

Návrh multifunkční pracovní stanice pro CAD prostředí

Bc. Radim Pavelka

Diplomová práce
2019/2020

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Radim Pavelka
Osobní číslo:	T17270
Studijní program:	N3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Konstrukce technologických zařízení
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Návrh multifunkční pracovní stanice pro CAD prostředí

Zásady pro vypracování

1. Vypracování literární rešerše v dané oblasti.
2. Návrh konstrukčního řešení.
3. 3D modely jednotlivých částí.
4. Zhodnocení návrhu dle technologické a ekonomické náročnosti.

Forma zpracování diplomové práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- EVANS, Brian. Practical 3D printers. New York: Distributed to the book trade world wide by Springer Science Business Media, 2012. Technology in action. ISBN 14-302-4392-9.
- THOMAS, Sabu. Polymer Composites. 2012, vol. 1. ISSN 978-35-27329-85-4.
- FALZON, Pierre. CRC Press, Taylor, 2015. DOI: 10.1201/b17456. ISBN 9781482235623.
- HUGHES, Austin; DRURY, Bille. Elektrické motory a pohony: Základy, typy a aplikace.. 2013., ISSN 9781299201996.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Bednařík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 10. února 2020

**PROHLÁŠENÍ AUTORA
DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na nalezení nejvhodnějšího řešení při návrh multifunkční stanice pro CAD prostředí, které by se dalo využít v praxi při sedavé práci. Teoretická část obsahuje stručné seznámení jednotlivých bodů potřebných pro konstrukci a výrobu. Praktická část se zabývá daným návrhem, který vychází z jednoduché konstrukce, dostupných materiálů a technologií pro cenovou přijatelnost.

Klíčová slova: stanice, konstrukce, technologie, materiály, prototyp, cena, návrh

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on finding the best possible solution for the design of a multifunctional station for a CAD environment, which could be used in practice in sedentary work. The theoretical part contains a brief introduction to the individual points needed for design and production. The practical part deals with the design, which is based on a simple construction, available materials, and technologies for affordability.

Keywords: station, construction, technology, materials, prototype, price, design

Rád bych chtěl poděkovat:

- mému vedoucímu Ing. Martinu Bednaříkovi Ph.D za ochotu a pomoc při tvorbě mé diplomové práce,
- Ing. Pavlu Mínaříkovi ze společnosti FYSCON s.r.o za pomoc, podporu a rady při řešení návrhu konstrukce,
- A mé mamince a přítelkyni za trpělivost, pomoc a hlavně podporu, která se mi od nich dostávala během studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 PRINCIP PRÁCE.....	12
1.1 ERGONOMIE A ANTROPOMETRIE	12
1.2 ERGONOMICKÉ A ANTROPOMETRICKÉ PŘEDPOKLADY PRACOVNÍHO MÍSTA.....	12
1.3 PRACOVNÍ POLOHA.....	13
1.4 PRACOVNÍ ŽIDLE	14
1.4.1 Prvky výběru židle	15
1.4.2 Bezpečnost	17
1.5 PRACOVNÍ MONITOR.....	18
1.6 KLÁVESNICE	18
1.7 MYŠ	19
2 MATERIÁLY VHODNÉ PRO VÝROBU PROTOTYPU.....	21
2.1 OCEL	21
2.2 LITINA.....	22
2.3 HLINÍK	22
2.4 DŘEVO	23
2.5 KOMPOZITNÍ MATERIÁLY	24
2.5.1 Matrice	25
2.5.2 Výztuž	26
2.6 KRITÉRIA PRO VOLBU VHODNÝCH MATERIÁLŮ PRO PRAKTICKÉ APLIKACE.....	27
3 VÝROBNÍ TECHNOLOGIE.....	28
3.1 3D TISK	28
3.1.1 Fused Deposition Modeling (FDM).....	28
3.1.2 Material Jetting (MJ).....	28
3.1.3 Stereolitografie (SLA).....	29
3.1.4 Selektivní laserové spékání (SLS)	29
3.1.5 Digital Light Processing (DLP)	30
3.1.6 Laminated Object Manufacturing (LOM).....	30
3.1.7 MultiJetPrinting (MJP).....	31
3.2 PŘEHLED MATERIÁLŮ PRO 3D TISK	31
3.2.1 ABS	31
3.2.2 PLA	32
3.2.3 WPC	32
3.2.4 BendLay	32
3.2.5 XT	33
3.2.6 Lay-brick	33
3.2.7 TPE.....	33

3.2.8	PC.....	33
3.2.9	Další materiály	34
3.3	VAKUOVÉ LITÍ.....	34
4	POHONNÉ SYSTÉMY	35
4.1	KROKOVÝ MOTOR (KM)	35
4.1.1	Stavba krokového motoru	35
4.1.2	Rozdělení krokových motorů.....	36
4.2	SERVOMOTORY	38
4.3	LINEÁRNÍ VEDENÍ.....	39
4.4	PNEUMATICKÉ POHONY.....	40
4.5	HYDROSTATICKÉ POHONY.....	40
5	SHRUTÍ TEORETICKÉ A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	42
II	PRAKTICKÁ ČÁST	43
6	VSTUPNÍ PARAMETRY	44
7	PRŮZKUM TRHU.....	45
7.1	ERGOQUEST ZERO GRAVITY WORKSTATION 9.....	45
7.2	THE GRAVITONUS WORKSTATION	46
7.3	ACER'S PREDATOR THRONOS.....	46
7.4	SHRUTÍ PRŮZKUMU TRHU.....	47
8	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ.....	48
8.1	CELKOVÝ POPIS NÁVRHU	48
8.2	POHYBOVÉ OSY	49
8.2.1	Elektronicky řízená pohybová osa X	50
8.2.2	Elektronicky řízená pohybová osa Y	53
8.2.3	Elektronicky řízená pohybová osa Z.....	59
8.2.4	Elektronicky řízená pohybová osa D	60
8.2.5	Manuálně ovládaná osa E.....	63
8.2.6	Manuálně ovládaná osa F.....	64
8.2.7	Manuálně ovládaná osa G	64
8.3	ŘÍZENÍ A SNÍMAČE	65
8.3.1	Řídící jednotka	65
8.3.2	Indukční snímač	65
8.4	POHONNÉ SYSTÉMY	66
8.4.1	Lineární pohon	66
8.4.2	Pružná spojka	67
8.4.3	Krokový elektromotor 86CM85.....	68
8.4.4	Krokový elektromotor 57HS22.....	68
8.4.5	Ložisková jednotka FK10	69
8.5	NOSNÁ KONSTRUKCE	69

8.5.1	První část (základní rám)	69
8.5.2	Druhá část (střední rám).....	70
8.5.3	Třetí část (kostra)	70
8.5.4	Čtvrtá část (rameno).....	71
8.6	KRYTOVÁNÍ	72
8.7	OVLÁDACÍ PANEL.....	72
8.8	VÝPLŇ SEDÁKU A OPĚREK.....	73
8.9	DOPLŇKY	73
8.10	KALKULACE NÁKLADŮ NA VÝROBU PROTOTYPU, ZÁKLADNÍ ÚDAJE A VIZUALIZACE.....	73
ZÁVĚR		79
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		80
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		83
SEZNAM OBRÁZKŮ		84
SEZNAM TABULEK		87
SEZNAM PŘÍLOH		88

ÚVOD

Nedílnou součástí života každého člověka je sedací nábytek. Obzvláště v dnešní době, kdy sezením tráví člověk většinu času ať už je to doma, v práci, na návštěvě, nebo někam cestuje.

Při dlouhém a častém sezení se můžou začít projevovat zdravotní problémy spojené sezením v nekvalitní židli, křesle nebo špatným stylem sezení. Mezi nejčastější a nejtypičtější potíže patří bolest zad a za krkem.

V dnešní době je velkým problémem pro zákazníka široká dostupnost nekvalitních výrobků importovaných z ciziny pro velmi nízké ceny. Do popředí se dostala kvantita. Proto na kvalitu zpracování a materiálů již není tolik brán zřetel. Při koupi takového produktu s největší pravděpodobností dojde brzy v lepším případě k jeho poškození, v tom horším ke zdravotním problémům či úrazům. Je nutné naučit zákazníky, že to nejlevnější není z dlouhodobého hlediska to nejlepší.

Povinností každého konstruktéra a designéra je vytvářet produkty, které budou splňovat svými funkcemi veškeré bezpečnostní, zdravotní i pohledové požadavky pro společnost a volit kvalitní zpracování a volbu takové technologie výroby, která bude i finančně přijatelná.

Materiály zaujímaly vždy významné postavení ve vývoji lidské společnosti. Každá doba nese název podle hlavního používaného materiálu v lidské vývojové etapě. Takovými etapami jsou např.: doba kamenná, bronzová, železná, pro současnou etapu je nabízeno z několika variant pro název např.: doba multimateriálová nebo doba materiálů "šitých na míru".

Rozvoj technických věd a výroba je často limitována materiálem a technologiemi pro jeho zpracování, které mají konstruktéři k dispozici v jednotlivých odvětvích. V současnosti se hovoří o tzv. "zlatém věku materiálů" a je zdůrazňováno, že materiály jsou právě klíčem pro inovaci příštího tisíciletí.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PRINCIP PRÁCE

První část této práce je zaměřena na vlastní průzkum požadavků pro správné držení těla při práci sedavého typu, dále pro materiály, z nichž bude možné prototyp stanice vyrobit, výrobní technologie, které budou vhodné a cenově dostupné pro výrobu jednotlivých částí použité při konstrukci a možnými pohonnými systémy. Hlavní důraz je kladen na dostupné technologie a materiály pro konstrukci prototypu pracovní stanice a přijatelnou cenovou dostupnost.

1.1 Ergonomie a Antropometrie

Ergonomie je odvozena z řeckých slov ergon = práce a nomos = zákon. Ergonomie je věda, která se zabývá optimalizací potřeb člověka a v pracovním prostředí a jeho pracovních podmínkách a čerpá z oborů jako jsou: strojírenství, psychologie, filozofie, informatiky, ochrany zdraví při práci či z environmentálních věd. Jedná se zejména o stanovení vhodných rozměrů, designu nástrojů a nábytku a jejich optimálním uspořádání v pracovním prostředí.

Cílem ergonomie je vytvořit pracovní místo a pracovní podmínky takové, aby nedocházelo k neadekvátní pracovní zátěži.

Vědeckým měřením lidského těla se zabývá Antropometrie. Je to věda, která úzce souvisí a je jednou ze základních metod ergonomie. Jde o důležitá data pro konstrukci a navrhování pracovního zařízení. Tato data jsou měřena na základě odlišností lidského těla mezi jednotlivými kategoriemi lidských skupin, která poté mohou být rozdělena, např. v závislosti na váze, pohlaví, věku či rase. [1, 3, 6]

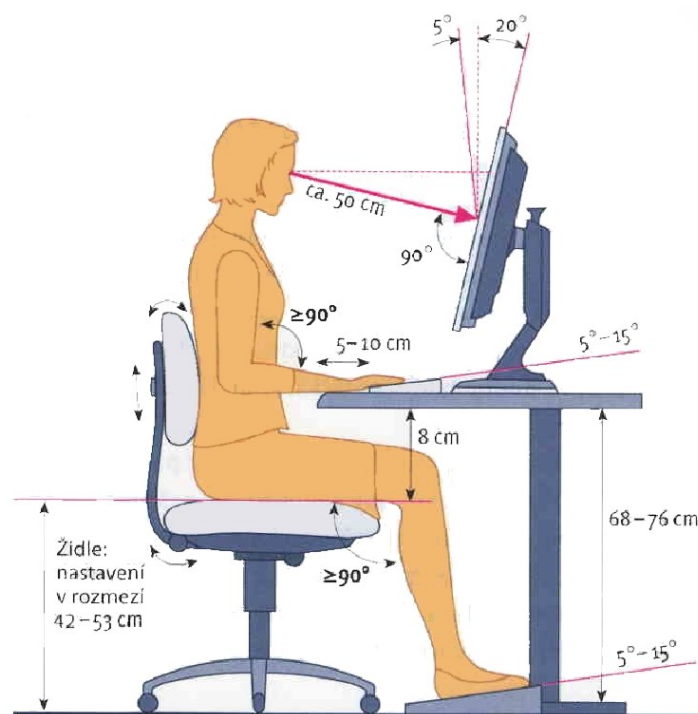
1.2 Ergonomické a antropometrické předpoklady pracovního místa

Jednou ze základních lidských funkcí je sedění. Existuje již od doby, kdy začal člověk se vzpřímenou chůzí a vzpřímeným držením těla a ruce si uvolnil pro dalších činnosti. Jenže evoluce nás nestihla vybavit páteří určenou pro dlouhé sezení. Proto při špatném sezení jsou ohroženy kromě zdraví páteře i ostatní funkce lidského těla. Pro pracovní činnost v kancelářích je charakteristická práce v sedě. Použití sedacího nábytku by mělo být navrženo tak, aby umožňovalo pohodlné sezení, a to při zachování fyziologie lidského těla. Jedním řešením je tzv. dynamické řešení sezení, tj. čím méně páček je na židli na pevno, tím je sezení dynamičtější a je vhodnější pro záda a udržení správné funkce těla. Hlavní zásadou pro práci v sedě je sezení ve vzpřímené poloze s využitím opěrky zad, šíje, hlavy a loktů, při správně nastavené výšce sedadla.

Podpíráním se přenáší váha lidského těla na opěrnou sedací plochu a tím se tlumí gravitační síly. K základním požadavkům správného sezení patří dobré funkce, vlastnosti a vytvoření vhodných podmínek pro příznivé pocity, které jsou podmíněny správnou konstrukcí sedavého nábytku a je pro danou činnost vhodný. [1, 6, 7]

1.3 Pracovní poloha

Pracovní polohou je taková poloha těla, při níž je daná práce vykonávána. Všeobecně můžeme pracovní polohu rozdělit na polohy: vsedě, vstoje, kleče či jejich kombinací. Hlavní polohou při práci v kancelářích je poloha vsedě.



Obr. 1. Správné sezení u počítače.

Aby se dalo říci, že je jedná o správně sezení je zapotřebí dodržet jednotlivé zásady:

- musí být správně tvarovaná opěrka i sedák,
- musíme sedět vzadu a celou sedací plochou, a ve správné výšce,
- úhel v koleni mezi lýtkem a stehnem musí svírat úhel 90° ,
- monitor i klávesnice musí být ve správné výšce,
- područky musí podpírat pouze lokty a ne zápěstí.

1.4 Pracovní židle

Židle pro práci v kanceláři je nejdůležitější částí. Po celou pracovní dobu ovlivňuje polohu těla. V případě, že má židle nedostatky brzy se to projeví a pocítíme to na našem těle. Pracovní židle by měla být volena tak, aby alespoň splňovala základní ergonomické požadavky. Mezi základní ergonomické požadavky na židli patří:

- stavitelná výše a hloubka sedáku,
- stavitelná hloubka loketní, zádové či hlavové opěrky, ideálně i bederní opěrky,
- dostatečná pevnost, stabilita, umožňování změn polohy,

Z hlediska pohodlí a údržby je důležitý také materiál povrchu područek, sedáku či čalounění. V případě drobnější postavy je vhodné doplnit židli o nožní opěrku. Při výběru kancelářské židle bereme v úvahu několik základních faktorů:

- množství času, které stráví sezením na židli,
- hmotnost sedícího a zdravotní omezení,
- nutný prostor pro pohyb židle,
- výbava a možnosti nastavení židle,

Správná kancelářská židle musí umožňovat individuální nastavení podle výšky, hmotnosti, stavby a tvaru těla a potřeb uživatele. Zdravé a komfortní sezení zajišťuje také anatomicky tvarovaný sedák, který poskytuje pohodlné sezení bez tlaku na spodní část stehen a dostatečně velkou zádovou opěrku pro podpírání zad po celé délce a celou dobu sezení. [9]



Obr. 2. Zdravotní kancelářská židle.

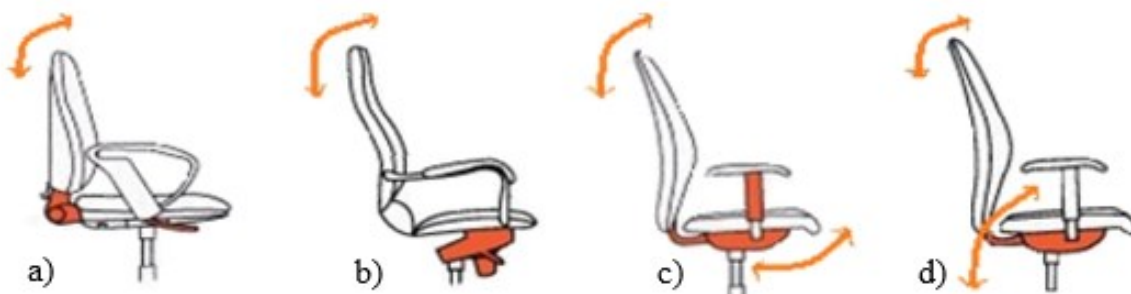
1.4.1 Prvky výběru židle

Správná kancelářská židle musí splňovat několik existujících požadavků. Především jsou to ty ergonomické požadavky zdravého sezení, dále anatomie lidského těla, životnost, snadná údržba, dobrý vzhled a v neposlední řadě nosnost. Každá židle má svou specifickou, nosnost, která se většinou pohybuje v rozmezí od 70 do 180 kg.

Volba správné židle se volí podle:

1. Typy mechanik:

- a) Permanentní mechanika – zádová opěrka je v neustálém kontaktu se zády uživatele. Ovlivnit se dá jen náklon opěrky proti sedáku. Často lze u této židle také nastavit výšku zádové opěrky i výšku sezení. Výhodou je nízká pořizovací cena.
- b) Houpací mechanika – úhel svírající zádová opěrka a sedák se u těchto židlí nemění. Komfort sezení zde zaručuje bod otáčení, který se může posunout výrazně dopředu, dále se dá nastavit plynulá síla odporu a zajistit náklon křesla v několika pozicích.
- c) Asynchronní mechanika – umožňuje nastavení sklonu zádové opěrky a sedáku nezávisle na sobě, a to ve všech pozicích. Ovládání je v podobě tří pák, kdy jednou pákou se nastavuje sklon zádové opěrky, druhou sklon sedáku a třetí výšku sezení.
- d) Synchronní mechanika – dovoluje pohyb současně zádové opěrce a sedáku a neustále se tak přizpůsobuje tvar židle pohybům uživatele. Také je možno nastavit sílu přitlaku a výšku sezení.



Obr. 3. Typy mechanik židle.

2. Času stráveného sezením na židli se židle s danou mechanikou rozděluje na:

- a) Krátká doba sezení – uvádí se většinou sezení do 4 hodin denně. Při krátkodobém sezení tak moc nezáleží na zvolené mechanice. Výjimku tvoří lidé se zdravotními problémy. Zde můžou zvolit židli se synchronní mechanikou nebo se speciální zdravotní funkcí.
- b) Do 12 hodin denně – zde spadá standartní osmihodinová pracovní doba. V tom případě se hodí zvolit synchronní mechanika, ale vhodná je i houpací nebo asynchronní mechanika
- c) Více než 12 hodin denně – charakteristická doba pro nepřetržitý provoz, kdy se lidé na židli střídají. Volí se synchronní mechanika, kde je její výhodou pohybující se osa sedáku a opěradla, díky čemuž se tělo udržuje neustále v pohodlné a příjemné pozici.

3. Potahového materiálu židle

- a) Síťovina – hlavní výhodou síťovaného potahu je prodyšnost. Uživatelé to ocení hlavně v letních obdobích, naopak v chladnějších obdobích, protože síťovina nemá izolační vlastnosti.
- b) Čalounění – existují obyčejná čalounění, která se doporučují při sezení do 12 hodin denně. Vybrat se může i ze speciálního čalounění, které je vyrobeno pro delší dobu sezení. Výhodou je jejich izolační vlastnost, proto jsou vhodná pro chladnější prostředí.
- c) Kůže – dělí se na kůži pravou nebo syntetickou. Pravá kůže je stylová a nenáročná na údržbu, syntetická je oproti pravé levnější ale má nižší životnost. Kožené potahy se nedoporučují pro celodenní sezení.

4. Tvarovací materiály

Jedná se o jednu nebo více vrstev materiálu, které udávají formu výrobku. Za tvarovací vrstvu můžeme považovat, např. vlákenné materiály, kovové tlačné pružící prvky, pěnovou pryž, textilní izolační materiály, ale nejpoužívanější je polyuretanová pěna (PUR).

PUR se vyrábí polyadící izokyanátů, polyolů, aminů a vody. Při vhodné kombinaci lze vyrobit velmi elastické až velmi pevné PUR pěny.

Tab. 1. Antropologické rozměry pro muže a ženy v české populaci pro výběr optimální pracovní židle. [1, 12]

ZNAK	MUŽI	ŽENY
	STŘEDNÍ HODNOTA [CM] (ROZPTYL DOPORUČENÝCH HODNOT)	
Vzdálenost mezi svislou rovinou zad a podkolení jamkou při flexi kolena vsedě	48 (44 – 53)	47 (24 – 52)
Výška kolene vsedě nad podlahou	54 (49 – 58)	49 (45 – 53)
Výška podkolení jamky nad podlahou	47 (44 – 50)	42 (39 – 45)
Délka stehna vsedě při flexi v koleně	58 (54 – 63)	56 (51 – 61)
Výška lokte vsedě nad sedadlem	27 (22 – 31)	25 (21 – 30)
Délka předloktí včetně ruky při flexi v lokti	47 (44 – 51)	43 (40 – 46)
Délka nadloktí při flexi v lokti	38 (31 – 41)	35 (32 – 39)
Horizontální rovina oční osy vsedě (odpovídá výšce kořene nosu)	80 (74 – 86)	74 (69 – 80)

1.4.2 Bezpečnost

Bezpečnost určuje mnoho norem např.:

1. Elektrická zařízení nábytku, včetně nábytku vestavěného, která jsou připojena k elektrické instalaci budovy, musí být v souladu s ČSN 33 2000-7-713.
2. Nábytek musí splňovat požadavky stability stanovené normami pro bytový nábytek a nábytek pro nebytové použití (veřejný interiér) – viz požadavky na zkoušení dle příslušných ČSN EN.
3. Sedací nábytek musí mít technické parametry (dle svého určení k použití) v souladu s ČSN EN 1335-2,3, ČSN EN 13761, ČSN EN 1729-2, ČSN EN 12727, ČSN EN 15373.
4. Pro bytové pracovní židle je doporučeno vycházet ze znění ČSN EN 1335, pro univerzální bytové židle není závazný odpor proti ujetí ani požadavek, aby bylo podnoží utvářeno pěti rameny. Základní bezpečnostní požadavky určuje česká technická norma a zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a norma ČSN 91 0100 v čl. 6. 2 ale ukládá, že sedací nábytek musí být dostatečně stabilní proti převrácení při usedání vstávání aj. obvyklém užívání. Tento požadavek nemusí být,

ale vždy na podnoží se čtyřmi paprsky dosažen. Stabilita se zkouší dle ČSN EN 1335-3.

5. Horní a spodní hrany sedáku židlí musí být zaobleny nejméně R 2 mm.
6. Je-li pracovní nábytek určen pro stroje, musí mít speciální konstrukci odolnou proti mechanickému namáhání tak, aby nemohlo dojít k úrazu osob po jeho dlouhodobém užívání.

1.5 Pracovní monitor

Pod pojem kancelářský monitor se prezentuje monitor, který má za největší přínos polohovatelnost tj., že tento monitor lze výškově nastavit a podle potřeby i naklánět. Monitor je taktéž nedílnou součástí při práci v kancelářích, a proto je nutné dodržovat jisté zásady při dlouhém dívání do monitoru pro ochranění našeho zraku a zdraví. Monitor by měl umožňovat svou konstrukcí regulaci výšky, sklonu a otáčení kolem svislé osy dle požadavků pracovníka. Monitor by měl být umístěn tak, aby byla vzdálenost očí uživatele a obrazovky při závislosti na velikostech znaků, a to v rozmezí od 500 do 700 mm. Horní část textu by měla být v úrovni očí nebo mírně pod úrovní očí. Kdy pohled na obrazovku by měl být kolmý. Dalším důležitým aspektem je i nastavení jasu a kontrastu monitoru, kdy jas monitoru by měl být, pokud možno stejný. Umístění obrazovky je ovlivněno charakterem dané práce na počítači, při práci vyžadující většinu času u monitoru je vhodné monitor umístit do středu proti pracovníkovi. Při různorodé práci je možné umístit monitor šikmo vpravo, kdy se na obrazovce nesmí odrazet okno nebo svítidla, protože odrazy a odlesky snižují čitelnost a oči se tím rychleji unaví. Dlouhodobá práce s PC se může projevit na zdraví zhoršením zraku, slzením a pálením očí, bolestí hlavy či celkovým pocitem únavy. [8]

1.6 Klávesnice

Klávesnice by měla být umístěna v nižší poloze než rovina pracovního stolu, aby nedocházelo k nepřírozené poloze předloktí a extenzi ruky a zápěstí. Klávesnice, aby ji bylo možno individuálně umístit na pracovním stole musí být oddělená. Před klávesnicí by měl být dostatečný prostor k poskytnutí opory ruky (aspoň 8 cm). V současné době je u klávesnic největší problém spojen s jejím tvarem. Nejrozsáhlejší rovné klávesnice nutí uživatele zaujímat dlouhodobě fyziologicky nevhodné polohy zápěstí, což vede k přetěžování a namáhání šlach i nervů, které zápěstím procházejí. Výhodnější je proto

využívat tzv. klávesnice lomené nebo zaoblené případně vertikálně zvlněné neboli ergonomické. [8]



Obr. 4. Ergonomická klávesnice.

1.7 Myš

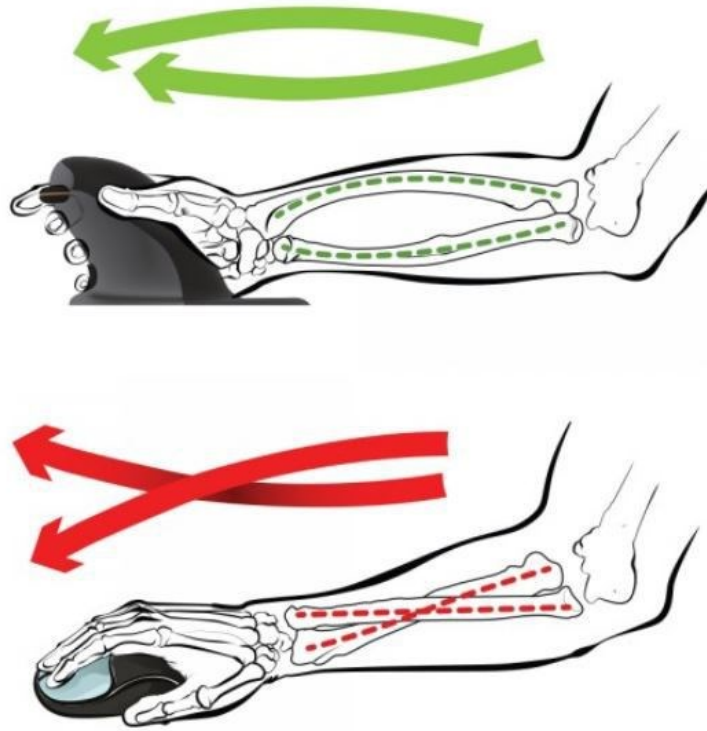
Myš by měla být umístěna u klávesnice, a to co nejbližší a ve stejné výšce. Myš by měla mít správnou velikost a tvar a měla by vyhovovat individuálním aspektům pracovníka (velikost a tvar ruky) a respektovat případné leváky. Pokud je myš využívána více než klávesnice, tak se může klávesnice poposunout a myš přiblížit více do středu stolu. K usnadnění pohybu myši a menšímu opotřebení slouží podložky např. textilní, gelové. [8]



Obr. 5. Textilní a gelová podložka.

Pro zvýšení komfortu při práci se používají ergonomické počítačové myši, které díky speciální konstrukci vertikálního použití předcházejí či snižují poškození karpálního tunelu neboli syndromu RSI a svalového napětí. Tyto myši jsou vhodné pro každodenní používání,

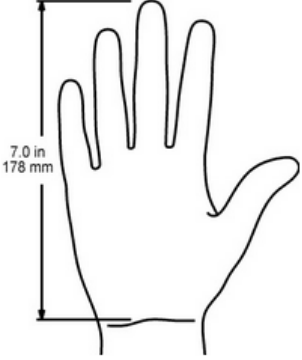
kdy vertikální držení myši udržuje ruku a zápěstí v neutrálně uvolněné pozici, a to s přirozeným uchopením. V případě, již onemocnění karpálním tunelem je stále možno pracovat s myší.



Obr. 6. Rozdíl při držení ergonomické myši a klasické myši.

Pro správné zvolení velikosti ergonomické myši musí odpovídat velikosti dlani uživatele. Tím se dosáhne, že myš bude svými rozměry ideální pro ruku uživatele a tím optimálně využije ergonomického tvaru. Správná velikost se měří od konce zápěstí po horní část prostředníčku. [10]

Délka	Označení ve
21 cm (8.25") a více	XL
19-21 cm (7.5" - 8.25")	L
17-19 cm (6.75" - 7.5")	M
Pod 17 cm (6.75")	S



Obr. 7. Základní rozměry pro volbu ergonomické myši.

2 MATERIÁLY VHODNÉ PRO VÝROBU PROTOTYPU

2.1 Ocel

Ocel je slitina železa s uhlíkem (do 2,14 %) a dalších prvků (mangan, křemík, fosfor, síra, měď), které se do oceli dostávají záměrně nebo neúmyslně během jeho výroby. Mechanické, fyzikální i chemické vlastnosti je možné měnit tepelným zpracováním, chemickým složením a způsobem tváření oceli v širokých mezích. Výroba oceli dnes nepředstavuje pouze proces zkujňování (snižování obsahu uhlíku v surovém železe), ale představuje složitou metodu výroby železných slitin o předepsaném chemickém složení, případně požadovaných vlastností, kterých se dosahuje řízením procesů tuhnutí a dalším metalurgickým zpracováním. Oceli lze rozdělit podle nejrůznějších způsobů: podle výroby, použití či chemického složení. [14]

Ocel vyniká svou pevností a odolností, ale problémem je vyšší hmotnost, podobně jako u litiny. To lze řešit například použitím čtvercových, kruhových profilů nebo kombinací s lehčími kovy, např. hliníkem. Plochá ocel se nazývá pásovina nebo pásová ocel. [14, 15]

Vliv a volba přísadových prvků se podřizuje požadovaným vlastnostem ocele:

- Nejčastěji používané přísady pro zvýšení mechanických vlastností, pevnosti a tvrdosti, aniž by se výrazněji snížila houževnatost oceli jsou: mangan, křemík, nikl, molybden, vanad, wolfram, chrom.
- Prvky jako jsou chrom, mangan, molybden, vanad se používají pro zvýšení prokalitelnosti snížením kritické rychlosti rozpadu austenitu. To umožňuje při stejném průřezu součásti kalit do méně intenzivního kalicího prostředí nebo pracovat se silnějšími průřezy.
- Pro vytvoření tvrdých a opotřebením odolných karbidů, stabilních i při vysokých teplotách sem patří prvky: wolfram, chrom, vanad, molybden.
- Prvky, např. hliník, vanad, titan zmenšují sklon k růstu zrna při použití oceli za vyšších teplot vyloučením disperzních částic karbidů nebo nitridů po hranicích zrn ocelí
- Pro zvýšení žárovevnosti oceli vytvořením vhodně dispergovaných karbidů ve struktuře se používají chrom, molybden, vanad, wolfram, atd [14]



Obr. 8. Konstrukční výrobky z ocele.

2.2 Litina

Je slitina železa s uhlíkem, jehož obsah je větší než 2 % a dalších přídavných prvků např.: křemík, mangan, fosfor, síra. U litin se výrazně projevuje existence stabilní a metastabilní rovnováhy. Podle chemického složení a podle podmínek tuhnutí taveniny slitiny železa s uhlíkem a dalšími prvky vzniká eutektikum, buď cementické (ledeburit), které je podstatou bílé litiny nebo grafitické, které je základem šedé litiny. Litina je pevná a odolná vůči počasí. Vydrží celá desetiletí, ale je náchylná korozi a velmi těžká. [15]

2.3 Hliník

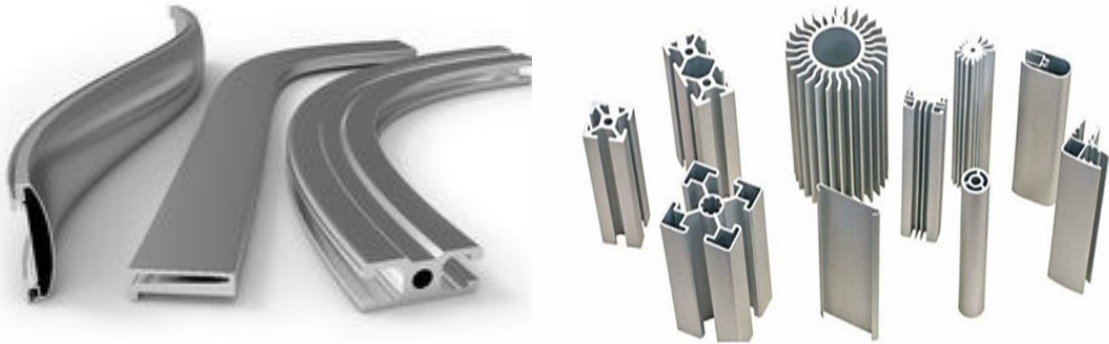
Hliník a slitiny hliníku patří mezi nejvýznamnější neželezné kovy. Čistý hliník vyniká velmi dobrou elektrickou a tepelnou vodivostí, dobrou korozní odolností, svařitelností a mnohonásobně nižší vahou než kovy. Hliník má velmi dobrou zpracovatelnost na plechy, pásy, hliníková folie se využívá v obalové technice a na dráty v elektrotechnice.

V průmyslu se hliník užívá nejčastěji ve formě slitin. Nejznámější je slitina mědi a hořčíku pod názvem dural, který je oproti čistému hliníku až 5x pevnější v tahu a tvrdší při zachování nízké hmotnosti.

Z hliníkových slitin lze vyrábět lisované profily od jednoduchých až po složité průřezy pro použití jako polotovary pro transportní techniku, ve stavebnictví, strojírenství, automobilovém průmyslu a ze slitin vysoké pevnosti pro použití v letectví. Hliníkové tyče a profily se používají hlavně v oborech, kde je požadována u materiálu dobrá svařitelnost, možnost povrchové úpravy, odolnost vůči korozi a nízká hmotnost.

Mezi vlastnosti hliníku a některých jeho slitin patří i schopnost zušlechťování povrchů anodickou oxidací i nanášením vypalovaných laků. Toho se využívá především ve

stavebnictví, u slitin s malým obsahem legujících prvků, které umožňují výrobu i složitých profilů. Hliník se využívá při výrobě hliníkového nábytku, kdy, např. židle jsou stabilní, elegantní, odolné a lehké. Často se kombinuje s umělými tkaninami. [15]



Obr. 9. Hliníkové profily a součásti.

2.4 Dřevo

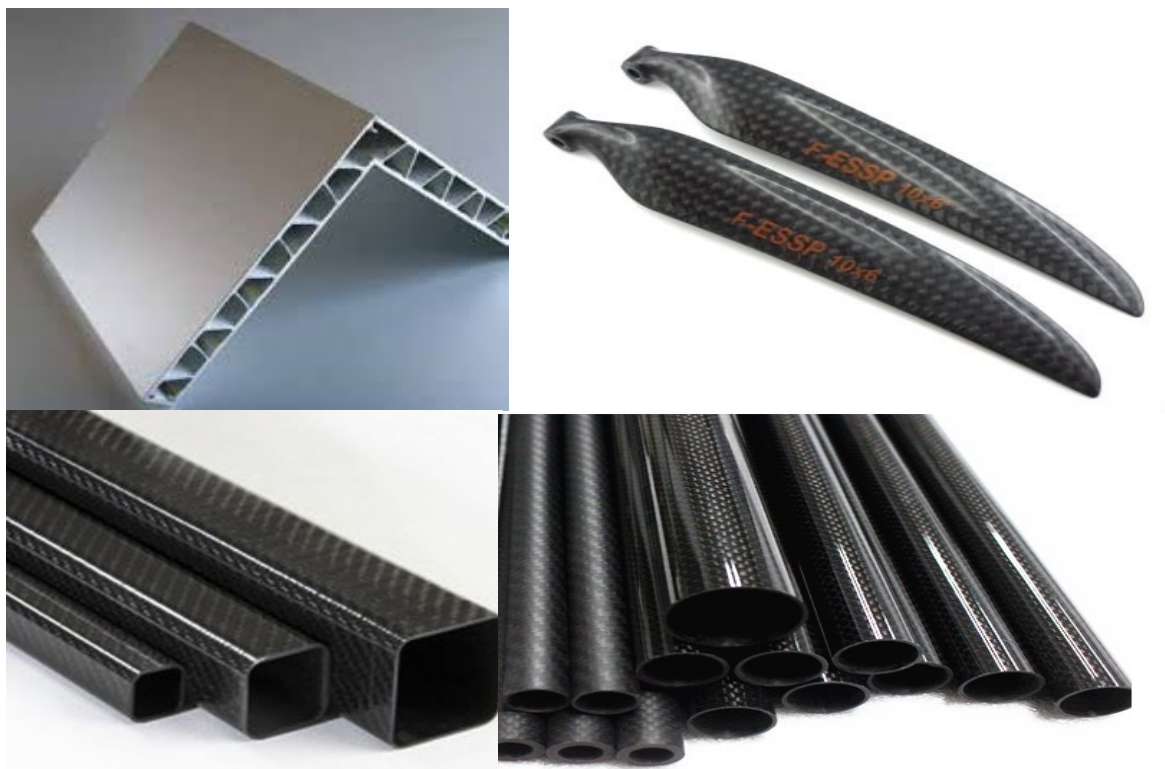
Dřevo patří mezi plně obrobitelný materiál, při zpracování se dá odpad snadno recyklovat a nevzniká velké množství škodlivých látek. Dřevěné povrchy si udržují stálou teplotu, na rozdíl od kovu, v teplém počasí nezahřívají a v chladném zase nechladí. Různé druhy dřeva jsou ceněny pro své fyzikální vlastnosti (tvrdost), strukturu nebo zabarvení. Nesmí se ale zapomínat, že dřevo je přírodní materiál a také se tak i chová. Nelze u něj očekávat tvarovou stálost jakou má například kov, ale je třeba počítat s barevnou nestálostí a nutností pravidelné údržby (přetírání oleji, lakování). [16, 17]

- Smrk – má nažloutlou barvu a přirozený lesk. Poznávacím znakem jsou dobře viditelné letokruhy a malé světlé suky. Dřevo má jemnou strukturu, při podélném řezu jsou vlákna skoro rovnoběžná a je měkké což usnadňuje jeho opracování. Nejčastěji se smrk používá jako konstrukční dřevo. Dobře v něm drží vruty a také se snadno upravuje povrchovou úpravou pomocí různých barev, mořidel či laků. [17]
- Borovice – má světle růžovou barvu s výraznými tmavými sukami, obsahuje velké množství pryskyřice, která se na slunci na povrchu dřeva hromadí a vytváří kapky. Nejvhodnější druh borovice k výrobě je borovice severská. Kvůli drsným klimatickým podmínkám v severských oblastech roste dřevo pomaleji, tedy je tvrdší, má vyšší pevnost a nepropouští smůlu. [17]
- Dub – je jednou z nejtvrdějších tuzemských dřevin. Má nažloutle hnědou barvu s bílými částmi. Na řezu vzniká rýhovaná struktura vlivem poměrně velkých pórů.

Dubové dřevo vlivem vody neobtná, ale postupně tmavne a tvrdne, proto je vhodné k využití v exteriéru. [17]

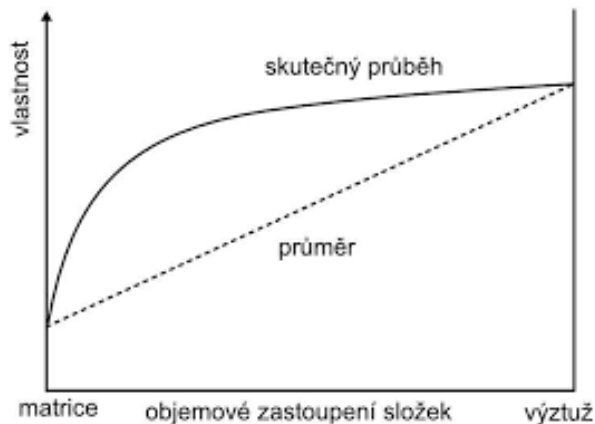
2.5 Kompozitní materiály

Kompozity jsou heterogenní materiály, které tvoří dvě nebo více fází, kdy alespoň jedna část je tuhý materiál. Tyto fáze mají často rozdílné mechanické, fyzikální i chemické vlastnosti, kde každá složka plní jinou funkci. Vhodným výběrem vzájemných kombinací a objemového poměru daných složek je možné dosáhnout vysokých užitečných vlastností. V dnešní době jsou nejčastější variantou stále dvoufázové kompozity, kdy jedna fáze dodává výrobku pevnost a druhá slouží jako pojivo. Z největších výhod kompozitních materiálů je v porovnání s ocelovými součástmi jejich podstatně nižší hmotnost, a to i při větším objemu, přičemž se kompozity vyznačují velice dobrými mechanickými vlastnostmi i pevnostními charakteristikami. Další výhodou kompozitů je jejich tepelně-izolační vlastnost a odolnost vůči korozi i agresivnímu prostředí. V dnešní době kompozity nacházejí uplatnění téměř v každém odvětví průmyslu. Nejvíce se kompozity používají v automobilovém průmyslu (výroba přístrojových desek, náprav, nárazníků i hnacích hřídelí), v leteckém průmyslu (výroba vrtulí, křídel i trupu letadel), dokonce i ve vojenském průmyslu (jednou ze zajímavých vlastností kompozitů je, že částečně dokážou pohltit radarové vlny). [18]



Obr. 10. Příklady kompozitních součástí.

Mechanické vlastnosti jako tuhost, tvrdost a pevnost není jednoduché předem zjistit přesně, protože tyto vlastnosti výrazně ovlivňuje tzv. synergetický efekt. Podstatou synergetického efektu je spolupůsobení složek kompozitu tak, že vlastnosti jsou lepší, než jak by se mohlo zjistit zprůměrováním vlastností jednotlivých fází. [18]



Obr. 11. Synergetický efekt.

2.5.1 Matrice

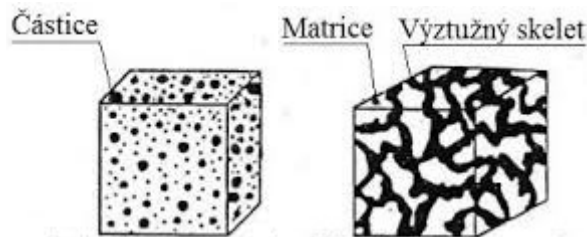
Matrice je základním materiálem a spojitou fází tvořící kompozit. Matrice v kompozitu zajišťuje ochranu vláken před vnějšími vlivy, geometrický tvar, přenáší tlak ve směru kolmo na vlákna, zajišťuje geometrickou polohu vláken. Tento materiál prosycuje systém vláken, díky čemuž vzniká výrobek stálého tvaru. Matrice se podle materiálu dělí na:

- a) Kompozity s polymerní maticí – patří sem fenolová, polyamidová, a nejrozšířenější polymerní matrice jsou konkrétně polyesterové a epoxidové pryskyřice. Použitá polymerní matrice se volí podle vlastností, ceny a odvětví použití. Výhodou je: dobrá chemická odolnost, houževnatost, nehořlavost.
- b) Kompozity s kovovou maticí – mezi nejpoužívanější patří hliník a jeho slitiny. Jako výztuž jsou používána uhlíková, křemíkokarbidová vlákna nebo slitiny titanu. Výhody kovové oproti polymerní maticí jsou: lepší elektrická a tepelná vodivost, nehořlavost, tvárnost.
- c) Kompozity s keramickou maticí – keramika má mnoho dobrých vlastností např.: vysoká pevnost, malá hustota, odolnost proti oxidaci. Velkou nevýhodou je křehkost. Většinou se používají oxidy, nitridy nebo karbidy různých prvků: hliník, mangan, síra, sklo. [19]

2.5.2 Výztuž

Nespojitá fáze (výztuž) má obvykle lepší mechanické vlastnosti, zvláště pevnost a tuhost ale menší plasticitu než matrice. Výztuže se rozdělují podle materiálu výztuže na: kovové (železo, chrom, titan, wolfram, nikl a jeho slitiny), nekovové (anorganické – keramické materiály, uhlík, bor, sklo, a organické – polymery, kevlar, nylon) a podle tvaru na:

- a) Částicové kompozity – jedná se o kompozit tvořen matricí zpevněnou jemnými částicemi. Částice mohou být kovové nebo z konstrukční keramiky ve tvaru koule, krychle, kvádrů či jiného tvaru. Výhodou částicové výztuže je zvýšení mechanických vlastností např. pevnost, tvrdost, elektrická a tepelná vodivost.
- b) Skeletové kompozity – kompozit s tímto typem výztuže je tvořen matricí s pórovitou strukturou, kterou prostupuje souvislý nosný skelet.



Obr. 12. Částicový kompozit a skeletový kompozit.

- c) Vlákňové kompozity – jejich pevnost závisí na délce vláken a jejich průměru. Pevnost, pružnost a cena závisí na počtu použitých vláken. Můžeme je rozdělit na jednovrstvé (kompozit je tvořen jednou vrstvou nebo několika samostatných vrstev se stejnou orientací složených dohromady) a vícevrstvé. Dále je můžeme rozdělit podle délky vláken na dlouhovláknové (jednovrstvý kompozit – prepreg) a krátkovláknové (vlákna orientovaná nahodile). Nejčastěji používaný je vícevrstvý kompozit (skládá se z několika různě orientovaných jednosměrných vláken – lamin) [19]



Obr. 13. Typy vláknových kompozitů.

2.6 Kritéria pro volbu vhodných materiálů pro praktické aplikace

Jako primární požadavek při volbě materiálu pro danou aplikaci je téměř vždy pevnost materiálu. Konstruktor má pro splnění tohoto požadavku k dispozici velké množství materiálu. Například u kovů se hodnota meze kluzu pohybuje v rozmezí přibližně od 5 MPa, kdy cín a jeho slitiny se pohybují až do 2000 MPa meze kluzu (vysokopevné oceli, slitiny kobaltu), u polymerů je pevnost v tahu v rozmezí od 8 až do 200 MPa.

Proto při výběru se musí brát ohled i na další kritéria, a to především na:

1. Materiálové charakteristiky – zde patří například houževnatost, odolnost proti opotřebení, působení teploty, únavové vlastnosti, odolnost proti korozi atd. Proto zvažování těchto charakteristik je podmíněno typem exploatace daného dílce, tj. (zatěžování statické, dynamické, cyklické, působení korozního prostředí, působení nízké či zvýšené teploty atd.). Materiálové databáze mohou být dobrým vodítkem pro jejich volbu.
2. Technologie výroby – by měly být při výběru materiálu uplatňovány zejména poznatky o vlivu technologie na složení, strukturu a mechanické vlastnosti, a to i kromě očividné podmínky realizovatelnosti technologie pro daný výrobek. Přednost by měly dostávat technologie umožňující maximální využití materiálu, a to bezodpadové technologie ovšem pokud to umožní další kritéria, např. prášková metalurgie, přesné lití, a tím potlačit na minimum technologie spojené s nejvyššími náklady, např. obrábění.
3. Materiálové a výrobní náklady – ekonomičnost volby je komplexní problém. Týká se ceny zvoleného materiálu a technologie jeho zpracování a dalšími kritérii. Kvantifikací procesu, např. na základě vzorce lze rozhodnout, zda se vyplatí nahradit stávající materiál materiálem dražším. Do výpočtu ekonomičnosti je nutné zahrnout i, např. náklady na dopravu, povrchovou úpravu, dodatečné úpravy.
4. Jiná kritéria – je třeba i zvážit sortiment polotovarů, omezení daného výrobního zařízení, věrohodnost vstupních dat (do jaké míry zkouška definuje vlastnosti materiálu a jak dobře vzorek simuluje poměry v reálné součásti, znalost zatížení a prostředí atd.) [20]

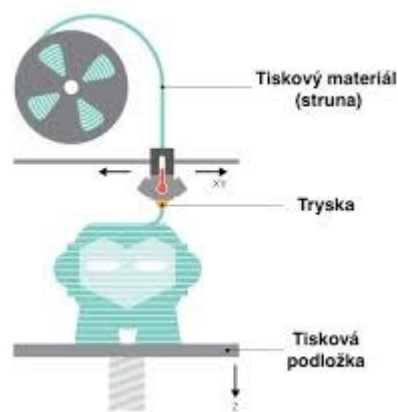
3 VÝROBNÍ TECHNOLOGIE

3.1 3D tisk

Jedná se o technologii, která se nejvíce používá k Rapid Prototypingu, neboli k rychlé výrobě prototypových součástí. Rapid Prototyping je označení pro technologie, při kterých je součást vytvářena nekonvenčními postupy. Při tomto způsobu výroby nedochází k úběru materiálu z polotovaru, jako je tomu při obrábění, a ani k jednorázovému přidání materiálu, jako při odlévání. Tvar výrobku se získává rozložením 3D modelu daného výrobku do tenkých vrstev, které po složení vytváří požadovaný díl. [24]

3.1.1 Fused Deposition Modeling (FDM)

Technologie FDM je nejčastěji používanou technologií 3D tisku. Tato technologie byla vynalezena firmou Stratasys. Princip technologie FDM spočívá v tavení tiskové struny z termoplastického polymeru v tiskové hlavě, kdy po roztavení se polymer vytlačuje v tenkých vrstvách pomocí trysky na tiskovou podložku, kde dochází k okamžitému zatuhnutí polymeru. Tištěný díl vzniká vrstvením jednotlivých tenkých vrstev polymeru až do vytištění požadovaného dílu. Výhodou této technologie je použití široké škály materiálů (ABS, PET, PC atd.). Další výhodou je minimální odpad, rychlost tisku a cena, která je nižší v porovnání s ostatními technologiemi 3D tisku. [22]



Obr. 14. Metoda FDM.

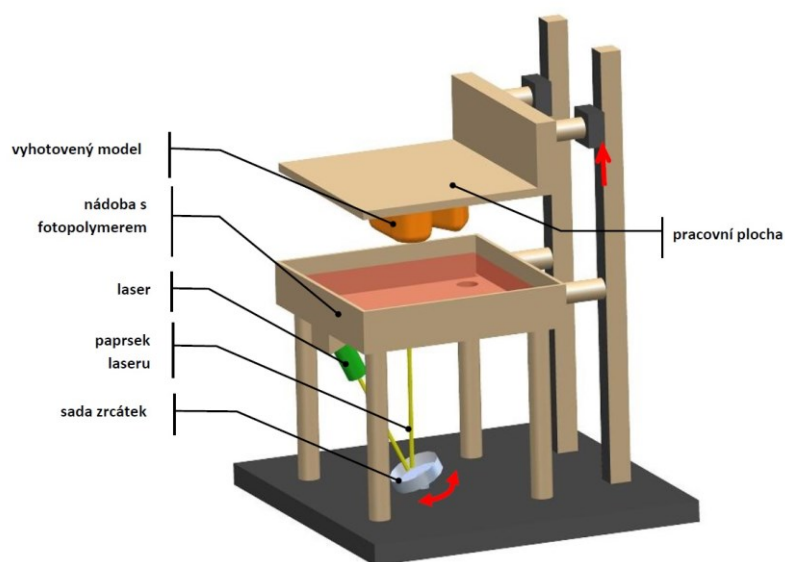
3.1.2 Material Jetting (MJ)

Jedná se o aditivní technologii, kdy je kapalný polymer, nanášen ve vrstvách tiskovou hlavou a po nanesení celé vrstvy je vytvrzen pomocí UV světla. Je to aditivní technologie, která umožňuje tisknout najednou více materiálů, které je možno mezi sebou vzájemně míchat.

Tato technologie umožňuje i přimíchání inkoustů a díky tomu se mohou tisknout plnobarevné výtisky [24]

3.1.3 Stereolitografie (SLA)

Metoda SLA je jednou z nejstarších metod 3D tisku a funguje na principu vytvrzování tekutého polymeru pomocí laserového záření. Využívá se záření různých vlnových délek v rozmezí (310 - 410 nm). Technologie stereolitografie patří mezi nejpřesnější, kdy povrch součástí je velmi hladký, a to díky malým výškám vrstvy (výška vrstvy 15 – 100 μm), a proto vrstvení tisku bývá těžko rozeznatelné. Nevýhodou této technologie je vysoká pořizovací cena až v řádech statisíců, a i cena materiálu je vysoká. Materiál je omezen pouze na fotocitlivé materiály. Používají se pulsní laserové diody, kdy se výkon diody liší dle použitého fotopolymeru a výrobce zařízení. Pomocí rotujícího zrcátka a hranolu se laserový svazek fokusuje na hladinu fotopolymeru, kde je hladina „zmáčknutá“ na výšku vrstvy mezi tiskovou podložkou a separační fólií na skle. Při tisku dochází k odtrhávání materiálu od separační fólie, tato část tisku je problematická a při nesprávné orientaci modelu může dojít k nesprávnému odtržení tisku od separační fólie. Po odtržení vrstvy se celý výtisk ponoří do resinu (velmi časté označení pro fotopolymer) a výtisk se opět přitiskne na sklo. [24, 25]

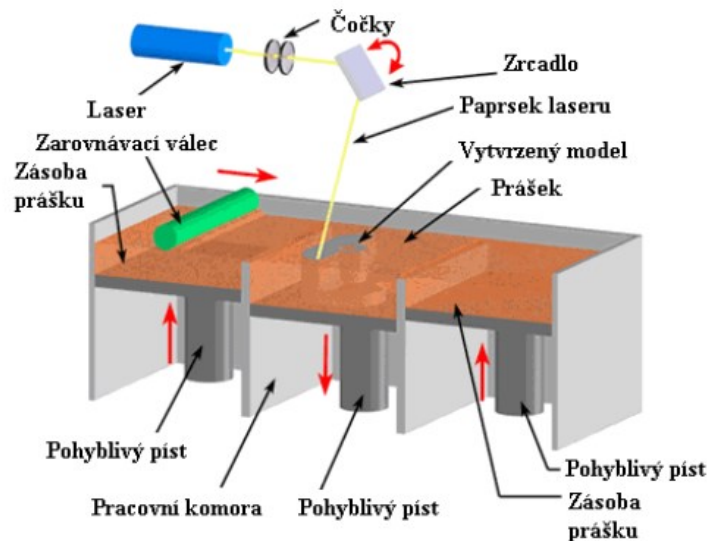


Obr. 15. Metoda SLA.

3.1.4 Selektivní laserové spékání (SLS)

Tato technologie je podobná jako u SLA, kdy zde dochází ke spékání práškových materiálů, nejčastěji kovových, keramických nebo plastových. Z důvodu neustálého obklopení výtisku zbytkovým nespečeným materiálem je absence dodatečných podpor. Tisk probíhá

nanesením souvislé vrstvy prášku, která se speče a následně je tisková podložka posunuta níže a celý proces se opakuje. Nevýhodou této technologie je nákladnější čištění stroje a výtisků od jemného prášku. [24,25]



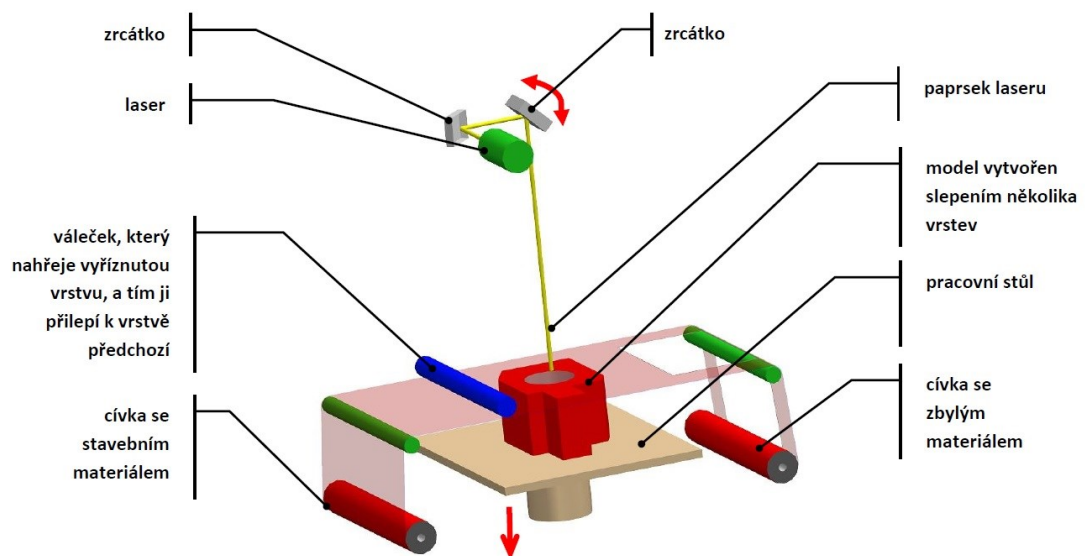
Obr. 16. Metoda SLS.

3.1.5 Digital Light Processing (DLP)

DLP technologie, funguje na podobném principu jako SLA, ale místo laseru je využíván UV data projektor, který promítá tištěné vrstvy na tiskovou plochu. Pohyb však probíhá jen v ose Z. Technologie DLP je nejpřesnější, díky vysokému rozlišení projektorů promítající data na velmi malou plochu. Model se po vytisknutí musí nechat ještě dotvrdit pro zlepšení jeho mechanických vlastností. Jako materiál pro tisk modelu je použit fotopolymer (fotopolymerická pryskyřice) [22, 25]

3.1.6 Laminated Object Manufacturing (LOM)

Metoda LOM funguje na principu, kdy každá vrstva je vyříznuta z plastu a plošně přilepena k vrstvě předchozí, tloušťka vrstvy je 0,165 mm, za použití nejlevnější stavebního materiálu, je model po dokončení umístěn v kvádru materiálu o maximálních rozměrech 3D modelu (X x Y x Z). Nevýhodou je velké množství nevyužitého stavebního materiálu (odpad), a podpurný materiál se odstraňuje mechanicky. Tato metoda se používá pro: hmotové modely, nevhodné pro velmi subtilní konstrukce, velmi kvalitní povrch a přesnost. Jako materiál je použit papír nebo plast dodávaný ve fólii namotaný na roli. [24, 25]



Obr. 17. Metoda LOM.

3.1.7 MultiJetPrinting (MJP)

MJP je technologie schopna vytvořit model o různých barvách, ale i model o několika různých tuhostech. Principem této metody je nanášení práškového materiálu na stavební podložku a na nanesenou vrstvu je přiváděno pojivo. Pomocí UV světla je práškový materiál spolu s pojivem okamžitě zatvrzován. Jakmile je vrstva vytvrzena, nanese se další vrstva prášku a proces se opakuje. Vytisknutý model je obalen v podpurném materiálu, kdy u této technologie je podpurným materiálem vosk. To znamená, že stačí vytisknutý model vložit do vyhřívané pece, kde podpěry za pár minut zmizí. [25]

3.2 Přehled materiálů pro 3D tisk

Mezi materiály využívané pro tisk na 3D tiskárnách patří: Plasty, kov, keramika, vosk, beton, sklo apod. Přehled nejvíce využívaných materiálů je uveden níže::

3.2.1 ABS

ABS plast (akrylonitrilbutadienstyren) je nejběžnější náplňový materiál. ABS odolá vlivům chemikálií, teplotním rozdílům, je pevný a také zdravotně nezávadný. Ale při nižších teplotách se může stát, že se jeho povrch poškodí. Tento materiál se používá pro výrobu hraček a výrobků do domácnosti.



Obr. 18. Model z materiálu ABS.

3.2.2 PLA

Dalším hodně používaným materiálem je PLA (polylactid acid). Má menší odolnost než ABS, proto se mnohem více využívá k výrobě předmětů do domácnosti. Materiál PLA je vytvořen z kukuřičného škrobu a celulózy. Stejně jako ABS je zdravotně nezávadný a je možné ho ekologicky zlikvidovat (bez dopadů na životní prostředí).

3.2.3 WPC

WPC (dřevěně plastický kompozitní materiál). Tento materiál se skládá z dřevěné moučky a polymeru. Výstupy vypadají dřevěně, ale výhodou je, že díky tomuto složení neplesniví a zároveň nemění barvu. Když se při tisku změní teplota, může tento materiál mít specifické odstíny hnědé barvy. Při nižší teplotě bude mít světlejší barvu a při vyšší bude tmavší.



Obr. 19. Model z materiálu WPC.

3.2.4 BendLay

Tento materiál je složen z modifikovaného butadiénu. Je průhledný, lehký, tlumí nárazy, dostatečně ohebný a je u tohoto materiálu možnost připájení k dalším dílům. Velmi často se poničí při prudkém ochlazení.

3.2.5 XT

XT se řadí pod amorfní kopolymery. Je velmi elastický, jemný a příjemný pro hmat.

3.2.6 Lay-brick

Lay-brick je nový druh struny. Skládá se hlavně z minerálních příměsí s přídavkem polymeru a křídý. Výrobky mají kamenný vzhled.



Obr. 20. Model z materiálu Lay-brick.

3.2.7 TPE

Jedná se o termoplastický elastomer. Tento materiál kombinuje polymery, které mají termoplastické a gumové vlastnosti. Ve výsledku je velmi pružný a při stisku měkký a zároveň plní i vlastnost pevnosti.



Obr. 21. Model z materiálu TPE.

3.2.8 PC

Polykarbonát patří do termoplastických plastů. Mezi jeho vlastnosti patří vysoká odolnost při rázech, pružnost se nemění ani v nižších teplotách a je nejtvrdějším materiálem. Tento materiál se hodí pro tisk transparentních výrobků.

3.2.9 Další materiály

- HIPS (houževnatý polystyrén) vhodný pro tisk větších objektů,
- PA / PA 12 (polyamid – Nylon) nejvíce používaný technický polymer,
- ASA (akrylonitril-styren-akryl) blízký ABS vynikající odolnost proti UV,
- PCL (polycaprolaton) biologick odbouratelný polyester – zdravotní nezávadnost,
- PEI (polyetherimid) – Výkonný termoplast s výbornými vlastnostmi, [23]

3.3 Vakuové lití

Technologie vakuového lití je vhodná pro výrobu prototypů, malých sérií a finálních dílů, a to v jednotkách desítek dokonce až stovek kusů. Vakuové lití umožňuje odlévání tvarově složitých dílů, tenkostěnných dílů nebo dílů s negativními úkosy, kdy přesnost těchto vyrobených dílů je srovnatelná s přesností dílů vyrobených technologií vstřikování plastů, avšak odpadají náklady na výrobu kovové vstřikovací formy. Rychlost výroby je v řádu jednotek dnů – kdy závisí na počtu vyráběných kusů, na velikosti a složitosti dílů.

Princip technologie je takový, kdy se vytvoří hlavní model, tzv. master obvykle pomocí stereolitografie nebo laserového sintrování s vysoce kvalitní povrchovou úpravou. Poté je vytvořena silikonová forma odlitím silikonu kolem hlavního modelu v částečně vakuovém prostředí, aby se zabránilo tvorbě vzduchových bublin. Po vytvrzení je silikonová forma rozříznuta dle předem definovaných styčných ploch a je z ní vyjmut hlavní model, po kterém zůstane dutina pro tvorbu kopií. [21]



Obr. 22. Příklady vakuového lití kovu a polyuretanu.

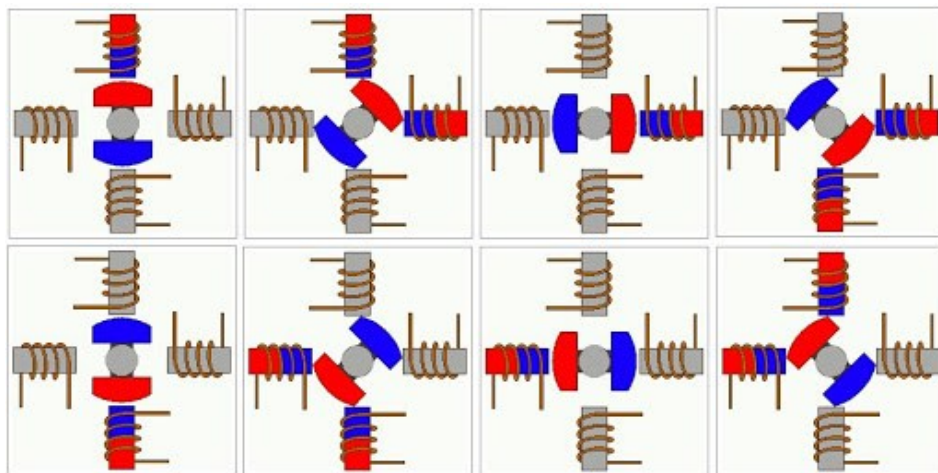
4 POHONNÉ SYSTÉMY

4.1 KROKOVÝ MOTOR (KM)

Je speciální typ synchronního motoru, který je impulzivně napájený nespojitým pohybem rotoru. Následně se v cívce statoru vytvoří elektromagnetické pole při průchodu elektrického proudu. Magnetické pole poté přitáhne opačný pól magnetu na rotoru a tím udělá jeden krok. Využívá se pro motory v přesných polohovacích mechanismech hlavně u velkokapacitních diskových pamětí, pohonů tiskáren či plotterů. Dále je využívám u NC strojů, v regulační technice, v leteckém a automobilovém průmyslu a v pohonech průmyslových robotů a manipulátorů. Uplatnění krokových motorů v technice a průmyslu neustále roste. Jednou z nevýhod je, když se překročí maximální rychlost nebo dojde k přílišné zátěži tak může docházet ke ztrátě kroků. Krok je mechanická odezva rotoru krokového motoru, kdy na jeden řídicí impuls vykoná rotor pohyb z výchozí magnetické klidové polohy do další nejbližší magnetické polohy v určitém úhlu.

4.1.1 Stavba krokového motoru

KM se skládá ze dvou částí, rotoru a statoru. Rotor je označován jako rotující součást, jako je například u dynamu, alternátoru či čerpadla. Rotor je tvořen hřídelí, která je usazena na ložiscích (kuličkových, válcových atd.) a prstencem z permanentních magnetů, jenž musí být dobře vyvážený. Stator je nepohyblivá část motoru, ve které se nám indukuje elektromagnetické pole, která je tvořeno trvalým magnetem, elektromagnetem nebo cívkou. U výroby statoru je podmínkou, že se jedná vždy o páry. Čím je počet párů ve statoru více, tím jsou kroky jemnější a naopak.[26]

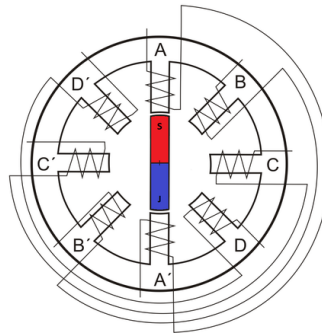


Obr. 23. Princip krokového motoru.

4.1.2 Rozdělení krokových motorů

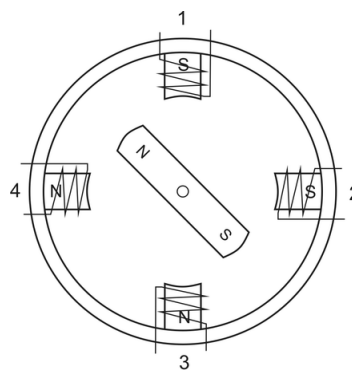
1. Základní rozdělení

- S pasivním rotorem – Označován také jako reakční, reluktanční nebo s proměnlivou reluktancí. Motory pracují na principu výrazně rozdílné magnetické reluktance – vodivosti, na rotoru a statoru, přičemž nutnou podmínkou je rozdílný počet pólů (zubů) na statoru a rotoru.



Obr. 24. Schéma krokového motoru s pasivním rotorem.

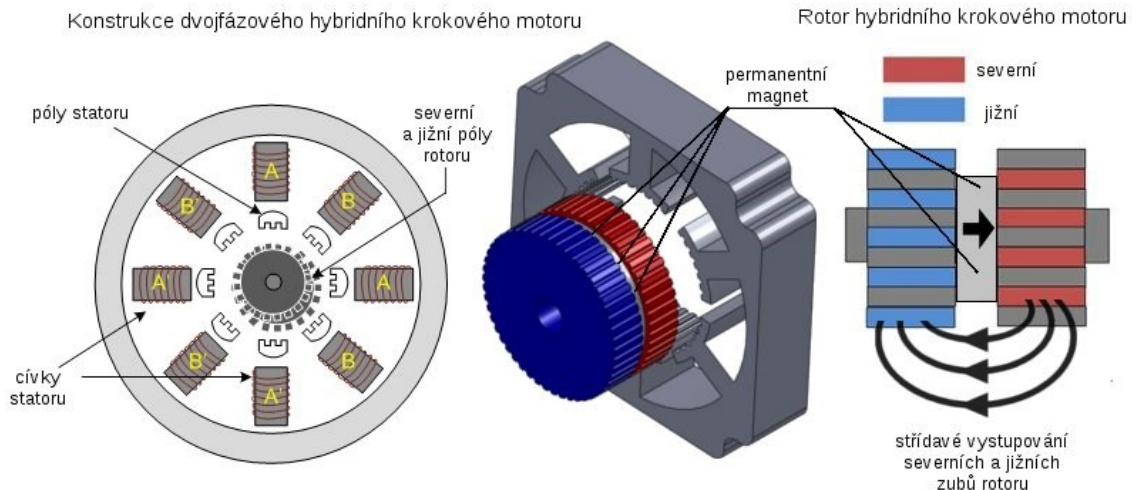
- S aktivním rotorem – tyto krokové motory jsou tvořeny rotorem s permanentním magnetem (aktivním prvkem). Tyto motory se nadále dělí podle uspořádání pólů na: s radikálně polarizovaným a s axiálně polarizovaným magnetem. Mají také rozdílný počet pólů na rotoru a statoru, ale rotorové póly jsou tvořeny ornamentními magnety.



Obr. 25. Schéma krokového motoru s aktivním rotorem.

- Hybridní – Tento motor je kombinací předchozích dvou typů krokových motorů, a to s aktivním a pasivním rotorem. Tento krokový motor je hlavní představitel a v současné době je pravděpodobně nejpoužívanější type. Rotor motoru je tvořen s axiálně uspořádaných permanentních magnetů a dvěma

částmi z magneticky měkkého železa, přecházející na přesazené nástavce. Hybridní krokový motor má malý základní krok, větší točivý moment a přídržný moment. [26, 27]



Obr. 26. Konstrukce hybridního krokového motoru.

2. Podle pohybu

- Rotační – Využívá nespojitě změny složek elektromagnetického pole, kterých se dosahuje pomocí vysílání impulsů na vinutí motoru. Tyto motory jsou určeny pro rotační polohovací osy s velmi vysokými nároky na přesnost a spolehlivost. Velkou nevýhodou je malý krouticí moment, který klesá s rostoucí frekvencí řídicích impulsů. Proto se používají jako pohybový pohon menších jednotek. Zátěž je brána jednotkách kilogramů. Zvětšení výkonu lze dosáhnout použitím kombinací s hydraulickým zesilovačem.
- Lineární – tyto motory jsou určeny pro pomalé, ale velmi přesné polohování menších břemen. Běžně při pohybu nedochází k mechanickým ztrátám ani opotřebení a funkci neomezuje ani malé znečištění povrchu. Motory tohoto typu se vyznačují vysokou účinností a dlouhou životností a jsou prakticky bezúdržbové.

3. Podle napájení

- Jedná se o rozdělení podle vstupního napájení na: (5V, 12V, 24V). Slouží hlavně pro výpočetní techniku, kde hlavní roli hraje velikost a ne síla. Využití: Tiskárny, disky, polohovací technice (PLC). [27]

4. Podle polarity

- Unipolární – u unipolárního napájení má každý pól dvě vinutí, ale vždy vede jen jedním směrem a tím se snižuje provozní moment. Ke spínání jsou zapotřebí jen dva spínače a elektrický zdroj.
- Bipolární – u bipolárního vede pouze jen jedno vinutí, kdy jsou zapotřebí čtyři spínače. Tyto KM dosahují všeobecně vyšších provozních momentů.

5. Podle počtu fází

- Cívky na statoru jsou zapojeny do několika fázového vinutí (jednofázové, dvoufázové, vícefázové) a protilehlé cívky tvoří vždy jednu z fází. Protéká-li proud fází A, pak díky průchodu elektrickým proudem se začnou póly na rotoru natáčet k tomuto bodu a udělá krok. Pro další kroky je nutné přepnout na další fází a postupně na další. [27]

4.2 Servomotory

Jedná se o motor, který umožňuje kontrolovat přesnou polohu hřídele motoru a otáčky či zrychlení. Proto se používají příslušné snímače a regulační technika. Dříve byly servomotory pomocné pohony, které byly konstruovány pro použití v obráběcích strojích. Ostatně svému názvu servomotor vděčí latinskému slovu „servus“, což v češtině znamená „služebník“. Servomotory se skládají buď z asynchronního motoru, synchronního motoru nebo stejnosměrného motoru. Rozdíl mezi motory tedy nespočívá v samotném principu pohonu, nebo výlučně v možnosti jejich regulace a jsou široce využívány v mnoha polohových řídicích scénářích průmyslových aplikací, protože mají takové výhody, jako je úspora energie, vysoký poměr výkonu k hmotnosti, nízká cena, jednoduchá struktura a snadná údržba. V některých průmyslových aplikacích, jako jsou robotická ramena, je vyžadována vysoká přesnost řízení servomotoru. Bohužel vždy existují nejistoty, poruchy a tvrdé nelinearity způsobené stlačitelností vzduchu, nelinearitami ventilu nebo různými třecími silami, které způsobují problémy při řízení polohy servomotorů.[28]

Servomotory lze rozdělit na synchronní a asynchronní. Při tom se ale vždy jedná o pohon, který je provozován v regulaci polohy, rychlosti nebo momentu či v jejich kombinaci. Důležité jsou velmi vysoké požadavky na dynamiku, regulační rozsahy a/nebo přesnost pohybu.

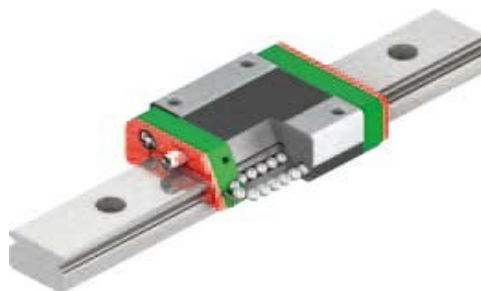
1. Asynchronní – Tento typ servomotoru jsou vhodné pro použití v aplikacích, kdy je nutné pohybovat a bezpečně zvládat její regulaci s vysokou externí setrvačností hmoty v zařízeních a strojích.
2. Synchronní – Synchronní servomotory jsou pohony, u nichž je rotor prostřednictvím permanentních magnetů synchronně poháněn točivým polem ve statoru. Synchronní motor má k frekvenci točivého pole pohyb synchronní. Tato varianta je provozována pomocí frekvenčního měniče, který dodává vhodný, řízený třífázový proud. Klasické oblasti použití se nacházejí v potravinářském průmyslu, stejně jako ve stavebním, automobilovém, obalovém a dřevozpracujícím průmyslu. [28, 29]



Obr. 27. Servomotor.

4.3 Lineární vedení

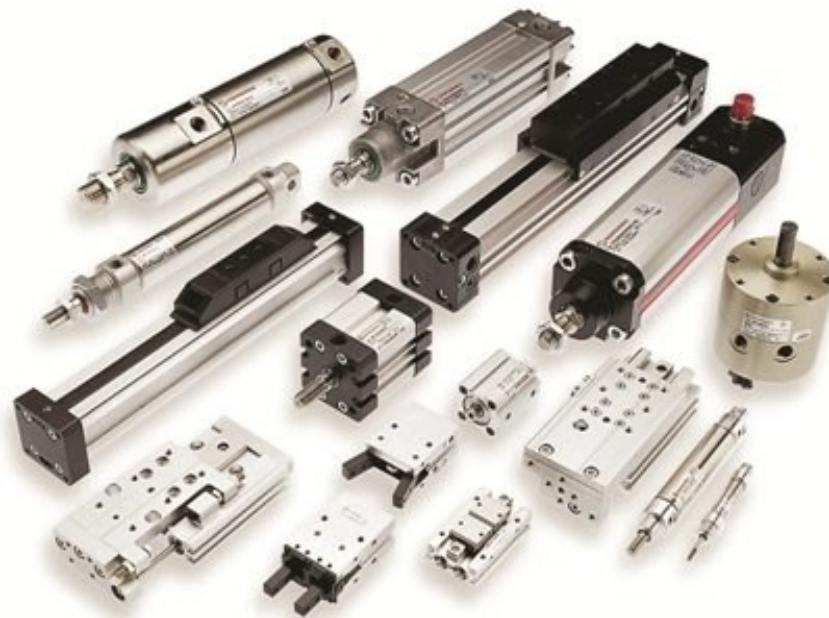
Lineární vedení slouží jako přesný a jednoduchý vodící systém. Pohyb zajišťuje několik prvků soustavy např. vodících rolen, kolejnič, čepů či oběhových kuliček. Lineární vedení lze použít v mnoha oblastech od potravinářství, zemědělství, slévárenství, od transportů a jeřábů až po důlní průmysl a čistírny odpadních vod. Setkáte se s ním i v dřevozpracujícím průmyslu. [29]



Obr. 28. Lineární vedení.

4.4 Pneumatické pohony

Pneumatické pohony využívají energii stlačeného vzduchu. Vzduch o atmosférickém tlaku je nasáván kompresorem, a následně stlačován na požadovaný tlak. Na výstupu z kompresoru bývá regulační člen, který v rozvodu zajišťuje požadované nastavení tlaku. Poté je stlačený vzduch dopravován potrubním rozvodem až k odběrným místům, kde je dále regulován. Pneumatické pohony jsou používány převážně pro lineární, otočný nebo kyvný pohyb. Pneumatické pohony se využívají i přes vysoké náklady na provoz například v potravinářství, kde se využívá a splňuje podmínku čistoty provozu na rozdíl od hydrostatických systémů. Dále lze využít v oblasti automobilového průmyslu a při manipulaci s materiálem, kde lze využít uchopovací hlavice nebo vakuové přísavky vhodné k uchopení výrobku různých materiálů a tvarů. [29, 30]



Obr. 29. Pneumatické pohony.

4.5 Hydrostatické pohony

U hydraulického pohonu pracovní kapalina získává tlakovou energii pomocí hydrogenerátoru, který přeměňuje mechanickou energii na tlakovou. Zdrojem mechanické energie bývá elektromotor nebo spalovací motor. Hydrostatické pohony lze rozdělit podle použití pohybu výstupního členu: na pohony s rotačním výstupem, s přímočarým výstupem (lineárním) a s kyvným výstupem. Mezi hlavní výhody hydrostatických pohonů patří kromě jejich jednoduchosti, přesnosti a snadné údržby považovat i to, že při relativně malých

zástavbových rozměrech mohou vyprodukovat velký výkon, což je dobrou výhodou například oproti elektrickým motorům. Mezi další výhody se řadí možnost jejich umístění v prostředích s nebezpečím výbuchu. Využívají se například u obráběcích strojů, lisů, zemědělských a stavebních strojů a manipulační techniky. [29,30]



Obr. 30. Hydrostatické pohony.

5 SHRNUTÍ TEORETICKÉ

V teoretické části této diplomové práce jsou shrnuty principy, díky kterým lze vyrobit multifunkční pracovní stanici pro CAD prostředí:

- správné ergonomické a antropometrické požadavky, které se zabývají vědeckým měřením lidského těla,

Dále jsou zde uvedeny vhodné materiály, které jsou hojně dostupné na trhu pro výrobu prototypu. Mezi tyto materiály patří:

- ocel – je vhodná na výrobu podstavy a nosných částí konstrukce,
- hliník – je vhodný pro odlehčení a snížení nákladů
- kompozity – jsou vhodné pro široké použití na stanici, při sériové výrobě

A vhodné technologie pro výrobu prototypu, které jsou nejvíce používané,

V poslední části je stručný souhrn a popis možných pohonů pro stanici:

- krokové motory se používají v přesných polohovacích mechanismech
- servomotory používají se pro mechanismy s velmi přesným polohováním
- lineární vedení jsou přesné a jednoduché vodící systémy
- pneumatické pohony využívají se pro lineární, otočný nebo kyvný pohyb
- hydrostatické pohony jsou při malých rozměrech schopny vydat velký výkon i ve výbušném prostředí

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍLE PRÁCE A VSTUPNÍ PARAMETRY

Praktická část práce je zaměřena na jednoduchý a cenově přijatelný návrh multifunkční pracovní stanice pro CAD a popis jednotlivých částí s dodržáním vstupních parametrů. Vstupní parametry při návrhu, které musí být splněny a jsou zároveň i cíle praktické části této diplomové práce, jsou:

1. maximální úhel naklonění celé pracovní stanice alespoň 20° , jenž bude sloužit pro změnu a přenesení těžiště sezení,
2. maximální úhel otočení celé pracovní stanice $+90^\circ$ a -90° , pro usnadnění nasedání a vysedání ze stanice,
3. dodržení ergonomie sezení, jenž vychází z požadavků na ergonomii z teoretické části,
4. ovládací panel musí obsahovat kromě základních ovládacích tlačítek i další dvě univerzální tlačítka, z nichž bude jedno volně programovatelné a druhé bude naprogramované do výchozí polohy,
5. automatický pohyb monitoru, bude možné nastavením výšky náklonu ramene,
6. elektronický posun nožní opěrky, který bude sloužit pro podepření noh při náklonu či bez náklonu celé stanice pro větší pohodlí,
7. manuální nastavení výšky loketních opěrek, které se budou dát nastavit dle individuálních rozměrů uživatele,
8. manuální nastavení sklonu monitoru, bude sloužit pro dodržení ergonomických podmínek pro monitory a jako pojistka při výpadku elektriky pro snazší výstup ze stanice,
9. manuální pohyb pracovní desky s klávesnicí, bude sloužit pro individuální nastavení dle vlastního uvážení a zvyklostech při používání,
10. brát ohled na ekonomickou náročnost návrhu, s maximální dovolenou cenou 110 000 Kč, která je povolena společností na výrobu prototypy.

7 PRŮZKUM TRHU

Tato kapitola je zaměřena na průzkum trhu za účelem ověření dostupnosti a funkcí produktů s podobnými požadavky.

Na trhu již existuje několik typů pracovních stanic, od jednoduchých až po složité designové návrhy. V případě nejjednodušších verzí je elektronicky poháněn minimální počet pracovních os (například jedna až dvě pracovní osy zařízení). Pořizovací náklady nejlevnějších typů se pohybují okolo 70 000 Kč. Pokud má uživatel zájem o pracovní stanice s maximální výbavou, může se pořizovací cena dostupných produktů vyšplhat až nad 500 000 Kč. Většina dostupných produktů na trhu jsou převážně využívány jako herní stanice, od toho se právě odvíjí vybavení, design atd. V uvedených cenách není zahrnuto příslušenství (monitory, počítač, klávesnice, myš atd.).

Níže jsou uvedeny tři příklady z dostupných produktů na trhu.

7.1 Ergoquest Zero Gravity Workstation 9

Jedná se o jednu ze základních a nejlevnějších variant. U tohoto produktu je elektronicky ovládáno křeslo a výška pracovního stolu, který je umístěn na samostatné pojízdné rámové konstrukci. Výška uložení klávesnice a monitoru je ovládána manuálně. Pořizovací cena tohoto produktu se pohybuje od 70 000 Kč výše. Dle dostupných typů společnosti Ergoquest se může pořizovací cena zvednout až na částku 260 000 Kč.



Obr. 31. Zero Gravity Workstation 9.

7.2 The Gravitonus Workstation

Další variantou je model Gravitonus Workstation vyrobené ve společnosti Gravitonus. Tento produkt obsahuje vestavěný zvukový systém, který poskytuje prostorový zvuk 5.1 a řadou LED diod po celé pracovní stanici. Mezi další specifikace patří odvětrávané sedadlo, které vás udrží v příjemném a chladném stavu, a navíc speciální připevnění klávesnice, které vám umožní pohybovat po klávesnici a umístit ji na přesně požadovaném místě. Pořizovací cena tohoto produktu začíná na 180 000 Kč.



Obr. 32. Gravitonus Workstation.

7.3 Acer's Predator Thronos

Jednou z nejdražších variant je herní stanice Predator Thronos od společnosti Acer. Stanice obsahuje ovládací podložku, která umožňuje nastavit úhel křesla až do úhlu 140°, opěrky nohou a gigantického ramene monitoru. Klávesnic a myš jsou umístěny na mechanickém stolku. Celá stanice obsahuje osvětlení RGB, dokonce i masážní mód. Pořizovací cena tohoto produktu začíná na 485 000 Kč.



Obr. 33 Acer's Predator Thronos.

7.4 Shrnutí průzkumu trhu

Na základě průzkumu trhu a porovnání cen, vybavení, designu a konstrukce nabízených stanic na trhu bylo rozhodnuto navržení vlastní konstrukční řešení, které bude vyhovovat funkčním požadavkům, pořizovacím nákladům.

Porovnání dostupných stanic s navrženým je uvedeno v tab. 2. Tento navržený prototyp stanice se jeví jako vhodná alternativa pro dlouhodobou sedavou práci. Níže jsou uvedeny náklady na uvedení do provozu prototypu. U sériové výroby se předpokládá značné snížení nákladů (na cca 70 tis. Kč). Velkým kladem je i možnost a rozmanitost dalšího vylepšování daného návrhu, které se budou odvíjet od testování v praxi.

Tab. 2. Porovnání dostupných prouktů na trhu

	typ stanice	Zero Gravity Workstation 9	The Gravitonus Workstation	Predator Thronos
Elektronika	úhel křesla	✓	✗	✓
	opěrka noh	✓	✓	✓
	područky	✗	✗	✗
	pohyb monitoru	✗	✗	✓
	otáčení stanice	✗	✗	✗
	pohyb praovní desky	✗	✗	✓
Doplňky	osvětlení	✗	✓	✓
	vyhřívání	✗	✓	✓
	ozvučení	✗	✓	✓
	hmotnost [kg]	65	110	235
	cena [Kč]	70 000	180 000	485 000

8 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

V této kapitole jsou popsány jednotlivé části návrhu konstrukce multifunkční pracovní stanice pro CAD prostředí. Je zde popsán samotný návrh konstrukce, elektronicky a manuálně řízené pohybové osy, řízení, snímače, pohonné systémy, až po cenovou kalkulaci celé stanice.

8.1 Celkový popis návrhu

Návrh řešení konstrukce bude tvořen několika pohybovými osami. Pro ovládání náklonu je navržen systém, kdy se vlivem elektronicky poháněné posuvné osy X pootočí konstrukce kolem osy A. Pro elektricky řízený posuv v ose Y je navržen systém k ovládání náklonu horní části konstrukce s monitorem při pootočení kolem osy B. K nastavení podpěry pro nohy se využije navržený elektricky řízený posuvný systém v ose Z při pootočení kolem osy C. Mechanicky se ovládá nastavení výšky loketních opěrek v ose E, a otáčení desky pro klávesnici, myš, 3D myš kolem osy F.

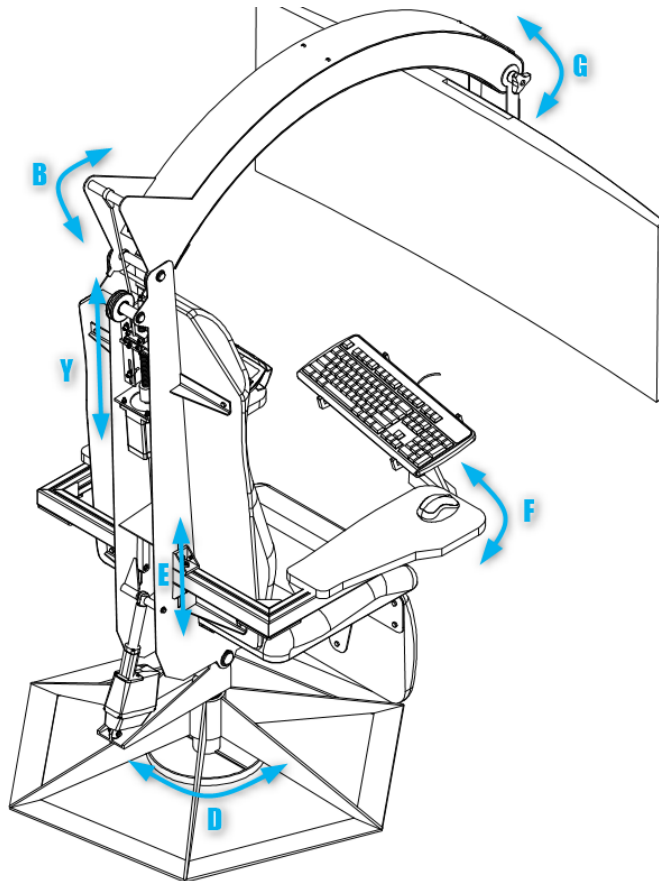
Otáčení celé konstrukce se pohybuje v rozmezí $+90^\circ$ až -90° (180°) kolem osy D. Otočné mechanicky ovládané osy E, F, G. Byly použity 3 krokové motory typ 57HS22 a typ 86CM85. Základní rám je tvořen ze svařených výpalků materiálu S355 a obráběného náboje pro dobrou pevnost a tuhost. Kostra, která je vyrobena svařením z výpalků a bude ukryvat a chránit pohonné systémy. Rameno je vyrobeno svařením výpalků a je přes navařený čep s koncovými závity s pružnou podložkou na ní uchycen držák s monitorem.

Pohyblivé části jsou chráněny a vybaven snímači a pojistkami proti zranění, aby nedošlo k jejich poškození anebo ke zranění uživatele. Prototypu je vyroben stylem industriálního vzhledu. Je navržen pro práci v kancelářích či domácnostech, tvarově je navržen tak, aby stanice nezabírala příliš mnoho místa. Ovládání využívá ovládací panel umístěný na levé loketní opěrce s možností uzamčení pro nechtěné ovládání.

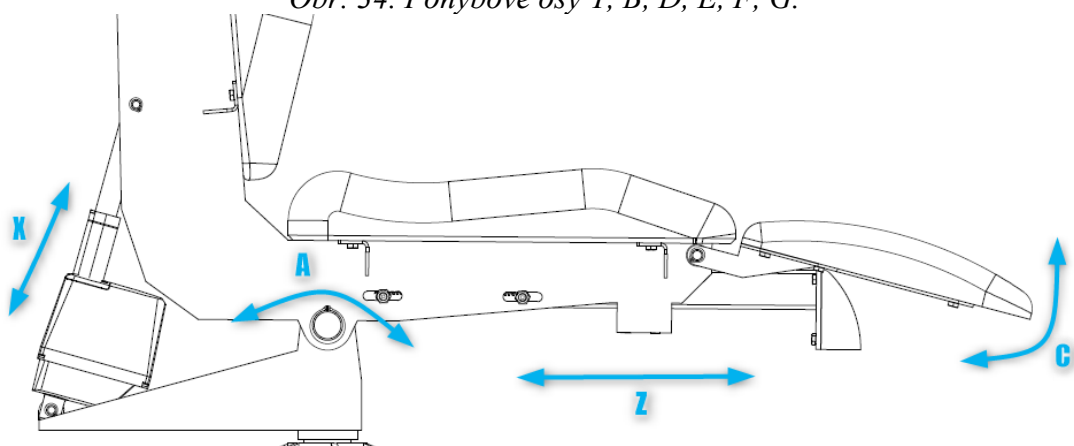
V případě, požadavků se může při konstrukci přidat i pár vylepšení například: osvětlení (LED diody), ozvučení, které se může dát například do opěrky hlavy, vyhřívání sedadla atd. Pro spokojenost a nároky se může libovolně upravovat vzhled, styl, použitý materiál celkového krytování nebo si zákazník může zvolit stranu, na kterou mu bude odjíždět stolec s klávesnicí nebo bude vyžadovat klávesnici myš i 3D myš na otočném stolku i jestli je levák nebo pravák.

8.2 Pohybové osy

Pohybové osy budou zajišťovat jednotné nastavení konstrukce v daných polohách. K pohybům se budou využívat elektronicky ovládané osy X, Y, Z, D, na které přímo navazují osy A, B, C, vždy v páru ($X+A$, $Y+B$, $Z+C$, D je samostatná). Dále zařízení disponuje manuálně ovládanými osami E, F, G. Na obrázcích č. 34 a 35 jsou zobrazeny pohybové osy, které jsou podrobně popsány níže v jednotlivých bodech.



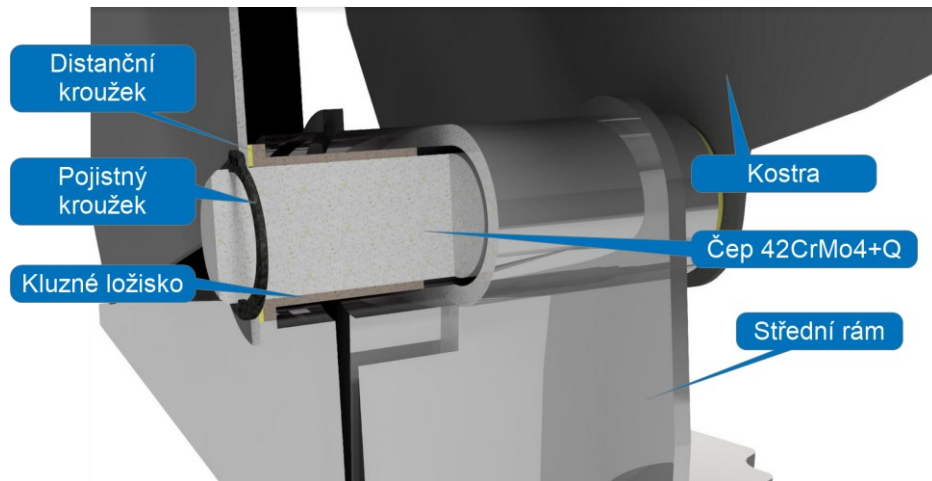
Obr. 34. Pohybové osy Y, B, D, E, F, G.



Obr. 35. Pohybové osy X, A, Z, C.

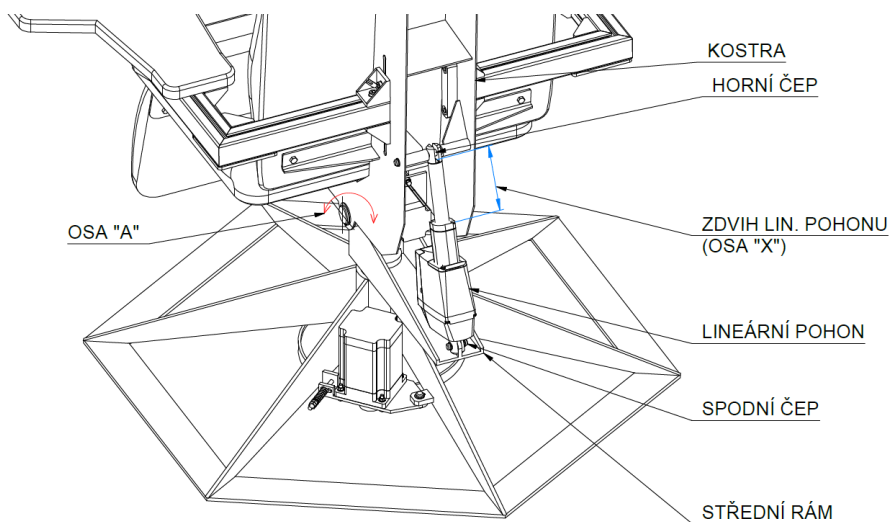
8.2.1 Elektronicky řízená pohybová osa X

Pohyb lineárního pohonu (osa X) ovládá velikost naklonění kolem osy A celé konstrukce stanice v rozsahu od 0–22°. Pohyb zajišťuje lineární pohon typu LA25 od společnosti LINAK, který je uchycen pomocí dvou čepů. V případě požadavku na vyšší úhel náklonu je možné nahradit pohon stejným typem o větším zdvihu. Tento úhel naklonění splňuje požadavky.



Obr. 36. Částečný řez uložením kostry a středního rámu.

Na obrázku č. 36 je popsáno uložení mezi středním rámem a kostrou zařízení. Zatížení přenáší obrobený čep o průměru 40 mm. Pro snížení tření mezi čepem a nábojem jsou využita nakupovaná kluzná ložiska. Poloha čepu je zajištěna pomocí dvou pojistných kroužků. Pro vyrovnání výrobních nepřesností a snížení vůlí slouží distanční kroužky.

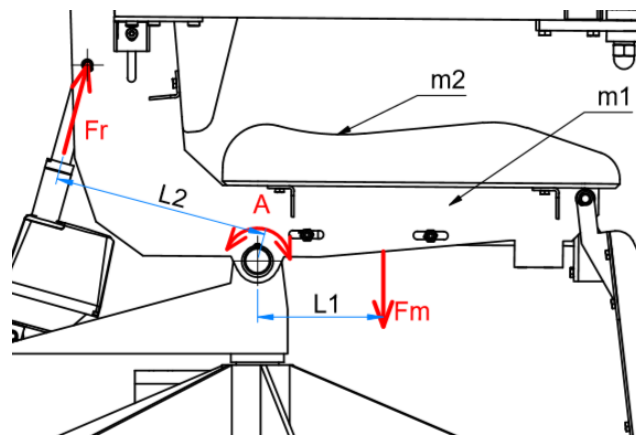


Obr. 37. Uložení v horní úvrati pohonu osy X a popis základních prvků.

Lineární pohon disponuje vlastními koncovými snímači, proto nebylo třeba přidávat další snímače. Lin. pohon je ke střednímu rámu i kostře uložen pomocí čepů. Poloha obou čepů lineárního pohonu je zajištěna pomocí pojistných kroužků. Celkový zdvih této osy (X) se rovná 100 mm. Pro zachycení reakcí je u uložení horního čepu (viz. obr. 37) vyztuženo pomocí přivařených žeber.

Níže jsou uvedeny základní výpočty pro volbu vhodného pohonu při horní a spodní úvrati zdvihu:

1. Výpočet sil v horní úvrati zdvihu osy X (úhel naklonění 0°):



Obr. 38. Poloha sil při spodní úvrati (bez náklonu).

$$L_1 = 142 \text{ mm} = 0,142 \text{ m}$$

$$L_2 = 243 \text{ mm} = 0,243 \text{ m}$$

$$m = m_1 + m_2 = 169 \text{ kg}$$

m_1 ...hmotnost pohybující se konstrukce (kostra, sedák, opěrák, rameno, ...) = 69 kg

m_2 ...výpočtová hmotnost osoby = 100 kg

L_1 ... vzdálenost mezi těžištěm břemene a osou A

L_2 ... vzdálenost mezi čepem lineárního motoru a osou A

m ... hmotnost pohyblivé části a břemene [kg]

$$F_m = m \cdot g = 169 \cdot 9,81 = 1\,658 \text{ N} \quad (1)$$

$$M_m = F_m \cdot L_1 = 1\,658 \cdot 0,142 = 235,4 \text{ Nm} \quad (2)$$

$$F_R = \frac{M_m}{L_2} = \frac{235,4}{0,243} = 968,7 \text{ N} \quad (3)$$

F_m ...Celkové zatížení pohyblivé části [N]

M_m ...Kroučící moment vyvolaný vlastní tíhou zařízení a břemene [Nm]

F_R ...Zatížení pohonu [N]

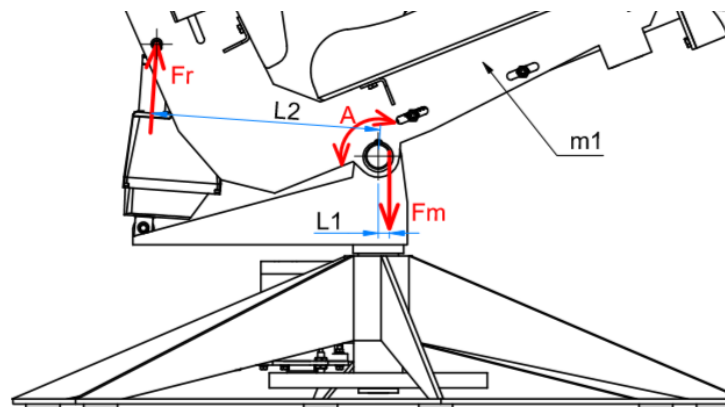
Maximální tahové zatížení zvoleného pohonu $F_{LA25} = 2\,500\text{ N}$

$k = \text{koeficient bezpečnosti}$

$$k = \frac{F_{LA25}}{F_R} = \frac{2\,500}{968,7} = 2,5 \quad (4)$$

Poloha těžiště (L1) byla odečtena pomocí aplikace Autodesk Inventor 2021. Zvolený pohon vyhovuje požadavkům a bezpečnost $k = 2,5$ by měla být dostačující k pokrytí extrémních stavů (sedání, vyšší hmotnost osoby, ...).

2. Výpočet sil ve spodní úvrati zdvihu osy X (úhel naklonění 22°):



Obr. 39. Poloha sil v horní úvrati (při náklonu).

$$L_1 = 13\text{ mm} = 0,013\text{ m}$$

$$F_m = 1\,658\text{ Nm}$$

$$M_m = F_m \cdot L_3 = 1\,658 \cdot 0,013 = 21,6\text{ Nm} \quad (5)$$

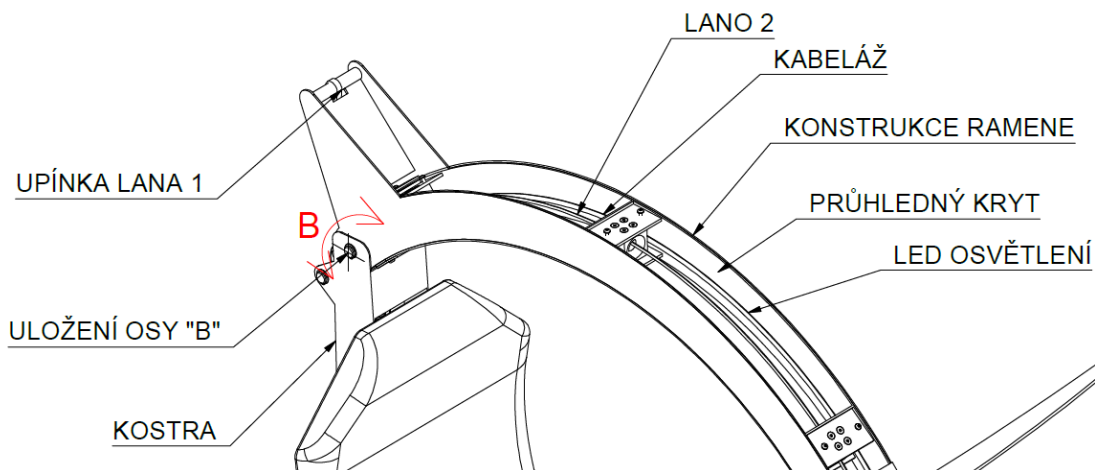
$$F_R = \frac{M_m}{L_2} = \frac{21,6}{0,243} = 88,9\text{ N} \quad (6)$$

$$k = \frac{F_{LA25}}{F_R} = \frac{2\,500}{88,9} = 28 \quad (7)$$

Vzhledem k navržené geometrii je pohon osy X ve spodní úvrati namáhán minimálně.

8.2.2 Elektronicky řízená pohybová osa Y

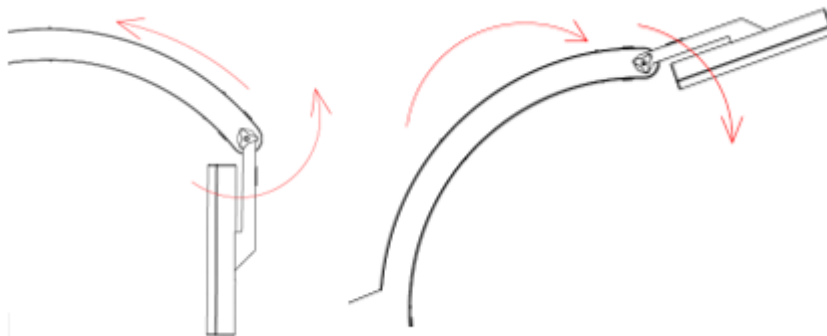
Tato osa je určena k řízení náklonu ramene kolem osy B. Princip tohoto konstrukčního řešení je založen na napnutém laně, které je taženo pomocí trapézového šroubu. Opačný směr pohybu a napnutí lana je vyvoláno vlastní tíhou ramene a k němu připojených komponent (např. monitor).



Obr. 40. Základní prvky kyvného ramene.

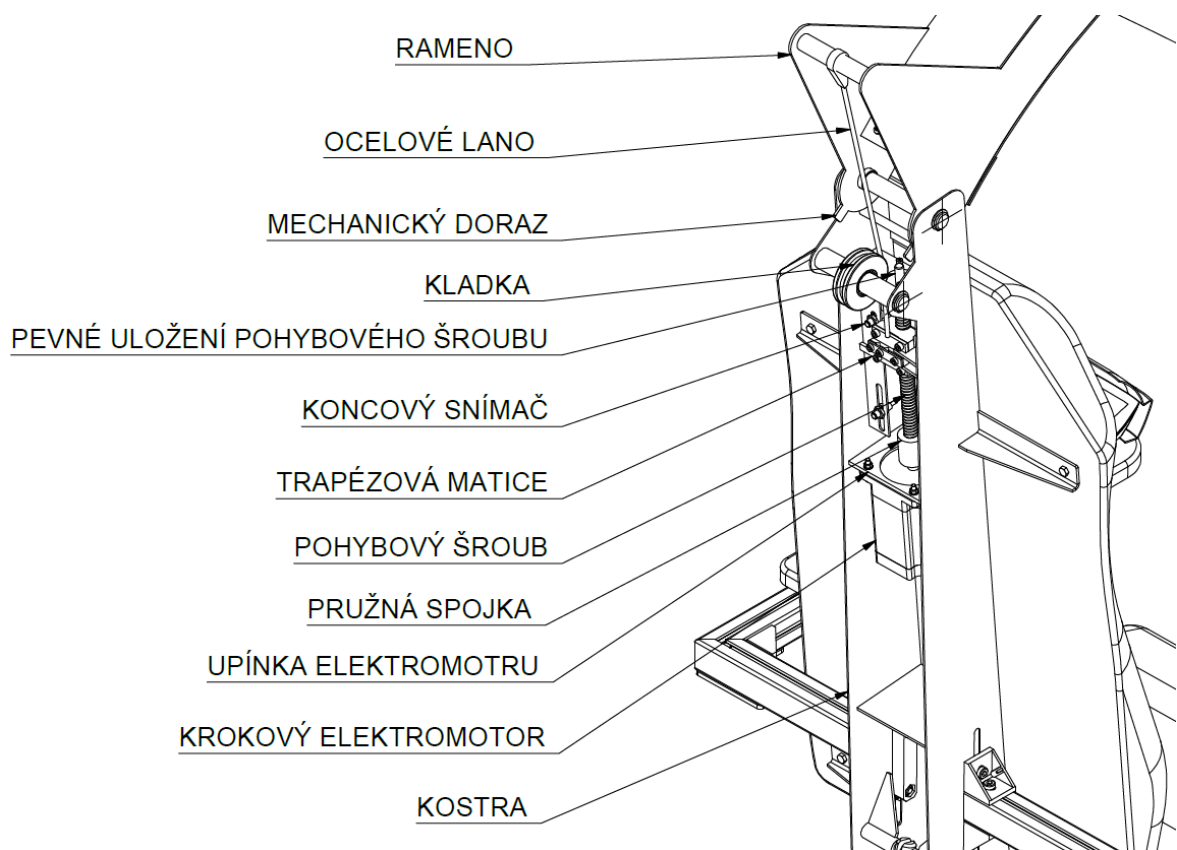
Na (obr. 40.) jsou popsány základní prvky, ze kterého je rameno tvořeno. Rameno je uloženo v kostře pomocí čepu o průměru 20 mm, kdy poloha čepu je zajištěna pomocí dvou pojistných kroužků. Pro plynulý pohyb ramene jsou použity dvě kluzná ložisková pouzdra.

Lano č.1, které slouží k náklonu ramene je obtočeno kolem přivařeného čepu a zajištěno pomocí lanové svorky dle normy DIN 741. Lano č. 2 má za úkol pohybovat s osou upnutí monitoru (osa G), kdy při tažení lana č. 1 a zvedání ramene dojde ke sdruženému pohybu kolem osy G, na (obr. 41) je tento pohyb vyobrazen. Poloha nastavení úhlu monitoru dle uživatele zůstává manuální, pouze dojde k efektu při otevírání stanice.



Obr. 41. Združený pohyb pomocí lana č.2.

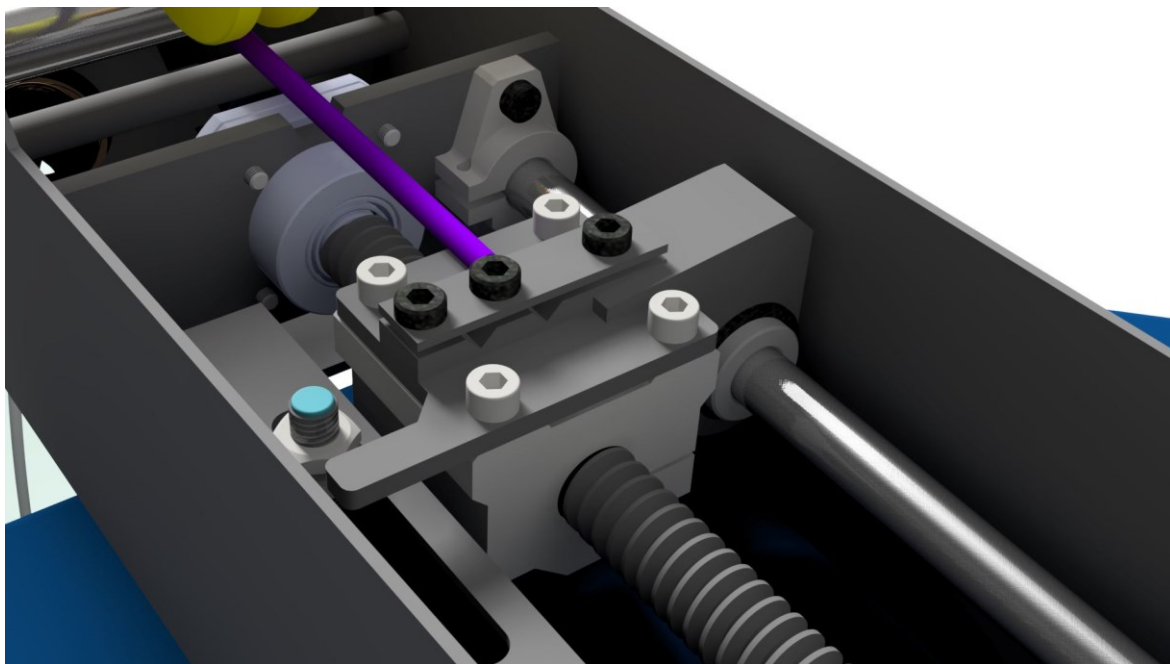
Pohyb v ose Y (je vyobrazen na obr. 42.) a je zajištěn krokovým elektromotorem (typu 86CM85), který je upínkou elektromotoru uložen v zadní části uvnitř kostry. Krouticí moment je přenášen pomocí pružné spojky, která kompenzuje nesouososti, radiální vůle a zároveň tlumí vibrace. K pružné spojce je připojen pohybový šroub, který má trapézový profil o vnějším průměru 16 mm a stoupání 4 mm. Druhý konec pohybového šroubu je pevně uložen v ložiskové jednotce typu FK10. Toto pevné uložení je zajištěno pomocí KM matice a MB podložky.



Obr. 42. Pohon v ose Y a popis jednotlivých částí.

Místo ocelové trapézové matice bylo zvoleno nakupované maticové pouzdro typu TRMD 1604 a to za účelem snížení tření mezi maticí a šroubem, dále došlo ke snížení požadavků na mazání. Zvolené maticové pouzdro je vyrobeno ze slitiny hliníku a je osazeno kluznou vložkou vyrobenou z materiálu PA 6G.

Proti pootočení matice je vedle pohybového šroubu uložena kalená tyč o průměru 12 mm pomocí nakupovaných upínek typu SMA12. Po kalené tyči se pohybuje uzavřené kuličkové pouzdro typu LM12. Matice je s kuličkovým pouzdem spojena pomocí nejdříve svařovaná a pak obráběné upínky (obr. 43).



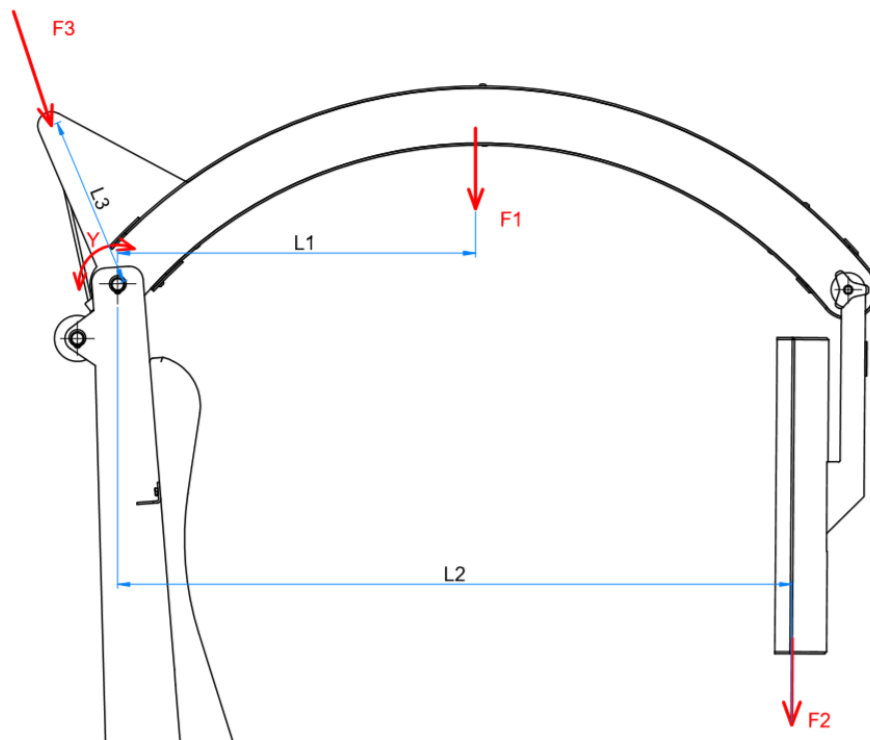
Obr. 43. Detailní pohled na osu Y.

Kladka, která je uložena v horní části kostry zařízení má za úkol upravit dráhu lana, tak, aby tažná síla byla rovnoběžná s pohybovým šroubem. Bylo zvoleno tažné ocelové lano o průměru 5 mm typu 7x7 s povrchovou úpravou zinkováním. Tažné lano je přichyceno k upínce na matici pomocí přitlačné příložky. Pro zajištění bezpečnosti jsou pod příložkou dvě drážky, přičemž se na konci lano přehne a provleče podruhé.

Pro nastavení výchozích a koncových poloh jsou zde použity dva indukční koncové snímače typu IPS-8. Jednoduchá úprava polohy indukčních snímačů je umožněna díky podélným drážkám v upínce.

Aby bylo zabráněno nechtěnému přetočení ramene v případě poruchy zařízení (vadného nastavení koncových snímačů), nebo zvednutím uživatele, jsou v zadní části ramene umístěny mechanické dorazy.

Níže je uveden základní výpočet pro volbu vhodného pohonu osy Y:



Obr. 44. Poloha sil v rameni a monitoru

- Výpočet tažné síly lana F_3

$$L_1 = 520 \text{ mm} = 0,52 \text{ m}$$

$$L_2 = 979 \text{ mm} = 0,979 \text{ m}$$

$$L_3 = 250 \text{ mm}$$

$$m_1 = 12,1 \text{ kg}$$

$$m_2 = 17,2 \text{ kg}$$

L_1 ... poloha těžiště ramene

L_2 ... poloha těžiště monitoru

L_3 ... poloha napnutí lana od osy

m_1 ... hmotnost ramene

m_2 ... hmotnost monitoru

F_3 ... síla působící na lano

$$F_1 = m \cdot g = 12,1 \cdot 9,81 = 118,7 \text{ Nm} \quad (8)$$

$$F_2 = m \cdot g = 17,2 \cdot 9,81 = 168,7 \text{ Nm} \quad (9)$$

$$M_1 = F_1 \cdot L_1 = 118,7 \cdot 0,52 = 62 \text{ Nm} \quad (10)$$

$$M_2 = F_2 \cdot L_2 = 168,7 \cdot 0,979 = 165 \text{ Nm} \quad (11)$$

$$M_c = M_1 + M_2 = 62 + 165 = 227 \text{ Nm} \quad (12)$$

$$F_3 = \frac{M_c}{L_3} = \frac{227}{0,25} = 908 \text{ N} \quad (13)$$

Zvoleno bylo lano o průměru 5 mm typu 7x7 o nosnosti 17 168 N, typ zvoleného lana vyhovuje.

- Výpočet potřebného krouticího momentu pohonu

Zdvih = 52 mm (odečten dle pohybu ramene v aplikaci Autodesk Inventor 2021).

$$P = 4$$

$$\eta = 0,6 \text{ [-]}$$

$$\alpha = 50^\circ$$

$$t = 3 \text{ s}$$

$$M_{km} = 6,8 \text{ Nm}$$

$$n = \frac{52}{4} = 13 \text{ ot}$$

M_{km} ... krouticí moment elektromotoru při daných otáčkách (obr.45) [Nm]

α ... navržený úhel pootočení ramene [°]

t ... zvolený čas pro zdvih [s]

n_z ... otáčky zdvihu [1/s]

P ... stoupání závitu šroubu [-]

η ... účinnost trapézového šroubu (udává výrobce)

k_s ... převod šroubu

S_s ... stoupání šroubu

k ... bezpečnost

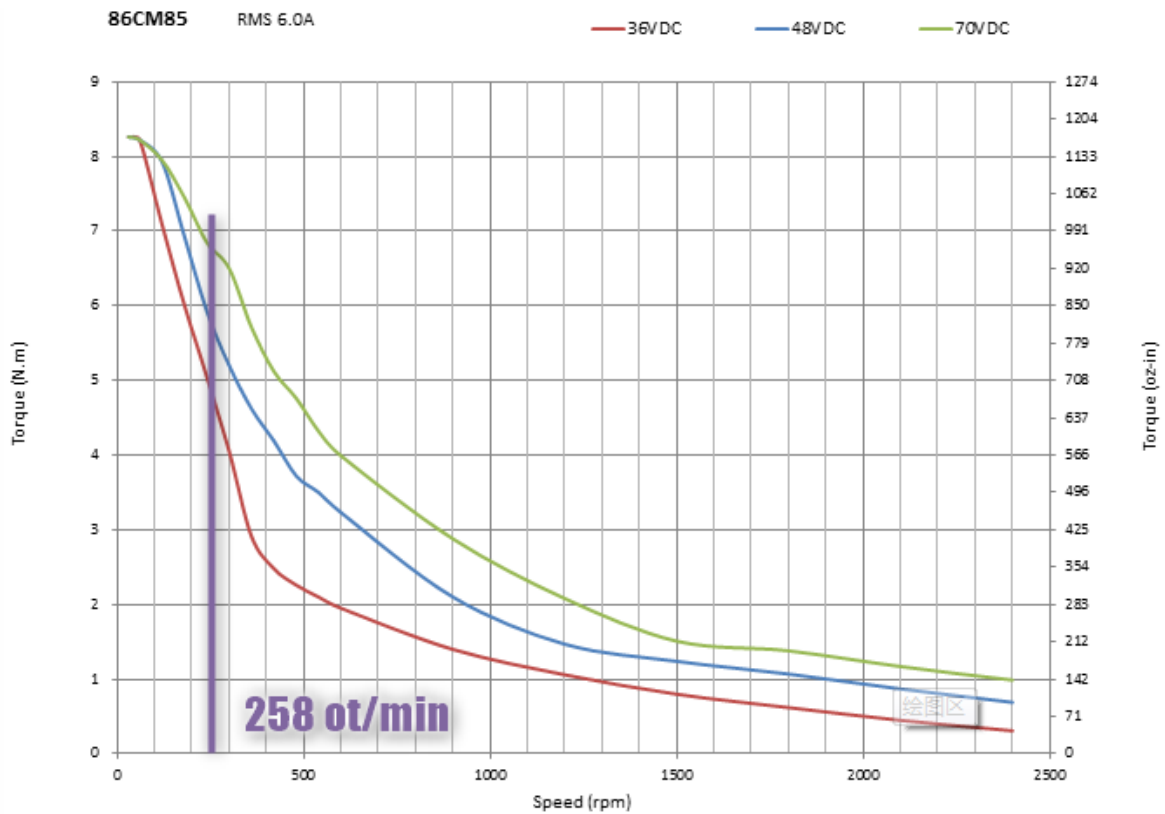
n ... počet otáček k dosažení celkového zdvihu [ot]

$$n_z = \frac{n}{t} = \frac{13}{3} = 4,3 \text{ ot. s}^{-1} = 258 \text{ ot. min}^{-1} \quad (14)$$

$$k_s = \frac{S_s}{2000 \cdot \pi \cdot 0,6} = 0,001062 \quad (15)$$

$$M_k = F_3 \cdot k_s = 908 \cdot 0,001062 = 0,964 \text{ Nm} \quad (16)$$

$$k = \frac{M_{km}}{M_k} = \frac{6,8}{0,964} = 7 \quad (17)$$

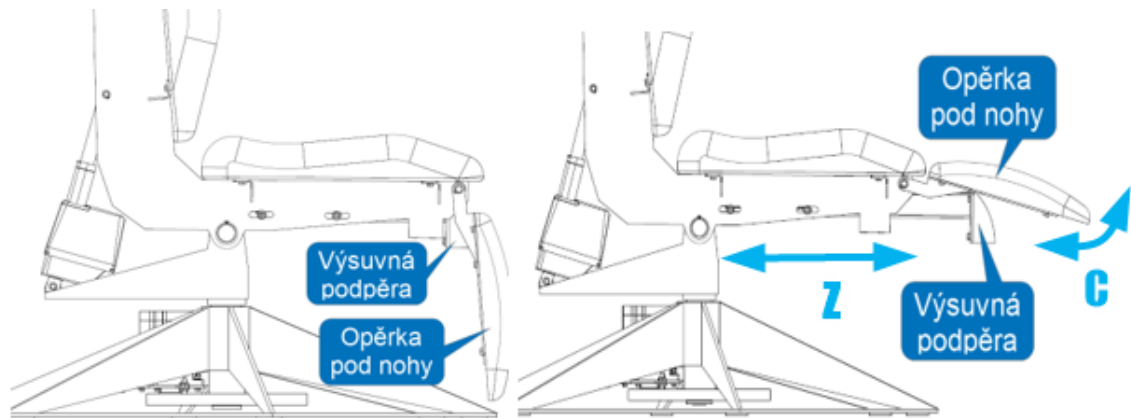


Obr. 45. Závislost kroučícího momentu na počtu otáček za minutu.

Byl proveden základní výpočet pro ověření vhodnosti zvoleného elektromotoru v případě zapojení 70V/DC. Dosažená bezpečnost $k = 7$ je dostačující nejen k pokrytí vlastního tření navržených mechanismů, ale i pro případ přidání dalšího břemene na kyvné rameno (například další počítačová obrazovka).

8.2.3 Elektronicky řízená pohybová osa Z

Náklon nožní opěrky kolem osy C závisí na velikosti vysunutí výsuvné podpěry pomocí pohybu v ose Z. Pohyb této osy je popsán na (obr. 46).

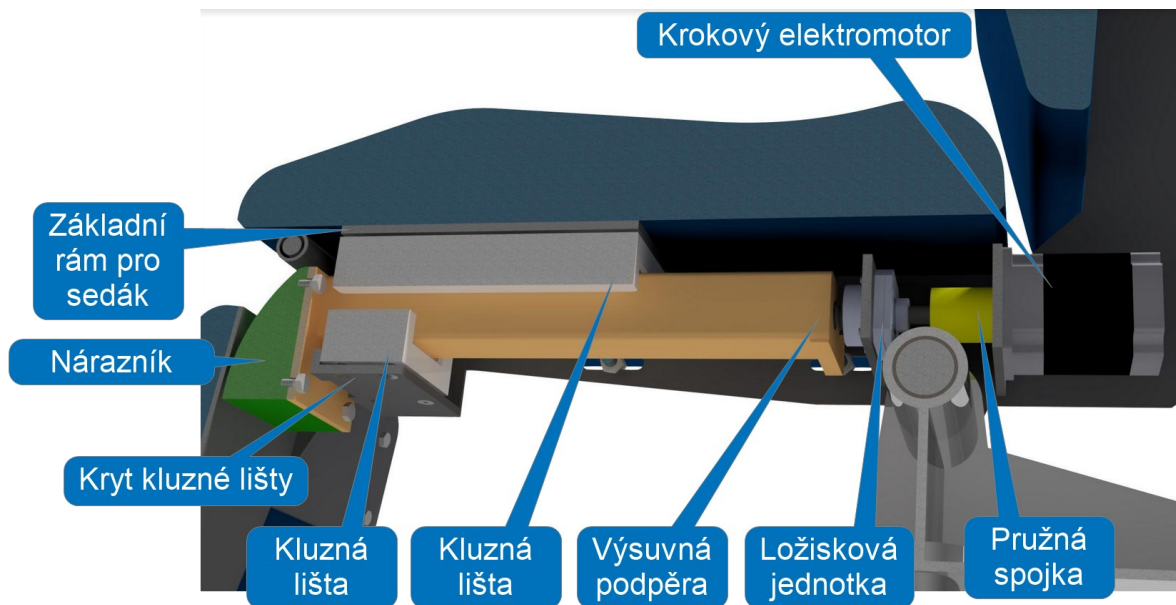


Obr. 46. Poloha nožní opěrky v dolní úvrati a horní úvrati.

Tento pohyb je ovládán krokovým elektromotorem typu 57HS22, na který je pomocí pružné spojky typu LK20-C30-10/10 připojen pohybový šroub s trapézovým profilem o průměru 16 mm a stoupání 4 mm. Elektromotor je upevněn ve spodní části kostry zařízení. Pro zachycení axiálního zatížení je určena ložisková jednotka typu FK10.

Pohyblivou částí je v případě tohoto mechanismu výsuvná podpěra (obr. 47), která má profil dutý svařovaný profil 40x40x2. V části poblíž elektromotoru je v posuvné podpěře navařena trapézová matice. Kontakt mezi výsuvnou podpěrrou a rámem podnožky je pomocí obráběného nárazníku z materiálu POM-C. Profil kontaktní části nárazníku odpovídá trajektorii „odvalování“ mezi nárazníkem a rámem podnožky při vysouvání.

Jako vedení tohoto posuvu byl navržen pár obráběných kluzných lišt z materiálu PA6G. Vymezení vůlí je umožněno za pomoci podložek, které se vkládají mezi kluzné lišty a kostru zařízení.



Obr. 47. Umístění a základní prvky pohybu osy Z.

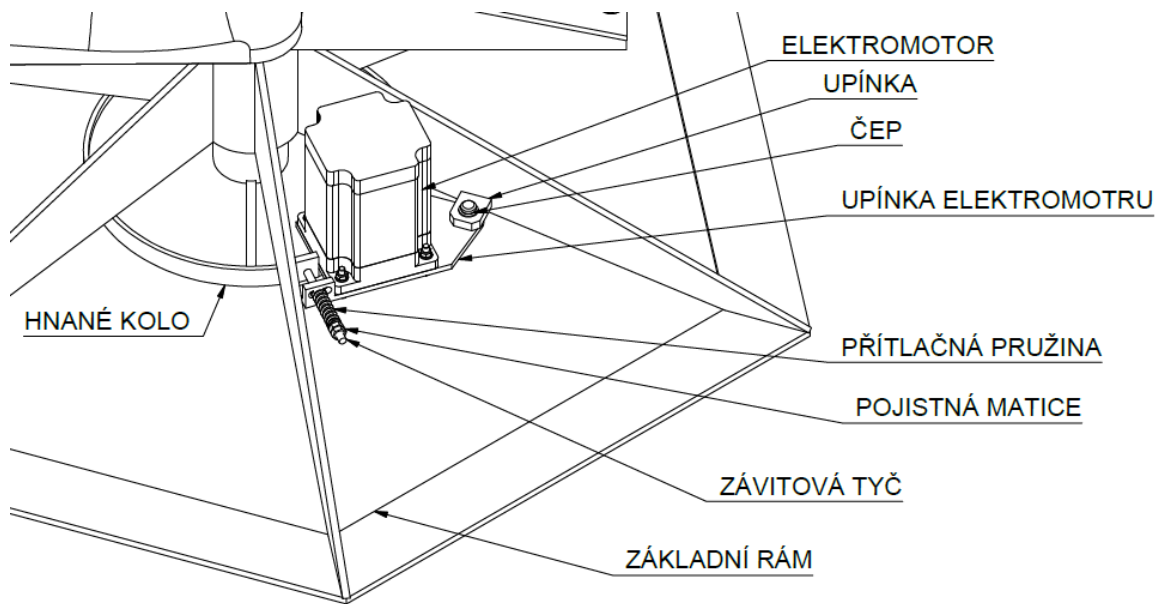
Místo mezi sedákem a podnožkou je vyplněno pouze molitanem (nesmí být pod molitanem základní deska, nebo rám). Důvodem je zabránění poranění uživatele přiskřípnutím, nebo až “ustříhnutím“ části končetiny. Dále by bylo možné uložení šroubu vybavit tenzometrickým snímačem, který by v případě přetížení zastavil chod zařízení.

Pro nastavení výchozích a koncových poloh jsou zde umístěny dva koncové indukční snímače typu IPS-8. Poloha indukčních snímačů je snadno nastavitelná pomocí podélných drážek.

8.2.4 Elektronicky řízená pohybová osa D

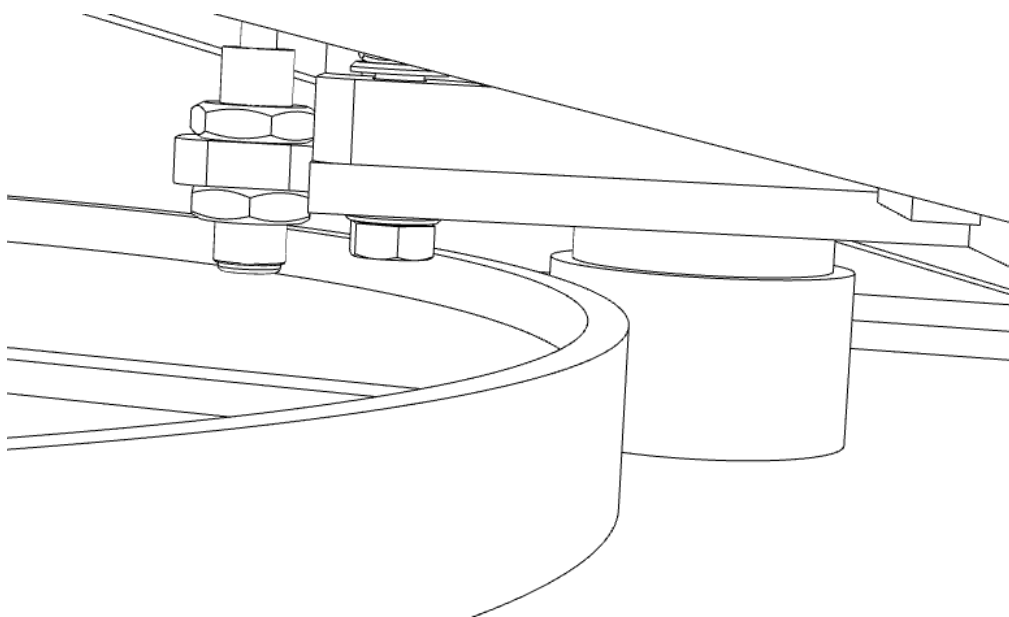
Pro pootáčení kolem osy D je využíván princip odvalování mezi hnacím a hnaným kolem. Důvodem volby tohoto konstrukčního řešení je zajištění bezpečnosti uživatele, kdy při blokaci pohybu například končetinou dojde k prokluzu mezi hnacím a hnaným kolem, tudíž je zabráněno poranění uživatele.

Za účelem zvýšení třecího koeficientu mezi těmito koly je kolo, které je poháněno, elektromotorem, pogumováno. Pro nastavení přítlačné síly je navržen systém, který na základě úrovně předepnutí pružiny vyvolává tření mezi koly.



Obr. 48. Pohon kolem osy D s popisem základních prvků.

Konstrukční řešení tohoto pohonu je vyobrazeno a popsáno na obr. č. 48 a 49. Jako pohon byl zvolen krokový elektromotor typu 86CM85, který je připevněn k upínce pomocí čtyř šroubů. Upínka elektromotoru je k základnímu rámu připevněna na čepu, který dovoluje pootáčení. Krouticí moment mezi elektromotorem a hnacím kolem přenáší tření vyvolané pomocí soustavy dvou stavěcích šroubů (tento spoj je dán parametry od výrobce elektromotoru).



Obr. 49. Uložení indukčního snímače a pohonu kolem osy D.

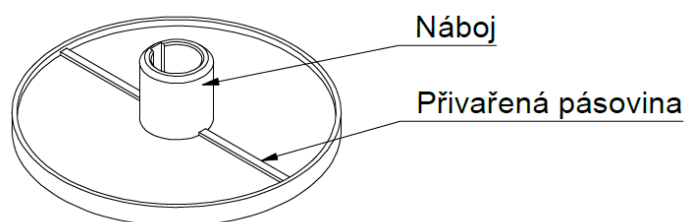
Kromě hlavní výhody tohoto návrhu, kterou je zajištění bezpečnosti uživatele je, že jsou požadavky na přesnost jak rámu, tak i hnaného kola minimální.



Obr. 50. Uložení pohyblivé části kolem osy D.

Uložení mezi pevnou základnou a pohyblivým středním rámem je popsáno na obrázku č. 47. Hlavní částí tohoto uložení je kuželíkové ložisko typu 32908 od výrobce SKF. Toto ložisko zachycuje jak Axiální, tak i radiální zatížení. Pro zachycení momentu v případě náklonu je ve spodní části umístěno jedno kuličkové ložisko typu 61908 (SKF). Vzdálenost mezi ložisky je vymezena pomocí distanční trubky. K zajištění polohy hnacího kola je určena upínací příložka, která je zajištěna pomocí šroubu, který je pojištěn proti povolení lepidlem na závity. Krouticí moment mezi hnaným kolem a středním rámem přenáší těsné pero.

Navržený maximální úhel pootočení této osy se rovná 180 stupňům. Pro zajištění mezních poloh je určen indukční snímač typu IPS-8. Protikusem indukčního snímačem je přivařená pásovina na konstrukci hnaného kola (obr. č. 51), kdy při správném nastavení vzdálenosti mezi indukčním snímačem a kovem dojde k zastavení pohybu.



Obr. 51. Hnané kolo.

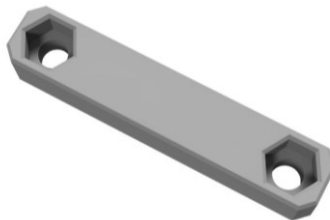
8.2.5 Manuálně ovládaná osa E

Tímto pohybem se nastavuje výška loketních opěrek. K zajištění polohy se používají dva šrouby, kterými uživatel nastaví libovolnou výšku v rozsahu 10 cm. K zajištění polohy se šrouby přitáhnou například klíčem. Na obr. 53 je zobrazeno navržené pouzdro pro matice upínek, které bude vyrobeno metodou 3D tisku. Díky tomuto pouzdru nebude třeba používat pro polohování klíč a je možné pracovní stanici ze zadní strany zakrytovat.



Obr. 52. Základní prvky podpěrky.

Nosná konstrukce pravého ramene je smontována z hliníkových profilů velikosti 40 mm. Profily jsou spojeny nakupovanými hliníkovými úhelníky a speciálními maticemi. Některé spoje jsou vyztuženy výpalkem s otvory pro přitažení pomocí šroubů.

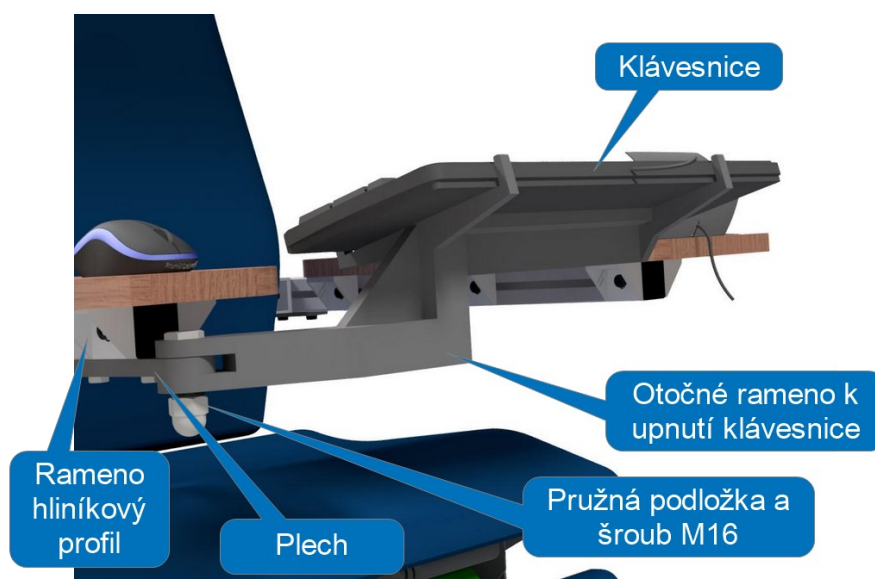


Obr. 53. Pouzdro pro matice.

Pohledová i funkční část opěrky je vyrobena z masivní 20 mm silné dubové desky. Navržená geometrie této desky se může upravit dle odzkoušení prototypu. Konstrukce levého ramene je stejná jako pravá, liší se pouze v typu geometrie

8.2.6 Manuálně ovládaná osa F

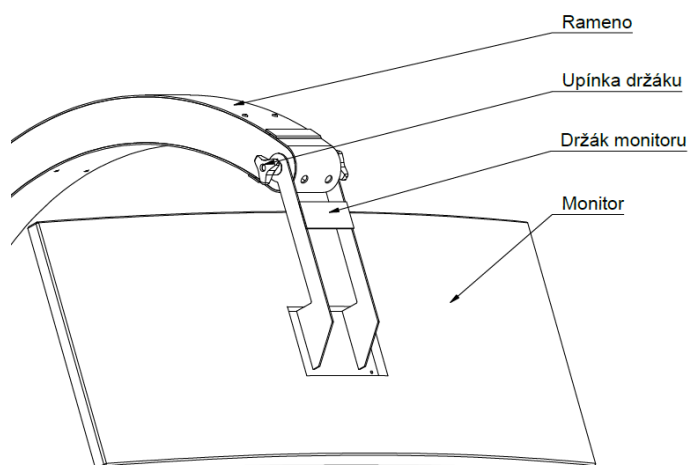
Manuálně ovládaný pohyb nastaví úhel natočení desky pro klávesnici kolem osy F. Deska se bude polohovat v úhlu 0-180°, k hliníkové konstrukci je připevněna šroubem M16 s pružnou podložkou, přes který dochází k pohybu kolem osy F a plechem 12 mm spojuje otočné rameno k upnutí klávesnice vyrobené 3D tiskem z ABS materiálu. Deska je vyrobena z hliníkových profilů s deskou z dubového dřeva. Tento úhel je zajištěn dorazy.



Obr. 54. Umístění a základní prvky držáku klávesnice.

8.2.7 Manuálně ovládaná osa G

Účelem osy G je manuální ovládání nastavení úhlu sklonu připojeného monitoru. Nastavení umožňuje pomocí dvou šroubů (upínek). Při dotažení matic dojde k zajištění polohy speciální upínky, která je vybavena soustavou otvorů pro různé typy počítačových monitorů.



Obr. 55. Uchycení monitoru k rameni.

8.3 Řízení a snímače

Všechny řídicí jednotky a zdroje budou umístěny v rozvodné skříni, která bude mít polohu pravděpodobně ze zadní strany opěradla, tvar a rozměry rozvodné skříně se budou odvíjet od reálně použitých součástek. Návrh rozvodné skříně nespadá do tohoto návrhu.

8.3.1 Řídicí jednotka

1. K řízení krokového elektromotoru typu 86CM85 a typu 57HS22 je využívána řídicí jednotka EM705-driver pro dvou fázové krokové motory, 70 V, 7 A se základními parametry:
 - Nastavení proudu: jumpery 1,4–7 A, 0,35–7 A programově,
 - Rozlišení kroku: jumpery 400–25000, 200–102400 programově (po 200kr.),
 - Maximální vstupní frekvence 200 KHz,
 - Opticky izolované vstupní signály,
 - Vhodný pro dvou fázové a čtyř fázové krokové motory,
 - Automatická redukce proudu po zastavení motoru (nast. 10–100 %),



Obr. 56. Řídicí jednotka typu EM705 pro dvoufázové krokové motory. [32]

8.3.2 Indukční snímač

K zabránění kolize mezi pohyblivými komponentami osy Y a kostrou stroje jsou použity dva indukční snímače. Pro maximální posuv ke každému směru slouží jeden indukční snímač, přičemž jeden z těchto snímačů má dále funkci výchozí polohy.

Při otáčení celé stanice v rozsahu $+90^\circ$ až -90° (180°) kolem osy D jsou použity indukční snímače typu IPS-8. Indukční snímač představuje maximální a nulovou polohu. Protikus

snímače bývá například měděný plech. Pro ustavení polohy snímačů ve všech směrech jsou umístěny v podlouhlých drážkách a vnější průměr je osazen závitem.

Hlavní výhodou indukčních snímačů je jejich odolnost a možnost bezchybně dlouhodobě pracovat v prašném a znečištěném prostředí.

Základní parametry zvoleného snímače:

- spínací vzdálenost 1 mm,
- válcové tělo M8×1,
- výstup 150 mA, signalizace stavu LED diódou,
- kabel 1,5m, napájecí napětí 10–30 V DC,



Obr. 57. Indukční snímač typu IPS-8. [35]

8.4 Pohonné systémy

Pohonné systémy jsou použity pro uvedení stanice do pohybu a funkčnost jednotlivých pohybových elektronicky řízených os. Níže jsou uvedeny použité pohonné systémy při konstrukci pracovní stanice.

8.4.1 Lineární pohon

Tento pohon vykoná posun v ose X a tím umožňuje stanici pootočení kolem osy A, a naklonění celé stanice v rozmezí 0-20°. Dle specifikací byl použit lineární pohon typu LA25, který je kompaktně zkonstruovaný a ideální pro stísněné prostory. Použitý typ pohonu je dodáván s vysokým stupněm krytí IP a hliníkové pouzdro zajišťuje provoz téměř v jakýchkoliv podmínkách. Použitý pohon LA25 jenž má základními parametry:

- maximální zatížení 2500 N,
- zdvih 100 mm,
- rychlost zdvihu $3,1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$,



Obr. 58. Lineární pohon typu LA25. [33]

8.4.2 Pružná spojka

Pružná spojka se používá pro kompenzaci nesouososti a radiálních vůlí a tlumení vibrací. Spojka se skládá ze dvou svěrných hlavíc a plastového středu. Typ použitý je LK20-C30-10/10 – pružná spojka 8,5 Nm svěrná se základními parametry:

- průměr 30 mm,
- délka 35 mm,
- průměr d_1 10 mm,
- průměr d_2 10 mm,



Obr. 59. Pružná spojka LK20-C30-10/10. [34]

8.4.3 Krokový elektromotor 86CM85

Krokový elektromotor typu 86CM85 je složen ze 4 vodičů a základní úhel $1,8^\circ$. Jsou použity dva kusy tohoto elektromotoru, první vykonává posun v ose Y, tím vyvolá pootočení kolem osy B, a nastaví se poloha ramene. Druhý typ tohoto elektromotoru je umístěn v základním rámu pro pootáčení celé stanice kolem osy D. Základní parametry tohoto typu elektromotoru jsou:

- momentem 8,5 Nm,
- momentem setrvačnosti $2,7 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$,
- proudem 6 A,
- odporem vinutí $0,4 \pm 10 \% \Omega$,

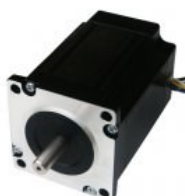


Obr. 60. Krokový elektromotor typu 86CM85. [31]

8.4.4 Krokový elektromotor 57HS22

Krokový elektromotor typu 57HS22 je složen ze 8 vodičů a základní úhel $1,8^\circ$, při konstrukci je použit jeden kus. Tento krokový elektromotor je uložen ve spodní části kostře pod sedákem, kde vykonává posun v ose Z a tím umožňuje nastavení nožní opěrky pootočením v ose C. Základní parametry jsou tohoto elektromotoru jsou:

- momentem 2,2 Nm,
- momentem setrvačnosti $480 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$,
- proudem 5,7 A,
- odporem vinutí $0,4 \pm 10 \% \Omega$.



Obr. 61. Krokový elektromotor typu 57HS22. [31]

8.4.5 Ložisková jednotka FK10

FK10 ložisková jednotka poskytuje pevné uchycení šroubu s průměrem 10 mm a přesností C7



Obr. 62. KF10 ložisková jednotka. [36]

8.5 Nosná konstrukce

Nosná konstrukce navrženého zařízení se skládá z těchto částí:

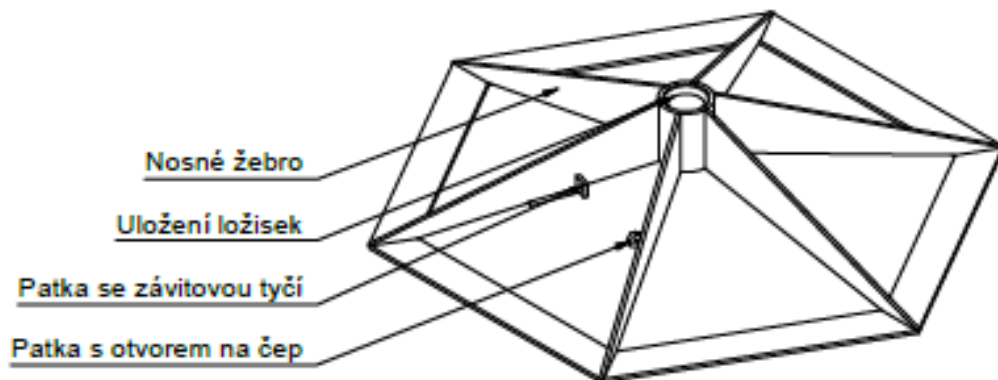
- Základní rám
- Střední rám
- Kostra
- Rameno

První částí je spodní rám (podstava), který je vyroben a svařen z výpalků, tloušťka plechu je 6 mm z materiálu ocel třídy S355. Druhou částí je střední rám, který se napojuje na podstavu a je vyroben a svařen z výpalků, tloušťka plechu je 5 mm z materiálu ocel třídy S355. Třetí částí je kostra, která je vyrobena a svařena z výpalků, tloušťka plechu je 3 mm z materiálu ocel třídy S355 napojena na střední rám a je k ní připojena i poslední část. Čtvrtou a poslední částí rámové konstrukce je rameno. Rameno je vyrobeno z výpalků, tloušťka plechu je 3 mm z materiálu ocel třídy S355.

8.5.1 První část (základní rám)

Tato část je tvořena sadou nosných žebér, které jsou vyrobené z výpalků. Nosné žebra jsou navařené na šestiúhelníkovou podstavu a na obrobek, ve kterém jsou vyfrézované dvě zahloubení pro kuželíkové ložisko, jenž zachytává jak axiální, tak i radiální zatížení a pro kuličkové ložisko zachytává axiální zatížení.

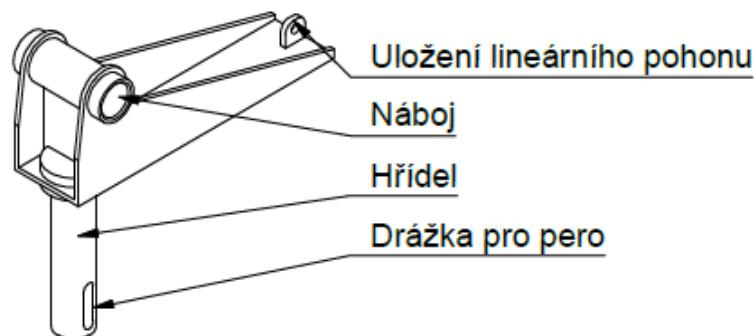
Na nosná žebra (*Obr. 63*) je navařena patka se závitovou tyčí a patka s otvorem na čep, na kterou je připevněna upínka motoru.



Obr. 63. Základní rám s popisem hlavních částí.

8.5.2 Druhá část (střední rám)

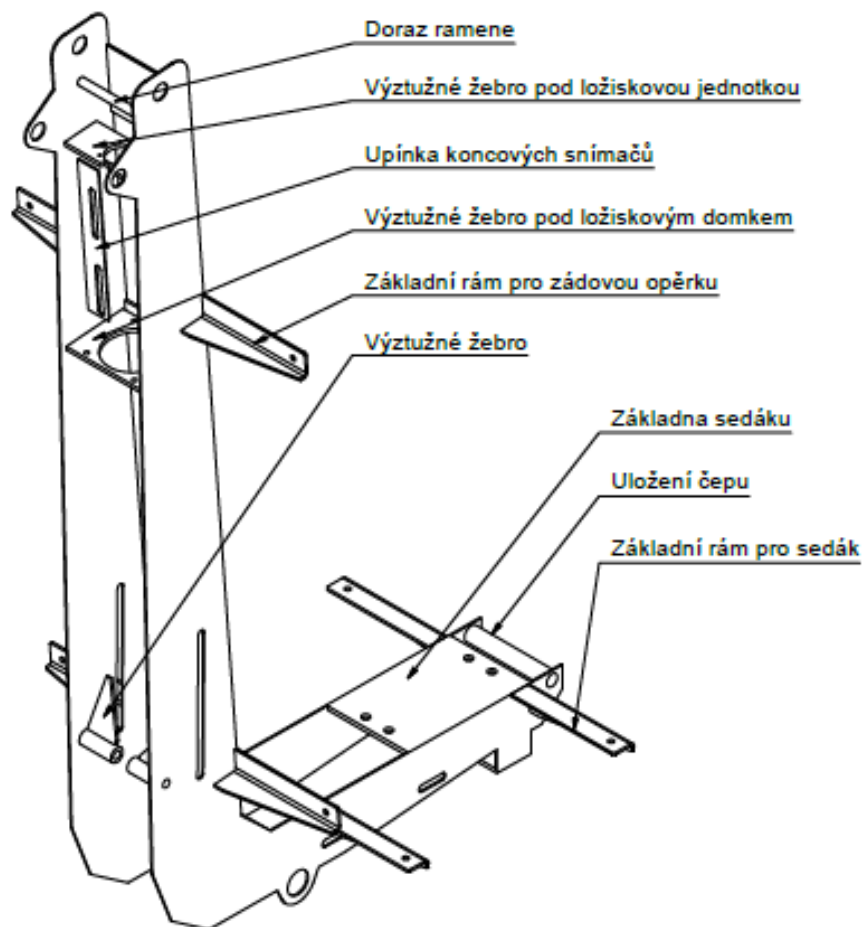
Druhá část se skládá se svařených výpalků (*Obr. 64*), ze spodní části je přivařena trubka a hřídel s drážkou pro pero. V horní části středního rámu jsou přivařena oka, nábojem pro čep a v krajní části patka pro uložení lineárního pohonu.



Obr. 64. Střední rám s popisem hlavních částí.

8.5.3 Třetí část (kostra)

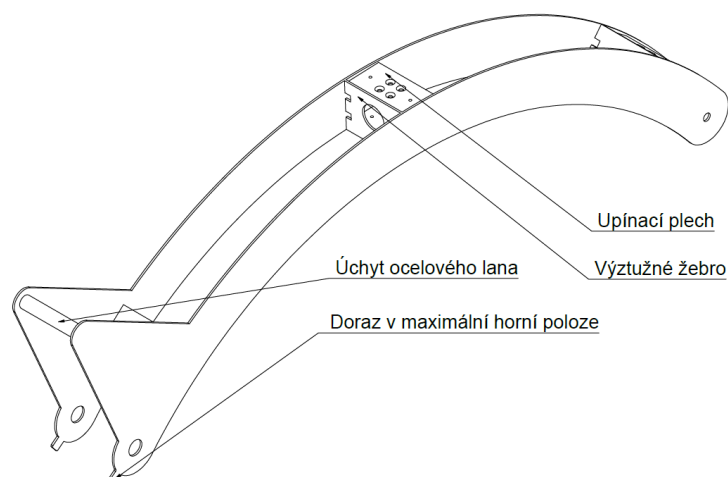
Kostra je vyrobena ze dvou výpalků tvaru L (*Obr. 65*) a svařen v místech, kde se upevňuje sedák, zádová opěrka a v několika místech je umístěné i výztužné žebro pro lepší pevnost a stabilitu. Ve spodní části je umístěna trubka pro uložení čepu, ke které se připojí nožní opěrka, na spodní části jsou dva otvory pro upevnění středního rámu. V horní části je umístěna trubka pro doraz ramene a jeho maximální úhel natočení.



Obr. 65. Kostra s popisem hlavních částí.

8.5.4 Čtvrtá část (rameno)

Rameno je vyrobeno z výpalků obloukového tvaru, ve spodní části je umístěn doraz při maximálním zvednutí ramene, dále je ve spodní části umístěn úchyt ocelového lana. Rameno je svařeno pomocí výztužných žeber a upínacích plechů (Obr. 66).



Obr. 66. Rameno s popisem hlavních částí.

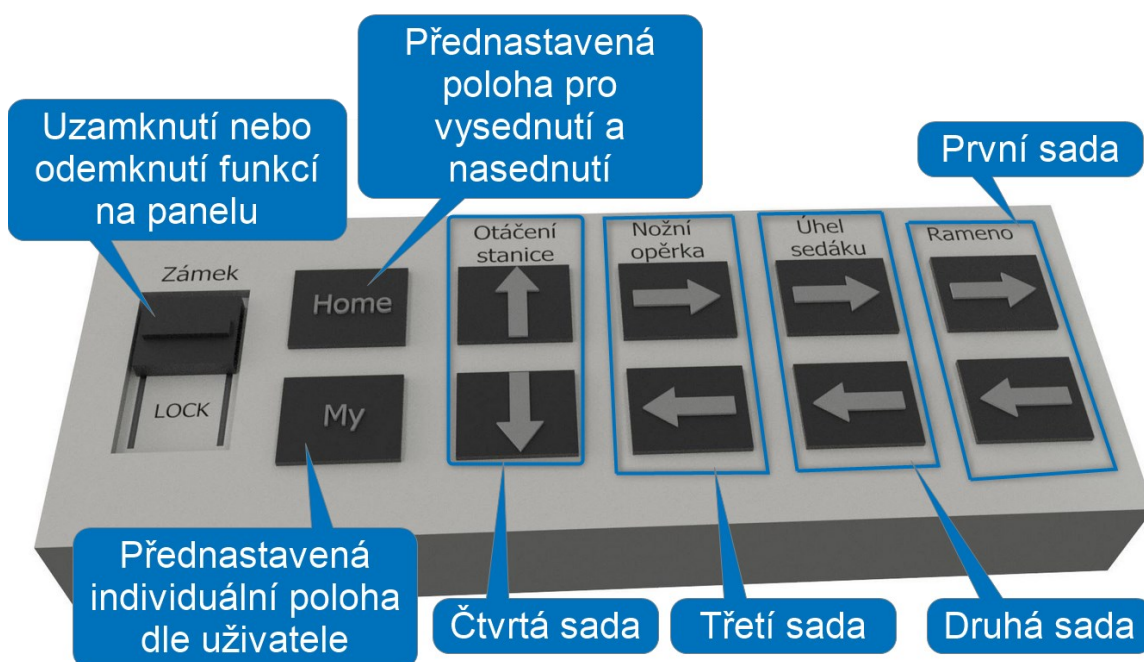
8.6 Krytování

Pro krytování by mohl být použit polykarbonát kvůli jeho pevnosti, tvarovatelnosti a odolnosti proti nárazům. Díky jeho vlastnostem se polykarbonát používá například v elektronických zařízeních, ve stavebním průmyslu, zdravotnictví, skla pro ochranné brýle, výroba kompaktních disků.

8.7 Ovládací panel

Ovládací panel je umístěn na levé loketní opěrce v přední části. Tímto panelem se ovládají všechny elektronicky řízené pohyby stanice. Je složen ze čtyř sad po dvou tlačítkách, kdy každá sada ovládá pohyb jednotlivých os X, Y, Z, D a jedné sady univerzálních tlačítek, kdy na tlačítku Home, bude přednastavena poloha pro vysednutí a nasednutí, a na tlačítku My bude individuální (oblíbená) poloha stanice uživatele.

První sada tlačítek ovládá pohyb ramene nahoru a dolů. Druhá sada tlačítek ovládá naklonění sedadla dopředu a dozadu. Třetí sada tlačítek ovládá vysunutí a zasunutí nožní opěrky. Čtvrtá sada tlačítek ovládá otáčení celé stanice doleva a doprava. Ve spodní části je umístěno uzamykání ovladače, které nám uzamkne nebo odemkne funkci ovládacího panelu. Jedná se o pojistku, abychom při práci na ovládacím panelu nezmáčkli omylem něco, co nechceme.



Obr. 67. Ovládací panel a popis funkcí.

8.8 Výplň sedáku a opěrek

Sedák, opěrka zad a loktů jsou vyrobeny z textilní látky tmavé barvy a tří vrstev výplně. První vrstva je překližka, která slouží k uchycení ke konstrukci. Druhá vrstva je vysokohustotní pěna třídy tuhosti 4, typ pěny je RP 5080 hustota pěny je 50 kg/m^3 . Třetí vrstva, která je vrchní vrstvou je nízkohustotní pěna třídy tuhosti 1, typ pěny T 1820 hustota pěny je 18 kg/m^3 . K uchycení ke konstrukci jsou ze vnitřní části nosné překližky nalisovány matice do dřeva.

8.9 Doplnky

Tuto stanici lze dovybavit o mnoho druhů doplňků, mezi základní patří monitor, klávesnice, myš a 3D myš. Tyto doplňky si uživatel volí samostatně s ohledem na ergonomické a uživatelské požadavky. Mezi další možné doplňky, které si uživatel může nechat přidat se řadí, například osvětlení, ozvučení, vyhřívání, různé druhy držáků.

Mezi doplňky můžeme přidat i situaci, kdy není v kanceláři koberec, tak je vhodné použít podložky proti poškrábání podlahy.

8.10 Kalkulace nákladů na výrobu prototypu, základní údaje a vizualizace

Byla provedena kalkulace nákladů na výrobu funkčního prototypu. Výsledné hodnoty jednotlivých celků jsou pospány v tab. 3.

Tab. 3. Kalkulace nákladů na prototyp.

Kalkulace nákladů prototypu	
Položka	Cena [Kč bez DPH]
Svařence	8400
Obrobky	15700
Pohony	16600
Opěrky+sedák	3900
Doplňky	6100
Montáž	12900
Povrchová úprava	5500
Elektronika	37000
Celková cena	106100

Náklady na výrobu svařenců byly spočítány dle cenových nabídek od dodavatelů výpalků a hutních materiálů. Byla odhadnuta náročnost svařování a s ní spojené náklady. Dále tato položka obsahuje výrobu závitů a broušení přetoků svarů.

Výpočet ceny obrobků byl proveden dle poskytnutých 3D modelů obráběčům kooperujícím se společností FYSCON s.r.o. V této položce jsou kromě obrábění jednotlivých součástí (čepy, upínky) taky zahrnuty obrobky svařenců (základní, střední rám).

V případě pohonné soustavy se jedná o nakupované komponenty jako jsou:

- Krokové elektromotory
- Lineární pohon
- Pružné spojky
- Ložiska
- Ložiskové jednotky
- Pohybové šrouby, matice
- Vodící tyč, kuličková pouzdra

Cena závodé opěrky, podsedáku a podnožky se odvíjí od nákladu na pořízení materiálů (molitan, překližka, látka), formátování těchto materiálů a čalounění,

Položka doplňků zahrnuje kryty, dřevěné područky, led osvětlení, klávesnici, myš (neobsahuje 3D myš).

V případě povrchové úpravy bylo uvažováno tryskání lakovaných součástí za účelem zbavení svařenců okují (z hutních polotovarů) a svarových kuliček. Dále je v ceně zahrnuto odmaštění před lakováním a hodnota barvy (vypočtena dle celkového povrchu lakovaných součástí). Samotné lakování se skládá z jedné základní vrstvy o tloušťce 60 μm a dvou horních vrstev o celkové tloušťce 60 μm . Celková vrstva laku se bude tedy 120 μm v odstínu RAL 7016 (odstín antracit).

Celkové náklady na montáž byly odhadnuty dle časové náročnosti vedoucím pracovníkem montáže společnosti FYSCON s.r.o.

Cenové náklady na elektroniku vychází z nezávazné cenové nabídky kooperující společnosti zabývající se zapojením a softwarovým řešením.

Celkové náklady se vztahují na výrobu prototypového kusu, v případě sériové výroby je předpokládán značný pokles ceny.

V tab. 4 jsou popsány hlavní rozměry a základní údaje navrženého konstrukčního řešení. V případě výpočtu nosnosti pracovní stanice byla uvažována hmotnost osoby 100 kg, nicméně díky vpočteným bezpečnostem bude uvedena celková nosnost zařízení 130 kg.

Tab. 4. základní parametry navržené stanice.

Hmotnost stanice	110	kg
Maximální nosnost	130	kg
Maximální výška stanice	2135	mm
Maximální šířka stanice	1200	mm
Maximální délka stanice	1300	mm



Obr. 68. Konečný vzhled pracovní stanice otevřené stanice.



Obr. 69. Konečný vzhled pracovní stanice v náklonu.



Obr. 70. Konečný vzhled pracovní stanice bez náklonu, v provozu.

ZÁVĚR

Teoretická část této diplomové práce byla zaměřena na základní poznatky ergonomie a antropologie a správnou volbou a umístění pracovních předmětů, které jsou potřeba pro práci v kancelářích. Dále byly popsány dostupné materiály na trhu a vhodné technologie pro výrobu prototypu. V poslední části byly zmíněny typy pohonů a jejich rozdělení.

Praktická část této práce popisuje vlastní návrh stanice, která je navržena pro delší pracovní dobu při sedavé práci. Navržená stanice disponuje sedmi pracovními osami (A, B, C, D, E, F, G), z nichž jsou počítačově řízeny osy (A, B, C, D) a osy (E, F, G) jsou řízeny manuálně. Vedlejší osy jsou X, Y, Z navazující na osy pracovní. Při návrhu stanice byl kladen důraz na dostupnost a nízkou cenu použitých materiálů, technologií i komponentů. Použité materiály a technologie jsou zároveň nejčastěji používané ve společnosti FYSCON s.r.o.

Vypočítaná přibližná cena nákladů, která činí 106 100 Kč je vztažena pro výrobu daného návrhu prototypu. Při výrobě dalších kusů daného návrhu bude cena nižší, v případě použití různých doplňků (záleží na požadavcích zákazníka), se může cena za kus různě pohybovat.

Celý návrh a jednotlivé komponenty byly podrobně popsány. Zmíněny byly i další možné úpravy a doplňky. Tento návrh bude použit jako základ pro výrobu prototypu. Návrh konstrukčního řešení proběhl v softwaru Autodesk Inventor Professional 2021 na licenci zakoupené společností FYSCON s.r.o. Po odzkoušení jednotlivých komponent a dílčích celků dojde k návrhu úpravy pro možnost velkosériové výroby, například nahrazení některých komponent vyrobených z oceli nebo metodou 3D tisku vstřikováním.

Hlavní požadavky k návrhu, které jsou zároveň i cíle praktické části této diplomové práce pro návrh multifunkční pracovní stanice pro CAD prostředí byly splněny.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Marek, Jakub a Petr SKŘEHOT. Základy aplikované ergonomie. Vyd. 1. Praha: VÚBP, 2009. ISBN 978-80-86973-58-6
- [2] Ergonomie. In: ŠEDIVÝ, Vladimír. AEE – ŠEDIVÝ [online]. AFE Šedivý, 2010 [cit. 2015-09-012]. [Online] Dostupné z: <http://www.aee-sedivy.cz/ergonomie/>
- [3] KRÁL, Miroslav. Ergonomie a její užití v technické praxi. 1. vyd. Ostrava, 1994. ISBN 80-85798-35-7.
- [4] KOVÁČ, Jozef a Edita SZOMBATYOVÁ. Ergonómia. 1. vyd. Košice: Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2010. ISBN 978-80-553-0538-7.
- [5] Chundela, Lubor. Ergonomie. V Praze : České vysoké učení technické, 2013. ISBN 9788001051733
- [6] Ergonomics. Koch, Marylane Wade, MSN, RN. Salem Press Encyclopedia of Science, 2018. 4p. ISBN 89250448
- [7] Falzon, Pierre. Constructive ergonomics. Boca Raton : CRC Press, Taylor & Francis Group, [2015] ISBN 9781482235623
- [8] MATOUŠEK, Oldřich a Sylva GILBERTOVÁ. Ergonomie: optimalizace lidské činnosti. 1. vyd. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0226-6.
- [9] SENČÍK, Josef. Selected aspects of ergonomics in office work. In: BOZPinfo.cz[online]. Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i., ©2002-2015, 2015-03-02. [Online] Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/josra/vybrane-aspekty-ergonomie-pri-kancelarske-praci>
- [10] <https://www.kancelarske-sluzby.cz/jak-vybrat-spravnou-ergonomickou-mys>
- [11] NIS Nábytkářský informační systém dostupné z: <http://www.n-i-s.cz/cz/pracovni-nabytek/page/49/>
- [12] DUL, J.; WEERDMEESTER, B. *Ergonomics for Beginners*. CRC Press, 2008. 160 S. ISBN 978-14-200-775-13.
- [13] ČERNOCH, Svatopluk; BERNARDA, Ivo. Strojně technická příručka : Svazek 2. 13. upravené. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1977. 2568 s.

- [14] VOLEK, František. Základy konstruování a části strojů I. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009, 167 s. ISBN 978-80-7318-654-8.
- [15] PTÁČEK, Luděk. Nauka o materiálu II. 2., opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2002, 392s. ISBN 8072042483.
- [16] MÜLLEROVÁ, Alena. Zahradní nábytek: [umíte si vybrat?]. 1. vyd. Brno: ERA, 2007. ISBN 978-80-7366-082-6
- [17] Druhy dřeva a jejich vlastnosti Dřevo [Online] Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20111105190133/http://www.prace-se-drevem.spibi.cz/Drevo-Druhy.html>
- [18] DAĐOUREK, Karel. Kompozitní materiály, definice a rozdělení [online]. Liberec, 2008 [Online] Dostupné z: http://www.kmt.tul.cz/edu/podklady_kmt_magistri/KM/Kompozity%20Dad/02defrozd.pdf
- [19] EHRENSTEIN, Gottfried W. Polymerní kompozitní materiály. V ČR 1. vyd. Praha, 2009, 351 s. ISBN 978-80-86960-29-6.
- [20] Materiály ve strojírenství kapitola 3 [Online] Dostupné z: http://old.kvm.tul.cz/studenti/texty/uvod_do_strojirenstvi/kap3.pdf
- [21] ŠLJIVIĆ, Milan, KRAIŠNIK, Milija, ILIĆ, Jovica, ANIĆ, Jelica DEVELOPMENT OF SMALL BATCHES OF FUNCTIONAL PARTS USING INTEGRATION OF 3D PRINTING AND VACUUM CASTING TECHNOLOGY. ISSN 2067-3809
- [22] BARNATT, Christopher. 3D printing: Third Edition. 3. dopl. vyd. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2016. ISBN 978-1539655466.
- [23] Přehledy dostupných materiálů pro 3D tisk [Online] Dostupné z: <https://www.na3d.cz/blog/prehled-dostupnych-materialu>
- [24] GIBSON, Ian; ROSEN, David; STUCKER, B. Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. 2015, ISBN 9781493921126
- [25] LAPČÍK, Lubomír a Miroslav RAAB. Nauka o materiálech II. Zlín: Vyd. 2., rozš. Univerzita Tomáše Bati,, 2004. ISBN 80-7318-229-7.

- [26] Bastian. P. Praktická elektronika. Evropa – Sobotáles. Brno. 2004. ISBN 808670615X
- [27] NOVÁK, Petr. Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení. 1. vyd. Praha : Ben - technické literatura, 2005. ISBN 80-7300-141-1
- [28] Hou, H., Yu, X., Xu, L., Rsetam, K., Cao, Z Finite-Time Continuous Terminal Sliding Mode Control of Servo Motor Systems. USA: IEEE ISSN 0278-0046
- [29] SCHMID, Dietmara kol. Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku. Praha: Europa-Sobotáles cz., 2005. ISBN: 80-86706-10-9
- [30] Hydraulické a pneumatické pohony ve strojírenství .MM : 2014 / 7, 25.06.2014 v rubrice Monotematická příloha / Fluidní technika ISSN 140723 [Online] Dostupné na:// <http://www.digitovarna.cz/clanek-84/hydraulicke-a-pneumaticke-pohony-ve-strojirenstvi.html>
- [31] CNCshop.cz [online] http://www.cncshop.cz/krokove-motory_c
- [32] CNCshop.cz [online] <http://www.cncshop.cz/em705-driver-pro-2-fazove-krokove-motory-70v-7a>
- [33] LINAK.cz [online] <https://www.linak.cz/produkty/line%C3%A1rn%C3%AD-pohony/la25/>
- [34] CNCshop.cz [online] http://www.cncshop.cz/pruzne-spojky_c?fbclid=IwAR1bauc5dQi7Z9Zaa1-GNMTBK41zFghxGeXDfhsivfozJiXJPBDx5tCiq4w
- [35] CNCshop.cz [online] <http://www.cncshop.cz/ips-8-indukcni-snimac-m8x1-kabel-1-5m>
- [36] CNCshop.cz [online] <http://www.cncshop.cz/wbk-loziskova-jednotka-pevne-uchyceni>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	ampér
V	volt
KHz	kilohertz
N	newton
mm	milimetr
Nm	newtonmetr
Ω	ohm
S355	značení ocele
kg	kilogram
μm	mikrometr
M	moment
L	vzdálenost
k	koeficient bezpečnosti
m	hmotnost
x_{max}	maximální zdvih
F	síly
f	koeficient uložení
E	modul pružnosti
d	průměr
η	účinnost
S_s	stoupání šroubu
k_s	převod šroubu
n	otáčky
P	stoupání závitu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Správné sezení u počítače.....	13
Obr. 2. Zdravotní kancelářská židle.....	14
Obr. 3. Typy mechanik židle.....	15
Obr. 4. Ergonomická klávesnice.....	19
Obr. 5. Textilní a gelová podložka.....	19
Obr. 6. Rozdíl při držení ergonomické myši a klasické myši.....	20
Obr. 7. Základní rozměry pro volbu ergonomické myši.....	20
Obr. 8. Konstrukční výrobky z ocele.....	22
Obr. 9. Hliníkové profily a součásti.....	23
Obr. 10. Příklady kompozitních součástí.....	24
Obr. 11. Synergetický efekt.....	25
Obr. 12. Částicový kompozit a skeletový kompozit.....	26
Obr. 13. Typy vláknových kompozitů.....	26
Obr. 14. Metoda FDM.....	28
Obr. 15. Metoda SLA.....	29
Obr. 16. Metoda SLS.....	30
Obr. 17. Metoda LOM.....	31
Obr. 18. Model z materiálu ABS.....	32
Obr. 19. Model z materiálu WPC.....	32
Obr. 20. Model z materiálu Lay-brick.....	33
Obr. 21. Model z materiálu TPE.....	33
Obr. 22. Příklady vakuového lití kovu a polyuretanu.....	34
Obr. 23. Princip krokového mototu.....	35
Obr. 24. Schéma krokového motoru s pasivním rotorem.....	36
Obr. 25. Schéma krokového motoru s aktivním rotorem.....	36
Obr. 26. Konstrukce hybridního krokového motoru.....	37
Obr. 27. Servomotor.....	39
Obr. 28. Lineární vedení.....	39
Obr. 29. Pneumatické pohony.....	40
Obr. 30. Hydrostatické pohony.....	41
Obr. 31. Zero Gravity Workstation 9.....	45
Obr. 32. Gravitonus Workstation.....	46
Obr. 33. Acer's Predator Thronos.....	47

Obr. 34. Pohybové osy Y, B, D, E, F, G.....	49
Obr. 35. Pohybové osy X, A, Z, C.....	49
Obr. 36. Částečný řez uložením kostry a středního rámu.	50
Obr. 37. Uložení v horní úvrati pohonu osy X a popis základních prvků.	50
Obr. 38. Poloha sil při spodní úvrati (bez náklonu).....	51
Obr. 39. Poloha sil v horní úvrati (při náklonu).....	52
Obr. 40. Základní prvky kyvného ramene.	53
Obr. 41. Združený pohyb pomocí lana č.2.	53
Obr. 42. Pohon v ose Y a popis jednotlivých částí.	54
Obr. 43. Detailní pohled na osu Y.	55
Obr. 44. Poloha sil v rameni a monitoru.....	56
Obr. 45. Závislost kroutícího momentu na počtu otáček za minutu.	58
Obr. 46. Poloha nožní opěrky v dolní úvrati a horní úvrati.	59
Obr. 47. Umístění a základní prvky pohybu osy Z.	60
Obr. 48. Pohon kolem osy D s popisem základních prvků.....	61
Obr. 49. Uložení indukčního snímače a pohonu kolem osy D.	61
Obr. 50. Uložení pohyblivé části kolem osy D.....	62
Obr. 51. Hnané kolo.....	62
Obr. 52. Základní prvky podpěrky.....	63
Obr. 53. Pouzdro pro matice.....	63
Obr. 54. Umístění a základní prvky držáku klávesnice.	64
Obr. 55. Uchycení monitoru k rameni.	64
Obr. 56. Řídicí jednotka typu EM705 pro dvoufázové krokové motory. [32]	65
Obr. 57. Indukční snímač typu IPS-8. [35]	66
Obr. 58. Lineární pohon typu LA25. [33].....	67
Obr. 59. Pružná spojka LK20-C30-10/10. [34]	67
Obr. 60. Krokový elektromotor typu 86CM85. [31]	68
Obr. 61. Krokový elektromotor typu 57HS22. [31]	68
Obr. 62. KF10 ložisková jednotka. [36]	69
Obr. 63. Základní rám s popisem hlavních částí.....	70
Obr. 64. Střední rám s popisem hlavních částí.	70
Obr. 65. Kostra s popisem hlavních částí.	71
Obr. 66. Rameno s popisem hlavních částí.....	71
Obr. 67. Ovládací panel a popis funkcí.	72

Obr. 68. Konečný vzhled pracovní stanice otevřené stanice.	76
Obr. 69. Konečný vzhled pracovní stanice v náklonu.	77
Obr. 70. Konečný vzhled pracovní stanice bez náklonu, v provozu.	78

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Antropologické rozměry pro muže a ženy v české populaci pro výběr optimální pracovní židle. [1, 12]	17
Tab. 2. Porovnání dostupných prouktů na trhu.....	47
Tab. 3. Kalkulace nákladů na prototyp.	73
Tab. 4. základní parametry navržené stanice.	75

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: CD disk, který obsahuje tuto práci v elektronické podobě a sestavu stanice ve formátu step.

