VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

NÁVRH PRACOVIŠTĚ OBSLUHY OBRÁBĚCÍHO CENTRA

DESIGN OF OPERATOR WORKPLACE OF MACHINING CENTER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR´S THESIS

AUTOR PRÁCE JAN KŘÍŽ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE ING. TOMÁŠ NOVOTNÝ
SUPERVISOR

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Akademický rok: 2011/12

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jan Kříž

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

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

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

Návrh pracoviště obsluhy obráběcího centra

v anglickém jazyce:

Design of operator workplace of machining center

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Klíčovým prostorem z pohledu zkoumání interface člověk - obráběcí stroj je teritorium vyhrazené obsluze, člověku, který stroj ovládá, pracuje s ním. Ovládací prvky (panely) musejí vycházet z antropometrických daností, norem a poznatků pracovní psychologie. Cílem je vytvořit pro obsluhu takové pracovní prostředí, které ji nebude nadbytečně unavovat, rozptylovat a umožní jí v optimálních podmínkách stroj ovládat. K důležitým specifikům patří uchování vizuálního kontaktu obsluhy s vlastním obráběním při zachování komfortu práce a bezpečnostních omezení.

Cíle bakalářské práce:

Student provede pomocí dostupných literárních pramenů a technických norem rešerši v oblasti problematiky návrhu pracovišť obsluhy obráběcích center. Na základě rešerše provede setřídění a optimalizaci všech kritérií a technických parametrů nutných pro vytvoření kvalitního a hlavně bezpečného pracovního prostředí (patří sem např. ochrana před odletujícími třískami, vhodné osvětlení, odkládací plochy pro umístění technických podkladů, výkresů, pracovních pomůcek, účelné sezení obsluhy – klasické nebo polovysoké – podle koncepce stroje atd.). Součástí bakalářské práce bude seznam technických norem souvisejících s problematikou návrhu obslužných pracovišť.

Seznam odborné literatury:

- Marek, J.: Konstrukce CNC obráběcích strojů. MM publishing, s.r.o., Praha: 2006, ISSN 1212-2572
- Hlinovský, J.; Marek, J.; Blecha, P.; Mareček, J.: Management rizik v konstrukci výrobních strojů. MM publishing, s.r.o., Praha: 2009, ISSN 1212-2572
- www.infozdroje.cz
- ČSN EN ISO 12100-1/2004
- www.mmspektrum.com
- www stránky výrobců obráběcích strojů

Vedoucí bakalářské práce:Ing. Tomáš Novotný

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne 6.11.2011

L.S.

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ DĚKANÁT

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Předložená práce obsahuje parametry a pravidla důležité pro návrh rozhraní mezi obráběcími centry a jeho obsluhou. Veškeré informace byly získány rešerší v odborné literatuře a technických normách a následně setříděny podle prvků, ke kterým se vztahují. Práce obsahuje aktuální rozměry lidské postavy, popis jednotlivých prvků rozhraní s odkazy na normy týkající se daného prvku. Dále je v práci uveden příklad optimalizovaného rozložení klávesnice pro obráběcí stroje a metody vhodné k návrhu prostorového uspořádání pracoviště. V závěru je zhodnocen stav současně dostupné literatury a technických norem.

KLÍČOVÁ SLOVA

obráběcí centrum, CNC stroj, ergonomie, antropometrické parametry, rozhraní člověk-stroj, ovladače, sdělovače, barevné značení, piktogramy, akustické signály, bezpečnost, zorné pole, obrazovka, světelné indikátory, stupnice, stiskací tlačítko, otočný přepínač, točítko, klávesnice, ruční kolečko, Stop tlačítko, klíč, pedál, pracovní prostor obsluhy, pracovní cyklus, osvětlení, třídění bezpečnostních norem

ABSTRACT

The presented work contains the parameters and rules relevant for the design of the interface between the machining center and it's operator. All of information were obtained by search in scientific literature and technical standards and subsequently were sorted according to the elements to which they relate. The work contains the actual anthropometric dimensions, description of the interface elements with references to standards which relate to them. The study also shows an example of an optimized keyboard layout for machine tools and methods applicable to design the spatial layout of the workplace. In conclusion there is evaluate the state of currently available literature and technical standards.

KEYWORDS

machining center, CNC machine, ergonomics, anthropometric parameters, human-machine interface, controllers, communication, color coding, pictograms, acoustic signals, safety, field of view, the screen, light indicators, the scale, press button, rotary switch, keyboard, handwheel, Stop button, key, pedal, operator's workspace, operating cycle, lighting, safety standards classification

Bibliografická citace

KŘÍŽ, J. *NÁVRH PRACOVIŠTĚ OBSLUHY OBRÁBĚCÍHO CENTRA.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 43 s. Vedoucí Ing. TOMÁŠ NOVOTNÝ.

Čestné prohlášení

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

V Brně dne 24. května 2013

.....

Jan Kříž

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu Ing. Tomáši Novotnému za konzultace, rady a připomínky, které mi během psaní bakalářské práce poskytl.

Obsah

Úvod....9
1 Ergonomie....10
1.1 Fyzické parametry člověka....11
1.2 Rozhraní obráběcích strojů....14
2 Prvky rozhraní....18
2.1 Sdělovače....18
2.1.1 Obrazovka....21
2.1.2 Kontrolky a světelné indikátory....22
2.1.3 Stupnice otočných regulátorů....22
2.1.4 Piktogramy na tlačítkách....22
2.1.5 Akustické signály....24
2.2 Ovladače....25
2.2.1 Stiskací tlačítko....28
2.2.2 Otočný přepínač....28
2.2.3 Otočný knoflík (točítko)....28
2.2.4 Klávesnice....29
2.2.5 Ruční kolečko....30
2.2.6 Stop tlačítko....30
2.2.7 Klíč....30
2.2.8 Pedál....31
3 Pracovní prostor obsluhy....32
3.1.1 Pracovní cyklus....34
3.1.2 Barva....36
3.1.3 Osvětlení....38
4 Bezpečnost....40
4.1 Třídění norem....40
Závěr....42
Použitá literatura....43
Internetové zdroje....43
Použité obrázky....44
Přílohy....45
Seznam norem....45
Elektronické přílohy....47

Úvod

Lidé si již od pradávna vytvářeli nástroje pro běžné činnosti, které vykonávali. Tyto nástroje se postupem času zdokonalovaly souběžně se vzrůstající náročností lidských činností a také s lidskými znalostmi. Z jednoduchých nástrojů se postupem času vyvíjely stroje různého druhu i využití. S poznáním výroby a možností kovů začala vznikat i potřeba kovy zpracovávat a utvářet z nich výrobky denní potřeby. Postupem času se začaly objevovat první obráběcí stroje, které do dnešního dne prošly značným vývojem. Cílem této práce je přispět k tomuto vývoji a shrnout informace sloužící k návrhu pracoviště, který bude co nejvíce vyhovovat lidem pracujícím na těchto strojích.

Předložená bakalářská práce se zabývá rozborem dostupných literárních pramenů a technických norem v oblasti problematiky návrhu pracoviště obsluhy obráběcích center, výtahem podstatných informací a následným vlastním přehodnocením. Cílem práce je setřídění a optimalizace všech kritérií a technických parametrů potřebných pro vytvoření kvalitního a bezpečného pracovního prostředí.

Na dané téma existuje pouze omezené množství odborné literatury. Nejvíce informací poskytují technické normy, související s problematikou návrhu obslužných pracovišť. Část těchto norem, ze kterých práce vychází, bude uvedena v závěrečné části práce.

V první kapitole mé práce bude objasněn termín ergonomie – vědy, jež je základem tvorby návrhů zaměřených na člověka. Dále budou uvedeny rozměrové parametry lidské postavy, které jsou stěžejní pro navrhování rozhraní mezi strojem a člověkem. Také bude předložena a objasněna tabulka s rozměry částí lidského těla, která je základem pro návrh pracovišť, a lze ji univerzálně použít u všech typů pracovišť.

Ve druhé kapitole pak budou popsány a rozvedeny prvky rozhraní - sdělovače a ovladače. V každé z podkapitol budou uvedeny parametry pro jednotlivé prvky, které je nutné při návrhu zohlednit.

Následující kapitola s názvem Pracovní prostor obsluhy se zaobírá parametry a metodami pro rozvržení pracovního prostoru obsluhy. Zde budou popsány požadavky na barevné provedení a osvětlení prostoru pracoviště.

Poslední kapitola je věnována problematice bezpečnosti práce. Bude v ní uvedeno základní roztřídění bezpečnostních norem a také zmíněny normy, které nebyly zapracovány do předchozího textu.

1 Ergonomie

L. Chundela [VI.] definuje ergonomii jako interdisciplinární systémový vědní obor, který komplexně řeší činnost člověka i jeho vazby s technikou a prostředím, s cílem optimalizovat jeho psychofyzickou zátěž a zajistit rozvoj jeho osobnosti.

Touto optimalizací zátěže lze získat především vysokou efektivitu práce a snížit výskyt pracovních úrazů. Z ergonomie vyplývají různá hlediska, která je nutné během návrhu zohlednit. Některé z nich nalezneme v normě [37.]. Jsou to:

- antropometrická hlediska
- poznávací hlediska (slučitelnost zobrazení informací/ovládání, tolerance lidské chyby)
- fyziologické schopnosti
- hlediska okolí

Návrh rozhraní stroje má být zaměřen na člověka, proto by pochopení používání ovladačů a sdělovačů mělo být snadné. V úvahu se má brát bezpečnost, použitelnost a lidské charakteristické rysy (vnímání, účel vnímání, postřeh, mezilidská komunikace, atd.) Při návrhu pracoviště nám napoví norma [5.]. Definuje zásady, které je třeba aplikovat při návrhu rozhraní člověk-stroj, jsou to tyto:

- zásada rozložení funkcí – rozložení funkcí mezi obsluhu a stroj
- zásada složitosti – v souladu s požadavky úkolu mají být využity možnosti snížit jeho složitost
- eliminace složitostí – zvláštní pozornost věnovat složitosti struktury úkolu a typu i množství informací, které má obsluha zpracovat
- seskupování – uspořádat sdělovače a ovladače do skupin tak, aby jejich použití odpovídalo pracovnímu postupu
- identifikace – ovladače a sdělovače mají být snadno rozlišitelné
- vzájemné funkční vztahy – seskupení ovladačů a sdělovačů má odpovídat jejich vzájemným funkčním vztahům
- dostupnost informací – informace o stavu mají být snadno přístupné, aniž by byla obsluha rušena jinými činnostmi

- zdvojení – ovladač-sdělovač, další opatření, zejména pokud může přispět k celkové bezpečnosti systému
- přístupnost – informace mají být snadno přístupné
- pohybový prostor – pohyby těla potřebné k obsluze ovladačů by neměly být příčinou pracovního diskomfortu
- shodnost se znalostmi – funkce, pohyb a poloha ovladačů a sdělovačů má odpovídat tomu, co obsluha očekává na základě zkušeností z předchozí praxe nebo výcviku
- zásada shodnosti ovládání – podobné části systému stroj-člověk mají být ovládány shodným způsobem
- zásada opravy chyb – systém má být schopen provádět kontrolu chyb a poskytnout obsluze prostředky a potřebný čas pro jejich opravu
- zásada flexibility – systém má umožnit úpravy s ohledem na individuální potřeby obsluhy (úpravy s ohledem na individuální potřeby → maximální přenastavitelnost prvků)

Pro nejoptimálnější rozložení funkcí mezi obsluhu a stroj je vhodné zvážit požadavky na úkol a kvalifikaci obsluhy. Je nutné zajistit, aby stroj nekladl na obsluhu nepřiměřené požadavky (například rychlost a přesnost reakce, sílu potřebnou k manipulaci s ovladači nebo sledování malých změn na sdělovačích). Aby obsluha snadno rozeznala funkce sdělovačů a ovladačů a pochopila jimi řízený proces, mělo by být rozhraní vytvořeno shodně s očekáváním uživatele (shodnost se znalostmi, shodnost s praxí, shodnost ovládání → podobné systémy).

1.1 Fyzické parametry člověka

Abychom byli schopni navrhovat jakékoliv technické zařízení, které bude v přímém kontaktu s člověkem, potřebujeme znát také parametry lidí, pro které budeme zařízení navrhovat. Mezi základní parametry lidského těla důležité pro návrh patří bezesporu jeho rozměry. Ovšem každý člověk má jinou tělesnou stavbu a pokud navrhneme zařízení podle jedné postavy, pak bude vyhovovat pouze lidem se stejnou nebo podobnou postavou. Řešením je využití antropometrických výzkumů. Jak uvádí [IV.] při využití antropometrických údajů se nejčastěji chybuje v tom, že se při projekci vezmou za základ údaje, které nejsou reprezentativní pro skupinu lidí, jenž má s daným strojem pracovat. Této chyby je však velmi těžké se vyvarovat. Jak jsem zjistil při rešerši, potřebné údaje jsou obtížně dohledatelné, popřípadě

Tabulka 1.1 Tělesné rozměry – procenta

kóta	ROZMĚR	muž[%]	žena[%]
1	výška těla	100,0%	100,0%
2	výška očí	94,0%	93,0%
3	výška ramen	82,0%	81,0%
4	výška lokte	62,0%	62,0%
5	výška kolena	29,0%	30,0%
6	rozpětí paží	106,0%	100,0%
7	délka natažené paže od zdi	49,0%	43,0%
8	délka ohnutého předloktí	27,0%	26,0%
9	šířka ramen	26,0%	24,0%
10	šířka prsou	13,0%	15,0%
11	šířka boků	18,0%	21,0%
12	výška těla nad sedadlem	51,0%	51,0%
13	výška očí nad sedadlem(vzpřímeně)	45,0%	44,0%
14	výška očí nad sedadlem(uvolněně)	41,0%	41,0%
15	výška ramen nad sedadlem	34,0%	33,0%
16	výška lokte nad sedadlem	13,0%	13,0%
17	vzdálenost hýždě – koleno	35,0%	34,0%
18	délka dolní části stehna	27,0%	28,0%
19	výška jamky podkolenní	26,0%	25,0%
20	výška stehna v sedě	7,5%	8,5%
21	délka chodidla	15,5%	15,0%
22	šířka chodidla	5,7%	5,5%
23	délka ruky	11,0%	10,5%
24	šířka ruky	5,5%	4,8%
25	délka paže	40,0%	40,0%

data vůbec neexistují. Ve skriptech L. Chundely [XI.] nalezneme tabulku 1.1, podle které lze vypočítat všechny důležité rozměry na základě tělesné výšky člověka. V jiných [VI.] uvádí tabulku předpokládaných rozměrů lidského těla pro rok 2000. Z mého pohledu je použití předpokládaných rozměrů naprosto nevhodné, proto jsem vyhledal údaje z rozsáhlého výzkumu NHANES [XII.]. Jedná se o údaje z let 2007 – 2010, získané od cca 20 000 lidí v USA. Ve výzkumu jsou zahrnuti lidé všech věkových kategorií, což nám umožňuje uzpůsobit návrh tak, aby vyhovoval všem pracovníkům. Podobná data pro Evropskou oblast lze nalézt v normě [43.]. Bohužel uvedený zdroj je datován do roku 1998 a nepodařilo se jej získat, tudíž nebylo možné ověřit aktuálnost uvedených rozměrů. Norma rozlišuje pouze menší typ a větší

Tabulka 1.2 Tělesná výška - extrémy

	Percentil			
	muži		ženy	
Extrémní hodnoty výzkumu NHANES	95	5	95	5
	189,5	157,2	176,5	143,8

typ postavy, a hodnoty P5 většího a P95 menšího typu uvádí jako totožné. Z tabulky 1.2 se lze přesvědčit, že tyto údaje získané z výzkumu se výrazně liší.

Z tabulek NHANES byli vybrány extrémní hodnoty pro 5% a 95% percentil (P5, P95), odděleně pro muže a ženy. Výsledné hodnoty jsou v tabulce 1.2. Tyto hodnoty byly zaokrouh-

Tabulka 1.3 Tělesné rozměry - milimetry

kóta	ROZMĚR	muž 5%[mm]	muž 95%[mm]	žena 5%[mm]	žena 95%[mm]	minimální rozměr [mm]	maximální rozměr [mm]	rozdíl MIN-MAX [mm]
1	výška těla	1570	1900	1430	1770	1430	1900	470
2	výška očí	1475,8	1786	1329,9	1646,1	1329,9	1786	456,1
3	výška ramen	1287,4	1558	1158,3	1433,7	1158,3	1558	399,7
4	výška lokte	973,4	1178	886,6	1097,4	886,6	1178	291,4
5	výška kolena	455,3	551	429	531	429	551	122
6	rozpětí paží	1664,2	2014	1430	1770	1430	2014	584
7	délka natažené paže od zdi	769,3	931	614,9	761,1	614,9	931	316,1
8	délka ohnutého předloktí	423,9	513	371,8	460,2	371,8	513	141,2
9	šířka ramen	408,2	494	343,2	424,8	343,2	494	150,8
10	šířka prsou	204,1	247	214,5	265,5	204,1	265,5	61,4
11	šířka boků	282,6	342	300,3	371,7	282,6	371,7	89,1
12	výška těla nad sedadlem	800,7	969	729,3	902,7	729,3	969	239,7
13	výška očí nad sedadlem(vzpřímeně)	706,5	855	629,2	778,8	629,2	855	225,8
14	výška očí nad sedadlem(uvolněně)	643,7	779	586,3	725,7	586,3	779	192,7
15	výška ramen nad sedadlem	533,8	646	471,9	584,1	471,9	646	174,1
16	výška lokte nad sedadlem	204,1	247	185,9	230,1	185,9	247	61,1
17	vzdálenost hýždě – koleno	549,5	665	486,2	601,8	486,2	665	178,8
18	délka dolní části stehna	423,9	513	400,4	495,6	400,4	513	112,6
19	výška jamky podkolenní	408,2	494	357,5	442,5	357,5	494	136,5
20	výška stehna v sedě	117,75	142,5	121,55	150,45	117,75	150,45	32,7
21	délka chodidla	243,35	294,5	214,5	265,5	214,5	294,5	80
22	šířka chodidla	89,49	108,3	78,65	97,35	78,65	108,3	29,65
23	délka ruky	172,7	209	150,15	185,85	150,15	209	58,85
24	šířka ruky	86,35	104,5	68,64	84,96	68,64	104,5	35,86
25	délka paže	628	760	572	708	572	760	188

leny na celé centimetry směrem nahoru pro maximum a směrem dolu pro minimum, a následně převedeny na milimetry. Za pomoci údajů ze skript [XI.] pak byla vytvořena tabulka 1.3, ve které najdeme nejdůležitější rozměry lidského těla. Tyto rozměry využijeme při vlastním návrhu. Poslední sloupec pak představuje rozsah nastavitelnosti projektovaných prvků.

Rozměry lidské postavy je nutné zohlednit co nejdříve neboť, jak uvádí norma [14.], začátkem procesu navrhování se musí provést srovnání mezi tělesnými rozměry předpokládaných pracovníků (předpokládané uživatelské populace) a rozměry strojního zařízení. Může se přitom použít několik způsobů:

- pomocí norem (EN 547-1, EN 547-2, EN 547-3, [3.])
- plošných šablon
- počítačových modelů lidského těla

Dále norma pojednává o pracovních polohách a uvádí vhodnost jejich použití. Pokud bude použito počítačového modelu je třeba ověřit použitelnost a přesnost antropometrických údajů. Touto problematikou se zabývá norma [31.], která mimo jiné uvádí, že validitu počítačového modelu lidského těla ve značné míře určuje dostupnost a přesnost údajů o antropometrických rozměrech. Údaje o antropometrických rozměrech v normalizovaných polohách jsou dostupné pro mnoho zájmových skupin populace, ale chybějí pro mnoho jiných a do značné míry jsou zastaralé. Populační údaje potřebné pro detailní modelování tělesného povrchu stejně jako údaje pro biomechanické modelování nejsou v současné době k dispozici. V praxi byly často pro požadované parametry užívány jen odhady.

Pokud bude vytvářena nová antropometrická databáze pak je třeba zohlednit normu [35.], která se zabývá metodami snímání a dále normu [39.], kde jsou definovány požadavky na vzájemně porovnatelné databáze.

Norma [13.] se zabývá silami vynakládanými při práci. Tato problematika není v rámci této práce více rozváděna.

1.2 Rozhraní obráběcích strojů

Obráběcí stroje lze v současnosti rozdělit dle mnoha hledisek. Z pohledu ergonomie a obsluhy je nejdůležitější hledisko ovládání. Hlavní dělení je na následující kategorie:

- konvenční
- CNC stroje

U konvenčního stroje jsou všechny pohyby vykonány přímým zásahem obsluhy stroje. Typické pro tyto stroje je velké množství ručních kol nebo pák, kterými se stroj ovládá. Dnes

se tento druh strojů využívá především v kusové výrobě a v opravárenství, kde by řízení počítačem nepřineslo velké výhody. Jako zástupce konvenčních strojů můžeme uvést soustruh SV-18, který je na obrázku 1.1. Jsou zde zřetelně vidět ovládací kola a páky.

Obrázek 1.1: Soustruh SV - 18

CNC obráběcí stroj definuje literatura [43] jako obráběcí stroj, který je numericky řízen a konstrukčně uzpůsoben tak, aby pracoval v automatickém cyklu a měl automatickou výměnu nástrojů. U CNC řízení jsou veškeré pohyby vykonávány pomocí motorů, které jsou řízeny PLC automatem nebo počítačem. Z toho vyplývá velký rozdíl v obsluze konvenčního a CNC stroje. Obsluha dnešních obráběcích center se více podobá obsluze počítače než konvenčního stroje. Rozhraní stroje sestává především z ovládacího panelu, na němž jsou umístěny všechny prvky pro ovládání stroje. Zřetelně je to vidět na obrázku 1.2 frézky s CNC řízením.

Obrázek 1.2: CNC frézka

Obrázek 1.3 Sinumerik – ovládací panel

Provedení panelu řídicího systému Sinumerik 802D je pro doplnění uvedeno na obrázku 1.3, kde vidíme hlavní obrazovku panelu operátora a po stranách obslužná tlačítka.

Tlačítka jsou nezbytná, protože obrazovka není v dotykovém provedení. Pod obrazovkou je klávesnice, rozdělená na tři části. Vlevo a uprostřed jsou alfanumerické znaky, vpravo pak klávesy pro ovládání a orientaci v menu řídicího sytému. Panel vpravo od obrazovky slouží k ovládání jednotlivých os stroje. V levém sloupci jsou klávesová tlačítka. V pravém sloupci jsou v pořadí odshora: Stop tlačítko, přepínač pro ovlivnění rychlosti otáček, přepínač pro ovlivnění rychlosti posuvů. Výrobce stroje většinou doplňuje základní ovládání o panel s tla-

Obrázek 1.4: Sinumerik - ruční jednotka

čítky pro specifické a nejčastěji používané funkce, nutné pro ovládání. Taková tlačítka jsou pak označena piktogramy, které vyjadřují jejich funkci.

Dalším možným ovládacím prvkem je ruční jednotka, která je uvedena na obrázku 1.4, z něhož je patrné, že obsahuje redukovanou verzi klávesnice, přepínač pro ovládání rychlosti posuvů a ruční kolečko. Provedení a použitá tlačítka se liší podle výrobců, avšak základní funkce jsou vždy stejné. Kolečko představuje zmenšenou, elektronickou variantu ručního kola

konvenčních strojů. Tento druh ovladače je velice praktický, zejména při seřizování a ustavení obrobku. Především je zajímavá možnost mobility a magnetické uchycení na téměř jakoukoliv část stroje v dosahu přívodního kabelu.

2 Prvky rozhraní

Z předchozího textu lze získat představu o tom, jak vypadá uživatelské rozhraní řídicího systému CNC stroje. Samozřejmě existuje mnoho variant a druhů řídicích systémů, avšak základní ovládací prvky a jejich rozdělení je velice podobné, proto byl zmíněn pouze systém Sinumerik. Nyní provedeme rozbor tohoto rozhraní.

Za pomoci literatury [VI.] a [IX.] zjistíme, že prvky řídicího systému dělíme do dvou základních kategorií:

- sdělovače
- ovladače

V normě [40.] nalezneme různé způsoby pro kódování těchto prvků (např. barvou, zvukem, tvarem, vibracemi). Dále bude věnována pozornost každé skupině prvků zvlášť.

2.1 Sdělovače

Za sdělovače považujeme zařízení, která informují člověka o chodu stroje nebo o sledovaných parametrech. Lze rozlišit několik druhů sdělovačů a to hned podle několika kritérií. Pro řešení pracoviště obsluhy CNC centra je nejdůležitějším kritériem smysl, kterým dané sdělení vnímáme. Rozlišujeme tyto druhy:

- zrakový (vizuální, optický)
- sluchový (auditivní, akustický)
- hmatový (taktilní)
- ostatní smysly

Podrobnější informace o sdělovačích lze získat v literatuře [VI.] a [IV.]. Z obrázku [1.2] lze nyní zjistit jaké druhy sdělovačů jsou použity pro rozhraní obráběcího centra. Jsou to:

- obrazovka
- kontrolky a světelné indikátory
- stupnice otočného regulátory (otáček a posuvu)
- piktogramy na tlačítkách

Při návrhu je třeba dodržovat určitá pravidla. Pomoci nám může norma [37.], v níž jsou některá pravidla uvedena. Zjistíme že sdělovače a ovladače:

- mají pracovat v určitém smyslu, aby se redukovala pravděpodobnost omylů.
- mají být vybrány, navrženy a rozvrženy tak, aby byly slučitelné s vlastnostmi lidského vnímání a úkolem, který mají vykonávat.

Vizuální sdělovače se používají k přenosu velkého množství informací k obsluze různými způsoby. Jejich umístění vzhledem k obsluze určují fyziologické a funkční požadavky obsluhy a nepřerušovaný směr pohledu při provádění úkolů. Velikost zrakového pole obsluhy limituje počet sdělovačů, které mohou být současně provozovány. Rozlišují se dva typy vizuálních úkolů:

- detekční – obsluha musí být upozorněna systémem
- monitorovací – obsluha aktivně vyhledává informace

Pro detekční a monitorovací účely se rozlišují tři zóny s klesající výkonností při detekcí vizuálního signálu. Tabulka 2.1 udává tento rozsah pro detekční úlohy, hodnoty jsou pro horizontální i vertikální směr totožné.

Tabulka 2.1 Zorné pole – detekční úlohy

Zóna účinnosti detekce	Použitelnost	Rozsah od směru pohledu
A: doporučená	kdekoliv je to možné	±15°
B: přijatelná	pokud nelze použít A	±30°
C: nevhodná	nepoužívat	30° a více

Tabulka 2.2 udává tento rozsah pro monitorovací úlohy, hodnoty pro horizontální a vertikální směr se tentokrát liší. V obou případech se rozsah myslí od normálního směru pohledu, který je 15° až 30° pod horizontem.

Vizuální sdělovače nemají být umístěny mimo doporučenou a přijatelnou zónu, pokud není poskytnuto odpovídající vhodné konstrukční řešení. Příkladem jsou doplňující akustické sdělovače, nebo jiná zařízení, která nevyžadují změnu polohy obsluhy. V nevhodné zóně mohou být umístěny pouze sdělovače, které nejsou rozhodující pro bezpečný provoz. V přípa-

Tabulka 2.2 Zorné pole – monitorovací úlohy

Zóna účinnosti detekce	Použitelnost	Rozsah od směru pohledu vertikálního	Rozsah od směru pohledu horizontální
A: doporučená	kdekoliv je to možné	±15°	±15°
B: přijatelná	pokud nelze použít A	±40°	±35°
C: nevhodná	nepoužívat	40° a více	30° a více

dě že je důležitá schopnost rozlišovat barvy, musí být krajní meze přijatelné zóny redukovány. Důvodem je menší zorné pole pro vnímání barev, než pro bílé světlo.

Norma [6.] definuje funkční vztahy mezi ovladači a sdělovači. Prvním typem je vztah kdy obsluha vyhledává a pozoruje sdělovač. Druhým typem je vztah, kdy je pozornost obsluhy soustředěna na určitý sdělovač, nebo je upozorněna jedním či více typy sdělovačů.

Pro oba vztahy platí že nejčastěji používané nebo nejdůležitější sdělovače mají být přednostně umístěny v bezprostřední blízkosti přirozeného směru pohledu obsluhy. Sdělovače menší důležitosti mohou být umístěny v periferii vidění.

Konstrukčním řešením mají být vytvořeny podmínky k maximální účinnosti varovných a výstražných sdělovačů vyžadujících pozornost. Protože lidský zrakový systém je citlivý na změny ve vizuálním prostředí, je vhodné volit přerušovanou charakteristiku signálu. Současně s tím je žádoucí snížit osvětlenost, aby se zabránilo vytváření přetrvávajících zrakových vjemů. Může být také užitečné zdvojit akustický sdělovač s vizuálním sdělovačem s trvale nízkou intenzitou světla.

Opět v normě [6.] jsou také uvedeny důležité faktory prostředí. Nejdůležitější jsou osvětlení a vibrace. Součástí konstrukčního řešení sdělovačů má být omezení nepříznivého vlivu těchto faktorů.

Při použití pasivních sdělovačů (neemitujících světlo) má být intenzita osvětlení nejméně 200lx. Kde to není možné musí být provedena kompenzace:

- zvětšení sdělované informace
- místní osvětlení
- aktivní osvětlení (sdělovače emitující světlo)

Je nutno zabránit vzniku vysoce kontrastních stínů nebo odrazů, které ruší vnímání. Zdroj osvětlení pracovního místa, které se může odrážet na sdělovačích, má být instalován v takových úhlech, které zohledňují přirozený směr pohledu.

Odečet údajů může být ovlivněn trvalými nebo přechodnými vibracemi sdělovačů nebo obsluhou. Nízká frekvence (1-3Hz) vertikálních vibrací digitálních sdělovačů způsobuje velké chyby v odečtech, které jsou přímo úměrné zrychlení a to při zrychleních nad $5ms^{-2}$.

Chyby v odečtech se zvyšují při frekvencích 3Hz až 20Hz. Pokud dochází k synchronizaci obsluhy a sdělovačů s vertikálními vibracemi, odečet údajů při frekvenci pod 3Hz je méně zatěžován chybami, a toto zatížení úměrně klesá s vyššími frekvencemi. Kompenzační opatření:

- vysoká svítivost sdělovače zvyšující kontrast nad obvyklou úroveň
- šířka kritického detailu ve směru vibrací má být mezi 5% až 7% výšky zobrazovaného kritického detailu
- frekvence vibrací sdělovače odpovídající frekvenci vibrací obsluhy

Další podmínkou usnadňující detekci signálu je, že směr pohledu obsluhy nesmí být přerušován v žádné pracovní poloze, která je ergonomicky přijatelná, nebo je důsledkem antropologických znaků příslušné populace.

Dobrou identifikaci umožňuje zobrazení informace v černé a bílé barvě. Barevné rozlišení může pomoci při detekci tam, kde se vyskytuje mnoho symbolů, nebo kde musí obsluha vyhledávat specifické informace. Jednobarevné okolí sdělovačů může napomáhat ke zvýšení vazby mezi sdělovači.

Ve všech podmínkách má být zajištěna vysoká kvalita sdělení. Čím vyšší kontrast tím lépe. Záměna sdělovačů má být minimalizována použitím odlišných tvarů, barev, označením, nebo pomocí jiných vhodných prostředků pro odlišení jednoho sdělovače od druhého. Kontrastní poměr mezi pozadím a popředím emitujícího sdělovače má být nejméně 3:1, doporučeno je 6:1.

2.1.1 Obrazovka

Obrazovka umožňuje zobrazit více informací najednou, navíc lze zobrazované informace modifikovat podle aktuálního kontextu. Její využití je tedy velmi univerzální. Efektivita a účelnost zobrazovaných informací je však zcela v rukou výrobce řídicího systému.

Grafické reprezentaci trojrozměrných objektů se mimo jiné věnuje norma [37.]. Uvádí, že při zobrazení tří rozměrů na dvourozměrný prostor je nevyhnutelná ztráta některých informací. Pro prevenci nebo omezení důsledků takové změny je doporučeno následující:

- osu s nejmenšími účinky zobrazovat jako podélnou

- pokud všechny tři osy mají shodný význam pro vykonávání úkolu může se zvážit abstraktní nebo idealizovaný virtuální prostor
- pokud narůstá nedostatečná prostorová orientace, mají být přijata protiopatření k pokrytí takové nedostatečnosti.

2.1.2 Kontrolky a světelné indikátory

Dalším druhem sdělovačů jsou optické kontrolky a indikátory, které mohou být použity samostatně nebo vestavěny do příslušného ovládacího tlačítka či klávesy. Vztahuje se na ně především výše uvedené pravidlo o emitujících sdělovačích, tj. dodržení kontrastního poměru vůči pozadí minimálně 3:1. Samozřejmostí je označení významu buď piktogramy, nebo popisem.

2.1.3 Stupnice otočných regulátorů

Stupnice u regulátoru je ve většině případů pouze orientační a konkrétní údaj je zobrazen jiným sdělovačem (display, obrazovka). Pokud není použit jiný sdělovač pak se stupnice navrhuje podle normy [6.], kde je popsán způsob výběru stupnic včetně příkladů vhodného a nevhodného provedení.

2.1.4 Piktogramy na tlačítkách

Symboly používané k označení funkce tlačítek u CNC strojů jsou uvedeny v normě [25.]. Symboly jsou odvozeny z několika základních, které vyjadřují související soubor funkcí. Jedním ze základních symbolů je šipka. Pokud vyjadřuje směr, je její provedení úzké a dlouhé, při označení např. řídicího režimu je její provedení krátké a širší. Taková šipka je pak výraznější. Dalšími základními symboly jsou:

- nosič dat – označení média informací

- program bez funkcí stroje – základ pro symboly označující program, při kterém nejsou vykonávány skutečné pohyby a pracovní operace

- program s funkcemi stroje – základ pro symboly programu při kterém jsou vykonávány pracovní pohyby a operace

- blok – označení funkcí, vztahujících se specificky k blokům programu

- počátek (nulový bod) – základní sjednocený tvar pro všechny funkce související s nulovým bodem

- korekce – označení funkcí korekce, zejména s ohledem na rozdílné rozměry nástrojů

- paměť – označení funkcí, ve kterých jsou uloženy prvky nebo informace při vstupu nebo vykonání systémem stroje.

- Záměna – užívá se se symboly označujícími prvky, které mají být zaměněny

Pokud nevystačíme se symboly z normy [25.], lze vyhledat i další v normě [34.]. Zde jsou uvedeny symboly pro použití téměř ve všech oborech, nevýhodou je pak rozsah normy.

2.1.5 Akustické signály

Akustické sdělovače dovolují vícesměrovou komunikaci s obsluhou, takže informace může být předána i tehdy, je-li obsluha zaměstnána jinými úkoly. Akustické sdělovače se používají tehdy, je-li již zrak obsluhy plně zaměstnán, pokud informace prezentovaná sdělovačem vyžaduje okamžitou reakci, pokud sdělení je jednoduché a krátké, nebo když se obsluha musí pohybovat kolem pracovního místa. Aby se zabránilo rozptylování osob pracujících poblíž, mají být akustické sdělovače umístěny tak, aby rušily co nejméně ostatní pracovní místa. Sdělovače mají být zkoušeny v podmínkách, ve kterých pracuje obsluha, aby bylo zajištěno, že budou odpovídat těmto požadavkům.

Norma [6.] dále uvádí, že obsluha má být schopna vypnout akustický sdělovač, zatímco vizuální sdělovač (se sdělením) zůstává v činnosti. Další informace nalezneme v normě [21.]. Příklady a význam signálů jsou uvedeny v tabulce 2.3.

Používat velký počet sdělovačů není vhodné, protože obsluha se může začít mýlit. Počet akustických sdělovačů, jejichž sdělení může být rozlišeno a interpretováno, závisí na okolních

Tabulka 2.3 Akustické signály

Signál	Význam	Použitý zvuk
Nebezpečí	naléhavá opatření na záchranu nebo ochranu	rozmítání, tónové impulsy, střídaní výšky
Pozor	v případě potřeby jednat	pouze zvuk s konstatním spektrem, min. 0,3s
Příkaz	nutnost předepsaných jednání	2-3 různé zvuky, každý s konstantním spektrem
Oznámení informace	veřejná instrukce	2-tónový gong
Všechno v pořádku	nebezpečí pominulo	zvuk s konstatním spektrem

podmínkách každého pracovního místa, na dovednosti a zkušenosti obsluhy. Tyto faktory se mají brát v úvahu při rozhodování o počtu použitých akustických sdělovačů. Pokud je nutný jejich velký počet, má se uvažovat o hlasitosti výstražného systému.

Kritérii vhodnými pro rozpoznání sluchových výstražných signálů, zvláště v případech, kde se vyskytují vysoké hodnoty hluku okolí se zabývá norma [33.]. O hluku na pracovišti a jeho snižování pojednává norma [1.] Základní metody jsou tyto:

- kryty
- tlumiče hluku
- zástěny

Obecně platí, že průmyslový hluk leží ve frekvenčním rozsahu 500 Hz až 2000 Hz. Příklady možností snížení hluku jsou k nalezení v přílohách normy, vzhledem k rozsahu však nebudou v této práci uvedeny. V případě, že potřebujeme predikovat hluk na pracovišti nalezneme potřebné informace v normě [2.].

2.2 Ovladače

Jako ovladače definujeme části stroje, které slouží člověku k jeho řízení. Ovladače, stejně jako sdělovače, dělíme podle několika kritérií. Nejpodstatnější pro návrh rozhraní stoje je rozlišení podle části těla, jímž daný prvek ovládáme. Rozlišujeme:

- ruční
  - jedním prstem
  - více prsty
  - dlaní
  - rukou
  - oběma rukama
- nožní
  - chodidlem
  - oběma chodidly
  - jinou částí nohy
- ovládané jinou částí těla

Z obrázku 1.2 se lze opět přesvědčit, jaké druhy ovladačů jsou nejčastěji používány. V následujícím seznamu jsou doplněny i ovladače, které se používají u jiných strojů, než jaký je znázorněn na obrázku. Používané ovladače jsou:

- stiskací tlačítko
- otočný přepínač
- otočný knoflík (točítko)
- klávesnice
- ruční kolečko
- Stop tlačítko
- klíč
- pedál

Problematiku ovládacích prvků řeší norma [41.]. Ovladače uspořádáváme do skupin a to podle následujících kritérií:

- provozní nebo funkční vazby
- posloupnost používání
- četnost používání
- priority pracovních postupů
- seskupení modelující uspořádání provozu nebo stroje

Dále je třeba zohlednit sled operací a související zobrazení sdělovačů. Platí zásada tří kroků:

- volba funkce, zařízení nebo přístroje
- volba povelu
- realizace povelu

Při návrhu rozmístění ovladačů je nutné přihlédnout k antropometrickým parametrům obsluhy, popřípadě umožnit přenastavení jejich polohy. U prvků ovládajících pohyb stroje je nutné pro zamezení omylů použít zažité konvence pro směr ovladače a z něj vyvozený směr pohybu stroje. Předpokládané úkony na ovladači pro zvýšení ovládané veličiny jsou tyto:

- zleva doprava
- zdola nahoru
- rotace po směru hodinových ručiček
- směr od obsluhy
- umístění vpravo nebo na

Pro ovládání stroje pákou platí, že spojnice krajních poloh má být přibližně rovnoběžná se směrem pohybu stroje. V případě použití rotačního ovladače má být rovina rotace rovnoběžná s rovinou ovládané části stroje. Pro opačnou reakci jsou samozřejmě využity opačné pohyby ovladače. Norma [36.] navíc uvádí, že vstupní zařízení (ovladač) musí poskytnout účinnou odezvu. V případě, že není možné použít výše uvedené konvence, je nutné vyznačit smysl pohybu stroje u ovladače.

Norma [7.] obsahuje pokyny pro výběr ovladačů. Může sloužit jako výchozí vodítko v případě nového návrhu pracoviště. Pro návrh rozhraní je k dispozici celá řada nejrůznějších typů ovladačů. Každý typ je vhodný pro určité požadavky úkolu a pro určité schopnosti obsluhy. Postup výběru má tři kroky:

- vyhodnocení úkolu a sběr informací
- předběžný výběr skupin ovladačů
- identifikace vhodných typů ovladačů

Jako nejdůležitější všeobecné požadavky na ovladače se ukázaly následující:

1. přesnost požadovaná při nastavení polohy ovladače
2. požadovaná rychlost nastavení
3. požadovaná síla/točivý moment

Dále je nezbytné zohlednit specifické požadavky úkolu:

1. potřeba vizuální kontroly nastavení ručního ovladače
2. potřeba hmatové kontroly nastavení

3. potřeba zabránit nahodilému spuštění
4. potřeba zabránit nahodilému sklouznutí ruky z ovladače
5. potřeba nošení rukavic obsluhou
6. potřeba snadného čištění

Norma též uvádí, že strojní zařízení musí být navrženo tak, aby se brala v úvahu proměnlivost chování obsluhy tělesné rozměry, polohy, tělesné pohyby, fyzická síla a mentální schopnosti.

2.2.1 Stiskací tlačítko

Používá se k ovládání funkcí stroje, které nejsou implementovány do řídicího systému, nebo na něm nejsou závislé. Další možností je využít tlačítka pro komfortnější a rychlý přístup k funkcím řídicího systému. Tlačítka se nakupují jako celé díly, čímž je dané i jejich rozměrové řešení. Pro jejich umístění na ovládacímu panelu platí pravidla uvedená výše.

2.2.2 Otočný přepínač

Otočné přepínače slouží k volbě mezi několika možnostmi. Typické použití je k přepínání provozních režimů stoje (seřizovací / normální). Dalším využitím může být ovládání vynašeče třísek, kdy umožňuje volbu mezi režimy - jede vpřed – stojí – jede vzad. V případě, že je potřeba určité režimy obsluze znepřístupnit, pak se použije přepínač ovládaný klíčem. Jinak jsou pravidla stejná jako pro stiskací tlačítka.

2.2.3 Otočný knoflík (točítko)

Točítka se u obráběcích strojů využívají především k regulaci otáček stroje a posuvu. Provedení se liší v závislosti na výrobci řídicího systému. U CNC strojů se stupnice člení výhradně v procentech programované hodnoty, jelikož stupnice v konkrétních jednotkách by byla z principu jen těžko realizovatelná. Například u systému Sinumerik je ovladač řešen vícepolohovým přepínačem s krokem po 10-ti procentech. Toto řešení je pro regulaci řezných podmínek nevhodné, jelikož neumožňuje plynulou změnu a krok je příliš velký.

Lepší řešení poskytuje systém Heidenhain, kde je problém řešen pomocí odporového potenciometru. Rozsah regulace je zpravidla od 0 do 150 % s možností plynulé změny. Nicméně velkou nevýhodou tohoto provedení je náchylnost k opotřebení odporové dráhy, která po čase vede k nespolehlivosti ovladače. V krajním případě může dojít k situaci, kdy obsluha pohybuje ovladačem, zatímco stroj vůbec nereaguje, a po větším pohybu ovladače dojde k náhlému a prudkému pohybu stroje.

Z pohledu autora by bylo nejvhodnějším řešením použít ovladač na principu digitálního úhlového odměřování, který by zajišťoval přesnost a dostatečnou jemnost regulace (řádově jednotky až desetiny procenta).

Ovladač lze řešit i jiným principem, avšak je důležité, aby byla zachována jemnost a spojitost regulace. Tento požadavek vyplývá z praktických zkušeností, kdy při obrábění tenkostěnných obrobků dochází velmi snadno k vibracím. Tomuto jevu lze účinně zabránit tuhostí upnutí, avšak ne vždy je to možné. Pak je východiskem pouze ruční doladění řezných podmínek, aby se zabránilo vibracím. K tomu slouží především regulátor otáček, zkušenosti a schopnosti obsluhy. Pokud nelze tímto způsobem zabránit vibracím, pak je snížená kvalita povrchu, nezřídka dochází k destrukci břitové destičky popřípadě nástroje.

Podobné principy platí i pro regulaci posuvu, avšak zde již nejsou tak velké nároky na jemnost regulace. Ručním doladěním posuvu se řeší především tvar odcházející třísky, kdy lze zvýšením posuvu dosáhnout jejího lámání.

2.2.4 Klávesnice

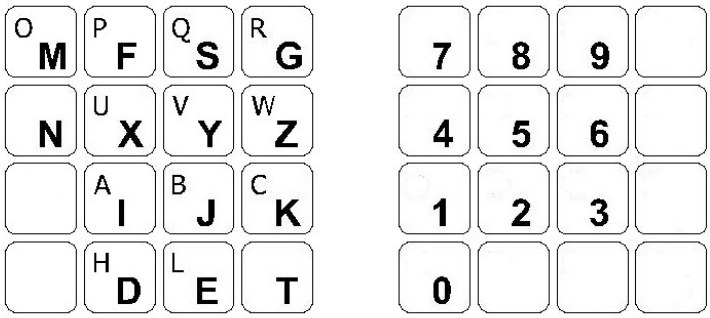
Klávesnice používaná u CNC strojů má několik podob. Systém Heidenhain např. používá klasické rozložení známé z počítačové klávesnice. Systémy Sinumerik nebo Fanuc pak používají vlastní rozložení. Vzhledem k nevhodnosti počítačové klávesnice pro programování CNC strojů jsem se rozhodl vytvořit vlastní rozložení kláves. Při návrhu jsem se inspiroval principy jež použil August Dvořák při návrhu rozložení Dvorak simplified keyboard, jenž je používán v anglicky mluvících zemích. Dále byl kladen důraz na jednoduchost a malé rozměry.

Klávesnice byla navržena s ohledem na programování v ISO kódu. Jedná se o dvě maticové klávesnice - znaková pro levou ruku a numerická pro pravou ruku. Numerická klávesnice má běžné rozložení znaků, znaková má pak rozvržení znaků vycházející ze struktury ISO kódu a četnosti použití daných znaků.

Na základní řadě se nachází písmena X, Y a Z která vyjadřují osy souřadného systému a vyskytují se prakticky v každém bloku CNC programu. Dále jsou doplněny písmenem N, které vyjadřuje číslo bloku. Toto písmeno je na pozici nejslabšího prstu, jelikož se předpokládá automatické číslování editorem během programování. Dále se v základní řadě kláves vyskytují písmena U, V a W, která jsou dostupná přes klávesu SHIFT a vyjadřují opět osy souřadného systému, ovšem v inkrementálních hodnotách. Klávesa SHIFT není zakreslena.

Horní řada znaků obsahuje písmena která se rovněž často používají, avšak v menší míře než základní řada. Zleva je zde M pro funkce stroje, F pro definici posuvu, S pro definici otáček a G pro definování geometrické funkce, jež se má vykonat. Tato řada kláves rovněž

umožňuje psaní dalších písmen prostřednictvím klávesy SHIFT. Tyto písmena jsou používána zřídka a byla do těchto pozic umístěna z důvodu výhodné polohy kláves.



Obrázek 2.1: Klávesnice - optimalizované rozložení pro CNC stroje

2.2.5 Ruční kolečko

Ruční kolečko slouží k přímému ovládání pojezdů stroje. Musí být zkombinováno s dalším ovladačem sloužícím k volbě aktuálně ovládané osy stroje. Musí umožňovat přesné nastavení polohy, což je nutné zohlednit v citlivosti ovladače. Na základě zkušeností z praxe vyhovuje tvar kolečka s rýhováním po obvodu a otvory pro prsty uvnitř. Otvory umožňují rychlé otáčení jedním prstem. Úchopem všemi prsty za obvod kolečka lze pak velmi přesně a s citem najíždět na přesnou polohu.

2.2.6 Stop tlačítko

Jedná se o bezpečnostní prvek, který zajišťuje nouzové zastavení stroje. Zásady pro jeho konstrukci jsou uvedeny v normě [19.]. Jako ovladače mohou být použity:

- hřibová tlačítka
- dráty, lanka, tyče
- páky
- ve speciálních případech nožní pedály bez ochranného překrytí

V případě obsluhy CNC stroje připadá v úvahu typické stop tlačítko, jaké lze vidět výše na obrázku CNC frézky. V normě je uvedeno, že musí být umístěno tak, aby bylo snadno přístupné a schopno bezpečného ovládání obsluhou a dalšími osobami, které je mohou potřebovat ovládat. Barevné provedení má být červené a pozadí pokud existuje má být žluté.

2.2.7 Klíč

Klíč se nejčastěji používá pro uzamčení některých funkcí stroje. Jako příklad lze uvést servisní nebo seřizovací režim. Vzhledem k nízké četnosti použití není jeho umístění rozhodující, avšak měl by být na dosah, když je zapotřebí.

2.2.8 Pedál

V literatuře [VI.] se uvádí, že použití pedálu se doporučuje při pracovní poloze v sedě. Ve stoje lze nožní pedál použít pouze v případě, pokud frekvence jeho použití není větší než pětkrát za minutu, a pokud je možné jej obsluhovat levou i pravou nohou.

V případě CNC stroje je použití nožního pedálu velmi řídké, čemuž odpovídá převažující práce ve stoje. Nejčastěji je použit pro ovládání upínání obrobků např. u soustruhu. Výhodou použití pedálu je ušetření místa na hlavním ovládacím panelu, nevýhodou pak nutnost složitějšího tvarování krytu stroje. Samostatný pedál volně položený na podlaze je lépe nepoužívat z důvodu nebezpečí zakopnutí.

3 Pracovní prostor obsluhy

Pro návrh optimálního pracovního prostoru lze použít několik metod uvedených v [VI.]. Nicméně nejlepších výsledků dosáhneme při použití tří z nich:

- použití doporučených hodnot
- somatografie
- modelování situace

Metody jsou uvedeny v pořadí od nejméně složité po nejnáročnější. Nicméně při použití doporučených hodnot, které získáme z tabulkových údajů nebo ergonomické literatury, nelze dosáhnout ideálních parametrů.

Lepším řešením je použití somatografie. Jedná se o metodu zakreslení lidských postav do pracovního prostoru. Při zakreslování je však nutné brát ohled na správné rozměry, a tím zohlednit tělesné rozměry pracovníků, kteří budou daný stroj používat. Pro tento účel je výhodné použít šablonu. Příklad takové šablony nalezneme v [VI.], nebo v příloze. Pokud dopředu nevíme, kdo bude stroj obsluhovat, je nutné zohlednit všechny varianty. Jak je uvedeno v [VI.], pokud se jedná o pracoviště pro ženy i muže, musíme použít čtyři šablony:

- malá žena
- průměrná žena = malý muž
- velká žena = průměrný muž
- velký muž

Výhodou somatografie je rychlost a názornost, nevýhodou je určité zjednodušení. Pro zhotovení šablony lze použít tabulku 1.1 převzatou z [XI.], nebo tabulku 1.3, kde jsou uvedeny přímo rozměry.

Nejpřesnější metodou je modelování. Lze použít model skutečný nebo virtuální. U modelu ve skutečné velikosti je možné využít pomoc lidí různé velikosti a vše náležitě otestovat. V případě zmenšeného modelu používáme makety člověka – plošné nebo prostorové. V dnešní době lze využít i možností výpočetní techniky, která nám umožňuje celou situaci

modelovat. Například software CATIA obsahuje modul umožňující modelovat postavy lidí různé velikosti a v různých polohách. V případě použití metody modelování je podle [VI.] nutné dbát následujících zásad:

- musíme znát, kdo na stroji bude pracovat a podle toho používat příslušné rozměry
- pokud bude technika univerzální, je nutné brát v úvahu extrémní hodnoty (nejčastěji 5. a 95. percentil)
- při používání rozměrů člověka je nutné počítat s tím že je oblečen a obut, případně započítat i speciální vybavení (OOPP)
- některá část univerzálního stroje musí být přestavitelná

Jak uvádí literatura [X.], ideálním řešením je návrh maxima přestavitelných prvků. Další vodítko nám poskytne norma [3.]. Uspořádání pracovních míst u strojního zařízení musí být založena na analýze požadavků úkolu (viz [9.] a [10.]), zahrnující alespoň následující prvky:

- časové aspekty, například trvání práce na strojním zařízení (viz ISO 11226 a [14.])
- velikost pracovní oblasti
- velikost předmětů, kterými se manipuluje
- silové požadavky (viz [12.] a [13.])
- požadavky na činnosti (například podání a/nebo vyjmutí předmětu ze stroje)
- dynamické tělesné míry (viz přílohu B)
- požadavky na koordinaci
- požadavky stability
- vizuální požadavky
- potřeba komunikace
- frekvence a trvání pohybů těla, hlavy a končetin (viz ISO 11226 a [14.])
- potřeba pohybu mezi pracovními místy
- možnost zaujímání různých poloh (viz také ISO 11226 a [14.])

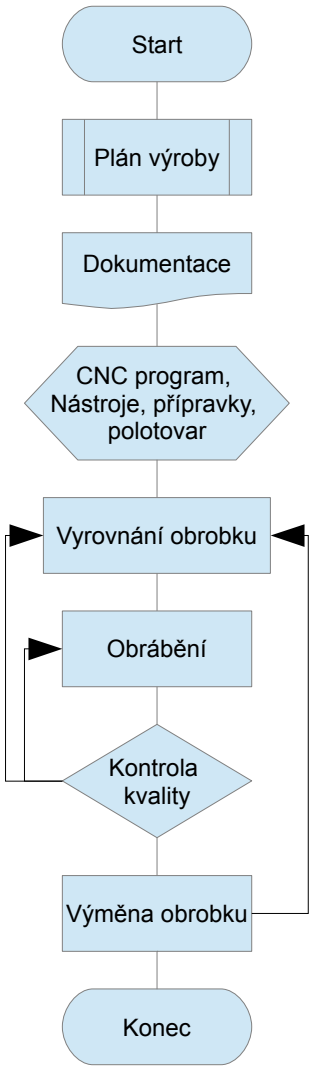
Strojní zařízení a pracovní místo musí být uspořádány tak, aby zajišťovaly co nejlepší polohy a pohyb při uvážení technických a ekonomických omezení. V normě rovněž nalezne-

me diagram pro stanovení hlavní pracovní polohy. Dále pak příklady uspořádání pracovního místa s doporučenými rozměry pro Evropskou populaci a různé pracovní polohy.

V případě nebezpečí dosahu do nebezpečného prostoru obsluhou zohledníme normu [4.], kde nalezneme konkrétní vzdálenosti pro různé případy bezpečnostních zařízení. Daná problematika je také popsána v [II.]

3.1.1 Pracovní cyklus

Budeme-li sledovat jakým způsobem pracuje obsluha CNC strojů po nějakém čase, lze vypozorovat, že určité činnosti se opakují. Na základě tohoto zjištění lze sestavit diagram pracovního cyklu obsluhy, který je na obrázku 3.1. Diagram začíná políčkem start. Dále následuje pole plán výroby, což je předem definovaný proces.



Obrázek 3.1: Pracovní cyklus obsluhy

Obsluha stroje se musí s plánem seznámit a podle něj pak přejde na další pole diagramu, jež představuje výrobní dokumentaci. Podle plánu výroby je vyhledána příslušná dokumenta-

ce k danému obrobku. Důležitý je především výkres, technologický postup a kontrola jejich správnosti a kompletnosti.

Na základě informací z dokumentace obsluha vyhledá příslušný CNC program. Dále se připravují nástroje. Je potřeba nástroj upnout do upínače, naměřit korekce a zapsat je do korekční tabulky a poté vložit do zásobníku stroje. Následně se chystají přípravky pro daný obrobek. Je nutné je řádně očistit, vyrovnat a upnout na stůl stroje. Samozřejmostí by měla být kontrola polotovaru, který budeme obrábět.

Každý z těchto procesů je možné dále rozvést až na úroveň jednotlivých úkonů, z nichž poté vyplyne detailní posloupnost činností u CNC stroje. Ke znázornění nám může dopomoci Diagram toku, uvedený v [VII.]. Tento diagram představuje:

- Detailní grafické zobrazení postupnosti kroků a činností , které spolu vytvářejí proces
- Zobrazení vztahů mezi kroky procesu, toku materiálu a toku informací v procesu
- Plánovací nástroj na identifikaci zákazníka
- Identifikace problémových oblastí, nepotřebných smyček a oblastí na zlepšení procesu, míst sběru údajů, ilustruje, co se v procesu děje

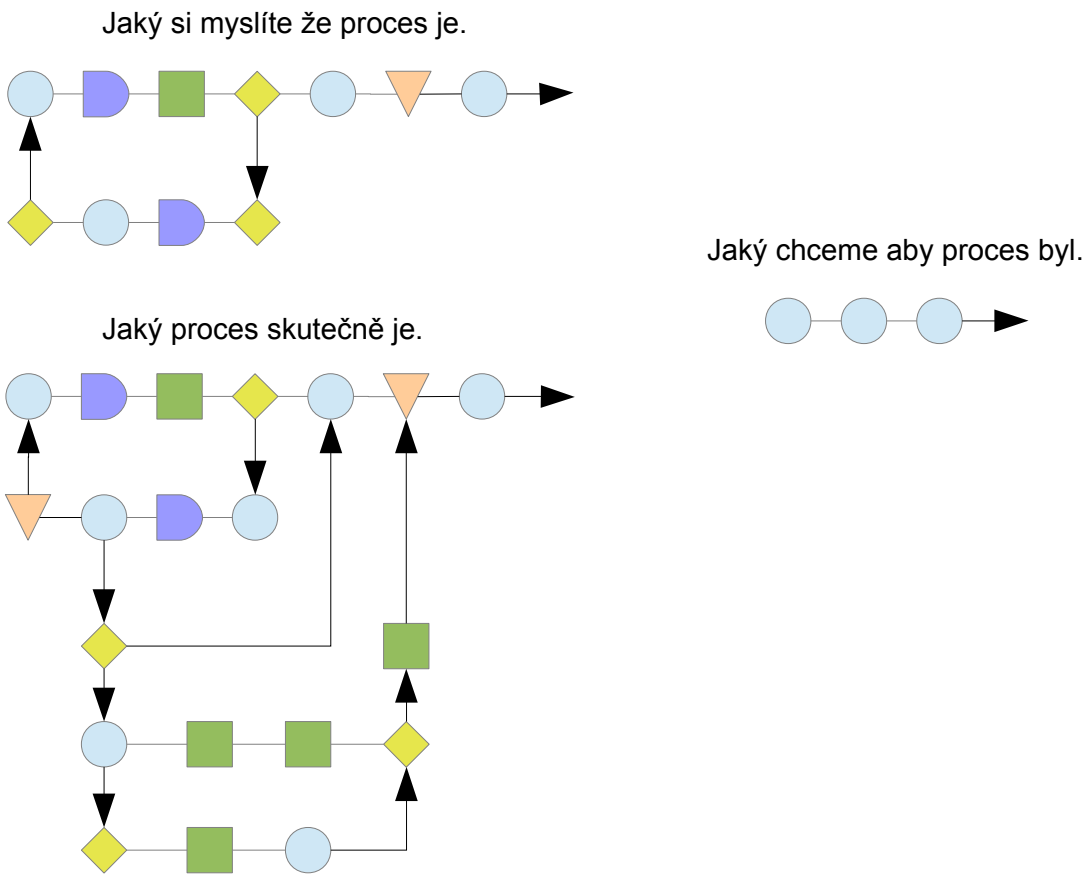
Tabulka 3.1: Procesní mapa - symboly

Základní symboly na sestrojení procesní mapy	
Z / K	Začátek / Konec procesu
	Činnost / Krok procesu
	Rozhodování Ano / Ne
	Výstup v podobě dokumentu
1	Propojení na jiný PF diagram
→	Propojení kroků procesu

Postup při vypracování diagramu je následující:

1. Vymezení hranic procesu (začátek / konec)
2. Určení kroků procesu
3. Uspořádání kroků a hledání vztahů

4. Zakreslení procesní mapy s využitím symbolů (tabulka 3.1)
5. Prověření kompletnosti procesní mapy



Obrázek 3.2: Procesní mapa

Příklad zakreslení procesní mapy je na obrázku 3.2. Použití podobného diagramu lze nalézt také v práci [XIV.], kde je řešena problematika pracoviště pro obsluhu na invalidním vozíku.

3.1.2 Barva

Barva je psychologická a vizuální charakteristika, která je podrobně rozebrána v normě [38.]. Při návrhu barevné úpravy je vždy nutné vzít v úvahu ostatní podmínky na pracovišti. Každá barva nebo skupina barev vytváří určitý psychický dojem, například teplé barvy – červená, žlutá, oranžová – vytváří dojem tepla, působí živě. Pokud chceme vytvořit jiný dojem musíme zvolit jinou barvu. Při navrhování barevné úpravy pracovního prostředí je třeba přihlížet k požadavkům, které klade pracovní činnost v daném prostředí na zrakovou činnost, a vytvářet zrakovou pohodu. Každá barva má svou psychologickou a vizuální charakteristiku, působivost a účinnost, která se však vždy uplatňuje v souvislosti s ostatními podmínkami prostředí.

Například: Světlé barevné odstíny vzbuzují dojem lehkosti, působí radostně, zjasňují pracovní prostor, svou odrazivostí dopadajícího světla zlepšují světelné poměry na pracovišti, nabádají k udržení čistoty. V normě jsou uvedeny další příklady a také jsou zde podrobněji rozebrány veškeré parametry týkající se barevného návrhu, z nichž dále uvedeme pouze nejdůležitější. Pro dosažení optimálních výsledků je zapotřebí při volbě barevných odstínů a návrhu barevného uspořádání uvážit následující činitele:

- druh způsob a trvání převládající pracovní činnosti
- velikost a polohu pracovního prostoru
- barvu zpracovávaného materiálu, předmětu a pracovního prostředí
- barvu a intenzitu osvětlení
- tepelné poměry na pracovišti
- osazenstvo (věk, pohlaví)

Úprava výrobního zařízení má vyvolat jemný kontrast s opracovávaným materiálem, z čehož plyne lepší viditelnost a rozlišitelnost. Dále musí být příjemná zraku – zlepšení vzhledu zařízení a jeho údržba.

Barevnou úpravu lze použít i pro zvýraznění ovládacího prvku, nebo pro označení jeho funkce. Pokud chceme upoutat pozornost obsluhy, pak můžeme použít proměnnost daného prvku v čase. Typickým příkladem je blikání výstražného světla. Jestliže použijeme kódování

Tabulka 3.2: Barevné značení - význam

Barva	Bezpečnost osob nebo životního prostředí	Provozní podmínky	Stav zařízení
červená	nebezpečné	nouzové	porucha
žlutá	varování/výstraha	abnormální	abnormální
zelená	bezpečí	normální	normální
modrá		zvláštní význam	
ostatní		není přidělen zvláštní význam	

barvami pro ovládací prvky, pak je důležité, pro snadnou identifikovatelnost a odlišitelnost od pozadí, omezení počtu barev na minimum (normou je dán význam následujících barev: červená, žlutá, zelená, modrá, černá, šedá a bílá). Můžeme použít i jiné barvy, avšak jejich význam není v normě stanoven. Běžně používané barvy a jejich význam včetně provozního stavu je uveden v tabulce Chyba: zdroj odkazu nenalezen.

3.1.3 Osvětlení

Osvětlením strojů se zabývá norma [17.] Požadovaná osvětlenost závisí na zrakovém úkolu a musí být dostatečně velká a rovnoměrná, aby zajistila bezpečné a pohodlné vnímání zrakového úkolu. Pro integrované osvětlovací soustavy strojů musí být vzaty v úvahu ergonomické principy, například:

- Nastavitelná svítidla musí být stabilní v každé poloze, ale v případě potřeby snadno přestavitelná, zejména při pohybu ze sedu do vzpřímené polohy
- ovládání musí být adekvátní určenému použití

Všeobecně musí být zajištěna průměrná udržovaná osvětlenost nejméně 500 lx s minimální rovnoměrností 0,7 v místě zrakového úkolu. Jestliže uvnitř nebo na povrchu stroje existuje více než jeden zrakový úkol (např. uvnitř nebo na povrchu velkých strojů), musí být každá oblast úkolu posouzena samostatně. V nejbližším okolí oblasti úkolu musí být zajištěna průměrná udržovaná osvětlenost nejméně 300 lx s minimální rovnoměrností 0,3.

Je-li požadováno, aby obsluha používala ochranný štít nebo optické pomůcky, musí být osvětlenost násobena převrácenou hodnotou činitele prostupu světla použitých pomůcek. Pokud tento činitel není znám, musí být osvětlenost zvýšena nejméně o 50 %.

Integrované osvětlovací systémy nesmí způsobit přímé oslnění obsluhy stroje, ani ostatních pracovníků v přilehlém prostoru. Je-li to možné, musí být zabráněno i jakémukoliv oslnění odrazem. Toho lze dosáhnout vhodným zastíněním světelných zdrojů, rozmístěním a nasměrováním svítidel, a používáním světlých, matových povrchových úprav.

Osvětlovací soustava musí být navržena a nastavena tak, aby bylo zabráněno vzniku rušivých stínů v místech zrakového úkolu. Směr osvětlení musí zajišťovat snímání tvaru zrakového úkolu. Vlastnosti světelného zdroje (zdrojů), týkající se podání barev, musí být takové, aby nedocházelo k chybám rozlišení barev při sledování zrakového úkolu, a aby byla zajištěna zraková pohoda obsluhy.

Soustava musí být zároveň navržena tak, aby bylo zabráněno vzniku stroboskopického jevu, který může vést k nebezpečným situacím v důsledku chybného vnímání rotačního nebo vratného pohybu strojního zařízení. Toho může být docíleno např. Použitím žárovek napájených stejnosměrným proudem, nebo výbojových světelných zdrojů napájených vysokou frekvencí (kolem 30 kHz).

Nouzové osvětlení musí být zajištěno uvnitř velkých strojů, aby bylo možné pokračovat nebo dokončit úkol v době, kdy selhalo napájení pracovního osvětlení strojního zařízení (viz. EN 1838).

4 Bezpečnost

4.1 Třídění norem

Bezpečnost strojů a strojních zařízení je rozsáhle řešena v technických normách. Základem je norma [24.], kde jsou definovány základní pojmy. Také se zabývá posouzením a snižováním rizika, a nalezneme v ní i názorné příklady. Velmi důležitou informací je i třídění norem týkajících se bezpečnosti. Rozlišujeme následující typy:

- **normy typu A** (základní bezpečnostní normy), uvádějí základní pojmy, zásady pro konstrukci a všeobecná hlediska, která mohou být aplikována na všechna strojní zařízení
- **normy typu B** (skupinové bezpečnostní normy), se zabývají jedním bezpečnostním hlediskem nebo jedním typem bezpečnostního zařízení, které může být použito pro větší počet strojních zařízení:
  - normy typu B1 se týkají jednotlivých bezpečnostních hledisek (např. Bezpečných vzdáleností, teploty povrchu, hluku)
  - normy typu B2 se týkají příslušných bezpečnostních zařízení (např. dvouručních ovládacích zařízení, blokovací zařízení, zařízení citlivých na tlak, ochranných krytů)
- **normy typu C** (bezpečnostní normy pro stroje) se zabývají detailními bezpečnostními požadavky pro jednotlivý stroj nebo skupinu strojů

Podle tohoto třídění se norma [24.] považuje za normu typu A. Mezi jednotlivými typy norem platí pravidlo pro určení přednosti v případě že se jedno nebo více technických opatření uvedených v normách liší. Toto pravidlo říká že norma typu B má přednost před typem A, a dále, že normy typu C mají přednost před typy A i B. Seznam norem nalezených při rešerši pro vypracování této práce je v příloze, zařazení podle výše uvedeného třídění je vždy uvedeno v úvodní části příslušné normy.

Terminologie bezpečnosti strojních zařízení je uvedena v normě [22.]. Při orientaci jaké normy zohlednit při snižování konkrétních rizik lze doporučit prostudování normy [18.]. Ob-

sahuje rozpis rizik, normy týkající se daného rizika včetně příslušných opatření. Pokud řešíme ohrožení obsluhy nebezpečnými látkami (v případě CNC strojů nejčastěji řeznou emulzí a oleji), nalezneme příklady opatření v normě [20.].

Řešíme-li nějaké riziko světelnou závorou, nalezneme výpočty pro její vzdálenost od nebezpečného prostoru v normě [23.] nebo v [II.]. Posuzování rizika velmi často opakované ruční manipulace je popsáno v normě [15.].

Závěr

Předložená bakalářská práce obsahuje výtah literárních pramenů a technických norem z oblasti problematiky návrhu pracoviště obsluhy obráběcích center. Uváděné informace tvoří výběr nejdůležitějších a nejpodstatnějších faktů a požadavků vyplývajících z prostudované literatury. Bohužel, vzhledem k celkové obsáhlosti pramenů, nebylo možné do práce zahrnout všechny získané údaje. Již během provádění rešerše se ukázalo, že je nutné veškeré informace zhodnotit a rozhodnout, kterým dát přednost a které z práce vypustit.

Je nutné konstatovat, že tuzemská literatura zabývající se ergonomií se omezuje na několik málo pramenů, jež se nezřídka svým obsahem překrývají. V některých případech je dokonce evidentní, že nověji vydané knihy přebírají údaje ze starších, bez výraznějšího přispění k problematice. Situace v oblasti technických norem je velice podobná. Celá problematika je rozdrobena do velkého množství technických norem, které řeší shodné, popřípadě velmi podobné prvky. Některé normy řeší danou problematiku duplicitně a v údajích se dokonce rozcházejí. Pro člověka neznalého situace je tudíž velmi obtížné vyhledat příslušné informace. Zejména vyhledání příslušných norem je téměř nemožné, pokud přesně neznáme jejich označení.

Tato práce se snaží výše popsané nedostatky odstranit a roztřídit prameny podle příslušných prvků vyskytujících se u obráběcích strojů. Zejména podkapitoly 2.2.4 a 2.2.3 jsou zpracovány na základě zkušeností autora z praxe a jsou zde uvedeny návrhy optimálního řešení. Výsledkem práce je shrnutí podstatných informací, které mohou přispět k vývoji optimálního návrhu pracoviště, jenž bude co nejvíce vyhovovat lidem pracujícím na těchto strojích.

Použitá literatura

I. MALÝ, Stanislav, Miroslav KRÁL a Eva HANÁKOVÁ. *ABC ergonomie*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2010, 386 s. ISBN 978-80-7431-027-0.

II. SICK SPOL. S. R. O. *Bezpečné stroje: V šesti krocích k bezpečnému stroji*. Praha, 100 s. brožura.

III. KUČERA, Václav. *Bezpečnost práce u obráběcích strojů na kov*. Vyd. 1. Praha: Sociologické nakladatelství, 1996, 32 s. Bezpečnost práce. ISBN 80-858-5033-8.

IV. KŘIVOHLAVÝ, Jaro. *Člověk a stroj: Úvod do inženýrské psychologie*. 1. vyd. Praha: Práce, 1970.

V. MATOUŠEK, Oldřich a Jaroslav BAUMRUK. *Ergonomické požadavky na pracoviště s obrazovkou*. 1. vyd. Praha: SPN, 1997, 24 s. ISBN 80-707-1068-3.

VI. CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 1.vyd. Praha: ČVUT, 2001, 171 s. ISBN 80-010-2301-X.

VII. KOŠTURIAK, Ján. *Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků*. Vyd. 1. Překlad Kateřina Janošková. Brno: Computer Press, 2010, v, 234 s. Business books (Computer Press). ISBN 978-80-251-2349-2.

VIII. MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Vyd. 2, přeprac., rozš. Praha: MM publishing, 2010, 420 s. ISBN 978-80-254-7980-3.

IX. ŠMÍD, Miroslav a Ivan KUNA. *Ergonomie pro SPŠ strojnické: předmět bezpečnost práce*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1979.

X. RUBÍNOVÁ, Dana. *Ergonomie*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 62 s. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 80-214-3313-2.

XI. CHUNDELA, Lubor. *Strojírenská ergonomie: příklady*. Vyd. 2. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2007, 119 s. ISBN 978-80-01-03801-7.

Internetové zdroje

XII. *Anthropometric reference data for children and adults: United States, 2007-2010* [online]. Hyattsville, Md.: U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics, 2012, p.[cit. 2013-05-07]. Vital and health statistics, no. 252. ISBN 08-406-0655-9. Dostupné z: www.cdc.gov/nchs/data/series/sr_11/sr11_252.pdf

XIII. Obráběcí stroj. *Http://cs.wikipedia.org* [online]. [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Obráběcí_stroje

XIV. *CNC MACHINE DESIGN FOR WHEELCHAIR USERS: A CASE STUDY OF FADAL VERTICAL MACHINING CENTER 15* [online]. Georgia, 2008 [cit. 2013-05-09]. Dostupné z: https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/24695/ye_xiaoyi_200808_mast.pdf. Diplomová práce. Georgia Institute of Technology.

XV. Tekenen met sjablonen. *ERGONOMIE site.be* [online]. 2006, 2013 [cit. 2013-05-09]. Dostupné z: http://www.ergonomiesite.be/antropometrie/sjablonen.htm

Použité obrázky

XVI. Industrial Surplus: Electrical Equipment Inventory. [online]. [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: http://www.industrialsurplus.com/ee/028-477.htm

XVII. *Siemens Industry Online Support* [online]. [cit. 2012-03-06]. Dostupné z: http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&objid=49450104&caller=view

XVIII. Siemens Slovensko. *Siemens* [online]. 2010 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: https://www.cee.siemens.com/web/slovakia/sk/corporate/portal/press/k2ad/PublishingImages/2006-10-06-cnc-freza-sinumerik-810d_2000001543091.jpg

XIX. Strojový park. *Kovovýroba Horák* [online]. 2010 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: http://www.horakkovo.cz/strojovy_park.html

Přílohy

Seznam norem

1. ČSN EN ISO 11690-2. *Akustika - Doporučené postupy pro navrhování pracovišť s nízkým hlukem vybavených stroji a zařízeními - Část 2: Opatření ke snižování hluku*. Praha: ÚNMZ, 1998.

2. ČSN EN ISO 11690-3. *Akustika - Doporučené postupy pro navrhování pracovišť s nízkým hlukem vybavených stroji a zařízeními - Část 3: Šíření zvuku a predikce hluku v pracovních prostorech*. Praha: ÚNMZ, 1999.

3. ČSN EN ISO 14738. *Bezpečnost strojních zařízení - Antropometrické požadavky na uspořádání pracovního místa u strojního zařízení*. Praha: ÚNMZ, 2009.

4. ČSN EN ISO 13857. *Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečné vzdálenosti k zamezení dosahu k nebezpečným místům horními a dolními končetinami*. Praha: ÚNMZ, 2008.

5. ČSN EN 894-1+A1. *Bezpečnost strojních zařízení – Ergonomické požadavky pro navrhování sdělovačů a ovládačů - Část 1: Všeobecné zásady interakcí člověka se sdělovači a ovládači*. Praha: ÚNMZ, 2009.

6. ČSN EN 894-2+A1. *Bezpečnost strojních zařízení - Ergonomické požadavky pro navrhování sdělovačů a ovládačů - Část 2: Sdělovače*. Praha: ÚNMZ, 2009.

7. ČSN EN 894-3+A1. *Bezpečnost strojních zařízení - Ergonomické požadavky pro navrhování sdělovačů a ovládačů - Část 3: Ovládače*. Praha: ÚNMZ, 2009.

8. ČSN EN 894-4. *Bezpečnost strojních zařízení - Ergonomické požadavky pro navrhování sdělovačů a ovládačů - Část 4: Umístění a uspořádání sdělovačů a ovládačů*. Praha: ÚNMZ, 2011.

9. ČSN EN 614-1+A1. *Bezpečnost strojních zařízení - Ergonomické zásady navrhování - Část 1: Terminologie a všeobecné zásady*. Praha: ÚNMZ, 2009.

10. ČSN EN 614-2+A1. *Bezpečnost strojních zařízení – Ergonomické zásady navrhování - Část 2: Interakce mezi konstrukcí strojního zařízení a pracovními úkoly*. Praha: ÚNMZ, 2009.

11. ČSN EN 1005-1+A1. *Bezpečnost strojních zařízení – Fyzická výkonnost člověka - Část 1: Termíny a definice*. Praha: ÚNMZ, 2009.

12. ČSN EN 1005-2+A1. *Bezpečnost strojních zařízení - Fyzická výkonnost člověka - Část 2: Ruční obsluha strojního zařízení a jeho součástí*. Praha: ÚNMZ, 2009.

13. ČSN EN 1005-3+A1. *Bezpečnost strojních zařízení – Fyzická výkonnost člověka - Část 3: Doporučené mezní síly pro obsluhu strojních zařízení*. Praha: ÚNMZ, 2009.

14. ČSN EN 1005-4+A1. *Bezpečnost strojních zařízení – Fyzická výkonnost člověka - Část 4: Hodnocení pracovních poloh a pohybů ve vztahu ke strojnímu zařízení*. Praha: ÚNMZ, 2009.

15. ČSN EN 1005-5. *Bezpečnost strojních zařízení - Fyzická výkonnost člověka - Část 5: Posuzování rizika velmi často opakované ruční manipulace*. Praha: ÚNMZ, 2007.

16. ČSN EN 61310-1 ed. 2. *Bezpečnost strojních zařízení – Indikace, značení a uvedení do činnosti – Část 1: Požadavky na vizuální, akustické a taktilní signály*. Praha: ÚNMZ, 2008.

17. ČSN EN 1837+A1. *Bezpečnost strojních zařízení – Integrované osvětlení strojů*. Praha: ÚNMZ, 2010.

18. ČSN EN 13861. *Bezpečnost strojních zařízení - Návod pro aplikaci ergonomických norem při konstrukci strojních zařízení*. Praha: ÚNMZ, 2012.

19. ČSN EN ISO 13850. *Bezpečnost strojních zařízení – Nouzové zastavení - Zásady pro konstrukci*. Praha: ÚNMZ, 2008.

20. ČSN EN 626-1+A1. *Bezpečnost strojních zařízení – Snižování ohrožení zdraví nebezpečnými látkami emitovanými strojním zařízením - Část 1: Zásady a specifikace pro výrobce strojních zařízení*. Praha: ÚNMZ, 2008.

21. ČSN EN 981+A1. *Bezpečnost strojních zařízení - Systém akustických a vizuálních signálů nebezpečí a informačních signálů*. Praha: ÚNMZ, 2009.

22. ČSN EN 1070. *Bezpečnost strojních zařízení - Terminologie*. Praha: ÚNMZ, 2000.

23. ČSN EN ISO 13855. *Bezpečnost strojních zařízení - Umístění ochranných zařízení s ohledem na rychlosti přiblížení částí lidského těla*. Praha: ÚNMZ, 2010.

24. ČSN EN ISO 12100. *Bezpečnost strojních zařízení - Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika*. Praha: ÚNMZ, 2011.

25. ČSN ISO 2972. *Číslicové řízení strojů. Symboly*. Praha: ÚNMZ, 1993.

26. ČSN EN ISO 6385. *Ergonomické zásady navrhování pracovních systém*. Praha: ŮNMZ, 2004.

27. ČSN EN ISO 10075-2. *Ergonomické zásady ve vztahu k mentální pracovní zátěži - Část 2: Zásady projektování*. Praha: ÚNMZ, 2000.

28. ČSN EN ISO 10075-3. *Ergonomické zásady ve vztahu k mentální pracovní zátěži - Část 3: Zásady a požadavky vztahující se k metodám měření a hodnocení mentální pracovní zátěže*. Praha: ÚNMZ, 2005.

29. ČSN ISO 10075. *Ergonomické zásady ve vztahu k mentální pracovní zátěži. Všeobecné termíny a definice*. Praha: ŮNMZ, 1995.

30. ČSN EN ISO 26800. *Ergonomie - Obecný přístup, zásady a pojmy*. Praha: ÚNMZ, 2012.

31. ČSN EN ISO 15536-1. *Ergonomie - Počítačové modely lidského těla a tělesné šablony - Část 1: Všeobecné požadavky*. Praha: ÚNMZ, 2009.

32. ČSN EN ISO 15536-2. *Ergonomie - Počítačové modely lidského těla a tělesné šablony - Část 2: Ověřování funkcí a validace rozměrů pro systémy počítačových modelů lidského těla*. Praha: ÚNMZ, 2007.

33. ČSN EN ISO 7731. *Ergonomie - Výstražné signály pro veřejné a pracovní prostory – Sluchové výstražné signály*. Praha: ÚNMZ, 2009.

34. ČSN ISO 7000. *Grafické značky pro použití na zařízeních - Rejstřík a přehled*. Praha: ŮNMZ, 2005.

35. ČSN EN ISO 20685. *Metody trojrozměrného snímání (3D) pro mezinárodně srovnatelné antropometrické databáze*. Praha: ÚNMZ, 2010.

36. ČSN ISO 447. *Obráběcí stroje. Směr a smysl pohybu ovládačů*. Praha: ÚNMZ, 1992.

37. ČSN ISO 1503. *Prostorová orientace a směr pohybu - Ergonomické požadavky*. Praha: ÚNMZ, 2009.

38. ČSN 01 2725. *Směrnice pro barevnou úpravu pracovního prostředí*. Praha: Vydavatelství ÚNM, 1974.

39. ČSN EN ISO 15535. *Všeobecné požadavky na zakládání antropometrických databází*. Praha: ÚNMZ, 2007.

40. ČSN EN 60073 ed. 2. *Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk-stroj, značení a identifikaci - Zásady kódování sdělovačů a ovládačů*. Praha: ÚNMZ, 2003.

41. ČSN EN 60447 ed. 2. *Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk-stroj, značení a identifikaci - Zásady pro ovládání*. Praha: ÚNMZ, 2004.

42. ČSN EN ISO 7250-1. *Základní rozměry lidského těla pro technologické projektování - Část 1: Definice a orientační body tělesných rozměrů*. Praha: ÚNMZ, 2010.

43. ČSN EN ISO 15537. *Zásady výběru osob pro zkoušení průmyslových výrobků a návrhů z antropometrických hledisek*. Praha: ÚNMZ, 2005.

Elektronické přílohy

- *Šablona Bosch*

- *Anthropometric reference data for children and adults: United States, 2007-2010*