UDK 331.875:65.011.54:612.7

Omejevanje delovne hitrosti pri dinamični obremenitvi mišic

EVGEN MAREK

Če hočemo obvladati delovni proces, moramo že pred njegovo sprožitvijo poznati delovno hitrost.

Vse metode, ki jih uporabljamo za vnaprejšnje določanje delavčeve delovne hitrosti, slonijo na doseganju delovnega časa pri enakih delovnih nalogah v preteklosti. Na časih, ugotovljenih v preteklosti, je grajeno tudi analitično ugotavljanje časa po najmanjših delovnih elementih, od katerih ima vsak nespremenljivo vrednost. Te časovne vrednosti so ugotovili z neštetimi kombinacijami pri zelo različnih delih. Pri osnovnem Work-Factorjevem postopku za telesna dela uporabljamo skoraj 450 standardiziranih časovnih vrednosti. Časovne vrednosti po definiciji veljajo za poprečnega delavca, ki je za delo usposobljen in spreten, ki dela z voljo ter v urejenem okolju. Delovna hitrost, ki izhaja iz standardiziranih časovnih vrednosti, je za 50 % izvajalcev delovne naloge prevelika, za 50 % pa premajhna. Pri fizičnih delih so tudi ugotovili, da je standardna deviacija za razporejanje delovne hitrosti okoli poprečja $\sigma = 12{,}8$ %.

Mnogokrat se pojavlja mnenje, da je s standardiziranimi časovnimi vrednostmi predpisana delovna hitrost med delovnimi gibanji prevelika. To potrjujejo tudi izkušnje pri delih, ko npr. delavec dviguje bremena, ali ko opravlja dolga gibanja. Takšne izkušnje spravljajo mnogokrat v dvom celotno zgradbo vnaprej določenih časov. Dvom še krepijo, čeprav redko, kombinacije gibanj, ki strnjeno obremenjujejo samo posamezne mišične sisteme.

Da bi se lahko borili proti dvomu o skladnosti vnaprej določenega časa s človekovo delovno sposobnostjo, moramo najti za delovno hitrost oprijemljive, ne samo statistične omejitve. S statističnim ugotavljanjem omejitev bi sicer lahko dognali, da se je izvajalec delovne naloge med delom utrudil, kljub temu pa brez dolgotrajnih preizkusov ne bi mogli reči, koliko drugih izvajalcev bi se pri isti delovni nalogi še utrudilo. Pri dolgotrajnih preizkusih zopet ne bi mogli več zagotoviti, da so vsi potekali po natančno enaki metodi in v popolnoma enakih okoliščinah.

Določnejši odgovor o utrudljivosti dela hahko dobimo le, če se nam posreči funkcijsko povezati vse za utrudljivost pomembne vplive.

Najbolj dostopna veličina, ki jo lahko ugotovimo pri telesnem delu v povezavi z utrujanjem, je za delo potrebna energija. Skupno energijo, ki jo porablja človekovo telo med delom, lahko zelo natančno merimo, če primerjamo sestavo vdihanega in izdihanega zraka. Teoretično bi lahko določili model človeka, ki je poprečen glede dnevno za delo razpoložljive energije. Vendar stvar ni tako preprosta. Delovna naloga mnogokrat obremenjuje zelo omejene mišične sisteme. Ti mišični sistemi se lahko prek mere utrujajo kljub temu, da je skupna poraba energije v telesu daleč pod dovoljeno. Ker energije za posamezne mišične sisteme ne moremo meriti, mnogi ergonomi energije ne uporabljajo za merilo človekove obremenitve, posebno, ker imajo za manjše mišične sisteme bolj občutljivo merilo v srčnem utripu. Pri obremenjevanju manjših mišičnih sistemov namreč človekov regulacijski mehanizem poveča utrip, ne da bi pri tem sorazmerno povečal krvni pretok in seveda tudi porabljeno energijo.

Možnost za analiziranje delovne naloge po delovnih elementih, od katerih vsak obremenjuje omejen mišični sistem, nas kljub omenjenim težavam spodbuja, da skušamo ugotavljati za delo potrebno energijo po mišičnih sistemih. Načelno je pot preprosta. Pri predelavi energije v mišičnem sistemu mora biti ravnovesje med odtokom energije, ki ga povzroči delovno gibanje, in dotokom energije, ki ga omogoča krvni pretok. Če ravnovesje pokvarimo v škodo dotoka, se pojavi utrujanje.

Vsako elementarno gibanje pri človekovem delu nastaja tako, da sila mišičnega sistema premaguje vztrajnostno maso delovnega organa, včasih pa še silo. Za gibanje potrebna energija je zmnožek mišične sile (ki se na poti spreminja) in poti delovnega organa. Izračunana čista poraba energije je pasivni del energijske bilance. Aktivni del energijske bilance lahko ugotovimo, če doženemo, koliko energije lahko nadomešča kri v mišičnem sistemu, ne da bi se pojavilo trajno neravnovesje. Če vsaj v grobem spoznamo mehanizem, ki nadomešča energijo v mišičnem sistemu, lahko za vsak mišični sistem, ki sodeluje v delovnem procesu, sestavimo največji konvencionalno dovoljen dotok energije v omejenem času. Ta dotok naj bi bila za delo razpoložljiva energija.

Podatka za odtok in dotok energije v mišičnem sistemu lahko medsebojno primerjamo ter sestavimo energijsko bilanco. Če je bilanca pasivna, pomeni, da utrudljivost dela za mišični sistem prekoračuje dogovorjeno (konvencionalno) mejo.

Pri ugotavljanju parametrov, ki vplivajo na izračun energije, so bile potrebne poenostavitve. Njihovo bistvo je bilo:

— ugotavljanje poprečnih vrednosti,

— izločanje dejavnikov, ki bistveneje ne spreminjajo v uporabljenem modelu vključenih procesov.

ODTOK ENERGIJE IZ MIŠIČNIH SISTEMOV MED GIBANJEM DELOVNEGA ORGANA

Vsako delovno gibanje je premikanje delovnega organa od začetne do končne lege, definirane v časovni analizi. Kadar delovni organ spravljamo iz mirovanja v gibanje, moramo pospešiti njegovo maso. To nalogo opravlja pospeševalni mišični sistem. V drugem delu gibanja moramo isti delovni organ zavreti do mirovanja. To nalogo opravljajo zaviralne mišice. Pospeševalne in zaviralne mišice opravljajo delo, ki ga lahko izračunamo.

Regulacije v telesu potekajo po določenih zakonitostih, vendar ne idealno. Zato pri ugotavljanju povezav uporabljamo poenostavitve.

Poenostavitev je že, da nadomeščamo lok poti s premico.

Druga poenostavitev je oblika krivulje, po kateri narašča in upada sila v mišičnem sistemu. Ker regulacijski proces poteka kontinuirano, tudi naraščanje in upadanje sile, ki uravnava gibanje, ne poteka sunkovito. Med možnimi modeli, po katerih se razvija sila, ki uravnava gibanje, sta bila dovolj dva.

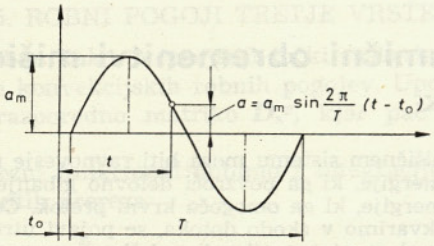
Najpreprostejši je model za razvijanje sile, ki pospešuje in zavira samo maso delovnega organa (vodoravno gibanje brez nasprotne sile). Model prikazuje skica na sliki 1.

Tako je največji pospešek delovnega organa

$$a_m = \frac{F_m \cdot g}{G_u + G} \tag{1}$$

kjer pomenijo:

F_m — največjo silo, g — zemeljski pospešek, G — težo bremena, ki ga med gibanjem prenašamo in G_u — težo delovnega organa.



Sl. 1. *Pospešek delovnega organa a v odvisnosti od trenutka gibanja t pri vodoravnem gibu*

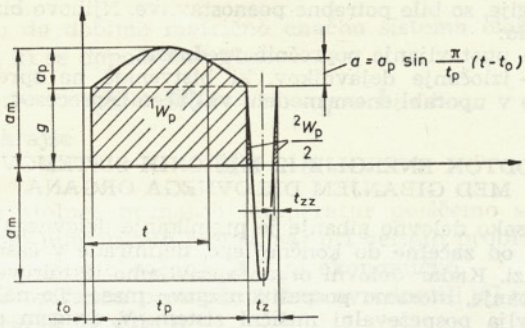
a_m — največji pospešek delovnega organa, t_0 — čas za odločanje, T — čisti čas od začetka gibanja do mirovanja

Za gibanje potrebna energija ustreza enačbi

$$W_p = a_m \cdot F_m \left(\frac{T}{\pi}\right)^2 \tag{2}$$

pri čemer je T — čisti čas od začetka gibanja do mirovanja.

Drugi model je nesimetričen. Po njem mišični sistem pospešuje maso delovnega organa, povezano z nasprotujočo silo (velja predvsem za navpična gibanja). Model prikazuje skica na sliki 2.



Sl. 2. *Pospešek delovnega organa a v odvisnosti od trenutka gibanja t pri navpičnem gibu*

a_m — največji pospešek iz pospeševalnega mišičnega sistema, a_p — največji pospešek, uporaben za pospeševanje, t_0 — čas za odločanje, t_p — čas za pospeševalno obdobje gibanja, t_z — čas za zaviralno obdobje gibanja, t_{zz} — čas, po katerem prevzemajo zaviranje zaviralne mišice, ^1W_p — energija, potrebna za pospeševalni del gibanja

Tako je največji pospešek delovnega organa

$$a_p = \frac{g}{G_u + G} [F_m - (G_u + G)] \tag{3}$$

Za pospeševalni del gibanja potrebno energijo sestavljata dva dela:

$$^1W_p = (G_u + G)\, a_p \frac{t_p^2}{\pi} \left(\frac{2\, a_p}{g\, \pi} + 1\right) \tag{4}$$

$$^2W_p = 2\,(G_u + G)\,(a_p + 2\,g)\,\frac{t_z}{\pi} \cdot \left[t_{zz} + \frac{t_z}{\pi\, g}\left\{\sqrt{(a_p + 2\,g)^2 - g^2} - (a_p + 2\,g)\right\} + \frac{t_z\, g}{2\,\pi\,(a_p + 2\,g)}\right] \tag{5}$$

V enačbah (4) in (5) pomenijo:

t_p — čas za pospeševalno obdobje gibanja, t_z — čas za zaviralno obdobje gibanja in t_{zz} — čas, po katerem prevzemajo zaviranje zaviralne mišice.

Z obema modeloma lahko izračunamo potrebno energijo skoraj za vsa delovna gibanja. Izračunane vrednosti so zbrane v tabelah, odvisno od delovnega organa, dolžine gibanja in dodatne mase ter sile.

Kako delovni organ porablja energijo pri vodoravnih gibanjih z *Work-Factorsko* hitrostjo, prikazujemo s tabelo 1.

KONVENCIONALNI MEJNI DOTOK ENERGIJE V MIŠIČNI SISTEM

Za delo, oblikovano po splošnih načelih, združujemo samo mišične sisteme, ki jim moramo izračunati konvencionalni mejni dotok energije. Da bi ugotovili ta dotok, je bilo potrebnih nekaj poenostavitev:

— Izračuni za odtok energije se nanašajo na poprečnega človeka. Zato je potrebno, da v poprečne meje spravimo tudi konvencionalni mejni dotok energije mišičnim sistemom.

— Krvni pretok lahko privede mišicam v osmih urah energijo v vrednosti 8,37 MJ. To je največji konvencionalni mejni dotok energije v mišice.

— Zaradi entropije kemičnih procesov lahko človekovo telo izkoristi za delo največ 40 % v telesu predelane energije.

Tabela 1

dotok [W]	pot [mm]	Potrebna energija na gib pri vodoravnih gibanjih [J]										
		E	25	50	100	200	300	400	500	600	750	1000
23,86	laket	0,50	2,55	3,60	5,07	10,13	15,2	20,26	25,33	30,40	38,00	50,66
6,67	roka	—	1,00	1,38	1,97	—	—	—	—	—	—	—
1,67	prst	0,17	0,75	1,05	1,47	—	—	—	—	—	—	—
81,29	život	—	10,00	14,15	20,00	40,00	60,00	80,00	100,00	120,00	150,00	—
106,07	noga	—	8,25	11,64	16,45	32,90	49,35	65,80	82,25	98,70	123,38	164,50
94,9	korak	obuvalo 1,0 kg					22,15	29,53	36,92	44,30	55,37	73,83

E ekvivalent L 25 (tipanje) in P 25 (prijemanje); velja za čase po Work-Factorjevi tabeli

— Glavno merilo za energijo, predelano v telesu, je poraba kisika. Preden pride kisik do mesta zgorevanja, mora preiti večje število vozlišč, od katerih vsako omejuje pretok. Analize so pokazale, da je v poprečnih razmerah za pretok kisika najkritičnejši prenos po krvi. Zaradi tega je bil krvni pretok podrobneje analiziran. Ta analiza je odkrila, da ne moremo obravnavati enako velikih in majhnih mišičnih sistemov. Po Kennellyjevi zakonitosti upada dotok energije mišicam v odvisnosti od trajanja obremenitve in obsega udeleženih mišic. Iz te zakonitosti sta izšli dve možnosti:

1. Kadar je masa mišic, ki sodeluje pri delu, večja od 31,6 % vse mišične mase, je omejitev za konvencionalni mejni dotok energije grajen na predelavi 8,37 MJ v osmih urah. Omejitev povzroča krvni pretok.

2. Kadar je masa mišic, ki sodeluje pri delu, manjša od 31,6 % vse mišične mase, je omejitev za konvencionalni mejni dotok energije grajena na predelavi 8,37 MJ v osmih urah za 31,6 % udeleženih mišic. Pri manjšem odstotku udeleženih mišic je konvencionalni mejni dotok energije odvisen od udeležbe mišic. Vzrok za omejitev je prepustnost mišičnega sistema.

— Kritično za predelavo energije v mišičnem sistemu je obdobje, ko se začne razvijati mlečna kislina.

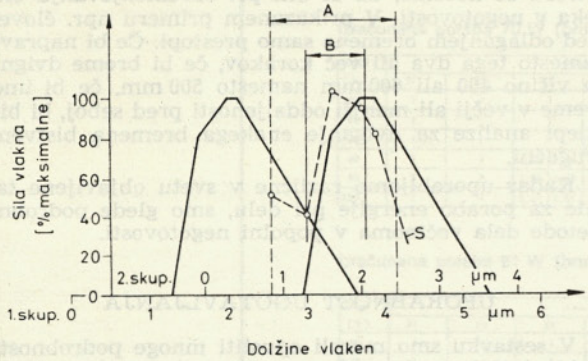
Nadaljnje poenostavitve so:

— Vsi mišični sistemi so pri predelavi energije enakovredni. To pomeni: enaka prostornina mišice je zmožna predelati enako količino energije.

— Vsi mišični sistemi so enakovredni tudi pri razvijanju sile. To pomeni: mišica enega prereza lahko razvije enako največjo silo.

— Pri raztezanju se vsa mišična vlakna enako obnašajo. To pomeni: enaki sili ustreza enak raztezek mišičnega vlakna.

— V modelu lahko prikažemo mišični sistem kot dve skupini mišičnih vlaken, od katerih vsaka s silo pokriva del razteznega področja. Odvisnost sile od dolžine na ravni vlakna ter kombinacijo sile iz dveh vlaken prikazuje diagram na sliki 3.



Sl. 3. *Model za kombinacijo raztezkov vlaken pri kombinaciji dveh sistemov*

A — razpon raztegovanja v sistemu, B — delovno področje sistema, S — seštevek sil pri razmerju sil v skupinah 1 : 1

— Antropološki podatki (teže delovnih organov, dolžine delovnih organov, dolžine možnih gibanj, največje sile) izhajajo iz poprečij v ergonometrični literaturi.

Poenostavitve so omogočile izračun za konvencionalni mejni dotok energije v mišične sisteme, ki sodelujejo pri delu.

Ko ugotavljamo konvencionalni mejni dotok energije v mišični sistem, je pomembno, da izračunamo odstotek pri delu udeleženih mišic. Izhodišči sta:

— fiktivni prerez mišičnega sistema; prerez ugotavljamo iz največje sile, izračunane v analiziranem gibanju, in

— fiktivna dolžina mišičnega sistema, ki jo ugotovimo iz dveh podatkov:

1. razmerja, ki ga doženemo na ravni mišičnih vlaken po sliki 3. (razmerje definira dolžino mišičnega vlakna proti razponu raztegovanja v sistemu),

2. dejanskega razpona raztegovanja na podlagi antropoloških podatkov.

Mišični sistem ne pomeni konkretnih skupin mišic na telesu, temveč izraža fiktivno maso mišic, ki je v skladju z vrednostmi, izhajajočimi iz delovne hitrosti, največjih sil, gibajočih se mas ter gibalnih področij.

Podatki o konvencionalnem dotoku energije v mišični sistem so dodani tabelam, ki določajo potrebno energijo za pretežno večino delovnih gibanj (primer glej v tabeli 1).

FORMALIZIRANO UGOTAVLJANJE UTRUDLJIVOSTI DELOVNE NALOGE IN ZMANJŠEVANJE DELOVNE HITROSTI

Kadar hočemo ugotoviti utrudljivost delovne naloge, moramo natančno vedeti, kaj v tej delovni nalogi delamo, po kakšni metodi in s kakšno delovno hitrostjo. Če manjka eden od teh podatkov, je ugotavljanje utrudljivosti dvomljivo. Zato moramo ugotavljanje povezati z analiziranjem delovnega postopka. Metoda, ki jo uporabljamo, je grajena na osnovnem Work-Factorjevem postopku.

Ugotavljanje utrudljivosti poteka takole (glej prilogo 1):

— Najprej analiziramo delovno operacijo po Work-Factorjevem osnovnem postopku.

— V analitski list vnesemo stolpce za vse možne mišične sisteme, ki se lahko pojavljajo pri delu.

— K vsakemu delovnemu elementu v analizi s tabele za ustrezni mišični sistem vpišemo potrebno energijo v stolpec, ki pripada mišičnemu sistemu.

— Seštejemo energije, ki obremenjujejo posamezne mišične sisteme.

— Seštevke reduciramo na enosekundno delo. Vrednost je negativni podatek za energijsko bilanco.

— Iz ustreznih tabel za mišične sisteme ugotovimo razpoložljiv minutni dotok energije za obremenjene mišične sisteme. Vrednost je pozitivni podatek za energijsko bilanco.

Podatki so pripravljeni za kontrolo.

Pri prvi kontroli ugotavljamo, če v katerem od obremenjenih mišičnih sistemov pasivna vrednost za energijsko bilanco prekoračuje aktivno. V primeru, če prekoračuje, ustrezno zmanjšamo delovno hitrost za kritični mišični sistem.

Pri drugi kontroli seštejemo vse vrednosti za porabljeno energijo v eni sekundi ter prištejemo še dodatek, ki ga povzroča drža telesa. Če je odstotek skupno obremenjenih mišic manjši od 31,6 %, seštejemo vse vrednosti za razpoložljivo energijo. Če je skupno obremenjenih več od 31,6 % mišic, je razpoložljiva energija vedno enaka. Kadar je poraba v eni sekundi večja od razpoložljive, ustrezno zmanjšamo delovno hitrost.

Pri manjšanju delovne hitrosti moramo še upoštevati:

Kadar porabljamo energijo samo za premikanje delovnih organov, je preračunavanje na novo delovno hitrost preprosto. Razmerje med delovnima hitrostma je enako korenu razmerja med energijama. Nova delovna hitrost je

$$v_n = v_s \sqrt{\frac{W_n}{W_s}} \tag{6}$$

kjer pomenijo:

v_n — novo delovno hitrost, v_s — staro delovno hitrost, W_n novo potrebno energijo (razpoložljivo), W_s — staro potrebno energijo.

Priloga 1

		Stanje Obst. / Pred.	Dvostranska B II	Work-Factor® analiza dela		Izdaja 0 1 2 3 4 5 6 7								spada k:	
		naziv izdelka poz.												Št. izdelka: poz. / oper. / stran	
														Označba	
naziv operacije: dviganje bremena 25 kg s tal, 400 mm pred peto in premeščanje na tekoči trak 500 mm visoko															
LEVA STRAN															
zap. št.	element	analiza	čas pos.	čas kumul.	LV	LN	R	P	Ž	N	S	H	drugo	zap. št.	
1	Pr R bremena	P25MMMM	40	40				0,75						1	
2	Tr - dvig 500 mm	N500 MMM	142	182									375,98	2	
3	korak 400 mm	N400 MMMM	153	335								29,53		3	
4	korak 600 mm	N600	73	408								44,3		4	
5	Tr - na trak	L300 MMMMT	132	540	15,2									5	
6	Ip R	P25M	23	563				0,75						6	
7	korak 600 mm	N600 MM	126	689								44,3		7	
8	korak 400 mm	N400	60	749								29,53		8	
9	Se k bremenu	N500 MM	117	866									287,22	9	
10					15,2×2			1,5				147,66	663,2	10	
11														11	
12	Potrebna energija [W]				5,85			0,29				28,42	127,63	12	
13	Razpoložljiva energija [W]				47,72			1,67				94,9	94,11	13	
14														14	
15	Elementa dviganja (2) in (9)													15	
16	Kinetična energija pri dviganju	18,37	W											16	
17	Potencialna energija pri dviganju	109,26	W											17	
18		127,63	W											18	
19														19	
20														20	
Izdelal: Pegam	Dne: okt 1970			Minut:		energetsko bilanco dodal Marek okt 1975									

D 870-77 B II – WF2

Kadar je energija potrebna še za zunanje delo (npr. $W = F\,s$), sta razmerji med hitrostma in med energijama enaki. Če ne bi bilo pospeševanja in zaviranja gibajoče se mase med delom, bi bila nova delovna hitrost

$$v_n = v_s \frac{W_n}{W_s} \tag{7}$$

Pri izračunih moramo navadno računati z obema vrstama energije.

Prvi dve kontroli se nanašata na osemurno nepretrgano delo. Če traja obremenitev manj od osmih ur, so vrednosti za razpoložljivo energijo večje. V takem primeru primerjamo za odtok energije izračunane vrednosti z večjimi vrednostmi za razpoložljivo energijo. Povečano razpoložljivo energijo preberemo na diagramu ali izračunamo na podlagi podatkov v posebni tabeli.

V prilogi je zgled, s katerim smo ugotavljali delovno hitrost pri prekladanju bremena 25 kg s tal na 500 mm visok tekoči trak.

Po analizi lahko poprečen delavec preloži 11,5 bremen v minuti. Delovna hitrost je po analizi prevelika. Prva kontrola pokaže, da bi morali delovno hitrost za poprečnega delavca zmanjšati na 8,8 preložitev v minuti. Druga kontrola pokaže, da je tudi ta hitrost prevelika. Delovno hitrost bi morali za poprečnega delavca zmanjšati na 8,1 preložitev v minuti. Tretja kontrola bi nam dala podatek za dosegljivo delovno hitrost, če bi delovna obremenitev trajala samo štiri ure. V tem primeru bi lahko delovno hitrost teoretično povečali na 13,8 bremen v eni minuti.

Vrednost prikazanega primera je, da nas opozarja, kako moramo paziti na delovno metodo in na delovno hitrost, če nočemo, da bi bili pri obremenjevanju človeka v negotovosti. V prikazanem primeru npr. človek med odlaganjem bremena samo prestopi. Če bi napravil namesto tega dva ali več korakov, če bi breme dvignil na višino 400 ali 600 mm namesto 500 mm, če bi imel breme v večji ali manjši oddaljenosti pred seboj, bi bili sklepi analize za dviganje enakega bremena bistveno drugačni.

Kadar uporabljamo različne v svetu objavljene tabele za porabo energije pri delu, smo glede podrobne metode dela večinoma v popolni negotovosti.

UPORABNOST UGOTAVLJANJA

V sestavku smo morali opustiti mnoge podrobnosti, ki bi olajšale razlago. Že površen opis postopka kaže, da je ugotavljanje, kako je človek pri delu obremenjen, zelo zamudno. Zato obremenitve ne ugotavljamo v vsakem primeru, temveč samo kadar sumimo, da se pojavlja utrujanje ali pa v natančno definiranih vzorčnih primerih.

UGOTAVLJANJE MEJE ZA DELOVNO HITROST V PRIMERU SPREMENJENIH RAZMER V OKOLICI

Doslej smo obravnavali zmanjševanje delovne hitrosti v primeru, ko je bila izmenjava toplote z okoljem normalna, ko je delavec sprejemal iz zraka zadosti kisika in ko je kisik neovirano dotekal mišičnim celicam. Vsaka sprememba toplotne bilance proti okolju ali sprememba, ki ovira dotok kisika, lahko spremeni delovno hitrost v primerjavi z delovno hitrostjo v normalnem delovnem okolju.

TOPLOTNA IZMENJAVA JE OVIRANA

Načelno izračunavamo novo delovno hitrost tako, da najprej izračunamo razvoj toplote v normalnih okoliščinah. Vsa za delo potrebna toplota (razen toplote, ki se uporablja zunaj telesa) in toplota, nastala med vzdrževalnim procesom v telesu, mora imeti možnost, da jo telo odvede. Izračunamo toplotno bilanco v novih razmerah. Če je količina v telesu nastale toplote prevelika, zmanjšamo za presežek količino toplote, ki lahko nastane z delom. Iz novega ravnovesja izračunamo, koliko energije smemo uporabljati za delo, iz razmerja med novo in staro energijo izračunamo novo delovno hitrost.

V prilogi 2 prikazujemo nekaj tipičnih stanj, ko moramo zmanjšati delovno hitrost. V štirih tabelah nazorno vidimo tri področja:

— V prvem področju sprememba delovne hitrosti ni potrebna ($k_n = 1$).

— V drugem področju do približno $k_n = 2{,}5$ moramo predvideti zmanjšano delovno hitrost.

— V tretjem področju ($k_n > 2{,}5$) je toplotna bilanca telesa tako močno pokvarjena, da delo praktično ni mogoče.

S toplotno bilanco operiramo tudi v primeru sevanja. V tem primeru moramo v analizo vključiti tudi krvni pretok, kajti možnosti za odvajanje toplote s krvjo od obsevane ploskve v telo so omejene. Primerov v tem kratkem sestavku ne moremo navajati.

CELICE MIŠIC DOBIJO PREMALO KISIKA

V tem primeru uporabljamo štiri krivulje, prikazane na sliki 4.

Krivulji 1 in 2 sta izračunani za največjo zmogljivost poprečnega, neaklimatiziranega človeka, ki porablja pri normalnem pretoku kisika za delo v 8 urah

Priloga 2. Povečanje delovnega časa zaradi temperature okolja (V tabelah so količniki napora k_n)

IPDM — Biro za industrijski inženiring, Ljubljana	naziv: Vpliv temperature na delovno hitrost	označba: 11809	stran: list: 2

ZMANJŠEVANJE DELOVNE HITROSTI ZARADI TOPLOTNIH RAZMER V OKOLJU

Izračunana poraba 35 W (bruto poraba 174 W)

vlaga [%]	temperatura okolja [°C]															
	17		20		25		28		30		32		34		36	
20	1		1		1		1		1		1		1		1	
40	1		1		1		1		1		1		1		1	
60	1		1		1		1		1		1,01	1,00	1,16	1,00	1,42	1,00
80	1		1		1		1,04	1,00	1,25	1,00	1,71	1,00	5,00	1,13	-	1,61
90	1		1		1		1,26	1,00	1,76	1,00	-	1,19	-	1,92	-	
100	1		1		1,04	1,0	1,58	1,00	2,58	1,36	-		-		-	

Izračunana poraba 70 W (bruto poraba 262 W)

vlaga [%]	temperatura okolja [°C]															
	17		20		25		28		30		32		34		36	
20	1		1		1		1		1		1		1		1	
40	1		1		1		1		1,03	1,00	1,09	1,00	1,17	1,00	1,25	1,00
60	1		1		1		1,01	1,00	1,13	1,00	1,23	1,00	1,39	1,00	1,61	1,07
80	1		1		1,15	1,00	1,39	1,00	1,69	1,05	2,24	1,23	5,00	1,51	-	2,28
90	1		1		1,26	1,00	1,64	1,07	2,24	1,25	5,98	1,58	-	2,50	-	
100	1		1		1,37	1,01	1,98	1,29	3,73	1,73	-	4,08	-		-	

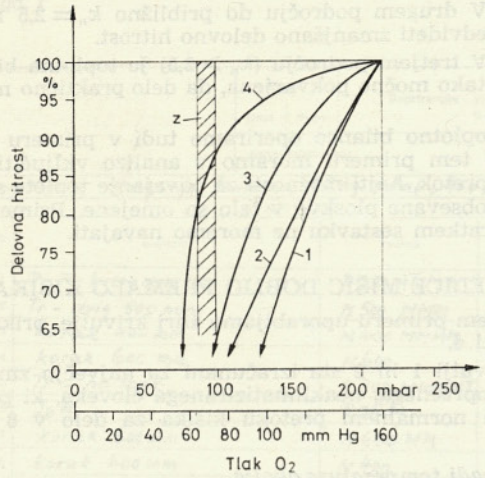
Izračunana poraba 91 W (bruto poraba 314 W)

vlaga [%]	temperatura okolja [°C]															
	17		20		25		28		30		32		34		36	
20	1		1		1		1		1		1,05	1,00	1,09	1,00	1,14	1,00
40	1		1		1		1,08	1,00	1,14	1,00	1,22	1,00	1,32	1,00	1,45	1,00
60	1		1		1,10	1,00	1,24	1,00	1,36	1,00	1,53	1,01	1,80	1,10	2,27	1,22
80	1		1		1,23	1,00	1,49	1,04	1,78	1,17	2,37	1,37	4,82	1,70	-	2,60
90	1	1,04	1,00		1,34	1,00	1,72	1,16	2,29	1,36	4,65	1,71	-	2,66	-	
100	1	1,07	1,00		1,41	1,07	1,99	1,36	3,23	1,80	-	3,47	-		-	

Izračunana poraba 110 W (bruto poraba 363 W)

vlaga [%]	temperatura okolja [°C]															
	17		20		25		28		30		32		34		36	
20			1		1,02	1,00	1,07	1,00	1,11	1,00	1,15	1,00	1,20	1,00	1,26	1,00
40	1		1		1,10	1,00	1,19	1,00	1,26	1,00	1,35	1,00	1,45	1,00	1,60	1,01
60	1	1,04	1,00		1,21	1,00	1,36	1,00	1,50	1,03	1,69	1,11	1,99	1,21	2,50	1,35
80	1,01	1,00	1,11	1,00	1,36	1,01	1,64	1,15	1,96	1,29	2,61	1,51	5,31	1,88	-	2,87
90	1,03	1,00	1,15	1,00	1,47	1,07	1,89	1,27	2,52	1,49	5,13	1,89	-	2,93	-	
100	1,05	1,00	1,18	1,00	1,55	1,17	2,19	1,50	3,57	1,99	-	3,82	-		-	

Prva številka velja za hitrost zraka v = 0,1 m/s, druga številka velja za hitrost zraka v = 1 m/s.



Sl. 4. *Zmanjševanje delovne hitrosti v_d v odvisnosti od parcialnega tlaka O_2 v zraku*

Krivulja 1: pri največji dogovorjeni obremenitvi brez aklimatizacije (izračunano); krivulja 2: pri največji dogovorjeni obremenitvi z aklimatizacijo (izračunano); krivulja 3: ekstremna obremenitev z aklimatizacijo (izkustvo); krivulja 4: splošno zmanjšanje brez obremenitve; z — začetek nevarnosti za zdravje

8,37 MJ. S tema krivuljama lahko izračunamo novo delovno hitrost. Krivulja 2 je uporabna tudi za izračunavanje delovne hitrosti pri delu z masko. Krivulja 3 je namenjena za preračunavanje delovne hitrosti pri polno obremenjenem aklimatiziranem človeku. Krivulja 4 je uporabna za preračunavanje delovne hitrosti pri aklimatiziranem človeku, ki ni fizično obremenjen.

Preračunavanja v spremenjenih okoliščinah nismo izvedli.

Preračunavanja slonijo na mnogih poenostavitvah. Kljub temu so se pokazala kot razmeroma občutljivo orodje, ki sloni na eksperimentalnih podatkih in omogoča, da izračunamo v spremenjenih delovnih razmerah delovno hitrost, ki je enako znosna, kakor je bila delovna hitrost v normalnih razmerah.

LITERATURA

[1] Bollinger J. G.; Noice — An Industrial Pollutant of International Concern; Annals of the CIRP, vol 22/2, 1973.

[2] Cafarelli E., Noble B. J.; The Effect of the Inspired Carbon Dioxide on Subjective Estimates of Exertion during Exercise; ERGONOMICS 1976, Vol 19, No 5, 581—589.

[3] Davies, Davies; The effects of Noise and time of day upon age differences in performance at two checking tasks, ERGONOMICS 1975, Vol 18, No 3, May.

[4] Deupree R. H., Simon J. R.; Reaction time and movement time, as a function of age, stimulus duration and task difficulty, ERGONOMICS.

[5] Dolinar-Brzin B.; Nasilje »osebne svobode kadilcev«, Naši razgledi, 3. junija 1977.

[6] Edholm O. G.; Probleme der Arbeitswissenschaft (staranje).

[7] Finkelman J. M.; Effects of noise on human performance; Sound and Vibration, 1975, 10/9, 26—28.

[8] Gala A.; Medicina dela.

[9] Gspan P., Čadež E.; Maksimalno dovoljene koncentracije lesnega prahu na delovnih mestih, Delo + varnost 22 (1977), 2, str. 58.

[10] Gupta, Dimri, Joseph, Majumdar, Malhstra: A simple and quick method for determination of oxygen debt contracted during physical effort; ERGONOMICS, Volume 17, Number 2, March 1974.

[11] Guyton; Medicinska fiziologija — udžbenik 1969 (prevod iz angl.), Zagreb.

[12] Hömberg K.; Lärm als physiologisches und technisches Problem; Industrie Anzeiger, 1974, Juli, Nr 63, str. 1427.

[13] Jacob E., Scholz H.; Beleuchtung und Betrieb; RKW.

[14] Jansen G.; Lärm im Betrieb, RKW.

[15] Jung H.; Luftverunreinigung und industrielle Staubbekämpfung.

[16] Kauzlarić K.; Uticaj prašine na profesionalna obolenja rudara, ERGONOMIJA 76/4, str. 23.

[17] Keller G.; Kibernetski i ergonomski aspekti zvuka kao ekološkog faktora, ERGONOMIJA 76/4, str. 33.

[18] Kerkhoven; La loi de Kennelly dans les études de temps, Les cahiers du BTE, No 302—02.

[19] Les machines humaines du stade, Science et vie, 1968.

[20] Marek E.; Kako preprečimo utrujanje z omejevanjem delovne hitrosti; Organizacija in kadri 5 (1976), št. 10, str. 857—865.

[21] Margraf D.; Herr über Lärm werden; Mensch und Mashine, 78 (1972), str. 1530.

[22] Molekularna biologija; Prirodoslovno društvo Slovenije.

[23] Mountcastle; Medical Physiology 1974.

[24] Müller E.; Klima im Arbeitsraum; RKW.

[25] Murrell K. F. H.; Ergonomie.

[26] Ristić D.; Proučavanje toplotnog balansa organizma čoveka; ERGONOMIJA 76/3, str. 35.

[27] RKW-Reihe, Arbeitsphysiologie-Arbeitspsychologie, Körperkräfte im Bewegungsraum.

[28] Rohmert W.; Statische Haltearbeit des Menschen.

[29] Ross A., Mc Farland; Experimental evidence of the relationship between ageing and oxygen Want: in search of a theory of ageing — ERGONOMICS 1963, apr. 1.

[30] Ruch-Patton; Physiologiy and Biophysics

[31] Schmidtke H.; Ergonomie 1.

[32] Schott R., Experimentale Untersuchung von Gelenkbewegungen im Bewegungsraum der Arme, des ganzen Körpers und Darstellung in einem menschbezogenen Grundsystem.

[33] Schütz H.; Lüftung und Luftverteilung im Raum; Industrie Anzeiger 95 Jg, Nr 78, 1973, str. 1801.

[34] Simpon G. C., Cox T., Rotschild D. R.; The effects of noise stress on blood glucose level and skilled performance, Ergonomics, 1974, vol. 17, No 4, str. 481 do 487.

[35] Spitzer-Hettinger; Tafeln für Kalorienumsatz bei Körperlicher Arbeit.

[36] Stier F., Meyer H. D.; Physiologische Grundlagen der Arbeitsgestaltung.

[37] Wald A., Harrison L. B.; Oxygen consumption and heart rate; Changes and relationships in static Work, ERGONOMICS 1975, Vol 18, No 3, 299—309.

Avtorjev naslov: Evgen Marek, dipl. ing.
ISKRA, Biro za industrijski inženiring, Snežniška 1, Ljubljana