

Úvod

Pri riešení nových manipulačných priestorov sa kladie dôraz na efektívnosť skladovania a ľahkú prepravu materiálu a tovaru v skladoch a iných prevádzkach. Kvôli úspore ľudskej práce a jej zefektívneniu sa používa široká škála prepravných prostriedkov, ako sú žeriavy, vysokozdvížne vozíky, nízkozdvížne vozíky a iná manipulačná technika. Žeriavy majú síce široké využitie, ale ich transport medzi skladmi je komplikovaný. Preto sa vo väčšej miere využívajú vysokozdvížne vozíky.

Vyznačujú sa ľahkou obsluhou, ergonomickým a intuitívnym ovládaním a vynikajúcou manévrovateľnosťou. Sú praktickým pomocníkom pre firmy a jednotlivcov. Najčastejšie sa vysokozdvížne vozíky využívajú v logistike, stavebníctve, lesníctve a všade tam, kde sa vyžaduje vertikálna manipulácia s ťažkými bremenami.

Z dôvodu prevádzky bez vodiča sme sa zamerali na elektrický nízkozdvížny vozík, ktorý náklad pri transporte ľahko uchytí, zdvihne zo zeme, je obratný a má jednoduché ovládanie na diaľku prostredníctvom mobilnej aplikácie a diaľkového ovládača.

Túto oblasť sme si vybrali preto, lebo nás zaujali možnosti uľahčenia života človeka pri bežnej práci ako aj v profesii, ku ktorým by sme mohli prispieť. V názve práce sme použili prívlastok multifunkčný, pretože jeho využitie nemusí byť výlučne len pri premiestňovaní tovaru, ale vďaka jeho spracovaniu a rozmerom môže byť šikovným pomocníkom v domácnosti. Druh vozíka – nízkozdvížny sme použili z dôvodu nie príliš veľkej výšky zdvihu vidlíc, ktorá je adekvátne k rozmerom vozíka.

V metodike sa zameriavame na opis jednotlivých krokov počas zhotovovania multifunkčného nízkozdvížneho vozíka.

V závere podávame výsledky charakteru práce na základe nami vytvoreného zariadenia.

Na konci práce uvádzame prílohy: výrobné výkresy hriadeľa a uložení, schémy elektrických obvodov, ukážky programov, tabuľku nákladov.

2 Cieľ práce

Hlavným cieľom našej práce bolo vytvoriť vlastné zariadenie na uľahčenie práce zamestnancov skladových priestorov, ale aj zjednodušenie činností ľudí v bežnom živote. Stanovili sme si základné požiadavky na veľkosť menšieho paletového vozíka s dostatočne silnými motormi, ktoré zvládnu aj väčšiu záťaž. Výška zdvihu mala byť adekvátne výške kolien dospelého človeka. Našou snahou bolo zachovanie jeho multifunkčnosti s možnosťou použitia na viaceré činnosti. Dôležitý prvok, ktorý sme chceli zabezpečiť, je možnosť rozvíjania tohto projektu v budúcnosti.

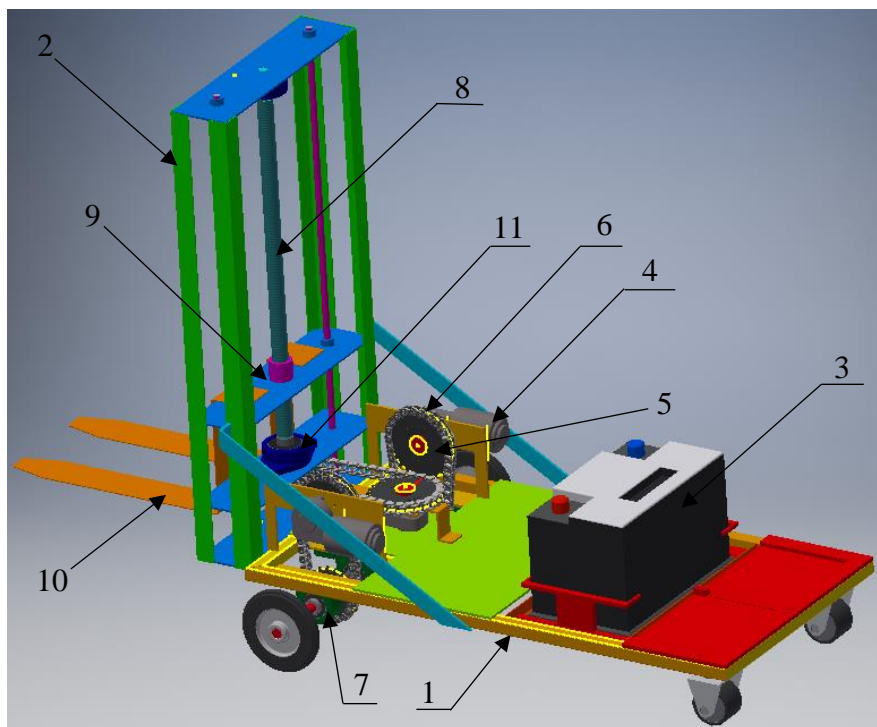
Na dosiahnutie tohto cieľa sme museli najprv navrhnuť a skonštruovať 3D model multifunkčného nízkozdvížneho vozíka v programe Autodesk Inventor Professional 2017. Zároveň sme vyrobili nenormalizované súčiastky, ako sú hnané hriadele pojazdových kolies, uloženia reťazových kolies na hnacom a hnanom hriadele. Ďalším krokom bolo vytvorenie elektrického obvodu s požadovanými veľkosťami napätia. Potom sme zostavili kompletný riadiaci a kontrolný systém celého vozíka pozostávajúci z mikropočítačov, riadiacich jednotiek motorov a iných elektronických častí. Nasledovalo vytvorenie riadiaceho programu a mobilnej aplikácie na riadenie procesov v celom zariadení. V záverečnej fáze sa pridali dizajnové bezpečnostné prvky.

2 Materiál a metodika

Zhotoveniu multifunkčného nízkozdvížneho vozíka predchádzal nápad a oboznámenie sa s teóriou v danej oblasti. Zvolili sme neštandardný postup, kde východiskom bol 3D model multifunkčného nízkozdvížneho vozíka s popisom a vlastná výroba.

2.1 3D model vozíka

Ešte predtým, ako zhotovovanie projektu mohlo začať, potrebovali sme našu predstavu multifunkčného nízkozdvížneho vozíka preniesť do 3D modelu. Pre tvorbu modelu sme si zvolili program Autodesk Inventor Professional 2017. Každá jedna súčiastka bola zhotovená samostatne a následne prostredníctvom väzieb spojená do zostavy.



Obr. 1 3D model vozíka [Baláži, M., 2019]

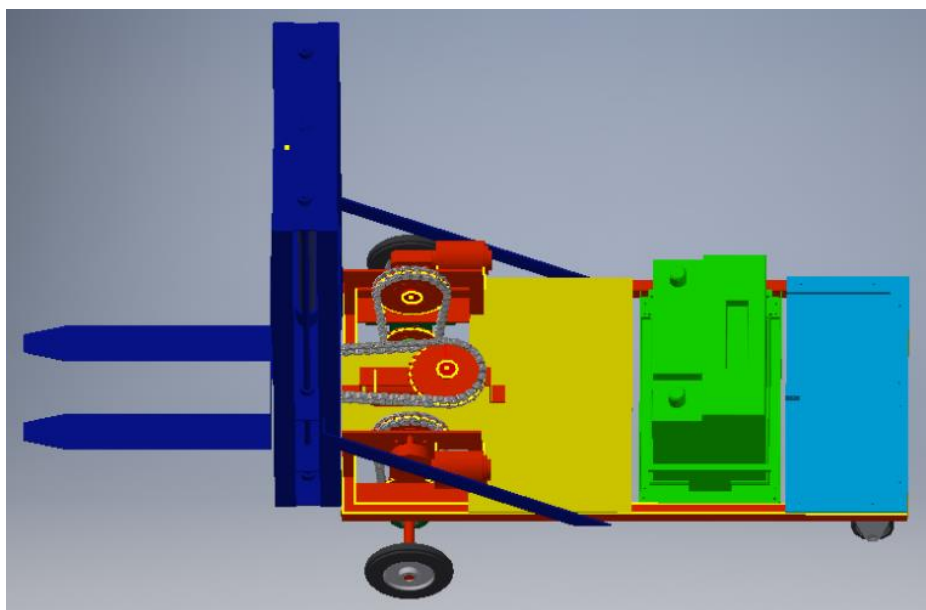
1 – RÁM PODVOZKU, 2 – RÁM ZDVÍHACIEHO MECHANIZMU,
3 - AKUMULÁTOR, 4 – ELEKTROMOTOR, 5 – REŤAZOVÉ KOLESO, 6 – REŤAZ,
7 – AXIÁLNE LOŽISKO, 8 – ZÁVITOVÁ TYČ, 9 – KONZOLA S MATICOU,
10 – ZDVÍHACIE VIDLICE, 11 – RADIÁLNE LOŽISKO

Najväčším problémom bolo modelovanie reťazových prevodov. Bolo potrebné vytvoriť reťazové kolesá s príslušným modulom, články reťaze, ktoré museli byť pospájané a nakoniec nasadiť túto reťaz na reťazové kolesá tak, aby zapadala do medzizubných priestorov.

Pre lepšie konštruovanie sme si potrebovali rozdeliť vozík na viacero úsekov alebo častí. Tieto časti sú farebne odlišené v 3D modeli. Prvá, zdvíhacia časť, obsahuje všetky prvky potrebné pre zdvih vidlíc vozíka, pohybujúcu sa konzolu s maticou, trapézovú tyč, radiálne ložiská, vodiace tyče, či samotnú konštrukciu zdviháku. Druhá časť pozostáva z elektromotorov a reťazových prevodov, axiálnych ložísk, v ktorých sú uložené hnané hriadele pojazďových kolies a z uložení reťazových kolies. Tretia časť je riadiaca. Tam sa nachádza celý riadiaci systém, elektroinštalácia, riadiace jednotky motorov, mikropočítač Arduino MEGA, NANO a iné elektronické súčiastky. Štvrtá, zdrojová časť, pozostáva z akumulátora, 12 V autobaterie s kapacitou 74 Ah. Piata časť je miesto pre nabíjačku autobaterie. Nazvali sme ju nabíjacia stanica.

Legenda:

- zdvíhacia časť
- motorová časť
- riadiaca časť
- zdrojová časť
- nabíjacia stanica



Obr. 2 Návrh rozloženia [Baláži, M., 2019]

2.2 Návrh konštrukcie

Prvým krokom bolo navolenie rozmerov polovýrobovkov a vhodných profilov na to, aby konštrukcia bola dostatočne pevná, zvládala požadované namáhanie a jej zhotovovanie bolo čo najjednoduchšie. Základný rozmer podvozku sme určili na 800 x 400 mm, zdvíhacieho mechanizmu na 700 x 350 x 90 mm.

Konštrukcia pozostávala z ocelových L a štvorcových profilov a ocelových plechov. Pre rám vozíka sme navrhli štvorcový profil TR 4 HR 20 x 2 - STN 42 5720 – 11 353.0 s požadovanou zvariteľnosťou a jednotlivé konce zrezali pod uhlom 45°, aby zváranie bolo čo najmenej namáhavé a čo najviac účelné. Ďalej sme navolili L profil L 20 x 20 x 2 - STN 42 6949.1 - 11320.0 a navarili ho tak, aby sa autobatéria jednoducho vkladala medzi ne. Pre rám konštrukcie zdviháku sme zvolili L profil L 30 x 30 x 2 - STN 42 6949.1 - 11320.0, aby konštrukcia bola dostatočne pevná a vydržala požadované namáhanie.

Rozhodli sme sa pre zváranie v ochrannej atmosfére aktívneho plynu – MAG, lebo bolo pre nás dostupné.



Obr. 3 Zváraná konštrukcia [foto Baláži, M., 2018]

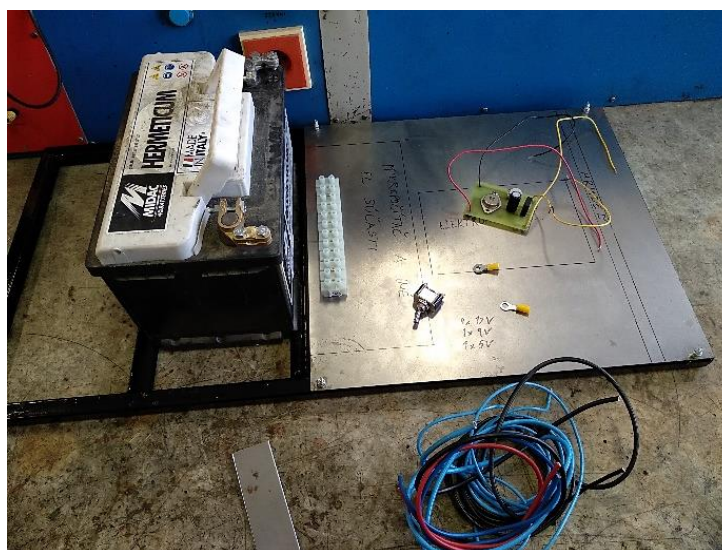
2.3 Elektroinštalácia

Najdôležitejšou a najzložitejšou časťou bola bezpečná elektroinštalácia tak, aby nemohol byť ohrozený ľudský život a nedochádzalo ku skratom. Priamym napojením svoriek na 12 V autobatériu jednosmerného prúdu, aby nemohlo dôjsť k úrazu elektrickým

prúdom a následným prepojením s hlavnou svorkovnicou sme získali základné vývody elektrickej energie. Kvôli bezpečnosti musela byť kontrola elektrického prúdu zabezpečená 30 A poistkou voči skratom a elektroinštalácia vybavená spínačom pre zapnutie a vypnutie pretekania elektrického prúdu a napätia celým elektrickým obvodom.

Pre naše potreby sme potrebovali trikrát 12 V vývod elektrickej energie pre tri elektromotory, dva na pohon kolies a jeden na zdvih vidlíc, plus jeden rezervný 12 V vývod, ktorý sa nakoniec použil na chladenie riadiacich jednotiek zapojením ventilátora. Ďalej bol potrebný jeden 9 V vývod na pohon mikropočítača Arduino MEGA. Ten sme zabezpečili vyrobením stabilizátora na 9 V aj s potenciometrom pre prípadnú reguláciu napätia, z ktorého sa napájali aj ďalšie elektronické súčiastky.

Keďže prvý stabilizátor sa nám pokazil z dôvodu nedostatku skúseností, museli sme vyrobiť druhý. Ako posledný bol potrebný 5 V vývod elektrickej energie pre nízkonapäťové elektronické súčiastky. Tento sme tiež zabezpečili tak, že sme si vyrobili stabilizátor na 5 V, tentokrát už bez potenciometra, lebo nebol potrebný.

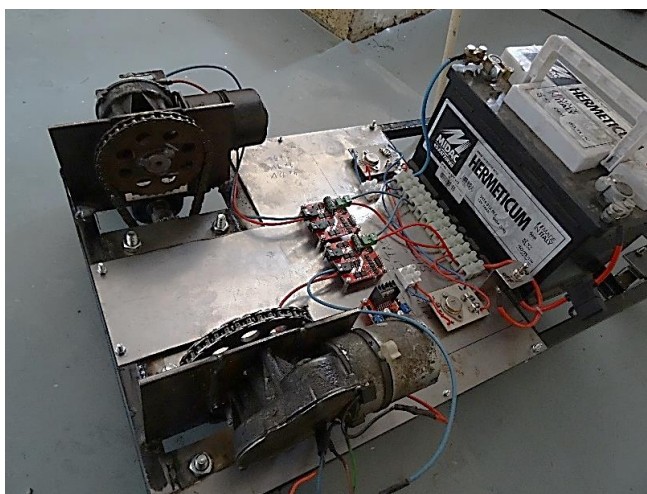


Obr. 4 Výroba stabilizátora [foto Baláži, M., 2018]

2.4 Motorová časť a pohon vozíka

Zaoberali sme sa výberom vhodného prevodu. Kvôli jednoduchosti a väčšej flexibilitě sme zvolili reťazové prevody. Bolo by príliš náročné a nákladné použiť ozubené kolesá s rovnakým modulom.

Reťazové kolesá sme zaobstarali z rozvodov motora Škody Fabie 1.2 HTP s kódom motora AZQ a BMD. Tie tvoria ideálny prevodový pomer 1 : 2 s prevodom do rýchla. Použili sme elektromotory s prevodovkou, ktoré sa využívajú ako elektromotory predných stieračov v automobile Škoda Felicia a dokážu vyvinúť taký veľký krútiaci moment, aby dostatočne vyhovoval pre vozík. Tieto elektromotory mali aj prevodovku, ktorá má prevodové pomery na 60 a 45 otáčok za minútu a tzv. „cyklovač“. Napojili sme ich na prevod 45 otáčok za minútu pre väčší krútiaci moment, aby sme mali istotu, že nebudú mať problém s vyššou hmotnosťou vozíka.



Obr. 5 Elektromotory s reťazovými prevodmi [foto Baláži, M., 2018]

Pôvodný plán riadenia bol použiť servomotor na zatáčanie zadných kolies. Tam sa však vyskytovalo veľa konštrukčných problémov a padla voľba použiť dva elektromotory, každý na pohon jedného predného kolesa. Riadenie bolo zabezpečené plynulou reguláciou otáčok na jednom alebo druhom elektromotore. Reťazovým kolesom umiestneným na hriadeli elektromotora je prostredníctvom reťaze poháňané druhé reťazové koleso umiestnené vo vyrobenom uložení na hriadeli. Hriadeľ každého kolesa je umiestnený v dvoch axiálnych guľových ložiskách UCP 202 FBJ.

2.5 Zdvíhací mechanizmus vozíka

Zdvíhací mechanizmus je súčasťou každého vysokozdvížného vozíka. Slúži na zdvíhanie ťažkých nákladov. Inšpirácia pre náš zdvíhací mechanizmus pochádza zo skrutkovitých zdvihákov pre automobily. Spôsob zdvíhania sme vyriešili pomocou

závitovej tyče a matice, dvoch radiálnych ložísk a pohybujúcej sa konzoly. Vycentrovaná v strede závitová tyč má technickú normu ISO 2901/2903 s osústruženými koncami, aby mohla byť umiestnená v dvoch radiálnych ložiskách UCFL 203 FBJ.

Pohyblivú konzolu nahor a nadol tvorí oceľový plech s rozmermi 350 x 90 x 3 mm, v ktorého strede bola vyvrtaná diera. Tomuto plechu sme museli zrezať okraje kvôli častému zadrhávaniu sa. Diera bola súsová s maticou privarenou na tomto plechu.

Otáčanie trapézovej závitovej tyče umožňuje pohyb zdvíhacej konzoly nahor a nadol podľa smeru otáčania. Na tejto konzole boli pripevnené zdvíhacie vidlice. Maximálna výška zdvihu je 45 centimetrov. Na krajoch boli umiestnené vodiace tyče s vodičkami, ktoré mali zabrániť skríženiu a zaseknutiu konzoly o konštrukciu zdviháku.

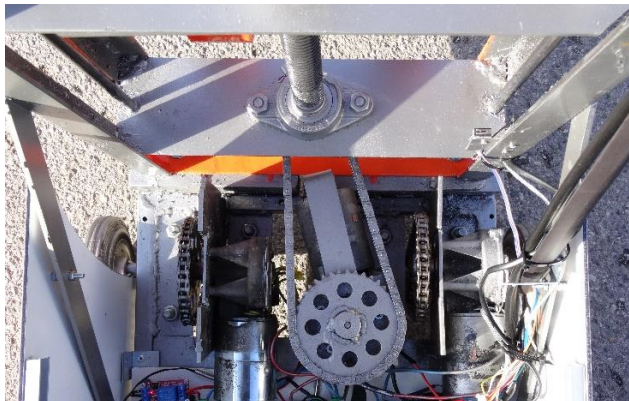
2.6 Pohon zdvíhacieho mechanizmu

Otáčanie závitovej tyče sme zabezpečili prostredníctvom tretieho elektromotora, ktorý pomocou reťazového kolesa v uložení na hriadeli elektromotora a reťaze prenáša krútiaci moment na menšie reťazové koleso. To sme umiestnili na uložení na osústruženom konci závitovej tyče. Uloženia reťazových kolies sme vysústružili a na tom, ktorý bol pripevnený na elektromotore, sme narezali závit. Ten sme následne naskrutkovali. Použitý elektromotor sme zapojili na prevod so 45 otáčkami za minútu.



Obr. 6 Sústruženie uloženia na reťazové koleso [foto Baláži, M., 2018]

Jedná sa opäť o prevod do rýchla hlavne kvôli efektívnosti zdvíhania. Pre čo najlepšie rozloženie váhy sme tretí elektromotor umiestnili medzi ostatné dva elektromotory a vyrobili naňho vodorovne uložený držiak.



Obr. 7 Umiestnenie elektromotora na zdvih [foto Baláži, M., 2019]

2.7 Riadenie vozíka

Riadenie slúži na ovládanie multifunkčného nízkozdvížneho vozíka pri manipulácii s nákladom. Zabezpečili sme ho prostredníctvom mikropočítača Arduino MEGA 2560 a Bluetooth modulu HC-05, ktorý slúži na bezdrôtovú komunikáciu. Následne sme navrhli androidovú aplikáciu a bezdrôtový ovládač prostredníctvom ktorých sa ovláda vozík.

Pôvodný nápad, ktorý mal vyriešiť otázku riadenia, bolo zatačanie jedného zadného kolesa pomocou servomotora a predné dve kolesá mali byť uložené na jednom spoločnom hriadeľi poháňanom iba jedným elektromotorom. Bolo to však príliš zložité a nepraktické. Kvôli chýbajúcemu diferenciálu by s týmto vozíkom nebolo možné ani zatočiť.

Navrhli sme iný spôsob, ktorý spočíval v rozdelení spoločného hriadeľa predných kolies na dva samostatné a pohon každého hriadeľa zvlášť nezávisle od druhého. Prinieslo to výhodu okamžitého otočenia na mieste o 360°. Museli sme však zabezpečiť ďalší elektromotor s rovnakým výkonom a počtom otáčok ako elektromotor, ktorý sme už vlastnili.

Tieto elektromotory zo stieračov boli z automobilu značky Škoda typu Felicia, nebolo ich ťažké zohnať. Plynulú reguláciu výkonu a otáčok na jeden alebo druhý elektromotor sme zabezpečili programovateľnými integrovanými obvodmi s PWM moduláciou L298 H-bridge Dual Motor Driver, ktoré prostredníctvom mosfetov dokázali riadiť tok elektrického napätia do motorov a tým meniť otáčky na požadované.

Dva integrované obvody sa nám podarilo znefunkčniť a to buď z dôvodu ich nekvality, kvôli skratu alebo našej nepozornosti. Museli sme ich vymeniť za nové.

Pre ovládanie sme mali na výber medzi diaľkovým ovládačom a androidovou aplikáciou avšak naraz mohlo byť pripojené iba jedno zariadenie.

Diaľkový ovládač pozostával z Arduina UNO, LCD displeja, joystiku s tlačidlom, štyroch tlačidiel, vibračného motora, Bluetooth modulu a spínača. Jeho kryt sme navrhli v programe Autodesk Inventor 2019 a vytlačili na 3D tlačiarňi. Na ovládač sme použili aj lepidlo, ktoré bolo použité na opravu chýb tlače a zaplnenie diery po anténe komunikačného modulu, ktorý bol nahradený Bluetooth modulom v priebehu práce.

Aplikáciu sme navrhli a naprogramovali v programe MIT App Inventor 2. Tú sme navrhli tak, aby obsahovala dva potenciometre na riadenie vozíka, tri tlačidlá na ovládanie zdvižnej časti a jedno na pripojenie sa k vozíku. Taktiež obsahovala informácie pre používateľa ako napríklad informáciu o stave pripojenia alebo pohybu vozíka.

2.8 Bezpečnostné prvky vozíka

Na vozík sme pridali viacero bezpečnostných prvkov. Jedným z nich bola autorizácia pomocou čipovej karty, bez ktorej sa Arduino MEGA ani nezaplo. Ďalším z nich boli snímače krajných polôh zdvihu zabraňujúce poškodeniu vozíka. Ďalší bezpečnostný prvok, ktorý sme pridali boli teplomery. Tieto teplomery určovali intenzitu chladiaceho systému, ktorým bol ventilátor. Vozík bol vybavený aj ultrazvukovým zariadením, ktoré zamedzovalo kolízií vozíka. Na kostru vozíka sme pripevnili podsvietenie, vďaka ktorému bol vozík dobre rozpoznateľný aj za zhoršených viditeľnostných podmienok. Toto bolo finálnym bodom práce na multifunkčnom nízkozdvižnom vozíku.



Obr. 8 Výsledný produkt [foto Baláži, M., 2019]

3 Výsledok práce

Výsledkom tejto práce je zhotovený multifunkčný nízkozdvižný vozík, ktorý ušetrí prácu, čas a energiu.

Tab. 1 Parametre multifunkčného nízkozdvižného vozíka

Parametre	Hodnota
Výkon motorov	60 W
Maximálny prúd	30 A
Maximálne napätie	12 V
Maximálna výška zdvihu	45 cm

Parametre by sa dali trochu vylepšiť, hlavne vo výkone motorov. Maximálna záťaž tohto zariadenia je momentálne neznáma z dôvodu nevykonaných záťažových skúšok.

V najbližšej dobe máme v pláne opraviť a dorobiť ultrazvukové senzory, ktoré nám zatiaľ z neznámeho dôvodu nefungujú. Chceme v budúcnosti ďalej tento projekt rozvíjať.

4 Záver práce

V problematike riešenia nových manipulačných priestorov sa kladie dôraz hlavne na efektívnosť a ľahkú prepravu materiálu a tovaru v skladoch či iných prevádzkach.

Ako sme už uviedli, hlavným cieľom našej práce bolo vytvoriť vlastné zariadenie na uľahčenie práce zamestnancov skladových priestorov a zároveň zjednodušiť niektoré činnosti ľudí v bežnom živote.

Vybrali sme si elektrický nízkozdvíhací vozík, ktorý je charakteristický svojou obratnosťou, dá sa jednoducho ovládať na diaľku prostredníctvom mobilnej aplikácie a diaľkového ovládača. Chceli sme dosiahnuť jeho široké použitie pri viacerých činnostiach v živote človeka.

V tejto práci je potrebné v budúcnosti pokračovať a tak vytvoriť šikovného multifunkčného pomocníka v domácnosti.

Prílohy

Zoznam príloh záverečnej práce:

- Príloha A – Výkresová dokumentácia
- Príloha B – Schémy elektronických zapojení
- Príloha C – Programy
- Príloha D – Tabuľka nákladov
- Príloha E – Fotodokumentácia

Príloha A – Výkresová dokumentácia

Výkresovú dokumentáciu tvoria podklady:

HNANÝ HRIADEĽ POJAZDOVÝCH KOLIES STK 1 – 01.00

ULOŽENIE REŤAZOVÉHO KOLESA NA HNANOM HRIADELI STK 1 – 02.00

ULOŽENIE REŤAZOVÉHO KOLESA NA HNACOM HRIADELI STK 1 – 03.00

Príloha B – Schémy elektronických zapojení

Schémy elektronických zapojení tvoria podklady:

SCHÉMA ZAPOJENIA MOTOROV

SCHÉMA ZAPOJENIA ELEKTRONICKÝCH SÚČIASTOK NA VOZÍKU

SCHÉMA ZAPOJENIA ELEKTRONICKÝCH SÚČIASTOK V OVLÁDAČI

Príloha C – Programy

1. Hlavný riadiaci program multifunkčného nízkozdvížneho vozíka
2. Autorizačný program
3. Program v diaľkovom ovládači
4. Androidová aplikácia

Príloha D – Tabuľka nákladov

Položka	Počet kusov/metrov	Cena za kus/meter (€)	Spolu (€)
L profil	3	1,55	4,65
Štvorcový profil	2	1,80	3,60
Kruhová tyč	2	1,50	3,00
Závitová tyč 24 x 5	1	12,20	12,20
Matica 24 x 5	1	6,78	6,78
Elektromotor	3	-	-
Samostatné koliesko B55	2	3,50	7,00
Prístrojové koliesko A85	2	1,50	3,00
Ložisko UCFL 203 FBJ	2	5,40	10,80
Ložisko UCP 202 FBJ	4	5,90	23,60
Malé reťazové koleso	3	-	-
Veľké reťazové koleso	3	-	-
Reťaz	3	-	-
Svorkovnica	1	3,20	3,20
Medený izolovaný vodič	3	1,80	1,80
Akumulátorová svorka	2	3,40	6,80
Riadiaca jednotka motora	2	26,60	53,20
Riadiaca jednotka ventilátora	1	3,20	3,20

Položka	Počet kusov/metrov	Cena za kus/meter (€)	Spolu (€)
Ventilátor	1	-	-
PLA filament	2	13,90	27,80
Spojovací materiál	X	X	29,80
Akumulátor	1	-	-
Servomotor	2	4,90	9,80
Senzor vzdialenosti	2	5,00	10,00
Prepájací kábel	180	0,04	7,20
Izolačný materiál	4	0,80	3,20
RFID MRFC-522 / Čítačka čipov	1	2,19	2,19
Snímač krajnej polohy	2	0,62	1,24
Vibračný motor	1	1,02	1,02
Arduino MEGA	2	19,70	39,40
Joystick	1	1,50	1,50
Bluetooth HC-05	2	8,29	16,58
Nepájivé pole	3	3,20	9,60
Arduino NANO	1	2,00	2,00
Relé	5	1,70	8,50
Led pás	1	5,00	5,00
Dištančný stĺpik	26	0,50	13,00
LCD displej	1	6,90	6,90
Senzor teploty	2	1,20	2,40
Tlačidlo	4	0,60	2,40
Spínač	1	0,80	0,80
Plastový panel	1	-	-
Karoséria	4	11,25	45
Spolu			388,16

Vysvetlivky:

X – všeobecne všetky použité skrutky a matice

-- vlastné zásoby

Príloha E – Fotodokumentácia



