

Ergonomisko risinājumu nozīme organizācijas darba vides kvalitātes uzlabošanā

Henrijs Kaļķis, Rīgas Stradiņa universitāte, Valdis Kaļķis, Latvijas Universitāte

Anotācija – Pētīti ergonomiskie apstākļi kokapstrādes uzņēmumu darba vidē saistībā ar fiziskā darba riskiem, tehnoloģisko procesu un produkcijas kvalitātes vadību, kā arī uzņēmumu ekonomiskiem rādītājiem. Pētījumā piedalījās zāģu operatori ($n=30$) un palīgstrādnieki ($n=20$). Izmantojot klasiskās kvalitātes un procesu vadības teorijas un metodoloģijas, kā arī ergonomisko risku novērtēšanas metodes, parādīts, ka ergonomiskie risinājumi darba vidē būtiski uzlabo darba vides kvalitāti, paaugstina nodarbināto darbības, nodrošina ražošanas tehnoloģiju drošību, dodot nozīmīgu ieguldījumu organizācijas ilgtspējīgā un konkurētspējīgā attīstībā.

Atslēgas vārdi – Ergonomika, kokapstrāde, kvalitātes un procesu vadība, darba vide, tehnoloģiju drošība.

I. IEVADS

Latvijā pēc iestāšanās Eiropas Savienībā vērojama mazo un vidējo uzņēmumu attīstības tendence [1]. Līdz ar to mainījās darba saturs un darba apstākļi, ko lielā mērā nosaka cilvēks-mašīna-vide mijiedarbība, kas ir darba ergonomikas pamatā. Nav noslēpums, ka, neskatoties uz jaunu un modernu ražošanas tehnoloģiju ieviešanu, joprojām daudzās tautsaimniecības nozarēs pastāv ergonomiskie riski (smags roku darbs, piespiedu darba pozas, darba monotonija, paātrināts darba temps u.tml.). Rezultātā nodarbinātie cieš no fiziskās pārslodzes darbā, noguruma, samazinātām koncentrēšanās spējām, kas nereti izraisa nelaimes gadījumus un cita veida darba nespēju [2]. Tādējādi, ergonomisko risku ietekmē cieš ne tikai ražošanas tehnoloģiju drošība, produkcijas kvalitāte un darba ražīgums, bet arī uzņēma ekonomiskie rādītāji kopumā.

Pētījumā izvēlēta kokapstrādes nozare, kas ir viena no vadošām tautsaimniecības nozarēm Latvijā. Tās pievienotā vērtība veido gandrīz piekto daļu no apstrādes rūpniecībā saražotā. Nozarei raksturīgs augsts produkcijas eksporta īpatsvars, tiek eksportētas 2/3 daļas no saražotās produkcijas. Latvijā kokapstrādes rūpniecībā nodarbināti 14% strādājošo no visām Latvijā ekonomiski nodarbinātām personām [1]. Kokapstrādes industrija iekļauti dažādi atšķirīgi ražošanas procesi. Tā ir sarežģīta nozare ne tikai no ražošanas tehnoloģisko procesu vadīšanas viedokļa, bet arī no darba organizācijas un darba vides, t.sk. ergonomiskiem riska faktoriem.

Pētījumā analizēti seši vidēja lieluma kokapstrādes uzņēmumi, kuru darbība saistīta ar kokmateriālu zāģēšanu, šķirošanu, pakošanu un gatavo produktu pārdošanu. Pētījumā par ergonomisko risku ietekmi uz nodarbinātiem piedalījās 50 vīrieši, t.sk. 30 lentzāģu operatori vecumā no 22 līdz 60 gadiem un 20 palīgstrādnieki vecumā no 18 līdz 50 gadiem.

Pētījumā mērķis bija analizēt ergonomiskos riskus kokzāģētavā un dot risinājumus, kas uzlabo darba vides kvalitāti, saistot to ar tehnoloģisko procesu un produkcijas kvalitātes vadību, darbinieku darbības, kā arī uzņēmuma ekonomisko efektivitāti. Tehnoloģisko procesu analizē izvēlētas materiālu ražošanas līnijas, kas pētāmajos uzņēmumos bija analogiskas.

II. METODES

Pētījumā izmantotas kvalitatīvās un kvantitatīvās metodes, ar kuru palīdzību analizēta procesu vadība, produkcijas kvalitāte un noteikti uzņēmuma ekonomiskie rādītāji.

Procesu kvalitātes kritēriji analizēti, izmantojot „6 Sigma” DMAIC (definēt, mērīt, analizēt, uzlabot un kontrolēt) teoriju un modeli [3].

Produktu un procesu problēmas identificētas un iespējamās kļūmju sekas analizētas pirms un pēc ergonomisko pasākumu ieviešanas, izmantojot „Kļūmju veidu un seku (KVS) analīzi (FMEA – Failure Mode and Effects Analysis)” [4].

Tehnoloģisko kļūmju biežuma vai citu nevēlamo notikumu varbūtība kokapstrādes procesos noteikta ar „Kļūdu loģiskās analīzes (KLA) jeb „kļūdu koka – Fault Tree” metodi, izmantojot datorprogrammu „FaultCat” [5].

Nodarbināto aptauja un intervijas veiktas, lai apzinātu ergonomiskos riskus darba vidē, noteiktu atsevišķu darba operāciju bīstamību, balstoties uz darbinieku pieredzi, kā arī apzinātu viņu viedokli par darbvietas patreizējo stāvokli un atbilstību katra indivīda fizioloģiskajām un psiholoģiskajām prasībām [6].

Darba smaguma pakāpe, veicot dinamiskas darba operācijas smaguma celšanā un pārvietošanā, novērtēta, izmantojot „Slodzes Galveno Rādītāju (SGR) metodi” [7]. Metode papildināta ar ceļamās un pārvietojamās masas limita noteikšanu pēc NIOSH vienādojuma, kas ņem vērā cilvēka biomehāniskos un fizioloģiskos kritērijus [8].

Ergonomisko risinājumu ekonomiskais aprēķins veikts, salīdzinot finanšu rādītājus pirms un pēc ražošanas procesu uzlabošanas un ergonomisko risinājumu ieviešanas saskaņā ar metodiku [9], pēc kuras nosaka: 1) iespējamās zaudējumus (S_j), novērtējot izmaksas vai kompensācijas nelaiemes, traumu vai arodslimšanas gadījumus; 2) iespējamās zaudējumus (Z_n), kas uzņēmumam rodas nesaražotās, aizkavētās vai atgrieztās produkcijas dēļ; 3) uzņēmuma peļņu (ΔP , L_s), ievērojot produkcijas pašizmaksu, darba ražīgumu, strādājošo ergonomiskos darba apstākļus un viņu darbības; 4) ikgadējo ekonomisko efektu jeb izdevīgumu; 5) absolūto investīciju ekonomisko efektu un to atmaksāšanās periodu.

III. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Ergonomisko risku novērtēšana veikta izejmateriālu (dēļu) ražošanas līnijā vairākās darba operācijās (tehnoloģisko procesu ciklos/pamatprocesos), nosakot fizisko darba slodzi zāģa operatoriem un palīgstrādniekiem (dēļu u.c. produkcijas pakotājiem, dēļu šķirotājiem, apmalotāju un mizotāju operatoriem). Šajā novērtēšanā bija iespējams konstatēt iespējamās pārslogdes dažādos tehnoloģisko procesu ciklos un izvērtēt preventīvo ergonomisko pasākumu nepieciešamību.

Izmantojot SGR metodi, kopējās darba slodzes novērtēšanai nepieciešamo punktu skaits aprēķināts pēc formulas:

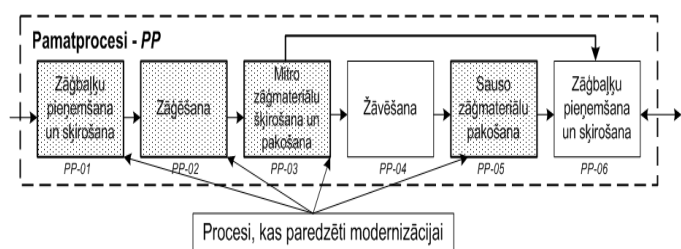
$$DS = (M + S + A) \times I, \text{ kur} \quad (1)$$

DS – darba slodze (kopējais punktu skaits, kas nosaka riska pakāpi no I līdz IV); M – vērtējuma punkti, kas atkarīgi no pārvietojamā objekta masas; S – vērtējuma punkti, kas atkarīgi no ķermeņa stāvokļa operāciju laikā; A – vērtējuma punkti, kas atkarīgi no darba apstākļiem; I – vērtējuma punkti, kas atkarīgi no darba maiņas ilguma vai operāciju skaita noteiktā laika periodā. Pārslogde darbā iespējama, ja $DS \geq 50$ (riska pakāpe $R_p = \text{III...IV}$).

Novērtējums veikts pirms (*0-process*) un pēc ergonomiski pareizo un optimālo procesu vai darba paņēmieni ieviešanas (*Ergo-process*). Novērtējot strādājošo fiziskās slodzes riska pakāpi *0-processā*, kurā ergonomiskie pasākumi nebija veikti, tika konstatēts, ka uzlabojumi jeb modernizācija visvairāk nepieciešama materiālu ražošanas līnijā (sk. 1. attēlu). Šajā *0-processā* pēc sakarības (1) noteiktās strādājošo fiziskā darba slodzes riska pakāpes R_p attēlotas 1. tabulā.

Atbilstoši Amerikas Nacionālā Aroda drošības un veselības institūtā (NIOSH) izstrādātam vienādojumam, noteikti arī rekomendējamie masas limiti (RML, kg) un celšanas indeksi (C_i = reālā paceļamā masa/RML) darbiniekiem, kas tehnoloģiskajos procesos paceļ un pārvieto smagumu, pielietojot roku spēku pie šādiem nosacījumiem: attālums līdz nastai 0,5...0,8 m; augstums, no kura jāpaceļ nasta 0,1...0,5 m; augstums, līdz kuram jāpaceļ nasta = 0,3...1,5 m; leņķis smaguma novietošanā = 10...30°; celšanas biežumu 1...10 reizes minūtē; objekta saturēšanas iespējas = vidējas grūtības (sk. 2. tabulu).

SGR un NIOSH metodes dati par smaguma celšanu, pārvietošanu un operāciju biežumu, norāda, ka fiziskā slodze apmalotāja un mizotāja operatoriem atbilst I riska pakāpei. Šo darbinieku slodze nerada apdraudējumu veselībai un īpaši preventīvie pasākumi nav nepieciešami.



1. att. Darba cikli/pamatprocesi izejmateriālu – dēļu ražošanas līnijā, kuros nepieciešama modernizācija un ergonomisko risku samazināšana.

1. TABULA

FIZISKĀS SLODZES RISKI DARBINIEKIEM 0-PROCESĀ

PROFESIJAS	M	S	A	I	DS	Risks
	Punktu skaits					$R_p = \text{I-IV}$
Dēļu pakotājs	3	4	2	5	45	III
Dēļu šķirotājs	2	3	2	2	14	II
Apmalotāja operators	2	2	1	1	5	I
Mizotāja operators	1	2	2	1	5	I
Zāģa operators	4	3	2	3	27	III
Produkcijas pakotājs	7	8	2	4	68	IV

2. TABULA

REKOMENDĒJAMĀS SVARA LIMITS (RML), REĀLĀ PACEĻAMĀ MASA (M) UN CELŠANAS INDEKSS (C_i) 0-PROCESĀ

PROFESIJAS	M	RML	C_i^*
Dēļu pakotājs	8 ± 1 kg	2 kg	4,0
Dēļu šķirotājs	9 ± 1 kg	5 kg	1,8
Zāģa operators	līdz 20 kg	10 kg	2,0
Produkcijas pakotājs	> 30 kg	10 kg	3,0

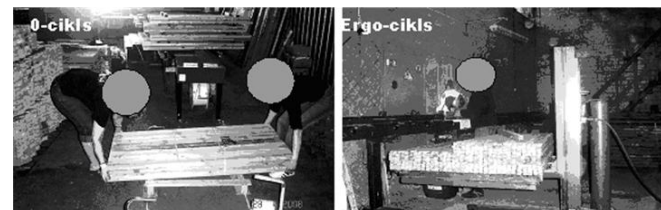
* C_i jābūt ≤ 1

Tāpat apdraudējumu veselībai un īpaši preventīvie pasākumi nav nepieciešami dēļu šķirotājiem, kuru darba slodze novērtēta ar II riska pakāpi.

Pārslogde iespējama dēļu pakotājiem un zāģa operatoram, kas novērtēta ar III riska pakāpi. Ievērojami lielāka pārslogde noteikta produkcijas/atsevišķu gatavo izstrādājumu pakotājiem, kuriem riska pakāpe ir vislielākā – IV. Arī saskaņā ar aptaujas datiem darbinieki, kuriem ergonomisko risku pakāpe ir III...IV, visbiežāk izjūt nogurumu, atzīmē sāpes muguras daļā, darbā biežāk rodas brāķa produkcija vai tiek aizkavēts darba cikls dažādu avāriju dēļ. Rezultātā cieš cilvēku veselība un samazinās produkcijas izlaides apjoms, kas noved pie uzņēmuma ekonomiskās efektivitātes samazināšanās (sk. tālāk tekstā finanšu rādītājus).



2. att. Darba apstākļu salīdzinājums pirms (*0-process*) un pēc automātiskās (datorizētās) šķirošanas līnijas ieviešanas (*Ergo-process*).



3. att. Darba apstākļi pirms (*0-process*, strādā 2 cilvēki) un pēc automātiskā pacelēja ieviešanas produkcijas pakošanas līnijā (*Ergo-process*, 1 cilvēks).

Ieviešot vairākos galveno ražošanas procesu ciklos ergonomiskos risinājumus (sk. 2. un 3. attēlu), tika samazināta strādājošo fiziskā darba slodze un optimizēti smaguma celšanas limiti (sk. 3. un 4. tabulu).

3. TABULA

FIZISKĀS SLODZES RISKI DARBINIEKIEM ERGO-PROCESĀ

PROFESIJAS	M	S	A	I	DS	Risks
	Punktu skaits					<i>R_p</i> = I-IV
Dēļu pakotājs	3	3	2	3	24	II
Dēļu šķīrotājs	2	2	1	2	10	I
Zāģa operators	3	3	2	3	24	II
Produkcijas pakotājs	4	3	2	5	45	III

4. TABULA

REKOMENDĒJAMĀS SVARA LIMITS (RML), REĀLĀ PACEĻAMĀ MASA (M) UN CELŠANAS INDEKSS (Ci) ERGO-PROCESĀ

PROFESIJAS	M	RML	Ci*
Dēļu pakotājs	8 ± 1 kg	12 kg	0,6
Dēļu šķīrotājs	9 ± 1 kg	18 kg	0,5
Zāģa operators	līdz 20 kg	20 kg	1,0
Produkcijas pakotājs	> 30 kg	23 kg	1,3

*Ci jābūt ≤ 1

0-procesā, kurā nebija ierīkoti automātiskie pacelāji, produkcijas pakošanā parasti iesaistīti divi darbinieki (maiņā 160 reizes tiek pārvietota masa, kuras svars ir 60 kg). Ieviešot automātisko pacelāju *Ergo-procesā*, to pašu darbu veic tikai viens cilvēks. Ergonomiskie riski pakotājiem tādējādi tika samazināti līdz $R_p = III$, jo samazinājās ķermeņa liekšanās kustības, t.sk. pietupšanās, kas nereti sasniedza vairāk par 1000 reizēm maiņā. Ieviešot vairākus citus ergonomiskos risinājumus (automātisko baļķu šķīrošanas līniju, mehāniskos un pneimatiskos palīgglīdzekļus u.c.), novērtējot iespējamo kļūmju vai avāriju varbūtību, ergonomiskos riskus izdevās samazināt arī dēļu šķīrotājiem un zāģa operatoriem (sk. 3. un 4. tabulu).

Ergonomisko pasākumu ietvaros darbinieki tika apmācīti drošiem un pareiziem smaguma celšanas un pārvietošanas paņēmieniem, katrai profesijai noteiktas atpūtas pauzes, darbinieki nosūtīti uz obligātajām veselības pārbaudēm (OVP) saistībā ar fiziskām slodzēm darbā. Speciāli tika pievērsta uzmanība strādājošo spējam un iespējam, pielāgojot darbu cilvēkam.

Kā zināms, kļūmes procesa vadībā vai mehānisma kļūdas var novest ne tikai pie produkta kvalitātes samazināšanās, bet arī pie pilnīgas iekārtas/mašīnas apstāšanās. Bieži tas saistās ar cilvēka faktoru, jo, apkalpojot mašīnu, cilvēks var būt noguris no pārslozdes darbā un rodas kļūmes kādā operāciju ciklā (piemēram, detaļu padevē u.tml.). Kļūmes procesos var būt saistītas arī ar nepiemērotiem ergonomiskiem apstākļiem darba vidē [10]. Tādēļ tika veikta kļūdu loģiskā analīze dažādiem ražošanas procesiem saistībā ar ergonomiskiem un citiem riskiem darba procesā, izmantojot datorprogrammu *FaultCat*.

Kā uzskatāmu piemēru var minēt konstrukcijas elementu apstrādes un pakošanas (KEAP) posmu, kurā tika veikta šāda

analīze. Šajā posmā noteiktas iespējamās kļūdas līnijas darbībā saistībā ar ergonomiskiem riskiem darbā. Kļūdu varbūtība P bija attiecināma uz notikumiem gada laikā, piemēram, $P=360/360=1$, ja notikums ir katru dienu; $P=1/360=0,0027$, ja notikums ir tikai vienu reizi gadā.

Iespējamie notikumi, kas var izraisīt kļūdas KEAP posmā:

- darbinieka pārslozde, kas saistīta ar biežām roku kustībām (iestājas nogurums un sāpes) nedēļas darba ciklā ($P=0,13$);
- frēzes zāģzobu nodilums – 1 reizi mēnesī ($P=0,03$);
- elektriskās strāvas pārtraukums (ārējs faktors) – reizi 3 mēnešos ($P=0,001$);
- aizsarga bloķējošās ierīces bojājums – 1 reizi gadā ($P=0,0027$);
- apmales apstrādes iekārtas bojājums – 2 reizes gadā ($P=0,005$);
- darbinieks neievēro instrukciju – reizi 3 mēnešos ($P=0,001$);
- slikti ergonomiskie apstākļi, kas saistīti ar piespiedu darba pozām – katru nedēļu ($P=0,13$);
- darbinieka paslīdēšana uz slidenas vai ar koka putekļiem klātas grīdas – reizi 2 mēnešos ($P=0,0016$).

Datorprogrammas *FaultCat* (*Fault Tree Creation & Analysis Tool*) grafiskais „Kļūdu koks” 0-procesam KEAP posmā parādīts 4. attēlā. Programma sniedza atbildi par kopējo risku ietekmi visā procesā: $P=0,293$ – kļūmes līnijas darbībā, kas saistītas ar mašīnas apstāšanos un iespējamu traumu risku darbiniekam, iespējama 2 reizes nedēļā un kļūmju galvenais iemesls ir ergonomiskie riski faktori.

„Kļūdu koks” *Ergo-procesam* pēc ergonomisko pasākumu ieviešanas (līnijā ieviests automātiskais detaļu pacelājs un veikti citi pasākumi, kas samazina arī cilvēka kļūdas), parādīja, ka kļūmju iespējamību var samazināt līdz 3 reizēm gadā. Šajā gadījumā kļūmes galvenais iemesls ir iespējamās mehāniskās kļūdas iekārtu darbībā, t.sk. ārējā faktora ietekme, piemēram, elektriskās strāvas pārtraukums u.tml.

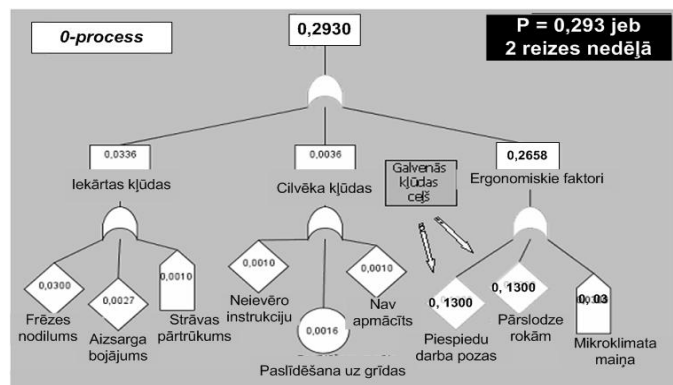
KLA rezultāti norāda, ka arī citos procesos kļūmes varbūtība samazinās, ja ievieš jaunas tehnoloģijas un lieto ergonomiski pareizi aprīkotos palīgglīdzekļus.

Ražošanas procesu kvalitātes vadība tika analizēta pēc tehnoloģiju uzlabošanas un ergonomisko risinājumu ieviešanas. Kā piemērs, tuvāk apskatīts zāģmateriālu (apaļkoka baļķu) šķīrošanas un zāģēšanas process. Tas pēc ergonomisko risinājumu ieviešanas tiek vadīts ar modernām tehnoloģijām – automātiski, ar lāzera palīdzību, katru no kokiem analizē pēc šādiem parametriem: diametrs, līkumainība un garums.

Tiek pielietots arī detektors, ar kura palīdzību meklē metālu apaļkoku baļķos. Ar automatizēto šķīrošanas līniju derīgā baļķi tiek šķīroti un datorizēti aprēķināta arī baļķu cena, kas maksājama piegādātājiem.

Derīgie baļķi tiek sašķīroti pa kategorijām, bet nederīgie tiek utilizēti, atdodot tos atpakaļ piegādātājiem, vai sagarinot tos malkā. Tādējādi tiek nodrošināta neatbilstīgas kvalitātes apaļkoku optimāla izmantošana. Nepārtraukti notiek datorizēta datu vākšana par šķīrošanas procesu, kuru tālāk izmanto statistikai. Tā palīdz tālākai procesu analīzei un uzlabošanai.

Nākamajā pamatprocesā balķi tiek nomizoti un sazāģēti pēc Skandināvijas valstīs praktizētā zāģēšanas veida [11], kas notiek uz automatizētas padošanas līnijas. Procesu vada operators no ergonomiski ierīkotas vadības kabīnes. Visi vadības slēdži darbiniekam ir saprotami, tie izvietoti viegli sasniedzamās vietās un tiem ir atbilstošs ergonomiskais dizains.



4. att. Kļūdu varbūtība koka konstrukciju elementu apstrādes un pakošanas posmā pirms ergonomisko pasākumu ieviešanas (0-procesā).

Pats zāģēšanas process sastāv no trijiem atsevišķiem posmiem, kas shematiski parādīti 5. attēlā. Pirmajā procesā tiek izmantota frēzēkārta, ar kuras palīdzību tiek iegūta brusa, kurai nofrēzētas divas pretējās malas. No šīs daļas tiek iegūta kvalitatīva celulozes šķelda. Pa automatizēto konveijera līniju brusa nonāk pie otrās frēzmašīnas, kur tiek nofrēzētas divas atlikušās malas un atkal tiek iegūta augsti kvalitatīva celulozes šķelda. Iegūtā kvadrāta formas brusa tālāk nonāk iekārtā, kura veic zāģējumu pa koksnes serdi. Rezultātā iegūst 2 dēļus, kurus dažkārt sauc par 2 ex log (izmēri 74x74mm, 50x125mm u.c.). Serdes izņemšana samazina plaisu rašanos žāvēšanas procesā. Tādējādi tiek uzlabota gala produkcijas kvalitāte.

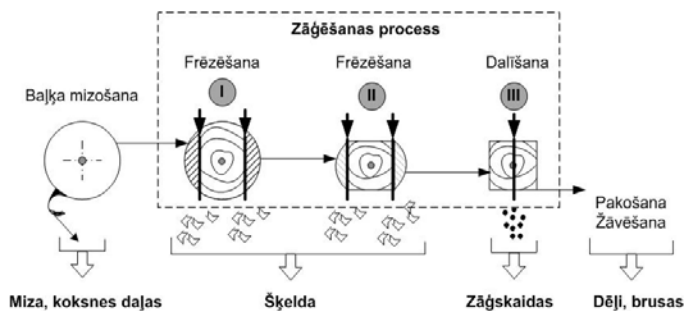
Nākamajā procesā tiek veikta automātiska mitro zāģmateriālu sašķirošana. Noteiktas trīs galvenās kvalitātes raksturotāju grupas, ar kuru palīdzību šķiro zāģmateriālus – laba, vidēja, slikta kvalitāte. Kvalitāti galvenokārt ietekmē zaru lielums un izvietojuma vietas. Atkarībā no zāģmateriālu mitruma stāvokļa uzņēmumā tālāk pielieto atšķirīgus pakošanas paņēmienus.

Pēdējais ir žāvēšanas process, kurš norisinās tuneļa kaltēs ar ieprogrammētiem žāvēšanas parametriem, kurš ilgst no 2 līdz pat 7 diennaktīm (šajā procesā cilvēki nepiedalās).

Visi dati (mērījumi, protokoli, pārbaudes lapas, vadības lēmumi u.c.) protokolēti un uzglabāti arhīvā. Tas liecina par to, ka tiek pielietotas klasiskās un mūsdienīgās metodes uzņēmuma ražošanas kvalitātes nodrošināšanā, īpaši izceļot 6 sigma DMAIC metodoloģiju un 7 kvalitātes pamatinstrumentus.

KVS analīzē izmantota Amerikas korporācijas ReliaSoft datorprogramma „XFEMA”, ar kuras palīdzību varēja ražošanas procesos izvērtēt prognozējamo kļūmju bīstamības pakāpi (vērtību skalā no 1 līdz 10 punkti), kā arī noteikt prioritāti ar t.s. Riska Prioritātes Skaitli (RPS) – kopējais punktu skaits, kuru iegūst, sareizinot atsevišķo risku vērtību punktus. Pēc analīzes rezultātiem varēja izvēlēties tos

prioritāros preventīvos pasākumus, kurus jāievieš, lai nodrošinātu efektīvu procesu un produktu kvalitātes vadību un novērstu kļūmes uzņēmumā kopumā.



5. att. Zāģēšanas process (2 ex log) pēc Ziemeļvalstīs praktizētās metodes.

KVS analīzē vērtējums tika veikts izvēlēta uzņēmuma divās ražošanas līnijās (pamatprocesos) – izejmateriālu (dēļu) ražošanā un konstrukciju materiālu izgatavošanas līnijā.

KVS analīzē raksturīgie elementi, kuriem tika noteikti kļūdu smagums, sastopamība, atklāšanas iespējas, izsakot tos vērtējuma punktos, bija šādi:

- funkcija vai produkts;
- iespējama kļūdas veids;
- kļūmes iespējamās sekas;
- kļūmes iespējamie iemesli;
- esošā vadība;
- ieteicamā darbība un veiktā darbība;

RPS tika noteikts pirms tehnoloģiskiem uzlabojumiem saistībā ar ergonomiskiem riskiem (0-procesā) un pēc preventīvo pasākumu ieviešanas (Ergo-procesā).

KVS analīzes rezultāti apkopoti „RISKU UN IESPĒJU VADĪBAS” tabulā un tie attiecināmi uz organizāciju kopumā (sk. 5. tabulu).

Novērtējot kļūmju veidus, kļūmju sekas un iemeslus, kā arī esošās un veiktās darbības uzņēmuma optimizācijas gaitā, ņemti vērā ergonomiskie riski, kā arī produkcijas kvalitāte. 0-procesa KVS analīze parādīja, ka RPS = 9134. Tas ir ļoti augsts, un norāda uz steidzamu ergonomisko pasākumu un darba organizācijas uzlabošanas nepieciešamību.

Pēc ergonomisko pasākumu ieviešanas un tehnoloģijas modernizācijas RPS Ergo-procesā tika samazināts līdz 2444. Tas norāda, ka veiktie uzlabojumi uzņēmuma risku samazinājuši 3,73 reizes, jo tika novērsti ergonomiskie riski un kļūmes iekārtu darbībā. Līdz ar to pieauga produkcijas apjoms un uzlabojās kvalitāte.

Šim uzņēmumam, kuram bija veikta KVS analīze, noteikta arī ergonomisko risinājumu ekonomiskās efektivitāte. ražošanas un konstrukciju materiālu izgatavošanas līnijā. Atbilstoši metodikai [9] noteikti vairāki finansu rādītāji un to skaitliskās vērtības salīdzinātas 0-procesā un Ergo-procesā. Izejas dati zaudējumu (S_j), kas rodas izmaksās vai kompensācijās nelaimes, traumu vai arodsaslimšanas gadījumos, aprēķiniem parādīti 6. tabulā. Izejas dati zaudējumu aprēķiniem nesaražotās produkcijas dēļ (Z_n) parādīti 7. tabulā.

5. TABULA
RISKU UN IESPĒJU VADĪBA

Funkcija vai produkts	Kļūdas veids	Kļūdas sekas	Smagums	Kļūdas iemesli	Sastopamība	Esošā vadība	Atkāšana	RPS	Veiktā darbība	Smagums	Sastopamība	Atkāšana	RPS		
Izejmateriālu (dēļu) ražošanas līnija	Iekārta: – Zāģriņu bojājums – Svešķermenis dēlī – Lielā vibrācija – Citas kļūdas*	– Samazinās produkts – Avārija dzinējā – Avārija dzinējā – Samazinās produkts	7 6 8 6	– Trūkst laicīga apkalpe – Ārējs faktors – Trūkst laicīga apkalpe – Citi iemesli	8 5 7 6	– Slikti organizēta – Trūkst kontrole – Slikti organizēta – Slikti organizēta	9 9 8 6	504 270 448 216	– Laba apkalpe – Kontrole – Laba apkalpe – Kontrole	7 6 8 6	3 3 2 3	5 2 2 3	105 36 32 54		
	Ergonomiskie riski: – Nelīdzena grīda – Smags roku darbs – Muskuļu nogurums – Citas kļūdas*	– Iespējamās traumas – Nogurums, slimības – Nogurums, slimības – Nogurums, slimības	8 8 7 6	– Trūkst apkope – Nav mehanizācijas – Nav mehanizācijas – Citi iemesli	8 10 10 6	– Trūkst kontrole – Trūkst kontrole – Slikti organizēta – Slikti organizēta	9 8 8 6	720 640 504 216	– Laba apkalpe – Kontrole – Laba apkalpe – Kontrole	8 8 7 6	4 5 5 6	5 3 3 3	160 120 105 108		
	Produkcija: – Neatbilst izmēri – Defekti izskatā – Citas kļūdas*	– Neatbilst standartam – Nepiemērota sagatave – Nepiemērota sagatave	8 8 6	– Nav mehanizācijas – Nav mehanizācijas – Līdzekļu trūkums	8 7 6	– Trūkst kontrole – Trūkst kontrole – Slikti organizēta	8 7 6	512 392 216	– Laba apkalpe – Kontrole – Kontrole	8 8 6	5 4 5	4 5 3	160 160 90		
	Gatavās produkcijas (konstrukciju materiālu) izgatavošanas līnija	Iekārta: – Zāģu nodilums – Trūkst roku aizsargi – Citas kļūdas*	– Samazinās produkts – Cilvēku traumas – Nogurums, slimības	8 8 6	– Trūkst apkope – Slikti darba drošība – Citi iemesli	7 6 6	– Trūkst kontrole – Slikti organizēta – Slikti organizēta	9 8 6	720 640 504	– Laba apkalpe – Kontrole – Kontrole	8 8 7	4 5 5	5 3 3	160 120 105	
		Ergonomiskie riski: – Muskuļu nogurums – Smags roku darbs – Citas kļūdas*	– Iespējamās traumas – Nogurums, slimības – Nogurums, slimības	8 8 6	– Trūkst apkope – Nav mehanizācijas – Citi iemesli	8 7 6	– Trūkst kontrole – Trūkst kontrole – Slikti organizēta	9 7 6	576 392 216	– Laba apkalpe – Kontrole – Kontrole	8 8 6	6 5 6	5 5 3	160 200 106	
		Produkcija: – Neatbilst izmēri – Defekti izskatā – Citas kļūdas*	– Neatbilst standartam – Nepiemērota sagatave – Nepiemērota sagatave	8 8 6	– Nav mehanizācijas – Nav mehanizācijas – Līdzekļu trūkums	10 8 6	– Trūkst kontrole – Trūkst kontrole – Slikti organizēta	9 8 6	720 512 216	– Laba apkalpe – Kontrole – Kontrole	8 8 6	4 6 6	5 4 3	160 192 108	
		Kopējais RPS pirms uzlabošanas darbībām (0-process)								9134	RPS pēc darbību veikšanas (Ergo-process)				2444

6. TABULA

IZEJAS DATI EKONOMISKO ZAUDĒJUMU NOTEIKŠANAI (S_j)

Apzīm.	Komentāri	0-process	Ergo-process
		Ls	Ls
S ₁	Izdevumi, kuri jāatmaksā no valsts sociālā apdrošināšanas budžeta ar slimību vai ar darbu saistīto slimību dēļ	3500	700
S ₂	Izdevumi, kas rodas invaliditātes dēļ*	-	-
S ₃	Samaksa darbinieka darba nespējīgiem ģimenes locekļiem, ja darba laikā darbinieks ieguvis smagas traumas vai – viņa nāves gadījumā	-	-
S ₄	Izmaksas, kas saistītas, uz noteiktu laiku pārcelot darbinieku citā darbā vai pārkvalificējot citā profesijā	10500	2300
S ₅	Samaksa darbiniekiem, kas uz laiku pārcelti citā darbā, līdz vidējās izpeļņas līmenim	6000	800
S ₆	Izmaksas, kas saistītas: - nodarbinātais vienpusēji izbeidz darba attiecības; - izdevumi jaunu darbinieku profesionālai apmācībai	10000	-
		9000	39000

* Izdevumi, kas jāatmaksā valsts sociālās apdrošināšanas budžetam uzņēmuma vainas dēļ.

** S₆ = a · i, kur a – atbrīvoto darbinieku skaits, i – izdevumi viena cilvēka apmācībai.

7. TABULA

IZEJAS DATI ZAUDĒJUMU APRĒĶINIEM NESARAŽOTĀS PRODUKCIJAS DĒĻ (Z_N)

Apzīm.	Komentāri	0-process	Ergo-process
n	Darba vietu skaits, kurās netiek veikti darbi darbinieka prombūtnes dēļ	3	1
D _j	Dienu skaits, kas tiek zaudētas darba vietā j darbinieka prombūtnes dēļ	10	4
C _j	Produkcijas vidējā cena, kuru darbinieks saražo vienā dienā darba vietā j	3000 Ls	4000 Ls
V _j	Darbinieka vidējā alga dienā darba vietā j	30 Ls	30 Ls
η	Koeficients, kurš nosaka darbinieka izgatavotās produkcijas vērtību (t.sk. tirgus cenu) un ir atkarīgs no ražošanas nozares, uzņēmuma darbības veida**	1,35	

*Darbinieku prombūtne var būt attaisnota (slimība, traumas, citi apstākļi) vai neattaisnota (alkohols, citi iemesli).

**1,2...1,3 pārtikas ražošanā; 1,3...1,4 kokmateriālu ražošanā; 1,4...1,5 deficītu vai ekskluzīvu un pieprasītu preču ražošanā.

Aprēķinātie zaudējumi (izmaksas vai kompensācijas nelaimēs, traumu vai arodslimšanas gadījumos noteiktas kā $S_1+S_2+S_3+S_4+S_5+S_6$) kopā sastādīja 39 000 Ls *0-procesā*, savukārt *Ergo-procesā* šīs izmaksas bija tikai 6800 Ls. Zaudējumi nesaražotās produkcijas dēļ ($Z_n = \sum D_j V_j \eta$) *0-procesā* bija 90 000 Ls, bet *Ergo-procesā* tie sastādīja tikai 16 000 Ls. Kopējie zaudējumi *0-procesā* noteikti 129 000 Ls apmērā, bet *Ergo-procesā* – 22 800 Ls.

Uzņēmuma peļņas (ΔP , Ls) palielināšanās *Ergo-procesā* pamatota galvenokārt ar pašizmaksas samazināšanos darba ražīguma paaugstināšanās dēļ, ar strādājošo darba apstākļu uzlabošanu (paaugstinās darba vides veselība) un viņu darbības palielināšanos. Kopā tā sastādīja 3000 Ls uz produkcijas vienības daudzumu (dēļiem, m^3 ; citai produkcijai, gab.), nosakot pēc sakarības 1:

$$\Delta P = \sum_j (P_{2j} - P_{1j}) = \sum_j (C_{2j} K_{2j} - C_{1j} K_{1j}), \quad (1)$$

kur C_{1j} , C_{2j} – produkcijas, kuru iegūst darba vietā j , vidējā cena vai pašizmaksa pirms un pēc ergonomisko pasākumu veikšanas; K_{1j} , K_{2j} – produkcijas vienības daudzums, kuru iegūst darba vietā.

Minētā izvēlēta uzņēmuma grāmatvedības nodaļas dati liecina, ka pēc preventīvo ergonomisko pasākumu realizēšanas *Ergo-procesā* saražots par 43% vairāk produkcijas nekā *0-procesā* un uzņēmuma peļņa palielinājās par 2500 Ls/mēnesī jeb ($\Delta P = 30000$ Ls/gadā). Tika iekonomēti izdevumi jaunu darbinieku izvēlei un viņu apmācībām. *Ergo-procesā* samazinājās arī darbinieku traumatisma un arodslimību gadījumu skaits ($\Delta S = 106200$ Ls/gadā). Tajā pašā laikā preventīvo pasākumu uzturēšanā (apkalpošanai personāls, iekārtu apkopes, rezerves detaļu iegāde u.c.) uzņēmums izdeva vidēji par 22000 Ls gadā vairāk ($\Delta L = -22000$ Ls/gadā).

Ekonomiskais efekts jeb izdevīgums no preventīvo ergonomisko pasākumu ieviešanas (E , Ls) naudas izteiksmē *Ergo-procesā* noteikts šāds:

$$E = \Delta S + \Delta P + \Delta L = (129\,000 - 22\,800) + 30\,000 + (-22\,000) = 114\,200 \text{ Ls. Šeit:}$$

ΔS – summa, kas paliek uzņēmuma rīcībā un kuru aprēķina pēc statistiskiem datiem (piem., iepriekšējā gada laikā, novērtējot ekonomiskās sekas vai zaudējumus gadā) darbinieku traumatisma un arodslimību gadījumā, Ls;

ΔP – uzņēmuma peļņas palielināšanās (novērtē saražoto un pārdoto produkciju šajā laikā), Ls;

ΔL – summa, kas tiek iekonomēta no izdevumiem, kompensācijām vai cita veida izmaksām (ietvertas arī izmaksas par darba aizsardzības līdzekļiem un tiem pasākumiem, kuri vairs nav nepieciešami, ja izmainīta un ieviesta jauna ergonomiski optimizēta tehnoloģija), Ls.

Kopējā ergonomisko pasākumu efektivitātes novērtēšana raksturota ar gada ekonomisko efektu (EG) un absolūto ekonomisko efektu (EA). Minēto ekonomisko efektu noteikšanai izmantoti šādi dati:

E – iepriekš noteiktais ekonomiskais efekts: 114 200 Ls;

A – kapitālie ieguldījumi pasākumos (ergonomisko iekārtu ieviešana, tehnoloģijas modernizācija, ventilācijas ierīkošana u.tml.): 60 000 Ls;

ϕ – koeficients, kas raksturo kapitālo ieguldījumu efektivitāti = 0,8;

L – izmaksas jauno sistēmas vai iekārtu ekspluatācijā (t.sk. personāla atalgojums, kas tās uztur, izmaksas individuālo aizsardzības līdzekļu iegādē, apkopē un remontā): 22 000 Ls;

$$R = \phi A + L = (0,8 \cdot 60\,000) + 22\,000 = 70\,000 \text{ Ls;}$$

$$EG = E - R = 114\,200 - 70\,000 = 44\,200 \text{ Ls;}$$

$$EA = (E - L)/A = (114\,200 - 22\,000)/60\,000 = 1,53.$$

Ja $EA \geq A = 0,08$, tad kapitālos ieguldījumus var uzskatīt par efektīviem un to atmaksāšanās laiku nosaka: $T = 1/EA$. Mūsu gadījumā $EA = 1,53$ un kapitālos ieguldījumus ergonomisko darba apstākļu uzlabošanā var uzskatīt par efektīviem, jo to atmaksāšanās laiks ir salīdzinoši mazs: $T = 1/1,53 = 0,65$ (gadi).

SECINĀJUMI

1. Kompleksa pieeja ražošanas procesu kvalitātes vadībā saistībā ar darba vides ergonomiskiem faktoriem izvēlētajos kokapstrādes uzņēmumos sniedz zinātnisku pamatojumu preventīvo pasākumu izstrādē, lai paaugstinātu organizācijas darbības efektivitāti.
2. Ergonomiskie risinājumi darba vidē būtiski uzlabo darba vides kvalitāti, nodrošina ražošanas tehnoloģiju drošību, nodrošina darbiniekiem fizioloģiski piemērotu darba slodzi, paaugstina darbības, dod nozīmīgu ieguldījumu organizācijas ilgtspējīgā un konkurētspējīgā attīstībā.

Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā «Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē».

LITERATŪRA

1. Ekonomikas Ministrijas Ziņojums par Latvijas tautsaimniecības attīstību. Latvijas Republikas Ekonomikas ministrija. Talsi: SIA „Talsu tipogrāfija”, 2010, 144 lpp.
2. Roja, Ž. *Ergonomikas pamati*. Rīga: SIA „Drukātava”, 2008, 190 lpp.
3. Besterfield, DH. *Quality Control*. New Jersey: Pearson Education, 2004, 520 p.
4. McDermott, R., Mikulak, R., Beauregard, M. *The basics of FMEA*. USA: Productivity, 1996, 80 p.
5. University of Oslo Libraries [Accessed 04.06.2011.]. Available: <http://www.iu.hio.no/FaultCat>.
6. Kalkis, V. *Darba vides riska faktori*. Rīga: Latvijas Izglītības fonds, 2008, 240 lpp.
7. Steinberg, U., Caffier, G. *Methodische Aspekte bei der Anwendung der Lastenhandhabungsverordnung*. Z. Arbwiss, 52 (24 NF), 1998, p. 101-109.
8. Waters, TR., Putz-Anderson, V., Garg, A. *U.S. Department of Health and Human Services*. DHHS (NIOSH) Publication No. 94-110, 1994.
9. Devisilov, VA. *Ohrana truda*. Moscow: ForumInfra, 2007, 230 p. (krievu valodā).
10. Kalkis, H. *Kļūdu loģiskā analīze kokapstrādes kvalitātes procesu vadībā*. Rīga: Latvijas Universitātes Raksti, SIA „Latgales druka”, 2010, 60-69 lpp.
11. Domkins, A., Būmanis K. *Skujkoku zāģmateriālu pielietošana. Vadlīnijas*. Rīga: Biedrība “Zaļās mājas”, 2009, 10-11 lpp.

Henrijs Kalkis, Mg.sc.soc., Lecturer
Faculty of European Studies, Riga Stradins University
Address: 16 Dzirciema Street, Rīga, LV-1007, Latvia
E-mail: Henrijs.Kalkis@rsu.lv
Research fields: management, business ergonomics

Valdis Kalkis, Dr.habil.chem., Professor
Faculty of Chemistry, University of Latvia
Address: 48 K. Valdemāra Street, Riga, LV-013, Latvia
E-mail: Valdis.Kalkis@lu.lv
Research fields: radiation chemistry of polymers, load ergonomics

Henrijs Kalkis, Valdis Kalkis. Significance of Ergonomic Solutions for Improvement of Work Environment Quality within an Organization

In research, the ergonomic conditions were studied in work environment of woodworking enterprises in connection with physical work risks, process and product quality management, and economic performance. Sawing operators ($n = 30$) and assistants ($n = 20$) participated in the study. Despite technical improvements, some work phases in woodworking still require hard manual handling; thus, ergonomics interventions should be applied. Data about technological quality and ergonomics problems was gained from plant workers with the help of interviews and checklists before and after the technological process improvements. Ergonomics risk assessment methods (Key Item Indicator method, Quick Exposure Check method, Revised NIOSH Lifting Equations) and quantitative tools (Failure Mode and Effect Analysis, Fault Tree Analysis, Six Sigma Methodology, Cost-Benefit Calculation) were applied to analyze the human well-being and financial aspects of ergonomics interventions and quality improvements. Using these methodologies, it was shown that ergonomic solutions in the work environment significantly improved the quality of the work environment, increased the capacity of employees, ensured the safety of production technology, giving an important contribution to the organization in a sustainable and competitive development. The cost-benefit analysis has proved that ergonomics intervention in these six middle-scale woodworking enterprises pays off in one year, while the benefits will continue to grow in next five years.

Хенрийс Калькис, Валдис Калькис. Значение эргономических решений для повышения качества рабочей среды организации

Изучены экономические условия в рабочей среде деревообрабатывающего предприятия, связывая их с физическими рисками, управлением процессов и качеством продукции, а также экономическими показателями предприятия. В исследовании принимали участие операторы пиления ($n = 30$) и вспомогательные рабочие ($n = 20$). Несмотря на технические усовершенствования, некоторые фазы работы в деревообработке по-прежнему требуют тяжелого ручного труда, поэтому были использованы эргономические решения. Данные о качестве технологий и эргономических проблемах получены методом опроса рабочих до и после улучшения технологических процессов. В данной работе для анализа благосостояния человека и финансовых аспектов эргономических решений были применены эргономические методы оценки риска (индикатор определения тяжести работы, метод контроля эргономических факторов, NIOSH уравнение для определения лимита подъема тяжести) и количественные методы (определение последствий неисправностей, анализ дерева отказов, 6 сигма методология, расчет затрат и выгод). Использование этих методик показало, что эргономическое вмешательство значительно улучшает качество рабочей среды, повышает производительность, обеспечивает безопасность технологии производства, дает существенный вклад для устойчивого и конкурентоспособного развития организации. Анализ затрат и выгод показал, что в этих деревообрабатывающих предприятиях эргономическое вмешательство окупается за один год, в то время как выгоды будут продолжать расти в течение ближайших пяти лет.