

# Návrh trojkolesovej jednotky pre výrobný priemysel

Juraj Kováč<sup>1</sup>, Peter Malega<sup>1</sup>, Vladimír Rudy<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra priemyselného a digitálneho inžinierstva, Park Komenského 9, 042 00 Košice

[peter.malega@tuke.sk](mailto:peter.malega@tuke.sk)

[juraj.kovac@tuke.sk](mailto:juraj.kovac@tuke.sk)

[vladimir.rudy@tuke.sk](mailto:vladimir.rudy@tuke.sk)

**Anotácia** Článok popisuje návrh inteligentnej trojkolesovej jednotky. Trojkolesová jednotka má mať uplatnenie vo výrobných halách pri preprave osôb, ako aj pri prevoze materiálov, súčiastok potrebných pre zabezpečenie výrobných procesov. Jednou z hlavných predností majú byť menšie rozmery trojkolesovej jednotky a taktiež možnosť pripojenia prívesného vozíka, z čoho vyplýva potreba dostatočne silného pohonu a tiež aj robustnejšia konštrukcia. Pohon trojkolesovej jednotky bude zabezpečovať elektromotor. Ďalšou výhodou má byť aj možnosť komunikácie so zariadeniami vo výrobnej hale pomocou bezdrôtovej technológie a požiadavkami zariadení z výroby, ktoré sa budú zobrazovať pomocou aplikácií na zobrazovacom zariadení (tabletu).

## 1 Úvod

Neoddeliteľnou súčasťou procesu manipulácie je človek, ten je však obmedzený svojimi limitmi. Tieto limity mu pomáha až niekoľkonásobne prekročiť technika. Medzi najpoužívanejšie manipulačné prostriedky patria priemyselné vozíky. Ide o cestné alebo koľajové vozidlá s motorovým pohonom alebo bez neho, určené na dopravno-manipulačné, ložné a skladovacie operácie. V dnešnej dobe existuje nepreberné množstvo rôznych vozíkov vhodných pre určitý typ operácie alebo vozíkov pre univerzálne použitie. Rovnako ako dvojkolesové, tak aj trojkolesové vozíky patria konštrukčne k najjednoduchším vozíkom. V závislosti od druhu a vlastnostiach prepravovaného materiálu sa líšia svojou konštrukciou. Výber vozíkov ovplyvňuje mnoho faktorov, prevažne technických, ktoré sú neustále zlepšované vďaka konkurenčnému prostrediu na trhu. Všetky firmy sa snažia hľadať optimálne riešenie, a pretože každá má vlastné špecifické požiadavky, snažia sa výrobcovia o čo najširšiu paletu produktov, ktoré ponúka svojim zákazníkom. Výber vozíkov u jednotlivých výrobcov je tak veľký, že uspokojí takmer každého zákazníka a v tejto chvíli prichádza na rad design. Ten neberie stroj ako súčet jednotlivých častí, ale ako celok, ktorý sa snaží čo najviac prispôbiť potrebám užívateľa. [1]

## 2 Návrh konštrukcie trojkolesovej jednotky

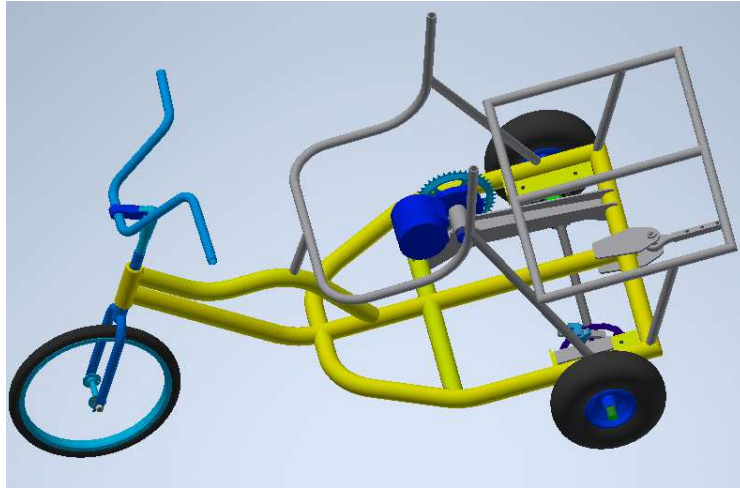
Pre návrh trojkolesovej jednotky bol cielene použitý CAD systém od spoločnosti Autocad s názvom Inventor a to hlavne pre poukázanie jednoduchosti návrhov v moderných CAD - systémoch. [2] Samotný návrh je konštrukčne riešený čo najjednoduchšie s ohľadom na montáž – zostavenie, ale hlavne aj na údržbu a prípadne potrebné výmeny komponentov. Konštrukcia trojkolesovej jednotky pozostáva z dvoch základných druhov súčiastok, normalizovaných, na trhu bežne dostupných a taktiež komponentov, ktoré je potrebné vyrobiť. Výroba týchto komponentov znamená použiť ohýbanie a delenie, ale aj trieskové obrábanie a samozrejme zváranie. [3]

### 2.1 Určenie parametrov pre návrh

- Vonkajšie rozmery majú byť menšie ako 1650x900x1300mm
- Úložný priestor na prepravu boxov min. 600x400x200mm
- Pohon elektromotorom 750W
- Možnosť pripojenia prívesného vozíka
- Použitie zadných kolies s rozmerom 3.00 – 4 (260x85)
- Inteligentné vlastnosti a periférne komponenty pre použitie v priemysle
- Maximálna rýchlosť v rozmedzí 12 – 15km/h

### 2.2 Návrh rámu

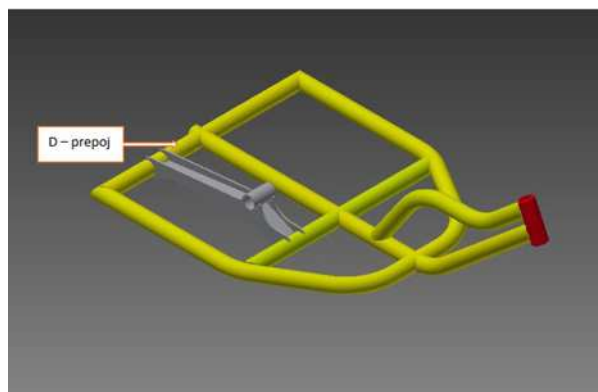
Základnou predlohou pre navrhnutie rámu (kostry) bol časom overený na trhu najčastejšie používaný tvar bezmotorovej trojkoľky, pričom sa do konštrukcie zakomponoval aj pohon pomocou elektromotora, z ktorého je pomocou reťaze prenášaný točivý moment na zadnú os a následne na kolesá. Návrh kostry prebiehal v niekoľkých na sebe naviazaných verziách, pričom každá z nich znamenala vylepšenie koncových vlastností navrhutej trojkolesovej jednotky. Pôvodný, prvotný zámer pre návrh kostry a jej konštrukciu sa spočiatku javil ako dobrá voľba základného materiálu uzatvorený štvorcový profil - jakel s vonkajším rozmerom 40x40mm, hrúbkou steny 3mm, ktorý bol neskôr nahradený z dôvodu menšieho počtu zvarov a možnosťou jednoduchšieho tvárnenia rúrou s priemerom 42mm. Pričom na sedačku je použitá 22mm rúra obr.1.



Obrázok 1 Umiestnenie sedačky

### 2.3 Umiestnenie motora

Pre umiestnenie motora bol vymodelovaný držiak pozostávajúci z rúry v ktorej je uložený motor, umiestnenej medzi dvomi časťami vyrobených z plechu hrúbky 5mm, medzi ktoré boli umiestnené výstuhy. Z umiestnenia sedačky na navrhovanú kostru vyplynulo zistenie nevhodného umiestnenia motora a jeho držiaka obrázok č.2. (motor by značne prekážal nohám počas jazdy), riešenie je posun polohy motora smerom k zadnej časti.



Obrázok 2 Umiestnenie držiaka motora

## 3 Motor Bafang BBS-02 a riadiaca jednotka C965

Motor s dodávaným príslušenstvom obrázok č.3 je umiestnený v držiaku a cez 46 zubový prevodník prenáša točivý moment na zadné pohybové ústrojenstvo. Motor má maximálny výkon 750W, je pôvodne určený pre športové účely na prestavbu bicyklov umiestnením do stredového zloženia. Ako zdroj energie je použitá 48V lítium-iónová batéria, momentálne vyrábaná v dvoch prevedeniach a to 14Ah alebo 17.5Ah. Batéria dodáva energiu motoru pomocou riadiacej jednotky Bafang C965 obrázok č.3. Touto jednotkou je možné nastaviť deväť prednastavených stupňov výkonu motora, pričom je možnosť zmeny charakteristiky výkonu aj pre jednotlivé stupne ich preprogramovaním cez softvér. Medzi ďalšími funkciami riadiacej jednotky je

zobrazenie rýchlosti, prejdená vzdialenosť, automatické podsvietenie, zobrazenie teploty, úroveň stavu batérie (taktiež možnosť nastavenia minimálneho a maximálneho napätia batérie) a tiež je priebežne zobrazovaný výkon/spotreba motora. Samotná jednotka má vďaka nízkej spotrebe (10 až 30mA) minimálny vplyv na vybíjanie batérie [4].



Obrázok 3 Bafang BBS-02 a riadiaca jednotka [4]

### 3.1 Prevodové ústrojenstvo

Výhodou pohonu cez reťaz a nie priameho pohonu z motora na zadné kolesá je, že je možnosť výberu pomeru medzi predným a zadným ozubením. Tento pomer priamo vplyva na maximálnu rýchlosť a na výslednú ťažnú silu navrhovanej trojkolky. Keďže je motor dodávaný spolu s 46 zubovým prevodníkom, možnosť prevodového pomeru a tým aj celkovej rýchlosti je iba vo veľkosti zadného ozubeného kolesa prehadzovača - pastorka. Výber tohto ozubenia vychádzal zo štandardizovaných dielov, používaných na elektrobicykloch, pričom jeho približná veľkosť bola určená na základe výpočtu. Pre výpočet potrebných zubov prehadzovača - pastorka a tým aj stanoveniu koncovej maximálnej rýchlosti je potrebné vedieť otáčky motora, ktoré sú deklarované v technickom liste vydaným výrobcom a druhou potrebnou hodnotou je priemer zadných hnaných kolies. Technický list motora Bafang BBS-02 je v tabuľke č.1. a uvádza maximálne otáčky na hodnote  $n_m=135$  min<sup>-1</sup>, čo znamená 2,25 otáčky motora za sekundu, t.j. aj otáčok 46z-prevodníka.

Tabulka 1 Technická špecifikácia motora [5]

Product Description	
Position	Mid Motor
Construction	Gear drive
Rated Voltage ( DCV )	48
n0 (Rpm)	160
Rated Power (W)	750
nT (RPM)	135
Max Torque	160 N.m
Efficiency (%)	80%
Pedal sensor	Speed
Shaft Standart	JIS
Noise Grade (db)	55
Operation Temperature	-20 – 45 C
Reduction Ratio	1:21:9
IP	IP 65
Certifications	CE/EN 14764/ ROHS

V Technický list motora Bafang BBS-02 je v tabuľke č.4. a uvádza maximálne otáčky na hodnote  $n_m=135 \text{ min}^{-1}$ , čo znamená 2,25 otáčky motora za sekundu, t.j. aj otáčok 46z- prevodníka.

$$n_m = 2,25s^{-1} \quad (1)$$

Zadné koleso je priemeru 10“, a to znamená , že jedna otáčka kolesa pri jazde trojkolky sa bude rovnať prejdenej vzdialenosti 0,79m.

$$o_{kol}=0,79m \quad (2)$$

V parametroch pre návrh trojkolesovej jednotky je určená max. rýchlosť 12 až 15km/h.Pre návrh použijeme priemer , t.j. 13,5 km/hod a to je:

$$v_{max}=3,75ms^{-1} \quad (3)$$

Potrebný počet otáčok zadného kolesa pre maximálnu rýchlosť je teda vyrátaný z maximálnej rýchlosti a obvodu kolesa.

$$n_{kol} = \frac{v_{max}}{o_{kol}} = \frac{3,75}{0,79} = 4,68s^{-1} \quad (4)$$

Takže potrebný prevod medzi elektro-motorom a zadným kolesom je v tomto prípade:

$$i = \frac{n_{kol}}{n_m} = \frac{4,68}{2,25} = 2,08; \quad (5)$$

Počet zubov zadného prehadzovača - pastorku je vyrátaný zo vzťahu:

$$i = \frac{z_m}{z_{kol}} = \frac{n_{kol}}{n_m} \Rightarrow z_{kol} = \frac{z_m}{i} = \frac{46}{2,08} = 22,11; \quad (6)$$

Štandardizované ozubenie sú s počtom zubov 18, 20, 22, 24, 26. Vybraný je teda najbližšie k výpočtu 22 zubový prehadzovač – pastorok obrázok č.4



*Obrázok 4 Zadné 22-zubové koleso*

Stav elektrickej smart trojkolky pred realizáciou dizajnových prvkov môžeme vidieť nenasledujúcom obrázku 5.



*Obrázok 5 Oceľový rám elektrickej trojkol [6]*

## **4 Testovanie trojkolky**

V rámci testovania trojkolky, jej funkčnosti a navrhnutých dizajnových prvkov, sme trojkolku podrobili testovacej jazde v areáli Technickej univerzity v Košiciach, aby sme otestovali pohon, rýchlosť, funkcie smart zariadení ako tablet, predná kamera a v neposlednom rade aj samotnú kapotáž zariadenia. Testovaná bola ako na rovnom povrchu, tak aj na nerovnostiach, aby sme si

overili jej stabilitu a pevnosť jednotlivých komponentov, ktoré na ňu boli nainštalované. Testovali sme aj rôzne pozvuky, ktoré môžu vzniknúť zlým prichytením na rám trojkolky. Zariadenie vykazovalo dobré jazdné vlastnosti, veľmi dobrý stupeň otáčania a samotnú stabilitu.



Obrázok 6 Test prototypu elektrickej trojkolky [6]

## 5 Záver

Využitie elektrickej trojkolky v priemysle predstavuje inovatívny a efektívny spôsob, ako zvýšiť produktivitu, zlepšiť bezpečnosť a znížiť environmentálne dopady. Elektrické trojkolky ponúkajú mnoho výhod oproti tradičným vozidlám a sú ideálnym riešením pre rôzne odvetvia priemyslu. V priemysle môžu elektrické trojkolky slúžiť rôznym účelom, ako je preprava nákladov, zásobovanie, monitorovanie a údržba. Ich robustná konštrukcia a nosnosť umožňujú prepravu ťažkých bremien a zabezpečujú stabilitu aj pri nerovnom teréne. Môžu byť vybavené rôznymi príslušenstvami a prispôbena potrebám konkrétneho odvetvia. Vzhľadom na stále rastúce požiadavky na udržateľnosť a efektivitu v priemysle, je využitie elektrických trojkoliek sľubnou a perspektívnou možnosťou. Ich použitie môže prispieť k zníženiu nákladov, zvýšeniu produktivity a vytvoreniu prijateľnejšieho a ekologického pracovného prostredia. V konečnom dôsledku je využitie elektrickej trojkolky v priemysle vhodným riešením, ktoré prináša výhody nielen pre podniky, ale aj pre životné prostredie. Ich ekonomická efektívnosť, ekologická udržateľnosť a praktický prínos ich robia neodmysliteľnou súčasťou moderného priemyselného prostredia.

## PodĎakovanie

Príspevok bol riešený v rámci projektu KEGA 019TUKE-4/2022 Príprava manažérov nových výrobných štruktúr budúcnosti na princípoch „Overall Equipment Effectiveness“ (OEE) prostredníctvom vzdelávania študentov v predmete Manažment výroby v študijnom programe Priemyselné inžinierstvo a VEGA 1/0438/20 Interakcia digitálnych technológií za účelom podpory softvérovej a hardvérovej komunikácie pokročilej platformy systému výroby.

## Použitá literatúra

- [1] MASZURKIEVIČ, GULAN, IZRAEL : Mobilné pracovné stroje. Vyd. STU 2013. 301 s. ISBN 97-88-02-27-39-689.
- [2] FOŘT, KLETEČKA: Autodesk Inventor. Vyd. Computer press 2012. 304 s. ISBN 97-88-02-13-72-84
- [3] MÁLIK, CHRZOVÁ a spol. : Konštruovanie 3. Vyd. EDIS 2012. 514 s. ISBN 97-88-05-54-04- 769.
- [4] ATM TECHNOLOGIES, *Motor Befang* [online]. 2023 [cit. 3. 9. 2023]. Dostupné z: <https://www.atmparts.eu>
- [5] TECHNICKÝ LIST MOTOR BAFANG. [online]. 2023 [cit. 3. 9. 2023]. Dostupné z: <https://cnebikes.en.made-in-china.com>
- [6] LUKAČ. Marek : Návrh inteligentnej trojkolesovej jednotky pre výrobný priemysel : Diplomová práca, Technická univerzita v Košiciach, 2020. 55 s.