STROJÍRENSKÁ ERGONOMIE

Příklady

Prof. Ing. Lubor Chundela, DrSc.

2007
České vysoké učení technické v Praze
Nakladatelství ČVUT

Předmluva

Skripta „Strojírenská ergonomie – příklady“ tvoří doplněk ke skriptům „Ergonomie“ a jejich cílem je na konkrétních příkladech objasnit a přiblížit probíranou látku.

Pořadí probírané látky odpovídá pořadí témat ve skriptech a odkazy na vzorce nebo text (čísla stránek) odpovídají skriptům „Ergonomie“, vydaným v roce 2005.

Ve skriptech je nejprve u každé kapitoly uveden stručný přehled potřebných znalostí (vzorců, vazeb, …), dále je zadán jeden či více typických příkladů, které jsou propočítány. Dále je uvedena řada zadání úloh k vlastním propočtům. (Výsledky jsou uvedeny v závěru skript.)

U témat, kde zadání nemůže být jednoznačné (kupř. analýza ohrožení pohody, zdraví apod.), jsou uvedeny zásady a principy řešení.

U tématu hodnocení ergatičnosti systému je uvedena podrobně metodika (HODERG), včetně hodnotících tabulek, která umožňuje komplexní a systémovou analýzu eratické resp. ergonomické úrovně techniky a prostředí.

Sbírka ergonomických příkladů, úkolů a metodik může posloužit nejen studentům, ale i projektantům, racionalizátorům i dalším technikům k hodnocení ergonomických kritérií a parametrů systému člověk – technika – prostředí, i ke správnému řešení projektů, diplomových prací a návrhů, a to jak v pracovní, tak i mimopracovní sféře (domácnost, sport, kultura, hobby, zahrada, …), prostě všude tam, kde je člověk.

Autor

Praha, 2007

Nakladatelství ČVUT upozorňuje autory na dodržování autorských práv.
Za jazykovou a věcnou správnost obsahu díla odpovídá autor. Text neprošel jazykovou ani redakční úpravou.

© Lubor Chundela, 2003
ISBN 978-80-01-03801-7

Obsah

1	Ergonomie	5
	1.1 Ergatičnost a rizikovost	5
	1.2 Spolehlivost systému	5
	1.3 Model ohrožení člověka	8
2	Rozměry člověka	13
3	Hmotnost těla	16
4	Povrch lidského těla	17
5	Účinnost lidského těla	18
6	Energie	19
7	Bazální metabolismus	21
8	Síla	22
9	Inteligenční kvocient	23
10	Výška manipulační roviny	24
11	Meze dosahového prostoru	25
12	Osa přirozeného pohledu	26
13	Rozměrové projektování	27
14	Velikost vizuálního sdělovače	31
15	Výška sedačky	23
16	Osvětlení	33
	16.1 Rovnoměrnost osvětlení	33
	16.2 Stínivost osvětlení	34
	16.3 Výpočet umělého osvětlení	36
17	Hluk	40
18	Fyzická zátěž	41
	18.1 Chůze po rovině	42
	18.2 Chůze s břemenem po rovině	43
	18.3 Chůze a překonání výšek	43
	18.4 Přeprava vozíku	43
	18.5 Manipulace s břemeny	44
	18.6 Extrémní poloha těla	44
	18.7 Držení břemena	45
	18.8 Vývin síly	45
	18.9 Tabulky pro výpočet	46

19 Psychická zátěž 61
20 Nebezpečnost 63
20.1 Model vzniku úrazu 64
20.2 Koeficienty nebezpečnosti 66
20.3 Vzorek nebezpečnosti práce 68
20.4 Metoda „BOMECH" 68
20.5 Efektivnost technické prevence 71
21 Normování lidské práce 74
22 Ukazatele lidské práce 77
22.1 Stupeň plnění časové normy 77
22.2 Stupeň časového využití 78
22.3 Průměrné ukazatele 79
22.4 Produktivita práce 79
23 Hodnocení ergatičnosti 85
24 Závěr 110
25 Požadavky ke zkoušce 111
26 Literatura 113
27 Výsledky řešení úloh 114

1. Ergonomie

(skripta „Ergonomie", str. 7 až 24)

V této kapitole je probrán základ a pojetí ohrožení člověka. Při komplexním a systémovém pojetí rozšiřujeme ergonomii do obecnější polohy a definujeme pojetí ergatické. Z něho pak vyplývá základní model ohrožení člověka, a to nejdříve ohrožení jeho pohody (= klasická ergonomie), což může přejít v ohrožení jeho zdraví. (Bezpečnost a hygiena.)

1.1 Vztah mezi ergatičností a rizikovostí

určuje vztah

$$E = 1 - R$$

Kde E je hodnota ergatičnosti (1 – 0)

R je hodnota rizikovosti (0 – 1)

Příklad 1

Jaká je ergatičnost systému (techniky, pracoviště, …), jestliže rizikovost je 0,7?

Výpočet:

$$E = 1 - R$$

$$E = 1 - 0{,}7 = 0{,}3$$

Ergatičnost je tedy 0,3, tzn. třicetiprocentní.

Úloha 1.1

Jaká je ergatičnost systému, jestliže jeho rizikovost je 45%?

Úloha 1.2

Jaká je rizikovost stroje, jestliže jeho ergatičnost je 0,66?

1.2 Spolehlivost systému

(skripta „Ergonomie", str. 15)

Spolehlivost systému se obecně chápe jako včasné a bezchybné splnění úkolu (cíle) systému. Matematicky ji formulujeme jako pravděpodobnost bezchybného chodu systému. Potom má tvar

$$P_s = P_č \,.\, P_t \,.\, P_p$$

kde P_s je pravděpodobnost bezchybného chodu (spolehlivost) celého systému

$P_č$ spolehlivost člověka

P_t spolehlivost techniky (stroje)

P_p spolehlivost prostředí

Nejde-li ekonomicky nebo technicky některý prvek zlepšit, používá se často **zdvojení funkce,** tzn. že dva nespolehlivé prvky zapojíme **paralelně**. Zvýšení spolehlivost takto zdvojeného prvku spočítáme ze vztahu:

$$P_2 = P_A \,.\, P_B + P_B(1 - P_A) + P_A\,(1 - P_B)$$

kde P_2 je spolehlivost zdvojeného uzlu

P_A spolehlivost jednoho prvku (A)

P_B spolehlivost druhého (paralelního) prvku (B).

Příklad 1.2

Vypočítejte pravděpodobnost spolehlivosti systému *člověk – technika – prostředí*, jestliže spolehlivost člověka je 0,4, prostředí 90% a technika se skládá ze dvou subsystémů, pracujících paralelně, z nichž jeden má spolehlivost 60% a druhý 0,7.

Výpočet:

$$P_S = P_č \,.\, P_T \,.\, P_P$$

Spolehlivost techniky musíme vypočítat ze vztahu

$$P_T = P_{T1} \,.\, P_{T2} + P_{T2}\,(1 - P_{T1}) + P_{T1}\,(1 - P_{T2}) =$$
$$= 0{,}6 \,.\, 0{,}7 + 0{,}7\,(1 - 0{,}6) + 0{,}6\,(1 - 0{,}7) =$$
$$P_T = 0{,}88$$

potom

$$P_S = 0{,}4 \,.\, 0{,}88 \,.\, 0{,}9 =$$
$$P_S = 0{,}32$$

Spolehlivost systému je 32% (0,32).

Úloha 1.2.1

Jaká bude spolehlivost systému, jestliže člověk je spolehlivý z 80%, technika má ukazatel 0,95 a prostředí selže v 10%?

Úloha 1.2,2

Jak se změní spolehlivost prostředí (P_P = 0,3), jestliže změníme jeho spolehlivost tím, že zavedeme paralelní zařízení?

Úloha 1.2.3

O kolik procent se zlepší spolehlivost systému, ve kterém člověk je spolehlivý na 45%, technika i prostředí mají ukazatel 0,92, jestliže paralelně přidáme druhého operátora stejně spolehlivého?

Úloha 1.2.4

Jak se změní spolehlivost subsystému, jestliže, prvek o spolehlivost 15% zdvojíme paralelním zapojením prvku o spolehlivost 0,5?

Úloha 1.2.5

Jaká je spolehlivost řidiče auta, jestliže auto má spolehlivost 92%, celý systém 0,25, prostředí (podmínky) je spolehlivé na 70%?

Úloha 1.2.6

V systému ČTP je spolehlivost člověka 6%, techniky 0,8 a prostředí 0,95. Jaká je spolehlivost systému? Jak se změní, jestliže nasadíme paralelně dva operátory i techniku, vždy se stejnou spolehlivostí?

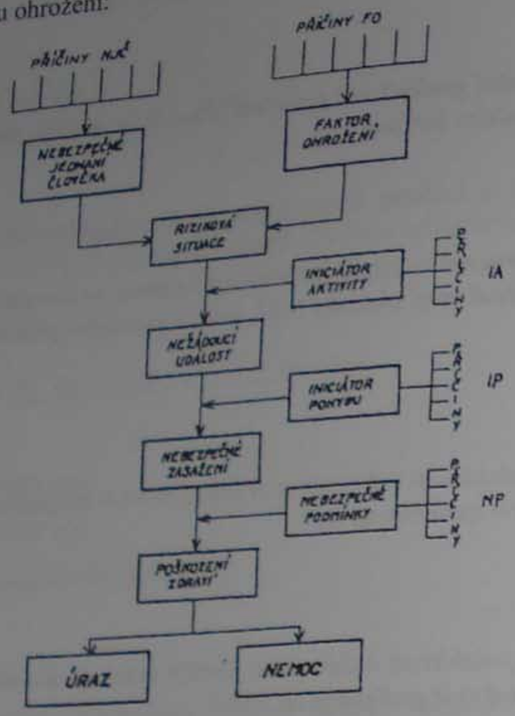
Úloha 1.2.7

V systému je spolehlivost operátora 0,4, paralelně zdvojená technika má každá 70%, spolehlivost prostředí je 90%. Jaká je spolehlivost a jak se změní, jestliže jedna technika bude trvale nefunkční?

1.3 Model ohrožení člověka

(Skripta „Ergonomie", kap. 2.2, str. 17 ÷ 25)

Vycházíme z modelu ohrožení:



Model ohrožení člověka

Pro posouzení vlivu některých kritérií na ergatičnost systému slouží následující tabulka.

Kritérium	zlepšující	zhoršující
Koncentrace (prachu, lidí, bacilů, ...)	nízká	vysoká
Intenzita (hluku, střesu, zátěže, ...)	nízká	vysoká
Vzdálenost od FO	velká	malá
Expozice (trvání FO)	minimální	trvalá
Pravděpodobnost FO	velmi malá	vysoká
Ergonomičnost systému	vysoká	nízká
Opakování činnosti (frekvence)	ojedinělé	velmi časté
Počet příčin	jedna	mnoho
Trénovanost člověka	vysoká	nízká
Kvalifikace člověka	vysoká	nízká
Zdravotní stav (fyzický i duševní)	kvalitní	velmi slabý (oslaben)
Vybavení člověka (OOP)	optimální	bez vybavení
Stav technické prevence	výborný	nedostatečný
Dodržování legislativy	výborně	nedostatečně

Vlivy na míru ohrožení (vybraná kritéria)

Při analýze situací pomocí modelu ohrožení člověka je nutno vždy přesně definovat všechny skutečnosti, příčiny a jevy, které nastaly. U příkladů a úloh dále uvedených není možné uvést všechny skutečnosti, ke kterým došlo. Je tedy možný různý výklad. Jako kritérium správnosti řešení pak platí, že je nutno vycházet z definic jednotlivých stavů, vazeb a prvků. (Viz skripta, str. 17 – 24.) Uveďme si nejdůležitější zásady:

1. Faktor ohrožení (FO) může mít dvě formy
   a) nebezpečný (rizikový) faktor (činitel) – je taková věc nebo předmět (objekt, látka), který má definovatelnou nebezpečnou vlastnost (ostrost, rychlost, ...) a který při určitém (nebezpečném) kontaktu s člověkem jej zraní. (= úraz = náhlé poškození zdraví);
   b) nebezpečný (rizikový) jev – při dlouhodobé expozici (působení) a výrazné koncentraci (intenzitě) má přesně definovatelnou nebezpečnou vlastnost, kterou způsobí člověku nemoc.
2. Nebezpečné jednání člověka (NJČ) je každá jeho činnost, která může ve spojení s faktorem ohrožení vést nejprve k ohrožení pohody, dále k úrazu nebo nemoci.

   V podstatě každá činnost člověka (v pracovní i mimopracovní sféře) má určitou (od téměř nulové až po jistotu) pravděpodobnost ohrožení člověka.
3. Riziková situace (RS) je takový stav systému (Č – T – P), kdy na stejném místě (m) a ve stejný okamžik (čas t) existuje nebezpečné jednání člověka a faktor ohrožení. Člověk se tedy neustále, v každém okamžiku nachází v celé řadě RS, s různou mírou nebezpečnosti (rizikovosti). RS nastává, když je překročena optimální koncentrace FO (K_O).
4. Iniciátor aktivity (IA) je příčina, nebo soubor příčin, které způsobí, že člověk (nebo jeho část se dostane do pole rizika (zóny narušení pohody = bezprostřední okolí FO; viz dále) a tím se RS kvalitativně změní v daleko rizikovější stav ohrožení, v nežádoucí událost, překročením běžné koncentrace (K_B). IA je tedy skutečnost, kterou musíme předem identifikovat a především odstranit, likvidovat, nebo alespoň její existenci minimalizovat.

Intenzita ohrožení v PR může mít z hlediska prostoru tyto varianty:

a) intenzita ohrožení od FO (centra rizika) **klesá**.

   Typické příklady jsou kupř. FO hluk, ionizující záření, odletující materiál atp. Je to typická struktura pro většinu kinetických FO;

b) intenzita ohrožení od CR **stoupá**.

   Tady je typický příklad nebezpečnost (kinetická energie) padajícího předmětu, nebo předmět (FO) s jiným zrychlujícím se pohybem;

c) intenzita ohrožení v PR je **konstantní.**

   Typický příklad této varianty jsou klimatické podmínky jako je barometrický tlak, vlhkost vzduchu, teplota. Jiný příklad jsou některé FO subjektivní, jako je zodpovědnost, strach atp.

d) intenzita ohrožení může v PR **kolísat.**

   Kupř. od zdroje hluku může mít v různých místech PR intenzita (dB_A) různou hodnotu vlivem zastínění zdroje, odrazem atp.

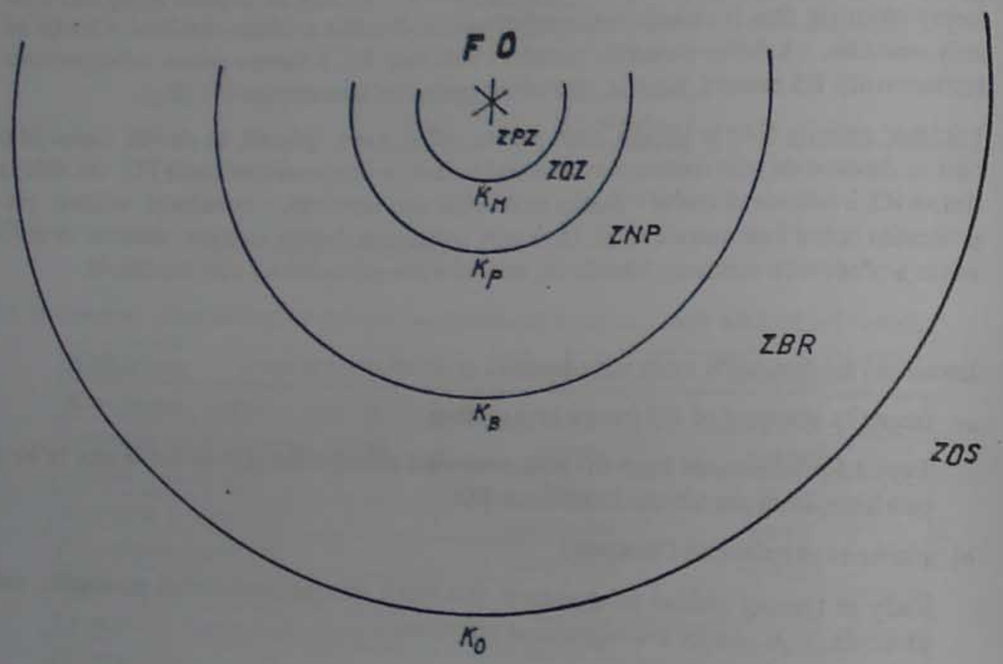
Ohrožení člověka v PR je dáno stupněm škodlivosti PO v poli rizika. V praxi rozeznáváme tyto základní **meze hodnot škodlivosti** (působení na člověka):

a) optimální hodnota koncentrace FO (K_o)
b) běžná hodnota koncentrace (K_B)
c) nejvýše přípustná koncentrace (K_P)
d) maximální krátkodobá koncentrace (K_M)

V systémovém ergatickém pojetí zavedeme označení termín **koncentrace** také pro pojem **kvality** faktoru ohrožení, abychom tak sjednotili terminologii jak pro nebezpečné jevy, tak i faktory (činitele). Koncentrace bude tedy označovat hodnotu i u stacionárních i kinetických rizikových faktorů z oblasti bezpečnosti, ergonomie, estetiky i dalších oborů.

Hodnoty mezí koncentrací K určujeme pak v praxi těmito způsoby:

a) z legislativních (závazných) materiálů jako jsou ČSN, Hygienické předpisy, další normy a nařízení;
b) z ergatické literatury (kupř. seznam literatury);
c) na základě výzkumu (měření, pozorování, statistické rozbory atp.).



Zóny pole rizika v okolí FO

Kde

a) **zóna optimálního stavu** (ZOS)
je charakterizována tím, že zde jsou optimální podmínky pro činnost a existenci člověka, jedná se tedy o ergatický stav. Člověk má zajištěny podmínky pro rozvoj své osobnosti.

b) **zóna běžného rizika** (ZBR)
je taková oblast PR, ve které nedochází ani k narušení pracovní pohody, ani ke snížení produktivity práce. Člověk si často ani neuvědomuje, že se nachází v poli rizika a může proto vlivem tohoto nevědomí (podceňování) dojít k reálnému ohrožení.

c) **zóna narušení pohody** (ZNP)
je ta oblast PR, ve které je již člověk tak blízko FO (nebezpečného faktoru nebo nebezpečného jevu), že především vlivem stoupající psychické zátěže z vědomí existujícího ohrožení dochází k rušivému působení na člověka, má nepříjemné pocity, tím má narušenu pohodu, dochází i ke snížení produktivity práce. Jedná se o tzv. stresovou situaci různé intenzity.

d) **zóna ohrožení zdraví** (ZOZ)
je ta část PR, kde je překročena hodnota průměrných přípustných koncentrací (ale není překročena hranice maximálních koncentrací K_M) a kde je již nutné provádět účinnou prevenci, neboť zde existuje reálné narušení zdraví. Účinnost prevence ovlivňuje míru ohrožení.

e) **zóna poškození zdraví** (ZPZ). Při překročení K_M (maximálně přípustná koncentrace) dochází k jednoznačnému poškození zdraví a to buď náhle – úrazu, nebo při delším působení nebezpečného jevu – nemoci.

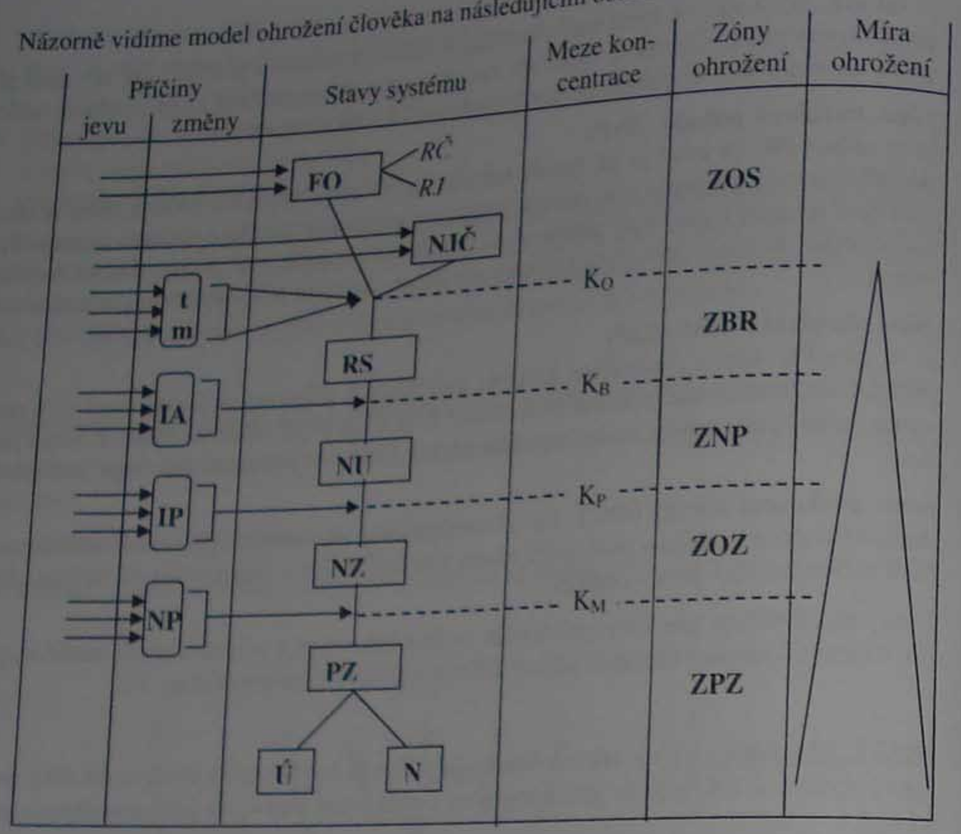
I tady může účinná prevence (především technického rázu a nepodmíněná), snížit stupeň poškození či dokonce ohrožení zdraví. Blíže viz skripta Ergonomie, kap. 2.2.

5. Nežádoucí událost (NU) je taková situace, kdy člověk se vlivem IA dostane do zóny narušení pohody (= ZNP). Stále ještě nedochází k poškození zdraví, ale jeho pravděpodobnost stoupá.
6. Iniciátor pohybu (IP) – je opět příčina, nebo častěji soubor příčin, které způsobí, že dojde k přímému kontaktu (zasažení) člověka s FO, je překročena nejvýše přípustná koncentrace FO (K_P).
7. Nebezpečné zasažení (kontakt)(NZ) je taková situace (zaviněná IP), kdy dojde k bezprostřednímu dotyku mezi člověkem a faktorem ohrožení. Člověk se dostal do zóny ohrožení zdraví (ZOZ), ale ještě nedochází k poškození zdraví (úrazu či nemoci), protože zatím neexistují nebezpečné podmínky (viz dále). Narušení pohody je maximální, ale není překročena mezní koncentrace FO (K_M).
8. Nebezpečné podmínky (NP) je opět obvykle soubor příčin (kupř. velká rychlost,velká koncentrace atp.), které mají za následek, že nebezpečné zasažení (kontakt) se změní – přejde v poškození zdraví, k překročení mezní koncentrace FO.
9. Poškození zdraví (ZPZ). Pokud je FO se formě nebezpečného činitele (NČ, RF) – dojde k úrazu. Pokud má FO formu nebezpečného jevu (RJ, NJ) – je následkem nemoc.

1. poznámka: Při analýze některých případů můžeme dospět k závěru, že některý stav (kupř. nebezpečné zasažení) nelze jednoznačně definovat. Jedná se však jen o výjimky.

2. poznámka: V této kapitole budeme analyzovat ohrožení člověka nebezpečným jevem. Analýza úrazů je v kap. „Nebezpečnost".

Názorně vidíme model ohrožení člověka na následujícím obrázku.



Příklad 1.3

Návštěva pacienta, onemocnělého virózou.

Dle modelu ohrožení (MO):

FO ≡ RJ	- vir (rizikovost: infekčnost)
NJČ	- návštěva
RS	- návštěva nemocného virózou (ZBR) (prostředí s nízkou koncentrací virů)
IA	- přiblížení k lůžku nemocného (= překročení K_B)
NU	- (v ZNP) blízko nemocného
IP	- přivítání (rozloučení) políbením (= překročení K_P = kontakt)
NZ	- kontakt ZOZ – přenesení viru polibkem
NP	- • stupeň koncentrace virů (míra onemocnění) • stupeň imunity návštěvy (zdravotní stav, očkování, otužilost, oslabení, …) • druh polibku = překročení K_M
PZ	Návštěva onemocní virózou

Úloha 1.3.1

Sklář, který ve sklárně vyfukuje výrobky po dlouholeté práci byl postižen profesionální nemocí – rozedmou plic. Pomocí modelu ohrožení určete všechny faktory a stavy.

Úloha 1.3.2

U dřevorubce, po dlouholeté práci s motorovou pilou byla diagnostikována lékařem vasoneurosa (= nedokrvení prstů, …). Analyzujte její vznik pomocí modelu ohrožení. Určete všechny faktory a stavy.

Úloha 1.3.3

Pomocí modelu ohrožení identifikujte jednotlivé faktory a stavy při ohrožení zdraví řidiče tramvaje extrémním stresem při jízdě městem.

Úloha 1.3.4

Nakreslete model ohrožení pro případ, kdy občan jel přeplněnou tramvají a onemocněl chřipkou.

Parametry člověka

(skripta „Ergonomie", str. 25 – 49)

Tato kapitola zahrnuje řešení problémů, které souvisejí se základními omezeními člověka, jako jsou jeho rozměry, hmotnost, síla atd.

2. Rozměry člověka

(skripta, str. 27, 28)

Při rozměrovém řešení techniky vycházíme z hodnot obr. 3.1 – skripta str. 27, pro orientační řešení používáme tyto hodnoty:

	muži	ženy
Průměrná výška $\overline{V}_T$ =	177 cm	166 cm

Při čemž minimální výšky (5% percentil) a maximální výšky (95% percentil) jsou oproti průměrné výšce $\overline{V}_T$ dány vztahem (pro muže i ženy):

$$V_{T5} = \overline{V}_T . 0,94$$

$$V_{T95} = \overline{V}_T . 1,06$$

Poznámka: *Při rozměrovém řešení techniky je nutno započítat i rozměry vybavení člověka – tab. 3.1. skripta str. 28.*

Kupř. je nutno připočítat k výšce postavy výšku podrážky (v_P):

$$v_P^{muž} = 3\,cm$$

$$v_P^{žena} = 5\,cm$$

Pro rozměrové řešení je také nutno znát výšku očí. Tady používáme vztah:

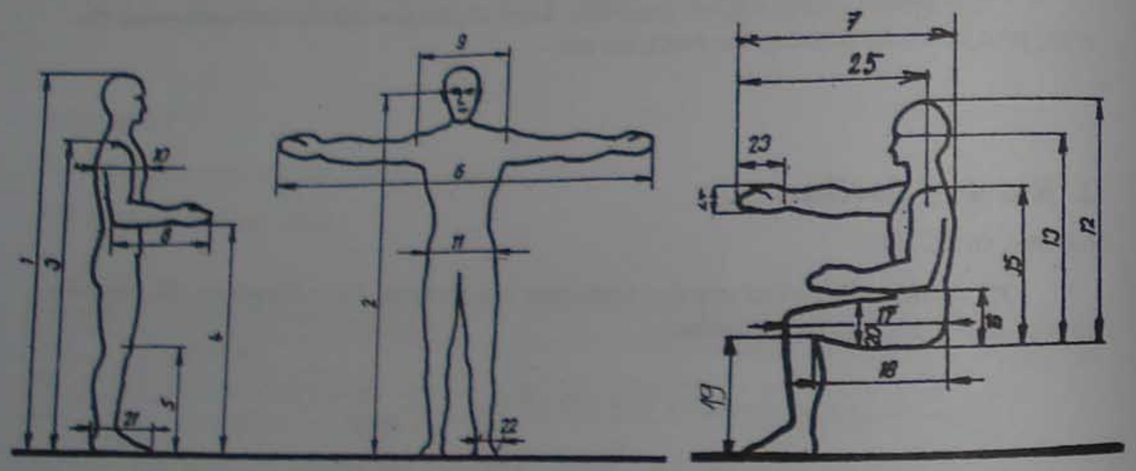
Výška očí ve stoje:

$$V_{oči}^{ST} = (V_T \,.\, 0{,}93) + výška\ podpatku$$

Výška očí v sedu nad sedákem:

$$V_{oči}^{SE} = V_T \,.\, 0{,}45$$

Pro konkrétní řešení techniky můžeme používat tyto relativní hodnoty rozměrů člověka:



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

Příklad 2

Určete interval osobních výšek mezi minimální a maximální postavou muže. Výpočet:

$$V_{T5} = \overline{V}_T.0{,}94 = 1{,}77.0{,}94 = 1{,}664\ m$$

$$V_{T95} = \overline{V}_T.1{,}06 = 1{,}77.1{,}06 = 1{,}876\ m$$

$$V_{T95} - V_{T5} = 1{,}88 - 1{,}66 = 0{,}22\ m$$

Rozdíl výšek mezi minimálním a maximálním mužem je 220 mm. (Výšku podpatku nemusíme v tomto výpočtu započítávat.)

Úloha 2.1

Jaký je rozdíl výšek postavy na pracovišti mezi minimálním mužem a ženou?

Úloha 2.2

Je vyšší maximálně vysoká žena nebo průměrně vysoký muž?(na pracovišti)

Úloha 2.3

Jaký je na pracovišti rozdíl výšek mezi průměrnou ženou a minimálním mužem?

Úloha 2.4

Výška monitoru má splňovat podmínku, aby jeho horní hrana byla maximálně ve výši očí. Jak vysoko bude horní hrana monitoru pro sedícího muže, vysokého 180 cm, při výšce sedačky 0,46 m.

Úloha 2.5

Jestliže má být horní hrana monitoru maximálně ve výši očí, jak musí být tato hrana vysoko pro stojícího muže, vysokého 182 cm?

3. Hmotnost těla

(skripta, str. 29)

Pro stanovení optimální hmotnosti těla existuje celá řada empirických vzorců, nejznámější je tzv. Brocův vzorec, který udává mezní hmotnost a v novější úpravě má formu:

$$H_T = (V_T - 100) \cdot (0{,}9 - 0{,}95)$$

kde H_T = hmotnost lidského těla [kg]

V_T = výška těla [cm]

hodnota 0,9 platí spíše pro muže,

0,95 pro ženy, resp. starší osoby..

Příklad 3

Jaká je pro muže, vysokého 1,81 m, optimální hmotnost?

$$H_T = (181 - 100) \cdot 0{,}9 = 72{,}9$$

Optimální hmotnost je 72,9 kg.

Úloha 3.1

Má člověk optimální hmotnost (dle Brocova vzorce), jestliže při výšce 1,75 m má hmotnost 70 kg?

Úloha 3.2

Vypočítejte pro ženu vysokou 180 cm interval doporučované hmotnosti pomocí Brocova vzorce!

Úloha 3.3

Jak vysoký by měl být muž, aby splňoval doporučení Brocova vzorce, když má hmotnost 90 kg?

4. Povrch lidského těla

(skripta, str. 30)

Pro celou řadu energetických řešení a výpočtů je nutné znát velikost povrchu lidského těla. Pro orientační výpočty používáme vztah:

$$P_T = 167 \cdot \sqrt{V_T \cdot H_T}$$

kde P_T = povrch těla [cm^2]

V_T = výška těla [cm]

H_T = hmotnost těla [kg]

Příklad 4

Vypočítejte plochu těla pro průměrného muže a ženu s optimální hmotností. Výpočet:

$$P_T = 167 \cdot \sqrt{V_T \cdot H_T}$$

$$P_{TM} = 167 \cdot \sqrt{177 \cdot 69{,}3} = 1{,}85 m^2$$
$$P_{TŽ} = 167 \cdot \sqrt{166 \cdot 62{,}7} = 1{,}70 m^2$$

Plocha povrchu těla průměrného muže je 1,85 m^2, průměrné ženy 1,70 m^2.

Úloha 4.1

Jaký má povrch těla žena o hmotnosti 75 kg a výšce 1,70 m?

Úloha 4.2

Kolik by musel vážit člověk, aby při výšce 1,80 m měl povrch těla 2 m^2?

Úloha 4.3

Jak vysoký je člověk, který má povrch těla 2,2 m^2 a hmotnost 90 kg?

5. Účinnost lidského těla

(skripta, str. 30 a 31)

Účinnost lidského těla, to znamená poměr vykonané mechanické práce k příkonu – spotřebované energii, je velmi nízká, pohybuje se podle druhu činnosti od 5 – 30% (viz podrobněji skripta Ergonomie, str. 30 a dále).

Pro běžné výpočty, pokud není jinak určeno, počítáme s průměrnou účinností $\eta = 0{,}2$.

Příklad 5

S jakou účinností pracuje dělník, jestliže za směnu vydá 3200 kJ, což je plně kryto stravou o hodnotě 13 920 kJ.

Výpočet:

$$\eta = \frac{\text{energie vydaná}}{\text{energie přijatá}} = \frac{3200}{13920} = 0{,}2298$$

Dělník pracoval s účinností 23% (0,23).

Úloha 5.1

Jaký energetický výdej může podat pracovník, aby při účinnosti 22% spotřeboval přijatou energii 12 000 kJ?

Úloha 5.2

Kolik energie musí sníst na vrcholu Sněžky turista, aby kryl energetický výdej výstupem z Pece pod Sněžkou, 8 000 kJ?

Úloha 5.3

S jakou účinností pracuje člověk, jestliže za den vydá 13 500 kJ (včetně BM) a sní potravu o hodnotě 71 000 kJ?

6. Energie

(skripta, str. 30)

Energetická hodnota potravin se při praktických výpočtech uvažuje:

1 g glycidů nebo bílkovin	17,2 kJ
1 g tuků	39,1 kJ

Příklad 6

Jaký objem energie představuje jídlo, které mimo balastní látky obsahuje 0,2 kg bílkovin, 150 g glycidů a 0,25 kg tuků?

Výpočet:

200 g bílkovin =	17,2 . 200 =	3 440 kJ
150 g glycidů =	17,2 . 150 =	2 580 kJ
250 g tuků =	39,1 . 250 =	9 775 kJ
C e l k e m		15 795 kJ

Objem jídla představuje 15 795 kJ.

Úloha 6.1

Jaký objem energie představuje přibližně snědení 0,4 kg slaniny a ¼ kg chleba?

Úloha 6.2

Kolik energie přijme člověk, který ke svačině sní 2 krajíce chleba (= 200 g; 10 g bílkovin, 2 g tuku, 100 g sacharidů) namazané máslem (50 g, 0,2 g bílkovin, 40 g tuku) a 0,2 kg salámu (30 g bílkovin, 50 g tuků), ke kterým vypije 0,5 l 10° piva (590 kJ)?

Úloha 6.3

Kolik obyčejných rohlíků musíte sníst, abyste přijali 7000 kJ? (1 rohlík ≐4 g bílkovin, 0,5 g tuku, 30 g sacharidů).

Úloha 6.4

Kolik bílkovin a tuků (v poměru 2 : 1) musí sníst pracovník, aby pokryl energetický výdej na mírnou práci (≐3 000 kJ), při účinnosti 0,2?

Úloha 6.5

Jakou energetickou hodnotu potravin musí sníst pracovník, aby kryl celodenní výdej energie (včetně BM) v hodnotě 28 000 kJ (účinnost 0,28).

Úloha 6.6

Kolik bílkovin a glycidů musí sníst člověk o hmotnosti 72 kg, aby kryl svůj bazální metabolismus, při účinnosti 0,3?

7. Bazální metabolismus

(skripta, str. 31, 32)

Pro přibližný výpočet hodnot bazálního metabolismu vycházíme ze vztahů:

$$BM \doteq 4{,}2 \,.\, H_T \,.\, 24 \doteq 100 \,.\, H_T \qquad [kJ/24\ hod.]$$

kde BM = bazální metabolismus za 24 hod. [kJ]

H_T = hmotnost člověka [kg]

(Podrobnější výpočet je z plochy těla, viz skripta, str. 32)

Příklad 7

Jaký má bazální metabolismus člověk o hmotnosti 79,5 kg?

Výpočet:

$$BM \doteq 4{,}2 \,.\, H_T \,.\, 24 \doteq 100 \,.\, 79{,}5 = \underline{7\,950\ kJ}$$

Člověk o hmotnosti 79,5 kg má přibližně BM 7 950 kJ/24 hod.

Úloha 7.1

Jaký BM má člověk o hmotnosti 92 kg?

Úloha 7.2

Jakou hmotnost má člověk, jehož BM za 24 hodin je 6 800 kJ?

Úloha 7.3

Jaký BM má za směnu žena o hmotnosti 68 kg?

8. Síla

(skripta, str. 33)

Svalová síla je přímo úměrná průřezu svalu, který sílu vyvíjí. Orientačně počítáme pro maximální hodnotu:

$$F_m = 70 - 120\ N/cm^2$$

Tréninkem je možno výkonnost svalu zvýšit o cca 100% (= 200 N/cm^2).

Příklad 8

Jakou maximální sílu může běžně vyvinout příčně pruhovaný sval paže, kruhovitého průřezu o průměru 40 mm?

Výpočet:

Průměrná maximální síla F_m = 100 N / cm^2.

Průřez svalu (plocha)

$$p = \pi r^2 = 3{,}14 \,.\, 2^2 = 12{,}57\ cm^2$$

Síla

$$F_m = 100 \,.\, 12{,}57 = 1257\ N = 1{,}26\ kN$$

Sval o průměru 40 mm může vyvinout průměrně maximální sílu 1,26 kN.

Úloha 8.1

Může příčně pruhovaný sval kruhového průřezu (Průměr = 72 mm) vyvinout sílu 12 kN?

Úloha 8.2

Jakou sílu může přibližně vyvinout příčně pruhovaný sval kruhovitého průřezu o průměru 8,5 cm?

Úloha 8.3

O kolik % má větší sílu trénovaný sval kruhového průřezu o průměru 11 cm oproti obdobnému svalu, netrénovanému, o kruhovém průřezu 7 cm?

9. Inteligenční kvocient

(skripta, str. 45)

Pro stanovení kvality inteligence se u mládeže počítá tzv. „inteligenční kvocient" ze vztahu

$$IQ = \frac{\text{mentální věk}}{\text{chronologický věk}} .100$$

Mentální věk se zjišťuje pomocí baterie inteligenčních testů, kde je výzkumem zjištěno, kolik správných odpovědí (za limitovaný čas) odpovídá v průměru určitému kalendářnímu věku. Touto „průměrnou" odpovědí je pak „mentální věk" dané skupiny. Průměrné IQ je tedy 100.

Příklad 9

Děvče staré 12 let v inteligenčním testu správně odpoví na 32 otázek, což odpovídá mentálnímu věku 14 let. Jaké má IQ?

$$IQ = \frac{\text{mentální věk}}{\text{kalendářní věk}} = \frac{14}{12} .100 = \underline{116{,}7}$$

Testované děvče má IQ rovno 116,7 bodům, což je nadprůměrná hodnota.

Úloha 9.1

Jaký má IQ hoch, který vyřeší počet problémů, odpovídající 13 letům, a je starý 14,5 roku?

Úloha 9.2

Jak mentálně starý je hoch, který má IQ 120 a je mu 16 let?

Úloha 9.3

Kolik let je děvčeti, které správně vyřešilo otázky pro desetiletou a dosáhlo IQ 125?

10. Výška manipulační roviny

(skripta, str. 52)

Pro orientační výpočet výšky manipulační roviny vycházíme ze vztahu:

pro sed $m_{sed} = (V_T \,.\, 0{,}4) + v_P \quad [m]$

pro stoj $m_{stoj} = (V_T \,.\, 0{,}6) + v_P \quad [m]$

kde v_P = výška podpatku.

Příklad 10

Určete optimální výšku manipulační roviny pro průměrného muže (177 cm) a ženu (166 cm) při sedu.

Výpočet:

Optimální výška manipulační roviny v sedě :

$$m_{opt} = (V_T \,.\, 0{,}4) + v_P$$

pro muže $m_{opt} = (177 \,.\, 0{,}4) + 3 = 73{,}8$ cm

pro ženu $m_{opt} = (166 \,.\, 0{,}4) + 5 = 71{,}4$ cm

Optimální výška manipulační roviny v sedu je pro průměrného muže 73,8 cm a pro ženu 71,4 cm.

Úloha 10.1

Jaký je rozdíl výšek manipulačních rovin ve stoje pro průměrného muže a ženu?

Úloha 10.2

Jaký je rozdíl výšek manipulační roviny pro ženu vysokou 1,71 m v sedě a ve stoje?

Úloha 10.3

Jaký je rozdíl výšek manipulačních rovin ve stoje pro ženu minimální výšky (5%) a maximálního muže (95%)?

11. Meze dosahového prostoru

(skripta, str. 52 – 53)

Dosahový prostor rozdělujeme do čtyř kategorií. Pro orientační výpočty vycházíme z těchto hodnot v sagitálním směru:

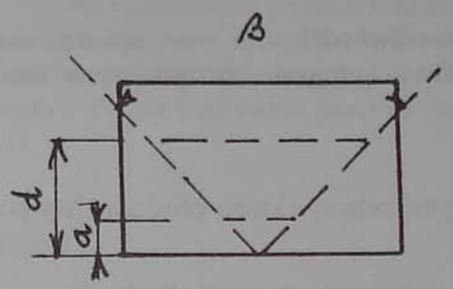
Optimální d_O manipulační prostor je omezen dosahem předloktí.

Normální d_N manipulační prostor je omezen dosahem středu dlaně natažené paže.

Funkční d_F manipulační prostor je omezen konečky prstů natažené paže.

Maximální d_M manipulační prostor je omezen dosahem prstů s mírným náklonem těla (do 15 stupňů).

Vymezení dosahového prostoru jako co do dosahu, tak i vlivu zorného pole a nutného odstupu od kraje pracovní desky uvádí následující obrázek:



Dosahy v horizontální rovině:

		a	β
d_O	$= V_T \,.\, 0{,}17$	0,15 m	60°
d_N	$= V_T \,.\, 0{,}25$	0,10 m	90°
d_F	$= V_T \,.\, 0{,}32$	0,10 m	120°
d_M	$= V_T \,.\, 0{,}40$	0,05 m	150°

Příklad 11

Jaké budou meze dosahových prostorů pro průměrně vysokou ženu?

Výpočet:

$d_o = V \,.\, 0{,}17 = 1{,}66 \,.\, 0{,}17 = 0{,}28$ m

$d_N = V \,.\, 0{,}25 = 1{,}66 \,.\, 0{,}25 = 0{,}42$ m

$d_F = V \,.\, 0{,}32 = 1{,}66 \,.\, 0{,}32 = 0{,}53$ m

$d_M = V \,.\, 0{,}4 = 1{,}66 \,.\, 0{,}4 = 0{,}66$ m

Meze dosahových vzdáleností pro průměrně vysokou ženu jsou : optimální – 0,28 m, normální – 0,42 m, funkční – 0,53, maximální – 0,66 m.

Úloha 11.1

Jaké budou meze dosahových prostorů pro muže vysokého 180 cm?

Úloha 11.2

Bude v normálním dosahovém prostoru součást, která je ve vzdálenosti 50 cm pro muže vysokého 183 cm?

Úloha 11.3

Jak je široká plocha mezi normálním a funkčním dosahovým prostorem pro ženu vysokou 160 cm?

12. Osa přirozeného pohledu

(skripta, str. 53 – 55)

Při rozměrovém řešení techniky – pracoviště, speciálně sdělovačů, monitorů atp., musíme z důvodů přesné identifikace informace je umisťovat kolmo na přirozený směr (osu) pohledu.

Při projektování (nebo hodnocení) používáme tyto hodnoty sklonu přirozené osy pohledu pod horizontálou, vedenou okem:

pro sed $\alpha_{sed} = 35°$

stoj $\alpha_{stoj} = 25°$

Výška očí člověka ve stoje je 93% osobní výšky (+ výšky podpatku), vsedě 45% osobní výšky nad sedákem.

Příklad 12

Jaký má být sklon obrazovky od horizontály, aby vyhovoval práci v sedě?

Výpočet:

Pro sed je úhel přirozené osy pohledu 35°. Úhel obrazovky pak bude:

$$\alpha_{ob} = 90 - \alpha_{sed} = 90 - 35 = 55$$

Vhodný úhel sklonu obrazovky od horizontály by měl být 55°.

Úloha 12.1

Jaký by měl být sklon panelu se sdělovači pro odečítání hodnot ve stoje?

Úloha 12.2

Má správný sklon část stroje se sdělovači, jestliže má od vertikály sklon 35° a má být sledována ve stoje?

Úloha 12.3

Jaký sklon od vertikály má mít panel sdělovačů pro sledování v sedě?

13. Rozměrové projektování

(skripta, str. 56 – 57)

Při rozměrovém projektování techniky (stroje, pracoviště), kde bude pracovat více lidí, musíme respektovat rozměry nejmenší a největší osoby. Pokud nevíme, kdo bude techniku používat, musíme vycházet ze statistických údajů, tzn. z 5% resp. 95% percentilu průměrné postavy. Pokud tam budou pracovat ženy i muži, extrémy je 5% žena a 95% muž (viz kap. 2.1).

Příklad 13

Navrhněte pro zobrazené pracoviště jednotlivé rozměry (1 – 5). Budou zde pracovat ženy i muži, přičemž musí být splněny tyto požadavky:

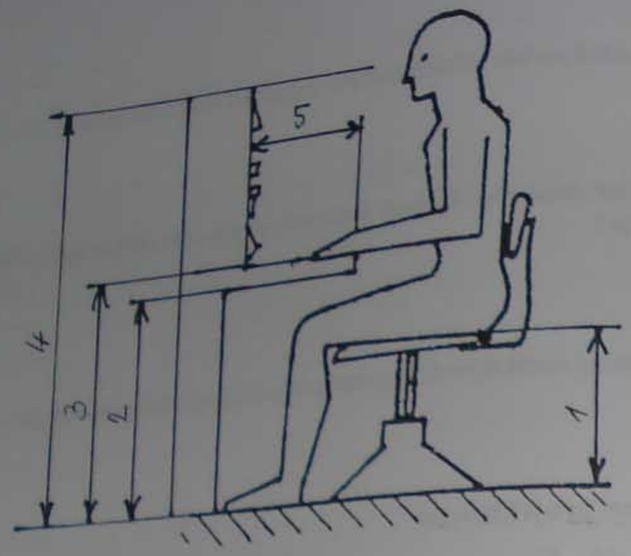
kóta 1 výška sedačky musí být optimálně vysoká

kóta 2 prostor pro nohy musí umožňovat umístění nohou

kóta 3 výška pracovní desky musí respektovat správnou polohu paží. (Výška manipulační roviny je zde totožná s výškou pracovní desky.)

kóta 4 výška panelu – musí být tak vysoký, aby všichni pracovníci přes něj viděli.

kóta 5 hloubka desky – protože na panelu jsou součástky a ovladače, musí na něj všichni dosáhnout.



Řešení:

kóta 1 Výška sedačky univerzálního pracoviště musí být přestavitelná, ale nikoliv v intervalu minimum – maximum, ale od maxima nahoru, tzn. sedačka pro zvýšený sed. Minimální postava si musí nastavit sedačku na nejvyšší polohu, je tedy třeba vybavit pracoviště podnožkou (šikmou či stavitelnou).

kóta 2 Výška prostoru pro nohy musí být maximální, aby i největší muži tam mohli umístit kolena.

kóta 3 Výška pracovní desky je limitována správnou polohou paže (výška lokte) a zornou vzdáleností *oko – kritický detail.* (Při malých kritických detailech = zrakově náročných pracích se musí pracovní deska zvýšit.)

Zde nejsou zrakové požadavky specifikovány, předpokládáme běžné podmínky. Výška tedy bude dána extrémní výškou pracovníka, musí být tedy maximální.

kóta 4 Jednoznačné je řešení výšky panelu. Má-li být nižší než výška očí všech pracovníků, musí být výška minimální (5% žena).

kóta 5 Stejně tak hloubka stolu, pokud všichni musí dosáhnout na panel, musí být minimální.

Úloha 13.1

Pro zakreslené pracoviště optimalizujte rozměry 1 – 6 za podmínky, že zde budou pracovat ženy i muži. Konkrétní požadavky tohoto operátorského pracoviště jsou:

kóta 1: Optimální výška pro všechny operátory (i operátorky)

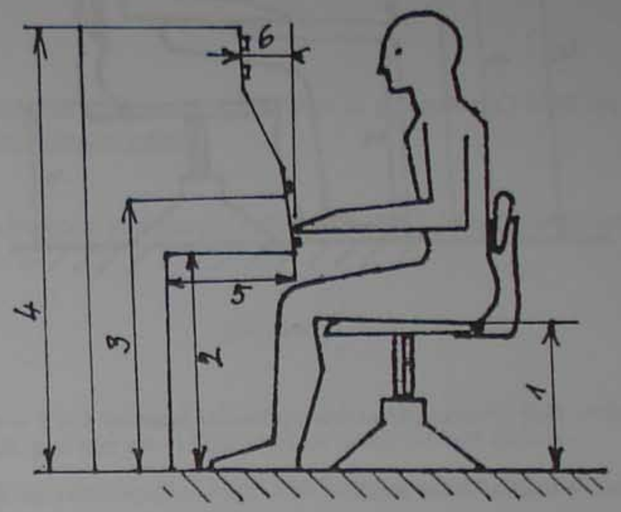
kóta 2: Dostatečný prostor pro nohy

kóta 3: Optimální výška panelu s ovladači

kóta 4: Panel musí být vyšší, než je výška očí operátora, aby nebyl rušen vizuálními vlivy z okolí

kóta 5: Hloubka prostoru pro nohy musí umožňovat dostatečnou pohodu

kóta 6: Ovládačový panel nad obrazovkou (principielně je řešen neergonomicky) musí být pro všechny operátory dostupný



Úloha 13.2

Optimalizujte rozměry montážního pracoviště, na kterém pracují ženy i muži. Ergonomické (antropocentrické) požadavky jsou:

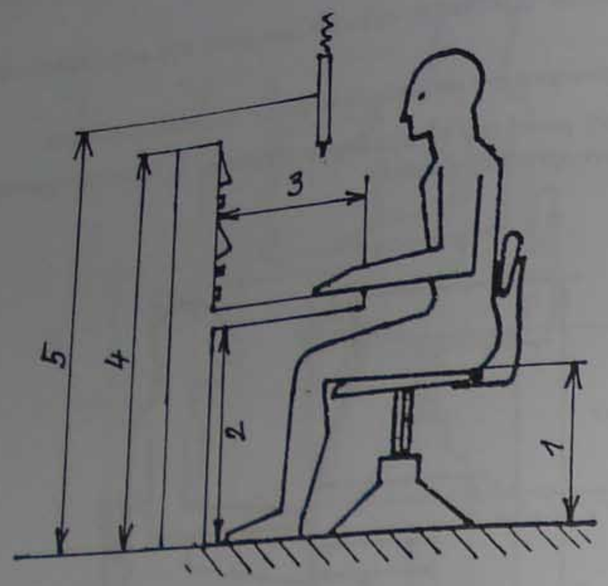
kóta 1: optimální výška sedačky

kóta 2: dostatečný prostor pro nohy

kóta 3: všichni pracovníci musí na panel dosáhnout

kóta 4: přes panel musí všichni pracovníci vidět

kóta 5: závěsný elektrický šroubovák musí být v dosahovém prostoru



Úloha 13.3

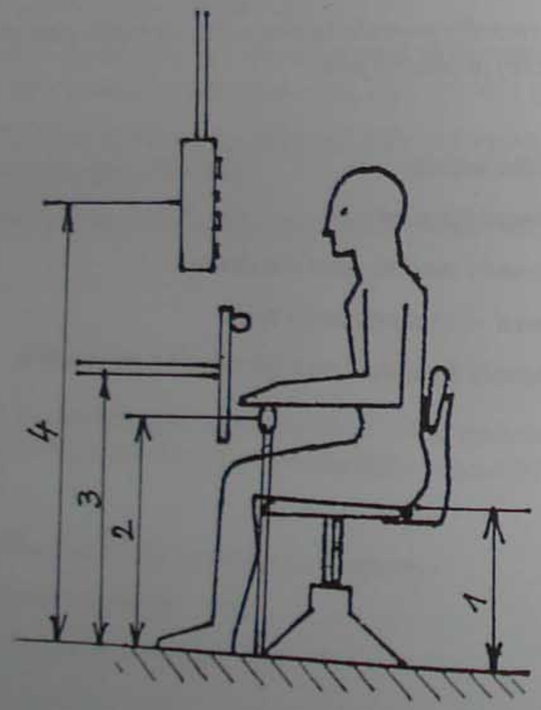
Pro zakreslené řídicí pracoviště určete optimální hodnoty kót 1 – 4, za předpokladu, že:

kóta 1: požadujeme optimální výšku sedáku

kóta 2: hmatník páky by měl být ve výšce lokte

kóta 3: střed otáčení kolečka (s klikou) by měl být ve výšce lokte

kóta 4: i nejvyšší ovládač na panelu by měl být v normální zóně dosahu



14. Velikost vizuálního sdělovače

(skripta, str. 65)

Pro dobré vnímání – čtení vizuálních sdělovačů je nutné, aby nejmenší rozměr (kritický detail), který musí být identifikován, měl dostatečnou velikost. Ta je dána vztahem:

$$\gamma_{min} \geq 5'$$

Kritický detail (vzdálenost rysek, část číslice či písmene atp.) musí být minimálně viditelný pod úhlem pěti úhlových minut.

Velikost zorného úhlu, pod kterým vnímáme kritický detail, vypočítáme ze vztahu:

$$\gamma = 3440 \frac{d}{\ell}$$

kde γ = zorný úhel, pod kterým vidíme kritický detail [úhlové minuty]

d = velikost kritického detailu , kupř. vzdálenost rysek na stupnici [m]

ℓ = vzdálenost, ze které kritický detail „čteme" [m]

Znamená to, že celé písmeno (nebo číslo), které obsahuje až pět kritických detailů, musí být vysoké minimálně 25 úhlových minut.

Příklad 14

Jak musí být vysoká písmena na nápisu sdělovače, jestliže je vzdálen od operátora 3 m?

Vycházíme ze vztahu:

$$\gamma = 3440 \frac{d}{\ell}$$

a tedy

$$d = \frac{\gamma.\ell}{3440} = \frac{25.3}{3440} = 0{,}022$$

Výška písmen nápisu musí být vysoká minimálně 22 mm.

Úloha 14.1

Jak dlouhá musí být vlastní stupnice sdělovače, jestliže má být dobře čitelná z pěti metrů a obsahuje 150 dílků?

Úloha 14.2

Bude dobře čitelný nápis, který se čte ze 4 metrů a který je vysoký 3 cm?

Úloha 14.3

Z jaké vzdálenosti bude dobře čitelná reklama u silnice, jestliže její písmena jsou vysoká 14 cm?

15. Výška sedačky

(skripta, str. 71 – 74)

Vhodnou výšku sedačky, pracovní desky příp. podnožky lze pro různé výšky osob, výšek stolů atp. stanovit pomocí diagramů, uvedených ve skriptech, str. 74.

Pro orientační výpočet nebo hodnocení můžeme pro výpočet výšky sedačky vycházet z výšky těla (V_T) a ze vztahu:

$$v_s = (V_T + \text{výška podpatku}) \,.\, 0{,}25$$

Pokud není změřeno, nebo stanoveno jinak počítáme výšku podpatku pro ženu 5 cm, pro muže 3 cm.

Příklad 15

Jak vysoká by měla být sedačka pro ženu, vysokou 169 cm?

Řešení:

$$v_s = (V_T + \text{výška podpatku}) \,.\, 0{,}25 = (169 + 5) \,.\, 0{,}25 = 43{,}5$$

Optimální výška sedačky pro ženu vysokou 169 cm je 43,5 cm.

Úloha 15.1

Jak má být vysoká sedačka pro muže vysokého 183 cm?

Úloha 15.2

Sedačka je vysoká 48 cm. Je správně vysoká pro ženu o výšce 171 cm?

Úloha 15.3

Jaký rozsah stavitelnosti by měla mít přestavitelná sedačka, aby byla vhodná pro ženu vysokou 168 cm a pro muže vysokého 184 cm?

16. Osvětlení

(skripta, str. 81 – 91)

Při řešení nebo hodnocení osvětlení používáme tyto základní vztahy:

16.1 Rovnoměrnost osvětlení

(skripta, str. 85)

$$r = \frac{E_{min}}{E_{max}} \qquad [-]$$

kde r = rovnoměrnost osvětlení [-]

E_{min} = intenzita osvětlení v nejméně osvětleném místě [ℓx]

E_{max} = intenzita osvětlení nejvyšší hodnoty [ℓx]

Přijatelné hodnoty:

pro málo zrakově náročné práce	0,2
průměrná hodnota	0,33
pro zrakově náročné práce minimálně	0,5
nepřijatelné	pod 0,1

Příklad 16.1

Zhodnoťte rovnoměrnost osvětlení na pracovišti, kde minimální hodnota osvětlení je 40 luxů a maximální je o 450 luxů vyšší.

Výpočet:

$$r = \frac{40}{490} = 0{,}082$$

Rovnoměrnost osvětlení je nepřijatelná, protože je menší než 0,1.

Úloha 16.1.1

Jaká smí být minimální hodnota rovnoměrnosti osvětlení, jestliže maximální je 500 luxů a jedná se o zrakově náročné práce?

Úloha 16.1.2

Na pracovišti se provádějí práce s průměrnou zrakovou náročností. Jaká smí být maximální hodnota osvětlení, jestliže minimální je 80 luxů?

Úloha 16.1.3

Zhodnoťte rovnoměrnost osvětlení na pracovišti, kde maximální hodnota je 420 luxů a minimální je 30%?

16.2 Stínivost osvětlení

(skripta, str. 85)

Pro dobrou zrakovou pohodu, zvláště prostorovou orientaci je důležité kritérium - stínivost osvětlení (s). Ukazatel stínivosti (s) počítáme ze vzorce

$$s = \frac{E - E_s}{E} \quad [-]$$

kde

E = intenzita kompletního (kombinovaného) osvětlení [ℓx]

E_s = intenzita osvětlení při zastínění (vypnutí) **silnějšího** zdroje [ℓx]

Stupeň stínivosti má být alespoň 0,2 a menší než 0,8. tzn. že přímé světlo (místní osvětlení) má mít 20- 80%.

Příklad 16.2

Zhodnoťte stupeň stínivosti na pracovišti soustružníka, kde zářivkové osvětlení na stropu s lokálním svítidlem na soustruhu dává 350 ℓx, samotné místní osvětlení má hodnotu 230 ℓx.

Výpočet:

Použijeme vztah $s = \frac{E - E_s}{E}$

Ze zadání vyplývá, že E = 350 ℓx. Protože hlavní zdroj je v **tomto případě** lokální (místní, přímé) osvětlení = 230 ℓx (POZOR ! NEMUSÍ TO BÝT VŽDY MÍSTNÍ OSVĚTLENÍ!), bude hodnota osvětlení při zastínění SILNĚJŠÍHO zdroje:

$$E_s = 350 - 230 = 120 \ \ell x$$

potom

$$s = \frac{350 - 120}{350} = \frac{230}{350} = 0{,}66$$

Úroveň stínivosti na soustružnickém pracovišti je 0,66, což je velmi dobrá hodnota.

Úloha 16.2.1

Zhodnoťte stupeň stínivosti na těchto pracovištích:

a) konstrukční kancelář : kombinované osvětlení 600 ℓx, místní z toho 60%,

b) montáž: pouze celkové osvětlení 510 ℓx

Úloha 16.2.2

Zhodnoťte stupeň stínivosti na těchto pracovištích:

a) kontrola: hlavní svítidlo dává 15% celkového světelného toku,

b) montáž: pouze celkové (stropní) osvětlení zářivkami o hodnotě 210 ℓx,

c) hodinářská práce: úhrnné kombinované osvětlení 600 ℓx, místní 250 ℓx.

Úloha 16.2.3

Jaká je hodnota celkového osvětlení, jestliže místní osvětlení je 200 ℓx a hodnota stínivosti je 0,6?

Úloha 16.2.4

Jaká je hodnota místního osvětlení, jestliže celkové osvětlení má hodnotu 300 ℓx a hodnota stínivosti je 0,5?

16.3 Výpočet umělého osvětlení

(skripta, str. 90 a 91)

Při výpočtu potřebného příkonu, resp. počtu svítidel pro dosažení požadované intenzity osvětlení můžeme použít několik metod.

a) Metoda poměrného příkonu

Je to orientační metoda pro hrubý odhad potřebného počtu svítidel. Vycházíme ze vztahu:

$$P = \frac{S \cdot E \cdot p}{100} \quad [\mathrm{W}]$$

kde

P = potřebný příkon [W]

S = plocha místnosti [m^2]

E = požadovaná intenzita osvětlení [ℓx]

p = poměrný příkon [$W\,m^{-2}\,\ell x^{-1}$]

Hodnota poměrného příkonu se přesněji určí z tab. 5.5 (skripta, str. 90), orientačně můžeme použít hodnot:

pro žárovky $p_ž = 20\ W\,m^{-2}\,\ell x^{-1}$

pro zářivky $p_z = 7\ W\,m^{-2}\,\ell x^{-1}$

počet svítidel (s) spočítáme

$$s = \frac{P}{P_s}$$

kde

P = vypočítaný potřebný příkon [W]

P_s = příkon zvoleného typu svítidla [$W.ks^{-1}$]

Příklad 16.3a

Metodou poměrného příkonu určete potřebný počet žárovek o 500 W pro posluchárnu 120 m^2, jestliže hodnota ukazatele poměrného příkonu je 18 $W\,m^{-2}\,\ell x^{-1}$.

Výpočet:

Použijeme vzorec (pro posluchárnu předpokládáme E = 200 ℓx)

$$P = \frac{S \cdot E \cdot p}{100} = \frac{120 \cdot 200 \cdot 18}{100} = 4320\,W$$

Počet svítidel o 500 W

$$s = \frac{P}{P_s} = \frac{4320}{500} = 8{,}64$$

Pro posluchárnu 120 m^2 a intenzitě osvětlení 200 ℓx je třeba 9 svítidel (tři řady po 3 svítidlech).

Úloha 16.3 a1

Bude dostatečná intenzita osvětlení v učebně (80 m^2), kde je rovnoměrně rozmístěno 20 trubic zářivek (p = 8)? Použijte metodu poměrného příkonu.

Úloha 16.3 a2

Kolik zářivek (40 W) bude třeba v dílně (52 m^2) pro dosažení intenzity osvětlení 180 ℓx ? Použijte metodu poměrného příkonu.

Úloha 16.3 a3

Pomocí metody poměrného příkonu určete počet žárovkových svítidel (100 W) pro dílnu 4 x 4 m, aby bylo dosaženo intenzity osvětlení 150 ℓx.

16.3 b Netušilova metoda

(skripta, str. 91)

Netušilova metoda (toková) je přesnější a vycházíme ze vztahu:

$$F = \frac{E \,.\, S}{\eta \,.\, Z \,.\, V} \quad [\ell m]$$

kde

F = světelný tok zdrojů světla [ℓm]

E = požadovaná intenzita osvětlení [ℓx]

S = plocha místnosti

η = účinnost svítidla (z katalogu svítidel)

Z = činitel znehodnocení (stárnutí a znečištění – z tabulek)

V = činitel využití (dán druhem osvětlení a odrazivosti stěn, stropu – z tabulek)

Pro naše výpočty budeme (pokud nebudou přesně zadány) uvažovat tyto hodnoty:

$\eta = 0{,}8$

$Z = 0{,}7$

$V = 0{,}6$

Pro výpočet počtu zdrojů (svítidel) musíme znát hodnoty jejich měrných výkonů. Pro různé zdroje je uvádí tab. 5.4 ve skriptech.

Pro orientační výpočty uvažujeme měrný výkon

žárovek	$m_ž = 12$ lm W^{-1}
zářivek	$m_z = 50$ lm W^{-1}

Příklad 16.3 b

Pomocí Netušilovy (tokové) metody určete počet zářivek (40 W) pro dosažení intenzity osvětlení 250 ℓx v místnosti 5 x 6 m. Hodnoty $\eta = 0{,}82$, $Z = 0{,}69$, $V = 0{,}65$.

Výpočet:

Vycházíme ze vztahu

$$F = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot Z \cdot V} = \frac{250 \cdot 30}{0{,}82 \cdot 0{,}69 \cdot 0{,}65} = 20393{,}18 \ \ell m$$

Zaokrouhlíme na 20 400 ℓm.

1 zářivková trubice (příkon P = 40 W) má při měrném výkonu m = 50 ℓm W^{-1}, světelný tok 2000 ℓm, tzn., že potřebný počet zářivkových trubic bude:

$$s = \frac{F}{m.P} = \frac{20400}{50.40} = 10{,}2 \text{ kusů}$$

Pokud použijeme jednotrubicová svítidla, stačí jich 11. Z důvodů lepšího rozmístění (příp. dvoutrubicových svítidel) použijeme dvanáct zářivkových trubic.

Úloha 16.3 b1

Určete Netušilovou metodou počet žárovek (150 W) v místnosti 23 m^2 pro dosažení intenzity osvětlení 150 ℓx.

Úloha 16.3 b2

Zkontrolujte Netušilovou metodou, zda v místnosti o rozměrech 16,5 m^2 stačí 10 žárovek (100 W) pro dosažení intenzity osvětlení 120 ℓx.

Úloha 16.3 b3

Jaký maximální půdorys smí mít kancelář, aby byla intenzita osvětlení 230 ℓx, když osvětlení zajišťuje 14 trubic zářivek (40 W). Použijte Netušilovu metodu.

16.3 c Metoda účinnosti

(skripta, str. 91)

Potřebný světelný tok se vypočte ze vzorce:

$$F = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot \mu} \quad [\ell m]$$

kde F = světelný tok všech zdrojů světla (ℓm)

E = potřebná intenzita osvětlení (ℓx)

S = plocha místnosti (m^2)

η = účinnost osvětlení (z Harrisonovy tabulky)

μ = udržovací činitel (dle tab. Gaetjense)

Potřebný počet svítidel určíme stejně jako u Netušilovy metody.

Pro běžné, orientační výpočty, uvažujeme:

účinnost osvětlení	$\eta = 0{,}4$
udržovací činitel	$\mu = 0{,}8$

Příklad 16.3 c

Pomocí metody účinnosti určete potřebný počet žárovek (200 W), nebo zářivek (40 W) pro kancelář o ploše 32 m^2 a intenzitě světlení 250 ℓx.

Použijeme vztah:

$$F = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot \mu} = \frac{250 \cdot 32}{0{,}4 \cdot 0{,}8} = 25000 \ \ell m$$

Počet žárovek

$$s_z = \frac{F}{m \cdot P} = \frac{25000}{12 \cdot 200} = 10{,}42 \ ks$$

Použijeme 11 (z důvodů symetričnosti rozmístění lépe 12) žárovek 200 W.

Počet zářivek

$$s_z = \frac{F}{m \cdot P} = \frac{25000}{50 \cdot 40} = 12{,}5 \text{ kusů}$$

Počet potřebných zářivek (40 W) je 13, resp. 14 kusů – pro lepší rozmístění.

Úloha 16.3 c1

Metodou účinnosti vypočítejte potřebný počet zářivek (40 W) pro dílnu o ploše 28 m^2, pro dosažení intenzity osvětlení 220 lx. Hodnota $\eta = 0{,}47$, $\mu = 0{,}62$.

Úloha 16.3 c2

Pomocí metody účinnosti zkontrolujte, zda v kanceláři o ploše 22 m^2 stačí 12 zářivek (40 W) pro dosažení intenzity osvětlení 230 lx. ($\eta = 0{,}52$, $\mu = 0{,}76$)

Úloha 16.3 c3

Jaký smí mít maximální půdorys dílna, kde se požaduje intenzita osvětlení 150 lx a kde je 6 žárovek 200 W. Použijte metodu účinnosti.

17. Hluk

(skripta, str. 93 – 101)

V oblasti hluku jsou příklady zaměřeny na výpočet výsledné hladiny hluku při více zdrojích. Při výpočtech vycházíme ze vztahu:

$$L = 10 \cdot \log \sum_{1}^{n} 10^{0{,}1 L_i} \quad [\text{dB}]$$

kde L = výsledná hladina hluku (dB)

n = počet zdrojů (např. strojů)

L_i = hlučnost jednotlivého (i-tého) zdroje (stroje) [dB]

Příklad 17

V jakém hluku bude pracovat operátor, jestliže obsluhuje 3 stroje, každý o hlučnosti 55 dB, 2 stroje, každý o hlučnosti 62 dB a 4 stroje, každý o hlučnosti 75 dB.

Výpočet:

Dosadíme do vzorce :

$$L = 10 \cdot \log \sum_{1}^{n1} 10^{0{,}1 L_i} = 10 \cdot \log\left(3 \cdot 10^{0{,}1 \cdot 55} + 2 \cdot 10^{0{,}1 \cdot 62} + 4 \cdot 10^{0{,}1 \cdot 75}\right) =$$

$$= 10 \cdot \log(3 \cdot 316227 + 2 \cdot 1584893 + 4 \cdot 31622776) =$$

$$= 10 \cdot \log 130609571 = \underline{81{,}16 \ \text{dB}}$$

Operátor bude pracovat v hluku 81,16 dB.

Úloha 17.1

Vypočtěte výslednou hlučnost na pracovišti, kde pracuje 5 strojů, každý o hlučnosti 85 dB, 3 stroje, každý o hlučnosti 82 dB a 1 stroj o hlučnosti 87 dB.

Úloha 17.2

Vypočítejte výslednou hlučnost v kovárně, kde pracuje 14 strojů, každý o hlučnosti 86 dB, 5 strojů, každý o hlučnosti 90 dB a 1 o hlučnosti 92 dB.

Úloha 17.3

Jaká bude výsledná hlučnost v kanceláři, kde je 8 zařízení, každé o hlučnosti 52 dB a 4 každé o hlučnosti 59 dB?

18. Fyzická zátěž

(skripta, str. 114 – 119)

Problém fyzické zátěže je jedním z velmi důležitých oblastí ergonomie. Výpočet fyzické pracovní zátěže (nad bazální metabolismus, který se počítá v kap. 6) můžeme provádět rozličnými metodami. Příklady využívají metody „výpočet z mechanické práce".

Poznámka:
1. *Pokud není zadáno jinak, počítejte u ženy výšku 166 cm a hmotnost 70 kg, u muže 177 cm a hmotnost 80 kg.*
2. *Při výpočtu příkladů u zkoušky dostane student k dispozici tabulky 1 až 7.*

FYZICKÁ PRÁCE (A^F)

Fyzická práce bývá obecně složena ze dvou částí:

$$A^F = A^D + A^S \qquad [1]$$

kde A^D = práce dynamická (chůze, manipulace s břemenem, ...)
A^S = práce statická (extrémní poloha těla a jeho částí, držení, tlak, stisk, ...)

Poznámka: V praxi označujeme indexem pouze statickou složku fyzické práce (S = statická práce).

18.1 Chůze po rovině

$$A_{CH} = H_T \cdot g \cdot 0{,}03 \cdot V_T \cdot k_N \cdot \frac{\ell_C}{\ell_K} \cdot \frac{1}{\eta} \qquad [J] \qquad [2]$$

kde H_T = hmotnost těla (kg)
g = gravitační zrychlení (≈ 10ms^{-2})
0,03 = amplituda sinusového pohybu těžiště těla při chůzi či běhu je 3% tělesné výšky
V_T = výška těla (m)
k_N = koeficient negativní práce (1,33 = 4/3)
ℓ_C = celkové délka chůze (m)
ℓ_K = délka kroku (dle rychlosti) (m)
η = účinnost těla při chůzi = 0,3

Obdobně jako práci při chůzi, počítáme i kupř. práci při běhu. Změní se pouze délka kroku v závislosti na rychlosti. (Sprint na 100 m asi 1,8 m/krok, atd.)

18.2 Chůze s břemenem po rovině

$$A_{CHB} = A_{CH} + A_N = (H_T + H_B \cdot k_D) \cdot g \cdot 0{,}03 \cdot V_T \cdot k_N \cdot \frac{\ell_C}{\ell_{KB}} \cdot \frac{1}{\eta} \qquad [J] \qquad [3]$$

kde A_N = práce na nesení břemena
H_B = hmotnost břemena [kg]
k_D = koeficient držení břemena (tab. 1)
ℓ_{KB} = délka kroku při chůzi s břemenem. Je kratší než bez břemena, úměrná rychlosti chůze a hmotnosti břemena.

18.3 Chůze s břemenem + překonání výšek (kopec, schody, ...)

$$A_C = A_{CHB} + A_V = A_{CHB} + (H_T + H_B \cdot k_D) \cdot g \cdot \ell_V \cdot k_N \cdot \frac{1}{\eta} \qquad [J] \qquad [4]$$

kde A_V = práce na překonání výšek
ℓ_V = překonaná výška (m) celkem
η = účinnost těla = 0,2
k_N = pokud se překonává výška (součet výšek) vždy nahoru i dolů, je k_N = 1,33. Pokud se jde jen do kopce k_N = 1. Pokud se jde jen z kopce, k_N = 0,33.

18.4 Přemístění vozíku (tlačení, tažení) A_P

$$A_P = A_{CH} + A_{PV} = A_{CH} + F \cdot s_P \cdot k_D \cdot \frac{1}{\eta} \qquad [J] \qquad [5]$$

kde A_{PV} = práce na přemístění vozíku
s_p = délka (dráha tažení nebo tlačení) (m)
F = síla tahu (tlaku) (N)
η = účinnost = 0,2

Poznámka: Délka kroku při chůzi s vozíkem je kratší, úměrná vyvíjené síle F.

18.5 Manipulace s břemeny

Celková práce (A_M) se skládá z práce na pohyb těla (A_T) a práce na pohyb břemena (A_B).

$$A_M = A_T + A_B \qquad [6]$$

$$A_T = H_T \cdot k_T \cdot g \cdot \ell_T \cdot k_S \cdot n \cdot k_N \cdot \frac{1}{\eta} \qquad [7]$$

$$A_B = H_B \cdot g \cdot \ell_B \cdot k_S \cdot n \cdot k_N \cdot k_D \cdot \frac{1}{\eta} \qquad [8]$$

kde H_B = hmotnost břemena (kg)

ℓ_T = dráha těžiště těla (vertikálně) (m) (tab. 3)

k_T = koeficient zapojení hmotnosti těla (tab. 2 a 3)

n = počet přemístění

ℓ_B = dráha těžiště břemena (m)

k_D = koeficient držení (tab. 1)

k_S = koeficient směru pohybu (tab. 4)

Poznámka: Velikost koeficientu k_N je závislá na tom, zda tělo nebo břemeno se pohybuji nahoru i dolů (=1,33), nebo jen nahoru (=1), nebo jen dolů (=0,33).

PRÁCE STATICKÁ (ORIENTAČNÍ VÝPOČET)

18.6 Extrémní poloha těla (nebo jeho části)

$$A_T^S = H_T \cdot k_T \cdot g \cdot r_T \cdot k_{PP} \cdot k_V \cdot \frac{1}{\eta_S} \qquad [9]$$

kde r_T = rameno těžiště části těla od osy těla (m)

Pozn.: Při vzpažení ruky je r_T = 0,1 (m)

k_{PP} = koeficient polohy paže (tab. 5)

k_V = koeficient vynakládání statické práce (= počet sekund) [-]

η_S = účinnost statické práce = 0,15

18.7 Držení břemena

Práce na držení břemena (A_D^S) se skládá ze složky na držení těla (A_T^S) a na držení břemena (A_B^S).

$$A_D^S = A_T^S + A_B^S \qquad [10]$$

$$A_B^S = H_B \cdot g \cdot r_B \cdot k_D \cdot k_{PP} \cdot k_V \cdot \frac{1}{\eta_S} \qquad [11]$$

kde r_B = rameno těžiště břemena od osy těla nebo příslušného kloubu [m].

18.8 Vývin síly(tlak, stisk, ...) (A_V^S)

$$A_V^S = F \cdot k_Z \cdot k_{PP} \cdot k_V \cdot \frac{1}{\eta_S} \qquad [12]$$

kde k_Z = koeficient zapojení částí [m] (tab. 6)

F = vyvíjená síla [N]

18.9 TABULKY PRO VÝPOČTY:

Tab. 1 Koeficient držení břemena - k_D

	Způsob držení				k_D	
	Jedna ruka síla F [N]	Obě paže	Tělo	Hmatník Ø, tvar, mater.	<2 m	>2 m
1	slabý stisk dlaně $F \doteq F_{opt}$	boční otvory	na hlavě bez předklonu	optimální	1,0	1,1
2	slabý stisk prstů $F \doteq F_{opt}$	boční držadla	na ramenou vzpřímeně	výborný	1,1	1,2
3	střední stisk prstů $F_{min} < F < 0,2\ F_{max}$	za pevné dno z podložky	na ramenou s předklonem	velmi dobrý	1,2	1,25
4	střední stisk dlaně $F_{min} < F < 0,2\ F_{max}$	svislá držadla	na zádech s oporou v bedrech	dobrý	1,3	1,4
5	silný stisk dlaně $0,2F_{max} < F << F_{max}$	v náruči	na zádech	přípustný	1,4	1,5
6	silný stisk prstů $0,2F_{max} < F << F_{max}$	za horní okraj	na 1 rameni	neergonomický	1,6	1,8
7	nepřijatelná síla $F > 0,3\ F_{max}$	z boku sevřením	mimo osu těžiště nesymetricky	nepřípustný	1,8	2,2

Tab. 2 Podíl hmotnosti částí těla

Část těla	Označení	Podíl hmotnosti (%)	
		jednotlivě	celkem
hlava a krk	H	8	8
horní část trupu	HT	22	22
dolní část trupu	DT	19	19
nadloktí	NL	3,5	7
předloktí	PL	2,5	5
ruka	R	1	2
stehno	S	11	22
holeň	HO	5,5	11
noha	N	2	4
celé tělo			100

Výška těžiště těla nad podlahou je 58% výšky těla (ve stoji).

Těžiště končetin je přibližně ve 40% jejich délky (blíže k tělu).

Tab. 3 Vliv polohy těla na výšku těžiště a koeficient zapojení hmotnosti těla - k_T

Poloha těla	Výška těžiště těla nad zemí % výšky těla $V_{těž.}$	Podíl zapojení hmotnosti těla k_T
stoj	58	-
předklon na 60 cm	47	0,65
předklon na zem	39	0,70
podřep, dosah na zem	32	0,85
vysoký dřep, dosah na zem	23	0,90
nízký dřep, dosah na zem	15	0,96

Tab. 4 Koeficient směru pohybu těla nebo jeho části - k_S

Úhel pohybu (stupňů od **horizontály** = pracovní roviny)	k_S
90	1
75	1,05
60	1,1
45	1,25
30	1,5
15	2
0	3

Tab. 5 Koeficient polohy paže – k_{PP}

	Poloha paže		k_{PP}
1.	svisle dolů až do úrovně výšky srdce		1
2.	Horizontálně, v rovině ramene		1,2
3.	Nad horizontálou	15°	1,5
4.		30°	2,1
5.		45°	3,2
6.		60°	5,6
7.		75°	10,5
8.		80°	22
9.		85°	45
10.		90°	270

Výška srdce je cca 70% výšky těla (ve stoji).

Tab. 6 Koeficient zapojení částí těla – kz [m]

Poř.	Sílu vyvíjí	kz
1.	celé tělo	1
2.	obě nohy	2
3.	noha	3
4.	obě paže	4
5.	paže	5
6.	dvě ruce	6
7.	jedna ruka	7
8.	prsty	8
9.	prst	10

Výška úchopu ve stoji (střed ruky):

a. připažení, nebo před tělem $v_n = (V_T \,.\, 0{,}43) + v_p$

b. vzpažení $v_v = (V_T \,.\, 1{,}22) + v_p$

c. ohnutí v lokti $v_o = (V_T \,.\, 0{,}63) + v_p$

d. předpažení $v_p = (V_T \,.\, 0{,}83) + v_p$

Tab. 7 Stupně (třídy) namáhavosti fyzické práce

Stupeň (třída)	Spotřeba energie nad BM (kJ)		Přibližné zvýšení tepové frekvence nad bazální hodnotu za minutu
	za směnu	za minutu	
velmi lehká	do 1250	do 4	do 5
lehká	1250 – 2500	4 – 13	6 – 10
mírná	2501 – 4200	14 – 21	11 – 20
střední	4201 – 6300	22 – 34	21 – 40
těžká	6301 – 8400	35 – 45	41 – 60
velmi těžká	nad 8400	nad 45	nad 60

Při hodnocení míry fyzické zátěže musíme uvažovat nejen objem vykonané práce za směnu, ale i:

1. Špičkovou (maximální) minutovou hodnotu (kJ/min.).
2. Zapojené části těla do vykonávané práce (celé tělo, část, paže, ruka, prst).
3. Rozložení vynakládané práce během směny (rovnoměrně, nárazově, …).
4. Polohy, v jakých se práce provádí.
5. Podíl statické a dynamické práce.
6. Hodnoty faktorů prostředí (teplota, hluk, …).
7. Okamžitý maximální výkon (extrém)

Příklady kapitoly 18. Fyzická zátěž

Příklad 18.1 Chůze po rovině

Jakou práci vykoná chodec při výletě na 24 km po rovině, při průměrné délce kroku 75 cm?

Výpočet:

Použijeme vzorec [2]

$$A_{CH} = H_T \cdot g \cdot 0{,}03 V_T \cdot k_N \cdot \frac{\ell_C}{\ell_K} \cdot \frac{1}{\eta} =$$

$$= 80 \cdot 10 \cdot 0{,}03 \cdot 1{,}77 \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{24000}{0{,}75} \cdot \frac{1}{0{,}3} = \qquad [2]$$

$$= 6041600 \ J = \underline{\underline{6042 \ kJ}}$$

Turista vykoná práci 6 042 kJ.

Úloha 18.1.1

Dělník (175 cm, 80 kg) ujde během směny (po rovině) 17 km. Jak dlouhý bude průměrně jeho krok, jestliže vykoná práci 6 347 kJ/sm.?

Úloha 18.1.2

Jakou práci a jaký výkon podá sprinter (180 cm, 71 kg), který uběhne na dráze 400 m za 49 sekund (délka kroku je 1,5 m)?

Úloha 18.1.3

Jakou práci vykoná noční hlídač (174 cm, 83 kg), který obchází závod, když jedna obchůzka je dlouhá 1 500 m, za noc jich vykoná 5 a jde krokem 0,45 m?

Příklad 18.2 Chůze s břemenem po rovině

Jakou práci vykoná dělník, který nosí dva kbelíky, každý o hmotnosti 8 kg. Za směnu s nimi ujde 9 km, délka kroku je 58 cm.

Výpočet:

Použijeme vzorec [3]

$$A_{CH\,B} = A_{CH} + A_g = (H_T + H_B \cdot k_D) \cdot g \cdot 0{,}03 V_T \cdot k_N \cdot \frac{\ell_C}{\ell_{KB}} \cdot \frac{1}{\eta} \qquad [3]$$

k_D určíme z tab. 1, varianta 4 = svislá držadla resp. dobré řešení hmatníků,

$k_D = 1{,}4$ pro $\ell_C > 2$ m.

$$A_{CH\,B} = (80 + 2 \,.\, 8 \,.\, 1{,}4) \,.\, 10 \,.\, 0{,}03 \,.\, 1{,}77 \,.\, \frac{9000}{0{,}58} \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{0{,}3} = \underline{3\,749{,}96\ kJ}$$

Dělník při přenášení dřeva vykoná práci 3 749,96 kJ.

Úloha 18.2.1

Jakou práci vykoná turista nesoucí batoh o hmotnosti 15 kg, jestliže ujde po rovině 12 km, průměrnou délkou kroku 0,7 m?

Úloha 18.2.2

Jakou práci vykoná dělnice (164 cm, 65 kg), která za směnu ujde 6,5 km s břemenem o hmotnosti 5 kg s optimálním držadlem. Délka jejího kroku je 0,7 m.

Úloha 18.2.3

Dělnice (170 cm, 60kg) nošením břemena o hmotnosti 7 kg s bočnímu držadly vykoná práci 1 343,68 kJ. Její délka kroku je 60 cm. Jakou ujde za směnu s břemenem dráhu?

18.3 Chůze s překonáním výšek

Při výpočtu vycházíme ze vzorce [4].

$$A_C = A_{CH} + A_V = A_{CH} + H_T \,.\, g \,.\, \ell_V \,.\, k_N \cdot \frac{1}{\eta} \qquad [4]$$

Příklad 18.3

Jakou práci vykoná mistr, který za směnu obchází pracoviště, při čemž celkem ujde 8,5 km a překonává schody (o výšce 4 m) nahoru a dolů 30 krát?

Výpočet:

$$A_C = A_{CH} + A_V = 80 \,.\, 10 \,.\, 0{,}03 \,.\, 1{,}77 \,.\, \frac{4}{3} \cdot \frac{8500}{0{,}7} \cdot \frac{1}{0{,}3} + 80 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 30 \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{0{,}2} =$$

Poznámka: *Je nutno uvažovat $k_N = \frac{4}{3}$, protože překonává výšku (schody) nahoru i dolů.*

$A_C = 2292571{,}4 + 640000 = 2932571{,}4$ J = $\underline{2\,932{,}57\ kJ.}$

Mistr při obchůzce vykoná práci 2 932,57 kJ za směnu.

Úloha 18.3.1

Jakou vykoná turistka práci, když ujde 30 km v kopcovitém terénu (součet převýšení je 1500 m) se zátěží 15 kg (v krosně, zapnuté v pase). Jaký podá průměrný výkon, jestliže trasu ujde za 7 hodin?

Úloha 18.3.2

Jakou práci vykoná muž, který vystoupí z Pece pod Sněžkou (756 m n.m.) na vrchol Sněžky (1602 m n.m.) klikatou cestou? (Délku cesty uvažujte čtyřnásobek rozdílu výšek a délku kroku 0,45 m).

Úloha 18.3.3

Jakou práci vykoná opravář, který za směnu nachodil 9 km, po schodech překonal celkem výšku 420 m (nahoru i dolů), nerovnosti terénu byly 240 m. Celkem ušel 18 000 kroků.

18.4 Přeprava vozíku (tažení - tlačení)

Při výpočtu vycházíme ze vzorce [5]

$$A_P = A_{CH} + A_{PV} = A_{CH} + F \,.\, s_P \,.\, k_N \,.\, k_D \frac{1}{\eta} \qquad [5]$$

Příklad 18.4

Jakou práci vykoná dělnice (160 cm, 72 kg), jestliže během směny převeze plný vozík silou 90 N po celkové dráze 1,8 km a prázdný zpět silou 35 N. Vozík má ergonomické madlo (optimální).

Výpočet:

$$A_P = A_{CH} + A_{PV} = A_{CH1} + A_{PV1} + A_{CH2} + A_{PV2}$$

kde A_{CH1} = chůze s plným vozíkem

A_{PV1} = tažení plného vozíku

A_{CH2} = chůze s prázdným vozíkem

A_{PV2} = tažení prázdného vozíku

U chůze CH1 bude délka kroku kratší (0,5 m) než u chůze zpět s prázdným vozíkem (0,6 m).

Hodnoty $k_N = \frac{4}{3}$ uvažujeme = 1,33; účinnosti $\frac{1}{0,3} = 3,33$ *resp.* $\frac{1}{0,2} = 5$.

Dosazujeme:

$$A_{CH1} = 72.10.0,03.1,6.1,33.\frac{1800}{0,5}.3,33 = 551026,02 \text{ J}.$$

$$A_{PV1} = 90 \,.\, 1800 \,.\, 1,1 \,.\, 5 = 891\,000 \text{ J}$$

$$A_{CH2} = 72 \,.\, 10 \,.\, 0,03 \,.\, 1,6 \,.\, 1,33 \,.\, \frac{1800}{0,6}.3,33 = 459\,188,35 \text{ J}$$

$$A_{PV2} = 35 \,.\, 1800 \,.\, 1,1 \,.\, 5 = 346\,500 \text{ J}$$

$$A_P = 2247714,4 \text{ J} = 2\,247,7 \text{ kJ}.$$

Dělnice při tažení vozíku (plného i prázdného) vykonala za směnu práci 2135,2 kJ.

Úloha 18.4.2

Jakou práci vykoná muž, který transportuje naložený vozík na vzdálenost 3,5 km silou 120 N a zpět silou 45 N; držadla jsou neergonomická, délka kroku je 0,55 m, resp. 0,65 m.

Úloha 18.4.2

Na jakou vzdálenost dopravovala žena vozík silou 95 N, jestliže vykonala práci 1802,7 kJ při délce kroku 0,5 m? Držadlo je nepřijatelné.

Úloha 18.4.3

Jakou práci vykoná dělnice, jestliže tlačí vozík silou 100 N na vzdálenost 3,2 km a zpět prázdný silou 40 N. Délky kroku uvažujte 0,5 resp. 0,6 m, držadlo je optimální.

18.5 Manipulace s břemeny

Při výpočtu příkladů na manipulaci s břemeny nesmíme zapomínat na to, že současně pohybujeme tělem, při čemž práce na pohyb těla je většinou větší, než práce na manipulaci s břemenem.

Při výpočtu vycházíme ze vzorců 6, 7, 8, při čemž potřebné údaje nacházíme v tabulkách 1, 2, 3, 4, 5.

Při výpočtech zanedbáváme hmotnost obleku a obuvi. Počítáme však s výškou podpatků, pro muže 3 cm, pro ženy 5 cm.

Příklad 18.5

Jakou práci vykoná dělník za směnu, jestliže podřepem zvedne součást (12 kg) za horní okraj a položí ji na transportér ve výši 120 cm ve směru 45°. Za směnu přemístí 620 kusů. O jakou třídu namáhavosti práce se jedná?

Výpočet:

Vycházíme ze vzorce [6, 7, 8]:

$$A_M = A_T + A_B \qquad [6]$$

$$A_T = H_T \,.\, k_T \,.\, g \,.\, \ell_T \,.\, k_S \,.\, n \,.\, k_N \,.\, \frac{1}{\eta} \qquad [7]$$

$$A_B = H_B \,.\, g \,.\, \ell_B \,.\, k_S \,.\, n \,.\, k_N \,.\, k_D \,.\, \frac{1}{\eta} \qquad [8]$$

Dosadíme tuto hodnotu:

a) Celý pohyb těla musíme rozdělit do dvou fází:

1. fáze – stroj, podřep, stoj
2. fáze – pohyb obou paží z předpažení do polohy k transportéru.

ad. 1. fáze: koeficient zapojení těla k_T určíme pro podřep z tab. 3 $k_T = 0{,}85$. Během pohybu těžiště určíme z téže tabulky 3, jako rozdíl výšek těžiště ve stoje $v_{TS} = 0{,}58\ V_T$ + podpatek a v podřepu $v_{TP} = 0{,}32\ V_T$ + podpatek.

b) Koeficient negativní práce u těla je $1{,}33\left(=\frac{4}{3}\right)$, stoj–podřep–stoj, protože tělo se pohybuje nahoru i dolů. Koeficient negativní práce u břemena, které se pohybuje jen nahoru bude 1.

c) Dráha břemena (jeho těžiště) je dána rozdílem výšek podlaha – transportér.

d) Koeficient směru pohybu s břemenem je dle tab. 4 $k_S = 1{,}25$.

e) Koeficient držení za horní okraj je dle tab. 1 roven $1{,}6 = k_D$.

f) Břemeno přemísťujeme také ve dvou fázích.

1. fáze: podřepem a vstykem přemístíme břemeno do dolů natažených paží ve stoje. Výška držení ve stoji, paže dole = $(0{,}43\ .\ V_T)$ + podpatek.

   Tedy: $v_d = 0{,}43\ .\ 1{,}77 + 0{,}03 = 76 + 3 = 79$ cm

2. fáze: oběma pažemi přemístíme břemeno na transportér, ve směru 45°. Hmotnost paží je $H_P = 0{,}14\ .\ H_T$ (tab. 2). Dráha těžiště paží je pro tento případ přibližně 50% dráhy těžiště břemena. (Obecně určujeme dráhu těžiště přeměřením, nebo z výkresu situace.)

   Dráha břemena tedy bude (vertikálně):

   $\ell_B = 120 - 79 = 41$ cm.

Dostaneme tyto hodnoty:

Tělo – 1. fáze, stoj – podřep – stoj:

$A_{T1} = 80\ .\ 0{,}85\ .\ 10\ .\ (0{,}58 - 0{,}32)\ .\ 1{,}77\ .\ 1\ .\ 620\ .\ 1{,}33\ .\ 5 = 1290.2$ kJ

2.fáze, paže k transportéru a zpět:

$A_{T2} = 80\ .\ 0{,}14\ .\ 10\ .\ (1{,}20 - 0{,}79)\ .\ 0{,}5\ .\ 1{,}25\ .\ 620\ .\ 1{,}33\ .\ 5 = 118{,}3$ kJ

Břemeno – 1.fáze: ze země do stoje, natažené paže:

$A_{B1} = 12\ .\ 10\ .\ 0{,}79\ .\ 1\ .\ 620\ .\ 1\ .\ 1{,}6\ .\ 5 = 473{,}2$ kJ

2.fáze: ze stoje pažemi na transportér:

$A_{B2} = 12\ .\ 10\ .\ (0{,}41 - 1{,}25)\ .\ 620\ .\ 1\ .\ 1{,}6\ .\ 5 = 305$ kJ

Celková práce na přemístění břemena:

$A_M = A_{T1} + A_{T2} + A_{P1} + A_{P2} = \underline{2\,633{,}4\ \text{kJ}}$

Výsledná práce představuje 2 633,4 kJ, což dle tab. 7 patří do kategorie „mírná práce".

Úloha 18.5.1

Jaká je energetická namáhavost tréninku vzpěrače (180 cm, 110 kg), jestliže z podřepu zvedne nad hlavu (=122% V_T) trhem činku o hmotnosti 120 kg při optimálním úchopu, během 4 hodin 300krát? Jaký je jeho průměrný a jaký maximální výkon za předpokladu, že jeden trh trvá 3 sekundy?

Úloha 18.5.2

Jak se změní objem práce po racionalizaci pracoviště, jestliže v základní variantě jsou při práci vsedě rozmístěny zásobníky na pracovní desce v průměrné vzdálenosti 66 cm. Po ergonomické racionalizaci jsou umístěny nad sebou (průměrný úhel se pohybuje 30° od horizontály), ve vzdálenosti 35 cm. Práci vykonává žena, počet pohybů je za směnu 6300. O jak obtížnou práci se jedná, jestliže hmotnost jedné součástky je 0,2 kg a je optimálně uchopitelná?

Úloha 18.5.3

Jak se změní objem práce v %, jestliže dříve dělník přemístil ze země předklonem na stůl (120 cm) 600 součástí (7 kg) a opracování zpět. Po ergonomické racionalizaci je zvedá z výše 0,6 m, opět za boční otvory. (Při položení na stůl uvažujte horizontální pohyb 0,3 m.)

Statická práce

Statickou složku fyzické zátěže bychom měli odstraňovat, nebo alespoň minimalizovat.

18.6 Extrémní poloha těla (nebo jeho částí)

Při výpočtu statické práce používáme empirické vzorce, které dávají orientační, ale pro různé varianty práce porovnatelné výsledky. Při výpočtu použijeme vztah [9].

Příklad 18.6

Jaké je statické zatížení operátora, který v určité části operace musí v sedě být v předklonu 30° od vertikály a mít paži vodorovně nataženou. Frekvence polohy je 100krát za směnu, doba statické zátěže vždy 12 sekund. Zhodnoťte namáhavost této práce!

K výpočtu použijeme vztah [9], který musíme upravit, protože se jedná jednak o statickou zátěž trupu (náklon), jednak o předpažení.

$$A_T^S = H_T \cdot k_{T1} \cdot g \cdot r_{T1} \cdot k_{PP} \cdot k_V \cdot \frac{1}{\eta} + H_T \cdot k_{T2} \cdot g \cdot r_{T2} \cdot k_{PP} \cdot k_V \cdot \frac{1}{\eta}$$

Budeme dosazovat tyto hodnoty:

a) Koeficient zapojení těla určíme z tab. 2. Předklání se celá horní část těla včetně hlavy a paží, tedy $k_{T1} = 0{,}63$. Pro polohu paží volíme $k_{PP} = 1$.

b) Hodnota ramene těžiště vychýlené části těla určíme ze schématu (nákresu) pracovní polohy. Zde bude cca 0,15 m = r_{T1}.

c) Předpažení znamená statickou zátěž s koeficienty: Podíl hmotnosti paže (tab. 2) $k_T = 0{,}07$ rameno těžiště paže je 0,4 její délky, tedy $r_{T2} = 0{,}4$. 0,49 V_T, koeficient polohy paže (tab. 5) $k_{PP} = 1{,}2$.

Dosadíme po úpravě (pro jedno držení paže):

$$A_T^S = g \cdot k_V \cdot \frac{1}{\eta} \cdot H_T \cdot \left(k_{T1} \cdot r_{T1} \cdot k_{PP1} + k_{T2} \cdot r_{T2} \cdot k_{PP2}\right) =$$

$$= 10 \cdot 12 \cdot \frac{1}{0{,}15} \cdot 80 \cdot \left(0{,}63 \cdot 0{,}15 \cdot 1 + 0{,}07 \cdot \left(0{,}4 \cdot 0{,}49 \cdot V_T\right) \cdot 1{,}2\right) =$$

$$= 10 \cdot 12 \cdot \frac{1}{0{,}15} \cdot 80 \cdot \left(0{,}095 + 0{,}029\right) = 7\,936 \ J/operaci$$

$$A_{TC}^S \text{ za směnu} = A_T^S \cdot n = 7936 \cdot 100 = 7\,93{,}6 \text{ kJ/sm}$$

Hodnocení úrovně zátěže:

Jestliže spočítáme reálný výkon, tzn. 793,6 kJ sm^{-1}, vynaložený v reálném čase 12 sekund x počet operací (100), dostaneme výkon

$$P = \frac{A}{t} = \frac{793{,}6}{12 \cdot 100} = 0{,}66 \text{ kW s}^{-1} = 39{,}6 \text{ kJ.min}^{-1}$$

což z tabulky 7 znamená, že se jedná o těžkou práci. Je to dáno tím, že je zatěžována pouze jedna paže opakovaně, ve statické poloze. (Podle směnového výkonu tzn. 761,6 kJ sm^{-1} je to z tab. 7 – velmi lehká práce).

Závěr: Práce operátora svou jednostranností a statickým charakterem je nepřiměřená a je třeba ji ergonomicky racionalizovat. Kupř.: zkrátit dobu operace, přiblížit panel, tím odstranit náklon těla a natažení paže atp.

Úloha 18.6.1

Jakou statickou práci vykoná pracovnice, jestliže bylo chronometráží zjištěno, že během směny má jednu paži předpaženu 45° od horizontály po dobu 160 minut, obě paže 30° po 21 minut, náklon těžiště horní části trupu (včetně hlavy a paží) je 0,2 m celkem 29 minut.

Úloha 18.6.2

Vypočítejte statickou složku fyzické zátěže u ženy, která při obsluze stroje na operaci zaujímá tyto nevhodné polohy: Náklon těžiště trupu, hlavy a paží = 0,18 m po dobu 0,8 min. Jedna paže v úhlu 85° od horizontály po dobu 0,5 min. a druhá paže v úhlu 60° po dobu 1,1 min. Za směnu vykoná 38 operací.

Úloha 18.6.3

Jaká je statická složka fyzické zátěže na montáži pro ženy, jestliže na přimontování jednoho kusu (za směnu 200 ks) musí být v předklonu 0,2 min (rameno těžiště je 0,3 m) a držet obě paže pod úhlem 75° po dobu 10 sekund?

18.7 Držení břemena

Pro výpočet statické práce při držení břemena vycházíme ze vztahu [10]. Opět je nutno počítat statickou zátěž z držení těla a z držení předmětu. I tady platí, že rameno těžiště těla (nebo jeho částí) je menší než rameno těžiště břemena.

Příklad 18.7

Jaká je statická zátěž dělníka, který přenáší břemeno (10 kg) v obou pažích ohnutých na 90° před tělem, po dobu 15 sekund na vzdálenost 11 m, 300 x za směnu? Břemeno drží za spodní plochu.

Výpočet:

Dosadíme do vztahu [10]:

$$A_D^S = A_T^S + A_B^S$$

kde ze vztahu [11] platí:

$$A_D^S = H_T \cdot k_T \cdot g \cdot r_T \cdot k_{PP} \cdot k_V \cdot \frac{1}{\eta_S} + H_B \cdot g \cdot r_B \cdot k_D \cdot k_{PP} \cdot k_V \cdot \frac{1}{\eta_S}$$

po úpravě:

$$A_D^S = g \cdot k_{PP} \cdot k_V \cdot \frac{1}{\eta_S} \cdot (H_T \cdot k_T \cdot r_T + H_B \cdot r_B \cdot k_D)$$

Dosazujeme:

a) k_T = obě předloktí a ruce = 0,07 (tab. 2)

b) r_T = 40% délky předloktí = 1,77 . 0,27 . 0,4

c) r_B = délka předloktí = 1,77.0,27

$$A_D^S = 10 \cdot 1{,}2 \cdot 15 \cdot \frac{1}{0{,}15} \cdot (80 \cdot 0{,}07 \cdot 1{,}77 \cdot 0{,}27 \cdot 0{,}4 + 10 \cdot 1{,}77 \cdot 0{,}27 \cdot 1{,}25)$$

$$= 8448\ J\ /\ operaci$$

$$A_{DC}^S = A_D^S \cdot n = 8448 \cdot 300$$

$$A_{DC}^S = 2534400J = 2534{,}4kJ$$

Statická zátěž dělníka je 2534,4 kJ, což je z hlediska ergonomie nepřijatelné a je třeba udělat racionalizační opatření.

Úloha 18.7.1

Jakou statickou práci vykoná žena, jestliže nese kufr o hmotnosti 15 kg za neergonomické držadlo s přestávkami po dobu 25 minut?

Úloha 18.7.2

Jaká je statická složka fyzické zátěže u dělníka, který při operaci drží za dobrý hmatník břemeno o hmotnosti 3 kg ve vzdálenosti 52 cm od osy těla, sklon paže je 45" od horizontály (těžiště paže je 30 cm od osy těla) po dobu 45 sekund. Za směnu odevzdá 270 kusů.

Úloha 18.7.3

Dělnice musí při práci držet jednu paži nad hlavou v úhlu 80" po dobu 28 minut za směnu, přičemž drží nářadí o hmotnosti 1,5 kg ve vzdálenosti 30 cm od osy těla. Těžiště je 18 cm od osy těla.

18.8 Vývin síly (tlak, tah, stisk, ...)

Při statické zátěži, spočívající v krátkodobém či dlouhodobějším vyvíjení síly, vycházíme ze vztahu [12].

Příklad 18.8

Při ručním řezání materiálu jednou paží vyvíjí dělník horizontální sílu na jeden řez (25 cm) 30N a svírá hmatník pily silou 20N po dobu operace uříznutí materiálu (jedna operace trvá 35 sekund). Za směnu uřízne dělník 200 kusů. Jaké je jeho statické zatížení touto činností za sněmu?

Výpočet.

Dosadíme do vztahu [12]:

$$A_S^S = F \cdot k_Z \cdot k_{PP} \cdot k_V \cdot \frac{1}{\eta_S}$$

V našem případě bude celkové statické zatížení paže mít dvě složky:

- síla na řezu
- síla stisku hmatníku.

Potom

$$A_S^S = A_R^S + A_H^S$$

Budeme dosazovat tyto hodnoty:

a) k_Z – koeficient zapojení těla (tab. 6) – pro jednu paži při řezání = $k_Z = 5$

b) koeficient polohy paže (tab. 5). Pro horizontální směr $k_{PP} = 1{,}2$

c) koeficient zapojení těla pro držení hmatníku rukou (tab. 6) $k_Z = 7$

d) koeficient polohy ruky bude stejný, tedy $k_{PP} = 1{,}2$

e) k_V = doba řezu (síly) je poloviční z doby operace

Potom:

$$A_R^S = 30 \cdot 5 \cdot 1{,}2 \cdot 35 \cdot 0{,}5 \cdot \frac{1}{0{,}15}$$

$$A_H^S = 20 \cdot 7 \cdot 1{,}2 \cdot 35 \cdot \frac{1}{0{,}15}$$

$$A_V^S = 21{,}0\,kJ + 22{,}4\,kJ = 43{,}4\,kJ \;\; operace^{-1}$$

Statická práce za směnu:

$$A_{sm}^S = A_V^S \cdot n = 43{,}4 \cdot 200 = 8\,680 \;\; kJ \,/\, směnu$$

Výsledek:

Statická složka fyzické zátěže při řezání materiálu bude 8 680 kJ za směnu. Tato hodnota signalizuje (protože navíc ještě bude dynamická zátěž), že použitá technologie – ruční řezání dřeva, je nepřijatelná. Je třeba ji mechanizovat.

Úloha 18.8.1

Jaká je statická složka fyzické zátěže operace, kde žena v každé ruce drží páku,kterou ovládá silou 40 N v levé a 50 N v pravé ruce. Průměrná doba vynakládané síly celou paží je na každé páce 8 sekund. Za směnu provede 120 operací. Směr vyvíjené síly je 15° od horizontály u páky v pravé ruce a 30° v levé.

Úloha 18.8.2

Dělník při opravě svírá v ruce (dlani) pružinu silou 45 N, paži má opřenu o pracovní desku, po dobu 6 sekund. Během směny použije 320 pružin.

Úloha 18.8.3

Žena při montáži svírá rukou (dlaní) rukojeť elektrického šroubováku silou 12 N po dobu 12 sekund, z čehož 6 sekund současně tiskne prstem tlačítko silou 0,5 N. Za směnu provede 220 operací. Jaká je statická složka fyzické zátěže, jestliže šroubovák je ve směru 45° nad horizontálou?

19. Psychická zátěž

(skripta, str. 119 – 122)

Psychická zátěž se stává v praxi stále větším problémem. Manipulace a automatizace snižuje fyzickou zátěž, zatím co psychická zátěž kupř. množství rozhodování, zvyšující se přísun informací atp. se neustále zvyšuje.

Příklady z psychické zátěže jsou omezeny na výpočty informační zátěže člověka (v bitech za sekundu).

Zatím co míru zátěže lze celkem snadno spočítat, problémem zůstává hodnota přiměřené (přípustné) míry zátěže. Ta totiž především závisí na způsobu kódování informace.Skripta, str. 64 a 120.) Zatím co při čtení může člověk zpracovat i více jak 100 bitů za sekundu, u méně běžného způsobu kódování informace jsou přijatelné hodnoty informačního výkonu v rozmezí 1 – 12 bit s^{-1}. V příkladech (pokud nebude stanoveno jinak) budeme za maximální hodnotu považovat při krátkodobé zátěži 5 bit s^{-1} , při dlouhodobé zátěži 1 bit s^{-1}.

Při zjednodušených výpočtech (zanedbáváme pravděpodobnost výskytu informace) vycházíme ze vztahu:

$$H = \log_2 A$$

kde H je hodnota informace v bitech

A je „velikost abecedy", tedy počet variant (možností), jaké mohou celkově nastat

Informační výkon je pak

$$C = \frac{(n_C - n_n) \cdot H}{t}$$

kde C = informační výkon [$bit.s^{-1}$]

n_C = celkový objem (počet) informací [-]

n_n = počet nepřijatých, nezpracovaných či špatně zpracovaných informací [-]

H = hodnota jedné informace [bit]

t = čas přijímání (vysílání) informací [s]

Příklad 19

Určete, zda operátor může trvale sledovat panel, na kterém je šest sdělovačů. První je stupnice o 20 dílcích, druhý sdělovač je číslicový třímístný, třetí je signálka, čtvrtý je kruhová stupnice o 100 dílcích, pátý je teploměr v rozmezí 0 – 120°C a šestý je digitální sdělovač číslicový, čtyřmístný.

Na jednotlivých sdělovačích dojde k tomuto počtu změn: 1 – 1500, 2 – 5000, 3 – 6000, 4 – 600, 5 – 200, 6 – 4000 za směnu (8 hodin) a jsou rovnoměrně rozděleny. Může nebo nemůže operátor trvale (každý den) přijímat toto množství informací?

Výpočet:

Nejprve je nutno spočítat, jakou informační hodnotu (bitů) má odečtená hodnota na každém sdělovači. Určíme tedy pro každý sdělovač počet možností, tzv. „abecedu" (A). Pro jednotlivé sdělovače to bude:

Sdělovač		A
1.	stupnice o 20 dílcích	21
2.	číslicový trojmístný (000 – 999)	1000
3.	signálka (0 – 1)	2
4.	kruhová stupnice (100 dílků)	100
5.	teploměr (0 – 120°C)	121
6.	čtyřmístný (0000 – 9999)	10 000

Informační hodnotu jednotlivých sdělovačů spočítáme ze vzorce

$$H = \log_2 A$$

Pro 1. $H_1 = \log_2 21 = \frac{\log 21}{\log 2} =$ 4,39 bit

$H_2 = \log_2 1000 =$ 9,97

$H_3 = \log_2 2 =$ 1,0

$H_4 = \log_2 100 =$ 6,64

$H_5 = \log_2 121 =$ 6,92

$H_6 = \log_2 10\,000 =$ 13,29

Při dané expozici jednotlivých sdělovačů dostaneme

sdělovač	1. 4,39 . 1 500	=	6 585
	2. 9,97 . 5 000	=	49 800
	3. 1 . 6 000	=	6 000
	4. 6,64 . 600	=	3 984
	5. 6,92 . 200	=	1 384
	6. 13,29 . 4 000	=	53 160
			120 963 bit/sm

Informační výkon je (za předpokladu, že všechny odečty byly spolehlivé):

$$C = \frac{\sum H_i}{t} = \frac{120963}{8 \cdot 60 \cdot 60} = 4{,}2 \ bit/s$$

Závěr:

Z hlediska přijatelnosti informačního výkonu je docilovaná hodnota větší než doporučovaná hodnota 1 bit s^{-1} při dlouhodobé zátěži. Průměrný interval jednoho odečtu je 0,6 sekundy, trvale po celou směnu (8 hodin), je to výkon nepřiměřený a je třeba pracoviště ergonomicky racionalizovat.

Úloha 19.1

Ke kolika změnám může průměrně dojít za hodinu na sdělovačích panelu, který se skládá z pěti digitálních sdělovačů? Jeden má 2 číslice, 2. a 3. 4 číslice, 4. a 5. mají 3 číslice.

Úloha 19.2

V balírně brambor pracuje u třídícího pasu 6 pracovníků. Kolik předmětů (brambor, poškozený brambor, „nebrambor" = kámen, hrouda, ...) může projít po pásu za minutu, aby byly zabaleny pouze kvalitní brambory?

Úloha 19.3

Kontrolor si ztěžuje, že nestačí jednoduché třídění modrých předmětů (stejného tvaru) z šesti barev. Za hodinu zkontroluje 7 500 kusů. Má pravdu?

20. Nebezpečnost

(skripta, str. 126 – 148)

Nebezpečnost navazuje úzce na problematiku ohrožení člověka. Je totiž jedním z kritických výstupů. kdy dochází k poškození zdraví člověka – úrazem.

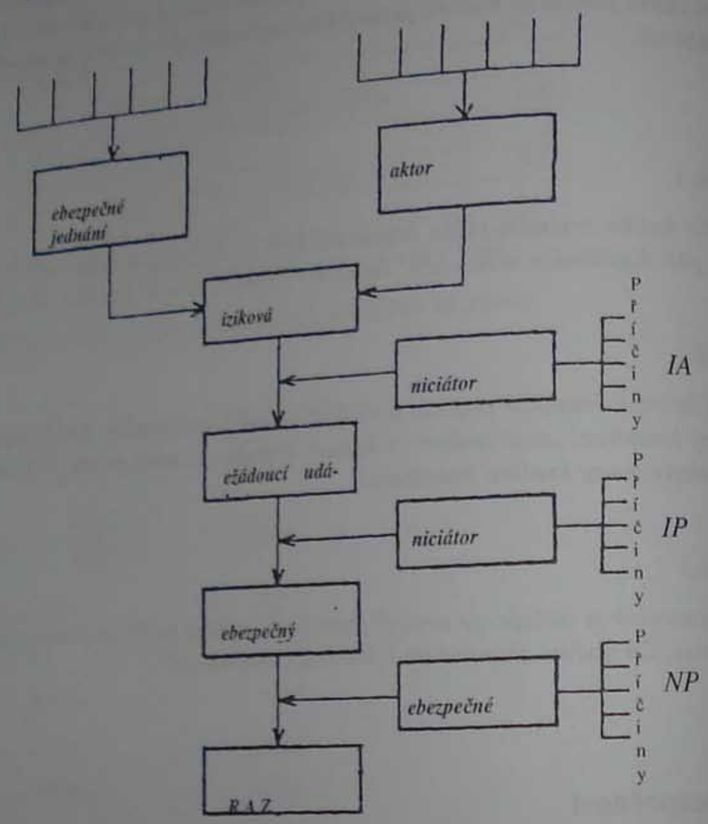
Příklady z této kapitoly lze rozdělit do těchto šesti oblastí:

1. Analýza modelu vzniku úrazu (str. 17)
2. Výpočet koeficientů nebezpečnosti z počtu úrazů (str. 133)
3. Analýza nebezpečnosti pomocí „Vzorku nebezpečnosti práce" (str. 134 a 135)
4. Výpočet ukazatelů u bodové metody BOMECH (str. 136)
5. Výpočet efektivnosti technické prevence (str. 147 a 148).

20.1 Model vzniku úrazu

Při analýze úrazu vycházíme z obecného modelu ohrožení (zde str. 8), kde můžeme upravit obecný termín „Nebezpečné zasažení" pro úraz vhodnějším termínem „Nebezpečný kontakt". Jinak všechny pojmy a definice se nemění.

Stejně jako u příkladů ohrožení zdraví nemocí (kap. 1), i u příkladů na analýzu úrazů nelze zadání formulovat (z důvodů jednoduchosti) tak přesně, aby analýza (stavy i příčiny) byly jednoznačné. Vždy však platí, že formulované závěry (analýza) musí splňovat formulované definice v kap. 1, resp. ve skriptech, str. 17 – 24.



Příklad 20.1

Dělník jde v dílně uličkou mezi stroji. Na zemi leží banánová slupka, dělník na ni stoupne, uklouzne, upadne a zlomí si ruku. Úraz je tedy zlomená ruka. Určete všechny faktory změny i stavy systému.

Řešení:

a) FO = RČ = tvrdá podlaha; riziková vlastnost – tvrdost

b) NJČ = dělník se chce přemístit z bodu A do bodu B

c) RS = ve stejný čas a na stejném místě je člověk i faktor ohrožení (RČ)
= chůze po tvrdé podlaze

d) IA = příčina, že dělník se dostane do rizikovější situace, tzn. NU
= banánová slupka, která způsobí, že dělník ztratí stabilitu – uklouzne a dostane se tak jeho těžiště do pole rizika RČ

e) NU = člověk se dostane do nebezpečnějšího pole rizika
= uklouznutí

f) IP = příčny, že dojde ke kontaktu dělníka a RČ
= ze zadání není jednoznačné, co jsou konkrétní příčiny.
IP může být kupř. rychlost chůze, nevhodná obuv, dělník nese břemeno a nevidí na cestu atp.

g) NK = nebezpečný kontakt člověka a RČ, ale nedojde k úrazu
= pád

h) NP = příčiny, způsobující poškození zdraví, úraz
= opět není v zadání jasná příčina. Může to být kupř.: příliš velká rychlost chůze (běh), křehké kosti, nekoordinovaný pád, špatná poloha paže atp.

i) PZ = poškození zdraví = úraz
= zlomená ruka

Úloha 20.1.1

Aplikujte model vzniku úrazu na následující děj:

Při řezání prkna na okružní pile bez rozvíracího klínu došlo ke zpětnému pohybu dřeva, které způsobilo úraz – zhmoždění břicha chalupáře.

Úloha 20.1.2

Aplikujte model vzniku úrazu:

Pracovnice nesla břemeno, které jí při zakopnutí vypadlo z rukou, spadlo jí na nohu a zlomilo prst na noze.

Úloha 20.1.3

Aplikujte model vzniku úrazu:

Při broušení dláta na nástrojařské kotoučové brusce se přílišným tlakem roztrhl kotouč a jeho část zasáhla a zranila dělníka.

20.2 Koeficienty nebezpečnosti

(skripta, str. 132 a 133)

Při výpočtu rizikovosti techniky (strojů, ...) můžeme vyjít ze stávající statistiky úrazovosti a používat tyto vzorce:

$$K_N^S = \frac{U}{s}$$

kde K_N^S = skutečný ukazatel nebezpečnosti stroje

U = počet úrazů, který se stal u jednoho typu stroje za časovou jednotku (rok)

s = počet strojů tohoto typu

$$K_N^A = \frac{U}{s \cdot p} \cdot 1000$$

kde K_N^A = absolutní ukazatel nebezpečnosti stroje

p = průměrný počet provozních hodin tohoto typu stroje za rok

Příklad 20.2

Bezpečnostní technik analýzou zjistil, že u čtyř skupin strojů jsou tyto základní údaje:

typ stroje	směnnost	počet strojů	počet úrazů/rok
A	1	55	17
B	2	35	15
C	3	11	5
D	1	9	3

Určete, která skupina strojů je nejnebezpečnější a proč.

Zhodnoťte stroje jak podle ukazatele nebezpečnosti skutečné, tak absolutní. Jaký lze učinit závěr a jak stanovit výsledné pořadí? Zhodnoťte výsledky i hypotézu.

Výpočet:

Pro dané zadání, při použití výše uvedených vzorců, dostaneme tyto výsledky. Předpokládáme při jedné směně 1 800 hod.rok^{-1}.

typ stroje	K_N^S	K_N^A	Pořadí dle K_N^S	Pořadí dle K_N^A
A	0,31	0,17	4.	2.
B	0,43	0,12	2.	3.
C	0,45	0,08	1.	4.
D	0,33	0,18	3.	1.

Hodnocení:

Pokud vycházíme z předpokladu, že hodnocené stroje nemohou pracovat na více směn (typ A, B, D), platí pro určení nebezpečnosti skutečně dosažené hodnoty, tedy pořadí dle K_N^S. Objektivní nebezpečnost jednotlivých typů strojů však určuje absolutní ukazatel, tedy K_N^A.

Úloha 20.2.1

Statistika úrazů zjistila, že u typu stroje A je za rok 19 úrazů, u B – 10. Pomocí obou koeficientů nebezpečnosti určete, který z nich je nebezpečnější, jestliže typ A pracuje na tři směny a typ B na jednu. Strojů typu A je 35 kusů, strojů B – 41. Počet hodin za rok, při jedné směně, uvažujte 1 750 hod.stroj^{-1}.

Úloha 20.2.2

Pomocí obou koeficientů nebezpečnosti určete, která skupina strojů je nejnebezpečnější. Roční počet hodin na stroj a směnu je 1 700 hod.

typ stroje	*počet kusů*	*počet úrazů/rok*	*směnnost*
A	*24*	*6*	*2*
B	*5*	*1*	*1*
C	*17*	*4*	*3*

Úloha 20.2.3

Která skupina strojů je nebezpečnější, jestliže typ A způsobí za rok 12 úrazů při odpracovaných 4 000 hod. na stroj a rok, typ B pak 7 úrazů při jednosměnném provozu 1 700 hod./směnu,rok. Strojů typu A je 28, typu B 37.

20.3 Vzorek nebezpečnosti práce

(skripta, str. 134, 135)

Při analýze rizikovosti techniky i pracovišť a obecně systému *člověk – technika - prostředí*, můžeme používat metodu „Vzorek nebezpečnosti práce", jejíž podstata spočívá v dostatečném počtu pozorování (obchůzek) sledovaných systémů a zapisování analyzovaných parametrů, kupř.: nedodržování předpisů, rizikový způsob práce, pohyb v poli rizika atp. (Podrobněji viz skripta).

Příklady z této problematiky jsou zaměřeny na výpočet potřebného počtu náměrů (pozorování) a požadované, resp. dosahované přesnosti měření.

Metodika výpočtu je stejná jako v oblasti normování při aplikaci „Momentového pozorování", metody, která slouží k zjišťování rozložení časových ztrát. Příklady a úlohy jsou tedy obdobné (viz kap. 21.2).

20.4 Metoda „BOMECH"

(skripta, str. 136 až 139)

Jednou z metod, použitelných v praxi pro určení nebezpečnosti techniky – zvlášť pro porovnávání různých strojů, nebo pro posouzení efektivnosti prevence a tím snížení rizikovosti, je bodová metoda BOMECH.

Příklady řeší výpočty jednotlivých koeficientů nebezpečnosti techniky, pro jejichž výpočet používáme tyto vzorce:

$$k_{N_i} = \sum_{1}^{10} b_i$$

kde k_{N_i} = koeficient nebezpečnosti i-tého rizikového činitele [bodů]

b_i = bodová hodnota rizikovosti NF (RČ) dle i-tého kritéria (kritérií je deset)

$$K_N^1 = \sum_{1}^{n} k_{N_i}$$

kde K_N^1 = první (základní) koeficient rizikovosti celé techniky

n = počet rizikových činitelů identifikovaných u techniky

$$K_N^2 = \frac{K_N^1}{n}$$

kde K_N^2 = průměrný ukazatel (koeficient) rizikovosti stroje, porovnatelný mezi různými technikami

$$K_N^3 = k_{N_{max}}$$

kde K_N^3 = je extrémní rizikovost techniky

$k_{N_{max}}$ = maximální hodnota k_{N_i}

$$K_N^4 = \frac{10n^A + 6n^B + 3n^C + 2n^D + n^E}{n}$$

kde K_N^4 = vážený ukazatel nebezpečnosti (rizikovosti) techniky, kde různou váhu mají jednotlivé kategorie RČ (viz Skripta, str. 139). Kategorií je pět, A, B, C, D, E; nejrizikovější je kategorie A, kde k_{N_i} je větší než 200 bodů!

$n^A \ldots n^E$ = jsou počty RČ v jednotlivých kategoriích A – E.

$$K_N^5 = \frac{10\sum k_N^A + 6\sum k_N^B + 3\sum k_N^C + 2\sum k_N^D + \sum k_N^E}{K_N^1}$$

kde K_N^5 = přesnější vážený koeficient nebezpečnosti techniky. Všechny kategorie jsou stejné, pouze místo **počtu** RČ (NF) je v součinu **součet bodů** všech NF (RČ) v dané kategorii A – E.

Ukazatel K_N^1 je porovnatelný mezi stejnými typy strojů, $K_N^2 - K_N^5$ jsou porovnatelné i mezi různými typy strojů (techniky).

Příklad 20.4

Určete, který stroj je nebezpečnější. Technika A (vrtačka) má 20 rizikových činitelů (NF), počet bodů je v každé kategorii 500 a RČ jsou rovnoměrně rozděleny do všech kategorií.

Stroj B (soustruh) má 60 rizikových činitelů, do jednotlivých kategorií (A – E) jsou rozděleny takto: 2, 7, 18, 24,9. Počet bodů u jednotlivých kategorií je: 520, 1200, 2300, 1500, 270.

Výpočet:

Vycházíme z uvedených vzorců a tedy:

Pro techniku A:

$K^1_{NA} = \sum_i^n k_{N_i}$ = počet kategorií . počet bodů v kategoriích =

$= 5 \,.\, 500 = \underline{2\,500}$

$$K^2_{NA} = \frac{K^1_N}{n} = \frac{2500}{20} = \underline{125}$$

K^3_{NA} -nedokážeme určit

$$K^4_{NA} = \frac{10n^A + 6n^B + 3n^C + 2n^D + n^E}{n} = \frac{10\cdot 4 + 6\cdot 4 + 3\cdot 4 + 2\cdot 4 + 4}{20} = \frac{88}{20} = \underline{4{,}4}$$

$$K^5_{NA} = \frac{10\cdot 500 + 6\cdot 500 + 3\cdot 500 + 2\cdot 500 + 500}{2500} = \frac{11000}{2500} = \underline{4{,}4}$$

Pro techniku B:

$$K^1_{NB} = 520 + 1200 + 2300 + 1500 + 270 = \underline{5790}$$

$$K^2_{NB} = \frac{5790}{60} = \underline{96{,}5}$$

K^3_{NB} - nedokážeme spočítat

$$K^4_{NB} = \frac{10\cdot 2 + 6\cdot 7 + 3\cdot 18 + 2\cdot 24 + 9}{60} = \underline{2{,}88}$$

$$K^5_{NB} = \frac{10\cdot 520 + 6\cdot 1200 + 3\cdot 2300 + 2\cdot 155 + 270}{5790} = \underline{3{,}9}$$

Porovnáme-li výsledky, dostaneme:

Technika	K^1_N	K^2_N	K^4_N	K^5_N
A	2500	125	4,4	4,4
B	5790	96,5	2,88	3,9
$\frac{A}{B}.100\%$	43,2	129,5	152,8	112,8

Zhodnocení:

Podle spočítaných koeficientů nebezpečnosti je rizikovější technika A dle ukazatele 2., 4. a 5. Technika B pouze dle ukazatele 1. První ukazatel je porovnatelný pouze u stejného typu stroje (má stejný počet RČ), proto je pro nás nepoužitelný. Ostatní ukazatele jsou porovnatelné a z těch vyplývá, že technika B (soustruh) je méně nebezpečný, v průměru přibližně o 30%.

Úloha 20.4.1

Jaké jsou koeficienty rizikovosti pro techniku, která má 48 rizikových činitelů a jsou rozděleny v kategoriích 1, 7, 2, 14, 8. Počty bodů v kategoriích jsou: 290, 1260, 2900, 890 a 270.

Úloha 20.4.2

Jaké má koeficienty nebezpečnosti stroj, jestliže v každé kategorii je součet bodů 720, nebezpečné faktory jsou takto rozděleny: 2, 5, 6, 11, 21.

Úloha 20.4.3

Určete koeficienty nebezpečnosti stroje, jestliže má rizikové činitele rozděleny v poměru 1:2:3:4:5 (celkem jich je 45). Počet bodů v jednotlivých kategoriích je 900, 1090, 1200, 920, 630.

20.5 Efektivnost technické prevence

(skripta, str. 146 – 148)

Jestliže objevíme – identifikujeme rizika, nebezpečné faktory a zhodnotíme jejich rizikovost, musíme navrhnout prevenci (především technickou) k jejich odstranění, minimalizaci, nebo alespoň snížení na přijatelnou nebezpečnost.

U navržené technické prevence, **při změně produktivity práce,** pak můžeme počítat její ekonomickou efektivnost ze vztahu :

$$e_p = \frac{\acute{U}_r + \Delta p}{N_p}$$

kde e_p = ukazatel ekonomičnosti prevence [-]
U_r = úspory, které vzniknou ze snížení úrazovosti [Kč.rok^{-1}]
Δp = změna produktivity práce po zavedení prevence [Kč.rok^{-1}]
N_p = náklady na pořízení a provoz prevence [Kč.rok^{-1}]

Hodnota e_p by měla být co největší. Mezní hodnota je 1. Pod touto hodnotou je prevence neefektivní.

Pro výpočet efektivnosti = **návratnosti** navrhované technické prevence použijeme :

$$t_n^p = \frac{I^p}{\acute{U}_r - n_r^p}$$

kde t_n^p = doba návratnosti navrhované technické prevence [rok]
I^p = investiční náklady na technickou prevenci [Kč]
n_r^p = provozní náklady prevence [Kč/rok^{-1}]

Hodnota **doby návratnosti** nákladů na tech. prevenci t_n^p by měla být co nejmenší, vždy **menší než předpokládaná doba životnosti prevence**. Pokud není zadáno jinak, počítáme průměrné náklady na jeden úraz 150 000 Kč. Tato hodnota **časem roste** !

Příklad 20.5

Kterou variantu technické prevence zvolíme, jestliže všechny mají životnost pět let a hodnota jednoho úrazu je 150 000 Kč a základní produktivita práce je 50 000 Kč/rok. Technické prevence mají tyto parametry:

Varianta	Investiční náklady Kč	Provozní náklady Kč/r	Snížení počtu úrazů	Změna produktivity
A	2 000	-	1 za 5 let	-
B	10 000	1 000	1 za rok	+5%
C	100 000	10 000	5 za rok	+50%

Výpočet:

Varianta A:

$$e_p^A = \frac{\acute{U}_r + \Delta p}{N_p} = \frac{\frac{150000}{5} + 0}{\frac{2000}{5} + 0} = 75$$

$$t_n^A = \frac{I}{\acute{U}_r - n_r^p} = \frac{2000}{\frac{150000}{5} - 0} = 0{,}07 \ roku$$

Varianta B:

$$e_p^B = \frac{150000 + 50000 \cdot 0{,}05}{\frac{10000}{5} + 1000} = 50{,}8$$

$$t_n^B = \frac{10000}{150000 - 1000} = 0{,}07 \ roku$$

Varianta C:

$$e_p^C = \frac{150000 \cdot 5 + 50000 \cdot 0{,}5}{\frac{100000}{5} + 10000} = 25{,}8$$

$$t_n^C = \frac{100000}{150000 \cdot 5 - 10000} = 0{,}14 \ roku$$

Zhodnocení:

Z **čistě ekonomického** hlediska (dle daných vzorců) má nejlepší hodnoty ukazatelů varianta A, která je oproti variantě B lepší zhruba o 1/3, oproti C o 2/3. Doba návratnosti všech variant je mimořádně krátká, u varianty A a B prakticky stejná, varianta C má dvojnásobnou, stále však kratší než dva měsíce.

Závěr:

Pokud by bylo zaručeno, že ke snížení úrazů skutečně dojde, bude nejvýhodnější, **z hlediska ergonomického**, varianta C, která nejvíce snižuje ohrožení člověka.

Úloha 20.5.1

Je efektivní technická prevence, která stojí 155 000 Kč, její provozní náklady jsou nulové, má životnost 3 roky a odhaduje se, že sníží úrazovost asi o jeden úraz za dva roky.

Úloha 20.5.2

Kterou variantu technické prevence doporučíte, jestliže:

Varianta	*Investiční náklady Kč*	*Provozní náklady Kč/rok^{-1}*	*Snížení počtu úrazů*	*Změna produktivity*
A	*10 000*	*2 000*	*1 za 3 roky*	-
B	*200 000*	*20 000*	*0,5 za rok*	*+25%*

Základní produktivita je 100 000 Kč/rok a životnost obou prevencí je 2 roky.

Úloha 20.5.3

Kterou variantu doporučíte, jestliže obě mají životnost 3 roky. varianta A stojí 50 000 Kč, provozní náklady má nulové a sníží úrazovost o 1 úraz za 5 let! Varianta B stojí 1 000 000 Kč, provozní náklady má 10 000 Kč/rok a sníží úrazovost o 1 úraz za rok.

21. Normování lidské práce

(skripta, str. 153 – 165)

V problematice normování lidské práce lze příklady rozdělit do dvou skupin:

1. Vztahy k převodu normy času na normu výkonu a opačně.
2. Momentové pozorování.

K výpočtům používáme tyto vztahy:

ad 1. $$N_m = \frac{1}{N_č}$$

kde

N_m = norma množství [ks.Nmin^{-1}]

$N_č$ = norma času [Nmin.ks^{-1}]

$$y = \frac{100x}{100 - x} \qquad x = \frac{100y}{100 + y}$$

kde x = snížení normy času [%]

y = zvýšení normy množství [%]

ad 2. $$n = \frac{4.(1-p)}{p.y^2}$$

kde

n = potřebný počet pozorování

p = pravděpodobný výskyt jevu

y = požadovaná přesnost výsledku

a upravený vztah

$$y = \sqrt{\frac{4(1-p)}{p \cdot n}}$$

pro určení dosažené přesnost pozorování. (Výsledek má hodnotu ± % !)

Příklad 21.1

Jak se změní norma množství, jestliže bylo chronometráží zjištěno, že normu času je nutno o 16% snížit?

Výpočet dle vzorce:

$$y = \frac{100x}{100 - x} = \frac{100 \cdot 16}{100 - 16} = 19$$

Norma množství se sníží o 19%.

Úloha 21.1.1

Norma času se zpevní o 20%. Jak se změní norma výkonu?

Úloha 21.1.2

Norma času je 6,5 Nmin na jeden kus. Jaká je norma výkonu?

Úloha 21.1.3

Jak se změní norma času, když norma množství se zpevní (zvýší) o 12%?

Příklad 21.2.1

Jaký musí být počet náměrů při momentovém pozorování, jestliže požadovaná přesnost je ± 5% a odhadované procento výskytu sledovaných jevů A, B, C je 15, 25 a 30%. Jaká bude přesnost výsledku, jestliže se provedlo 10 000 pozorování a výsledky jsou 13, 27 a 28%.

Výpočet:

použijeme vztah

$$n = \frac{4(1-p)}{p \cdot y^2}$$

Dosazením získáme:

$$n_A = \frac{4(1-0{,}15)}{0{,}15 \cdot 0{,}05^2} = 9066{,}7$$

obdobně

$$n_B = 4800$$

$$n_C = 3733$$

Je vidět, že rozhodující pro výpočet potřebného počtu náměrů je jev s nejmenším výskytem.

Dosažení přesnosti při 10 000 náměrech:

Dosadíme do vztahu

$$y = \sqrt{\frac{4 \cdot (1-p)}{p \cdot n}}$$

tedy

$$y_A = \sqrt{\frac{4 \cdot (1-0{,}13)}{0{,}13 \cdot 10000}} = 0{,}052 = \pm 5{,}2\ \%$$

obdobně

$$y_B = \pm 0{,}033$$

$$y_C = \pm 0{,}032$$

Výsledek:

Minimální počet potřebných náměrů je 9067 pro dosažení přesnosti ± 5% při odhadovaném výskytu jevu 0,15.

Při 10 000 náměrech nebyla v prvním případě (A) dosažena požadovaná přesnost $y_A = \pm 5{,}2\%$, protože skutečný výskyt jevu byl pouze 13%. U dalších jevů (B, C), (které se vyskytovaly častěji než 13%), byla přesnost výsledku daleko vyšší (± 3,3%, resp. ± 3,2).

Úloha 21.2.1

Jaký je potřebný počet náměrů při momentovém pozorování, jestliže požadovaná přesnost výsledku je ±3% a odhadované procento výskytu jevů je v rozmezí 10 – 30%.

Úloha 21.2.2

S jakou přesností je provedeno momentové pozorování, jestliže při 6900 měřeních bylo zjištěno, že jev se vyskytuje v 22,7%?

Úloha 21.2.3

Bude dostatečný počet náměrů 20 000, jestliže požadujeme přesnost výsledku ±4% a jevy se vyskytují v rozmezí 9 – 22%?

22. Ukazatele lidské práce

(skripta, str. 165 – 167)

Při hodnocení systému *člověk – technika – prostředí* můžeme (a musíme) také hodnotit výkonnost člověka. Používáme k tomu soustavu ukazatelů, z nichž nejdůležitější jsou tyto:

22.1 Stupeň plnění časové normy (α):

Nazýváme jej také ukazatel čisté produktivity práce (oproti bodu 22.5), protože dobu práce očišťujeme o časové ztráty

$$\alpha = \frac{\text{objem vykonané užitečné práce}}{\text{čistá doba užitečné práce}} = \frac{L_u}{t_u} \qquad [\text{Nh.h}^{-1}.\text{děl.}^{-1}]$$

kde objem užitečné práce (i doba) představuje objem kvalitní práce, tedy beze zmetků.

Pro ℓ dělníků vyrábějících n *výrobků jednoho druhu má formu:*

$$\alpha = \frac{(n_c - n_{zm}) \cdot P}{\ell \cdot (t_0 - t_z - t_{zm})}$$

kde n_c = celkový počet odvedených výrobků [ks] za dobu t_0 [hod]
n_{zm} = počet odvedených kusů zmetků za čas t_0
P = pracnost (norma času) jednoho kusu [Nh.ks^{-1}]
t_0 = čas, který byl k dispozici [směna, týden, …]
t_z = čas ztrát (přestávky, …) [hod, min, …]
t_{zm} = čas, kdy byly vyráběny zmetky [hod, min, ...]
ℓ = počet dělníků

Při výrobě různých (druhů) výrobků pak můžeme vzorec po dosazení použít ve formě:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^{d} (n_c - n_{zm})_i \cdot P_i}{\ell \cdot (t_0 - t_z) \cdot \dfrac{\sum_{i=1}^{d} (n_c - n_{zm})_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^{d} n_{ci} \cdot P_i}} = \frac{\sum_{i=1}^{d} n_{ci} \cdot P_i}{\ell \cdot (t_0 - t_z)}$$

kde d = počet druhů výrobků

P_i = pracnost jednotlivých druhů výrobků

<u>Znamená to, že pro výpočet ukazatele α není rozhodující, zda dělník dělá, či nedělá zmetky! (Pozor! U dalších ukazatelů to vliv má!)</u>

22.2 Stupeň časového využití dělníka - τ

Tento ukazatel určuje, jak pracovník efektivně využívá dobu, kterou má na práci k dispozici (t_0)

$$\tau = \frac{\text{doba užitečné práce}}{\text{doba, která byla k dispozici}} = \frac{t_u}{t_0} = \frac{t_0 - t_z - t_{zm}}{t_0} \qquad [-]$$

*což pro ℓ dělníků a **d** druhů výrobků má tvar:*

$$\tau = \frac{\ell \cdot (t_0 - t_z) \cdot \dfrac{\sum_1^d (n_c - n_{zm})_i \cdot P_i}{\sum_1^d n_{ci} \cdot P_i}}{\ell \cdot t_0} \qquad [-]$$

tedy po úpravě

$$\tau = \frac{(t_0 - t_z) \cdot \dfrac{\sum_1^d (n_c - n_{zm})_i \cdot P_i}{\sum_1^d n_{ci} \cdot P_i}}{t_0} \qquad [-]$$

Objem užitečné práce L_u je pak:

$$L_u = \sum_i^{\ell} \ell \cdot t_0 \cdot \alpha_i \cdot \tau_i \qquad [Nh]$$

22.3 Průměrné ukazatele

Pro více pracovišť můžeme spočítat ze základních hodnot (počet výrobků, ...) nebo po úpravě:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \alpha_i \tau_i \ell_i}{\sum_{i=1}^{n} \tau_i \ell_i} \qquad [Nh\,h^{-1}\,děl^{-1}]$$

nebo

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \tau_i \ell_i}{\sum_{i=1}^{n} \ell_i} \qquad [-]$$

kde n = počet pracovišť, pro která počítáme průměrnou hodnotu

22.4 Produktivita práce – p

Obecně platí

$$p = \frac{\text{objem odvedené práce}}{\text{počet pracovníků. pracovní čas}} = \frac{L}{\ell \cdot t_0} \qquad [\text{ práce / pracovníka. čas }]$$

kde L = celkový objem vykonané práce (odvedené)

***Objem práce** můžeme vyjádřit v těchto **typech** jednotek.*

a) Pracovní – Nmin, Nh, Nden,...

b) Naturální – kus, tuna, m^2, ha, km, ...

c) Finanční – Kč, Euro, dolar, ...

Podle použitého typu je pak výsledná hodnota ukazatele produktivity. Nás nejvíce zajímá tzv. ***„vlastní produktivita práce“*** *v pracovních jednotkách, kterou vypočítáme ze vztahu:*

$$p_v = \frac{\sum_{i=1}^{n} Nh_i}{\sum_{i=1}^{n} \ell_i . t_{0i}} = \frac{L_u}{\sum_{1}^{n} \ell_i . t_{0i}} \qquad [Nh.h^{-1}.děl^{-1}]$$

což po dosazení a úpravě získá formu:

$$p_v = \alpha . \tau = \pi \qquad [Nh.h^{-1}\,děl^{-1}]$$ *což označujeme* π

Koeficient plnění norem

V podnikové praxi se používá ukazatel „koeficient plnění norem“ ze vztahu:

$$k_{pn} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Nh_i}{\sum_{i=1}^{n} OH_i} \qquad [Nh.h^{-1}.děl^{-1}]$$

kde $\sum_{i=1}^{n} Nh_i$ = celkový počet normohodin (součet norem času) odvedených za pracovní dobu

$\sum_{i=1}^{n} OH_i$ = počet odpracovaných hodin za pracovní dobu (z evidence)

Tento ukazatel musíme odlišit od ukazatele „stupeň plnění normy - α“. Porovnáním totiž zjistíme, že

$$k_{pn} = \pi$$

Příklad 22.1.1

Jaký je stupeň plnění časové normy v dílně, kde pracuje 12 dělníků, kteří za týden (42 hodin) vyrobí 66 ks výrobku A o pracnosti 2 Nh/ks a 35 ks výrobků B o pracnosti 14 Nh/ks. Přestávky za směnu jsou 45 minut. Kontrola zjistila, že u výrobku A je 5 ks a u B 4 ks zmetků.

Výpočet:

dosadíme do upraveného vztahu

$$\alpha = \frac{\sum_{1}^{d} n_{ci} \cdot P_i}{\ell \cdot (t_0 - t_z)} = \frac{66 \cdot 2 + 35 \cdot 14}{12 \cdot (42 - 5 \cdot 0{,}75)} = 1{,}355 \quad \text{Nh h}^{-1} d^{-1}$$

Stupeň plnění časové normy byl ve sledovaném týdnu 1,355 Nh na hodinu a dělníka, tedy dělníci plnili normu na 135,5%.

Úloha 22.1.1

16 dělníků vyrobí za měsíc (170 hod = 20 směn) 1 600 ks výrobků A o pracnosti 1 Nh ks^{-1} a 820 ks výrobku B o pracnosti 2 Nh ks^{-1}. Počet zmetků u výrobku A byl 10 ks, u B 8 kusů. Ztráty dělníka jsou v průměru 0,5 hod. za směnu. Jaký bude stupeň plnění časové normy?

Úloha 22.1.2

Jaký bude stupeň plnění časové normy v dílně, kde pracuje 35 dělníků, kteří vyrobí za směnu (8 hod), při přestávkách 40 min za směnu, 75 ks výrobků A o pracnosti 0,3 Nh ks^{-1} a 280 ks B o pracnosti 1,1 Nh ks^{-1}. Zmetků A bylo 5 ks, u B 7 ks.

Úloha 22.1.3

Kolik vyrobili 3 dělníci za směnu (8 hod) celkem výrobků o pracnosti 2 Nh ks^{-1}, jestliže doba jejich užitečné práce byla 7,5 hod $děl^{-1}$ za směnu a kontrola zjistila, že bylo 5 ks zmetků? Dělníci vykázali ukazatel stupně plnění časové normy 1,34 Nh h^{-1} $děl^{-1}$.

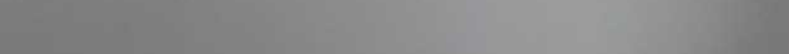
Příklad 22.2

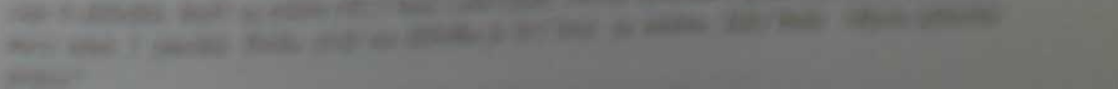
Tři dělníci vyrobili za týden (42 hod) 425 ks výrobku A, z toho 5 zmetků, o pracnosti 0,9 Nh ks^{-1} a 200 ks výrobku B o pracnosti 1,2 Nh ks^{-1}, z nichž bylo 10 ks zmetků. Prostoje (ztráty) činí 0,75 hod. na dělníka za směnu. Jaký měli stupeň časového využití?

Výpočet:

dosadíme do vztahu:

$$\tau = \frac{(t_0 - t_z) \cdot \frac{\sum_{1}^{d} (n_c - n_{zm})_i \cdot P_i}{\sum_{1}^{d} n_{ci} \cdot P_i}}{t_0}$$





Výpočet:

Nejprve musíme vypočítat základní ukazatele α a τ. Vycházíme ze vztahu:

$$\alpha = \frac{n_c \cdot P_i}{\ell \cdot (t_0 - t_z)} = \frac{140 \cdot 2}{6 \cdot (42{,}5 - 0{,}5 \cdot 5)} = \underline{1{,}167} \; Nh\, h^{-1}\, d^{-1}$$

$$\tau = \frac{(t_0 - t_z) \cdot \frac{(n_c - n_{zm}) \cdot P_i}{n_c \cdot P_i}}{t_0} = \frac{(42{,}5 - 0{,}5.5) \cdot \frac{140 - 5}{140}}{42{,}5} = \underline{0{,}907}$$

Potom

$$\pi = \alpha \,.\, \tau = 1{,}167 \,.\, 0{,}907 = \underline{1{,}058} \; Nh\, h^{-1}\, d^{-1}$$

a

$$k_{pn} = \frac{\sum_{1}^{n} Nh_i}{\sum_{1}^{n} OH_i} = \frac{(n_c - n_{zm}) \cdot P}{t_0 \cdot e} = \frac{(140 - 5) \cdot 2}{42{,}5 \cdot 6} = \underline{1{,}058 \quad Nh\, h^{-1} d^{-1}}$$

vidíme tedy, že $\pi = k_{pn}$.

Objem užitečné práce za měsíc určíme ze vztahu:

$$L_u = \sum_{1}^{d} \ell_i \cdot t_{0i} \cdot \alpha_i \cdot \tau_i = 6 \cdot 42{,}5 \cdot 1{,}167 \cdot 0{,}907 = \underline{269{,}9 \; Nh}$$

Úloha 22.4.1

Jaký koeficient plnění norem a vlastní produktivity práce vykazuje dělník, který za směnu (8 hod.) odevzdá 16 dobrých výrobků a 10 zmetků o pracnosti 0,5 Nh ks^{-1}. Doba ztrát je 0,2 hod. za směnu.

Úloha 22.4.2

V dílně pracuje 8 dělníků, kteří za týden (42,5 hod.) odvedli 47 výrobků A o pracnosti 1,5 Nh kus^{-1}, 72 výrobků B o pracnosti 3 Nh kus^{-1} a 160 výrobků C o pracnosti 0,5 Nh kus^{-1}. Časové ztráty za směnu na jednoho dělníka byly průměrně 40 minut. Kontrola zjistila, že počet neopravitelných zmetků je pro jednotlivé typy A – 5, B – 2, C – 12 kusů. Určete ukazatel plnění časové normy, časového využití dělníka a produktivity práce v této dílně.

Úloha 22.4.3

V dílně pracují 4 dělníci, kteří za týden (42 hod.) odvedou následující počty kusů:

Typ výrobku	počet kusů ks	pracnost Nh/ks	počet zmetků ks
A	25	1	5
B	120	0,5	14
c	40	2,5	4

Průměrné časové ztráty dělníka za směnu jsou 30 minut. Jaké budou ukazatelé práce α, τ a π?

23. Hodnocení ergatičnosti

(skripta, str. 10, 11)

Při komplexním hodnocení techniky (stroj, nářadí, pracoviště, …), ať již při cvičeních z ergonomie, semestrální práci, závěrečném projektu, diplomové práci či kdykoliv jindy v praxi, je nutno dodržet, abychom hodnotili **všechna rizika**, která se mohou vyskytnout. K tomu nám může posloužit metodika HODERG (hodnocení ergatičnosti), která rizika rozděluje do 11 skupin – kritérií. Každé kritérium je rozděleno do řady parametrů, které jsou rozděleny do pěti tříd ergatičnosti, při čemž 1. třída je nejhorší, tzn. ergatičnost je rovna 0, tedy rizikovost je 1.

Pro usnadnění hodnocení jsou jednotlivé třídy specifikovány hodnotou nebo výrazem, který orientuje hodnotitele, jak daný parametr ohodnotit. Parametry, které se skládají z řady elementů,(v tab. označeny **EL**), kupř. ovladače, je nutno ohodnotit průměrnou známkou (třídou), při čemž negativní (tzn. s extrémně nízkou úrovní ergatičnosti) elementy je nutno řešit samostatně.

V jednotlivých třídách ergatičnosti je možno interpolovat v daném rozmezí, dle reálné úrovně parametru. Metodika hodnocení techniky (stroje, nástroje, pracoviště, …) vyžaduje dodržet následující postup:

1. Přesné určení objektu hodnocení. Specifikujeme stroj včetně okolí (příslušenství, prostor, vybavení), které k němu patří. Soustředíme dokumentaci (výkresy, pasporty, schémata atd.) i další informace. (Protokoly o zkouškách, měření hygieniků, zkušeben atp.).
2. Sestavení hodnotitelského týmu z pracovníků (expertů), kteří znají jak metodiku HODERG, tak i stroj. Určení vedoucího týmu. Sjednocení hodnocení. Hodnocení může orientačně provádět i jeden pracovník.
3. Podrobné seznámení se strojem a s podklady o něm.
4. Upřesnění metodiky hodnocení.

   pokud se jedná o speciální stroj, nebo stroj ve speciálních podmínkách, je nutné posoudit:

   a) zda není nutné upravit či doplnit kritéria a parametry hodnocení;

   b) úpravu vah (významností) jednotlivých kritérií resp. parametrů.

5. Vlastní hodnocení ergatičnosti techniky provádějí jednotliví posuzovatelé tak, že dle tabulky I. „Soubor ergatických kritérií" určují hodnoty ergatičnosti(H) jednotlivých parametrů podle uvedené stupnice hodnot v jednotlivých třídách a zapisují je do tabulky II. Parametry, označené značkou EL je třeba hodnotit podle jednotlivých elementů.

   Stejně jako u jiných hodnocení je třeba předpokládat spíše podprůměrnou kvalitu obsluhy (člověka), abychom předešli selhání systému.

   Pokud se kritérium nebo parametr u stroje nevyskytuje, nehodnotí se, významnost (váha) je rovna nule (ohodnotí se 0) a v tab. II. označíme – (pomlčka).

   Pokud by u stroje uvedené kritérium nebo parametr měl být a není (kupř. opěrka u sedačky), hodnotí se stupněm (hodnotou ergatičnosti) nula (nebo v případě orientačního hodnocení – viz dále – klasifikací 1), při dané významnosti (váze).

   Když parametr z různých důvodů (kupř. neumíme, neznáme atp.) nehodnotíme, váhu uvádíme 0 a do tab. II. označíme • (tečka).

   Čísla hodnocení interpolujeme v daném intervalu. (Při bodovém oceňování dělíme maximálně na čtvrtiny.) Hlavní zásadou je hodnotit všechna kritéria a parametry (třeba i odhadem). U stupnic, uvedených v % je nutno určit na kolik procent je daný parametr splněn.

6. Při hodnocení ergatičnosti parametru, který se dále skládá z celé řady elementů – kupř. „Přestavitelnost prvků", je třeba ohodnotit všechny prvky = elementy a průměrnou úroveň ohodnotit. (Parametry, které mohou být děleny na elementy mají v tab. I. ve sloupci 12 uvedeno EL). Hodnotíme postupně všechna kritéria (11) a parametry.

7. Při týmové práci vedoucí hodnocení provede kontrolu a porovnání u jednotlivých hodnotitelů. Opraví se případné nejasnosti nebo chyby. Jinak provede konečnou revizi hodnotitel.

8. Vypočítají se hodnoty ergatičnosti jednotlivých kritérií dle vzorce

$$E_{Ki} = \frac{\sum_{i=1}^{i=p} E_{Pi}.V_{Pi}}{\sum_{1}^{p} V_{Pi}}$$

   kde E_{Ki} – ukazatel ergatičnost i-tého kritéria
   E_{Pi} – ergatičnost i-tého parametru
   V_{Pi} – váha (významnost) i-tého parametru
   p - počet hodnocených parametrů (včetně těch, které chybí ! viz bod 5).

   Vypočtenou hodnotu zaneseme do tabulky hodnocení (tab. II.).

9. Vedoucí hodnocení si do svodné tabulky zanese hodnoty E_{Ki} jednotlivých hodnotitelů a zpracuje je. Konečné hodnoty E_{Ki} se zanesou do přehledné tab. III.

10. Vypočítáme ergatičnost celé techniky E_T dle vzorce:

$$E_T = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} E_{Ki}.V_{Ki}}{\sum_{1}^{k} V_{Ki}}$$

   kde V_{Ki} – váha (významnost) i-tého kritéria
   k - počet hodnocených kritérií

11. Zhodnocení ergatičnosti.

   Z vypočtených hodnot ergatičnosti a jejich pořadí (tab. III.) parametrů a kritérií dostáváme údaje, které nás informují jak o kritických a rizikových místech stroje, především pro zaměření prevence, tak i ergatičnosti celé techniky.

   Právě tak umožňuje ukazatel ergatičnosti porovnávat stroje a to jak stroje podobné technologie, tak prakticky obecně, ze všech oborů národního hospodářství, včetně strojů a přístrojů a zařízení spotřebního i užitkového charakteru.

   Zvláštním problémem může být hodnocení ergatičnosti u nových, progresivních strojů a zařízení ať již vybavených robotizovanými subsystémy, nebo více méně automatizovaných.
   Podstata užití metody se však nemění. Opět hodnotíme míru ergatičnosti, tedy stupeň ohrožení zdraví a pohody pracovníka. Specifika hodnocení těchto technicky vyspělých strojů (PraM, mechanizačních a automatizačních podávacích zařízení, dopravních zařízení, automatických výrobních strojů a linek, číslicově řízených strojů i celých výrobních systémů) spočívá v tom, že musíme jednoznačně určit co a kde bude člověk (operátor, opravář, seřizovač, …) dělat a za jakých podmínek (chod stroje – klid, nářadí a vybavení, prostor, pracovní poloha atd.). Musíme si být přitom vědomi, že je nutné dodržet zásadu komplexnosti problémové, prostorové i časové, neboť u těchto strojů a zařízení se pochopitelně ohrožení člověka oproti klasickým strojům poněkud změní. Nejen že dojde ke změně fyzického zatížení na psychické, ale hlavně se činnosti pracovníků (a tím i jejich ohrožení) přesunou z oblasti hlavních operací (výrobních) do oprav, seřizování, údržby, řešení havarijních situací, nehod, kontroly atp.

12. Návrh prevence.

   Na základě výsledků navrhneme variantní formy prevence (začínáme u nejméně ergatických parametrů), abychom zlepšili stávající situaci.

   Z výsledné tabulky III. pak určíme, kam zaměřit primárně prevenci. Tedy na ty parametry a kritéria, která mají nejmenší hodnoty ergatičnosti.

   Při orientačních výpočtech a hodnoceních ergatičnosti můžeme hodnocení i výpočty zjednodušit tím, že nehodnotíme úroveň ergatičnosti v intervalu 0 – 1 v jednotlivých třídách, ale zjednodušíme hodnocení tím, že používáme „klasifikaci" v pěti stupních 1 – 5 dle třídy ergatičnosti. 1 je pak nulová ergatičnost. V tomto případě je vhodné volit jemnější dělení než 1 – 2 – 4 – 5, minimálně po polovině bodu, tedy 1 – 1,5 – 2 – 2,5 – 3 – 3,5 – 4 – 4,5 – 5. Dělení ještě jemnější než na čtvrtiny (1 – 1,25 – 1,5 – atd.) není nutné.

Cílem a smyslem metody HODERG je dát nástroj, který by jednoduše a přitom komplexně umožnil kvantifikovat a hodnotit ergatickou (resp. při vypuštění kriterií 8, 9, 10 a 11 ergonomickou) úroveň techniky. Dosavadní dlouholeté zkušenosti její vhodnost potvrzují.

TABULKA I. METODA HODERG
SOUBOR ERGATICKÝCH KRITÉRIÍ

Č.krit.	Par.	Název	jedn.	VÁHA V_K	VÁHA V_P	TŘÍDA ERGATIČNOSTI 1 E = 0	2 0,01 – 0,34	3 0,35 – 0,65	4 0,66 – 0,99	5 1	Elementy
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	**rozměrové řešení**			30							
	1	Vymezení pracovního místa (% směny)	%		10	< 40	40 - 60	61 - 80	81 - 99	100	
	2	Přestavitelnost prvků			63	není	obtížná	universální	částečně	dokonale	EL
	3	Výška manipulační roviny	cm		20	nepřijatelná >± 5 od opt.	špatná ± 5 od opt.	mezní ± 2 od opt.	doporučená	přestavitelná	
	4	Velikost pracovního prostoru hlavní činnosti			35	nevyhovující	stísněný	dobrý	velmi dobrý	optimální	
	5	Prostor pro manipulaci a obsluhu			45	nevyhovující	stísněný	dobrý	velmi dobrý	optimální	
	6	Prostor pro nohy	cm		49	žádný > - 5 od opt.	malý < - 5 od opt.	dobrý < - 2 od opt.	doporučený	optimální	
	7	Většina činností se provádí v prostoru			28	nepřijatelném	maximálním	funkčním	normálním	optimálním	
	8	Pracovní poloha			55	nevhodná	stoj	nouzový sed a stoj	střídavě sed a stoj	sed a možnost střídání polohy	
	9	Přístupnost částí stroje (opravy, údržba)			22	nevyhovující	velmi obtížná	dobrá	velmi dobrá	optimální	EL
	10	Respektování speciálních vlastností výrobku			15	nevyhovující	špatné	dobré	velmi dobré	optimální	

2		**OVLÁDAČE**		21							
	1	Vhodnost typu (ruční i nožní)	%		46	< 40	40 – 60	61 - 80	81 - 99	100	EL
	2	Vhodnost umístění ručních ovládačů	%		32	< 40	40 – 60	61 - 80	81 - 99	100	EL
	3	Umístění nožních ovládačů	%		32	mimo dosah	maxim. zóna	funkční zóna	normál. zóna	optimální	EL
	4	Správné rozměry	%		44	< 40	40 – 60	61 - 80	81 - 99	100	EL
	5	Optimální řešení hmatníků	%		15	< 40	40 – 60	61 - 80	81 - 99	100	EL
	6	Síla k ovládání	N		54	> +20% nad max.	do + 20% nad max.	maximální	doporučená	optimální	EL
	7	Vhodné označení	%		36	< 40	40 – 60	61 - 80	81 - 99	100	EL
	8	Umístění havarijních ovladačů			63	nepřípustné	špatné	dobré	velmi dobré	optimální	EL
	9	Počet ovládačů	1		60	> 50	31 - 50	16 - 30	5 - 15	< 5	
	10	Průměrný interval mezi použitím ovládačů	s		13	trvalé užití	> 12	12 - 60	61 - 300	> 300	EL
	11	Teplota hmatníku	°C		8	>± 5 nepřijatelná	do ± 5 nad max. nevhodná	± 5 – 7 od opt. mezní	< ± 5 od opt. doporučená	28 – 30 optimální	
	12	Umístění panelu			61	mimo dosah	v maximálním dosahu	ve funkčním dosahu	v normálním dosahu	přestavitelný	
	13	Řešení panelu (topografie, označení, ...)			12	nevhodné	špatné	dobré	velmi dobré	optimální	
	14	Respektování směrových stereotypů	%		19	< 40	40 - 60	61 - 80	81 - 99	100	EL
	15	Respektování dalších stereotypů (místa, rychlostí, účinku)	%		10	< 40	40 - 60	61 - 80	81 - 99	100	EL

3		SDĚLOVAČE		25							
	1	Vhodnost typu	%		33	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	2	Vhodnost umístění	%		32	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	3	Počet sdělovačů			46	> 50	31 – 50	16 – 30	5 - 15	< 5	
	4	Vhodná senzorická cesta	%		44	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	5	Ergatičnost provedení nápisů	%		23	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	6	Vhodné kódování informací	%		46	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	7	Vhodná doba expozice informace	%		55	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	8	Velikost kritického detailu	% úhl. minut		59	< 40 < 2	40 – 60 2 – 2,9	61 – 80 3 – 3,9	81 – 99 4 - 5	100 > 5	EL
	9	Odlišitelnost akustického signálu od hluku pozadí	dB_A		33	< 5	5 - 9	10 – 14	15 - 20	> 20	EL
	10	Kolmost pohledu	% úhel od kolm		8	< 40 >± 30	40 – 60 ±21 – 30°	61 – 80 ±11 – 20°	81 – 99 ±0 – 10°	100 90°	EL
	11	Optimální provedení stupnic	%		14	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	12	Optimální provedení číselníků	%		10	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	13	Optimální provedení obrazovek	%		26	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	14	Optimální provedení signálek	%		7	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	15	Optimální provedení symbolů	%		23	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	16	Informace o funkci systému (okamžitém stavu)			63	žádné	špatné	dobré	velmi dobré	jednoznačné	

4		VYBAVENÍ A ORGANIZACE TECHNIKY		17							
	1	Optimální nářadí	%		37	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	2	Optimální pomůcky	%		25	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	3	Optimální mechanizační prostředky	%		44	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	4	Optimální měřidla	%		34	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	5	Optimální úložné prostory a plochy	%		47	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	6	Optimální dopravní zařízení	%		42	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	7	Optimální seřizování	%		33	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	8	Optimální opravy	%		21	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	9	Optimální údržba	%		41	< 40	40 – 60	61 – 80	81 - 99	100	EL
	10	Rytmus práce			63	vnucený	vázaný	obtížně ovlivnitelný	ovlivnitelný	individuelní	
	11	Týmová spolupráce	% směny		53	trvalá > 80	vysoká 61 – 80	střední 41 – 60	malá <40	není	
	12	Přítomnost u stroje	% směny		63	trvalá 100	velká 71 – 99	střední 41 – 70	malá 10 - 40	ojedinělá < 10	
	13	Druh sedačky			42	nevhodný	špatný	dobrý	velmi dobrý	optimální	
	14	Výška sedačky			17	nepřípustná	špatná	univerzální	špatně stavitelná	stavitelná	
	15	Provedení sedačky (stojan, dynamičnost,...)			34	nepřípustné	špatné	dobré	velmi dobré	optimální	
	16	Opěrka beder a zad			11	nepřijatelná	špatná	dobrá	velmi dobrá	optimální	
	17	Loketní opěrky			5	nepřijatelné	špatné	dobré	velmi dobré	optimální	
	18	Sedák (tvar, materiál, sklon, ...)			50	nepřijatelný	špatný	dobrý	velmi dobrý	optimální	
	19	Podnožka			20	nepřijatelná	špatná	dobrá	velmi dobrá	optimální	
	20	Podlaha			34	nepřijatelná	špatná	dobrá	velmi dobrá	optimální	
	21	Forma a kvalita dokumentace stroje			8	nepřijatelná	špatná	dobrá	velmi dobrá	optimální	

5	VIZUÁLNÍ PODMÍNKY			24							
	1	Nároky na zrak Velikost kritického detailu	mm		63	< 0,2	0,2 - 1	1,1 - 10	10,1 – 100	> 100	
	2	Přehlednost stroje			43	nepřijatelná	špatná	dobrá	velmi dobrá	optimální	
	3	Místní osvětlení			29	nepřijatelné	špatné	dobré	velmi dobré	optimální	
	4	Zastínění pozorovaných míst	%		27	nepřijatelné > 60	kritické 41 - 60	mezní 10 - 40	nepatrné < 10	není 0	EL
	5	Zdroje oslnění	počet		48	nepřijatelné > 10	významné 6 - 10	slabé 2 - 5	nepatrné < 2	nejsou 0	EL
	6	Kontrast jasů u zrakově náročných prací předmět:pozadí:okolí zorné pole světlé tmavé	nit		35	nepřijatelný >50:25:1 <1:5:20	velký 50:25:1 1:5:20	dobrý 10:5:1 1:3:5	velmi dobrý 8:4:1 1:2,5:4	optimální 5:3:1 1:2:3	EL
	7	Rovnoměrnost osvětlení stroje	r		19	nepřípustná < 0,1	špatná 0,1 – 0,2	dobrá 0,21 – 0,32	velmi dobrá 0,33 – 0,50	optimální > 0,5	
	8	Krátkodobé kolísání intenzity osvětlení	% směny		44	nepřípustné > 30	časté ± 21 - 30	zřídka ± 11 - 20	nepatrné ± 5 - 10	není <± 5	
	9	Optimální zorná vzdálenost	%		28	< 40	41 - 60	61 - 80	81 - 99	100	EL
	10	Velikost zorného pole	úhel		10	nepřijatelný > 220°	maximální 121 – 220°	funkční 61 – 120°	normální 20 – 60°	optimální < 20°	

6	FYZICKÁ ZÁTĚŽ			38							
	1	Střídání pracovních poloh			12	nemožné	výjimečné	omezené	možné	libovolné	
	2	Dynamická zátěž M (nad BM) za směnu Ž	kJ/sm		28	>8300 >5500	5401 – 8300 3601 - 5500	3001 – 5400 2001 - 3600	1100 – 3000 800 - 2000	< 1100 < 800	
	3	Dynamická zátěž M minutová (nad BM) Ž	kJ/min		44	> 40 > 26	25,1 – 40 18,1 – 28	12,1 – 25 9,1 - 18	3 – 12 2 - 9	< 3 < 2	
	4	Statická zátěž do 3 sec. jednorázová (statickodynamická) celosm. ∅	% F_{max}		23	> 60 > 30	45 – 60 21 - 30	30 – 44 10 - 20	< 30 < 10	není	
	5	Statická zátěž lokální jednorázová přes 3 sec. celosm. ∅	% F_{max}		47	> 50 > 20	31 – 50 16 - 20	15 – 30 10 - 15	< 15 < 10	není	
	6	Statická zátěž dlouhodobá (polohy, držení, ...)	% směny		63	> 30	20 - 30	10 - 19	< 10	není	EL
	7	Rozložení zátěže			27	část končetiny	končetina	končetiny	trup a končeti-ny	celé tělo	
	8	Časový průběh zátěže ve směně	% směny		26	extrémně nárazová < 10	ojedinělý 10 - 30	nepravidelný 31 - 60	pravidelný (častý) 61 - 90	rovnoměrný (stálý) 91 – 100	
	9	Hmotnost břemen M Ž	kg		29	> 60 > 20	51 – 60 16 - 20	21 – 50 6 - 15	10 – 20 4 - 5	<10 < 3	EL
	10	Kumulativní hmotnost M břemen za směnu Ž	kg		33	> 8000 > 5500	2001 – 8000 1401 - 5500	101 – 2000 71 - 1400	10 – 100 7 - 70	< 10 < 7	
	11	Pracovní tepová frekvence (směnový ∅)	min^{-1}		37	> 30	24 - 30	17 - 23	9 - 16	< 8	
	12	Pracovní tepová frekvence (krátkodobě)	min^{-1}		53	> 90	66 - 90	41 - 65	20 - 40	< 20	EL
	13	Pocení za směnu M Ž hodnocení	gm^{-2}		5	> 2585 > 2124 neúnosné	2155 – 2585 1688 – 2124 vysoké	1501 – 2154 1001 – 1687 časté	501 – 1500 400 – 1000 nízké	< 500 < 400 nepatrné	
	14	Přestávky v práci			28	nejsou	nedostatečné	málo	dostatečné	individuální	

7	PSYCHICKÁ ZÁTĚŽ		44							
1	Rozhodování	% směny		59	neúnosné > 40	vysoké 31 - 40	časté 21 - 30	nízké 10 - 20	nepatrné < 10	EL
2	Vypjatá pozornost (sledování, odčítání, ...)	% směny		54	neúnosná > 60	velmi častá 41 - 60	častá 21 - 40	nízká 10 - 20	nepatrná < 10	EL
3	Nároky na paměť			43	nepřiměřené	vysoké	střední	malé	nepatrné	EL
4	Tok informací (norm.kódování) (průměr za směnu)	$bit.s^{-1}$		45	nepřiměřený > 8	vysoký 5 - 8	střední 3 - 4	nízký 1 - 2	optimální < 1	EL
5	Monotónnost práce			24	neúnosná	vysoká	střední	nepatrná	není	
6	Doba rušivého šumu informací (hluk, mluva, ...)	$\frac{t_{šum}}{t_{inf}}.100$		32	nepřijatelná > 80	vysoká 41 - 80	střední 10 - 40	malá < 10	není 0	EL
7	Porovnávání (měření, nastavování, ...)	% směny		31	neúnosné >50	velmi často 31 - 50	často 10 - 30	zřídka ≤ 10	není 0	EL
8	Zodpovědnost za osoby	osob		55	> 50	11 - 50	6 - 10	2 - 5	sám	
9	Zodpovědnost za hodnoty	Kč		34	$> 10^8$	$10^6 - 10^8$	$10^5 - 10^6$	$10^3 - 10^5$	$< 10^3$	
10	Stresová práce (strach, časový faktor, ...)	% směny		56	neúnosná > 50	vysoká 26 - 50	střední 11 - 25	malá < 10	není	EL
11	Nedostatek informací			30	stále	často	občas	výjimečně	není	EL
12	Mimořádné nároky na smysly (koordinace, rovnováha,...)			43	nepřiměřené	velké	střední	malé	nejsou	EL
13	Nároky na kvalifikaci	typ		41	mimořádné spec.kvalifikace	velké vyučení + praxe	střední vyučený	malé zaučený	nejsou laik	EL
14	Komunikace s okolím	% směny		14	nemožná 0	výjimečně < 10	občas 10 - 40	často 41 - 80	libovolná > 80	
15	Využití návyků	% směny		29	minimální < 10	nízké 10 - 40	střední 41 - 70	časté 71 - 90	vysoké > 90	EL

8	NEBEZPEČNOST		63							
1	Splnění ustanovení bezpečnostních předpisů a norem			63	hrubé porušení ustanovení	existují výjimky z norem a předpisů	pouze zavazující s naprostou závazností	pouze zavazující s omezenou závazností	všechny doporučující	EL
2	Koeficient nebezpečnosti (metoda BOMECH)	K_N^2		60	> 200	100 - 200	50 - 99	21 - 49	< 20	EL
3	Nebezpečí pádu (otvory, kluzkost, ...)	P_R		19	velmi pravděpodobné $> 10^{-1}$	pravděpodobné $10^{-1} - 10^{-3}$	běžné $10^{-4} - 10^{-6}$	přijatelné $10^{-7} - 10^{-8}$	minimální $< 10^{-8}$	EL
4	Nebezpečí pohyblivých částí	P_R		10	$> 10^{-1}$	$10^{-1} - 10^{-3}$	$10^{-4} - 10^{-6}$	$10^{-7} - 10^{-8}$	$< 10^{-8}$	EL
5	Nebezpečí odletu materiálu	P_R		13	$> 10^{-1}$	$10^{-1} - 10^{-3}$	$10^{-4} - 10^{-6}$	$10^{-7} - 10^{-8}$	$< 10^{-8}$	EL
6	Nebezpečí z tlačných a střižných míst	P_R		20	$> 10^{-1}$	$10^{-1} - 10^{-3}$	$10^{-4} - 10^{-6}$	$10^{-7} - 10^{-8}$	$< 10^{-8}$	EL
7	Nebezpečí z břitů a hrotů	P_R		17	$> 10^{-1}$	$10^{-1} - 10^{-3}$	$10^{-4} - 10^{-6}$	$10^{-7} - 10^{-8}$	$< 10^{-8}$	EL
8	Nebezpečí výbuchu	P_R		55	$> 10^{-1}$	$10^{-1} - 10^{-3}$	$10^{-4} - 10^{-6}$	$10^{-7} - 10^{-8}$	$< 10^{-8}$	EL
9	Nebezpečí el. proudu	P_R		44	$> 10^{-1}$	$10^{-1} - 10^{-3}$	$10^{-4} - 10^{-6}$	$10^{-7} - 10^{-8}$	$< 10^{-8}$	EL
10	Nebezpečí výboje			39	$> 10^{-1}$	$10^{-1} - 10^{-3}$	$10^{-4} - 10^{-6}$	$10^{-7} - 10^{-8}$	$< 10^{-8}$	EL
11	Nebezpečí pádu břemen	P_R		35	$> 10^{-1}$	$10^{-1} - 10^{-3}$	$10^{-4} - 10^{-6}$	$10^{-7} - 10^{-8}$	$< 10^{-8}$	EL
12	Nebezpečí horkých částí	P_R		18	$> 10^{-1}$	$10^{-1} - 10^{-3}$	$10^{-4} - 10^{-6}$	$10^{-7} - 10^{-8}$	$< 10^{-8}$	EL
13	Nebezpečí otravy	P_R		86	$> 10^{-1}$	$10^{-1} - 10^{-3}$	$10^{-4} - 10^{-6}$	$10^{-7} - 10^{-8}$	$< 10^{-8}$	EL
14	Selhání zabezpečovacích a ochranných zařízení	P_R		47	$> 10^{-1}$	$10^{-1} - 10^{-3}$	$10^{-4} - 10^{-6}$	$10^{-7} - 10^{-8}$	$< 10^{-9}$	EL
15	Nepodmíněnost prevence	%		32	< 40	40 - 60	61 - 80	81 - 99	100	
16	Vybavenost technickou prevencí	%		45	< 40	40 - 60	61 - 80	81 - 99	100	
17	Barevné bezpečnostní značení	%		25	< 40	40 - 60	61 - 80	81 - 99	100	

9	HYGIEĆNOST		58							
	1 Chemické škodliviny			56	> K_{max}	> K_d < K_{max}	< K_d	< 0,5 K_d	nejsou	EL
	2 Škodliviny kůže, sliznic, alergeny			42	stále nejsou hygienická opatření	často nedostatečné hygienicky zajištěno	občas hygienicky zajištěno	výjimečně prevence zajištěna	nejsou	EL
	3 Infekce, viry, bakterie			58	mimořádná hygienicky nedostatečné zajištěno	stálá hygienicky zajištěno částečné	občas hygienicky zajištěno	běžné riziko	není	EL
	4 Prach			25	> 2.K_d	K_d – 2.K_d	< K_d	< 0,5 K_d	není	EL
	5 Karcinogeny			63	> 2.K_d	K_d – 2.K_d	< K_d	< 0,5 K_d	nejsou	EL
	6 Páchnoucí látky			19	nepřípustná intenzita	postižitelné	nepatrně postižitelné	nepostižitelné	nejsou	EL
	7 Ionizující záření	rem/rok		61	> 12	5,1 - 12	0,5 – 5	< 0,5	není	EL
	8 Ultrafialové záření			34	kategorie D	kategorie C	kategorie B	kategorie A	není	EL
	9 Lasery			35	nedostatečná prevence	III. b a IV. třída	třída III. a	I. a II. třída	nejsou	EL
	10 Infračervené záření	W cm^{-2}		26	> 0,07 bez OOPP	> 0,07 ochrana očí a kůže	0,02 – 0,07	< 0,02	není	EL
	11 Vysoké a velmi vysoké záření (mikrovlny)			47	> $K_{sm}^{prac.}$	> $K_d^{prac.}$ < $K_{sm}^{prac.}$	< K_d^{ob} – K_d^{prac}	< K_d^{ob}	není	EL

	12 Intenzita hluku	dB_A		36	> K_d + 10	K_d – (K_d + 10)	< K_d krátkodobě > K_d	< K_d - 10	5 – 30	
	13 Frekvence hluku	kHz		39	> 10	4,1 - 10	1 – 4	0,125 - 1	0,125 – 0,01	
	14 Časový průběh hluku			15	impulsně nepravidelný	přerušovaný	proměnlivý	pravidelný	ustálený	
	15 Vibrace a otřesy	dB		45	> K_{sm} + 10	K_{sm}– (K_{sm}+10)	> K_{max} < K_{sm}	< K_{max} – 10 < K_{sm}	nejsou	
	16 Přenos vibrací			20	více vstupů	rukama	sedačkou	podlahou	není	EL
	17 Teplota vzduchu	°C		33	>t_{op}± 5	t_{op}± 5	t_{op}± 3 – 4	t_{op}± 2	optimální (t_{op})	
	18 Teplota tekutin (styk s tělem)	°C		27	> 50 < 10	38 – 50 10 - 17	34 – 37 18 - 23	24 - 33	30 ± 2	EL
	19 Proudění vzduchu	ms^{-1}		22	> 2	1,1 - 2	0,26 - 1	0,1 – 0,25	< 0,1	
	20 Vlhkost vzduchu	% r.v.		15	< 10 > 90	10 – 19 81 - 90	20 – 29 71 - 80	30 – 39 61 - 70	40 - 60	
	21 Tlak vzduchu	kPa		6	> 250 < 75	200,1 – 250 75,1 - 85	150,1 – 200 85,1 - 95	102 – 150 95,1 - 102	97 – 102	
	22 Negativní ionty	cm^{-3}		4	< 10	10 - 100	101 - 300	301 - 1000	> 10^3	
	23 Kolísání klimatických podmínek chodem stroje	%		18	nepřijatelné >± 20	velké < ± 20	přijatelné < ± 10	malé < ± 5	není	
	24 Vybavenost stroje hygienickou technickou prevencí	%		53	< 40	40 - 60	61 - 80	81 - 99	100	EL
	25 Nepodmíněnost hygienické prevence	%		51	< 40	40 - 60	61 - 80	81 - 99	100	EL

10	**ESTETIČNOST**		12								
	1	Výtvarná progresivita			26	zastaralá	malá	střední	velmi dobrá	vysoká	
	2	Výtvarná originalita			14	žádná	malá	střední	velmi dobrá	vysoká	
	3	Racionálnost řešení z hlediska výroby			57	nevhodná	špatná	průměrná	velmi dobrá	vysoká	
	4	Racionálnost řešení z hlediska užití			63	nevhodná	špatná	průměrná	velmi dobrá	vysoká	
	5	Tvar a linie			38	nevhodné	špatné	průměrné	velmi dobré	výborné	
	6	Prostorová vyváženost			20	nevhodná	slabá	průměrná	velmi dobrá	výborná	
	7	Barevné řešení			12	nevhodné	slabé	průměrné	velmi dobré	výborné	
	8	Jednota stylu			51	nevhodná	malá	střední	velmi dobrá	výborná	
	9	Uplatnění estetických zásad (rytmus, kontrast, symetrie, ...)			45	nevhodné	slabé	střední	velmi dobré	výborné	
	10	Uplatnění výtvarných prvků (plocha, povrch, materiál, ...)			32	nevhodné	slabé	střední	velmi dobré	výborné	
	11	Úroveň informačních materiálů a obalů			6	nevhodné	slabé	střední	velmi dobré	výborné	EL

11	**EKOLOGIČNOST**			42							
	1	Znečištění ovzduší			47	nepřípustné	kritické	mezní	nepatrné	není	
	2	Znečištění vody			32	nepřípustné	kritické	mezní	nepatrné	není	
	3	Znečištění půdy			17	nepřípustné	kritické	mezní	nepatrné	není	
	4	Ohrožení flory a fauny			63	nepřípustné	kritické	mezní	nepatrné	není	
	5	Ostatní škodliviny			18	nepřípustné	kritické	mezní	nepatrné	nejsou	

TABULKA II. METODA HODERG
HODNOCENÍ ERGATICKÝCH KRITÉRIÍ

Č.kr it.	Par.	Název	jedn.	VÁHA V_K	VÁHA V_P	HODNOCENÍ Stávající H_O	Stávající $H_O \cdot V_P$ (7 . 6)	Nová H_N	Nová $H_N \cdot V_P$ (9 . 6)	Porovnání (10 : 8)	Pozn.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		**ROZMĚROVÉ ŘEŠENÍ**		**30**							
	1	Vymezení pracovního místa (% směny)	%		10						
	2	Přestavitelnost prvků			63						
	3	Výška manipulační roviny	cm		20						
	4	Velikost pracovního prostoru hlavní činnosti			35						
	5	Prostor pro manipulaci a obsluhu			45						
	6	Prostor pro nohy	cm		49						
	7	Většina činností se provádí v prostoru			28						
	8	Pracovní poloha			55						
	9	Přístupnost částí stroje (opravy, údržba)			22						
	10	Respektování speciálních vlastností výrobku			15						
		SOUČET									
		$E_K = \frac{\Sigma 8}{\Sigma 6}\left(\frac{\Sigma 10}{\Sigma 6}\right)$									
		Zlepšení $\Delta E_K = \frac{10}{8}$									

2		OVLÁDAČE		21								
	1	Vhodnost typu (ruční i nožní)	%		46							
	2	Vhodnost umístění ručních ovládačů	%		32							
	3	Umístění nožních ovládačů	%		32							
	4	Správné rozměry	%		44							
	5	Optimální řešení hmatníků	%		15							
	6	Síla k ovládání	N		54							
	7	Vhodné označen	%		36							
	8	Umístění havarijních ovladačů			63							
	9	Počet ovládačů	I		60							
	10	Průměrný interval mezi použitím ovládačů	s		13							
	11	Teplota hmatníku	°C		8							
	12	Umístění panelu			61							
	13	Řešení panelu (topografie, označení, ...)			12							
	14	Respektování směrových stereotypů	%		19							
	15	Respektování dalších stereotypů (místa, rychlostí, účinku)	%		10							
		SOUČET										
		Ergatičnost kritéria $E_K = \frac{\Sigma 8}{\Sigma 6}\left(\frac{\Sigma 10}{\Sigma 6}\right)$										
		Zlepšení $\Delta E_K = \frac{10}{8}$										

3		SDĚLOVAČE		25								
	1	Vhodnost typu	%		33							
	2	Vhodnost umístění	%		32							
	3	Počet sdělovačů			46							
	4	Vhodná senzorická cesta	%		44							
	5	Ergatičnost provedení nápisů	%		23							
	6	Vhodné kódování informací	%		46							
	7	Vhodná doba expozice informace	%		55							
	8	Velikost kritického detailu	% úhl. minut		59							
	9	Odlišitelnost akustického Signálu od hluku pozadí	dB_A		33							
	10	Kolmost pohledu	% úhel od kolm.		8							
	11	Optimální provedení stupnic	%		14							
	12	Optimální provedení číselníků	%		10							
	13	Optimální provedení obrazovek	%		26							
	14	Optimální provedení signálek	%		7							
	15	Optimální provedení symbolů	%		23							
	16	Informace o funkci systému (okamžitém stavu)			63							
		SOUČET										
		Ergatičnost kritéria $E_K = \frac{\Sigma 8}{\Sigma 6}\left(\frac{\Sigma 10}{\Sigma 6}\right)$										
		Zlepšení $\Delta E_K = \frac{10}{8}$										

4		VYBAVENÍ A ORGANIZACE TECHNIKY		17								
	1	Optimální nářadí	%		37							
	2	Optimální pomůcky	%		25							
	3	Optimální mechanizační prostředky	%		44							
	4	Optimální měřidla	%		34							
	5	Optimální úložné prostory a plochy	%		47							
	6	Optimální dopravní zařízení	%		42							
	7	Optimální seřizování	%		33							
	8	Optimální opravy	%		21							
	9	Optimální údržba	%		41							
	10	Rytmus práce			63							
	11	Týmová spolupráce	% směny		53							
	12	Přítomnost u stroje	% směny		63							
	13	Druh sedačky			42							
	14	Výška sedačky			17							
	15	Provedení sedačky (stojan, dynamičnost,...)			34							
	16	Opěrka beder a zad			11							
	17	Loketní opěrky			5							
	18	Sedák (tvar, materiál, sklon, ...)			50							
	19	Podnožka			20							
	20	Podlaha			34							
	21	Forma a kvalita dokumentace stroje			8							
		SOUČET										
		Ergatičnost kritéria $E_K = \frac{\sum 8}{\sum 6}\left(\frac{\sum 10}{\sum 6}\right)$										
		Zlepšení $\Delta E_K = \frac{10}{8}$										

5		VIZUÁLNÍ PODMÍNKY		24								
	1	Nároky na zrak Velikost kritického detailu	mm		63							
	2	Přehlednost stroje			43							
	3	Místní osvětlení			29							
	4	Zastínění pozorovaných míst	%		27							
	5	Zdroje oslnění	počet		48							
	6	Kontrast jasů u zrakově náročných prací předmět:pozadí:okolí zorné pole světlé tmavé	nit		35							
	7	Rovnoměrnost osvětlení stroje	r		19							
	8	Krátkodobé kolísání intenzity osvětlení	% směny		44							
	9	Optimální zorná vzdálenost	%		28							
	10	Velikost zorného pole	úhel		10							
		SOUČET										
		Ergatičnost kritéria $E_K = \frac{\sum 8}{\sum 6}\left(\frac{\sum 10}{\sum 6}\right)$										
		Zlepšení $\Delta E_K = \frac{10}{8}$										

6	FYZICKÁ ZÁTĚŽ			38								
	1	Střídání pracovních poloh			12							
	2	Dynamická zátěž (nad BM) za směnu M Ž	kJ/sm		28							
	3	Dynamická zátěž minutová (nad BM) M Ž	kJ/min		44							
	4	Statická zátěž do 3 sec. jednorázová (statickodynamická) celosm. ∅	% F_{max}		23							
	5	Statická zátěž lokální jednorázová přes 3 sec. celosm. ∅	% F_{max}		47							
	6	Statická zátěž dlouhodobá (polohy, držení, ...)	% směny		63							
	7	Rozložení zátěže			27							
	8	Časový průběh zátěže ve směně	% směny		26							
	9	Hmotnost břemen M Ž	kg		29							
	10	Kumulativní hmotnost břemen za směnu M Ž	kg		33							
	11	Pracovní tepová frekvence (směnový ∅)	min^{-1}		37							
	12	Pracovní tepová frekvence (krátkodobě)	min^{-1}		53							
	13	Pocení za směnu M Ž	gm^{-2}		5							
	14	Přestávky v práci			28							
		SOUČET										
		Ergatičnost kritéria $E_K = \frac{\Sigma 8}{\Sigma 6}\left(\frac{\Sigma 10}{\Sigma 6}\right)$										
		Zlepšení $\Delta E_K = \frac{10}{8}$										

7	PSYCHICKÁ ZÁTĚŽ			44								
	1	Rozhodování	% směny		59							
	2	Vypjatá pozornost (sledování, odčítání, ...)	% směny		54							
	3	Nároky na paměť			43							
	4	Tok informací (norm.kódování) (průměr za směnu)	$bit.s^{-1}$		45							
	5	Monotónnost práce			24							
	6	Doba rušivého šumu informací (hluk, mluva, ...)	$\frac{t_{šum}}{t_{inf}}.1($		32							
	7	Porovnávání (měření, nastavování, ...)	% směny		31							
	8	Zodpovědnost za osoby	osob		55							
	9	Zodpovědnost za hodnoty	Kč		34							
	10	Stresová práce (strach, časový faktor, ...)	% směny		56							
	11	Nedostatek informací			30							
	12	Mimořádné nároky na smysly (koordinace, rovnováha,...)			43							
	13	Nároky na kvalifikaci	typ		41							
	14	Komunikace s okolím	% směny		14							
	15	Využití návyků	% směny		29							
		SOUČET										
		Ergatičnost kritéria $E_K = \frac{\Sigma 8}{\Sigma 6}\left(\frac{\Sigma 10}{\Sigma 6}\right)$										
		Zlepšení $\Delta E_K = \frac{10}{8}$										

8		NEBEZPEČNOST		63								
	1	Splnění ustanovení bezpečnostních předpisů a norem			63							
	2	Koeficient nebezpečnosti (metoda BOMECH)	K_N^2		60							
	3	Nebezpečí pádu (otvory, kluzkost, ...)	P_R		19							
	4	Nebezpečí pohyblivých částí	P_R		10							
	5	Nebezpečí odletu materiálu	P_R		13							
	6	Nebezpečí z tlačných a střižných míst	P_R		20							
	7	Nebezpečí z břitů a hrotů	P_R		17							
	8	Nebezpečí výbuchu	P_R		55							
	9	Nebezpečí el. proudu	P_R		44							
	10	Nebezpečí výboje			39							
	11	Nebezpečí pádu břemen	P_R		35							
	12	Nebezpečí horkých částí	P_R		18							
	13	Nebezpečí otravy	P_R		86							
	14	Selhání zabezpečovacích a ochranných zařízení	P_R		47							
	15	Nepodmíněnost prevence	%		32							
	16	Vybavenost technickou prevencí	%		45							
	17	Barevné bezpečnostní značení	%		25							
		SOUČET										
		$E_K = \frac{\sum 8}{\sum 6}\left(\frac{\sum 10}{\sum 6}\right)$										
		Zlepšení $\Delta E_K = \frac{10}{8}$										

9		HYGIEČNOST		58								
	1	Chemické škodliviny			56							
	2	Škodliviny kůže, sliznic, alergeny			42							
	3	Infekce, viry, bakterie			58							
	4	Prach			25							
	5	Karcinogeny			63							
	6	Páchnoucí látky			19							
	7	Ionizující záření	rem/rok		61							
	8	Ultrafialové záření			34							
	9	Lasery			35							
	10	Infračervené záření	$W\,cm^{-}_{2}$		26							
	11	Vysoké a velmi vysoké záření (mikrovlny)			47							
	12	Intenzita hluku	dB_A		36							
	13	Frekvence hluku	kHz		39							
	14	Časový průběh hluku			15							
	15	Vibrace a otřesy	dB		45							
	16	Přenos vibrací			20							
	17	Teplota vzduchu	°C		33							
	18	Teplota tekutin (styk s tělem)	°C		27							
	19	Proudění vzduchu	ms^{-1}		22							
	20	Vlhkost vzduchu	% r.v.		15							
	21	Tlak vzduchu	kPa		6							
	22	Negativní ionty	cm^{-3}		4							
	23	Kolísání klimatických podmínek chodem stroje	%		18							
	24	Vybavenost stroje hygienickou technickou prevencí	%		53							
	25	Nepodmíněnost hygienické prevence	%		51							
		SOUČET										
		$E_K = \frac{\sum 8}{\sum 6}\left(\frac{\sum 10}{\sum 6}\right)$										
		Zlepšení $\Delta E_K = \frac{10}{8}$										

10	ESTETIČNOST		12	
	1	Výtvarná progresivita		26
	2	Výtvarná originalita		14
	3	Racionálnost řešení z hlediska výroby		57
	4	Racionálnost řešení z hlediska užití		63
	5	Tvar a linie		38
	6	Prostorová vyváženost		20
	7	Barevné řešení		12
	8	Jednota stylu		51
	9	Uplatnění estetických zásad (rytmus, kontrast, symetrie, ...)		45
	10	Uplatnění výtvarných prvků (plocha, povrch, materiál, ...)		32
	11	Úroveň informačních materiálů a obalů		6
		SOUČET		
		Ergatičnost kritéria $E_K = \frac{\sum 8}{\sum 6}\left(\frac{\sum 10}{\sum 6}\right)$		
		Zlepšení $\Delta E_K = \frac{10}{8}$		
11	**EKOLOGIČNOST**		42	
	1	Znečištění ovzduší		47
	2	Znečištění vody		32
	3	Znečištění půdy		17
	4	Ohrožení flory a fauny		63
	5	Ostatní škodliviny		18
		SOUČET		
		Ergatičnost kritéria $E_K = \frac{\sum 8}{\sum 6}\left(\frac{\sum 10}{\sum 6}\right)$		
		Zlepšení $\Delta E_K = \frac{10}{8}$		

TABULKA III. HODERG

VÝSLEDNÉ HODNOCENÍ TECHNIKY

Č.krit.	KRITÉRIUM	*Váha* V_k	Stávající			Nová		
			E_{KO}	$E_{KO}.V_K$ 5x3	Pořadí	E_{KN}	$E_{KN}.V_K$ 7x3	Pořadí
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Rozměrové řešení	20						
2.	Ovládače	21						
3.	Sdělovače	25						
4.	Vybavení a organizace	17						
5.	Vizuální podmínky	24						
6.	Fyzická zátěž	38						
7.	Psychická zátěž	44						
8.	Nebezpečnost	63						
9.	Hygieničnost	58						
10.	Estetičnost	12						
11.	Ekologičnost	42						
SOUČET		374						
Výsledná ergatičnost techniky $E_T = \frac{\sum 5}{\sum 3}\left(\frac{\Sigma 8}{\Sigma 3}\right) =$								
Zlepšení $\Delta E_T = \frac{E_{TN}}{E_{TO}} =$								

24. Závěr

Pro objektivnější argumentaci při zdůvodňování efektivnosti ergatických (ergonomických) opatření je nutné ji podložit konkrétními výpočty. K lepšímu zvládnutí této problematiky mají posloužit i tato skripta.

Autor vítá všechny připomínky i náměty na zlepšení obsahu i formy těchto skript.

25. Požadavky ke zkoušce z předmětu Strojírenská ergonomie

Podmínka: Zápočet z předmětu Strojírenská ergonomie
Pomůcky: Psací potřeby, kalkulačka (s logaritmickými funkcemi)
Průběh zkoušky: Losování tří otázek (ze 30 - viz dále) + zadání dvou příkladů – příprava na zkoušku – ústní zkoušení
Základní literatura: Chundela, L.: Ergonomie, FS ČVUT, Praha 2006
Chundela, L.: Strojírenská ergonomie – příklady, FS, ČVUT, Praha 2006

Přehled otázek :

1. Definujte a charakterizujte základní pojetí a pojmy ergonomie (vývoj, cíl, podstata, přínos…). Systémový a komplexní přístup. Schéma, kritéria hodnocení.
2. Vysvětlete pojem ergatičnosti. Model ohrožení člověka. Uveďte charakteristiky faktoru ohrožení a nebezpečného jednání člověka.
3. Analyzujte pole rizika. Objasněte iniciátor aktivity, iniciátor pohybu a nebezpečné podmínky na příkladech.
4. Hodnocení ergatičnosti, Faktory ohrožení člověka.
5. Objasněte základní fyzické vlastnosti člověka, jejich parametry a způsob měření. Využití v praxi.
6. Charakterizujte základní smyslové s mentální vlastnosti a schopnosti člověka. Jak je zjišťujeme a jak ovlivňují řízení a projektování.
7. Vysvětlete spolehlivost lidského činitele, co ji ovlivňuje, jak ji lze zvýšit a měřit.
8. Vysvětlete, co označujeme termínem „Technika“. Podle jakých kritérií hodnotíme ergonomičnost stroje.
9. Uveďte a objasněte kritéria a parametry, které musíme respektovat při rozměrovém řešení stroje, uveďte příklady.
10. Vysvětlete, jaké znáte ovladače, jak je třídíme a jaká kritéria musíme uplatňovat při jejich optimalizaci.
11. Co jsou sdělovače, podle čeho je dělíme. Formulujte obecné zásady pro řešení sdělovačů. Co ovlivňuje čitelnost vizuálního sdělovače. Uveďte příklady.
12. Jaké znáte vztahy mezi ovladači a sdělovači a jak ovlivňují řešení stroje. Charakterizujte jednotlivé skupiny vybavení pracoviště. Objasněte na příkladech.
13. Vysvětlete obsah, zaměření a význam technické estetiky v ergonomii. Jaká estetická kritéria pro hodnocení stroje užíváme.
14. Vysvětlete pojem „pracovní prostředí“. Jaké faktory do něho zahrnujeme. Charakterizujte a konkretizujte nejvýznamnější.

15. Objasněte základní pojmy osvětlení. Jaké přístroje a metody používáme. Jak se určuje potřebný počet svítidel pro dosažení požadované hladiny umělého osvětlení.

16. Vysvětlete pojem hluk, jaké má charakteristiky, jak škodí člověku. Jak určujeme přijatelnou hladinu hluku, jak jej měříme. Co znamená číslo třídy hluku N.

17. Charakterizujte druhy záření, jejich vliv na zdraví člověka a uveďte druhy prevence.

18. Co zahrnujeme do klimatických podmínek. Charakterizujte jednotlivé faktory z hlediska technických parametrů, způsobu měření a vlivu na člověka. Jako jsou optimální hodnoty.

19. Uveďte vliv barev na člověka. Podle jakých znaků hodnotíme barvy. Popište metodický postup při barevném řešení systému. V čem spočívá bezpečnostní význam barev.

20. Jaké jsou zdroje fyzické zátěže. Jak dělíme fyzickou namáhavost práce. Uveďte metody pro měření fyzické namáhavosti práce.

21. Vysvětlete, jaké stupně zátěže podle míry působení na člověka rozeznáváme. Uveďte zdroje a příčiny psychické zátěže. Jaké máme přímé metody měření psychické zátěže a jaké nepřímé. Co je to únava a jaké jsou stupně vyčerpání. Jak ji předcházíme.

22. Uveďte, co chápeme pod pojmem „organizace práce" v ergonomii a jaký má význam. Charakterizujte zásady ekonomičnosti pohybů a kolísání pracovního výkonu. Jak tyto poznatky aplikujeme v praxi.

23. Objasněte základní pojetí bezpečnosti práce, cíl a působící faktory. Co je to úraz, jaké jsou povinnosti vedoucího a organizace. Jaké znáte ukazatele úrovně BP. Kdo dohlíží na úroveň BP.

24. Nakreslete model vzniku úrazu, charakterizujete a definujte jednotlivé prvky. Uveďte příklad úrazu a analyzujte jej pomocí modelu.

25. Objasněte pojem „nebezpečnost stroje" a popište jednotlivé metody, které používáme k jejímu určování. Co je přijatelná nebezpečnost?

26. Vysvětlete termín „prevence proti úrazů". Uveďte používané varianty s příklady. Jak počítáme ekonomickou efektivnost prevence.

27. Charakterizujte hygienu práce, její problémy, způsob kontroly. Objasněte termín „nemoc z povolání" a „ostatní nemoci". Jaká znáte hygienická zařízení. Co zahrnujeme do sociálních podmínek. Jaké znáte složky životního prostředí.

28. Ergonomické projektování. Metody používané v eragtice.

29. Vysvětlete náplň a význam normování práce, jeho základní pojmy. Jak dělíme čas prop normování, jakou používáme symboliku. Jaké jsou snímky pracovního dne. Uveďte a podrobně vysvětlete metody pro stanovení normy času.

30. Charakterizujte základní ukazatele práce dělníka. Uveďte příklady.

26. Seznam literatury

26.1 Základní literatura

[1] Chundela, L.: Ergonomie, FS ČVT, Praha 2006
[2] Chundela, L.: Ergonomie – cvičení, FS ČVUT, Praha 1994
[3] Chundela, L.: Strojírenská ergonomie – příklady, FS ČVUT, Praha 2006

26.2 Doporučená literatura

[1] Grandjean, E.: Ergonomics and Health in modern Offices, London TF, 1984
[2] Chapanis, A.: Man – maschine – engineering, Londýn 1965
[3] Král, M.: Ergonomie a její využití v technické praxi. I, II, Brno, Ostrava 1994, 1998
[4] Mc Cormick, E.J.: Herman faktors engineering, N.Y. 1964
[5] Dlurell, K.F.H.: Ergonomics, Londýn 1975
[6] Šmíd, M.: Ergonomické parametry, Praha SNTL 1977
[7] Veber, V.: Pracovní prostředí, Praha 1982

27. Výsledky řešení úloh

Ú 1.1 E = 0,55
Ú 1.2 R = 0,36

Ú 1.2.1 $P_S = 0,684$
Ú 1.2.2 $P_P = 0,51$
Ú 1.2.3 $P_{S1} = 0,38$ $P_{S2} = 0,59$ zvýšení spolehlivosti systému o 55,3%
Ú 1.2.4 $P_{SS1} = 0,15$ $P_{SS2} = 0,575$ spolehlivost subsystému se zvýší 3,83 krát
Ú 1.2.5 $P_č = 0,39$
Ú 1.2.6 $P_{S1} = 0,046$ $P_{S2} = 0,106$
Ú 1.2.7 $P_{S1} = 0,328$ $P_{S2} = 0,252$

Ú 1.3.1 FO = tlak v plicích; NJČ = foukání; faktory: doba foukání, doba zaměstnání, tlak (objem) foukání, intenzita, …
Ú 1.3.2 FO = vibrace pily; NJČ = držení pily; faktory: frekvence, amplituda, doba řezání,
Ú 1.3.3 FO = nároky na pozornost a rozhodování: NJČ = řízení tramvaje; faktory: hustota provozu, délka směny, délka zaměstnání, …
Ú 1.3.4 FO = viz; NJČ = pobyt v infikovaném prostoru, prevence (očkování), …

Ú 2.1 Rozdíl výšek je 8,34 cm (Pozor na podpatky!)
Ú 2.2 Maximálně vysoká žena je vyšší o 1 cm (!Podpatky!)
Ú 2.3 Průměrná žena je vyšší o 2 cm (!Podpatky!)
Ú 2.4 Horní hrana monitoru má být 1,27 m vysoko
Ú 2.5 Horní hrana monitoru 1,72 m vysoko

Ú 3.1 Pro muže je to moc, pro ženu málo.
Ú 3.2 H = 72 – 76 kg
Ú 3.3 V = 194,7 – 200 cm

Ú 4.1 $P = 1,886\ m^2$
Ú 4.2 H = 79,7 kg
Ú 4.3 V = 192,8 cm

Ú 5.1 A = 2640 kJ
Ú 5.2 Při $\eta = 0,2$ $E_S = 40\ 000$ kJ
Ú 5.3 $\eta = 0,19$

Ú 6.1 $E_S = 19\ 940$ kJ
Ú 6.2 $E_S = 6\ 598,64$ kJ
Ú 6.3 Je třeba sníst 12 rohlíků (11,58)
Ú 6.4 408 g bílkovin a 204 g tuků
Ú 6.5 $E_S = 100\ 000$ kJ
Ú 6.6 $E_S = 1,395$ kg

Ú 7.1 BM = 9 200 kJ
Ú 7.2 H = 68 kg
Ú 7.3 Při délce směny 8,5 hod. je BM = 2 427,6 kJ

Ú 8.1 Ne. Při 100 Ncm^{-2} je F = 4,069 kN
Ú 8.2 F = 5,674 kN
Ú 8.3 Trénovaný sval F_T = 19 kN (pro 200 Ncm^{-2}), netrénovaný (80 Ncm^{-2}) F_N = 3,1 kN. O 613%.

Ú 9.1 IQ = 89,7
Ú 9.2 Mentální věk = 19,2 roku
Ú 9.3 Kalendářní věk = 8 let

Ú 10.1 Rozdíl je 4,6 cm
Ú 10.2 Rozdíl je 34,2 cm
Ú 10.3 Rozdíl je 16,95 cm

Ú 11.1 d_o =30,6 cm; d_N = 45 cm; d_F = 57,6 cm; d_M = 72 cm
Ú 11.2 d_N = 45,75 cm. 50 cm není v normálním dosahovém prostoru
Ú 11.3 Šíře bude 11,2 cm

Ú 12.1 Sklon panelu má být 65° od horizontály.
Ú 12.2 Ne, má být 25° od vertikály.
Ú 12.3 Panel má mít sklon 35° od vertikály.

Ú 13.1 kóta 1 – od maxima výše, stavitelná podnožka
kóta 2 – maximální
kóta 3 – maximální (minimální postava bude sedět výše než maximální)
kóta 4 – vyšší než maximální výška očí
kóta 5 – maximální
kóta 6 – minimální

Ú 13.2 kóta 1 – stavitelná od maxima nahoru + podnožka
kóta 2 – maximální
kóta 3 – minimální
kóta 4 – minimální
kóta 5 – minimální

Ú 13.3 kóta 1 – stavitelná minimum – maximum
kóta 2 – minimální
kóta 3 – minimální
kóta 4 – minimální (příp. stavitelný minimum – maximum)

Ú 14.1 ℓ = 109 cm
Ú 14.2 ano ($\gamma = 25{,}8^{\circ} > 25^{\circ}$)
Ú 14.3 ze vzdálenosti 19,26 m

Ú 15.1 v_s = 46,5 cm
Ú 15.2 Je příliš vysoká. Má být vysoká 44 cm.
Ú 15.3 Rozmezí stavitelnosti: 43,25 až 46,75 cm

Ú 16.1.1 E_{min} = 250 ℓx
Ú 16.1.2 E_{max} = 242,4 ℓx
Ú 16.1.3 r = 0,3, což je mírně podprůměrná hodnota

Ú 16.2.1 s_a = 0,6 vyhovuje; s_b je nulová
Ú 16.2.2 s_a = 0,15 nevyhovuje! s_b = 0; s_c = 0,58 vyhovuje.
Ú 16.2.3 E = 500 ℓx
Ú 16.2.4 E_m = 150 ℓx

Ú 16.3a1 E = 125 ℓx, což je málo; minimálně by mělo být 200 ℓx
Ú 16.3a2 P = 655,2 W = 16,38 žárovek 40 W (=17).
Ú 16.3a3 P = 480 W = 4,8 žárovek 100 W (= 5 žárovek)

Ú 16.3b1 F = 10 . 267,9 ℓm = 5,7 žárovek 150 W (=6 žárovek)
Ú 16.3b2 Ano, stačí. Minimum je 5 žárovek.
Ú 16.3b3 Maximální plocha je 40,9 m^2

Ú 16.3c1 Nutný počet zářivek (40 W) je 10,57 tedy 11
Ú 16.3c2 Minimum je 6,4 zářivek. 12 tedy stačí.
Ú 16.3c3 Maximální plocha je 30,72 m^2.

Ú 17.1 Výsledná hlučnost L = 94,078 dB.
Ú 17.2 Výsledná hlučnost L = 100,85 dB
Ú 17.3 Výsledná hlučnost L = 66,48 dB

Ú 18.1.1 Průměrná délka kroku je 0,5 m
Ú 18.1.2 A = 45,44 kJ; P = 0,927 W
Ú 18.1.3 A = 3 , 209,3 kJ

Ú 18.2.1 A = 4086,2 kJ
Ú 18.2.2 A = 1396,57 kJ
Ú 18.2.3 ℓ_c = 5200 m

Ú 18.3.1 A = 19122,74 kJ; P = 0,759 kW (průměrný krok = 0,6 m)
Ú 18.3.2 A = 4448,83 kJ
Ú 18.3.3 A = 6901,104 kJ

Ú 18.4.1 A = 7410,03 kJ
Ú 18.4.2 ℓ_c =1331,3 m
Ú 18.4.3 A = 3289,24 kJ

Ú 18.5.1 A = 5848,85 kJ; $\overline{P}$ =0,406 W; P_{max} = 6,5 kW
Ú 18.5.2 Dosah 0,66 je pro ženu maximální dosah, tzn. je nutná spolupráce horní části těla (k_T = 0,44).
A_o = 4280,4 kJ; A_R = 630,03 kJ = 14,8%
Ú 18.5.3 A_o = 1089,59 kJ; A_R = 571,54 kJ = 52,5%

Ú 18.6.1 A^S = 6860,67 kJ
Ú 18.6.2 A^S = 5525,2 kJ
Ú 18.6.3 A^S = 5048 kJ

Ú 18.7.1 A^S = 537,8 kJ
Ú 18.7.2 A^S = 13964,4 kJ
Ú 18.7.3 Pro k_o = 1,4 bude A^S = 372557 kJ

Ú 18.8.1 A^S = 50880 kJ
Ú 18.8.2 A^S = 4032 kJ
Ú 18.8.3 A^S = 4928 kJ

Ú 19.1 Maximální počet změn je 602.
Ú 19.2 Po pásu může projít maximálně 1132 $ks.min^{-1}$.

Ú 19.3 Má pravdu. Informační výkon je 5,38 $bit.s^{-1}$

Ú 20.1.1 RČ = dřevo; nebezpečná vlastnost = pohyb; NJČ = dělení dřeva; IA = chyběl rozvírací klín, došlo k sevření dřeva = zpětný vrh. Další vlivy: rychlost dřeva, místo zasažení, rychlost reakce atp.

Ú 20.1.2 RČ = břemeno; nebezpečná vlastnost = kinetická energie; NJČ = přemísťování břemena. IA = příčina zakopnutí. Další vlivy: způsob kontaktu břemena s nohou, jeho hmotnost, druh boty atp.

Ú 20.1.3 RČ = část kotouče; nebezpečná vlastnost je kinetická energie; NJČ = použití kotoučové brusky. Další faktory: přílišný tlak na kotouč, vadný kotouč; chybějící kryt atp.

Ú 20.2.1 $K_N^{SA} = 0,54$ $K_N^{AA} = 0,1$; $K_N^{SB} = 0,24$ $K_N^{AB} = 0,14$

Ú 20.2.2 $K_N^{SA} = 0,25$ $K_N^{AA} = 0,07$; $K_N^{SB} = 0,2$ $K_N^{AB} = 0,12$; $K_N^{SC} = 0,23$ $K_N^{AC} = 0,05$

Ú 20.2.3 $K_N^{SA} = 0,43$ $K_N^{AA} = 0,11$; $K_N^{SB} = 0,19$ $K_N^{AB} = 0,11$

Ú 20.4.1 $K_N^1 = 5610$ $K_N^2 = 116,9$ $K_N^4 = 290$ $K_N^5 = 3,02$ $K_N^6 = 3,78$

Ú 20.4.2 $K_N^1 = 3600$ $K_N^2 = 125$ $K_N^4 = 2,47$ $K_N^5 = 4,4$

Ú 20.4.3 $K_N^1 = 4740$ $K_N^2 = 105,3$ $K_N^4 = 2,93$ $K_N^5 = 4,56$

Ú 20.5.1 Je efektivní, protože doba návratnosti je 2,07 roku, což je kratší než 3 roky.

Ú 20.5.2 Efektivnější je varianta A, která má $\ell_p^{SA} = 10$ a $t_n^A = 0,2$ roku
(B: $\ell_p^B = 0,63$; $t_n^B = 3,64$ roku)

Ú 20.5.3 Doporučíme variantu A, protože má kratší dobu návratnosti ($t_n^A = 1,67$ roku; $t_n^B = 7,14$ roku)

Ú 21.1.1 Norma výkonu se zvýší o 25%

Ú 21.1.2 Norma výkonu je 0,15 ks $Nmin^{-1}$

Ú 21.1.3 Norma časová se sníží o 13%

Ú 21.2.1 Potřebný počet náměrů je 40 000

Ú 21.2.2 Dosažená přesnost výsledku je ± 434%

Ú 21.2.3 2000 není dostatečný počet náměrů, protože dosažená je pouze ± 4,5%

Ú 22.1.1 $\alpha = 1,25$ Nh h^{-1} d^{-1}

Ú 22.1.2 $\alpha = 1,29$ Nh h^{-1} d^{-1}

Ú 22.1.3 Dělníci vyrobili $n_c = 20$ ks

Ú 22.2.1 $\tau = 0,76$

Ú 22.2.2 $\tau = 0,93$

Ú 22.2.3 $\tau = 0,89$

Ú 22.3.1 $\overline{\alpha} = 1,66$ Nh h^{-1} d^{-1} ; $\overline{\tau} = 0,64$

Ú 22.3.2 $\overline{\alpha} = 1,24$ Nh h^{-1} d^{-1} ; $\overline{\tau} = 0,85$

Ú 22.3.3 $\overline{\alpha} = 1,44$ Nh h^{-1} d^{-1} ; $\overline{\tau} = 0,71$

Ú 22.4.1 $\alpha = 1,67$ Nh h^{-1} d^{-1} ; $\tau = 0,598$; $\pi = 0,998$ Nh h^{-1} d^{-1}

Ú 22.4.2 $\alpha = 1,17$ Nh h^{-1} d^{-1} ; $\tau = 0,87$; $\pi = 1,018$ Nh h^{-1} d^{-1}

Ú 22.4.3 $\alpha = 1,17$ Nh h^{-1} d^{-1} ; $\tau = 0,73$; $\pi = 0,85$ Nh h^{-1} d^{-1}