



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

MOBILNÍ KOLOVÉ JEŘÁBY

MOBILE WHEEL CRANES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Matula

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **David Matula**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.**
Akademický rok: 2019/20

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:

Mobilní kolové jeřáby

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provedení kritické přehledové studie a kritického rozboru mobilních kolových jeřábů nosnosti 60 až 200 t od hlavních světových výrobců. Rozbor jak s ohledem na konstrukční uspořádání jednotlivých koncepcí, tak i na provozní a technické parametry.

Cíle bakalářské práce:

Stručná historie vývoje mobilních kolových jeřábů nosností do 200 t.
Současná koncepční řešení.
Kategorizaci dle hlavních technických a rozměrových řešení včetně poměrných parametrů.
Přehledné tabulkové uspořádání výše uvedeného.
Stanovení vývojové tendence v konstrukčních řešeních.

Seznam doporučené literatury:

KULKA , Jozef, Martin MANTIČ a Michal PUŠKÁR. Žeriavy mostového typu. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2017. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 978-80-553-2908-6.

BIGOŠ, Peter, Jozef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 978-80-553-1187-6.

SHIGLEY, Joseph E., Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-2-4-2629-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

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

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

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je provedení kritické rešerše a přehledu automobilních jeřábů dominantních světových výrobců, včetně analýzy vybraných konstrukčních skupin. První část se zabývá stručnou historií jeřábů. Jsou zde rovněž jiné typy jeřábů. V hlavní části jsou zmíněny systémy, se kterými se u jeřábů můžeme setkat. Zároveň obsahuje kategorizaci jeřábů od předních světových výrobců, a to dle hlavních technických a rozměrových řešení. Třetí a poslední část je zaměřena na odhad vývojové tendence.

KLÍČOVÁ SLOVA

Automobilový jeřáb, pohyblivý jeřáb, mobilní jeřáb, kolový podvozek, nosnost, dosah, kategorizace, autojeřáb

ABSTRACT

The aim of the thesis is introduction of mobile crane and comparison of individual models from different manufacturers. The first part is devoted to the history of cranes. Other types of cranes are mentioned here as well. In the main part are mentioned systems that we can encounter in cranes. At the same time, it categorizes cranes of the world's leading manufacturers according to the main technical and dimensional solutions. The third and last part of the thesis, is trying to estimate development trends.

KEYWORDS

Mobile crane, wheeled chassis, load capacity, reach, categorization

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MATULA, David. *Mobilní kolové jeřáby*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124011>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 44 s. Vedoucí práce Miroslav Škopán.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Miroslava Škopána, CSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 20. června 2020

.....

David Matula

PODĚKOVÁNÍ

Především bych chtěl poděkovat svému vedoucímu doc. Ing. Miroslavu Škopánovi, CSc. za velmi užitečné rady a připomínky k obsahu této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině za podporu během studií.

OBSAH

Úvod	9
1 Historie jeřábů	10
1.1 Historie mobilních jeřábů	11
2 Přehled nejdůležitějších norem.....	12
3 Mobilní kolový jeřáb	13
3.1 Popis automobilového jeřábu.....	15
3.1.1 Kladnice.....	15
3.1.2 Výložník	16
3.1.3 Sklápěcí válec (hydraulický)	18
3.1.4 Protizávaží, rameno opěry a dosedací deska opěry	19
3.1.5 Pohonné ústrojí.....	20
3.1.6 Spalovací motor.....	21
3.1.7 Převodovka	21
3.1.8 Ocelová lana	21
3.1.9 Podvozek	22
3.1.10 Kabina jeřábníka.....	23
4 Vybraní výrobci automobilových jeřábů.....	25
4.1 Liebherr.....	25
4.2 Manitowoc Grove	26
4.3 Tadano Demag.....	26
4.4 Tadano Faun	26
5 Přehled vybraných modelů jednotlivých výrobců.....	27
5.1 Liebherr.....	27
5.2 Manitowoc Grove	28
5.3 Tadano Demag.....	29
5.4 Tadano Faun	30
6 Porovnání vybraných modelů jednotlivých výrobců.....	31
6.1 Porovnání v jednotlivých kategoriích	31
6.2 Rozměrové parametry	33
6.3 Hmotnostní parametry	35
6.4 Shrnutí.....	37
Závěr.....	38
Použité informační zdroje.....	39
Seznam použitých zkratk a symbolů	44

ÚVOD

Jeřáby vyráběné v současné době jsou velmi komplexní stroje, které ale zvládne obsluhovat po základním školení v podstatě každý. Jsou protkány množstvím elektronických pomocníků, kteří téměř vylučují chyby obsluhy. A právě na bezpečnost kladou výrobci největší důraz.

Jeřáby jsou jedním z nejzákladnějších strojů vůbec. Setkáme se s nimi v podstatě na každé stavbě, v přístavech, na železnici nebo v dolech. U jeřábů rozlišujeme dvě základní kategorie, a to na jeřáby statické a jeřáby mobilní. Jeřáby statické se dále dělí na jeřáby věžové, teleskopické, portálové a mnoho dalších. Jeřáby mobilní se dělí na automobilní, pásové, kolové terénní, železniční a další. [1]

Práce je zaměřena na automobilové jeřáby a zároveň se zmiňuje o terénních jeřábech. Automobilní jeřáby jsou jedním z nejrozšířenějších druhů těchto strojů. Mohou mít vlastní podvozek, nebo využívají podvozek z nákladního automobilu (zpravidla nižší nosnosti). Jsou oblíbené pro svou universálnost, a jak už z názvu vyplývá, samostatnou mobilitu (až dálniční rychlosti). Tyto stroje mají většinou jen jeden motor, který dokáže obstarat jak přesun jeřábu na místo potřeby, tak samotnou manipulaci s ramenem a navijákem. Manipulaci ramenem u moderních jeřábů obstarává hydraulika. Jeřáby budu posuzovat podle parametrů, jakými jsou například dosah, nosnost nebo mobilita. Ačkoli existují mobilní jeřáby s nosností i 1200 tun, předmětem této práce budou jeřáby s nosností do 200 tun.

1 HISTORIE JEŘÁBŮ

První jeřáb, který fungoval na principu kladka lano, se údajně datuje kolem 6.-5. století před naším letopočtem. Kladka zde neplnila úlohu ulehčení potřebné síly, jen měnila její směr. To při tahání umožnilo zapojení váhy těla. [2] Kladkostroj už snížení potřebné tažné síly přinesl. Za jeho vynálezce je považován Archimédes (3. století před naším letopočtem) [3]

Následovala další technologie, a to naviják nebo vrátek. (obr. 1) Ty znamenaly, že už nebylo nutné lano tahat, jednoduše se navíjelo na buben, k čemuž stačilo bubnem otáčet. Zároveň ale znamenaly větší mechanický zisk. Pokud byl poloměr rukojeti dvakrát větší než poloměr samotného bubnu, mohl člověk utáhnout dvojnásobek toho, co by utáhl, kdyby tahal jen za lano. [2]



Obr. 1 Vrátek [4]

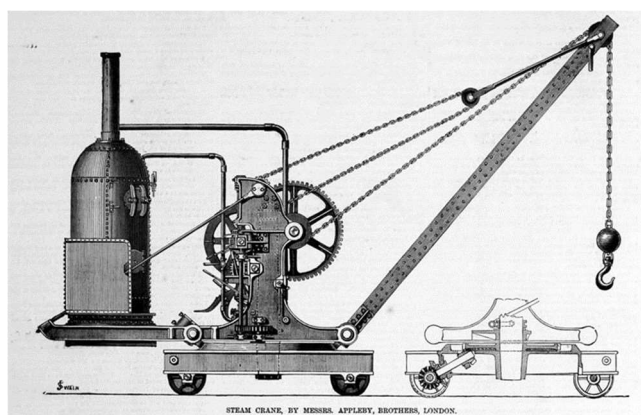
Vylepšením navijáku vznikla tzv. šlapací kola (obr. 2). Měla velký průměr, a proto ještě vyšší mechanickou účinnost. K dalším výhodám patří, že už nejsou poháněna manuálně, ale pohání se chůzí uvnitř kola.[2]



Obr. 2 Jeřáb poháněný šlapacím kolem [5]

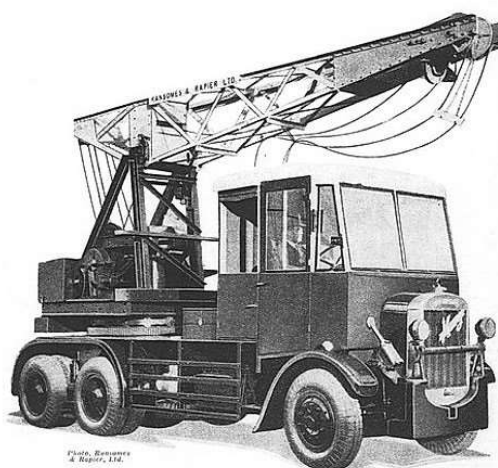
1.1 HISTORIE MOBILNÍCH JEŘÁBŮ

Až do roku 1867 byly jeřáby nepohyblivé. To bylo velmi nepraktické, protože na každé použití musel být jeřáb smontován na místě. Existovaly výjimky v podobě jeřábů na plošinách, které byly schopny omezeného pohybu. A právě v roce 1867 přišli bratři Applebyovi se svým jeřábem stavěným pro pohyb na kolejích, který byl poháněn parním strojem (obr. 3). Parní stroj sloužil i jako protizávaží. [6]



Obr. 3 Parou poháněný jeřáb určený k pohybu po kolejích [6]

V roce 1922 se objevil jeřáb namontovaný na podvozku nákladního automobilu (obr. 4). K tomu bylo potřeba několik nových technických řešení, a to například integrace motoru s vnitřním spalováním nebo teleskopický výložník. [6]



Obr. 4 Jeden z prvních automobilových jeřábů [7]

2 PŘEHLED NEJDŮLEŽITĚJŠÍCH NOREM

Norma je požadavek na chování nebo vlastnosti věci, člověka nebo situace. Veškeré zde uvedené normy mají přímou spojitost s jeřáby výložníkového typu.

ČSN ISO 9374-4

Jeřáby. Poskytované informace. Část 4: Jeřáby výložníkového typu.

Norma byla vydána roku 1993 a je stále platná. Norma se dělí na několik částí a čtvrtá část se týká právě jeřábů výložníkového typu. Tato čtvrtá část ISO 9374 uvádí informace poskytované kupujícím v poptávce nebo v objednávkce a výrobcem v nabídce nebo objednávkce jeřábu výložníkového typu. Kupující musí poskytnout informace, které jsou přesně specifikovány v příloze. [8]

ČSN ISO 7296-2

Jeřáby – Grafické značky – Část 2: Mobilní jeřáby

Norma byla vydána roku 1994 a je stále platná. Norma samotná se dělí na pět částí. Její druhá část se týká právě mobilních jeřábů. Prakticky celá norma obsahuje tabulky s vyobrazením značek, jejich popisem a registračním číslem podle ISO/IEC. (Prakticky tedy kapitoly 6 až 21 jsou "nahrazeny" zmíněnými tabulkami.) Norma obsahuje celkem 223 značek. Obsáhlá norma (34 stran) uvádí tyto kapitoly: kapitolu 1 - Předmět normy, kapitolu 2 - Odkazy na normy, kapitolu 3 - Definice, kapitolu 4 - Všeobecně, kapitolu 5 - Barva, kapitolu 6 - Základní tvary značek, kapitolu 7 - Obecné značky, kapitolu 8 - Značky motorů, kapitolu 9 - Značky převodů, kapitolu 10 - Značky hydraulického systému, kapitolu 11 - Značky brzdového systému, kapitolu 12 - Značky palivového systému, kapitolu 13 - Značky osvětlení, kapitolu 14 - Značky oken, kapitolu 15 - Značky teleskopického výložníku jeřábu, kapitolu 16 - Značky pevného výložníkového jeřábu, kapitolu 17 - Značky drapáků, kapitolu 18 - Značky vidlicového drapáku, kapitolu 19 - Značky navijáku, kapitolu 20 - Značky sklopných podpěr a kapitolu 21 - Značky výsuvných podpěr. [9]

ČSN EN 13000+A1

Norma byla vydána roku 2014 a je stále platná. Tato evropská norma platí pro návrh, konstrukci, instalaci bezpečnostních zařízení, návody pro používání, údržbu a zkoušení mobilních jeřábů, definovaných v ISO 4306-2. Použití mobilních jeřábů pro zdvihání osob je předmětem zvláštních národních předpisů. Mobilní jeřáby, zahrnuté v této evropské normě, jsou navrhovány pro omezený počet pracovních cyklů a pro určité druhy pohybů, například klidné zatěžování poháněcími silami a zatěžovací podmínky podle ISO 4301-2:1985, skupina A1. [10]

3 MOBILNÍ KOLOVÝ JEŘÁB

Je navržen tak, aby se dokázal sám dostat na místo použití, například staveniště. Proto je namontován na podvozku, který má základy u nákladních vozidel, nebo na podvozku stavěným přímo pro jeřáb. [11]



Obr. 5 Jeřáb na podvozku z nákladního automobilu [12]

Výhodou jeřábů na podvozku z nákladního auta je nižší pořizovací cena a náklady na provoz. Obvykle jsou poháněny dvěma agregáty. Jeden je určen k přemísťování jeřábu a je součástí podvozku nákladního auta a druhý zajišťuje pohon nástavby, ať už natáčení nebo vysouvání ramene nebo navíjení lana. Výrobce jeřábu obvykle nakoupí podvozek od výrobce nákladních aut, který vyrábí univerzální podvozek pro nástavbu tohoto typu.



Obr. 6 Podvozek od firmy SCANIA připravený na montáž jeřábové nástavby [13]

Jeřáby univerzální zpravidla dosahují lepších výsledků, pokud jde o nosnost nebo dosah. Jako jeřáby na podvozku z nákladních aut dosáhnou minimální rychlosti potřebné k užívání dálnic.



Obr. 7 Univerzální autojeřáb [14]

Automobilové jeřáby jsou konstruovány tak, aby po příjezdu na místo určení bylo třeba minimum operací pro sestavení a zprovoznění jeřábu. Většinou se proto jedná jen o zajištění dostatečné stability jeřábu (vysunutí opěrných ramen). [11]



Obr. 8 Autojeřáb s vysunutými opěrnými rameny [15]

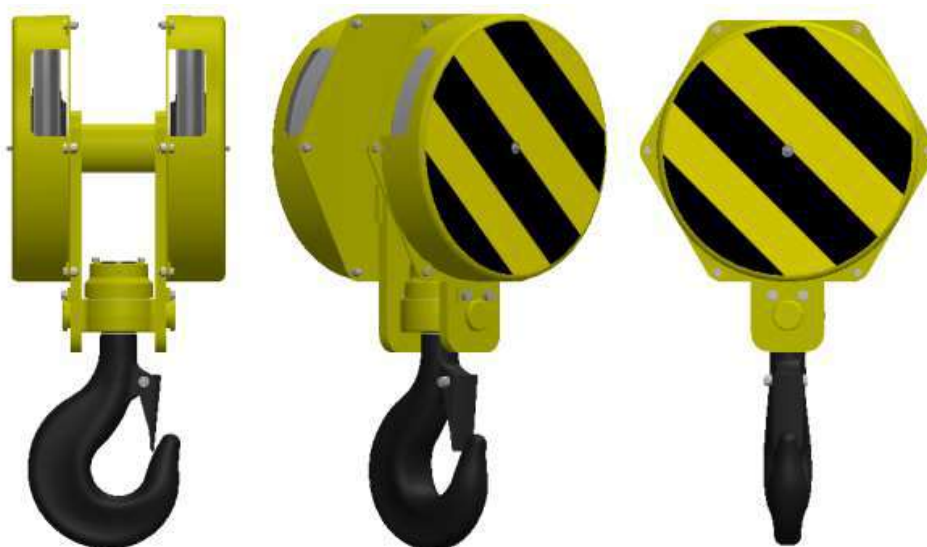
3.1 POPIS AUTOMOBILOVÉHO JEŘÁBU



Obr. 9 Popis automobilového jeřábu 1 – kladnice, 2 – výložník, 3 – sklápěcí válec, 4 – protizávaží, 5 – kabina jeřábníka, 6 – kabina řidiče, 7 – podvozek, 8 – rameno opěry, 9 – dosedací deska opěry [16]

3.1.1 Kladnice

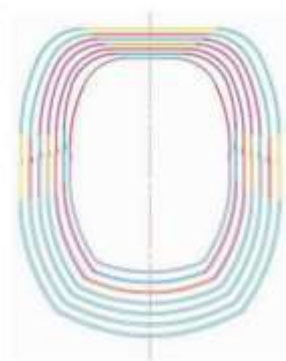
Jeřábová kladnice je součástí zařízení pro zdvihání břemen, používaných v mnoha oborech. Zařízení pomáhá rovnoměrnému rozložení zátěže na jednotlivá lana, a to za pomoci kladek. Celá kladnice je přitom zavěšena na laně, které se navíjí na lanový buben. Výhoda tohoto řešení spočívá v možnosti použití slabších lan a umožní navrhnout subtilnější pohon lanového bubnu. [17]



Obr. 10 Kladnice [17]

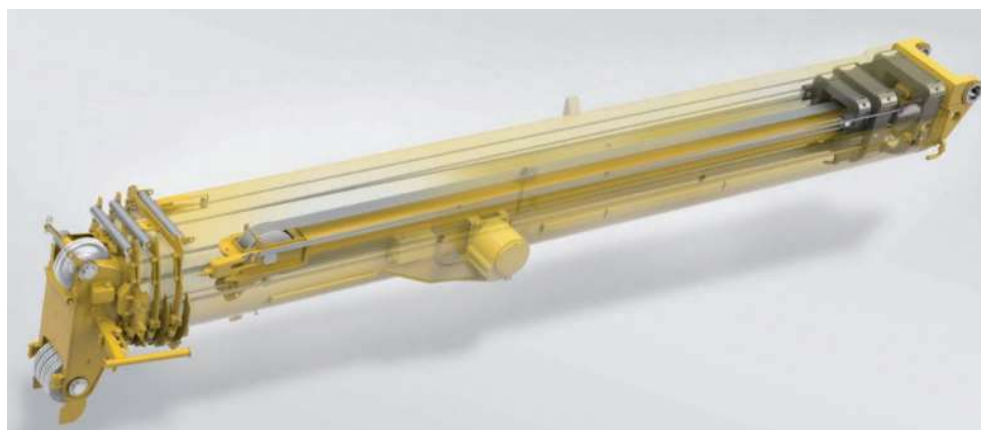
3.1.2 VÝLOŽNÍK

Výložník nám umožní uskladnění dlouhého nosníku na poměrně malém místě. To je zrovna u automobilních jeřábů velmi žádoucí. Je to základní pracovní prvek jeřábů, a to zejména automobilních. Z konce výložníku vychází lano, na kterém je kladnice. Výložníky jsou zpravidla plnostěnné a teleskopické. Teleskopický výložník se skládá ze základního a několika dalších dílů, které se z dílu základního vysouvají. [18] Průřez výložníku bývá oválný až vejcovitý. Tento tvar má vynikající poměr váhy a síly, což umožňuje zvedání těžších břemen na větší vzdálenosti [19]



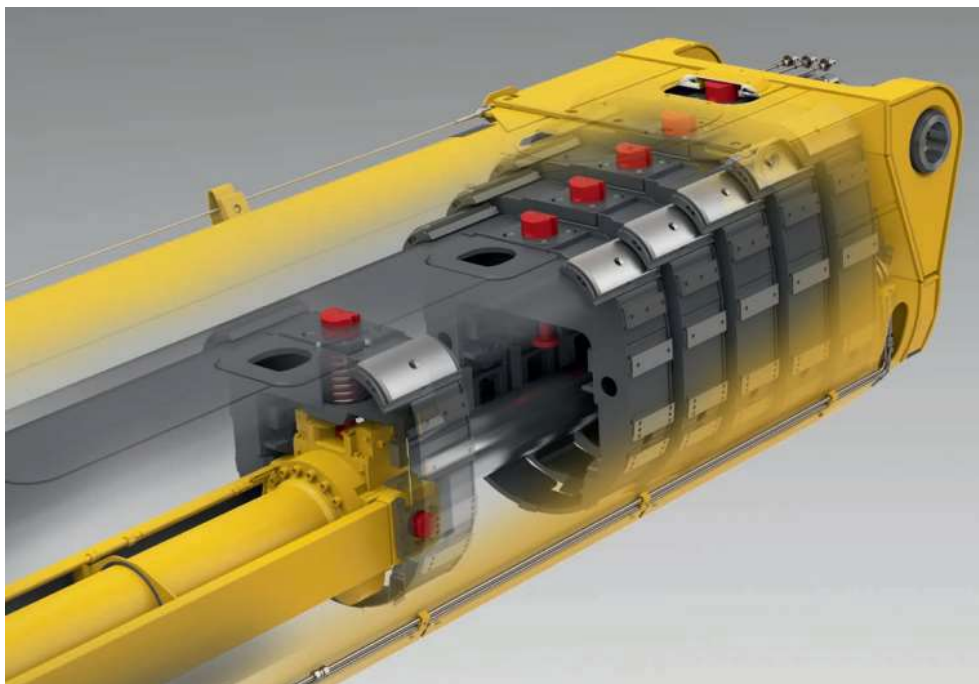
Obr. 11 Průřez výložníku [19]

Pro vysunutí výložníku se používá hydromechanický systém. Ten se hodí pro výložníky skládající se ze základního dílu a maximálně třech výsuvných dílů. Systém funguje tak, že k vytažení nebo zatažení prvního teleskopického dílu se používá dvojčinný hydraulický píst. Druhou a třetí teleskopickou částí se pohybuje pomocí lan, to umožňuje vysunutí na jakoukoli délku v poměrně krátkém čase. [20]



Obr. 18 Výložník s hydromechanickým systémem vysouvání [20]

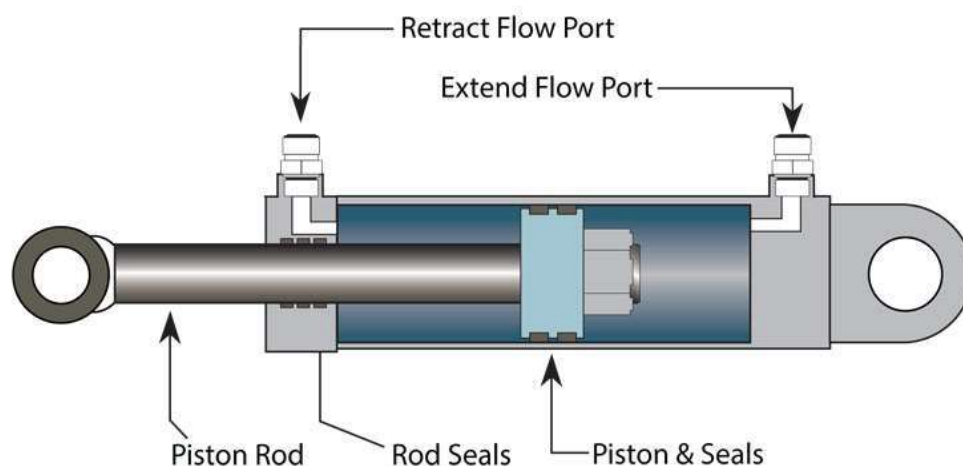
Dalším zajímavým systémem je TELEMATIK od firmy Liebherr. Tato technologie je použitelná pro výložníky mající až sedm výsuvných částí. Jeho výhodou je potřeba jen jednoho dvojčinného hydraulického válce. Principem funkce je, že válec vytlačí teleskopickou část, která se při plném vytažení zaaretuje, válec se stáhne zpět a celý proces se opakuje. [21]



Obr. 19 Výložník vybavený systémem vysouvání TELEMATIK [20]

3.1.3 SKLÁPĚCÍ VÁLEC (HYDRAULICKÝ)

Základem hydrauliky je hydraulický válec, někdy nazývaný hydraulický motor. Jde vlastně o hydraulický ovladač, který je tvořen pístem, který pracuje ve válcovém pouzdru a jeho ovládacím prvkem je kapalina pod tlakem. [22] Pohonem hydrauliky je hydraulický agregát (čerpadlo). Jeho výhodou je práce s přímočarým pohybem a vysokými silami, a to i při malých rozměrech. [23] Nejčastěji je používán dvojčinný hydraulický válec (Obr. 9).

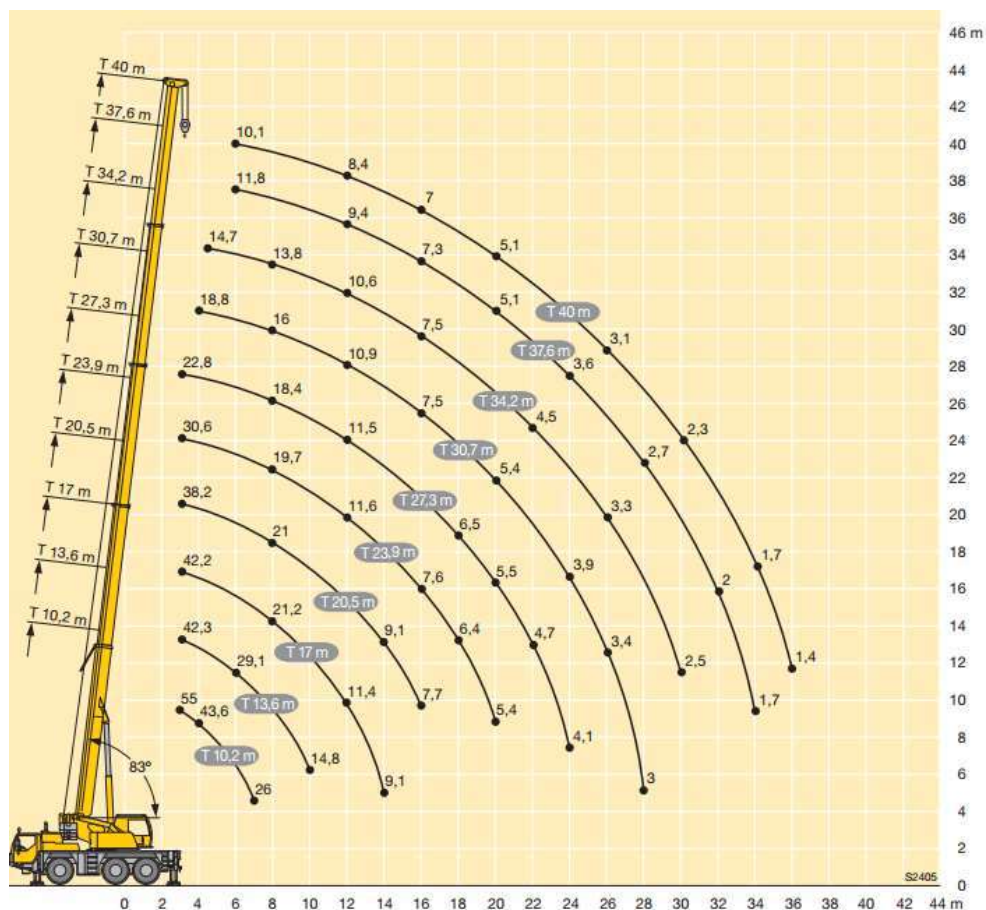


Obr. 12 Dvojčinný hydraulický válec [24]

Dvojčinný válec má dva vstupy u hlavy válce a těsnění pístnice. Čerpání oleje k hlavě válce vede k pohybu pístu a pístnice (prodloužení). Olej, který byl v prostoru pod pístem, je vytlačen zpět do rezervoáru. Pro kontrakci pístu se děje to samé, jen obráceně. To znamená, že olej je čerpán do prostoru pod pístem a píst je tím tlačěn nahoru k hlavě (kontrakce). Obrácení proudu docílíme buď reverzním chodem čerpadla, nebo speciálním ventilem. [22]

3.1.4 PROTIZÁVAŽÍ, RAMENO OPĚRY A DOSEDACÍ DESKA OPĚRY

Tyto prvky slouží k zajištění stability jeřábu. Aby byl jeřáb stabilní, musí být součet všech momentů u základny blízký nule, jinak by došlo k převrácení jeřábu. [25] Z tvrzení vyplývá, že na nutné hmotnosti protizávaží se významně podepisuje, na jaké vzdálenosti od základny jeřáb břemeno zdvihá. Vzhledem k tomu, že protizávaží jeřábu má stále stejnou hmotnost,



Obr. 14 Zátěžový diagram [26]

mění se se vzdáleností od základny nosnost jeřábu. Tyto vzdálenosti jsou vyznačeny v zátěžovém diagramu (obr. 11) Z diagramu je zřejmé, jak se nosnosti v závislosti na poloze ramena mění. Nejvyšší nosnosti jeřáb dosahuje nejbližší, a naopak nejnižší nejdále od základny. Můžeme si všimnout, že nemá vliv jen vodorovná vzdálenost, ale i vzdálenost svislá. Nosnost se s výškou snižuje kvůli nestabilitě způsobené vysoko položeným těžištěm

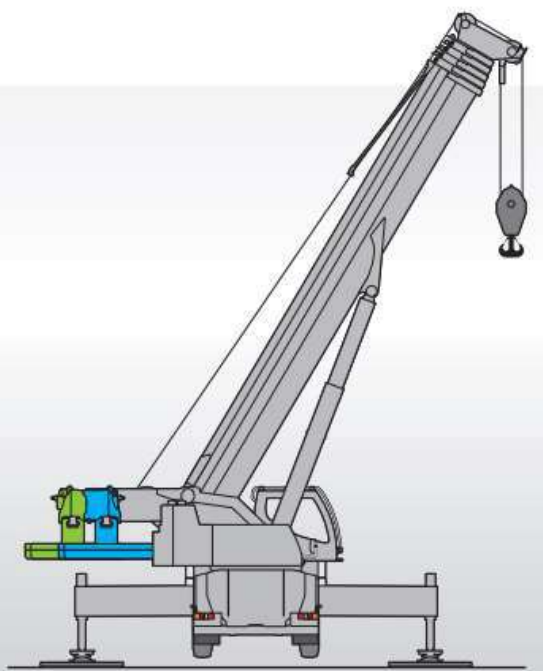
Ke zvětšení prostoru základny se používají ramena opěry společně s dosedacími deskami opěr. Opěry slouží nejen ke zvětšení základny, ale i k zajištění vodorovné polohy podvozku jeřábu. Opěry jsou zpravidla 4.

Dosedací deska opěry slouží k rozložení hmotnosti jeřábu na větší plochu, tím pádem snížení tlaku opěr na podklad. To se hodí zejména na měkčím podloží.

Za zmínku stojí možnost pohybu závaží, které se v základní poloze nachází blízko uchycení ramena. V základní poloze se při zdvihání nachází, pokud není zvedáno břemeno na hranici nosnosti jeřábu a je problém s nedostatkem prostoru. Naopak vysunutí závaží dále od ramene zaručí maximální nosnost jeřábu. [27]



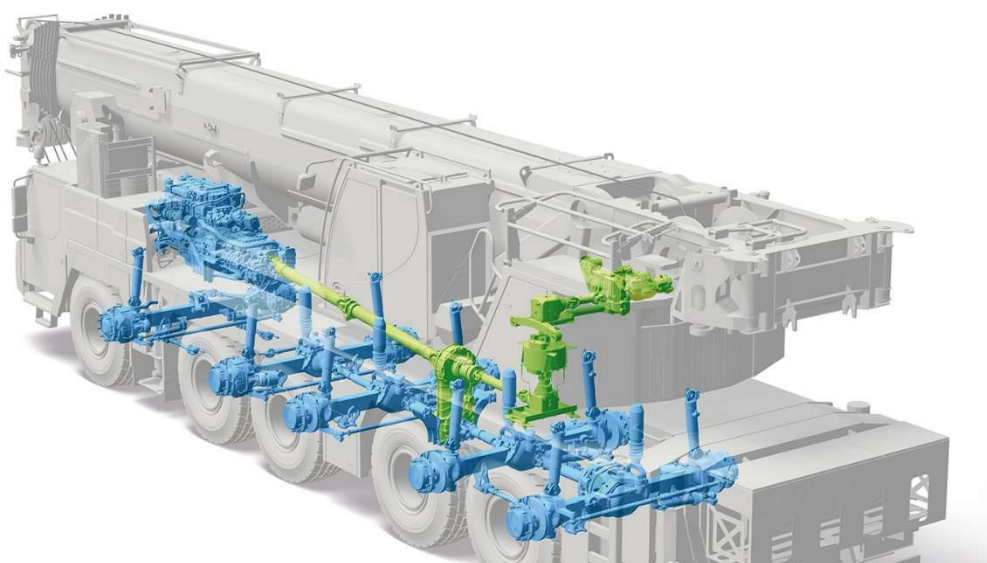
Obr. 15 Závaží jeřábu [20]



Obr. 16 Schéma posunutí závaží [20]

3.1.5 POHONNÉ ÚSTROJÍ

Už dříve bylo zmíněno, že univerzální autojeřáby používají jeden motor na pohon podvozku i čerpadla jeřábu. Motor uložený v podvozku je mechanicky propojen s čerpadlem i jednotlivými nápravami. Výkon je přenášen z rozvodové skříně přes kuželové soukolí na rozvodovou skřín čerpadla na nástavbě. Odstranění druhého motoru na nástavbě přináší nejen bonus v úspoře místa a váhy a tím pádem zvýšení nosnosti jeřábu, ale i nižší náklady na údržbu. [27]



Obr. 17 Mechanický rozvod energie [27]

K úspoře paliva přispívají systémy, jako například systém pro odpojení celé jednotky čerpadla, pokud je motor ve volnoběžných otáčkách. Pokud počítač vyhodnotí, že je na jednotce čerpadla výkon potřeba, automaticky ji opět přiřadí v řádu sekund. [27]

3.1.6 SPALOVACÍ MOTOR

K pohonu mobilních jeřábů se používá zpravidla spalovací motor, a to konkrétně motor dieselový. Ve většině případů je uložen těsně za kabinou řidiče v podvozkové části jeřábu. Pro nosnost 60 až 200 tun se jedná o motory od výkonu cca 270kW do cca 400kW. [28] Největší společnosti, jako například Liebherr, si vyrábějí své motory, častěji jsou ale motory nakupované, a to například od firmy Cummins nebo Mercedes. Motory jsou prakticky výhradně vznětové, přeplňované turbodmychadlem. Vzhledem k přísným emisním normám se výrobci snaží držet emise co možná nejnižší a dosahují toho mnoha způsoby. Jedním ze způsobů je vstřikování močoviny před katalyzátor do výfukového potrubí. Vstříknutí močoviny způsobí chemickou reakci, jejímž výsledkem nejsou plyny typu NO_x , ale vodní pára a dusík. [29] Další už se netýkají přímo procesu spalování, ale spíše snížení odporů a hmotnosti. Efektivitu motoru může ovlivnit i kvalita systému řídicí jednotky. [30]

3.1.7 PŘEVODOVKA

Převodovka mobilního jeřábu musí umět zajistit jak přesun jeřábu dálničními rychlostmi, tak i pomalé přesuny náročnějším terénem. Firmy si zpravidla nestaví své převodovky, ale nakupují je od výrobců, jako je například firma ZF.

3.1.8 OCELOVÁ LANA

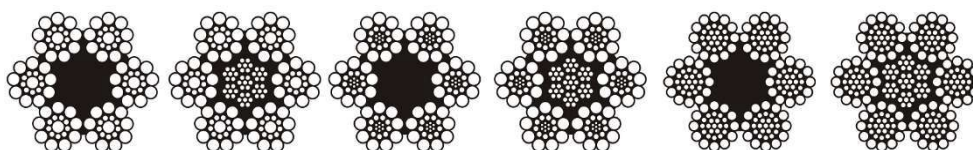
K výrobě ocelových lan se přišlo kvůli potřebě odolnějších lan, kterou do té doby známa lana z přírodních materiálů neměla. Jejich první nasazení bylo v důlním průmyslu, kde měla oproti starším lanům a řetězům nesporné výhody. Netlela jako lana z přírodních materiálů a k jejich přetržení nedošlo „naráz“ jako u řetězů. [31]

Lano je vyrobeno ze třech základních částí. A to lanového drátu, jádra lana a mazání. Vložka lana slouží jako podložka pramenů lana. Měla by být pružná a zároveň snášet vyšší teploty. Další důležitou funkcí vložky je zásobování maziva. Kvůli této vlastnosti má vložka porézní povrch, kde se mazivo usazuje. Mazání je nutné kvůli antikorozi ochraně a také snížení tření mezi jednotlivými dráty a prameny lana. [32]

Ocelová lana jsou splétána mnoha způsoby. Na obrázku jsou uvedeny způsoby používané u jeřábních lan (obr. 18)

LANA TYPU SEAL (OBR. 18)

Prameny jsou vinuty souběžně. Vnější dráty jednotlivých pramenů mají větší průměr než dráty vnitřní. Tento typ lan se vyznačuje velkou odolností vůči rázu. Naopak ohebnost není valná. [32]

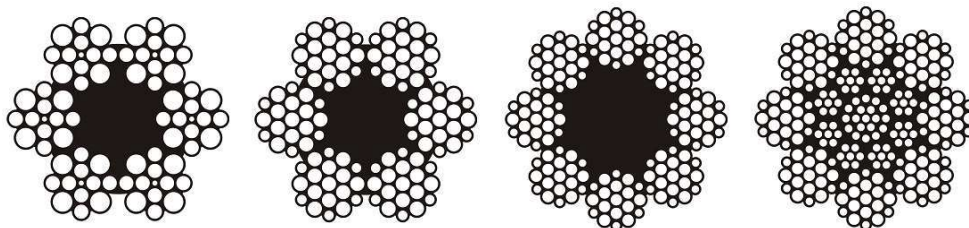


Obr. 18 Lana typu SEAL [32]

LANA

TYPU WARRINGTON (OBR. 19)

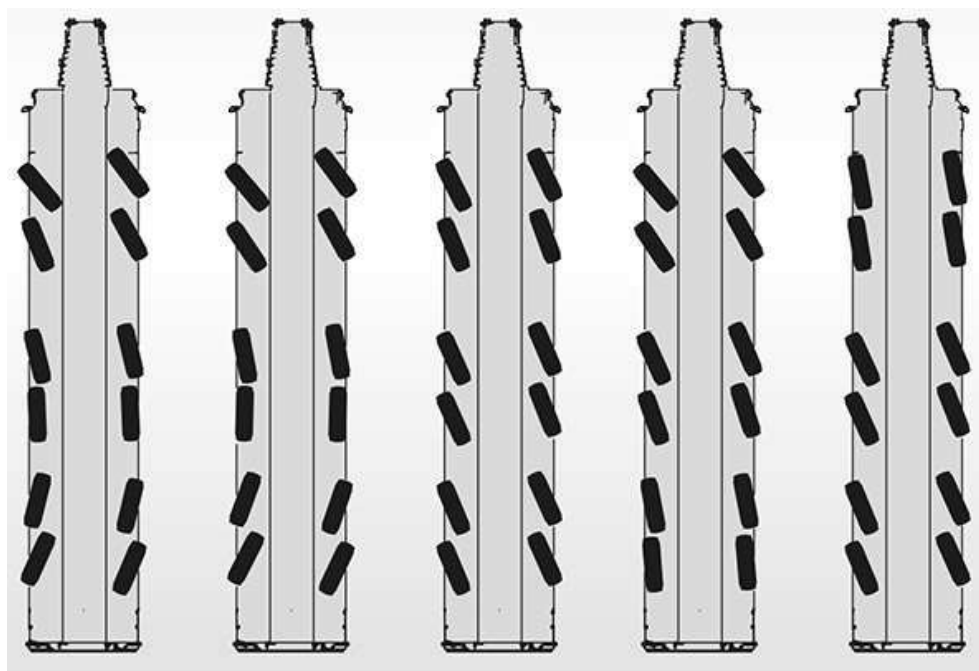
Šesti a osmipramenná lana. Jsou vinuta souběžně. Vlákno je tvořeno prameny s dráty střídavě většího a menšího průměru. Tento typ je dobře odolný vůči otěru a je dobře ohebný i při malém počtu drátů. [32]



Obr. 19 Lana typu Warrington [32]

3.1.9 PODVOZEK

Jeřáby často disponují podvozkem, který čítá více než dvě nápravy. Při zadané nosnosti to jsou třínápravové až pětinápravové podvozky. Jeřáb je sám o sobě poměrně dlouhý a přitom je častokrát vyžadována vysoká manévrovatelnost. Manévrovatelnost zajistí variabilní systém natáčení kol. (obr. 20)



Obr. 20 Schématické znázornění natáčení kol při různých jízdních podmínkách [33]

Na prvním schématu zleva (obr. 20) je znázorněn mód pro silnici. Natačení zadních náprav probíhá opačně oproti nápravám předním. Úhel natočení zadních náprav je závislý na rychlosti pohybu a to tak, že čím vyšší rychlost, tím menší natočení. Od určitých rychlostí nejsou zadní nápravy natáčeny vůbec.

Na druhém obrázku zleva (obr. 20) je znázorněno natočení kol ve chvíli, kdy jeřáb dosáhne nejmenšího možného poloměru otáčení. Na obrázku je dobře vidět, jak jsou kola na začátku a na konci jeřábu natočena více než kola nacházející se blíže ke středu. To vyplývá právě z poloměru otáčení.

Zbývá tři schémata (obr. 20) ukazují na pár základních nastavení pro manévrování a na možnost jakéhokoli nastavení natočení kol jednotlivých náprav.

Přední nápravy jsou ovládány mechanicky prostřednictvím volantu. Zadní nápravy ovládá řidič prostřednictvím speciálního ovladače, který elektrohydraulicky operuje se zadními nápravami. [33]

3.1.10 KABINA JEŘÁBNÍKA

Jak je známo, komfort má vliv na stres a stres je při práci, kterou zastává jeřábník, nebezpečný. Ze stresu plynou chyby a těch se při práci s těžkými břemeny je nutné vyvarovat. Každá chyba může vyústit v pracovní úraz. V moderních jeřábech se proto dbá na komfort obsluhy

TERMOREGULACE

Kabina moderního jeřábu disponuje jak vytápěním, tak klimatizací. Teplota je regulována automaticky na teplotu, kterou si obsluha nastaví termostatem na obrázku (obr. 21). Systém vytápění i klimatizace má možnost nasávat vzduch zvenku (jde přes kabinový filtr), ale je vybaven i vnitřním okruhem, který se hodí pro práci ve zvlášť prašném prostředí. Některé kabiny disponují vyhřívaným, nebo dokonce ventilovaným sedadlem. Sedadlo samo o sobě je tvarováno tak, aby bylo pohodlné i po několika hodinách sezení.



Obr. 21 Termostat v kabině jeřábníka [34]

VIDITELNOST

Část viditelnosti úzce související s termoregulací je ofukování oken kabiny. Okna kabiny se hlavně při chladném počasí mají tendenci mlžit. V kabině jsou proto vývody topení na okna (obr. 22).



Obr. 22 Schéma proudění vzduchu v kabině [34]

Při deštivém počasí má střešní okno i čelní sklo stěrač. Na okna je často lepena fólie, která blokuje UV paprsky a napomáhá menšímu zahřívání kabiny od slunce. [35] Lepší viditelnosti u některých jeřábů napomáhá naklápění nebo i zvedání kabiny.



Obr. 23 Nakloпенá kabina [36]



Obr. 24 Zvedací kabina [37]

OVLÁDÁNÍ

Snahou výrobce je co nejvíce zjednodušit ovládání jeřábu. Ovládací prvky jsou ergonomicky umístěny a ovládání je intuitivní. Ve většině případů nejsou dnes už ovládací prvky připojeny mechanicky, ale elektronicky. S ovládacími prvky je úzce spojena i viditelnost a to tím, že na jeřábu jsou namontovány kamery, které vysílají obraz na displeje v kabině.



Obr. 25 Displeje připevněné na sloupku kabiny [34]

4 VYBRANÍ VÝROBCE AUTOMOBILOVÝCH JEŘÁBŮ

V této části práce se nachází přehled jedné z největších firem. Firmy mohou vyrábět i jiná zařízení mimo jeřáby, ale jeřáby tvoří většinu jejich produkce. Zmíněny jsou firmy, které jsou významně zastoupeny na evropském trhu. Mezi tyto firmy se řadí Liebherr, Manitowoc Grove, Tadano Demag a Tadano Faun.

4.1 LIEBHERR

Liebherr je jedním z největších světových výrobců automobilních jeřábů a jeřábů obecně. Firmu založil v roce 1949 Hans Liebherr. Firma má ústředí ve švýcarském Bulle. Firma ale pochopitelně nemá jen jednu pobočku. Pobočky jsou po celém světě. Největší zastoupení je v Německu, kde se vyrábějí i mobilní jeřáby. V roce 2018 dosáhla firma obrátu 10 miliard EUR.

Firma má na svědomí několik zajímavých technických řešení. Nejvýznamnější z nich je TELEMATIC. TELEMATIC je řešení vysunutí výložníku. Výhodou telematiku bylo rychlé vysunutí výložníku a jeho celková délka převyšující konkurenci [21].

Pro ovládání představila firma systém LICCON. Tento systém zajišťuje fungování celého stroje a firma ho vyrábí sama. Software je jednoduchý na používání a je pomocí něj ovládán celý stroj [38].

Posledním zmíněným systémem je systém VarioBase. Tento systém dokáže vypočítat nosnosti okolo jeřábu, jsou-li opěrná ramena například kvůli stísněnému prostoru vysunuta nepravidelně [39].

4.2 MANITOWOC GROVE

Firma Manitowoc byla založena roku 1902 a stavěla lodě. Až později, v roce 2002, koupila firmu Grove. Grove Manufacturing Company byla založena roku 1947 bratry Dwightem a Johnem Grove. Evropské ústředí současné firmy leží v Dardilly ve Francii [40]. Výrobu autojeřábů má na starost Grove.

Jako každá velká firma i Grove má svá technická řešení. Prvním z nich je MAXbase. MAXbase je vlastně ekvivalentem systému VarioBase od firmy Liebherr. Při práci ve stísněných prostorech, kde není možno plně vysunout opěrná ramena, tento systém vypočítá nosnosti okolo jeřábu [19].

Firma představila i systém MEGATRACK. Systém umožňuje, aby se vždy všechna kola dotýkala země, což se hodí při průjezdu obtížným terénem. V praxi to znamená vyšší světlou výšku a rozložení hmotnosti na všechna kola [19].

Řešení konkurující systému TELEMATIC od firmy Liebherr se nazývá TWIN-LOCK. Rozdíl mezi těmito systémy je v umístění aretačních čepů. Zatímco Liebherr je má na vrchní straně výložníku, Grove je má na bocích, a to kvůli menšímu riziku zaseknutí (méně namáhaná část) [20].

4.3 TADANO DEMAG

Dříve Terex Demag. Založení firmy proběhlo roku 1910 v německém Duisburgu. V současnosti má základnu v Düsseldorfu. Firma spadá pod japonskou společnost Tadano zabývající se výrobou zdvihacích a manipulačních zařízení [41].

Jeřáby společnosti jsou řízeny systémem IC-1. IC-1 je systém, který si firma vyrábí sama. Další zajímavostí je uvedení na trh částečně elektrického jeřábu pro práci ve městech (nosnost jeřábu je 45t) [42].

4.4 TADANO FAUN

Historie firmy Tadano Faun sahá až do roku 1845. Roku 1990 byla převzata japonskou společností Tadano Limited zabývající se výrobou mobilních jeřábů [43].

Ve svém univerzálním autojeřábu ATF 60G-3 používají originální koncepci uložení motoru. Ten není uložen v podvozku jako obvykle, ale na nástavbě. Výrobce uvádí, že pomocí tohoto řešení se váha jeřábu rozkládá rovnoměrně na všechny nápravy. [44]

5 PŘEHLED VYBRANÝCH MODELŮ JEDNOTLIVÝCH VÝROBCŮ

Následující kapitola obsahuje přehled modelů jednotlivých výrobců. Interval nosnosti je stanoven na 35 tun. Za předpokladu tohoto bude ze zadané nosnosti dosaženo 4 intervalů. Bude uveden jeden stroj pro každý interval a jeho nosnost se bude blížit středu intervalu. Pokud výrobce nenabízí stroj v daném rozpětí, bude interval přeskočen a nedostatek bude označen pod tabulkou. V této části budu vycházet výhradně z webových stránek výrobců. Zdroje pro tyto tabulky jsou označeny [45]-[63]

5.1 LIEBHERR

Tab. 1: Přehled a technické parametry modelů výrobce Liebherr

Interval nosnosti	60-95 tun	60-95 tun	95-130 tun	130-165 tun	165-200 tun
Druh	Nástavbový	Univerzální	Univerzální	Univerzální	Univerzální
Model	LTF 1060-4.1	LTM 1070-4.2	LTM 1120-4.1	LTM 1130-5.1	LTM 1160-5.2
Maximální nosnost [t]	60	70	120	130	180
Poloměr maximální nosnosti [m]	2,5	2,5	3	3	2,5
Maximální výška zdvihu [m]	56	65	91	91	99
Maximální poloměr pracovního prostoru [m]	48	48	64	72	78
Počet náprav	4	4	4	5	5
Minimální délka výložníku [m]	10,2	11	12,3	12,7	13,1
Maximální délka výložníku [m]	40	50	66	60	62
Základní konfigurace pohonu (příplatková)	8x2x6, 8x4x4	8x4x8 (8x6x8)	8x6x8	10x6x10 (10x8x10)	10x6x10 (10x8x10)
Výkon motoru [kW]	162-368	330	330	400	400
Výkon jeřábového motoru [kW]	129	-	-	129	-
Maximální rychlost [km/h]	90	85	85	85	85
Hmotnost jeřábu [t]	10,2	14,5	31	42	54

5.2 MANITOWOC GROVE

Jeřáby v této firmě dělá část Grove, proto budu jejich jeřáby takto označovat.

Tab. 2: Přehled a technické parametry modelů výrobce Manitowoc Grove

Interval nosnosti	60-95 tun	95-130 tun	130-165 tun	165-200 tun
Druh	Univerzální	Univerzální	Univerzální	Univerzální
Model	GMK4080-2	GMK4100L-1	GMK5150	GMK5180-1
Maximální nosnost [t]	80	100	150	180
Poloměr maximální nosnosti [m]	3	3	3	3
Maximální výška zdvihu [m]	54	89	88	101
Maximální poloměr pracovního prostoru [m]	44	52	48	60
Počet náprav	4	4	5	5
Minimální délka výložníku [m]	11	11,3	12,8	13,7
Maximální délka výložníku [m]	51	60	50,8	64
Základní konfigurace pohonu (příplatková)	8x6x8	8x6x8 (8x8x8)	10x6x10 (10x8x10)	10x6x10 (10x8x10)
Výkon motoru [kW]	320	320	390	390
Výkon jeřábového motoru [kW]	-	-	-	-
Maximální rychlost [km/h]	85	85	85	85
Hmotnost jeřábu [t]	48	48	60	60

5.3 TADANO DEMAG

Výrobce Terex Demag nenabízí jeřáb o maximální nosnosti mezi 165 a 200 tunami. V tabulce byl nahrazen jeřábem s nejbližší vyšší nosností.

Tab. 3: Přehled a technické parametry modelů výrobce Tadano Demag

Interval nosnosti	60-95 tun	95-130 tun	130-165 tun	165-200 tun
Druh	Univerzální	Univerzální	Univerzální	Univerzální
Model	AC 60-3	AC 100-4	AC 160-5	AC 220-5
Maximální nosnost [t]	60	100	160	220
Poloměr maximální nosnosti [m]	2,5	2,5	2,5	2,5
Maximální výška zdvihu [m]	50	60	68	78
Maximální poloměr pracovního prostoru [m]	40	51	58	70
Počet náprav	3	4	5	5
Minimální délka výložníku [m]	10,4	12	12,4	12,8
Maximální délka výložníku [m]	50	59,4	68	78
Základní konfigurace pohonu (příplatková)	6x4x6 (6x6x6)	8x4x8 (8x6x8)	10x6x10 (10x8x10)	10x6x10 (10x8x10)
Výkon motoru [kW]	260	340	405	405
Výkon jeřábového motoru [kW]	-	-	-	-
Maximální rychlost [km/h]	85	85	85	85
Hmotnost jeřábu [t]	36	48	60	60

5.4 TADANO FAUN

Tab. 4 Přehled a technické parametry modelů výrobce Tadano Faun

Interval nosnosti	60-95 tun	60-95 tun	95-130 tun	130-165 tun	165-200 tun
Druh	Nástavbový	Univerzální	Univerzální	Univerzální	Univerzální
Model	HK 70	ATF 70G-4	ATF 110G-5	ATF-140-5.1	ATF 180G-5 EM 3B
Maximální nosnost [t]	70	70	110	140	180
Poloměr maximální nosnosti [m]	2,5	2,5	3	2,5	2,7
Maximální výška zdvihu [m]	41	63	87,5	95	101
Maximální poloměr pracovního prostoru [m]	38	40	64	72	76
Počet náprav	4	4	5	5	5
Minimální délka výložníku [m]	10,4	11	13	12,8	13,2
Maximální délka výložníku [m]	41	44	52	60	60
Základní konfigurace pohonu (příplatková)	8x4	8x6x8 (8x8x8)	10x6x10 (10x8x10)	10x6x10 (10x8x10)	10x6x10 (10x8x10)
Výkon motoru [kW]	záleží na šasi	320	390	390	405
Výkon jeřábového motoru [kW]	95	129	129	129	129
Maximální rychlost [km/h]	90	85	85	80	80
Hmotnost jeřábu [t]	32-44	52	60	60	60

6 POROVNÁNÍ VYBRANÝCH MODELŮ JEDNOTLIVÝCH VÝROBCŮ

Porovnání bude provedeno jak formou nejlepších parametrů v dané váhové kategorii, tak i formou poměrných parametrů. Mezi poměrné parametry patří hmotnostní a rozměrové parametry. Hmotnostní parametry vyjadřují nosnost jeřábu, rozměrové pak rozsah pracovního prostoru. [51] – [69]

6.1 POROVNÁNÍ V JEDNOTLIVÝCH KATEGORIÍCH

Ne všechny parametry považuji za stěžejní, proto jsou jeřáby srovnány dle poloměru pracovního prostoru a maximální délky výložníku.

Tab. 5 Tabulka porovnání dle maximálního poloměru pracovního prostoru

Nosnostní interval	Výrobce	Model	Maximální poloměr pracovního prostoru [m]	Pořadí
60-95 tun	Liebherr	LTF 1060-4.1	48	1.
	Liebherr	LTM 1070-4.2	48	1.
	Tadano Demag	AC 60-3	40	3.
	Grove	GMK4080-2	44	2.
	Tadano Faun	HK 70	38	4.
	Tadano Faun	ATF 70G-4	40	3.
95-130 tun	Liebherr	LTM 1120-4.1	48	4.
	Tadano Demag	AC 100-4	51	3.
	Grove	GMK4100L-1	52	2.
	Tadano Faun	ATF 110G-5	64	1.
130-165 tun	Liebherr	LTM 1130-5.1	72	1.
	Tadano Demag	AC 160-5	58	2.
	Grove	GMK5150	48	3.
	Tadano Faun	ATF-140-5.1	72	1.
165-200 tun	Liebherr	LTM 1160-5.2	78	1.
	Tadano Demag	AC 220-5	70	3.
	Grove	GMK5180-1	60	4.
	Tadano Faun	ATF 180G-5 EM 3B	76	2.

Tab. 6. Tabulka porovnání dle maximální délky výložníku

Nosnostní interval	Výrobce	Model	Maximální délka výložníku [m]	Pořadí
60-95 tun	Liebherr	LTF 1060-4.1	40	5.
	Liebherr	LTM 1070-4.2	50	2.
	Tadano Demag	AC 60-3	50	2.
	Grove	GMK4080-2	51	1.
	Tadano Faun	HK 70	41	4.
	Tadano Faun	ATF 70G-4	44	3.
95-130 tun	Liebherr	LTM 1120-4.1	66	2.
	Tadano Demag	AC 100-4	68	1.
	Grove	GMK4100L-1	60	3.
	Tadano Faun	ATF 110G-5	52	4.
130-165 tun	Liebherr	LTM 1130-5.1	60	2.
	Tadano Demag	AC 160-5	68	1.
	Grove	GMK5150	50,8	3.
	Tadano Faun	ATF-140-5.1	60	2.
165-200 tun	Liebherr	LTM 1160-5.2	62	3.
	Tadano Demag	AC 220-5	78	1.
	Grove	GMK5180-1	64	2.
	Tadano Faun	ATF 180G-5 EM 3B	60	4.

6.2 ROZMĚROVÉ PARAMETRY

Pracovní délka výložníku se dá spočítat jako rozdíl maximální a minimální délky výložníku. Pokud pracovní délku výložníku vydělíme minimální délkou výložníku, dostaneme poměrnou velikost pracovního rozsahu jeřábu. Poměrná velikost pracovního prostoru ukazuje na variabilitu délky výložníku.

$$\alpha = \frac{\text{Max. délka ramene} - \text{Min. délka výložníku}}{\text{Min. délka výložníku}} [-]$$

Parametr α jsem zaznačil do tabulky. Tabulka je seřazená od největší po nejmenší hodnotu α .

Tab. 7 Rozměrové parametry – parametr α (s nástavcem)

Výrobce	Model	Typ	Minimální délka výložníku [m]	Maximální délka ramene s nástavcem [m]	Parametr α [-]
Tadano Demag	AC 220-5	Univerzální	12,8	99	6,73
Grove	GMK4100L-1	Univerzální	11,3	85,6	6,58
Liebherr	LTM 1160-5.2	Univerzální	13,1	99	6,56
Liebherr	LTM 1120-4.1	Univerzální	12,3	91	6,40
Tadano Faun	ATF 180G-5 EM 3B	Univerzální	13,2	97,2	6,36
Tadano Faun	ATF-140-5.1	Univerzální	12,8	92	6,19
Tadano Demag	AC 160-5	Univerzální	12,4	89	6,18
Liebherr	LTM 1130-5.1	Univerzální	12,7	91	6,17
Grove	GMK5180-1	Univerzální	13,7	98	6,15
Grove	GMK4080-2	Univerzální	11	72	5,55
Tadano Demag	AC 100-4	Univerzální	12	78,4	5,53
Tadano Faun	ATF 110G-5	Univerzální	13	84	5,46
Tadano Demag	AC 60-3	Univerzální	10,4	66	5,35
Grove	GMK5150	Univerzální	12,8	76,6	4,98
Liebherr	LTM 1070-4.2	Univerzální	11	65	4,91
Liebherr	LTF 1060-4.1	Nástavbový	10,2	56	4,49
Tadano Faun	HK 70	Nástavbový	10,4	56,8	4,46
Tadano Faun	ATF 70G-4	Univerzální	11	60	4,45

Z tabulky je zřejmé že vyšší hodnoty α zpravidla dosahují jeřáby s vyššími nosnostmi. Nejvyšší hodnoty dosáhla firma Tadano Demag s modelem AC 220-5. Tento jeřáb dosáhl téměř sedminásobného prodloužení. Naopak nejmenší prodloužení nabízí nástavbový autojeřáb firmy Tadano Faun ATF 70G-4, ten dosahuje jen trojnásobného prodloužení. Všechny firmy jsou v žebříčku rovnoměrně rozloženy.

Tab. 8 Rozměrové parametry – parametr α (bez nástavce)

Výrobce	Model	Typ	Minimální délka výložníku [m]	Maximální délka ramene bez nástavce [m]	Parametr α [-]
Tadano Demag	AC 220-5	Univerzální	12,8	78	5,09
Tadano Demag	AC 160-5	Univerzální	12,4	68	4,48
Liebherr	LTM 1120-4.1	Univerzální	12,3	66	4,37
Grove	GMK4100L-1	Univerzální	11,3	60	4,31
Tadano Demag	AC 100-4	Univerzální	12	59,4	3,95
Tadano Demag	AC 60-3	Univerzální	10,4	50	3,81
Liebherr	LTM 1160-5.2	Univerzální	13,1	62	3,73
Liebherr	LTM 1130-5.1	Univerzální	12,7	60	3,72
Tadano Faun	ATF-140-5.1	Univerzální	12,8	60	3,69
Grove	GMK5180-1	Univerzální	13,7	64	3,67
Grove	GMK4080-2	Univerzální	11	51	3,64
Tadano Faun	ATF 180G-5 EM 3B	Univerzální	13,2	60	3,55
Liebherr	LTM 1070-4.2	Univerzální	11	50	3,55
Tadano Faun	ATF 110G-5	Univerzální	13	52	3,00
Tadano Faun	ATF 70G-4	Univerzální	11	44	3,00
Grove	GMK5150	Univerzální	12,8	50,8	2,97
Tadano Faun	HK 70	Nástavbový	10,4	41	2,94
Liebherr	LTF 1060-4.1	Nástavbový	10,2	40	2,92

Nejlepší hodnotou parametru α disponuje model AC 220-5 od firmy Tadano Demag. Dále je vidět, že nejhorších výsledků dosáhly nástavbové autojeřáby. Zde je těsně napřed model HK 70 firmy Tadano Faun před modelem LTF 1060-4.1 firmy Liebherr. Mezi firmami si v tomto srovnání nejlépe vede Tadano Demag, jehož všechny stroje se nacházejí v lepší polovině tabulky.

Dalším parametrem, který se řadí mezi rozměrové parametry, je parametr μ . Tento parametr určuje velikost vyložení. Je odvozen od funkce cosinus, kdy maximální vyložení představuje přeponu a maximální poloměr pracovního prostoru odvěsnu. Pokud je na parametr aplikována funkce arccos, výsledkem bude minimální úhel sklonu výložníku β . Tabulka je seřazená sestupně podle β .

$$\gamma = \frac{\text{Max. vyložení}}{\text{Max. poloměr pracovního prostoru}} [-]$$

$$\beta = \cos^{-1}(\gamma) [^\circ]$$

Tab. 9 Rozměrové parametry – parametr γ , úhel β

Výrobce	Model	Typ	Maximální výška zdvihu [m]	Maximální poloměr pracovního prostoru [m]	Parametr γ [-]	Minimální úhel sklonu výložníku β [°]
Tadano Faun	HK 70	Nástavbový	41	38	0,93	22,07
Tadano Demag	AC 220-5	Univerzální	78	70	0,90	26,19
Liebherr	LTF 1060-4.1	Nástavbový	56	48	0,86	31,02
Tadano Demag	AC 160-5	Univerzální	68	58	0,85	31,48
Tadano Demag	AC 100-4	Univerzální	60	51	0,85	31,80
Grove	GMK4080-2	Univerzální	54	44	0,81	35,45
Tadano Demag	AC 60-3	Univerzální	50	40	0,80	36,89
Liebherr	LTM 1130-5.1	Univerzální	91	72	0,79	37,72
Liebherr	LTM 1160-5.2	Univerzální	99	78	0,79	38,03
Tadano Faun	ATF-140-5.1	Univerzální	95	72	0,76	40,74
Tadano Faun	ATF 180G-5 EM 3B	Univerzální	101	76	0,75	41,22
Liebherr	LTM 1070-4.2	Univerzální	65	48	0,74	42,42
Tadano Faun	ATF 110G-5	Univerzální	87,5	64	0,73	43,02
Liebherr	LTM 1120-4.1	Univerzální	91	64	0,70	45,33
Tadano Faun	ATF 70G-4	Univerzální	63	40	0,63	50,61
Grove	GMK5180-1	Univerzální	101	60	0,59	53,58
Grove	GMK4100L-1	Univerzální	89	52	0,58	54,28
Grove	GMK5150	Univerzální	88	48	0,55	56,97

Z tabulky je zřejmé, že největším parametrem γ a tím pádem nejmenším úhlem sklonu výložníku disponují nástavbové jeřáby. Absolutně nejmenším úhlem sklonu výložníku v tomto srovnání se chlubí nástavbový jeřáb od firmy Tadano Faun HK 70. Nejlepším z univerzálních jeřábů je AC 220-5 od firmy Tadano Demag. Poslední tři příčky patří jeřábům firmy Grove, jejichž minimální úhel sklonu výložníku je přes 50°.

6.3 HMOTNOSTNÍ PARAMETRY

Pro následující výpočty je potřeba znát nejvyšší nosnosti jeřábů na určité vzdálenosti. Protože však výrobci uvádějí maximální nosnosti na různých poloměrech (zpravidla 2,5 a 3 metry), dohledám v zátěžových diagramech nosnosti pro poloměr 3 metry.

Problém s odlišnostmi údajů výrobců se prolíná i do celkových hmotností jeřábů. Někteří výrobci udávají hmotnosti přepravní s neúplným závažím. Pro výpočet je zapotřebí hmotnosti s maximální hmotností závaží. Tuto hodnotu někteří neudávají přímo, proto ji budu počítat jako součet hmotnosti stroje a závaží.

Do tabulky bude uveden parametr δ , který je podílem nosnosti a hmotnosti jeřábu.

$$\delta = \frac{\text{Max. nosnost na poloměru 3m}}{\text{Hmotnost s nejtežším závažím}} \quad [-]$$

Tab. 10 Hmotnostní parametry – parametr δ

Výrobce	Model	Typ	Nosnost / poloměr [t]	Nosnost na poloměru 3m [t]	Hmotnost s maximálním závažím [t]	Parametr δ [-]
Liebherr	LTM 1120-4.1	Univerzální	120 / 3	120	66	1,82
Grove	GMK5150	Univerzální	150 / 3	150	82,5	1,82
Grove	GMK5180-1	Univerzální	180 / 3	180	110	1,64
Tadano Faun	ATF 180G-5 EM 3B	Univerzální	180 / 2,7	170,7	110	1,55
Grove	GMK4100L-1	Univerzální	100 / 3	100	66	1,52
Liebherr	LTM 1160-5.2	Univerzální	180 / 2,5	160	114	1,40
Liebherr	LTM 1130-5.1	Univerzální	130 / 3	130	93	1,40
Grove	GMK4080-2	Univerzální	80 / 3	80	58,5	1,37
Tadano Demag	AC 160-5	Univerzální	160 / 2,5	111	82	1,35
Tadano Faun	HK 70	Nástavbový	70 / 2,5	58,6	44	1,33
Liebherr	LTF 1060-4.1	Nástavbový	60 / 2,5	55,1	42	1,31
Tadano Demag	AC 100-4	Univerzální	100 / 2,5	80	66	1,21
Tadano Demag	AC 220-5	Univerzální	220 / 2,5	130	108,5	1,20
Tadano Faun	ATF 110G-5	Univerzální	110 / 3	110	92	1,20
Liebherr	LTM 1070-4.2	Univerzální	70 / 2,5	61,4	53	1,16
Tadano Faun	ATF-140-5.1	Univerzální	140 / 2,5	111,5	97	1,15
Tadano Faun	ATF 70G-4	Univerzální	70 / 2,5	59,6	52	1,15
Tadano Demag	AC 60-3	Univerzální	60 / 2,5	39,5	46	0,86

Z tabulky je zřejmé, že nejlepších hodnot dosáhly jeřáby vyšších nosností. O první příčku se dělí firmy Grove a Liebherr s modely GMK5150 a LTM 1120-4.1. Tyto dva stroje dokáží uzdvihnout 1,8 násobek své vlastní váhy. Firmy jsou napříč pořadím rozděleny rovnoměrně. Nejhuře se umístil univerzální autojeřáb firmy Tadano Demag AC 60-3. Jako jediný zde uvedený neuzdvihne svou vlastní váhu a za konkurenci zaostává poměrně výrazně. Tento výsledek je dán především významným poklesem nosnosti z poloměru 2,5 na 3 metry.

Posledním z porovnávacích parametrů je parametr ε . Jeho hodnota je dána podílem maximální nosnosti jeřábu na poloměru 3 metry a maximální hmotností závaží. U tohoto parametru je náročné určit, jestli je pozitivní nebo negativní. Záleží na využití jeřábu. Jeřáby s nejvyšším parametrem obvykle nemají těžké závaží, to ale znamená, že jsou těžké samy o sobě. Pokud se takovýto jeřáb používá pro zdvihání lehkého břemene, není možné jeřáb odlehčit odebráním závaží. Z těžšího jeřábu vyplývají vyšší náklady na přepravu.

$$\varepsilon = \frac{\text{Max. nosnost jeřábu na poloměru 3m}}{\text{Max. hmotnost závaží}} \quad [-]$$

Tab. 11 Hmotnostní parametry – parametr ε

Výrobce	Model	Typ	Nosnost / poloměr [t]	Nosnost na poloměru 3m [t]	Nejtěžší závaží [t]	Parametr ε [-]
Grove	GMK4080-2	Univerzální	80 / 3	80	14,8	5,41
Liebherr	LTF 1060-4.1	Nástavbový	60 / 2,5	55,1	10,2	5,40
Liebherr	LTM 1070-4.2	Univerzální	70 / 2,5	61,4	14,5	4,23
Liebherr	LTM 1120-4.1	Univerzální	120 / 3	120	31	3,87
Tadano Faun	HK 70	Nástavbový	70 / 2,5	58,6	15,2	3,86
Grove	GMK4100L-1	Univerzální	100 / 3	100	26,2	3,82
Tadano Faun	ATF 70G-4	Univerzální	70 / 2,5	59,6	16,5	3,61
Grove	GMK5180-1	Univerzální	180 / 3	180	50	3,60
Tadano Faun	ATF 180G-5 EM 3B	Univerzální	180 / 2,7	170,7	50	3,41
Grove	GMK5150	Univerzální	150 / 3	150	44,5	3,37
Tadano Demag	AC 100-4	Univerzální	100 / 2,5	80	24,5	3,27
Tadano Demag	AC 60-3	Univerzální	60 / 2,5	39,5	12,1	3,26
Liebherr	LTM 1130-5.1	Univerzální	130 / 3	130	42	3,10
Tadano Faun	ATF 110G-5	Univerzální	110 / 3	110	36	3,06
Liebherr	LTM 1160-5.2	Univerzální	180 / 2,5	160	54	2,96
Tadano Faun	ATF-140-5.1	Univerzální	140 / 2,5	111,5	42,4	2,63
Tadano Demag	AC 160-5	Univerzální	160 / 2,5	111	46	2,41
Tadano Demag	AC 220-5	Univerzální	220 / 2,5	130	70,2	1,85

Nejvyšší hodnota parametru ε náleží univerzálnímu autojeřábu GMK4080-2 od firmy Grove. Nejnižší model AC 220-5 od firmy Tadano Demag. Firma Tadano Demag má všechny modely ve spodní části tabulky (nižší parametr ε)

6.4 SHRUTÍ

Na základě výše uvedených faktů je zřejmé, že hlavním parametrem pro výběr jeřábu je jeho nosnost a dosah (vertikální i horizontální). Za další důležitý parametr lze považovat náklady na pořízení a provoz stroje. Za třetí úroveň důležitosti lze považovat parametr manévrovatelnosti, mobility nebo rychlosti uvedení do provozu. Který bude vybrán, záleží na prostředí, kde bude jeřáb pracovat. Na poslední příčce důležitosti je četnost zastoupení výrobce. Ta se liší na základě vybraného výrobce a lokality provozu stroje.

ZÁVĚR

Tato práce má za úkol seznámit s druhy mobilních jeřábů a popsat rozdíly mezi nimi. V práci jsou uvedeny technologie používané jeřáby a vypsány parametry takových strojů. Mezi parametry jsou zaměřeny jen ty, které jsou exaktní. Cílem práce není najít nejlepší jeřáb, takové hodnocení závisí i na neměřených parametrech, jakými jsou pohodlí nebo uživatelská přívětivost. Práce však může posloužit jako pomoc při nákupu mobilních jeřábů. Tato pomoc vychází především z přehledného uvedení deklarovaných parametrů modelů jednotlivých výrobců.

První část měla za úkol seznámit se stručnou historií mobilních jeřábů. Byly zmíněny technologie používané už ve starověku, bez kterých by moderní jeřáb nemohl fungovat. Dále jsou uvedeny stroje už přímo související s mobilními jeřáby. V práci je stručně shrnuta legislativa, která se sestává z mnoha norem a nařízení zajišťujících bezpečnost nově konstruovaných strojů. Následuje rozdělení mobilních kolových jeřábů na nástavbové a univerzální. Jeřáby disponují několika typickými a stěžejními komponenty, které jsou podrobněji popsány ve třetí části práce. Do přehledu a porovnání jednotlivých modelů jsou zapojeny stroje čtyř společností. Se všemi společnostmi práce v krátkosti seznamuje. Je zmíněna jejich stručná historie nebo technologická řešení typická pro danou společnost. Od každé společnosti byly vybrány stroje pěti nosnostních kategorií spadajících do rozsahu 60 – 200 tun. Do kategorie s nejnižší nosností zasahují kromě univerzálních autojeřábů i jeřáby nástavbové. Modely všech společností jsou nejprve porovnány ve svých kategoriích, a to podle maximální délky výložníku a podle maximálního poloměru pracovního prostoru. V druhé fázi se jedná o porovnání pomocí rozměrových a hmotnostních parametrů. U porovnávání pomocí těchto parametrů není potřeba kategorizovat jednotlivé modely podle nosností.

Pro stanovení vývojových tendencí se můžeme poučit z minulosti. Jeřáby se stávají bezpečnějšími, pohodlnějšími a dosahují vyšších nosností. Nemám nejmenší důvod pochybovat, že hlavní část vývoje půjde právě tímto směrem. Největší otázka ohledně vývoje se nejspíše týká pohonného ústrojí. Můj názor ale je, že čistě elektrický pohon v současném stupni vývoje nedává smysl u většiny těchto strojů. Jedná se o stroje extrémně těžké (v dané nosnostní kategorii cca 60 tun bez závaží). To znamená obrovskou spotřebu energie a ta je potřeba někde uskladnit. V podvozku samotném na baterie moc místa nezbude. Nabízí se umístění baterií místo závaží, takové místo ale považuji za špatně chráněné v případě nehody. Navíc by tato pozice přinesla zvýšení těžiště. Diesel-elektrický pohon dává větší smysl. Už i kvůli tomu, že na převod energie do nástavby nebude potřeba mechanického připojení. Když už jsem u zachování spalovacího motoru, alternativní paliva určitě bude možné použít. Při práci by mohl být jeřáb napájen ze sítě.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Crane (machine). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Crane_\(machine\)#Truck-mounted](https://en.wikipedia.org/wiki/Crane_(machine)#Truck-mounted)
- [2] *Historie jeřábů a zdvihacích zařízení* [online]. [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: <https://www.skolenirevize.cz/historie-jerabu.php>
- [3] Kladkostroj. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Kladka#Kladkostroj>
- [4] *Vrátek* [online]. In: . [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: <https://www.skolenirevize.cz/historie-jerabu.php>
- [5] *Jeřáb poháněný šlapacím kolem* [online]. In: . [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: <https://www.iteco.cz/novinky/detail/podporujeme-historicky-jeřab-z-konce-14-stoleti.htm>
- [6] *History of mobile cranes* [online]. [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: <https://samanshafazadeh.wixsite.com/mobile-crane/history-of-mobile-crane>
- [7] *Appleby Brothers crane* [online]. In: . [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: https://www.gracesguide.co.uk/Appleby_Brothers
- [8] ČSN ISO 9374-4: *Jeřáby. Poskytované informace. Část 4: Jeřáby výložníkového typu*. 1993.
- [9] ČSN ISO 7296-2: *Jeřáby - Grafické značky - Část 2: Mobilní jeřáby*. 1999.
- [10] ČSN EN 13000+A1: *Jeřáby - Mobilní jeřáby*. 2014.
- [11] Mobile cranes. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_crane
- [12] *Nástavbový autojeřáb* [online]. [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/cze/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/liebherr-truck-mounted-telescopic-cranes/details/ltf104541.html#lightbox>
- [13] *Podvozek nástavbového autojeřábu* [online]. [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: <https://www.scania.com/global/en/home/products-and-services/trucks/industries/construction/mobile-crane.html>
- [14] *Univerzální autojeřáb* [online]. [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/cze/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/liebherr-mobile-cranes/details/ltm105532.html#lightbox>

- [15] *Zajištění stability* [online]. [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: <https://www.industrytap.com/safety-considerations-operating-crane-truck/37625>
- [16] *Komponenty jeřábu* [online]. In: . [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/cze/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/liebherr-mobile-cranes/details/ltm109042.html#lightbox>
- [17] DUDEK, K. Jeřábová kladnice -nosnost 8t.Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 37s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.
- [18] REMTA, František, Ladislav KUPKA, František DRAŽAN, Zdeněk CVEKL, Oldřich JURÁŠEK a Juraj KOŠÁBEK. Jeřáby. II. díl. Druhé, přepracované a doplněné vydání. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1975, 562 stran: ilustrace.
- [19] *Univerzální autojeřáby Grove* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://manitowoccranes.com/en/cranes/grove/grove-products/all-terrain>
- [20] *Katalog Liebherr* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/shared/media/mobile-and-crawler-cranes/brochures/mobile-crane-technology/liebherr-mobile-crane-technology-p415-00-e04-2016.pdf>
- [21] *Liebherr systém TELEMATIC* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/usa/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/mobile-crane-technology/details/telematik.html>
- [22] *Hydraulika* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <http://www.edgeroamer.com/sweethaven/mechanics/hydraulics01/default.asp?iNum=0401>
- [23] KORYTÁŘ, J. Zvedací válečkový stůl.Brno, 2019. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 63s. Vedoucí bakalářské práce Jaroslav Kašpárek.
- [24] *Hydraulický píst* [online]. In: . [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.mobilehydraulictips.com/business-end-hydraulics-cylinder/>
- [25] BRAIN, Marshall. *How Tower Cranes Work* [online]. 2017, **03(02)** [cit. 2020-06-01]. DOI: 10.4172/2472-0437.1000133. ISSN 24720437. Dostupné z: <https://www.omicsonline.org/open-access/how-tower-cranes-work-2472-0437-1000133-98412.html>
- [26] *Zátěžový diagram* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <http://autojerabyhorak.cz/jeraby-k-pronajmu/liebherr-ltm-1055-3-1/>
- [27] *Liebherr - single engine* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/usa/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/mobile-crane-technology/details/single-engine-concept.html>

- [28] *Liebherr - VarioBase* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/cze/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/liebherr-mobile-cranes/ltm-information.html>
- [29] *AdBlue a k čemu slouží* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.vanscentre.com/magazin/co-je-adblue-a-k-cemu-slouzi1/>
- [30] *Liebherr - powertrain* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/usa/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/mobile-crane-technology/details/efficient-chassis-and-drive-technology.html>
- [31] SAYENGA, Donald. *Modern history of wire rope* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://atlantic-cable.com/Article/WireRope/Sayenga/wirerope4.htm>
- [32] Drátěné lano. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: Drátěné lano. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Dr%C3%A1t%C4%9Bn%C3%A9_lano#Z%C3%A1kladn%C3%AD_konstrukce_lana
- [33] *Multiple axle steering* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/usa/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/mobile-crane-technology/details/steering-concept.html>
- [34] *Crane cab* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/usa/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/mobile-crane-technology/details/crane-cab.html>
- [35] *Grove - katalog allterrain* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.manitowoccranes.com/en/Tools/lift-solutions>
- [36] *Brožura autojeřábů* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <http://www.autojeraby.com/wp-content/uploads/2014/07/Liebherr-LTM-1055-Brozura.pdf>
- [37] *Pohyblivá kabina jeřábníka* [online]. In: . [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <http://www.autojerabymalina.cz/cz/pujcovna-jerabu/73-liebherr-ltm-1130-5-1.html>
- [38] *LICCON* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/usa/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/mobile-crane-technology/details/liccon.html>
- [39] *Safety and performace* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/usa/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/mobile-crane-technology/details/variobase.html#lightbox>
- [40] Manitowoc Grove Cranes. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Manitowoc_Cranes

- [41] Demag. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Demag>
- [42] *Demag technology* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.demagmobilecranes.com/en/products/demag-technology>
- [43] Tadano Faun. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Tadano_Faun_GmbH
- [44] *Tadano ATF 60G* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <http://www.atf60g-3.de/en/>
- [45] *Konfigurátor Scania* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.scania.com/global/en/home/products-and-services/configurator-portal.html>
- [46] *Liebherr LTF 1060 4.1* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/deu/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/liebherr-truck-mounted-telescopic-cranes/details/ltf106041.html>
- [47] *Liebherr LTM 1070 4.2* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/cze/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/liebherr-mobile-cranes/details/ltm107042.html>
- [48] *Liebherr LTM 1120 4.1* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/cze/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/liebherr-mobile-cranes/ltm-1120-4.1.html>
- [49] *Liebherr LTM 1130 5.1* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/cze/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/liebherr-mobile-cranes/details/ltm113051.html>
- [50] *Liebherr LTM 1160 5.2* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/cze/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/liebherr-mobile-cranes/details/ltm116052.html>
- [51] *Grove GMK4080-2* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://manitowoccranes.com/en/cranes/grove/grove-products/all-terrain/GMK4080-2>
- [52] *Grove GMK4100-1* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://manitowoccranes.com/en/cranes/grove/grove-products/all-terrain/GMK4100L-1>
- [53] *Grove GMK5150* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://manitowoccranes.com/en/cranes/grove/grove-products/all-terrain/GMK5150>
- [54] *Grove GMK5180-1* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://manitowoccranes.com/en/cranes/grove/grove-products/all-terrain/GMK5180-1>
- [55] *Demag AC 60-3* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.demagmobilecranes.com/en/product/all-terrain/ac-60-3>

- [56] *Demag AC 100-4* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z:
<https://www.demagmobilecranes.com/en/product/all-terrain/ac-100-4>
- [57] *Demag AC 160-5* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z:
<https://www.demagmobilecranes.com/en/product/all-terrain/ac-160-5>
- [58] *Demag AC 220-5* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z:
<https://www.demagmobilecranes.com/en/product/all-terrain/ac-220-5>
- [59] *Tadano HK 70* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z:
<https://www.tadanofaun.de/en/products/truck-mounted-cranes/hk-70.html>
- [60] *Tadano ATF 70G-4* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z:
<https://www.tadanofaun.de/en/products/all-terrain-cranes-versions/eu-stage-iv-v/atf-70g-4-44-m-eu-stage-iv.html>
- [61] *Tadano ATF 140-5.1* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z:
<https://www.tadanofaun.de/en/products/all-terrain-cranes-versions/eu-stage-v/atf-140-5-1.html>
- [62] *Tadano ATF 110G-5* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z:
<https://www.tadanofaun.de/en/products/all-terrain-cranes-versions/eu-stage-iv-v/atf-110g-5-eu-stage-iv.html>
- [63] *Tadano ATF 180G-5* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z:
<https://www.tadanofaun.de/en/products/all-terrain-cranes-versions/euromot-3/atf-180g-5-euro-3-engl.html>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

α	[-]	Rozměrový parametr 1
β	[-]	Minimální úhel ramene
γ	[-]	Rozměrový parametr 2
δ	[-]	Hmotnostní parametr 1
ε	[-]	Hmotnostní parametr 2