

Н.М. Цивенкова

аспірант

О.О. Самилін

аспірант

В.В. Іванцов

аспірант

Державний агроекологічний університет

А.А. Голубенко

інженер філії «Житомирська ДБД»

ПОВНІСТЮ ЗРІВНОВАЖЕНА БЕЗШАТУННА ЛІСОПИЛЬНА РАМА З ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЮ СИЛОВОЮ УСТАНОВКОЮ

Наведено результати робіт в напрямку створення повністю зрівноваженої безшатувної лісопильної рами з газогенераторною силовою установкою, які проводяться кафедрою ЗТД ДАУ під керівництвом д.т.н., проф. Лося Л.В., на промисловій базі Російсько-канадської компанії «Wood invest» (Росія, м. Санкт-Петербург).

Постановка проблеми

Серйозну проблему для лісокористувачів Росії та в меншій мірі України складає транспортування продукції. Так, придатний для лісокористування лісовий фонд знаходиться на великій відстані від існуючих доріг. Не вистачає не лише лісовозних, але й автомобільних доріг

© Н.М. Цивенкова, О.О. Самилін, В.В. Іванцов, А.А. Голубенко

* Науковий керівник – д.т.н., професор Л.В. Лось

загального призначення. При цьому в більшій частині регіонів на місцях немає достатньої бази для дорожнього будівництва та ремонту доріг. В питаннях транспортування лісопродукції споживачам виникають проблеми з залізницями. Низькі обсяги заготовки роблять нерентабельною роботу частини залізничних магістралей, що спричиняє закриття окремих віток та відрив лісозаготівельників від споживачів продукції.

В більшості регіонів на неналежному рівні знаходяться постачання електроенергією, паливно-мастильними матеріалами та системами зв'язку.

Проведені нами дослідження показали, що залучення в паливний баланс деревних відходів може повністю задовольнити потребу лісового господарства. Як показує практика, в лісопильному виробництві майже половина сировини а на меблевих підприємствах додатково ще половина пиломатеріалів переходить у відходи. Всі невикористані для технологічної переробки відходи лісозаготовок та деревопереробки можуть використовувати в енергетиці підприємств лісовиробничого комплексу.

Крім того, створення конструкцій невисотних, тобто одноповерхових, повністю зрівноважених лісопильних рам, еквівалентних за продуктивністю потужним двоповерховим лісопильним рамам дозволило б виконувати первинну переробку лісопродукції поблизу лісозаготовок внаслідок відносно простого монтажу такого обладнання.

Вирішення поставленої задачі є цікавим кожному спеціалісту лісопереробки, – і директору лісозаводу, і технологу, і конструктору, – якщо запропонувати методи економічно ефективного та швидкого її вирішення.

Модернізація виробництва – магістральний шлях підвищення продуктивності праці. В лісопильній промисловості він може бути реалізований, в першу чергу, підвищенням продуктивності вже існуючого обладнання лісопильних заводів, а також використанням сучасних верстатів, що, однак, не завжди є можливим через економічні складності. Для мінімізації витрат на практиці часто виключаються капітальні перебудови чи будови нових будівель і споруд. Виробничі будівлі та споруди в більшості випадків морально старіють значно повільніше, ніж верстати та інше технологічне обладнання. Даний факт спонукує до пошуків прийняттого економічного ефекту для модернізації та оновлення обладнання.

Наразі відсутня маловисотна, тобто одноповерхова лісопильна рама, еквівалентна за продуктивністю потужній двоповерховій лісопильній рамі. Існуюча ситуація свідчить про можливість створення такої рами, завдяки появі нових матеріалів, особливо пластмас, які за міцністю конкурують зі сталями, маючи при цьому меншу питому вагу. Головними перевагами такої рами є відносна простота її монтажу і внаслідок повністю зрівноваженого привода «мобільність», тобто можливості пересуватися в міру віддалення лісозаготівок від промислових центрів, є особливо актуальним як для України, так і для сусідніх країн, таких як Росія,

Білорусія і т.д. Додаткові переваги нової рами – покращення чистоти поверхні, зменшення товщини пропилу та відсутність необхідності в нафтопохідних паливах та електрогенеруючих машинах в неелектрифікованих віддалених районах лісозаготовок. Отже, економічні вигоди від її використання будуть досягнуті найбільш ефективно із мінімальними капітальними витратами.

Аналіз останніх досліджень

У лісопильних цехах останнім часом виникла або, точніше, – підсилилася своєрідна «конкуренція» між використанням лісопильних рам і стрічкопильних верстатів для розпилювання колод. У цей час серійно випускаються лісопильні рами (наприклад, двоповерхова одношатунна рама типу 2Г75), які мають ряд важливих переваг: високу продуктивність (що перевершує в 3–4 рази стрічкопильне устаткування в розрахунку на довжину пропилу); підвищену геометричну точність отриманих пиломатеріалів при розпилі з «брусуванням»; меншу трудомісткість при заточуванні й іншій підготовці пил до роботи; менші витрати на зарплату через нижчу кваліфікацію обслуговуючого персоналу; лісопильні рами дешевше стрічкопильних верстатів, що в розрахунку на один кубометр пилопродукції дає менші відрахування на амортизацію; різальний інструмент пилорам працює довше стрічкового (пилінні стрічки повинні «відпочивати» після кожних 2–4 годин роботи, що вимагає створення значних запасів інструмента). Вище зазначені переваги кращих конструкцій пилорам дозволяють домогтися більшої економічної ефективності лісопильного виробництва.

При розпилюванні дорогих, як правило твердолистяних порід дерев і, особливо, колод більших діаметрів, перевагу віддають колодопильним стрічковим верстатам, через можливість більш тонкого пропилу. Вони забезпечують помітну економію деревини при розпилюванні на тонкі дошки, а також дають можливість одержувати більш раціональний розкрій (при необхідності обліку внутрішніх і зовнішніх дефектів кожної конкретної колоди). Але при цьому стрічкопильні верстати мають ряд істотних недоліків [1]: порівняно низьку продуктивність і високу складність підготовки інструмента. Для збільшення продуктивності стрічкових верстатів доводиться використовувати широкі пилки й збільшувати число верстатів лінії. Даний факт веде до збільшення експлуатаційних витрат, оскільки окрім заточення й розведення зубів, підготовка широких пилок вимагає вальцювання, плющення, наплавлення твердосплавних пластинок або сателіта. Для цього потрібна спеціальна заточувальна ділянка з високоточним устаткуванням і висококваліфікованим персоналом. Істотною проблемою при використанні стрічкопильних верстатів є створення хвилеподібного пропилу при

переробці свіжозрізаного лісу з вологістю більше 70%. Налипання смол і погіршення видалення ошукрок призводять до зупинки верстатів.

Разом з тим, дослідження показують, що можливості лісопильних рам ще далеко не вичерпані за продуктивністю, зменшенням товщини пропилу й підвищенням якості пиломатеріалів.

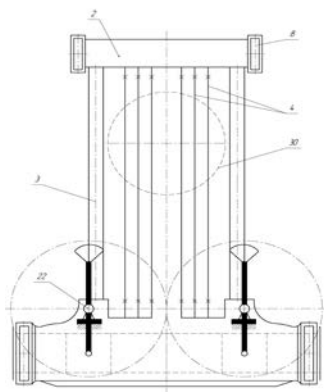


Рис. 1.

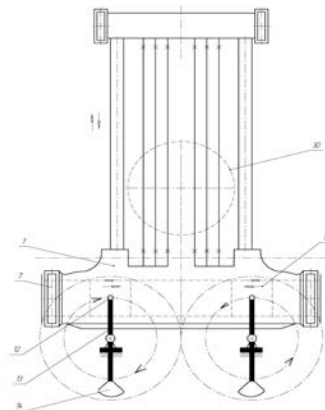


Рис. 2.

У даному випадку доцільно зупинитися на досить перспективній конструкції лісопильних рам. При виконанні їх безшатунними, з повністю динамічно зрівноваженим приводом пильної рамки, можна одержати таку ж високу продуктивність, як і при використанні потужних двоверхових рам. Але висота безшатунної рами буде одноверховою і її можна ставити замість наявних одноверхових рам (особливо замість застарілих), причому використовують фундаменти останніх. Безшатунна рама дозволяє підвищити продуктивність одноверхових лісопильних цехів. Відомо що саме лісорами є устаткуванням, яке визначає продуктивність цеху. Ні круглопильні верстати (ейджери, тримери), ні конвеєри, як правило, не

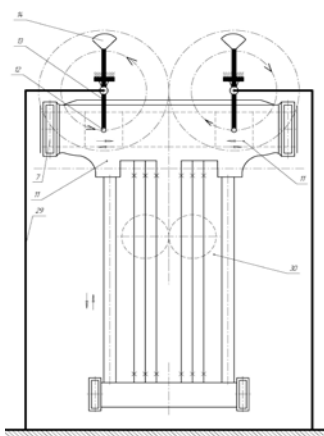


Рис. 3

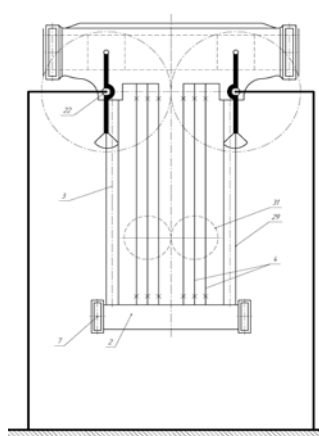


Рис. 4

стримують технологічний потік. Суть конструкції безшатунної лісорами полягає в тому, що в ній використано певним чином орієнтований кулісний механізм. Кулісні механізми вже давно застосовуються, наприклад, у стругальних металообробних верстатах, причому в дуже потужних, де в момент початку стругання фактично виникає удар. Робота цих верстатів досить надійна. У конструкції пильної рамки пилорами застосовані сучасні матеріали – легкі й міцні. У конструкції безшатунної пилорами можуть бути застосовані нові структурні критерії машинознавства за складанням, ремонтпридатністю, функціональною насиченістю та уніфікацією (критерії Лося), які вже випробувані й дали позитивні результати в різних конструкціях.

Завданням нашого дослідження було звернути увагу спеціалістів, що нова ефективна лісорамма вищевказаного типу може бути сконструйована і виготовлена вже зараз, причому в стислі терміни.

В цій лісорамі можуть бути використані нові структурні машинознавчі критерії складання, ремонтпридатності, функціональної насиченості та уніфікації (критерії Лося), які вже апробовані та дали позитивні результати в різних конструкціях.

Об'єкт дослідження

Конструкції сучасних одно- та двоверхових лісорам.

Предметом дослідження є методика конструктивної оптимізації лісорам.

Методика досліджень

- 1) Методи емпіричного дослідження (спостереження, порівняння, експеримент);
- 2) методи теоретичного дослідження (перехід від абстрактного до конкретного, абстрагування, аналіз та синтез, індукція, дедукція, моделювання).

Результати досліджень

На рис. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 показані основні фрагменти конструкції маловисотної, безшатунної, повністю зрівноваженої одноверхової лісорами, продуктивність якої відповідає продуктивності двоверхової одношатунної рами. Тут ми порівнюємо враховуючи широкопросвітну раму у більш технологічно прийнятну. Універсальним буде наступний технологічний потік при середніх і більших діаметрах колод: спочатку здвоєний стрічкопильний верстат для одержання двох пластів бруса, потім широкопросвітна безшатунна лісорамма, що зможе розпилювати на дошки й бруси товстомір, або розпилювати по два-три двоконтатні бруса з колод середніх діаметрів.

На рис. 1 схематично зображена лісорамка з розташуванням пильної рамки в нижній, а на рис. 2 – у верхній "мертвих" точках. Привод рами розташований під пильною рамкою.

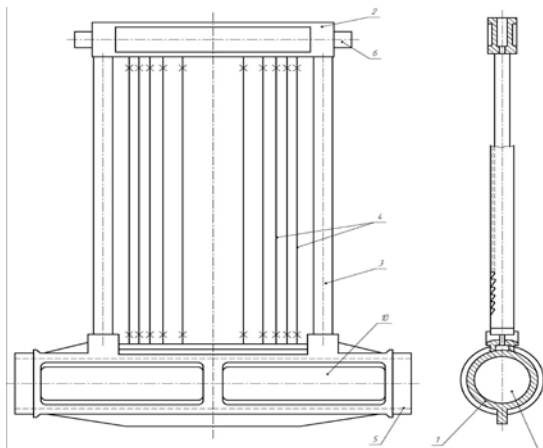


Рис. 5.

На рис. 3 і 4 схематично зображений, також у двох крайніх положеннях пильної рамки, конструкційний варіант лісорами із приводом, розташованим над пильною рамкою. Верхнє розташування привода можливе через повне динамічне зрівноважування пильної рамки. Застосування рам з верхнім розташуванням привода може бути дуже вигідним економічно – при установці безшатунної рами на фундамент звичайної одноповерхової лісорами. Верхнє розташування привода ініціює ряд нових цікавих конструкторських рішень.

На рис. 5 показана пильна рамка у двох проекціях; на рис. 6 і 7 – деякі варіанти з'єднання коливальної пильної рамки із кривошипам.

На рис. 8, 9, 10 зображений конструкційний варіант з'єднання пильної рамки й кривошипів каретками з роликами й роликотідшипниковим катком. Тут також, з метою зрівноважування сил інерції й моментів сил інерції, кривошипам із противагами, зубчастим колесам (передатне відношення яких дорівнює одиниці) і маховикам дано обертання в протилежних напрямках і з однаковою швидкістю. На рис. 8 схематично показаний головний вид конструкції; на рис. 9 – вид збоку; на рис. 10 – вид зверху, причому на рис. 10 кривошипи показані повернутими на 90^0 щодо головного виду, щоб підкреслити зрівноважування сил і моментів сил інерції.

Це конструкційне виконання найбільше підходить до пилорам, привід яких розташований зверху.

Безшатунна лісопильна рама включає нижню 1 і верхню 2 поперечини, вертикальні стійки 3 пильної рамки, пилки 4, цапфи 5 і 6, на яких перебувають повзуни 7 і 8 напрямні пильної рамки, циліндричний отвір 9

із двома вікнами 10, два повзуни 11. Останні розташовані на пальцях 12 кривошипів 13 із противагами 14 і складаються із двох половинок 15 і 16, що розтискаються уздовж пальців 12 пружинами 17, що мають антифрикційні покриття 18.

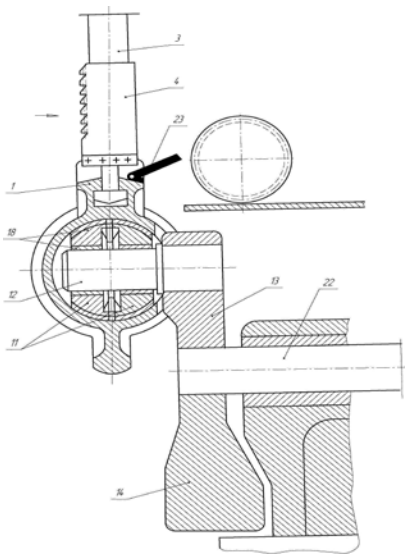


Рис. 6.

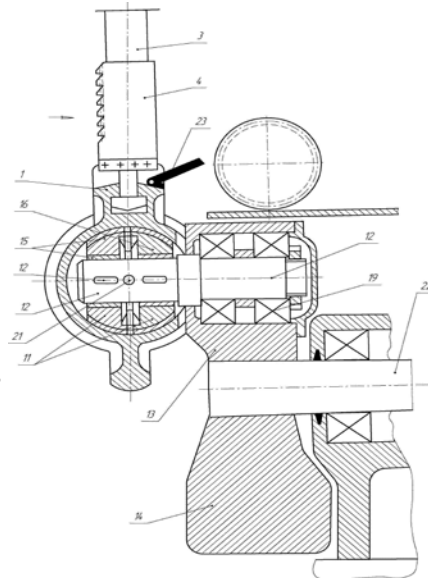


Рис. 7.

Лісорама містить також підшипники кочення 19, шпонки 20, канал 21 для змащення, корінні вали 22, зв'язані між собою зубчастими колесами 24 з передаточним відношенням, рівним одиниці, і захисний козирок 23. Рівномірність ходу забезпечується наявністю маховиків 25. Для витримування необхідної точності виготовлення й роботи механізму зубчасті колеса 24 доцільно нарізати парами й цією ж парою ставити в один механізм.

При роботі лісорильної рами обертання одного з валів 22 передається кривошипам 13 і противагам 14, які обертаються в протилежних напрямках. Так як пальці й противаги розташовані діаметрально протилежно, то за умови рівності моментів сил інерції пильної рамки й моментів сил інерції противаг щодо осей обертання, досягається повне зрівноважування вертикальних і горизонтальних сил інерції й моментів сил інерції.

Пильна рамка 26 конструктивного варіанта, зображеного на рис. 8, 9, 10, має поздовжні пази, у яких рухаються каретки 27, зв'язані через пальці 12 із кривошипами 13. На пальцях 12 перебувають також роликотпідшипникові катки, які переміщуються поступально уздовж поперечки й взаємодіють з поперечкою 26. Через ведений шків 28, наприклад клинопасовою передачею, механізм приводиться в рух.

Вузли лісорами кріпляться на станині 29. Лісорамка може розпилювати колоди 30 або двоконтактні бруси 31, причому бруси по два або по три відразу (у широкопросвітному варіанті рами).

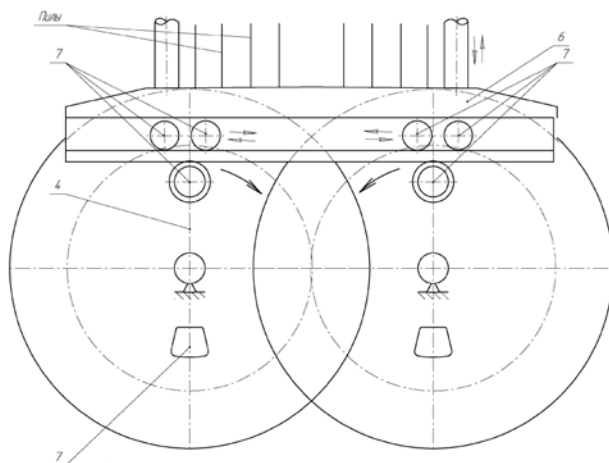


Рис.8.

Відвід зубів пил від дна пропила на холостому ходу в першому варіанті здійснюється коливанням пильної рамки щодо осі поперечки 1.

Це забезпечується наявністю поздовжнього циліндричного отвору 9 у поперечці 1 і розташуванням в ньому повзунів 11. Козирок 23 призначений для захисту від потрапляння ошурок усередину поперечини 1.

Варто коротко зупинитися на нових матеріалах, які можуть бути використані в конструкції пилорам.

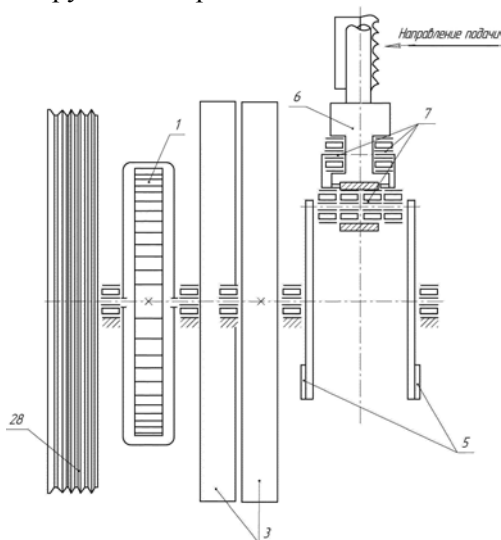


Рис. 9.

Поряд із зрівноважуванням сил інерції й моментів сил інерції, кардинальним шляхом поліпшення параметрів лісорам є зниження ваги пильних рамок. Це дозволяє збільшити число ходів пильної рамки та відповідно продуктивність лісорами в цілому.

Зниження ваги пильної рамки досягається, наприклад, використанням титанових сплавів, відомих своєю легкістю. Титанові сплави за абсолютною, і особливо, за питомою міцністю (відношенням міцності до щільності) перевершують сплави заліза, а за корозійною стійкістю їх можна порівняти зі сплавами благородних металів. За даними іноземних фірм витрати від щорічних простоїв устаткування в промисловості становлять 15% загальних річних збитків, а 80% загального часу простоїв становлять втрати робочого часу внаслідок поломок устаткування, зумовлених корозією. Для пильної рамки найбільше підходить сплав VT20L.

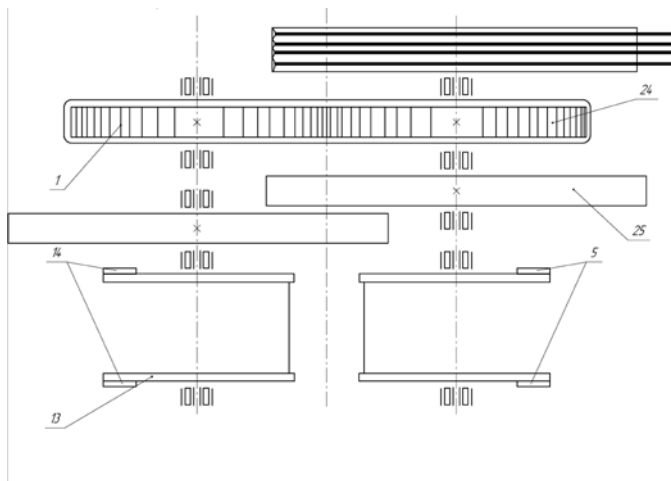


Рис. 10

У конструкції пилорами можуть бути також використані полімерно-композиційні матеріали. Пластмаси дуже перспективні й цікаві в першу чергу тому, що їх питома вага на одиницю міцності в 7–8 разів менша, ніж у сталі. Кожний кілограм пластмаси, який замінив сталеву деталь, знижує масу виробу мінімум на 1–1,2 кг. Сучасні конструкційні полімери придатні для виготовлення не тільки малонавантажених деталей рами, але й для деталей, наприклад, електродвигуна приводу. Ці пластмаси витримують плюсові температури до 130⁰ С, а також мінусові температури, знакозмінні навантаження й досить стійкі до корозії.

Для забезпечення енергетичної незалежності пилорами була розроблена газогенераторна силова установка (рис. 11). На силові потреби приводу пилорами вона споживає менше 10% від вироблених деревних відходів, решта яких може бути використана для силових чи енергетичних

потреб споживача. Це дозволяє значно підвищити рентабельність пилорами в місцевості, віддаленій від централізованих паливо-розподільних мереж та енергоцентралей, що часто характерно для районів лісозаготівлі.

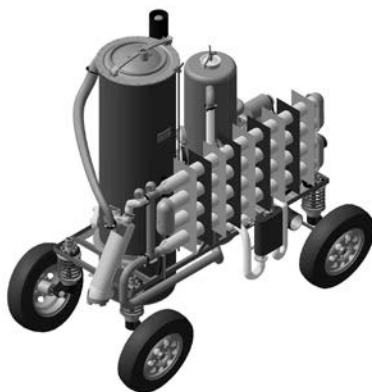


Рис. 11.

Економічні аспекти впровадження безшатунних рам

Лісопереробні цехи, побудовані на базі одноповерхових лісопильних рам, здебільшого працюють на грані рентабельності. Представлене нижче дослідження показує, що розроблений нами варіант модернізації таких цехів має кращі економічні показники. У табл. 1 наведені основні параметри типових лісопильних рам старого парку. Заміна малопродуктивних одноповерхових лісорам на високопродуктивні двоповерхові, змушує перебудовувати цех і споруджувати могутніший фундамент, який необхідний двоповерховій рамі. В результаті, необхідні для реалізації проекту інвестиції мають багаторічний термін окупності. Фактична продуктивність широкопросвітної рами РД110-2 досягає розпилу вхідної сировини 280–330 м³ у зміну. [2]. Це перевищує продуктивність одноповерхових рам в 4–8 разів. Нова безшатунна рама (умовно позначимо її МР110) за продуктивністю дорівнює рамі РД110-2. Таким чином, установка рам МР110 на фундаменти одноповерхових рам типу Р65, Р65-2, Р63-4Б и т.п., надасть можливість без капітальних вкладень на переустаткування цеху підвищити продуктивність потоку в 4 і більше разів.

Створення рами МР110 можливе також шляхом запозичення частини вузлів і деталей старих рам: стійок пильної рамки, боковин станини, маховиків, вузлів подачі, вальців, візків, рейкових шляхів і ін. Це дасть додаткову економію витрат і знизить строки впровадження.

Безшатунна, повністю зрівноважена лісорама забезпечує кращу якість поверхні дощок. Амплітуда коливань рами й фундаменту знижується до рівня стрічкопильних верстатів, тобто усувається шкідливий вплив коливань на якість поверхні дощок і товщину пропилу.

Таблиця 1. Порівняльна таблиця параметрів лісопилних рам

Назва й тип лісопилної рами	Число обертів колінчатого вала, об/хв	Подача, мм/об	Просвіт пильної рамки, мм	Хід пильної рамки, мм	Маса фундаменту, тонн	Найбільше число пил у рамі, шт
Двоповерхова лісопилна рама РД75-2	300	15–45	750	600	115–230	12
Широкопросвітна двоповерхова пилорама РД110-2	235	3,5–27	1100	600	115–230	20
Одноповерхова пилорама Р65-2	250	до 20	650	410	26	10
Маловисотна безшатунна широкопросвітна одноповерхова повністю зрівноважена пилорама МР110	250	3,5–27	1100	400	26	20

Висновки

1. Маловисотна, безшатунна, повністю зрівноважена лісопилна рама має всі передумови стати одним з основних агрегатів у лісопилній галузі. Створення виробничого зразка такої рами не має технічних перешкод.

2. Переваги безшатунної рами, на початковому етапі, можна підсилити за рахунок використання наявних, перевірених практикою конструкцій фундаментів одноповерхових рам, одноповерхових лісопилних цехів. Нова пилорама забезпечує збільшення обсягів випуску продукції на наявних площах більш ніж в 4 рази. Термін окупності проекту модернізації не перевищує одного року.

3. Істотне зниження коливань всієї установки дозволяє підвищити якість пиляння й знизити товщину пропилу до рівня стрічкопильних верстатів. Більша продуктивність і висока якість пиляння лісопилних рам нової конструкції робить їх знову лідером у порівнянні зі стрічкопильними верстатами. Але це не зменшує переваг іншого лісопилного устаткування, що також має високу ефективність, наприклад, фрезерно-брусуючих ліній.

4. Ріст рентабельності виробництва дозволить впровадити на лісопилних підприємствах газогенераторні установки як привода устаткування, так і для транспортних потреб. Це, у свою чергу, дасть додаткову економію ресурсів і вирішить проблему утилізації відходів, зробивши виробничий процес повністю безвідходним.

Перспективи подальших досліджень

Активна робота з реалізації технічних заходів, спрямованих на ефективне використання енергетичних ресурсів та на створення сучасних маловисотних, безштанунних, повністю зрівноважених лісопильних рам є необхідною умовою і запорукою сталого розвитку лісопромислового комплексу.

Література

1. Сирко З.С. Марченко Н.В. Сравнительные достоинства и недостатки лесопильного оборудования //Оборудование и инструмент для профессионалов. – Харьков, 2005.–№5.–С. 12–19.
2. Малахов И.К. Расчёт, конструирование, производство и эксплуатация лесопильных рам. – М.: «Лесная промышленность», 1965. – 438 с.
3. Филькевич В.Я. Динамика лесопильных рам. – М.: «Лесная промышленность», 1968.–240 с.
4. А.с. 128599 СССР. Бесштанунный механизм привода пильной рамки лесопильной рамы / Л.В. Лось; Заявл. 03.09.1959; Оpubл. 1960. Бюл. №10 за 1960г. – С.4.
5. А.с. 361069 СССР, М.Кл. В27в 3/12. Бесштанунная лесопильная рама/Л.В. Лось; Заявл. 24.05.1971; Оpubл. 07.12.1972 Бюл. №1 за 1973.–С.3.
6. Лось Л.В. Теория структуры конструкций технологичных машин и приборов. – Житомир: Житом. сельхоз. ин-т, 1991. – 167 с., ил.
7. Крыжановский В.К., Бурлов В.В. и др. Технологические свойства полимерных материалов. – М.: «Професия», 2003 г. – 400 с.
8. Пластмассы в кузовостроении массового производства. // Автомобилестроение за рубежом. 2000г. №3 С.15.
9. Применение полимерных материалов.// Полимерные материалы. 2000г., №3, С. 1,6; 2000г., №4; С. 1,6; 2000г., №12, С. 5–8; 2001г., №11, С. 11; 2004г., №1, С. 20–24.
10. Тракторное и сельскохозяйственное машиностроение.// Машиностроение Украины, №7, 2004 г. – С.43.