

$$I_8 = \int_0^{\infty} \frac{ds}{\sqrt{(a^2 + s)^3 (b^2 + s)}}. \quad (7)$$

У частковому випадку задачі контурний еліпс площадки контакту перетворюється у коло. Знайдемо дотичні напруження для колової площадки контакту.

У такому випадку $a=b$, $k \leq b/a=1$, а ексцентриситет $k = \sqrt{1 - k'^2} = 0$. Розглянемо інтеграл I_6 (5), який для значень ексцентриситета $k=0$, $k'=1$ має невизначеність $I_6 = 0/0$. Після перетворень інтеграл

$$I_6 = \int_0^{\infty} \frac{ds}{(b^2 + s)^2 \sqrt{(b^2 + s)(b^2 - x^2 - y^2 + s)}} \quad (8)$$

$$\left. \begin{aligned} s &= z^2, \quad ds = 2zdz; \\ z &= b \operatorname{tg} \alpha, \quad dz = b d\alpha / \cos^2 \alpha; \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

$$V = \sin^2 \alpha, \quad dV = 2 \sin \alpha \cos \alpha d\alpha \quad (10)$$

приводиться до вигляду

$$I_6 = \frac{1}{b^4} \int_V^1 \frac{(1-V)dV}{\sqrt{VB+A}}, \quad (11)$$

$$\text{де:} \quad B = 1 - \gamma^2, \quad A = \gamma^2, \quad \gamma^2 = 1 - \frac{x^2 + y^2}{b^2}. \quad (12)$$

Інтеграл (11) має розв'язок:

$$I_6 = \frac{2}{b^4} \cdot \frac{2 - \sqrt{(1-\gamma^2)V + \gamma^2} [(1-\gamma^2)(3-V) + 2\gamma^2]}{3(1-\gamma^2)^2}, \quad (13)$$

$$\text{де} \quad V = \sin^2 \left(\arctg \frac{\sqrt{t}}{b} \right) = \sin^2 \varphi. \quad (14)$$

Для $\gamma=1$ ($x=y=0$) інтеграл (11) має розв'язок:

$$I_6 = \frac{1}{b^4} \int_V^1 (1-V)dV = \frac{1}{b^4} \frac{(1-V)^2}{2}. \quad (15)$$

Інтеграл (6), (7) підстановками (9) приводяться до вигляду

$$I_7 = I_8 = \frac{2}{b^3} \int_0^{\pi/2} \cos^2 \psi \cdot d\psi = \frac{1}{b^3} \left(\frac{\pi}{2} - \varphi - \sin \varphi \cos \varphi \right), \quad (16)$$

$$\text{де} \quad \varphi = \arctg \frac{\sqrt{t}}{b}. \quad (17)$$

Підставляючи значення інтегралів I_6 , I_7 , I_8 у формули (1), (2), (3), після перетворень отримаємо:

$$\tau_{xy} = -p_0 x y \left\{ n_{\sigma 2} \frac{b^2 z \sqrt{t}}{(b^2 + t)^3 \cdot g} + n_{\sigma 1} \frac{2 - \sqrt{(1-\gamma^2)V + \gamma^2} [(1-\gamma^2)(3-V) + 2\gamma^2]}{3b^2 (1-\gamma^2)^2} \right\}, \quad (18)$$

$$\tau_{yz} = -p_0 y \left\{ n_{\sigma 2} \frac{b^2 z^2}{\sqrt{t}(b^2 + t)^2 \cdot g} + n_r \frac{1}{4b} \left(\frac{\pi}{2} - \varphi - \sin \varphi \cos \varphi \right) \right\}, \quad (19)$$

$$\tau_{zx} = -p_0 x \left\{ n_{\sigma 2} \frac{b^2 z^2}{\sqrt{t}(b^2 + t)^2 \cdot g} + n_r \frac{1}{4b} \left(\frac{\pi}{2} - \varphi - \sin \varphi \cos \varphi \right) \right\}. \quad (20)$$

$$\text{де} \quad g = \frac{t(x^2 + y^2)}{(b^2 + t)^2} + \frac{z^2}{t}.$$

Для колового контакту дійсні загальні закономірності:

$\tau_{xy} = 0$ – для площин uoz , hoz і осей x , y , z ;

$\tau_{yz} = 0$ – для площини hoz і осей x , z ;

$\tau_{zx} = 0$ – для площини uoz і осей y , z .

Для точок площадки контакту $z=0$, $t=0$, $\varphi=0$, $V=0$ із формул (18), (19), (20) отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} I_6 &= \frac{2}{b^4} \frac{2 + \gamma}{3(1 + \gamma)^2}, \\ \tau_{xy} &= -p_0 n_{\sigma 1} \frac{xy}{b^2} \frac{2 + \gamma}{3(1 + \gamma)^2}, \\ \tau_{yz} &= -p_0 n_r \frac{y}{b} \frac{\pi}{8}, \\ \tau_{zx} &= -p_0 n_r \frac{x}{b} \frac{\pi}{8}. \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

Висновок

Знайдені формули дозволяють обчислити дотичні напруження у частковому випадку задачі для ексцентриситета $k=0$.

Література

1. Римар О.М. Система переміщень точного розв'язку просторової контактної задачі// 36. наук. пр. – Львів: Асоціація "Автобус", 2000, вип. 4. – С. 96-100.
2. Римар О.М. Загальний вигляд формул для дотичних напружень задачі Герца// 36. наук. пр. – Львів: Асоціація "Автобус", 2001, вип. 5. – С. 130-133.

УДК 674.04

Аспір. Н.Ф. Чопенко¹ – УкрДЛТУ

СОЦІОЛОГІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОКРИТТІВ ПІДЛОГ ІЗ ДЕРЕВИНИ

У роботі подано результати соціологічного опитування щодо вивчення умов експлуатації покриттів підлоги із деревини.

¹ наук. керівник проф. Прокопович Б.В.

The social research by conditions of an exploitation of a wood floors

In this work the results of a social research about an exploitation of a wood floors have been analyzed.

Для кращого вивчення умов експлуатації покриттів підлог проведено соціологічне опитування мешканців Львова, Івано-Франківська, Коломиї. 220 респондентів, які є працівниками деревообробної галузі та навчальних закладів, відповіли на запитання анкети, взірць якої подано нижче. Анкету розроблено згідно з рекомендаціями [1-4]. Опитуваним було запропоновано відповісти на запитання про те, які види покриттів у їхній оселі та з деревини якої породи, який догляд за підлогою вони здійснюють, яка тривалість експлуатації, де найбільше зносилася підлога та який ремонт було проведено. Також респонденти висловили свої побажання та пропозиції щодо дерев'яних покриттів у житлових приміщеннях (див. додаток).

За результатами опитування зроблено такі висновки (рис. 1). Найбільш поширеним видом дерев'яної підлоги є поштучний паркет, його мають 54 % респондентів; дощану підлогу – 28 %; паркетні щити – 10 %; паркетну дошку – 8 %. Для дощаної підлоги використано деревину ялини (85 %) або сосни (15 %). Для поштучного паркету та лицевого шару паркетних дошок і щитів використано: дуб – 43 %, бук – 20 %, береза – 36 %, червоне дерево – 1 %. Найкращі експлуатаційні показники у підлоги з дуба, найгірші – з берези. Поширеною вадою покриттів є злущування лакового покриття (серед користувачів, які лакують підлогу) – 15 %, скрипіння підлоги – 15 % випадання планок у паркетних дошках і щитах – 8 %, загнивання – 7 %.

Окрім цього, на підлозі з берези спостерігається значна кількість (50 %) вм'ятин від каблуків, ніжок виробів тощо. Вологе прибирання проводять один раз на тиждень 75 % опитаних, 21 % – 2-3 рази, 4 % – щодня. Лакують підлогу 55 %, фарбують – 18 %, пастують – 27 %. Найбільше зношується підлога біля порогу та посередині кімнати (за відсутності килимових покриттів). Щодо покращення властивостей покриттів підлоги респонденти висловлюють побажання:

- підвищити твердість березових покриттів;
- усунути рипіння планок під час ходіння;
- захистити від загнивання;
- покращити адгезію лакофарбових матеріалів;
- розширити асортимент великоформатних видів покриттів;
- полегшити процес настилення підлог.

Розподіл користувачів за:

- видом покриттів підлог;
- породою деревини;
- вадами;
- характером догляду за підлогою.

Недоліки дерев'яних покриттів підлог виникають через природні властивості деревини. Так, рипіння паркету з'являється через деякий час після встановлення і є наслідком порушення конструкції через зміну розмірів ламелей, яке виникає під час зміни вологості. Отже, підвищення водовологостійкості сприятиме усуненню цієї вади.

Додаток. Анкета соціологічного опитування

Шановний добродію! З метою визначення умов експлуатації дерев'яних покриттів підлоги для покращення їх якості, зовнішнього вигляду та збільшення тривалості служби, просимо дати відповіді на запитання анкети (напишіть "+" у відповідній графі).

Прізвище, ім'я, по батькові _____

Домашня адреса _____

(за бажанням дані рядки можна не заповнювати)

Запитання	Прихожа	Кухня	Вітальня	Спальня	Дитяча	Інше
1. У вашому помешканні покриття підлоги з:						
а) дуба;						
б) бука;						
в) берези;						
г) інше.						
2. Вид покриття:						
а) паркетна дощечка;						
б) паркетна дошка;						
в) паркетний щит;						
г) дощана.						
3. Ваша підлога:						
а) лакована;						
б) фарбована;						
в) пастована;						
г) без лакофарбових покриттів і пасти.						
4. Скільки разів на тиждень Ви робите вологе прибирання підлоги?						
5. Найбільше Ваша підлога зносилась:						
а) біля порогу;						
б) посередині;						
в) інше.						
6. Скільки років експлуатується Ваша підлога?						
7. Було проведено ремонт покриття з причин:						
а) відклеювання планок від основи;						
б) вм'ятини від каблуків, ніжок виробів тощо;						
в) зміна кольору окремих планок;						
г) загнивання дерев'яних дошок;						
д) інше.						

Ваші побажання та пропозиції щодо дерев'яних покриттів квартир _____

" " р.

підпис

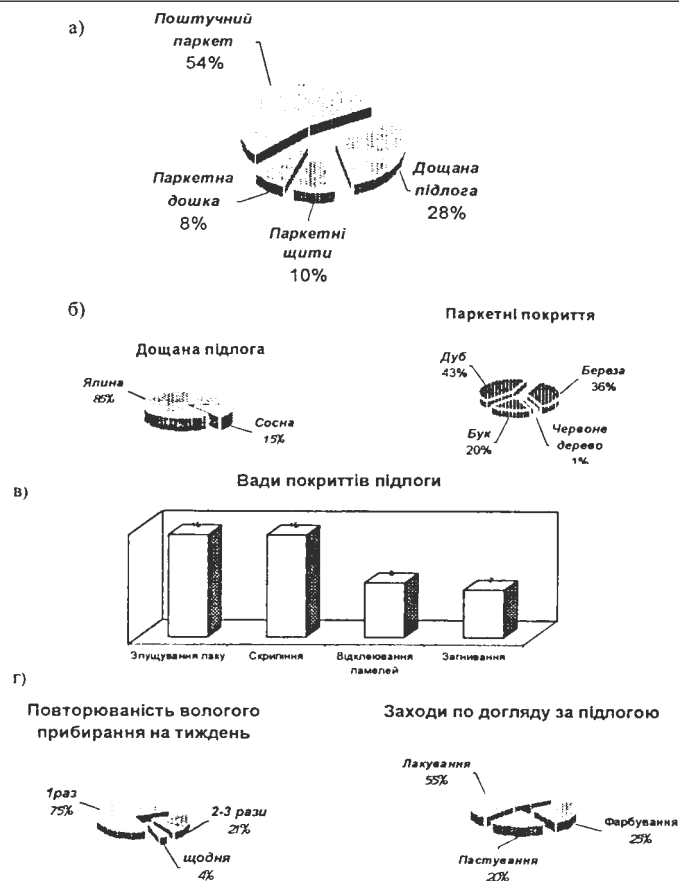


Рис. Графічне зображення результатів соціологічного опитування

Для покращення експлуатаційних характеристик підлог із деревини найбільший інтерес викликають питання підвищення формостабільності, водовогостійкості деревини, кращої адгезії лаку в умовах частого вологого прибирання, підвищення твердості березових ламелей, розширення асортименту за рахунок великоформатних покриттів і використання інших порід деревини. Переважна більшість цих питань стала предметом подальших досліджень.

Література

1. Андреев В.Г. Интерпретация и анализ социологических исследований. – М.: Наука, 1987. – 255 с.
2. Бутенко Н.А. Анкетный опрос как общение социолога с респондентами: Учеб. пособие для ун-тов. – М.: Высш. шк., 1989. – 176 с.
3. Соціологічний практикум: Навч. посібник для вищ. техн. закладів/ І.П. Магазишнікова, Н.В. Мельникова, О.М. Лободянська. – К.; 1998. – 148 с.

4. Шляпентох В.Э. Проблемы репрезентативности социологической информации. – М.: Статистика, 1976. – 214 с.

УДК 630*323.4

Доц. І.М. Біланін, к.т.н. – УкрДЛТУ

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОМПОНОВКИ РОЗКРЯЖУВАЛЬНИХ УСТАНОВОК

Наведено варіанти удосконалення технологічних компоновок вузлів розкрязувальних установок призначених для використання при рівних характеристиках хлестів. Даються показники роботи рівних варіантів компоновок установок.

Doc. I.M. Bilanin – USUFWT

Improvement of production crosscutting equipment layout

Variants of improvement of the units of crosscutting equipment, designated for application for different long log characteristics, have been given, indices of various variants of the equipment layout have been proposed.

В останні роки проводиться значна робота над удосконаленням конструкції вузлів і технологічної компоновки розкрязувальних установок (р.у.) з позовною подачею хлестів. Проте, існуючі технологічні компоновки установок на нижніх окладах лісозаготівельних підприємств мають ряд істотних недоліків. Незважаючи на значну вартість обладнання і трудомісткість його монтажу, не все це обладнання використовується на повну потужність, а деяке безпідставно дублюється. Це призводить до зниження продуктивності праці і збільшення собівартості продукції.

Значний вплив на ефективність використання розкрязувальних установок створює спосіб вивезення деревини на нижній оклад, а також середній об'єм хлеста. Особливо істотний вплив цих факторів для умов України, де вивезення деревини на нижній оклад здійснюється в хлестах, напівхлестах і сортиментах.

Удосконалення технологічної компоновки р.у. проводиться нами з метою підвищення їх продуктивності, збільшення комплексного виробітку на людинодень і зниження енергоємності розкрязування 1 м³ деревини. Серійно випускаються р.у. ЛО-15С, ЛО-15А в двох модифікаціях: з пильним блоком і без нього. Більш широко використовуються на виробництві р.у. без пильного блока [1]. На рис. 1 показані варіанти удосконалення компоновок розкрязувальної установки ЛО-15 без пильного блока.

Варіант р.у., наведений на рис. 1, а, може успішно використовуватись при середніх об'ємах хлестів від 0.25 до 0.75 м³. Удосконалення цього варіанту полягає в тому, що пульт керування гідроманіпуляторами перенесений в кабінку оператора пильного механізму і з'єднаний з пультом керування цього механізму. Це дозволяє здійснювати керування обома механізмами одним оператором. Розглянутий варіант успішно пройшов виробничі випробування в Цуманському ДЛГ, Волинського ДЛГО [2].

Для дрібних лісонасаджень з середніми об'ємами хлестів 0.2-0.4 м³ доцільно використовувати варіант установки, наведений на рис. 1, б. У цьому варіанті замість двострілового гідроманіпулятора застосовується одностріловий, констру-

кція якого дозволяє повороти в плані, що зменшує загальну встановлену потужність р.у. Одночасно укорочується довжина подаючого пристрою до 20 м, що дозволяє підвищити ефективність його роботи.

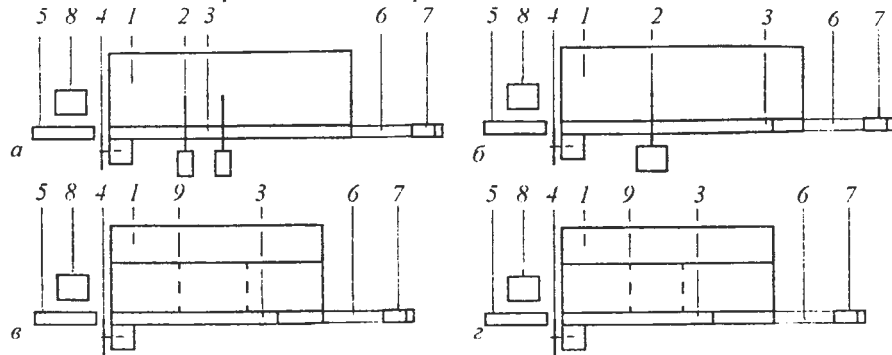


Рис. 1. Технологічні компоновки розкрязувальних установок без пильного блоку: 1 – естакада; 2 – гідроманіпулятор; 3 – подавальний пристрій; 4 – тильний механізм; 5 – пристрій для вимірювання довжин; 6 – транспортер для відходів; 7 – скіпковий навантажувач; 8 – операторська; 9 – пристрій поштучної подачі хлестів

Розкрязування напівхлестів з середніми об'ємами хлеста $0,25-0,75 \text{ м}^3$ доцільно проводити на р.у., поданій на рис. 1, в, з укороченою довжиною подаючого пристрою до 15 м. Замість гідроманіпуляторів використовується пристрій для поштучної видачі хлестів, працюючий в напівавтоматичному режимі, що значно полегшує роботу оператора.

Для розкрязування довгомірних сортиментів, при середніх об'ємах хлестів $0,25-0,75 \text{ м}^3$, більш ефективно використовувати р.у., наведену на рис. 1, г, де подавальний пристрій укорочений до 12 м, а поштучна видача сортиментів здійснюється за допомогою пристрою для поштучної видачі круглих лісоматеріалів. Вимірювання довжин здійснюється на пристрої у вигляді поворотного лотка зі шляховими датчиками. Цей варіант дозволяє значно зменшити металомісткість і вартість р.у.

На рис. 2 наведені варіанти удосконалення технологічної компоновки р.у. ЛО-15 з пильним блоком, призначеним для розкрязування вершинної частини дрібних хлестів. З метою скорочення часу циклу розкрязування хлеста, комлева частина хлестів розкрязується основною пилою, а вершинна передається на пильний блок, який може бути розташований поруч з подаючим пристроєм або навпроти пристрою для вимірювання довжин. Такі установки доцільно застосовувати при середніх об'ємах хлестів $0,25-0,5 \text{ м}^3$.

Варіант компоновки, наведений на рис. 2, а, в якому пильний блок розташований навпроти передньої частини подаючого пристрою, дозволяє скидати з подаючого пристрою вершинну частину хлеста довжиною 8 м і таким чином скоротити час його поздовжньої подачі. Проте цей варіант має такі недоліки: основний пильний механізм встановлено з боку естакади, що приводить до збільшення холостого ходу подаючого пристрою; подавальний пристрій оснащено скидачем вершин хлеста, що ускладнює його конструкцію.

При розташуванні пильного блоку навпроти пристрою вимірювання довжин (рис. 2, б), час циклу розкрязування укорочується за рахунок зменшення часу різання основним пильним механізмом і скорочення кількості зупинок подаючого пристрою. Недоліком цього варіанта є те, що подавальний пристрій переміщує хлест повністю. Проте основну пилу встановлено поруч з пильним блоком, що дозволяє скоротити холостий хід подаючого пристрою.

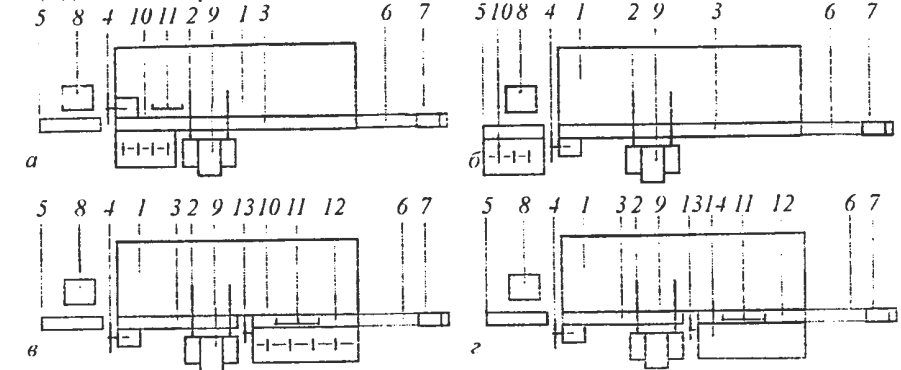


Рис. 2. Технологічна компоновка розкрязувальних установок з пильним блоком: 1-8 – позначення аналогічно до рис. 1.; 10 – пильний блок; 11 – скидувач; 12 – лоток; 13 – додатковий тильний механізм

Більш ефективним є варіант компоновки р.у., наведений на рис. 2, в, де пильний блок встановлено навпроти хвостової частини подаючого пристрою. При цьому останній укорочується до 12 м, а його хвостова частина замінюється гладким лотком, оснащеним важільним скидачем. Між подаючим пристроєм і лотком встановлено додатковий пильний механізм. При розкрязуванні хлеста одночасно з оторцюванням комлева проводиться відпилювання його вершинної частини. Потім розкрязується комлева частина хлеста основною пилою, а вершинна частина скидається на пильний блок і розпилюється одночасно з відземкуватою частиною. На цей варіант отримано авторське свідоцтво на винахід СРСР, № 400463 [3].

Якщо вершинна частина хлеста переробляється в окремому цеху, або при необхідності обкорювання лісоматеріалів, більш ефективним є варіант компоновки, показаний на рис. 2, г, який відрізняється від варіанта 2, в відсутності пильного блоку. Замість нього в цьому варіанті встановлюється лісонакопичувачі, або виносний конвеєр. Продуктивність цієї р.у. аналогічна попередньому варіанту, проте конструкція простіша. Цей варіант захищений авторським свідоцтвом на винахід СРСР, № 391917 [4].

У таблиці наведено основні показники ефективності вище розглянутих компоновок р.у.: продуктивність і енергомісткість. Розрахунки проводились для середніх об'ємів хлеста $0,25$ і $0,40 \text{ м}^3$ при їх середніх довжинах відповідно 18 м і 20 м; порода ялини III розряду (згідно з даними акад. М.П. Анучина). Середня довжина випилюваних сортиментів приймалась 4 м, середня швидкість подаючого пристрою 1,5 м/с, коефіцієнти використання робочого часу і завантаження приймалися відповідно 0,85 і 0,86.

Із таблиці видно, що при розкряжуванні хлестів з середніми об'ємами 0.25 і 0.4 м³ змінна продуктивність р.у. без пильного блоку відповідно становить від 125 м³ до 136 м³ і від 172 м³ до 184 м³, а для р.у. з пильним блоком – від 167 м³ до 220 м³ і від 222 м³ до 312 м³. Порівнюючи продуктивність різних конструкцій р.у. видно, що установки з пильним блоком і додатковим пильним механізмом мають продуктивність вище від 25 % до 30 %, при розташуванні пильного блоку навпроти пристрою вимірювання довжин, і до 75-80 % при розташуванні пильного блоку навпроти хвостової частини подаючого пристрою. При цьому енергомісткість процесу не підвищується, а в останньому варіанті зменшується на 20-30 %.

Для товстомірних лісонасаджень з середніми об'ємами хлестів 0.8 м³ і більше, доцільно використовувати р.у. ЛО-68 з дводисковим пильним механізмом, технологічна компоновка якої відповідає рис. 1, б, де керування установкою і гідроманіпулятором здійснюється одним оператором. Розкряжування товстомірних хлестів потребує більше часу на їх розпилювання і подовжнє переміщення, і оператору не важко суміщати операції по керуванню розкряжувальною установкою і маніпулятором.

Табл. Розрахунок часу циклу продуктивності і енергомісткості розкряжування хлестів з середніми об'ємами 0.25/0.40 м³

№ з/п	Назва операцій, показників	Одиниця виміру	Час операцій і значення показників для компоновок р.у.							
			1, а	1, б	1, в	1, г	2, а	2, б	2, в	2, г
1.	Подача хлеста в естакади	с	5	5	2	2	3	3	3	3
			5	5	2	2	3	3	3	3
2.	Подовжня подача хлеста для обторцювання	с	2	2	2	2	4	2	2	2
			2	2	2	2	4	2	2	2
3.	Обторцювання хлеста	с	3	3	3	3	3	3	3	3
			4	4	4	4	4	4	4	4
4.	Подовжня подача хлеста для розкряжування	с	12	12	12	12	8.7	12	8	8
			13.3	13.3	13.3	13.3	10	13.3	8	8
5.	Пиління і скидування сортиментів	с	12.5	12.5	12.5	12.5	6.3	7.5	5	5
			15	15	15	15	9	9	6	6
6.	Скидування залишків хлеста	с	1.5	1.5	1.5	1.5	2	—	—	—
			1.5	1.5	1.5	1.5	2	—	—	—
7.	Замовлення довжин сортиментів	с	6	6	6	6	4	4	3	3
			8	8	8	8	6	6	4	4
8.	Загальний час циклу	с	42	42	39	39	31	31.5	24	24
			48.8	48.8	45.8	45.8	38	37.3	27	27
9.	Годинна продуктивність	м ³	21.5	21.5	23.1	23.1	29	28.5	37.5	37.5
			29.4	29.4	31.3	31.3	38	38.6	53.4	53.4
10.	Змінна продуктивність	м ³	126	126	136	136	170	167	220	220
			172	172	184	184	222	226	312	312
11.	Встановлена потужність	кВт	77	66	66	66	107	100	110	87
12.	Питома енергомісткість	кВт/м ³	3.6	3.1	2.9	2.9	3.7	3.5	2.9	2.3
			2.6	2.2	2.1	2.1	2.8	2.6	2.1	1.6

Під час розкряжування товстомірних напівхлестів більш ефективно використовувати установки типу ЛО-1Б, з дводисковим пильним механізмом, у варіанті компоновки наведеному на рис. 1, в, де для поштучної подачі хлестів використовується пристрій для поштучної видачі круглих лісоматеріалів, який працює

в напівавтоматичному режимі. Подавальний пристрій укорочений до 15 м, що значно зменшує навантаження на його привід.

Висновки

1. Наведені схеми удосконалених технологічних компоновок розкряжувальних установок дозволяють вибрати для виробництва найбільш ефективну з них залежно від параметрів сировини.

2. При значних обсягах переробки хлестів з середнім об'ємом до 0.5 м³, доцільно застосовувати установки з додатковими пильними механізмами.

Література

1. Воевода Д.К., Назаров В.В. Оборудование лесных складов. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 224 с.
2. Біланін І.М. Рациональна компоновка розкряжувальних установок на лісових складах. – Тези доповідей Республіканської науково-технічної конференції, 1991. – С. 35-36.
3. Біланін І.М., Каплун Я.М. и другие. Установка для поперечной распиловки хлестов. А.С. N 400463, СССР. – Опубл. в Б.И., 1973, № 40.
4. Біланін І.М., Ласина М.Д. Способ раскряжки хлестов. А.с. № 391917, СССР. – Опубл. в Б.И., 1973, № 32.

УДК 658.527.011.56 Інж. В.І. Криштанович, доц. В.М. Максимів, д.т.н. – УкрДЛТУ

ОЦІНКА ТРИВАЛОСТІ РИТМУ СКЛАДАЛЬНИХ ЛІНІЙ ЗІ СИНХРОННИМ КОНВЕЙЄРОМ ТА ВІЛЬНИМ РИТМОМ

Показано вплив коефіцієнта варіації на коефіцієнт використання робочого часу і величину ритму складальних ліній. Запропоновано математичні залежності для аналізу величини ритму – R_{сер}.

Eng. V.I. Kryshchapovich, doc. V.M. Maksymiv – USUFWT

Rhythm duration estimation of assembly lines with synchronous conveyor and free rhythm

Shown variation coefficient influence on use coefficient of work time and rhythm size of assembly lines offered mathematical dependence for R_{сер} rhythm size analysis.

Ефективність складання меблевих виробів може бути досягнута за рахунок використання гнучких автоматизованих ліній. В автоматизованому виробництві, це і лінії з синхронним конвеєром та вільним ритмом. На такій лінії кожний виріб у процесі складання проходить через усі позиції, а сам процес здійснюється за один прохід конвеєра. Перехід з позиції на позицію здійснюється синхронно у момент завершення найтривалішої операції. Використання робочого часу усіх робітників буде максимальним, коли тривалості усіх операцій будуть однакові і дорівнюватимуть величині ритму [1]. $R=t_1=t_2=t_3=\dots=t_n$, де: R – ритм лінії; $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ – тривалості комплексних операцій. Тривалості комплексних операцій складаються із сукупності елементарних операцій: $t_i=t_{i1}+t_{i2}+\dots+t_{in}$. Оскільки елементарні операції мають випадковий характер [1, 2] то і комплексні теж будуть випадковими. Випадковий характер впливатиме на коефіцієнт використання робочого часу кожного робітника чи верстата і величина ритму конвеєра буде випадко-