

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra využití strojů



Bakalářská práce

**Vývojová řada rypadel, porovnání podle zvolených
kritérií**

Václav Nejedlo

© 2012 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Václav Nejedlo

obor Technologická zařízení staveb

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze
čl. 16 určuje tuto bakalářskou práci.

Název práce: **Vývojová řada rypadel, porovnání podle
zvolených kritérií**

Osnova bakalářské práce:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Literární rešerše
4. Závěr
5. Seznam literatury
6. Přílohy



Rozsah hlavní textové části: 30 - 40 stran

Doporučené zdroje:

Voštová, V.: Stroje pro silniční práce. Ediční středisko ČVUT, Praha 1998

Jeřábek, K.-Helebrant, F.-Jurman, J.-Voštová, V.: Stroje pro zemní práce. Silniční stroje. VŠB TU Ostrava, 2001

Internetové stránky

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Věra Voštová, CSc.**

Termín zadání diplomové práce: listopad 2009

Termín odevzdání bakalářské práce: ~~duben 2011~~ 2012, DUBEN


.....
Vedoucí katedry




.....
Děkan

V Praze dne: 30. 11. 2009

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucí práce prof. Ing. Věře Voštové, CSc. za cenné rady a odborné vedení bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Karlu Mašovskému za ochotné poskytnutí firemní literatury.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci "Vývojová řada rypadel, porovnání podle zvolených kritérií" vypracoval samostatně bez cizí pomoci. Vycházel jsem z vlastních zkušeností, vědomostí, odborných konzultací s vedoucím bakalářské práce, odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Práce byla vytvořena tak, že neporušuje autorská práva třetích osob.

V Praze dne

Vývojová řada rypadel, porovnání podle zvolených kritérií

Excavators Evolution, Comparison according to Selection Criteria

Souhrn

Cílem bakalářské práce je vyhledat významná období vývoje rypadlových strojů od počátku po současnou moderní dobu a představit u nich příklady rozvojově průlomových nasazovaných rypadel. Ztížením práce je porovnání rypadel podle zvolených kritérií. Práce ukáže možný směr moderních rypadel v průběhu budoucích let.

Klíčová slova

vývojová řada rypadel, cyklicky pracující rypadla, kontinuálně pracující rypadla, porovnávací kritéria

Summary

The aim of the thesis is to find a significant period of development since the early excavators to contemporary modern times and introduce them with examples of development-breakthrough employed against excavators. Work is to compare the difficulty of excavators according to selected criteria. The work shows the possible direction of modern excavators over the coming years.

Keywords

excavatorsevolution, cyclically working excavators, continuously working excavators, comparative criteria

Obsah

1. Úvod	10
2. Cíl a metodika	11
3. Literární rešerše	12
3.1 Základní části rypadel.....	12
3.1.1 Podvozek.....	12
3.1.1.1 Pásové podvozky.....	12
3.3.1.1.1 Delta – podvozek.....	14
3.1.1.2 Kolové podvozky.....	15
3.1.1.3 Kolejové podvozky.....	16
3.1.1.4 Kráčivé podvozky.....	16
3.1.2 Otočná část	17
3.2 Rozdělení rypadel	18
3.2.1 Základní dělení.....	18
3.3 Cyklicky pracující rypadla pro zemní práce	19
3.3.1 Rypadla lopatová	19
3.3.1.1 Mechanická rypadla.....	19
3.3.1.2 Mechanické pracovní orgány.....	20
3.3.1.2.1 Výšková lopata	20
3.3.1.2.2 Hloubková lopata	21
3.3.1.2.3 Vlečný koreček	22
3.3.1.2.4 Drapák	24
3.3.1.3 Hydraulická rypadla	25
3.4 Kontinuálně pracující rypadla pro zemní práce.....	27
3.4.1 Kolesová rypadla.....	28
3.4.2 Korečková rypadla	29
3.4.3 Sdružená rypadla	30
3.5 Speciální rypadla	31
3.5.1 Rypadla s teleskopickým výložníkem	31
3.5.2 Tunelová rypadla	31
3.5.3 Mikro a minirypadla	32

3.5.4 Traktorový typ rypadla	33
3.6 Vývojová řada rypadel.....	33
3.6.1 Vývoj rypadel	33
3.6.2 Vývojová řada cyklicky pracujících rypadel	37
3.6.3 Vývojová řada kontinuálně pracujících rypadel	41
3.7 Porovnání podle zvolených kritérií	44
3.7.1 Porovnání cyklicky pracujících rypadel.....	44
3.7.2 Porovnání kontinuálně pracujících rypadel.....	46
4. Závěr.....	48
5. Seznam použitých zdrojů	50
10. Přílohy	52

Seznam tabulek, grafů a obrázků

Tabulka č. 1: Závislost obsahu korečku na délce vyložení.....	23
Tabulka č. 2: Vybraná kolová rypadla pro porovnání.....	44
Tabulka č. 3: Vybraná pásová rypadla pro porovnání	44
Tabulka č. 4: Nasazovaná rypadla společností PRODECO, a.s.....	46
Graf č. 1: Těžba hnědého uhlí v ČR do roku 2000.....	42
Graf č. 2: Objem lopat vybraných kolových a pásových rypadel.....	45
Obrázek č. 1: : Nakladač 277C s delta - podvozkem	14
Obrázek č. 2: Schéma sdruženého rypadla.....	30
Obrázek č. 3: Přístavní pásový jeřáb 6100 HD	36
Obrázek č. 4: Otisovo parní rypadlo patentované roku 1839.....	38

1. Úvod

V povaze člověka je vykonávat práci tak, aby si jí co nejvíce usnadňoval a vymýšlel různá vylepšení, která výrazně zrychlí jeho práci. Jednotlivé nápady dokázal postupně realizovat v podobě nářadí vylepšeném na takovou úroveň, která se přibližovala stavebním strojům. Aby si práci ulehčil i s těmito nástroji, použil jako pohonnou jednotku zvířata. Později však možnosti zvířat nebyly dostačující. Zvrat nastal vynálezem parního stroje, který byl použit na prvních skutečně výkonných strojích. Právě zde nalézáme počátek vývoje stavebních a těžebních strojů, ve kterých mají největší zastoupení rypadla.

Rypadlové stroje mají za sebou celou řadu vývojových stupňů, které vždy těmto strojům pomohly k dalším významným krokům v jejich vývoji. Pokroky se nevztahovaly pouze na rypadla, ale vždy se dotýkaly všech stavebních strojů. Důležité ale je si uvědomit, že právě rypadlové stroje stály a stojí na prvním místě v nasazování do zemních prací, a proto se všechny nově vyvinuté prvky přednostně využívají u nich. Často to znamená, že nově zkonstruované rypadlo udává cestu ve vývoji ostatním strojům.

Jedinečnost rypadel spočívá v tom, že jsou ve většině zemních činností předcházející všem dalším návazným pracovním operacím. Z toho vyplývá, že je na ně kladen značný důraz, aby byla co nejvýkonnější, spolehlivá, rychlá a často i přesná.

Rozmanitost druhů rypadlových strojů je dán množstvím firem, které se zabývají jejich konstrukcí a výrobou. Z pravidla bývá, že každá významná firma vyrábějící tyto stroje se prosadila představením nového typu rypadla, které bylo spojeno s novou technologií ve stavební nebo těžební zemní činnosti. U nově vyrobených rypadel se často jednotlivé firmy opírají o své rozsáhlé teoretické i praktické znalosti z minulých let. Zkušenosti spojují s moderními prvky, a tím dosáhnou dokonalého vyřešení stroje a všech jeho dílů, aby splňoval vysoké nároky dnešní technicky vyspělé doby.

Náplní práce moderního konstruktéra je vylepšovat jednotlivé části rypadla tak, aby jako celek dosahovala lepších vlastností. Vývoj techniky je již na takové úrovni, že jsou často konstruktéři nuceni vycházet z nových metod výpočtů, které vyplývají z nových matematických a fyzikálních teorií.

Konkurence schopná firma často zajišťuje prostor inženýrům, kteří pracují na svých výzkumech vyplývajících často z jejich fantazie, jelikož zde vidí cestu dalšího vývoje strojů.

2. Cíl a metodika

Hlavním cílem bakalářské práce je nalezení významných vývojových období od počátku vývoje rypadlových strojů po současnost a uvést u nich příklady rozvojově průlomových nasazovaných rypadel. Práce by měla ukázat možný směr moderních rypadel v průběhu budoucích let.

Rypadla jsou pracovní nejčastěji nasazována ze všech stavebních i těžebních strojů, proto je velmi důležité u každého druhu vyzdvihnout jejich výhody a nevýhody oproti ostatním strojům. Tento rozbor se v praxi uplatňuje při volbě rypadla na konkrétní činnost, kde může rozhodovat i sebemenší konstrukční nebo technická výhoda. Je to dáno tím, že rypadla nejsou ve většině případů určena pouze pro jednu činnost. Proto se tato práce bude v úvodní popisné části věnovat jednotlivým druhům rypadel, u kterých popíše jejich pracovní proces a hlavní konstrukční části, vyzdvihne výhody a nevýhody a vysvětlí jejich uplatnění v zemní činnosti.

Hlavní práce se bude nejprve obecně zabývat historií vývoje rypadel, kde časově ukáže jejich významné vývojové stupně. Následující část bude věnována vývojem cyklicky a kontinuálně pracujících rypadel, která budou popisována podle jednotlivých prvně vyrobených strojů, které udávaly směr následujícího rozvoje. Práce by měla ukázat, jak se rypadla konstrukčně měnila v jednotlivých zlomových obdobích ve vývoji techniky, a hlavně kdy se jaké druhy rypadel začaly využívat. Jelikož moderní rypadla zahrnují mnoho strojů, v práci budou vyjmenovány pouze významné firmy, které se zasloužily o jejich vývoj.

Ztížením práce je porovnání rypadel podle zvolených kritérií, která budou porovnávána zvláště jako cyklicky a kontinuálně pracující. U cyklicky pracujících rypadel se bude jednat o moderní hydraulická pásová a kolová rypadla střední váhové kategorie různých výrobců. Kontinuální rypadla budou zaměřena, pro zjednodušení, na rypadla nasazována společností PRODECO, a.s.

Práce je vypracovaná z odborné literatury zabývající se stavebním a těžebním strojům pro zemní činnost. Dále čerpá z internetových stránek, které doplňují tištěnou odbornou literaturu o nové poznatky a údaje o rypadlech jednotlivých výrobců. Vývoj a porovnání kontinuálních rypadel je podložen firemní literaturou.

3. Literární rešerše

3.1 Základní části rypadel

3.1.1 Podvozek

Podvozek je jednou z nejdůležitějších částí rypadlového stroje. Jde o prvek, který umožňuje rypadlu vykonávat vlastní pohyb. Přesun stroje je možný jak na pracovišti, tak na jiná pracovišti v menších vzdálenostech. U větších rypadel bývá zvykem doplnit podvozek o přídatné opěry pro stabilitu stroje při pracovním procesu [Jandouš, 1978].

U rypadel se využívá především pásového (housesnicového), kolového, kolejového a kráčivého podvozku.

Podvozek musí rypadlu zajišťovat vhodnou stabilitu a prostupnost v terénu. Význam podvozku spočívá hlavně v přenosu hmotnosti rypadla a veškerých nahodilých sil na pojezdovou plochu. Dále pak zajišťuje rovnovážný stav při práci a pohybu stroje, podvozek musí rovnovážně rozložit přenášenou hmotnost na pojezdovou podložku, měl by být odolný proti znečištění, a také spolehlivě pracovat v různých klimatických podmínkách a být bezpečný pro své okolí na pracovišti [Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996].

3.1.1.1 Pásové podvozky

Pásové podvozky jsou nejpoužívanějším typem podvozků pro většinu rypadel jak cyklicky, tak i kontinuálně pracujících v zemní činnosti. Důvodem je jejich všestranné použití ve všech druzích zemin [Jandouš, 1978]. Často se používá v těžších podmínkách, kde musí mít stroj potřebnou trakční sílu a být schopen dobré průchodnosti terénem. To je například při pracích v zamokřených a neúnosných zeminách. Podvozek má kladný vliv na stabilitu rypadla při pracovním procesu.

Uplatňují se převážně u středně velkých lopatových rypadel, korečkových a kolesových, která dosahují velmi vysokých hmotností. Pásový podvozek pomáhá roznášet tuto hmotnost do podložky, a tím získáme nízké měrné tlaky na zeminu [Vévoda, 1983].

Přednost pásových podvozků spočívá v nízkých silových tlacích v místě styku pásové plochy s podložkou. Mají značný záběrový účinek, takže dovolují přenášet výrazné hnací a brzdící síly.

Mezi značné nevýhody pásového podvozku patří pořizovací cena, náklady na údržbu nebo opravu a vysoká hmotnost [Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996; Vévoda, 1983].

Základní části pásového podvozku jsou orientovány okolo hlavního podélného nosného rámu, na kterém je připevněno hnací řetězové kolo a druhé kolo vodící s napínacím ústrojím. Pod hlavním rámem jsou pojezdové kladky a nad ním jsou naopak kladky podpěrné, plní ale společnou funkci přenášení vertikálních a horizontálních sil do podélného rámu. Celé toto ústrojí je obeháno článkovým pásem, který je nasazen na hnacím a vodícím kole spolu s pojezdovou a podpěrnou kladkou [Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996].

Základní systémy jsou posuzovány podle počtu pásů, konstrukce a uspořádání kladek.

Podle počtu pásů rozeznáváme podvozky dvoupásové, které jsou jednoduché a nejvíce používané. Jejich pojezdová rychlost bývá z pravidla do $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Jsou využívány u méně hmotných lopatových rypadel.

Třípásový systém podvozku se využívá v ojedinělých případech, kdy rypadlo svojí tíhu přenáší mimo jeho osu. Zde zajišťují rovnoměrné přenášení hmotnosti rypadla na podložku. Jsou to rypadla např. pro rýhování příkopů, kde je výložník s pracovním orgánem zavěšen na boční straně stroje.

Podvozek složený ze čtyř pásů je náhradou podvozku se dvěma pásy, kde vzhledem k vysoké hmotnosti rypadla byla tato změna potřebná. Pásky jsou poháněny vlastním elektrickým pohonem.

Znásobením třípásových nebo čtyřpásových podvozků dostaneme podvozky vícepásové, které se běžně používají u nadměrně těžkých rypadel a hlavně u kolesových rypadel [Vévoda, 1983].

Jednotlivé pásy jsou poháněny vlastním hydromotorem, který přes koncový převod pohání hnací kolo podvozku [Jelínek, Bělka, Mudra, Svačina, Vaněk, 1989].

Podle konstrukce a uspořádání kladek, lze rozdělit pásové podvozky na málokladkové a mnohokladkové.

Málokladkové podvozky jsou sestaveny jenom s několika nosných kladek. Toto řešení je vhodné pro hrubé a kamenité pojezdové povrchy. Jejich nevýhoda je v nerovnoměrném přenosu tíhy stroje na podložku. Vzniká pak pod kladkami větší tlak než

mezi kladkami, kde se pás prohne. Proto se v měkkých terénech tento typ podvozku propadává do zeminy, a tím se zvětšuje odpor proti pohybu. Používají se při práci v lomech.

Mnohokladkové podvozky jsou blízko sebe a jejich počet je mnohonásobně větší než u málokkladkových podvozků. Jsou používány v běžných provozech na měkkých zeminách. Tíha stroje se rovnoměrně rozloží, takže je každý článek pásu pod stálým tlakem [Vévoda, 1983].

3.3.1.1.1 Delta – podvozek

Jedná se o odpružený podvozek s gumovými pásy (Obrázek č. 1), který byl v nedávné době vytvořen firmou Caterpillar. Byl vyvinut především pro malá rypadla, ale jeho využití předčilo očekávání i u větších strojů.

Obrázek č. 1: Nakladač 277C s delta - podvozkem



Zdroj: <http://www.truck1.eu>

Vzhledem k zatížení terénu dosahuje tento typ podvozku nejmenších hodnot ze všech používaných podvozků, proto se velice často využívá. Dosahuje dlouhé životnosti, je velice výkonný a jeho údržba je velice jednoduchá. Systém odpružení zlepšuje přilnavost pásů v náročném terénu, čímž se zvyšuje prostupnost a stabilita stroje při manipulaci s materiálem.

Konstrukce podvozku je velice podobná běžným pásovým podvozkům, ale aby dosahovala delší životnosti, jsou v ní používána kónická ložiska a pečetě na předních kladkách. Napínací systém je velice zjednodušen, že se rychle a snadno dokáže přizpůsobovat různým terénům [<http://www.topstroje.cz>].

3.1.1.2 Kolové podvozky

Rypadla na kolovém podvozku jsou často řešena tak, že nemají vlastní podvozek, ale využívají univerzálního podvozku, který lze měnit v závislosti na vykonávaném druhu zemní práce či přepravě na jiné pracoviště. Kolové podvozky jsou používány tam, kde potřebujeme zajistit dobrou pohyblivost na staveništi a časté přemísťování stroje mezi různými pracovními místy. Podvozek musí spolehlivě přenášet hmotnost celého rypadla a dodržovat vhodnou stabilitu při pracovním procesu. Nejsou vhodná do nestabilních terénů, proto se pohybují na zpevněném pojezdu nebo silničních komunikacích [Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996; Vévoda, 1983].

Předností těchto podvozků je snadná údržba, ale je nutné dodržovat různá pravidla provozu, tedy vyhýbat se přetěžování pneumatik a práci při zvýšeném prokluzu. V neposlední řadě je nutné dodržovat správné hutnění pneumatik a dbát na ochranu před poškozením, zvláště před pojezdem přes tvrdé překážky, kterými mohou být například kameny, koleje, suť atd. [Vévoda, 1983].

Dynamická zatížení vznikající především na tvrdších terénech a jsou nižší než u pásů, tudíž je podvozek méně opotřebováván.

Rypadlo s kolovým podvozkem neničí povrch vozovky a dosahuje pojezdové rychlosti $35 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, proto nepotřebuje vlastní dopravní prostředek pro přesun na jiná stavenišť.

Z hlediska objemu lopaty jsou kolové podvozky používány do objemu $1,3 \text{ m}^3$, u lehkých zemin až do $1,5 \text{ m}^3$ [Vaněk, 2003].

Podvozky kolových rypadel jsou vždy doplněny přídatným zařízením v podobě opěr, které vyřazují odpružení podvozku během pracovního procesu. Jsou vysouvána a přitlačována k pojezdové ploše tak, že vyřazují z provozu podvozek. Tím se zvýší stabilita a výkonnost rypadla. Jejich ovládání může být mechanické, ale více se využívá hydraulické, které je rychlejší a spolehlivější. Opěrný mechanismus je konstruován tak, aby zajišťoval vhodnou stabilitu v různorodých terénech, a při zasunutí do podvozku nijak nebránil rypadlu v pohyblivosti.

Druhy pneumatik volíme vzhledem k terénu v místě pracoviště. Základní vzory pneumatik se odlišují pro tvrdé, soudržné, písčité zeminy, vozovky a tvrdou půdu [Vévoda, 1983].

Funkční vlastnosti kolových podvozků se dají shrnout do čtyř bodů. V prvním bodě kola kolového podvozku přenášejí kroutící pohyb přivedený z hnacího agregátu v podobě translačního pohybu. Druhým funkčním bodem je přenášení tíhy stroje a všech ostatních zatížení při pracovním procesu do podvozku, který dané výsledné tíhové síly převede přes kola na terénní podložku. Třetí důležitá vlastnost podvozku spočívá v natáčení kol tak, že docílíme změny pohybu rypadla. Posledním bodem lze vyzdvihnout vlastnost podvozku v odpružení celého stroje pomocí vlastních pneumatik [Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996].

Rychlost kolových podvozků lze rozdělit do tří skupin od nejpomalejších, které mají tzv. plazivou rychlost ($0-5 \text{ km.h}^{-1}$), přes rychlejší s tzv. terénní rychlostí (až 10 km.h^{-1}), po nejrychlejší s tzv. silniční rychlostí (až 20 km.h^{-1} , nyní až 35 km.h^{-1}).

Kroutící moment od hnacího motoru je přenášen na kola několika způsoby. Přenos může být čistě mechanický, který se u moderních rypadlových strojů nepoužívá. Z řídka kdy se využívá přenosu kroutícího momentu hydraulicko – mechanický. Častěji se tento přenos vykonává pomocí centrálního hyromotoru umístěného přímo na podvozku, hydromotory umístěnými v obou nápravách nebo hydromotory umístěných přímo v náboji každého hnacího kola zvlášť [Vévoda, 1983].

3.1.1.3 Kolejové podvozky

Dalo by se říci, že se používaly převážně v dobách již minulých, ale vzhledem k jejich přednostem jsou využitelné i v dnešní době. Nalezneme je u kontinuálních rypadel pro zemní práce, tedy u rypadel korečkových ve spojení se skrývkovým mostem, kolejových zakladačů a jiných strojů [Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996].

3.1.1.4 Kráčivé podvozky

Pro jejich hlavní vlastnost, a to velmi nízký kontaktní tlak na podložku, jsou kráčivé podvozky používané především u velmi hmotných rypadel (velkorypadel). Nahrazují pásové podvozky, které v těchto případech již nejsou využívány. Podvozek se skládá z mohutné opěrné desky a mechanického nebo hydraulického systému.

Nejdůležitější výhodou je, že přímočarý směr pohybu stroje je důsledkem úhlu natočení jeho otočné části. Posouvání tímto způsobem se vykoná po krocích mezi vlastním pracovním procesem. Další značnou výhodou tohoto podvozku je nízká konstrukční výška, která má kladný vliv na stabilitu rypadla.

U mechanického systému je pohyb zajištěn klikovým mechanismem, který je doplněn excentrem, křížákem, nebo ojnicí. Rypadlo se vždy zdvihne svisle o polovinu délky kroku.

Nevýhodou mechanicky ovládaného podvozku je neměnicí se délka kroku a silné rázy při dosedání opěrné desky.

Hydraulický systém využívá dvou párů hydraulických válců instalovaných na bocích otočného svršku. Vlastní pohyb začíná opřením lyžin, které pomocí prvního páru hydraulických válců nadzvednou a natočí opěrnou desku včetně celého stroje do potřebného směru. Druhý pár válců poté celé rypadlo posune o krok vpřed. Krok je doprovázen mírným kývavým pohybem otočného svršku z důvodu stability stroje. Při dalším kroku se vše opakuje. Délka kroku bývá 0,5 až 2 metry. Posun je plynulý bez rázů, a to má kladný vliv na opotřebení podvozku [Dražan, 1981].

3.1.2 Otočná část

Tato část rypadla je konstrukčně nejnáročnější, jelikož obsahuje veškeré zařízení pro rozvod pohonu a ovládání rypadla. Je připojena k podvozku pomocí otáčecího ústrojí, které dovoluje otočné části natočení až o úhel 360°. Otočné zařízení je sestaveno z ozubeného věnce s vnitřním nebo s vnějším ozubením, do něhož z otočné části zabírá pastorek, a tím vzniká otáčivý pohyb. Pro potřebu přenášení klopných momentů se pro uložení otočné části používají velkorozměrová valivá ložiska.

Součástí otáčecí části jsou poháněcí motor opatřený krytem, výložník s pracovním nástrojem, části pro přenášení hnacího momentu samostatně poháněným pracovním ústrojím, protizávaží (pouze u některých rypadel) a stanoviště řidiče (kabinu).

Kabina je konstrukčně nejsložitější, protože jsou v ní uloženy veškeré ovládací a řídicí prvky.

Musí splňovat vysoké nároky na ergonomické a hygienické normy, a předpisy na životní prostředí. Je nutné ji umístit co nejdále od stroje, aby byl řidič co nejméně obtěžován hlukem a teplem od motoru. Kromě vhodného umístění musí být kabina strojníka prostorná, umožňovat maximální výhled do všech stran, klimatizována,

zabezpečovat nízkou hlučnost, mít vhodné uspořádání ovládacích mechanismů a splňovat konstrukční pevnost proti nárazům [Vaněk, 2003; Jandouš, 1978].

3.2 Rozdělení rypadel

3.2.1 Základní dělení

Jedná se o velice rozsáhlé druhy zemních strojů, které lze rozdělit do mnoha kategorií jak strojových, tak pracovních.

Základní rozdělení, které je nejvíce preferované rozdělení je rozdělení v průběhu pracovního procesu v čase. Z tohoto hlediska mohou pracovat cyklicky nebo kontinuálně [Vévoda, 1983].

Rypadla mohou být dále rozdělena podle konstrukčního provedení na jednoúčelová, univerzální, teleskopická, s nakládací lopatou a tunelová.

Jednoúčelová rypadla se používají pouze pro činnost, na kterou byla sestrojena a na jinou práci nemůžou být konstrukčně upravena. Univerzální (víceúčelová) rypadla naopak dovolují snadnou a rychlou konstrukční úpravu, která změní celkový účel a schopnost stroje. Jedno rypadlo pak může používat širší sortiment pracovního zařízení. Teleskopická rypadla s vysouvacím výložníkem přímým nebo děleným jsou pro jejich mobilitu především určené pro dokončovací práce. Využívají různé druhy pracovních orgánů. Rypadlové stroje s nakládací lopatou jsou využívány při pracích, kde je potřeba nabírat a vykládat zeminu nad i pod úrovní terénu. Pro stísněné prostory jsou využívána tunelová rypadla, která jsou konstruována speciálně pro tuto práci.

Podle mobility stroje se rypadla dělí na samohybná (kráčivá), samojízdná, přípojná a přívěsná. U samohybných rypadel zajišťuje pohyb stroje pracovního zařízení. Podvozku pak chybí vlastní pohon. Rypadla s vlastním pohonem podvozku jsou samojízdné. Přípojně rypadlo je přemísťováno tahačem, takže nemá vlastní motorickou sílu pro mobilitu stroje. Přívěsné rypadlo má na pomoc tažné vozidlo, které je k němu přimontované a nese značnou část váhy rypadla [Vaněk, 2003].

Vlivem moderních technologií, které postupně vstupovaly do vývoje rypadlových strojů, se začalo využívat hydraulických systémů. Rypadlové stroje se tedy začaly dělit i podle způsobu transformace mechanické energie pro pohon všech částí pracovního orgánu, výložníku i dalších zařízení stroje. Samotné dělení je na mechanická a hydraulická rypadla [Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996; Vaněk, 2003].

V neposlední řadě je velmi užitečné rozdělit si řadu rypadel podle způsobu pohonu. Většinou jsou poháněna spalovacím motorem (hlavně naftovým vznětovým), ale jsou případy, kdy vhodným druhem pohonu se stává elektrický motor. Spojením těchto dvou motorů dostáváme kombinovaný pohon, který pro svou dualitu dosahuje v zemní činnosti lepších pracovních výsledků [Vaněk, 2003; Jandouš 1978].

3.3 Cyklicky pracující rypadla pro zemní práce

Charakteristika cyklicky pracujících rypadel spočívá v přerušovaném způsobu těžby v čase [Vévoda, 1983].

3.3.1 Rypadla lopatová

Jsou nejvíce nejrozšířenější strojní technikou při zemní činnosti. Vykonávají cyklický způsob práce jedním pracovním orgánem, který je zastoupen převážně lopatou, vlečným korečkem nebo drapákem. Jednotlivé orgány budou podrobně popisovány níže.

Těmito orgány mechanicky dělí zeminu tak, že jí rozpojí a naberou. Objem této zeminy se v následné fázi pracovního cyklu přemístí do cílového místa. Prostorový přesun vykoná stroj pomocí výložníku otáčejícího se okolo vlastní osy a oklápěním pracovního orgánu. Půda může být shromážděna na volném prostranství na hromadě, anebo naložena do dopravního prostředku [Jandouš, 1978].

Výhody těchto strojů jsou především v konstrukční koncepci, kde může stroj univerzálně používat více pracovních nástrojů pro různé množství činností. Tímto mají lopatová rypadla zajištěnou velmi širokou použitelnost v pracích na nejrůznějších stavbách, či jiných zemních pracích. Mají výborný potenciál i v těžbě, kde jsou schopna rozrušovat velmi kvalitní druhy tvrdších zemin. Dokáží se pomocí vhodné volby podvozku pohybovat po různorodých terénech, ale musíme dávat důraz na stabilitu stroje, která by mohla snížit maximální rypné síly.

Hlavní rozdělení lopatových rypadel je podle typu ovládání činných pohybů stroje. Ještě v nedávné době by se toto rozdělení nepoužívalo. Vlivem moderních technologií se postupně mezi stroje mechanické začala začleňovat do pohyblivých i pohonných jednotek lopatových rypadel i hydraulika [Vévoda, 1983].

3.3.1.1 Mechanická rypadla

Mají velice složité mechanismy, které jsou rozvětvené pomocí lan ke všem pohyblivým částem stroje. Konstrukce je tedy velice mohutná, jelikož musí obsahovat

mnoho lanového ovládání, převody, spojky, výložník a velice rozsáhlé brzdy. Největší pozornost na údržbu se musí vkládat právě do brzdového systému, kde vznikají časté poruchy. I přes to si uhájí své postavení v činnostech, které vyžadují nutné pracovní požadavky vzhledem na dosahy stroje, tedy hlavně pro použití vlečného korečku nebo drapáku [Vévoda, 1983].

3.3.1.2 Mechanické pracovní orgány

Mechanické pracovní nástroje neboli pracovní orgány, mají různé funkce, použitelnosti a pracovní postup těžby. Tyto vlastnosti budou dále řešeny pro jednotlivé nástroje pracující se základním pracovním ústrojím, mezi které patří výšková a hloubková lopata, vlečný koreček a drapák. Nebude v řešení podvozek, strojovna ani ovládání rypadla. Postupný vývoj techniky změnil mechanické ovládání většiny pracovních orgánů za hydraulický [Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996; Vévoda, 1983; Jeřábek, 1992].

3.3.1.2.1 Výšková lopata

Rypadla s tímto nástrojem slouží k horizontálnímu rozrušení a nabrání zeminy, která je výškově nad terénní úroveň pojezdu stroje. Rozhodujícím faktorem na tloušťku (10 až 20 cm) při odstraňování zeminy je rozměr lopaty a rypná síla stroje. Vyplnění objemu lopaty by mělo být řízeno obsluhou stroje tak, že při jejím maximálním naplnění by měl břit lopaty překonat celou výškovou dráhu až po okraj dobývaného svahu. Tímto pohybem vzniká výsledná křivka svahu, která je závislá na vlastnostech odstraňované půdy a přesnosti řízení zdvihu lopaty. Stroj pracuje plynule, aby se zamezilo nadměrnému zatížení činných ústrojí. Při splnění těchto mechanických kritérií zvyšuje efektivita práce s rypadlem.

Mechanismus představuje statické pětičlenné ústrojí se dvěma stupni volnosti. Hlavní nosnou část stroje představuje sklápěcí výložník, ke kterému je připevněna otočná objímka. V ní je umístěna násada tak, aby se mohla výsuvně pohybovat. Konec násady je vybaven lopatou, která je pohybově závislá na ovládání zdvihového lana přes jednoduchý kladkostroj. Při pracovním pohybu lopaty se břit zarývá do svahu pomocí vysouvání násady.

K těžení zemin s menší objemovou hmotností lze použít otočnou násadu bez výsunu.

Jedná se o středně velké, konstrukčně jednoduché rypadlové stroje pro nenáročnou rypnou činnost, kde nevádí malý dosah stroje, nutnost popojíždění a nízká pohyblivost lopaty při nakládání zeminy do přepravního prostředku. Pro tyto nedostatky je nejvíce využívána výsuvná násada u větších druhů rypadel. Kinetický pohyb násady pro zdvih lopaty může být řízen závisle podle pohybu zdvihového lana nebo nezávisle se samostatnou náhonovou větví. Je možno využívat i kombinaci těchto ovládní [Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996; Vévoda, 1983; Jeřábek, 1992].

3.3.1.2 Hloubková lopata

Své uplatnění nalézá v zemních pracích, při kterých je potřeba vyhloubit jámu pod úroveň pojezdu rypadla. Se základním strojem má vysoké uplatnění při výkopu rýh pro stavební základy, inženýrské a jiné stavby.

Pracovní činnost lopaty spočívá v hloubkovém vniku břitu lopaty do půdy a následném stahování výložníku směrem k patě rypadla. Synchronizace těchto pohybů je ukončena naplněním objemu lopaty. Pojezdový pohyb spočívá v ustupování stroje vzhledem k postupu vykopané jámy. Při rozrušování zeminy břitem lopaty vznikají různé řezné odpory vlivem průběhu těžby. Tyto měnící se odpory mají vysoký vliv na výkonnost stroje, a proto se většinou jedná o menší statická rypadla.

Stále se opakující činnost stroje je zajištěna výložníkem, který je tažen mechanicky lanem hlavní větve kladky umístěné na vrcholu kozlíku. Kozlík je axiálně vztyčen do výšky tak, aby zvětšoval rameno zdvihové síly výložníku přes patní čep. Tažné lano dále pokračuje do strojovny rypadla, kde je vedeno přes zdvihací buben, který zajišťuje pohyb výložníku s lopatou kloubově připojenou. Hloubková lopata je ovládána přídatným lanem, které ovládá její nezbytné oklápění.

Vlastní dosah rypadla se pohybuje většinou mezi 4 až 6 metry. Hloubkový rypný dosah lze ovlivnit uspořádáním výložníku tak, že ho orientujeme kolmo nebo šikmo podél osy rypadla pomocí lomeného typu výložníku. Vždy by se mělo docílit překlenutí okraje podvozku, aby se zamezilo nebezpečí doléhání výložníku na hranu výkopu při maximální hloubce dosahu [Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996; Vévoda, 1983; Jeřábek, 1992; Vaněk, 1994; Jandouš, 1978].

Ve srovnání s výškovou lopatou bývají hloubkové lopaty o 20 až 30 % menšího obsahu [Jandouš, 1978].

3.3.1.2.3 Vlečný koreček

Rypadlové stroje s vlečným korečkem jsou zahrnuty do mnoha pracovních činností, kde je potřeba velikých dosahů nebo vyřešení problému s nepřístupností těžného místa. Obvykle mají tyto stroje dosah 10 až 20 metrů. U nastavovaných výložníků se tato vzdálenost zvětší na 30 až 60 metrů. Nejvíce jsou využívána při stavbách vodních kanálů a průplavů, těžbě písku z vody a dalších zemních pracích, kde lze využít přehoz zeminy, neboť rypadla mají velký poloměr otáčení. Zvládají velké půdní přesuny. Mohou pracovat pod terénem, a dokonce i pod vodní hladinou [Vévoda, 1983; Jandouš, 1978; Jeřábek, 1992; Jelínek, Bělka, Mudra, Svačina, Vaněk, 1989].

Konstrukce stroje je sestavena z dlouhého příhradového výložníku a korečku zavěšeného na (nosném) laně. Znamená to tedy, že pracovní orgán není pevně spojen s pracovní částí rypadla. Pohyb korečku je zprostředkován pomocí dalšího (tažného) lana, kterým je vybuzen vlastní pohyb těžebního nástroje. Vždy při rypném procesu musí být koreček natočen otevřenou částí s břity směrem k rypadlu. Ovládání korečku zajišťuje centrálně další lano, tzv. vyprazdňovací, které je uchyceno na tažném laně a přes jednoduchou kladku se vrací až na čelo korečku, kde je s ním spojen druhý konec lana [Vévoda, 1983; Jandouš, 1978].

Pracovní činnost je zahájena pohybem korečku horizontálním směrem k zemi pomocí povolování tažného lana. Břit se natočí do rypné polohy. Lano se spouští tak dlouho, než nástroj vnikne do půdy. Téměř před absolutním dosednutím korečku obsluha stroje lehce přitáhne tažné lano. Tím se nakloní břit směrem k zemině, která bude těžena. Následně se vlivem přitahování tažného lana začne odvíjet nosné lano a koreček s břity začne těžebním pohybem nabírat půdu. Objem pracovního nástroje se zaplňuje až do maxima, při kterém se přitáhne nosné lano, které musí být neustále napjaté. Tím se zvedne koreček nad úroveň pojezdu stroje a rypadlo se otočí kolem své osy až do polohy, kdy nástroj s výložníkem dorazí nad prostor pro vyprázdnění. Samotné vyprázdnění získáme po uvolnění tažného lana, kdy dojde k překlopení korečku. Rypadlo s výložníkem a pracovním orgánem se dále vrací do polohy nad těžební místo a pracovní úkon provede znovu [Jandouš, 1978].

Vliv na rovnováhu korečku má vhodné základní nastavení a konstrukční řešení lanových větví. Jde hlavně o správnou volbu místa pro zavěšení lan, které má zaručit rovnováhu mezi polohovou a silovou stabilitu nástroje při rypném procesu nabírání zeminy. V místech, kde je potenciál dotyku lana s rozrušenou zeminou, se lano nahradí

řetězy. Vždy se jedná o části lana u zavěšení ke korečku. Úprava se dělá proto, aby se lana neopotřebovala o zeminu tak, že by mohlo dojít k jejich deformaci. Navíc ještě napomáhá lepší stabilizaci korečku při rypné činnosti [Vévoda, 1983; Jeřábek, 1992].

Další možnost využití rypadla s korečkem na výložníku spočívá v upravení výložníku tak, že je natočen a vedení nosného lana vede přes kladku, která je uložena na výložníku do strany podél rypadla. Tato konstrukční úprava je vhodná pro vyhlubování, úpravu a čištění příkopů podél silničních komunikací. Rypadlo je tedy schopno odebírat zeminu podél pojezdu stroje, které se posunuje po komunikaci a tím se zamezí problému s vhodnou volbou podvozku rypadla [Jandouš, 1978].

Nejvýraznější problém těžební práce vlečného korečku spočívá v nevhodné plynulosti jeho záběru, kdy odpor zeminy není ve stabilitě se silami působícími na koreček. Problém vyřešil D. I. Fedorov tím, že břit korečku zbavil řezných zubů, takže rypný řez korečku byl náhle zajištěn pouze řeznou hranou o šířce čela nástroje. Vzniklá hrana se upraví do oblého tvaru, kde vrchol zakřivení je v polovině šířky orientován směrem k nabírané půdě. Tím se vyřeší plynulost práce korečku tak, že lépe vniká do zeminy a pomocí oblého tvaru břitu se dotýká zeminy v jednom bodě (ve střední části hrany), kde se soustředí vlastní tíha korečku. Navíc se snižuje rypný odpor a strnulost korečku. Návrh korečku je následně jednodušší, jelikož nemusíme dbát na jeho hmotnosti, ale postačí vyřešit pevnostní pracovní podmínky [Vévoda, 1983].

Tabulka č. 1: Závislost obsahu korečku na délce vyložení

Obsah korečku [m ³]	Délka výložníků [m]
0,3 - 0,4	7,5 - 12,5
0,6	10,5 - 15,0
1,0	13,5 - 21,0
1,5	15,0 - 27,5
2	18,0 - 30,0

Zdroj: Jelínek, Bělka, Mudra, Svačina, Vaněk, 1989, vlastní zpracování

V Tabulce č. 1 jsou přiřazeny obvyklé obsahy korečků k délkám využívaných příhradových výložníků [Jelínek, Bělka, Mudra, Svačina, Vaněk, 1989]. Vzestupná tendence těchto částí rypadla naznačuje, že čím jsou větší, tím mohutnější stroj bude potřeba k jejich pohonu a řízení. Délka výložníku tedy určuje výkonnost stroje.

3.3.1.2.4 Drapák

Rypadlové stroje vybavené drapákem se používají v takových zemních pracích, kde je potřeba přesunu sypkých zemin, zemin lehce rozpojitelných nebo zemin pod hladinou vodního toku či vodní plochy. Jejich využití je zejména v činnostech, kde potřebujeme nabírat zeminu svisle z hlubších děr (studny, šachty, úzké jámy apod.). V těchto a jiných případech, kde je nutno těžít i tělesa různých tvarů (např. kameny) se využívá vícečelistových drapáků, které jsou ovládány více lany. Vytěžená zemina se poté snadno nakládá na nákladní prostředek, vagón nebo hromadu. Stejným pracovním orgánem se z těchto manipulačních strojů zemina často i vykládá [Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996; Vévoda, 1983; Jandouš, 1978].

Stroj je sestaven z příhradového výložníku, který plní nosnou funkci. Na jeho konci je kladka, přes kterou jsou přehozena dvě lana pro ovládání drapáku.

U vícečelistových je těchto lan více. Jelikož jsou ale dvoulanové drapáky se dvěma čelistmi častěji využívané, budeme se dále věnovat pouze jim.

První lano (nosné) slouží ke svislému posunu drapáku a má nosnou funkci. Druhé lano (uzavírací) je dále vedeno přes další dvě kladky v místě uchycení drapáku nosným lanem a v mezičelistovém spojení. Čelisti jsou spojené tak, že se souměrně pohybují kolem společné osy v místě spojení obou čelistí. Pro společný svíravý pohyb jsou čelisti v horní části spojené táhly do horní kladky v místě uchycení k nosnému lanu [Vévoda, 1983].

Samotný pracovní úkon stroje začíná pootočením výložníku nad místo těžby, kde je spuštěno nosné lano s drapákem po svislé dráze až k zemi. Vlastní tíha drapáku způsobí otevření čelistí, které se zaryjí do půdy. Při vytahování uzavíracího lana dochází přes kladky k postupnému svírání obou čelistí. Po úplném sevření čelistí dojde k nabrání zeminy. Společným zdvihnutím nosného lana a natočením výložníku se drapák se zeminou dostane nad místo výsypu, kde je uvolněno uzavírací lano a dojde k vyprázdnění drapáku [Vévoda, 1983].

Ve srovnání s výškovou lopatou má drapák o zlomek menší objem pro nabírání zeminy. Jeho výkon je také pod úrovní výškové lopaty, protože délka jednoho pracovního úkonu trvá mnohem déle a navíc zaplnění prostoru zeminou mezi čelistmi vždy nedosahuje maxima. K největšímu úpadku výkonnosti rypadla s drapákem dochází při těžbě tvrdých

hornin. Úpadek činí 40% až 60%. Objem mezi čelistmi bývá standardně 0,5 až 2 m³ [Jandouš, 1978].

3.3.1.3 Hydraulická rypadla

Zahrnují veškeré rypadlové stroje používající hydraulickou soustavu k ovládní buď jedné, nebo více částí rypadla. Dominantní skupinou hydraulicky ovládaných rypadel jsou hydraulická rypadla lopatová. Jsou určeny pro manipulaci se zeminou (rozrušování a nakládání) převážně třídy I. až IV. podle ČSN 73 3050 popř. vlastnostmi podobných materiálů a hmot, mezi které patří uhlí, rašelina, vysokopecní struska, odstřelené nebo jinak rozdrčené kamenivo, sutě stavebního typu atd. Jejich hydraulická soustava plní funkci převádění hydraulické energie k jednotlivým spotřebním prvkům (hydromotorům), kterou přeměňuje z ryze mechanické energie poháněcího motoru. V hydromotorech se naopak přemění hydraulická energie na mechanickou energii pro pohon stroje. Funkční pohyby rypadla pomocí hydrauliky jsou pro pásový nebo kolový podvozek, otočný svršek, zdvih výložníku, ovládní násady, ovládní lopaty (hloubkové i výškové) nebo drapáku a otoč pracovního zařízení [Jeřábek, Helebrant, Jurman, Vořtová, 1996; Vaněk 2003].

Mezi hlavní části hydraulických mechanismů patří mnoho prvků. Většina z nich jsou součástí hydrostatického obvodu zahrnujícího jisté seskupení hydraulických částí, kterými cirkuluje tlaková kapalina. Takový obvod se skládá z několika důležitých částí, jako jsou tlaková vedení, odpadová vedení, hydrogenerátor, kapalinová nádržka, pojistný ventil, pístní tyč, rozvaděče a posuvné šoupátko. Obvod může být otevřený nebo uzavřený, kde otevřený systém vrací tlakovou kapalinu do nádržky po předání energie hydromotoru. Otevřený obvod slouží téměř vždy k pohonu stroje. Uzavřený obvod kapalinu nevrací přes hydromotor do nádržky, ale uzavírá okruh tím, že se vrací do hydrogenerátoru. Systém se používá u rotačního hydromotoru otoče. Téměř vždy se v jednom stroji nachází několik takových hydrostatických obvodů tvořících hydrostatickou soustavu.

Funkce hydrogenerátorů spočívá v dodávání tlakové kapaliny nepřetržitě nebo přetržitě do hydrostatického obvodu, který je pro svojí činnost nazývané jako převodníky. Mezi hlavní druhy hydrostatických generátorů patří zubové hydrogenerátory (s vnějším nebo vnitřním ozubením), šroubové (vřetenové), lamelové (s oválným statorem nebo rotorem), axiální (s rotující nebo neotočnou šikmou deskou), axiální se sklopnou pístovou částí, radiální s vnějším vedením pístů, pístový s excentricky uloženými písty a pístový řadový hydrogenerátor. Těmi nejpoužívanějšími jsou zubové a pístové. Zubové

hydrogenerátory jsou používány pro jejich jednoduchou konstrukci a výrobu, a také pro jejich spolehlivost a relativně nízkou cenu. Pístové hydrogenerátory umožňují vysoké tlaky a síly, a dokonce i proměnlivé množství dopravované tlakové kapaliny při regulaci velkého rozsahu.

Rozvádění tlakové kapaliny k samostatným spotřebičům, regulace průtoku hrazením (jedním nebo oběma směry) a uzavírání nebo otevírání kapalinových cest je zajištěno pomocí rozvaděčů, zpětných ventilů a hydraulických zámků.

V momentě, kdy je třeba akumulovat nadbytek tlakové energie kapaliny v hydraulickém obvodu, se tato energie nahromadí do tzv. hydraulických akumulátorů. Jedná se o zásobníky s kapalinou pod neustálým tlakem vyšším než atmosférickým. Při vlastním procesu hydraulického pochodu hydraulické akumulátory doplňují rozdíly mezi potřebnou energií u spotřebičů a střední hodnotou energie dodávající hydrogenerátorem [Vaněk 2003].

Uspořádání jednotlivých pracovních ústrojí hydraulického rypadla je totožné se skladbou mechanických soustav ztrácejících stupně volnosti až úplně znehybní. Tím nabudou schopnost přenášet vnější zatížení.

Základní části hydraulických rypadel jsou obdobné jako u mechanických rypadel. Těmito konstrukčními celky jsou podvozek (kolový nebo pásový), horní otočná stavba a pracovní orgán (hloubková, výšková lopata nebo drapák). Konstrukce hydraulického rypadla je sestavována stavebnicově, kde horní otočná stavba tvoří základní část stroje. To dovoluje připojovat různé typy pracovních orgánů a podvozků k této základní části a splnit tím požadavky uživatele a technologie práce rypadla. U kolových podvozků se jedná o malá rypadla malých hmotností, která jsou využitelná k přesunu po pracovišti a po komunikacích, na kterých musí splňovat podmínky silničního provozu. Naopak pásové podvozky jsou využívány u rypadel větších hmotností pro práci v komplikovanějších terénech [Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996].

Pracovní ústrojí většinou využívá k těžebnímu procesu působení tří hydromotorů s přímočarým pohybem, a to výložníku, násady a lopaty. V porovnání s mechanickými rypadly jsou hydraulická rypadla pokročilejší ve všech směrech, a proto jejich výroba už dávno překonala mechanická rypadla. Přednosti jsou znatelné především v konstrukci a provozních možnostech stroje.

Ovládání pomocí hydrauliky umožňuje silové působení v obou směrech pohybu nástroje, a to u mechanických rypadel nebylo možné.

Níže popsané výhody hydraulických rypadel odpovídají nedostatkům mechanických rypadel.

Mají vysoké rypné síly, které jsou důsledkem využití tíhy rypadla při záběru lopaty do zeminy, a také výhodné kinematické pohyby lopaty, protože mají k dispozici tři silově ovladatelné pohyby výložníku, násady a lopaty. Lopata má svůj vlastní pracovní pohyb, který jí dává lepší možnosti ve vnikání do těžebního materiálu.

Jejich konstrukce je znatelně jednodušší, jelikož u hydraulických rypadel není potřeba tolik spojek, lanových bubnů a ozubených kol jako u mechanických rypadel.

Samostatná ochrana před přetížením stroje, která je omezena vzhledem na maximální nastavení pojišťovacího ventilu. Tímto snížíme poruchovost stroje a naopak zvýšíme jeho spolehlivost.

Vykazují velké výsledné silové převody, které jsou dané jednoduchými prvky mechanického původu. Výsledná síla závisí na výši tlaku v hydraulickém okruhu. Dosahuje se tlaku přibližně v rozmezí 10 – 35 MPa.

Kromě vypsaných předností má hydraulický systém i jisté nevýhody, na které je nutno nezapomínat. Výroba a údržba jejich hydraulických prvků je náročná, a proto je jejich pořizovací cena značně vyšší. Rypadla jsou také omezena malým dosahem, a proto jsou ve značné nevýhodě v práci s vlečným korečkem s drapákem. Do budoucna to zajišťuje stále volný prostor mechanickým rypadlům [Vévoda, 1983].

3.4 Kontinuálně pracující rypadla pro zemní práce

Stroje pracují plynule bez přerušení, jsou tedy často nazývána jako rypadla s nepřetržitým pracovním chodem. Jedná se hlavně o rypadla kolesová a korečková, ale do této skupiny jsou zahrnuty i rýhovače a zemní frézy [Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996].

Do této řady rypadel patří stroje s velkým rozsahem prací pro zemní činnost. Tyto strojní soustavy jsou nejvíce používané v průmyslovém odvětví zemních prací – těžba skrývky, plošná těžba užitkových surovin, těžba uhelných ložisek, apod. [Vaněk, 2003; Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996].

U těchto nepřetržitě pracujících rypadel je zvykem, že těžící pracovní proces se dělí do více fází, které samostatně pracují se svým vlastním ústrojím. Těžbu tedy vykonává kontinuálně pracující rypadlo, ale manipulace s vytěženou zeminou je uskutečněna pomocí pásového dopravníku.

Toto přináší velikou výhodu při návrhu jednotlivých částí pracovního ústrojí tak, že se mohou konstruovat zvlášť pro svou část pracovního procesu. Vede to ke zvýšení efektivnosti jednotlivých částí, a to má za následek zvýšení výkonnosti celého pracovního ústrojí.

Vzhledem k vysoké pořizovací ceně těchto strojů nalezneme jejich uplatnění z velké části jen u vysoce využívaných kontinuálních rypadel. Potenciálně menší stroje pro tuto pracovní činnost je lepší nahradit univerzálnějšími stroji s cyklickým způsobem práce [Vévoda, 1983].

3.4.1 Kolesová rypadla

Kolesová rypadla lze rozdělit do dvou skupin - rypadla pro plošnou těžbu a rypadla pro výškovou těžbu. Rozdělení vychází z technologických hledisek níže vyjmenovaných [Vaněk, 2003].

Pracovním orgánem představuje rozměrově mohutné koleso, které slouží k rozrušení zeminy a vyklápění (působením gravitační síly) do strany k její manipulaci až na pásový dopravník umístěný v ose kola. Kolesové rypadlo vykonává pracovní proces, který připomíná činnost velké půdní frézy.

Konstrukce kola je složena z plochého válce nebo komolého kužele, který rotuje kolem své středové osy. Koleso je vyztuženo a na jeho obvodu jsou pevně připevněna jednotlivá korečku. Tvar a konstrukce korečku jsou velice důležité vzhledem k vlivu rozpojitelosti zeminy [Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996].

Stroj kontinuálního těžení je sestaven z několika hlavních částí. Kromě kola jsou to konstrukční prvky jako spodní část, která představuje pásový nebo kolejový podvozek. Na podvozku je otočná část se strojovnou a kabinou sloužící pro obsluhu rypadla. K ní je z boku připojen kolesový výložník příhradový, nebo teleskopický, na kterém je letmo připevněno pracovní koleso. Ostatní části rypadla slouží jako pomocné. Jedná se o staticky vyvažovací části (závaží nebo vyvažovací výložník), pásové dopravníky (přesun zeminy na dopravní prostředek), podpěrný podvozek (u velkých rypadel, kde je potřeba uložit spojovací most s odkládacím dopravníkem pro manipulaci se zeminou k místu vyložení) a

další zařízení, která jsou u různých druhů rypadel lehce rozdílná. Většinou jsou části rypadla poháněna elektromotorem.

Mohutná rypadla tohoto typu jsou konstruována tak, aby měla co nejmenší hmotnost pro jejich přesun. Proto jsou převážně sestavena z ocelových prutových konstrukcí. Najdeme celou škálu typů kolesových rypadel, která jsou konstruována podle způsobu použití, potřebného výkonu, místa použití, atd. [Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996; Vaněk, 2003].

Kinematický proces těžby hornin kolesovým pracovním nástrojem je zprostředkován rotačním pohybem pracovního orgánu, postupným posuvným pohybem kolesového výložníku a výsuvným pohybem kolesového výložníku [Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996].

Nejdůležitější parametry těchto rypadel představuje jejich výkonnost (buď v metrech krychlových za hodinu, nebo v tunách za hodinu vytěžené zeminy), průměr kola, počet korečků, objem korečků, obvodová rychlost kola, délka odkládacího výložníku, výška řezu v maximu a celková hmotnost stroje [Vaněk, 2003].

3.4.2 Korečková rypadla

Uplatňují se při stavbách kanálů pro vodní toky, k úpravě terénu, v hnědouhelných dolech a na pískovnách. Mohou dosahovat až gigantických rozměrů.

Využívají stejného pracovního orgánu jako cyklicky pracující korečková rypadla, ale vzhledem ke kontinuálnímu procesu se jedná o ústrojí složené z několika hlavních částí, tedy z horní a spodní stavby, korečkového vodiče s řetězem, pohonné části, dopravníků a podvozku. Jejich pracovní postup se liší v manipulaci se zeminou tak, že se u těchto rypadel nepřetržitě přepravuje pásovými dopravníky. To znamená, že rypadlové ústrojí může pracovat v nepřetržitém režimu, což u cyklicky pracujícího korečkového rypadla nebylo možné.

Podvozek může být kolejový, kráčivý nebo housenicový. Je volen podle využití rypadla a terénních možností. Zajišťuje přímočarý pohyb do strany, který je nedílnou součástí pracovního rozpojovacího procesu. Spodní stavba je otočná a spojuje stroj s podvozkem. Horní stavba se skládá z výložníku, v němž je pásový dopravník pro vynášení zeminy. Dále jsou na něm zavěšena pracovní lana a zařízení pro pohon řetězu dobývacího ústrojí. Výložník horní stavby se může po spodní stavbě pohybovat radiálně.

Oddělovací schopnost stroje dosahuje k hodnotě $180 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$. Rychlost korečkového řetězu se pohybuje maximální rychlosti $1,61 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

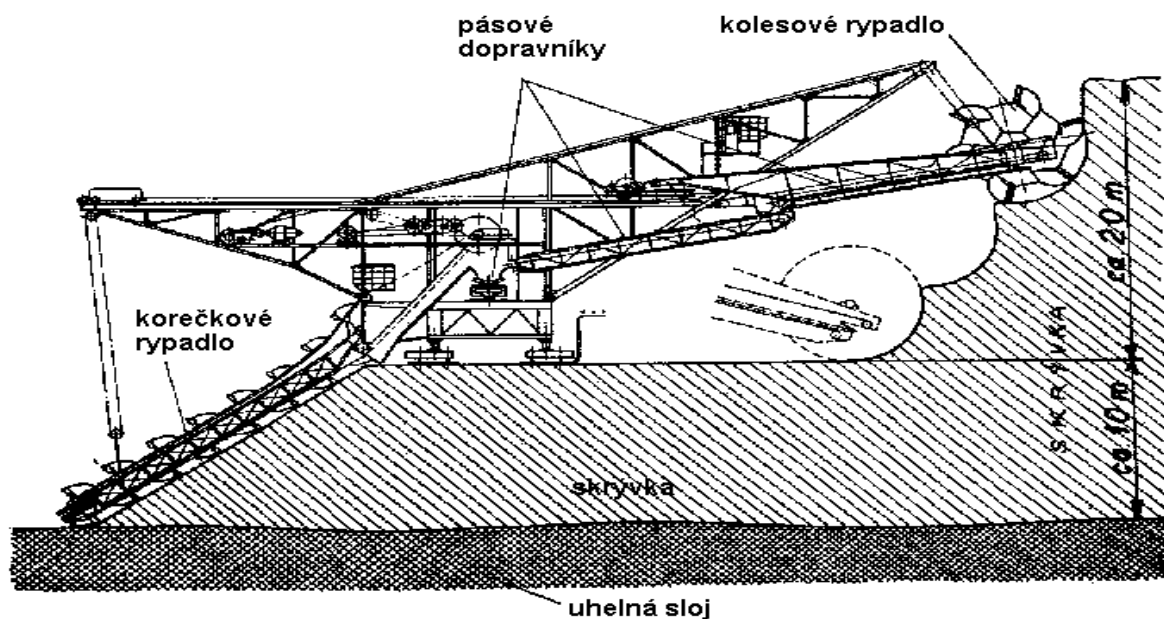
Synchronizací pohybů pracovního ústrojí docílíme procesu rozpojování, který je závislý na přímočarém pohybu korečkového řetězu s přímým bočním pohybem nebo otáčením horní stavby, a v neposlední řadě s pohybem postavení celého stroje.

Pracovní ústrojí pro těžbu materiálu je sestaveno z korečku, korečkového řetězu a korečkového vodiče, který může být dělený nebo nedělený. Nedělený korečkový vodič se využívá při práci na hliništích a pískovnách, kde řetěz není veden, ale je volně tažený. V dolech na hnědé uhlí se využívá dělených korečkových vodičů, které mají vlastní řízení korečkového řetězu [Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996].

3.4.3 Sdružená rypadla

Spojením korečkového a kolesového rypadla dostáváme sdružené rypadlo (Obrázek č. 2), které je velice efektivní při odstranění skrývky zeminy nad uhelným slojem. Zemina je pomocí pásových dopravníků přesouvána do středu stroje, kde je další pásový dopravník umístěn kolmo na první. Přebírá zeminu z prvního pásového dopravníku a dopravuje jí na hromadu nebo na dopravní prostředek. Velikou výhodou je, že každá část dobývacího ústrojí pracuje samostatně, čímž se zvyšuje výkon celého stroje. Skrývka může být odstraněna při první fázi těžby, takže se rypadla nemusí vracet k místu začátku pracovního procesu.

Obrázek č. 2: Schéma sdruženého rypadla



Zdroj: <http://www.hornictvi.info/prirucka/technika/uhli.htm>

3.5 Speciální rypadla

Jsou určena pro specifickou práci úzkého okruhu, kde využívají hydraulického nebo mechanického pohonu k těžení, přemísťování a nakládání různých materiálů.

3.5.1 Rypadla s teleskopickým výložníkem

Teleskopický výložník plní funkci těžby cyklickým způsobem práce, stejně jako u všech lopatových rypadel pro zemní těžbu.

Pracovní orgán (lopata), který je připevněn na samém vrcholu výložníku, lze zpravidla natáčet. Otáčivý pohyb vykonává hydraulický válec. Celá konstrukce stroje je zcela rozdílná oproti všem jiným cyklicky pracujícím strojům. Regulací délky teleskopického výložníku dostáváme odlišný pracovní postup, který spočívá v současném zkracování výložníku s přihrnováním nebo rozhrnováním zeminy. Teleskopický mechanismus v podobě výložníku se může otáčet kolem své osy, stranově vyklánět a axiálně naklápět.

Rypadla tohoto typu mohou mimo výškové či hloubkové lopaty využívat i dalších pracovních nástrojů. Mezi nejvíce používané patří rozrývačské trny (důlní práce nebo práce na silničních komunikacích), radlice (zarovnávání povrchu půdy) nebo různorodě profilované nástroje (pro vyhloubení rýh nebo příkopů).

Stroje jsou konstruovány pouze jako hydraulické, které jsou doplněné kolovým nebo pásovým podvozkem pro pojezdový pohyb.

Vysouvací a zasouvací pohyb teleskopu má kladný vliv na přímočarost a exaktnost vedení pracovního nástroje. Teleskopická rypadla se dají vzhledem díky svým vlastnostem hojně využívat v dopravních stavbách nebo pro vyhlubování rýh. Tyto přednosti se odrážejí ve vyšší pořizovací ceně stroje v porovnání s ostatními podobnými rypadly [Vévoda, 1983].

3.5.2 Tunelová rypadla

Ve své podstatě se rypadla neliší od rypadel s výškovou lopatou. Odlišují se pouze ve speciální úpravě většinou hydraulického výložníku s násadou, který se zkrátí tak, aby mohl být schopen pracovat v omezených prostorech nebo v malých průjezdných profilech tunelů. Většinou využívají čelistovou lopatu, která je zde vhodná pro její snadnou manipulaci [Vaněk, 2003].

3.5.3 Mikro a minirypadla

Svá označení získala rypadla podle druhu a vlastností podvozku.

Vlivem modernějších postupů při zemních pracích, bylo nutné vytvořit taková rypadla, která budou lehce přepravitelná, snadno ovladatelná a univerzální pro drobné zemní činnosti nejenom ve stavitelství [Vaněk, 2003; Vaněk 1994]. Dalo by se říct, že částečně nahradily manuální způsoby vyhloubení děr lopatami. Výhoda je především ve snížení potřeby pracovní síly a zkrácení času vyhloubení děr nebo jiných zemních těles.

Nejvýznamnější parametr pro volbu velikosti rypadla bývá zpravidla provozní hmotnost rypadla. Mezi další parametry patří druh a vlastnost podvozku, dosah stroje a výška výsypaná nebo rypná. Mezi nejpoužívanější pracovní orgány patří hloubková nebo univerzální lopata, čistící příkopová lopata, čelistový drapák, drenážní lopata a šnekový vrták. Velikosti a objemy všech pracovních nástrojů jsou úměrná k velikosti rypadla.

Mikro rypadla mají přípojný nebo kráčivé podvozky.

Rypadlo s přípojným podvozkem neobsahuje vlastní energetický zdroj, takže veškeré zařízení pro pohon hydromotoru vede z traktorového tahače. To znamená, že rypadlo je neustále připojeno k traktorovému tahači, bez něhož není schopno pracovat. Jenom v malé míře se používají pro zemní práce, jelikož jsou většinou využívány pro překládací práce. Patří mezi nejlehčí mikrorypadla.

Kráčivý podvozek rypadla je složen ze dvou pneumatik a ze dvou ramen hydraulického pohonu, přičemž pneumatiky zaujímají zadní část podvozku a ramena přední část, takže slouží jako podpěry. Rypadla s kráčivým podvozkem mají vlastní pohonnou jednotku pro ovládání všech pohyblivých pracovních částí. Hydraulické podpěry dovolují stroji vertikální i horizontální pohyb. Pneumatiky a podpěry se mohou ovládat samostatně nebo zvlášť. Vlastní pojezdový pohyb není možný, takže se rypadlo pohybuje pomocí lopaty s výložníkem, který po uvolnění podpěr přitahuje celé rypadlo s pojezdem na pneumatikách. Tato rypadla mohou pracovat ve velmi nepřístupných místech, kde jsou schopna překonat nejrůznější překážky. Jedná se hlavně o činnosti v podélném nebo příčném svahu se sklonem až 100 %, nebo práci ve vodě.

Minirypadla jsou vybavena pásovými nebo kolovými podvozky.

Rypadla s pásovými podvozky jsou používána nejvíce. Pojezdová rychlost se pohybuje mezi 1,5 až 4 km.h⁻¹. Opěrné desky pásů mohou být ocelové nebo pryžové. Používají se při běžných zemních pracích malých rozměrů.

Rypadla s kolovými podvozky patří mezi nejsilnější mikro a minirypadla, s provozní hmotností nad 3 tuny. Pojezd rypadla je poháněn hydrostaticky pro všechna kola najednou nebo má každé kolo vlastní hydromotor. Rychlost pojezdu se pohybuje od 3 do 20 km/m. Jsou použitelná pro stejné zemní práce jako minirypadla s pásovým podvozkem, ale jsou více náchylná na kvalitu pojezdového terénu [Vaněk, 2003].

3.5.4 Traktorový typ rypadla

Nejedná se o rypadla jako kompletní stroj, ale je složen ze dvou částí. Základní částí je upravený kolový traktor s nakládací lopatou v přední části. K zadní části je připevněno rypadlové zařízení s výložníkem, násadou a pracovním nástrojem. Připojením s tímto zařízením dostáváme kompaktní rypadlový stroj nazýván jako rypadlo – nakladač. Při nakládce materiálu pracuje pouze přední nakladač bez zátěže (přídavného rypadla) a pro rypadlové činnosti se přimontuje rypadlové zařízení.

Traktor neboli nosič, má vždy kolový podvozek a jeho hlavním parametrem je výkon motoru. Podle něho lze rozdělit traktory podle velikosti tzn. na malé stroje o výkonu motoru 30 – 40 kW, střední stroje o výkonu motoru 40 – 60 kW a velké stroje o výkonu motoru 60 – 75 kW [Vaněk, 2003].

3.6 Vývojová řada rypadel

3.6.1 Obecný vývoj rypadel

Již před mnoha staletími bylo potřeba přemísťovat zeminu, kameny a jiné materiály. Nejdříve se k této práci používali primitivní nástroje ze dřeva nebo kamene. S dobou železnou přišlo vylepšení těchto nástrojů ve spojení dřeva s železnými oválnými hroty, které se postupem času zdokonalovaly až do podoby dnešních ručních lopat. K přemísťování zeminy se často využívalo různých pevných nádob vyrobených z dobově možných materiálů. První dochované nákresy rypadel pocházejí z 16. století. Rypadla poháněla lidská síla a sloužila k vyhlubování říčních koryt. Byla plovoucí, takže jejich manipulace byla usnadněna.

Teprve příchodem parního pohonu bylo možné zdokonalit rypadlo natolik, že fungovalo jako stroj s vlastním pohonem. Síla vyvinutá parou vykonávala mechanické pohyby mnohem racionálněji. Dalo by se říci, že vývoj rypadel začal počátkem 19. století [Neumann & Göbel, 2007; <http://www.staves.cz>].

Počáteční pohyb rypadel po zemi byl zprostředkován pomocí krátkých kolejnic, které byly s pokračujícími pracemi postupně přestavovány. To však bylo velice časově náročné. K urychlení pohybu rypadel po staveništi bylo nutno zkonstruovat rypadlo tak, aby obsahovalo zařízení pro vlastní pohyb.

Představitel tohoto zařízení byl pásový podvozek vyvinutý americkým konstruktérem Benjaminem Holtem. Jeho první pásový traktor Caterpillar zasadil důležitý bod ve vývoji pásových rypadel, dokonce se tento název stal světově známou značkou.

Největší rozmach mnoha pásových rypadel nastal od dvacátých let 20. století vzhledem k nástupu spalovacího motoru. V této době byl jejich vývoj tak plodný, že některé druhy z nich vykonávají spolehlivě práci dodnes. Samozřejmě byl jejich vývoj nejvíce viditelný u mohutných rypadel a strojů, které vykonávají práci v nejsnáze přístupných místech. Kolové podvozky přicházejí hlavně na řadu až v době, kdy bylo možné na staveništi zpevnit terén a vybudovat příjezdovou cestu.

Vynalezením spalovacího motoru nastalo veliké pozdvižení v konstrukci rypadlových strojů. Do té doby byl přesun zeminy spojen s vodou nebo kolejemi, kde pohonnou jednotkou bylo parní zařízení. Hlavně vznikal problém ve zvětšování strojů vzhledem k výkonnosti. Spalovací motor ale dokázal nahradit velké parní pohony, čímž se výrazně zmenšila konstrukce rypadla. Stroj se tedy zjednodušil a zbavil mnoha již nepotřebných částí.

Přeorientování na motory s diesellovým nebo benzínovým pohonem bylo bleskové. Nejvíce se však rozmohl diesellový motor, který uplatňuje i v dnešní době. Jedinou novinkou ve vývoji pohonu rypadel je výroba elektromotoru, který často doplňuje nebo nahrazuje vznětový motor. Elektromotor byl a je s úspěchem často využíván u mohutných rypadel pro kamenolomy.

V průběhu třicátých let došlo k dalším významným úpravám všech rypadel. Vyráběli se jako univerzální s využitím dieselmotoru, nebo elektrického pohonem [Neumann & Göbel, 2007].

Největší zlom ve vývoji rypadel nastal v období těsně po druhé světové válce, jelikož vojenský výzkum předložil mnoho nových technologií především v letectví. Zde byly vyvinuty první hydraulické prvky, které ještě nedosahovaly výrazných pohonných sil. Proto první hydraulické prvky byly součástí malých rypadel, u kterých byla tato síla dostačující. S vývojem nových výkonnějších typů hydrogenerátorů, hydromotorů a dalších

hydraulických prvků se značně projevoval jejich potenciál k dalšímu použití u větších strojů. Začala tedy doba hydraulických systémů, která velice rychle nahradila téměř veškeré mechanické ovládání rypadel [Vévoda, 1983; Jeřábek, Helebrant, Jurman, Voštová, 1996].

Zvýšená poptávka po hydraulicky ovládaných rypadlech měla ihned rostoucí tendenci. V padesátých letech dosáhly takové zralosti, že bylo možné započít jejich sériovou výrobu. Tím se ještě drastičtěji nahrazovaly mechanicky pracující stroje. Jejich cena byla zpočátku vyšší, ale výborné vlastnosti hydrauliky byli k nezaplacení. Vývoj sice časem dokázal snížit cenovou hladinu, avšak bohužel i na úkor lepšího a bezpečnostních prvků rypadel.

Mohlo by se zdát, že se lanová mechanická rypadla nástupem hydrauliky posunou do ústraní, ale nestalo se tomu tak. Jejich využití naopak zůstalo v oblasti, kde se používají dodnes. Tedy k těžbě písku z vody a šterku, protože jejich ramena disponují dalekým dosahem za místo těžby. Při speciálních stavbách inženýrského typu k hloubení tunelů a šachet, například při stavbách zemní dráhy jsou lanová rypadla nenahraditelná [Neumann & Göbel, 2007].

Naše republika měla v roce 1960 v provozu 1500 rypadel všech druhů, z toho asi tři pětiny rypadel lopatových. Znamenalo to velké posílení práce, jelikož jedno takové rypadlo představovalo náhradu 30 až 70 kopáčů pracujících manuálně. Proto měli tyto stroje v této době značný vliv na úlohu v budování socialistické budoucnosti [Kluz, 1963].

Některá lanová rypadla musela být zlikvidována nebo odstavena, protože byla nahrazena hydraulickými rypadly. Část těchto rypadel se začlenila do jiných činností, kde využívala své přednosti, ale zbytek neměl takové štěstí. Jedinou možností v uplatnění měla rypadla, která se hodila pro konstrukční úpravu na bourací stroje nebo jako jeřáby s pásovými podvozky. Pro bourací účely byla na jejich výložník zavěšena těžká betonová koule, která je velice účinná při demolici průmyslových objektů. Stejný princip funguje i u přestavby na jeřábový stroj, který má na výložníku zavěšen jeřábový hák. Názorná ukázka jak vypadal takový jeřáb je na Obrázku č. 3, kde se jedná o přístavní pásový jeřáb 6100 HD vyráběný na základě těžkých lanových rypadel řady Heavy-duty.

Obrázek č. 3: Přístavní pásový jeřáb 6100 HD



Zdroj: <http://www.sennebogen.com>; vlastní úprava obrázku

Od počátku 20. století se začala rapidně zvyšovat těžba hnědého uhlí, což mělo za následek zvýšení poptávky po rypadlech těžebních. Kritéria těchto rypadel se ještě dnes neustále zvyšují ve snaze docílit co největší výkonnosti. To znamená, že vzrůstá jejich konstrukce ve velice rozměrná rypadla. Zpravidla platí, že čím větší rypadlo, tím více dokáže vytěžit uhlí za jednotku času.

Všechna rypadla se nástupem moderní doby vyvinula ve vysoce moderní stroje, které se na první pohled vylepšily v designu. Co dříve bylo plné ostrých hran a přímých linií, se dnes o poznání zoblilo a v některých případech moderní rypadla dokonce vypadají jako koule. Uvnitř, pod obalem, však nastaly výraznější změny. Největší vývoj nastal po technické stránce, jelikož rypadla jsou pod neustálým vlivem hospodárnosti, síly a stále více i prodejní ceny a servisu.

Ještě v polovině 20. století se hranice budoucího tisíciletí zdála být magickým cílem zásadních změn. Všeobecně bylo rozšířeno přesvědčení, že svět budoucnosti bude plný automatických ovládaní velkorypadel, a lidé by pak mohli pracovat pouze hlavou. Realita je trochu jiná, jelikož rok 2000 je nyní minulostí. Z minulých představ byly uskutečněny pouze některé myšlenky. Mezi ně patří moderní elektronika a počítačová

technika zabudovaná do mnoha částí rypadel, především v ovládacích částech. Vývoj nemá pouze vliv na výkonnost stroje, ale zároveň bere ohled na rostoucí ekologické uvědomění.

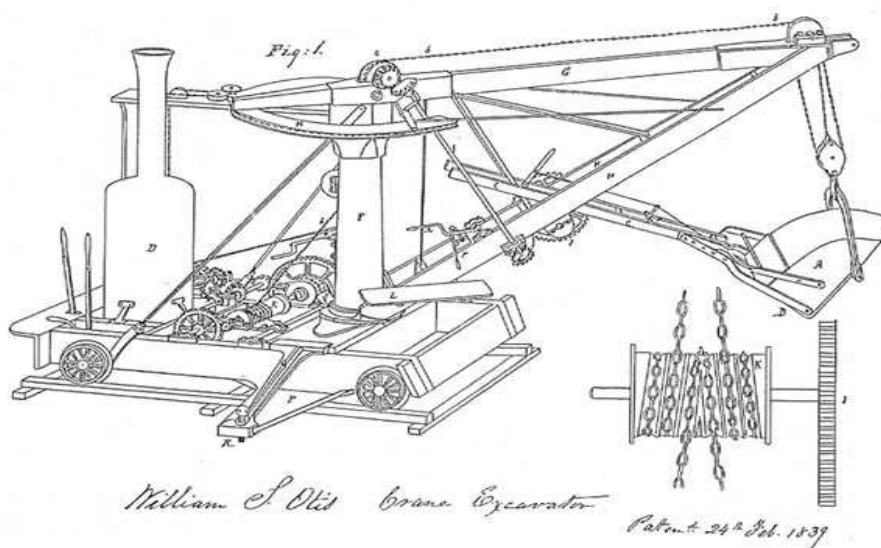
Momentální vývoj se již nezaměřuje na vizionářské plány a návrhy pro vzdálenou budoucnost, ale klade důraz na změny, které kladně přistupují k životnímu prostředí, k člověku samotnému a růstu výkonnosti strojů. Vylepšení rypadel se již děje pouze v detailech a lepšího nastavení [Neumann & Göbel, 2007].

3.6.2 Vývojová řada cyklicky pracujících rypadel

Vznik rypadel s přerušovanou činností, byl započat současně se začátkem století páry roku 1796, kdy bylo vyvinuto první parní rypadlo říční, které bylo osazeno na pramici. Nazývalo se Grimshaw a bylo poháněno parním motorem o výkonu 3 kW. Výkonnost byla sice velmi nízká, ale i tak dokázalo nahradit několik lidských sil, což v té době bylo úspěchem. Zajímavé je, že se suchozemská rypadla zprvu dlouhou dobu nevyvíjela, i když dnes jsou rypadla na souši častěji využívána [<http://www.staves.cz>].

Výjimkou se stala Amerika, která byla velice řídko osídlena a potřebovala vybudovat železnici spojující východní část se západní. Takto velkolepá stavba potřebovala rozsáhlé přesuny zeminy, a proto byla snaha o zkonstruování vhodného rypadla. Reakcí na tento podnět byl vznik Otisova parního rypadla (Obrázek č. 4), které získalo patent roku 1839. Rypadlo Otis, často označováno jako první rypadlo na světě, pracovalo jako otočný jeřáb s pevně uloženým pracovním nástrojem (nejčastěji s výškovou lopatou). Celý stroj byl postaven na kolejovém podvozku, který umožňoval vykonávat veškeré výkopové práce. Objem lopaty činil 1 až 1,2 m³. Konstruktor tohoto rypadla byl Wiliam Otis, který spolupracoval s firmou Eastwick & Harrison. Společně vyrobili šest kusů zmiňovaného rypadla. Rypadlo se již ve 40. letech 19. století objevuje v Anglii a Rusku, přičemž první britské rypadlo Ruston Dunbar (Příloha č. 1) z roku 1875 má na svědomí též Wiliam Otis [<http://www.bagry.cz>].

Obrázek č. 4: Otisovo parní rypadlo patentované roku 1839



Zdroj: <http://www.bagry.cz>

Vývoj rypadlových strojů se dále rozšiřoval hlavně po Evropě. Následující ikonou ve výrobě rypadel se stala firma Menck & Hambrock (dále M&H) založena roku 1868 v Německu. Firma představila první evropská rypadla s výškovou lopatou, která neustále vylepšovala a stala se velmi žádaným zbožím. Mezi jejich nejúspěšnější rypadla patřila univerzální řada M III až M VII (1923-1933). Byla již na pásovém podvozku a dovozovala montovat na sebe různá přídatná vybavení. Mimo jiné firma také představila první rypadla pro využití v kamenolomech.

Rokem 1933 zahájili výrobu rypadel s novými technickými prvky typů Mo až Md. Zkušenosti z minulých řad rypadel napomohli k vývoji nových rypadel M 75, M 60, M 152, M 250 atd. Tyto modely byly vybaveny lopatou, vlečným korečkem nebo drapákem. Některé kusy se využívaly ještě v nedávných dobách.

Mechanicky ovládaná rypadla zaznamenala největší rozvoj ve 40. až 60. letech 20. století, kdy ještě hydraulické ovládání nevstoupilo na svět, anebo nedosahovalo tak vynikajících výsledků jako dnes. Mimo rypadel od firmy M&H do této průlomové skupiny patří například rypadlo s hloubkovou lopatou Amman-300 vyrobené jako první ve Švýcarsku roku 1944.

Mezi další významná rypadla s hloubkovou lopatou patří Dolberg D 200 (rok 1951), Dolberg D 300 (1955) a německý model Fuchs F 301 (rok 1957), který se pyšní

jako nejúspěšnější kolové rypadlo. Řadu lanových rypadlových strojů vybavených výškovou lopatou lze doplnit rypadly 54 B (rok 1953) a 22-RB (rok 1960), které byly vyrobeny firmou Rustok Bucyrus a nasazovány v kamenolomech.

Do modernější skupiny patří velkorypadlo 195-B (rok 1974) pro práce v uhelném dole v Anglii, anebo rypadlo s elektrickým pohonem (rok 1986) vyrobené v Sovětském svazu.

Značnou úlohu měla také lanová rypadla s vlečným korečkem, která byla hojně vyráběna a velice často využívána. Zde je nutné představit řadu rypadel vyráběných německou firmou Wasserhütte. Jedná se především o typy W 18 (rok 1959), W 180 (rok 1967), SW 191 (rok 1986), W 320 (rok 1976) a SW 530 spolu s SW 760 (oba rok 1977). Dále typy 38-RB (rok 1967) a 110-RB (rok 1955) od britské firmy Ruston-Bucyrus, a také modely B 406-409 (rok 1945) a B 410 LC (rok 1983) vyráběné firmou Demag. Z USA lze vyzdvihnout rypadlo Lima 2400 (rok 1953) [Neumann & Göbel, 2007].

Čistě mechanických a lanových hydraulicky ovládaných rypadel bylo vyrobených ještě mnoho, ale nepatří do důležité složky ve vývoji.

Příchodem hydraulických rypadel nastal ve vývoji největší zvrat, tudíž tato skupina je mnohem četnější, a proto lze vybrat jenom ty nejvýznamnější firmy a jejich stroje.

Jedno z prvních plně hydraulických rypadel vyrobila roku 1950 firma Terex Atlas, které způsobilo revoluci v celém průmyslu stavebních strojů. Jejich významná rypadla nalezneme v řadě M a LC, kam patří modely 1505 M až 1905 M (menší rypadla s kolovým podvozkem) 1305 LC, 1604 LC a TC 210 LC až TC 206 LC (větší rypadla s pásovým podvozkem). Obě řady jsou vybaveny hloubkovou lopatou.

Již roku 1945 se věnoval podnik JCB stavebními stroji, tedy i rypadly. Nabídl spoustu typů rypadel, ve kterých mělo největší důležitost rypadlo-nakladač 2CX a kolové rypadlo s hloubkovou lopatou JS 175W, které je vyráběno ve čtyřech modelech H, S, L a F lišících se ve velikosti.

Velkopodnik John Deer, který vyrábí mnoho zemědělských a stavebních strojů, započal výrobu rypadel roku 1958. Představil nespočet jejich druhů, dokonce i rypadlo-nakladač. Kolová rypadla univerzální 180C W a 210C W jsou velmi výkonná a vhodná pro všechny zemní stavební práce. Největší kategorií jsou pásová rypadla všech velikostí od minirypadel po nejtěžší rypadla s hmotností až 84 tun. K významným patří pásová rypadla

rozměrově menší 80C až 120C, větší 200C LC až 800C LC a největší 270D LC až 850D LC. U minirypadel jsou to modely 27D až 50D, a u rypadel-nakládačů 310G a 710G.

Také firma Komatsu nabízí téměř nekonečnou řadu rypadel všech druhů. Pro evropský trh vyvinula hydraulické pásové rypadlo PC210, které přesvědčuje spojením produktivity, spolehlivosti a komfortu pro obsluhu. Pro práci v úzkých prostorech vyrábí malá rypadla PC138US a PC228US. Minirypadla typů PC14R až PC45R, která jsou velmi populární. V neposlední řadě se firma může pochlubit svými téměř konstrukčně dokonalými rypadlo-nakládači typů WA65 až WA1200, který patří mezi největší na světě s hmotností 210 tun [Neumann & Göbel, 2007].

Rypadla pro práci v kamenolomech a jiných dolech jsou často nasazována firmou Liebherr, která rypadla R 984 C Litronic až R 9800 Litronic vyrábí od roku 2002. Jsou velice výkonná a mají relativně snadnou obsluhu. Kolová rypadla počínající modelem A 309 Litronic se velice dobře uplatňují v zemní činnosti. Pásové rypadla firma vyrábí na zakázku ve výrobní řadě s pohotovostní hmotností 17-668 tun. Kolové nakládače typů L 506 až L 586 jsou velice efektivní a ekologicky šetrné [<http://www.liebherr.cz>].

Nová generace kolových rypadel Volvo, série B, představuje logické pokračování starších modelů. Tyto modely EW140B až EW180B jsou spojením osvědčených konceptů s nejnovější technikou. Jejich ergonomické vlastnosti a snadná údržba byly zdokonaleny a projevují se v účelných detailech. Minirypadla od této firmy jsou řady EC13 až EC45 Pro, které poskytují jedinečný klidný chod a pozoruhodnou rypnou sílu.

CNH je jeden z největších koncernů světa, která se zabývá stavebními stroji. Zavedením strojů série CX se stal prvním výrobcem v Evropě, který vybavoval svá hydraulická rypadla motorem nejnovější generace se sníženými emisemi výfukových plynů. Jejich řada NH má oproti většině ostatních výrobců kompletní program kolových rypadel.

Ke vzniku prvního minirypadla, které se otáčelo o 360°, se hlásí závod Tekeuchi z USA roku 1971, který svůj pozoruhodný vývoj představuje v modelech TB014 až TB1140. Tato rypadla byla navržena tak, aby umožňovala neomezenou činnost stroje i ve stísněných podmínkách různých staveb.

Mezi další výrobce minirypadel patří mnoho podniků. Důležitost patří např. podniku Neuson Kramer, který je evropským průkopníkem s mnoha modely řady 38Z3 až 75Z3 a minirypadly 1403 až 12002, které jsou vybaveny pásovým nebo kolovým

podvozkom. V současné době je model 12002 největší sériově vyráběno rypadlo značky Neuson.

Jedny z nejmenších minirypadel vyrábí společnost Hitachi, které jsou mimo jiné vhodná pro práci na pěších zónách sídlišť, při stavbě kanálů a hřišť nebo pro úpravu terénu kolem nových staveb. Jedná se o řady minirypadel EX a ZX [Neumann & Göbel, 2007].

Důležitou úlohu v zemních činnostech mají také kráčivá rypadla, která poprvé představila roku 1965 společnost Kaiser s názvem MUK 2000. Dále pak vyvinula kráčivé rypadlo Kaiser X4, které bylo takřka nezničitelné. Vrcholné modely S1 až S2 přišly v roce 2002 s řízením všech kol, které umožňovaly přizpůsobit se každému terénu bez smyku napříč ke svahu. Dalším výrobcem těchto rypadel je firma Menzi Muck, která předvedla svůj první stroj roku 1966. Značné výsledky pak podával model MM3000, a také novější řada A51 až A91 [<http://www.bagry.cz>].

V dnešní moderní době je předním výrobcem veškerých lopatových rypadel podnik Phoenix-Zeppelin (CAT). Mají špičkovou kvalitu a používají nejnovější technologie spolu s mnoholetými zkušenostmi. Jejich spolupráce s firmou Caterpillar dosahuje výjimečných výsledků [<http://www.p-z.cz>].

3.6.3 Vývojová řada kontinuálně pracujících rypadel

Počátek mechanizované těžební činnosti představoval nasazování cyklických rypadel, ke kterým byly přivedeny dopravníky s kolejovými podvozky, které dopravovaly vytěžený materiál na místo určení. S vybudováním prvních malolomů se od tohoto způsobu těžby opustilo a začalo se využívat kontinuálních rypadel, které již nebyly překonány [PRODECO 65 let společnosti, 2010].

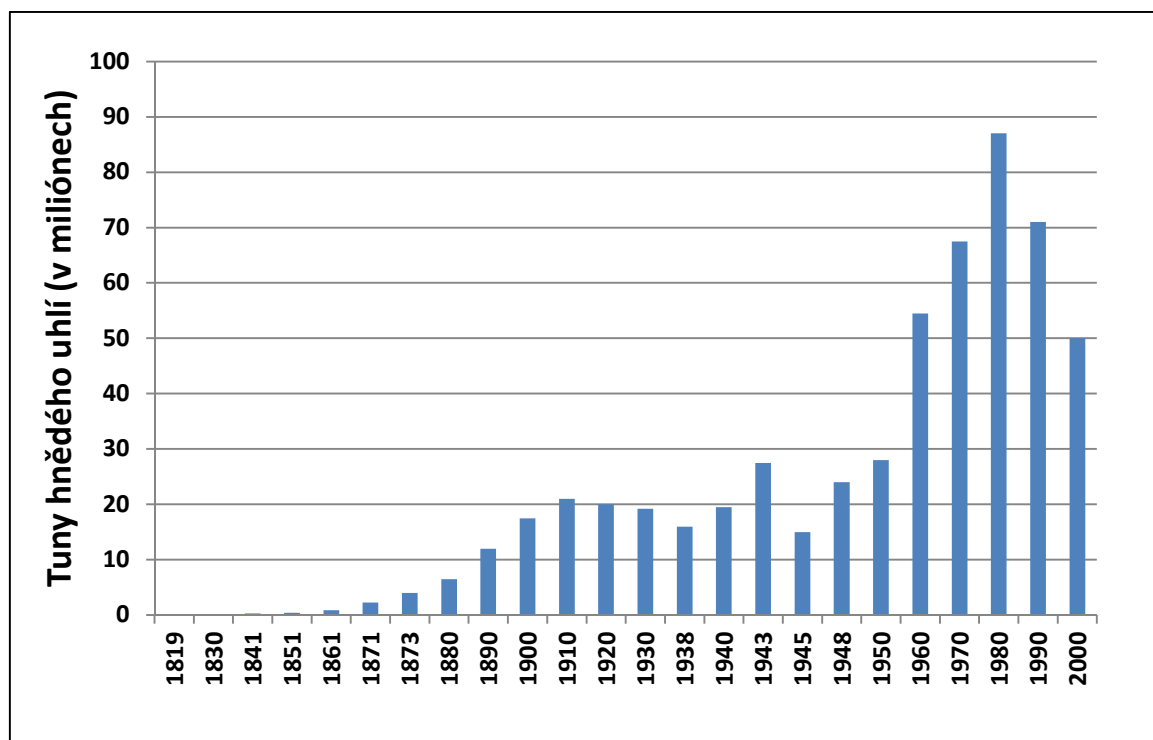
Strojová těžba hnědého uhlí byla započata začátkem 19. století. V té době byla technika pro těžbu na nízké úrovni, proto se používala běžná rypadla konstrukčně upravována.

Potřeba těžit hnědé uhlí se počátkem 20. století začala v České republice zvyšovat (viz. Graf č. 1). V padesátých letech nastal největší rozvoj těžby, kdy se u nás začala prvně projektovat a vyrábět korečková rypadla pro plošnou těžbu společností Vítkovické železárny Ostrava [<http://velkostroje.webpark.cz/historie.html>].

Protože ČR byla v postupném nasazování kontinuálních rypadel srovnatelná s ostatními státy, bude se dále tato práce zabývat pouze touto společností, která se roku 2002 přejmenovala na PRODECO, a.s. V této projekčně konstrukční kanceláři byly od

roku 1945 do současnosti vyprojektovány všechna kolesová a korečková rypadla pracujících v hnědouhelných revírech ČR.

Graf č. 1: Těžba hnědého uhlí v ČR do roku 2000



Zdroj: <http://cs.wikipedia.org>; vlastní zpracování

Jedním z prvních dodávaných rypadel společností PRODECO, a.s. bylo kolejové korečkové rypadlo D 800 roku 1952, které bylo využíváno k odtěžení skrývky, a také k těžbě uhlí v úrovních pod i nad kolejíštěm. Jeho výložník obsahoval 42 korečků na řetězu, které vykládaly materiál do velkoprostorových vozů, též kolejových podvozků.

Téměř ve stejné době bylo dodáno rypadlo RO 800 pracující na stejném principu jako rypadlo D 800, ale umožňovalo zkrátit manipulační čas přestavby stroje na polovinu, jelikož po vytěžení celého spodního řezu mohlo otočením o úhel 180° ihned začít těžit horní řez. Stroj umožňoval nakládku na dálkovou pásovou dopravu. V letech 1952 až 1969 bylo nasazeno 9 kusů těchto rypadel, z toho 5 kusů byla rypadla RO 800.

Otočení celého stroje o úhel 360° bylo možné u dalšího dodávaného kolejového rypadla DO 800 dodávaného v letech 1958 až 1969.

Jediného vyrobeného kusu se dočkalo roku 1961 korečkové rypadlo RO 400. Bylo téměř o polovinu menší než předcházející, přesto bylo výrazně výkonnější.

Vývojová řada pokračovala úspěšným rypadlem RK 400, které bylo jako první vybaveno kráčivým podvozkem připevněným k otočné části stroje. Rypadlo pracovalo v bloku ve spojení s pásovou dopravou. Ve střední části konstrukce bylo použito kruhového vynášecího dopravníku. Sloužilo pro doly v České republice, v Rusku a Polsku. V letech 1963 až 1983 jich bylo vyrobeno 7.

Nejvýkonnější vyvinuté korečkové rypadlo nese typové označení RK 5000, které je vrcholným dílem korečkového typu stroje společnosti. Vlastní konstrukce je velice rozsáhlá a těžká z důvodu použití objemných korečků, které dosahují neuvěřitelného objemu 3600 l. Jeho rozpojovací síla nepřekračuje 120 kN.m^{-1} . Slouží k dobývání skrývkových hornin, uhlí, případně jiných substrátů. Rypadlo se pohybuje na dvou hydraulických kráčivých podvozcích. Ovládání stroje usnadňuje instalovaný řídicí systém, viditelnost řidiči zlepšuje několik instalovaných kamer. Bezpečnost je velice důmyslně zabezpečena koncovými vypínači a dalšími zabezpečovacími prvky. Rypadlo RK 5000 bylo vyrobeno ve dvou kusech a dodáno v letech 1982 a 1988 do koncernu Most. Stroj v letech 1994 až 2005 prodělal několik generálních oprav.

Vůbec největším dodaným strojem je kolesové rypadlo K 10000, které bylo dokončeno v roce 1978 a pracuje v dole Bílina. Dosahuje největší výkonnosti ze všech ostatních nasazovaných rypadel, tedy 10000 m^3 sypané zeminy za hodinu. Rypadlo je určeno k těžbě a nakládání skrývkových hornin. Opět je vybaveno kráčivým hydraulickým podvozkem a je konstrukčně řešeno značně revolučně, protože je na něm realizována řada patentovaných vynálezů. Obrovské koleso průměru 14,5 m je osazeno 16 korečky. Rypadlo je vybaveno veškerými doplňky předchozích rypadel, které jsou ve většině případů vylepšeny a doplněny novějšími technologiemi. Stroj se také nevyhnul generálním úpravám prováděných v letech 1993 až 2008.

Mezi modernější stroje patří dvojice kolesových rypadel SchRs 1320/4x30 a SchRs 1550/4x30, která nejsou ani tak výkonná a velká jako rypadlo K 10000, ale jsou vybavena pásovým podvozkem, který zvyšuje efektivitu souprav. Byla vyrobena v letech 2002 až 2005. Oba stroje jsou nasazeny v chomutovských dolech, kde jsou nenahraditelná v řezu spodních skrývek [PRODECO 65 let společnosti, 2010].

Nejnovější nasazené kolesové rypadlo je KK 1300, které bylo dodáno v červnu 2011 do lomu Bílina. Toto rypadlo je zkonstruované pro těžbu extrémně tvrdých materiálů, mezi které patří například těžko těžitelné jíly [<http://www.prodeco.cz>].

3.7 Porovnání podle zvolených kritérií

3.7.1 Porovnání cyklicky pracujících rypadel

Porovnání bude zaměřeno na moderní rypadla různých výrobců s hloubkovou lopatou, která budou začleněna do dvou skupin podle jejich podvozku na kolová a pásová. Stroje jsou si hmotnostně podobná, aby bylo jejich porovnání exaktní. Zvolená kritéria pro porovnání jsou výkon motoru a objem lopaty.

Výkon motoru má vždy značný vliv na rypnou sílu stroje, která se u těchto rypadel pohybuje okolo 100 kN.

Objem lopaty by měl být vždy co největší, ale je ovlivněn výkonem motoru, a také na hmotností rypadla.

V tabulce č. 2 jsou vybraná rypadla s kolovými podvozky.

Tabulka č. 2: Vybraná kolová rypadla pro porovnání

Výrobce	Typ	Hmotnost [t]	Výkon motoru [kW]	Objem lopaty [m ³]
CAT	M 316 C	16,8-18,2	103	0,35-0,99
Hyundai	R 170W-7	16,2	94	0,39-1,05
JCB	JS 175W	18,1	102	0,35-0,9
Komatsu	PW 180	16,8	107	0,38-1,68
Liebherr	A 900 C Litronic	16,7-19,4	95	0,28-0,85
Terex Atlas	1705 M	17,2	105	0,67-1,12

Zdroj: Neumann & Göbel, 2007; <http://www.p-z.cz>, vlastní zpracování

V tabulce č. 3 jsou vybraná rypadla s pásovými podvozky.

Tabulka č. 3: Vybraná pásová rypadla pro porovnání

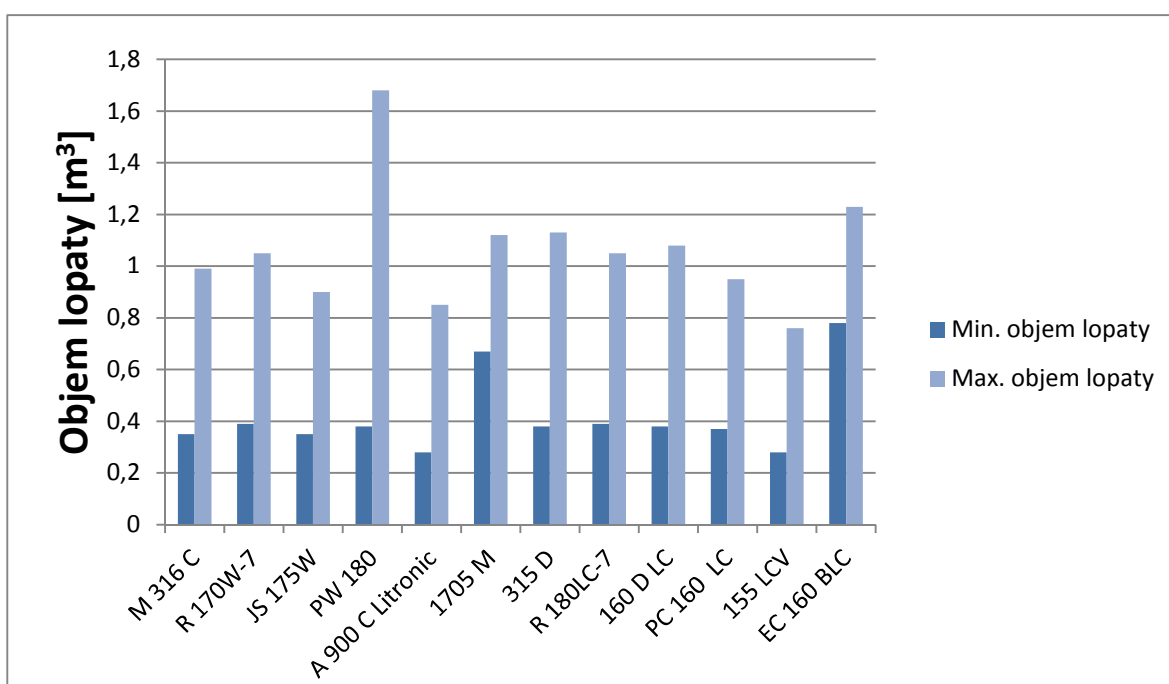
Výrobce	Typ	Hmotnost [t]	Výkon motoru [kW]	Objem lopaty [m ³]
CAT	315 D	16,7-17,3	117	0,38-1,13
Hyundai	R 180LC-7	18,2	94	0,39-1,05
John Deer	160 D LC	18,2	90	0,38-1,08
Komatsu	PC 160 LC	17,1-18,6	82	0,37-0,95
Daewoo	155 LCV	14,5-15,4	81	0,28-0,76
Volvo	EC 160 BLC	16,5-18,8	81	0,78-1,23

Zdroj: Neumann & Göbel, 2007; <http://www.deere.com>, vlastní zpracování

Z tabulek č. 2 a č. 3 je vidět, že porovnávaná rypadla jsou si v obou skupinách velice podobná ve všech zvolených kritériích.

Pásová rypadla jsou vybavena motory s o něco nižšími výkonnostmi, ale pro jejich konstrukci je to výhodnější. Tento rozdíl je přibližně o 20 kW. Z tohoto hlediska je zřejmé, že jsou pásová rypadla efektivnější. Jedinou výjimkou je rypadlo 315 D (příloha č. 2), které je vybaveno motorem přibližně stejného výkonu jako u kolových rypadel, a proto dosahuje vyšší rypné síly.

Graf č. 2: Objem lopat vybraných kolových a pásových rypadel



Zdroj: Neumann & Göbel, 2007; <http://www.deere.com>, vlastní zpracování

Porovnání z hlediska objemu lopaty u jednotlivých vybraných rypadel je znázorněno v Grafu č. 2, kde jsou spojeny oba typy rypadel. Hodnoty vycházejí z tabulek č. 2 a č. 3, které jsou znázorněny zvlášť jako minimální a maximální.

Z Grafu č. 2 je patrné, že každý typ rypadla používá rozdílný rozptyl používaných lopat. To úzce souvisí s pracovními činnostmi, pro které jsou jednotlivá rypadla vyrobena, a také jakých výkonů jejich motory dosahují. Příkladem je rypadlo typu PW 180 (Příloha č. 3), které má z vybraných rypadel největší výkon motoru a zároveň nejobemnější používanou lopatu, která se liší až o 0,92 m³ od ostatních lopat. Podobných vlastností

disponuje rypadlo typu EC 160 BLC, které je hlavně nasazováno v těžkých důlních podmínkách.

Současný trend výrobců je takový, že se snaží konstruovat rypadla tak, aby dosahovala vysokých výkonností a mohla používat co největších lopat, ale kladou značný důraz na snížení spotřeby paliva, zvyšování efektivity a snadné ovládání stroje.

3.7.2 Porovnání kontinuálně pracujících rypadel

V této části práce budou porovnávána nasazovaná rypadla společnosti PRODECO, a.s. z hledisek teoretického výkonu (v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ vytěženého materiálu) a objemu korečku (v litrech).

V tabulce č. 4 jsou vyjmenovaná rypadla s porovnávacími hledisky a chronologicky seřazená podle roku nasazení.

Tabulka č. 4: Nasazovaná rypadla společností PRODECO, a.s.

Typ	Teoretický výkon [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]	Objem korečku [l]
D 800	1050	800
RO 800	1450	940
DO 800	1056	800
RO 400	1000	520
RK 400	1000	560
RK 5000	5000	3600
K 10000	10000	2500
SchRs 1320/4x30	5500	1320
SchRs 1550/4x30	5500	1550
KK 1300	5500	1300

Zdroj: PRODECO 65 let společnosti; 2010, vlastní zpracování

Z této tabulky č. 4 je zřejmé, že se rypadla ve vývoji především zaměřovala na zvyšování své výkonnosti. Výkonnost stoupala spolu s modernějšími prvky v jejich konstrukcích, které umožňovaly zvětšování objemu korečků a jejich počtu na výložníku. Celý stroj se tímto zvětšuje a to má velký vliv na jeho manipulaci. Tuto nevýhodu částečně odstraňuje vývojová řada podvozků, při které byl spolu s výrobou daného rypadla vybrán vždy nejnovější typ.

První vyrobená rypadla počínajíc typem D 800 po typ RK 400 byla velice podobná z hlediska výkonnosti i objemu korečků. Z toho vyplývá, že se v těchto letech vývoj korečkových rypadel nijak výrazně neměnil. Vývojový zlom nastal příchodem korečkového rypadla RK 5000, které je 5 krát výkonnější s objemem korečků přibližně 4 krát větší.

Nejvýraznějším posunem ve výkonnosti nastalo zkonstruováním kolesového rypadla K 10000 (příloha č. 4), které je v porovnání s ostatními několika násobně výkonnější. To odpovídá i poměrně objemným korečkům, a také obvodové rychlosti.

Moderní kolesová rypadla typů SchRs 1320/4x30, SchRs 1550/4x30 a KK 1300 již nejsou tak výkonná, ale v porovnání s jejich velikostí jsou více efektivní. Také jsou vybavena moderními prvky, které odstraňují značnou řadu nevýhod v prospěch vlastní těžby.

4. Závěr

Smyslem bakalářské práce bylo shrnout vývoj rypadel od počátku po současnost a vyhledat důležitá období, která měla vliv na jejich rozvoj. V těchto obdobích následně vytvořit vývojovou řadu jednotlivých rypadel různých výrobců a porovnat je podle zvolených kritérií. Porovnání bylo vždy provedeno zvlášť pro rypadla cyklicky a kontinuálně pracující, protože se tyto dva druhy nedají slučovat. Práce měla naznačit, jakým směrem by se mohl další vývoj rypadel obracet.

Obecný popis vývoje rypadel ukázal, že rypadlové stroje byly od počátku vývoje vždy závislé na nové technice dobově vyvinuté. Každé významné vývojové období bylo proto ovlivněno typem pohonu, který určoval další možnosti rypadla. Spolu s tímto konstrukčním prvkem se vyvíjelo vlastní ovládání, které mělo vliv na tvar stroje. Zprvu mechanické ovládání bylo jediným možným řešením, jak přenášet síly do pracovního procesu. I když bylo vrcholné mechanické ovládání rypadel velice efektivní, nemohlo se rovnat hydraulickému ovládání, které ho velice rychle téměř zcela nahradilo. Vyřazená mechanická rypadla si našla své uplatnění v několika málo činnostech, anebo byla předělána na jiné stavební stroje. Současná rypadla se posouvají ve vývoji pouze v detailech, tvarech a nahrazování menších prvků ve strojovně za modernější.

Z vývojové řady rypadel vyplývá, že se první typy druhů rypadel vyráběly vzhledem k potřebě zemní činnosti, která byla v daném období aktuální. Nejprve se jednalo o rypadla, která pracovala pouze v dolech nebo na inženýrských stavbách. Od poloviny 20. století se poptávka začala zaměřovat na rypadla nahrazující lidskou pracovní sílu, a proto se vyráběla rypadla především pro práci na stavbách. Tento trend se po současnosti nezměnil.

Pro porovnání rypadel s přerušovanou těžbou byla zvolena moderní rypadla kolových a pásových podvozků stejné váhové kategorie různých výrobců, která byla posuzována podle výkonu motoru a objemu lopaty. Z porovnání vyplynulo, že se modely nijak výrazně neliší vzhledem k posuzovaným hlediskům. Kolová rypadla mají přibližně o 20 kW vyšší výkon motoru než pásová rypadla, ale to je dáno tím, že pásový podvozek napomáhá k lepším vlastnostem stroje, a proto není potřeba tak vysokého výkonu motoru. Lehké odchylky hodnot v porovnávacím grafu č. 2 jsou ovlivněna pouze tím, pro jaké zemní činnosti jsou rypadla určena.

Kontinuální rypadla byla pro usnadnění v porovnávání zaměřena pouze na veškerá korečková a kolesová rypadla nasazovaná českou společností PRODECO, a.s. od počátku 60. let 20. století. Přes to, že byla vybrána pouze tato rypadla, jejich porovnání naznačilo velké pokroky ve vývoji těchto strojů. Jako porovnávací hlediska byla volena výkonnost rypadla a objem korečku nebo kolese, podle druhu stroje. Nejdříve byla vyráběna korečková rypadla, která vystřídala kolesová rypadla, jelikož jsou v těžbě více efektivní. Zvyšující se hodnoty porovnávacích hledisek od nejstarších rypadel po nejnovější, pouze potvrdily, že je snahou zvyšovat parametry stroje, aby rypadla vytěžila co nejvíce materiálu za co nejkratší dobu. Tím se konstrukce kontinuálních rypadel stále zvětšuje.

Budoucí vývoj všech rypadlových strojů by se měl opírat o nové fyzikální a matematické teorie potvrzené výzkumem, které budou aplikované do samostatných částí stroje tak, aby zvyšovaly jejich pracovní možnosti a univerzálnost.

5. Seznam použitých zdrojů

Dražan, František. *Zemní stroje*. 1. vydání. Praha: Ediční středisko Českého vysokého učení technického, 1981.

Jandouš, Václav. *Stroje na stavbu a údržbu vozovek*. 1. vydání. Bratislava: ALFA, 1978. ISBN 63-557-78

Jelínek, J. – Bělka S. – Mudra J. – Svačina J. – Vaněk, A. *Technologie a mechanizace pozemních staveb*. 1. vydání. Praha: Editační středisko ČVUT, 1989.

Jeřábek, K. – Helebrant F. – Jurman J. – Voštová V. *Stroje pro zemní práce. Silniční stroje*. 1. vydání. Ostrava: VŠB TU, 2001.

Jeřábek, K. *Zemní stroje*. 1. vydání. Praha. Editační středisko ČVUT, 1992.

Kluz, Zdeněk. *Rýpadla RY1, Mb2, RY100 (provoz, údržba a oprava)*. 1. vydání. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1963. ISBN 04-299-63

Neumann & Göbel. *1000 stavebních strojů*. 1. vydání. Praha: Euromedia Group, 2007. Přeloženo z německého originálu 1000 Bagger und andere Baumaschinen. ISBN 978-80-242-1897-7

Vaněk, Antonín. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. 1. vydání. Praha: Academia, 2003. ISBN 80-200-1045-9

Vaněk, Antonín. *Strojní zařízení pro stavební práce*. 1. Vydání. Praha: Sobotáles, 1994. ISBN 80-901684-1-8

Vévoda, Jan. *Zemní stroje*. 1. vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1983. ISBN 55-644-83

Voštová, Věra. *Stroje pro silniční práce*. 1. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01858-X

65 let společnosti PRODECO 1945 – 2010. Merhová, L. redakčně zpracováno. Teplice: společnost PRODECO, a.s, 2010. Firemní literatura.

Internetové stránky

<http://www.deere.com>

<http://www.p-z.cz>

<http://www.prodeco.cz>

<http://cs.wikipedia.org>

<http://www.bagry.cz>

<http://velkostroje.webpark.cz/historie.html>

<http://www.liebherr.cz>

<http://www.staves.cz>

<http://www.truck1.eu>

<http://www.topstroje.cz>

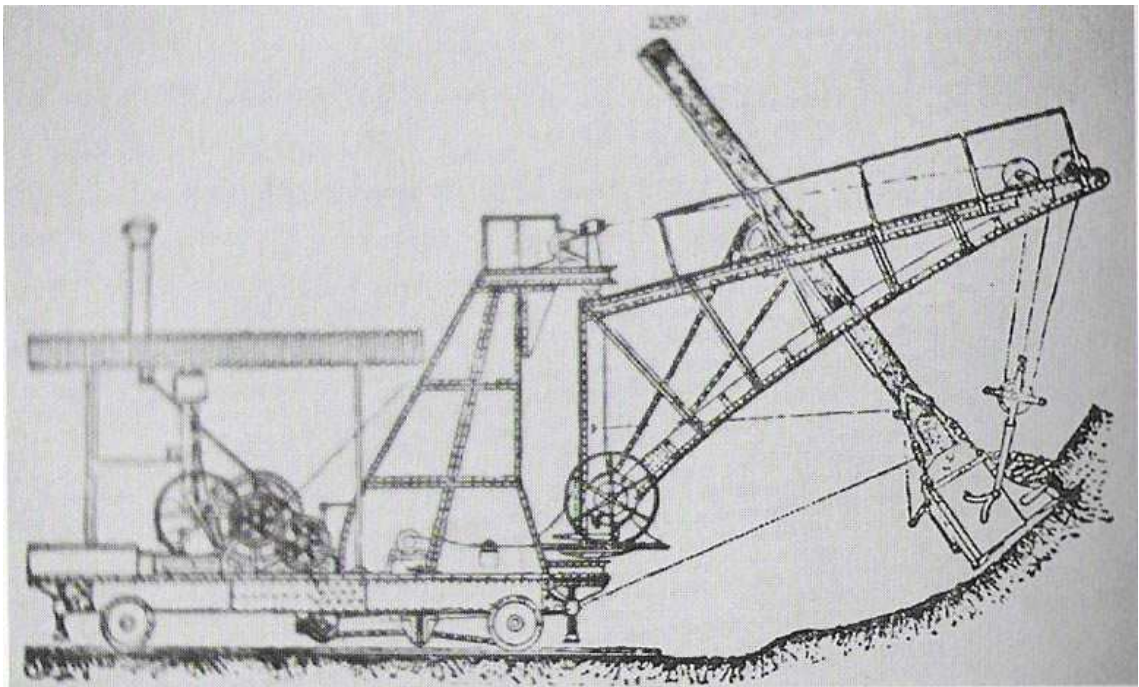
<http://www.sennebogen.com>

<http://www.bouwmaterieel.nl>

<http://www.hornictvi.info/prirucka/technika/uhli.htm>

10. Přílohy

Příloha 1: rypadlo Ruston Dunbar z roku 1875



Zdroj: <http://www.bagry.cz>

Příloha 2: pásové rypadlo 315 D (CAT)



Zdroj: <http://www.bouwmaterieel.nl>

Příloha 3: kolové rypadlo PW 180



Zdroj: <http://www.bagry.cz>

Příloha 4: kolesové rypadlo K 10000



Zdroj: <http://www.prodeco.cz>