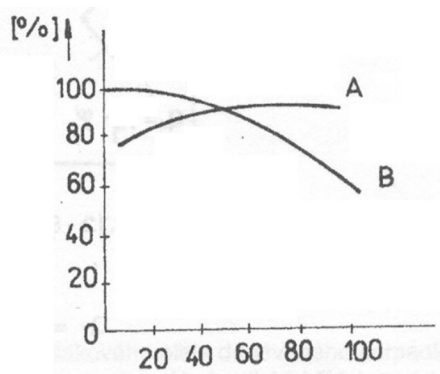


Obr. 2.5.1 Schéma mechanického přenosu energie [1]

1 – spalovací motor, 2 – suchá třecí spojka, 3 – mechanická převodovka, 4 – kardanový hřídel, 5 – rozvodovka, 6 – stranová třecí spojka, 7 – stranová brzda, 8 – koncový převod, 9 – turasové kolo

2.5.2 POHON S HYDROSTATICKÝM PŘENOSEM ENERGIE

Pro hydrostatický pohon je důležitá tlaková energie kapaliny. Tato energie se získává z pístového hydrogenerátoru, který je poháněn mechanickou energií, obvykle ze spalovacího motoru. Kapalinu z hydrogenerátoru lze snadno rozvést hydraulickými hadicemi a trubkami do hydromotoru. V hydromotoru se převádí tlaková energie kapaliny zpátky na mechanickou energii, která už se jen dále přenáší na kola. Mezi velké výhody hydrostatického pohonu patří plynulá změna rychlosti pojezdu, přenos velkých sil a momentů nebo třeba libovolné dělení výkonového toku od hydrogenerátoru. Principem změny rychlosti pojezdu je změna geometrického objemu, která je způsobena naklopením regulační desky nebo rovnou naklopením pístového bloku hydrogenerátoru, popřípadě hydromotoru. Další výhodou je snadná reverzace pohybu, a to změnou smyslu otáčení hydrogenerátoru. Nevýhodou této koncepce může být nižší účinnost při vysokých rychlostech pojezdu (obr. 2.5.2). To neplatí o pásových dozerech a rypadlech, která se pohybují rychlostí menší než 40 km/h, a proto dosahují naopak vysoké účinnosti. Nepříznivý vliv na životnost hydrostatického pohonu má prach, který může vniknout do olejových nádrží zásluhou nedostatečné filtrace nebo netěsností systému. Proto je kladen důraz na přesnost výroby, čímž se zvyšuje cena pohonu. [1] [2] [20]



Obr. 2.5.2 Porovnání účinnosti hydrostatického (B) a mechanického (A) pohonu v závislosti na rychlosti jízdy [2]

2.5.3 POHON S HYDRODYNAMICKÝM PŘENOSEM ENERGIE

Pro hydrodynamický pohon je důležitá kinetická energie kapaliny. Tato energie se získává z čerpadlové lopatkové mříže, která je poháněna mechanickou energií, obvykle ze spalovacího motoru. Kapalína v uzavřeném hydraulickém obvodu se obvykle nejkratší možnou dráhou přivede do turbínové lopatkové mříže, kde je kinetická energie kapaliny převáděna zpět na mechanickou energii. Pohyb kapaliny přes lopatkové mříže probíhá volně, a to zajišťuje plynulý rozjezd stroje, plynulou změnu převodového poměru a tlumení rázů vyvolaných v hnacím ústrojí při pracovní činnosti stroje. Hydrodynamický mechanismus se skládá z hydrodynamické spojky nebo hydrodynamického měniče kroutícího momentu, obvykle s využitím mechanických převodů. Tato koncepce nabízí nižší účinnost 85–92 % oproti mechanickým převodům, které mají účinnost 96 %. U hydrodynamických měničů, podobně jako u hydraulických spojek, nelze využít brzdného účinku spalovacího motoru. Z toho plyne výhoda, že při přetížení stroje nedojde k zastavení spalovacího motoru. K brzdění se pak používají hydrodynamické brzdy. V porovnání s hydrostatickým pohonem neumožňuje hydrodynamický pohon snadnou reverzaci pohybu. Pro reverzní pohyb stroje se využívá mechanických převodů. [1] [2] [20]

2.6 ZPŮSOB ŘÍZENÍ PÁSOVÝCH STROJŮ

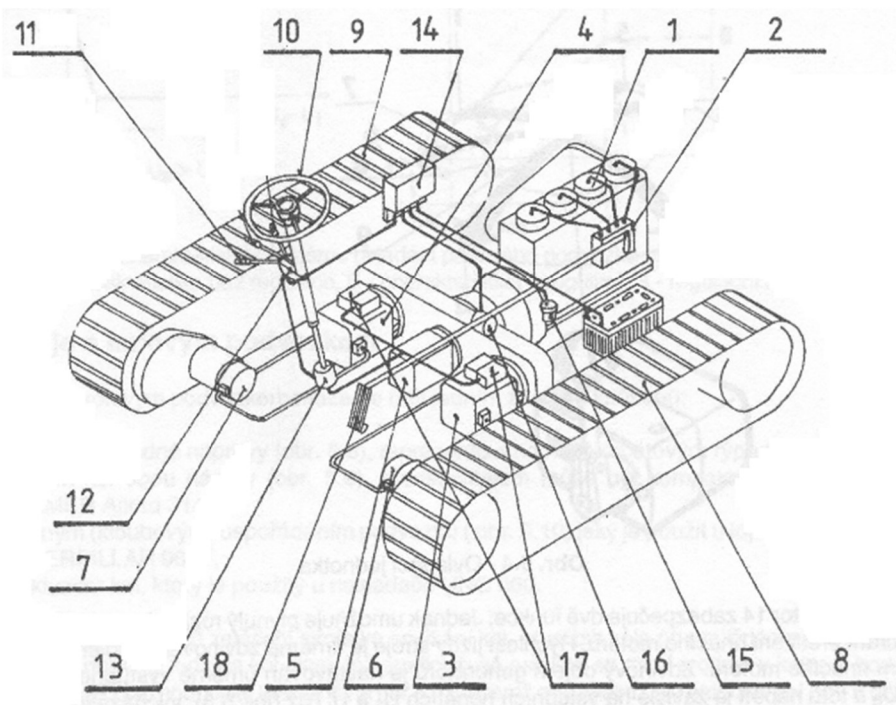
Řízení pásových rypadel a dozerů u dvouhousenicových podvozků funguje na principu změny rychlosti jednoho z pásů vůči druhému. Avšak při zatáčení na místě může docházet k poškozování podkladu vlivem smýkání pásů. Změna směru jízdy u velkých důlních rypadel se třemi a více housenicovými podvozky probíhá natočením jedné z housenic. [2]

Jedním z nejjednodušších způsobů řízení pásových dozerů je použití stranových spojek a brzd. K zatočení dochází rozpojením stranové spojky na jedné nebo druhé straně pásové jednotky. Pro rychlejší zatočení se ke spojkám přidávají brzdy. Toto řešení se dnes již obvykle

nepoužívá, protože vlivem velkého namáhání dochází k opotřebení spojek a brzd. To má negativní dopad na životnost a spolehlivost stroje. [1]

Další možností řízení pásových strojů je použití hydromechanického diferenciálního převodu. S využitím diferenciálního planetového převodu a hydromotoru dochází k plynulé změně směru a rychlosti pohybu stroje. Planetová převodovka je u rypadel připevněna k rámu podvozku mezi hydromotor a hnací turas. U dozeru se diferenciální planetová převodovka nachází v zadní nápravě. Jak u rypadel, tak u dozeru se plynulá změna otáčení pásů děje pomocí axiálního nebo rotačního hydromotoru. [1] [2] [19]

Nejpoužívanější koncepce pohonů a řízení pásových strojů využívají hydrostatických přenosů energie a elektronických obvodů (obr. 2.6). [2]



Obr. 2.6 Elektronické řízení pásového podvozku s hydrostatickým pohonem [2]

1 – spalovací motor, 2 – vstřikovací čerpadlo, 3 a 4 – regulační hydrogenerátory pojezdu, 5 – hydrogenerátor pracovního zařízení, 6 a 7 – hydromotor pojezdu, 8 a 9 – článkové pásy, 10 – natáčení řídicího členu, 11 – páka voliče směru jízdy, 12 – volič směru jízdy, 13 – řídicí člen, 14 – regulátor, 15 – snímač otáček motoru, 16 – volič otáček motoru, 17 – ovládání generátoru, 18 – pedál ovládání vstřikovacího čerpadla

3 POUŽÍVANÉ POJEZDOVÉ SYSTÉMY A MECHANISMY

Energie od hnacího motoru se distribuuje mezi pojezd stroje a pracovní zařízení. Pro pojezd stroje lze využít následujících soustav pohonů:

- Mechanických
- Hydrostatických
- Hydrodynamických
- Elektrických
- Kombinovaných

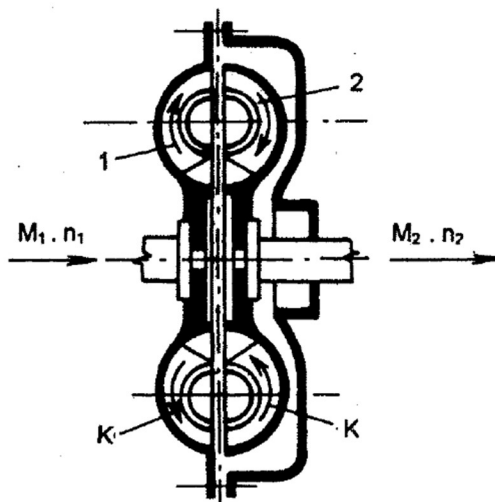
Mechanické se dnes už nepoužívají a jsou nahrazeny ostatními soustavami. [1]

3.1 HYDRODYNAMICKÉ POHONY

Hydrodynamický pohon využívá kinetickou energii kapaliny, která protéká uzavřeným okruhem, na přenos a přeměnu energie. Existují dva základní hydrodynamické mechanismy pracující s kinetickou energií kapaliny, a to hydrodynamické spojky a hydrodynamické měniče. [1]

3.1.1 HYDRODYNAMICKÁ SPOJKA

Hydrodynamická spojka (obr. 3.1.1) zajišťuje hladký a plynulý záběr nebo prokluz hnací a hnané části stroje. Nachází se mezi pohonným agregátem a převodovkou. Z principu fungování nemění převodový poměr a kroutící moment pohonného agregátu. Pracuje v neustálém skluzu, protože turbínové kolo má menší otáčky než kolo čerpadlové. Tato vlastnost negativně ovlivňuje účinnost hydrodynamických spojek. Hodnota skluzu se pohybuje mezi 2-4 % otáček motoru. Výhodou hydrodynamických spojek je, že při přetížení a zastavení pojezdového ústrojí nedojde k zastavení spalovacího motoru. [1]



Obr. 3.1.1 Složení hydrodynamické spojky [1]

1 – čerpadlové kolo, 2 – turbínové kolo

3.1.2 HYDRODYNAMICKÝ MĚNIČ

Hydrodynamický měnič umožňuje plynulou změnu otáček a kroutícího momentu pohonného agregátu. Je umístěn mezi spalovacím motorem a převodovkou, stejně jako hydrodynamická spojka. Oproti hydrodynamické spojce umí navíc plynule měnit převodový poměr s ohledem na zatížení stroje při práci. Hydrodynamický měnič dobře tlumí rázy a torzní kmity přenášené v hnacím ústrojí. Nevýhodou hydrodynamického měniče a hydrodynamické spojky je složitá reverzace chodu. Pro reverzaci chodu musí být užito mechanického převodu. Účinnost hydrodynamického měniče dosahuje hodnot 85-92 %. [1] [20]

Hydrodynamické měniče se rozdělují na dvě rozdílné konstrukční varianty:

- Hydrodynamický měnič s mokrou skříní
- Hydrodynamický měnič se suchou skříní

HYDRODYNAMICKÝ MĚNIČ S MOKROU SKŘÍNÍ

Čerpadlové a turbínové kolo hydrodynamického měniče s mokrou skříní se nacházejí ve skříní se stálou olejovou náplní. Tento typ měniče se může použít pro pásové dozery, ale v současné době byl nahrazen hydrostatickým pohonem. [1]

HYDRODYNAMICKÝ MĚNIČ SE SUCHOU SKŘÍNÍ

Hydrodynamický měnič se suchou skříní je bez stálé olejové náplně. V měniči dochází k nepřetržitému proudění oleje, který prochází chladičem, kde se olej ochlazuje. Hydrodynamický měnič se suchou skříní lze použít hlavně pro stroje s vyšší rychlostí pohybu, u kterých dochází k vyššímu zahřívání oleje. [1] [2] [20]

3.2 HYDROSTATICKÉ POHONY

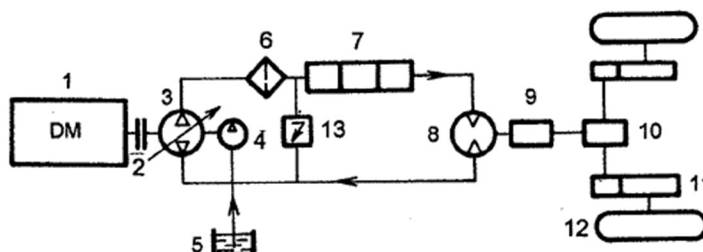
Hydrostatické pohony jsou hojně rozšířené mezi pásovými rypadly a dozery. Jedním z důvodů je úspora paliva oproti hydrodynamickým systémům. Výhodou hydrostatických pohonů je plynulá změna převodových poměrů, jednoduché ovládání s využitím vyšších stupňů regulace pomocí elektronických obvodů a snadná reverzace pohybu stroje. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady kvůli vyšším nárokům na přesnost výroby. [1] [2] [20]

Hydrostatické pohony lze rozdělit na dva základní typy:

- Centrální hydrostatický pohon
- Individuální hydrostatický pohon

3.2.1 CENTRÁLNÍ HYDROSTATICKÝ POHON

Centrální hydrostatický pohon (obr. 3.2.1) se skládá ze spalovacího motoru, regulačního hydrogenerátoru a rotačního hydromotoru. Motor pohání hydrogenerátor, který tlačí kapalinu přes rozvaděč do hydromotoru. Z hydromotoru se přenáší kroutící moment do převodovky, která je spojena s diferenciálem. Z diferenciálu se mechanická energie přenáší na hnací kola. Výhodou tohoto uspořádání je vysoká účinnost díky mechanickým převodům. [1] [2]

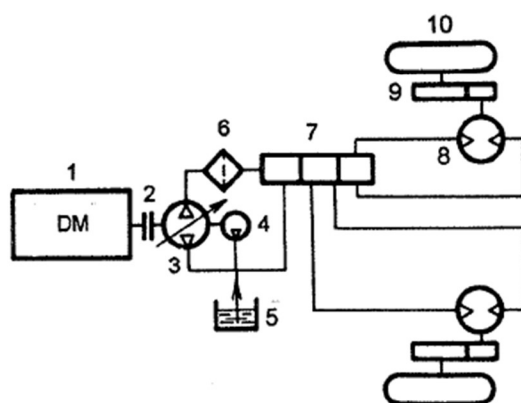


Obr. 3.2.1 Centrální uspořádání hydrostatického pohonu [1]

1 – spalovací motor, 2 – třecí spojka, 3 – regulační hydromotor, 4 – pomocný generátor, 5 – nádrž na hydraulický olej, 6 – olejový filtr, 7 – rozvaděč, 8 – rotační hydromotor, 9 – převodovka, 10 – rozvodovka, 11 – koncový převod, 12 – hnací kola

3.2.2 INDIVIDUÁLNÍ HYDROSTATICKÝ POHON

Individuální uspořádání hydrostatického pohonu (obr. 3.2.2) umožňuje pohánět každé hnací kolo samostatně. Skládá se podobně jako centrální pohon ze spalovacího motoru, regulačního hydromotoru a nízkootáčkového radiální hydromotoru. Přenos energie z pohonného agregátu na hnací kola probíhá stejně jako u centrálního hydrostatického pohonu. Výhodou tohoto uspořádání je snadná regulace rychlosti pojezdu pomocí změny otáček hydrogenerátoru. [1] [2]



Obr. 3.2.2 Individuální uspořádání hydrostatického pohonu [1]

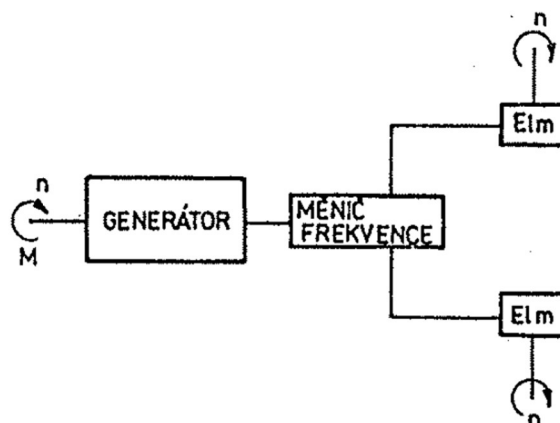
1 – spalovací motor, 2 – třecí spojka, 3 – regulační hydromotor, 4 – pomocný generátor, 5 – nádrž na hydraulický olej, 6 – olejový filtr, 7 – rozvaděč, 8 – rotační hydromotor, 9 – koncový převod, 10 – hnací kola

3.3 ELEKTROMECHANICKÉ POHONY

Základem elektromechanického pohonu je vznětový motor, který pohání elektrický generátor. Výstupní proud z generátoru protéká přes frekvenční měnič, kde se mění frekvence proudu. Změnou frekvence proudu se regulují otáčky elektromotorů, které jsou spojeny s koncovými převody. Regulace otáček probíhá buď centrálně nebo individuálně. Při centrální regulaci mají oba elektromotory stejné otáčky, narozdíl od individuální regulace, kdy užitím frekvenčních měničů pro každý elektromotor zvlášť mohou být otáčky rozdílné. Použité elektromotory jsou třífázové, asynchronní s možností krátkodobého přetížení jmenovitého momentu. [1]

Výhodou elektromechanického pohonu je značná úspora energie, snížení hlučnosti a zvýšení výkonnosti stroje. Další výhodou je velká celková účinnost tohoto pohonu s nižšími náklady na údržbu. Elektromechanické pohony dosahují velkých kroutících momentů. To má negativní vliv na opotřebení hydraulických systémů rypadel, a proto musí být kroutící momenty mnohdy uměle snižovány. Nevýhodou oproti odpovídajícím hydraulickým systémům je větší hmotnost a rozměrnost pohonu. [1] [17]

Pro pásové dozery s centrálním provedením koncepce pohonu se můžou použít elektromotory spojené s převodovkou řazenou pod zatížením. Dochází tím k úspoře paliva a lepší využitelnosti výkonu motoru. U velkých kolesových rypadel může být elektromotor spojen se šnekoplanetovou převodovkou přímo na podélném příčniku, převodovka pak otáčí s hnacím turasovým kolem. [1] [21]



Obr. 3.3 Schéma elektromechanického pohonu [1]

Příkladem této koncepce je v roce 2018 představený nový dozer Cat D6 XE (obr. 3.3.1) od firmy Caterpillar s elektrickým pohonem, který nahradil dosud používaný dozer Cat D6T s konvenčním pohonem. Elektrický generátor dozeru Cat D6 XE je poháněn vznětovým motorem o výkonu 163,3 kW. Oproti předchůdci spotřebovává o 35 % méně paliva a má o 12 % nižší náklady na údržbu díky absenci hydrostatické převodovky. Celý elektrický pohon je utěsněn od prostředí a chlazen kapalinou. [22] [23]



Obr. 3.3.1 Pásový dozer Caterpillar D6 XE [23]

3.4 POROVNÁNÍ POHONNÝCH SYSTÉMŮ

3.4.1 HYDRODYNAMICKÉ POHONY

Hydrodynamický pohon se používá kvůli svému poměrně jednoduchému principu fungování. Z toho plyne vcelku dobrá spolehlivost těchto pohonů. Jelikož pracují se skluzem, mají nižší účinnost (asi 85-92 %) než hydrostatické pohony. Hydrodynamické pohony neumožňují snadnou reverzaci pohybu, pro tento pohyb je nutno užít mechanických převodů. Nedokáží

jednoduše rozpojit tok výkonu na pojezdové ústrojí narozdíl od hydrostatických pohonů. Kvůli rozsáhlosti a složitosti konstrukce jsou hydrodynamické pohony těžší než ty hydrostatické. S vyšší hmotností dochází k vyšší spotřebě paliva. U strojů dosahujících vyšších rychlostí pohybu se neustálé proudění kapaliny u hydrodynamických spojek, měničů a brzd projevuje zahříváním kapaliny (na 120 °C a více), a proto se musí chladit s dostatečnou intenzitou. U pásových rypadel a dozerů se zahřívání kapaliny neprojevuje v takové míře, protože se provozují v malých rychlostech. [1] [2] [20]

3.4.2 HYDROSTATICKÉ POHONY

Hydrostatické pohony dosahují vyšší účinnosti než hydrodynamické pohony, a proto lépe využívají výkon spalovacího agregátu pro pojezd stroje. To přináší úsporu paliva a snižuje provozní náklady. Vlivem možnosti vniknutí prachu kvůli netěsnosti systému je kladen důraz na přesnost výroby, a to má negativní vliv na cenu pohonu. Pomocí hydrostatických pohonů se zajišťuje plynulá regulace rychlosti pojezdu. Často se kombinují hydrostatické pohony s mechanickými převody a řídicími elektronickými obvody. Oproti hydrodynamickému pohonu lze snadno provést reverzaci pohybu. [1] [2] [20]

3.4.3 ELEKTROMECHANICKÉ POHONNÉ SYSTÉMY

Elektromechanické pohony dosahují velkých kroutících momentů. To má negativní vliv na opotřebení hydraulických systémů rypadel a kroutící momenty musí být mnohdy uměle snižovány. Nevýhodou oproti hydraulickým pohonům je větší hmotnost a rozměrnost pohonu, což se projeví negativně na ceně pohonu. S elektrickými pohony se už nesetkáváme jen u velkých strojů v důlním průmyslu, ale pomalu se začínají rozšiřovat do pásových dozerů a rypadel menších hmotnostních kategorií. Stroje bez spalovacího motoru, s plně elektrickým pohonným systémem už nejsou omezeny nutností připojení do elektrické sítě přívodním kabelem, jak ukázala společnost Pon Equipment. Ta přestavěla pásové rypadlo Cat 323F se vznětovým motorem na plně elektrické se zásobníkem baterií o celkovém výkonu 300 kWh. Baterie vystačí stroji na 5-7 hodin práce. [1] [2] [17]

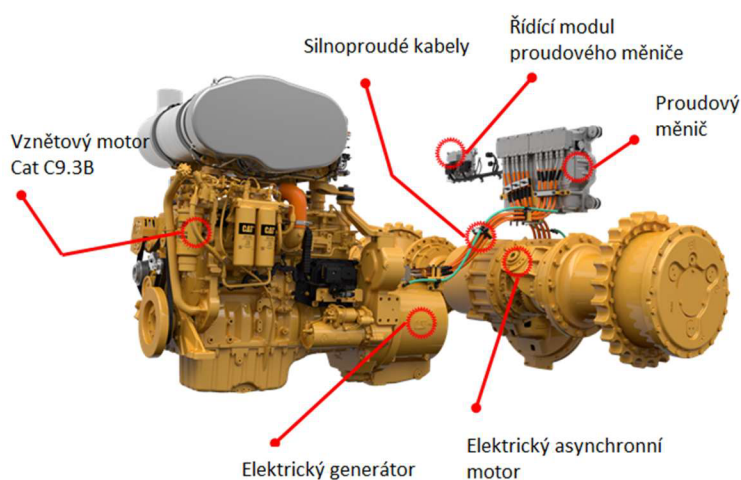
3.5 PŘEDPOKLÁDANÁ VÝVOJOVÁ TENDENCE

Vývojovým trendem posledních let je snižování nákladů na výrobu, údržbu a provoz pracovních strojů.

Pásové podvozky se po stránce konstrukce již vyvíjet moc nebudou. Mohou se měnit používané materiály, čímž se docílí snížení hmotnosti za současného zachování tuhosti a životnosti stroje. To přináší úsporu paliva a výrobních nákladů.

Pohonné agregáty, zejména ty vznětové, musí splňovat požadavky na snižování emisí podle nařízení Evropského parlamentu (EU – 2016/1628) [25]. Dále bude docházet k navyšování výkonů v závislosti na současných požadavcích na trakční sílu a hospodárnost pohonů pásových rypadel a dozerů.

Vývoj pojezdových systémů a mechanismů nesilničních mobilních strojů závisí na již zmiňovaných požadavcích kladených na trakční sílu pohonů, úspornost a snadnou ovladatelnost při provozu strojů. Proto se u malých a středně těžkých pásových dozerů a rypadel začal nejčastěji používat hydrostatický pohon, který lze snadněji regulovat pomocí elektronických členů systému. To vede k úspoře provozních nákladů a zvyšuje efektivitu stroje. V poslední době se ale čím dál častěji objevují i pohony mechanicko-elektrické. Příkladem je nový model dozeru firmy Caterpillar Cat D6 XE, představený v listopadu 2018 s konvenčním vznětovým motorem spojeným s elektrickým generátorem, který pohání elektromotor umístěný v zadní nápravě (obr. 3.5). Tohle řešení zvyšuje spolehlivost a ovladatelnost celého stroje díky absenci složitější hydraulické převodovky a snižuje náklady na provoz až o 35 %. Obecně lze říci, že se v blízké budoucnosti budeme častěji setkávat s elektricko-mechanickými pohony, které nejsou zatím tolik rozšířeny, ale pomalu se ukazuje, že mají velký potenciál.



Obr. 3.5 Pohonné ústrojí pásového dozeru Cat D6 XE [24]

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo shrnutí současných koncepčních řešení pohonných a pojezdových systémů pásových rypadel a dozerů. V práci jsou zahrnuta aktuální koncepční řešení pásových podvozků rypadel a dozerů. Byly rozebrány možnosti přenosu kroutícího momentu z hnacího motoru na hnací kola. Dále byly rozebrány pojezdové systémy a mechanismy s ohledem na účinnost, efektivitu a úspornost daného řešení. Práce nastiňuje blízký vývojový trend pásových pohonných a pojezdových systémů podle současných požadavků, kladených na pohon pásových strojů.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] VANĚK, Antonín. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Praha: Academia, 2003. Česká matice technická (Academia). ISBN 80-200-1045-9.
- [2] JEŘÁBEK, Karel. *Stroje pro zemní práce: Silniční stroje*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. ISBN 80-7078-389-3.
- [3] Traktorové stroje pro zemní práce. *www.eluc.kr-olomoucky.cz* [online]. 2014 [cit. 2019-03-20] Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2144>
- [4] Katalog stavebních strojů. [online]. 2011 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <http://www.celysvet.cz/mechanizace/dozery>
- [5] Katalog stavebních strojů. [online]. 2011 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <http://www.celysvet.cz/mechanizace/rypadla-pas>
- [6] High drive-track-type vehicle. [online]. [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US3828873A/en?q=high+drive&assignee=caterpillar>
- [7] Equipment Dozers. *Cat.com* [online]. 2018 [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/dozers.html
- [8] Dozers. D9T Dozer. *Cat.com* [online]. 2018 [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/dozers/large-dozers/18548120.html
- [9] Undercarriage maintenance tips. *Marubeni-komatsu.co.uk* [online]. 2016 [cit. 019-03-22]. Dostupné z: <https://marubeni-komatsu.co.uk/news/undercarriage-maintenance-tips/>
- [10] GULAN, Ladislav a MAZURKIEVIČ, JU. Vývoj a konštrukcia pásových podvozkov s meniteľným rozchodom. *Stavebni-technika.cz* [online]. 2006 [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/vyvoj-a-konstrukcia-pasovych-podvozkov-s-menitelnym-rozchodom>
- [11] Engineering Construction Machinery Parts Crawler Excavator Chassis. *Made-in-China.com* [online]. 1998 [cit. 2019-03-24]. Dostupné z: <https://uttrailerparts.en.made-in-china.com/product/uKYQtgrloUpE/China-Engineering-Construction-Machinery-Parts-Crawler-Excavator-Chassis.html>
- [12] FRIES, Jiří, doc. Ing., Ph.D. Zemní stroje [online]. I. vydání. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2010 [cit. 2019-03-24]. ISBN 978-80-248-2567-0. Dostupné z: http://www.person.vsb.cz/archivcd/FS/ZS/TEXT/Zemni_stroje_340-0333_www.pdf
- [13] Dozers. D5K2 Dozer. *Cat.com* [online]. 2018 [cit. 2019-03-24]. Dostupné z: https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/dozers/small-dozers/1000001276.html
- [14] Bulldozer Undercarriage Parts D6n Track Shoe Assy, D6t Bulldozer Shoes D6h Dozer Track Plate. *Made-in-China.com* [online]. 2019 [cit. 2019-03-24]. Dostupné z: <https://1url.cz/8M4st>

- [15] Excavator Bulldozer Undercarriage Spare Parts Track Shoe Pad. *Alibaba.com* [online]. 2019 [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: https://www.alibaba.com/product-detail/Excavator-bulldozer-undercarriage-spare-parts-track_60454190625.html?spm=a2700.7724857.normalList.84.2e394c5a6a81jv
- [16] Engineering Construction Machinery Parts Crawler Excavator Chassis. *Made-in-China.com* [online]. 1998 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://uttrailerparts.en.made-in-china.com/product/uKYQtgrloUpE/China-Engineering-Construction-Machinery-Parts-Crawler-Excavator-Chassis.html>
- [17] Kreuziger, Pavel. První elektrické rypadlo má 300kWh battery pack. *ElektrickeVozy.cz*. [online]. 2011 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/prvni-elektricke-rypadlo-ma-300kwh-battery-pack>
- [18] FRED, Lambert. Caterpillar unveils an all-electric 26-ton excavator with a giant 300 kWh battery pack. *www.electrek.co* [online]. 29 January 2019 [cit. 2019-04-19] Dostupné z: <https://electrek.co/2019/01/29/caterpillar-electric-excavator-giant-battery-pack/>
- [19] Miler, Ph.D., Ing. Petr. Vozidlové mechanismy [online prezentace]. 2011 [cit. 2019-04-19]. Dostupný z: http://oppa-smad.tf.czu.cz/?q=system/files/VM-7._pr.ppt
- [20] BAUER, František. Traktory a jejich využití. 2. vyd. Praha: Profi Press, 2013, 224 s. ISBN 978-80-86726-52-6.
- [21] Kolesové rypadlo pro Doly Bílina vzniklo z části ve Vítkovicích. Časopis KONSTRUKCE – informace o uplatnění konstrukcí a návazných oborů při stavbách ve stavebnictví a strojírenství [online]. 2002 [cit. 2019-04-25]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/kolesove-rypadlo-pro-doly-bilina-vzniklo-z-casti-ve-vitkovicich/>
- [22] Cat D6 XE. Nové logo, nový pohon, nová doba. *Lomy a těžba: stroje a zařízení pro těžební a stavební průmysl*. [online]. 2019, č. 1 [cit. 2019-04-25] Pyšely: Vladimíra Štěpánková, 2011. ISSN 1805-2304. Dostupné z: <http://www.lomyatezba.cz/2017/2017-4/item/811-elektricke-bagry-od-firmy-moertlbauer-u-spolecnosti-deisl-beton>
- [23] Dozer Cat D6 XE. *Cat.com* [online]. 2018 [cit. 2019-04-25]. Dostupné z: https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/dozers/medium-dozers/2145358496511362.html
- [24] Caterpillar's D6 XE electric drive dozer explained. *Equipmentworld.com* [online]. 2018 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.equipmentworld.com/how-cats-electric-drive-d6-xe-dozer-delivers-max-torque-big-payback/>
- [25] EUR-Lex. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/1628. Mezní hodnoty emisí plyných a tuhých znečišťujících látek a schválení typu spalovacích motorů v nesilničních mobilních strojích [online]. 2016 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex:32016R1628>