



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV MECHANIKY TĚLES, MECHATRONIKY A
BIOMECHANIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF SOLID MECHANICS, MECHATRONICS AND
BIOMECHANICS

NÁVRH TRANSPORTNÍHO MECHANISMU PRO **STACIONÁRNÍ ROBOT**

DESIGN OF TRANSPORT MECHANISM FOR THE STATIONARY ROBOT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PAVEL KŘÍŽ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

ING. TOMÁŠ RIPEL

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Pavel Kříž

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

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

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

Návrh transportního mechanismu pro stacionární robot

v anglickém jazyce:

Design of transport mechanism for the stationary robot

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhněte transportní mechanismus pro stacionární robot sloužící jako multifunkční kiosek. Robot vážící cca 80kg je v běžném provozu pevně instalován na čtyřech pevných podporách. V případě nutnosti transportu musí být zařízení jednoduše upravitelné na kolovou verzi s možností manuálního řízení. Zařízení musí být s robotem pevně spojeno včetně případných odnímatelných částí, které musí být uloženy uvnitř robotu. Transportní mechanismus musí robotu umožnit překonat překážky o výšce až 40mm. Na základě dostupné technické dokumentace vytvořte návrh tohoto mechanismu v podobě 3D modelu, pevnostně zkontrolujte vybrané součásti a vytvořte výkresovou dokumentaci. Zohledněte rovněž ergonomii a požadavek na co nejnížší cenu pro malou sérii 10ks.

Cíle bakalářské práce:

- 1.Zpracujte stručnou rešerši mechanických transportních prvků pro stacionární zařízení
- 2.Navrhněte transportní zařízení pro stacionární robot
- 3.Vytvořte výkresovou dokumentaci
- 4.Zohledněte ergonomii a požadavek na nízkou cenu

Seznam odborné literatury:

Tomonari Furukawa. MTRN9224 Robot Design, School of Mechanical and Manufacturing Engineering, University of New South Walesinternet, technical report

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tomáš Ripel

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 24.10.2012

L.S.

prof. Ing. Jindřich Petruška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

Abstrakt

Tato bakalářská práce popisuje návrh transportního zařízení pro autonomní robot. Hlavním cílem této práce je modifikace podvozku a návrh vodícího mechanismu. Navrhovaná koncepce vychází z požadavků, které byly zadány externí firmou. Práce zahrnuje seznam předběžných studií a jejich popis. Výsledná varianta je rozdělena na několik konstrukčních sekcí, které jsou zde podrobně popsány. Kontrolní výpočet potenciálně kritických částí je uveden v závěrečné sekci.

Výsledkem je návrh transportního mechanismu pro stacionární robot, který slouží jako multifunkční kiosek.

Abstract

This bachelor's thesis describes design of the transport mechanism for the autonomous robot. The main aim is modification of the chassis and design of the control mechanism. The designed concept comes out of requirements assigned by external company. It also includes the list and description of various considered concepts. The final construction variant is divided into several construction sections described in the thesis. The check calculation of potentially critical part is specified in the final part.

The result is design of the transport mechanism for the stationary robot which serves as multifunctional kiosk.

Klíčová slova

Robot, multifunkční kiosek, Advee, transport

Keywords

Robot, multifunction kiosk, Advee, transport

Bibliografická citace

KŘÍŽ, P. *Návrh transportního mechanismu pro stacionární robot*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 34 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Tomáš Ripel.

Čestné prohlášení

Čestně prohlašuji, že bakalářskou práci na téma *Návrh transportního mechanismu pro stacionární robot* jsem vypracoval samostatně pod vedením svého vedoucího bakalářské práce s použitím odborné literatury, kterou jsem všechnu citoval v seznamu literatury.

V Brně 3. 5. 2013

.....
Pavel Kříž

Poděkování

Tímto chci poděkovat Ing. Tomáši Ripelovi za ochotný přístup a cenné rady při konzultacích volby konstrukce v průběhu tvorby bakalářské práce.

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Transportní zařízení.....	10
2.1. Jeřáb.....	10
2.2. Ruční vozík.....	10
2.3. Paletový vozík	11
2.3.1. Vidlicový vozík	11
2.3.2. Jeřábový vozík.....	12
2.3.3. Nůžkový vozík	13
2.3.4. Vysokozdvíhový vozík.....	14
3. Studie konstrukčních návrhů.....	15
3.1. Pákový mechanismus	15
3.2. Pohybový šroub s momentovým klíčem	16
3.3. Rohatka se západkou	17
3.4. Letadlový podvozek	18
3.5. Zdvíhátko s vačkou.....	18
3.6. Pohybové šrouby	19
4. Konstrukční návrh mechanismu.....	21
4.1. Popis funkce mechanismu	21
4.2. Výklopný mechanismus	22
4.3. Zadní kola	23
4.4. Výsuvná oj.....	25
5. Kontrola stability a namáhání vybraných součástí.....	27
6. Závěr.....	30
7. Seznam použitých zkratk a symbolů	31
8. Použitá Literatura	32
9. Seznam příloh na CD	34

1. Úvod

Transportní mechanismus je pojem, pod kterým si mohou lidé představit rozmanité možnosti uplatnění. Od vozíků běžně používaných, až po součásti robotů pohybujících se na jiných planetách. Díky širokému uplatnění těchto mechanismů se jeho neustálým vývojem a zdokonalováním zabývá mnoho veřejných i soukromých firem, ale i výzkumných institucí.

Na strojní fakultě bylo vytvořeno několik robotů a jejich stupeň autonomnosti postupně stoupal. Jedná se o roboty typu Bender, jejíž dosud poslední verze je, co se týče mobility, plně automaticky pohyblivá. Tento robot nazvaný Advee je používán jako multifunkční kiosek. Hlavní rozměry tohoto plně autonomního robota dávají představu o jeho velikosti. I když se zdálo, že zvyšování úrovně samostatnosti pohybu je správné, ze zkušeností bylo zjištěno, že zákazník není natolik žádána pohyblivost, jako atraktivní design v kombinaci s vhodným softwarovým vybavením.

S návazností na tyto poznatky byl plně autonomní robot upraven na nepohyblivou, stacionární verzi stojící na čtyřech podporách. Toto snížení pohyblivosti přináší zvýšené nároky na jeho přemísťování. Přesto, že se jedná o nepohyblivou verzi, je třeba multifunkční kiosek přesouvat na místa, kde má být provozován, ale zároveň mezi dalšími místy v pracovním prostoru a to i několikrát za den. Pro přesouvání je třeba použít vhodný manipulační prostředek, kterým je možné s kioskem manipulovat i ve stísněných prostorách. Pro tyto účely se v současnosti používá nízkozdvíhový vozík, který musí být pro robotův častý přesun jeho stálou součástí. Pro přemísťování se používá také paleta, na které je kiosek při přesunu umístěn, jež je také dalším nezbytným příslušenstvím nízkozdvíhového vozíku. Toto mechanické zařízení není vhodné kvůli svým rozměrům, neskladnosti a vysoké hmotnosti. Z těchto důvodů je pro zvýšení kompaktnosti a jednoduchosti přemísťování žádána úprava konstrukce robotu, kterou se zabývá tato práce.

Při návrhu konstrukce je třeba vycházet z požadavků externí firmy. Mezi tyto nároky patří manuální řízení pevné spojené s robotem, umožnění přejezdu překážky o výšce až 40 mm, ergonomie a požadavek nejnižší ceny pro sérii 10 kusů.

Součástí požadavků je mechanické řízení, jednoduché a rychlé, pomocí kterého je možné rychle upravit robot k transportu, s čím je spojena i jednoduchost konstrukce. Také úprava na kolovou verzi je vhodnější mechanická, zvláště v případě, kdyby byla napájecí jednotka zcela vybitá, nebylo by možné Adveeho převést. Přejíždění překážek do výše až 40 mm je další z požadavků na mechanismus kladených, kde je potřeba zvážit také počet kol, které bude robot obsahovat. Dnes již běžným požadavkem je důležitost nízké výrobní ceny celé konstrukce, která se navyšuje s počty vyrobených kusů, v tomto případě se jedná o malou sérii 10 kusů. Všechny tyto požadavky byly brány při vytváření návrhu konstrukce v úvahu.

2. Transportní zařízení

Volba přepravy se volí podle typu objektu, množství, rozměrů, nákladů na přepravu, časového omezení a vzdáleností mezi oběma místy. Některé speciální objekty mohou vyžadovat i netradiční možnost přepravy. Objekty můžeme přepravovat po souši, vodě, vzduchem, ale i v podzemí.

Zařízení přepravující materiály nebo objekty mezi dvěma, ale i více místy, nazýváme transportní. Podle typu přepravovaného materiálu (plynný, kapalný, pevný) volíme vhodné zařízení. Obecně se dělí transportní zařízení na zdvihadací stroje, dopravníky, nakládací a vykládací zařízení. [1]

2.1. Jeřáb

Jeřáb je stroj obvykle vybavený zvedací technikou, jako jsou lana nebo řetězy, které používá pro zvedání a spouštění objektů a vodorovné přesouvání. Používá se především pro zvedání těžkých břemen a přepravu do jiných míst. Jeřáby jsou běžně používány v dopravním průmyslu pro nakládání a vykládání nákladu, ve stavebnictví pro přesun materiálu a při montáži těžkých zařízení. [2]

Pro specifické použití existují jeřáby v mnoha podobách. Od nejmenších otočných sloupových, používaných v dílnách, až po nejvyšší věžové, které se používají pro stavbu výškových budov. Mohou to být samovztyčitelné, rychlovztyčitelné, šplhací a další, jejichž zástupce je na Obr. 2.1.1. Mezi jejich hlavní části patří základna, stožár a pracovní rameno, které má typ od typu různé parametry. Díky zvyšování jejich technických možností je potřeba dodržovat i přísné bezpečnostní podmínky. Tam, kde není možné postavit statický jeřáb, nebo není vhodné jeho vztyčení z důvodu krátkého využití na jednom místě, využívají se mobilní typy. Při své práci se přesouvají mezi několika místy a je potřeba vytvořit vhodné podmínky pro jejich provoz. Nejznámějším představitelem této skupiny je autojeřáb, jak je vidět na Obr. 2.1.2. Pohyblivé i statické stroje se nepoužívají jen na pevnině. Jedny z největších zvedacích strojů jsou používány na ropných plošinách a na záchranných lodích. Je možné s nimi přesouvat těžké předměty. Ani nejmenší typy těchto strojů nejsou vhodné k tomu, abychom s nimi mohli přesouvat malé předměty. [3], [4]



Obr. 2.1.1 Jeřáb [5]



Obr. 2.1.2 Autojeřáb [6]

2.2. Ruční vozík

Dvoukolový ruční vozík je vhodný pro manipulaci s objekty s rovným dnem, jako jsou bedny nebo elektrické domácí spotřebiče. Rudl se skládá ze svislé trubkové konstrukce nejčastěji svařené z ocelových trubek, které nahoře přecházejí v rukojeti. Ve spodní části je kolmo ke konstrukci přivařen ocelový plech zvaný lopata, kterou jsou předměty díky využití páky zvednuty. Díky rameni páky je možné zvednout a převést i těžší předměty. Celá konstrukce se pohybuje pomocí dvou kol ve spodní části konstrukce, jak je vidět na Obr.2.2. Dříve byla běžná kovová kola s pogumovanou obvodovou částí. Pro snadnější překonávání překážek a tlumení nerovností jsou dnes nejpoužívanější nafukovací kola. Tento manipulační prostředek je jednoduchý a dostupný. Naložení předmětu na rudl je díky páce velmi rychlé a je možné zvedat i těžký náklad. Je tedy ideálním prostředkem pro přemísťování předmětů.



Obr. 2.2 Ruční vozík [7]

2.3. Paletový vozík

Poté, co se začala normalizovat přeprava pro lepší využitelnost prostoru nákladních automobilů, železničních nákladních vozů i plochy skladů, vznikly palety. Existují tzv. jednocestné (jednorázové) palety a europalety. Jednocestné palety zůstávají u zákazníka, europalety mají vyšší životnost a jsou vratné.

Aby bylo možné snadno s paletami manipulovat, používají se paletové vozíky. V závislosti na potřebách spotřebitele mají jeho modifikace různé užité možnosti. Nejčastěji se používají pro manipulaci s europaletami, na které byly uzpůsobeny, ale je možné je použít i na ostatní palety, které nemají všechny rozměry normalizované.

Různé typy paletových vozíků se využívají v mnoha prostředích díky široké škále jejich modifikací a možností manipulace nejen s paletami. Naopak jejich nevýhodou je pohyb omezený jen na zpevněné, rovné plochy.

2.3.1. Vidlicový vozík

Tento vozík je nejpoužívanějším typem. Základem pro zdvihání je hydraulický válec ovládaný ojí, která slouží také k řízení. Další důležitou částí jsou dvě ližiny, na které jsou palety, nebo jiné objekty nabírány, viz Obr. 2.3.1. Pod pístem je umístěno dvojkolo pro lepší manipulaci a větší nosnost. Oproti přednímu kolu, zadní mají válečkový typ a jsou umístěny na koncích obou ližin. Vozíky se mohou používat jen na zpevněných plochách. Konstrukce neumožňuje stohovat palety na sebe, nebo je zakládat do regálů. Pohon, zdvih a spouštění může být ruční nebo poháněné elektromotorem v závislosti na konkrétním provedení vozíku. [8]

Vyrábí se i vozíky v nerezovém provedení, vozíky s váhou, vozíky s váhou a tiskárnou. Pohon můžeme zvolit ruční, nebo se může realizovat pomocí pohonu na baterie. Vozík s AKU pohonem může mít i menší plošinu pro obsluhu. Požívaným typem je také motorový pohon s ručním vedením. [9]



Obr. 2.3.1 Vidlicový vozík [10]

2.3.2. Jeřábový vozík

Toto strojní zařízení se používá pro údržbu a bývá součástí strojní dílny. Skládá se ze dvou noh většinou do „V“ a nad nimi je v ose umístěno zdvižné rameno. To je zvedáno pomocí hydraulického pístu. Zdvihání je realizováno kývavým pohybem páky, jak je tomu u klasického vozíku. Také kola jsou ve stejných místech, jako u předchozího typu. Na Obr. 2.3.2 je jeřábové provedení, které se využívá při zvedání a vykládání břemen zavěšených na popruzích, nebo řetězech na zdvižném rameni vozíku. Zdvihání se provádí pomocí závěsného řetězu s háky pro přichycení popruhů. Vozík je možné používat jen na zpevněných rovných plochách bez dalších překážek. Může být i skládací, aby se dal převážet i v autě. [10]



Obr. 2.3.2 Jeřábový vozík [10]

2.3.3. Nůžkový vozík

Vozíky, u kterých je možnost zvedat břemeno výše, než u běžného paletového vozíku, mají nůžkovou konstrukci. Skládají se ze dvou ližin, které slouží na nabírání objektů, jak je vidět na Obr. 2.3.3. Pumpování pákou dochází ke zvedání pístu a tím i nabíracích prvků. Díky nůžkové konstrukci a pístu s vyšším zdvihem je pracovní výška až 1,5m. Kola jsou umístěna na stejných místech, jako v předchozích případech. Tyto vozíky se vyrábějí s ručním i elektrickým pohonem pro usnadnění zdvihu. Zvedání je realizováno pomocí víceetapňového hydraulického pístu. U ručního zdvihu se břemeno zdvihá pumpováním oje, jak je tomu i u klasického vidlicového vozíku. Při práci s paletami je možnost stohovat palety na sebe do výše zdvihu vozíku. Vozík lze použít i jako montážní pracovní stůl s nastavitelnou výškou pracovní plochy. [11]



Obr. 2.3.3 Nůžkový vozík [11]

2.3.4. Vysokozdvížený vozík

Zejména ve skladech bylo pokládáno zboží pouze na podlahu a z důvodu úspory místa v hale začala být poptávka po možnosti uskladnění i do výše. Nízkozdvižné vozíky nevyhovovaly těmto parametrům, protože jejich stohovací výška byla maximálně 1,5m. Začali se vyrábět vozíky s možností ukládání zboží do větších výšek, kterým se říká vysokozdvížné. Jsou to kolové prostředky, většinou s kabinou a zdvihacím rámem. Jejich nosnost se liší podle typu od stovek kilogramů až po několik tun. Nejmenší stroje se používají ve skladech pro ukládání palet do polic. Největší typy manipulují s kontejnery.

Kvůli použití v různých prostředích jsou poháněny i různými pohony. Tyto vozíky jsou schopny vynést náklad do výšky až 6m. Podle prostředí, kde jsou používány, volí se jejich motor. V uzavřených halách se obvykle používá elektrický pohon, naopak ve venkovních prostorách se volí dieselový, benzínový, nebo plynový. V malých skladech se používají vozíky s ručním zdvihem i pojezdem, jaký je na Obr. 2.3.4. [9]

Nejčastěji jsou na zdvihacím rámu umístěny vidle, které se skládají ze dvou ližin. Ty se používají při manipulaci s paletami. Díky možnosti záměny ližin za jiný typ nabíracího prostředku, jako je rameno s hákem, čep pro manipulaci s plechy, hydraulické čelisti pro manipulaci s válcovými tvary, nebo plošinu se zábradlím pro osoby, je tento stroj multifunkční. Díky velkému množství operací, které můžeme provádět, a snaze automatizovat výrobní procesy, existují i automatické vysokozdvížné vozíky, používané zejména ve skladech. [12]



Obr. 2.3.4 Vysokozdvížený vozík [13]

3. Studie konstrukčních návrhů

Úprava na kolovou verzi ze stacionární má být jednoduchá a rychlá, jak je uvedeno v požadavcích ze zadání. Nejprve je důležité zvolit počet kol, které by měl podvozek obsahovat. Více než čtyři kola nejsou pro udržení stability potřeba, vzhledem k tomu, že podvozek již má v základu stejný počet podpěr. Zároveň pro udržení stabilní polohy musí být podvozek podepřen alespoň třemi nezávislými podporami.

Je třeba také vyřešit, jakou nápravu zvolit pro řiditelnost vozíku. Z důvodu lepší ovladatelnosti a možnosti umístit kiosek i do menšího prostoru, přiklonilo se k přední nápravě. Z toho vyplývá, že i tažný prvek bude umístěn v přední části.

V případě dvou párů kol bychom mohli vycházet z předchozích verzí robotu, který obsahoval kyvnou nápravu. Tím by se návrh konstrukce zjednodušil natolik, že by bylo potřeba vyřešit pouze upevnění konstrukce a možnost zamezení pohybu pro stacionární účely kiosku. Úpravu na podvozek s podporami, není možný z důvodu velkého množství potřebného místa. Tento problém by odstranilo použití brzdy. Připevnění na jedno ze zadních pevně uložených kol, by pro tyto účely bylo dostačující. Složitost realizace a množství finančních nákladů toto řešení znevýhodňuje. [14]

Při použití pouze tří kol, kde se zadní část od čtyřkolové verze neliší, přední část se značně zjednoduší. Předpoklad platí za podmínky udržení stability, kterou zajistí maximální rozvor zadních kol. V přední části je možné použít sklápěcí mechanismus díky ušetřenému místu čtvrtého kola. Mechanismus musí být kvůli stabilitě posazen v ose robotu, což je výhodné i kvůli manipulaci při sklápění. Statické podpory budou v této části potřeba z hlediska zlepšení stability a zároveň znemožnění pohybu. Výhodou je jednodušší realizace a menší cenová náročnost. S ohledem na zadání, které požaduje kompaktnost a nízkou cenu, byl zvolen jednodušší tříkolový typ konstrukce. [15]

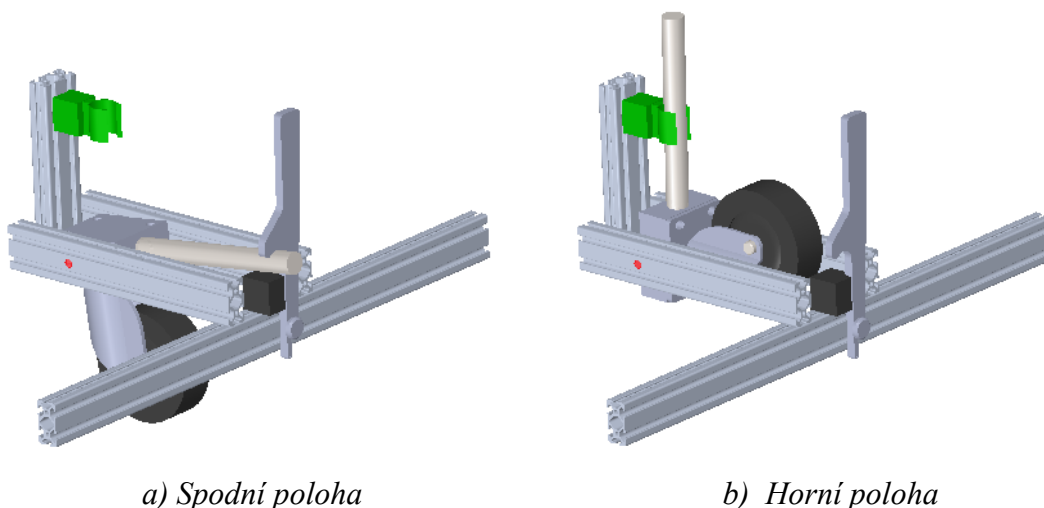
Pro překonání překážky vysoké až 40mm známé ze zadání, je důležité zvolit vhodnou velikost kol, které jsou hlavním vodícím prvkem. Při přejíždění překážek je nejvhodnější využít největšího možného průměru, díky kterému je překonání terénu snadnější. S přihlédnutím na velikost vnitřního prostoru robotu a snadnou manipulaci je vhodná volba průměru předního kola alespoň 80mm, aby byla její osa výše, než je maximální velikost překážky, minimálně však ve stejné rovině. Prostor v podvozku umožňuje použití vhodnějšího typu, tedy 100mm. V zadní části robotu je prostoru více, ale jsme omezeni požadavkem stejné světlé výšky. Při standartní montáži je vyhovující rozměr pouze 70mm. Při volbě připevnění kola k rámu robotu ve svislém směru je možné zvolit větší průměr, konkrétně až 160mm. [16], [17]

Nejvíce možností se nabízelo při konstrukci mechanismu předního kola. Bylo zvažováno, zda kolo spouštět kolmo k zemi, nebo vysouvat za pomoci páky. Dále jsou uvedeny uvažované konstrukční návrhy vysouvání, respektive sklápění předního kola. Zadní kolo bude dále zmíněno v konstrukčním návrhu. Možnosti návrhu mechanismu, které by vyhovovali zadaným požadavkům, jsou popsány níže.

3.1. Pákový mechanismus

Možnost, jak spouštět přední kolo, bylo v tomto návrhu zvoleno pomocí páky. Jeho krajní polohy jsou na Obr. 3.1. Mechanismus tvoří otočné kolo přišroubované do přípravku. V této

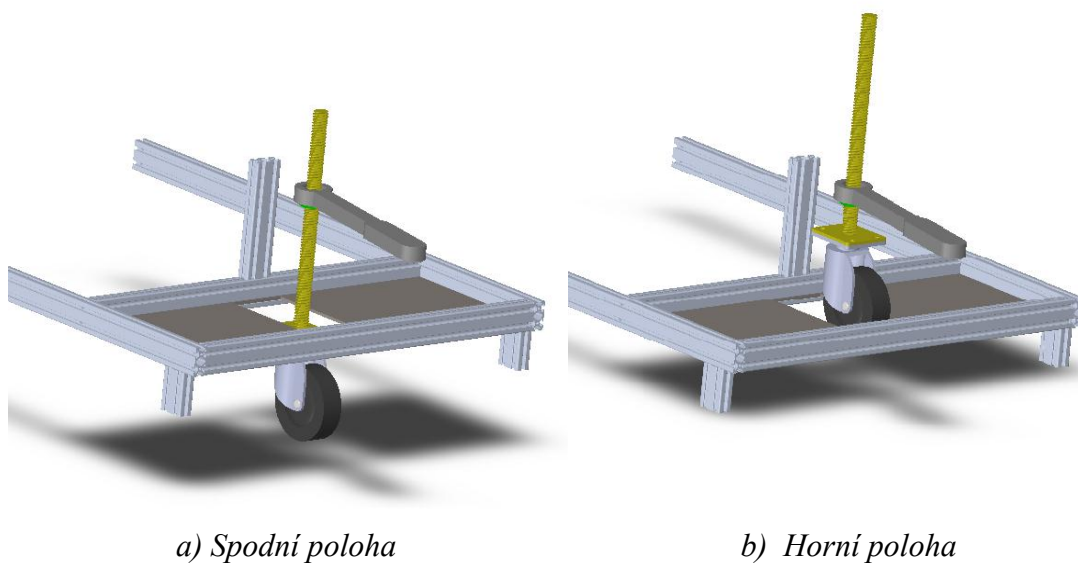
části je uchycena také manipulační tyč. Přípravek a tedy i další zmíněné části se otáčejí okolo čepu (na obrázku červené barvy). V horní poloze je krátká tyč zasunutá do plastové spony (zelené barvy). Kolo je přitom téměř ve vodorovné poloze schované v robotu. Pro úpravu na kolovou verzi je potřeba vysunout páku z plastového úchytu a přemístit ji do vodorovné polohy. Po přesunutí je páka zespodu opřena o pryžovou podložku, která slouží jako vložka proti přímému styku dvou kovů a zároveň tlumí nárazy, vznikající při přejíždění překážek. Se shora je páka automaticky po opření o gumu zachycena bezpečnostním hákem, který zabrání jejímu pohybu. Háček se otáčí okolo čepu a ve správné poloze je udržován pomocí pružiny. Celá konstrukce je poměrně jednoduchá a rychle ovladatelná.



Obr. 3.1 Návrh č. 1

3.2. Pohybový šroub s momentovým klíčem

Spouštění předního kola by bylo možné také pomocí pohybového šroubu, na jehož konci je upínací deska. Pomocí šroubů je tato část pevně spojena s otočným kolem. K rámu robotu je připevněn momentový klíč s oboustranným chodem, kterým při otáčení spouští kolo k zemi. K vysunutí kola stačí přepnout chod na ráčně. V klíči je umístěna matice, ve které se šroub pohybuje a na obrázku je znázorněna zelenou barvou. Výhodou tohoto způsobu je potřeba malého prostoru celého mechanismu. Nevýhodou je naopak velmi pomalý chod. Tento způsob není vhodný, protože robot se v provozu bude přesouvat i několikrát za den a úprava na kolovou verzi a zpět by byla časově velmi náročná. Na obrázku Obr. 3.2 je mechanismus znázorněn v jeho krajních polohách. Protože tento způsob ovládání kola zůstal pouze ve fázi návrhu, nebyly vyřešeny všechny části konstrukce, jako je znázornění připevnění klíče ke konstrukci nebo vodící plochy pohybového šroubu.

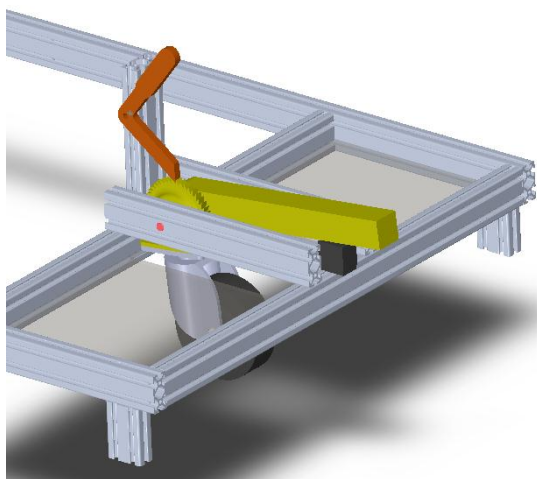


Obr. 3.2 Návrh č. 2

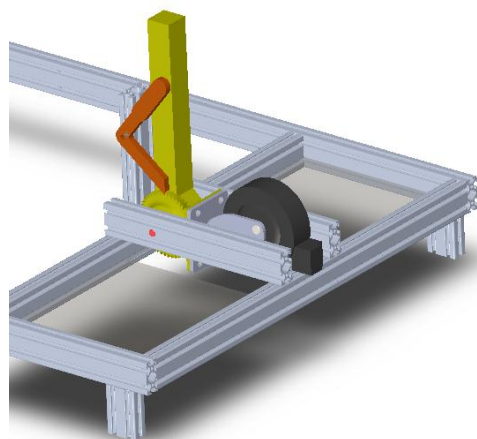
3.3. Rohatka se západkou

Mechanismem rohatky se západkou je možné realizovat i vysouvání předního kola, nebo jeho spouštění kolmo k zemi. Jak je patrné z Obr 3.3, žlutá část znázorňuje páku, kterou se ovládá celý mechanismus. Součástí je i rohatka kruhového tvaru umístěná v ose konstrukce. Tato část se otáčí okolo čepu – na obrázku červené barvy. V obou polohách kolo udržuje západka (oranžové barvy), jejíž zub zapadá do zubů v rohatce. Při úpravě robotu na kolovou verzi stačí posunout páku do vodorovné polohy. Pro vrácení kola zpět do horní polohy je potřeba podržet páku a oddělit pomocí rukojeti na západce obě části mechanismu od sebe. Kolo schované uvnitř robotu může držet pružina, nebo plastová objímka, jak je popsáno v Návrhu č.1. Kvůli složitějšímu vrácení kola do původní polohy, které by vyžadovalo další mechanismus pro bezpečné použití, bylo třeba najít jiné možnosti.

Pro spouštění kola kolmo k zemi by bylo možné použít jiný typ rohatky se západkou. V tomto případě by rohatka měla tvar přímky, ale kvůli větší složitosti obsluhy i větší zástavby není ani tato varianta vhodná.



a) Spodní poloha



b) Horní poloha

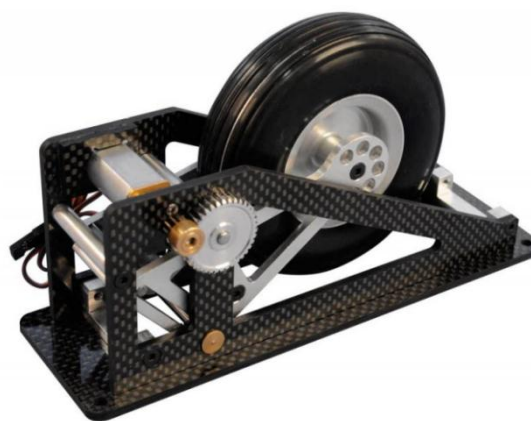
Obr. 3.3 Návrh č. 3

3.4. Letadlový podvozek

Dopravní letadla používají sklápěcí podvozky, kterými by mohla být též inspirována možnost návrhu konstrukce. Celý systém má mnoho částí, je značně složitý a používá se jen u větších prostředků, jako jsou letadla. Ty mají výhodu v konstrukci podvozku, která podstatně tlumí nárazy při přistání. Systém je poháněn pro velké působící síly hydraulicky. Pro náš případ je tento typ pohonu zbytečný. Zmenšené verze těchto podvozků se využívají i u větších maket dálkově řízených letadel, které mohou mít váhu podobnou Adveemu. Ty používají místo hydrauliky pneumatický, nebo pružinový systém. Jak je vidět na Obr. 3.4 je i tato konstrukce pro náš prostor dlouhá. Pro pohyb kola je důležitá jednoduchost celé sestavy a mechanické ruční ovládání. Vhodnější z hlediska menší náročnosti na místo mohou být menší makety letadel, které používají jiný mechanismus. Ty jsou popsány níže v návrhu č. 5. [18]



a) Spodní poloha [19]

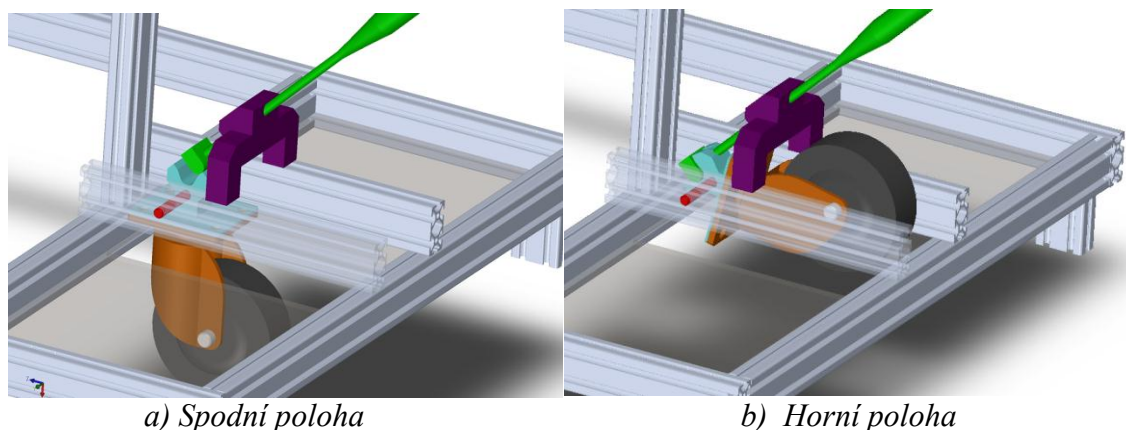


b) Horní poloha [20]

Obr. 3.4 Návrh č. 4

3.5. Zdvihátko s vačkou

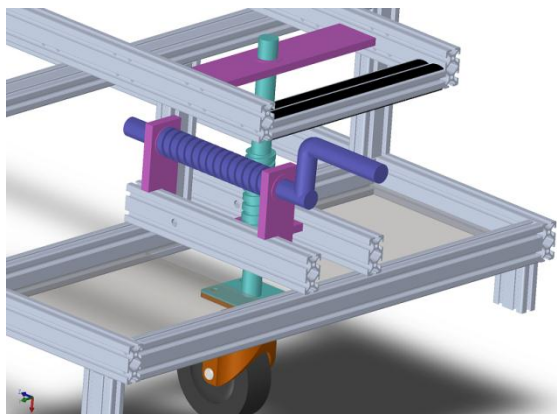
Sklápění kol se používá u menších modelů letadel, odkud je inspirován tento návrh. Malé makety, jejíž součástí je vysouvací podvozek, většinou používají konstrukce pomocí vačkového mechanismu. Jak je vidět na obrázku Obr. 3.5, konstrukce kola (hnědá barva) je spojena šrouby s vačkou (tyrkysová). Zdvihátko (zelené) pohybem po vačce otáčí celou konstrukci kolem čepu (červený). Tato dlouhá kulatá část mechanismu ovládá sklápění a vysouvání konstrukce. Toto provedení se používá jen u menších a lehčích modelů, protože zde nepůsobí velké síly. V modelech je zdvihátko poháněno malým elektromotorem. Úpravou bychom mohli i touto částí mechanicky pohybovat bez tahání, nebo tlačení. Vytvořením páky se potřebná síla zmenší, ale zastavení prostoru by bylo příliš velké.



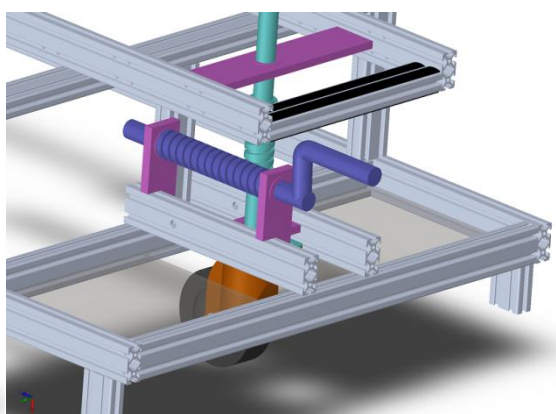
Obr. 3.5 Návrh č. 5

3.6. Pohybové šrouby

Pohybové šrouby se používají u obráběcích strojů pro lineární pohyb některých jejich částí. Nejjednodušším často používaným typem je čtvercový profil, který se dá jednoduše vyrobit. V tomto případě je návrh složen ze dvou těchto prvků, jak je vidět na Obr. 3.6. Oba pohybové šrouby s tímto profilem jsou upevněny ve vodících deskách, aby se zamezilo jejich vybočení. Na obrázku tyrkysový šroub se pohybuje ve svislém směru. Na jeho konci je upevněna upínací deska, která je šrouby spojena s rámem otočného kola. Druhý pohybový šroub stejného typu (tmavě modré barvy) je ve vodorovném směru uložen v ložiscích zachytávající axiální sílu, kterou vytváří. Klika, kterou je obsluhován celý mechanismus, je součástí konce vodorovného šroubu. Ložiska jsou umístěny ve vodících deskách. Pro spouštění či vysouvání se pohyb realizuje otáčením kliky v jednom nebo druhém směru a kolo v určených polohách drží díky tření. Nevhodnost této koncepce je způsobena velkým počtem součástí, potřeby ložisek a nekompaktností. Realizace je náročná také z hlediska cenové náročnosti.



a) Spodní poloha



b) Horní poloha

Obr. 3.6 Návrh č. 6

4. Konstrukční návrh mechanismu

Po zvážení kladů a záporů, které jsou popsány u všech návrhů, zároveň s přihlédnutím na požadavky firmy, mezi které patří překonání překážky vysoké až 40 mm, ergonomičnost, požadavek nejnižší ceny a pevné spojení celého mechanismu s robotem, byl zvolen jako nejvhodnější návrh ten, který používá páku pro vysunutí předního kola a oje pro transport. Jedná se o první z uvažovaných možností. Níže je k tomuto návrhu podrobně popsána její konstrukce a popis fungování. Součástí celého návrhu je i zadní část, která je zde také zahrnuta.

4.1. Popis funkce mechanismu

Ve stacionární poloze, která je určená pro funkci robotu jako multifunkční kiosek, stojí celá konstrukce ve přední části na hliníkových podporách, které se v případě potřeby transportu sklopí. V zadní části je robot ustaven na dvou kolech o průměru 160mm, které jsou pevně přidělané ke konstrukci. Zároveň jsou umístěny co nejdále od sebe, aby byla zajištěna maximální stabilita robotu.

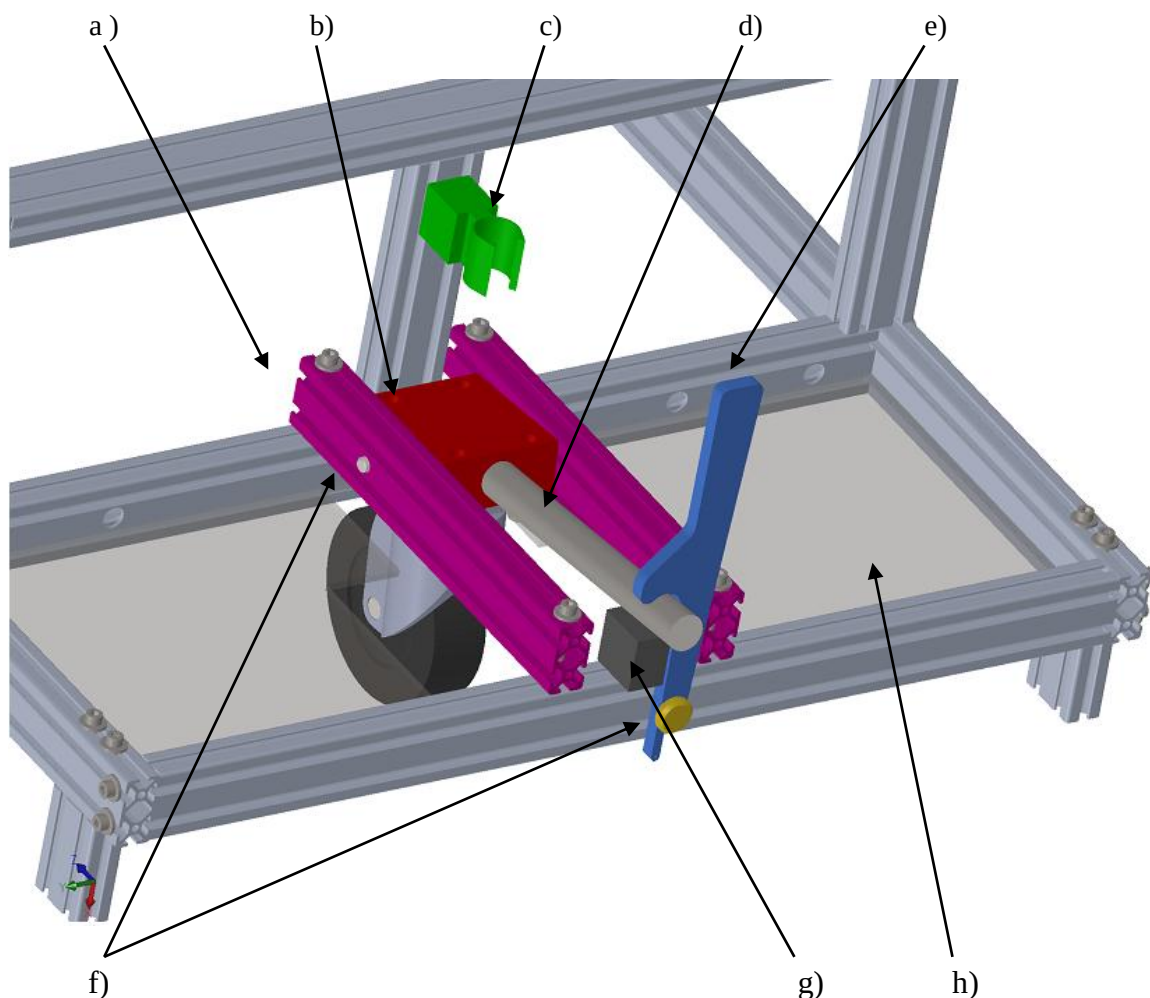
V případě, kdy je třeba robot převést na jiné místo v hale nebo pavilonu, které může obsahovat i cestu výtahem, změní se stacionární kiosek na kolovou verzi vysunutím kola. Páku, která je pevně přidělaná ke kolu, snadno vytáhneme z úchytky, která se běžně používá k uchycení trubek ke zdi. Páku poté sklopíme ze svislé polohy do vodorovné, díky čemu se sklopí přední kolo dolů a nadzvedne přední část konstrukce mírně nad zem. Páka se při sklopení do vodorovné polohy zajistí hákem, jakmile narazí na pryžovou podložku, která tlumí jemné rázy způsobené transportem po nerovném povrchu. Páka se automaticky zajistí proti vyražení díky háku, který se otáčí na čepu a je zajištěn proti vyskočení pružinou. Hliníkové podpory v přední části robotu se sklopit nemusí, protože přední kolo se vysune dostatečně vysoko natolik, aby mohly být překonány překážky do stanovené výše. Manipulovat s kioskem je možné pomocí oje, která je v době předvádění zasunuta za předním krytem. Tento prvek má na konci gumový grip, který se používá na řídkách na kolech pro pohodlnější jízdu. Po uchopení za gumovou rukojeť a vytažení je v koncové poloze oj automaticky zajištěna západkou. Tento bezpečnostní prvek je důležitý při jízdě na nakloněné rovině, nebo při manipulaci ve výtahu. Nyní je celý robot připravený k přesunu.

Díky velkým zadním kolům je snadné překonat např. výtahovou mezeru, která byla velmi obtížně překonatelná při přemísťování pomocí paletového vozíku, kterému zapadávaly válečky do této mezery. Po převezení na místo určení, které se může opakovat i několikrát denně, upravíme robot zpět do stacionárního provedení.

V zadní části podvozku je třeba vyřešit taktéž uchycení kol. Z důvodu jednodušší přípravy robotu k manipulaci byly zvoleny kola pevně připevněná ke konstrukci. Požadavek výše zmíněné světlé výšky umožňuje použít kola o průměru 70mm připevněná vodorovně ke konstrukci. Aby mohl robot překonávat mezery a překážky jednodušeji, byla zvolena kola většího průměru 160mm. Aby nemusela být vytvořena další část konstrukce, která by byla problematická z důvodu nedostatku místa, byla zvolena možnost připevnit kola ke konstrukci svisle. Tím je dosaženo bezproblémového přejezdu výtahové mezery i dalších překážek při zachování stejné světlé výšky.

4.2. Výklopný mechanismus

Popis fungování výklopného mechanismu a zvolení jeho typu je popsáno v kapitole 4.1. Tato část se věnuje jednotlivým podmínkám uvedeným v úvodu. Velikost prostoru v přední části konstrukce je omezena hliníkovými profily a z přední části plastovým opláštěním. Vnitřní část konstrukce je možné jemně poupravit v takovém rozsahu, aby části, ke kterým jsou připevněny elektronické prvky, zůstali na stejném místě. Pro uchycení mechanismu je potřeba přidat další hliníkové profily tak, aby bylo přidaného materiálu co nejméně a zároveň, aby byla konstrukce dostatečně pevná. Zobrazení konstrukce s popisem viz Obr. 2.



Obr. 2 Uložení výklopného předního kola

- a) Hliníkové profily – k původní konstrukci jsou připevněny dva další profily, které tvoří základ konstrukce výklopného mechanismu.
- b) Přípravek – mohutná část mechanismu, které spojuje páku s kolem a zajišťuje jejich otáčení. Kolo je spojeno s přípravkem pomocí šroubů.
- c) Plastová objímka – obecně se používá pro přichycení trubky na izolační desku a v tomto případě drží páku ve svislé poloze. K hliníkovému profilu je tato část připevněna šrouby přes plastovou podložku.
- d) Páka – je používána pro sklápění a vysouvání kola, která je připevněna k přípravku pomocí závitu.

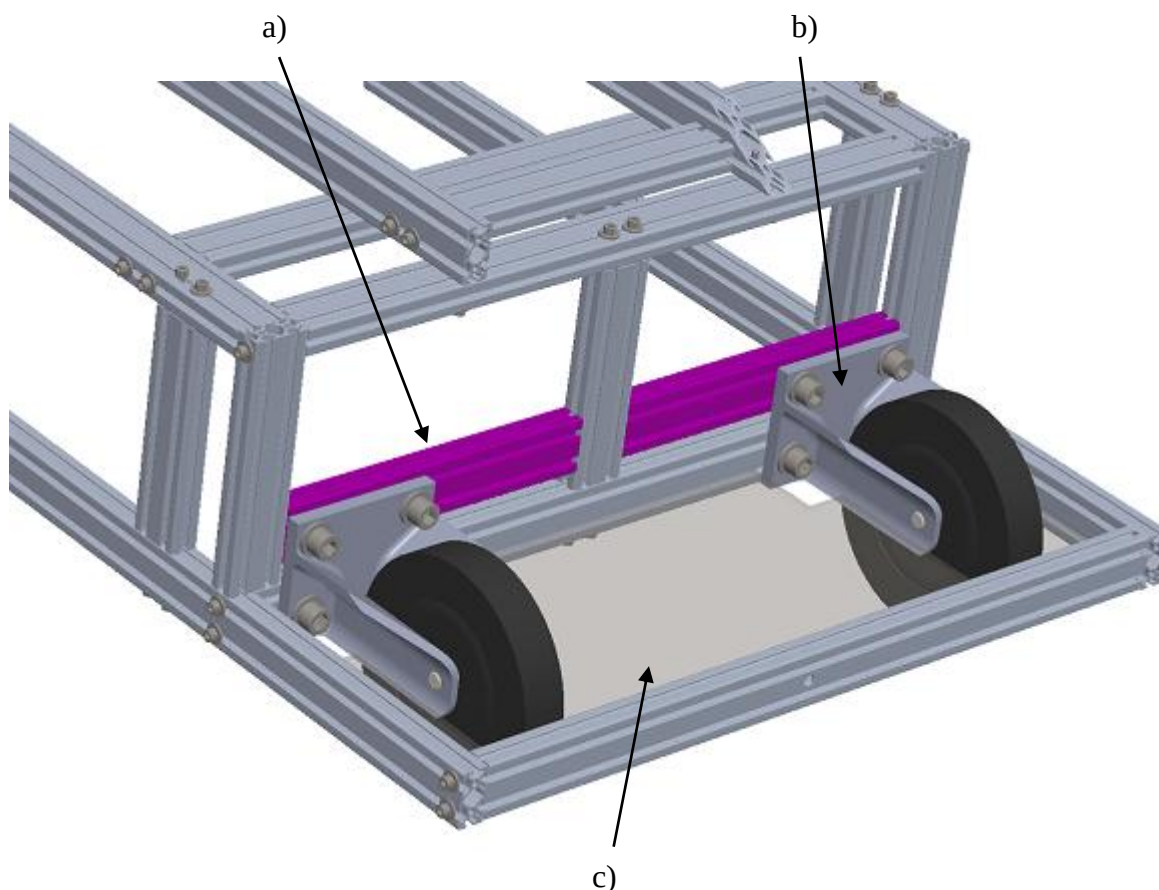
- e) Bezpečnostní hák – zabezpečuje páku proti vyklouznutí. Proti samovolnému uvolnění z vodorovné polohy je hák zabezpečen pružinou.
- f) Čep – jsou zde dva. Žlutý čep s hlavou umožňuje rotační pohyb bezpečnostní páky. Druhý (šedý) je uložený v přidaných hliníkových profilech a otáčí se okolo něj přípravek.
- g) Pryž – tato guma slouží jako doraz pro páku a díky výřezu i pro bezpečnostní hák.
- h) Deska – slouží jako podlaha robotu, ve které bylo potřeba vyříznout otvor pro kolo

Byl zvolen stejný průřez konstrukce, jaký byl použitý v celém robotu, tedy velikost 20x40 mm. Byly zvoleny pouze dva hliníkové profily, ve kterých jsou připraveny díry pro čep. Ty jsou znázorněny růžovou barvou v Obr. č. 2. Některé prvky konstrukce byly odstraněny z důvodu dobré viditelnosti a názornosti popisovaných prvků. Připevnění ke konstrukci je řešeno pomocí imbusových šroubů s podložkami. Při tomto typu spojování součástí v celkovou konstrukci robotu je vidět spojovací místo i prvek, kterým bylo toto spojení realizováno. Vzhledem k tomu, že hliníkové díly nejsou díky zakrytí vidět, můžeme tento způsob použít. Šrouby je připevněn také další prvek. Plastová objímka, která se běžně používá pro uchycení trubek při instalátérských pracích, je vhodným prvkem pro udržení kola uvnitř konstrukce. Příchytka je, jak je zmíněno v popisu obrázku výše, připevněna ke konstrukci pomocí šroubů M4. Objímka je spojena s podložkou pomocí lepeného spoje.

Rozměry přípravku jsou z velké části omezeny deskou od otočného kola. Pro spojení obou součástí jsou do tohoto kusu materiálu vyřezány závity. Stejným způsobem je realizováno spojení s pákou. Vše se otáčí kolem čepu uloženého v hliníkové konstrukci. Kolem stejné strojní součásti se otáčí i bezpečnostní hák, který automaticky zajistí páku v nehybné poloze. Pružina tuto část udržuje stále ve stejné poloze a z druhé strany slouží jako doraz výřez na pryžové podložce. Všechny popsané části leží ve vnitřní části robotu a pro vysunutí bylo potřeba upravit i opláštění ve spodní části robotu, tedy v jeho podlaze. Vyříznutí díry je potřeba dostatečně velké pro případ, když se kolo bude vysouvat v nakloněné poloze. Jak bylo zmíněno v popisu funkce, díky dostatečné světlé výšce, pro překonání stanovených překážek není potřeba manipulovat s předními podporami.

4.3. Zadní kola

Pro úpravu zadní části robotu bylo k dispozici stejné množství místa, jako vepředu. Aby obsluha nemusela manipulovat i se zadním krytem a dalším mechanismem, byla zvolena z důvodu jednoduchosti podvozková část pevného typu. Při tomto řešení jsou hliníkové podpory zbytečné a byly odstraněny. Díky tomu, že Advee bude používán na rovných a zpevněných podlahách, může tento kiosek stát jen na dvou hliníkových podporách a na stejném počtu kol a nemusíme se obávat jeho samovolné mobility.



Obr. č. 3 – Uložení zadních kol

- a) Hliníkové profily – tyto přidané profily jsou uchyceny pomocí spojovacího materiálu od výrobce profilu
- b) Pojezdová kola – kvůli jejich velikosti a typu není konstrukce zcela vyhovující a bylo potřeba je upravit
- c) Deska – také zadní část podlahové krytiny musela být upravena pro kolový podvozek

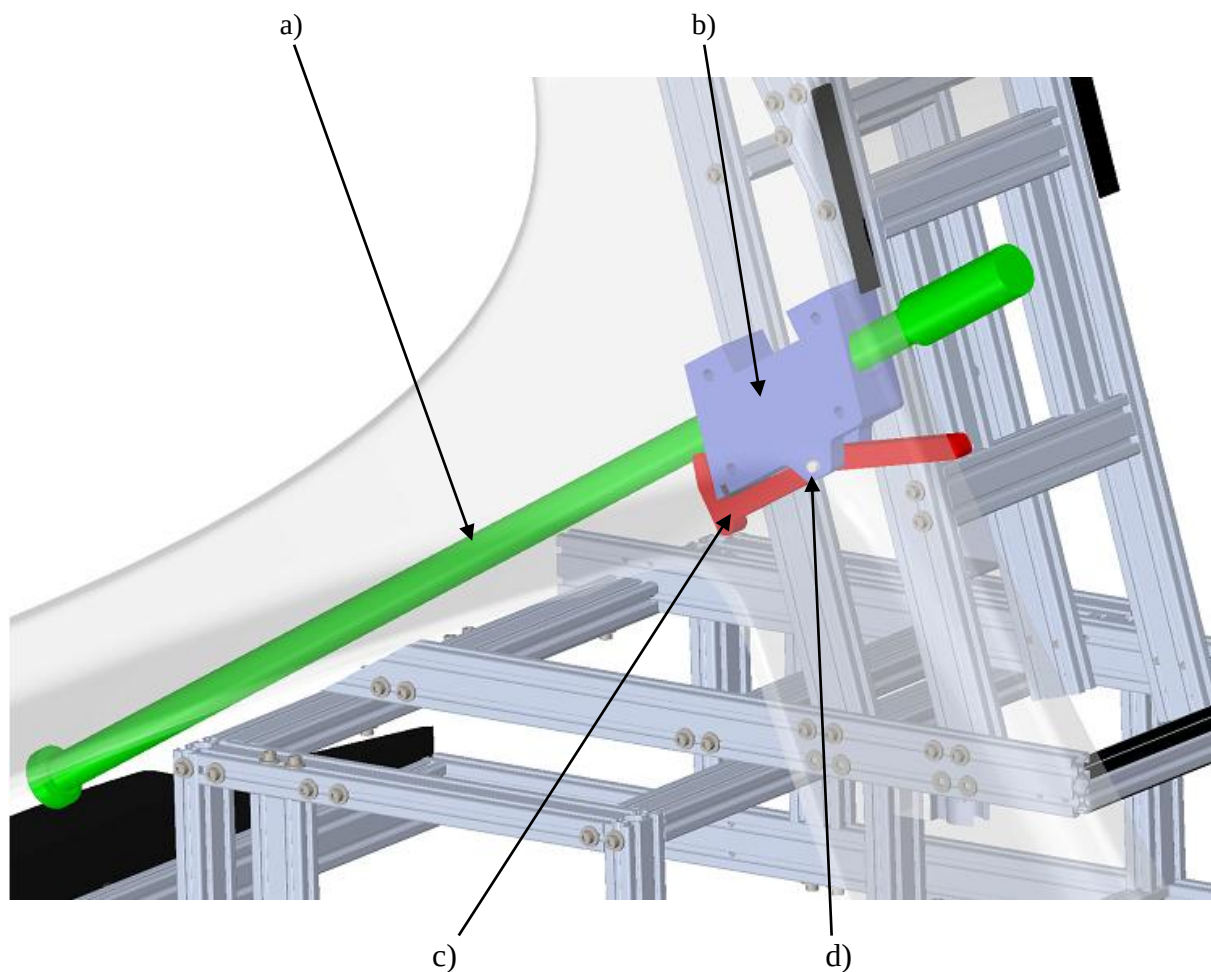
Tyto profily jsou prodávány přesně tvarované a výrobce dodává spojovací materiál. Spojení profilů je díky kompaktnosti řešení jen těžko viditelné. Výhodou je možnost spojovat i více profilů v jednom místě. Je tak realizována část konstrukce s přidanými profily zvýrazněné fialovou barvou, jak je patrné z obrázku výše. Nevýhoda použití tohoto způsobu je velká cenová náročnost. Z velké části je konstrukce spojena levnějším montážním způsobem. Jedná se o spojení pomocí šroubů s vnitřním imbusovým profilem s podložkami.

Kola je možné spojit s konstrukcí více způsoby, které jsou různě materiálově i prostorově náročné. Svislá poloha vyžaduje přidání větší konstrukce, což by přidalo robotu na váze. V případě vodorovného usazení kol je nutná jejich úprava. Při konzultaci s výrobcem ohledně možnosti jiného rámu bylo řečeno, že volba není možná a proto se přistoupilo na jejich dodatečnou úpravu. Odfrézování části konstrukce a tvorba děr nám umožní vhodné upevnění a stabilitu. I když jsou konstrukce těchto kol upraveny, nosnost a bezpečnost Adveeho to nijak nenaruší. Zadní kola mají v průměru 160mm a jsou vyrobeny z polypropylenu s gumovou obručí. U těchto kol nemusíme počítat únosnost, protože jejich rámy jsou připevněny šrouby přímo ke konstrukci robotu. Nosnost jednoho tohoto kola činí 135 kg a vzhledem k tomu, že v této části jsou dvě kola, na každé připadá váha necelých 16

kg, která vychází z výpočtů uvedených níže. Nedílnou součástí je také zadní část podlahové krytiny, kterou bylo nutné upravit při náhradě statických podpor za kolovou variantu. [17]

4.4. Výsuvná oj

Pro vyřešení problematiky této části posloužila částečně technologie používaná u paletových vozíků, ale i vysouvací rukojeti u cestovních zavazadel. Popis a další zvažované alternativy jsou nastíněny níže.



Obr č. 3 – Výsuvná oj

- a) Výsuvná oj – slouží jako tažné zařízení pro ovládání robotu při převozu. Na konci této tyče je nasazen gumový grip pro lepší komfort a ergonomii.
- b) Přípravek pro oj – způsob spojení výsuvné oje s konstrukcí a zároveň obsahuje bezpečnostní prvek ve formě háku
- c) Bezpečnostní hák – nepustí vysunutou tyč zpět do vnitřní polohy ,zvláště při manipulaci s robotem ve směru dozadu.
- d) Čep – Spojovací prvek, kolem kterého se otáčí hák.

Kolovou verzi robotu je třeba rozpohybovat a řídit. Bylo zvažováno více způsobů, jak zrealizovat tuto část konstrukce s ohledem na kompaktnost a jednoduchost řešení. Jednoduché řešení se nabízelo za použití popruhu ukončeným smyčkou s rukojetí. Toto

lano, které se používá při zajištění převáženého materiálu většinou na nákladních automobilech, by se navíjelo na buben. Nevýhoda je nepřesná špatná manévrovatelnost ve stísněnějších prostorách, což může být i umístování robotu na předváděcí místo, při zpětném pohybu, při sjíždění ramp nebo jiných šikmých ploch. Z tohoto důvodu se upustilo od této možnosti a byla zvolena realizace pomocí tuhého prvku. Teleskopická tyč byla také zavrhnuta z důvodu obtížnější realizace a přistoupilo se k prvku ve formě vysouvací tyče. Byla zvolena možnost zasouvání pevné tyče umístěné v mezeře mezi plastovým krytem robotu a jeho konstrukcí. Výsuvná výška 95 cm je optimální pro osoby standartního vzrůstu. Vodicím prvkem oje je přípravek, jehož součástí je stejný způsob zajištění proti zpětnému pohybu vysunuté části, jako i v přední části se sklápěcím mechanismem. Spojovací prvek tyče s konstrukcí je spojen s hliníkovými profily pomocí čtyř imbusových šroubů M8, které se zašroubují do vnitřního závitu této součásti. Celkový náhled na zmíněnou zvolenou variantu je patrný z Obr č. 3.

5. Kontrola stability a namáhání vybraných součástí

Nebezpečná místa, která jsou náchylná k poškození, zvolí-li se špatný parametr, jsou řešena v této části. Důležité je zkontrolovat výpočtem dostatečnou velikost čepu a také rozložení váhy při přejíždění překážek tak, aby se Advee nepřeklopil dopředu.

Ze zadání této práce je známa váha celého robotu (činící 80kg) a také poloha jeho těžiště. Z návrhu je určeno, kde jsou umístěny kola a tím i v jakých místech působí síly. Počátek souřadného systému byl zvolen v ose robotu v místě dotyku předního kola s podložkou. Protože zadní kola jsou od osy robotu symetricky vzdálena, rozložení jejich váhy v ose bude také symetrické a v tomto výpočtu je můžeme považovat za jedno kolo.

Parametr:	Hodnota:
Vzdálenost těžiště od osy předního kola [g]	223,91 [mm]
Osová vzdálenost kol [h]	572,70 [mm]
Tíhová síla [F_G]	784,80 [N]

Síla působící na zadní kolo je nazvána F_A

Síla působící na přední kolo je nazvána F_{By}

Pomocí silové a momentové rovnováhy se stanoví síly působící na přední a zadní kolo

$$F_G \cdot g - F_A \cdot h = 0$$

$$F_A = \frac{F_G \cdot g}{h} = \frac{784,8 \cdot 223,91}{572,7} = 306,84 \text{ N}$$

$$F_A + F_{By} - F_G = 0$$

$$F_{By} = F_G - F_A = 784,8 - 306,84 = 477,96 \text{ N}$$

Při přejíždění překážek, je důležité, aby se robot nepřevážil přes přední kolo. Tento problém řeší výpočet. Jednotlivé vzdálenosti jsou patrné z obrázku níže.

Parametr:	Hodnota:
Tíhová síla [F_G]	784,80 [N]
Síla na zadní kolo [F_A]	306,84 [N]
Síla na zadní kolo [F_{By}]	477,96 [N]
Vzdálenost [a]	672,70 [mm]
Vzdálenost [b]	323,91 [mm]
Vzdálenost [c]	194,00 [mm]
Vzdálenost [d]	100,00 [mm]
Vzdálenost [e]	516,76 [mm]

Síla od překážky působící na přední kolo F_{Bx}

Složka tažné síly v ose x F_x

Složka tažné síly v ose y F_y

Pro $F_{By}=0$:

$$-F_A \cdot a + F_G \cdot b - F_y \cdot c - F_x \cdot e = 0$$

$$-F_A \cdot a + F_G \cdot b - F \cdot [\sin(\alpha) \cdot c + \cos(\alpha) \cdot e] = 0$$

$$F = \frac{F_G \cdot b - F_A \cdot a}{\sin(\alpha) \cdot c + \cos(\alpha) \cdot e} = \frac{784,8 \cdot 323,91 - 306,84 \cdot 672,7}{\sin(32,75) \cdot 194 + \cos(32,75) \cdot 516,76} = 316,13 \text{ N}$$

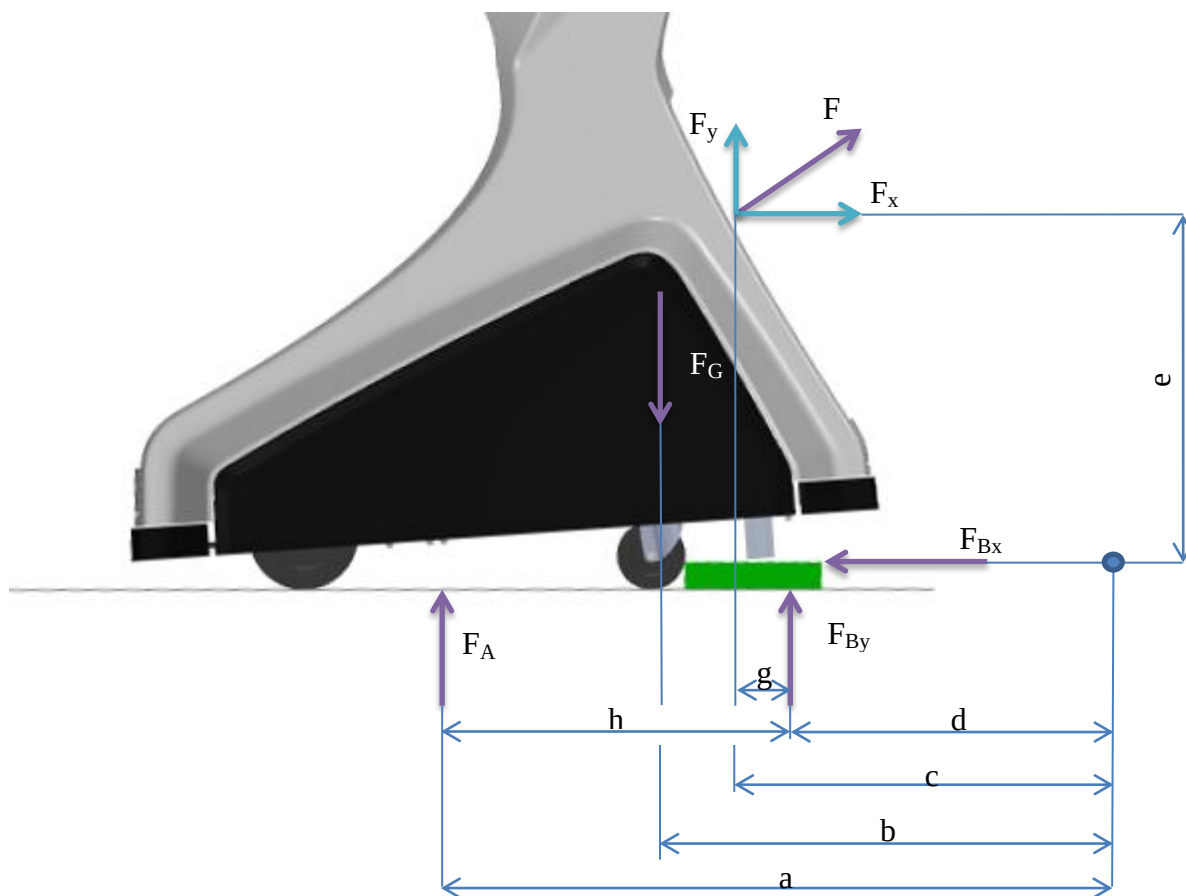
Pro přejetí překážky obdélníkového tvaru je třeba vyvinout sílu 316,13 N.

Pro $F_A=0$:

$$-F_{By} \cdot d + F_G \cdot b - F_y \cdot c - F_x \cdot e = 0$$

$$-F_{By} \cdot d + F_G \cdot b - F \cdot [\sin(\alpha) \cdot c + \cos(\alpha) \cdot e] = 0$$

$$F = \frac{F_G \cdot b - F_{By} \cdot d}{\sin(\alpha) \cdot c + \cos(\alpha) \cdot e} = \frac{784,8 \cdot 323,91 - 477,69 \cdot 100}{\sin(32,75) \cdot 194 + \cos(32,75) \cdot 516,76} = 435,40 \text{ N}$$



Podmínka sil je splněna, protože síla potřebná pro překlacení robotu (případ $F_A=0$) je větší než ta, kterou potřebujeme pro překonání překážek (případ $F_{By}=0$).

V závislosti na váze robotu, respektive na silách působících na přední kolo, kde byl navržen čep, je potřeba zajistit jeho bezpečný průměr. Tato část, kolem které se otáčí přípravek s kolem a pákou, je výrazně namáhána na ohyb. Je potřeba zjistit nejmenší možný průměr čepu a dostatečně ho naddimenzovat. Za materiál byla zvolena ocel 11 500.

Parametr:	Hodnota:
Dovolené napětí v ohybu [σ_{dov}]	135 [MPa]
Rameno síly [r]	27,25 [mm]
Normální síla na přední kolo [F_{By}]	477,96 [N]

Napětí v ohybu σ

Maximální ohybový moment $M_{o_{max}}$

Ohybový moment M_o

Modul průřezu v ohybu W_o

Minimální průměr d

Bezpečnost v ohybu k_k

Zjištění maximálního ohybového momentu:

$$M_o = \frac{F_{by}}{2} \cdot r = \frac{477,96}{2} \cdot 27,25 = 6512,21 \text{ Nmm}$$

Vhodná volba koeficientu bezpečnosti v ohybu musí být více než 1, volím tedy 1,2 a z něj napětí v ohybu:

$$k_k = 1,2$$

$$\sigma = \frac{\sigma_{dov}}{k_k} = \frac{135}{1,2} = 112,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{M_o}{W_o} = \frac{M_o}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_o}{\pi \cdot \sigma_{dov}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 6512,21}{\pi \cdot 112,5}} = 8,39 \text{ mm}$$

Volím nejbližší vyšší celočíselnou hodnotu, kterou je průměr 9mm.

Náboje zadních kol jsou vzhledem k síle, která na ně bude působit, předimenzované. Rozměry vychází z velikosti průměru těchto kol a jejich nosnosti. Volba velikosti kol je řešena v oddíle konstrukčního oddílu mechanismu.

6. Závěr

Tématem této práce je návrh konstrukce transportního mechanismu pro robot nazvaný Advee, který slouží jako multifunkční kiosek. Jde o robot původně autonomní, ale nyní je pohyb žádán v omezené formě. Součástí této práce je vedle stručné rešerše používaných transportních mechanismů také návrh konstrukce. Další částí je kontrola stability a namáhání vybraných součástí, a zpracování výkresové dokumentace.

Rešeršní část práce se zabývá stroji, nebo zařízeními, které se používají pro přemísťování objektů, jejichž rozměry mohou být podobné velikosti robotu. Patří mezi ně jeřáb, vidlicový vozík a ruční vozík. Výsledkem je koncepce mechanismů, které jsou dále použity v konstrukčním návrhu.

Konstrukce vychází z požadavků externí firmy a volného prostoru uvnitř robotu. S přihlédnutím na ekonomickou stránku byl zvolen tříkolový podvozek s pákovým mechanismem. V práci jsou uvedeny vedle popisu funkce také řešení jednotlivých konstrukčních uzlů, výkresová i modelová dokumentace, která je uložena na disku. Model robotu dodaného firmou byl upravován v programu Solid Works 2012 a výkresy vygenerovány z modelů součástí ve stejném programu. Pro pozdější výrobu bude možno modely převést do jiného programu a dále pak použít v obráběcích centrech. Tím je možné po odladění případných chyb jednoduchá výroba celé série.

Konstrukce se skládá z navrhovaných částí, které se musí vyrobit. Normalizované díly je možné koupit. Zároveň některé z kupovaných dílů slouží jako polotovary pro dodatečnou úpravu.

Další částí této práce byla také výpočtová kontrola bezpečného dimenzování některých dílů, které byly zvoleny jako nevíce namáhané součásti. Vedle těchto opatření se dbalo také na funkčnost celé soustavy v nejkrajnějších podmínkách, a to při přejíždění překážky.

Výsledkem je návrh transportního mechanismu připravený pro výrobu, pro robot sloužící jako multifunkční kiosek. Výsledek projektu splňuje požadavky zadané externí firmou. Po menší úpravě je možno požadavky firmy dále navyšovat.

7. Seznam použitých zkratk a symbolů

F_A	- síla působící na zadní kolo
F_{Bx}	- síla od překážky působící na přední kolo
F_{By}	- normálová složka síly působící na přední kolo
F_x	- složka tažné síly v ose x
F_y	- složka tažné síly v ose y
F	- celková tažná síla
F_G	- tíhová síla
a	- vzdálenost
b	- vzdálenost
c	- vzdálenost
d	- vzdálenost
e	- vzdálenost
f	- vzdálenost
g	- vzdálenost těžiště od osy předního kola
h	- osová vzdálenost kol
σ	- napětí v ohybu
σ_{dov}	- dovolené napětí v ohybu
r	- rameno síly
W_o	- modul průřezu v ohybu
M_o	- ohybový moment
d	- minimální průměr
k_k	- koeficient bezpečnosti v ohybu

8. Použitá Literatura

- [1] DRAŽAN, František a Karel JEŘÁBEK. *Manipulace s materiálem: vysokoškolská učebnice*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979, 454, [1] s.
- [2] *Stavební věžové jeřáby*. Ostrava: Dům techniky ČSVTS, 1986, 117 s.
- [3] *Mobilní jeřáby*. Ostrava: Dům techniky ČSVTS, 1986, 129 s.
- [4] ČSN ISO 4306: Jeřáby. In: *ČSN ISO 4306* [online]. [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: http://www.id.vsb.cz/hra42/jer_3.pdf
- [5] *Agri Fair* [online]. © 2007 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://www.agrifair.cz/component.php?cocode=catalogue&itid=3&icid=8>
- [6] *ČKD Mobilní Jeřáby a.s.* [online]. © 2008 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://www.ckd-jeraby.cz/stranky/autojeraby.htm>
- [7] *Rudly* [online]. © 2012 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://www.rudly-kren.com/detail?idnabidky=85>
- [8] SVOBODA, Karel M. *Motorové a bezmotorové vidlicové vozíky pro paletizaci, kontejnerizaci a mezioperační manipulaci: sborník referátů*. Praha: Dům techniky ČSVTS, 1976, 225 s.
- [9] *Paletové vozíky Deltalift* [online]. [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://paletove-voziky-info.cz/>
- [10] *T.S.BOHEMIA* [online]. © 2013 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: http://interlink.tsbohemia.cz/sharks-2-t-dilensky-jerab_d138996.html
- [11] *Feba Praha* [online]. © 2012 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://feba-praha.cz/technika/paletizacni-voziky/paletove-voziky-2/paletove-voziky-nuzkove/>
- [12] Forklift Trucks— The Backbone Of The Industry. *Forklift Trucks— The Backbone Of The Industry* [online]. 2004, č. 3 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: http://web.archive.org/web/20071218101546/http://www.datakey.org/mhedajournal/3q04/liftrucks_a.php3
- [13] *Diskontní prodej paletových vozíků* [online]. [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://www.diskont-paletak.cz/doporucene-zbozi/15-vysokozdvizny-vozik-vvr1000.html>
- [14] RIPEL, T. *Návrh a realizace konstrukce kolového mobilního robotu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 35 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Krejsa, Ph.D.
- [15] Tomonari Furukawa. *MTRN9224 Robot Design*, School of Mechanical and Manufacturing Engineering, University of New South Walesinternet, technical report

- [16] *Průmyslová a transportní kola a kolečka* [online]. [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://www.prumyslovakola.cz/cs/pristrojova-kola-s-upevnovacimi-srouby.html>
- [17] *ZABI CZECH* [online]. © 2012-2013 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://www.zabi.cz/on-line-katalog/pojezdova-kola-kladky-a-rolny/pryzove-kolo-160-mm-pevna-vidlice-s-deskou-1-2-3-4>
- [18] *The Ups And Downs Of Retractable Landing Gear* [online]. 2011 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://www.flyrc.com/index.php/the-ups-and-downs-of-retractable-landing-gear/>
- [19] *RCModely* [online]. © 2011-2013 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://www.rcmodely.cz/einziehfahrwerk-f-rc-segler>
- [20] *Topmodel CZ* [online]. ©2006-2013 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: http://www.topmodelcz.cz/index.php?&desktop_back=eshop&action_back=&id_back=&desktop=eshop&action=zbozi_detail&id=15877

9. Seznam příloh na CD

- Kompletní modelová a výkresová dokumentace v programu Solid Works 2012
/konstrukce
- Bakalářská práce ve formátu PDF
/práce