

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ АДАПТОВАНОЇ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

***В.О. Дубровін, Г.А. Голуб, доктори технічних наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України***

***Н.А. Дубчак, кандидат технічних наук
ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»***

***В.В. Теслюк, доктор сільськогосподарських наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України***

Наведено етапи удосконалення, будову та принцип функціонування адаптованих робочих органів викопувальних і очисних транспортно-технологічних систем коренезбиральної машини, яка призначена для одночасного збирання коренеплодів цукрових, кормових, столових буряків і моркви. На основі ідентифікації об'єктів дослідження (існуючих типів копачів і очисників вороху коренеплодів) визначено основні шляхи та принципи розробки, або алгоритм побудови конструктивно-компонувальної схеми адаптованої коренезбиральної машини.

Ворох, коренеплоди, домішки, транспортно-технологічна система, комбінований робочий орган, копач, очисник, адаптована коренезбиральна машина.

Постановка проблеми. Проблема підвищення технічного рівня коренезбиральних машин (КМ), основним критерієм оцінки яких є співвідношення втрат, забрудненості та пошкоджень коренеплодів, залишається особливо актуальною у плані подальшого розвитку вітчизняної коренезбиральної техніки, розвиток виробництва якої в Україні за останні роки практично припинилося.

Характерною сучасною ознакою загальної тенденції процесу збирання великорозмірних коренеплодів, особливо цукрових і кормових буряків, є масштабне застосування однофазних енергозатратних самохідних бункерних комбайнів (СКБ), які поєднують фази збирання (збирання гички, очищення залишків гички, викопування коренеплодів, очищення викопаного вороху коренеплодів від домішок, завантаження коренеплодів в великі кагати на полі або в транспортні засоби) в одну послідовну технологічну операцію, тобто реалізують принцип однофазного збирання коренеплодів.

© В.О. Дубровін, Г.А. Голуб, Н.А. Дубчак, В.В. Теслюк, 2013

У країнах ЄС такими СКБ щорічно збирається до 70 %, а в деяких країнах, наприклад Німеччина, Франція, і значно більше посівних площ коренеплодів цукрових і кормових буряків.

Функціональні схеми таких СКБ не завжди та не в повній мірі відповідають сучасним вимогам показників якості збирання коренеплодів за рахунок існуючих недоліків [1].

При цьому, незважаючи на доволі складні багато вузлові транспортно-технологічні системи (ТТС) робочих органів для викопування та очищення вороху коренеплодів, викопувальні робочі органи (ВРО) подають із викопаними коренеплодами на наступні очисні системи коренезбиральної машини (КМ) недопустимо значну масову кількість ґрунтових домішок (у середньому до 10...15 т з 1 га). Як наслідок – після очищення енергоємними багатоступеневими системами очищення викопаного вороху від домішок з полів вивозиться кількість родючого ґрунту, яка еквівалентна 10...15 см орного шару на площі збирання рівній 100 га [2], незважаючи при цьому, що загальна протяжність (технологічна довжина) очисних поверхонь сягає 8...10 (м) і більше [3].

Сучасні напрямки розвитку КМ передбачають розробку та впровадження в сільськогосподарське виробництво високопродуктивних, енергозберігаючих і технологічно надійних збиральних комплексів та технічних засобів, які є адаптованими до одночасного збирання коренеплодів цукрових, кормових, столових буряків і моркви однією адаптованою коренезбиральною машиною (АКМ). Критеріями відповідності сучасних вимог технологічного процесу роботи АКМ, у першу чергу, є показники якості викопування та сепарації домішок коренеплодів [4].

Проведений аналіз роботи відомих викопувальних і очисних робочих органів КМ показав, що вони значно пошкоджують великорозмірні та втрачають дрібні коренеплоди та не задовольняють показники якості очищення вороху коренеплодів від домішок в умовах надмірної вологості ґрунту.

Крім того, у таких типах копачів і очисників вороху коренеплодів конструктивно та технологічно неможливо поєднати при збиранні одночасно дві технологічні операції – викопування коренеплодів і відокремлення невільних домішок від коренеплодів із одночасним видаленням залишків гички на їх головках [5, 6]. Тому поєднання операції видалення залишків гички на головках коренеплодів одночасно з процесом їх викопування та сепарації вільних домішок, є подальшим кроком розробки, дослідження та впровадження в виробництво ТТС комбінованих робочих органів АКМ.

Аналіз останніх досліджень. Результати, які наведені в працях [7-10 та ін.] цілісно характеризують тільки основні принципи

функціонування ВРО та очисних робочих органів (ОРО) без критеріального аналізу загальних тенденцій та шляхів підвищення інтенсифікацій процесу очищення коренеплодів від домішок, або показників якості роботи АКМ.

Дані дослідження є подальшим розвитком методології та методики технологічних аспектів розробки технологічних процесів функціонування ТТС робочих органів АКМ, які призначенні для збирання коренеплодів.

Мета досліджень. Метою роботи є підвищення техніко-економічних показників технологічного процесу збирання коренеплодів АКМ при задовільних показниках якості їх збирання шляхом розробки та застосування ТТС комбінованих робочих органів АКМ.

Результати досліджень. В умовах України, а особливо в умовах господарювання багатогалузевих фермерських сільськогосподарських підприємств, які вирощують коренеплоди цукрових, кормових, столових буряків і моркви, актуальною техніко-економічною проблемою є окупність реалізації технічно складних і занадто дорогих (від 150 до 350 тис. грн за одиницю) СБК у зв'язку з обмеженими кліматичними термінами їх застосування (біля одного календарного місяця) на незначних площах (особливо кормових і столових буряків і моркви), причому 90 % цих загальних площ коренеплодів ще збирається роздільними дво- або трифазними енергозатратними, економічно-збитковими способами [11].

Значне підвищення ефективності господарювання багатогалузевих фермерських господарств може досягатися не тільки економічним аналізом прибутку, а й передусім такими показниками як: визначення гнучкості використання однієї АКМ відносно збирання різних культур коренеплодів в умовах різних ґрунтових фонів, різних агрофізичних характеристик коренеплодів тощо; циклічності необхідних строків виконання робіт відносно погодно-кліматичних умов, організаційних заходів тощо; сумісності з попередніми технологічними операціями та системами виробництва культури, наприклад, як засоби обробітку ґрунту, посіву, догляду, ширина міжрядь, урожайність тощо.

Використання АКМ, конструктивно-компонувальні схеми яких побудовані на основі застосування адаптованих ВРО і ОРО значно розширить терміни роботи АКМ на протязі року шляхом збирання коренеплодів цукрових, кормових, столових буряків і моркви однією АКМ при стабільних агротехнічних показниках якості роботи, що призведе до зростання техніко-економічної ефективності виробництва коренеплодів. В основу вирішення наукової проблеми підвищення техніко-експлуатаційних і агротехнологічних показників

якості роботи АКМ покладено гіпотезу про можливість значного розширення діапазону і строків застосування машин для збирання коренеплодів шляхом розробки та обґрунтування параметрів і загальних конструктивно-технологічних принципів і аспектів використання АКМ, побудованих на основі розробки та дослідження її ТТС адаптованих комбінованих робочих органів.

Розробка, або алгоритм побудови конструктивно-компонувальної схеми АКМ повинен базуватися на застосуванні в її функціональній схемі основних адаптованих ТТС - адаптованого викопувального транспортно-очисного комбінованого робочого органу (АВТОКРО) та адаптованого транспортно-очисного комбінованого робочого органу (АТОКРО), які являють собою моноблочні викопувальні та очисні ТТС комбінованих ВРО і ОРО, принципи функціонування яких ґрунтуються на загальних властивостях технологічного процесу роботи адаптерів багатофункціонального (в деякій мірі універсального) типу, їх призначення та способів застосування під час збирання коренеплодів.

Різноманітність конструктивних схем ВРО і ОРО КМ в прямій залежності тісно пов'язана, як із технологічними процесами збирання, так і з конструктивно-технологічними вимогами до показників якості збирання різних культур і сортів коренеплодів, основними із яких є показники якості викопування коренеплодів і їх очищення від домішок.

Велика кількість створених конструкцій робочих органів, вузлів та компонентів схем викопувальних і очисних пристроїв потребує диференційованого підходу при виборі, розрахунку, проектуванні, дослідженні та впровадженні нових розробок у виробництво. Тому класифікований підхід з урахуванням особливостей робочих органів, схем їх компонентування і способів функціонування, забезпечить можливість проведення аналізу і синтезу необхідної конструктивно-технологічної схеми адаптованих ВРО і ОРО, або в цілому конструктивно-компонувальної схеми АКМ для конкретних умов експлуатації.

Критеріями обґрунтування адаптивних ВРО і ОРО повинні бути покладені загальні основні принципи оптимізаційних властивостей подібності агрофізичних характеристик коренеплодів і функціонування технологічного процесу викопування та очищення коренеплодів від домішок, а також основні технологічні аспекти можливої адаптації сільськогосподарських машин [12].

Загальні принципові недоліки роботи існуючих і технічно реалізованих типів ВРО (лемішних, вилкових, дводискових, вібраційних) і ОРО (транспортних, шнекових, лопатевих, турбінних), якими в основному обладнують навісні, причіпні та

самохідні КМ, СБК наступні:

- для ВРО: відносно значна секундна подача вільного та налиплого на поверхні тіла коренеплодів ґрунту (7...10 кг/с), залишків гички на головках коренеплодів (від 0,5 до 1,5 кг/с) із одного погонного метра рядка при робочій швидкості КМ 1,6 м/с, цьому до 70 % від загальної кількості складає маса вільного та налиплого ґрунту, до 10 % – залишків гички на головках коренеплодів, що призвело до збільшення протяжності та конструктивної складності очисних ТТС [3, 13];

- для ОРО: відносно значна, як відсоткова (до 3 % відносно маси коренеплодів), так і масова кількість налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів, а також відсоткова (від 0,5 до 1,5 % відносно маси коренеплодів) та масова кількість залишків гички на головках коренеплодів, що значно знижує залежно від культури, або в одному випадку, якість цукрової сировини та вихід цукру, або в іншому випадку – термін зберігання продукції. Крім того, разом із зібраними коренеплодами з полів вивозиться в середньому від 1,5...3,0 % родючого ґрунту залежно від урожайності культури [3, 14]. Аналіз конструктивно-технологічних процесів роботи КМ показав, що об'єктивною причиною технологічної недосконалості роботи існуючих ВРО і ОРО є те, що в них конструктивно та технологічно якісно неможливо одночасно поєднати під час збирання дві технологічні операції в одну – викопування та очищення вороху коренеплодів із одночасним видаленням залишків гички на їх головках, а також те, що очищення коренеплодів від домішок відбувається в одному технологічному потоці, коли коренеплоди і домішки пересуваються по поверхні очисних робочих органів у одному повздовжньому або поперечному напрямках, що значно утруднює процес відокремлення різного роду домішок від коренеплодів.

Пошук більш радикальних шляхів підвищення технологічної надійності роботи лемішних і вилкових копачів коренеплодів за рахунок збільшення активності їх робочих поверхонь було досягнуто за рахунок надання лемішним копачам коливних рухів, або вилковим копачам – обертального руху, що в суттєво підвищило повноту викопування і інтенсивність кришення грудок.

Найбільш універсальними вважаються дводискові копачі, характерною ознакою яких є вертикальне розташування двох сферичних дисків, при цьому вертикальні осі дисків утворюють кут розвалу, а горизонтальні – кут атаки.

Дводискові викопуючі робочі органи задовільно збирають коренеплоди у широких ґрунтово-кліматичних умовах: у порівнянні з лемішними або вилковими копачами, мають більш високу

грунтоподрібнюючу здатність; не втрачають працездатність при роботі на ділянках поля з підвищеною вологістю ґрунту та забур'яненістю посівів, мають значно більший ресурс напрацювання.

Дводискові копачі мають один суттєвий недолік – защемляють незруйновані грудки та подають їх на наступні системи машини, чим значно знижують, встановлені агротехнічними вимогами, показники якості роботи. Крім того, аналогічно до лемішних і вилкових копачів, у існуючих дводискових копачах конструктивно та якісно технологічно неможливо поєднати при збиранні одночасно дві технологічні операції – викопування коренеплодів із одночасним видаленням залишків гички на їх головках, незважаючи на всі інші конструктивні недоліки:

Із всієї різновидності копачів, однодискові сферичні, або так званий «євродиск» (рис. 1а), мають просту конструкцію, є найменш метало- та енергомісткими порівняно з іншими типами копачів, мають широкий спектр застосування для викопування коренеплодів при задовільних показниках якості їх роботи. Вісь обертання 2 сферичного диска 1 копача утворює кут атаки α в горизонтальній площині відносно осі рядка коренеплодів [15].

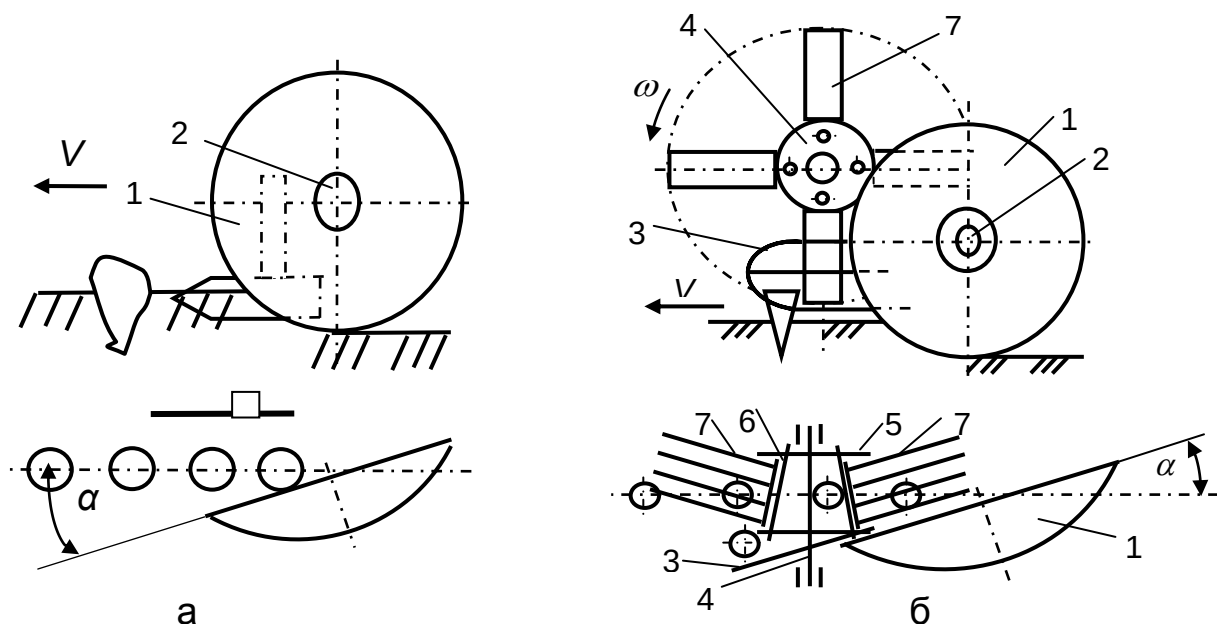


Рис. 1. Схеми ВРО: а – однодискового копача; б – базового Автокро.

Суттєві недоліки їх роботи, які полягають у незадовільному заглибленні робочої кромки диска в ґрунт при понижень вологості

ґрунту, відсутності, одночасного з викопуванням коренеплодів видалення залишків гички на їх головках, можуть прогнозовано усуватися подальшим конструктивно-технологічним удосконаленням даного типу копача.

Підвищення технологічних показників і показників якості роботи існуючих копачів коренеплодів, а в загальному – всієї АКМ, вирішується застосуванням базового варіанту АВТОКРО (рис. 1б), або додатковим установленням у передній зоні роботи сферичного диска 1 корененапрямляча 3 та горизонтального очисного вала 4, на якому радіально закріплено фланці 5. Між фланцями по їх колу послідовно встановлено паралельні осі 6, які повернуті відносно осі очисного вала під гострим кутом. На паралельних осях шарнірно закріплені секції плоскі пружні лопаті 7. Під час руху АВТОКРО, корененапрямляч 3 зміщує, попередньо вибиті під час зрізування гички робочими органами гичкозбиральної машини коренеплоди із рядка до його центру, а сферичний диск 2 викопує коренеплоди. Одночасно з викопуванням коренеплодів сферичним диском, за рахунок обертання очисного вала, плоскі пружні лопаті контактують з головками коренеплодів, очищуючи їх головки від залишків гички на них за рахунок їх контактної взаємодії з залишками гички. Поворот паралельних осей на гострий кут відносно осі очисного вала дозволяє плоским пружним лопатям наносити удари по головкам коренеплодів збоку рядка, що покращує очищення різновисоких коренеплодів, при цьому високий коренеплід не прикриває низький коренеплід від косого удару. Крім того плоскі пружні лопаті також взаємодіють ще із грудками ґрунту, при цьому відбувається руйнування грудок ґрунту та проштовхування викопаного вороху коренеплодів на наступні адаптовані ТТС, що підвищує технологічні можливості АКМ [16].

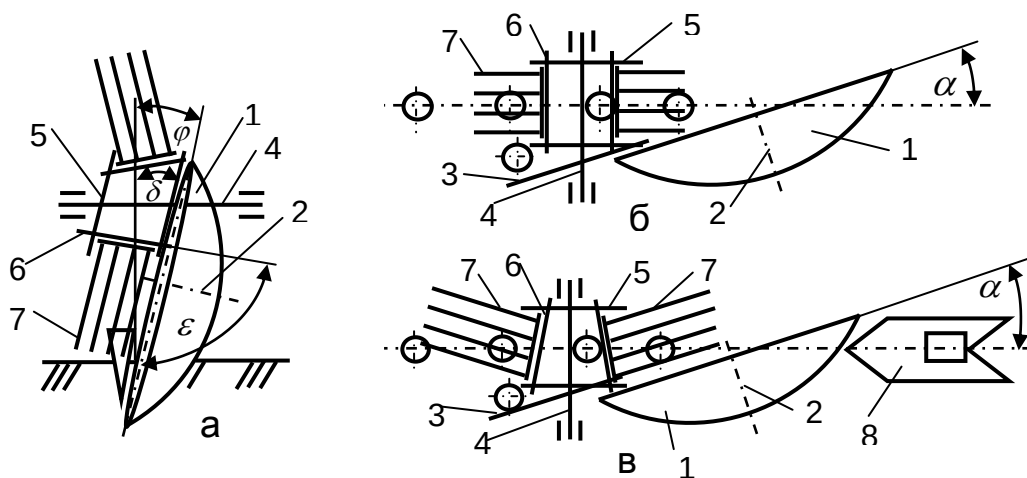


Рис. 2. Схеми Автокро.

Під час викопування коренеплодів в умовах сухого твердого ґрунту відбувається пошкодження хвостової частини коренеплодів внаслідок їх злому за рахунок недостатньої вертикальної сили виштовхування коренеплодів, що призводить до їх значних втрат. Для усунення злому хвостової частини коренеплодів або їх втрат, сферичний диск 1 (рис. 2а) встановлюють під гострим кутом φ , а фланці 5 – під кутом δ до вертикальної площини, при цьому вісь 6, яка займає на фланці крайнє нижнє положення, утворює з площиною, яка проходить через лезо сферичного диска кут ε , рівний або близький 90^0 . Односторонній сферичний диск 1 викопує коренеплоди шляхом підймання їх вгору за рахунок виникаючої при цьому додаткової проекції бокової сили виштовхування, яка спрямована на вертикальну площину. У момент удару плоских пружних лопатей 7 по головці коренеплоду відбувається їх поворот навколо своїх осей 6 і в площині удару за рахунок встановлення фланців 5 під кутом φ до вертикалі та повернутими осями на кут відносно осі вала 4. Тому що осі в нижньому положенні перпендикулярні площині, яка проходить через лезо сферичного диска, або нахилені до неї під кутом, близьким до прямого, то плоскі пружні лопаті в нижньому положенні паралельні цій площині та не контактують з поверхнею сферичного диска, що знижує їх зношення [17]. Для підвищення ступеня відокремлення залишків гички з головок коренеплодів, особливо цукрових буряків і моркви та ступеня руйнування грудок ґрунту, за рахунок збільшення сили контактної взаємодії (сили прямого центрального удару) плоских пружних лопатей по головці коренеплодів і грудкам ґрунту, паралельні осі 6 (рис. 2б), які розміщено на фланцях 5 горизонтального очисного вала 4 та на яких закріплено плоскі пружні лопаті 7, встановлюють паралельно осі обертання очисного вала. Одночасно з викопуванням коренеплодів, за рахунок обертання очисного вала, плоскі пружні лопаті взаємодіють з головками коренеплодів і грудками ґрунту, при цьому відбувається прямий удар плоских пружних лопатей із наступним видаленням залишків гички з головок коренеплодів і руйнуванням грудок ґрунту [18].

Для викопування коренеплодів, які глибоко залягають відносно поверхні ґрунту (цукрові буряки, деякі сорти моркви) застосовують розрихлювачі 8, встановлені позаду ходу сферичного диска 1 (рис. 2в), які можуть бути виконані у вигляді культиваторної лапи або долота. У процесі роботи розрихлювач 8, переміщуючись вперед, попередньо підкопує коренеплоди, при цьому порушуються зв'язки коренеплодів з ґрунтом, тобто відбувається попереднє кришення пласта ґрунту. Коренеплоди, зв'язок яких з ґрунтом порушується, далі легко викопуються із розкришеного ґрунту сферичним диском 1

і зміщуються ним у напрямку площини, яка проходить через лезо сферичного диска. При цьому маємо можливість вглиблювати сферичний диск до раціональної глибини з таким розрахунком, щоб не втрачати коренеплоди та подавити на адаптовані очисні ТТС АКМ мінімум ґрунту та рослинних домішок [19].

Пошук більш радикальних шляхів підвищення технологічної ефективності роботи очисних систем вороху коренеплодів шляхом збільшення активності їх робочих поверхонь було досягнуто за рахунок розмежування в процесі очищення вороху руху базових потоків коренеплодів і домішок на два взаємно перпендикулярні напрямки, яке реалізовано на основі застосування комбінованого очисника вороху [20], який складається з подавального горизонтального пруткового транспортера 1 (рис. 3) та встановленого із зазором над прутками 2 та перпендикулярно напрямку швидкості руху V_{mp} робочої гілки горизонтального транспортера відвідного шнека 3. Відвідний шнек виконаний у вигляді труби 4, на поверхні якої по гвинтовій лінії встановлено спіральні витки 5. Відвідний шнек обертається зустрічно напрямку руху подавального пруткового транспортера з кутовою швидкістю ω .

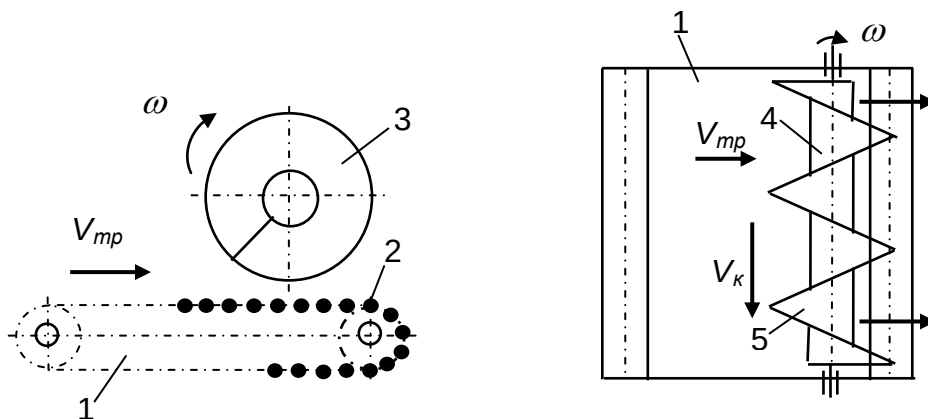


Рис. 3. Схема комбінованого очисника.

При подачі вороху до шнека, складовими компонентами якого є коренеплоди з налиплим ґрунтом і залишками гички на їх головках і без них, вільні ґрунтові та рослинні домішки відбувається заповнення ворохом простору між спіральними витками шнека та простору між шнеком і робочою гілкою подавального транспортера. Спіральні витки шнека, взаємодіючи з коренеплодами, пересувають їх в бік, тобто знімають їх з подавального транспортера, при цьому відбуваються випадки співудару грудок ґрунту з гвинтовою поверхнею шнека. Грудки землі руйнуються і весь сипкий ґрунт і дрібні рослинні домішки просіюються в отвір між прутками

подавального транспортера, а не просіяні – сходять з нього, проходячи через зазор між витками шнека і робочою гілкою подавального транспортера.

Принциповим загальним недоліком роботи даного та технічно реалізованого типу комбінованого очисника залишається значна кількість ґрунтових і рослинних домішок, при цьому до 70 % від їх загальної кількості складає маса вільного та налиплого ґрунту, до 10 % - залишків гички на головках коренеплодів.

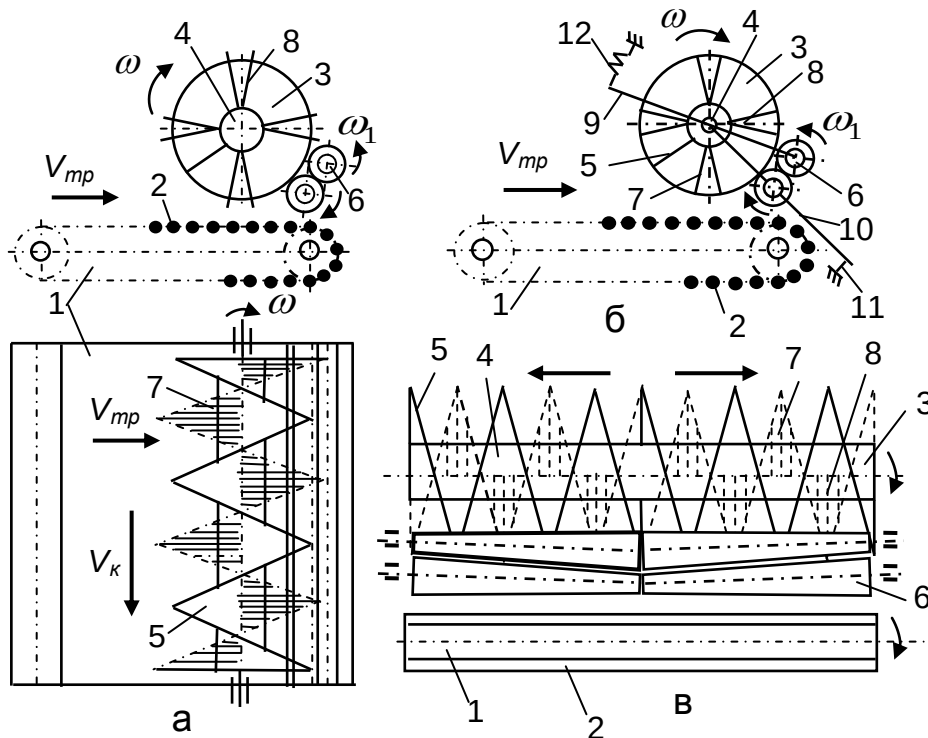


Рис. 4. Схема базового Атокро.

Підвищення показників якості роботи комбінованих очисників вороху коренеплодів, а в загальному – всієї АКМ, вирішується застосуванням базового варіанту Атокро (рис. 4а), або додатковим встановленням за шнеком 3, в сторону вихідного кінця горизонтального подавального транспортера 1 пари приводних циліндричних відминальних вальців 6, які встановлені один над одним і над подавальним транспортером на деякій відстані від прутків 2 робочої гілки. Відминальні вальці обертаються назустріч один одному з кутовою швидкістю ω_1 . Крім того на трубі 4 шнека по гвинтовій лінії змонтовано очисні пружні елементи 7, які набрані із пучків ворсу 8. Напрямок навивання гвинтової лінії спіральних витків 5 і очисних пружних елементів, встановлених на трубі 4 шнека, зустрінний [21].

Коренеплоди без залишків гички на їх головках і з її залишками та налиплим ґрунтом на поверхні тіла коренеплодів, а також непросіяні домішки переміщуються витками шнека уздовж осей обертання спіральних витків, очисних пружних елементів і відминальних вальців. Зазнаючи підпирання зі сторони нової подачі вороху, який надходить по робочій гільці подавального транспортера та за мірою його пересування до відминальних вальців відбувається зтягування залишків гички на головках коренеплодів і рослинних домішок між поверхнями відминальних вальців у силу їх зустрічного напрямку обертання. Пройдені між вальцями рослинні домішки поступають на вихідний кінець подавального транспортера. Залишки гички на коренеплодах, зазнаючи подвійної дії зусиль втягування робочими поверхнями відминальних вальців і переміщення коренеплодів витками шнека вздовж його осі обертання, відділяються від головки коренеплодів методом відминання та аналогічно всім домішкам виносяться подавальним транспортером за його межі. Крім того, очисні пружні елементи приводного взаємодіють на тіло коренеплодів, очищаючи при цьому їх поверхню від налиплого ґрунту та в силу їх зустрічного обертання відносно руху спіральних витків шнека переміщують рослинні домішки в протилежному напрямку вивантажувальної зони очисника, тобто в сторону протилежну руху коренеплодів, збільшуючи час знаходження домішок на робочій гільці подавального транспортера.

Таким чином, покращення технологічного процесу очищення коренеплодів від домішок, особливо відокремлення налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів і залишків гички з їх головок, досягається в першому випадку шляхом динамічної дії пружних очисних елементів, які змонтовані на трубі шнека на компоненти домішок вороху коренеплодів, а в другому випадку – зтягуванням залишків гички між робочі поверхні відминальних вальців.

Для підвищення надійності роботи АТОКРО та ступеня відокремлення залишків гички з головок коренеплодів за рахунок усунення технологічних зупинок під час попадання інородніх тіл у зазор між нижнім відминальним вальцем і робочою гілкою пруткового транспортера у першому випадку та збільшення сили контактної взаємодії (притискання) робочих поверхонь відминальних вальців у другому випадку, відминальні вальці 6 (рис. 4б) встановлені на шарнірно закріплених верхньому 9 та нижньому 10 важелях, шарніри яких закріплені на кінцях вала шнека та співвісні з ним. Поворот нижнього важеля обмежений встановленими упорами 11, а верхній відминальний вілець за рахунок пружини 12 виконаний підпружиненим відносно нижнього відминального вальця [22].

При попаданні каменів або твердих предметів між транспортером і нижнім відминальним вальцем відбувається одночасний поворот вверх відминальних вальців на шарнірних важелях, долаючи опір пружини. Зазор між нижнім відминальним вальцем і робочою гілкою транспортера стає рівним висоті інородніх тіл, які вільно проходять через даний зазор і виносяться транспортером за межі очисника, а вальці повертаються в початкове положення, при цьому нижній важіль упирається в упор.

Крім того підвищення технологічної ефективності процесу відокремлення рослинних домішок відбувається за рахунок виконання шнека 3 (рис. 4в) двосекційним, при цьому напрямок навивання спіральних витків 5 однієї секції протилежний напрямку навивання спіральних витків іншої секції та спрямований у сторону відповідних вихідних кінців шнека. За кожною секцією двосекційного шнека, в сторону вихідного кінця подавального транспортера 1, розмішена пара приводних відминальних вальців 6, які встановлені консольно один над одним і над подавальним прутковим транспортером. Кожен приводний відминальний валець відповідної пари виконаний у формі усіченого конуса, причому конуси розташовані один над одним, відповідно, великою та малою основами [23].

Для інтенсифікації процесу відокремлення налиплого ґрунту з поверхні тіла коренеплодів запропоновано удосконалену конструкцію Атокро, конструктивна схема якої наведена на рис. 5 [24].

На відміну від базового Атокро (рис. 4а, б) приводний шнек 3 виконаний у вигляді пустотілого гвинтового циліндра змонтованого консольно на опорах 4 шнека. Витками 5 шнека є навита по гвинтовій лінії труба 6 круглого перерізу, яка закріплена збоку опор шнека на фланці 7. Шнек за допомогою веденої зірочки 8 приводу 9 шнека обертається назустріч руху подавального транспортера з кутовою швидкістю ω . В порожнині пустотілого гвинтового циліндра шнека розміщено приводний очисний вал 10 на трубі 11 якого по гвинтовій лінії закріплено очисні пружні елементи 12, причому очисний вал змонтовано консольно на опорах 13 очисного вала, які розміщені з протилежного боку консольних опор шнека. Очисний вал за допомогою веденої зірочки 14 приводу 15 очисного вала обертається назустріч руху шнека з кутовою швидкістю ω_2 . За шнеком, аналогічно попереднім АТОКРО, встановлена пара відминальних вальців 16. За рахунок виконання окремих приводів, відповідно, шнека і очисного вала можна незалежно один від одного регулювати числові значення кутових швидкостей обертання гвинта ω і очисного вала ω_2 , тобто встановлювати незалежно від кутової

швидкості обертання шнека більшу кутову швидкість обертання очисного вала, що значно підвищує очисний ефект відокремлення налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів.

Таким чином, інтенсифікація технологічного процесу очищення коренеплодів від домішок, особливо відокремлення налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів, досягається шляхом динамічної дії очисних пружних елементів, які змонтовані на трубі приводного очисного вала на компоненти домішок вороху коренеплодів за рахунок можливості встановлення необхідної кутової швидкості обертання приводного очисного вала ω_2 при раціональному значенні кутової швидкості обертання шнека ω .

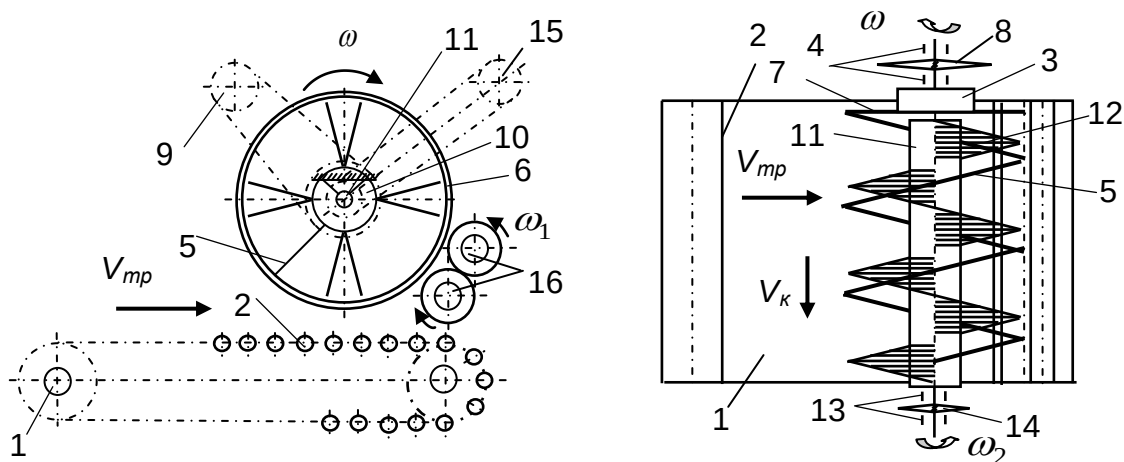


Рис. 5. Схема удосконаленого базового Атокро

На основі проведеної ідентифікації (аналізу та синтезу) аналогів попередніх Автокро і Атокро, нами запропоновано удосконалені конструкції Автокро і Атокро, які можуть бути прийняті за основний базовий варіант, відповідно, дворядного Автокро і Атокро проектованої АКМ. Вони поєднують одночасно в собі всі позитивні сторони та переваги відносно існуючого однодискового сферичного копача (рис. 1) і комбінованого очисника (рис. 3) та застосовуються в умовах надмірної вологості ґрунту та значної забур'яненості поля.

Конструктивна схема дворядного Атокро наведена на рис. 6, вигляд зверху.

Дворядний Атокро складається із встановлених під кутом α до відповідної осі рядка коренеплодів двох сферичних дисків 1, які вільно посаджені на своїй осі обертання 2. У передній зоні робочої кромки кожного з дисків 1 встановлено корененапрямляч 3. Над дисками 1 перпендикулярно напрямленню робочої швидкості руху

копача V_k встановлено горизонтальний приводний вал 4. Горизонтальний приводний вал містить барабан 5, несучий фланці 6. Барабан горизонтального вала виконаний трисекційним. Між фланцями барабана по його колу встановлено послідовно осі 7, 8, 9 на яких встановлено плоскі пружні лопаті 10, 11. Осі 7, 8 двох крайніх секцій 12, 13 барабана утворюють усічений конус, причому секції 12, 13 направлені одна до одної меншими основами. Осі 9 середньої секції 14 утворюють циліндр. Площини, які проходять через осі 7, 9 або 8, 9 суміжних секцій 12, 14 або 13, 14 утворюють між собою тупий кут [25].

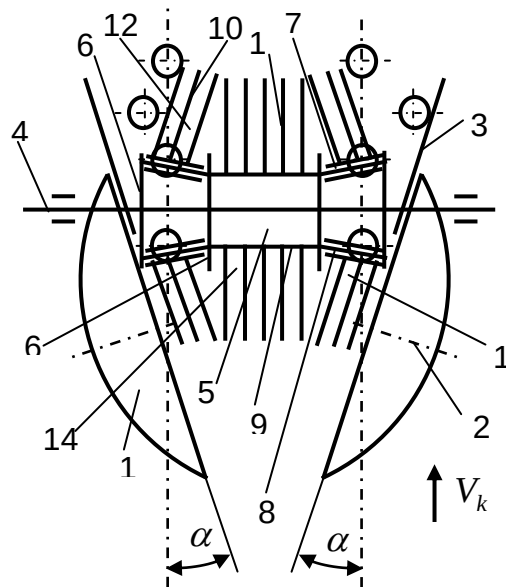


Рис. 6. Конструктивна схема дворядного Автокро АКМ.

Комбінований дворядний АВТОКРО АКМ працює наступним чином. Під час руху АВТОКРО АКМ, корененапрямляч 3 зміщує вибиті із рядка коренеплоди до його центру, а сферичний диск 1 викопує коренеплоди. Одночасно з викопуванням коренеплодів, за рахунок обертання горизонтального приводного вала 4, плоскі пружні лопаті 10 двох крайніх секцій 12, 13 взаємодіють з головками коренеплодів, при цьому одночасно відбувається очищення головок коренеплодів від залишків гички з двох суміжних рядків коренеплодів і руйнування грудок ґрунту. Крім того, плоскі пружні елементи 11 середньої секції 14 також одночасно взаємодіють з коренеплодами та грудками ґрунту, при цьому відбувається очищення поверхні тіла коренеплодів від налиплого ґрунту та руйнування грудок землі з одночасним проштовхуванням вороху,

який знаходиться у просторі сферичних дисків 1, що прискорює його подачу на наступні технологічні системи АКМ.

Таким чином можна констатувати, що встановлення приводного вала із змонтованими на ньому плоскими лопатями, дозволяє одночасно з викопуванням коренеплодів відокремлювати залишки гички з головкою коренеплодів і зменшувати секундну подачу домішок за рахунок контактної взаємодії плоских лопатей з компонентами вороху, при цьому підвищується технологічна надійність процесу викопування коренеплодів і, як наслідок – продуктивність роботи копача та АКМ.

Для зниження подачі ґрунтових домішок, під час роботи дворядного АВТОКРО в умовах сухого та твердого ґрунту, на зовнішній стороні кожної плоскої пружної лопаті 11 (рис. 7а) середньої секції 14 встановлюють підпружинений пруток 15, який виконано у вигляді двосекційної пружини 16, яка жорстко закріплена на кожній осі 9 середньої секції 14 [26].

Одночасно з викопуванням коренеплодів, за рахунок обертання горизонтального приводного вала 4, плоскі пружні лопаті 10 двох крайніх секцій 12, 13 взаємодіють з головками коренеплодів, а плоскі пружні лопаті 11 середньої секції – з викопаними сферичними дисками 1 грудками ґрунту, при цьому одночасно відбувається очищення головок коренеплодів від залишків гички з двох суміжних рядків коренеплодів і інтенсивне руйнування грудок ґрунту за рахунок ударного контакту внутрішньої сторони плоских пружних лопатей 11 із грудками ґрунту. Крім того, плоскі пружні лопаті середньої секції одночасно з руйнуванням грудок ґрунту проштовхують викопаний сферичними дисками ворох, який знаходиться у просторі між ними, тим самим прискорюючи його переміщення на наступні технологічні системи АКМ.

Для регулювання сили контакту плоских пружних лопатей 10 (рис. 7б) двох крайніх секцій 12, 13 із головкою коренеплодів під час їх викопування, або забезпечення максимального ступеня очищення залишків гички з головок коренеплодів і одночасного узгодження компромісу відносно ступеня пошкодження коренеплодів, які не повинні перевищують межу згідно з агротехнічними вимогами, запропоновано встановлювати на зовнішній стороні кожної плоскої пружної лопаті двох крайніх секцій 12, 13 трисекційного барабана 5 підпружинений пруток 17, який виконано у вигляді двосекційної пружини 18. Двосекційна пружина жорстко закріплена на кожній осі 7, 8 трисекційного барабана. Сила контакту плоских лопатей двох крайніх секцій регулюється за допомогою повороту кожної осі секцій, що призводить до зміни сили закручування двосекційної пружини та сили приживання підпружиненого прутка [27].

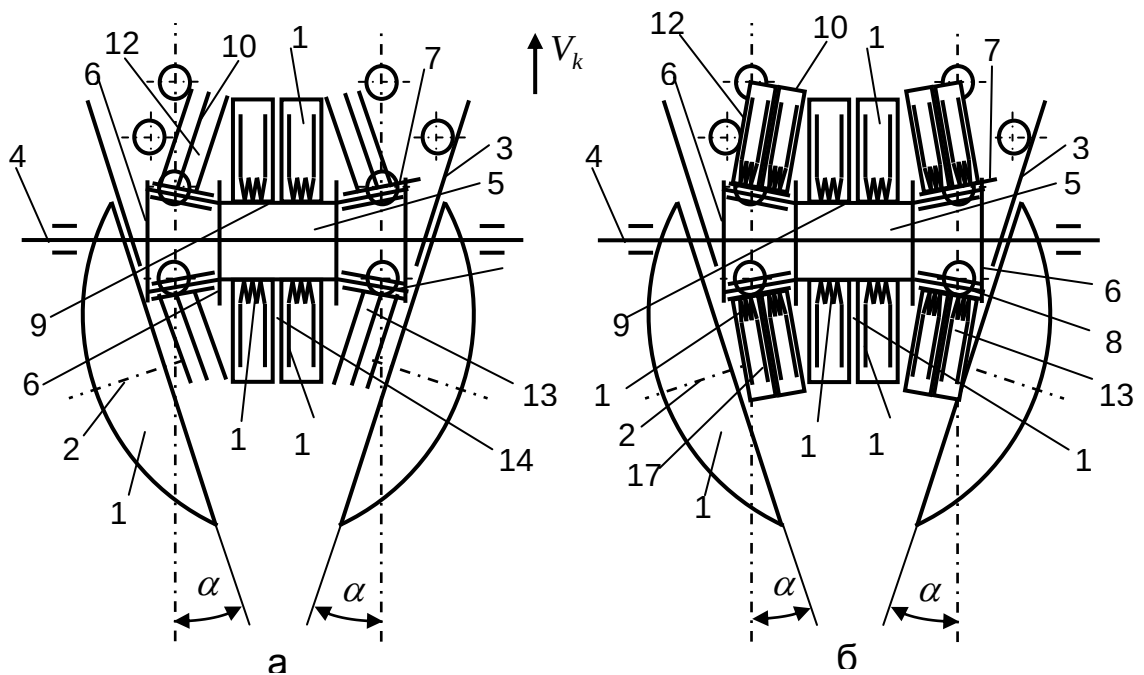


Рис. 7. Удосконалені дворядні АВТОКРО.

Таким чином, знижується подача ґрунтових домішок за рахунок їх динамічного руйнування лопатями середньої секції та підвищується технологічна надійність процесу викопування коренеплідів, що дозволяє підвищити продуктивність роботи копача та АКМ в цілому.

Конструктивні схеми удосконалених АТОКРО наведені на рис. 8, вигляд зверху.

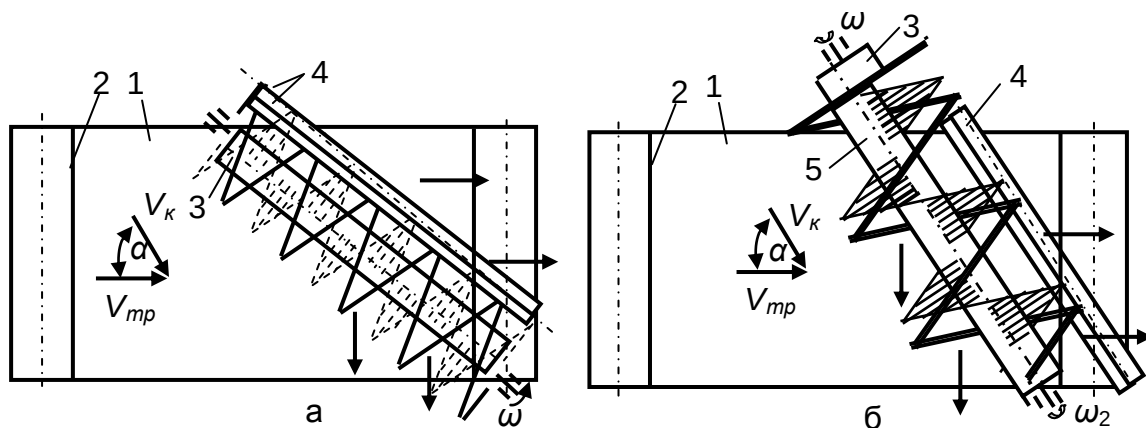


Рис. 8. Схеми удосконалених Атокро.

Відмінність конструктивних схем удосконалених Атокро (рис. 8) відносно схем (рис. 4а,в, рис. 5) полягає в тому, що шнек 3 і відминальні вальці 4 (рис. 8а) та шнек 3, відминальні вальці 4 і

приводний очисний вал 5 (рис. 8б), які розміщені над прутками 2 горизонтального подавального транспортера 1 встановлені під деяким кутом α до напрямку швидкості руху $V_{тр}$ робочої гілки пруткового подавального транспортера [28, 29].

Таким чином, за рахунок встановлення шнека під гострим кутом α до напрямку руху робочої гілки подавального транспортера, відбувається підвищення технологічної ефективності роботи пристрою за рахунок інтенсифікації процесу відокремлення домішок від коренеплодів шляхом збільшення шляху переміщення домішок по робочій гілці подавального транспортера, або часу перебування домішок на робочій гілці подавального транспортера.

Таким чином, застосування удосконалених конструкцій АВТОКРО і АТОКРО дозволяє підвищити показники якості роботи АКМ шляхом значного зменшення подачі домішок, особливо грудок ґрунту та залишків гички на головках коренеплодів, налиплого ґрунту на бічній поверхні тіла викопаних коренеплодів за рахунок додаткової інтенсифікації дії на ворох базових структурних елементів копача та очисника.

Висновок. На основі проведеного аналізу технологічних процесів роботи викопувальних і очисних робочих органів КМ можна констатувати, що ідентифікація процесу розробки АКМ повинна базуватися на застосуванні удосконалених АВТОКРО і АТОКРО, що дозволить значно підвищити показники якості роботи АКМ.

Список літератури

1. *Погорілий М.* Закономірності розвитку бурякозбиральної техніки та обґрунтування раціональних обрисів вітчизняних машин / *Максим Погорілий* // Техніка АПК. – 1999. – № 3. – С. 8–12.
2. *Гевко Р.Б.* Викопувально-очисні пристрої бурякозбиральних машин: конструювання і розрахунок / *Р.Б. Гевко*. – Тернопіль, 1997. – 120 с.
3. *Погорелый Л.В.* Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз / *Л.В. Погорелый, М.В. Татьяна* – К. : Феникс, 2004. – 232 с.
4. *Барановський В.* Основні етапи та сучасні тенденції розвитку коренезбиральних машин / *Віктор Барановський* // Вісник Тернопільського держ. техн. ун-у. – Тернопіль : ТДТУ, 2006. – Т. 11. – № 2. – С. 67–75.
5. *Барановський В.М.* Конструктивно-технологічні принципи застосування адаптивного викопувального робочого органу коренезбиральної машини / *В.М. Барановський* // Науковий вісник НАУ. – Вип. 73. – Ч. 1. – 2004. – С. 249–255.
6. *Барановський В.М.* Конструктивно-технологічні принципи адаптизації транспортно-очисного комбінованого робочого органу коренезбиральних машин / *В.М. Барановський* // Сільськогосподарські машини. – Луцьк : ЛДТУ, 2005. – Вип. 13. – С. 18–24.
7. *Булгаков В.М.* Теория свеклоуборочных машин : Монография / *В.М. Булгаков, М.И. Черновол, Н.А. Свирень*. – Кировоград : "КОД", 2009. – 256 с.
8. *Аванесов Ю.Б.* Свеклоуборочные машины / *Ю.Б. Аванесов, В.И. Бессарабов, И.И. Русанов*. – М., 1979. – 351 с.

9. Аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів / *В.Ю. Рамш, В.М. Барановський, М.Р. Паньків* [та ін.] // Наукові нотатки. – Луцьк : ЛНТУ, 2011. – Вип. 31. – С. 298–305.
10. *Барановський В.М.* Конструктивно-технологічні принципи адаптованого застосування коренезбиральних машин / *В.М. Барановський, М.Р. Паньків* // 36. наук. праць міжн. наук.-практ. конф. “Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин”. – Тернопіль : ТДТУ, 2004. – С. 192–198.
11. Сучасні тенденції розвитку конструкції сільськогосподарських машин / *Під ред. Кравчука В.І., Грицишина М.І., Ковалю С.М.* – К. : Аграрна наука, 2004. – 353 с.
12. *Кравчук В.І.* Теоретичні основи адаптації сільськогосподарських машин / *В.І. Кравчук* // Монографія. – К. : НАУ, 2005. – 208 с.
13. *Барановський В.М.* Прогнозування кількості ґрунту на поверхні тіла коренеплоду / *В.М. Барановський, Д.Г. Войтюк, Кропивко С.В* [та ін.] // “MOTROL 03”, IV. – Люблін-Київ. – Т. 6. – Вид. НАУ, 2003. – С. 164–172.
14. Паньків М. Аналіз процесу роботи доочисних пристроїв коренезбиральних машин / *Марія Паньків, Віктор Барановський, Наталя Дубчак* // Вісник Тернопільського держ. техн. ун-у. – Тернопіль : ТДТУ, 2007. – Т. 12. – № 1. – С. 76–81.
15. *Ямков О.В.* Обґрунтування параметрів технологічного процесу і робочих органів бурякозбирального агрегату з системним трактором : автореф. дис. на здобуття наук. ступення канд. техн. наук : спец. 05.05.11 “Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва” / *О.В. Ямков*. – К., 2007. – 20 с.
16. Пат. 7359 Україна МКИ А 01 Д 25/04. Пристрій для викопування коренеплодів // *Барановський В.М., Гурченко О.П., Завгородній А.Ф., Булгаков В.М.*; заявник Український науково-дослідний інститут механізації та електрифікації сільського господарства. – А1 1672964; заявл. 17.08.93; опубл. 29.09.1995. Бюл. № 5.
17. Пат. 19526 Україна, МКИ⁷ А 01 Д 25/04. Пристрій для викопування коренеплодів / *Барановський В.М., Паньків М.Р., Герасимчук Г.А., Маранда С.А.*; заявник і власник Національний аграрний університет. – № u 2006 07381; заявл. 03.07.2006.; опубл. 15.12.2006. Бюл. № 12.
18. Пат. 44747 Україна, МКИ⁷ А 01 Д 25/04. Пристрій для викопування коренеплодів / *Паньків М.Р., Барановський В.М., Герасимчук Г., Рамш В.Ю.*; заявник і власник Тернопільський державний технічний університет. – № u 200905065; заявл. 22.05.2009.; опубл. 12.10.2009. Бюл. № 19.
19. Пат. 62598 Україна, МКИ⁷ А 01 Д 25/04. Пристрій для викопування коренеплодів / *Барановський В.М., Підгурський М.І., Паньків М.Р., Герасимчук Г.А.*; заявник і власник Тернопільський національний технічний університет. – № u 201014801; заявл. 10.12.2011.; опубл. 12.09.2011. Бюл. № 17.
20. А.с. № 1523085 СССР, МКИ А 01Д 33/08. Устройство для отделения примесей от корнеплодов / *Гурченко А.П., Барановський В.Н., Булгаков В.М.*; заявитель Украинский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. – 4386472/30 - 15; заявл. 29.02.88; опубл. 23.11.89. Бюл. № 43.
21. А.с. № 1547752 СССР, МКИ А 01Д 33/08. Устройство для отделения примесей от корнеплодов / *Гурченко А.П., Барановський В.Н., Завгородній А.Ф., Булгаков В.М.* ; заявитель Украинский научно-

исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. – 4369084/15; заявл. 25.01.88; опубл. 07.03.90. Бюл. № 9.

22. А.с. № 1806528 СССР, МКИ А 01Д 33/08. Устройство для отделения примесей от корнеплодов / Гурченко А.П., Барановський В.Н., Булгаков В.М., Гурченко Л.А. ; заявитель Украинский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. – 4907206/15; заявл. 01.02.91; опубл. 07.04.93. Бюл. № 13.

23. Пат. 74629 Україна, МКИ⁷ А 01 Д 33/08. Пристрій для відокремлення домішок від коренеплодів / Кравченко І.Є., Барановський В.М., Підгурський М.І., Паньків М.Р., Труханська О.О. ; заявник і патентовласник Вінницький національний аграрний університет. – № у 201103172; заявл. 19.03.2012; опубл. 12.11.2012. Бюл. № 21.

24. Пат. 64372 Україна, МКИ⁷ А 01 Д 33/08. Очисник вороху коренеплодів / Барановський В.М., Підгурський М.І., Паньків М.Р., Дубчак Н.А., Паньків В.Р.; заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет. – № у 201103196; заявл. 18.03.2011; опубл. 10.11.2011. Бюл. № 21.

25. Пат. 66680 Україна, МКИ⁷ А 01 Д 25/04. Комбінований копач коренеплодів / Барановський В.М., Підгурський М.І., Герасимчук Г.А, Паньків М.Р.; заявник і власник Тернопільський національний технічний університет. – № у 201108202; заявл. 30.06.2011.; опубл. 10.01.2012. Бюл. № 1.

26. Пат. 76009 Україна, МКИ⁷ А 01 Д 25/04. Комбінований копач коренеплодів / Барановський В.М., Підгурський М.І., Герасимчук Г.А, Паньків М.Р., Паньків В.Р.; заявник і власник Тернопільський нац. технічний університет. – № у 201205533; заявл. 07.05.2012.; опубл. 25.12.2012. Бюл. № 24.

27. Пат. 77568 Україна, МКИ⁷ А 01 Д 25/04. Комбінований копач коренеплодів / Кравченко І.Є., Барановський В.М., Підгурський М.І., Паньків М.Р., Труханська О.О.; заявник і власник Вінницький національний аграрний університет. – № у 201107310; заявл. 15.06.2012.; опубл. 25.02.2013. Бюл. № 4.

28. Пат. 77981 Україна, МКИ⁷ А 01 Д 33/08. Пристрій для відокремлення домішок від коренеплодів / Барановський В.М., Підгурський М.І., Труханська О.О., Паньків М.Р.; заявник і патентовласник Вінницький національний аграрний університет. – № у 201207308; заявл. 15.06.2012; опубл. 11.03.2013. Бюл. № 5.

29. Пат. 74625 Україна, МКИ⁷ А 01 Д 33/08. Пристрій для відокремлення домішок від коренеплодів / Кравченко І.Є., Труханська О.О., Барановський В.М., Підгурський М.І., Паньків М.Р.; заявник і патентовласник Вінницький національний аграрний університет. – № у 201203159; заявл. 19.03.2012; опубл. 12.11.2012. Бюл. № 21.

Приведены этапы совершенствования, устройство и принцип функционирования адаптированных рабочих органов выкапывающих и очистных транспортно-технологических систем корнеуборочных машин, которая предназначена для одновременного сбора корнеплодов сахарной, кормовой, столовой свеклы и моркови. На основе идентификации объектов исследования (существующих типов копателей и очистителей вороха корнеплодов) определены основные пути и принципы разработки, или алгоритм построения конструктивно-компоновочной схемы адаптированной корнеуборочные машины.

Ворох, корнеплоды, примеси, транспортно-технологическая система, комбинированный рабочий орган, копатель, очиститель, адаптирована корнеуборочная машина.

The stages of improvement, structure and principle of functioning of adapted workings organs of diggings up and cleansing transport technological systems, are resulted root of harvester which is intended for simultaneous collection of root crops of sugar, feed, table beet and carrot. On basis of authentication of research (existent types of dig and purifiers to lots of root crops) objects certainly basic ways and principles of development, or algorithm of construction, structurally layout chart adapted root of harvester.

Lots, root crops, admixtures, transport-technological system, combined working organ, dig, purifier, adapted root harvester.

УДК 620.92:631.11

ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПАЛИВА В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ

Д.М. Бурдейний, здобувач

С.В. Кропивко, кандидат технічних наук

**ВП НУБіП України «Боярський коледж екології і природних
ресурсів»**

Проаналізовано доцільність використання поновлюваних джерел енергії в агропромисловому комплексі України в умовах енергетичної залежності від викопних джерел енергії та перспективи енергетичної стратегії держави до 2030 року.

Біомаса, біопаливо, енергетична ефективність, альтернативна енергетика, поновлювальні джерела енергії.

Постановка проблеми. Невпинний технічний прогрес вимагає від людей все більше ресурсів для задоволення швидко зростаючих проблем. Ми живемо в той час, коли енергія, а саме їх джерела, є чи не найпроблемнішим питанням для країн з розвинутою економікою, адже свій бюджет необхідно розраховувати згідно з цінами на нафту і газ. Все це в свою чергу призводить до міжнародних конфліктів, напруження світової економічної ситуації і несе значну загрозу людству через техногенні небезпеки.

© Д.М. Бурдейний, С.В. Кропивко, 2013

Ворох, корнеплоды, примеси, транспортно-технологическая система, комбинированный рабочий орган, копатель, очиститель, адаптирована корнеуборочная машина.

The stages of improvement, structure and principle of functioning of adapted workings organs of diggings up and cleansing transport technological systems, are resulted root of harvester which is intended for simultaneous collection of root crops of sugar, feed, table beet and carrot. On basis of authentication of research (existent types of dig and purifiers to lots of root crops) objects certainly basic ways and principles of development, or algorithm of construction, structurally layout chart adapted root of harvester.

Lots, root crops, admixtures, transport-technological system, combined working organ, dig, purifier, adapted root harvester.

УДК 620.92:631.11

ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПАЛИВА В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ

Д.М. Бурдейний, здобувач

С.В. Кропивко, кандидат технічних наук

**ВП НУБіП України «Боярський коледж екології і природних
ресурсів»**

Проаналізовано доцільність використання поновлюваних джерел енергії в агропромисловому комплексі України в умовах енергетичної залежності від викопних джерел енергії та перспективи енергетичної стратегії держави до 2030 року.

Біомаса, біопаливо, енергетична ефективність, альтернативна енергетика, поновлювальні джерела енергії.

Постановка проблеми. Невпинний технічний прогрес вимагає від людей все більше ресурсів для задоволення швидко зростаючих проблем. Ми живемо в той час, коли енергія, а саме їх джерела, є чи не найпроблемнішим питанням для країн з розвинутою економікою, адже свій бюджет необхідно розраховувати згідно з цінами на нафту і газ. Все це в свою чергу призводить до міжнародних конфліктів, напруження світової економічної ситуації і несе значну загрозу людству через техногенні небезпеки.

© Д.М. Бурдейний, С.В. Кропивко, 2013

Існуючі тенденції щодо зростання світових цін на викопні енергетичні ресурси підняли актуальність проблеми забезпечення енергоресурсами та їх ефективного використання. Тому успішне реформування аграрного сектора економіки України потребує цілеспрямованої політики щодо широкого впровадження енергозаощаджувальних технологій та організаційно-технічних заходів, що підвищують ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів. Активне використання біоенергетичних ресурсів може стати одним із головних рішень зміцнення енергетичної безпеки України та зберегти лідируючі позиції на світовому ринку як постачальника сільськогосподарської продукції.

Аналіз останніх досліджень. В сучасних умовах біомаса є четвертим за використанням енергетичним ресурсом у світовому масштабі, яке приблизно дає 2 млрд. тонн умовного палива енергії на рік, що становить близько 14 % від загального споживання первинних енергоносіїв у світі. Кожний рік на Землі утворюється близько 120 млрд. тонн сухої органічної речовини – біомаси [1].

Потенціал біомаси, який має Україна сьогодні для виробництва енергії, – близько 30 млн т умовного палива на рік. Використання цього потенціалу дозволить Україні до 2020 року замінити 6 млрд. м³/рік природного газу та знизити викиди парникових газів на 11 млн. т CO₂-екв./рік. Доля біомаси та відходів в загальному споживанні первинної енергії у 2030 році може скласти 10%, а на сьогодні це близько 1% [2].

Загальний щорічний обсяг споживання енергоресурсів в Україні складає близько 200 млн. тонн умовного палива. При цьому за рахунок власних джерел забезпечується 45 %, а за рахунок імпорту – 55 %. Одним із шляхів до зменшення залежності від імпорту енергоносіїв та покращення екології в Україні є розвиток біоенергетики [3].

Мета досліджень. Визначення доцільності використання поновлювальних джерел енергії (біопалив) в умовах агропромислового комплексу України.

Результати досліджень. Охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини – невід’ємна умова сталого економічного та соціального розвитку України.

Сучасна енергетика емітує значний обсяг викидів CO₂, метану (CH₄), оксидів сірки (SO_x), оксидів азоту (NO_x) і летких органічних сполук.

Основними постачальниками CO₂ в атмосферу Землі залишаються – Китай з 28% від загального об’єму викидів, США

(16%), ЄС (11%) та Індія (7%). Викиди вуглекислого газу за 2012 рік досягнули рекордної позначки в 35,6 мільярда тонн, перевищивши рекорд 2010 року на 2,2 мільярда тонн завдяки зростанню викидів в Індії та Китаї, за матеріалами журналу Nature Climate Change.

Протягом 2012р. в атмосферу України надійшло 6,8 млн.т забруднюючих речовин від стаціонарних та пересувних джерел забруднення. У сумарній кількості забруднюючих речовин викиди метану та оксиду азоту, які належать до парникових газів, становили відповідно 894,9 та 14,6 тис.т. Крім цих речовин, у атмосферу в 2012р. стаціонарними та пересувними джерелами було викинуто 232,0 млн.т діоксиду вуглецю, який також впливає на зміну клімату.

В Україні за минулий рік у розрахунку на 1 особу викинуто в атмосферу 150 кг забруднюючих речовин, 5,1 т діоксиду вуглецю, який відноситься до парникових газів, скинуто 33 м³ забруднених зворотних вод, утворено 9,9 т відходів, у тому числі 30,0 кг відходів I-III класів небезпеки.

Близько 64% небезпечних речовин, що потрапили у повітря, припало на стаціонарні джерела забруднення промислових підприємств. Від них в атмосферу надійшло 4,3 млн.т забруднюючих речовин, що на 39,3 тис.т (на 0,9%) менше, ніж у 2011 році.

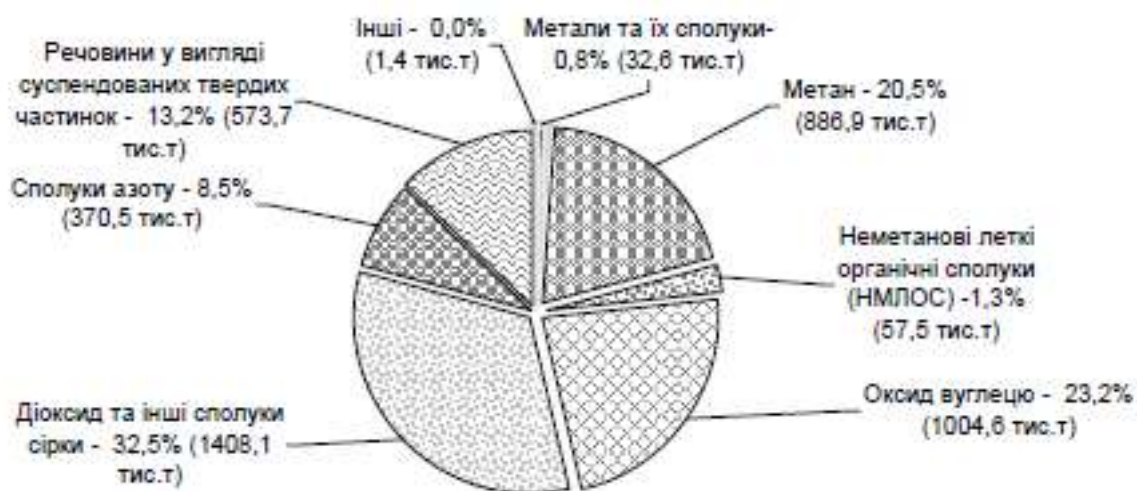


Рис. 1. Структура викидів забруднюючих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел забруднення у 2012 році.

Протягом 2012р. в Україні утворилося 450,7 млн.т відходів, що на 0,7% більше порівняно з 2011р., у т.ч. від економічної діяльності підприємств та організацій, які отримали дозволи на утворення відходів, – 442,7 млн.т (на 0,1% більше), у домогосподарствах – 8,0 млн.т (на 53,9% більше). Мінеральні відходи залишаються

домінуючими у структурі утворення відходів за категоріями матеріалів – 73% від загального обсягу утворених відходів(рис. 2).

Порівняно з 2011р. збільшився загальний обсяг спалення відходів (на 15,3%), при цьому відбувся суттєвий приріст спалення відходів з метою отримання енергії (на 35,3%) та зменшення спалення відходів з метою їх теплової переробки (на 47,6%).

Переважає більшість спалених відходів (понад 70%) – рослинні відходи від сільського та лісового господарства, відходи виробництва харчових продуктів, виробництва целюлози та паперу.

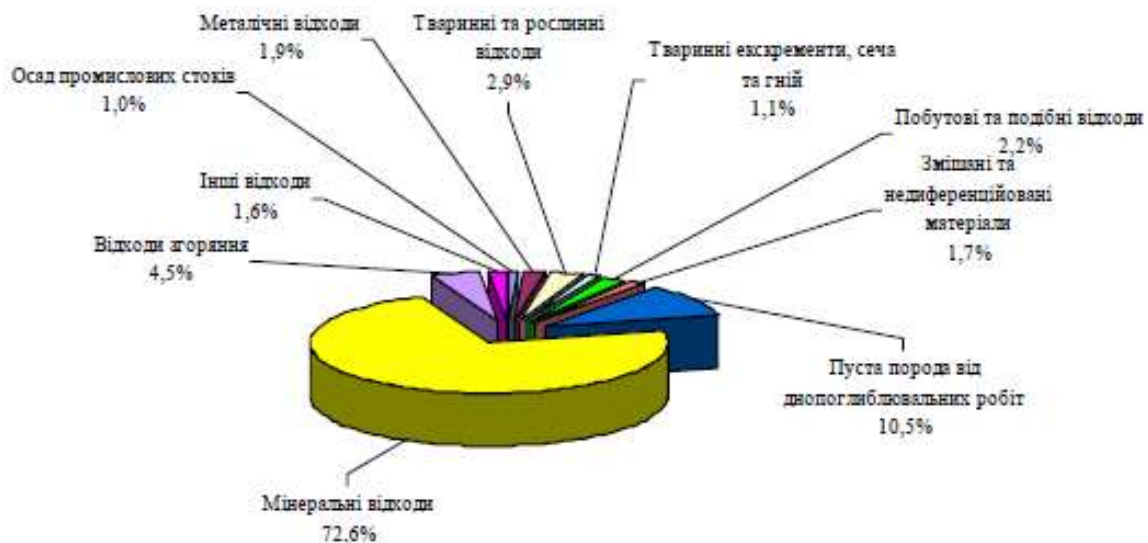


Рис. 2. Розподіл обсягу утворення відходів у 2012 році за категоріями матеріалів.

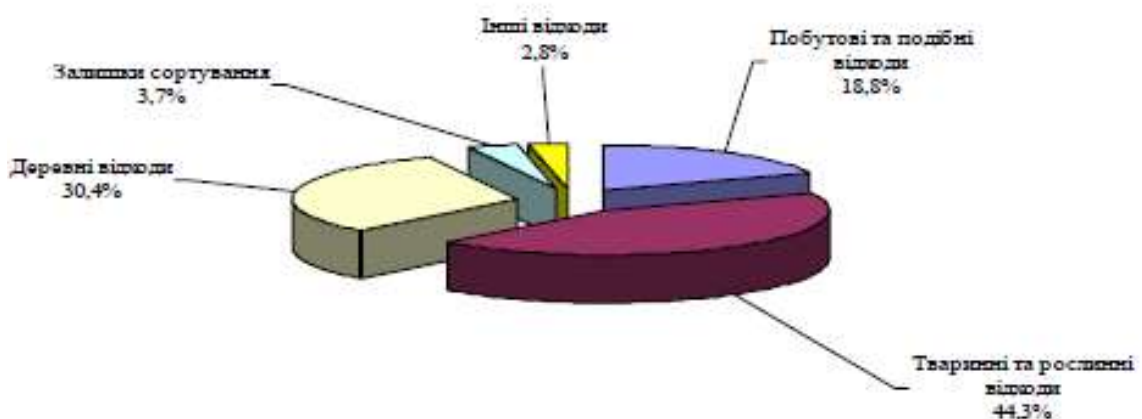


Рис. 3. Розподіл обсягу спалення відходів у 2012 році за категоріями матеріалів.

У перерахуванні на суху масу утворення біологічних матеріалів у біосфері іде зі швидкістю близько $2,5 \times 10^{11}$ тонн на рік, при цьому щорічно хімічно зв'язується приблизно 10^{11} т вуглецю, а споживана сонячна енергія складає 2×10^{21} Дж/рік (7×10^{13} Вт). Чиста питома

енергія, яку можна одержати при спалюванні, коливається від 10 МДж/кг (сира деревина) до 40 МДж/кг (жири, нафтоподібні речовини) і 55 МДж/кг для метану. Теплота згоряння сухої біомаси, що є власне кажучи вуглеводами, складає близько 20 МДж/кг.

При згорянні енергія біопалива розсіюється, але продукти згоряння можуть знову перетворюватися в біопаливо шляхом природних екологічних чи сільськогосподарських процесів. Таким чином, використання промислового біопалива, будучи добре ув'язаним із природними екологічними циклами, може не давати забруднень і забезпечувати безупинний процес одержання енергії. Подібні системи називаються агропромисловими. Схема планетарного кругообігу біомаси наведено на рис. 4.

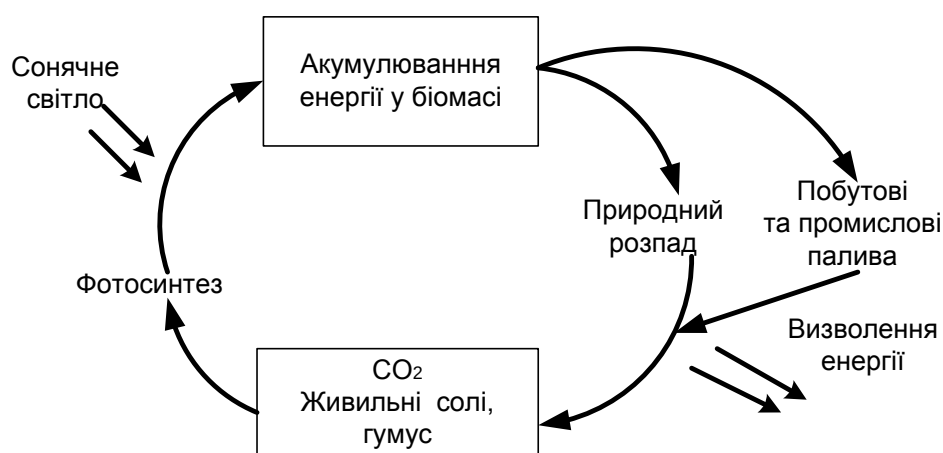


Рис. 4. Схема планетарного кругообігу біомаси.

Виходячи з вищенаведеного та з необхідності енергетичної і екологічної безпеки в Україні, згідно із новою енергетичною стратегією, до 2030 року планується використовувати лише 4% поновлюваної енергії. Натомість в ЄС у 2020 році поновлюваною має бути щонайменше 20% енергії.

Нова стратегія розвитку енергетики, розроблена на період до 2030 року, полягає у зменшенні частки споживання газу і нафтопродуктів на електростанціях і пріоритетний розвиток вугільної та атомної енергетики. Важлива роль у цьому документі відведена розвитку гідроенергетики, використання альтернативних джерел енергії та шахтного метану. Невід'ємною частиною нової концепції також є впровадження енергозберігаючих та ресурсозберігаючих технологій. Вважається, що застосування біоенергетичних установок по переробці відходів тваринництва дозволить істотно поліпшити екологічний стан поблизу великих тваринницьких комплексів, де зібрана величезна кількість непереробної біомаси. Крім того, можна розраховувати на одержання високоякісних органічних добрив і за

рахунок виробництва біогазу забезпечити економію традиційного палива. Особливо актуальним є вивчення можливостей застосування в сільському господарстві та й АПК в цілому нетрадиційних і альтернативних джерел енергії, оскільки в наявності такі джерела в Україні є, а використання їх поки що мінімальне.

Сільське господарство є однією з найважливіших галузей матеріального виробництва, в якій, за попередніми розрахунками, у 2012р. було створено 7,9% валової доданої вартості усіх галузей економіки (за 2011р. – 8,5%), а обсяг сільськогосподарського виробництва становив 258,3 млрд.грн. (у фактичних цінах).

Промислове використання енергії біомаси в сільськогосподарському виробництві може бути дуже значним. Застосування біопалива у вигляді дров, гною і бадилля рослин має першочергове значення в домашньому господарстві приблизно 50% населення планети. Але для того щоб розглядати біомасу як поновлюване джерело енергії, необхідно забезпечити її виробництво принаймні на одному рівні зі споживанням. Для людства страшне те, що в даний час витрата деревного палива значно випереджає його відтворення.

Слід зазначити, що Україна має науково-технічний потенціал і необхідну вітчизняну виробничо-технічну базу для налагодження усього технологічного циклу промислового виробництва складових обладнання для використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ). Але потрібен час щоб підготувати їх виробництво на українських заводах.

Вже сьогодні можна скоротити споживання природного газу, яке являється актуальною проблемою енергетики України, за рахунок заміщення традиційного палива енергією відходів сільськогосподарського виробництва та звалищ, яка є одним з перспективних відновлюваних джерел енергії в країні.

Україна має значний потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії – близько 31 млн. т у.п./рік. Основними складовими потенціалу є відходи сільського господарства, деревини і, в перспективі, енергетичні культури. Реалізація цього потенціалу на першому етапі до 2020 року може призвести до заміщення 7 млн. т у.п./рік викопних палив (що еквівалентно обсягу 6 млрд. м³/рік природного газу) та зниження викидів парникових газів на 11 млн. т CO_{2-екв.}/рік.

Так деревина і рослинні сільськогосподарські рештки відрізняються високою екологічністю, оскільки містять мало сірки. При цьому вартість отриманої енергії від їх спалювання значно нижча ніж при спалюванні природного газу (табл. 1).

1. Вартісні показники біомаси для енергетичного використання України.

Вид біомаси	Щільність, кг/м ³	Вартість, грн.	Теплота згорання, МДж/кг	Вартість 1 ГДЖ тепла, грн.
Тирса	225	10 грн/м ³	17	2,6
Деревна тріска із відходів	200	60 грн/м ³	17	18
Енергетична верба	-	400 грн/м ³	17	24
Дрова соснові	520	200 грн/м ³	17	23
Дрова дубові	690	320 грн/м ³	17	27
Деревні паливні гранули	600	1200 грн/т	17	71
Солома ворохом	35	60 грн/т	14,5	4,14
Солома в тюках	100	180 грн/т	14,5	12,4
Солома в брикетах	400	900 грн/т	14,5	62
Лушпиння соняшника	110-120	6 грн/т	15,4	0,4
Паливні гранули із соняшникового лушпиння	600	1200 грн/т	15,4	78

В агропромисловому секторі України щороку використовується близько 1,9 млн. тонн дизельного палива і 620 тис. тонн бензину, котрі виробляються переважно із імпортованої нафти. Замінником нафтового дизельного палива може рослинна олія і біодизель.

Для заміни пічних викопних палив в сільському господарстві, які використовуються для отримання теплової енергії в різних стаціонарних процесах, можуть використовуватись біогаз, паливні брикети і гранули з рослинної біомаси, технічний гліцерин.

Пелети це спресовані відходи лісової промисловості і сільського господарства: кора, тирса, стружки, лушпиння, опале листя, макуха, шишки.

Враховуючи те, що на виробництво пелет йде відновлювальна сировина, варто серйозно задуматися про потенційні переваги цього джерела енергії. Адже собівартість енергії, виробленої при згоранні пелет, в півтора рази менша, ніж від газу, і в три рази менша, ніж при згорянні дизельного палива.

Україна вважається зоною, придатною для активного розвитку біогазових технологій. За підрахунками фахівців науково-технічного центру „Біомаса”, в країні щорічно утворюється 52 млн. тонн гною, з якого можна отримати 2207 млн. м³ біогазу. Його енергетичний потенціал дорівнює 1,59 млн. тонн умовного палива.

Реальним замінником бензину може бути біоетанол, сировини для виробництва якого в Україні вистачить: зерно і меляса. Але на ефективність виробництва моторних біопалив значною мірою

впливає собівартість сировини та комплексне використання продуктів її переробки, і в значній мірі може перевищувати вартість мінерального моторного палива. Додає вартості альтернативним паливам отриманих з біомаси їх перевезення в зв'язку із високими транспортними затратами.

Поряд з цим потреби в джерелах енергії буде тільки зростати і для забезпечення зростаючих потреб в паливно-енергетичних ресурсах до 2030 року, згідно з стратегією розвитку енергетики України, планується здійснити за умов:

- зменшення енергоємності ВВП та збільшення рівня енергозабезпеченості країни;
- збільшення власного видобутку вугілля, нафти, газу та урану;
- виробництва електричної енергії на атомних електростанціях на власному ядерному паливі;
- збільшення експорту нафтопродуктів за рахунок збільшення обсягів переробки нафти;
- реалізації програм енергозбереження в галузях економіки і в соціальній сфері;
- збільшення використання нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії;
- зменшення рівня енергетичної залежності країни від зовнішніх поставок палива та збільшення обсягів споживання власних енергетичних продуктів.

На превеликий жаль роль нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії в зміцненні паливно-енергетичного комплексу держави відведена на останнє місце.

Це наводить на думку, що і в майбутньому даний сектор енергетики України розвиватиметься незначними темпами в порівнянні з країнами членами ЄС. Але будемо сподіватися на зміну політики держави щодо поновлювальних джерел енергії і вона дадуть «зелене» світло для їх розвитку.

Висновки

В Україні необхідно якнайшвидше провести структурну перебудову її промислового комплексу з метою оптимізації енергоспоживання та одночасної мінімізації імпорту енергоносіїв.

Відновлювана енергетика може бути самодостатньою в плані компенсаційних потужностей ВДЕ в енергетичній системі.

В Україні є достатньо розвинена науково-технічна та промислова база за всіма основними напрямками відновлюваної енергетики, що, при забезпеченні відповідної державної підтримки, дозволить створити нову екологічно безпечну енергетичну галузь в країні.

Використання ВДЕ в агропромисловому комплексі України дозволить зберегти лідируючі позиції на світовому ринку сільськогосподарських товарів, знизити енергоємність продукції і енергозалежність від викопних палив та дозволить виробляти екологічно чисту продукцію.

Список літератури

1. Біологічні ресурси і технології виробництва біопалива: Монографія / Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуха, І.П. Григорюк та ін. – К.: «Аграр Медіа Груп», 2010. – 408 с.
2. Електронний ресурс – <http://jkg-portal.com.ua/ua/publication/one/bojenergetika-zmcnit-jenergetichnu-bezpeku-26003>
3. Розвиток альтернативної енергетики в АПК / К.В. Мазурук // Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Економічні науки. – №1 (56). – Т. 2. – 2012. – С. 181–186.
4. РИА Новости <http://ria.ru/science/20121202/913126449.html#13798370761703&message=resize&relto=register&action=addClass&value=registration#ixzz2fbnlWKqh>
5. Матеріали Державної служби статистики України.
6. www.cci.neosm.com/info/Dovidka
7. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК / Редкол.: Д.О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К., 2012. – Вип. 170, ч. 1. – 388 с.

Проанализирована целесообразность использования возобновляемых источников энергии в агропромышленном комплексе Украины в условиях энергетической зависимости от ископаемых источников энергии и перспективы энергетической стратегии государства до 2030 года.

Биомасса, биотопливо, энергетическая эффективность, альтернативная энергетика, возобновляемые источники энергии.

Analyzed the feasibility of renewable energy in agriculture in Ukraine's energy dependence on fossil energy sources and prospects of the state's energy strategy up to 2030.

Biomass, biofuels, energy efficiency, alternative energy, renewable energy sources.

ФІЗИКО-МЕХАНІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЛОКАЛІЗОВАНИХ ПОРУШЕНЬ КОНФОРМАЦІЇ МЕМБРАН КЛІТИН ВИЩИХ РОСЛИН

***Д.Г. Войтюк, член-кореспондент НААН України
Ю.В. Човнюк, Ю.О. Гуменюк, О.П. Гуцол,
кандидати технічних наук***

Запропонована фізико-механічна модель локалізованих порушень конформації мембран клітин вищих рослин. Встановлені умови виникнення дисипативних солітонів надвисокочастотного (НВЧ) і вкрай високочастотного (ВВЧ) діапазонів за існування гіперзвукових акустоелектромагнітних резонансів кластерних структур клітин вищих рослин.

Фізико-механічне моделювання, локалізовані порушення, конформації, мембрани, клітини, вищі рослини, кластерні структури клітин рослин.

Постановка проблеми. Вже перші дослідження просторової структури клітин живої матерії за допомогою високовольтних електронних мікроскопів показали, що весь внутрішній простір клітин (нем'язовах) дійсно пронизують системи ниток та мікротрубок. Мікронитки та трубки утримують всі органели клітин (у т. ч. вищих рослин) у певних місцях. Вони визначають форму самої клітини та її зміни (конформації). Перенесення енергії та інформації й усі внутрішні рухи у клітині здійснюються за допомогою мікрониток та трубок. Виконання всіх цих функцій здійснюються за рахунок енергії гідролізу молекул АТФ. Процес їх гідролізу, мабуть, регулюється змінами концентрації двократно іонізованих іонів кальцію. Система мікрониток (мікрофіламентів чи мікрофібрил) та мікротрубок у цитоплазмі клітин рослини була названа цитоскелетом. Цитоплазматична мембрана та всі внутрішні мембрани різних клітин (рослин) у основних рисах мають однакову побудову. До їх складу входять молекули жироподібних, які називаються ліпідами, білки й у малій кількості вуглеводні. Вуглеводні (полісахариди) зазвичай утворюють комплекси з ліпідами (гліколіпідами) й білками (глікопротеїни).

Згідно сучасним уявленням клітинні мембрани – це рідинно-мозаїчні структури, які утримують у замкненому подвійному прошарку ліпідних молекул двовимірні розчини орієнтованих у поперечному напрямку до прошарку білкових молекул,

© Д.Г. Войтюк, Ю.В. Човнюк, Ю.О. Гуменюк, О.П. Гуцол, 2013

глікопротеїнів, гліколіпідів, та полісахаридів. Основу такої мозаїчної структури утворює подвійний прошарок ліпідних молекул з іонними та полярними групами атомів, які лежать на зовнішній та внутрішній поверхнях мембрани, контактуючи з водою. У мембранах з малим вмістом білків останні у вигляді «айсбергів» у ліпідному прошарку. Внаслідок взаємодії між білковими молекулами вони зазвичай збираються у комплекси, котрі виконують певні фізіологічні функції.

Зовнішня поверхня живої клітини завжди заряджена додатньо, а внутрішня має від'ємний заряд. Зазвичай значення потенціалу зовнішньої поверхні мембрани приймають за нуль. Тоді потенціал внутрішньої сторони від'ємний. У нормальному життєдіяльному стані клітини різниця потенціалів має майже постійне значення (50...80) мВ. При товщині мембрани від 5 до 6 нм напруженість електричного поля у діелектричному прошарку мембрани досягає $10^5 \text{ В/см} = 10^7 \text{ В/м}$.

Підтримання різниці потенціалів й різниці концентрації іонів поза та всередині клітини необхідне для її нормального функціонування. Для створення таких умов витрачається до 50% енергії, яка виробляється клітиною.

Проходження іонів через мембрану клітин рослини обумовлене двома процесами: пасивним та активним транспортом. Перший полягає у проходженні нейтральних та заряджених частинок через мембрану за законом дифузії (Фіка) з місць більших у місця менших концентрацій. Цей процес здійснюється під дією різниці концентрацій і різниці електричних потенціалів для заряджених часточок. Спільна їх дія характеризується електрохімічним градієнтом.

Потік частинок у процесі пасивного транспорту у бік менших концентрацій пропорціональний різниці електрохімічного потенціалу. Коефіцієнт пропорціональності залежить від температури й у деяких випадках – від різниці концентрацій та електричних потенціалів. Така залежність свідчить про те, що процес пасивного транспорту – нелінійний ефект. Щоб створити необхідні для нормального функціонування живої клітини рослини різниці електричних потенціалів та концентрацій іонів всередині та зовні клітини, необхідне примусове їх переміщення через мембрану з областей малих у області більших концентрацій, тобто вздовж градієнта концентрації. Такі процеси вимагають витрат енергії й називаються активним транспортом.

Транспортні системи, які здатні при поглинанні енергії створювати відповідні різниці потенціалів і концентрацій іонів, називаються іонними насосами. Існують натрій-калієві насоси у цитоплазматичній мембрані, які забезпечують необхідний неоднаковий їх розподіл всередині та зовні клітини рослини. Існують

кальцієві насоси, які створюють градієнти концентрацій іонів кальцію на двох поверхнях мембрани, протонні насоси, які утворюють градієнти концентрацій протонів на внутрішніх мембранах мітохондрій.

Кальцієві насоси входять до складу мембран мережі трубок, пронизують ксилемні та флоемні провідні шляхи рослини. Важлива проблем з'ясування на молекулярному рівні механізму роботи іонних насосів залишається однією з невирішених у сучасній біофізиці. Незрозуміло, які сили викликають переміщення іонів проти електричного поля у бік більших концентрацій.

Було доведено [1], що кальцієві насоси у процесі переносу іонів використовують енергію гідролізу молекул АТФ. Виявилось, що при транспорту двох іонів кальцію витрачається енергія гідролізу однієї молекули АТФ. Не жаль, ні структура білково-ліпідного комплексу, який утворює кальцієвий насос, ні механізм його роботи при використанні енергії гідролізу молекул АТФ ще не з'ясовані.

Аналіз публікацій по темі дослідження. У роботі [1] наведені основні результати теоретичного дослідження на молекулярному рівні перенесення вібраційних збуджень, електронів та протонів у біосистемах за допомогою уособлених хвилеутворень (т. з. солітонів), а також вплив електромагнітного випромінювання (*ЕМВ*) на живу матерію. Механізму транспорту енергії у біологічних система було присвячене спеціальне засідання Нью-Йоркської академії наук у 1973 році. Однак учасники конференції так і не прийшли до єдиної думки і питання про «кризу» у біоенергетиці залишилось не вирішеним. У 1973 році була опублікована робота [3]. Дослідники встановили, що у альфа-спіральних білкових молекулах можуть розповсюджуватись без втрати енергії та зміни форми коливні збудження колективної природи. Такі збудження у подальшому отримали назву давидівських солітонів [4 - 9]. Робота [3], а також наступні виконані у ІТФ АН УРСР [10, 11], поклали початок численним дослідженням вчених (вітчизняних та зарубіжних) щодо ефективності переносу вібраційної енергії солітонами у біосистемах. Такі дослідження у значній мірі вирішили питання про кризу у біоенергетиці. Було також встановлено, що солітони можуть відігравати суттєву роль у багатьох біологічних явищах [12, 13].

Результати та підходи цитованих вище робіт будуть використані у даному дослідженні.

Мета досліджень. Обґрунтувати локалізовані порушення конформації мембран клітин вищих рослин у межах запропонованої фізико-механічної моделі, яка заснована на генерації у кластерах клітин дисипативних солітонів *НВЧ/КВЧ*-діапазону та виникненні гіперзвукових акустоелектромагнітних резонансів вказаних

кластерних структур, що контактують між собою вздовж периметру своїми мембранними поверхнями. Для зменшення ефективності перенесення енергії солітонами та збудження ділянками клітинних мембран зі включеними у них білковими молекулам власних коливань (згинного типу) може використовуватись *ЕМВ НВЧ/КВЧ*-діапазону малої (нетеплової) інтенсивності (з міліметровою довжиною хвилі $\lambda = (5 \dots 10) \cdot 10^{-3} \text{ м}$).

Результати досліджень. *Мітохондрії і хлоропласти – енергетичні фабрики клітин рослин.* Усі багатоклітинні (еукаріоти) – зелені рослини, гриби та найпростіші – мають клітини, які у 10^3 разів перевищують за об'ємом клітини бактерій. Потреба у енергії великих мас цитоплазми не може бути задоволена тільки за рахунок молекул *АТФ*, які синтезуються у цитоплазматичній мембрані. Такі клітини крім ядра утримують у собі спеціальні включення (органели) – тілакоїди у хлоропластах зелених водоростей та рослин. Основне призначення цих органел – постачання клітин молекулами *АТФ*. Це своєрідні енергетичні фабрики клітин.

Кількість мітохондрій у клітинах у деяких випадках досягає кількох десятків тисяч. Вони мають поперечні розміри $\sim (0,2 \dots 5) \cdot 10^{-6} \text{ м}$, еліпсоїдальну чи витягнуту паличкоподібну форму. Мітохондрії у клітині можуть переміщуватись й зазвичай зосереджуватись у тих її місцях, де відбувається найбільш інтенсивне використання енергії.

Кожна мітохондрія оточена двома мембранами. Будова зовнішньої доволі гладкої співпадає з будовою зовнішньої цитоплазматичної мембрани самої клітини. Вона утримує білкові комплекси, які утворюють канали, що пропускають нейтральні молекули з невеликою масою.

Внутрішня мембрана, яку часто називають спряженою, представляє собою замкнений мішок з численними складками, які називаються кристами. Завдяки кристам суттєво зростає поверхня внутрішньої мембрани, яка є головним органом, що синтезує молекули *АТФ*. Щільність білкових комплексів у спряжених мембранах значно вище (до 70%), ніж у цитоплазматичних.

У клітинах зелених водоростей та вищих рослин фосфорилювання відбувається в органелах – хлоропластах, які пофарбовані у зелений колір. Кожна клітин утримує від одного (хлорелла) до сотні хлоропластів. Хлоропласти суттєво більші, ніж мітохондрії. Вони мають діаметр від 4 до 10 мкм $(4 \dots 10) \cdot 10^{-6}$ й товщину $(1 \dots 2) \text{ мкм} = (1 \dots 2) \cdot 10^{-6} \text{ м}$.

Хлоропласт утримується у оболонці, яка створена з двох близько розміщених мембран. Всередині другої оболонки знаходиться безбарвна рідина – строма, у яку занурені грани, в яких

присутній хлорофіл. Грани, у свою чергу, складаються зі стоек тонких пластинок, тілакоїдів, які налягають одна на одну.

Тілакоїди оточені своїми мембранами й утримують молекули хлорофілу. На поверхні тілакоїдів є грибоподібні вирости, повернені у бік строми. Внутрішня область тілакоїди заряджена позитивно, строма має від'ємний заряд, у просторі між двома зовнішніми мембранами хлоропласту електричний заряд позитивний.

У клітинах зелених рослин є й фотосинтезуючі хлоропласти й мітохондрії. У темряві клітини дихають киснем й окислюють глюкозу у мітохондріях при синтезі молекул АТФ. На світлі працюють хлоропласти.

Таким чином, у синтезі молекул АТФ можуть приймати участь цитоплазматичні мембрани прокаріотичних клітин бактерій й синьо-зелених водоростей, внутрішні мембрани мітохондрій та мембрани тілакоїдів хлоропластів зелених рослин незважаючи на різну фізичну природу енергії, що використовується (окислення, поглинання світла), механізм синтезу АТФ та транспорту іонів через такі мембрани практично однаковий.

Синтез АТФ частково відбувається й у цитоплазмі, але основні процеси фосфорилювання протікають на мембранах. Механізм фосфорилювання зв'язаний (спряжений) з процесом вилучення енергії при окисненні органічних з'єднань (дихання) й при поглинанні світла. Тому мембрани тілакоїдів, внутрішні мембрани мітохондрій й цитоплазматичні мембрани бактерій називають спрягаючими мембранами.

Енергетизований стан мембрани, крім синтезу молекул АТФ, необхідний для багатьох процесів у клітині. Зокрема, цей стан використовується натрієвими насосами мембрани, які переміщують іони натрію в обмін на протони, що рухаються у бік менших їх концентрацій електричне поле мембрани полегшує рух протонів й перешкоджає рухові іонів натрію. Рівновага настає тоді, коли різниця концентрацій іонів натрію вирівнюється з різницею концентрацій протонів, яка підтримується зовнішнім джерелом – диханням чи фотосинтезом.

Різниця концентрацій протонів на двох сторонах мембрани забезпечує перенесення молекул АДФ й фосфату у матрикс мітохондрій та вилучення з нього молекул АТФ. Фосфат знаходиться у цитоплазмі мітохондрії у вигляді від'ємно зарядженого іона. Вона переміщується у матрикс під дією електричного поля спрягаючої мембрани. Молекули АДФ й АТФ знаходяться у клітині у стані іонів: $АДФ^{3-}$ й $АДФ^{4-}$. Тому перехід $АДФ^{3-}$ в середину матрикса й винесення $АДФ^{4-}$ еквівалентні переміщенню через мембрану з матрикса одного

від'ємного заряду чи переміщенню всередину матрикса одного додатного заряду.

Як було вказано вище, цитоплазма клітини й матрикс мітохондрій мають від'ємний потенціал. Крім спрягаючої мембрани, яка оточує матрикс, у кожній мітохондрії є зовнішня мембрана. З однієї сторони, вона дозволяє мати на зовнішній поверхні спрягаючої мембрани додатний потенціал, а з другої – у невеликому просторі між цими мембранами легше створити велику концентрацію протонів, необхідну для переводу спрягаючої мембрани у енергетизований стан. У цьому невеличкому просторі також неважко створити потрібні концентрації молекул *АДФ* й фосфату, необхідні для синтезу молекул *АТФ*.

Мітохондрії майже не відрізняються від бактерій за розмірами. Склад ліпідів у мембранах бактерій й внутрішніх (спрягаючих) мембранах мітохондрій майже однаковий. Мітохондрії мають автономний механізм синтезу білків та нуклеїнових кислот, що дає їм змогу синтезувати свої власні молекули. Виявляється, що мітохондріальна ДНК має кільцеву побудову, як і ДНК бактерій.

Молекула *АТФ*, виходячи з мітохондрії на зовнішній стороні мітохондріальної мембрани, приймає участь у синтезі молекули креатинфосфату з молекули креатину. Молекула *АДФ*, яка при цьому утворюється, знову попадає всередину мітохондрії, вступаючи у повторний синтез молекул *АТФ*. Молекули креатинфосфату дифундують у місця споживання енергії. Тут фосфатна група від креатинфосфату переходить на молекулу *АДФ*, котра перетворюється у молекулу *АТФ*. Потім утворені молекули *АТФ* безпосередньо забезпечують енергією відповідні процеси. Після відщеплення фосфідної групи від креатинфосфату креатин повертається до мітохондрій, і цикл повторюється знову.

Таким чином, жива клітина має два типи енергії для виконання різноманітних біологічних процесів у різних середовищах. Один з них хімічна енергія, яка запасається при синтезі молекул *АТФ*. Вона використовується у водному середовищі (цитоплазмі), у котрій легко розчиняються ці молекули. Вони все ж таки не розчиняються у ліпідному прошарку клітинних мембран, тому для забезпечення енергією процесів, які відбуваються в середині мембран, використовується протонний потенціал енергетизованого стану мембрани. Досить важливим і суттєвим є те, що енергія протонного градієнта може використовуватись для синтезу молекул *АТФ* у ферментах *АТФ*-синтезу. І навпаки, енергія гідролізу молекул *АТФ* може використовуватись для створення протонного градієнта.

Солітони, екситони, та поляритони у квазіодноримірних кластерах клітин рослин. Відомо [1], що солітони можуть

збуджуватись у квазіодновимірних нелінійних системах з дисперсією. Такі умови виконуються у багатьох біологічних явищах і, зокрема, у кластерах клітин рослин.

У [11, 13] встановлено, що при гідролізі молекули АТФ, прикріпленої до кінця альфа-спіральної білкової молекули виділена енергія може переміщуватись вздовж вказаної молекули у вигляді солітона без витрати енергії.

Енергія гідролізу молекул АТФ збуджує внутрішнє пептидне коливання амід 1. частота цього коливання не залежить від типу амінокислотних залишків, які входять до складу білкової молекули, що свідчить про слабкий зв'язок такого коливання з численними іншими коливаннями у білковій молекулі.

Уявлення, фізичні механізми та їх обґрунтування, наведені у роботах [1, 11, 13], використані у даному дослідженні.

У кластерах клітин рослин (кожний з кластерів складається приблизно зі 100 клітин), розміщених у ксилемних та флоемних провідних шляхах, і контактують між собою вздовж поверхонь, що мають фрактальну розмірність (завдяки постійним коливанням згинного типу у мембранах поверхневих прошарків клітин даного кластеру), можуть збуджуватись під впливом зовнішнього збурення (ЕМВ НВЧ/КВЧ-діапазону) коливання у області резонансу акустоелектромагнітного типу.

На кластер вказаних клітин з характерним типом структурних елементів (скажімо, хлоропластів/мітохондрій, тілакоїдів) діє ЕМВ частоти $\Omega_{\text{ЕМВ}}$ з хвильовим вектором $k \rightarrow 0$, яке збуджує (резонансні) коливання акустичного ($\Omega_{\text{АК}}$) типу (у гіперзвуківому діапазоні) – т. з. оптичні фрактони (теж з $k \rightarrow 0$). У таблиці наведені значення $\lambda_{\text{ЕМВ}}$, й $\lambda_{\text{АК}}$, за яких виникає акустоелектромагнітний резонанс у клітинних кластерах (рослин) для кожної $\Omega_{\text{ЕМВ}}$ (тобто при $\Omega_{\text{АК}} = \Omega_{\text{ЕМВ}}$).

1. Значення $\lambda_{\text{ЕМВ}}$, м; $\lambda_{\text{АК}}$, м для резонансів типу: $\Omega_{\text{ЕМВ}} = \Omega_{\text{АК}}$.

$\Omega_{\text{ЕМВ}}$, ГГц	$\lambda_{\text{ЕМВ}}$, м	$\lambda_{\text{АК}}$, м
5	$6 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-7}$
10	$3 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-7}$
15	$2 \cdot 10^{-2}$	$6,67 \cdot 10^{-8}$
20	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-8}$
25	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-8}$
30	$1 \cdot 10^{-2}$	$3,33 \cdot 10^{-8}$
35	$8,57 \cdot 10^{-3}$	$2,86 \cdot 10^{-8}$
40	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$
45	$6,67 \cdot 10^{-3}$	$2,22 \cdot 10^{-8}$
50	$6 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-8}$
55	$5,45 \cdot 10^{-3}$	$1,82 \cdot 10^{-8}$
60	$5 \cdot 10^{-3}$	$1,67 \cdot 10^{-8}$

З таблиці видно, *ЕМВ НВЧ/КВЧ*-діапазону (з $\Omega_{ЕМВ} = (5 \dots 60)$ ГГц) викликає у клітинних кластерах (у їх структурних елементах) акустичні коливання гіперзвукового діапазону (т.з. фрактони) з $\lambda_{АК} = (16,7 \dots 200)$ нм. Такі коливання можуть розповсюджуватись вздовж самих структурних елементів клітинних кластерів (хлоропластів, мітохондрій, тілакоїдів), так і передаватись від одного кластера до іншого, змінюючи відстань у міжщільному просторі контактуючих (через мембранні поверхні) клітин (та кластерів клітин), і, водночас, змінюючи фрактальну розмірність самої поверхні окремо взятої (збудженої *ЕМВ*) клітини (і кластера в цілому). Зміна фрактальної розмірності контактуючих сусідніх клітин виникає внаслідок зміни фрактальної розмірності структурних елементів (органел) клітини (мітохондрій, тілакоїдів, хлоропластів) і всього кластера клітини в цілому. Таким чином інформація від збудженої клітини (кластера клітин) передається далі вздовж всього флоемного (ксилемного) провідного шляху. Отже, форма (матеріальна) сигналу про збудження конкретної ділянки флоемного провідного шляху (а також і ксилемного) – це змінена фрактальна розмірність (D_f) цієї ділянки (спочатку окремої органели, потім окремо взятої клітини, потім кластера клітин рослин.) даний фізичний механізм, на нашу думку, лежить в основі сигналізації у провідних шляхах рослин при їх збудженні зовнішнім подразником певної частоти ($\Omega_{ЕМВ}$). Носіями такої інформації є білкові молекули, що знаходяться всередині мембран структурних елементів клітин (мітохондрії/хлоропласти), на більш високому ієрархічному рівні – мембрани клітин (окремих), а ще на більш високому ієрархічному рівні – кластери клітин рослин, зосереджені у флоемних/ксилемних провідних шляхах (рис. 1.)

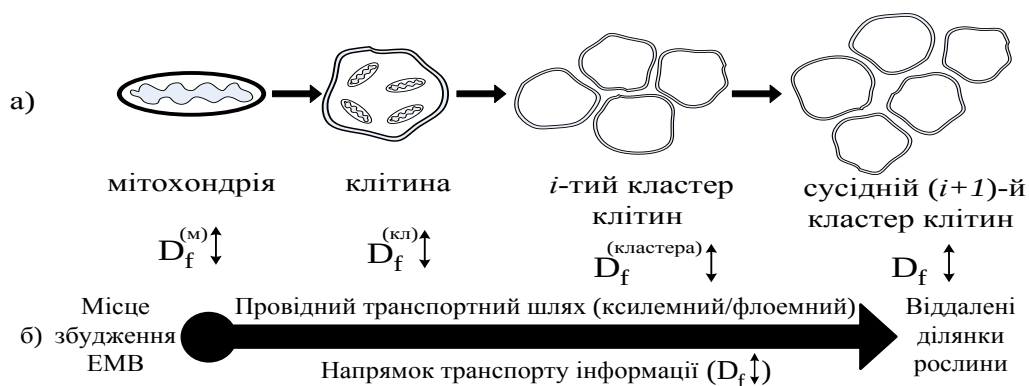


Рис. 1. Фізичний механізм передачі інформації про збудження *ЕМВ* структурних елементів (мітохондрій/хлоропластів) окремої клітини рослини у її провідних транспортних шляхах (ксилемних/флоемних): а – структурно-ієрархічні рівні передачі інформації; б – напрямок передачі інформації про зміну D_f .

Слід зазначити, що для ефективної передачі інформації про зміну D_f вздовж транспортного провідного шляху рослини можна використовувати два типи збуджень у кластерах клітин: поздовжні (т. з. акустичні фрактони) та згинні (оптичні фрактони), зображені на рис. 2.

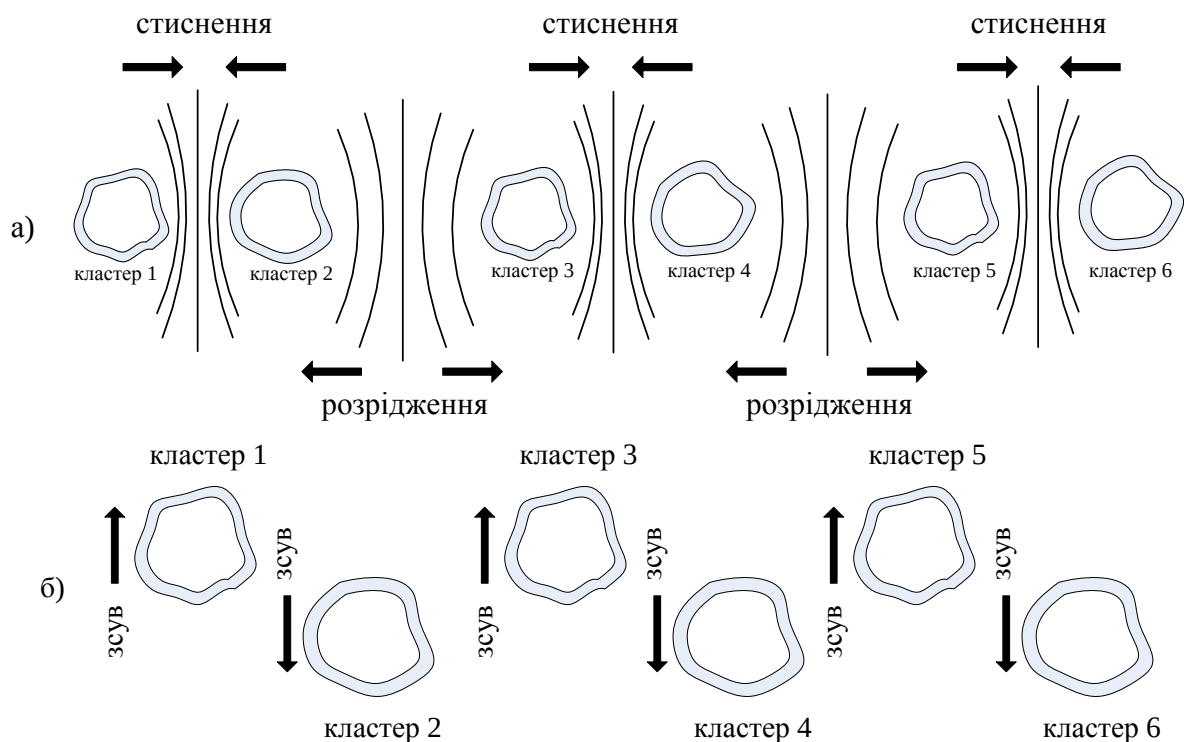


Рис. 2. Типи фрактонів, які можуть розповсюджуватись у кластерах клітин і у провідних транспортних шляхах рослин: а – акустичні фрактони; б – оптичні фрактони.

Стосовно зміни D_f слід зазначити наступне: загальновідомо, що фрактал/фрактальна структура має властивість самоподібності, дробову (або з цілою частиною і дробовою) розмірність (відмінну від 1 – для лінії, від 2 – для площини, від 3 – для об'єму) і визначається, наприклад, методом підрахунку квадратів таким чином:

$$D_f = \lim_{L \rightarrow \infty} \frac{\ln\{N(L)\}}{\ln L} \quad (1)$$

де $N(L)$ – число квадратів зі стороною L , яке необхідне для покриття даної фрактальної структури (мембрана клітини, мембрана мітохондрії, мембрана хлоропласту, мембрани поверхневого прошарку кластеру клітин рослини.) зрозуміло, що D_f у назвах структурних елементі лежить у межах:

$$1 < D_f < 2 \quad (2)$$

Крім того, границя фрактальної структури недиференційована (у математичному сенсі), тобто від форми кривої, що обмежує

поверхню фрактальної структури, не можна знайти похідну в жодній точці цієї поверхні (!). Фрактальна розмірність (D_f) є показником міри заповнення простору фрактальною структурою. Коли, скажімо, клітина (та її зовнішня мембрана) рослини знаходиться у певному (незбудженому *EMB*) стані, D_f приймає певне проміжне значення (D_{f_0}) з відрізка $[1; 2]$, тобто $D_{f_0} \in [1; 2]$. При наявності збудження зовні даної клітини (її органел) D_f зростає від певного значення (D_{f_0}) до $D_{f_{max}} \rightarrow 2$. Коли клітина втрачає енергію збудження ззовні (за рахунок *EMB*), тоді її D_f спадає (від $D_{f_{max}}$ до D_{f_0}). Величину D_{f_0} визначає низка факторів (тип клітини, вид рослини, особливості побудови її органел, типи органел, які є у даній рослині). Крім того, на нашу думку, за інших однакових умов (температура, тиск, освітленість та ін.) Ω_{EMB} (резонансна частота, яка задає ритм нормального функціонування) рослини (вдень і вночі) та її розвитку) може визначатись частотою реліктового випромінювання Всесвіту, що лежить у діапазоні 60 ГГц (за середньої температури Всесвіту $T = 2,7^\circ K$, ця частота $\Omega_{EMB} = 60$ ГГц відповідає максимуму енергетичної характеристики *EMB* – спектральної цільності потужності випромінювання $P_s, \frac{Вт}{Гц \cdot м^2}$).

Фрактальним структурам притаманна властивість (масштабної інваріантності), тобто одноманітність у широкому діапазоні масштабів. Внаслідок цього будь-яка невелика частина фракталу утримує у собі інформацію про весь фрактал (скажімо органела клітини рослини і весь кластер клітини рослини). Само подібність фрактальних структур є результатом ітерації функції зі зворотним зв'язком (т. з. само референтний зворотний зв'язок) або ж інакше кажучи, визначається, будується і розвивається у просторі і часі за рекурсивним (зі зворотнім зв'язком) алгоритмом. Складні форми фрактальних структур створюються за допомогою спеціальних «генетичних» правил і матеріальною основою їх існування (носієм інформації про них) є, на нашу думку, морфогенетичні поля фрактальних структур, які мають акустoeлектромагнітну природу (при цьому *EMB* лежить у *НВЧ/КВЧ*-діапазоні, а акустичні поля, які підтримуються фрактальними структурами – у гіперзвуковому діапазоні, що відповідає наноструктурним масштабам органел клітин рослин, мембранам клітин з білковими молекулами, «зануреними» у їх напівпроникні канали). Саме такий фізичний механізм передачі інформації про збудження «фрагментів» клітин рослини (як і самої клітини, її мембрани, кластерів подібних клітин) визначає зв'язок ближнього (локального) (у сенсі D_f – величини) і дальнього (глобального) порядків (визначає сутність функціонування у

рослинах транспортних провідних шляхів). До речі, все зазначене вище, дозволяє стисло математично описувати самі (фрактальні) структури та процеси, що в них відбуваються. Зрозуміло, що у неоднорідних структурах, на кшталт флоемних/ксилемних провідних транспортних шляхів, у залежності від D_f – величини можуть збуджуватись вібраційно-хвильові резонанси (хвилеутворення), схожі на фонони у твердих тілах, які розповсюджуються вздовж цих структур, і називаються фрак тонами.

Збудження основного резонансного ($\Omega_{EMB} = \Omega_{AK}$) коливання у органелі (мембрані клітини, поверхневому мембранному прошарку кластеру клітин рослини) призводить до двох додаткових взаємодій. Перша з них – це резонансна взаємодія (типу диполь – дипольної взаємодії), яка виникає між кластерами клітин (спочатку між органелами клітини, потім між окремими клітинами кластеру при їх взаємодії вздовж поверхні контакту (своїми мембранами)). Ця взаємодія викликає стрибання коливання (фрактонів) з одного кластера клітини на інший (сусідній) кластер (на кшталт передачі коливання одного маятника на інші такий самий за їх слабкого зв'язку). Зрозуміло, що така взаємодія кластерів клітин залежить від відстані між кластерами.

Інша взаємодія є деформаційною. При збудженні основного резонансу ($\Omega_{EMB} = \Omega_{AK}$) у даному кластері змінюється його взаємодія (і D_f , зрозуміло) з сусідніми кластерами, а це викликає зміну взаємної відстані між кластерами – переміщення їх (центрів ваги) з первісних рівноважних положень.

Таким чином, деформаційна взаємодія визначається зв'язком основного резонансу (коливання) ($\Omega_{EMB} = \Omega_{AK}$) зі зміщеннями рівноважних положень кластерів клітин.

На нашу думку, перший тип взаємодії призводить до виникнення у кластерних структурах оптичних фрактонів, а другий – акустичних фрактонів. При цьому повинні виконуватись частотно-хвильові синхронізми (або умови), що накладаються на частоти збуджень, оптичних та акустичних фрактонів та їх хвильових векторів ($\vec{k}$) типу:

$$\begin{cases} \Omega_{EMB} = \Omega_{AK} = \Omega_{of} + \Omega_{af} \\ \vec{k}_{EMB} = \vec{k}_{AK} = \vec{k}_{of} + \vec{k}_{af} \end{cases} \quad (3)$$

Вирази у (3) мають наступний фізичний зміст: Ω_{EMB} , Ω_{AK} – частоти акустoeлектромагнітного резонансу ($\Omega_{EMB} = \Omega_{AK} = \Omega_{pump}$ – частота «накачування»); Ω_{of} – частота оптичного фрактону; Ω_{af} – частота акустичного фрактону; $\vec{k}_{EMB} \equiv \vec{k}_{pump} = \vec{k}_{AK}$ – хвильовий вектор *EMB*, «накачування» та акустичного поля (гіперзвукового

діапазону), відповідно. Зазначимо, що розмірність $[\Omega] = c^{-1} = \Gamma\epsilon$, а $[\vec{k}] = m^{-1}$. З урахуванням наявної фрактальної структури у співвідношенні для частот (3) з'являється показник степеня (для кожної з них) у вигляді D_f . Стосовно хвильових векторів $\vec{k}$ (3) слід зазначити, що:

$$|\vec{k}| = \sqrt{(k_x)^2 + (k_y)^2 + (k_z)^2} \quad (4)$$

Для звичайної метрики простору, у фрактальних структурах прийме вигляд:

$$|\vec{k}|^{D_f} = \sqrt{(k_x)^{2D_f} + (k_y)^{2D_f} + (k_z)^{2D_f}} \quad (5)$$

На рис. 3 на діаграмі $(\omega, \vec{k})$ зображені умови частотно-хвильового синхронізму у інтерпретації (3)

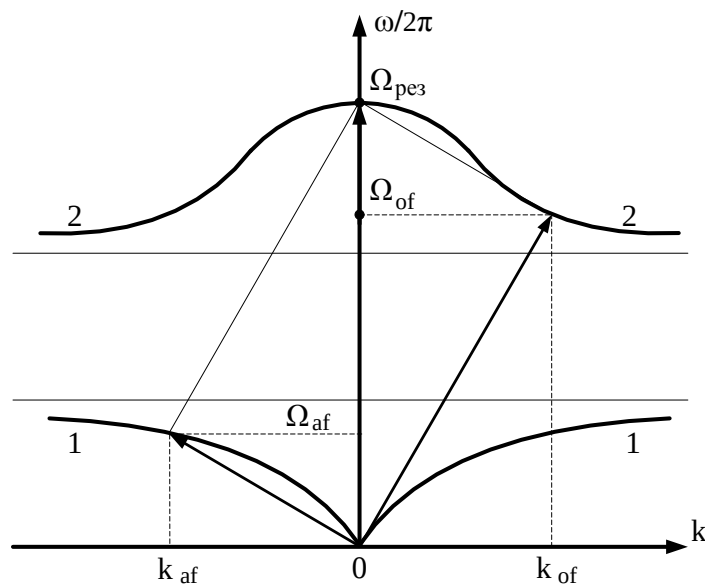


Рис. 3. Частотно-хвильовий синхронізм у клітинних структурах рослин.

Нелінійні процеси які відповідають умовам синхронізму типу (3), виникають у клітинних структурах вищих рослин завдяки точковим (нерегулярним) контактам мембранних поверхонь огреби клітин кластера, що контактують між собою й з подібними поверхнями сусідніх з даним кластерів клітин, а дисперсія виникаючих хвиле утворень зобов'язана просторовому розпливанню локалізованого збудження, що складене з багатьох монохроматичних хвиль. Ці нелінійних хвиле утвореннях (типу солітонів) відбувається інтенсивна взаємодія монохроматичних складових пакету. Ця взаємодія спричинює перерозподіл енергії між ними. Якщо цей перерозподіл зводиться до того, що відбирається енергія від швидких хвиль хвильового пакету й передається хвилям,

які відстають, тоді у результаті утворюється стабільне збудження, яке розповсюджується як єдине ціле. Саме велика стабільність солітонів (акустичних і оптичних) стимулює чисельні спроби їх використання при дослідженні нелінійних хвиль утворень у різноманітних (у т.ч. біологічних) середовищах.

На нашу думку хвиль утворення типу оптичного фрактону (на оптичній гілці) та акустичного фрактону (на акустичній гілці) (рис. 3) є солітонними.

При цьому швидкість перенесення енергії (тобто т. з. групова швидкість хвиль v_g) у оптичних фрактонів від'ємна, а у акустичних фрактонів – додатна:

$$v_{g_{of}} = \frac{d\Omega}{dk} < 0, \quad v_{g_{af}} = \frac{d\Omega}{dk} > 0 \quad (6)$$

При квантовому переході у збуджений стан під дією ЕМВ (світла певної частоти $\Omega_{\text{ЕМВ}}$) доволі важкі клітинні структури (кластери клітин) не встигають зміщуватись зі своїх рівноважних положень (принцип Франка-Кондона). У цьому випадку у колективному збудженому стані приймає головну участь тільки додаткова взаємодія першого типу – резонансна. Такі збуджені стани характеризуються рівномірним розподілом імовірності збудження по всіх органелах, по всіх окремих окремих клітинах рослин та їх кластерах. При цьому не порушується періодичний розподіл клітин вздовж окремого кластеру, чи кластерів клітин вздовж провідного транспортного шляху рослин (флоемного/ксилемного). Елементарне збудження цього типу характеризується монохроматичними хвилями, які мають фіксовану енергію (частоту), фазову швидкість ($v_\phi = \frac{\Omega}{k}$) й довжину хвилі λ . Вони мають назву (для акустичних гілок) екситонів, або поляритонів – єдиних оптико-механічних коливань (для оптичних гілок).

Переміщення хвильового пакету (рух екситона чи поляритона) критично не супроводжується деформацією ланцюга клітин (чи кластерів клітин) рослини. Екситони/поляритони переносять тільки енергію вібраційного резонансного збудження ($\Omega_p = \Omega_{\text{ЕМВ}} = \Omega_{\text{АК}}$) з доволі малою груповою швидкістю (рис. 4).

Слід, однак, мати на увазі, що перенесення енергії екситонними/поляритонними хвильовими пакетами є доволі малої ефективності за двома причинами: 1) область, яка охоплена збудженням, при переміщенні збільшується, оскільки складові хвильового пакету рухаються з різними фазовими ($v_\phi = \frac{\Omega}{k}$) швидкостями; 2) хвильові пакети при русі гальмуються, віддаючи енергію тепловим коливанням (молекул, атомів) середовища (клітини вище рослин). Процеси дисипації енергії обумовлені

деформаційною взаємодією зі зміщеннями рівноважних положень окремих клітин (їх органел) та кластерів клітин рослин.

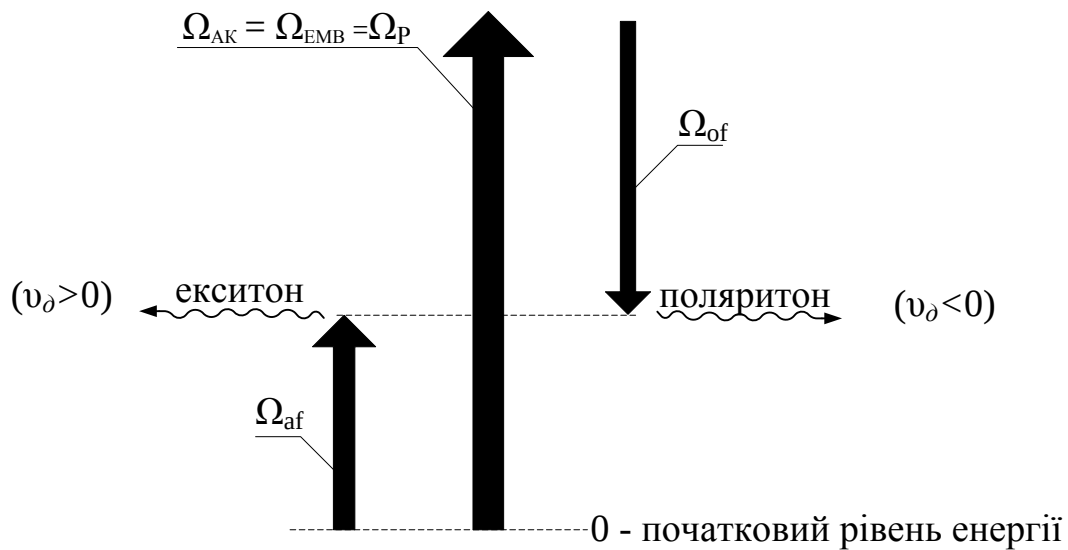


Рис. 4. Виникнення екситон-поляритонних пар при наявності у клітинах/кластерах клітин вищих рослин акустоелектромагнітного резонансу.

У порівнянні з екситами/поляритонами солітони (акустичної та оптичної гілок) рухаються зі швидкістю, яка менша за швидкість поздовжнього звуку, мають меншу загальну енергію (при зв'язуванні резонансних коливань $\Omega_p = \Omega_{EMB} = \Omega_{AK}$ з деформаційними – оптичні та акустичні фрактони виділяється енергія такого зв'язку і виникає таким чином виграш за енергією), топологічно стійкі. Тому їх кінетична енергія не перетворюється у енергію теплового руху, а збуджуються солітони лише на кінцях провідних шляхів (транспортних) вищих рослин або на кінцях білкових молекул, що знаходяться у мембранах клітин чи на кінцях кластерних клітинних структур (першого і останнього клітинних кластерів, які розміщені на конкретному транспортному провідному шляху вищої рослини). Тому «знищити» солітон (завдяки його топологічній стійкості) набагато важче, ніж звичайний екситон/поляритон.

Утворення солітону пов'язане зі зміщенням рівноважних положень органел, окремих клітин, кластерів клітин рослини, тому світло (EMB) не збуджує солітони. З цієї ж причини дуже малою є вірогідність випромінювання світла солітоном. (Інша справа – акустичні поля гіперзвукового діапазону.)

Крім того, [10 - 13], солітони можуть збуджуватись локальними зовнішніми впливами, наприклад, при хімічних реакціях у рослинах (у їх органелах, клітинах, кластерах клітин, розміщених на конкретному провідному транспортному шляху). Найбільш

вірогідним є їх збудження, коли локальний вплив/дія ззовні реалізується на кінці молекулярного ланцюга (білкових молекул), на мембрані органели, на мембранних поверхнях клітин/кластерів клітин, що знаходяться на одному з кінців транспортного шляху вищих рослин.

У вищих рослинах ксилемні та флоемні провідні транспортні шляхи взаємодіють між собою. Тому при повному теоретичному описові збуджених станів органел клітини, клітинних кластерів слід враховувати резонансні взаємодії між кластерами клітин, що входять до складу різних транспортних шляхів рослини.

Зауважимо, що врахування цієї обставини може призвести [10 - 13] до виникнення у таких структурах трьох типів стаціонарних солітонів, які відповідають одному й тому ж резонансному / головному коливанню ($\Omega_{EMB} = \Omega_{AK} = \Omega_{pump}$):

1) симетричних солітонів (вздовж кожного транспортного шляху рослини розповсюджуються збурення у фазі (з однаковою фазою));

2) несиметричні солітони (збурення вздовж транспортних шляхів рослини рухаються з деяким зсувом фаз, а у області збудження виникає згин локального типу кожного зі взаємодіючих шляхів).

Якщо у взаємодіючих транспортних шляхах рослини збуджується нестационарний стан, зобов'язаний суперпозиції симетричних та несиметричних солітонів, тоді виникають биття, які відповідають перестрибуванням збудження з одного транспортного шляху на сусідній.

Таке перестрибування зумовлений резонансною взаємодією між кластерними структурами (між окремими клітинами) сусідніх транспортних шляхів рослини. Період таких рухів (перестрибувань) лежить у діапазоні $T = (2 \dots 3) \cdot 10^{-12} \text{с} = (2 \dots 3) \text{нс}$.

Висновки

1. Запропонована фізико-механічна модель локальних порушень конформації мембран клітин вищих рослин, яка дозволяє визначити фізичні причини й умови виникнення дисипативних солітонів НВЧ/ВВЧ-діапазону електромагнітних хвиль та гіперзвукових акустоелектромагнітних резонансів у кластерних клітинних структурах.

2. Кластерні клітинні структури, розміщені на провідних транспортних шляхах вищих рослин (ксилемний та флоемний), мають фрактальні властивості й свою, притаманну тільки їм фрактальну розмірність. Формула (зокрема, мембранні поверхні органел, окремих клітин, контактуючих між собою кластерів клітин через поверхневі міжклітинні контакти), яка змінюється у процесах,

збудження вказаних структур зовнішнім ЕМВ, що викликає у них резонанси акустоелектромагнітної природи. Саме резонанси лежать у гіперзвуковому діапазоні акустичних коливань таких структур.

3. Інформація про зміну D_f у збуджених елементах клітинних структур передається досить швидко до віддалених ділянок транспортних шляхів рослини від місця збудження цієї структури за допомогою солітонів (акустичної та оптичної гілок), які до того ж виникають (симетричні/несиметричні) й при взаємодії сусідніх транспортних шляхів (ксилемного та флоемного, що взаємодіють між собою).

4. Отримані у роботі результати можуть у подальшому слугувати для вдосконалення й уточнення інженерних розрахунків пристроїв молекулярної мікро- та наноелектроніки, які використовуються у сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур (мікро- й нанофоніка рослин).

Список літератури

1. Давыдов А.С. Солитоны в биоэнергетике. / А.С. Давыдов. – Киев: Наукова думка, 1986. – 160 с.
2. Green D. E. Mechanism of energy transduction in biological systems. / D. E. Green // Science. – 1973. – Vol. 181 – P. 583–584.
3. Davydov A.S. Solitary excitons in one-dimensional molecular chains. / A.S. Davydov, N.I. Kislukha // Physica Status Solidi (B). – 1973. – Vol. 59. – P. 465–470.
4. Hyman J.M. On Davydov's Alpha-Helix Solitons. / J.M. Hyman, D.W. McLaughlin // Physica D: Nonlinear Phenomena. – 1981. – Vol. 3. – № 1–2. – P. 23–45.
5. Scott A. C. The laser-Raman spectrum of Davydov soliton. / A. C. Scott // Physics Letters A. – 1981. – Vol. 86. – № 1. – P. 60–62.
6. Scott A. C. Dynamics of Davydov solitons. / A. C. Scott // Phys. Rev. – 1982. – Vol. 26. – № 1. – P. 578–595.
7. Scott A. C. The Vibrational Structure of Davydov Solitons. / A. C. Scott // Physica Scripta. – 1982. – Vol. 25 – P. 651 – 658.
8. Scott A. C. Solitons on the Alpha-Helix proteins / A. C. Scott // Struct. and Dynam. Nucl. Acids and Proteins. – 1983. – № 4. – P. 389–404.
9. Eilbeck J.C. Davydov Soliton on the Alpha-Helix. A 16 mm mute film. 1 Wood road. / J.C. Eilbeck. – Wimbledon; London, S.W. 200NM. – 1979.
10. Давыдов А.С. Биология и квантовая механика. / А.С. Давыдов. – Киев: Наукова думка, 1979. – 296 с.
11. Давыдов А. С. Солитоны в молекулярных системах / А.С. Давыдов – Киев: Наукова думка, 1984. – 288 с.
12. Davydov A. S. Biology and Quantum Mechanics. / A. S. Davydov. – Oxford: Pergamon Press, 1981. – 225 p.
13. Davydov A. S. Solitons in Molecular Systems. / A. S. Davydov. – Dordrecht: Reidel, 1985. – 319 p.

Предложена физико-механическая модель локализованных нарушений конформации мембран клеток высших растений.

Установлены условия возникновения диссипативных солитонов сверхвысокочастотного (СВЧ) и крайне высокочастотного (КВЧ) диапазонов при существовании гиперзвуковых акустоэлектромагнитных резонансов кластерных структур клеток высших растений.

Физико-механическое моделирование, локализованные нарушения, конформации, мембраны, клетки, высшие растения, диссипативные солитоны, сверхвысокочастотный (СВЧ) и крайне высокочастотный (КВЧ) диапазоны, гиперзвуковые акусто-электромагнитные резонансы, кластерные структуры клеток растений.

The paper has proposed a physical-mechanical model of localized disturbances of conformation of the cell membranes in high plants, as well as the conditions for the formation of dissipative solitons, ultra-high frequency (UHF) and extremely high frequency (EHF) range with the existence of hypersonic acoustic and electromagnetic resonances cluster structures of the cells of higher plants.

Physico-mechanical modeling, localized disorders, conformation, membrane, cells, high plants, dissipative solitons, ultra high frequency (UHF) range, extremely high frequency (EHF) range, hypersonic acoustic and electromagnetic resonances, cluster structures of plant cells.

УДК 621.87

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РЕЖИМУ РУХУ МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ СТІЛОВОГО КРАНА З УРАХУВАННЯМ КОЛИВАНЬ ВАНТАЖУ

**В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
В.В. Мельніченко, аспірант***

В статті розглянуто спосіб усунення коливань вантажу під час роботи механізму повороту стрілових кранів. Оптимізація режиму пуску механізму повороту крана проводиться за допомогою методів варіаційного числення. В роботі використано інтегральний комплексний критерій у вигляді лінійної згортки двох одиничних критеріїв, що відображають енергетичні втрати та дію динамічних навантажень.

*Науковий керівник – доктор технічних наук В.С. Ловейкін

© В.С. Ловейкін, В.В. Мельніченко, 2013

Установлены условия возникновения диссипативных солитонов сверхвысокочастотного (СВЧ) и крайне высокочастотного (КВЧ) диапазонов при существовании гиперзвуковых акустоэлектромагнитных резонансов кластерных структур клеток высших растений.

Физико-механическое моделирование, локализованные нарушения, конформации, мембраны, клетки, высшие растения, диссипативные солитоны, сверхвысокочастотный (СВЧ) и крайне высокочастотный (КВЧ) диапазоны, гиперзвуковые акусто-электромагнитные резонансы, кластерные структуры клеток растений.

The paper has proposed a physical-mechanical model of localized disturbances of conformation of the cell membranes in high plants, as well as the conditions for the formation of dissipative solitons, ultra-high frequency (UHF) and extremely high frequency (EHF) range with the existence of hypersonic acoustic and electromagnetic resonances cluster structures of the cells of higher plants.

Physico-mechanical modeling, localized disorders, conformation, membrane, cells, high plants, dissipative solitons, ultra high frequency (UHF) range, extremely high frequency (EHF) range, hypersonic acoustic and electromagnetic resonances, cluster structures of plant cells.

УДК 621.87

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РЕЖИМУ РУХУ МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ СТІЛОВОГО КРАНА З УРАХУВАННЯМ КОЛИВАНЬ ВАНТАЖУ

**В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
В.В. Мельніченко, аспірант***

В статті розглянуто спосіб усунення коливань вантажу під час роботи механізму повороту стрілових кранів. Оптимізація режиму пуску механізму повороту крана проводиться за допомогою методів варіаційного числення. В роботі використано інтегральний комплексний критерій у вигляді лінійної згортки двох одиничних критеріїв, що відображають енергетичні втрати та дію динамічних навантажень.

*Науковий керівник – доктор технічних наук В.С. Ловейкін

© В.С. Ловейкін, В.В. Мельніченко, 2013

Коливання вантажу, оптимізація, перехідний режим руху.

Постановка проблеми. Під час роботи механізму повороту стрілового крана [5] виникають небажані коливання окремих ланок, зокрема вантажу. Особливо це явище проявляється під час перехідних процесів (пуск, гальмування). Наявність коливань приводить до зниження якості та продуктивності виконання монтажних операцій, зниження рівня надійності стрілового крана та збільшення енергетичних витрат. Надлишкове споживання енергії механізмом повороту крана приводить, крім того, до втомного руйнування окремих елементів і крана в цілому. Тому мінімізація енергетичних витрат при роботі механізму повороту крана є досить актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень. Проблемі усунення коливань вантажу на гнучкому підвісі вже декілька десятків років. Останні дослідження, присвячені даній проблемі, ґрунтуються на використанні математичних теорій оптимальних процесів (принцип максимуму, варіаційне числення). Зауважимо, що сучасні способи усунення коливань вантажу пропонується реалізовувати з допомогою певної керуючої дії на механізм повороту під час перехідних режимів руху (розгін, гальмування).

В роботах [1, 2, 8] за керуючий параметр обрано силову дію на привідний механізм: для усунення коливань вантажу необхідно керувати моментом на валу електродвигуна механізму повороту. Керуюча дія має релейний характер, що призводить до додаткових динамічних навантажень на кран. Цей підхід є неприйнятним з точки зору виникнення значних динамічних навантажень.

За допомогою використання теорії варіаційного числення, як це зроблено в роботах [6, 7], можна забезпечити плавну зміну кінематичних характеристик механізму повороту і усунути коливання вантажу на гнучкому підвісі.

Мета досліджень. Мета роботи полягає в мінімізації енергетичних витрат і коливань вантажу на гнучкому підвісі під час перехідних процесів механізму повороту стрілового крана. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі: 1) обрати динамічну модель механізму повороту стрілового крана і на її основі побудувати математичну модель; 2) обрати критерій оптимізації режиму повороту крана та встановити умови його мінімуму; 3) визначити оптимальний режим розгону механізму повороту і провести аналіз отриманих результатів.

Результати досліджень. Одним із способів усунення коливань вантажу при роботі механізму повороту стрілового крана є вибір режиму його руху, при якому споживання енергії було б мінімальним.

Для вибору режиму руху механізму повороту крана необхідно сформулювати критерій, який відображає енергетичні витрати за час руху. Таким критерієм може бути середнє значення кінетичної енергії механізму повороту з гнучким підвісом вантажу за час руху, яке представляється у вигляді інтегрального функціоналу[6]:

$$T_{cp} = \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} T dt, \quad (1)$$

де t – час; t_1 – тривалість руху механізму повороту; T – кінематична енергія механізму повороту крана.

Оскільки витрати енергії є небажаними, то критерій (1) необхідно мінімізувати. Для оптимізації режиму руху механізму повороту крана необхідно вбрати динамічну модель таким чином, щоб були враховані координати ланок, які здійснюють основний рух, а також координата коливань вантажу. Такою динамічною моделлю може бути динамічна модель механізму повороту крана [4] з двома ступенями вільності (рис. 1).

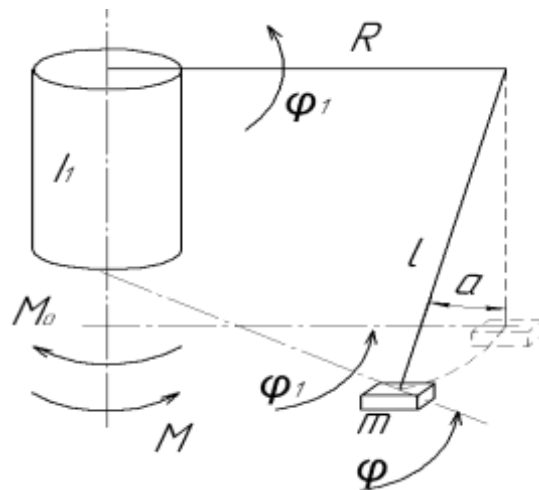


Рис. 1. Розрахункова модель системи «колона-вантаж».

Приведена розрахункова схема (рис. 1) описується системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} I_1 \ddot{\varphi}_1 + \frac{mR^2}{l} g (\varphi_1 - \varphi) = M - M_0; \\ \ddot{\varphi} - \frac{g}{l} (\varphi_1 - \varphi) = 0, \end{cases} \quad (2)$$

де I_1 – момент інерції приводного механізму поворотної колони і стріли, зведений до вісі повороту крана; φ і φ_1 – узагальнені кутові координати зведених мас відповідно вантажу та колони; m – маса вантажу; R – виліт стріли; l – довжина гнучкого підвісу вантажу; g – прискорення вільного падіння; M_0 – статичний момент сил опору,

зведений до осі повороту колони; M – рушійний момент на валу електродвигуна, зведений до осі повороту колони; α – кут відхилення вантажного канату від вертикалі.

З урахуванням впливу коливального руху вантажу на основний рух стріли, який визначається з диференціальних рівнянь руху прийнятої динамічної моделі маємо:

$$\varphi_1 = \varphi + \frac{l}{g} \ddot{\varphi}; \quad \dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi} + \frac{l}{g} \ddot{\varphi}; \quad \ddot{\varphi}_1 = \ddot{\varphi} + \frac{l}{g} \ddot{\varphi}^{IV}. \quad (3)$$

Тоді кінематичну енергію розглядуваної системи з урахуванням виразів (3) можна записати в такому виді:

$$T = \frac{1}{2} I_1 \left(\dot{\varphi} + \frac{l}{g} \ddot{\varphi} \right)^2 + \frac{1}{2} m R^2 \dot{\varphi}^2. \quad (4)$$

Умовою мінімуму критерію (1) є рівняння Ейлера-Лагранжа [9], яке для виразу кінематичної енергії (4) має вигляд:

$$\varphi^{VI} + 2k^2 \varphi^{IV} + \left(1 + \frac{mR^2}{I_1} \right) k^4 \ddot{\varphi} = 0, \quad (5)$$

де $k = \sqrt{l/g}$ - частота власних коливань вантажу на гнучкому підвісі.

Отримане рівняння (5) являє собою однорідне диференціальне рівняння шостого порядку з постійними коефіцієнтами, яке має аналітичний розв'язок. Для його розв'язку достатньо шести крайових умов руху системи «стріла-вантаж». Разом з тим, для реального переміщення стріли з гнучким підвісом вантажу з початкового положення в кінцеве необхідно забезпечити вісім крайових умов:

$$t = 0: \varphi_1 = \varphi = 0, \dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi} = 0; \quad t = t_1: \varphi = \Delta\varphi, \dot{\varphi}_1 = \ddot{\varphi} = \ddot{\varphi} = 0. \quad (6)$$

З урахуванням залежностей (3) ці крайові умови записуються в наступному вигляді:

$$t = 0: \varphi = \dot{\varphi} = \ddot{\varphi} = \ddot{\varphi} = 0; \quad t = t_1: \dot{\varphi} = \Delta\varphi, \ddot{\varphi} = 0, \dot{\varphi} = \ddot{\varphi} = \ddot{\varphi} = 0. \quad (7)$$

Таким чином, в поставленому вигляді оптимізаційна задача кутового переміщення стріли з гнучким підвісом вантажу не може розв'язана, оскільки в цій задачі з необхідних восьми крайових умов руху можуть бути забезпечені тільки шість умов.

Для забезпечення усіх восьми крайових умов руху стріли з гнучким вантажу (7) в оптимізаційній задачі необхідно сформулювати інший критерій у вигляді лінійної згортки [6]:

$$K = \int_0^{t_1} \left[\delta V / \tilde{I}_V + (1 - \delta) T / \tilde{I}_T \right] dt, \quad (8)$$

де T, V – відповідно кінетична енергія і енергія прискорень системи «стріла-вантаж»; $\tilde{I}_V, \tilde{I}_T$ – відповідно мінімально можливі значення кінетичної енергії-часу та динамічної складової потужності

приводного механізму, необхідні для кутового переміщення стріли з гнучким підвісом вантажу з одного крайнього положення в інше; δ – безрозмірний ваговий коефіцієнт, який змінюється від нуля до одиниці і відображає долю динамічної складової потужності приводу.

Кінематична енергія системи «стріла-вантаж» визначається за виразом (4), а енергія прискорень описується залежністю:

$$V = \frac{1}{2} I_1 \left(\ddot{\varphi} + \frac{l}{g} \ddot{\varphi} \right)^2 + \frac{1}{2} m R^2 \ddot{\varphi}^2. \quad (9)$$

Мінімально можливі затрати кінетичної енергії-часу та динамічної складової потужності приводу системи «стріла-вантаж» без врахування коливань вантажу відповідно визначаються залежностями [6]:

$$\tilde{I}_T = \frac{1}{2} (I_1 + m R^2) \frac{\Delta \varphi^2}{t_1}; \tilde{I}_V = 6 (I_1 + m R^2) \frac{\Delta \varphi^2}{t_1^3}. \quad (10)$$

Використавши залежності (4), (9) та (10), визначимо підінтегральну функцію критерію (8):

$$f = \frac{\delta V}{\tilde{I}_V} + (1 - \delta) \frac{T}{\tilde{I}_T} = \frac{t_1}{12 (I_1 + m R^2) \Delta \varphi^2} \times \times \left\{ \delta \left[I_1 \left(\ddot{\varphi} + \frac{l}{g} \ddot{\varphi} \right)^2 + m R^2 \ddot{\varphi}^2 \right] t_1^2 + 12 (1 - \delta) \left[I_1 \left(\dot{\varphi} + \frac{l}{g} \ddot{\varphi} \right)^2 + m R^2 \dot{\varphi}^2 \right] \right\}. \quad (11)$$

Умовою мінімуму критерію (8) є рівняння Ейлера-Пуассона [9], яке з урахуванням виразу підінтегральної функції (11) має вигляд:

$$\overset{VIII}{\varphi} + (2k^2 - k_\delta) \overset{VI}{\varphi} + k_I k^2 (k^2 - k_\delta) \overset{IV}{\varphi} - k_I k_\delta k^4 \ddot{\varphi} = 0, \quad (12)$$

де $k_\delta = 12(1 - \delta) / (\delta t_1^2)$ – відносне значення вагового коефіцієнта,

$k_I = 1 + \frac{m R^2}{I_1}$ – відносний момент інерції системи;

Рівняння (12) являє собою однорідне диференціальне рівняння восьмого порядку з постійними коефіцієнтами, для розв'язку якого достатньо восьми крайових умов руху системи «стріла-вантаж» (7). Отже, в поставленому вигляді оптимізаційна задача кутового переміщення стріли з гнучким підвісом вантажу може бути розв'язана.

Для розв'язування отриманого диференціального рівняння (12) з урахуванням крайових умов (7) зручно використати програму Wolfram Mathematica v.8, яка дозволяє шукати символічні розв'язки диференціальних рівнянь [3].

Розв'яжемо цю задачу при наступних вихідних даних: $I_1 = 7200 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $m = 600 \text{ кг}$; $R = 2,5 \text{ м}$; $l = 4 \text{ м}$; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$; $M_0 = 570 \text{ Нм}$; $\Delta \varphi = \pi$, $t_1 = 10 \text{ с}$. В результаті розв'язку поставленої задачі побудовані графіки

кінематичних характеристик пуску колони і вантажу (рис.2), при різних значеннях коефіцієнта $\delta=(0,1; 0,9)$. Штриховими лініями зображені кінематичні характеристики пуску при $\delta=0,9$, а суцільними лініями при $\delta=0,1$.

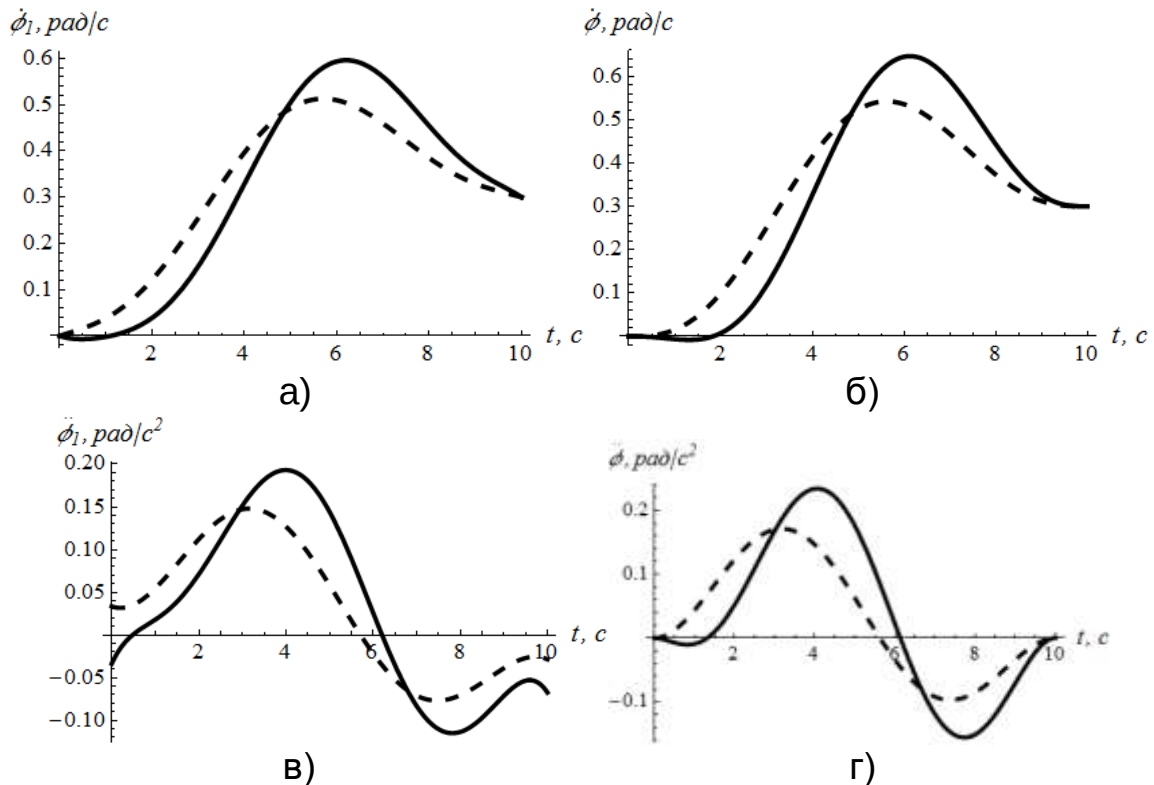


Рис. 2. Графіки функцій кутової швидкості колони (а) та вантажу (б) і кутового прискорення колони (в) та вантажу (г) при різному значенні коефіцієнта δ .

Проаналізуємо отримані графіки кінематичних характеристик при різному значенні коефіцієнта δ . З графіків функцій кутової швидкості колони і вантажу (рис. 2,а і 2,б) видно, що при значенні коефіцієнта $\delta=0,1$ швидкість повороту колони досягає більших максимальних значень, ніж при значенні коефіцієнта $\delta=0,9$. При цьому, максимальне відхилення координат $\phi_1-\phi$ (рис. 3,а) при $\delta=0,1$ становить $0,07 \text{ рад}$, а при $\delta=0,9$ відповідно $0,05 \text{ рад}$. Зміна різниці кутової швидкості (рис. 3,б) також вказує на перевагу значення коефіцієнта $\delta=0,9$.

Зміна кутового прискорення (рис. 2,в і 2,г) приймає як додатні так і від'ємні значення (має місце процес гальмування колони), при значенні коефіцієнта $\delta=0,9$ максимальне значення прискорення колони менша і становить $0,15 \text{ рад/с}^2$, тоді як при $\delta=0,1$ цей показник зростає до $0,2 \text{ рад/с}^2$. Це дало можливість зменшити максимальне значення рушійного моменту (рис.4, б) $M_{\text{max}}=2300 \text{ Нм}$ при $\delta=0,9$ в порівнянні з $\delta=0,1$, де $M_{\text{max}}=2700 \text{ Нм}$. В обох випадках

рушійний момент має коливальний характер зміни, що ускладнює його реалізацію мехатронними засобами.

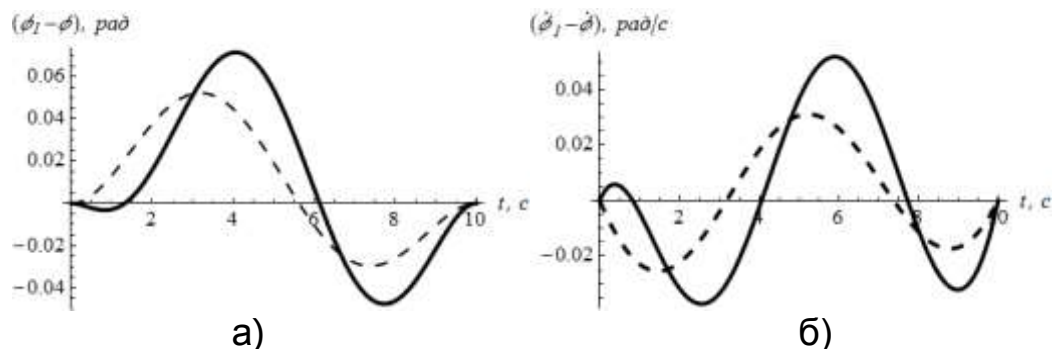


Рис. 3. Графіки кута відхилення гнучкого підвісу вантажу від вертикалі (а) та зміна різниці кутової швидкості (б) при різному значенні коефіцієнта δ .

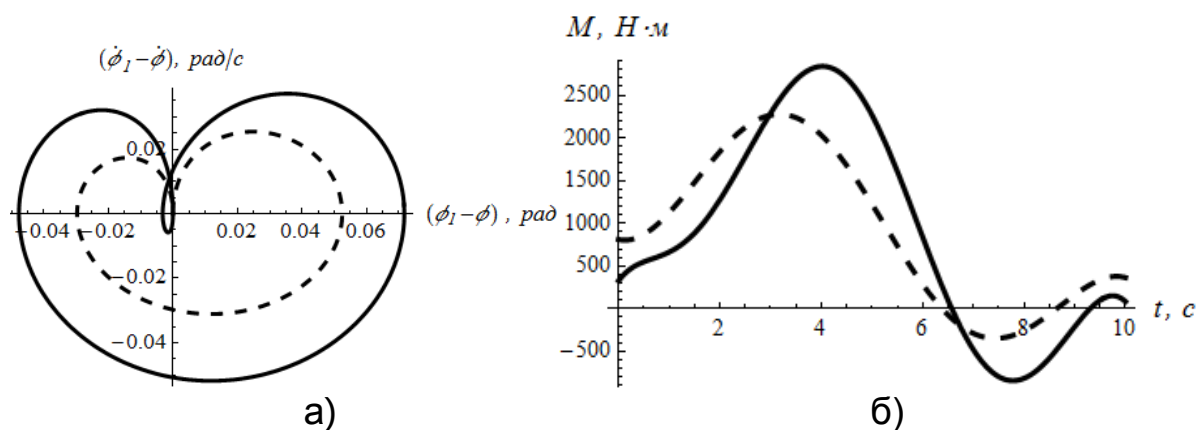


Рис. 4. Фазовий динамічний портрет системи «колона-вантаж» (а) та графік зміни рушійного (б) при різному значенні коефіцієнта δ .

З отриманих фазових портретів (рис.4,а) видно, що при різному значенні коефіцієнта δ , до початку усталеного руху коливання вантажу усуваються. Однак в першому випадку ($\delta=0,1$) мають місце значно більші відхилення швидкостей та прискорень повороту колони та вантажу в порівнянні з значенням коефіцієнта $\delta=0,9$.

Висновки

Результати проведених досліджень дають змогу зробити наступні висновки:

- проведено моделювання механізму повороту стрілового крана і на його основі побудовано математичну модель;
- обрано комплексний оптимізаційний інтегральний критерій, який дозволяє мінімізувати небажані показники руху механізму повороту;

– проаналізовано вплив вагового коефіцієнта, який входить в структуру оптимізаційного критерію, на динаміку руху механізму повороту при оптимальному керуванні.

– отримані оптимальні закони реалізуються шляхом використання автоматизованої системи керування механізмом повороту.

Список літератури

1. Герасимяк Р.П. Электроприводы крановых механизмов / Герасимяк Р.П., Параил В.А. – М.: Энергия, 1970. – 136 с.
2. Григоров О.В. Вантажопідйомні машини: навч. посібник / О.В. Григоров, Н.О. Петренко. – Х.: НТУ „ХПІ”, 2006. – 304 с.
3. Дьяконов В.П. Mathematica 4.1/4.2/5.0 в математических и научно-технических расчетах / Дьяконов В. П. – М.: СОЛОН - Пресс, 2004. – 696 с.
4. Комаров М.С. Динамика грузоподъемных машин / М.С. Комаров. – М.: Машиностроение, 1953. – 187 с.
5. Лобов Н. А. Динамика грузоподъемных кранов / Н. А. Лобов. – М.: Машиностроение, 1987. – 160 с.
6. Ловейкин В. С. Расчеты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин / Ловейкин В. С. – К.: УМК ВО, 1990. – 168 с.
7. Ловейкін В. С. Оптимізація перехідних режимів руху механізму пересування візка вантажопідйомних машин / Ловейкін В. С., Ярошенко В.Ф., Ромасевич Ю. О. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2007. – №59, том 2. – С. 452-460.
8. Смехов А. А. Оптимальное управление подъемно-транспортными машинами / Смехов А. А., Ерофеев Н. И. – М.: Машиностроение, 1975. – 239 с.
9. Эльсгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление / Эльсгольц Л. Э. – М.: Наука, 1969. – 424 с.

В статье рассмотрены способы устранения колебаний груза при работе подъемно-транспортных машин. Оптимизация режима пуска механизма поворота крана производится с помощью вариационного исчисления. В работе использован интегральный комплексный критерий в виде линейной свертки двух единичных критериев, отражающих энергетические потери и действие динамических нагрузок..

Колебания груза, оптимизация, переходный режим движения.

The method of cargo oscillation reduction, during the lifting machines operation, has been considered in the article. The start-up mode of the crane swinging mechanism optimization has been carried out by means of variation calculation. This paper uses an integrated complex criterion as a linear convolution of two single criterion that show on the energy loss and effect of dynamic loads.

Fluctuations of the cargo, optimization, connecting mode of motion.

МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАНТАЖОПІДЙОМНОЇ МАШИНИ ЗА ОПТИМАЛЬНИМ ЗАКОНОМ

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
Ю.О. Ромасевич, кандидат технічних наук***

В статті проведено моделювання руху мостового крана при оптимальному керуванні. Керування рухом крана змодельоване за допомогою частотного перетворювача скалярного типу. Досліджено вплив параметрів налаштування частотного перетворювача на динамічні, енергетичні та кінематичні показники руху крана.

Оптимальне керування, мостовий кран, частотний перетворювач, асинхронний електропривод.

Постановка проблеми. Мостові крани широко використовуються у різних сферах виробництва, які пов'язані із переміщенням вантажів. Досить часто робота мостового крана є „вузьким місцем” всього виробничого процесу, тому бажано, щоб експлуатація крана проходила із найменшими динамічними навантаженнями, які призводять до зниження надійності та продуктивності крана.

Більшість мостових кранів, які експлуатуються у даний час, обладнані застарілими електро-релейними системами керування. Таке керування характеризується низькою енергоефективністю.

Однією з проблем, які знижують продуктивність роботи мостових кранів, є розгойдування вантажу на гнучкому підвісі. Застосування оптимальних законів руху крана, за якими коливання вантажу усуваються протягом перехідних процесів, дозволяє усунути вказану проблему. Однак, перед тим, як проводити практичну реалізацію оптимальних законів руху необхідно здійснити моделювання щоб вказати основні налаштування частотно-керованого кранового приводу.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженню динаміки руху мостових кранів присвячені роботи [1-10]. У деяких із цих робіт [4, 6-10] також вирішуються завдання оптимального керування кранами прольотного типу. Однак, синтезовані у вказаних роботах оптимальні закони руху крана збільшують динамічні навантаження у кранових елементах за рахунок зменшення тривалості перехідних процесів руху крана.

© В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич, 2013

Практична реалізація оптимальних керувань, звичайно, вносить свої корективи у закони оптимального руху крана. Вказане питання досліджувалось у роботі [6].

Однак, необхідно досить детально проводити моделювання оптимального керування краном із застосуванням частотно-керованого приводу.

Метою досліджень є дослідження оптимального закону руху механізму переміщення вантажопідйомного крана, що обладнаний частотно-керованим асинхронним приводом.

У відповідності до мети ставляться такі задачі: провести моделювання руху механізму переміщення крана при частотному керуванні; проаналізувати отримані результати; на основі проведеного аналізу вказати раціональні налаштування частотного приводу для реалізації оптимального керування.

Результати досліджень. Для проведення дослідження використаємо динамічну модель руху мостового крана, яка показана на рис. 1.

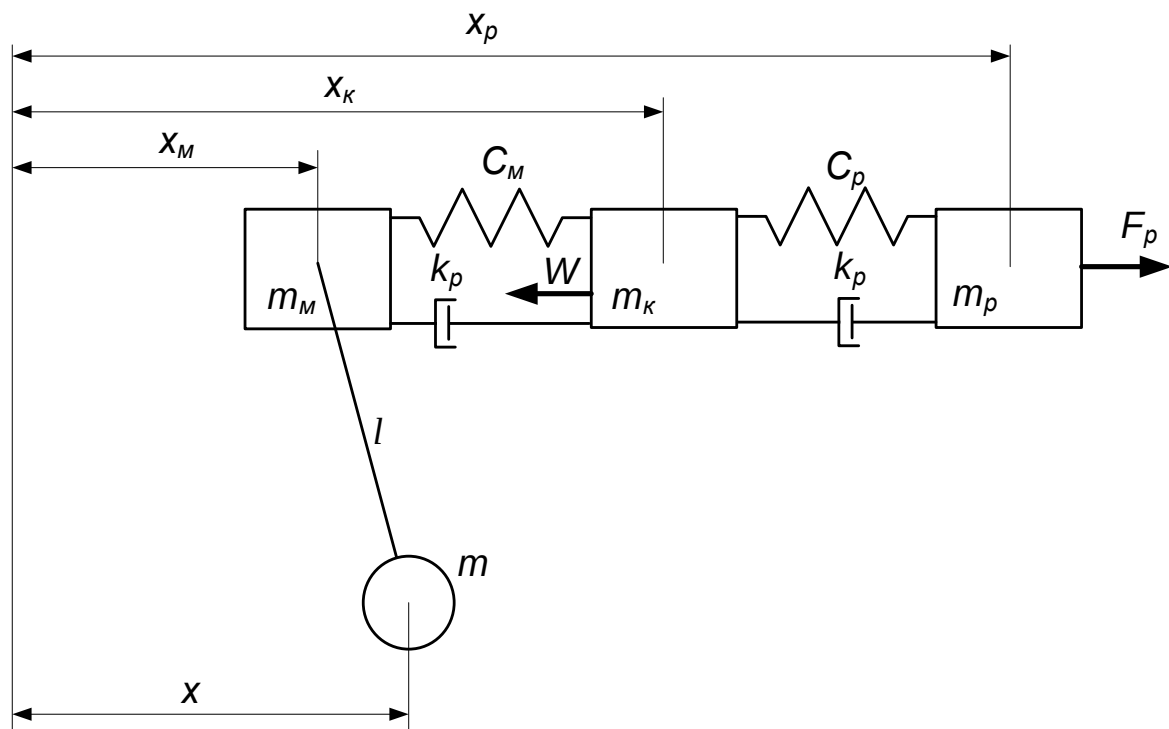


Рис. 1. Чотиримасова динамічна модель руху мостового крана із вантажем на гнучкому підвісі.

Динаміка руху крана із врахуванням збурюючої дії від асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором описується такою системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases}
\frac{di_{1\alpha}}{dt} = \frac{1}{\delta L_1} (u_{1\alpha} - i_{1\alpha} R_1 + k_r e_{2\alpha}); \\
\frac{di_{1\beta}}{dt} = \frac{1}{\delta L_1} (u_{1\beta} - i_{1\beta} R_1 - k_r e_{2\beta}); \\
\frac{di_{2\alpha}}{dt} = -\frac{1}{\delta L_2} ((u_{1\alpha} - i_{1\alpha} R_1) k_s + e_{2\alpha}); \\
\frac{di_{2\beta}}{dt} = -\frac{1}{\delta L_2} ((u_{1\beta} - i_{1\beta} R_1) k_s - e_{2\beta}); \\
3pL_{12} (i_{1\beta} i_{2\alpha} - i_{1\alpha} i_{2\beta}) \frac{u \eta_{nep}}{r_{кол}} = m_p \ddot{x}_p + c_p (x_p - x_\kappa) + k_p (\dot{x}_p - \dot{x}_\kappa); \\
m_\kappa \ddot{x}_\kappa = c_p (x_p - x_\kappa) + k_p (\dot{x}_p - \dot{x}_\kappa) - c_\mathcal{M} (x_\kappa - x_\mathcal{M}) - k_\mathcal{M} (\dot{x}_\kappa - \dot{x}_\mathcal{M}) - W \text{sign}(\dot{x}_\kappa); \\
m_\mathcal{M} \ddot{x}_\mathcal{M} = c_\mathcal{M} (x_\kappa - x_\mathcal{M}) + k_\mathcal{M} (\dot{x}_\kappa - \dot{x}_\mathcal{M}) - \frac{mg}{l} (x_\mathcal{M} - x); \\
\ddot{x} = \frac{g}{l} (x_\mathcal{M} - x),
\end{cases} \quad (1)$$

де u – передаточне число механізму переміщення крана; $r_{кол}$ – радіус приводного колеса крана; η_{nep} – ККД передач приводу крана; W – опір переміщенню мостового крана, прикладений до коліс кінцевих балок; l – довжина гнучкого підвісу вантажу; g – прискорення вільного падіння; $i_{1\alpha}$, $i_{1\beta}$ – проекції узагальненого вектора струму статора на нерухомі координатні осі α і β ; $i_{2\alpha}$, $i_{2\beta}$ – проекції узагальненого вектора струму ротора на нерухомі координатні осі α і β ; L_1 , L_2 – індуктивності статорної та роторної обмоток; L_{12} – взаємоіндукція; k_r і k_s – коефіцієнти магнітного зв'язку ротора та статора відповідно ($k_r = \frac{L_{12}}{L_2}$; $k_s = \frac{L_{12}}{L_1}$); M – електромагнітний

момент двигуна; p – кількість пар полюсів електричної машини; $u_{1\alpha}$, $u_{1\beta}$ – проекції узагальненого вектора напруги статора на координатні осі α і β ($u_{1\alpha} = U_{max} \cos(2\pi \int f dt)$, $u_{1\beta} = U_{max} \sin(2\pi \int f dt)$); U_{max} – амплітуда фазної напруги живлення двигуна; f – частота напруги живлення двигуна; $e_{2\beta}$, $e_{2\alpha}$ – ЕРС, що індукуються потокозчепленнями ротора по осях α і β відповідно ($e_{2\alpha} = p\omega_{\delta\delta} (L_2 i_{2\beta} + L_{12} i_{1\beta}) + i_{2\alpha} R_2$, $e_{2\beta} = p\omega_{\delta\delta} (L_2 i_{2\alpha} + L_{12} i_{1\alpha}) - i_{2\beta} R_2$); R_1 – активний опір статорної обмотки; R_2 – приведений до статора активний опір роторної обмотки; δ –

коефіцієнт розсіювання ($\delta = 1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{X_1}{2\pi f L_{12}}\right) \left(1 + \frac{X_2}{2\pi f L_{12}}\right)}$); X_1 –

індуктивний опір статорної обмотки; X_2 – приведений до статора індуктивний опір роторної обмотки; m_p , m_κ , $m_\mathcal{M}$, m – приведені до

поступального руху маси приводного механізму, кінцевих балок, моста і вантажу відповідно; x_p, x_k, x_m, x – узагальнені координати, які відповідають масам m_p, m_k, m_m і m ; c_p, c_k, c_m – приведені жорсткості привода, кінцевих балок і моста крана відповідно; k_p, k_m – приведені коефіцієнти дисипації в приводі і крановому мості відповідно. Крапка над символом означає диференціювання за часом.

У роботі [7] синтезовано оптимальний закон руху крана з вантажем на гнучкому підвісі, що дозволяє усунути коливання вантажу на гнучкому підвісі, причому використана двомасова динамічна модель. Оптимальний закон руху представляється у вигляді кусочно-неперервної функції:

$$\dot{x}_1 = \begin{cases} v \frac{t^3(6t^2 - 15tT_1 + 10T_1^2)}{2T_1^5}, \text{ при } t \in [0; T_1]; \\ v/2, \text{ при } t \in [T_1; T_1 + \Delta T]; \\ \frac{v}{2T_1^5} (6t^5 - 30T_1^4 \Delta T - 120T_1^3 \Delta T^2 - 180T_1^2 \Delta T^3 - 130T_1 \Delta T^4 - 6\Delta T^5 + 30t \times \\ \times (T_1 + \Delta T)^2 (2T_1 + \Delta T)^2 - 15t^4 (3T_1 + 2\Delta T) - 30t^2 (T_1 + \Delta T)(2T_1 + \Delta T)(3T_1 + 2\Delta T) + \\ + 10t^3 (13T_1^2 + 18T_1 + 6\Delta T^2)), \text{ при } t \in [T_1 + \Delta T; 2T_1 + \Delta T]; \end{cases} \quad (2)$$

де T_1 – тривалість розгону до проміжної швидкості, яка рівна половині усталеної; ΔT – тривалість руху на проміжній швидкості (загальна тривалість перехідного процесу дорівнює $2T_1 + \Delta T$). Зазначимо, що функція (2) має цінну властивість – її реалізація не пов'язана із зміною знаку динамічної складової приводного зусилля крана, що, у свою чергу, знижує рівень динамічної завантаженості елементів крана.

Функція (2) доставляє абсолютні мінімуми термінальним критеріям:

$$\begin{cases} F_{\text{дин}}^2(0) \rightarrow \text{abs min}; \quad \dot{F}_{\text{дин}}^2(0) \rightarrow \text{abs min}; \\ \dot{F}_{\text{дин}}^2(T_1) \rightarrow \text{abs min}; \\ \dot{F}_{\text{дин}}^2(T_1 + \Delta T) \rightarrow \text{abs min}; \\ F_{\text{дин}}^2(2T_1 + \Delta T) \rightarrow \text{abs min}; \quad \dot{F}_{\text{дин}}^2(2T_1 + \Delta T) \rightarrow \text{abs min}, \end{cases} \quad (3)$$

де $F_{\text{дин}}$ – динамічна складова приводного зусилля для двомасової моделі руху крана із вантажем на гнучкому підвісі:

$$F_{\text{дин}} = m_1 \ddot{x}_1 + m_2 \ddot{x}_2, \quad (4)$$

де m_1, m_2 – приведені до поступального руху маси крана та вантажу відповідно; x_1, x_2 – координати центрів відповідних мас.

Дослідимо, чи можливо використати закон руху (2) для оптимізації керування рухом чотиримасовою моделлю крана. Для цього в оптимальному законі руху необхідно покласти:

$m_1=m_p+m_k+m_m$, $m_2=m$, $x_1=x_p$. Крім того, врахуємо також характер зміни частоти напруги живлення двигуна при реалізації оптимального керування рухом крана.

Для того, щоб „відпрацювати” нестандартний (не записаний у частотний перетворювач) закон зміни частоти напруги живлення, необхідно перетворити неперервний закон у дискретну форму. Процес керування швидкістю руху кранового двигуна буде полягати у „відправці” на частотний перетворювач дискретних значень частоти, а перехід між сусідніми значеннями частоти буде відбуватись за лінійним законом. Описані нюанси враховують при проведенні моделювання руху крана з частотно-керованим приводом.

Оцінка ефективності використання оптимального керування рухом мостового крана проведена за енергетичними, електричними, динамічними та кінематичними показниками. Розрахункові експерименти проведено при умові, що довжина гнучкого підвісу змінюється з часом: зменшується при розгоні крана та збільшується при його гальмуванні.

Для того, щоб робота мостового крана мала високу продуктивність необхідно, щоб тривалість перехідних процесів була незначною. Для цього поставимо умову – тривалість перехідного процесу (розгін та гальмування) крана повинна бути на 10% меншою, ніж період вільних коливань вантажу на гнучкому підвісі для двомасової динамічної системи крана, який знаходиться із такого виразу:

$$T_{пер} = 2\pi \sqrt{\frac{m_1}{m_1 + m_2} \frac{l}{g}}. \quad (5)$$

Поставлена умова у математичному вигляді записується так:

$$T_1 + \pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 0,9 \cdot 2\pi \sqrt{\frac{m_1}{m_1 + m_2} \frac{l}{g}}. \quad (6)$$

Можемо знайти тривалість розгону до проміжної швидкості T_1 :

$$T_1 = \sqrt{\frac{l}{g}} \left(0,9 \cdot 2\pi \sqrt{\frac{m_1}{m_1 + m_2}} - \pi \right). \quad (7)$$

Незалежними факторами у дослідженнях є: початкова довжина гнучкого підвісу вантажу l_0 , початкова напруга живлення кранових приводних двигунів U_0 . Кожен незалежний фактор варіюється на трьох рівнях.

Необхідно сказати, що показник U_0 є функцією частоти напруги живлення приводних кранових двигунів:

$$U_{живл} = U_0 + (U_{ном} - U_0) \frac{f}{f_{ном}}, \quad (8)$$

де U_0 – початкове значення напруги живлення; $U_{ном}$ – номінальна напруга живлення двигуна ($U_{ном}=380$ В); $f_{ном}$ – номінальна частота напруги живлення двигуна ($f_{ном}=50$ Гц).

У таблиці 1 представлені показники, які отримані за допомогою проведення розрахункових експериментів. Три значення в кожній комірці таблиці відповідають трьом значенням початкової напруги живлення $0, 0,1U_{ном}$ та $0,3U_{ном}$ [11].

1. Показники руху мостового крана за оптимальним законом.

Показники	Початкова довжина гнучкого підвісу вантажу		
	2,5 м	7,5 м	14,5 м
1	2	3	4
Витрати енергії E , Дж	516918	439361	414643
	472103	417675	375978
	432262	342407	179121
	361499	287180	272794
Втрати енергії ΔE , Дж	314152	265944	228112
	271518	179348	19436
	69,93	65,36	65,79
	66,54	63,67	60,67
Відносні втрати енергії $\tilde{E}$, %	62,81	52,37	10,85
	150	150	150
	199	149	150
	197	149	100
Максимальний електромагнітний момент двигуна M_{max} , Нм	2,69	2,69	2,68
	3,57	2,67	2,68
	3,52	2,67	1,80
	243	245	243
Кратність максимального моменту двигуна, $\tilde{M}_{max}$	244	242	242
	247	243	63
	6,00	6,05	6,00
	6,01	5,97	5,97
Максимальний струм двигуна I_{max} , А	6,08	5,99	1,55
	423	425	370
	451	368	357
	384	317	80
Максимальний момент у швидкохідному валу привода $M_{л. max}$, Нм	52534	34660	29814
	68954	32771	32002
	54231	47982	24883
	0,330	0,362	1,083
Максимальне відхилення канату з вантажем від вертикалі, Δx_{max} , м	0,396	0,538	1,028
	0,246	0,834	0,725
	0,110	0,045	0,072
	0,132	0,067	0,068
Максимальний кут відхилення канату з вантажем від вертикалі, $\Delta \phi_{max}$, рад	0,082	0,104	0,048

Закінчення табл. 1

1	2	3	4
Лінійна амплітуда залишкових коливань канату з вантажем після зупинки крана, $\Delta x_{\max.}(t > T)$, м	0,254	0,253	0,372
Кутова амплітуда залишкових коливань канату з вантажем після зупинки крана, $\Delta \varphi_{\max.}(t > T)$, рад	0,095	0,372	0,029
	0,084	0,031	0,024
	0,051	0,033	0,027
	0,031	0,046	0,001

Проаналізуємо дані, які представлені у табл. 1. Порівнюючи між собою енергетичні показники приходимо до висновку, що збільшення довжини гнучкого підвісу та початкової напруги живлення двигунів підвищує енергоефективність роботи крана.

Особливу увагу необхідно звернути на розрахунковий експеримент при таких параметрах: $l_0=14,5$ м, $U_0=0,3 U_{\text{ном}}$, оскільки при цьому коливання вантажу практично повністю усуваються, а робота елементів крана не супроводжується значними динамічними навантаженнями. Аналіз кінематичних показників руху крана із вантажем на гнучкому підвісі показує наявність залишкових коливань вантажу, максимальна амплітуда залишкових коливань дорівнює $4,8^\circ$. Причиною виникнення залишкових коливань вантажу є неякісна реалізація оптимального руху крана. Із рис. 2 стає зрозумілим, що зміна швидкості руху крана, що отримана у результаті розрахункового експерименту, не відповідає заданій (оптимальній) швидкості його руху.

На рис. 2 графік заданої швидкості руху крана показаний лінією сірого кольору, а графік швидкості, що отримана у результаті розрахункового експерименту – чорною.

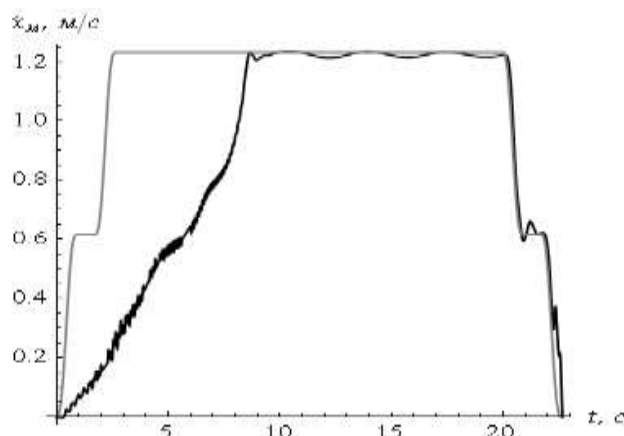


Рис. 2. Графіки зміни швидкості руху кранового моста при наступних параметрах: $l_0=2,5$ м, $U_0=0,1 U_{\text{ном}}$.

Висновок. У результаті проведених досліджень встановлено, що використовувати оптимальний закон руху мостового крана, що

представлений виразом (2), доцільно лише при значній довжині гнучкого підвісу вантажу, при цьому необхідно встановлювати максимальне значення початкової напруги живлення приводних кранових двигунів. У інших випадках реалізація оптимального закону руху крана (2) не повністю усуває коливання вантажу на гнучкому підвісі, а сам процес руху крана супроводжується значними динамічними навантаженнями моста та приводу крана. Реалізація оптимального керування покладається на мехатронну кранову систему.

Список літератури

1. Комаров М.С. Динамика грузоподъемных машин / М.С. Комаров. – М.: Машиностроение, 1969. – 206 с.
2. Казак С.А. Динамика мостовых кранов / С.А. Казак. – М.: Машиностроение, 1968. – 331 с.
3. Грузоподъемные краны. Кн. 2 / М. Шеффлер, Х. Дресиг, Ф. Курт; [пер. с немецкого М.М. Рунов, В.Н. Федосеев]; под ред. М.П. Александрова. – М.: Машиностроение, 1981. – 287 с.
4. Будиков Л.Я. Многопараметрический анализ динамики грузоподъемных кранов мостового типа / Л.Я. Будиков. – Луганск: Издательство ВУГУ, 1997. – 210 с.
5. Лобов Н.А. Динамика грузоподъемных кранов / Н.А. Лобов. – М.: Машиностроение, 1987. – 160 с.
6. Герасимyak Р.П. Анализ и синтез крановых электромеханических систем / Р.П. Герасимyak, В.А. Лежнев. – Одесса.: СМІЛ, 2008. – 192 с.
7. Ловейкін В.С. Аналіз та синтез режимів руху механізмів вантажопідйомних машин / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич. – К.: ЦП „КОМПРІНТ”, 2012. – 298 с.
8. Григоров О.В. Совершенствование рабочих характеристик крановых механизмов: дисс. на соиск. степ. доктора техн. наук: 05.05.05 / Григоров Отто Владимирович. – Х., 1995. – 386 с.
9. Мельникова Л.В. Автоматизация технологического процесса перемещения механизма с подвешенным грузом средствами микропроцессорного управления: дисс. на соиск. степ. Канд. техн. наук: 05.09.03 / Мельникова Любовь Васильевна. – Одесса, 2000. – 116 с.
10. Базил Ш. Управление электроприводом циклически работающих механизмов горизонтального перемещения: дисс. на соиск. степ. канд. техн. наук: 05.09.03 / Базил Шафик. - Одесса, - 1993. – 186 с.
11. Преобразователи частоты FR-E7: руководство по эксплуатации: артикул 212650. Версия В. Mitsubishi Electric Industrial Automation. – 2008. – 512 с.

В статье проведено моделирование движения мостового крана при оптимальном управлении. Управление движением крана смоделировано с помощью частотного преобразователя скалярного типа. Исследовано влияние параметров настройки частотного преобразователя на динамические, энергетические и кинематические показатели движения крана.

Оптимальное управление, мостовой кран, частотный преобразователь, асинхронный электропривод.

Modeling of bridge crane movement with optimal control has been carried out in the article. Bridge crane movement has been modeled by mean inverter scalar kind. Influence of inverter's setting parameters has been researched on dynamic, energetic and kinematical indexes of crane movement.

Optimal control, bridge crane, inverter, asynchronous drive.

УДК 534.1

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ СУБ- ТА СУПЕРГАРМОНІЧНИХ КОЛИВАНЬ ВІБРОУДАРНИХ СУТТЄВО НЕЛІНІЙНИХ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
Ю.В. Човнюк, кандидат технічних наук***

Наведена фізико-механічна модель, яка використана у інформаційному та аналітичному забезпеченні САПР віброударних механічних систем. Запропонований вдосконалений метод аналізу суб- та супергармонічних коливань.

Фізико-механічне моделювання, математичне забезпечення, субгармонічні та супергармонічні коливання.

Постановка проблеми. При дослідженні динаміки машин та механізмів, створенні фізико-механічних моделей, математичному та інформаційно-аналітичному забезпеченні САПР віброударних (суттєво нелінійних) механічних систем, як правило, слід мати справу з нелінійними коливними системами. Це пояснюється тим, що без врахування існуючих фізичних та геометричних нелінійностей не завжди можна визначити динамічні характеристики машини й правильно оцінити її міцність та надійність. Не лінійність пружних характеристик зустрічається у багатьох механізмах. Вона є причиною виникнення суб- та супергармонійних коливань, великих амплітуд коливань у нелінійних резонансних зонах при стаціонарних та перехідних режимах, багаторежимності на одній частоті вимушеної сили, віброударних режимів, паразитних нелінійних просторових коливань. У зв'язку з цим актуальним є прогнозування появи цих небажаних нелінійних режимів, котрі є небезпечними для машин і механізмів особливо у зв'язку зі значним зростанням їх швидкостей. З іншого боку, саме використання нелінійних ефектів,

© В.С. Ловейкін, Ю.В. Човнюк, 2013

Modeling of bridge crane movement with optimal control has been carried out in the article. Bridge crane movement has been modeled by mean inverter scalar kind. Influence of inverter's setting parameters has been researched on dynamic, energetic and kinematical indexes of crane movement.

Optimal control, bridge crane, inverter, asynchronous drive.

УДК 534.1

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ СУБ- ТА СУПЕРГАРМОНІЧНИХ КОЛИВАНЬ ВІБРОУДАРНИХ СУТТЄВО НЕЛІНІЙНИХ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
Ю.В. Човнюк, кандидат технічних наук***

Наведена фізико-механічна модель, яка використана у інформаційному та аналітичному забезпеченні САПР віброударних механічних систем. Запропонований вдосконалений метод аналізу суб- та супергармонічних коливань.

Фізико-механічне моделювання, математичне забезпечення, субгармонічні та супергармонічні коливання.

Постановка проблеми. При дослідженні динаміки машин та механізмів, створенні фізико-механічних моделей, математичному та інформаційно-аналітичному забезпеченні САПР віброударних (суттєво нелінійних) механічних систем, як правило, слід мати справу з нелінійними коливними системами. Це пояснюється тим, що без врахування існуючих фізичних та геометричних нелінійностей не завжди можна визначити динамічні характеристики машини й правильно оцінити її міцність та надійність. Не лінійність пружних характеристик зустрічається у багатьох механізмах. Вона є причиною виникнення суб- та супергармонійних коливань, великих амплітуд коливань у нелінійних резонансних зонах при стаціонарних та перехідних режимах, багаторежимності на одній частоті вимушеної сили, віброударних режимів, паразитних нелінійних просторових коливань. У зв'язку з цим актуальним є прогнозування появи цих небажаних нелінійних режимів, котрі є небезпечними для машин і механізмів особливо у зв'язку зі значним зростанням їх швидкостей. З іншого боку, саме використання нелінійних ефектів,

© В.С. Ловейкін, Ю.В. Човнюк, 2013

вказаних вище, дозволяє підвищити продуктивність вібромашин та проектувати якісно нові вібраційні пристрої для різноманітних технологічних процесів будівельної індустрії. (Безумовно, процес проектування вказаних пристроїв повинен супроводжуватись вдосконаленням існуючої та створенням нової бази математичного забезпечення САПР подібних систем). Нелінійні вібромашини знаходять все більш широке застосування у області вібропереміщення, віброущільнення, віброобробки, віброзборки і т.д.

Аналіз останніх досліджень. В умовах розвитку вібраційної техніки для виробництва будівельних матеріалів актуальним виявився й розв'язок деяких питань синтезу нелінійних вібромашин із заздалегідь заданими параметрами руху й запасом стійкості [1].

Основними методами, які застосовані у даній роботі при дослідженні локальних та глобальних задач формування періодичних режимів, є точні аналітичні й чисельні методи синтезу та аналізу нелінійних систем [1, 2]. Ці методи, не конкуруючи з добре розробленими наближеними аналітичними методами (метод малого параметра, асимптотичні методи та ін.), дозволяють відшукати точні закони руху, які відповідають різним періодичним режимам, і з'ясувати запас стійкості для систем з типовими пружними характеристиками.

Аналіз великої кількості точних розв'язків у нелінійних неавтономних коливних системах привів автора даної роботи до переконання, що основні нелінійні ефекти у цих системах є проявом внутрішніх коливних властивостей системи, тобто її вільних коливань. (Цієї точки зору у різних ступенях притримуються й автори ряду робіт з нелінійних коливань [1, 3-5], однак багато дослідників не враховують взаємні зв'язки вільних та вимушених резонансних коливань, що у багатьох випадках призводить до неточних якісних висновків, зроблених на основі результатів наближеного аналізу (наприклад, даних про залежність порядку можливих субгармонійних режимів від ступеня поліноміальної пружної характеристики й про неможливість існування парних субгармонійних режимів у симетричних системах [6] чи про малість амплітуд супергармонійних коливань). Такий підхід передбачає, що у системах визначальну роль за наявності коливань відіграють пружні відновлюючі сили. Тому з'являється можливість на основі аналізу вільних коливань системи й параметрів вимушеної сили передбачати можливість тих чи інших нелінійних ефектів без звичайних математичних розрахунків.

Список літератури, наведений у статті, ні у якій мірі не претендує на повноту. Більш повний список літератури щодо різних аспектів нелінійної теорії можна знайти у [7-9].

Мета досліджень. Вдосконалити існуючі методи аналізу суб- та супергармонійних коливань суттєво нелінійних механічних систем, розгляді умов формування періодичних режимів у математичних моделях таких систем, а саме у суттєво нелінійних детермінованих коливних системах з одним ступенем свободи руху. Реалізація вказаної мети роботи дозволить також суттєво покращити й вдосконалити існуюче математичне забезпечення САПР розглядуваних механічних систем, які зараз широко використовуються у будівництві, будівельних технологіях та виробництві сучасних будівельних матеріалів.

Результати досліджень. Вибір об'єкту та методу досліджень пояснюється наступними обставинами. Сучасні системи віброзахисту і вібротехніки, як правило, є суттєво нелінійними, тобто такими, у котрих нелінійності відновлюючих сил не є малими. За допомогою точних методів дослідження можна більш обґрунтовано прогнозувати умови для існування бажаних чи, навпаки, паразитних (шкідливих) коливань, ніж за допомогою наближених методів. Тому автори даної роботи переслідують й наступні цілі: 1) дослідити вимушені коливання у механічних системах із суттєво нелінійними пружними відновлюючими силами за допомогою точних аналітичних методів аналізу нелінійних систем; 2) всебічно й науково обґрунтовано описати основні характеристики вказаних систем, використовуючи при цьому наближені методи (наприклад, метод гармонічного балансу [2]).

Автори намагалися включити у дану роботу тільки ті результати досліджень нелінійних систем, котрі можна вважати як точні. Ця обставина, природно, звузила коло розглядуваних задач. (Що стосується аналізу стійкості тих чи інших режимів суб- та супергармонійних коливань, умов їх виникнення (порогових значень амплітуд), то тут взагалі застосовуються наближені методи аналізу). Однак, оскільки механічні коливні системи найчастіше є грубими системами (т.з. робастні системи), наявність точних еталонних рішень та побудова карт областей, що притягують періодичні режими систем з різноманітними типовими нелінійними характеристиками, дозволяють досить впевнено прогнозувати поведінку систем з іншими близькими нелінійностями, точні розв'язки для котрих невідомі.

У зв'язку із широким розповсюдженням наближених методів для дослідження нелінійних коливних систем, а також методів їх математичного моделювання на ПЕОМ та АОМ також існує проблема наявності відповідних еталонних розв'язків. Мабуть отримані у даній роботі методом аналізу точні аналітичні розв'язки основних, суб- та супергармонійних режимів для систем з

нелінійними гладкими та кусково-лінійними пружними характеристиками можуть знайти застосування у якості таких еталонних рішень.

1. *Аналіз основних властивостей суттєво нелінійних коливних систем.* При вивченні коливних процесів, що виникають у машинах та механізмах будівельної індустрії, як правило вдається виділити три групи сил, котрі визначають поведінку динамічної системи: 1) пружні відновлюючі; 2) дисипативні; 3) вимушені сили. За такого підходу рівняння руху коливної системи з одним ступенем свободи руху можна записати у вигляді [1]:

$$m\ddot{x} + f(x) + R(x, \dot{x}) = H(t), \quad (1)$$

де x – узагальнена координата; m – маса; $f(x)$ – пружна відновлююча сила (пружна характеристика; $R(x, \dot{x})$ – дисипативна сила (дисипативна характеристика); $H(t)$ – періодичне зовнішнє збудження системи (вимушена сила) періоду T .

Слід зазначити, що під зовнішнім збудженням $H(t)$ у даній роботі розуміють детерміновані сили чи імпульси, діючі на розглядувану частину динамічної системи з боку неврахованої у математичній моделі іншої частини більш загальної динамічної системи. Зрозуміло, що адекватність математичної моделі (1) об'єкту, що вивчається, може бути забезпечена лише у тому випадку, якщо зворотнім впливом динаміки процесів моделі (1) на формування „зовнішніх” впливів можна буде знехтувати, що й передбачається у даній роботі. Інакше необхідним є більш повне врахування властивостей джерела енергії [7, 10-14].

У тих випадках, коли система (1) є лінійною, тобто $f(x) = p^2x$ й $R(x, \dot{x}) = 2n\dot{x}$, у ній встановлюються періодичні коливання з періодом вимушеної сили $H(t)$. Причому задані параметри системи незалежно від початкових умов однозначно визначають параметри відповідного єдиного періодичного режиму. Ця однозначність, як правило, має місце й у системі (1) з лінійною пружною характеристикою і малою нелінійною дисипативною силою, тобто такою силою, котра за заданих параметрів інших сил не призводить у процесі коливань до скінчених у часі зупинок системи.

Значно більш складна ситуація спостерігається у системі з нелінійною пружною характеристикою відновлюючої сили. У цьому випадку у залежності від початкових умов при одних і тих самих параметрах системи (1) можливими є декілька стійких різних періодичних режимів як з періодом вимушеної сили, так й зі кратними періодами. Ця багаторежимність є основною властивістю нелінійних систем. Вона, як і інші прояви нелінійності, визначається перш за все видом пружної характеристики $f(x)$. У даній роботі, крім

того, розглядаються системи, суттєво нелінійні у тому сенсі, що нелінійна пружна характеристика відновлюючої сили може бути будь-якою кусково-неперервною функцією змінної x .

У нелінійній системі, у порівнянні з лінійною, поряд з розширенням кількості періодичних режимів можливою є й більша кількість резонансних частотних діапазонів, у яких розвиваються значні коливання з частотою вимушеної сили, а також з іншими більш високими чи низькими частотами.

Серед основних факторів, які впливають на формування періодичних режимів розглядуваних нелінійних систем слід виділити, на думку автора роботи, наступні: 1) внутрішні коливні властивості; 2) зовнішні вимушені сили; 3) сили непружного опору (дисипативні сили); 4) початкові умови. Розглянемо їх детально.

Внутрішні коливні властивості. Нелінійні ефекти у коливних системах за своїм змістом є проявом внутрішніх коливних властивостей системи. У залежності від параметрів зовнішнього впливу і дисипативних сил внутрішні коливні властивості, обумовлені пружними відновлюючими силами, можуть проявлятися сильніше чи слабкіше, але основні особливості коливних процесів у нелінійній системі (1) визначаються її основною частиною, тобто автономною недисипативною системою:

$$\ddot{x} + f(x) = 0 \quad (1)$$

при її вільних коливаннях. Саме вільні коливання характеризують внутрішні коливні властивості нелінійної системи, для котрої період й спектральний склад вільних коливань залежать від початкових умов. Вільні нелінійні коливання є негармонійними, й внесок окремих гармонійних складових при розкладі вільних коливань у ряд Фур'є для різних пружних характеристик $f(x)$ може суттєво відрізнятись. Якщо тепер до основної системи (2) прикласти невелику періодичну вимушену силу $H(t)$ й невелику дисипативну силу $R(x, \dot{x})$, то у такій системі можуть спостерігатись один чи декілька стійких періодичних режимів. Однак усі ці режими, як правило, виявляються близькими до відповідних вільних коливань основної системи.

Пружні характеристики $f(x)$ при відповідному масштабі відображають залежність між відтворюючою силою й змінною x . Основною характеристикою вільних коливань є її амплітудно-частотна залежність, графічне зображення котрої має назву „скелетної кривої”.

Зовнішні вимушені сили. При розрахунках коливань машин та механізмів найчастіше розглядають періодичні вимушені сили, або імпульси. У залежності від закону зміни вимушеної сили всі види зовнішнього періодичного збудження розділені на п'ять груп [1].

Основна роль зовнішніх вимушених сил при формуванні періодичних режимів у нелінійних системах полягає у підтримці вільних коливань системи з періодом, рівним, кратним чи дробовим відносно періоду вимушених сил.

Якісна поведінка нелінійних динамічних систем, що мають однакову основну складову (2) й знаходяться під впливом різних імпульсних чи неперервних зовнішніх сил $H(t)$, однакова, якщо різні види зовнішніх впливів мають однакові властивості симетрії, тобто належать до однієї з класифікаційних груп. (Під якісною поведінкою тут розуміють кількість й вид можливих періодичних режимів). У ряді випадків має місце кількісне співпадіння результатів дослідження за відповідного вибору параметрів зовнішніх сил, наприклад, при дослідженні суб- та супергармонійних режимів. Тому у таких випадках при визначенні числа й виду періодичних режимів, оцінки їх стійкості можлива заміна одного виду зовнішнього впливу іншим з метою спрощення математичної сторони дослідження динаміки коливних систем.

Зазначена вище інваріантність якісної поведінки розглядуваних коливних систем, що мають узагальнені властивості симетрії вимушених сил, від конкретного виду цих сил свідчить про визначальну роль внутрішніх факторів.

Сили непружного опору (дисипативні сили). Роль дисипативних сил у формуванні періодичних коливань у нелінійних системах, як правило, полягає у тому, що вони у певній мірі зменшують прояв внутрішніх коливних властивостей системи.

Зупинимось на впливі дисипативних сил на суб- та супергармонійні режими. Прийнято вважати, що невелика дисипація призводить до загибелі субгармонійних режимів. Однак це твердження є справедливим лише у тих випадках, коли субгармонійні режими мають малі області протягування й, відповідно, невеликий запас стійкості. Багато субгармонійних режимів з великими областями, які притягують, можливі за достатньо великої дисипації, а самозбуджувані субгармонійні режими можуть існувати й при досить великих дисипативних силах.

У нелінійних системах дисипативні сили на супергармонійні режими впливають, мабуть, слабкіше, ніж на субгармонійні. Як правило, й при значній дисипації супергармонійний характер законів руху у відповідних резонансних зонах зберігається для системи як з однією, так й з декількома ступенями свободи руху.

Початкові умови. Внутрішні коливні властивості й зовнішній вплив характеризують можливість прояву у нелінійних системах різноманітних періодичних режимів. Який з цих режимів буде реалізований у дійсності, залежить від початкового стану системи.

Для неавтономної системи з одним ступенем свободи руху початковий стан характеризується трьома числами $(x_0, \dot{x}_0$ й $t_0)$, котрі називаються початковими значеннями. Початковий стан може бути заданий також початковими умовами $x(t_0) = x_0$ й $\dot{x}(t_0) = \dot{x}_0$.

Слід зазначити, що початкові значення тільки фазових координат й швидкостей не можуть однозначно визначити початковий стан системи, тобто за однакових значень x_0 і $\dot{x}_0$ та різних значень часу t_0 можлива реалізація різних режимів. Початкове значення фазової координати t_0 характеризує початкову фазу зовнішнього впливу, і тому слід задати початкове значення t_0 . Ця обставина є суттєвою (значущою).

Багаторежимність. Суб- та супергармонійні коливання. Велика роль початкових умов у нелінійних системах порівняно з лінійними пояснюється багаторежимністю нелінійних систем, тобто існуванням у залежності від початкових умов кількох різних періодичних режимів за одного й того ж зовнішнього впливу.

Для нелінійних систем типу (1) багаторежимність проявляє себе перш за все у зоні скелетної кривої (зоні основного чи головного резонансу) за вимушених коливань з частотою вимушеної сили (основні коливання).

Звичайна побудова амплітудно-частотних кривих вимушених коливань ($|a| = f(\omega)$) не дає уяви про фазу вимушеної сили. Більш повну інформацію, котру можна використати для побудови областей, які притягують періодичні режими, дають амплітудно-частотні криві, побудовані з урахуванням знаку „амплітуди” ($a = \tilde{f}(\omega)$). У цьому випадку стійким гілкам відповідають ділянки, які мають додатній нахил, а саме: $\partial a / \partial \omega > 0$; нестійким – ділянки амплітудно-частотних кривих, що мають від’ємний нахил, тобто: $\partial a / \partial \omega < 0$.

Амплітудно-частотні криві дають якісно правильну інформацію про кількість режимів та їх „амплітуда” коливань лише у випадку їх близькості до скелетних кривих, тобто до вільних коливань. У тих випадках, коли закон руху носить супергармонійний характер, тобто у розкладі $x(t)$ мають місце суттєво вищі гармонійні складові, період котрих у ціле число разів менше періоду вимушеної сили, амплітудно-частотні криві не дають правильної інформації про максимальні значення координат. (У подальшому супергармонійними коливаннями будемо називати такі коливання, закон руху котрих має більше двох екстремумів за період).

У нелінійних системах багаторежимність проявляє себе також у вигляді субгармонійних коливань у відповідних частотних діапазонах. Кількість цих режимів для симетричних систем

($f(x) = f(-x)$) залежить від розміщення скелетної кривої й параметрів вимушеної сили.

Суб- та супергармонійні коливання формуються на основі вільних коливань системи, котрі підтримуються зовнішньою вимушеною силою.

Необхідні умови існування цих коливань у симетричних системах знайдені у [15, 16]. Вони можуть бути зведені до наступних:

1. Якщо n періодів малої вимушеної сили періоду T_ω приблизно співпадають з m періодами вільних коливань, тобто якщо приблизно виконується співвідношення:

$$n \cdot T_\omega = m \cdot T, \quad (m, n) \in N, \quad (3)$$

або:

$$\frac{\omega}{n} = \frac{p}{m}, \quad (4)$$

де $\omega = \frac{2\pi}{T_\omega}$, $p = \frac{2\pi}{T}$ і, відповідно, частота вимушеної сили й власних коливань системи, тоді у нелінійній коливній системі можливі різні суб- чи супергармонійні коливання чи коливання порядку m/n (бо, виходячи з (4), $p = \frac{\omega \cdot m}{n}$), або виникають режими порядку m/n . При $m=1$ – це субгармонійні коливання порядку $1/n$, при $n=1$, $m \geq 2$ – супергармонійні.

2. Необхідні умови існування коливань порядку m/n у симетричних системах визначаються скелетною кривою. Якщо частота вільних коливань лежить у інтервалі (ω_0, ω_1) , то необхідною умовою існування режиму порядку m/n є умова:

$$\frac{n}{m} \cdot \omega_0 \leq \omega \leq \frac{n}{m} \cdot \omega_1, \quad (n, m) \in N. \quad (5)$$

Слід зазначити, що на одній частоті вимушеної сили ω може одразу співіснувати декілька різних періодичних режимів.

Метод розрахунку періодичних рухів (суб- та супергармонійних коливань) у суттєво нелінійних коливних системах. Розглянемо рівняння нелінійної неконсервативної системи, яке описує вимушені коливання у ній за наявності довільної у часі $\tilde{F}(t)$ вимушеної сили, в'язкого тертя та кусково-лінійної пружної характеристики $\tilde{f}(x)$:

$$m\ddot{x} + \alpha\dot{x} + \tilde{f}(x) = \tilde{F}(t). \quad (6)$$

Рівняння (6) можна подати у вигляді:

$$\ddot{x} + \alpha \dot{x} + f(x) = F(t), \quad \alpha = \frac{\tilde{\alpha}}{m}, \quad f(x) = \frac{\tilde{f}(x)}{m}, \quad F(t) = \frac{\tilde{F}(t)}{m}. \quad (7)$$

Використовуючи підхід [1, 2], можна знайти рівняння скелетної кривої системи, тобто залежність $\omega_* = \omega_*(A)$, де ω_* – власна частота коливань нелінійної системи, яка залежить від амплітуди A (коливань). Якщо використати метод [2], то для окремих видів кусково-лінійних пружних характеристик залежність $\omega_*(A)$ можна встановити точно. (Зокрема, це твердження прийнятне для білінійної та трьохланцюгової кусково-лінійних пружних характеристик (симетричних та несиметричних)).

Будемо розшукувати розв'язок (7) у вигляді:

$$x(t) = \sum_{k=0}^{\infty} A_k \cdot \cos\{k\omega_* t\} + \sum_{k=1}^{\infty} B_k \cdot \sin\{k\omega_* t\}. \quad (8)$$

Виходячи з (8), легко знайти $\dot{x}(t)$ та $\ddot{x}(t)$. Підставляємо $x(t), \dot{x}(t)$ та $\ddot{x}(t)$ у (7). Тоді $(2k+1)$ -рівнянь для визначення A_0, A_k, B_k можна знайти, помножаючи (7) на $\cos(k'\omega_* t)$ (або на $\sin(k'\omega_* t)$), та інтегруючи праву й ліву частини вказаного рівняння по часу t у межах одного періоду вільних коливань нелінійної системи, тобто $2\pi/\omega_*$. (При цьому $k' = 0, 1, 2, \dots; \tilde{k}' = 1, 2, 3, \dots$). Тоді отримаємо такі рівняння:

$$\int_0^{2\pi/\omega_*} f(x) dt = \int_0^{2\pi/\omega_*} F(t) dt, \quad (9)$$

$$\left\{ -(k\omega_*)^2 A_k + \alpha(k\omega_*) B_k \right\} \cdot \frac{\pi}{\omega_*} + \int_0^{2\pi/\omega_*} f(x) \cos(k\omega_* t) dt = \int_0^{2\pi/\omega_*} F(t) \cdot \cos(k\omega_* t) dt, \quad (10)$$

$$\left\{ -(k\omega_*)^2 B_k - \alpha(k\omega_*) A_k \right\} \cdot \frac{\pi}{\omega_*} + \int_0^{2\pi/\omega_*} f(x) \sin(k\omega_* t) dt = \int_0^{2\pi/\omega_*} F(t) \cdot \sin(k\omega_* t) dt. \quad (11)$$

Автор [2] визначає A_0, A_k, B_k методом гармонічного балансу наближено. Вважаючи вплив в'язкого тертя незначним, у порівнянні з іншими складовими рівняння (7), можна визначені (A_0, A_k, B_k) – амплітуди у [2] підставити у точні рівняння (9) – (11). Тоді отримаємо наближені рівняння для визначення (A_k, B_k) , $k \in N$. (Точне рівняння (9) при цьому залишається без змін). Останні набувають наступного вигляду:

$$\begin{cases} \alpha k \pi B_k = \int_0^{2\pi/\omega_*} F(t) \cos(k\omega_* t) dt, \\ -\alpha k \pi A_k = \int_0^{2\pi/\omega_*} F(t) \sin(k\omega_* t) dt, \quad k \in N. \end{cases} \quad (12)$$

Будемо розшукувати розв'язки системи рівнянь (12), подаючи $F(t)$ у вигляді:

$$F(t) = \sum_{j=0}^{\infty} F_{cj} \cos(j\omega t) + \sum_{j=1}^{\infty} F_{sj} \sin(j\omega t), \quad \omega = \frac{2\pi}{T}, \quad (13)$$

де T – період вимушеної сили $F(t)$, тобто $F(t+T) = F(t)$.

Використовуючи (12), (13), отримаємо для режиму $\omega_* = \omega \cdot \frac{m}{k}, j \equiv m$:

$$\begin{cases} \alpha k \pi B_k \approx \int_0^{2\pi/\omega_*} F_{cj} \cos(j\omega t) \cdot \cos(k\omega_* t) = F_{cm} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2\pi}{\omega_*} = F_{cm} \cdot \frac{\pi}{\omega_*}; \\ -\alpha k \pi A_k \approx \int_0^{2\pi/\omega_*} F_{sj} \sin(j\omega t) \cdot \sin(k\omega_* t) = F_{sm} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2\pi}{\omega_*} = F_{sm} \cdot \frac{\pi}{\omega_*}. \end{cases} \quad (14)$$

Або:

$$B_k \approx \frac{F_{cm}}{\alpha k \omega_*}; \quad A_k \approx -\frac{F_{sm}}{\alpha k \omega_*}. \quad (15)$$

Вважаючи, що у (15) для наближених значень $|B_k|$: $\omega_* \approx \omega_*(|B_k|)$, а для $|A_k|$: $\omega_* \approx \omega_*(|A_k|)$, тобто у залежності $\omega_*(A)$ врахована лише основна амплітуда $(k-a)$ режиму $\frac{m}{k}$, яка характеризує внесок у зазначений режим коливаний власне самої нелінійної системи, можна отримати достатні умови наявності суб- та супергармонійних коливаний у розглядуваній системі (а саме пороги, які треба здолати, щоб виникали відповідні типи коливаний системи):

$$\begin{cases} \omega_*(|B_k|) \cdot |B_k| \geq \frac{|F_{cm}|}{\alpha k}; \\ \omega_*(|A_k|) \cdot |A_k| \geq \frac{|F_{sm}|}{\alpha k}. \end{cases} \quad (16)$$

З нерівностей системи (16) випливає, що порогові значення амплітуд субгармонійних коливаний (порядку $\frac{1}{k}$) при $m=1, k \geq 2$ визначаються наступним чином:

$$\begin{cases} [\omega_*(|B_k|) \cdot |B_k|]_{\tilde{\eta}\tilde{\delta}\tilde{\eta}\tilde{\alpha}} \geq \frac{|F_{c1}|}{\alpha k} \approx \frac{\omega}{2\alpha^2 k^3}; \\ [\omega_*(|A_k|) \cdot |A_k|]_{\tilde{\eta}\tilde{\delta}\tilde{\eta}\tilde{\alpha}} \geq \frac{|F_{s1}|}{\alpha k} \approx \frac{\omega}{2\alpha^2 k^3}, \end{cases} \quad (17)$$

де врахований динамічний коефіцієнт системи (за наявного в'язкого тертя).

Для супергармонійних коливаний (m -го порядку) при $m \geq 2, k=1$ маємо:

$$\begin{cases} [\omega_*(|B_k|) \cdot |B_k|]_{\tilde{\eta}\tilde{\delta}\tilde{\eta}\tilde{\alpha}} \geq \frac{|F_{cm}|}{\alpha} \approx \frac{m\omega}{2\alpha^2}; \\ [\omega_*(|A_k|) \cdot |A_k|]_{\tilde{\eta}\tilde{\delta}\tilde{\eta}\tilde{\alpha}} \geq \frac{|F_{sm}|}{\alpha} \approx \frac{m\omega}{2\alpha^2}. \end{cases} \quad (18)$$

(Знову використані міркування щодо динамічного коефіцієнту системи, як у (17)).

У найбільш загальному випадку, для режиму $\frac{m}{k}$ ($\omega_* = \omega \cdot \frac{m}{k}$) матимемо:

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega_* (|B_k|) \cdot |B_k| \\ \omega_* (|A_k|) \cdot |A_k| \end{array} \right\}_{\tilde{m}\tilde{\delta}\tilde{i}\tilde{a}} \geq \left\{ \begin{array}{l} \frac{|F_{cm}|}{\alpha k} \\ \frac{|F_{sm}|}{\alpha k} \end{array} \right\} \approx \frac{m\omega}{2\alpha^2 k^3}. \quad (19)$$

Отже, як впливає з (17) – (19):

1) при зростанні m поріг супергармонійних коливань збільшується (їх важкіше збуджувати у системі; поріг таких коливань $\sim m^1$);

2) при зростанні k поріг субгармонійних коливань зменшується (їх легше збуджувати у системі; поріг таких коливань $\sim \frac{1}{k^3}$);

3) при зменшенні коефіцієнту в'язкого тертя α поріг як суб-, так і супергармонійних коливань зростає $\sim \frac{1}{\alpha^2}$. Фізична причина цього зростання полягає у тому, що важкіше збуджувати будь-які коливання у нелінійній системі, бо немає (або їх дуже мало/недостатньо) центрів поглинання енергії, яка надходить у систему ззовні від вимушеної сили, що дає змогу задіяти у процес складних коливань системи її власні вільні коливання. Адже основні нелінійні ефекти (у т.ч. режими коливань $\frac{m}{k}$ – порядку) у нелінійних системах розглядуваного типу є саме проявом внутрішніх коливних властивостей системи, тобто її вільних коливань [1].

Висновки

1. Виконаний детальний аналіз основних властивостей суттєво нелінійних коливних систем дозволяє встановити основні параметри суб- та супергармонійних коливань (режимів $\frac{m}{k}$ – порядку), необхідні та достатні умови їх збудження (обмеження на частотний інтервал збудження та пороги по амплітудах коливань).

2. Встановлені точні й наближені рівняння, які дозволяють визначати амплітуди коливань нелінійних систем із заданою скелетною кривою.

3. Вказаний підхід та знайдені залежності можуть бути використані для вдосконалення та уточнення існуючих інженерних методів аналізу нелінійних віброударних систем, які використовуються у сучасних технологіях виробництва будівельних матеріалів та ущільнення різноманітних сумішей для потреб будівельної індустрії.

Список літератури

1. *Закржевский М.В.* Колебания существенно нелинейных механических систем / *М.В. Закржевский*. – Рига: Зинатне, 1980. – 190 с.
2. *Бидерман В.Л.* Теория механических колебаний / *В.Л. Бидерман*. – М.: Высшая школа, 1980. – 408 с.
3. *Бидерман В.Л.* Прикладная теория механических колебаний / *В.Л. Бидерман*. – М.: Высшая школа, 1972. – 416 с.
4. *Боголюбов Н.Н.* Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний / *Н.Н.Боголюбов, Ю.А. Митропольский*. – М.: Физматгиз, 1963. – 410 с.
5. *Коловский М.З.* Нелинейная теория виброзащитных систем / *М.З. Коловский*. – М.: Наука, 1966. – 318 с.
6. *Хаяси Т.* Нелинейные колебания в физических системах / *Т. Хаяси*. – М.: Мир, 1968. – 432 с.
7. *Блехман И.И.* Синхронизация динамических систем / *И.И. Блехман*. – М.: Наука, 1971. – 894 с.
8. *Ганиев Р.Ф.* Колебания твердых тел / *Р.Ф. Ганиев, В.О. Кононенко*. – М.: Наука, 1976. – 432 с.
9. *Неймарк Ю.И.* Метод точечных отображений в теории нелинейных колебаний / *Ю.И. Неймарк*. – М.: Наука, 1972. – 472с.
10. *Блехман И.И.* Прикладная математика: предмет, логика, особенности подходов / *И.И. Блехман, А.Д. Мышкис, Я.Г. Пановко*. – К.: Наукова думка, 1976. – 269 с.
11. *Вейц В.Л.* Динамика машинных агрегатов / *В.Л. Вейц*. – Л.: Машиностроение, 1969. – 368 с.
12. *Кононенко В.О.* Колебания систем с ограниченным возбуждением / *В.О. Кононенко*. – М.: Наука, 1964. – 254 с.
13. *Мельников Г.И.* Динамика нелинейных механических и электромеханических систем / *Г.И. Мельников*. – Л.: Машиностроение, 1975. – 200 с.
14. *Фролов К.В.* Колебания машин с ограниченной мощностью источника энергии и переменными параметрами / *К.В. Фролов*. – В кн.: Нелинейные колебания и переходные процессы в машинах. – М.: Наука, 1972. – С. 2–17.
15. *Вейц В.Л.* Динамика машинных агрегатов с двигателем внутреннего сгорания / *В.Л. Вейц, А.Е. Кочура*. – Л.: Машиностроение, 1976. – 384 с.
16. *Вульфсон И.И.* Нелинейные задачи динамики машин / *И.И. Вульфсон, М.З. Коловский*. – Л.: Машиностроение, 1968. – 382 с.

Наведена физико-механическая модель, которая использована в информационном и аналитическом обеспечении САПР виброударных механических систем. Предложенный усовершенствованный метод анализа суб- и супергармоничних колебаний.

Физико-механическое моделирование, математическое обеспечение, субгармонични и супергармонични колебания.

Physical and mechanical model for the informational and analytic supply of SAPR of vibro-impact (substantially nonlinear) mechanical systems is proposed. The improved method for the analysis of sub- and super-harmonic oscillations is offered as well.

УДК 665.3

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА РОСЛИННОЇ ОЛІЇ

М.Ю. Павленко, здобувач

*Проведено аналіз технологій з виробництва рослинних олій.
Рослинна олія, технологія, зерно, продукція*

Постановка проблеми. Отримати рослинну олію на сьогоднішній день можна за промисловою (класичною) та агропромисловою (фермерською) технологіями.

Промислова технологія виробництва складається з таких етапів: очистка зерна від домішок, сушіння, підготовка до отримання олії, отримання та очистки олійної маси, рафінація, вінтеризація та повторна очистка кінцевого продукту.

Агропромислова технологія отримання рослинної олії включає в себе такі виробничі етапи: приймання зерна, очищення від різних домішок, сушіння, отримання олійної маси, очистку неочищеної олії, вінтеризації та повторної очистки отриманої олії.

Однак, на даний час, в повній мірі не обґрунтована схема та послідовність процесів, які забезпечать ефективне виробництво рослинної олії в умовах господарств.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженням виробництва рослинної олії займалися: Акаєва Т.К. [1], Белобородов В.В. [2], Гончаров Г.І. [3], Нагорнов С.А. [5], які описали технологічні етапи для отримання олійної продукції; Арутюнян Н.С., описав наукові і технологічні основи промислових процесів рафінації, гідрогенізації, гідролізу жирів [6]; О'Браєн Р. описав вміст, властивості та шляхи використання олії [4]; Тютюнников Б.Н. [7, 8] та Файнберг Е.Е. [9] досліджували різні методи рафінації масел та олії; Щербаков В.Г. досліджував різні технології виробництва рослинної олії [10].

Мета досліджень. Обґрунтувати технологічні схеми отримання рослинної олії в умовах господарств.

Результати досліджень. Різниця між промисловою (рис. 1) та агропромисловою (рис. 2) технологіями помітна, адже друга технологія – це скорочена перша технологія з основними технологічними процесами.

© М.Ю. Павленко, 2013

УДК 665.3

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА РОСЛИННОЇ ОЛІЇ

М.Ю. Павленко, здобувач

*Проведено аналіз технологій з виробництва рослинних олій.
Рослинна олія, технологія, зерно, продукція*

Постановка проблеми. Отримати рослинну олію на сьогоднішній день можна за промисловою (класичною) та агропромисловою (фермерською) технологіями.

Промислова технологія виробництва складається з таких етапів: очистка зерна від домішок, сушіння, підготовка до отримання олії, отримання та очистки олійної маси, рафінація, вінтеризація та повторна очистка кінцевого продукту.

Агропромислова технологія отримання рослинної олії включає в себе такі виробничі етапи: приймання зерна, очищення від різних домішок, сушіння, отримання олійної маси, очистку неочищеної олії, вінтеризації та повторної очистки отриманої олії.

Однак, на даний час, в повній мірі не обґрунтована схема та послідовність процесів, які забезпечать ефективне виробництво рослинної олії в умовах господарств.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженням виробництва рослинної олії займалися: Акаєва Т.К. [1], Белобородов В.В. [2], Гончаров Г.І. [3], Нагорнов С.А. [5], які описали технологічні етапи для отримання олійної продукції; Арутюнян Н.С., описав наукові і технологічні основи промислових процесів рафінації, гідрогенізації, гідролізу жирів [6]; О'Браєн Р. описав вміст, властивості та шляхи використання олії [4]; Тютюнников Б.Н. [7, 8] та Файнберг Е.Е. [9] досліджували різні методи рафінації масел та олії; Щербаков В.Г. досліджував різні технології виробництва рослинної олії [10].

Мета досліджень. Обґрунтувати технологічні схеми отримання рослинної олії в умовах господарств.

Результати досліджень. Різниця між промисловою (рис. 1) та агропромисловою (рис. 2) технологіями помітна, адже друга технологія – це скорочена перша технологія з основними технологічними процесами.

© М.Ю. Павленко, 2013

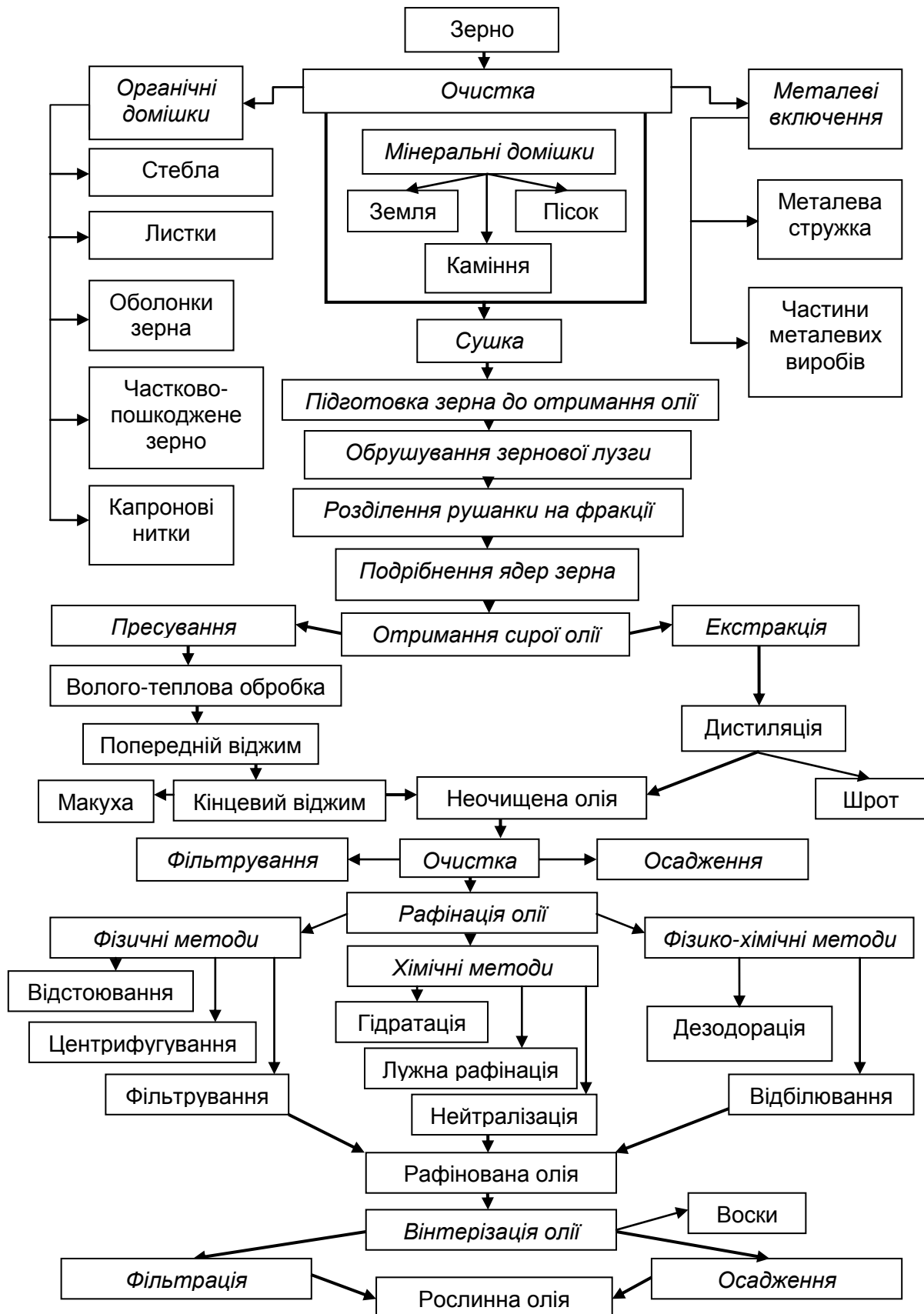


Рис. 1. Схема промислового виробництва рослинної олії.

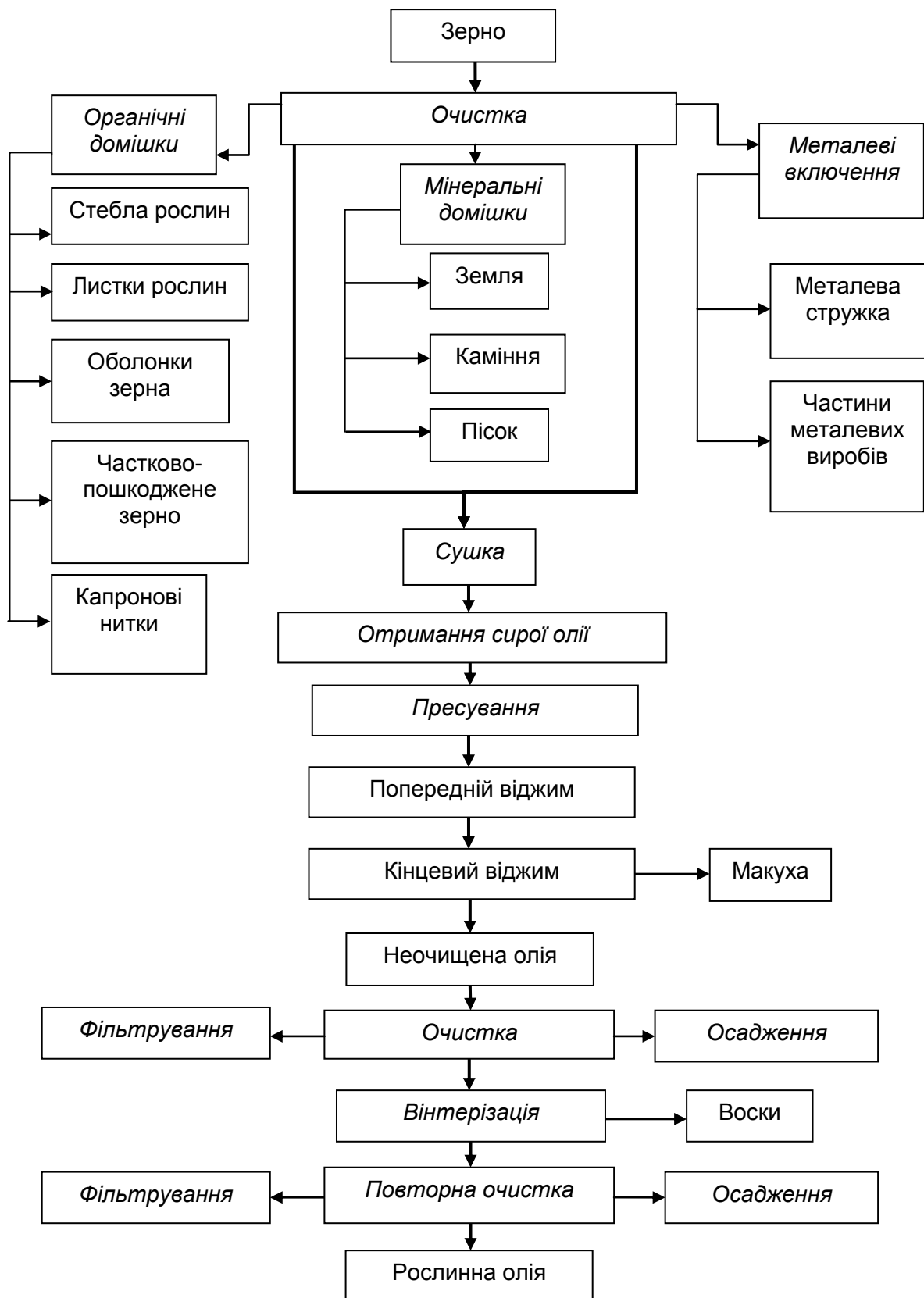


Рис. 2. Схема агропромислового виробництва рослинної олії.

Промислова технологія виробництва рослинної олії традиційно використовується на олійно-жирових комбінатах. В порівнянні з

агропромисловою, промислова технологія має такі переваги: висока якість виробленої продукції; більший термін придатності олії та вироблених з неї продуктів; використання методу екстракції для отримання більшого виходу з неочищеної олійної маси.

До недоліків промислової технології можна віднести: більші затрати електроенергії; нижча продуктивність; габаритність обладнання для рафінації; виведення корисних для вживання речовин під час рафінації; наявність великої кількості макухи як побічного продукту при виробництві рослинної олії.

Агропромислова технологія виробництва рослинної олії використовується в фермерських господарствах. В агропромисловій технології відсутні: підготовка зерна до отримання олії, отримання олії шляхом екстракції, волого-теплова обробка в отриманні сирої олії шляхом пресування та рафінація. Менша кількість етапів за агропромисловою технологією дає можливість швидко, без використання додаткового місця на переробку і доступно по ціні виробляти рослинну олію придатну для харчового вжитку та технічного на переробку під дизельне біопаливо.

Але скорочення технологічних етапів призводить до отримання рослинної олії нижчої якості, адже в ній присутні вільні жирні кислоти, фосфоліпіди, смак, запах та темне забарвлення олійної маси, термін придатності нижчий, ніж у отриманої за промисловою технологією.

Висновок. На сьогоднішній день виникає потреба переходу з промислової технології на агропромислову технологію виробництва рослинної олії, яка задовольнить потреби господарства для реалізації та вжитку виробленої продукції, а також для переробки на дизельне біопаливо.

Список літератури

1. Акаева Т.К. Основы химии и технологии получения и переработки жиров. Ч. 1: Технология получения растительных масел: учеб. пособие / Т.К. Акаева, С.Н. Петрова. – Иваново : ГОУ ВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2007. – 124 с.
2. Белобородов В.В. Основные процессы производства растительных масел / В.В. Белобородов. – М. : Пищевая промышленность, 1966. – 478 с.
3. Гончаров Г.И. Технология и оборудование для производства пищевых жиров / Г.И. Гончаров, А.А. Буша. – К. : Урожай, 1991. – 86 с.
4. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение / Р. О'Брайен: пер. с англ. 2-го изд. В.Д. Широкова, Д.А. Бабейкиной, Н.С. Селивановой, Н.В. Магды. – СПб.: Профессия, 2007. – 752 с.
5. Техника и технологии производства и переработки растительных масел : учебное пособие / С.А. Нагорнов, Д.С. Дворецкий, С.В. Романцова, В.П. Таров. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – с. 5-48.
6. Технология переработки жиров. Арутюнян Н.С., Аришева Е.А., Янова Л.И., Захарова И.И., Меламуд Н.Л. М. : Агропромиздат, 1985. – 368 с.

7. Тютюнников Б.Н. Технология жиров. Том 1 / Б.Н. Тютюнников, Маркман А.Л. – М. : Снабтехиздат, 1932. – 318 с.
8. Тютюнников Б.Н. Технология переработки жиров / Б.Н. Тютюнников, П.В. Науменко, И.М. Товбин, Г.Г. Фаниев. – М. : Пищевая промышленность, 1970. – с. 29-41.
9. Файнберг Е.Е. Технологическое проектирование жироперерабатывающих предприятий (рафинация и гидрогенизация жиров) / Е.Е. Файнберг, И.М. Товбин, А.В. Луговой. – М. : Лёгкая и пищевая промышленность, 1983. – 416 с.
10. Щербаков В.Г. Технология получения растительных масел / В.Г. Щербаков. – М. : Колос, 1992. – 206 с.

Проведен анализ технологий из производства растительных масел.

Растительное масло, технология, зерно, продукция.

The analysis of technologies is conducted from the production of vegetable butters.

Vegetable butter, technology, grain, products.

УДК 620.95

ПАЛИВНО-ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

В.В. Чуба, здобувач

Приведено результати аналізу регуляторних характеристик та екологічних показників роботи дизельного двигуна Д–65Н трактора ПМЗ-6 АКЛ при використанні дизельного палива, дизельного біопалива на основі метилових ефірів жирних кислот ріпакової олії, та застосування нагріву дизельного біопалива перед впорском палива в циліндр двигуна.

Екологічні показники, дизельний двигун, дизельне паливо, дизельне біопаливо, нагрів палива.

Постановка проблеми. Збільшення енергетичних потреб виробництва та зменшення запасів мінеральних палив, спонукають до пошуку альтернатив та все більшого застосування моторних палив, одержаних з біологічної сировини. Україна відноситься може забезпечити свої потреби за рахунок власної нафти на 10-12 %, а за рахунок природного газу на третину, що створює загрозу енергетичній безпеці країни.

© В.В. Чуба, 2013

7. Тютюнников Б.Н. Технология жиров. Том 1 / Б.Н. Тютюнников, Маркман А.Л. – М. : Снабтехиздат, 1932. – 318 с.
8. Тютюнников Б.Н. Технология переработки жиров / Б.Н. Тютюнников, П.В. Науменко, И.М. Товбин, Г.Г. Фаниев. – М. : Пищевая промышленность, 1970. – с. 29-41.
9. Файнберг Е.Е. Технологическое проектирование жироперерабатывающих предприятий (рафинация и гидрогенизация жиров) / Е.Е. Файнберг, И.М. Товбин, А.В. Луговой. – М. : Лёгкая и пищевая промышленность, 1983. – 416 с.
10. Щербаков В.Г. Технология получения растительных масел / В.Г. Щербаков. – М. : Колос, 1992. – 206 с.

Проведен анализ технологий из производства растительных масел.

Растительное масло, технология, зерно, продукция.

The analysis of technologies is conducted from the production of vegetable butters.

Vegetable butter, technology, grain, products.

УДК 620.95

ПАЛИВНО-ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

В.В. Чуба, здобувач

Приведено результати аналізу регуляторних характеристик та екологічних показників роботи дизельного двигуна Д–65Н трактора ПМЗ-6 АКЛ при використанні дизельного палива, дизельного біопалива на основі метилових ефірів жирних кислот ріпакової олії, та застосування нагріву дизельного біопалива перед впорском палива в циліндр двигуна.

Екологічні показники, дизельний двигун, дизельне паливо, дизельне біопаливо, нагрів палива.

Постановка проблеми. Збільшення енергетичних потреб виробництва та зменшення запасів мінеральних палив, спонукають до пошуку альтернатив та все більшого застосування моторних палив, одержаних з біологічної сировини. Україна відноситься може забезпечити свої потреби за рахунок власної нафти на 10-12 %, а за рахунок природного газу на третину, що створює загрозу енергетичній безпеці країни.

© В.В. Чуба, 2013

Аналіз обсягів продажу ріпаку та пшениці для купівлі 1 т дизельного палива за рахунок прибутку від реалізації свідчить, що у 2000 році необхідно було виростити і реалізувати 27,5 т ріпаку або 14 т пшениці, у 2003 році 4,9 т ріпаку або 9 т пшениці, у 2005 році – 13,8 т ріпаку або 204 т пшениці, у 2011 році 14,1 т ріпаку або 54 т пшениці [1], тому впровадження в сільськогосподарському виробництві технологій з використанням відновлюваних палив, що виробляється з власної сировини є одним із напрямків забезпечення не тільки продовольчої безпеки країни, а й значною мірою може впливати на власну енергетичну автономність та може створити конкурентне середовище на ринку нафтопродуктів, що реалізуються в аграрному секторі.

Аналіз останніх досліджень. Дизельне біопаливо порівняно з пальним, яке одержане з нафти, має ряд переваг: не містить сірки; при потраплянні на ґрунт за 7 діб розкладається майже на 95 %, тоді як нафтове пальне лише на 16 % за цей самий період [2].

У дослідженнях Звонова В.А. Козлова А.В, Теренченко А.С. [3] відмічено зменшення викидів СО на 41 % і 3 %, C_nH_m на 86 % і 75 % і зростання концентрації NO_x на 21 % і 10 % при використанні дизельного біопалива на основі соєвої і соняшникової олій у вихрекамерному (предкамерному) дизельному двигуні 2Ч 8,5/11. Авторами відмічено збільшення питомої витрати палива на 7,2 % в порівнянні з дизельним паливом, при меншій на 13 % нижчій теплоті згорання соняшникового біопалива. В.Г. Семенов [4] для дизельних двигунів із вихровою камерою і безпосереднім упорскуванням відмічає зниження відповідно СО на 12 і 10 %, C_nH_m на 35 і 10 %, твердих частинок на 36 і 24 %, сажі на 50 і 52 % та незначне збільшення викидів NO_x .

У дослідженнях роботи дизельного двигуна на метиловому ефірі ріпакової олії, виконаних І.В.Парсадановим [5], відмічено зниження димності на 8-11 % і масового викиду твердих частин на 42 %, збільшення витрати палива до 10 %, у той же час концентрація викидів СО і NO_x змінювалася несуттєво.

Войтов В.А., Карнаух М.В., Даценко М.С. [6] відмічають, що у порівнянні з роботою двигуна СМД-14 на дизельному паливі, при використанні дизельного біопалива відбувається значне зменшення шкідливих викидів СО (на 30-40 %), а також відмічено як збільшення так і зменшення вмісту NO_x в залежності від обертів та навантаження двигуна. Зафіксовано зменшення ефективної потужності двигуна на 12 % при одночасному збільшенні питомої витрати палива до 17 %.

Попов Д.В., Линник І.І. [7] при дослідженні роботи двигуна Д-243 на рапсовому метиловому ефірі відмічають істотне збільшення

годинної і питомої витрати палива, а також концентрації оксидів азоту NO_x у відпрацьованих газах.

Таким чином, аналіз літературних джерел свідчить, що на сьогодні питання впливу дизельного біопалива на експлуатаційні та екологічні показники потребує додаткового дослідження, в тому числі для тракторних дизельних двигунів, які в значній мірі використовуються при виконанні польових робіт.

Мета досліджень. Визначити екологічні та експлуатаційні показники роботи двигуна Д-65Н при роботі на дизельному нафтовому паливі, дизельному біопаливі та дизельному біопаливі, та ефективність застосування нагріву дизельного біопалива перед впорском в циліндри двигуна до температури від 115 до 120 °С.

Результати досліджень. Одним з головних недоліків дизельного біопалива, одержаного шляхом етерифікації рослинних олій, є відмінність фізико-хімічних властивостей в порівнянні з дизельним паливом, в першу чергу це стосується вищої в'язкості та меншої нижчої теплоти згорання дизельного біопалива. Вища в'язкість призводить до погіршення розпилення палива (збільшується дисперсність розпилу палива, довжина факелу впорску та зменшується його кут розкриття), що призводить до погіршення сумішоутворення і, як наслідок, відбувається зменшення повноти згорання палива та збільшення інтенсивності утворення нагару на деталях циліндро-поршневої групи двигуна [8]. Менша теплотворна здатність палива призводить до погіршення техніко-експлуатаційних показників, а саме збільшення годинної та питомої витрати палива [9, 10].

Згідно загальноприйнятої теорії згорання палива [11, 12, 13], паливо в дизельних двигунах згорає в результаті перебігу складних процесів кінетичного та дифузійного горіння. Розпилення палива, як імпульсного неоднорідного струменя в умовах дизеля, являє собою складний процес, який характеризується нестационарністю, складною динамікою розвитку факела палива та окремих його крапель, неоднаковою структурою факела по довжині й перерізу, наявністю крапель палива різного діаметра, які перебувають у циліндрі в різні терміни часу, значною температурно-концентраційною неоднорідністю в зоні паливного факела [14].

При впорску палива з більшою густиною та в'язкістю зменшується кут розпилення, збільшується діаметр крапель та дальність поширення факелу розпилення, що призводить до погіршення сумішоутворення в циліндрі і, як наслідок, збільшується час затримки самозаймання (який для оптимізації згорання необхідно зменшувати), зменшується час і повнота згорання палива

в циліндрі, погіршуються економічні та екологічні характеристики роботи двигуна.

При застосуванні нагріву палива, відбувається зниження в'язкості палива, що впорскується, як наслідок відбувається покращення характеристик впорску (збільшується кут розпилу палива, зменшується дальnobійність факелу, зменшується діаметр краплин розпилу [15, 16], що призводить до покращення повноти розпилення та згорання палива.

Для дослідження впливу температури нагріву дизельного біопалива на експлуатаційні та екологічні показники роботи дизельного двигуна Д-65Н, нами виконано модернізацію системи живлення двигуна у відповідності з патентом [17]. Температура нагріву дизельного палива підтримувалася в межах від 115 до 120 °С, згідно з проведеними раніше дослідженнями [18, 19].

Дослідження по визначенню екологічних та експлуатаційних показників виконанні з використанням двигуна Д-65Н трактора ПМЗ-6 АКЛ та обкаточно-гальмівного стенду КИ-5543-ГОСНИТИ. У результаті проведених експериментальних випробувань отримано регуляторні характеристики роботи двигуна при використанні дизельного палива, дизельного біопалива без нагріву та дизельного біопалива з нагрівом та отримано значення показників викидів чадного газу (CO), вуглеводневих сполук (C_nH_m) та окислів азоту (NO_x) на відповідних режимах регуляторних характеристик, що фіксувалися за допомогою газоаналізатора 325 ФА 02-01.

Отримані значення годинної витрати палива (рис. 1), значення годинних викидів CO (рис. 2), C_nH_m (рис. 3) та NO_x (рис. 4), дали змогу оцінити роботу дизельного двигуна на досліджуваних паливах і оцінити вплив температури нагріву на процес згорання дизельного біопалива.

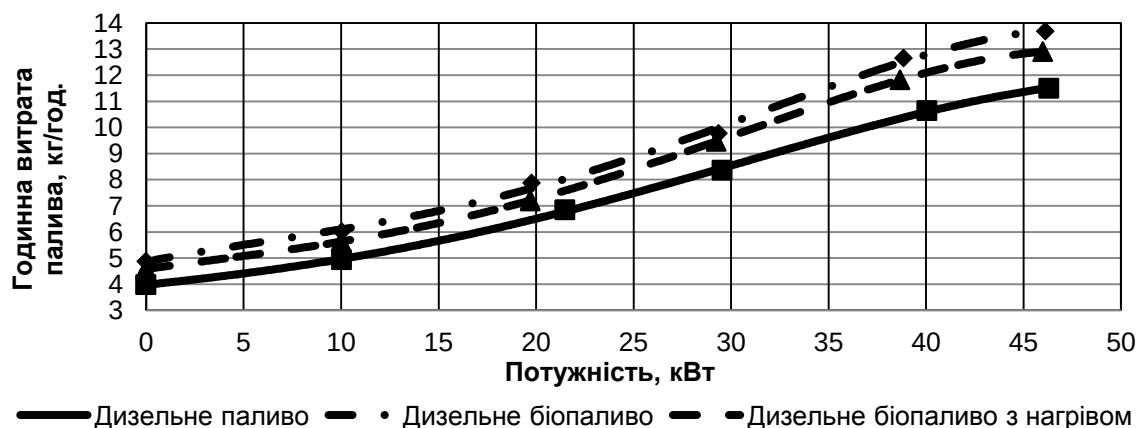


Рис. 1. Зміна годинної витрати палива від навантаження двигуна.

Аналіз отриманих експлуатаційних характеристик показує, що двигун на дизельному біопаливі розвиває майже таку ж потужність що й на звичайному паливі, проте має гірші показники витрати палива (рис. 1). При роботі на дизельному паливі двигун розвинув потужність 46,31 кВт при частоті обертання колінчастого валу 1771 об/хв. і годинній витраті палива 11,5 кг/год. (248 г/кВт год.), що відповідає технічним умовам ТУ 23.1.120-78. На дизельному біопаливі без підігріву потужність становила 46,13 кВт при 1764 об/хв. та витраті палива 13,68 кг/год. (297 г/кВт год.), на дизельному біопаливі з підігрівом потужність становила 45,99 кВт при 1759 об/хв. та витраті палива 12,9 кг/год. (280 г/кВт год.), що відповідно на 19,75 % та 12,9 % більше ніж витрати палива при роботі на дизельному паливі. Збільшення витрати дизельного біопалива без його підігріву пов'язана із меншою тепловою здатністю та неповним згоранням палива. Застосування нагріву дизельного біопалива перед впорском в циліндр, покращує його розпил та сумішоутворення, як наслідок покращується повнота згорання палива та відбувається зменшення перевитрати дизельного біопалива від 3 до 10 % в залежності від величини навантаження двигуна, в порівнянні з дизельним паливом без нагріву. Застосування нагріву палива перед впорском дозволяє наблизити різницю у перевитраті палива до значення різниці теплотворної здатності дизельного палива нафтового походження та дизельного біопалива.

В дизельних двигунах СО утворюється в локальних зонах з багатою сумішшю, який доокисляється у вуглекислий газ (CO_2) в процесі розширення, оскільки в циліндрі завжди є в достатку кисень.

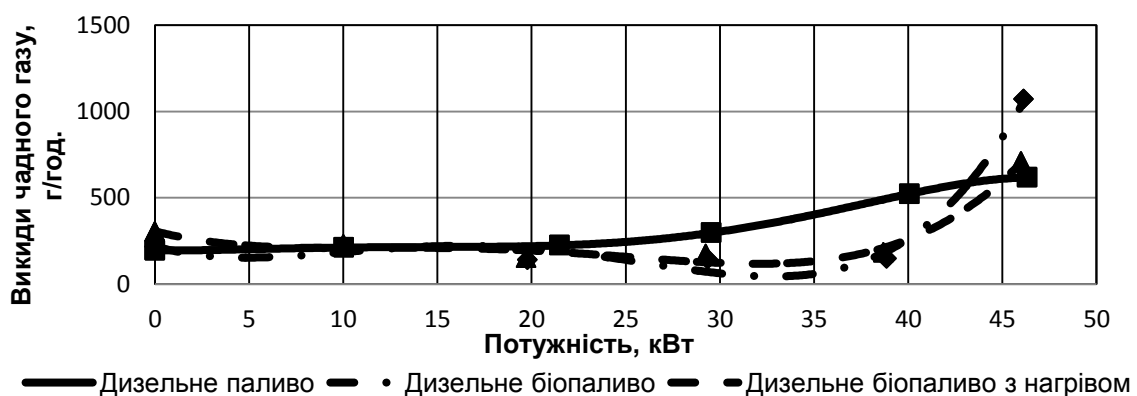


Рис. 2. Зміна питомих викидів чадного газу від навантаження двигуна.

Аналіз показників викидів чадного газу (рис. 2) показує, що при завантаженні від холостого ходу до 20 кВт кількість годинних викидів

чадного газу, по масі, майже однакова і залишається в середньому близько 200 г/год. При збільшенні навантаження двигуна від до 20 до 40 кВт, на дизельному паливі, відбувається збільшення кількості годинних викидів майже в два рази, тоді як при роботі на дизельному біопаливі відбувається незначне зменшення значення викидів, і становить при 39 кВт – 147,5 г/год. При максимальному навантаженні двигуна відбувається різке збільшення годинної кількості викидів СО до значення 1070 г/год. при роботі на дизельному біопаливі без підігріву та 709 г/год. при роботі на дизельному біопаливі з нагрівом, що перевищують на 81,3 % та 15,6 % показники викидів дизельного палива.

Зниження питомих викидів СО при використанні дизельного біопалива в порівнянні з дизельним паливом майже на всьому діапазоні завантаження пояснюється наявністю в структурі молекули біопалива вільного кисню, що сприяє більш повному його окисленню.

Вуглеводневі сполуки це продукти часткового розкладу і неповного окислення палива.

Аналіз характеристик зміни питомих викидів вуглеводневих сполук від виду палива (рис. 3) показує, що характер зміни годинних викидів від холостого ходу до 40 кВт, майже однаковий і суттєво не відрізняється. Слід відмітити, що значення питомих викидів C_nH_m для дизельного біопалива без підігріву дещо нижчі ніж у дизельного палива та на холостому ході при роботі на дизельному біопаливі з нагрівом кількість викидів вуглеводнів, по масі, на 50% перевищила значення для дизельного палива. При максимальному навантаженні слід відмітити різке збільшення кількості викидів вуглеводнів для дизельного біопалива без підігріву, які в 2 рази перевищили значення маси викидів при роботі на дизельному паливі.

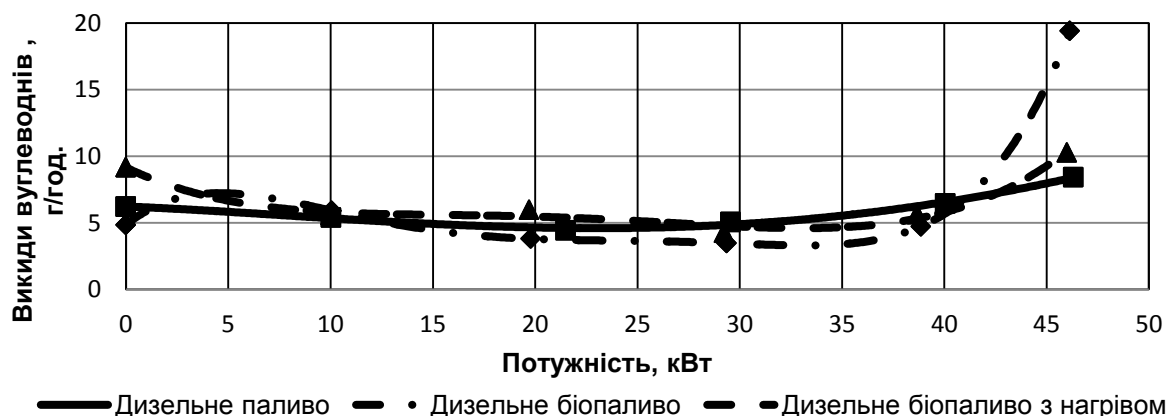


Рис. 3. Зміна годинних викидів вуглеводневих сполук від навантаження двигуна.

Різке зростання показників маси викидів шкідливих сполук CO та C_nH_m дизельного двигуна на максимальній потужності при роботі на дизельному біопаливі без підігріву у порівнянні зі значеннями для дизельного палива, пов'язане з недостатньою якістю розпилю та сумішоутворення (краплі палива при розпилі більші ніж у дизельного палива, через високе значення в'язкості), що на фоні максимальної циклової подачі палива призводить до збільшення кількості зон з недостатньою кількістю кисню навколо краплин палива, де молекули біопалива маючи більший молекулярний ланцюг не встигають пройти повну деструкцію та окислення і як наслідок відбувається погіршення повноти згорання палива та зростання шкідливих викидів чадного газу та вуглеводнів.

Аналіз залежностей приведених на рис. 2 та 3 також показав, що значення викидів CO та C_nH_m для дизельного біопалива із застосуванням нагріву майже на всьому інтервалі навантаження дещо вищі ніж у дизельного біопалива без підігріву. При нагріві дизельного біопалива відбувається покращення розпилення та сумішоутворення, в результаті чого збільшується повнота згорання хвостової частина палива, що складається із високомолекулярних вуглеводів, і як наслідок відбувається збільшення кількості шкідливих викидів та зниження годинної витрати палива (рис. 1) при застосуванні нагріву. Особливо це відчутно при максимальному навантаженні двигуна, коли в циліндрі складаються несприятливі умови для повного згорання палива. Кількість викидів CO та C_nH_m на цьому режимі для дизельного палива без підігріву на 50 % та 90 % відповідно перевищили показники дизельного біопалива з нагрівом.

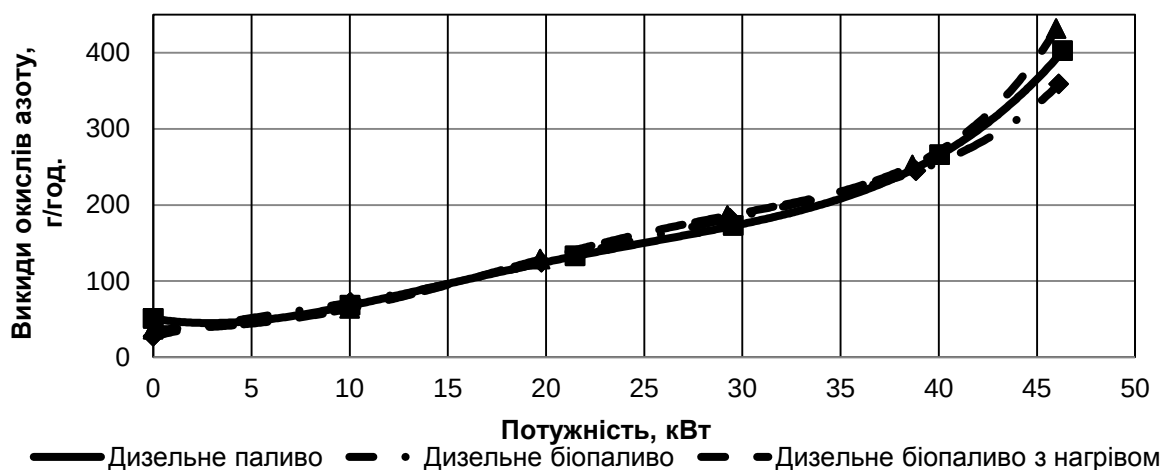


Рис. 4. Зміна годинних викидів окислів азоту від навантаження двигуна.

Утворення окислів азоту під час згорання палива відбувається при температурі більшій за плюс 2200°C . Температурна

неоднорідність в камері згорання дизельного двигуна викликана неоднорідністю структури паливної суміші в циліндрі. При її згоранні, в деяких зонах камери згорання температура може досягати значення більшого за плюс 2200°C, хоча загальна температура газів в циліндрі рідко сягає значення плюс 1900°C.

Аналіз отриманих експериментальних залежностей (рис. 4) показав, що питомі значення викидів окислів азоту змінюється майже ідентично із зміною навантаження і несуттєво відрізняються для досліджуваних видів палива. При максимальній потужності показник питомих викидів NO_x для дизельного біопалива з нагрівом перевищив на 6,7 % та 20,4 % значення викидів для дизельного палива та біопалива без підігріву відповідно.

Більше значення питомих викидів окислів азоту, для дизельного біопалива з підігрівом, пов'язане із збільшенням температури локальних зон згорання палива за рахунок збільшення повноти його згорання, що в свою чергу інтенсифікує утворення NO_x.

Висновки

При використанні дизельного біопалива на основі рослинної олії відбувається збільшення витрати дизельного біопалива в порівнянні з нафтовим але годинні викиди чадного газу зменшуються, особливо коли навантаження двигуна перевищує 20 кВт. Викиди вуглеводневих сполук та окислів азоту мають подібний характер змін та суттєво не відрізняються для досліджуваних видів палива. Суттєва відмінність від загального характеру зміни шкідливих викидів спостерігається при максимальному навантаженні двигуна, через виникнення несприятливих умов для сумішоутворення та згорання палива, проте даний режим роботи не є характерним, враховуючи робоче навантаження дизельних двигунів тракторів при виконанні технологічних операцій в сільськогосподарському виробництві.

Застосування нагріву дизельного біопалива перед впорском в циліндр двигуна до температури від 115 до 120 °C, зменшує витрату палива, при несуттєвому збільшенні показників шкідливих викидів, що підтверджує покращення розпилення, сумішоутворення та повноту згорання палива при застосуванні нагріву.

Список літератури

1. Голуб Г.А., Лук'янець С.В. Інвестиційна привабливість виробництва і використання дизельного біопалива. – Економіка АПК. – 2013. – № 2. – С. 54-60.
2. Про підвищення рівня енергетично-екологічної безпеки України / Ковальський В., Голидников А., Григорак М., Косарєв А., Кузьменко В. // Економіка України. – 2000. – №10. – С. 34–41.
3. Звонов В.А. Исследование эффективности применения в дизельных двигателях топливных смесей и биотоплив / В.А. Звонов, А.В. Козлов, А.С. Теренченко // Российский химический журнал. – 2008. – №6. – С. 147–151.

4. В. Семенов. Біодизельне паливо для України / В. Семенов // Вісн. Нан України. – 2007. – № 4. – С. 18–21.
5. Парсаданов И.В. Результаты исследований показателей топливной экономичности и токсичности отработавших газов дизеля при работе на рапсовометилловом эфире / И.В. Парсаданов // Вестник науки и техники. – ХНТУ (ХПИ). – 2005. – Вып.1. – С. 21–26.
6. Войтов В.А. Техніко-експлуатаційні та екологічні показники дизельних двигунів при застосуванні біодизеля / Войтов В.А., Карнаух М.В., Даценко М.С. // Техніка і технології АПК. – 2009. – № 1. – С. 13–18.
7. Попов Д.В. Покращення екологічних показників дизельних двигунів / Попов Д.В., Линник І.І. // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2011. – №4. – С. 79–82.
8. Итинская П.И. Справочник по топливу, маслам и техническим гидкостям / П.И. Итинская, Н.А. Кузнецов. – М.: Колос, 1982. – 208 с.
9. Захарчук В. Биодизельное топливо на основе изопропиловых эфиров рапсового масла / В. Захарчук, В. Ткачук // MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin, 2010. – Т. 12. – С. 188–193.
10. Полищук В. Альтернативные дизельные топлива / Полищук В., Дубровин В., Полищук А. // MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin, 2012. – Т. 14. – С. 20–31.
11. Разлейцев Н.Ф. Моделирование и оптимизация процесса сгорания в дизелях / Н.Ф. Разлейцев. – Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1980. – 169 с.
12. Свиридов Ю.Б. Смесеобразование и сгорания в дизелях / Ю.Б. Свиридов. – Л.: Машиностроение. – 1972. – 224 с.
13. Учебник для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания».; Под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова / Д. Н. Вырубов, Н. А. Иващенко, В. И. Ивин и др. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 372 с.
14. Двигуни внутрішнього згорання: Серія підручників у 6 томах. Т.5. Екологізація ДВЗ. – Підручник для студентів ВНЗ, що навчаються за напрямом "Інженерна механіка" / За редакцією проф. А.П. Марченка, засл. діяча науки України проф. А.Ф. Шеховцова. – Х.: Видавничий центр НТУ "ХПІ", 2004. – 360 с.
15. Пучков Н.Г. Дизельные топлива / Н.Г. Пучков // Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы. – Москва-Ленинград, 1953. – 194 с.
16. Патент на корисну модель № 21673 Україна, МПК (2006), R02M 31/02. Спосіб температурної підготовки пального на двигунах. – Заяв. 13.11.2006, № u200611918; Опубл. 15.03.2007, Бюл. № 3.
17. Голуб Г.А. Напрямки удосконалення виробництва і використання дизельного біопалива / Голуб Г.А., Чуба В.В., Павленко М.Ю. // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. – Вінниця, 2012. – Вип. 10, т.1. – С. 20–23.
18. Голуб Г.А. Використання дизельного біопалива для роботи машино-тракторних агрегатів / Голуб Г.А., Чуба В.В., Іванічик В.В. // Збірник тез міжнародної науково-практичної конференції "Розвиток аграрної науки у сучасних умовах". – Львів, 2012. – С. 5–9.

Приведены результаты анализа регуляторных характеристик и экологических показателей работы дизельного двигателя Д-65Н трактора ЮМЗ-6 АКЛ при использовании

дизельного палива, дизельного біопалива на основі метилових ефірів жирних кислот рапсового масла, і застосування нагрівання дизельного біопалива перед вприском палива в циліндр двигателя.

Екологічні показники, дизельний двигатель, дизельне паливо, дизельне біопаливо, нагрів палива.

The results of analysis of regulatory characterization and environmental performance of diesel engine Д-65Н of tractor ПМЗ-6 АКЛ on diesel fuel, biodiesel on basis of fatty acid methyl esters of rapeseed oil, diesel and heating applications biofuel before the fuel injection into engine cylinder are given.

Environmental indicators petrol, diesel, biodiesel, heating fuel.

УДК 621.438

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ В КАНАЛАХ ЗМІННОЇ ФОРМИ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ СУШИЛЬНИХ УСТАНОВОК

О.С. Бессараб, В.В. Шутюк, кандидати технічних наук

В.І. Бойко, здобувач

Національний університет харчових технологій

В.П. Василів, кандидат технічних наук

Національний університет біоресурсів і

природокористування України

Розглянуто метод побудови геометричної форми проточної частини каналів, що забезпечує повільний перехід між проміжними перерізами каналу, який дає можливість зменшити нерівномірність поля швидкості в каналі й знизити аеродинамічні втрати розпилювальних пристроїв сушильних установок.

Канал, течія, моделювання, сушильні установки, розпилювальні пристрої

Постановка проблеми. Ефективність розпилювального сушіння, якість отриманого продукту значною мірою залежить від роботи розпилювальних пристроїв. Процес розпилення безпосередньо впливає на розмір крапель, розподіл їх за розмірами, траєкторію і швидкість крапель продукту в сушильній камері. Середній розмір крапель і розподіл їх за розмірами є функціями типу

© О.С. Бессараб, В.В. Шутюк, В.І. Бойко, В.П. Василів, 2013

дизельного палива, дизельного біопалива на основі метилових ефірів жирних кислот рапсового масла, і застосування нагріву дизельного біопалива перед вприском палива в циліндр двигача.

Екологічні показателі, дизельний двигач, дизельне паливо, дизельне біопаливо, нагрів палива.

The results of analysis of regulatory characterization and environmental performance of diesel engine Д-65Н of tractor ПМЗ-6 АКЛ on diesel fuel, biodiesel on basis of fatty acid methyl esters of rapeseed oil, diesel and heating applications biofuel before the fuel injection into engine cylinder are given.

Environmental indicators petrol, diesel, biodiesel, heating fuel.

УДК 621.438

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ В КАНАЛАХ ЗМІННОЇ ФОРМИ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ СУШИЛЬНИХ УСТАНОВОК

О.С. Бессараб, В.В. Шутюк, кандидати технічних наук

В.І. Бойко, здобувач

Національний університет харчових технологій

В.П. Василів, кандидат технічних наук

Національний університет біоресурсів і

природокористування України

Розглянуто метод побудови геометричної форми проточної частини каналів, що забезпечує повільний перехід між проміжними перерізами каналу, який дає можливість зменшити нерівномірність поля швидкості в каналі й знизити аеродинамічні втрати розпилювальних пристроїв сушільних установок.

Канал, течія, моделювання, сушільні установки, розпилювальні пристрої

Постановка проблеми. Ефективність розпилювального сушіння, якість отриманого продукту значною мірою залежить від роботи розпилювальних пристроїв. Процес розпилення безпосередньо впливає на розмір крапель, розподіл їх за розмірами, траєкторію і швидкість крапель продукту в сушільній камері. Середній розмір крапель і розподіл їх за розмірами є функціями типу

© О.С. Бессараб, В.В. Шутюк, В.І. Бойко, В.П. Василів, 2013

використовуваного розпилювача, умов розпилювання і характеристик продукту (в'язкість, густина, поверхневий натяг).

Розпилювачі сушильних установок повинні працювати ефективно і надійно в суворих умовах, що має величезне значення в досягненні економічного виробництва високоякісного продукту. У сучасних розпилювальних сушильних установках широко застосовуються в якості розпилювальних пристроїв пневматичні і механічні форсунки з каналами різних розмірів і геометричної форми. Під час течії газу (рідини) через них втрачається енергія, що спричиняється переважно відривними явищами і нерівномірністю поля швидкості.

Примежовий шар відіграє основну роль у процесах динамічної і термодинамічної взаємодії потоку в'язкого середовища з поверхнею омиваного ним тіла. У каналах і патрубках втрати енергії визначаються головним чином відривними явищами і, як наслідок, вихороутворенням. Тому зменшення втрат енергії у процесі течії газу (рідини) можливе за рахунок визначення такої форми каналу, за якої відривні явища будуть відсутні або зведені до мінімуму.

Аналіз останніх досліджень. Суть даного методу полягає в наступному [1]. Профіль каналу, побудованого за даними дослідження течії потенційного потоку, на безвідривній ділянці течії можна розглядати як деякий умовний профіль для потоку в'язкої рідини, деформований на товщину витіснення примежового шару, а теоретичний розподіл швидкості або тиску на цьому профілі – як розподіл на зовнішньому потоці. При малій товщині витіснення примежового шару з великою точністю визначаються реальні характеристики системи на безвідривній ділянці течії. Окреме вивчення потенційної і в'язкої областей потоку й подальше узгодження отриманих результатів дають можливість отримати потрібну інформацію про потік в цілому.

Вивчаючи потенційну область потоку, визначають розподіл швидкості на стінках каналу. Ці дані використовують для розрахунку примежового шару, у результаті чого знаходять місце розташування області відриву на стінках каналу. Методом послідовного наближення визначають форму проточної частини каналу, що задовольняє вимогу розташування області відриву можливо нижче за течією [2].

Теоретичні висновки доповнюються експериментальними дослідженнями на моделях методом оптичної візуалізації потоку [3].

Наступний етап полягає в остаточному доведенні профілю до оптимальної проточної частини каналу методом побудови форм поверхонь поперечних перерізів за їхніми відомими площами.

Методи дослідження області течії добре відомі (контурних інтегральних співвідношень, електродинамічної аналогії тощо). Розрахунок примежового шару рекомендується виконувати на основі моделі плоского примежового шару, що встановився. Тому зупинимося на викладі методів геометричного конструювання каналу.

Втрати тиску в каналі значною мірою спричиняються нерівномірністю поля швидкості. Тому постає питання забезпечення плавного сполучення різних скільки завгодно малих ділянок каналу. Воно набуває особливого значення, коли форми проміжних перерізів каналу, приміром вхідного і вихідного різні. Ефективним для вирішення даного завдання є графоаналітичний метод побудови проточної частини каналу. Згідно з ним, за заданими основними конструкційними характеристиками каналу — положенням осі каналу, формами і площами вхідного і вихідного перерізів, площі поперечних перерізів – ставиться завдання побудувати проточну частину каналу з плавними переходами при скільки завгодно великій кількості проміжних твірних.

Результати досліджень. Графік радіусів поперечних перерізів можна отримати з графіка зміни площ поперечних течій його зворотним квадратичним перетворенням. Як перетворювальний елемент доцільно взяти параболу з вертикальною віссю. Графіки зміни радіусів рівновеликих перерізів визначаються розрахунками. Введемо такі позначення: $\vec{r}_{ij}$ – радіус-вектор довільного перерізу за j -м променем; $\alpha_{ij} = K_{ij} - 1$ – радіальний коефіцієнт повноти перерізу.

Змінюючи значення K або α уздовж осі каналу в напрямі усіх променів, отримуємо для будь-якої величини L_i певний комплекс їх значень, і тим самим конфігурацію проміжних перерізів каналу.

Для визначення величини K_{ij} рекомендується використати лінійний закон зміни значень. Тоді:

$$K_{ij} = K_{0j}[1 - (L_i/L)] + K_{nj}[1 - (L_i/L)], \quad (1)$$

$$K_{0j} = \vec{r}_{ij}/R_0; K_{nj} = \vec{r}_{ij}/R_n. \quad (2)$$

Для кожного проміжного перерізу визначаємо комплекси полярних радіусів:

$$\vec{r}_{ij} = K_{ij} R_i. \quad (3)$$

Зі збільшенням числа проміжних перерізів зростає ступінь плавності переходів по усьому каналу, отже, збільшується рівномірність потоку швидкостей.

Канал з плавними переходами можна побудувати за теорією плоского потенційного поля. Як і в графоаналітичному методі, відомими вважаємо форми і площі вхідного і вихідного перерізів каналу, геометричне місце притягання тяжіння перерізів, тобто

положення осі. Також використовуємо закон зміни площ прохідних перерізів. Виходитимемо з того, що початковий і кінцевий перерізи каналу подібні і замкнені еквіпотенціальними лініями $\varphi_0 = \text{const}$ і $\varphi_n = \text{const}$. Аналогічно можна прийняти для ліній течії $\psi_0 = \text{const}$ і $\psi_n = \text{const}$. Проміжні перерізи будуються подібними до форми еквіпотенціальних ліній $\varphi_i = \text{const}$ (або ліній потоку $\psi_i = \text{const}$) плоскопаралельного стаціонарного поля, що знаходиться між виділеними контурами.

Формула зміни площ перерізів каналу має такий вигляд:

$$F_i = K_i F_0, \quad (4)$$

де F_0 – площа початкового перерізу; K_i – множник, що враховує розширення (звуження) перерізу каналу $0 \leq i \leq n-1$; $n-1$ – число проміжних перерізів. Потенціал швидкості й функція току в полярних координатах r, θ ; мають вигляд:

$$\varphi = \left(r + \frac{1}{r} \right) \cos \theta; \quad (5)$$

$$\psi = \left(r - \frac{1}{r} \right) \cos \theta. \quad (6)$$

Лінії току від диполя лежать усередині кола і є замкненими кривими третього порядку. Нульова лінія потоку, що відповідає початковому перерізу каналу, має форму півкола. Передостанній переріз обкреслюється $n-1$ лінією току. Останній переріз є колом.

Допустимо, що $\psi = C_i$, де C_i – деякі постійні величини, що підлягають подальшому визначенню. Тоді з рівняння (6) випливає вираз для безрозмірного радіус-вектора i -тої лінії:

$$r = \left(C_i \pm \sqrt{C_i^2 + 4 \sin^2 \theta} \right) / \sin \theta. \quad (7)$$

З аналізу формули (7) виходить, що величинам $C_i < 0$ і позитивному знаку перед коренем відповідають лінії току, що лежать усередині верхнього півкола. При $C_0 < 0$ отримуємо межу лінію $OAB < 0$. У разі, коли $C_i \rightarrow \infty$, криві, описувані рівнянням (7) переходять у кола, площі яких наближаються до нуля. Безрозмірна площа проміжного контуру визначається за формулою

$$\bar{F}_i = \frac{C_i}{2} \int_0^\pi \frac{\sqrt{C_i^2 + 4 \sin^2 \theta}}{\sin \theta} d\theta + \frac{\pi}{2} \quad (8)$$

На підставі еліптичних інтегралів першого роду вираз (5) можна подати так:

$$\bar{F}_i = \frac{\pi}{2} \left\{ 1 - \frac{C_i^4}{\sqrt[8]{C_i^2}} \left[1 + \frac{3C_i^2}{4(4+C_i^2)} + \frac{5C_i^4}{32(4+C_i^2)^2} + \alpha \right] \right\}, \quad (9)$$

де α – інші члени ряду, досить малі порівняно з першими членами.

З формули (9) випливає, що для вхідного перерізу площа $\bar{F}_0 = \pi/2$. Масштабний коефіцієнт для i -го контуру визначимо зі співвідношення

$$\bar{F}_i = \bar{F}_0 = m_i. \quad (10)$$

Тоді з рівняння (10) з урахуванням виразу (9) отримуємо:

$$m_i = 1 - \frac{C_1^4}{8\sqrt{4+C_1^2}} \left[1 + \frac{3C_1^2}{4(4+C_1^2)} + \frac{5C_1^4}{32(4+C_1^2)^2} \right]. \quad (11)$$

На основі закону (4) з урахуванням співвідношення (10) для розмірного радіус-вектора i -го перерізу отримаємо

$$\vec{r}^* = \vec{r}_i \sqrt{\frac{2K_i F_0}{\pi m_i}} \quad (12)$$

Константа C_i , що входить до рівняння (7), визначається таким чином. Спочатку проводиться екіпотенціал найбільшої довжини – лінія *ODEL* (рис. 1).

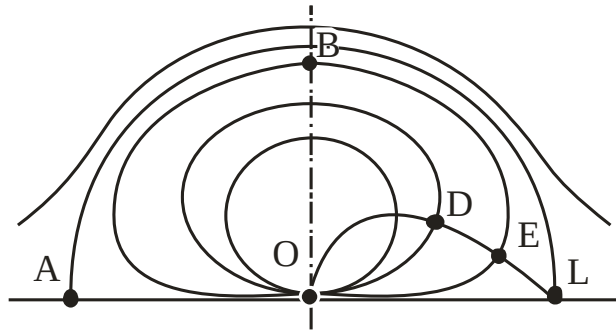


Рис. 1. Схема диполя.

Оскільки рівняння ліній току подані у системі координат r, θ , з метою зручності позначень складових екіпотенціалу *ODEL* в новій системі координат $\vec{r}, \beta$ з початком:

$$\vec{r} = (1 - \sin \beta) / \cos \beta, \quad (13)$$

де $0 < \beta < \pi/2$.

Далі ділимо лінію *ODEL* на n відрізків рівної довжини $\Delta l_1 = h$. Довжину кожного з відрізків Δl_1 визначимо за формулою:

$$h = \frac{1}{\cos^2 \beta_{i=1}} \sqrt{\cos^2 \beta_{i=1} + (1 - \cos \beta_{i=1})^2} \Delta \beta_i, \quad (14)$$

де $\Delta \beta_i = \beta_i - \beta_{i-1}$, звідки

$$\beta_i = \beta_{i=1} \frac{h \cos^2 \beta_{i=1}}{\sqrt{\cos^6 \beta_{i=1} + (1 - \cos \beta_{i=1})^2}}. \quad (15)$$

Нехай промінь $\beta = \beta_i$, перетинається з лінією *ODEL* у точці *D* ($\beta_i, \vec{r}_i$). Прийmemo $\theta = \beta_i$, $\vec{r}_i = r_i$. За вибраної довжини відрізка *h* з формули (15) знаходимо значення β_i . Враховуючи, що $\vec{r}_i = r_i$ з виразу (13) визначаємо величину r_i , а потім з формули (7) величину C_i . При цьому у рівнянні (7) замість значення θ підставляємо β_i . Далі з формули (11) визначаємо m_i , а з виразу (12) – величини радіус-векторів $\vec{r}^*$. Отримані значення радіус-векторів використовуємо для побудови шуканих контурів проміжних перерізів каналів.

У разі складніших профілів початкового і кінцевого перетинів каналу, застосування даного методу пов'язане з певними труднощами математичного характеру. Тоді проміжні перетини зручно будувати графічно з використанням у пакеті *MathCAD*. Спочатку в обраних масштабах креслять початковий і кінцевий перетин каналу (рис. 2). Після цього проводять найдовшу лінію току *AE*, що розбивається на відрізки рівної довжини, кількість яких дорівнює кількості вибраних перетинів каналу.

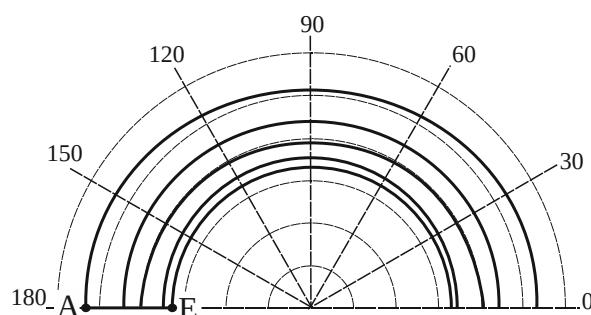


Рис. 2. Побудова еквіпотенціалів.

Потім методом електромодельовання наносять лінії рівного потенціалу, що проходять через кінці відрізків. Отримані замкнені лінії є шуканою формою проміжних перерізів. Планіметром визначають площу F_i^* , обмежену *i*-тим еквіпотенціалом. Для визначення масштабу m_i використовують співвідношення, аналогічне співвідношенню (10):

$$m_i = F_i^* / F_0^* \quad (16)$$

Збільшення або зменшення прохідних перетинів зручно проводити за допомогою пантографа, масштабний коефіцієнт якої дорівнює $(K/m_i)^{0,5}$, де, як і в формулі (1), значення K_i враховує ступінь розширень (звуження) перерізу каналу. Викладений метод дає можливість уникнути помилок на стадії проектування каналів і патрубків розпилювальних сушильних установок і може бути використаний при конструюванні конфузорних і дифузорних каналів з різними формами вхідного і вихідного перетинів.

Умовні позначення: F – площа перерізу каналу, м^2 ; L – відстань вздовж вісі каналу, м ; R – радіус рівновеликого круга перетину каналу, м ; r, θ – полярні координати; β – азимутний кут; δ^* – товщина витиснення, м ; φ – потенціал швидкості; ψ – функція потоку; $\vec{r}$ – радіус-вектор.

Індекси: 0 – перетин на вході в канал; n – перетин на виході з каналу; $i = 0 \dots n$ – номери перетинів; j – напрям радіус-вектора.

Висновки

1. Розроблено простий і досить точний метод побудови форми каналів розпилювальних пристроїв, широко використовуваних у розпилювальних сушильних установках.

2. Метод дозволяє розраховувати і проектувати канали та патрубки з малою нерівномірністю поля швидкості й низьким аеродинамічним опором.

Список літератури

1. Бессараб А.С. Метод построения гидродинамически целесообразных каналов энергетических установок / А.С. Бессараб, В.В. Шутюк, Т.А. Ващук // Промышленная теплотехника. – 2003. – № 6 (25). – С. 42–45.
2. Драганов Б.Х. Метод профилирования патрубка, соединяющего коллектор со впускным каналом / Б.Х. Драганов, А.М. Колесников // Двигатели внутреннего сгорания. – 1980. – Вып. 32 – С. 45–50.
3. Холуер Д. Теневые методы в аэродинамике / Д. Холуер, Р. Норт. – М.: Мир. 1966. – 179 с.

Рассмотрен метод построения геометрической формы проточной части каналов, который обеспечивает медленный переход между промежуточными сечениями канала, позволяющий уменьшить неравномерность поля скорости в канале и снизить аэродинамические потери распылительных устройств сушильных установок.

Канал, течение, моделирование, сушильные установки, распылительные устройства.

Method of constructing geometric shape of flow channel, which provides slow transition between intermediate section of channel, enabling to reduce unevenness of velocity field in channel and to reduce aerodynamic losses of spray drying device settings.

Channel, flow, modeling, dryers, spray equipment.

ВПЛИВ ПОРОДИ ДЕРЕВИНИ НА ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТУ ПАМ'ЯТІ

**Б.Н. Уголев, доктор технічних наук
Г.О. Горбачова, кандидат технічних наук
С.Ю. Белковскій, аспірант
ФГБОУ ВПО МГУЛ, Російська Федерація**

Наведено результати дослідження впливу деревної породи на показники ефекту пам'яті форми деревини. Проведена кількісна оцінка цього ефекту і порівняння показників для деревини певних порід та видів шпону. Розглянута можливість впливу хімічного складу деревини на показники ефекту пам'яті деревини.

Ефект пам'яті форми деревини, кількісна оцінка ефекту пам'яті, заморожена деформація, порода деревини, хімічний склад деревини.

Ефект пам'яті деревини на деформаційні перетворення був експериментально виявлений в кінці 70-х років [9,15]. Подальші дослідження різних аспектів цього феномену мали, в основному, якісний характер [2,5,14]. Для кількісної оцінки цієї домінантної ознаки деревини, як природного розумного матеріалу, були використані показники [8], що використовуються для полімерів з ефектом пам'яті форми [11]: R_r - частка оборотних деформацій, що показує здатність матеріалу запам'ятовувати постійну форму і є мірою відновлення деформації, що отримана в результаті механічної дії; R_f - частка фіксованих (сет) деформацій, що відображує здатність матеріалу фіксувати механічну деформацію та тим самим запам'ятовувати тимчасову форму.

В основі ефекту пам'яті деревини лежать зморожені деформації, вони були виявлені експериментально на початку 60-х років минулого сторіччя під час сушіння закріпленого зразка [4]. Заморожені деформації утворюються в результаті тимчасового переналаштування наноструктури деревини під керованою дією навантаження у разі збільшення жорсткості деревини в процесах сушіння або охолодження [14], і зникають при зволоженні або нагріванні. Дотримуючись моделі гігро(термо)-механічних деформацій деревини [5,14], яка розроблена на основі інтегрального закону деформування деревини під навантаженням під час зміни вологості і температури [9,16], що враховує утворення квазі-

ВПЛИВ ПОРОДИ ДЕРЕВИНИ НА ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТУ ПАМ'ЯТІ

Б.Н. Уголев, доктор технічних наук
Г.О. Горбачова, кандидат технічних наук
С.Ю. Белковскій, аспірант
ФГБОУ ВПО МГУЛ, Російська Федерація

Наведено результати дослідження впливу деревної породи на показники ефекту пам'яті форми деревини. Проведена кількісна оцінка цього ефекту і порівняння показників для деревини певних порід та видів шпону. Розглянута можливість впливу хімічного складу деревини на показники ефекту пам'яті деревини.

Ефект пам'яті форми деревини, кількісна оцінка ефекту пам'яті, заморожена деформація, порода деревини, хімічний склад деревини.

Ефект пам'яті деревини на деформаційні перетворення був експериментально виявлений в кінці 70-х років [9,15]. Подальші дослідження різних аспектів цього феномену мали, в основному, якісний характер [2,5,14]. Для кількісної оцінки цієї домінуючої ознаки деревини, як природного розумного матеріалу, були використані показники [8], що використовуються для полімерів з ефектом пам'яті форми [11]: R_r - частка оборотних деформацій, що показує здатність матеріалу запам'ятовувати постійну форму і є мірою відновлення деформації, що отримана в результаті механічної дії; R_f - частка фіксованих (сет) деформацій, що відображує здатність матеріалу фіксувати механічну деформацію та тим самим запам'ятовувати тимчасову форму.

В основі ефекту пам'яті деревини лежать зморожені деформації, вони були виявлені експериментально на початку 60-х років минулого сторіччя під час сушіння закріпленого зразка [4]. Заморожені деформації утворюються в результаті тимчасового переналаштування наноструктури деревини під керованою дією навантаження у разі збільшення жорсткості деревини в процесах сушіння або охолодження [14], і зникають при зволоженні або нагріванні. Дотримуючись моделі гігро(термо)-механічних деформацій деревини [5,14], яка розроблена на основі інтегрального закону деформування деревини під навантаженням під час зміни вологості і температури [9,16], що враховує утворення квазі-

залишкових заморожених деформацій можна отримати вирази для розрахунку показників R_r та R_f .

Частка оборотних деформацій R_r в загальному визначається наступним чином:

$$R_r = \frac{\varepsilon_{evp} - \varepsilon_p}{\varepsilon_{evp}} \quad (1)$$

де ε_{evp} – величина загальної гідро(термо)-механічної деформації, ε_p – залишкові пластичні деформації $\varepsilon_r = \varepsilon_c = \varepsilon_p$. Частка фіксованих (сет) деформацій R_f розраховується за формулою:

$$R_f = \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_{evp}} = \frac{\varepsilon_f + \varepsilon_p}{\varepsilon_{evp}}, \quad (2)$$

де ε_s – сет-деформація після зняття навантаження; ε_f – заморожена деформація. Величина замороженої деформації виражається через показники ефекту пам'яті наступним чином:

$$\varepsilon_f = \varepsilon_{evp}(R_r + R_f - 1). \quad (3)$$

Мета досліджень. Величина показників ефекту пам'яті деревини R_r и R_f залежить від співвідношення компонентів гідро(термо)-механічної деформації. Особливості деформування деревини пояснюються різницею будови деревини на макро-, мезо-, мікро- і нанорівнях, хімічною будовою компонентів деревини та їх надмолекулярною структурою. В роботі досліджується вплив породи деревини на показники ефекту пам'яті.

Методика досліджень. Деревина являє собою складний, неоднорідний, мінливий, анізотропний матеріал, що має здатність всихати та розбухати, тому було розроблено метод візуалізації та кількісної оцінки з використанням досить невеликих зразків [7]. Цей метод дозволяє виділити головні фактори, елімінуючи вплив вищезазначених факторів та визначити всі можливі характеристики на одному зразку. Це знижує необхідну кількість дослідів та полегшує аналіз отриманих даних. Експериментальні дослідження були проведені на зразках, що згинаються, струганого, лущеного та композиційного (файн-лайн) шпону з деревини берези, бука, сосни та обече під час зміни температури і вологості (табл. 1). Діапазон зміни температури – 0 – 100 С°, вологості – 0 – 150%.

1. Характеристика зразків.

Порода	Вид шпону	Розміри зразків, мм
Бук (<i>Fagus L.</i>)	Струганий	250*15*0,6
Сосна звичайна (<i>Pinus sylvestris L.</i>)	Струганий	250*15*0,6

Закінчення табл. 1

Порода	Вид шпону	Розміри зразків, мм
Обече (<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.)	Файн-лайн	250*15*0,6
Береза (<i>Betula</i> L.)	Лущений	250*15*1,5

Результати досліджень. Для дослідження ефекту пам'яті у разі дії згинаючого навантаження та зміни температури або вологості було проведено 14 серій експериментів. На рис.1 представлені результати експериментального дослідження показників R_r^t та R_f^t під час зміни температури. Видно, що величина R_r^t вздовж та поперек волокон має відповідні максимальні значення для зразків струганого шпону з деревини бука – 0,97 та 0,78. Величина R_r^t вздовж волокон для зразків струганого шпону з деревини сосни є дещо меншою (0,92), ніж для деревини бука. У напрямку поперек волокон показник R_r^t для зразків сосни має також меншу величину (0,54), що крім зазначених вище причин, пояснюється наявністю існуючих до початку дослідження сушільних тріщин.

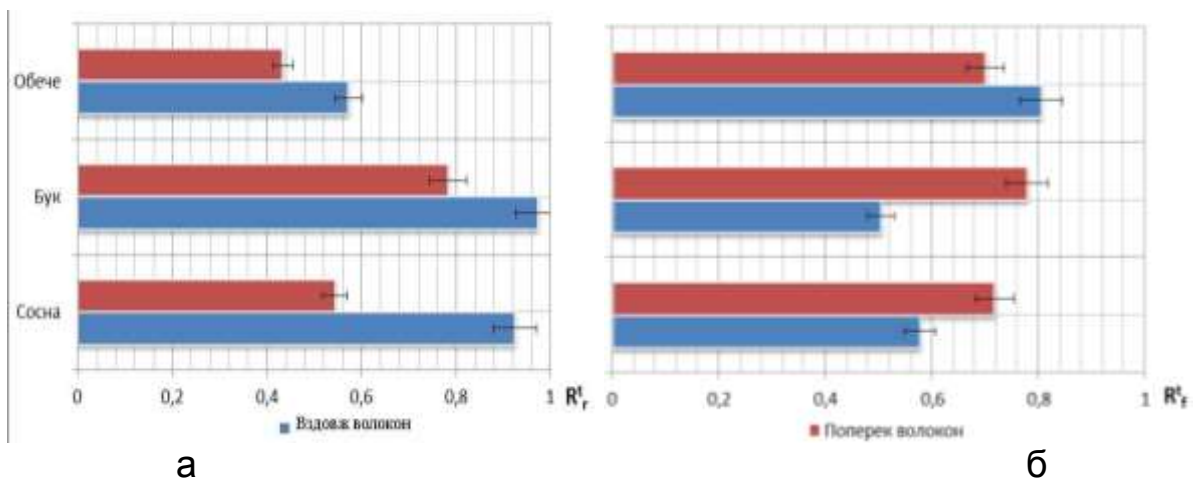


Рис. 1. Показники ефекту пам'яті деревини R_r^t (а) та R_f^t (б) під час зміни температури.

Величина показника R_r^t , в напрямку поперек волокон має максимальне значення для деревини бука (0,78). Величина R_r^t для зразків струганого шпону з деревини сосни і композиційного шпону з деревини обече дорівнює, відповідно, 0,72 та 0,70. В напрямку вздовж волокон найбільше значення R_r^t отримано для зразків композиційного шпону з деревини обече (0,81). Зразки струганого шпону з деревини сосни мають показники вище ніж для деревини

бука (0,58 та 0,50, відповідно), оскільки міцність та жорсткість деревини сосни нижчі, ніж у деревини бука.

На рис. 2 представлені показники ефекту пам'яті для різних видів шпону під час зміни вологості.

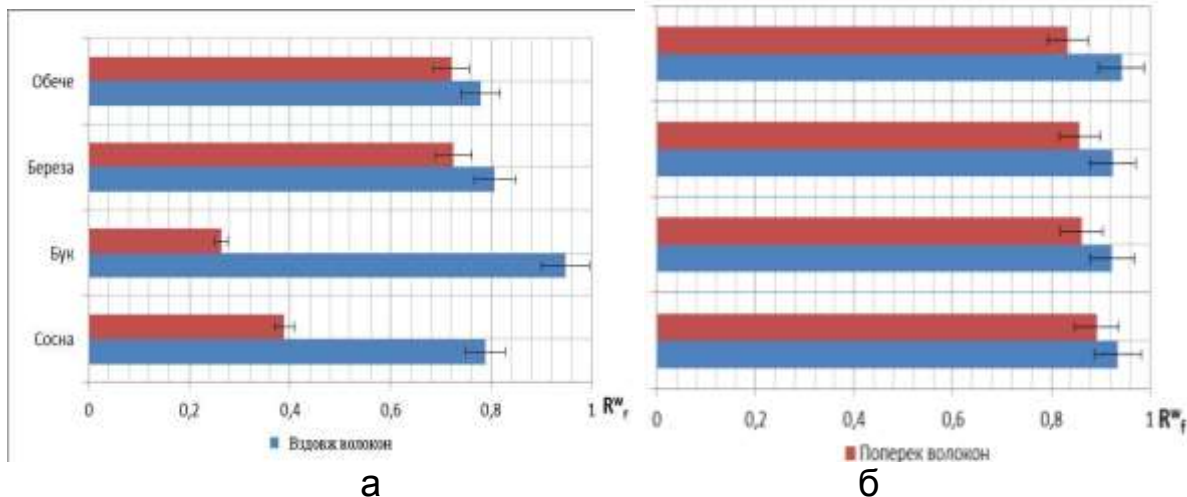


Рис. 2. Показники ефекту пам'яті деревини R_r^w (а) та R_f^w (б) під час зміни вологості.

Величина показника R_r^w в напрямку вздовж волокон максимальна у бука (0,95). Значення показника R_r^w поперек волокон для зразків струганого шпону з деревини бука менше, ніж для деревини сосни (0,26 та 0,39, відповідно). Це зумовлено впливом широких серцевинних променів бука, при сушінні розрив тканин відбувається вздовж серцевинних променів через слабкий зв'язок між ними та деревними волокнами. В напрямку поперек волокон показник R_r^w для зразків лущеного шпону з деревини берези та фан-лайн шпону з деревини обече має близькі значення (0,72 та 0,72), що крім зазначених вище причин, пояснюється наявністю лущильних тріщин на поверхні шпону та багатоступеневою обробкою фан-лайн шпону. Величина показника R_f^w в напрямку вздовж волокон для всіх порід та видів шпону має приблизно однакові значення $R_f^w \geq 0,9$ (0,92-0,94). В напрямку поперек волокон спостерігаються також досить високі показники R_f^w (0,83-0,89).

Раніше нами були проведені експериментальні дослідження ефекту пам'яті під час зміни температури і вологості на масивній деревині берези [2,14]. На основі даних L. Salmén [13], нами було висунуто припущення [2], що найбільші зміни відбуваються в лігнін-геміцелюлозній матриці та в аморфних (некристалічних) ділянках целюлози. В деревині за вологості вищої межі насичення клітинних

стінок та за кімнатної температури не тільки геміцелюлози, а й всі аморфні (некристалічні) ділянки в целюлозі знаходяться в високо еластичному стані. Це пояснює появу значних деформацій, частина з яких є необоротними.

В наших подальших випробуваннях, які проводились спільно з ИФТТ РАН [6], методом ІЧ-спектроскопії було показано, що сушіння навантаженої деревини берези призвело до зміни, в першу чергу, в аморфних ділянках целюлози, а також в системі водневих зв'язків деревини. Подібна перебудова структури відбувається і в процесах охолодження навантаженої деревини. При цьому велику роль буде відігравати концентрація водневих зв'язків.

В роботі [10] висунуте припущення, що геміцелюлози та лігнін контролюють механізм ефекту пам'яті деревини. Геміцелюлози відповідають за механізм фіксації форми (R_f), а лігнін – за відновлення форми, (R_r). Але, дане припущення носить дискусійний характер та потребує додаткових досліджень.

Нижче представлені дані про хімічний склад для деревних порід (табл. 2).

2. Склад основних органічних речовин деревних порід, %

Порода	Лігнін	Целюлоза	Геміцелюлози	Джерело
Бук	22,7	45,4	22,2	Molnar S., Bariska M.[11]
	11,6-22,7	33,7-46,4	17,8-25,5	Wagenfuhr R., Scheiber Chr. [16]
	20,8	46	36,9	Никитин Н.И. [3]
Сосна	26,9-28,2	53,8	20,5	Никитин Н.И. [3]
	29,5	41,9	21,5	Molnar S., Bariska M.[11]
	25,4-29,4	39,7-57,1	7,9-11,2	Wagenfuhr R., Scheiber Chr. [16]
Береза	21,2	45,8	26-42,0	Никитин Н.И. [3]
	19-20,1	45,3-48,6	27,8	Wagenfuhr R., Scheiber Chr. [16]
Обече	32,3-34	41,1-47,6	15,5-17,5	Wagenfuhr R., Scheiber Chr. [16]

Опубліковані результати досліджень хімічного складу часто неможливо співставити через різницю в способах виділення і визначення компонентів деревної речовини, природної мінливості. Відомо, що деревина хвойних відрізняється більшим вмістом лігніну та гексозанів, у деревини листяних серед геміцелюлоз переважають пентозани [1]. Проведені дослідження показали, що різний склад лігніну в деревині бука та сосни несуттєво відображається на величині показника R_r^t в напрямку вздовж волокон. В напрямку поперек волокон частка оборотних і фіксованих деформацій є вищою у бука, що, можливо, пов'язано з більшим вмістом геміцелюлоз. Під час зміни температури, навантаження і вологості відбуваються зворотні зміни в надмолекулярній структурі

компонентів деревини, що зумовлюють ефект «пам'яті» деревини. В силу аморфної природи, геміцелюлози є досить чутливими до температурних та вологісних дій. Тому, ефекти, що спостерігаються, в більшій мірі виявляються у деревині листяних порід.

Для більш детального аналізу впливу породи деревини на показники ефекту пам'яті, необхідно виявити закономірності деформування для зразків струганого шпону з деревини бука і сосни. Незважаючи на значну різницю в будові та хімічному складі цих порід, величина модуля пружності вздовж волокон при згині бука і сосни [1] при нормалізованій вологості є приблизно однаковою і становить 12,4 та 12,2 ГПа, відповідно.

Частки компонентів термо- і гігромеханічних деформацій деревини в напрямках вздовж і поперек волокон представлені на рис. 3 та рис. 4. Частки сет-деформацій, що визначають величину фіксованих деформацій під час зміни вологості деревини в напрямках вздовж і поперек волокон для бука і сосни є практично однаковими. Для термомеханічної деформації ця різниця є більшою. В склад сет-деформацій входять квазі-необоротні заморожені деформації і необоротні пластичні деформації. В напрямку вздовж волокон величину сет-деформацій визначають заморожені деформації. В напрямку поперек волокон картина значно ускладнюється через заморожене всихання. Крім цього, наявність широких серцевинних променів у бука призводять до значних пластичних деформацій. Величина пружно-еластичних деформацій охолодженої або висушеної деревини ε_{ev2} є практично однаковою, оскільки модулі пружності бука та сосни мають приблизно рівні величини.

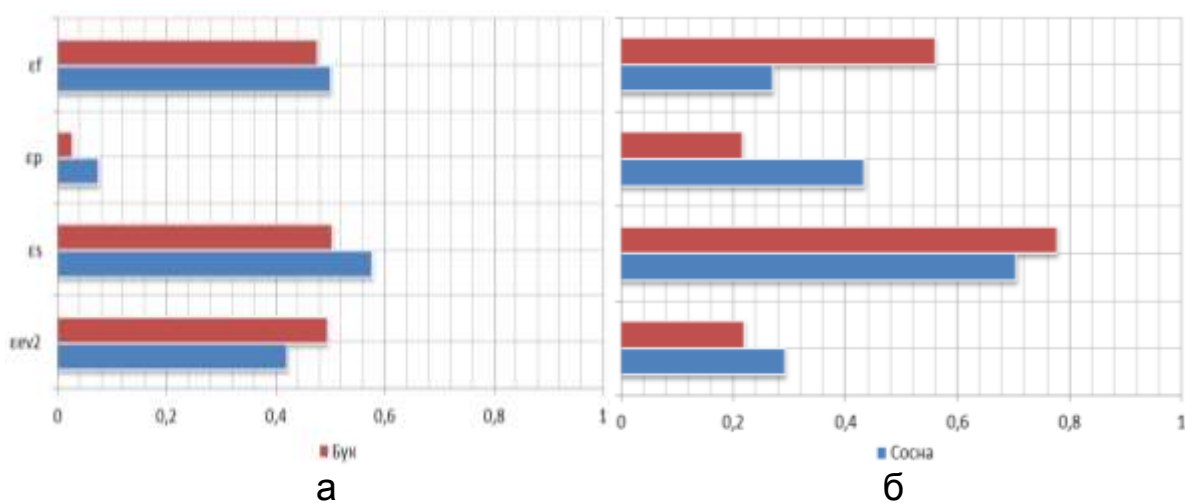


Рис. 3. Частки термомеханічної деформації деревини вздовж (а) і поперек волокон (б).

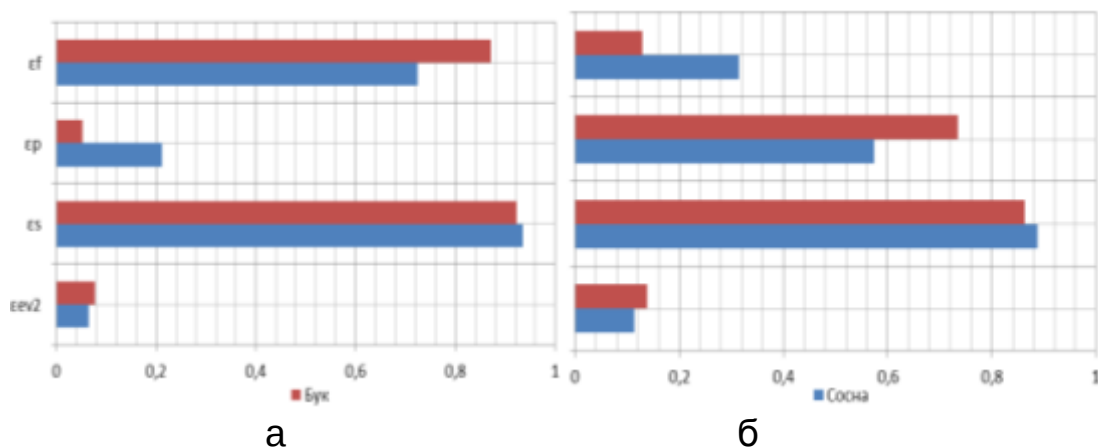


Рис. 4. Частки гігромеханічної деформації деревини вздовж (а) і поперек волокон (б).

Висновки

1. Складність будови, хімічного складу, анізотропія, природна варіативність властивостей деревини призводять до певних складнощів в об'єктивній оцінці ефекту пам'яті деревини різноманітних порід. Запропонований метод дозволяє виявити основні закономірності впливу деревної породи на показники ефекту пам'яті деревини.

2. Особливості технології виготовлення шпону здійснюють більший вплив на показники ефекту пам'яті, ніж порода деревини.

3. Для зразків струганого шпону з сосни та бука показники R_f^t та R_f^l в напрямку вздовж волокон і показник R_f^w в напрямку вздовж і впоперек волокон мають практично однакові значення. На решту показників ефекту пам'яті порода деревини має більший вплив.

4. При більш детальному розгляді механізму утворення фіксованих деформацій необхідно приймати до уваги, що фіксована деформація включає не тільки оборотні пружно-еластичні, а й необоротні пластичні деформації. Враховуючи двохкомпонентний склад фіксованої деформації, доцільно з'ясувати деформаційну поведінку основних хімічних компонентів.

Список літератури

1. Боровиков А.М. Справочник по древесине / А.М. Боровиков, Б.Н. Уголев – М.: Лесная промышленность, 1989. – 246 с.
2. Горбачева Г.А. Деформационные превращения древесины при изменении нагрузки, влажности и температуры: Дисс. канд. техн. наук: МГУЛ / Горбачева Галина Александровна – М., 2004. - 198 с.
3. Никитин Н.И. Химия древесины и целлюлозы / Н.И. Никитин – М-Л.: АН СССР, 1962. – 711с.

4. Уголев Б.Н. Метод исследования реологических свойств древесины при переменной влажности/ Борис Наумович Уголев// Заводская лаборатория, 27(2), 1961, - с. 199 - 203.
5. Уголев Б.Н. Наноструктурные изменения древесины как природного «умного» материала. Нанотехнологии и наноматериалы в лесном комплексе: монография / Борис Наумович Уголев – М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2011. – с. 52-73.
6. Уголев Б.Н. Влажностные и силовые деформации древесины/ Б.Н. Уголев, В.П. Галкин, Г.А. Горбачева, А.В. Баженов// Материалы всероссийской конференции «Дендрозкология и лесоведение», Красноярск ИЛ СО РАН, 2007, с. 163 – 165.
7. Уголев Б.Н. Визуализация эффекта памяти древесины в шпоне/ Б.Н. Уголев, Г.А. Горбачева, С.Ю. Белковский// Сб. Научные труды МГУЛ, вып. 353 «Технология и оборудование для переработки древесины», М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2011, - с. 226 – 232.
8. Уголев Б.Н. Параметры эффекта памяти древесины/ Б.Н. Уголев, Г.А. Горбачева, С.Ю. Белковский// Сб. Научные труды МГУЛ, вып. 358 «Технология и оборудование для переработки древесины», М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012, С. 9 – 13.
9. Уголев Б.Н. Контроль напряжений при сушке древесины/ Б.Н. Уголев, Ю.Г. Лапшин, Е.В. Кротов. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 208 с.
10. Jakes J. E., Plaza N., Zelinka S., Stone D. Water-activated, Shape Memory Twist Effect in Wood Slivers as an Inspiration for Biomimetic Smart Materials// Nanotechnology for Renewable Materials, 2012, Montreal, Quebec, Canada/ <http://www.tappinano.org>
11. Lendlein A., Kelch S. Shape-Memory Polymers. Reviews. Angew. Chem. Int. Ed. 2002, 41, 2034 – 2057.
12. Molnar S., Bariska M. Mogyarorszagipari fai (Wood species of Hungary). – Budapest, Szaktudas kiado haz, 2006. – 206 p.
13. Salmén L. «Micromechanical understanding of the cell wall structure», C. R. Biologies, 2004, (9-10), 873-880.
14. Ugolev B.N. Academy lecture «Wood as natural smart material», [http://www.iaws-web.org/files/file/2009 SaintPetersburg_academy_lecture_ugolev.pdf](http://www.iaws-web.org/files/file/2009%20SaintPetersburg_academy_lecture_ugolev.pdf)
15. Ugolev B.N. Effect of «freezing» wood deformations at complex force and heat actions. Proc. of 2nd Int. Symposium on wood rheology, Rydzina, Poland, 1986 - p. 5 – 14.
16. Ugolev B.N. General laws of wood deformation and rheological properties of hardwood// Wood Science and Technology. – 1976. – vol. 10(3). – P. 169-181
17. Wagenfuhr, R., Scheiber, Chr. Holzatlas. - 3. Aufl. - Leipzig: Fachbuchverl. - 1989. - 720 p.

Приведены результаты исследования влияния древесной породы на показатели эффекта памяти формы древесины. Проведена количественная оценка этого эффекта и сравнение показателей для древесины некоторых пород и видов шпона. Рассмотрена возможность влияния химического состава древесины на показатели эффекта памяти древесины.

Эффект памяти формы древесины, количественная оценка эффекта памяти, замороженная деформация, древесная порода, химический состав древесины.

Results of experimental research of influence of wood species on quantities of memory effect were presented. The quantitative assessment of memory effect, comparison of quantities for some wood species and types of veneer were experimentally investigated. The data on effect of chemical composition of wood on parameters of memory effect wood also are presented.

Shape memory effect of wood, a quantitative assessment of memory effect, frozen strain, wood species, chemical composition of wood.

УДК 630.812.212:674.031.931.2

ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ

М.О. Білецький, аспірант

З.С. Сірко, кандидат технічних наук

Досліджено якість обробленої поверхні пиломатеріалів при розпилюванні дереворізальними інструментами різних конструкцій. Встановлено показники шорсткості обробленої поверхні пиломатеріалів.

Шорсткість, круглі пили, якість обробки, кількісний метод оцінки якості.

Якість обробки поверхні деревинних матеріалів різанням визначають чистотою обробки та точністю розмірів і форми. В процесах, де стружка є продуктом (наприклад, лущений та струганий шпон, технологічна щепа та ін.), якісним показником є ступінь порушення в зрізаному продукті початкової міцності деревини [1].

Контроль і оцінка якості обробки поверхні може здійснюватися якісними і кількісними методами. *Якісний* метод оцінки оснований на порівнянні(візуальному) обробленої поверхні та поверхні зразка-еталона шорсткості. Даний метод є недосконалим, оскільки не забезпечує об'єктивності контролю. *Кількісний* метод оцінки якості обробленої поверхні оснований на вимірюванні мікрогеометрії поверхні за допомогою приладів(профілометрів, профілографів, мікроінтерферометрів, подвійних мікроскопів тощо) [2].

Типовим і універсальним приладом для вимірювання шорсткості є мікроскоп МИС-11. Він призначений для лабораторного

© М.О. Білецький, З.С. Сірко, 2013

Results of experimental research of influence of wood species on quantities of memory effect were presented. The quantitative assessment of memory effect, comparison of quantities for some wood species and types of veneer were experimentally investigated. The data on effect of chemical composition of wood on parameters of memory effect wood also are presented.

Shape memory effect of wood, a quantitative assessment of memory effect, frozen strain, wood species, chemical composition of wood.

УДК 630.812.212:674.031.931.2

ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ

М.О. Білецький, аспірант

З.С. Сірко, кандидат технічних наук

Досліджено якість обробленої поверхні пиломатеріалів при розпилюванні дереворізальними інструментами різних конструкцій. Встановлено показники шорсткості обробленої поверхні пиломатеріалів.

Шорсткість, круглі пили, якість обробки, кількісний метод оцінки якості.

Якість обробки поверхні деревинних матеріалів різанням визначають чистотою обробки та точністю розмірів і форми. В процесах, де стружка є продуктом (наприклад, лущений та струганий шпон, технологічна щепа та ін.), якісним показником є ступінь порушення в зрізаному продукті початкової міцності деревини [1].

Контроль і оцінка якості обробки поверхні може здійснюватися якісними і кількісними методами. *Якісний* метод оцінки оснований на порівнянні(візуальному) обробленої поверхні та поверхні зразка-еталона шорсткості. Даний метод є недосконалим, оскільки не забезпечує об'єктивності контролю. *Кількісний* метод оцінки якості обробленої поверхні оснований на вимірюванні мікрогеометрії поверхні за допомогою приладів(профілометрів, профілографів, мікроінтерферометрів, подвійних мікроскопів тощо) [2].

Типовим і універсальним приладом для вимірювання шорсткості є мікроскоп МИС-11. Він призначений для лабораторного

© М.О. Білецький, З.С. Сірко, 2013

контролю якості поверхні деталей з металу з шорсткістю поверхні в межах 800-32 мкм, деталей з деревини з шорсткістю поверхні 200-4 мкм [4]. Мікроскоп ТСП-4 призначений для контролю шорсткості поверхні деревини в межах 1600-100 мкм. Прилади в яких реалізується пневматичний метод забезпечують більшу точність вимірювання (до 0,1мкм), можливість реєстрування результатів і автоматизації контролю.

Але разом з тим вони мають ряд недоліків: інерційність пневматичних приладів, висока чутливість до структурних нерівностей контролюваного об'єкту і до точності(стабільності) базування вимірювального(чутливого) елементу. Принцип роботи існуючих пневматичних вимірювальних приладів полягає у визначенні вироти стиснутого повітря яке проходить через певний зазор при визначеному заданому тиску.

Шорсткість обробленої поверхні пиломатеріалів регламентується за ГОСТ 7016-82 «Параметры шероховатости поверхности». Параметри шорсткості вибираються з наступної номенклатури: $R_{m_{max}}$ – середнє арифметичне висот окремих найбільших нерівностей на поверхні, яке визначається за формулою $R_{m_{max}} = \frac{1}{n} \sum^n H_{max}$, де H_{max} – відстань від найвищої до найнижчої точки i -ї найбільшої нерівності, n – число найбільших нерівностей; R_m – найбільша висота нерівностей профілю; R_z – висота нерівностей профіля по десяти точкам при відліку від базової лінії; R_a – середнє арифметичне абсолютних відхилень профіля, S_z середній крок нерівностей профілю по впадинам. Граничні значення параметрів шорсткості вказані в табл. 1.

1. Граничні значення параметрів шорсткості.

Матеріал, виріб і спосіб обробки	Значення параметрів				
	Параметр $R_{m_{max}}$	Параметри профілю			
		R_m	R_z	R_a	S_z
1	2	3	4	5	6
Пиломатеріали хвойних порід після рамного розпилювання	500-1600	-	-	-	-
Пиломатеріали листяних порід після рамного розпилювання	320-1000	-	-	-	-
Пиломатеріали після розпилювання дисковими пилами	40-800	-	-	-	-
Шпон луцений	50-320	-	-	-	-
Шпон струганий	32-500	-	-	-	-
Деревина масивна, поздовжнє фрезерування	-	16-250	16-250	-	2,5-12,5
Деревина і шпон шліфовані	-	250-12,5	10-160	2,5-16	-

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6
Деревинностружкові плити шліфовані	-	12,5-500	10-400	2,5-12,5	-
Деревинностружкові плити не шліфовані	-	12,5-630	10-400	2,5-16	0,1-2,5
Деревинноволокнисті плити шліфовані	-	8,0-32	6,3-16,0	0,5-1,6	
Деревинноволокнисті плити не шліфовані	-	10-40	8-20	0,6-3,2	0,12-3,2

Аналізуючи таблицю можемо відзначити, що регламентована шорсткість при розпилюванні дисковими пилами (40-800мкм) значно менша ніж при розпилюванні на лісопилних рамах (500-1600мкм). Крім того при розпилюванні дисковими пилами можливо отримати таку ж шорсткість як і при фрезеруванні масивної деревини(16-250) (параметри $R_{m_{max}}$ і R_m можна порівняти з тією різницею, що перший середнім арифметичним значних нерівностей досліджуваної поверхні H_{max} , а інший є максимальною величиною нерівності на досліджуваній ділянці). Це дозволить вдосконалити, наприклад, технологічний процес виготовлення клеєного бруса для євровікна шляхом виключення операції проміжного фугування перед зклеюванням ламелей у брус.

Мета досліджень. Визначення впливу зміни конструкції інструменту на якість обробленої ним поверхні.

Матеріали і методика досліджень. Для проведення досліджень з визначення шорсткості заготовок згідно з методикою, яка описується в ГОСТ 15612-85 «Методы определения параметров шероховатости поверхности» визначався параметр $R_{m_{max}}$.

Зразки, які досліджувались були виготовлені з деревини сосни розмірами 400x90x5мм, мали вологість 18-20%, таким чином, що одна пласть була випиляна звичайними пилами на верстаті Ц-6 в навчальній лабораторії НУБіП Україна, інша пилами з пластинами для винесення стружки на багатопилковому верстаті walter в деревообробному цеху ДП «Бориспільське ЛГ». Для вимірювань застосовувався прилад світлового або тіньового перетину МИС-11.

Результати досліджень. Піломатеріали отримували з використанням плоских круглих пилок та пилок з пластинами для винесення стружки діаметром 350 мм. Вимірювали показники шорсткості оброблених поверхонь за параметром $R_{m_{max}}$. Результати вимірювань показані в табл. 2. З таблиці видно, що шорсткість зразків оброблених за допомогою пил з очисними ножами є меншою і знаходиться в межах 43.7...55 мкм.

2. Результати визначення параметру шорсткості зразків виготовлених на верстатах walter та Ц-6.

Rm _{max} , мкм			
№ зразка	Walter	№ зразка	Ц6
1	51,3	1	66,3
2	48	2	65,7
3	50,8	3	66,4
4	43,7	4	72,1
5	55	5	78
6	46	6	68
X _{сер}	49,3		69,42

Висновки

1. Якість обробленої поверхні пиломатеріалу залежить від конструкції інструменту. Проведені вимірювання показали, що більш складний конструктивно інструмент – дає кращу якість поверхні розпилювання.

2. Шорсткість поверхні зразків отриманих з використанням пилок з пластинами для винесення стружки за середніми значеннями параметру є на 30% меншою ніж шорсткість поверхні зразків оброблених плоскими круглими пилами.

Список літератури

1. Манжос Ф.М. Качество дереворежущих инструментов /Ф.М. Манжос // Новое в технике и технологи деревообработки. – М.: Лесн. пром-сть 1972. – Выпуск 15. – С. 6–23.
2. Исаков А.И. Контроль качества обработки поверхности изделий из древесины/ канд. техн. наук А.И. Исаков, С.С. Хохлюк // Новое в технике и технологи деревообработки. – М.: Лесн. пром-сть 1972. – Выпуск 15. – С. 90–93.
3. ГОСТ 7016-82 «Параметры шероховатости поверхности».
4. ГОСТ 15612-85 «Методы определения параметров шероховатости поверхности».

Исследовано качество обработки поверхности пиломатериалов при распиловке дереворежущими инструментами разных конструкций. Установлены параметры шероховатости обработанной поверхности пиломатериалов.

Шероховатость, круглые пилы, количественный метод определения качества.

Investigated the surface quality of lumber at sawing wood-cutting tools different constructions. The parameters of roughness surface finish lumber were found .

Roughness, circular saw, quantitative method for determining the quality.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПОГЛИНАННЯ АНТИПІРЕНУ ВІД ПОЧАТКОВОЇ ВОЛОГОСТІ ЛУЩЕНОГО ШПОНУ У ВИРОБНИЦТВІ ВОГНЕСТІЙКОЇ ФАНЕРИ

О.І. Бринь, здобувач
Національний лісотехнічний університет України

Проаналізовано властивості лущеного шпону при обробці його антипіренами. Досліджено залежність поглинання антипірену від вологості шпону за різних тривалостей просочування у розчинах антипіренів на основі амоній фосфату двозаміщеного, амонію сірчанокислого та амонію бромистого.

Лущений шпон, просочування, антипірен, вологість, поглинання антипірену, втрата маси.

Лущений шпон є напівфабрикатом, який використовується для одержання різних деревинних композиційних матеріалів (ДКМ). З метою забезпечення підвищеної вогнестійкості ДКМ доцільно обробляти лущений шпон розчинами антипіренів в процесі виробництва ДКМ.

Просочування шпону можна здійснювати різними методами [1]. У статті [2] подано обґрунтування вибору дифузійного методу просочування шпону як найбільш прийнятного у виробництві вогнестійкої фанери за різними показниками (менше висолювання антипірену на поверхні шпону, більш рівномірне розподілення його в середині, забезпечення кращого вогнезахисту, відсутність додаткової операції сушіння шпону). Перевагою дифузійного методу є можливість його інтенсифікації за рахунок підвищення температури та концентрації просочувального розчину, яка дозволяє досягнути швидкості інших високо інтенсивних методів просочування.

У виробництві шпону лущеного шпону його вологість коливається у широких межах, що суттєво буде впливати на поглинання антипірену дифузійним способом. Відомо, що дифузійне просочування відбувається у тих випадках, коли пори шпону максимально заповненні водою. Наявність повітря у порах буде перешкоджати проникненню антипірену в середину шпону. Тому виникла необхідність дослідити вплив початкової вологості шпону на поглинання антипірену та властивості просоченого шпону.

© О.І. Бринь, 2013

Мета досліджень – встановлення впливу початкової вологості лушеного шпону на поглинання антипірену.

Матеріали та методи досліджень. Для дослідження впливу вологості шпону на поглинання антипірену використовувався березовий шпон розмірами 150 x 75 x 1,5 мм вологістю 8 ± 2 мм. Для одержання зразків різної вологості шпон витримували у воді впродовж різного часу (1,5 хв, 5 хв, 15 хв, 30 хв, 90 хв, 240 хв, 1 доба, 3 доби, 13 діб) та контролювали їх вологість. Зразки просочували у розчині антипірену протягом 8 хв, 30 хв, 45 хв та 70 хв за кімнатної температури. Для прочування використовували антипірен на основі амонію фосфату двозаміщеного, амонію сірчаноокислого та амонію бромистого. Концентрація розчину становила 30%. Після просочування зразки витримувалися для перерозподілу антипірену у шпоні протягом 1 год та висушувалися у сушильній камері за температури 103 °С та визначали поглинання антипірену за формулою:

$$Q = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100, \% \quad (1)$$

де m_0 – маса абсолютно сухого шпону перед просочуванням, г;

m – маса абсолютно сухого шпону після просочування, г.

Оцінювали зовнішній вигляд шпону та візуально фіксували наявність висолювання.

Результати досліджень. Результати досліджень щодо залежності між вологістю шпону і поглинанням антипірену за різних тривалостей просочування подано на рис. 1.

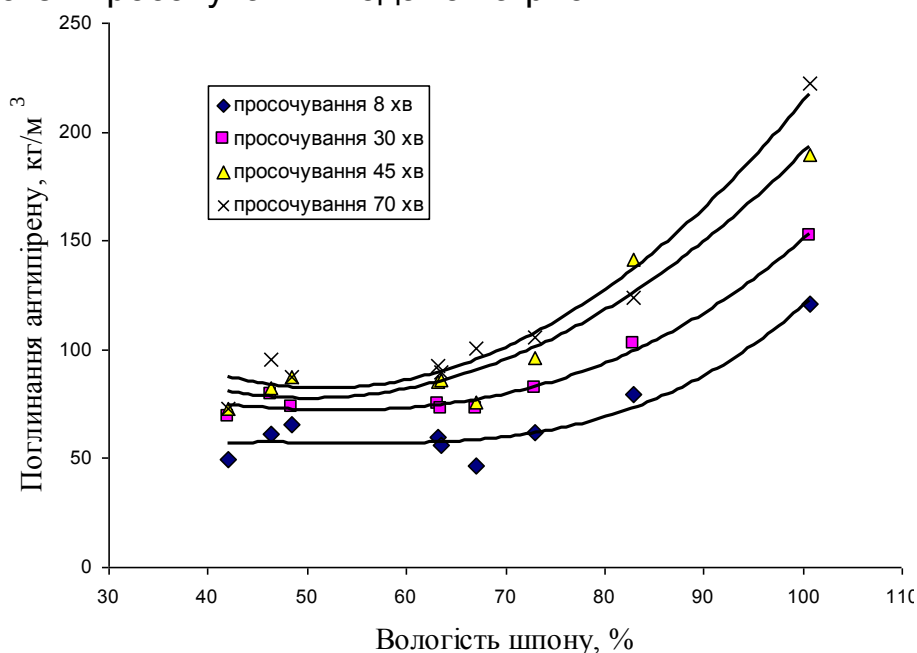


Рис. 1. Залежність поглинання антипірену від вологості шпону.

Як видно із графіків, поглинання антипірену зростає із збільшенням вологості шпону, що пов'язано із кращим проходженням процесу дифузійного просочування у шпоні більш заповненого водою. Для забезпечення І групи вогнестійкості необхідне поглинання антипірену становить близько 100 кг/м^3 . Так, для досягнення вмісту антипірену близько 105 кг/м^3 необхідно шпон вологістю понад 100% просочувати 8 хв, а шпон вологістю 70 – 80% – 70 хв.

Висновок. Досліджено вплив вологості на величину поглинання антипірену. Встановлено, що для отримання важкогорючого лушеного шпону із втратою маси 8,9 %, необхідно просочувати шпон вологістю понад 100 % протягом 8 хв. Зменшення початкової вологості лушеного шпону негативно впливає на поглинання і вимагає суттєвого збільшення тривалості просочування.

Список літератури

1. Бринь О.І. Способи просочування шпону для виготовлення вогнетривкої фанери / О.І. Бринь // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць.- Львів :вид-во УкрДЛТУ. – 2005. – Вип.15.5. – С. 179–182.
2. Бехта П.А. Обґрунтування способу просочування шпону для виготовлення вогнетривкої фанери / П.А. Бехта, О.І. Бринь // Науковий вісник НЛТУ України: зб.наук.-техн. праць. – Львів : вид-во УкрДЛТУ. – 2010. – Вип.20.6. – С. 102–105.

Проанализировано свойства лушеного шпона, обработанного антипиренами. Исследовано зависимость поглощения антипирена от влажности шпона при разном времени пропитки в растворах антипиренов на основе диаммоний фосфату, аммония сернокислого и аммония бромиду.

Шпон, пропитка, антипирен, влажность, поглощение антипирена, потеря массы.

The fireproof veneer properties is analyzed. The dependence of salt absorption on veneer moisture content with different impregnation duration is investigated.

Veneer, impregnation, fire-retardant, moisture content, loss of mass.

EFFECTS OF RATE OF LOADING AND MOISTURE ON DOWEL BEARING STRENGTH OF JACK PINE

Antoine Cousin, MSc Student

Peirre-Yves Leroux, Student

Alexander Salenikovitch, PhD, Associate Professor

Université Laval, Québec, Canada

*The dowel bearing strength (embedding strength), along with the connection geometry is one of the main parameters used for calculation of the dowel-type connection resistance. This research was focused on the effects of three moisture contents and seven rates of loading on the embedding strength of jack pine (*Pinus banksiana*) wood. The loss of resistance with increasing time to failure was compared to empirical equations found from past research. Test results were correlated to the adjustment factors used in the Canadian (CSA O86) and European (EN 1995) timber design codes. The strength adjustments in the CSA O86 were found satisfactory whereas those in Eurocode 5 appeared non-conservative.*

Duration of load, service conditions, embedding strength, strength adjustment, timber design code.

INTRODUCTION

Duration of load (DOL) effects on wood strength in bending, compression and torsion have been studied in the past under a constant load or step ramp loading, under controlled rate of deformation or controlled rate of loading. Wood (1951), Pearson (1972) and Gerhards (1977) established DOL empirical equations from bending and compression tests on small defect free specimens under various rates of loading. These equations define the loss of strength using the stress level (SL) and logarithm of time to rupture. The moisture content (MC) of wood varies with service conditions, which also affects its mechanical properties below the fibre saturation point. Rammer & Winistorfer (2001) studied the effect of MC on the dowel bearing strength and proposed a linear regression equation relating the two parameters. In the Canadian timber design code (CSA O86), factors K_D and K_{SF} are used to adjust the strength of fastenings for the DOL and service conditions, respectively. In Eurocode 5 (EN 1995), the adjustment factor k_{mod} is used to account for both effects simultaneously. The objective of this research was to study the influence of the rate of loading and MC on the dowel bearing strength (embedding strength) of wood, which is one of the main parameters used for calculation of the lateral resistance of dowel-type connections.

© A. Cousin, P.-Y. Leroux, A. Salenikovitch, 2013

METHODOLOGY

Wood samples of 31×89×660 mm in size were cut from unseasoned jack pine (*Pinus banksiana*) lumber and graded to attribute an equal wood quality and density distribution to each test series consisting of six specimens. Then the wood samples were conditioned to achieve the following equilibrium MC levels: wet ($\geq 24\%$ MC), dry (12% MC), and very dry (8%MC).

After the wood conditioning, test specimens were assembled with bolts of 12.5-mm in diameter and 6-mm thick steel side plates at each end (Figure 1) and tested until rupture using one of seven rates of loading, which varied between 115 kN/min and 0.1N/min, in each moisture condition. Tests that lasted longer than 10 min. were conducted in a chamber with controlled temperature and humidity conditions to maintain the target equilibrium MC. After the test, the actual MC and density of each embedment zone were determined and the following mechanical properties were calculated: elastic stiffness, proportional limit, yield point, and maximum resistance.

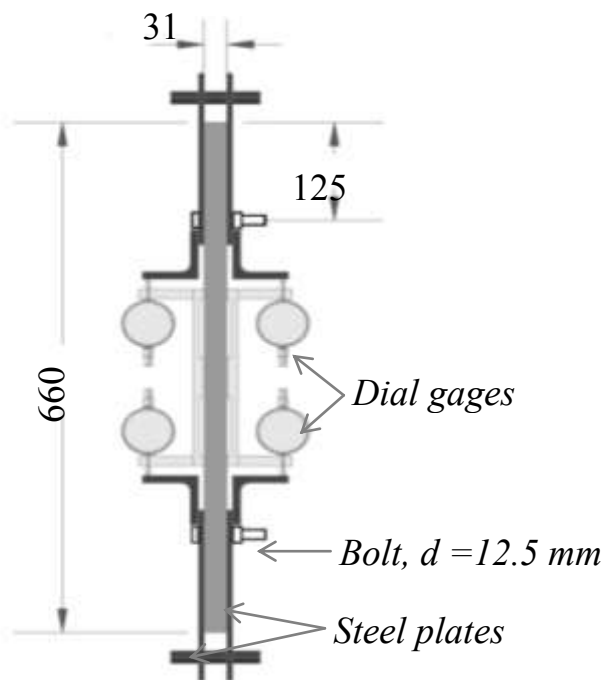


Fig. 1. Test specimen assembly.

RESULTS

Test results confirmed that the elastic stiffness and the embedding strength of wood diminish with time under the load and in wet service conditions. It was also observed that the strength of wood in very dry condition (8% MC) reduced with time at a higher rate than in normal condition (12% MC). To compare the test results with the empirical

equations, the maximum resistance at 12 %MC and one minute to rupture was adopted as a reference value. The average maximum resistance of each test series was then divided by the reference value to determine the loss of strength (stress level) for each rate of loading and moisture condition. The stress levels (SL) for each test series are plotted against the time to failure (t_f , min.) and are compared with the empirical equations in Figure 2. Test values at 12% MC appear to fit quite well the Pearson's (1972) equation:

$$SL = 100 - 6.4 \log_{10} t_f$$

The stress levels were also compared with the combined effect of the adjustment factors K_D and K_{SF} used in the Canadian design code (CSA O86) for different DOL and service conditions of fastenings, respectively. The K_D appeared satisfactory if based on 10-min. load duration. The K_{SF} appeared accurate for the resistance reduction between dry and wet conditions. Comparisons with Eurocode 5 (EN 1995) showed that k_{mod} significantly underestimates the reduction of the embedding strength in wet service conditions.

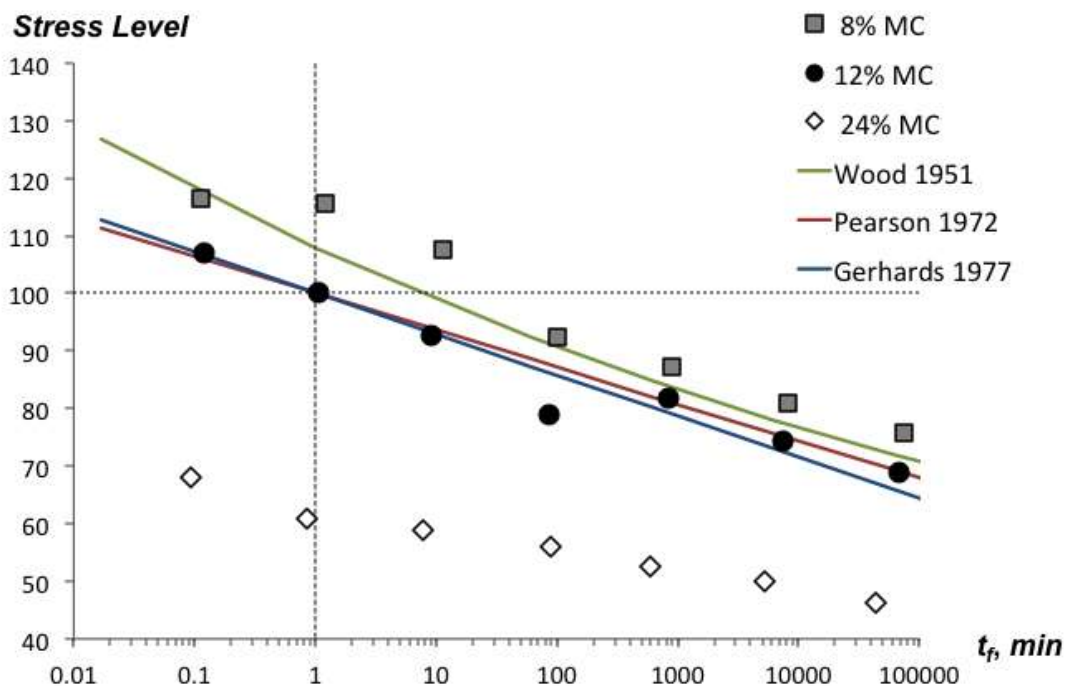


Fig. 2. Empirical equations and test results.

CONCLUSIONS

Test results showed that the empirical equation by Pearson (1972) predicted the stress levels of the dowel bearing strength for the dry conditions in long term loading fairly well. The Canadian design code adjustments for wet service conditions of fastenings (K_{SF}) and load duration (K_D) may be considered satisfactory, whereas the Eurocode 5

adjustment factor (k_{mod}) seems to underestimate the strength reduction in wet service conditions.

REFERENCES

- [1] Wood, L.W. Relation of strength of wood to duration of stress. U.S. Forest Products Laboratory, Report No. 1916, 1951.
- [2] Pearson, R.G. The effect of duration of load on the bending strength of wood. *Holzforschung*, 26(4), 153-158, 1972.
- [3] Gerhards, C.C. Time-related effects of loads on strength of wood. Proc. Conference Environmental Degradation of Engineering Materials, College of Engineering, Virginia Tech, Blacksburg, 613-623, 1977.
- [4] Rammer, D. R. and S. G. Winistorfer. Effect of moisture content on dowel-bearing strength. *Wood and Fiber Science*, 33 (1), 126-139, 2001.
- [5] Canadian Standards Association CAN/CSA-O86-09. Engineering design in wood. CSA, Toronto, ON, Canada, 2010.
- [6] EN 1995-1-1: 2004. Eurocode 5: Design of Timber Structures. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 2004.

*Несущая прочность шпонки (вложена прочность), а также геометрия соединения является одним из главных параметров, используемых для расчета сопротивления соединений шпоночного типа. Это исследование было сосредоточено на эффекте трех уровней влажности и семи уровней нагрузки на вложение сил древесины сосны Банкса (*Pinus banksiana*). Потери сопротивления с течением времени до разрушения по сравнению с эмпирическими уравнениями были взяты из прошлых исследований. Результаты испытаний были соотнесены с поправочными коэффициентами, используемых в канадских (CSA O86) и европейском (EN 1995) регламентах проектирования. Поправки прочности в CSA O86 были признаны удовлетворительными, тогда как те, что в Еврокод 5 оказались без запаса прочности.*

Продолжительность нагрузки, условия эксплуатации, вложенная прочность, регулирования сил, регламент проектирования

*Несуча міцність шпонки (вкладена міцність), а також геометрія з'єднання є одним з головних параметрів, що використовуються для розрахунку опору з'єднань шпоночного типу. Це дослідження було зосереджено на ефекті трьох рівнів вологості та семи рівнів навантаження на вкладення сил деревини сосни Банкса (*Pinus banksiana*). Втрати опору з плином часу до руйнування у порівнянні з емпіричними рівняннями були взяті з минулих досліджень. Результати випробувань були співвіднесені з поправочними коефіцієнтами, що використовуються в канадських*

(CSA O86) і європейським (EN 1995) регламентах проектування. Поправки міцності в CSA O86 були визнані задовільними, тоді як ті, що в Єврокод 5 виявилися без запасу міцності.

Тривалість навантаження, умови експлуатації, введена міцність, регулювання сил, регламент проектування

УДК 630.6:630.83

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ ДЕРЕВИНИ

О.О. Ференц, здобувач

Р.Я. Кіндрат, кандидат економічних наук

Національний лісотехнічний університет України

Метою наукового дослідження є поглиблення теоретичних і науково-методичних положень відносно оцінки еколого-економічної ефективності комплексної переробки деревини в лісопильно-деревообробному виробництві. Ситуація в Україні характеризується тим, що поряд з глибокою економічною кризою в лісозаготівельному комплексі, існує криза екологічна.

Екологічна ефективність, економічна ефективність, комплексна переробка, деревина, криза, екологізація.

Визначення реальної еколого-економічної ефективності – надзвичайно складна проблема. Соціальні, моральні, екологічні наслідки шкоди, заподіяної господарською діяльністю навколишньому середовищу, не піддаються кількісному вираженню і не можуть бути відображені в економічній оцінці. Еколого-економічна оцінка ефективності виробництва характеризується тим щодо безпосередньо економічного ефекту додається прогнозований тривалий ефект, який враховує економічні наслідки від зміни навколишнього середовища в осяжному майбутньому.

Одним із показників ефективності виробництва є еколого-економічна ефективність (Е) виробництва, яку слід враховувати (у грошовому виразі): загальний економічний ефект (E_0); вартість використаних природних ресурсів (Р); прогнозовані збитки від забруднення навколишнього середовища, або еколого-економічну шкоду (ЕШ); вартість природоохоронних заходів (З).

© О.О. Ференц, Р.Я. Кіндрат, 2013

(CSA O86) і європейським (EN 1995) регламентах проектування. Поправки міцності в CSA O86 були визнані задовільними, тоді як ті, що в Єврокод 5 виявилися без запасу міцності.

Тривалість навантаження, умови експлуатації, введена міцність, регулювання сил, регламент проектування

УДК 630.6:630.83

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ ДЕРЕВИНИ

О.О. Ференц, здобувач

Р.Я. Кіндрат, кандидат економічних наук

Національний лісотехнічний університет України

Метою наукового дослідження є поглиблення теоретичних і науково-методичних положень відносно оцінки еколого-економічної ефективності комплексної переробки деревини в лісопильно-деревообробному виробництві. Ситуація в Україні характеризується тим, що поряд з глибокою економічною кризою в лісозаготівельному комплексі, існує криза екологічна.

Екологічна ефективність, економічна ефективність, комплексна переробка, деревина, криза, екологізація.

Визначення реальної еколого-економічної ефективності – надзвичайно складна проблема. Соціальні, моральні, екологічні наслідки шкоди, заподіяної господарською діяльністю навколишньому середовищу, не піддаються кількісному вираженню і не можуть бути відображені в економічній оцінці. Еколого-економічна оцінка ефективності виробництва характеризується тим щодо безпосередньо економічного ефекту додається прогнозований тривалий ефект, який враховує економічні наслідки від зміни навколишнього середовища в осяжному майбутньому.

Одним із показників ефективності виробництва є еколого-економічна ефективність (Е) виробництва, яку слід враховувати (у грошовому виразі): загальний економічний ефект (E_0); вартість використаних природних ресурсів (Р); прогнозовані збитки від забруднення навколишнього середовища, або еколого-економічну шкоду (ЕШ); вартість природоохоронних заходів (З).

© О.О. Ференц, Р.Я. Кіндрат, 2013

Еколого-економічна ефективність (E_x) виробничих процесів визначається за формулою [3]:

$$E_1 = E_0 - (P + EШ + З), \quad (1)$$

Екологізація виробництва дозволяє зберегти і покращити навколишнє природне середовище. Кінцевим результатом абсолютно екологізованого виробництва є продукція безвідходного виробництва, а узагальнюючим показником екологічної оцінки суспільного виробництва виступає вартісний вираз продукції безвідходного виробництва [3].

Показниками економічної ефективності застосування вторинних ресурсів є: економія первинної сировини в натуральному і вартісному виразах, економія трудових і фінансових ресурсів на підготовку і освоєння запасів первинної природної сировини і будівництво нових потужностей, екології земельних ресурсів за рахунок зменшення потреби для складування потенційних вторинних ресурсів і відходів виробництва, а також потреб в земельних ділянках для освоєння нових ресурсів.

Досить актуальною стає проблема уніфікації термінології з природокористування, що вживаються в науковій та навчальній літературі. Науково обґрунтована класифікація вторинних ресурсів і відходів може стати основою для збирання, оброблення і використання інформації для розробки планів і програм, спрямованих на підвищення ефективності утилізації вторинних ресурсів і відходів, розробки заходів для комплексного використання сировини, удосконалення системи планування нових мало- і безвідходних виробництв, більш широкого застосування вторинних ресурсів.

Продукція деревообробного виробництва не є безвідходною, але можливим є наближення до маловідходного виробництва. Сприяти цьому може комплексна переробка деревини. Враховуючи наростаючу світову тенденцію ресурсозберігання, проблема раціонального природокористування в Україні стає актуальна, особливо відносно не поновлюваної природної сировини. Пошук його замінників є пріоритетом в розвитку багатьох країн, тому для України, яка нераціонально і неефективно використовує свій ресурсний комплекс, потрібне невідкладне вирішення даної проблеми.

Наявність величезних деревних ресурсів не характеризує лісовий комплекс як розвинену галузь економіки. Особливо це стосується України, в якій загальний запас деревної маси лісів складає 1,8 млрд. м³. На сьогоднішній день лісистість України складає 15,7% від території країни при оптимальній 19,0%. За цим показником Україна відноситься до країн з середньою лісистістю [1].

Одна з основних проблем в регіонах з достатньою лісосировинною базою полягає в нераціональному використанні деревних ресурсів. Величезна кількість відходів від переробки деревини і відходів при заготівці лісу, залишаються невикористаними. Якщо всю масу деревини прийняти за 100%, то на сьогодні лісова промисловість втрачає 65-70% деревної маси, що поступає у вирубування. Це негативно позначається на стані економіки і екології.

У деревообробному виробництві ці кризисні явища посилюються дефіцитом сировинних ресурсів, катастрофічним станом основних фондів, низьким технологічним і технічним рівнем виробництва, неефективним використанням деревної сировини. Рациональне і комплексне використання сировинних ресурсів в цілях задоволення внутрішньо національних потреб в деревині і продуктах її переробки має велике економічне значення.

Основою дослідження послужили праці вітчизняних і зарубіжних вчених, а саме: Туниці Ю.Ю., Хлобистова Є.В., Мельника Л.Г., Мочерного С.В., які присвячені розробкам стратегій економічного і екологічного розвитку. Базою вивчення проблеми комплексного використання деревних ресурсів з'явилися роботи фахівців лісової галузі, присвячені питанням організації і розвитку деревообробних виробництв.

Теоретичні дослідження полягають в розвитку нових підходів до вирішення проблеми комплексного використання деревних ресурсів. До наукових проблем, які потребують невідкладного рішення, належить критичний аналіз і розробка ефективних напрямків з управління матеріальними ресурсами на деревообробних підприємствах з врахуванням екологічного стану довкілля.

Висновок. Таким чином наукова робота по еколого-економічній ефективності комплексної переробки деревини в деревообробному виробництві є потрібною, своєчасною, актуальною для розвитку деревообробки в Україні і проведення єдиної технологічної політики в галузі.

Список літератури

1. *Довкілля України*. Статистичний збірник за 2011 рік / Державний комітет статистики України : під загальним керівництвом Ю.М. Остапчука. – Київ: Статистичне управління, 2012. – 216 с.
2. *Кіндрат Р.Я.* Організація виробництва деревообробних підприємств : Навчальний посібник / Р.Я. Кіндрат – Л.: Вид. дім «Панорама», 2002. – 160 с.
3. *Туниця Ю.Ю.* Економічні проблеми комплексного використання і охорони природних ресурсів / Ю.Ю. Туниця. – Львів: Вища школа, 1976. – 215 с.

Целью научного исследования является углубление теоретических и научно-методических положений относительно оценки эколого-экономической эффективности комплексной переработки древесины в лесопильно-деревобработывающем производстве.

Экологическая эффективность, экономическая эффективность, комплексная переработка, древесина, кризис, экологизация.

The purpose of scientific research is deepening of theoretical and scientifically – methodical positions in relation to the estimation of ecological – economical efficiency of the complex processing of wood in sawmill - woodworking production. A situation in Ukraine is characterized that next to a deep economic crisis in a wood complex, there is an ecological crisis.

Ecological efficiency, economic efficiency, complex processing, wood, crisis, ecologization.

УДК 674.093.24.06

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЕВИНИ У ЛІСОПИЛЬНО-ДЕРЕВООБРОБНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

**В.М. Максимів, доктор технічних наук
О.Б. Ференц, З.П. Копинець, кандидати технічних наук
О.О. Ференц, аспірант
Національний лісотехнічний університет України**

Уточнено існуючі та розроблено науково-обґрунтовані нормативи витрат деревини хвойних та листяних порід у виробництві пиломатеріалів з використанням стрічкопилкового обладнання. Розглянуто питання нормування витрати деревини у виробництві тришарового клеєного бруса та столярних виробів.

Пиловочні колоди, обладнання, пиломатеріали, клеєний брус, нормативи.

Одновременно с развитием техники і технології лісопиляння і деревообробки вдосконалюється і продукція галузі. З підвищенням вартості сировинних ресурсів та екологічних обмежень значимішими

© В.М. Максимів, О.Б. Ференц, З.П. Копинець, О.О. Ференц, 2013

Целью научного исследования является углубление теоретических и научно-методических положений относительно оценки эколого-экономической эффективности комплексной переработки древесины в лесопильно-деревобрабатывающем производстве.

Экологическая эффективность, экономическая эффективность, комплексная переработка, древесина, кризис, экологизация.

The purpose of scientific research is deepening of theoretical and scientifically – methodical positions in relation to the estimation of ecological – economical efficiency of the complex processing of wood in sawmill - woodworking production. A situation in Ukraine is characterized that next to a deep economic crisis in a wood complex, there is an ecological crisis.

Ecological efficiency, economic efficiency, complex processing, wood, crisis, ecologization.

УДК 674.093.24.06

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЕВИНИ У ЛІСОПИЛЬНО-ДЕРЕВООБРОБНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

**В.М. Максимів, доктор технічних наук
О.Б. Ференц, З.П. Копинець, кандидати технічних наук
О.О. Ференц, аспірант
Національний лісотехнічний університет України**

Уточнено існуючі та розроблено науково-обґрунтовані нормативи витрат деревини хвойних та листяних порід у виробництві пиломатеріалів з використанням стрічкопилкового обладнання. Розглянуто питання нормування витрати деревини у виробництві тришарового клеєного бруса та столярних виробів.

Пиловочні колоди, обладнання, пиломатеріали, клеєний брус, нормативи.

Одновременно з розвитком техніки і технології лісопиляння і деревообробки вдосконалюється і продукція галузі. З підвищенням вартості сировинних ресурсів та екологічних обмежень значимішими

© В.М. Максимів, О.Б. Ференц, З.П. Копинець, О.О. Ференц, 2013

стають вимоги ефективного використання деревини. Переробляється практично вся нормативно-технічна документація на продукцію лісопиляння і деревообробки.

Експериментальні роботи проводились для встановлення нормативів посортних виходів пилопродукції з пиловочних колод різних сортів і груп діаметрів з урахуванням технології виготовлення пиломатеріалів.

Для дослідних розпилювань прийняті пиломатеріали відповідних розмірів, порід і якості згідно ГОСТ 9463, ГОСТ 9462 та ДСТУ EN 975-1-2001.

Розроблені пропозиції та рекомендації з покращення використання пиловочної сировини хвойних та листяних порід, методики нормування їх витрати, рівня комплексного використання сировини при виготовленні пиломатеріалів. Приклад нормативів виходу хвойних пиломатеріалів наведено в табл. 1.

1. Нормативи виходу хвойних необрізних пиломатеріалів у % згідно з ГОСТ 8486-86 із пиловочної сировини згідно з ГОСТ 9463-88 (при розпилюванні на стрічкопилкових верстатах).

Пиломатеріали	Середні лісоматеріали (14...24см) сорту			Крупні лісоматеріали (26 см і більше) сорту		
	1-го	2-го	3-го	1-го	2-го	3-го
Довжина 1 м і більше						
0-го сорту	4,9	1,9	1,8	7,4	2,1	1,5
1-го сорту	17,5	10,9	6,4	17,8	12,3	10,5
2-го сорту	18,5	12,1	18,2	15,9	16,1	11,1
3-го сорту	22,4	30,4	18,0	21,3	25,9	21,7
4-го сорту	13,1	17,0	23,6	16,1	20,3	27,3
Довжиною 0,5...0,9 м	1,8	2,1	2,4	2,0	1,8	2,0
Всього пиломатеріалів	78,2	74,4	70,4	80,5	78,5	74,1
Норма витрат сировини, м ³ /м ³	1,279	1,344	1,420	1,242	1,274	1,350

Встановлено, що об'ємний вихід пилопродукції хвойних порід (сосна, смерека), випиляної на стрічкопилковому обладнанні розвальним способом в середньому більший на 2,8...9,4 % (для діаметрів 14...24 см), 3,0...11,9 % (для діаметрів 26...40 см) ніж об'ємний вихід пилопродукції, випиляної на лісопильних рамах за інших рівних умов.

Об'ємний вихід пилопродукції твердолистяних порід (дуб, бук), випиляної на стрічкопилковому обладнанні розвальним способом в середньому більший на 2,9...9,4 % (для діаметрів 14...24 см), 3,6...10,2 % (для діаметрів 26...40 см), і на 5,3...10,4 (для діаметрів

40 см і більше) ніж об'ємний вихід пилопродукції, випиляної на лісопильних рамах за інших рівних умов.

Основними методами розробки норм витрати сировини і матеріалів у виробництві столярно-будівельних виробів є розрахунково-аналітичний і дослідний. Коефіцієнти витрати пиломатеріалів визначені шляхом дослідних розпилювань пиломатеріалів на деревообробних підприємствах і умовних розпилювань пиломатеріалів по паспортах дощок. Коефіцієнти витрати пиломатеріалів на конкретні заготовки встановлені як середні величини за даними всіх розпилювань і диференційовані за сортами, характером обробки і способами розпилювання пиломатеріалів. Рекомендації з визначення поопераційних коефіцієнтів витрат деревини при виготовленні клеєного бруса наведено в табл. 2.

2. Зведені коефіцієнти поопераційних норм витрати деревини на 1 м³ заготовок із клеєного віконного бруса перерізом 72х86 мм

№з/п	Технологічні операції та коефіцієнти витрат	Пиловочник хвойних порід		
		I с	II с	III с
1	Розкрій пиловочника: – коефіцієнт витрати (Кр) – розміри заготовок ВБ за перерізом, мм	1,724 32х98	2,174 32х98	2,380 32х98
2	Сушіння: – коефіцієнт витрати (Кр) – розміри заготовок ВБ за перерізом, мм	1,04...1, 10 30,5х94	1,04...1, 10 30,5х94	1,04... 1,1 30,5х94 4
3	Калібрування I: – коефіцієнт витрати (Кр) – розміри заготовок ВБ за перерізом, мм	1,09 28х91	1,09 28х91	1,09 28х91
4	Вирізання вад: – коефіцієнт витрати (Кр) – розміри заготовок ВБ за перерізом, мм	1,10...1, 15 28х91	1,35 28х91	1,65 28х91
5	Зощування: – коефіцієнт витрати (Кр) – розміри заготовок ВБ за перерізом, мм	1,04...1, 10 28х91	1,04...1, 10 27х91	1,04... 1,1 27х91
6	Калібрування II: – коефіцієнт витрати (Кр) – розміри заготовок ВБ за перерізом, мм	1,11...1, 15 25х86 22х86	1,11...1, 15 25х86 22х86	1,11...1, 15 25х86 22х86
7	Склеювання бруса: – коефіцієнт витрати (Кр) – розміри заготовок ВБ за перерізом, мм Загальний коефіцієнт витрати деревини на 1 м ³ клеєного бруса (Кр)	- 72х86 2,925	- 72...86 4,139	- 72х86 5,538
8	Калібрування бруса: – коефіцієнт витрати (Кр) – розміри клеєного ВБ	1,11 69х81	1,11 69х81	1,11 69х81

№з/п	Технологічні операції та коефіцієнти витрат	Пиловочник хвойних порід		
		I с	II с	III с
9	Торцювання бруса: – коефіцієнт витрати (Кр)	1,06	1,06	1,06
	– розміри клеєного ВБ згідно специфікації	69x81	69x81	69x81
	Загальний коефіцієнт витрати деревини на 1 м ³ заготовок із клеєного бруса	3,440	4,869	6,516

Примітки:

1. Після калібрування II заготовки (ламелі) віконного бруса перерізом 25x86 (зовнішній шар) і перерізом 22x86 (внутрішній шар) склеюються у тришаровий віконний брус перерізом 72x86 мм.

2. У практиці роботи підприємств використання III сорту пиловочника при виробництві клеєного бруса недоцільне у зв'язку з обмеженнями на якість пиломатеріалів та високою перевитратою сировини.

Проведені дослідження дають змогу за коефіцієнтами витрати деревини і прийнятими технологічними операціями розробити основні нормативні показники у виробництві клеєного бруса та сучасних столярних конструкцій, розрахувати потребу у вихідній сировині та виробничу потужність цеху (дільниці). Розроблені нормативи витрат деревини у виробництві сучасних та традиційних СВ дозволяють контролювати питання щодо раціонального та ефективного використання деревинної сировини, впровадити у виробництво науково-обґрунтовані прогресивні норми.

Уточнены существующие и разработаны научно-обоснованные нормативы расхода древесины хвойных и лиственных пород в производстве пиломатериалов с использованием ленточнопильного оборудования. Рассмотрены вопросы нормирования расхода сырья в производстве трехслойного клееного бруса и столярных изделий.

Пиловочные бревна, оборудование, пиломатериалы, клееный брус, нормативы.

Scientifically based wood consumption specifications in timber production using horizontal band mill. Some problems of wood expenditure normalization in joiner's wares have been discussed in this article.

Logs, equipment, saw-timbers, glued squared beam, norms.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТЕРМІЧНОГО МОДИФІКУВАННЯ ДЕРЕВИНИ

О.Ю. Горбачова, здобувач

Проаналізовано технології виготовлення термомодифікованої деревини. Наведено її переваги перед звичайною деревиною.

Деревина, термічна модифікація, технологія

Постановка проблеми. Деревина завжди була одним з найбільш поширених будівельних матеріалів. Це доступний, швидковідновлювальний, легкий і простий в обробленні матеріал. Спочатку використовувались круглі матеріали малого діаметру, але з часом пиломатеріали у вигляді дошок і брусів витіснили круглу деревину за рахунок своєї практичності.

Протягом століть деревина в будівництві використовувалась для створення фундаментів, зовнішніх та внутрішніх стін, покриттів для підлоги, несучих конструкції, виробництва вікон, дверей, меблів тощо. Однак в останні десятиліття відбулися значні зміни на ринку будівельних матеріалів, внаслідок яких деревина втрачає свою частку не витримуючи конкуренції альтернативних недеревних і деревно-композиційних матеріалів.

В будівництві в основному застосовують хвойні породи деревини, а у виготовленні меблів – твердолистяні породи. Вже зафіксовано дефіцит останніх, оскільки вони поновлюються в 7-10 разів повільніше, ніж малоцінні м'які породи і, як наслідок, зростає їх вартість. З метою покращення фізико-механічних властивостей м'яких порід розроблена нова технологія модифікування деревини в спеціальних камерах за певних температурних режимів. Ззовні оброблена деревина практично не відрізняється від цінних порід, крім того підвищуються її твердість, водостійкість, хімічна і біологічна стійкість. Нова технологія дозволила отримати принципово новий вид композиційного матеріалу - термічно модифіковану деревину[1].

Мета досліджень – проаналізувати існуючі технології термічного модифікування деревини.

Результати досліджень. Дослідження і оптимізація термічного модифікування деревини відбувалося в різних країнах протягом тривалого часу. Так, Alfred J.Stamm вперше у 1946 році спробував підвищити стійкість деревини до дереворуйнівних грибків

© О.Ю. Горбачова, 2013

при обробці в розчині гарячого металу [2]. Вуро (1954-1955pp.) вивчав термооброблення деревини в різних газових середовищах. Інші особливості термічної модифікації деревини досліджувались довгий час і інтерес переважно зосереджувався на особливостях технологій сушіння (Schneider 1973p.); зміні хімічної структури деревини після оброблення при високих температурах (Sandermann і Augustin 1963; Kollmann і Fengel 1965; Topf 1971; Tjeerdsma 1998; Д.Н. Лекторський, А.А. Берлин, В.Г. Матвеев); збільшенні стабільності геометричних розмірів (Kollmann і Schneider 1963, П.С. Серговський, Л.О. Лепарський, Н.Я. Солечник, В.С. Чудінов, Ю.М.Губер) і міцності матеріалу (Schneider 1971, Rusche 1973, а також Е. Fruhwald, S. Poncsak, Е. Giebelер, Jun Li Shi). У 1973 році Burmester виявив покращення характеристик деревини після її термічного оброблення під тиском. Далі цей процес досліджував Giebelер (1983p.). V. Möttönen, М. Bäckström, Т. Kärki вивчали жолоблення термічно модифікованої деревини. М. Н. Akyildiz і S. Ates розглядали вплив високих температур на вологовміст деяких порід деревини [3, 4, 5].

Це стало основою для сучасних досліджень, які проводилися в Фінляндії, Франції, Італії, Нідерландах, Росії. Особливістю фінської технології Thermowood є те, що термічна модифікація виконується в захисному середовищі водяної пари при температурах 185-212°C. Голандська технологія Plato базується на циклічному термічному гідролізі деревини при температурах 160-190°C. Французька технологія Retification забезпечує термічну модифікацію деревини при температурі 220-250°C в середовищі ненасиченої водяної пари. Німецька технологія заснована на сушінні деревини в рідких органічних речовинах при чотирьох температурних режимах. Як захисне середовище використовують рослинні олії (лляна, соняшникова, ріпакова). Технологія фірми Vacuum Plus передбачає оброблення деревини в вакуумі при температурі 160-210°C. Основою російської технології фірми BIKOS-TMT є сушіння деревини при надлишковому тиску в захисному паровому середовищі при температурах 180-220°C [6].

Незважаючи на різноманітність температурних режимів і умов зовнішнього середовища суть технології базується на трьох кроках – сушінні, термообробленні і охолодженні [7]. Сушіння – найбільш тривалий етап теплового оброблення деревини – за допомогою пари і тепла температура в камері піднімається до 130°C і вологість в деревині наближується до нуля. Під час термооброблення – температура в середині піднімається до 180-240°C, в середовищі майже насиченої пари, яка запобігає горінню деревини і впливає на зміни її хімічних властивостей; тривалість даного етапу 2-3 години.

Протягом охолодження – температура понижується до 80-90°C, деревина знову зволожується для досягнення кінцевого рівня вологи 4-7%; тривалість цього етапу залежить від температури оброблення, сорту деревини і займає 5-15 годин.

В результаті встановлено, що при дії на деревину температури 180-250°C і певних умов середовища утворюється новий високотехнологічний продукт – термічно модифікована деревина – ТМД (Thermally Modified Timber).

Це натуральний, екологічно чистий матеріал, який володіє рядом унікальних властивостей в порівнянні зі звичайною чи будівельною деревиною [8]. Так, термічне оброблення деревини зменшує рівноважну вологість на 40-50 % в порівнянні з необробленою і для термодеревини вона становить $W=3-5\%$; спостерігається в 15-25 разів збільшення біологічної довговічності внаслідок розкладання геміцелюлози при високих температурах без введення хімічних захисних речовин. За рахунок деполімеризації целюлози довжина її ланцюгів зменшується, тому показники стійкості ТМД до перепаду температури і вологості збільшується в 10-15 разів. Отже, вона не всихає і не розбухає.

Вплив високих температур призводить до змін в структурі деревини, які супроводжуються рівномірною по всьому перерізу зміною кольору, чим досягається ефект цінних порід. Таким чином можна отримувати будь-які відтінки від світло-жовтого до чорного. Відомо, що гігроскопічність ТМД в 3-5 разів є меншою і теплопровідність також менша на 20-25% порівняно з необробленою деревиною. Після термічного оброблення знижується вміст смоли в хвойних породах деревини; частково підвищується еластичність, твердість вогнестійкість деревини.

На властивості ТМД впливає температура оброблення. В табл. 1 наведено характеристики та область застосування термодеревини.

1. Характеристики та область застосування термодеревини [6].

Зміни властивості деревини після термомодифікації	Листяні породи		Хвойні породи	
	Температура модифікування, °C			
	185-200	200-220	190-200	212-230
1	2	3	4	5
Стійкість до зміни параметрів оточуючого середовища	+	+	+	+
Біостійкість	++	++	++	++
Зниження теплопровідності	+	++	+	++
Підвищення стабільності геометричних розмірів	+	+	+	++

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5
Зниження рівноважної вологості	+	++	+	++
Зменшення маси	+	++	+	++
Зафарбовування	+	++	+	++
Міцність на згин	без змін	—	без змін	—
Область застосування	Внутріш-не оснащення приміщень Виготовле ння кімнатних і садових меблів, підлоговог о покриття кімнат і бань, клеєних щитів	Внутрішнє і зовнішнє оснащення приміщень, саун Виготовле ння кімнатних і садових меблів, підлоговог о покриття кімнат і бань, клеєних щитів	Внутрішнє оснащення приміщень Виготовлен ня конструкційн их матеріалів, кімнатних і садових меблів, покриття підлоги, вікон і дверей, клеєних щитів	Зовнішнє оснащенн я приміщен ь, саун і ванних кімнат Виготовл ення терас, причалів, садово- паркових конструкц ій, зовнішніх вікон і дверей, покриття підлоги, меблів

++ значне підвищення, + підвищення, — пониження

Відповідно з європейським стандартом EN 335-1-2006 [9], що регламентує міцність деревини і виробів з неї, можна виділити три класи термодеревини (табл. 2).

2. Характеристика класів термодеревини.

Показник	Класи термодеревини		
	1	2	3
Температура оброблення, °C	190	210	230
Зміни властивостей деревини	Без змін	Підвищення стійкості матеріалу до загнивання, зниження еластичності деревини	Високі показники стійкості до загнивання
Область застосування	Аналогічна необробленій деревині	Від пиломатеріалів до малих архітектурних форм, вікон і дверей, меблів для саду і дому	Виготовлення вікон і дверей, зовнішнього облаштування стін і вуличних настилів

Видно, що чим вища температура оброблення деревини, тим меншою густиною і міцністю володітиме матеріал, а термін експлуатації його збільшується.

Асоціація Thermowood класифікує термічно оброблену деревину тільки на два класи – Thermo S (stability – стабільність) і Thermo D (durability – міцність). В табл. 3 порівняно властивості термообробленої і необробленої сосни.

3. Порівняльна характеристика фізико-механічних властивостей термомодифікованої і необробленої сосни [10].

Характеристика	Thermo S до 185 °C	Thermo D до 230 °C	Необроблена сосна
Густина, кг/м ³	540-560	510-530	470-540
Міцність на згин, МПа	100-105	90-95	70-92
Модуль еластичності, МПа	14000-14500	13200-13500	8000-13000
Твердість за Брінелем, МПа	1,6-1,65	1,65-1,7	1,6
Паропроникність (за EN 927-4)	5-7%	5-7%	24-28%
Теплопровідність, Вт/мК	0,09-0,11	0,09-0,11	0,15-0,19

Міцність деревини тісно пов'язана з її щільністю. Термообробка деревини зменшує її густину на 5-10% і, як наслідок, зменшуються показники міцності.

Серед деревних порід в Україні береза, осика, липа, тополя та інші м'яколистяні породи займають 10%. Враховуючи непривабливість зовнішнього вигляду можливості застосування таких порід як береза, осика, липа недооцінені деревообробниками. Традиційно у вітчизняних споживачів ці породи асоціюються з фанерою чи дровами. Термічна модифікація деревини порід з непривабливою текстурою покращує їх зовнішній вигляд і деякі фізико-механічні властивості, що дозволяє розширити сферу застосування цих порід.

Висновки

1. Проаналізовано результати досліджень властивостей модифікованої деревини. Виявлено, що на зміну фізико-механічних властивостей деревини впливають режими і умови оброблення.

2. Схема процесу модифікації деревини високими температурами базується на трьох етапах і всі існуючі технології відрізняються тільки температурними режимами. Розглянувши основні технології термооброблення деревини потрібно відмітити, що за різних температур модифікування властивості деревини змінюються по-різному. Тому у виборі раціональної технології потрібно орієнтуватися на ті властивості, яких потрібно досягнути в першу чергу.

3. Термодерешина в порівнянні з необробленою деревиною володіє кращими властивостями – підвищеною гігроскопічністю, біологічною стійкістю, еластичністю, стабільністю геометричних розмірів, дещо більшою твердістю. За рахунок цього стає можливим розширити сферу застосування деревини м'яколистяних порід.

Список літератури

1. Термообработанная древесина WEST-WOOD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.west-wood.ru
2. Stamm AJ, Burr HK, Kline AA (1946). Heat stabilized wood (staybwood). Rep. Nr. R. 1621. Ma
3. Andreas O. Rapp, Michael Sailer. Heat treatment of wood in Germany-state of the art. Bundesforschungsanstalt f?r Forst- und Holzwirtschaft Hamburg, Germany
4. Владимірова Е.Г. Автореферат диссертации «Технология производства заготовок из термически модифицированной древесины», М.: – 2012г.
5. Ю.М. Губер, М.М. Ільків, В.М. Мицко / Експериментальне дослідження розбухання термодерешини бука // Науковий вісник НЛТУ України, Львів. – 2012. – Вип.22.13
6. Террасная доска Woodplast [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.woodplast.ua
7. Termo wood [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.termo-wood.ru
8. Термомодифицированная древесина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.termo-drevesina.ru
9. EN 335-1-2006 "Прочность древесины и деревянных изделий. Определение классов. Часть 1. Общие положения"
10. Уралдрев СК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.uraldrev.ru

Проанализированы технологии изготовления термомодифицированной древесины. Приведены ее преимущества перед обычной древесиной.

Древесина, термическая модификация, технология

Analysis the technology of thermal modification of wood are given. Presented its advantages over conventional wood.

Wood, thermal modification, technology

УДК 674.815:631.572

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СКЛАДУ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ІЗ СТЕБЕЛ РІПАКУ І ПШЕНИЧНО-ЖИТНЬОЇ СОЛОМИ

***М.М. Копанський, О.О. Шепелюк, кандидати технічних наук
Національний лісотехнічний університет України***

© М.М. Копанський, О.О. Шепелюк, 2013

3. Термодерешина в порівнянні з необробленою деревиною володіє кращими властивостями – підвищеною гігроскопічністю, біологічною стійкістю, еластичністю, стабільністю геометричних розмірів, дещо більшою твердістю. За рахунок цього стає можливим розширити сферу застосування деревини м'яколистяних порід.

Список літератури

1. Термообработанная древесина WEST-WOOD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.west-wood.ru
2. Stamm AJ, Burr HK, Kline AA (1946). Heat stabilized wood (staybwood). Rep. Nr. R. 1621. Ma
3. Andreas O. Rapp, Michael Sailer. Heat treatment of wood in Germany-state of the art. Bundesforschungsanstalt f?r Forst- und Holzwirtschaft Hamburg, Germany
4. Владимірова Е.Г. Автореферат диссертации «Технология производства заготовок из термически модифицированной древесины», М.: – 2012г.
5. Ю.М. Губер, М.М. Ільків, В.М. Мицко / Експериментальне дослідження розбухання термодерешини бука // Науковий вісник НЛТУ України, Львів. – 2012. – Вип.22.13
6. Террасная доска Woodplast [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.woodplast.ua
7. Termo wood [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.termo-wood.ru
8. Термомодифицированная древесина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.termo-drevesina.ru
9. EN 335-1-2006 "Прочность древесины и деревянных изделий. Определение классов. Часть 1. Общие положения"
10. Уралдрев СК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.uraldrev.ru

Проанализированы технологии изготовления термомодифицированной древесины. Приведены ее преимущества перед обычной древесиной.

Древесина, термическая модификация, технология

Analysis the technology of thermal modification of wood are given. Presented its advantages over conventional wood.

Wood, thermal modification, technology

УДК 674.815:631.572

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СКЛАДУ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ІЗ СТЕБЕЛ РІПАКУ І ПШЕНИЧНО-ЖИТНЬОЇ СОЛОМИ

***М.М. Копанський, О.О. Шепелюк, кандидати технічних наук
Національний лісотехнічний університет України***

© М.М. Копанський, О.О. Шепелюк, 2013

Проаналізовано компонентний склад, будову і властивості рослинної сировини на основі стебел ріпаку, пшенично-житньої соломи з точки зору перспективності їх використання у виробництві стружкових плит та інших деревиннокомпозиційних матеріалів.

Деревиннокомпозиційні матеріали, стружкові плити, рослинна сировина, хімічний склад, структура, пшенично-житня солома, стебла ріпаку.

Постановка проблеми. На сьогодні у багатьох країнах світу для виготовлення стружкових плит та інших деревиннокомпозиційних матеріалів традиційною сировиною була і залишається деревина. Швидкість глобального вирубування лісів і його шкідливий вплив на довкілля змушує виробників цих видів продукції вести пошук альтернативних джерел сировини. Переважно це лігноцелюозна сировина сільськогосподарського виробництва, зокрема солома. Середня ринкова ціна соломи в кілька разів менша, ніж деревини. У разі застосування цієї сировини значно зменшуються енергетичні та фінансові затрати на її подрібнювання та сушіння. Крім цього, вона належить до швидковідновних джерел сировини. За останні роки в багатьох країнах світу злакова солома стала основною недеревинною сировиною, яку використовували для виготовлення деревинних плит. Злакову солому вважають найпридатнішим сільськогосподарським продуктом для виготовлення деревинних композитів.

Одним із головних чинників які перешкоджають використанню соломи як сировини для виробництва деревинних плит, є наявність воску з досить складним хімічним складом, який у соломі не розпорошений у всій її масі, як це має місце у деревині, а знаходиться практично повністю на поверхні стебла. Утворення такого антиадгезійного шару на поверхні частинок соломи перешкоджає змочуванню поверхні частинок і погіршує склеювання. Однак привабливість солом'яної сировини змушує шукати шляхи, які дали б змогу застосовувати її у виробництві деревиннокомпозиційних матеріалів. Запропоновано різні методи хімічного оброблення поверхні частинок соломи. Відомий спосіб отримання плит з рослинної сировини, обробленої аміаком, яка перед цим обробляється водяною парою за температури 140-200°C з подальшим формуванням і гарячим пресуванням. Недоліком цього способу є складність технології та токсичність аміаку.

Хімічний склад соломи залежить від виду рослин, клімату, способів збирання і зберігання. Використовують пшеничну солому з таким осередненим вмістом основних компонентів від абсолютно

сухої сировини: 46,2 % целюлози, 18,6 % лігніну, 25,2 % пентозанів, 6,6 % золи, 5,2 % смол, жирів та восків. За хімічним складом солома має порівняно з деревиною дещо менший вміст лігніну та більший вміст полісахаридів-геміцелюлоз, екстрактивних і мінеральних речовин.

Поряд із використанням соломи, одним із перспективних видів рослинної сировини для виготовлення деревиннокомпозиційних матеріалів є стебла ріпаку. Ріпак – надзвичайно цінна кормова культура, але він також може бути і одним з елементів сировинної бази у виробництві вказаних матеріалів. Проведений аналіз останніх досліджень з використання відходів сільськогосподарського виробництва для виготовлення продукції целюлозно-паперового виробництва та виробництва ДКМ дає підстави зробити висновок про те, що, окрім пшеничної та житньої соломи, є доцільним використання з цією метою і стебел ріпаку. Із соломи ріпаку (2-6 тонн з гектара) можна виготовляти папір, целюлозу, картон. З одного гектара ріпакового поля можна виготовити до 2 т паперу. Такі технології успішно застосовуються у Великобританії, Угорщині, Іспанії, Португалії. Із недеревної сировини у світі виробляють вже близько 10% целюлози.

Ріпак – друга в Україні олійна культура за площею посіву та валовим виробництвом. Вирощуванням культури зайнято більш ніж 3000 сільськогосподарських підприємств. Середня урожайність озимого ріпаку 2008 році становила 20,8 ц/га, у 2009 18,7 ц/га, у 2010 17,5 ц/га. Під урожай у 2012 році засіяно озимим ріпаком 1033,8000 га. Ґрунтово-кліматичні умови України сприятливі для нормального росту та розвитку рослин ріпаку як озимого, так і ярого та відповідають його біологічним вимогам.

За хімічним складом ріпакова солома подібна до пшеничної, але має низку особливостей (табл. 1).

1. Компонентний склад різних видів рослинної та деревинної сировини, %.

Матеріал	Целюлоза	Лігнін	Пентозани	Смоли, жири, віск	Зола
Солома пшенична	44,3	16,5	26,7	5,22	6,65
Солома житня	45,2	19,3	26,2	5,86	4,63
Солома ріпакова	39,3	18,5	20,2	3,12	10,9
Тирса	46,1	28,5	10,7	2,93	0,18

Варто зазначити, що стебла ріпаку відрізняються від соломи різних злаків підвищеною товщиною і жорсткістю, через що не набули застосування для традиційних сільськогосподарських потреб.

На відмінну від пустотілих стебел жита, осьовий канал стебел ріпаку заповнений пористою білою паренхімною тканиною. Форма її комірок на поперечних розрізах близька до гексагональної, а поперечні розміри комірок не дуже перевищують поздовжні. Комірчаста структура паренхімної тканини за формою та розмірами комірок відрізняється від стінки стебла, що дає змогу легко визначити межі між цими компонентами. У стінці стебла ріпаку капіляри вужчі ніж у соломі, їх діаметр не перевищує 50 мкм, з перевагою розмірів 20 мкм, а це – менше ніж у периферійному шарі стебел жита.

Пшенично-житня солома характеризується більшою однорідністю за довжиною стебла. Найбільш однорідною сировиною є житня сировина. Об'єм її осьового каналу складає більшу частину від об'єму стебла, його діаметр практично однаковий по всій довжині. У ріпаку, залежно від ділянки стебла (прикореневої, центральної, верхівки) об'єм осьового каналу становить 38,0-54,0% від загального об'єму стебла, щільність паренхімної тканини, яка заповнює осьовий канал надзвичайно мала. Внутрішня паренхімна структура стебла ріпаку характерна надзвичайно високою пористістю. Склад пентозанів у паренхімній тканині ріпаку, становить відповідно 15,3-17,3%. Стебла ріпаку за загальними показниками пористості лиш незначно поступаються соломі [1].

Отже, наведений порівняльний аналіз складу стебла ріпаку та пшенично-житньої соломи та їх деяких властивостей дає змогу зробити такі висновки:

1. Тканина стебла ріпаку має щільнішу і твердішу структуру порівняно із соломою.

2. За видом компонентів та їх кількісним складом стебла ріпаку близькі до житньо-пшеничної соломи.

3. На відмінну від соломи, стебла ріпаку містять незначну кількість воскових речовин.

4. Внутрішня паренхімна тканина стебла ріпаку має надзвичайно високу пористість (є природним пінопластом).

5. Близькість за складом та властивостями стебел ріпаку, пшенично- житньої соломи та деревини підтверджує доцільність використання стебел як сировини для виготовлення деревиннокомпозиційних матеріалів.

6. Підвищений вміст мінеральних речовин у стеблах ріпаку матиме позитивний вплив на адгезію з мінеральними в'язучими.

7. Прогнозується, що низький вміст воскових речовин у стеблах ріпаку позитивно вплине на ступінь взаємозв'язку подрібнених частинок із в'язким, тобто адгезія збільшиться.

8. Наявність високопористої внутрішньої паренхімної тканин у стеблах ріпаку робить можливим його використання для виготовлення теплоізоляційних деревиннокомпозиційних матеріалів.

Список літератури

1. Торгашов В.И. Сравнительное исследование условий выделения, морфологии и свойств целлюлозы из стеблей злаковых и масличных культур. / Е.В. Герт, О.В. Зубец, Ф.Н. Капуцкий // Химия растительного сырья. – Минск. – 2009. – №4.

Проанализированы компонентный состав, строение и свойства растительного сырья на основе стеблей рапса, пшенично-ржаной соломы с точки зрения перспективности их использования в производстве стружечных плит и других древеснокомпозиционных материалов.

Древеснокомпозиционные материалы, стружечные плиты, растительное сырье, химический состав, структура, пшенично-ржаная солома, стебли рапса.

The chemical composition, structure and properties of plant based raw materials such as stalks of rape, wheat and rye straw have been analysed from the viewpoint of their future use in the manufacture of particle boards and other wood-based composite materials.

Wood-based composite materials, particle board, plant based raw materials, chemical composition, structure, wheat and rye straw, stalks of rape.

УДК 674.047

ВОЛОГОПРОВІДНІСТЬ ДЕРЕВИНИ ВЗДОВЖ ВОЛОКОН

В.С. Коваль, кандидат технічних наук

Т.В. Коваль, кандидат фізико-математичних наук

Проведені експериментальні дослідження коефіцієнтів вологопровідності деревини сосни, бука і дуба вздовж волокон.

Виявлені основні фактори, що впливають на коефіцієнт волог провідності вздовж волокон.

© В.С. Коваль, Т.В. Коваль, 2013

7. Прогнозується, що низький вміст воскових речовин у стеблах ріпаку позитивно вплине на ступінь взаємозв'язку подрібнених частинок із в'язким, тобто адгезія збільшиться.

8. Наявність високопористої внутрішньої паренхімної тканин у стеблах ріпаку робить можливим його використання для виготовлення теплоізоляційних деревиннокомпозиційних матеріалів.

Список літератури

1. Торгашов В.И. Сравнительное исследование условий выделения, морфологии и свойств целлюлозы из стеблей злаковых и масличных культур. / Е.В. Герт, О.В. Зубец, Ф.Н. Капуцкий // Химия растительного сырья. – Минск. – 2009. – №4.

Проанализированы компонентный состав, строение и свойства растительного сырья на основе стеблей рапса, пшенично-ржаной соломы с точки зрения перспективности их использования в производстве стружечных плит и других древеснокомпозиционных материалов.

Древеснокомпозиционные материалы, стружечные плиты, растительное сырье, химический состав, структура, пшенично-ржаная солома, стебли рапса.

The chemical composition, structure and properties of plant based raw materials such as stalks of rape, wheat and rye straw have been analysed from the viewpoint of their future use in the manufacture of particle boards and other wood-based composite materials.

Wood-based composite materials, particle board, plant based raw materials, chemical composition, structure, wheat and rye straw, stalks of rape.

УДК 674.047

ВОЛОГОПРОВІДНІСТЬ ДЕРЕВИНИ ВЗДОВЖ ВОЛОКОН

В.С. Коваль, кандидат технічних наук

Т.В. Коваль, кандидат фізико-математичних наук

Проведені експериментальні дослідження коефіцієнтів вологопровідності деревини сосни, бука і дуба вздовж волокон.

Виявлені основні фактори, що впливають на коефіцієнт волог провідності вздовж волокон.

© В.С. Коваль, Т.В. Коваль, 2013

Деревина, фізичні характеристики, анатомічна будова, механізм переносу вологи, коефіцієнт вологопровідності, повздовжній рух вологи,

Одна з найважливіших фізичних характеристик деревини, що дає можливість розраховувати процеси сушіння та зволоження деревини – коефіцієнт вологопровідності деревини. На даний час основну увагу було приділено визначенню коефіцієнтів вологопровідності деревини поперек волокон, так як ними, як правило, визначається тривалість виробничих процесів сушіння деревини, а визначення коефіцієнтів вологопровідності деревини вздовж волокон, крім чисто наукового інтересу, диктується необхідністю вирішення деяких спеціальних задач, пов'язаних з дослідженням процесів сушіння торцевої зони пиломатеріалів, впливу поздовжнього току вологи на тривалість сушіння коротких заготовок та інш.

На основі попередніх досліджень [1] середній коефіцієнт вологопровідності деревини вздовж волокон можливо визначити з співвідношення $a_{\text{поз}} = 15a_{\text{танг}}$. Однак, воно не дає можливість оцінити вплив на коефіцієнт вологопровідності деревини вздовж волокон таких важливих факторів як вологість, щільність, температура деревини. Тому **метою даного дослідження** було визначення коефіцієнтів вологопровідності вздовж волокон та оцінка впливу на його величину основних факторів.

Методика досліджень. Основними методами визначення коефіцієнтів волого провідності є метод стаціонарного та нестаціонарного току вологи, метод дослідного сушіння та контактного зволоження зразків.

Перші два методи дають можливість отримувати значення коефіцієнтів залежно від вологості деревини, в останніх - середні значення коефіцієнта волого провідності в певному діапазоні вологості.

Одним з самих простих і надійних методів визначення коефіцієнтів волого провідності є метод стаціонарного току вологи [2,3,4].

Суть цього методу наступна. Зразок деревини у вигляді циліндра з ізольованою бічною поверхнею закріплюється на стаканчику, заповненому водою, поміщується в герметичний посуд в якому підтримується задана температура та відносна вологість повітря. Наявність постійної різниці пружності водяної пари на протилежних поверхнях зразка приводить до встановлення току вологи у зразку. При досягненні постійної кількості вологи, що проходить через зразок (стаціонарний стан), зразок розрізують на

шари перпендикулярні потоку вологи та визначають їх вологість. За цими даними будують криву розподілення вологи за довжиною зразка, графічне диференціювання котрої дає змогу визначити коефіцієнт вологопровідності в різних перетинах зразка за рівнянням:

$$\frac{dM}{dz} = -a' F \frac{du}{dx},$$

де $\frac{dM}{dz}$ – швидкість току вологи через зразок; $\frac{du}{dx}$ – градієнт вологості;

F – площа перетину зразка.

Результати досліджень з визначення коефіцієнтів волого провідності деревини вздовж волокон проводились на зразках деревини трьох порід – сосни, бука і дуба при температурах 20,50,70°C.

Зразки циліндричної форми діаметром 45-50 мм, довжиною 100 мм виточували з заготовок, що були висушені в атмосферних умовах. На бічну поверхню зразків наносили багатошарове покриття з шеллака, станіоля, гуми. Підготовлені таким чином зразки розміщували в ексикаторі з сірчаною кислотою, в якому повітря перемішувалось за допомогою вентилятора, розміщеного в ексикаторі. В кожній серії дослідів спостереження вели за 10 зразками деревини певної породи, тому наведені в таблиці величини коефіцієнтів вологопровідності є середні значенні з десяти вимірів, при цьому точність отриманих даних знаходиться в межах 2-4%.

Отримані величини коефіцієнтів вологопровідності деревини вздовж волокон та їх залежність від вологості і температури порівняно з аналогічними відомими даними в напрямку поперек волокон. Характер зміни коефіцієнтів вологопровідності залежно від перелічених факторів визначається формою зв'язку вологи з матеріалом та механізмом переносу вологи в ньому.

Відомо, що волога в деревині переміщується двома системами - макро-і мікрокапілярів [5]. Аналіз будови деревини дає можливість передбачити, що в поздовжньому напрямку волога переміщується, головним чином, системою макрокапілярів і, в основному, у вигляді пари. Це вносить особливості в закономірності руху вологи в деревині в поздовжньому напрямку, а значить і впливу факторів на коефіцієнт вологопровідності.

За результатами експериментів, проведених при різних температурах, побудовані залежності коефіцієнта волого провідності вздовж волокон від вологості (рис. 1).

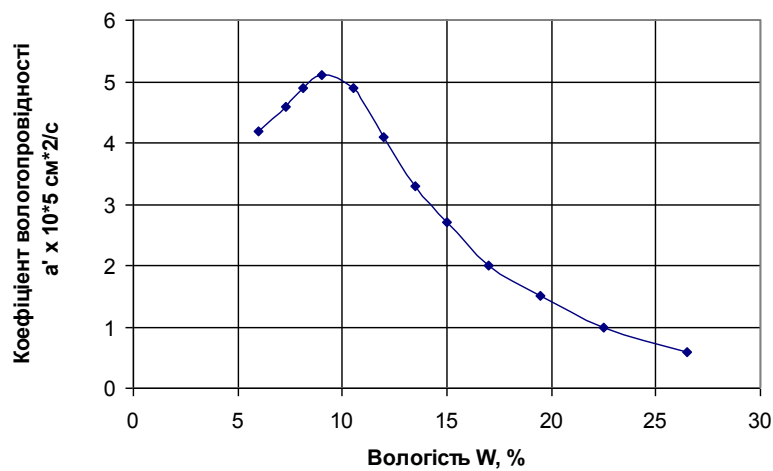


Рис. 1. Залежність коефіцієнта волого провідності вздовж волокон від вологості деревини (сосна, ядро, базова густина 340 кг/м^3 , температура 20°C).

З рис. 1 видно, що із збільшенням вологості деревини до 9-10% коефіцієнт вологопровідності незначно зростає за рахунок підвищення вологопереносу за другою системою вологопровідних шляхів при збільшенні розмірів макрокапілярів та міжміцелярних проміжків. Але, так як процес, в основному, визначається ефективністю першої системи вологопровідних шляхів (системи макрокапілярів), то незважаючи на збільшення потоку води другою системою при підвищенні вологості деревини, ефективність першої системи вологопровідних шляхів знижується, що можна пояснити зменшенням діаметра отвору (пори) в з'єднаннях судин і клітин. В кінцевому результаті це призводить до зниження коефіцієнта волого провідності в поздовжньому напрямку при збільшенні вологості деревини.

Аналогічно змінюється коефіцієнт вологопровідності в напрямку поперек волокон залежно від вологості, з тією лише різницею, що за різкої різниці ефективності першої та другої систем вологопровідних шляхів в поздовжньому напрямку мінливість коефіцієнта вологопровідності вздовж волокон значно вище, ніж поперек волокон. Переміщення максимуму кривих коефіцієнтів вологопровідності в бік меншої вологості в досліді з поздовжнім током води свідчить про переважне перенесення води в пароподібному стані в діапазоні вологості від 10% до вологості межі гігроскопічності.

Математична обробка кривих залежності коефіцієнта вологопровідності вздовж волокон від вологості матеріалу показує, що криві відповідають рівнянню типу $a_{\text{позд}} = b \exp cW$, де b і c – постійні коефіцієнти.

1. Коефіцієнти вологопровідності деревини вздовж волокон.

Порода деревини	Воло -гість W, %	Температура 20°С				Воло- гість W, %	Температура 50°С				Воло -гість W, %	Температура 70°С			
		а' танг10 6	а' позд10 5	а' позд а' танг	а' танг10 6		а' позд10 5	а' позд а' танг	а' танг10 6	а' позд10 5		а' позд а' танг	а' танг10 6	а' позд10 5	а' позд а' танг
Сосна (ядро), базова густина 340 кг/м ³	10	3,36	5,30	15,7	10	8,3	30,0	36,1	10	15	95	64			
	15	4,30	2,75	6,4	15	10,4	15,9	15,2	15	19	51	26,8			
	20	5,40	1,95	3,6	20	12,1	8,6	7,1	20	24	27,5	11,4			
	25	4,98	1,20	2,4	25	12,1	4,7	3,9	24	24	17	7,1			
	30	3,86	0,46	1,2	28	11,4	3,3	2,9	-	-	-	-			
Бук базова густина 495 кг/м ³	10	1,26	2,60	20,6	10	3,48	14,5	42	10	7,1	46	65			
	15	1,44	1,30	9,1	15	3,96	7,2	18,2	15	8,1	23	28,4			
	20	1,73	0,72	4,1	20	4,75	4,0	8,4	20	9,7	13	13,5			
	25	1,80	0,38	2,1	25	4,90	2,2	4,5	24	10,1	7,9	7,8			
	30	1,80	0,22	1,2	28	4,90	1,5	3,1	-	-	-	-			
Дуб базова густина 650 кг/м ³	10	0,36	1,15	31,6	10	1,0	6,6	66	10	1,76	19,5	110			
	15	0,43	0,62	14,6	15	1,1	3,5	30,6	15	2,1	10,5	50			
	20	0,49	0,38	6,7	20	1,3	1,9	14,6	20	2,37	5,0	23,6			
	25	0,50	0,18	3,6	25	1,3	1,05	8,0	24	2,48	3,4	13,7			
	30	0,48	0,10	2,1	28	1,4	0,73	5,4	-	-	-	-			

При збільшенні температури деревини коефіцієнт вологопровідності вздовж волокон різко зростає, що пояснюється зростанням коефіцієнту дифузії пари та зменшенням в'язкості рідини. На рис. 2 зображені графіки залежності коефіцієнта вологопровідності деревини вздовж волокон від температури для трьох порід при вологості деревини 10%.

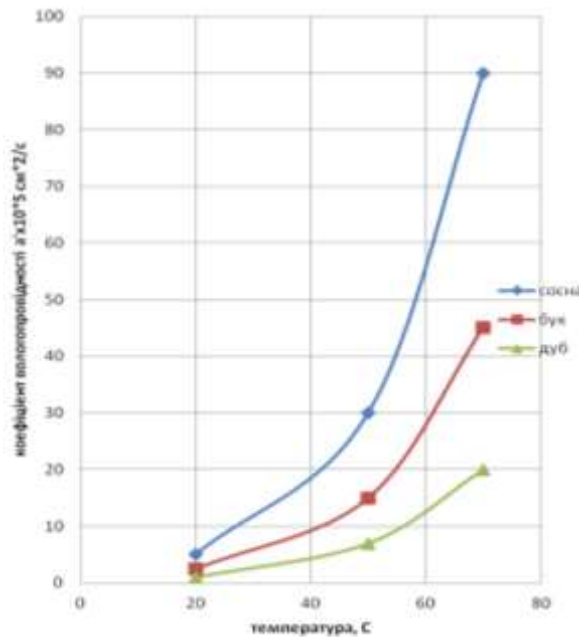


Рис. 2. Залежність коефіцієнта вологопровідності вздовж волокон від температури.

Зображені криві описуються рівнянням:

$$a'_{\text{позд}} = bT^{18}$$

В результаті математичної обробки експериментального матеріалу отримані рівняння з визначення коефіцієнтів вологопровідності вздовж волокон деревини бука, ядра сосни і дуба залежно від температури і вологості матеріалу

$$a'_{\text{позд}} = 0,345 \cdot 10^{-48} T^{18} \exp(-0,122W)$$

$$a'_{\text{позд}} = 0,694 \cdot 10^{-48} T^{18} \exp(-0,122W)$$

$$a'_{\text{позд}} = 0,153 \cdot 10^{-48} T^{18} \exp(-0,122W)$$

Коефіцієнти вологопровідності вздовж волокон отримані нами, а також коефіцієнти вологопровідності в тангенціальному напрямку наведені в таблиці, з даних якої видно, що із зниженням вологості деревини та з підвищенням температури відношення $\frac{a'_{\text{позд}}}{a'_{\text{танг}}}$

збільшується. При цьому у деревини дуба це співвідношення більше, ніж у деревини сосни і бука, що можливо пояснити впливом судин на збільшення коефіцієнта волого провідності деревини дуба

вздовж волокон, так як цей анатомічний елемент найбільш розвинений в деревині дуба.

Для практичного застосування за наведеними рівняннями побудовані номограми (рис. 3), які дозволяють врахувати коефіцієнти вологопровідності вздовж волокон деревини бука дуба і сосни певної щільності залежно від вологості та температури деревини.

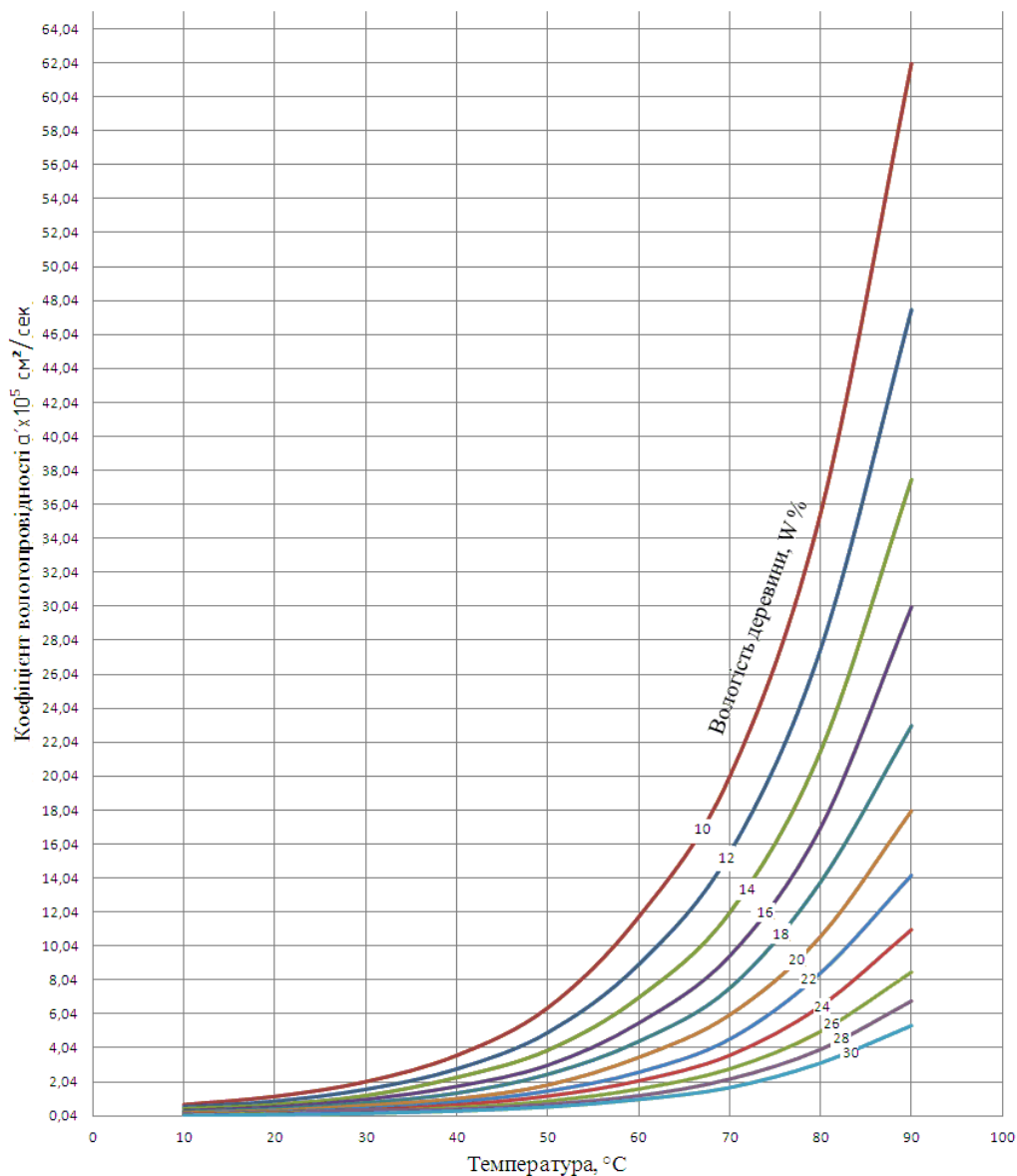


Рис. 3. Номограма значень коефіцієнта вологопровідності деревини дуба вздовж волокон (ядро, базова густина 650 кг/м^3).

Наведені рівняння та номограми отримані для досліджуваної щільності, яка може значно відрізнятись від середньої щільності деревини даної породи. З метою приведення отриманих результатів до середньої щільності деревини даної породи введена залежність коефіцієнту волого провідності від щільності деревини.

Для даних порід ця залежність має вигляд:

- для деревини ядра $a'_{\text{позд}} = c\rho^{-2,35}$;
- для деревини заболоні $a'_{\text{позд}} = b\rho^{-2,55}$.

Відповідно до цих залежностей отримані узагальнені рівняння коефіцієнтів вологопровідності вздовж волокон досліджуваних порід:

- для деревини ядра та стиглої деревини:

$$a'_{\text{позд}} = 0,62 \cdot 10^{-42} T^{18} \rho^{-2,35} \exp(-0,122W);$$

- для деревини заболоні та заболонних порід:

$$a'_{\text{позд}} = 0,255 \cdot 10^{-41} T^{18} \rho^{-2,55} \exp(-0,122W).$$

Висновки

Інтенсивність переміщення вологи в поздовжньому напрямку деревини визначається, в основному, ефективністю перенесення її системою макрокапілярів. В зв'язку з чим, на відміну від поперечного напрямку, виявлено значний вплив вологості деревини на коефіцієнт вологопровідності вздовж волокон.

Визначено співвідношення коефіцієнтів вологопровідності в поздовжньому та поперечному напрямках в діапазоні температур 20 -70 °С і вологості деревини від 10% до межі гігроскопічності.

Список літератури

1. Кречетов И.В. Сушка древесины / И.В.Кречетов. – М.: Издание «Бриз», 1997. – 496 с.
2. Серговский П.С. Влагодпроводность древесины / П.С. Серговский // Деревообрабатывающая. пром-сть, 1955. – №2. – С. 5.
3. Арциховская Н.В. Исследование влагодпроводности древесины / Н.В. Арциховская // Тр.Института леса АН СССР. – 1953, т.IX. – С. 154–158.
4. Алпаткина Р.П. О влагодпроводности древесины главнейших отечественных пород / Р.П. Серговский // Деревообработ. пром-сть. – 1967. – № 9. – С. 12–14.
5. Stamm A. Bound water diffusion into wood in across the fiber directions/ A.Stamm // Forest Prod. J. – 1960. – Vol. X. – № 10. – P. 32–35.

Проведены экспериментальные исследования коэффициентов влагодпроводности древесины сосны, бука и дуба вдоль волокон. Выявлены основные факторы, влияющие на коэффициент влагодпроводности вдоль волокон.

Древесина, физические характеристики, анатомическое строение, механизм переноса влаги, коэффициент влагодпроводности, продольный поток влаги.

Experimental study of hydraulic conductivity coefficient of pine, beech and oak wood along the grain. The main factors affecting the coefficient of hydraulic conductivity along the fibers.

Wood, physical characteristics, anatomy, mechanism of moisture transport, the coefficient of hydraulic conductivity, the longitudinal flow of moisture.

УДК 674.09:674.093

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РОЗКРОЮ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ З ВРАХУВАННЯМ РОЗМІРНО-ЯКІСНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ

***В.С. Коваль, кандидат технічних наук
С.М. Мазурчук, здобувач***

Проаналізовано попередні дослідження процесів розкрою пиломатеріалів на заготовки з урахуванням розмірно-якісної характеристики пиломатеріалів при їх скануванні. Показано можливість підвищення об'ємного і якісного виходу заготовок.

Специфікаційна пилопродукція, розпилювання, оптимізація, дефекти, пиломатеріал, заготовки, план-розкрою, корисний вихід

Оптимізація технології розпилювання пиломатеріалів на заготовки є одним із дійових напрямів підвищення виходу заготовок і є передумовою раціонального використання деревини. Ефективність результатів розпилювання пиломатеріалів на заготовки залежить переважно від достовірності результатів опису пиломатеріалу за якістю, формою та розмірами. Збільшення виходу заготовок із пиломатеріалів при застосуванні оптимізованих схем розкрою від аналогічних даних, отриманих при виробничих розпилюваннях в окремих випадках може становити понад 10 %, що свідчить про актуальність реалізації технології розпилювання пиломатеріалів на заготовки, яка враховує розмірно-якісну характеристику.

Оптимізація технологічного процесу розкрою пиломатеріалів на заготовки ускладнюється наявністю вад деревини та нерівномірністю її фізико-механічних властивостей. На відміну від аналогічних задач, які вирішуються для розкрою плитних матеріалів, розкрій пиломатеріалів на заготовки характеризується значною складністю та певними труднощами, що виникають під час програмної реалізації математичного опису якості сировини.

Основний внесок у розроблення класичних методів лінійного, нелінійного та динамічного програмування для оптимізації плану

© В.С. Коваль, С.М. Мазурчук, 2013

Wood, physical characteristics, anatomy, mechanism of moisture transport, the coefficient of hydraulic conductivity, the longitudinal flow of moisture.

УДК 674.09:674.093

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РОЗКРОЮ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ З ВРАХУВАННЯМ РОЗМІРНО-ЯКІСНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ

***В.С. Коваль, кандидат технічних наук
С.М. Мазурчук, здобувач***

Проаналізовано попередні дослідження процесів розкрою пиломатеріалів на заготовки з урахуванням розмірно-якісної характеристики пиломатеріалів при їх скануванні. Показано можливість підвищення об'ємного і якісного виходу заготовок.

Специфікаційна пилопродукція, розпилювання, оптимізація, дефекти, пиломатеріал, заготовки, план-розкрою, корисний вихід

Оптимізація технології розпилювання пиломатеріалів на заготовки є одним із дійових напрямів підвищення виходу заготовок і є передумовою раціонального використання деревини. Ефективність результатів розпилювання пиломатеріалів на заготовки залежить переважно від достовірності результатів опису пиломатеріалу за якістю, формою та розмірами. Збільшення виходу заготовок із пиломатеріалів при застосуванні оптимізованих схем розкрою від аналогічних даних, отриманих при виробничих розпилюваннях в окремих випадках може становити понад 10 %, що свідчить про актуальність реалізації технології розпилювання пиломатеріалів на заготовки, яка враховує розмірно-якісну характеристику.

Оптимізація технологічного процесу розкрою пиломатеріалів на заготовки ускладнюється наявністю вад деревини та нерівномірністю її фізико-механічних властивостей. На відміну від аналогічних задач, які вирішуються для розкрою плитних матеріалів, розкрій пиломатеріалів на заготовки характеризується значною складністю та певними труднощами, що виникають під час програмної реалізації математичного опису якості сировини.

Основний внесок у розроблення класичних методів лінійного, нелінійного та динамічного програмування для оптимізації плану

© В.С. Коваль, С.М. Мазурчук, 2013

розкрою промислових матеріалів на заготовки зробили такі науковці як В.А. Залгаллер [4], Р. Беллман [1,2,10,], Л.В. Канторович [5]. Запропоновані ними виробничі задачі оптимізації розкрою мають багато загальних особливостей, але деякі їх специфічні ознаки вирішуються за межами класичних математичних методів.

Значний внесок в алгоритмізацію процесів моделювання схем розкрою стосовно плитних деревних матеріалів на меблеві заготовки вніс М.Н. Феллер. У роботах [3, 7-9], де розглядаються алгоритми розміщення заготовок повздовж по ширині плити і їх розкрій, звертається увага на те, що наступний варіант розміщення заготовок повздовж базується на попередньому з деякими змінами.

Відомі роботи з моделюванням і оптимізацією процесів деревообробки Піжуріна А.А., та Розенбліта М.С [6].

Програмне забезпечення, яке дає змогу прогнозувати об'ємний вихід пилопродукції, складати план розпилювання сировини і, у разі необхідності, коригувати його, розроблені в різних середовищах програмування. Найбільшу увагу в цих роботах приділено планам-розкрою круглого лісу. А задачам оптимізації випилювання заготовок із пиломатеріалів на даний час приділено недостатньо, тому, що це пояснюється складністю визначення розмірно-якісних характеристик пиломатеріалів.

Мета досліджень – вдосконалення процесу розкрою пиломатеріалів на заготовки.

Матеріал і методика досліджень – передбачає: отримання інформації про форму, якість і розміри пиломатеріалів, які у подальших розрахунках враховувалися при визначенні об'ємного виходу заготовок. Інформацію про матеріал та його вади отримували за допомогою сканування. Вимірювали розміри пиломатеріалів та визначали за допомогою цифрових методів оцінки форму та наявність дефектних місць на поверхні. Оцінювалися дві пласті пиломатеріалу. Інформація про поверхні в електронному вигляді накладалися одна на одну і робився розкрій дошки згідно специфікації з вирізкою дефектних місць. Після чого фактичний об'єм одержаних заготовок порівнювався із об'ємами заготовок які були отримані на підприємстві із цих же пиломатеріалів.

Результати досліджень. Проведено експериментальні дослідження з розкрою пиломатеріалів на заготовки із врахуванням їх розмірно-якісної характеристики. Перевірка результатів розмірно-якісної характеристики пиломатеріалів при їх розпилюванні на заготовки засвідчила, що частка ідентифікації виявлених дефектних місць (сучків, тріщин, гнилі) становить 95-97 % по відношенню до загальної кількості дефектних місць, а частка встановлених невірно – 2 %. На рис. 1 зображено застосування плану розкрою

пиломатеріалу на заготовки з попередньою розміткою, та розкроєм за поперечно-поздовжньою схемою, за якої значно краще використовується збіжна частина. Даний метод розкрою пиломатеріалів на заготовки із попередньою оцінкою якості підвищив ефективність використання сировини до 10%.

На рис. 1 зображено експериментальний розкрій пиломатеріалів на заготовки специфікацій них розмірів із попередньо проведеною розмірно-якісною характеристикою. В результаті чого встановлено, що при розкрої ширина та наявність дефектних місць на поверхні пиломатеріалу є основними параметрами що впливають на корисний вихід специфікаційної продукції.

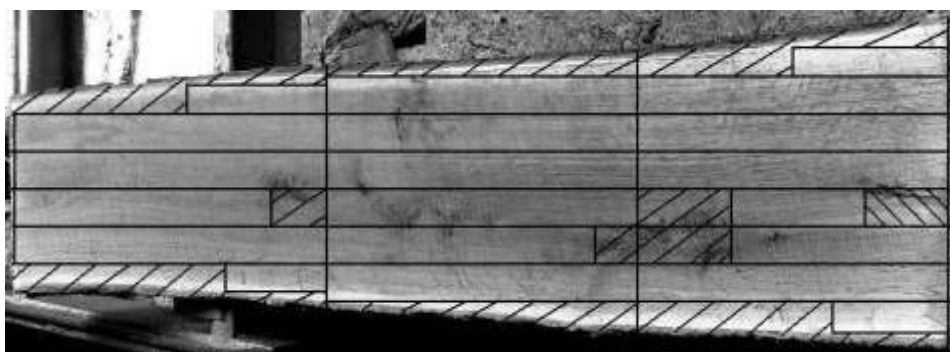


Рис. 1. План розкрою пиломатеріалу на заготовки.

Експериментальні дані розкрою пиломатеріалів та їх статистична обробка наведені в табл. 1.

1. Результати розкрою пиломатеріалів на заготовки.

№ дослідю	Сорт	Розміри пиломатеріалу			Об'єм пиломатеріалу, 0^2 м^3	Розмір заготівки			К-сть заготовок, шт	Об'єм заготовок, 10^2 м^3	Об'єм заготовок загальний, 10^2 м^3	Корисний вихід заготовок, %
		довжина, м	ширина, м	товщина, м		довжина, м	ширина, м	товщина, м				
1	2	1,730	0,26	0,030	1,349	0,522	0,087	0,030	6	0,136	0,817	60,58
2	2	1,730	0,30	0,030	1,557	0,520	0,086	0,030	9	0,134	1,207	77,55
3	1	1,730	0,31	0,030	1,609	0,525	0,087	0,030	9	0,137	1,233	76,65
99	1	1,725	0,37	0,030	1,915	0,520	0,087	0,030	11	0,136	1,493	77,97
100	1	1,721	0,30	0,030	1,549	0,520	0,087	0,030	9	0,136	1,221	78,86
Середнє значення		1,724	0,355	0,030		0,521	0,087	0,030				70,92
Середнє квадратичне відхилення												6,47

Закінчення табл. 1

Середня похибка	0,65
Коефіцієнт варіації	9,12
Показник точності	0,91
Необхідна кількість вимірів	22,14

Залежність виходу об'єму заготовок від об'єму та ширини пиломатеріалу представлено на (рис. 2) та (рис. 3).

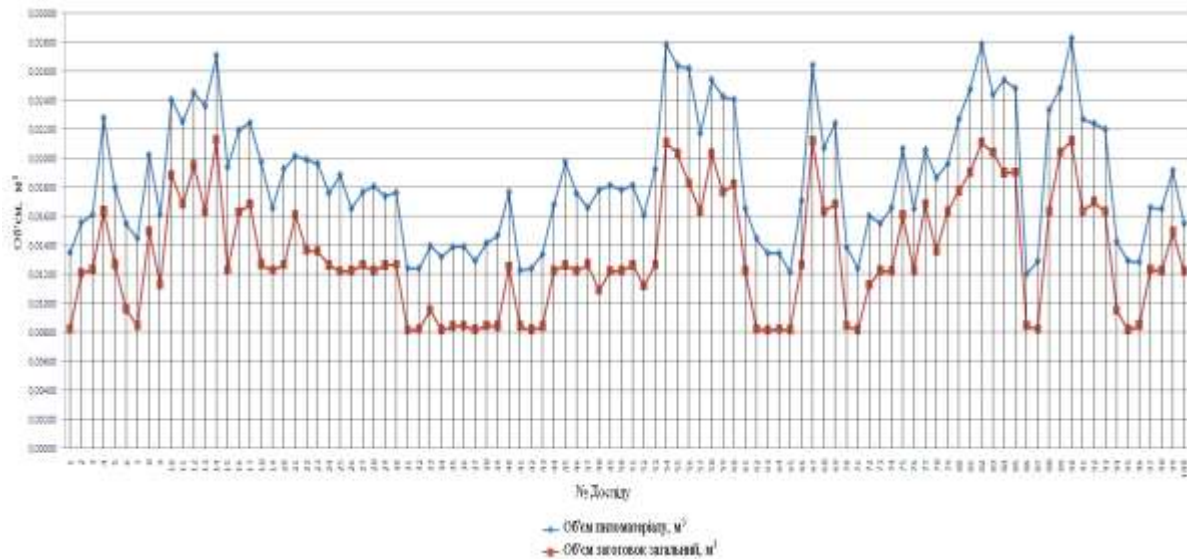


Рис. 2. Залежність виходу об'єму заготовок від об'єму пиломатеріалу.

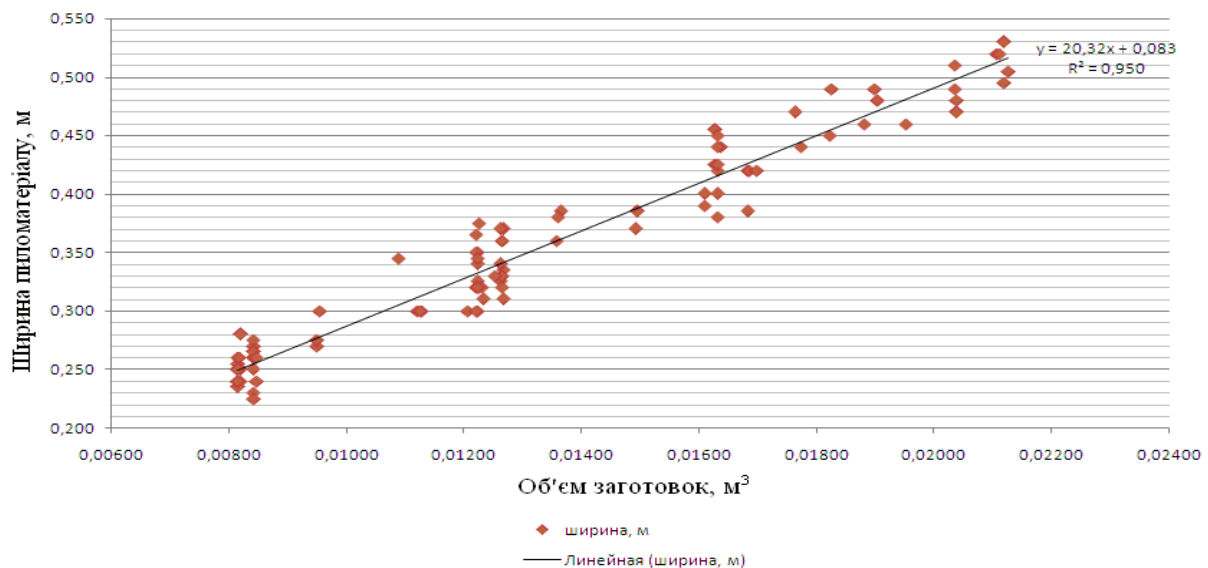


Рис. 3. Залежність виходу об'єму заготовок від ширини пиломатеріалу.

На одержаній діаграмі можна зауважити, що об'єм заготовок одержаний при розпилюванні пиломатеріалу по кожному досліді є прямо пропорційним об'єму пиломатеріалу. Наявності вад на

поверхні пиломатеріалу призводять до зниження корисного об'ємного виходу заготовок.

На рис. 3 можна відстежити як змінюється об'ємний вихід заготовок залежно від ширини пиломатеріалу. Можна зауважити, що величина об'ємного виходу має лінійну залежність від ширини пиломатеріалу, і зростає із її збільшенням. Діапазон ширини пиломатеріалу становив від 0,220 до 0,530 м.

Висновки

1. Проаналізовано результати досліджень з розрахунку схем розпилювання пиломатеріалів на заготовки з врахуванням їх форми та якості. Запропоновано методику оптимізації процесу розкрою пиломатеріалів із врахуванням розмірно-якісних характеристик на заготовки.

2. Експериментальні дослідження з розкрою пиломатеріалів на заготовки при проведенні розмірно-якісної характеристики перед розкром засвідчили збільшення об'ємного виходу, у порівнянні із виробничими результатами. Середній корисний об'єм вихід заготовок після розпилювання пиломатеріалів становить 70,92 %. Діапазон виходу об'єму заготовок знаходиться в межах від 56,67 - 83,62 %. Величина розбіжності діапазону залежить від розмірів пиломатеріалу та наявності вад які знаходяться в пиломатеріалі.

3. Встановлено, що застосування даного методу дасть змогу оцінювати характеристики вад пиломатеріалу, що в подальшому дозволить оптимізувати розпилювання пиломатеріалів на заготовки.

Список літератури

1. Беллман Р. Динамическое программирование: Пер. с англ. И.М. Андреева. А.А. Корбут и др./ Под ред. Н.Н. Воробьева. – М.: Изд-во ин. лит-ры, 1960. – 391 с.
2. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования / Пер. с англ. под ред. А.А. Первозванского. – М.: Наука, 1965. – 457 с.
3. Грицюк Ю.І. Оптимізація технологічного процесу розкрою плитних деревних матеріалів на меблеві заготовки: Монографія / Ю.І. Грицюк. – Львів: Вид. дім "Панорама", 2004. – 484 с.
4. Залгаллер В.А. Об одном необходимом признаке плотнейшего расположения фигур / В.А. Залгаллер // Успехи математ. наук. – 1953, № 8.
5. Канторович Л.В. Математические методы организации и планирования производства. – Л.: ЛГУ, 1939. – 46 с.
6. Пижурин А.А., Розенблит М.С. Основы моделирования и оптимизации процессов деревообработки: Учебн. для вузов. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 296 с.
7. Феллер М.Н., Головінський Б.Л. Вибір оптимального способу розкрою листових деревних матеріалів// Лісова, паперова і д/о пром-сть: Респ. міжвід. наук.-техн. зб. – 1966, № 1. – С. 10–12.

8. Феллер М.Н., Колесник Г.Л., Юдицкий Я.А. Про алгоритмізацію розрахунку можливих схем розкрою листових деревних матеріалів// Лісова, паперова і д/о пром-сть: Респ. міжвід. наук.-техн. зб. – 1969, № 3. – С. 38–39.
9. Феллер М.Н. Оптимизация раскроя листовых древесных материалов на ЭВМ// Деревообраб. пром-сть. – 1970, № 12. – С. 6–8.
10. Bellman R.A. Dynamic programming treatment of the traveling salesman problem. – J.ACM. – 1959. – 9, N 1. – P. 61–63.

Проанализированы предварительные исследования процессов раскроя пиломатериалов на заготовки с учетом размерно-качественной характеристики пиломатериалов при их сканировании. Показана возможность повышения объемного и качественный выхода заготовок.

Спецификационная пилопродукция, распиловка, оптимизация, дефекты, пиломатериал, заготовки, план-раскроя, полезный выход

Analyzed previous studies of processes of cutting timber on the workpiece size-based qualitative characteristics of timber when they crawl. The possibility of increasing volume and quality output blanks.

Specification pyloproduktsiya, cutting, optimization, defects, timber, harvesting, cutting plan, useful output

УДК 674.815 : 631.572

РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПОСТАЧАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ СОЛОМИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СТРУЖКОВИХ ПЛИТ

***Р.О. Козак, кандидат технічних наук
Національний лісотехнічний університет України***

Проаналізовано операції постачання і зберігання сировини для стружкових плит. Виділено основні відмінності соломи від деревинної сировини та завдання для організації постачання й зберігання соломи. Сформовано рекомендації щодо постачання соломи на підприємство та зберігання її на складах для ефективної організації технологічного процесу виготовлення стружкових плит з використанням соломи.

Солома, постачання, зберігання, стружкові плити.

© Р.О. Козак, 2013

8. Феллер М.Н., Колесник Г.Л., Юдицкий Я.А. Про алгоритмізацію розрахунку можливих схем розкрою листових деревних матеріалів// Лісова, паперова і д/о пром-сть: Респ. міжвід. наук.-техн. зб. – 1969, № 3. – С. 38–39.
9. Феллер М.Н. Оптимизация раскроя листовых древесных материалов на ЭВМ// Деревообраб. пром-сть. – 1970, № 12. – С. 6–8.
10. Bellman R.A. Dynamic programming treatment of the traveling salesman problem. – J.ACM. – 1959. – 9, N 1. – P. 61–63.

Проанализированы предварительные исследования процессов раскроя пиломатериалов на заготовки с учетом размерно-качественной характеристики пиломатериалов при их сканировании. Показана возможность повышения объемного и качественный выхода заготовок.

Спецификационная пилопродукция, распиловка, оптимизация, дефекты, пиломатериал, заготовки, план-раскроя, полезный выход

Analyzed previous studies of processes of cutting timber on the workpiece size-based qualitative characteristics of timber when they crawl. The possibility of increasing volume and quality output blanks.

Specification pyloproduktsiya, cutting, optimization, defects, timber, harvesting, cutting plan, useful output

УДК 674.815 : 631.572

РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПОСТАЧАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ СОЛОМИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СТРУЖКОВИХ ПЛИТ

***Р.О. Козак, кандидат технічних наук
Національний лісотехнічний університет України***

Проаналізовано операції постачання і зберігання сировини для стружкових плит. Виділено основні відмінності соломи від деревинної сировини та завдання для організації постачання й зберігання соломи. Сформовано рекомендації щодо постачання соломи на підприємство та зберігання її на складах для ефективної організації технологічного процесу виготовлення стружкових плит з використанням соломи.

Солома, постачання, зберігання, стружкові плити.

© Р.О. Козак, 2013

Ефективність виробництва стружкових плит значною мірою залежить від наявності в регіоні достатньої кількості сировини, можливостей її заготівлі та постачання [1].

Зберігання деревинної сировини на складах підприємства впливає на якість та втрати сировини і, як наслідок, на якість готових плит [2].

Технологічний процес виготовлення стружкових плит з використанням соломи передбачає постачання соломи на підприємство й зберігання її на складах. Однак, через те, що солома і тепер, коли гостро відчувається нестача деревини, не розглядається як сировина, а виключно, як відходи, немає розроблено рекомендацій щодо постачання соломи на підприємство і зберігання її на складах. Усталені ж технологічні операції постачання і зберігання деревинної сировини не можуть бути застосовані для соломи, через суттєві відмінності в умовах їх заготівлі, транспортування і зберігання. Тому, для виробництва стружкових плит з використанням соломи розроблення рекомендацій щодо її постачання та зберігання є актуальним.

Аналізуючи операції постачання і зберігання сировини для стружкових плит було виділено такі основні відмінності соломи від деревинної сировини:

- мінливість об'ємів заготівлі й відстаней транспортування соломи, що обумовлено щорічним відновленням ресурсів соломи й зосередженням їх кожного року на різній відстані від підприємства;
- різні способи заготівлі та зберігання соломи і деревини постачальниками;
- різні умови та засоби транспортування;
- відмінності в зберіганні соломи на підприємстві, що впливатиме на її властивості та розміри складів.

На основі зазначених відмінностей соломи від деревинної сировини можна виділити декілька основних завдань для організації постачання та зберігання соломи:

- оцінити ресурси соломи в регіоні;
- провести логістику;
- організувати постачання соломи;
- забезпечити зберігання соломи на території підприємства.

Оцінка ресурсів соломи в регіоні. Навіть при наявності достатньої кількості соломи на економічно обґрунтованій відстані від підприємства важливо переконатися, що потенційні постачальники насправді зацікавлені в її продажу підприємству. Тобто, підприємство-споживач повинне всіляко сприяти географічно близьким до нього господарствам у вирощуванні зернових злаків і збуту йому соломи.

Заготівля соломи господарствами може здійснюватися за різними технологіями:

- після обмолоту складуватися в скирти з подальшим транспортуванням насипом;
- подрібнюватися у полі й накопичуватися в подрібненому стані;
- пресуватися у малі тюки;
- пресуватися у великі тюки без подрібнення або з попереднім подрібненням;
- пресуватися у великі рулони.

З огляду на світовий досвід, перевагу необхідно надати технології збирання соломи прес-підбирачами, які формують її у великі прямокутні тюки масою 300-500 кг. Ця технологія має незаперечні переваги перед іншими технологіями збирання соломи, тому що забезпечує [3, 4]:

- вищу продуктивність порівняно з іншими прес-підбирачами, наприклад рулонними;
- високу щільність пресування – в 1,3 рази вищу, ніж у рулонних прес-підбирачів;
- повніше використання вантажопідйомності транспортних засобів завдяки прямокутній формі тюків;
- вищу продуктивність навантажувачів і транспортних засобів;
- краще використання об'єму сховища;
- значне скорочення витрати шпагату на обв'язування тюків;
- найменші затрати праці;
- підвищення ефективності технології зі збільшенням дальності транспортування тюків.

Тому, для підприємства-споживача, крім зазначених вище заходів, важливим є організувати в господарствах, по можливості, дану технологію заготівлі соломи.

Логістика. Великомасштабна заготівля соломи вимагає логістики, щоб забезпечити подачу соломи в достатній кількості, належної якості та прийнятної ціни. Після формування тюків їх завантаження на транспортні засоби найкраще здійснювати за допомогою навантажувачів. Перевезення солом'яних тюків можна здійснювати всіма видами транспорту. Встановлено, що беззбиткова дальність перевезень сировини для стружкових плит не повинна перевищувати 150 км для автомобільного транспорту і 300-400 км для залізничного [1]. Однак, транспортування соломи найдоцільніше здійснювати автомобільним транспортом.

Організація постачання соломи. Залежно від обсягів виробництва і наявності вільних площ постачання соломи можна здійснювати періодично під час заготівлі з наступним зберіганням на

території підприємства, або безперервно з складських територій господарств-постачальників. Перевагою першого способу є впевненість у забезпеченні сировиною, однак недоліками є значні разові капіталовкладення на закупівлю соломи, організація та обслуговування великих складських площ. У другому випадку підприємство-споживач заключає контракт на щоденне або щотижневе постачання соломи з господарствами-постачальниками чи індивідуальними фермерами. При цьому зменшуються разові витрати на закупівлю сировини, зменшуються складські площі та витрати на їх обслуговування.

Після надходження соломи на підприємство здійснюється її приймання та контроль якості.

Розвантаження тюків і вкладання їх в штабель здійснюється навантажувачами або на конвеєрі.

Зберігання на території підприємства. Способи зберігання соломи за ступенем здешевлення можна розмістити в наступній послідовності: зберігання в закритих складах, під навісом (дах на опорах), під брезентом, під полімерною плівкою, під відкритим небом. Спосіб зберігання впливає на якість соломи. При зберіганні під відкритим небом значна кількість соломи замокає, що вимагає додаткових затрат на її сушіння. Зберігання під брезентом або плівкою не рекомендується в умовах клімату з сильними вітрами. Використання навісів також може призвести до погіршення якості соломи, тому що вологість зовнішнього шару товщиною до 0,5 м при цьому зростає до 20-25% [3]. Для запобігання намоканню навіси повинні мати великі звиси щоб дощова вода не потрапляла на соломку. Крім цього, важливо забезпечити вільний доступ до соломи, щоб спростити процедуру її зберігання і завантаження-розвантаження. При використанні закритих складів дуже зручно використовувати конвеєри, тому що при використанні фронтального навантажувача необхідні додаткові площі для його маневру.

Підсумовуючи наведені аргументи, підприємству з виготовлення стружкових плит на основі соломи для організації постачання та зберігання соломи необхідно дотримуватись таких рекомендацій:

- підприємство-споживач повинне всіляко сприяти географічно близьким до нього господарствам у вирощуванні зернових злаків і збуту йому соломи;
- для підприємства-споживача важливим є організувати в господарствах, по можливості, заготівлю соломи у великих прямокутних тюках;
- транспортування соломи найдоцільніше здійснювати автомобільним транспортом;

- постачати солому краще безперервно з складських територій господарств-постачальників, сприяючи правильному її зберіганню;
- використання закритих складів з автоматизацією розвантажувально-складувальних робіт для зберігання соломи на території підприємства, що дозволить найкраще зберегти якість соломи.

Розроблені рекомендації дадуть змогу ефективно організувати технологічний процес виготовлення стружкових плит з використанням соломи на етапі її постачання і зберігання.

Список літератури

1. Стрелков В. П. О перспективах развития производства древесных плит в России [Электронный ресурс] / В. П. Стрелков // Wood.ru : аналитические материалы. – 2003. – Режим доступа : <http://www.wood.ru/ru/loa046.html>.
2. Бехта П.А. Технологія деревинних плит і пластиків : підручник / П. А. Бехта. – К. : Основа, 2004. – 780 с.
3. Nikolaisen L. Straw for Energy Production. Technology-Environment-Economy / L. Nikolaisen, C. Nielsen, M. G. Larsen. – Aarhus : EN-TRYK, 1992. – 46 p.
4. Особов В. Машины CLAAS для уборки соломы / В. Особов // Аграрное обозрение. – 2011. – № 6. – С. 34–35.

Сделан анализ операций поставки и хранения сырья для стружечных плит. Выделены основные различия соломы от древесного сырья и задания для организации снабжения и хранения соломы. Сформировано рекомендации по поставкам соломы на предприятие и хранение на складах для эффективной организации технологического процесса изготовления стружечных плит с использованием соломы.

Солома, поставки, хранения, стружечные плиты.

An analysis of operations supply and storage of raw material for particle boards was made. There were highlighted the main differences between straw and wood raw material and objectives for the organization of the supply and storage of straw. Were formed the recommendations for the supply of straw to the plant and storage it in warehouses for efficient process of manufacture of particle board using straw.

Straw, supply, storage, particle boards.

ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОДИЧНЫХ СЛОЕВ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ С КАВКАЗА

Л.Л. Леонтьев, кандидат биологических наук
Санкт-Петербургский лесотехнический университет

Представлены результаты изучения ширины годичных слоев и процента поздней древесины и физических свойств (плотности и усушки) древесины сосны с Кавказа. Оценена изменчивость и взаимосвязь этих показателей.

Древесина сосны, ширина годичного слоя, процент поздней древесины, базисная плотность, объемная усушка.

Целью настоящей работы было изучение особенностей строения и свойств древесины сосны, произрастающей на Кавказе. Материал был собран в начале лета 2013 г. в районе оз. Рица (Рицинский национальный реликтовый парк). Образцы отбирались с деревьев на высоте 1,3 м в виде двух взаимно перпендикулярных кернов. После вымачивания сухих кернов измерялась ширина всех годичных слоев (ШГС) и ширина поздней древесины (ПД) в каждом годичном слое. После измерений каждый керн разрезался на несколько зон (от 5 до 11), характеризующихся относительно однородными показателями ШГС. Для каждого участка керна определялась базисная плотность и плотность в абсолютно сухом состоянии, полная радиальная и объемная усушка.

Средний диаметр учетных деревьев на высоте 1,3 м составлял 39 ± 12 см, а общая высота дерева 26 ± 8 м. Среди учетных преобладали деревья возрастом более 130 – 170 лет, несколько деревьев имело возраст более 80 – 90 лет (керны в районе корневой шейки не высверливались).

Средние значения ШГС у большинства учетных деревьев находились в районе 1 мм, хотя ШГС по всем учетным деревьям изменялась в довольно широком диапазоне – от 0,02 мм до 6,82 мм; при этом по отдельным деревьям максимальная ШГС не опускалась ниже 1,15 мм, а минимальная не превышала 0,67 мм. В течение жизни учетных деревьев наблюдались довольно отчетливые периоды повышенного и пониженного роста.

У всех деревьев старшей возрастной группы наблюдался период резкого падения прироста в примерном диапазоне 1880 – 1900 гг. Средний прирост в этот период составлял у разных

© Л.Л. Леонтьев, 2013

деревьев 0,18 – 0,38 мм (рис. 1). У более молодых деревьев период пониженного прироста соответствовал диапазону 1930 – 1945 гг.; средний прирост в этот период составлял всего 0,70 мм.

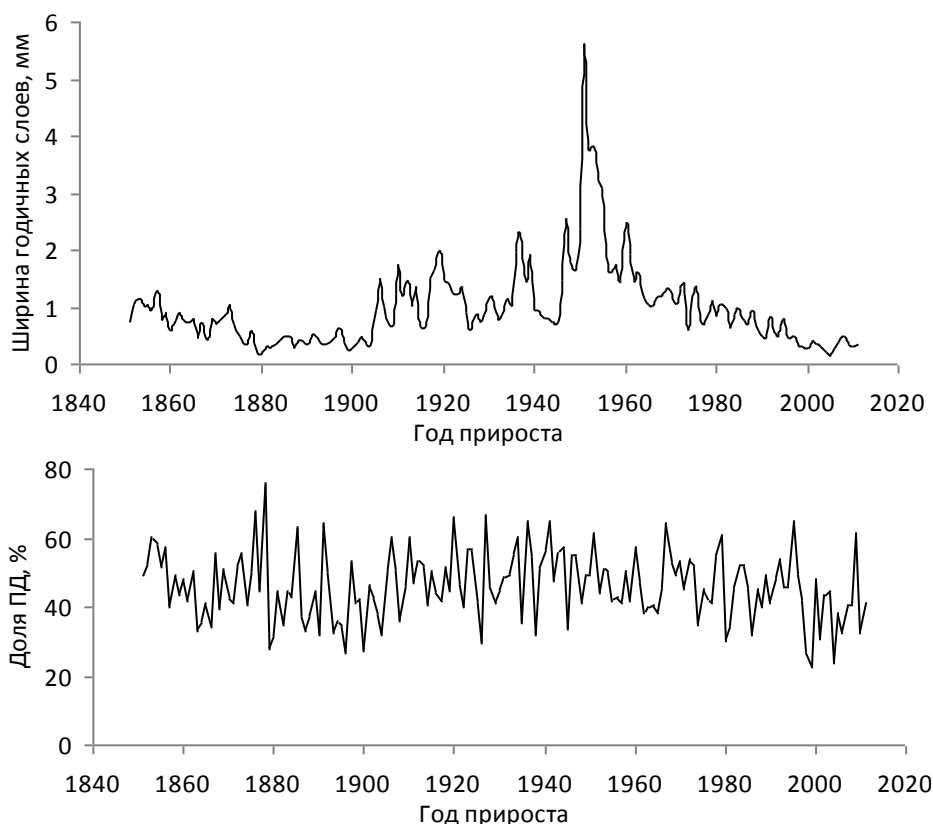


Рис. 1. Динамика ШГС и доли поздней древесины на одном из учетных деревьев.

У многих деревьев наблюдалось значительное увеличение радиального прироста в районе 1951 г. Примерно с 1958 г по настоящее время практически у всех деревьев происходило постепенное снижение прироста.

Динамика изменения доли ПД у всех деревьев не носила закономерного характера (рис. 1). Процент ПД у всех учетных деревьев доходил до 75 – 90%; средние значения для деревьев находились в районе 45%.

Корреляция между ШГС и шириной ПД (рис. 3) была очень высокая (R^2 изменялся от 0,66 до 0,94, в большинстве случаев приближаясь к 0,90). Корреляция между ШГС и процентом ПД при этом практически отсутствовала у всех деревьев (R^2 имел значения 0,2 и менее).

Отсутствие зависимости процента ПД от ШГС хорошо прослеживается и по диаграммам распределения этих показателей по годам (рис. 1).

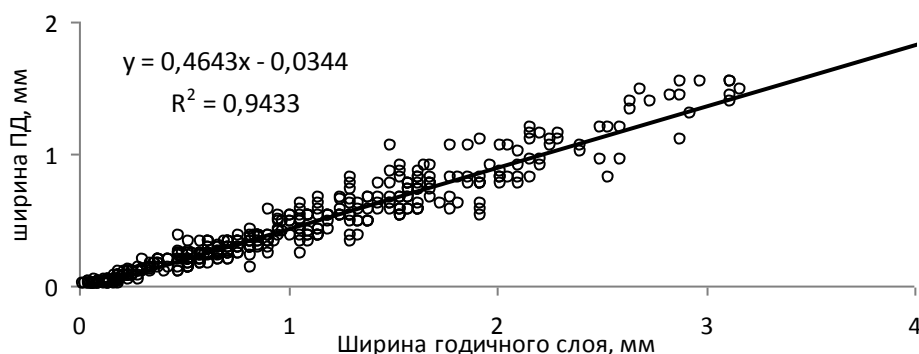


Рис. 2. Корреляция ШГС и ширины ПД на примере одного дерева.

Базисная плотность древесины также изменялась в очень широком диапазоне – от 412 кг/м³ до 826 кг/м³. Средняя базисная плотность по всем измеренным образцам (исключая образцы с развитой креновой древесиной) составила 553,12 ± 4,64 кг/м³.

Вопреки ожиданиям не было установлено четкой зависимости базисной плотности ни от ШГС (рис. 3) ни от процента ПД (рис. 4). Коэффициент корреляции практически отсутствовал или был крайне низким, а повышение плотности с увеличением среднего процента ПД носило характер тенденции.



Рис. 3. Изменчивость базисной плотности в зависимости от ШГС.

Изменчивость базисной плотности по радиусу в стволе не носила четко выраженного закономерного характера как на уровне всех деревьев (рис. 5), так и для отдельных учетных деревьев. Наименьшие значения базисной плотности могли наблюдаться у разных деревьев в центральной, средней или периферийной зонах ствола. Значительное увеличение базисной плотности происходило при образовании развитой креновой древесины и при увеличении смолистости древесины, которая часто встречалась в центральной зоне ствола.

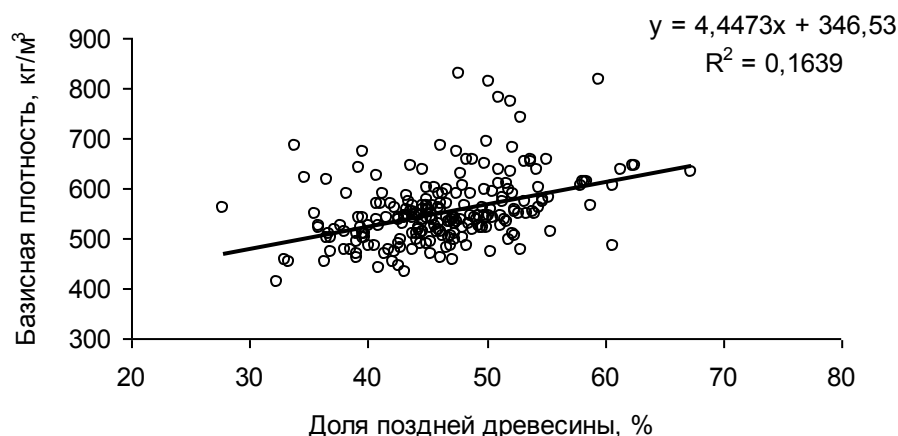


Рис. 4. Изменчивость базисной плотности в зависимости от процента ПД.

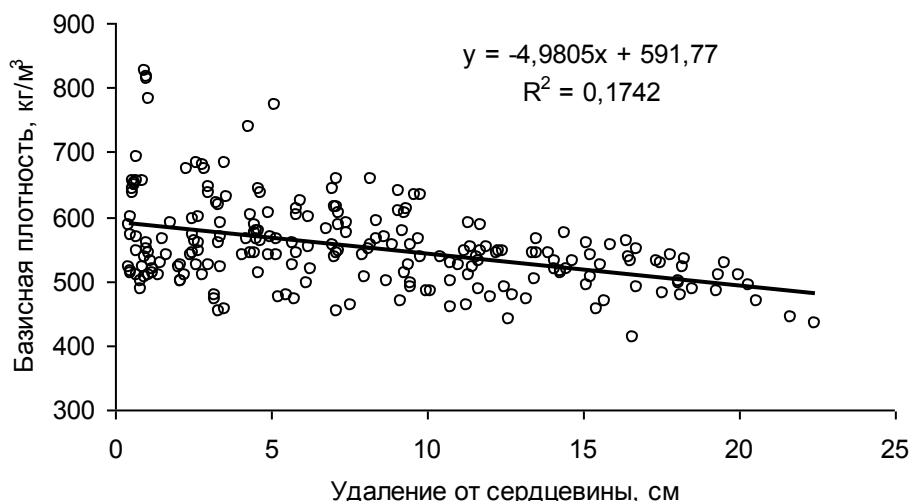


Рис. 5. Изменчивость базисной плотности в зависимости от положения образца в керне.

Полная объемная усушка древесины составила в среднем $15,38 \pm 0,13$ %, изменяясь по отдельным образцам от 10,3 % до 19,5 %. Корреляции полной объемной усушки с базисной плотностью древесины не установлено ($R^2 = 0,0016$).

Древесина изученных учетных деревьев сосны отличается крайне высокой не характерной для сосны долей ПД. Отсутствие корреляции между ШГС и процентом ПД также выходит за рамки сложившихся представлений о формировании годичного слоя у хвойных пород. Известно, что у хвойных пород увеличение ШГС обычно происходит в большей степени за счет ранней древесины, в связи с чем, с увеличением ШГС процент ПД обычно снижается.

С повышенной долей ПД связаны и более высокие, существенно превышающие средние значения для этой породы, показатели базисной плотности.

Для хвойных пород хорошо известны следующие закономерности: с увеличением ШГС плотность (базисная, абсолютно сухой древесины) снижается, а с увеличением процента ПД плотность возрастает [1, 2]. В нашем случае эти закономерности отсутствовали. Данное явление вероятно связано с условностью понятия «поздняя древесина» и со значительными различиями в первую очередь трахеид поздней древесины в различных годовичных слоях. В одних слоях ПД формировалась исключительно из трахеид с крайне толстыми оболочками; в других в ПД преобладали трахеиды со значительно менее толстыми оболочками; в третьих наблюдалось чередование «слоев» различных трахеид.

Список литературы

1. Полубояринов О. И. Плотность древесины / О. И. Полубояринов. – М. : Лесная промышленность, 1976. – 160 с.
2. Kollmann F. F.P. Principles of Wood Science and Technology. I. Solid Wood / Kollmann F.F.P., Côté W.A. – Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, New York, 1985. – 592 p.

Width of annual rings and rate of late wood and physical properties (density and shrinkage) of pine wood from Caucasus was study. Variability and interdependency of this indices estimated.

Pine wood, width of annual rings, rate of late wood, basic density, volume shrinkage.

Представлены результаты изучения ширины годовичных слоев и процента поздней древесины и физических свойств (плотности и усушки) древесины сосны с Кавказа. Оценена изменчивость и взаимосвязь этих показателей.

Древесина сосны, ширина годовичного слоя, процент поздней древесины, базисная плотность, объемная усушка.

УДК 674.816.3

ВПЛИВ ДОДАВАННЯ ТЕХНІЧНОГО ПАРАФІНУ НА ВЛАСТИВОСТІ ДЕРЕВИННО-ПОЛІМЕРНИХ ПЛИТ ЗА РІЗНОЇ ЇХ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ТРИВАЛОСТІ ПРЕСУВАННЯ

***П.В. Лютий, кандидат технічних наук
Національний лісотехнічний університет України***

© П.В. Лютий, 2013

Для хвойных пород хорошо известны следующие закономерности: с увеличением ШГС плотность (базисная, абсолютно сухой древесины) снижается, а с увеличением процента ПД плотность возрастает [1, 2]. В нашем случае эти закономерности отсутствовали. Данное явление вероятно связано с условностью понятия «поздняя древесина» и со значительными различиями в первую очередь трахеид поздней древесины в различных годовичных слоях. В одних слоях ПД формировалась исключительно из трахеид с крайне толстыми оболочками; в других в ПД преобладали трахеиды со значительно менее толстыми оболочками; в третьих наблюдалось чередование «слоев» различных трахеид.

Список литературы

1. Полубояринов О. И. Плотность древесины / О. И. Полубояринов. – М. : Лесная промышленность, 1976. – 160 с.
2. Kollmann F. F.P. Principles of Wood Science and Technology. I. Solid Wood / Kollmann F.F.P., Côté W.A. – Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, New York, 1985. – 592 p.

Width of annual rings and rate of late wood and physical properties (density and shrinkage) of pine wood from Caucasus was study. Variability and interdependency of this indices estimated.

Pine wood, width of annual rings, rate of late wood, basic density, volume shrinkage.

Представлены результаты изучения ширины годовичных слоев и процента поздней древесины и физических свойств (плотности и усушки) древесины сосны с Кавказа. Оценена изменчивость и взаимосвязь этих показателей.

Древесина сосны, ширина годовичного слоя, процент поздней древесины, базисная плотность, объемная усушка.

УДК 674.816.3

ВПЛИВ ДОДАВАННЯ ТЕХНІЧНОГО ПАРАФІНУ НА ВЛАСТИВОСТІ ДЕРЕВИННО-ПОЛІМЕРНИХ ПЛИТ ЗА РІЗНОЇ ЇХ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ТРИВАЛОСТІ ПРЕСУВАННЯ

***П.В. Лютий, кандидат технічних наук
Національний лісотехнічний університет України***

© П.В. Лютий, 2013

Встановлено вплив додавання технічного парафіну за різної температури та тривалості пресування ДПМ. Із підвищенням вмісту технічного парафіну водостійкість ДПМ зростає. Максимальні показники межі міцності під час статичного згинання спостерігається за вмісту технічного парафіну 5,0-7,5%. Із підвищенням температури та тривалості пресування в досліджуваних межах показники міцності та водостійкості ДПМ зростають.

Деревинно-полімерні матеріали, технічний парафін, водостійкість, міцність.

Деревинно-полімерні матеріали на основі термопластичних полімерів характеризуються задовільними фізико-механічними показниками із вмістом деревинного наповнювача до 50%. Подальше збільшення вмісту наповнювача призводить до різкого зниження водостійкості й погіршення показників міцності. Таким чином, ДПМ із підвищеним вмістом деревинного наповнювача, для збереження високих експлуатаційних характеристик, потребують введення модифікувальних добавок. Однією з найпридатніших модифікувальних добавок, яка поєднує в собі безпеку, доступність та незначну вартість є парафін. Парафін, будучи низькоплавким аналогом поліетилену, знижує його температуру текучості та в'язкість, що дозволяє термопластичному полімеру легше й швидше проникати в капілярно-пористу структуру деревинних частинок, сприяє ефективнішому диспергуванню в'язучого, а також рівномірному розподіленню його в об'ємі матеріалу [1,2].

Дія парафіну дозволяє також зменшити температуру та тривалість пресування ДПМ, що значно підвищує продуктивність та зменшує енерговитрати пресового обладнання.

Зменшення температури та тривалості пресування також сприяє мінімізації термодеструкційних процесів, що відбуваються в деревині. Необхідно зауважити, що дія парафіну поєднує в собі декілька різних функцій, – він виступає як агент зчеплення, ультрафіолетовий адсорбер, температурний стабілізатор та змащувальна речовина.

Однак, введення в деревинно-полімерну композицію більше 10% парафіну є недоцільним [1], оскільки на поверхні деревинних частинок утворюється його товстий шар, що ускладнює розплаву термопластичного полімеру проникати в капілярно-пористу структуру деревини, що відповідно знижує показники міцності ДПМ.

Мета досліджень – дослідити вплив додавання технічного парафіну на властивості деревинно-полімерних плит за різної їх температури та тривалості пресування.

Матеріали та методи досліджень. Для виконання досліджень використовували такі матеріали: деревинну стружку вологістю 3%, подрібнений вторинний поліетилен і поліетилен. Виготовляли ДПМ з вмістом деревинних частинок 60%, вторинного поліетилену – 37,5-30%, технічного парафіну (ТП) – 2,5-10,0% та щільністю плит 900 кг/м³, за таких режимних параметрів пресування: температура – 160; 180; 200 °С; тривалість – 0,8; 1,0; 1,2 хв/мм; тиск – 3,5 МПа. Після гарячого пресування ДПМ витримувався в холодному пресі за тиску 1,5 МПа до температури 40-50°С.

Результати досліджень. Залежність межі міцності під час статичного згинання від вмісту ТП має екстремальний характер. Максимальні показники міцності спостерігаються за його вмісту в композиції від 5,0 до 7,5% (табл. 1). Зокрема, із підвищенням вмісту ТП від 2,5 до 7,5% межа міцності під час статичного згинання підвищується на 7-15% залежно від тривалості та температури пресування (табл. 1). У разі подальшого підвищення його вмісту показник міцності різко зменшується. Окрім того, із підвищенням температури від 160 до 200°С та тривалості пресування від 0,8 до 1,2 хв/мм даний показник значно зростає. Однак, за високого вмісту ТП 7,5 та 10,0%, він створює на поверхні деревинних частинок плівку, котра перешкоджає розплаву термопластичного полімеру контактувати з деревинними частинками і знижує механічні показники ДПМ.

1. Результати експериментальних досліджень.

Межа міцності під час статичного згинання, МПа	Тривалість ресування, хв/мм	Температура пресування, °С	Вміст ТП, %			
			2,5	5,0	7,5	10,0
	0,8	160	4,49	4,87	3,50	3,13
		180	5,69	6,32	5,62	4,37
		200	6,73	7,24	7,28	4,94
	1,0	160	5,18	5,51	4,36	3,61
		180	6,17	6,88	6,39	4,87
		200	7,74	8,41	7,67	5,58
	1,2	160	6,11	6,59	5,13	4,64
		180	7,07	8,06	7,06	5,33
		200	8,17	8,97	7,98	6,07
Водопоглинання, %	0,8	160	12,37	8,88	6,90	6,24
		180	11,20	7,92	5,39	4,76
		200	8,56	6,68	4,34	3,37
	1,0	160	10,99	7,73	5,88	5,01
		180	9,42	6,93	4,26	4,05
		200	6,59	2,76	3,46	2,76
	1,2	160	8,92	4,00	4,60	4,00
		180	7,66	3,44	3,63	3,44
		200	5,48	3,65	2,50	2,47

Закінчення табл. 1

Питомий опір витагуванню шурупів, Н/мм	Набрякання, %	0,8	160	10,65	8,47	7,82	6,28
			180	8,43	7,34	6,17	4,60
			200	7,02	6,15	5,36	3,57
		1,0	160	8,72	7,36	6,32	4,90
			180	7,53	5,99	5,06	4,08
			200	5,10	2,67	3,75	2,67
		1,2	160	7,72	4,49	5,64	4,49
			180	6,39	2,99	4,41	2,99
			200	4,09	3,26	2,15	1,95
	Н/мм	0,8	160	91,90	83,89	82,96	82,40
			180	100,06	88,67	87,13	86,16
			200	103,77	97,48	90,59	87,54
		1,0	160	96,84	92,69	91,27	85,92
			180	102,84	99,31	95,66	89,91
			200	107,89	108,47	98,89	83,06
		1,2	160	98,24	99,06	97,81	88,36
			180	105,57	105,67	102,11	87,59
			200	111,53	113,06	104,83	82,37

Вплив вмісту ТП на водопоглинання та набрякання за товщиною ДПМ має зовсім інший характер, із збільшенням його вмісту від 2,5 до 10% водопоглинання значно зменшується (див. табл. 1). Мінімальні показники водопоглинання ДПМ спостерігаються за максимальних температур (200°C) та тривалостей пресування (1,2 хв/мм). До того ж, із підвищенням вмісту ТП від 7,5 до 10,0% зменшення водопоглинання є практично непомітним, особливо це характерне для максимальної температури (200°C) та значних тривалостей пресування (1,0-1,2 хв/мм). Суттєве зменшення водопоглинання ДПМ у разі додавання ТП пов'язане з утворенням водостійкої плівки на поверхні деревинних частинок. Окрім того, ТП заповнює мікропорожнини та мікротріщини в матеріалі, що не дозволяє воді проникати у внутрішні шари ДПМ.

Вплив вмісту ТП на набрякання за товщиною є подібним до його впливу на водопоглинання, однак, у цьому випадку, залежність має практично лінійний характер (табл. 1). Як і випадку водопоглинання, із підвищенням температури від 160 до 200°C та тривалості пресування від 0,8 до 1,2 хв/мм показники набрякання за товщиною зменшуються, мінімальні значення яких спостерігаються за температури 200°C та тривалості пресування 1,2 хв/мм. Із підвищенням температури та тривалості пресування вторинний поліетилен під дією ТП стає більш рухливим, що дозволяє йому утворити на поверхні деревинних частинок полімерну плівку, яка теж перешкоджає проникненню молекул води в їх капілярно-пористу структуру.

Вплив ТП на питомий опір витягуванню шурупів є негативним. Із підвищенням вмісту ТП від 2,5 до 10,0% практично у всіх випадках відбувається суттєве його зниження (табл. 1). За значних тривалостей (1,0-1,2 хв/мм) та максимальної температури (200°C) пресування у разі підвищення вмісту від 2,5 до 5,0% відбувається незначне підвищення показника питомого опору витягуванню шурупів (відповідно, на 0,5 та 1,37%). Плівка ТП, що утворюється на поверхні деревинних частинок у ДПМ зумовлює ефект ковзання, що призводить до легшого видалення шурупів з матеріалів. Однак, порівняно з показниками стружкових плит (60-100 Н/мм), питомий опір витягуванню шурупів, навіть за 10% вмісту ТП є досить високий (90-103 Н/мм).

Висновок. Проаналізувавши вплив вмісту ТП у ДПМ, температури та тривалості пресування на їх властивості, необхідно зауважити, що найвищі показники міцності під час статичного згинання спостерігаються у композитів із вмістом технічного парафіну 5,0-7,5%. Із підвищенням вмісту ТП водостійкість ДПМ зростає. Щодо температури та тривалості пресування то, що найвищі показники міцності та водостійкості ДПМ спостерігаються за температури пресування – 200°C та тривалості пресування – 1,2 хв/мм.

Список літератури

1. Вплив модифікуючих добавок на властивості деревно-полімерних матеріалів / [В.Д. Мишак, В.Ф. Анненков, І.П. Мельник та інші]. // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – 1988. – №3. – С. 36–37.
2. Сиротенко Л.Д. Нетоксичные древесные композиционные материалы на основе термопластов / Л.Д. Сиротенко, Л.А. Ободовская, Ю.Д. Храмцов // Деревообрабатывающая промышленность. – 1995. – №2. – С. 20–23.

Установлено влияние добавления технического парафина при различных температурах и продолжительностях прессования ДПМ. С повышением содержания технического парафина водостойкость ДПМ растет. Максимальные показатели предела прочности при статическом изгибе наблюдается при содержании технического парафина 5,0-7,5%. С повышением температуры и продолжительности прессования в исследуемых пределах показатели прочности и водостойкости ДПМ растут.

Древесно-полимерные материалы, технический парафин, водостойкость, прочность.

The effect of the addition of technical wax at different pressing temperatures and durability WPC were investigated. The increase of technical wax content leads to increase water resistance of WPC.

Maximum values of MOR were observed at technical wax content 5.0-7.5%. The increase of pressing temperatures and durability leads to increase water resistance, MOR and screw withdrawal resistance of WPCs.

Wood-polymer materials, technical paraffin, water resistance, strength.

УДК 674.09: 674.093

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВЕЛИЧИНИ ВИТРАТ СИРОВИНИ У ВИРОБНИЦТВІ РАДІАЛЬНИХ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ ЗАДАНОЇ СПЕЦИФІКАЦІЇ

Н.В. Марченко, кандидат технічних наук

Наведено результати експериментальних досліджень витрати сировини під час виготовлення радіальних пиломатеріалів. За допомогою розробленої та запропонованої імітаційної моделі, в якій враховано фактичну розмірно-якісну характеристику сировини та специфікацію пиломатеріалів отримано об'ємний вихід суто радіальних пиломатеріалів з колод за умови розкрою їх розвальню-секторною та секторною схемами.

Радіальні пиломатеріали, пиловник, схеми розкрою, сорт деревини, об'єм колод, збіг колод, специфікація

На сучасному етапі розвитку теорії розкрою деревини було встановлено, що ресурсозбереження сировини можливе за умови інтенсифікації лісопильного виробництва шляхом спеціалізації підприємств за призначенням [1].

Сучасна теорія розкрою пиловочної сировини на пиломатеріали дозволяє вирішувати багато практичних задач, але в ній недостатньо рішень, пов'язаних з теоретичним обґрунтуванням окремих спеціальних способів пиляння. Окрім того, сьогодні існує досить багато комп'ютерних програм для розрахунку схем розпилювання колод на пиломатеріали без чіткого розмежування їх виходу залежно від виду розпилювання, тобто радіальних, тангентальних чи змішаних. Тому в даний час актуальними задачами у лісопилянні є розроблення зручного для практичного використання програмного забезпечення з прогнозування об'ємного виходу пиломатеріалів заданої специфікації (розмірів, виду перерізу,

© Н.В. Марченко, 2013

Maximum values of MOR were observed at technical wax content 5.0-7.5%. The increase of pressing temperatures and durability leads to increase water resistance, MOR and screw withdrawal resistance of WPCs.

Wood-polymer materials, technical paraffin, water resistance, strength.

УДК 674.09: 674.093

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВЕЛИЧИНИ ВИТРАТ СИРОВИНИ У ВИРОБНИЦТВІ РАДІАЛЬНИХ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ ЗАДАНОЇ СПЕЦИФІКАЦІЇ

Н.В. Марченко, кандидат технічних наук

Наведено результати експериментальних досліджень витрати сировини під час виготовлення радіальних пиломатеріалів. За допомогою розробленої та запропонованої імітаційної моделі, в якій враховано фактичну розмірно-якісну характеристику сировини та специфікацію пиломатеріалів отримано об'ємний вихід суто радіальних пиломатеріалів з колод за умови розкрою їх розвальню-секторною та секторною схемами.

Радіальні пиломатеріали, пиловник, схеми розкрою, сорт деревини, об'єм колод, збіг колод, специфікація

На сучасному етапі розвитку теорії розкрою деревини було встановлено, що ресурсозбереження сировини можливе за умови інтенсифікації лісопильного виробництва шляхом спеціалізації підприємств за призначенням [1].

Сучасна теорія розкрою пиловочної сировини на пиломатеріали дозволяє вирішувати багато практичних задач, але в ній недостатньо рішень, пов'язаних з теоретичним обґрунтуванням окремих спеціальних способів пиляння. Окрім того, сьогодні існує досить багато комп'ютерних програм для розрахунку схем розпилювання колод на пиломатеріали без чіткого розмежування їх виходу залежно від виду розпилювання, тобто радіальних, тангентальних чи змішаних. Тому в даний час актуальними задачами у лісопилянні є розроблення зручного для практичного використання програмного забезпечення з прогнозування об'ємного виходу пиломатеріалів заданої специфікації (розмірів, виду перерізу,

© Н.В. Марченко, 2013

якості та кількості) та удосконалення технологічних процесів лісопиляння, спрямованих на отримання максимально можливого корисного виходу таких пиломатеріалів [2, 3].

Відомо [4], що пиломатеріали радіального та напіврадіального виду пиляння дають найкращий результат за формостійкістю і збалансованістю внутрішніх напружень, що виникають в конструкціях, а саме: брусків для віконного та дверного виробництва, столярних щитів великого формату, дерев'яних балок тощо. Наприклад [5], поперечне усихання в радіальному напрямку приблизно удвічі менше, ніж у тангентальному. Після висихання майже всі дошки, окрім чисто радіальних, деформуються у поперечному напрямку. Для більшості порід деревини показники стійкості проти стирання кращі у радіальному перерізі: для сосни – 0,31 мм та 0,28 мм; для ясеня – 0,17 мм та 0,14 мм; для модрина – 0,17 мм та 0,14 мм тощо.

Матеріали, які використовують у будівництві, в дерев'яних конструкціях, оцінюються за співвідношенням міцності і маси. Відношення міцності (σ_w) до щільності (ρ_w) при відповідній вологості називають коефіцієнтом якості деревини (K). Оскільки міцність деревини у радіальному напрямку вища, ніж у тангентальному (у хвойних порід на 10-15%, у листяних на 20-70%), то, відповідно, і коефіцієнт якості пиломатеріалів радіального розпилювання для столярно-будівельного спрямування буде вищим.

Дослідженням способів отримання радіальних пиломатеріалів і заготовок та величини їх об'ємного виходу з колод в свій час займалось чимало науковців [6, 7].

Більша частина з них відзначають розвальню-сегментну та секторну схеми розкрою, як найбільш раціональні для отримання радіальних пиломатеріалів та заготовок [8, 9]. Інші у своїх працях пропонують технологічно більш складні та дорогі способи отримання пилопродукції радіального виду розкрою [10].

Застосування розробленої імітаційної моделі (рис. 1), в якій враховано фактичну розмірно-якісну характеристику сировини та специфікацію пиломатеріалів дало змогу отримати об'ємний вихід суто радіальних пиломатеріалів з колоди. Окрім того, всі фактори, які в дійсності є некерованими, були включені до цієї моделі як керовані. Це дало можливість провести серію активних експериментів із застосуванням планування експерименту, що значно підвищило ефективність досліджень. Так, було можливо імітувати розкрій одних тих самих колод за різними планами розкрою зі співставленням результатів.

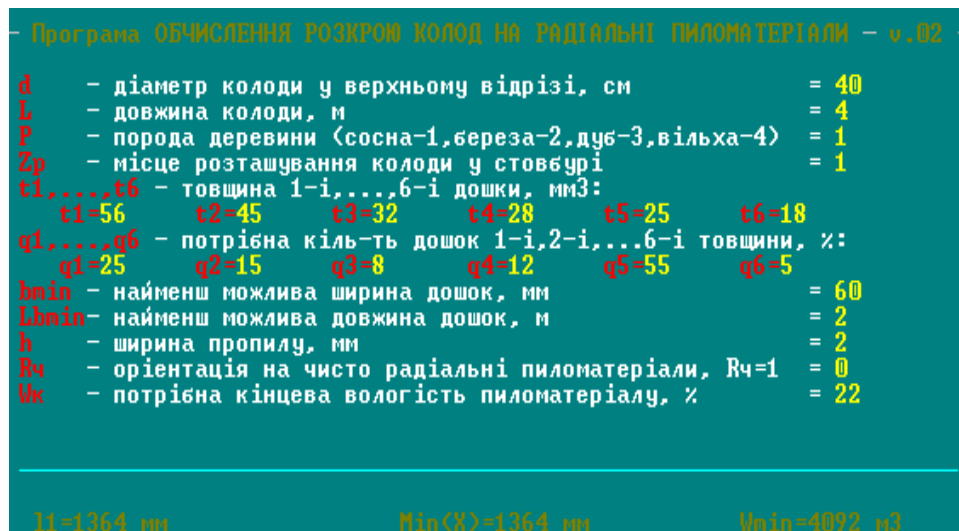


Рис. 1. Інтерфейс програми Radial_GM.exe – блок введення даних.

Експерименти було поставлено на двох моделях: із застосуванням секторної схеми розкрою та із застосуванням розвальню-секторної схеми розкрою. По кожній моделі здійснювалось 20 серій дослідів. Таким чином, кількість дубльованих спостережень на моделі із секторною схемою розкрою склала 1020 колод діаметрами 14 см – 46 см, на моделі із розвальню-секторною схемою – 840 колод діаметрами 20 см – 46 см. Змінними факторами були: об'єм колод, що враховувався за ГОСТ 2708-75 [11] і варіювався у межах від 0,073 м³ до 0,77 м³; коефіцієнт сортності, який враховував якість сировини і варіювався у межах 1,101 – 1,388; поправний коефіцієнт на об'єм колод, який змінювався у межах 0,9 – 1,3. В якості відкликів прийнята величина витрати пиловочної сировини, що обернена величині об'ємного виходу пиломатеріалів з колод. До проведення основного експерименту було поставлено окрему серію дослідів, за результатами якої було перевірено гіпотезу про нормальність розподілу вихідної величини експерименту та визначено необхідну кількість дубльованих дослідів. Перевірка однорідності дисперсій та відкидання грубих промахів проводилась за t-критерієм Стюдента та G-критерієм Кохрена.

За результатами попередньої серії досліджень величини витрат деревини сосни у виробництві радіальних пиломатеріалів заданої специфікації було отримано:

- за умови розкрою колод за секторною схемою розрахункове значення G-критерію Кохрена ($G_{\text{розрах.}}$) склало 0,1565, табличне – 0,36;

- за умови розкрою колод за розвальню-секторною схемою $G_{\text{розрах.}} = 0,1622$, $G_{\text{табл.}} = 0,24$.

Отримані результати відповідали співвідношенню $G_{\text{розрах.}} < G_{\text{табл.}}$, що дозволило прийняти гіпотезу про однорідність дисперсій дослідів.

Усереднені значення величин витрат деревини на виготовлення радіальних пиломатеріалів за секторною та розвальню-секторною схемами розкрою у порівнянні з витратою деревини на змішані пиломатеріали наведено на рис. 2.

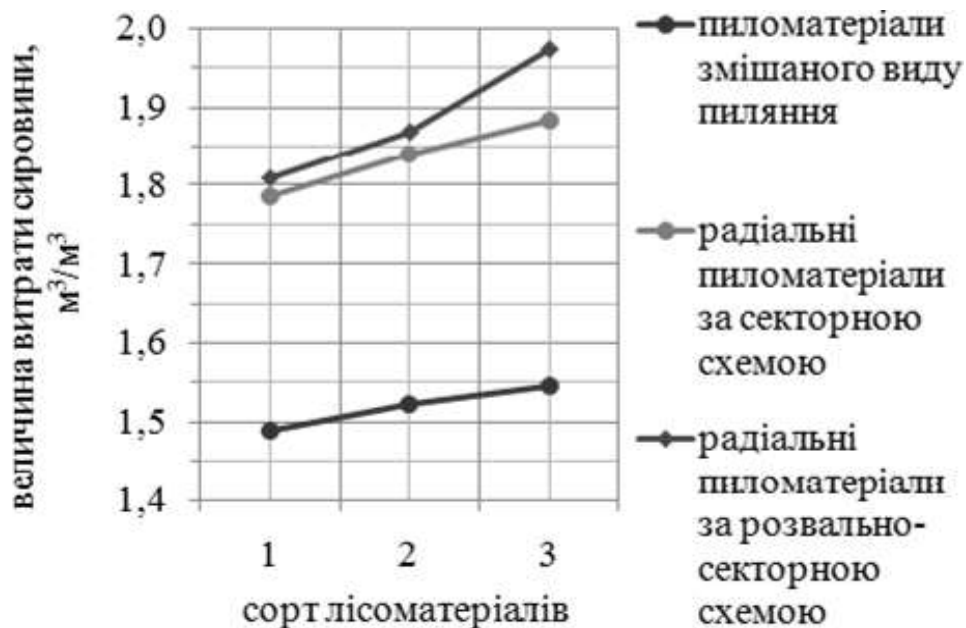


Рис. 2. Експериментальні значення величини витрати деревини у виробництві пиломатеріалів з колод діаметрами 26 см і більше.

Видно, що більша витрата деревини на радіальні пиломатеріали спостерігається за умови застосування розвальню-секторної схеми розкрою у порівнянні із секторною. Це можна пояснити відмінністю у планах розкрою, більшою кількістю пропилів за розвальню-секторною схемою розкрою та значним впливом збігу колод на об'ємний вихід пиломатеріалів. Однак, також спостерігається значне збільшення (від 22 % до 28 %) величини витрати деревини для всіх сортів на виробництво радіальних пиломатеріалів у порівнянні з обрізними пиломатеріалами змішаного виду пиляння.

Залежність величини витрати деревини сосни у виробництві радіальних пиломатеріалів, що були отримані за секторною та розвальню-секторною схемами розкрою колод, від змінних чинників наведено, відповідно, на рис. 3 та рис. 4.

З наведених залежностей видно, що на величину витрати сировини у виробництві радіальних пиломатеріалів за умови застосування будь-якої з обраних схем розкрою деревини найбільш

впливають такі чинники, як збіг колоди, що характеризується поправковим коефіцієнтом на об'єм та якість пиловника, що виражена через коефіцієнт сортності.

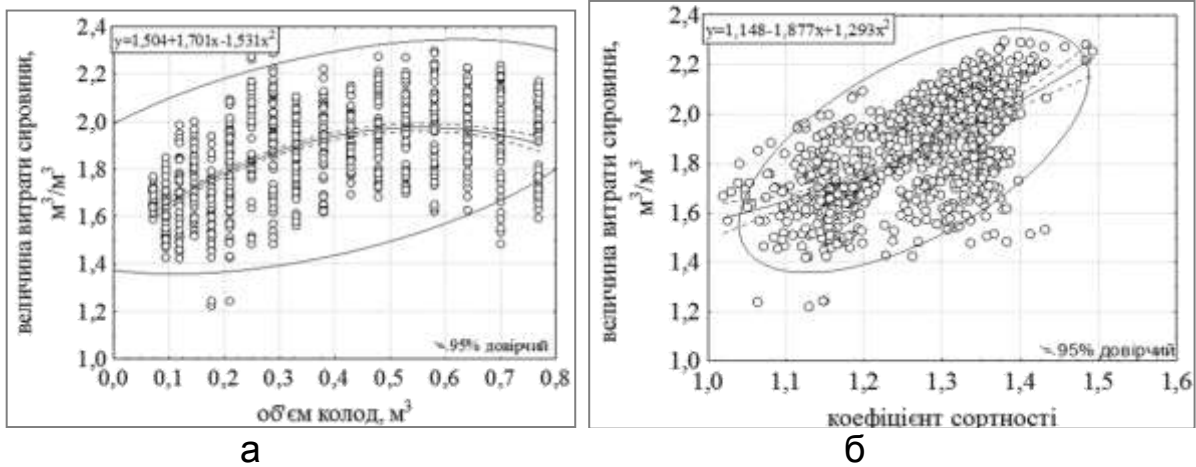


Рис. 3. Залежність величини витрати деревини сосни у виробництві радіальних пиломатеріалів за секторною схемою розкрою від: а – об'єму колод; б – якості колод.

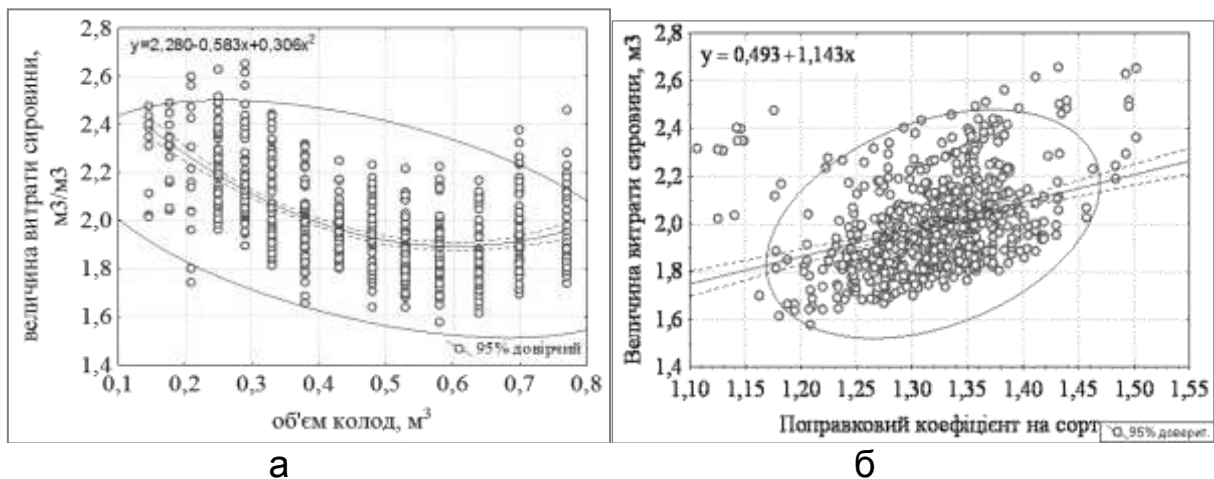


Рис. 4. Залежність величини витрати деревини сосни у виробництві радіальних пиломатеріалів за розвальню-секторною схемою розкрою від: а – об'єму колод; б – поправкового коефіцієнту на сорт.

Отже, за умови застосування секторної схеми розкрою для отримання радіальних пиломатеріалів, величина витрати сировини збільшується зі зменшенням збігу і збільшенням коефіцієнту сортності. За умови застосування розвальню-секторної схеми розкрою, величина витрати сировини збільшується зі збільшенням коефіцієнту сортності (тобто, з погіршенням сорту колод) та збільшенням збігу колод.

Баланс сировини за імітаційною моделлю у виробництві радіальних пиломатеріалів наведено у табл. 1 – 2.

1. Баланс пиловочної сировини сосни на виробництво радіальних пиломатеріалів за секторної схеми розкрою.

Найменування продукції	Обсяг продукції, %	Обсяг продукції, м ³
Пилопродукція	54,3	203,876
у тому числі:		
дошки довжиною 1,0 м та більше	54,3	203,876
Відходи	45,7	171,58
у тому числі:		
кускові	26,5	99,492
тирса	13,2	49,56
всихання та розпил	6	22,53
Всього сировини:	100	375,442

2. Баланс пиловочної сировини сосни на виробництво радіальних пиломатеріалів за розвально-секторної схеми розкрою.

Найменування продукції	Обсяг продукції, %	Обсяг продукції, м ³
Пилопродукція	50,8	179,897
у тому числі:		
дошки довжиною 1,0 м та більше	50,8	179,897
Відходи	49,2	174,23
у тому числі:		
кускові	26,8	94,906
тирса	16,4	58,077
всихання та розпил	6	21,248
Всього сировини:	100	354,127

З отриманих за експериментальними даними на імітаційній моделі балансів пиловочної сировини видно, що у процесі виробництва радіальних пиломатеріалів за спеціальними схемами розкрою отримується велика кількість кускових відходів, які можуть бути використані на власні потреби виробництва.

В результаті розроблення імітаційної моделі та проведення на ній серії досліджень, а також застосування отриманих величин витрат сировини дасть можливість ще до проведення операції розкрою деревини прогнозувати об'ємний вихід пиломатеріалів та відходів лісопиляння з врахуванням фактичної розмірно-якісної характеристики колод та наявної специфікації пиломатеріалів, що сприятиме підвищенню ефективності процесу виготовлення радіальних пиломатеріалів.

Список літератури

- 1.Воронцов Ю.Ф. Ресурсозберегающая технология лесопиления / Ю.Ф.Воронцов, А.Д.Голяков // Лесной журнал. – 2004. – № 4. – С. 52–60.
- 2.Пижурин А.А. Моделирование и оптимизация процессов деревообработки: Учебник / А.А.Пижурин, А.А.Пижурин. – М.: МГУЛ, 2004. – 375 с.

- 3.Маєвський В.О. Основні напрями досліджень у технології лісопиляння / В.О.Маєвський, В.М.Максимів // Наук.вісник НЛТУ України: Зб.наук.-техн. праць. – 2004, Вип.14.1. – С. 72-77.
- 4.Марченко Н.В. Способ выпиловки радиальных пиломатериалов из круглых сортиментов / Н.В.Марченко, З.С.Сірко // Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology. – 2010. – № 71. – С. 47–51.
- 5.Вінтонів І.С. Деревинознавство: Навчальний посібник: 2-е вид. / І.С.Вінтонів, І.М.Сопушинський, А.Тайшінгер. – Львів: Апріорі, 2007. – 312 с.
- 6.Батин Н.А. К составлению поставов на выпиловку радиальных пиломатериалов / Н.А. Батин, А.А. Янушкевич // Механическая технология древесины. – 1971. – Вып. 1. – С. 9–13.
- 7.Межов И.С. Исследование влияния основных факторов на выход радиальных пиломатериалов / И.С. Межов, Ф.Н. Карпунин, Л.К.Осипова // Деревообрабатывающая промышленность. – 1996. – № 4. – С. 11-13.
- 8.Межов И.С. Основы повышения объемного и спецификационного выхода пиломатериалов и заготовок при раскрое бревен брусом-сегментным способом на специализированном оборудовании: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн.наук: спец. 05.21.05 / И.С.Межов. – СПб, 1994. – 33 с.
- 9.Мчедlishvili С.Н. Влияние ориентированного по сучкам распиливания резонансных бревен развальном-сегментным способом на качество радиальных пиломатериалов / С.Н.Мчедlishvili // Новое в технологии и материалах деревообраб. пром-сти. – М.: МЛТИ, 1987. – Вип. 190. – С. 25-28.
- 10.Патент № 2310555 Российская Федерация, Способ раскроя бревен на радиальные пиленые заготовки / Матухнов М.М.; заявитель и патентообладатель Матухнов Михаил Михайлович. – № 2006110914/03; заявл. 04.04.2006; опубл. 20.11.2007, Бюл. № 32.
- 11.Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов: ГОСТ 2708-75. – [Чинний від 1976-01-01]. М: Держстандарт СРСР, 1985. – 36 с. – (Міждержавний стандарт країн СНД).

Приведены результаты экспериментальных исследований величины расхода сырья в производстве радиальных пиломатериалов. С помощью разработанной и предложенной имитационной модели, в которой учтено фактическую размерно-качественную характеристику сырья и спецификацию пиломатериалов, получены объемный выход сугубо радиальных пиломатериалов из бревен при условии раскроя их по развальном-секторной и секторной схемам.

Радиальные пиломатериалы, пиловочник, схемы раскроя, сорт древесины, объем бревен, сбег бревен, спецификация.

The results of experimental researches of raw materials costs in the manufacture of radial sawn timber are given. With the help of developed and proposed simulation model, which takes into account the actual dimensional and qualitative characteristic of raw materials and specification of lumber, received voluminous output purely radial sawn

timber from logs provided by segment and cleaving-segment cutting patterns.

Radial lumber, the saw log, the diagram of cut, the type of wood, the volume of logs, the run of logs, the specification

УДК 674.093.26

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СОЄВИХ ПРОТЕЇНІВ У ВИРОБНИЦТВІ ДЕРЕВИННИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

***Г.Є. Ортинська, кандидат технічних наук
Національний лісотехнічний університет України***

Проаналізовано можливість застосування соєвих протеїнів для виробництва деревинних композиційних матеріалів, зокрема фанери, стружкових та солом'яних плит. Сформовано основні переваги та недоліки застосування клеїв на основі соєвих протеїнів.

Соєвий протеїн, деревинні композиційні матеріали, клеї.

На сьогоднішній день підвищуються вимоги до деревинних композиційних матеріалів і основна увага приділяється якісним, екологічним та економічним показникам. На ці показники суттєво впливає вибір клейових матеріалів. У виробництві деревинних композиційних матеріалів як клейові матеріали застосовуються переважно синтетичні смоли, наприклад, фенолоформальдегідні та карбамідоформальдегідні. Сировиною для їх виготовлення служать нафтопродукти, природний і попутний газ.

Необхідність виготовлення екологічно чистих матеріалів на основі легко відновлюваних природних ресурсів, і вичерпність нафтохімічних ресурсів, зумовило необхідність дослідити можливість застосування біополімерів. Утилізація цих білків побічних продуктів в якості біологічних клеїв і смол допоможе подолати екологічні проблеми та підвищити цінність сільськогосподарських вторинних продуктів.

Основним джерелом для виготовлення протеїнів рослинного походження є злакові та бобові рослини, зокрема пшениця, кукурудза, соя, горох та інші.

Встановлено, що із зерен пшениці можна отримати 7-14% протеїну, з кукурудзи – 6-12%. Як правило, спочатку отримується крохмаль, а протеїн є вторинним продуктом. Соя містить найбільшу

© Г.Є. Ортинська, 2013

timber from logs provided by segment and cleaving-segment cutting patterns.

Radial lumber, the saw log, the diagram of cut, the type of wood, the volume of logs, the run of logs, the specification

УДК 674.093.26

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СОЄВИХ ПРОТЕЇНІВ У ВИРОБНИЦТВІ ДЕРЕВИННИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

***Г.Є. Ортинська, кандидат технічних наук
Національний лісотехнічний університет України***

Проаналізовано можливість застосування соєвих протеїнів для виробництва деревинних композиційних матеріалів, зокрема фанери, стружкових та солом'яних плит. Сформовано основні переваги та недоліки застосування клеїв на основі соєвих протеїнів.

Соєвий протеїн, деревинні композиційні матеріали, клеї.

На сьогоднішній день підвищуються вимоги до деревинних композиційних матеріалів і основна увага приділяється якісним, екологічним та економічним показникам. На ці показники суттєво впливає вибір клейових матеріалів. У виробництві деревинних композиційних матеріалів як клейові матеріали застосовуються переважно синтетичні смоли, наприклад, фенолоформальдегідні та карбамідоформальдегідні. Сировиною для їх виготовлення служать нафтопродукти, природний і попутний газ.

Необхідність виготовлення екологічно чистих матеріалів на основі легко відновлюваних природних ресурсів, і вичерпність нафтохімічних ресурсів, зумовило необхідність дослідити можливість застосування біополімерів. Утилізація цих білків побічних продуктів в якості біологічних клеїв і смол допоможе подолати екологічні проблеми та підвищити цінність сільськогосподарських вторинних продуктів.

Основним джерелом для виготовлення протеїнів рослинного походження є злакові та бобові рослини, зокрема пшениця, кукурудза, соя, горох та інші.

Встановлено, що із зерен пшениці можна отримати 7-14% протеїну, з кукурудзи – 6-12%. Як правило, спочатку отримується крохмаль, а протеїн є вторинним продуктом. Соя містить найбільшу

© Г.Є. Ортинська, 2013

кількість протеїну, (що становить близько 40 %) в порівнянні з злаковими культурами такими як: пшениця, кукурудза. Таким чином, основним джерелом для виготовлення протеїну є соя. Найбільш поширеними є соєві протеїни, які використовуються у формі борошна, концентрату та ізоляту [1, 2, 3, 4].

За своїм хімічним складом соєві протеїни – це біополімери, які складаються із макромолекул, що містять понад 18-20 амінокислот, пов'язаних між собою амідним зв'язком поліпептидного ланцюга. Протеїни містять деякі функціональні групи, які легко взаємодіють із гідроксильними та карбоксильними групами целюлозних волокон. Дані функціональні групи зображено на (рис. 1) [5, 6].

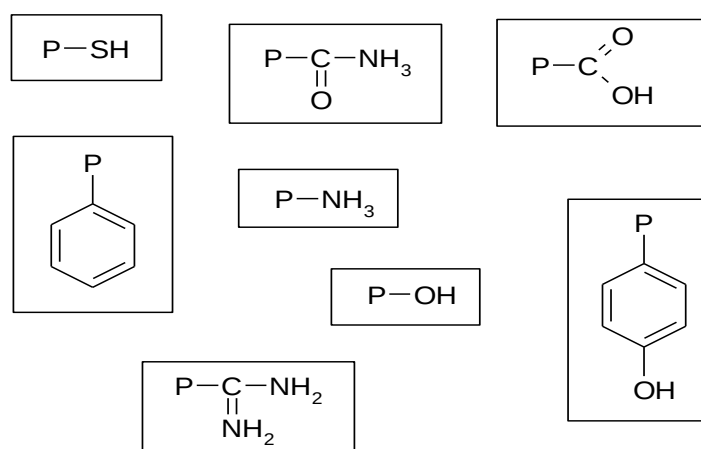


Рис. 1. Реактивні хімічні групи соєвого протеїну.

Тому соєвий протеїн запропоновано використовувати як основу клейових композицій для склеювання між собою поверхонь деревини. Рекомендується застосовувати клеї на основі соєвого протеїну для виробництва фанери. Клеї приготують наступним чином: до соєвого протеїну додають дистильовану воду у співвідношенні 1:6 і нагрівають отриману суспензію до $50^{\circ}C$, яку перемішують впродовж 120 хв. Клей застосовують для склеювання шпону як гарячим, так і холодним способом [5]. Отриманий матеріал, є екологічно чистим, відповідає вимогам стандарту, але низької водостійкості. Тому дану фанеру використовують у виробництві меблів та для внутрішньої обшивки стін.

Тому соєвий протеїн запропоновано використовувати як основу клейових композицій для склеювання між собою поверхонь деревини.

Рекомендується застосовувати клеї на основі соєвого протеїну для виробництва фанери. Клеї приготують наступним чином: до соєвого протеїну додають дистильовану воду у співвідношенні 1:6 і нагрівають отриману суспензію до $50^{\circ}C$, яку перемішують впродовж 120 хв. Клей застосовують для склеювання шпону як гарячим, так і

холодним способом [5]. Отриманий матеріал, є екологічно чистим, відповідає вимогам стандарту, але низької водостійкості. Тому дану фанеру використовують у виробництві меблів та для внутрішньої обшивки стін.

Для підвищення якісних характеристик фанери, яка виготовлена за допомогою соєво-протеїнових клеїв, запропоновано їх модифікувати за допомогою фізичного, хімічного та ензимного методів [6].

Модифікування протеїнів дає змогу отримати клеї із широким діапазоном фізико-хімічних властивостей та різними умовами зберігання. Найчастіше здійснюють модифікування соєвого протеїну хімічним методом, який базується на додаванні хімічних речовин (карбаміду, трипсину, гідроксиду натрію). Ці речовини дають змогу змінювати властивості протеїнових клеїв у необхідному напрямку. Наприклад, додавання карбаміду дає змогу отримати клейове з'єднання, підвищеної водостійкості. Гідроксид натрію в поєднанні із соєвим протеїном підвищує міцність фанери на сколювання та водостійкість клейового шару. Це пояснюється тим, що додавання гідроксиду натрію збільшує ступінь розкриття протеїнових молекул, а це призводить до збільшення контакту із склеюваною поверхнею деревини. Силікат натрію і гашене вапно додають для стабільної в'язкості клею, що дає змогу підвищити життєздатність клею та покращити його водостійкість [7, 8].

Зроблено кроки у використанні соєвих протеїнів для наповнення солом'яних та стружкових плит. Модифіковані соєві протеїни добре склеюють дрібні частинки (соломи, деревини) у виробництві композиційних матеріалів. Під час виробництва OSB плит рекомендують використовувати модифіковані силікатами соєво-протеїнові клеї [9].

Отже, модифіковані клеї на основі протеїну мають покращені фізико-хімічні властивості, за рахунок зміни його молекулярної структури. Тому ці клеї рекомендують для використання у виробництві деревинних композиційних матеріалів.

Список літератури

1. Zhong Z. Thermal and mechanical properties and water absorption of soy protein / Z. Zhong, X. Sun // Polycaprolactone Blends, Polymer, 2001. – № 42. – P. 6961-6969.
2. Shukla R. The industrial protein from corn / R. Shukla, M. Cheryan // Industrial Crops and Products, 2001. – №13. – P. 171-192.
3. Richard P. W. Bio-based polymers and composites / P. Richard, Xiuzhi Susan Sun – Science & Technology Books, 2005.
4. Kumar R. Adhesives and plastics based on soy protein products / R. Kumar, V. Choudhary, S. Mishra, I. Varma, B. Mattiason // Industrial Crops and Products, 2002. – №16. – P. 155-172.

5. Kunsheng Z. Biotechnology and food science / Z. Kunsheng, L. Yangyang, R. Yunxia // Journal of Food Engineering, 2007. – №79, P. 1233–1237.
6. Sun X. Shear strength and water resistance of modified soy protein adhesives / X. Sun, K. Bian // JAOCS, 1999. – vol.76, №8 – P. 977-980.
7. Wang W. A soy-based adhesive from basic modification / W. Wang, X. Li, X Zhang // Pigment and Resin Technology, 2008. – 37/2 – P.93-95.
8. Li F. Soy flour adhesive modified with urea, citric acid and boric acid / F. Li, X. Li, W. Wang // Pigment and Resin Technology, 2010. – 39/4 – P.223-227.
9. Cheng E. Adhesive properties of modified soybean flour in wheat straw particleboard / E. Cheng, X. Sun, G. Karr // Composite A: Appl. Science Manufacture 2004, – 35 – P.297-302.

Проанализировано возможность применения соевых протеинов для производства древесных композиционных материалов, в частности фанеры, стружечных и соломенных плит. Сформированы основные преимущества и недостатки применения клеев на основе соевых протеинов.

Соевый протеин, древесные композиционные материалы, клеи.

In paper we consider the possibility of the using soy proteins for the wood composite materials production, such as plywood, particleboards and strawboards. The main advantages and disadvantages of adhesives based on soy protein have been formed.

Soy protein, wood composites, adhesives

УДК 674.047

ЩОДО ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ КРУГЛИХ ЛІСОМАТЕРІАЛІВ

О.О. Пінчевська, доктор технічних наук

В.М. Головач, кандидат технічних наук

Н.В. Буйських, асистент

Наведені результати розрахунків з використанням математичного програмного забезпечення сушильних напружень в круглих лісоматеріалах. Описано спосіб контролю їх величини.

Круглі лісоматеріали, технологія сушіння, сушильні напруження, контроль процесу.

Зростаючий попит на дерев'яні будинки вимагає вдосконалення існуючих та розроблення нових технологій. Більш

© О.О. Пінчевська, В.М. Головач, Н.В. Буйських, 2013

5. Kunsheng Z. Biotechnology and food science / Z. Kunsheng, L. Yangyang, R. Yunxia // Journal of Food Engineering, 2007. – №79, P. 1233–1237.
6. Sun X. Shear strength and water resistance of modified soy protein adhesives / X. Sun, K. Bian // JAOCS, 1999. – vol.76, №8 – P. 977-980.
7. Wang W. A soy-based adhesive from basic modification / W. Wang, X. Li, X Zhang // Pigment and Resin Technology, 2008. – 37/2 – P.93-95.
8. Li F. Soy flour adhesive modified with urea, citric acid and boric acid / F. Li, X. Li, W. Wang // Pigment and Resin Technology, 2010. – 39/4 – P.223-227.
9. Cheng E. Adhesive properties of modified soybean flour in wheat straw particleboard / E. Cheng, X. Sun, G. Karr // Composite A: Appl. Science Manufacture 2004, – 35 – P.297-302.

Проанализировано возможность применения соевых протеинов для производства древесных композиционных материалов, в частности фанеры, стружечных и соломенных плит. Сформированы основные преимущества и недостатки применения клеев на основе соевых протеинов.

Соевый протеин, древесные композиционные материалы, клеи.

In paper we consider the possibility of the using soy proteins for the wood composite materials production, such as plywood, particleboards and strawboards. The main advantages and disadvantages of adhesives based on soy protein have been formed.

Soy protein, wood composites, adhesives

УДК 674.047

ЩОДО ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ КРУГЛИХ ЛІСОМАТЕРІАЛІВ

О.О. Пінчевська, доктор технічних наук

В.М. Головач, кандидат технічних наук

Н.В. Буйських, асистент

Наведені результати розрахунків з використанням математичного програмного забезпечення сушильних напружень в круглих лісоматеріалах. Описано спосіб контролю їх величини.

Круглі лісоматеріали, технологія сушіння, сушильні напруження, контроль процесу.

Зростаючий попит на дерев'яні будинки вимагає вдосконалення існуючих та розроблення нових технологій. Більш

© О.О. Пінчевська, В.М. Головач, Н.В. Буйських, 2013

дорогими, екологобезпечними є так звані «дикі зруби», тобто будинки з колод, в яких зберігається природна форма і кора видаляється вручну. Переваги таких споруд є очевидними, тим більше, що вони нагадують аутентичні дерев'яні будівлі. Собівартість таких будинків є високою і це пов'язано не лише з технологією виготовлення, але й довготривалим заморожуванням інвестицій, оскільки для встановлення столярних виробів (вікон, дверей тощо), введення будинку в експлуатацію необхідно дати йому можливість стабілізувати свої розміри. Процес витримки для висихання деревини триває 1-3 роки після першого збирання залежно від розмірів та породи круглих лісоматеріалів. Отже, для уникнення цього доцільною є розробка технології сушіння круглих сортиментів.

Мета досліджень – розробка технології бездефектного сушіння круглого лісу.

Методика досліджень – використано традиційний підхід до розроблення бездефектного сушіння за вибором раціонального режиму обробки деревини. Він полягає в розрахунку критерію безпеки, шляхом співставленні розрахункових сушільних напружень у висушуваному пиломатеріалі з межею міцності на розтяг поперек волокон [1]. Для розрахунку напружень в круглому сортименті нами використано імітаційне моделювання процесу сушіння на базі програмного забезпечення на мові програмування TurboPascal.

Результати досліджень. Запропонований розрахунок внутрішніх напружень базується на використанні сучасної обчислювальної техніки та математичного програмного забезпечення. Це дозволяє оперативно обчислювати внутрішні напруження на персональному комп'ютері, а також дає можливість запрограмувати алгоритм розрахунку безпосередньо в мікропроцесор технологічної автоматики, яка керує процесом сушіння. Для розрахунку величини внутрішніх напружень в круглих сортиментах σ_r , що виникають при висиханні деревини зразка радіусом r на відстані l від центру входять наступні величини: коефіцієнти всихання в тангенціальному та радіальному напрямках k_θ , k_r , модуль пружності в тангентальному напрямку E_θ , МПа, перепад вологості $\Delta W = (W_u - W_n)$, між центром та поверхнею.

Нижче наведений варіант алгоритму розрахунку сушільних напружень, що може бути цифровою моделлю розрахунку внутрішніх напружень у процесі сушіння круглих матеріалів та реалізований на ЕОМ. Порядок розрахунку подано у вигляді ряду послідовних операцій:

– Визначається радіус r зразка, відстань l від центру, перепад вологості ΔW між центром та поверхнею, різниця коефіцієнтів всихання $(3k_\theta - k_r)$ та $(k_\theta - k_r)$.

– Визначення функцій Y_{1i} , Y_{2i} , Y_{3i} для певного радіусу r та відстані l від центру значення. Для цього використовується три сімейства функцій по m функцій в кожному сімействі:

$$\begin{aligned} Y_{11} &= a_{11} + e^{1-l}; Y_{12} = a_{12} + e^{1-l}; \dots Y_{1m} = a_{1m} + e^{1-l} \\ Y_{21} &= a_{21} + e^{1-l}; Y_{22} = a_{22} + e^{1-l}; \dots Y_{2m} = a_{2m} + e^{1-l} \\ Y_{31} &= a_{31} + e^{1-l}; Y_{32} = a_{32} + e^{1-l}; \dots Y_{3m} = a_{3m} + e^{1-l} \end{aligned} \quad (1)$$

За значеннями сімейства функцій Y_{1i} , Y_{2i} , Y_{3i} побудовані двовірні масиви $M11[Li, Ri]$, $M12[Li, Ri]$, $M13[Li, Ri]$, які у вигляді двовірних матриць показані на рис.1. За ними знаходять величини перепаду вологості для будь-яких поєднань радіусів r та відстані l від центру.

$$\begin{array}{ccccccc} M12[L_1, R_1] & \dots & M12[L_1, R_m] & M13[L_1, R_1] & \dots & M13[L_1, R_m] & M11[L_1, R_1] & \dots & M11[L_1, R_m] \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ M12[L_m, R_1] & \dots & M12[L_m, R_m] & M13[L_m, R_1] & \dots & M13[L_m, R_m] & M11[L_m, R_1] & \dots & M11[L_m, R_m] \end{array}$$

Рис. 1. Двовірні матриці.

$$\begin{array}{ccc} M21[Y_{11}, Y_{21}, Y_{31}] & \dots & M21[Y_{11}, Y_{21}, Y_{3m}] \\ \dots & \dots & \dots \\ M21[Y_{1m}, Y_{21}, Y_{31}] & \dots & M21[Y_{1m}, Y_{21}, Y_{3m}] \\ M21[Y_{11}, Y_{21}, Y_{31}] & \dots & M21[Y_{11}, Y_{2m}, Y_{31}] \\ \dots & \dots & \dots \\ M21[Y_{11}, Y_{2m}, Y_{31}] & \dots & M21[Y_{11}, Y_{2m}, Y_{3m}] \\ M21[Y_{11}, Y_{21}, Y_{31}] & \dots & M21[Y_{1m}, Y_{21}, Y_{31}] \\ \dots & \dots & \dots \\ M21[Y_{1m}, Y_{21}, Y_{31}] & \dots & M21[Y_{1m}, Y_{2m}, Y_{31}] \end{array}$$

Рис. 2. Тривірні матриця.

– Для розрахунку деформацій, що виникають під дією дотичних та нормальних напружень визначають значення двох величин Y_{1k} і Y_{2k} , які знаходять з тривірного масиву $M21[Y_{1i}, Y_{2i}, Y_{3i}]$ (рис. 2), отриманого з сімейства функцій аналогічних сімейству функцій (1).

– По значеннях Y_{1k} і Y_{2k} за допомогою двовірних масивів визначають аналогічним чином значення функцій залежності величини внутрішніх напружень σ_r від коефіцієнтів всихання $(3k_\theta - k_r)$ та $(k_\theta - k_r)$, перепаду вологості ΔW та модуля пружності в тангентальному напрямку E_θ .

Блок-схема розрахунку внутрішніх напружень наведена на рис. 3.

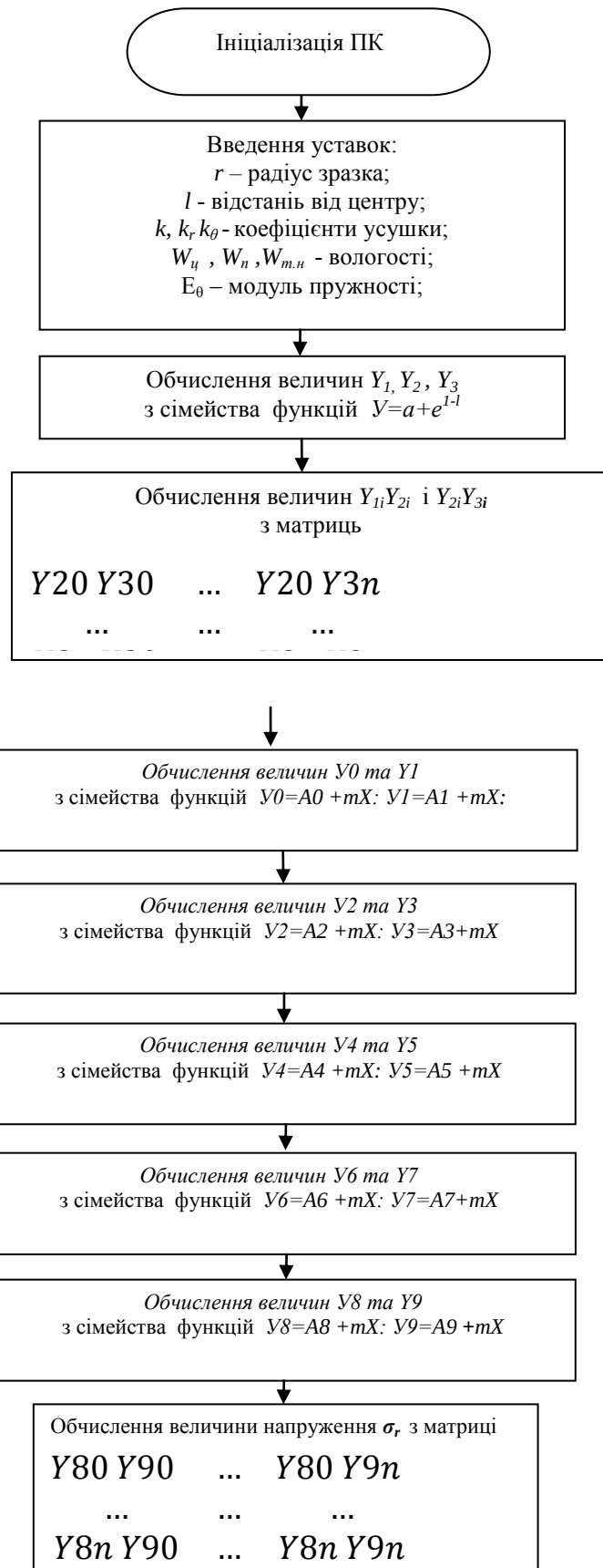


Рис. 3. Блок-схема розрахунку сушильних напружень в круглих сортиментах.

Показані на блок схемі обчислення величин $Y_0, Y_1 \dots Y_9$ проводяться аналогічним чином обчислення величин Y_1, Y_2, Y_3 , з сімейства функцій типу $Y=A+e^{1-i}$. Різниця – тільки у виді сімейств функцій, які представлені як лінійні залежності: $Y_i=A_i + mX$ і відрізняються одна від одної тільки коефіцієнтами A та m . Функції відображують залежність вибраної відстані від поверхні, де розраховуються внутрішні напруження, коефіцієнтів всихання, модуля пружності в тангентальному напрямку та перепаду вологості між центром та поверхнею.

На рис. 4 наведено інтерфейс програми розрахунку внутрішніх напружень.

- ПРОГРАМА РОЗРАХУНКУ ВНУТРІШНІХ НАПРУЖЕНЬ - v.03

R - радіус зразка, см = 15

Xi - відстань від центра зразка до точки напруження, см = 4

Mn - вологість деревини в центрі зразка, % = 25

Mc - вологість деревини на поверхні зразка, % = 12

E - модуль пружності в тангентальному напрямку, Н/см2 = 50000

Kr - коефіцієнт радіальної усушки = 0.2

Kt - коефіцієнт тангентальної усушки = 0.3

Внутрішні напруження, Sr=-98.4 Н/см2

Внутрішні напруження, St=-471.5 перевищують межу міцності=330 Н/см2

Рис. 4. Інтерфейс програми розрахунку внутрішніх напружень.

За наявності значень радіуса зразка деревини, вологості в центрі та на відстані за допомогою програми можна оперативно отримати значення прогнозованих внутрішніх напружень. На рис. 5 показано фрагмент лістингу програми розрахунку внутрішніх напружень, написаної мовою програмування TurboPascal.

```

Procedure Mas_01 (var Xi:mas; m:integer);(input Mas_01)
begin
  X1[1,4]:= 0.05; X1[2,4]:= 0.3; X1[3,4]:=0.5; X1[4,4]:= 0.8; X1[5,4]:=
  X1[1,6]:= 0.00; X1[2,6]:= 0.1; X1[3,6]:=0.2; X1[4,6]:= 0.4; X1[5,6]:=
  X1[1,8]:= 0.00; X1[2,8]:= 0.05; X1[3,8]:=0.12; X1[4,8]:= 0.2; X1[5,8]:=
  X1[3,10]:= 0.07; X1[4,10]:= 0.14; X1[5,10]:=0.2; X1[6,10]:=0.3; X1[8,10]:=
  X1[3,12]:= 0.05; X1[4,12]:= 0.08; X1[5,12]:=0.14; X1[6,12]:=0.2; X1[8,12]:=
  X1[4,14]:= 0.07; X1[5,14]:= 0.1; X1[6,14]:=0.15; X1[8,14]:=0.25; X1[10,14]:=
  X1[4,16]:= 0.05; X1[5,16]:= 0.07; X1[6,16]:=0.12; X1[8,16]:=0.2; X1[10,16]:=
  X1[5,18]:= 0.06; X1[6,18]:= 0.08; X1[8,18]:=0.2; X1[10,18]:=0.25; X1[12,18]:=
  X1[6,22]:= 0.05; X1[8,22]:= 0.08; X1[10,22]:=0.16; X1[12,22]:=0.25; X1[14,22]:=
  X1[8,26]:= 0.08; X1[10,26]:=0.12; X1[12,26]:=0.18; X1[14,26]:=0.26; X1[16,26]:=
  X1[10,30]:=0.08; X1[12,30]:=0.14; X1[14,30]:=0.23; X1[16,30]:=0.27; X1[20,30]:=
end;

Procedure CalcMat1(var Xi,r:integer);(calc. value X1[Xi,r],Xi-from center, r-r
begin
  ClrScr;
  TextMode(3);
  TextBackGround(3);

```

Рис. 5. Фрагмент лістингу програми розрахунку внутрішніх напружень.

Приклад результатів розрахунків залежності внутрішніх напружень σ_r та σ_θ від відстані точки напруження від центру зразка наведено на рис. 6.



Рис. 6. Залежності ($\sigma_r = f(x_i)$, $\sigma_t = f(x_i)$) внутрішніх напружень σ_r та σ_t від відстані x_i точки напруження від центру зразка деревини (при фіксованих: $W_{\text{ц}} = 15$ см; $W_{\text{п}} = 12$ см; $E_r = 50000$ Н/см²; $k_r = 0,2$; $k_\theta = 0,3$).

Гradient вологості за перетином матеріалу опосередковано відображує внутрішні напруження в матеріалі під час сушіння, тому контроль за внутрішніми напруженнями деревини під час її сушіння можна вести за допомогою виміру вологості. Для того, щоб одержати інформацію про перепад вологості ΔW за перетином пиломатеріалу одночасно підключають два вологоміри: один на поверхні, другий - у центрі зразка, що висушується.

За отриманою величиною ΔW можна судити про напруження, що розвиваються в деревині: чим більше перепад вологості між поверхневими та центральними шарами, тим небезпечнішою є величина напружень в зовнішньому шарі сортименту. У той же час вологість центрального шару буде відображати поточну вологість сортименту.

На початковому етапі сушіння поверхневий шар матеріалу досить швидко досягає рівноважної вологості і температура поверхневого шару приблизно дорівнюватиме температурі агента сушіння. Отже, вимірюючи ΔW двома вологомірами: першим, встановленим на поверхні сортименту і другим, вмонтованим в центр сортименту, можна регулювати перепад вологості, тим самим забезпечуючи оптимізацію процесу з урахуванням напружень, що виникають при видаленні вологи з матеріалу.

На рис. 7 приведено блок схему запропонованого авторами методу контролю та регулювання процесу сушіння колод за

допомогою неперервного контролювання вологості деревини на поверхні та в центрі сортименту.

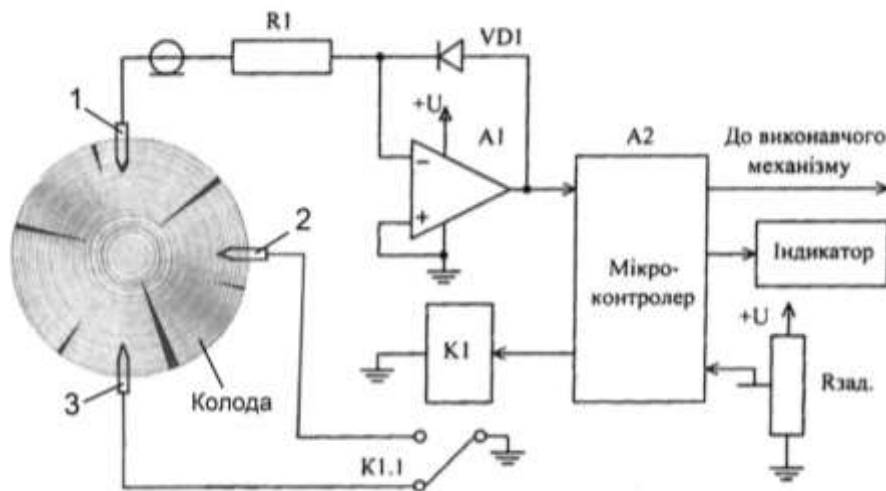


Рис. 7. Блок схема методу контролю та регулювання процесу сушіння колод.

Сушіння лісоматеріалів здійснюється в такий спосіб. На колоді встановлюють електроди 1, 2 та 3. Електрод 1 підключають до входу вимірювальної схеми, виконаної у вигляді логарифмічного підсилювача A1. Електроди 2 і 3 по чергово з'єднують через перемикач K1.1 із загальним дротом ("землею") вимірювальної схеми. При підключенні електрода 2 через перемикач K1.1 до загального дроту ("землі"), на електроді 1 одержуємо електричні сигнали пропорційні вологості верхнього шару лісоматеріалу. Аналогічно, підключивши електрод 3 до загального дроту схеми, одержуємо на електроді 1 електричні сигнали пропорційні вологості лісоматеріалу по перетину. Різницю сигналів використовуємо для керування режимом сушіння деревини. При перевищенні різниці вологості вище припустимої по технологічному режиму, зменшуємо температуру сушильного агента або збільшуємо його вологовміст.

Для автоматизації процесу сушіння припустиму різницю сигналів задають задатчиком Rзд. за показниками індикатора які підключені до мікроконтролера A2. Сигнали з виходу вимірювальної схеми A1 подають на вхід мікроконтролера, що видає сигнали керування на реле K1 для перемикання електродів 2 і 3 контактами K1.1 і сигнали керування на виконавчі механізми зволожувача та нагрівача сушильного агента сушарки.

Корегування технологічного процесу сушіння шляхом зволоження лісоматеріалу чи припинення його нагрівання в процесі сушіння за допомогою пропонованого способу дозволить запобігти розтріскуванню деревини та вести технологічний процес максимально інтенсивно при високій якості сушіння.

Висновки

1. Запропоновано метод розрахунку та контролю внутрішніх напружень в круглих лісоматеріалах, що дозволяє проводити дослідження впливу різних способів і режимів сушіння для забезпечення бездефектного проведення процесу.

2. Розроблено спосіб вимірювання внутрішніх напружень в круглих сортиментах протягом сушіння, який дає можливість регулювати процес по напруженнях, що забезпечить його якісне проведення та зменшення тривалості.

Список літератури

1. Серговский П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский, А.И. Расев. – М.: Лесная пром-сть, 1987. – 360 с.

Приведены результаты расчетов с использованием математического программного обеспечения сушильных напряжений в круглых лесоматериалах. Описан способ контроля их величины.

Круглые лесоматериалы, технология сушки, сушильные напряжения, контроль процесса.

The results of drying stresses calculations with the use of mathematical software in round timber are given. Way to control them is described.

Round timbers, drying technology, drying stresses, process control.

УДК 674.047

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ДУБОВИХ ЗАГОТОВОК НА ПІДПРИЄМСТВІ ТОВ «ЮРО ЛАМБЕР»

**О.О. Пінчевська, доктор технічних наук
Р.М. Коробко, студент**

Наведені результати досліджень якості сушіння дубових заготовок в конвекційних сушарках. Виявлені порушення технології, які призвели до низької якості сушіння та зниженню продуктивності камер.

Дубові заготовки, конвекційні сушарки, якість сушіння.

© О.О. Пінчевська, Р.М. Коробко, 2013

3. Пінчевська О.О. Прогнозування якості сушіння пиломатеріалів / О.О.Пінчевська. – К. : Аграр Медіа груп, 2010. – 228 с.

Приведены результаты исследования качества сушки дубовых заготовок в конвективных камерах. Обнаружены нарушения технологии, приведшие к снижению качества сушки и производительности камер.

Дубовые заготовки, конвективные сушилки, качество сушки.

The results of drying quality oak stocks investigations in the chambers are given. The technology disorders' that led to make worth drying quality and chambers productivity were discovered.

Oak stocks, chambers, drying quality.

УДК 338.32

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ МЕБЛЕВОЇ ТА ДЕРЕВООБРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

**С.З. Сагаль, кандидат технічних наук
Асоціація «Меблідеревпром»**

Проведено техніко-економічний аналіз потужностей з виробництва меблів та продукції з деревини в Україні. Розглянуто вплив експортно-імпортних операцій на стан внутрішнього ринку України. Запропоновані заходи щодо реалізації наявного потенціалу меблевої та деревообробної галузі.

Потужності, меблі, вироби з деревини, експорт, імпорт, заходи, потенціал.

При аналізі економічного зростання країн-лідерів світового ринку часто не береться до уваги те, що одним з головних чинників їх ринкової експансії є потужна лісодеревообробна промисловість. В даний час, за даними ООН, об'єм світової торгівлі лісопродукцією складає понад 1трл. \$, і надалі прогнозується її стійке зростання. Найважливішими передумовами розвитку деревообробної галузі України є наявність власної сировини і потужних деревообробних підприємств. Отже для раціонального їх використання необхідний аналіз стану та розробка заходів по стимулюванню виробництва.

© С.З. Сагаль, 2013

Мета досліджень – визначити чинники що суттєво впливають на техніко-економічний потенціал деревообробного комплексу України та розробити заходи по стимулюванню виробництва та внутрішнього споживання продукції з деревини.

Методика досліджень. Використані економіко-статистичні методи аналізу даних підприємств та Державного комітету статистики України.

Результати досліджень. Обсяг реалізованої промислової продукції в 2012 році за видом діяльності «Оброблення деревини та виробництва виробів з деревини, крім меблів» склав 8,204 млрд. грн., або близько 1 млрд. дол. США, що складає 0,8 % від всього промислового виробництва в Україні. При цьому експорт за видом діяльності «Оброблення деревини та виробництва виробів з деревини, крім меблів» склав 1,06 млрд. дол. США, що на 1,6% менше, ніж у 2011 р. В той самий час спостерігалось зменшення обсягів імпорту, так у минулому році за видом діяльності «Оброблення деревини та виробництва виробів з деревини, крім меблів» в Україну було імпортовано продукції на 349,3 млн. дол. США, що на 6% менше, ніж у 2011 р. Об'єми виробництва, експорту та імпорту деревини та виробів з деревини в Україні наведені в табл. 1.

1. Об'єми виробництва, експорту та імпорту деревини та виробів з деревини в Україні.

Рік	Виробництво, дол. США	Експорт, дол. США	Імпорт, дол. США	Внутрішнє споживання, дол. США
2008	810000	517305	310460	603155
2010	796000	827994	321094	292100
2011	961200	1077831	374548	257917
2012	1012000	1059739	349255	301516

Підприємствами асоціації в 2012 році вироблено 1629 тис. м куб. деревинностружкових плит, із яких 1085,4 тис. м куб. ламінованих. При цьому спостерігався невеликий спад обсягів виробництва: в порівнянні з попереднім роком темпи росту складають 98 % та 94 %.

Лідерами по виробництву деревинностружкових плит є компанії ТОВ «Свіспан-Лімітед» та ТОВ «ЛК Інтерпліт Надвірна» з об'ємами відповідно 313,5 тис. м куб. і 197 тис. м куб.

Хороші показники освоєння нових потужностей демонструє ТОВ «Кроноспан УА» яке виготовило 180,4 тис. м куб. деревинностружкових плит. Деревинноволокнисті плити малих товщин виробляють два потужні деревообробні комбінати, а саме

ТОВ «Уніплит» 18,5 млн. м кв. та ПрАТ «Фанплит» 7,8 млн. м кв. У виробництві ДВП також спостерігався спад: в порівнянні з попереднім роком темпи росту склали 97 % та 67 %. Загальний обсяг виробництва ДВП в 2012 р. склав 26,3 млн. м кв. з темпом росту 85,7% до 2011 року.

Фанеру клеєну в Україні виготовляють п'ять підприємств членів асоціації. В 2012 р. виробництво фанери клеєної склало 167 тис. м куб. або 98,8% до попереднього року. Лідером в цій галузі є ТОВ «Одек» Україна 79,1 тис. м куб., або 47,4 % загального об'єму виробництва.

Обсяг реалізованої продукції в 2012 році за видом діяльності «Меблі» склав 5,79 млрд. грн, або близько 720 млн. дол. США, що складає 0,5 % від всього промислового виробництва в Україні. При цьому експорт за видом діяльності «Меблі» склав 508,77 млн. дол. США, що на 14,1%вище, ніж у 2011 р. В той самий час значними темпами зростає також імпорту меблів: так у минулому році в Україну було імпортовано меблевої продукції на 550,1 млн. дол. США, що на 13,6%більше, ніж у 2011 р. Об'єми виробництва, експорту та імпорту меблів в Україні наведені в табл. 2.

2. Об'єми виробництва, експорту та імпорту меблів в Україні.

Рік	Виробництво, дол. США	Експорт, дол. США	Імпорт, дол. США	Внутрішнє споживання, дол. США
2008	620000	354000	608000	874000
2010	630000	311657	368997	687340
2011	645000	445702	484448	683746
2012	715000	508768	550092	756324

Із наведених цифр видно, що зовнішньоекономічне торгівельне сальдо в деревообробці позитивне, а в меблевій галузі від'ємне. Тобто ринок меблів України наполовину зайнятий імпортом. А це безумовно і зменшення внутрішнього ринку плитних матеріалів.

З урахуванням ситуації, що склалась в галузі та створення належних умов для реалізації наявного потенціалу лісопромислового комплексу України пропонуємо:

1. Визнати деревообробку та меблеву промисловість пріоритетним сектором економіки України;
2. Розробити та впровадити механізм реалізації необробленої деревини для великих підприємств по довгострокових договорах терміном від 1 до 10 років;

3. Першочергово забезпечити вітчизняні виробництва необробленою деревиною, а експорт її здійснювати по залишковому принципу;

4. Обмежити зростання імпорту меблів та плит шляхом введення імпортного мита на деревинностружкові і деревинноволокнисті плити, фанеру, у розмірі 7%, та меблі у розмірі 10%;

5. Зменшити або скасувати ставки ввізного мита на фурнітуру для меблів та меламін, які не виробляються в Україні і ввозяться для внутрішнього виробництва;

6. Налагодити систему глибокої переробки лісу. Для цього на державному рівні стимулювати практику збору та переробки відходів деревини і ввести політику заохочення створення системи концентрації та спеціалізації лісопильного виробництва з метою максимального використання деревини;

7. Рекомендувати меблевим виробникам максимально закуповувати плитну продукцію у вітчизняних виробників та стимулювати закупівлю меблів українських виробників. Для цього рекомендувати за державні кошти купувати меблі виключно українських виробників;

8. Розробити та впровадити механізми нетарифного захисту внутрішнього ринку меблів, деревинностружкових та деревинноволокнистих плит та фанери. Для цього впровадити Технічний регламент з безпеки меблів, який визначає технічні вимоги до меблів, процедури оцінки відповідності та змісту маркування;

9. Запровадити механізм розмитнення меблів при якому імпортерами повинні надаватися документи на відповідність санітарно-гігієнічним і фітосанітарним нормам, національним стандартам України на кожну партію меблів, плит та столярних виробів, що завозяться в Україну;

10. Розробити програму розвитку лісодеревообробної галузі до 2025 року;

11. Запровадити політику заохочення діяльності національних меблевих і деревообробних підприємств експортерів;

12. Продовжити термін дії Перехідних положень Податкового Кодексу на 3 роки - до 1 січня 2017 р. щодо дії пільги зі сплати ПДВ на операції постачання, імпорту та експорту необробленої деревини товарних позицій 4401, 4403, 4404 згідно з УКТ ЗЕД.

Важливо відзначити, що виконання вищеперерахованих пропозицій дасть можливість збільшити об'єми виробництва на 30-50%, забезпечити повністю потребу внутрішнього ринку і додатково переробити 2 млн. кубометрів необробленої деревини.

Висновки

1. Наведені дані щодо об'ємів виробництва, експорту та імпорту меблів, деревостружкових і деревоволокнистих плит та фанери. Проаналізовано вплив техніко-економічних чинників та об'єм внутрішнього ринку України.

2. Запропоновані заходи по стимулюванню виробництва та внутрішнього споживання меблів та виробів з деревини.

Приведен технико-экономичный анализ мощностей по производству мебели и продукции из древесины Украины. Рассмотрено влияние экспортно-импортных операций на состояние внутреннего рынка Украины. Предложены методы реализации имеющегося потенциала мебельной и деревообрабатывающей промышленности.

Мощности, мебель, продукция из древесины, экспорт, импорт, мероприятия, потенциал.

An analysis of technical and economical facilities for production of furniture and wood products from Ukraine. Analyzed effect of export-import operations on state of domestic market of Ukraine. Proposed methods of existing potential of woodworking and furniture industry.

Power, furniture, wood products, exports, imports, activities, potential.

УДК 674.05

НОВЕ ЕФЕКТИВНЕ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ ПІДДОНІВ

З.С. Сірко, кандидат технічних наук

Досліджено точність оброблення дерев'яних піддонів на спеціально створеній автоматичній лінії.

Деревина, піддони, лінія оброблення піддонів, точність, якість.

На сьогоднішній день транспортування продукції, проведення навантажувально-розвантажувальних робіт та її складування проводять здебільшого з використанням дерев'яних піддонів. Якість цих робіт залежить від точності виготовлення піддонів та їх оброблення (маркування, обрізання кутів та фрезерування нижніх дощок).

© З.С. Сірко, 2013

Висновки

1. Наведені дані щодо об'ємів виробництва, експорту та імпорту меблів, деревостружкових і деревоволокнистих плит та фанери. Проаналізовано вплив техніко-економічних чинників та об'єм внутрішнього ринку України.

2. Запропоновані заходи по стимулюванню виробництва та внутрішнього споживання меблів та виробів з деревини.

Приведен технико-экономичный анализ мощностей по производству мебели и продукции из древесины Украины. Рассмотрено влияние экспортно-импортных операций на состояние внутреннего рынка Украины. Предложены методы реализации имеющегося потенциала мебельной и деревообрабатывающей промышленности.

Мощности, мебель, продукция из древесины, экспорт, импорт, мероприятия, потенциал.

An analysis of technical and economical facilities for production of furniture and wood products from Ukraine. Analyzed effect of export-import operations on state of domestic market of Ukraine. Proposed methods of existing potential of woodworking and furniture industry.

Power, furniture, wood products, exports, imports, activities, potential.

УДК 674.05

НОВЕ ЕФЕКТИВНЕ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ ПІДДОНІВ

З.С. Сірко, кандидат технічних наук

Досліджено точність оброблення дерев'яних піддонів на спеціально створеній автоматичній лінії.

Деревина, піддони, лінія оброблення піддонів, точність, якість.

На сьогоднішній день транспортування продукції, проведення навантажувально-розвантажувальних робіт та її складування проводять здебільшого з використанням дерев'яних піддонів. Якість цих робіт залежить від точності виготовлення піддонів та їх оброблення (маркування, обрізання кутів та фрезерування нижніх дощок).

© З.С. Сірко, 2013

Правильний вибір піддонів дозволить ефективніше перевозити продукцію, виконувати навантажувально-розвантажувальні роботи та складувати для її зберігання.

Мета досліджень. Метою роботи є підвищення точності оброблення кутів піддонів та фрезерування нижніх дощок.

Матеріали і методика досліджень. Згідно ГОСТ 9557-87 «Поддон плоский деревянный размером 800×1200 мм. Технические условия» [1], який є міждержавним стандартом, для виготовлення піддонів використовують пиломатеріали хвойних порід (ялиці, ялини, сосни, модрина) та пиломатеріали листяних порід (вільхи, берези, тополя, дуба, ясеня, бука, в'яза, акації, клена, платана, каштана). Конструкція піддону повинна відповідати вимогам ГОСТ9078-84 «Поддоны плоские. Общие технические условия» [2] і бути розрахованою на витримування без залишкових деформацій робочих навантажень максимально допустимої маси вантажу при складуванні, перевезенні та перевантажуванні.

Дерев'яні деталі піддонів повинні бути без вад: гострого обзелу, прорості, гнилі, механічних пошкоджень та сторонніх включень. Сучки діаметром до 10мм не враховуються. Діаметр одного сучка не повинен перевищувати 1/4 ширини дошки на поперечних дошках і 1/3 ширини дошки – на інших дошках.

Піддон виготовляють з'єднанням поздовжніх дощок настилу з поперечними дошками, наступним з'єднанням настилу із верхніх поздовжніх і поперечних дощок, а також дощок основи із шашками. Поздовжні дошки настилу з'єднують з поперечними дошками гвинтовими чотирьохходовими цвяхами діаметром 3,5 мм та довжиною 60 мм. Шашки повинні бути виготовлені із цілого куска деревини або одного куска пресмаси із деревних відходів за ГОСТ 11368-89 [3]. Параметр шорсткості поверхонь піддону – за ГОСТ 9078-84.

Випробування піддонів, виготовлених на автоматичній лінії мод. «MFRA-1000» фірми «I V Hart AB» (Швеція) та на автоматичній лінії, яка створена за участю автора статті (патент № 62908) [4], проводили на ТзОВ «Італінвестіф». Створена лінія відрізняється від лінії мод. «MFRA-1000» тим, що направляючі системи регулювання ширини та довжини піддонів виконані із круглих товстостінних шліфованих труб з можливістю регулювання по довжині переміщенням по них паралельно поздовжній осі піддона маркувальних головок на верстаті для маркування піддонів і пильних супортів на верстаті для обрізання кутів піддонів та по ширині переміщенням супортів за допомогою регулювальних гвинтів на всіх верстатах лінії, а система притиску виконана з окремих шести пневмоциліндрів, кожний із яких обладнаний притискним роликом.

Загальний вигляд створеної автоматичної лінії для оброблення дерев'яних піддонів показаний на рис. 1.

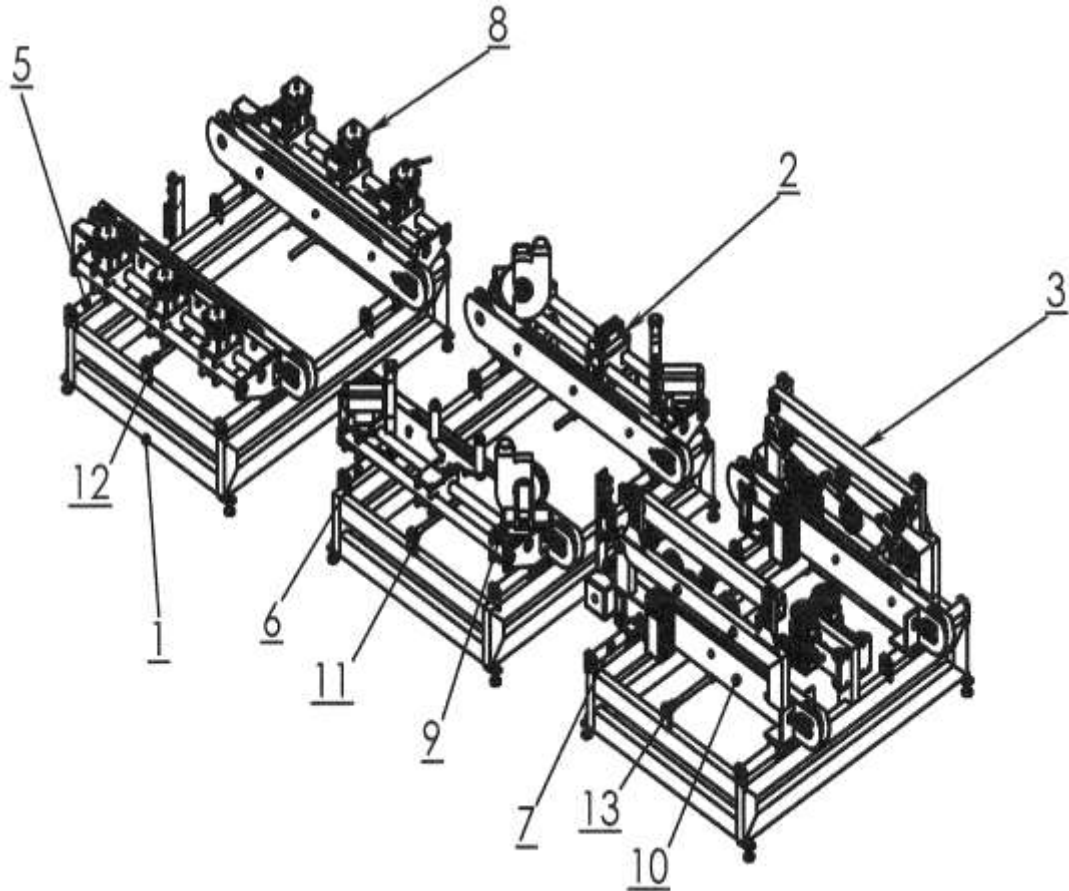


Рис. 1. Загальний вигляд автоматичної лінії для оброблення дерев'яних піддонів: 1 – верстат для маркування піддонів; 2 – верстат для обрізання кутів піддонів; 3 – верстат для фрезерування лисок нижніх дощок піддонів; 5, 6, 7 – направляючі системи регулювання ширини та довжини піддонів; 8, 9, 10 – система переміщення пиляльних та фрезерних супортів; 11, 12, 13 – регулювальні гвинти; 14 – пневмоциліндри.

Точність обрізання кутів піддону визначали шляхом вимірювання кута α за допомогою кутоміра з ноніусом за ГОСТ 5378 [5] (рис. 2).

Перпендикулярність фрезерованих лисок нижніх дощок піддону по відношенню до їх поздовжніх крайок визначали за допомогою повірного кутника за ГОСТ 3749 [6] та щупа за ТУ 3936-214-54769955-2008 [7]. Місце розташування кутника при вимірюванні показано на рис.2 (розріз А-А).

Результати досліджень. Результати вимірювань кута α обрізаних кутів піддонів на автоматичній лінії мод. «MFRA-1000» та на створеній лінії приведені в табл. 1.

1. Результати вимірювань кута α обрізаних кутів піддонів.

Номер (позначення зразка)	Значення кута α на лінії «MFRA-1000», °	Значення кута α на створеній лінії, °
1	137	136
2	138	135
3	137	136
4	136	136
5	138	134
x сер = 137,2		x сер = 135,4

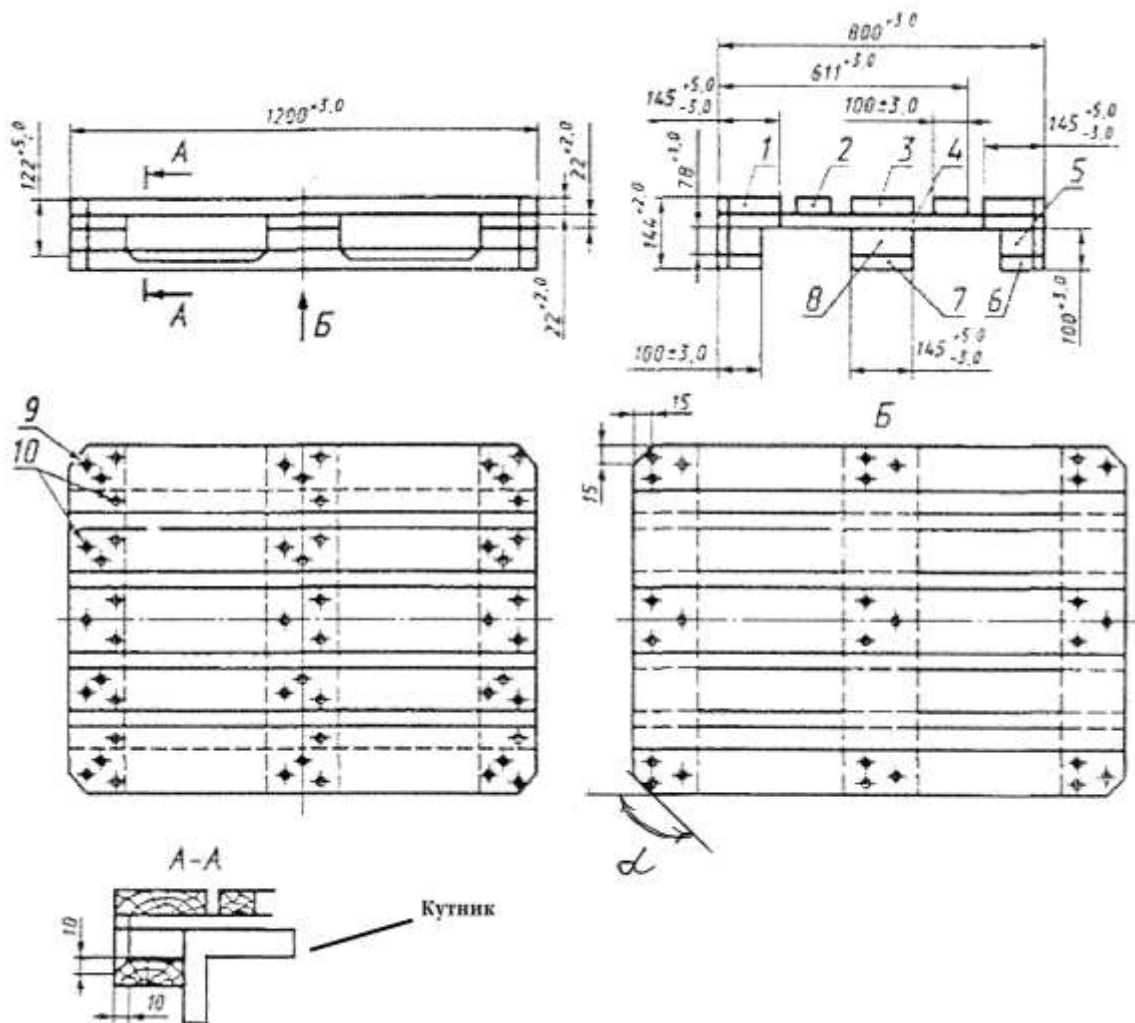


Рис. 2. Піддон плоский дерев'яний: 1 – дошка настилу крайня; 2 – дошка настилу проміжна; 3 – дошка настилу середня; 4 – дошка поперечна; 5 – мала шашка; 6 – дошка основи крайня; 7 – дошка основи середня; 8 – велика шашка; 9 – гвинтові цвяхи.

Точне значення кута обрізання – $135^\circ \pm 1^\circ$. Результати вимірювань перпендикулярності фрезерованих лисок нижніх дощок піддонів по відношенню до їх поздовжніх крайок наведені в табл. 2.

Допуск перпендикулярності – 0,3 мм на довжині вимірювання 100 мм. Дослідження показали, що точність оброблення піддонів (величина зазору між кутником та поздовжньою крайкою нижньої дошки піддону при фрезеруванні лисок) з використанням нового устаткування порівняно із аналогом вища на 27%.

2. Результати вимірювань перпендикулярності фрезерованих лисок до поздовжніх крайок нижніх дощок.

Номер (позначення зразка)	Величина зазору між кутником та поздовжньою крайкою нижньої дошки піддону при фрезеруванні лисок на лінії мод. «MFRA-1000», мм	Величина зазору між кутником та поздовжньою крайкою нижньої дошки піддону при фрезеруванні лисок на створеній лінії, мм
1	0,48	0,25
2	0,36	0,27
3	0,44	0,31
4	0,29	0,34
5	0,46	0,32
	x сер = 0,406	x сер = 0,298

Висновки

1. Створена автоматична лінія для оброблення дерев'яних піддонів на основі нових технічних рішень дозволяє підвищити точність обрізання кутів піддонів та фрезерування лисок нижніх дощок піддонів.

2. Результати досліджень показали, що точність обрізання кутів піддонів на створеній автоматичній лінії знаходиться в полі допуску за рахунок застосування нової системи регулювання переміщення пильних супортів.

3. Результати досліджень показали також, що виконання системи притиску з окремих шести пневмоциліндрів, кожний із яких обладнаний притискним роликком дозволило підвищити точність фрезерування лисок, перпендикулярність яких до поздовжніх крайок нижніх дощок знаходиться в полі допуску.

Список літератури

1. Поддон плоский деревянный размером 800 x 1200 мм. Технические условия: ГОСТ9557-87. – [Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 23.04.87 № 1362]. – М. Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР, 1978. – 12 с.
2. Поддоны плоские. Общие технические условия: ГОСТ 9078-84. – Утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта от 28.12.91 № 2293]. – М. Государственный стандарт Союза ССР, 1986. – 13 с.

3. *Массы* древесные прессованные. Технические условия: ГОСТ 11368-89. – [Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 26.06.89 № 1993]. – М. Министерство лесной промышленности СССР, 1989. – 20 с.
4. *Патент* на корисну модель № 62908, Україна, МПК В27 М3/34. Автоматична лінія для оброблення дерев'яних піддонів / Романовський Д.Є., Юзьо Я.В., Сірко З.С.; власники Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс», ТзОВ «Італінвестіф», – № u2011 00530; заявл. 18.01.2011; опубл. 26.09.2011, Бюл. № 18.
5. *Угломеры* с нониусом. Технические условия: ГОСТ 5378-88. - [Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 17.10.88 № 3447. – М. Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР, 1989. – 12 с.
6. *Угольники* поверочные 90°. Технические условия: ГОСТ 3749-77. – [Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 22.06.77 № 1551]. – М. Государственный комитет по стандартам, 1977. – 9с.
7. *Наборы* щупов номеров 1,2,3,4. Технические условия: ТУ3936-214-54769955-2008. – [Разработчик и держатель подлинника ТУ3936-214-54769955-2008 – ЗАО ТД «Челябинский инструментальный завод»]. – Челябинск, 2008. – 3 с.

Исследовано точность обработки деревянных поддонов на специально созданной автоматической линии.

Древесина, поддон, линия обработки поддонов, точность, качество.

The research of accuracy of cutting the angles and milling the flat spots of bottom boards of wooden pallets on a newly designed processing line.

Wood, pallet, processing line, accuracy, quality.

УДК 674.023.05

ВПЛИВ КУТА РІЗАННЯ НА ПРОЦЕС СТРУЖКОУТВОРЕННЯ

Р.М. Коробко, студент

З.С. Сірко, кандидат технічних наук

Досліджено вплив кута різання на процес стружкоутворення та зусилля різання.

Деревина, стружка, кут різання, зусилля різання, стружкоутворення.

© Р.М. Коробко, З.С. Сірко, 2013

3. *Массы* древесные прессованные. Технические условия: ГОСТ 11368-89. – [Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета ССР по стандартам от 26.06.89 № 1993]. – М. Министерство лесной промышленности СССР, 1989. – 20 с.
4. *Патент* на корисну модель № 62908, Україна, МПК В27 М3/34. Автоматична лінія для оброблення дерев'яних піддонів / Романовський Д.Є., Юзьо Я.В., Сірко З.С.; власники Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс», ТзОВ «Італінвестіф», – № u2011 00530; заявл. 18.01.2011; опубл. 26.09.2011, Бюл. № 18.
5. *Угломеры* с нониусом. Технические условия: ГОСТ 5378-88. - [Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета ССР по стандартам от 17.10.88 № 3447. – М. Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР, 1989. – 12 с.
6. *Угольники* поверочные 90°. Технические условия: ГОСТ 3749-77. – [Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета ССР по стандартам от 22.06.77 № 1551]. – М. Государственный комитет по стандартам, 1977. – 9с.
7. *Наборы* щупов номеров 1,2,3,4. Технические условия: ТУ3936-214-54769955-2008. – [Разработчик и держатель подлинника ТУ3936-214-54769955-2008 – ЗАО ТД «Челябинский инструментальный завод»]. – Челябинск, 2008. – 3 с.

Исследовано точность обработки деревянных поддонов на специально созданной автоматической линии.

Древесина, поддон, линия обработки поддонов, точность, качество.

The research of accuracy of cutting the angles and milling the flat spots of bottom boards of wooden pallets on a newly designed processing line.

Wood, pallet, processing line, accuracy, quality.

УДК 674.023.05

ВПЛИВ КУТА РІЗАННЯ НА ПРОЦЕС СТРУЖКОУТВОРЕННЯ

Р.М. Коробко, студент

З.С. Сірко, кандидат технічних наук

Досліджено вплив кута різання на процес стружкоутворення та зусилля різання.

Деревина, стружка, кут різання, зусилля різання, стружкоутворення.

© Р.М. Коробко, З.С. Сірко, 2013

Постановка проблеми. Відомо [1,2,3], що при входженні різця в деревину його передня грань, яка розміщена під кутом різання δ здійснює зсув або відрив утвореної при цьому стружки. Результати проведених раніше досліджень показують, що чим менший кут різання δ тим менша деформація зрізуваного шару та його усадка і тим менше зусилля необхідне для входження різця в деревину. Відомо також, що із зменшенням кута різання зменшується питомий опір різанню. Зменшення зусилля різання із застосуванням різців з малими кутами різання витікає з розгляду сил (рис.1), що діють зі сторони передньої грані різця на деревину [4]:

$$P_1 = K_{ck} \cdot h(l - \frac{h}{2\operatorname{tg}\delta}),$$

де P_1 – сила, що діє на деревину зі сторони передньої грані;

K_{ck} – питома робота сколювання;

h – товщина шару, що зрізається;

l – довжина шару, що зрізається.

Форма стружки, яка утворюється під час різання, тісно пов'язана із силами різання та якістю обробленої поверхні [5]. Межа між зрізаною стружкою та шаром товщиною h , що знімається, проходить лінією nn_1 (рис. 1). Можна вважати, що по площині, яка проектується в лінію nn_1 , утворюється стружка. Під час різання із проникненням леза у деревину на величину x під дією сили p_1 легше відшарувати деревину на деякій довжині l , ніж зруйнувати стиском силою p_2 .

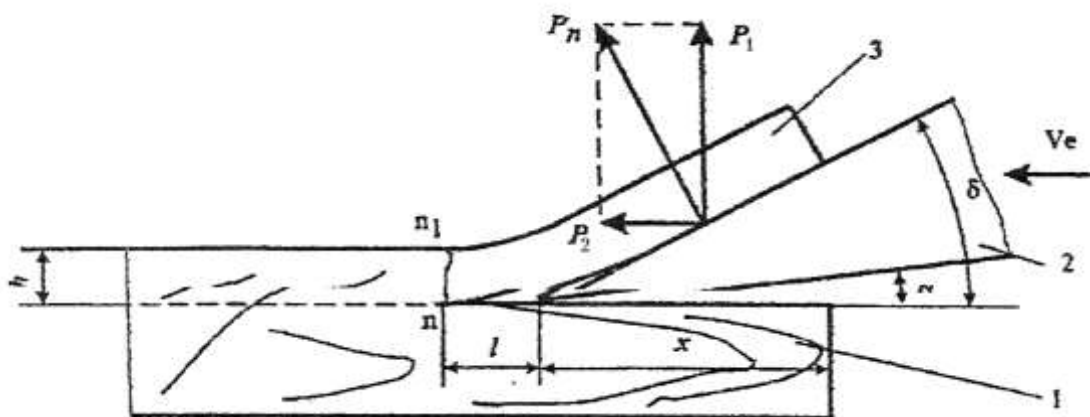


Рис. 1. Схема стружкоутворення під час різання деревини: 1 – заготовка; 2 – різець; 3 – стружка; δ - кут різання; x – шлях різця в деревині; P_1 – сила сколювання; P_2 – сила стиску; P_n – результуюча сила різання; h – товщина стружки; $n-n_1$ – лінія відриву стружки.

Іншими словами, з метою зменшення витрат енергії на різання необхідно використовувати різці по можливості з меншими кутами різання.

Мета досліджень є вивчення впливу кута різання на зусилля різання в залежності від напрямку волокон деревини.

Матеріали і методика досліджень. Експериментальні дослідження проводились на спеціальній установці, на якій є можливість регулювати швидкість подачі заготовок. Різцем служив зуб рамної пилки, який разом з тілом пилки можна було закріплювати та повертати на необхідні величини кутів різання.

Зразки були виконані із деревини сосни розміром 300 x 100 x 20 мм.

Загальний вигляд установки показаний на рис. 2.



Рис. 2. Загальний вигляд експериментальної установки для дослідження процесу пиляння

Зусилля різання визначали за допомогою універсального динамометра УДМ-100, який дозволяє вимірювати зусилля за осями X, Y, Z до 1000 Н (рис. 3).



Рис. 3. Загальний вигляд універсального динамометра УДМ-100.

Принцип дії даного динамометра ґрунтується на зміні параметрів електричного ланцюга датчика, що перетворює малі пружні деформації (під дією сил різання) в змінючі електричні величини. В процесі різання сили P_z, P_y та P_x , які діють на різець, що закріплений в динамометрі, безпосередньо передаються пружним опорним елементам та вимірюються тензодатчиками. Для уникнення взаємовпливу складових сил різання датчики вмикаються в мостову вимірювальну схему строго визначеним способом послідовного вмикання датчиків в схеми вимірювання сил.

Результати досліджень. Проведені дослідження стружкоутворення при різанні зразків із деревини сосни в торцевому, поздовжньому та поперечному напрямках. Визначали зусилля різання при різних кутах різання δ і для зручності порівнянь виразили їх за допомогою коефіцієнтів, які приведені в таблиці.

1. Коефіцієнти залежності зусиль різання при різних кутах та напрямках різання/

Напрямок різання	Кут нахилу							
	30°	45°	50°	55°	60°	70°	80°	90°
Торцевий	0,6	1,0	1,15	1,3	1,45	2,0	2,8	-
Поздовжній	0,7	1,0	1,10	1,2	1,3	1,7	2,4	-
Поперечний	0,9	1,0	1,05	1,06	1,09	1,15	1,22	1,3

Дослідження показали, що із збільшенням кута різання в торцевому, поздовжньому та поперечному напрямках зусилля різання зростають.

Висновки

1. Із збільшенням кута різання при різних напрямках різання зусилля різання зростають.
2. З метою зменшення витрат енергії на різання необхідно використовувати різці з меншими кутами різання.
3. Чим менший кут різання тим менша деформація стружки.

Список літератури

1. Воскресенский С.А. Резание древесины / С.А. Воскресенский. – М.: Гослесбумиздат, 1995. – 200 с.
2. Ивановский Е.Г. Резание древесины / Е.Г. Ивановский. – М.: Лесная промышленность, 1975. – 200 с.
3. Любченко В.И. Резание древесины и древесных материалов / В.И. Любченко. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 295 с.
4. Дешевой М.А. Механическая технология дерева / М.А. Дешевой. – Л.: Гослесбумиздат, 1939. – 550 с.
5. Ивановский Е.Г. Резание древесины / Е.Г. Ивановский. – М.: Лесная промышленность, 1975. – 200 с.

Исследовано влияние угла резания на процесс стружкообразования и усилия резания.

Древесина, стружка, угол резания, усилие резания, стружкообразование

The influence of angle of cutting on chip formation process and cutting force was researched.

Wood, angle of cutting, cutting force, chip formation.

УДК 681.3.06+674.047

COMPUTER-AIDED DESIGN AND RESEARCH OF FOREST DRYING CHAMBERS BY MEANS OF SOLIDWORKSAPI AND COSMOSFLOWWORKS

Ya.I. Sokolovskyy, Doctor of Technics

I.B. Boretska, Assistant

P.I. Rozhak, Engineer

National Forestry University of Ukraine

The thermal calculation and the analysis of physical steams in a forest drying chamber have been done using COSMOSFLOWWORKS design information technologies. The system of SolidWorks 2011 computer-aided design has been used for the solid state modeling of a forest drying chamber and the creation of three-dimensional models of its components. On the basis of SolidWorks API the "Wood v.1.0" programmer-oriented complex has been developed and realized using the Microsoft Visual studio 2010 compiler which enables to research the chamber parameters, as well as control the geometry of the forest drying chamber and stack.

CAD, SolidWorks, SolidWorksAPI, SolidWorksSimulation, SolidWorksFlowSimulation (COSMOSFloWorks), model, forest drying chamber, drying process, temperature.

Stating the practical problem. By means of SolidWorks/Flow/Simulation, SolidWorks API interface three-dimensional geometric model of sawn timber drying chamber has been designed. The program supplement for the chamber input parameters control, results of conducted experiments, as well as the geometry of the three-dimensional forest drying chamber model and parameters change of the

© Ya.I. Sokolovskyy, I.B. Boretska, P.I. Rozhak, 2013

Исследовано влияние угла резания на процесс стружкообразования и усилия резания.

Древесина, стружка, угол резания, усилие резания, стружкообразование

The influence of angle of cutting on chip formation process and cutting force was researched.

Wood, angle of cutting, cutting force, chip formation.

УДК 681.3.06+674.047

COMPUTER-AIDED DESIGN AND RESEARCH OF FOREST DRYING CHAMBERS BY MEANS OF SOLIDWORKSAPI AND COSMOSFLOWWORKS

Ya.I. Sokolovskyy, Doctor of Technics

I.B. Boretska, Assistant

P.I. Rozhak, Engineer

National Forestry University of Ukraine

The thermal calculation and the analysis of physical steams in a forest drying chamber have been done using COSMOSFLOWWORKS design information technologies. The system of SolidWorks 2011 computer-aided design has been used for the solid state modeling of a forest drying chamber and the creation of three-dimensional models of its components. On the basis of SolidWorks API the "Wood v.1.0" programmer-oriented complex has been developed and realized using the Microsoft Visual studio 2010 compiler which enables to research the chamber parameters, as well as control the geometry of the forest drying chamber and stack.

CAD, SolidWorks, SolidWorksAPI, SolidWorksSimulation, SolidWorksFlowSimulation (COSMOSFloWorks), model, forest drying chamber, drying process, temperature.

Stating the practical problem. By means of SolidWorks/Flow/Simulation, SolidWorks API interface three-dimensional geometric model of sawn timber drying chamber has been designed. The program supplement for the chamber input parameters control, results of conducted experiments, as well as the geometry of the three-dimensional forest drying chamber model and parameters change of the

© Ya.I. Sokolovskyy, I.B. Boretska, P.I. Rozhak, 2013

charging wood stack have been developed. In SolidWorksFlowSimulation (COSMOSFloWorks) program medium the distribution of thermal fields in the chamber during the drying process of sawn timber has been modeled. There has been researched the distribution dependence of dried wood temperature and humidity, sawn timber imitation surfaces caused by different capacity degree and quantity of thermal radiators, air movement direction and speed in the chamber. The SolidWorks 2011 computer-aided design system has been used to create the three-dimensional forest drying chamber model. Its medium and tools are well adapted to the construction of complex surfaces and assemblies.

The constructed in detail 3-D model of the forest drying chamber corresponds to sizes of real chambers the scale to be 1:1 what significantly slows down the process of the imitation modeling. In order to avoid the great loss of time on each experiment the simplified construction model of reduced sizes has been worked out (Fig. 1).

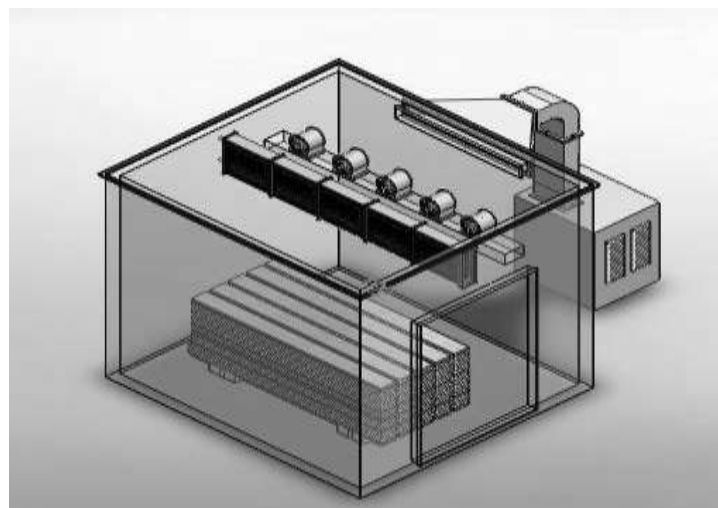


Fig. 1. Solid 3-D model of the forest drying chamber of periodic action in the assembly constructed by means of SolidWorks.

The analysis of the findings. The SolidWorks Flow Simulation (COSMOSFloWorks) computer-aided calculation system can receive results in graphics what makes them more available and comprehensible. In its turn the developed supplement enables to research variants as much as possible due to the change of input parameters for each new research. During the modeling process of forest drying chamber elements work it is possible to observe the temperature change in a chamber with every calculation iteration in real-time. In the upper part of the (Fig. 2) there are demonstrated denotations of all the parameters which we have set as the goals of the calculation. And in the lower part they are illustrated graphically. SolidWorks Flow

Simulation (COSMOSFloWorks) enables to research corresponding parameters in necessary chamber spots and in any moment of time. The system emits results for other researched parameters as well, for instance speed, pressure, density, intensity.

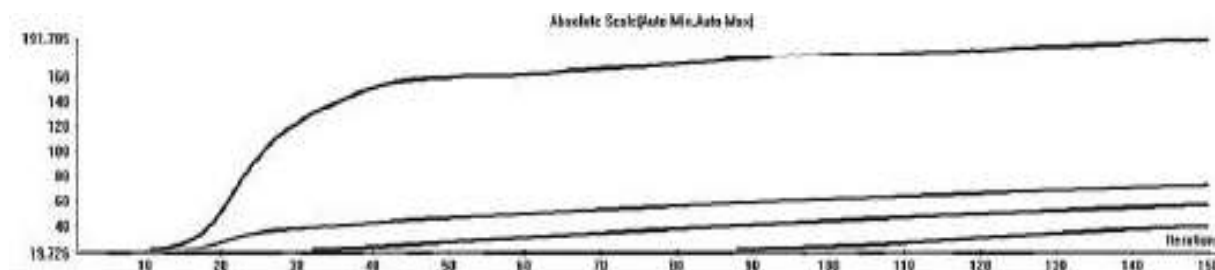


Fig. 2. Interim temperature denotations results concerning the time of research conducting.

Conclusions

The possibilities of SolidWorks API, SolidWorks Flow Simulation (COSMOSFloWorks) application for 3-D design of the forest-drying chamber in the process of wood drying have been demonstrated. In particular, in research: 3-D model of the forest drying chamber and its components with their necessary arrangement in it has been developed; the wood drying process, in particular the distribution of air and thermal steams in the chamber and wood have been modeled; modeling findings in both numerical and graphic form have been received and analyzed.

References

1. А.А. Алямовский. SolidWorksSimulation. Как решать практические задачи. – СПб.: БХВ-Петербург.2012. – 448.
2. Білей П.В. Теоретичні основи теплового оброблення і сушіння деревини. – К. : Вид-во "ВІК", 2005.
3. Гірник М.Л. Автоматизація процесів сушіння деревини у будівельній індустрії: структурний синтез САК / Гірник М.Л., Воронов В.Г., Сафарок В.О. та ін. – К. : Вид-во "Будівельник", 1992.
4. Рожак П.І. Автоматизоване проектування та дослідження лісосушильних камер засобами SolidWorksAPI і COSMOSFLOWWORKS// Борецька І.Б. Збірник наукових праць АПКТ-2012, м. Хмельницький, с. 270-279.
5. Соколовський Я.І. Розроблення системи автоматизованого проектування сушильних камер засобами COSMOSFloWORKS// Дендюк М.В., Варениця М.С. Прусак Ю.В. // Науковий вісник НЛТУ України. – 2010. – Вип.20.10.
6. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.solidworks.ru/>.
7. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.fsapr2000.ru/>.

Для твердотельного моделирования лесосушильной камеры и создания трехмерных моделей ее компонентов использована система автоматизированного проектирования SolidWorks 2011. Разработано программно-ориентированный комплекс "Wood v.1.0"

на основе SolidWorks API, с использованием компилятора Microsoft Visual Studio 2010, который позволяет исследовать параметры камеры, а также управлять геометрией лесосушильной камеры и штабеля. Осуществлено тепловой расчет и анализ физических потоков в лесосушильной камере с использованием информационных технологий проектирования COSMOSFloWorks.

САПР, SolidWorks, SolidWorks API, COSMOSFloWorks, модель, лесосушильная камера, процесс сушки, температура.

Для твердотілого моделювання лісосушильної камери та створення тривимірних моделей її компонентів використано систему автоматизованого проектування SolidWorks 2011. Розроблено програмно-орієнтований комплекс "Wood v.1.0" на основі SolidWorks API, з використанням компілятора Microsoft Visual studio 2010, який дає можливість досліджувати параметри камери, а також керувати геометрією лісосушильної камери та штабеля. Здійснено тепловий розрахунок та аналіз фізичних потоків у лісосушильній камері з використанням інформаційних технологій проектування COSMOSFLOWWORKS.

САПР, SolidWorks, SolidWorks API, COSMOSFloWorks, модель, лісосушильна камера, процес сушіння, температура.

УДК 004.942:674.047

**MATHEMATICAL MODELLING AND OPTIMIZATION
OF NONISOTHERMAL MOISTURE TRANSFER AND
VISCOELASTICITY STATE OF WOOD IN PROCESS OF DRYING.**

Ya. Sokolovskyy, Professor

I. Kapran, Assistant

I. Kroshny, Lecturer

National University of Forestry and Wood Technology of Ukraine

On the basis of theoretical and experimental studies were established regularities in the development of elastic, viscoelastic and residual strains described quantitative creep and relaxation functions necessary to calculate the stress-strain state in the wood drying process.

Wood, modeling, anizotropnist, temperature, humidity, relaxation, thermodynamics.

© Ya. Sokolovskyy, I. Kapran, I. Kroshny 2013

ВИЗНАЧЕННЯ АНІЗОТРОПНИХ ПРУЖНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕРЕВИНИ АКУСТИЧНИМ МЕТОДОМ

**Я.І. Соколовський, доктор технічних наук
О.Л. Сторожук, здобувач
Національний лісотехнічний університет України**

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень встановлені нові закономірності між швидкістю поширення акустичних хвиль та механічними властивостями деревини у широкому діапазоні температур та вологості, які можуть бути використані для вдосконалення технологічних процесів та операцій деревообробного виробництва і розробці нових методів кваліметрії.

Деревина, тензор модулів пружності, анізотропність, температура, вологість, акустичні методи, швидкість поширення акустичної хвилі.

Постановка проблеми. Інтенсивне споживання деревини як конструкційного матеріалу призводить до дефіциту деревинних ресурсів. У таких умовах постає питання раціонального використання деревини та виробів з неї. Одним із напрямків у вирішенні цієї проблеми є вдосконалення, розробка та впровадження енергоощадних технологій на підприємствах деревообробної галузі. Впровадження таких технологій нерозривно пов'язано із оперативним визначенням та контролем фізико-механічних характеристик деревини у різних технологічних процесах та операціях деревообробного виробництва.

Експериментальні та теоретичні дослідження, проведені за останні десятиліття, показали існування залежностей між фізико-механічними властивостями твердих тіл та швидкістю поширення акустичних хвиль. Завдяки зв'язку акустичних хвиль із фізико-механічними характеристиками матеріалів акустичні методи неруйнівного контролю характеризуються надійністю, швидкістю отримання інформації, ефективністю контролю, можливістю повторного вимірювання. Даний вид контролю застосовують до матеріалів, зокрема для деревини, які добре проводять акустичні хвилі. Тому виявлення і встановлення залежностей між фізико-механічними властивостями деревини та швидкістю поширення акустичних коливань у змінних температурно-вологісних умовах

© Я.І. Соколовський, О.Л. Сторожук, 2013

створює умови активного технологічного регулювання різних процесів оброблення деревини і контролю її якості.

Мета і завдання досліджень. Теоретичне та експериментальне визначення анізотропних пружних характеристик деревини акустичним методом та вдосконалення способів їх контролю за швидкістю поширення акустичних хвиль.

Досягнення поставленої мети вимагає вирішення таких основних завдань: 1) провести аналіз літературних джерел щодо визначення механічних властивостей деревини за допомогою акустичних неруйнівних методів; 2) синтезувати для деревини, як анізотропного пружного матеріалу, математичну модель поширення акустичних хвиль; 3) розробити математичну модель поширення акустичної хвилі у деревині як в'язкопружному матеріалі; 4) розробити та вдосконалити способи визначення швидкості поширення акустичних хвиль у деревині з метою підвищення точності вимірювань; 5) спроектувати та розробити експериментальну установку для акустичних досліджень; 6) для забезпечення проведення серії експериментальних досліджень із змінними кліматичними умовами спроектувати та розробити лабораторну кліматичну камеру; 7) розробити методику експериментальних досліджень знаходження швидкості поширення акустичних хвиль у деревині; 8) провести експериментальні дослідження для встановлення закономірностей зв'язку швидкості поширення акустичної хвилі із механічними властивостями деревини.

Результати досліджень. Вдосконалено просторову математичну модель поширення акустичних хвиль у анізотропному пружному матеріалі стосовно деревини, яка встановлює зв'язок між механічними властивостями деревини та швидкістю поширення акустичної хвилі.

Рівняння руху, яке виводиться із основного закону динаміки, із врахуванням закону Гука запишеться, як

$$\rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = c_{ijkl} \frac{\partial^2 u_l}{\partial x_j \cdot \partial x_k} \quad (1)$$

де: ρ – густина матеріалу (маса одиничного об'єму), $\partial^2 u_i / \partial t^2$ – прискорення вздовж осі i , u_i – переміщення, c_{ijkl} – компоненти тензора пружності, t – час.

Поширення плоскої бігучої хвилі можна представити у вигляді:

$$u(x, t) = F(t - \mathbf{n}x / v_\phi) \quad (2)$$

де: v_ϕ – фазова швидкість поширення хвилі, $F(t - \mathbf{n}x / v_\phi)$ – функція, яка описує хвилю, що поширюється в додатному напрямку осі x , $\mathbf{n}$ – одиничний вектор який перпендикулярний до хвильового фронту.

Так, як поширення хвилі в деревині розглядається в прямокутній Декартовій системі координат, необхідно у (2) ввести координати точки (x_1, x_2, x_3 – складові вектора x) та направляючі косинуси (n_1, n_2, n_3 – складові вектора n).

$$u(x, t) = F\left(t - \frac{n_1 x_1 + n_2 x_2 + n_3 x_3}{v_\phi}\right) \quad (3)$$

У випадку збудження у деревині плоскої синусоїдальної хвилі, формулу (3) можна записати, як

$$u_i = A \cos(\omega t - \mathbf{n}x / v_\phi) = A \cos(\omega t - kx) \quad (4)$$

де: A – амплітуда хвилі, k – хвильовий вектор, ω – циклічна частота.

$$k = \omega n / v_\phi = 2\pi n / \lambda = kn \quad (5)$$

де: λ – довжина хвилі.

В комплексному вигляді (4) записується у наступному вигляді.

$$u_i = A_i \cdot e^{i(\omega t - kx)} = A_i \exp[i(\omega t - kx)] \quad (6)$$

де: $i^2 = -1$.

Підставивши співвідношення (6) в (1) та враховуючи (5), отримаємо

$$-\rho A_i \omega^2 \exp[i(\omega t - kx)] + c_{ijkl} A_l (\omega / v_\phi)^2 n_k n_j \exp[i(\omega t - kx)] = 0. \quad (7)$$

Враховуючи, що $\exp[i(\omega t - kx)] \neq 0$, після математичних перетворень отримаємо рівняння наступного вигляду

$$c_{ijkl} A_l n_k n_j - \rho A_i v_\phi^2 = 0 \quad (8)$$

Вводячи тензор другого рангу $\Gamma_{il} = c_{ijkl} n_k n_j$, рівняння (8), запишеться наступним чином

$$A_l \Gamma_{il} - \rho \delta_{il} A_l v_\phi^2 = 0, \quad (9)$$

де: δ_{il} – символ Кронекера, який визначається, як $\delta_{il} = \begin{cases} 1, i=l \\ 0, i \neq l \end{cases}$.

Оскільки для амплітуди можна написати $A_i = A P_m$, де $P_m(P_1, P_2, P_3)$ – компонент одиничного вектора в напрямку зміщення (поляризації), то рівняння (9) запишеться, як

$$(\Gamma_{il} - \rho \delta_{il} v_\phi^2) P_m = 0 \quad (10)$$

Вираз (10) представляє собою систему трьох однорідних лінійних рівнянь, які забезпечують співвідношення між компонентами тензора пружності c_{ijkl} та фазовою швидкістю v_ϕ акустичної хвилі, що поширюється в однорідному анізотропному пружному середовищі.

Для того, щоб система рівнянь (10) мала розв'язок відмінний від $p_1 = p_2 = p_3 = 0$, необхідно, щоб визначник, який складається із $(\Gamma_{il} - \rho \delta_{il} v_\phi^2)$, був рівний нулю.

$$\left| \begin{array}{ccc} \Gamma_{11} - \rho v_\phi^2 & \Gamma_{12} & \Gamma_{13} \\ \Gamma_{21} & \Gamma_{22} - \rho v_\phi^2 & \Gamma_{23} \\ \Gamma_{31} & \Gamma_{32} & \Gamma_{33} - \rho v_\phi^2 \end{array} \right| = 0 \quad (11)$$

В силу симетрії модулів пружності тензор Γ_{il} також характеризується умовами симетричності

$$\Gamma_{li} = c_{ijkl} n_j n_k = c_{kijl} n_j n_k = c_{ikjl} n_j n_k = c_{ijkl} n_j n_k = \Gamma_{il}.$$

Компоненти тензора $\Gamma_{il} = c_{ijkl} n_k n_j$ отримаємо сумуючи індекси j та k

$$\Gamma_{il} = c_{i11l} n_1^2 + c_{i22l} n_2^2 + c_{i33l} n_3^2 + (c_{i12l} + c_{i21l}) n_1 n_2 + (c_{i13l} + c_{i31l}) n_1 n_3 + (c_{i23l} + c_{i32l}) n_2 n_3 \quad (12)$$

Оскільки деревину розглядаємо як ортотропний матеріал, число незалежних компонент тензора модулів пружності зменшується із двадцять одного до дев'яти.

Таким чином тензор Кристофеля для деревини, як ортотропного матеріалу із врахуванням (12) набуде вигляду:

$$\begin{aligned} \Gamma_{11} &= c_{11} n_1^2 + c_{66} n_2^2 + c_{55} n_3^2, \Gamma_{22} = c_{66} n_1^2 + c_{22} n_2^2 + c_{44} n_3^2, \Gamma_{12} = (c_{12} + c_{66}) n_1 n_2, \\ \Gamma_{33} &= c_{55} n_1^2 + c_{44} n_2^2 + c_{33} n_3^2, \Gamma_{13} = (c_{13} + c_{55}) n_1 n_3, \Gamma_{23} = (c_{23} + c_{44}) n_2 n_3, \\ \Gamma_{21} &= \Gamma_{12}; \Gamma_{31} = \Gamma_{13}; \Gamma_{32} = \Gamma_{23}. \end{aligned} \quad (13)$$

Розглянемо систему рівнянь (10) у випадку поширення акустичної об'ємної хвилі вздовж осей симетрії деревини. Підставивши відповідні значення тензора Кристофеля із (13) отримуємо:

$$\begin{aligned} & (c_{11} n_1^2 + c_{66} n_2^2 + c_{55} n_3^2 - \rho v_\phi^2) \times (c_{66} n_1^2 + c_{22} n_2^2 + c_{44} n_3^2 - \rho v_\phi^2) \times \\ & (c_{55} n_1^2 + c_{44} n_2^2 + c_{33} n_3^2 - \rho v_\phi^2) = 0 \end{aligned} \quad (14)$$

Із рівняння (14) слідує, що вздовж кожної осі симетрії в залежності від поляризації коливань можливо мати три типи акустичних хвиль, поздовжню і дві поперечні. Таким чином розглядаючи поширення акустичних хвиль вздовж осей симетрії деревини, можна визначити шість діагональних компонент тензора модулів пружності $c_{\alpha\alpha} = \rho v_\phi^2, \alpha = 1 \dots 6$. Недіагональні компоненти тензора модулів пружності можуть бути обчислені, за умови поширення акустичної хвилі у напрямку який не співпадає із осями симетрії [0].

Актуальною на даний час залишається задача поширення акустичних хвиль в деревині з врахуванням її в'язкопружних характеристик. Сиснезована математична модель поширення

акустичних хвиль з врахуванням експонентного виду ядра релаксації деревини.

Розв'язок рівняння руху (1) може бути представлений у вигляді:

$$u(x, \tau) = G(x, \tau) ** F(x, \tau) + \gamma^2 [\dot{G}(x, \tau) * \varphi(x) + G(x, \tau) * \psi(x)]; \quad (15)$$

$$\sigma(x, \tau) = G_\sigma(x, \tau) ** F(x, \tau) + \gamma^2 [\dot{G}_\sigma(x, \tau) * \varphi(x) + G_\sigma(x, \tau) * \psi(x)], \quad (16)$$

де: $G(x, \tau)$ – функція впливу для переміщення, $F(x, \tau)$ – масові сили, $G_\sigma(x, \tau)$ – функція впливу для напружень, φ та ψ – скалярний та векторний потенціал вектора переміщень u , γ – параметр відношення швидкостей поширення акустичних хвиль, $*$ – згортка за часом.

Для знаходження цих функцій необхідно послідовно застосувати інтегральні перетворення Фур'є по просторовій координаті x (q – параметр перетворення), знаком “F” позначено перетворення Фур'є) та Лапласа за часом τ (s – параметр перетворення, знаком “L” позначено перетворення Лапласа).

Зворотні перетворення проводимо послідовно. Спочатку визначаємо оригінал функції впливу за Фур'є

$$G^L(x, s) = \frac{k(s)}{2s\gamma} e^{-\gamma s |x| k(s)}; \quad G_\sigma^L(x, s) = -\frac{\text{sign}(x)}{2\eta_\alpha} e^{-\gamma s |x| k(s)}. \quad (17)$$

де: $\text{sign}(x)$ – сигнатура x , η_α – параметр який залежить від коефіцієнтів Пуассона, $k(s)$ – функція у якій враховується ядро релаксації деревини.

Для зворотного перетворення Лапласа, насамперед, обчислюємо оригінал функції $\exp[-syk(s)]$, де $y = \gamma |x|$.

Після ряду математичних операцій кінцевий результат можна представити у такому вигляді

$$G_\sigma^L(x, s) = -\frac{\text{sign}(x)}{2\eta_\alpha} e^{-syk(s)} = -\frac{\text{sign}(x)}{2\eta_\alpha} e^{-sy} f^L(y, s + \beta) \quad (18)$$

$$f^L(y, s) = f_1^L(y, s) f_2^L(y, s);$$

$$f_1^L(y, s) = e^{-syk_1(s-\beta)} = e^{-sy \sum_{m=1}^{m^*} a_m [s^L(s-\beta)]^m} = e^{-sy \sum_{m=1}^{m^*} a_m \left(\frac{A}{s}\right)^m} = e^{\sum_{m=1}^{m^*} -y a_m A^m s^{1-m}};$$

$$\text{де: } f_2^L(y, s) = e^{-syk_2(s-\beta)} e^{\beta y [k_1(s-\beta) + k_2(s-\beta)]} = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{c_m(y)}{s^m} =$$

$$= \sum_{j=0}^{\infty} \frac{1}{j!} \left[\frac{-y(s-\beta) A^{m^*+1}}{s^{m^*+1}} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{a_{m+m^*+1} \cdot A^m}{s^m} \right] \cdot \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!} \left[\beta y \sum_{m=1}^{m^*} \frac{a_m A^m}{s^m} \right]^k,$$

Коефіцієнти $c_m(y)$ визначаються правилами дії над степеневими рядами, A, a, β – фізичні характеристики матеріалу.

$$G^L(x, s) = \frac{1}{2s\gamma} k(s) e^{-syk(s)} = \frac{1}{2s\gamma} e^{-sy} g^L(y, s + \beta) \quad (19)$$

$$g^L(y, s) = f_1^L(y, s)g_2^L(y, s); g_2^L(y, s) = k(s - \beta)e^{-syk_2(s - \beta)}e^{\beta y[k_1(s - \beta) + k_2(s - \beta)]} =$$

$$\text{де: } = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{d_m(y)}{s^m} = \left(1 + \sum_{m=1}^{m^*} \frac{a_m A^m}{s^m} + \frac{A^{m^*+1}}{s^{m^*+1}} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{a_{m+m^*+1} \cdot A^m}{s^m} \right) \times$$

$$\times \sum_{j=0}^{\infty} \frac{1}{j!} \left[\frac{-y(s - \beta)A^{m^*+1}}{s^{m^*+1}} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{a_{m+m^*+1} \cdot A^m}{s^m} \right] \cdot \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!} \left[\beta y \sum_{m=1}^{m^*} \frac{a_m A^m}{s^m} \right]^k.$$

Коефіцієнти $d_m(y)$ визначаються правилами дії над степеневими рядами [1].

Розроблення експериментального обладнання. Для забезпечення проведення серії акустичних експериментальних досліджень у змінних кліматичних умовах спроектовано та розроблено експериментальну установку акустичних досліджень (рис.1) та лабораторну кліматичну камеру на кафедрі ОТіМТП НЛТУУкраїни (рис. 2).

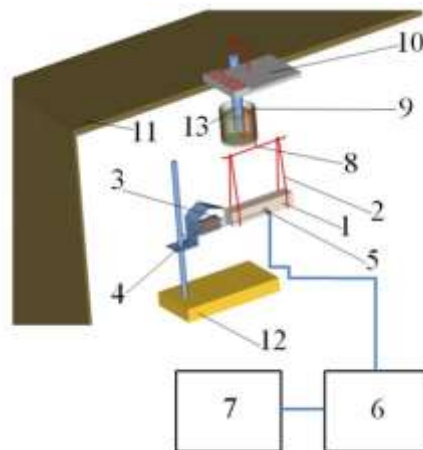


Рис. 1. Аксонометрична структурна схема експериментальної установки акустичних досліджень: 1 – зразок, що має форму паралелепіпеду; 2 – підвіска; 3 – маятниковий механізм; 4 – електромагніт; 5 – мікрофон; 6 – фільтр; 7 – частотомір; 8 – тяга масляного затвору для зважування взірців в кліматичній камері; 9 – ванночка із маслом; 10 – електронна вага; 11 – стінка кліматичної камери; 12 – опорна установка; 13 – трубка масляного затвору.

Основні показники кліматичної камери: габарити робочої зони 0,51*0,21*0,18 м; габарити камери 0,85*0,85*0,38 м; діапазон регулювання температури $+10 \div +125^{\circ}\text{C}$; діапазон регулювання вологості $2 \div 98\%$. Для керування механізмами та системами камери використано двоканальний регулятор РД2 виробництва НПФ "РЕГМИК", регулятор обладнаний інтерфейсом RS232/RS485/USB для зв'язку із ПК. Це дозволяє на ПК використовувати програмне забезпечення "Система сбора данных", яке дає можливість

проводити зчитування, перегляд, запис інформації із приладу та давача вологи і температури; відображати інформацію в табличному або графічному вигляді; проводити оперативну зміну регулюючих параметрів приладу.

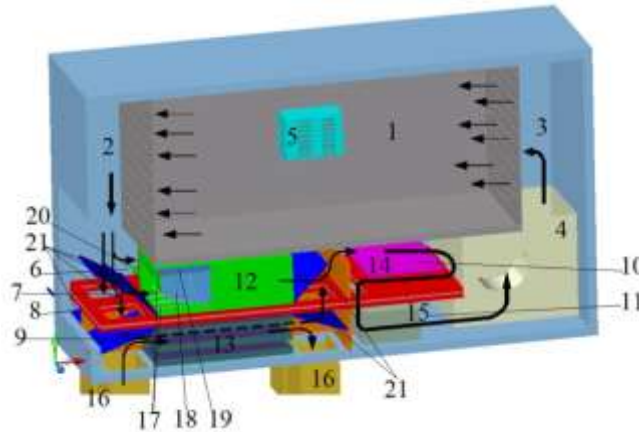


Рис. 2. Аксонометрична структурна схема робочої зони та каналів циркуляції потоку повітря кліматичної камери: 1 – робоча зона камери; 2, 3 – ємності вирівнювання тиску повітря із розсіювачами потоку; 4 – двохшвидкісний вентилятор; 5 – сигнальні роз'єми; 6 – прямий канал; 7 – канал зволоження; 8, 9 – два канали осушення; 10 – канал нагріву; 11 – канал охолодження; 12 – касета зволоження; 13 – касета висушування №1; 14 – нагрівальний елемент касети нагріву; 15 – алюмінієві радіатори встановленні на холодній стороні шести елементів Пельтьє; 16 – канали вузла регенерації силікагелю в касетах висушування; 17 – два ряди шпиць; 18 – полотно випарувача; 19 – накопичувальна ємність касети; 20 – одна з трьох зливних труб; 21 – дверцята для синхронного відкривання та закривання каналів.

Отримані методом вільних коливань дані швидкості проходження акустичних хвиль в діапазоні температур (від 18 до 60°C) та абсолютної вологості деревини (в межах 5 ÷ 90%) наведено на (рис.3). Доведена практична цінність розробленої методики проведення акустичних досліджень [2,3].

Швидкість поширення акустичних коливань (ШПАХ) (акустичний метод вільних коливань) визначалася за допомогою частоти і розміру зразка у відповідному напрямку:

$$C = 2 \cdot l \cdot f = 2 \cdot l \cdot (n / T) \quad (20)$$

де: C – швидкість поширення акустичних коливань; l – розмір зразка в напрямку поширення коливань; f – резонансна частота; n – число періодів на обраній ділянці часової діаграми; T – тривалість вибраної ділянки часової діаграми.

Здійснено метрологічне забезпечення проведених експериментальних досліджень. Відносна похибка визначення швидкості поширення коливань у формулі (20) може бути обчислена, як:

$$\partial C = \pm[\partial f + \partial l] = \pm[\Delta f / f + \Delta l / l] \quad (21)$$

де: ∂C – відносна похибка швидкості поширення коливань; ∂l – відносна похибка розміру зразка в напрямку поширення коливань; ∂f – відносна похибка визначення резонансної частоти; Δl – абсолютна похибка розміру зразка; Δf – абсолютна похибка визначення резонансної частоти.

Часові діаграми в експериментах які проводились досліджувалися цифровим осцилографом із частотою дискретизації 10 МГц, і звуковою картою комп'ютера з тактовою частотою 192 кГц.

Для звукової карти відносна похибка визначення резонансної частоти $\partial f = \{n/t\} = \partial n + \partial t = \Delta t / t = [(1/192000) / 0.032375] \cdot 100\% = 0.02\%$. Для прикладу, абсолютна похибка розміру досліджуваного зразка заміряного штангенциркулем становить 0,05 мм, що при розмірі зразка $l = 101$ мм, становить $\partial l = \Delta l / l = (0.00005 / 0.101) \cdot 100\% = 0.0495\%$.

Відносна похибка визначення ШПАХ знаходилась для кожного вимірювання за формулою (21), $\partial C = \pm 0.0695\%$. Абсолютна похибка ШПАХ досліджуваного зразка для значення 1234,79 м/с становить $\pm \Delta C = \pm C \cdot \partial C = \pm 1234.79 \cdot 0.0695\% = \pm 0.86 \text{ м/с}$, що є на порядок меншою від відомих досліджень.

Результати досліджень. Проведена статистична обробка результатів експериментальних досліджень дозволила отримати регресійну залежність третього порядку із коефіцієнтом множинної детермінації $R^2 = 0,9985$.

$$c = b_0 + b_1 \cdot W + b_2 \cdot W^2 + b_3 \cdot W^3 + b_4 \cdot T^3 + b_5 \cdot W \cdot T^3 + b_6 \cdot W^2 \cdot T^3 \quad (22)$$

де: $b_0 = 1303,52$; $b_1 = -12,04$; $b_2 = 0,1132$; $b_3 = -0,0004$;
 $b_4 = -0,0005$; $b_5 = 8,89E - 06$; $b_6 = -7,86E - 08$;

Слід відмітити, що проведене експериментальне дослідження дало змогу встановити залежність компонента тензора модулів пружності c_{55} від зміни температури та абсолютної вологості для деревини сосни. Таким чином, використовуючи встановлені закономірності зв'язку між швидкістю поширення акустичних хвиль і модулями пружності $c_{\alpha\beta}$, можна визначити інші компоненти тензора модулів пружності. Оскільки $c_{55} = G_{13}$ в подальшому будемо записувати G_{13} .

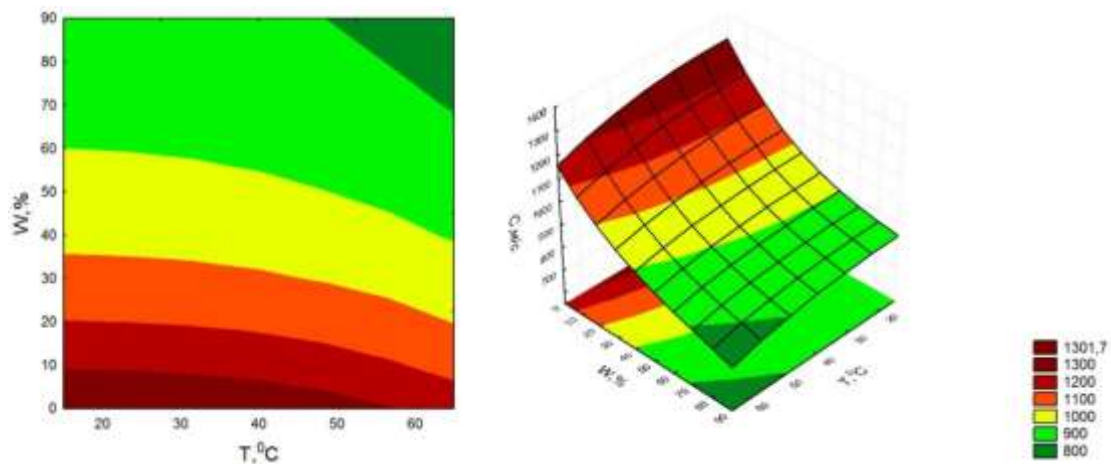


Рис. 3. Залежність ШПАХ(V_{LT}) від зміни температури та абсолютної вологості для деревини сосни (акустичний метод вільних коливань).

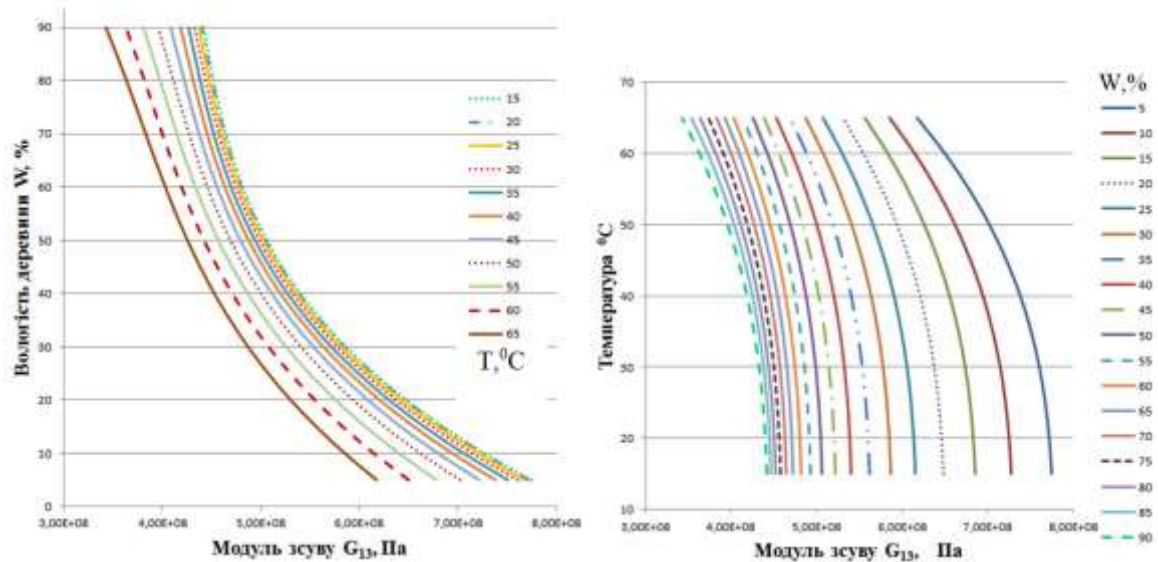


Рис. 4. Залежність модуля зсуву G_{13} від зміни температури та абсолютної вологості для деревини сосни.

Висновки

Математична модель поширення акустичної хвилі в деревині, як ортотропному пружному матеріалі дозволяє за допомогою вимірювання швидкості акустичних коливань визначати коефіцієнти тензора модулів пружності деревини з урахуванням змінних температурно-вологісних умов середовища. Для оцінки впливу в'язкопружних властивостей деревини на хвильовий процес розроблена нова математична модель поширення акустичної хвилі в деревині. Ядро релаксації деревини враховане в даній моделі у експонентному виді.

Спроекований та розроблений пристрій акустичних досліджень, забезпечує безконтактне визначення ШПАХ в деревині. Даний пристрій позбавлений відомих недоліків, зокрема, у ньому не

відбувається безпосереднього механічного контакту приладів збудження та прийому коливань зі зразком. В пристрої використовується в якості інформаційного параметру частота, яка не змінюється від зміни середовищ і, забезпечує похибку вимірювання ШПАХ у короткому зразку довжиною 10 см не більшу, за $\pm 1\text{м/с}$.

Розроблена методика для проведення акустичних експериментальних досліджень у деревині та алгоритми оброблення акустичних сигналів, які дозволяють за допомогою вимірювання фазової швидкості акустичних коливань в діапазоні від 100Гц до 3МГц визначати коефіцієнти тензора пружності деревини, як ортотропного тіла. Встановлені закономірності можна використати для вдосконалення технологічних процесів і операцій деревообробного виробництва та розроблення нових методів кваліметрії.

Спроекована та розроблена камера забезпечила кліматичні умови в межах: діапазону температур $+10\div+125^{\circ}\text{C}$ і діапазону вологості $2\div98\%$. Конструкція камери та розроблені спеціалізовані модулі дозволяють проводити акустичні дослідження деревини та деревинних матеріалів в широкому діапазоні змін температури та вологості безпосередньо в робочій зоні камери не виймаючи зразки.

Досліджено вплив температурно-вологісного поля деревини на пружні характеристики визначені акустичним методом, зокрема:

- вологість в діапазоні від 0% до 90% має домінуючий вплив, виражений нелінійною залежністю, внаслідок дії як на твердий скелет деревини, так і на зміну масового навантаження твердого скелета, а також зміну деформівності всієї системи наповнення капілярів водою. Суттєвий вплив вологості спостерігається від абсолютно-сухого стану до точки насичення, і проявляється у зменшенні пружних характеристик, а вище зміна заповільнюється;

- вплив температури в діапазоні від 10°C до 70°C є також нелінійним та обумовлений зниженням механічних властивостей деревини. В діапазоні від 10°C до 45°C він є незначним, подальше збільшення температури призводить до більш стрімкого зменшення пружних характеристик.

На основі встановлених закономірностей між ШПАХ та механічними властивостями деревини, розроблено новий спосіб кваліметрії, зокрема акустичний спосіб сортування хвойних та листяних порід деревини конструкційного призначення прямокутного перерізу за міцністю згідно стандарту EN338.

Список літератури

1. Горшков А.Г. Волны в сплошных средах / А.Г. Горшков, А.Л. Медведский, Л.Н. Рабинский, Д.В.Тарлаковский. – М.: ФИЗМАЛИТ. – 2004. – 472 с.

2. Дьелесан Э. Упругие волны в твердых телах. Применение для обработки сигналов / Э.Дьелесан, Д. Руайе // Пер. с франц. Под. ред. В.В.Леманова. – М.: Наука. – 1982. – 424с.
3. Соколовский Я.И. Экспериментальное исследование влияния температуры и влажности на распространение акустических волн в древесине / Я.И. Соколовський, И.Р. Кенс, О.Л. Сторожук, В.М. Борисов // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. – Брянск: БГИТА. – 2011. – Вып.30. – С. 228–235.
4. Storozhyk O.L. Investigation of sound velocity in wood by non-contact method / Senior teacher O.L. Storozhyk; eng. V.M. Borysov; prof. Ya.I. Sokolovskyy; assoc. prof. I.R. Kens. // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість: міжв. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУУкраїни. – 2011. – Вип.37-2. – С. 84-90.

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований установлены новые закономерности между скоростью распространения акустических волн и механическими свойствами древесины в широком диапазоне температур и влажности. Найденные закономерности могут быть использованы для усовершенствования технологических процессов и операций деревообрабатывающего производства, а также для разработки новых методов квалиметрии.

Древесина, тензор модулей упругости, анизотропия, температура, влажность, акустические методы, скорость распространения акустической волны.

Based on carry out theoretical and experimental researches, were found new regularities between a rate of spread of acoustic waves and strength properties of wood in changing circumstances of temperature and humidity that could be used for improvement of technological processes and operations of woodworking and also development new methods of qualimetry.

Wood, tensor of elastic moduluses, anisotropy, temperature, humidity, ultrasonic methods, velocity of distribution of ultrasonic wave.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА РОЗРАХУНКУ ТРИВАЛОСТІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ РІЗНИХ ПОРІД ДЕРЕВИНИ

А.К. Спірочкін, здобувач*

Для вдосконалення технології процесу сушіння, проведено апробацію в промислових умовах уточненого методу розрахунку його тривалості для пилопродукції з деревини дуба, сосни та вільхи.

Пиломатеріали, процес сушіння, розрахунок тривалості, уточнений метод.

Під час проведення сушіння деревини, а також для визначення продуктивності та для обліку роботи сушильних камер важливо уміти розраховувати термін процесу. На тривалість сушіння впливає ряд факторів: порода матеріалу; його розміри та призначення; кількість вологи, яку необхідно видалити та конструкція сушильної камери.

Існує два основних метода визначення тривалості сушіння пилопродукції: графоаналітичний та табличний. Графоаналітичний метод дає досить точні результати, але основним недоліком є велика трудомісткість, що ускладнює його використання в виробничих умовах. Даний метод в основному використовується в дослідницьких цілях. Для виробничих умов, в МЛТІ [1] було розроблено узагальнений метод розрахунку тривалості сушіння, заснований на використанні розрахункових формул, які мають вигляд добутку вихідної тривалості сушіння на поправкові коефіцієнти, що враховують вплив різноманітних факторів. Обидва ці методи були отримані на основі наближеного розв'язку рівняння вологопровідності. Ними багато років користувалися, та отримували досить точні результати, до того моменту, як в деревообробній галузі відбулися певні зміни. А саме, в зв'язку з виробничими особливостями, було припинено використання в сушильних камерах парових котлів, та відбувся перехід на водяні калорифери, що здешевило процес. Дана технологія дещо змінила кінетику сушіння пилопродукції в конвективних камерах, а саме, початкове прогрівання при високих температурах, що реалізовувалося в «парових» камерах стало сьогодні неможливим. Вирішенню цього питання була присвячена робота [2], де досліджено кінетику сушіння

*Науковий керівник – доктор технічних наук О.О. Пінчевська

в конвективних сушильних камерах з теплоносієм гарячою водою і запропоновано нове рівняння, яке включає введення додаткового джерела зволоження в відоме рівняння вологопровідності. Це дало змогу уточнити розрахунок тривалості процесу сушіння для «водяних» камер. А саме, розв'язавши його по відношенню до часу, можна розрахувати тривалість сушіння. Більш детальний опис даного методу наведено в роботі [3].

Але запропонований метод розрахунку має такий самий недолік, як і графоаналітичний – потребує великих затрат часу, а головне, неможливий без використання спеціалізованих обчислювальних програм, що ускладнює його використання в виробничих умовах. Отже, необхідно було провести дослідження для знаходження більш простого та узагальненого методу розрахунку тривалості сушіння пилопродукції в сучасних конвективних «водяних» камерах, який би можна було безперешкодно використовувати в промислових умовах.

Метою досліджень є вдосконалення технології процесу сушіння шляхом апробації в експериментальних умовах уточнюючого розрахунку його тривалості.

Методика досліджень. За основу було взято існуючий табличний метод розрахунку тривалості сушіння [1]. У зв'язку зі зміною теплоносія в сушильних камерах, відбулось певне корегування режимів сушіння. Температура в камері підвищується поступово, відповідно і матеріал прогрівається повільніше. Також в останні роки збільшилась конкуренція на ринку виробів з деревини, що призвело до підвищення вимог до якості висушеної продукції. Це вимагало уточнення коефіцієнту, який враховував категорію режиму сушіння.

Також було визначено необхідність уточнення коефіцієнту, який охоплював початкову та кінцеву вологість пилопродукції. Даний коефіцієнт в існуючому табличному методі розрахунку тривалості сушіння враховував лише середні значення початкової та кінцевої вологості і не враховував нерівномірність розподілення початкової вологості в партії пиломатеріалів, що при поступовому збільшенні температури в камері на початку процесу мало суттєвий вплив на тривалість сушіння.

І останній фактор, вплив якого не відображено в існуючому табличному методі розрахунку тривалості сушіння – конструкція сушильної камери. В табличному методі враховано лише вплив швидкості циркуляції сушильного агенту; видно, що процес продовжується із зниженням швидкості циркуляції. Але на тривалість сушіння значний вплив має рівномірність розподілення аеродинамічного поля в камері. Ще в роботі [4] зазначалось, що

подовження процесу, яке викликає нерівномірність сушіння приблизно дорівнює 20-30% його тривалості. Відповідно, це вимагає введення коефіцієнту, який би враховував вплив нерівномірності розподілення аеродинамічного поля в камері на тривалість сушіння під час розрахунків.

Результати досліджень. Для усунення перерахованих недоліків запропоновано уточнений розрахунок тривалості сушіння пилопродукції в сучасних конвективних камерах:

$$\tau = \tau_{вих} \times A_p \times A_{ц} \times A_{\epsilon} \times A_{я} \times A_{\partial} \times A_{н.р} \quad (1)$$

де $\tau_{вих}$ – початкова тривалість процесу сушіння пиломатеріалів заданої породи і розмірів нормальним режимом від початкової вологості 60% до кінцевої 12% в камерах з реверсивною циркуляцією агента сушіння середньої інтенсивності з розрахунковою швидкістю агента сушіння по матеріалу 1 м/с;

A_p – коефіцієнт категорії режиму процесу сушіння.;

$A_{ц}$ – коефіцієнт, який враховує інтенсивність циркуляції агента сушіння;

A_{ϵ} – коефіцієнт, що враховує початкову та кінцеву вологість деревини;

$A_{я}$ – коефіцієнт, який враховує якість висушуваного матеріалу;

A_{∂} – коефіцієнт, який враховує довжину висушуваного матеріалу;

$A_{н.р}$ – коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілення аеродинамічного поля в сушарці та дисперсію початкової вологості в партії пиломатеріалів.

На основі масштабних експериментів в виробничих умовах встановлено, що для режимів, які застосовуються в сучасних камерах, коефіцієнт категорії режиму необхідно збільшити з 1,7 до 2,5.

Значення коефіцієнту $A_{н.р}$ наведено в табл. 1.

1. Значення коефіцієнта $A_{н.р}$.

$d_{wn}, \%$	коефіцієнт варіації швидкості циркуляції повітря в штабелі $V_v, \%$				
	≤ 25	26...35	36...50	51...70	≥ 71
≤ 30	1	1,07	1,105	1,2	1,3
≥ 31	1,2	1,29	1,425	1,52	1,6

Для низької дисперсії початкової вологості ($d_{wn} \leq 30$) коефіцієнт $A_{н.р}$ лежить в межах від 1 до 1,3 в залежності від коефіцієнту варіації

швидкості циркуляції повітря в штабелі, та відповідно, в межах від 1,2 до 1,6 для високої дисперсії ($d_{wn} \geq 31$).

Для перевірки даного методу розрахунку тривалості сушіння було проведено ряд експериментальних досліджень в промислових умовах для трьох порід деревини, які найчастіше використовуються в столярно-будівельному та меблевому виробництві: дубу, сосни та вільхи. Умови проведення дослідів висвітлено в табл. 2.

2. Умови проведення дослідів.

№ дос-ліду	Початкова вологість, W_n , %	Кінцева вологість, W_k , %	Дисперсія початкової вологості, d_{wn} , %	Швидкість циркуляції, v , м/с	Коеф. варіації швидкості циркуляції, V_v , %	Категорія якості
Дуб, товщина 30 мм, дослід №1 – камера “Katres”, дослід №2 – камера “Luka”						
	18,7	7,5	23,48	1,0	34,62	II
	45,4	8,4	19,38	1,76	79,33	II
Сосна, товщина 30 мм, дослід №1, дослід №3 – камера “Corcal”, дослід №2 – камера “Nardi”						
1	34,2	9,0	>100%	0,47	72	II
2	36,8	8,0	>100%	0,41	25,5	II
3	34,2	4,8	37	0,81	44,5	II
Вільха, товщина 30 мм, дослід №1, дослід №2, дослід №4 – камера “Corcal”, дослід №3 – камера “Nardi”, дослід №5 – камера “Termolegno”						
1	41	9,3	46,67	0,81	44,5	II
2	39,1	7,9	83,3	0,81	44,5	II
3	25	7,6	23,87	0,41	25,5	II
4	30	9	63,28	0,81	44,5	II
5	31,75	8,7	27,13	0,85	31	II

Результати розрахунків для пиломатеріалів товщиною 30 мм деревини дуба, сосни та вільхи наведені на рис. 1 – 3.

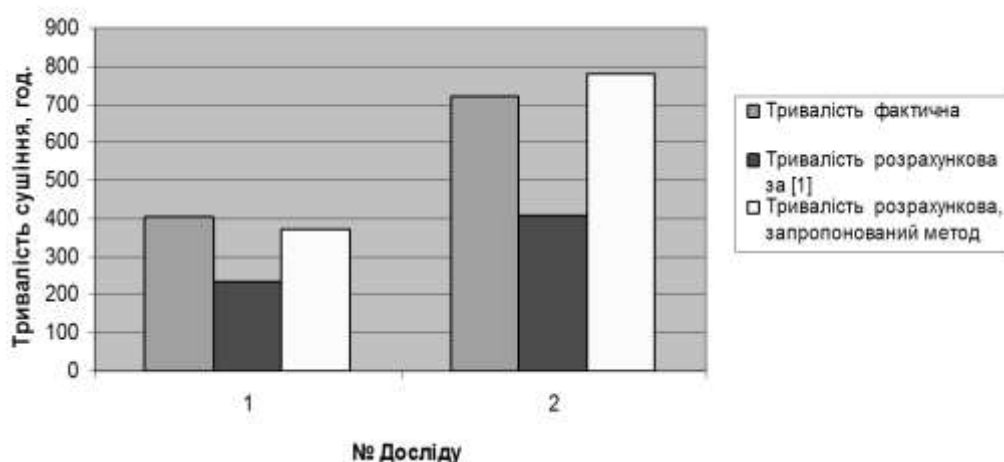


Рис. 1. Тривалість сушіння дубових пиломатеріалів.

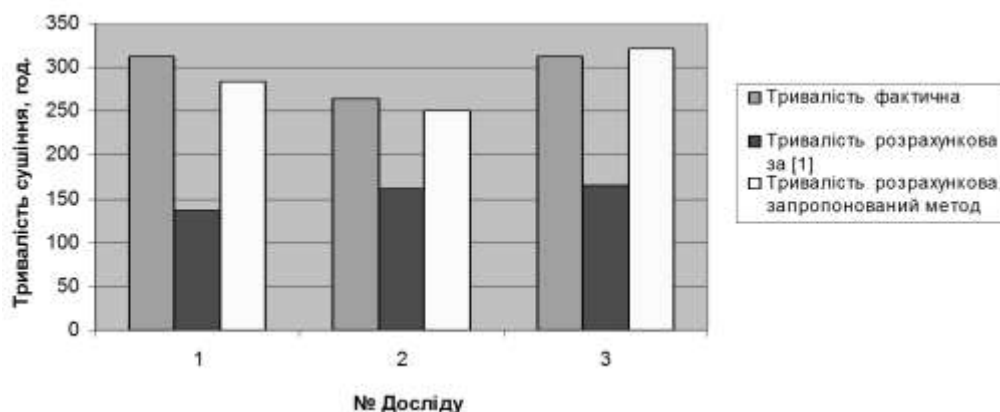


Рис. 2. Тривалість сушіння соснових пиломатеріалів.

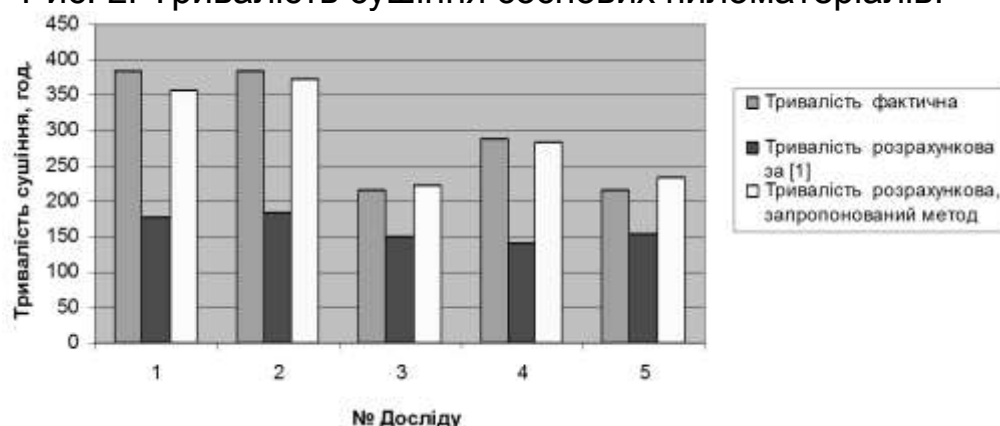


Рис. 3. Тривалість сушіння пиломатеріалів з деревини вільхи.

Як видно з рис. 1–3 розрахунок тривалості сушіння пиломатеріалів запропонованим методом дає набагато точніші результати ніж старим табличним, а саме: розрахункові дані запропонованим методом відрізняються від фактичних всередньому на 6%, тоді як значення отримані старим методом – на 44%.

Висновки

1. Запропонований метод розрахунку тривалості сушіння пиломатеріалів дає можливість більш точно визначити термін процесу для сучасних конвективних камер.

2. Використовуючи даний метод можна отримати відповідне значення продуктивності сушильних камер під час їх проектування, що не призведе до штучного підвищення ціни процесу протягом їх експлуатації.

3. Використання запропонованого методу розрахунку тривалості процесу дасть можливість уточнити технологію низькотемпературного сушіння пилопродукції і, відповідно, отримувати висушену пилопродукцію необхідного рівня якості.

Список літератури

1. Пінчевська О.О. Прогнозування якості сушіння пиломатеріалів / О.О. Пінчевська – К.: ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2010. – 228 с.

2. Серговский П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский // Учебник для вузов: 3-е перераб изд. – М.: Лесная промышленность, 1975. – 400 с.

3. Олійник Р.В. Особливості розрахунку тривалості процесу при сушінні соснових пиломатеріалів безступеневими режимами / Р.В. Олійник, А.К. Спірочкін// Сборник научных трудов «Современные строительные конструкции из металла и древесины» - Одесса: ООО «Внешрекламсервис», 2012. – С. 168 – 172.

4. Селюгин Н.С. Пособие по графическому расчету сушил для дерева / Н.С. Селюгин. – Ленинград, 1932. – 104 с.

Для усовершенствования технологии процесса сушки, проведено апробацию в промышленных условиях уточненного метода расчета его длительности для пилопродукции из древесины дуба, сосны и ольхи.

Пиломатериалы, процесс сушки, расчет длительности, уточненный метод.

A pilot-scale approbation of the specified method calculation of drying term is conducted for oak, pine-tree and alder saw-timbers.

Saw-timbers, drying process, duration calculation, specified method.

УДК 504.054:628.5

МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИКОНДЕНСАЦИОННЫХ КЛЕЕВ АКТИВИРОВАННЫМ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ СВЧ МОНТМОРИЛЛОНИТОМ

***Вячеслав Вариводин, соискатель
Технический университет во Зволене, Словакия***

Предложен способ модификации карбамидоформальдегидных смол с целью снижения эмиссии формальдегида минеральным сорбентом монтмориллонитом, активированным в электромагнитном поле СВЧ, определены оптимальное время и мощность электромагнитного поля СВЧ для активации алюмосиликатного сорбента.

Монтмориллонит, карбамидоформальдегидная смола, электромагнитное поле СВЧ, активация, модификатор.

© В. Вариводин, 2013

2. Серговский П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский // Учебник для вузов: 3-е перераб изд. – М.: Лесная промышленность, 1975. – 400 с.

3. Олійник Р.В. Особливості розрахунку тривалості процесу при сушінні соснових пиломатеріалів безступеневими режимами / Р.В. Олійник, А.К. Спірочкін// Сборник научных трудов «Современные строительные конструкции из металла и древесины» - Одесса: ООО «Внешрекламсервис», 2012. – С. 168 – 172.

4. Селюгин Н.С. Пособие по графическому расчету сушил для дерева / Н.С. Селюгин. – Ленинград, 1932. – 104 с.

Для усовершенствования технологии процесса сушки, проведено апробацию в промышленных условиях уточненного метода расчета его длительности для пилопродукции из древесины дуба, сосны и ольхи.

Пиломатериалы, процесс сушки, расчет длительности, уточненный метод.

A pilot-scale approbation of the specified method calculation of drying term is conducted for oak, pine-tree and alder saw-timbers.

Saw-timbers, drying process, duration calculation, specified method.

УДК 504.054:628.5

МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИКОНДЕНСАЦИОННЫХ КЛЕЕВ АКТИВИРОВАННЫМ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ СВЧ МОНТМОРИЛЛОНИТОМ

***Вячеслав Вариводин, соискатель
Технический университет во Зволене, Словакия***

Предложен способ модификации карбамидоформальдегидных смол с целью снижения эмиссии формальдегида минеральным сорбентом монтмориллонитом, активированным в электромагнитном поле СВЧ, определены оптимальное время и мощность электромагнитного поля СВЧ для активации алюмосиликатного сорбента.

Монтмориллонит, карбамидоформальдегидная смола, электромагнитное поле СВЧ, активация, модификатор.

© В. Вариводин, 2013

С каждым годом растет производство синтетических смол и клееных изделий из древесины. Каждый год темпы прироста производства составляют 5-11%. Так, планируемое производство фанеры в мире возрастет с 71 млн. м³ в 2010 году до 84 млн. м³ в 2015 году, а плит OSB – с 18 млн. м³ до 28 млн. м³.

При производстве поликонденсационных смол, ДСтП, ДВП, МДФ и клееных изделий из древесины воздух рабочей зоны загрязняется токсичными соединениями. Наиболее токсичным и опасным соединением в мебельной промышленности является формальдегид. Формальдегид имеет класс опасности II, то есть является высокоопасным веществом. Его концентрация в большинстве случаев превышает предельный уровень в 5 – 6 раз, а в помещениях, где эксплуатируется большое количество изделий из клееной древесины – до 10 раз.

В последнее время проявляется все больший интерес к изучению природных минералов, в частности к глинистому слоистому минералу монтмориллониту, в связи с возможностью использования его в различных отраслях промышленности, таких как нефтехимия, химическая, строительная, пищевая, косметическая, металлургическая, при захоронении отходов (в том числе радиоактивных), как адсорбционный материал. Основу структуры монтмориллонита составляют пластинчатые кристаллы толщиной около 1 нм, он относится к группе слоистых силикатов, способных к адсорбции и ионному обмену, состоит из трехслойных пакетов, в которых одна сетка Al-Fe-Mg-октаэдров сочленяется с двумя сетками кремнийкислородных тетраэдров, т.е. структура 2:1 – между двумя сетками тетраэдров заключена одна сетка октаэдров [1].

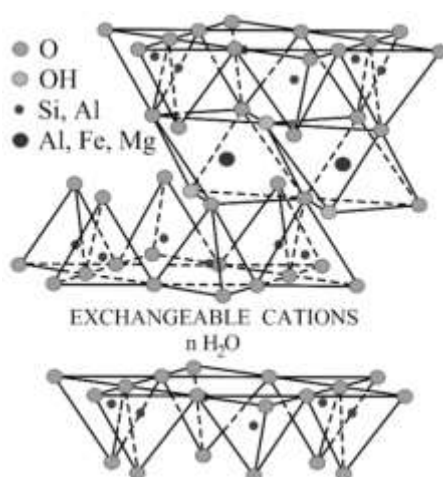


Рис. 1. Структура монтмориллонита.

Адсорбционная емкость по формальдегиду природного нанопористого минерала монтмориллонита в нативном виде не

велика, и не превышает 10 мг/г. Адсорбция повышается при проведении предварительной активации образца за счет десорбции физически связанной воды [2]. В работе изучается влияние предварительной обработки монтмориллонита в электромагнитном поле СВЧ (ЭМП СВЧ). Активация минерала в поле СВЧ характеризуется более быстрым и объемным разогреванием образца. Электромагнитное поле СВЧ реализует экологически чистые процессы, они быстродейственны и энергоэкономичны, при этом возможно локальное воздействие на материал. СВЧ установки относятся к числу энергосберегающих, и их внедрение способствует уменьшению энергозатрат при получении единицы продукции.

Активация сорбента проводилась при облучении в электромагнитном поле СВЧ. Особенностью этой обработки является поглощение по закону Бугера энергии волны в большей степени адсорбционно-связанными молекулами воды в составе монтмориллонита. При этом разрываются межмолекулярные связи между молекулами воды и структурной матрицей монтмориллонита. Практически вся энергия электромагнитного излучения СВЧ поглощается минералом. Кинетика адсорбции формальдегида на монтмориллоните при различной мощности поля СВЧ приведена на рис. 2.

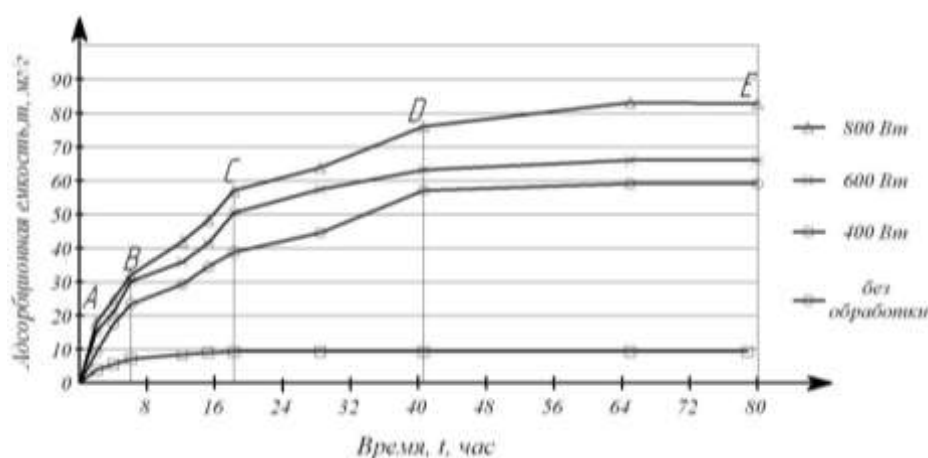


Рис. 2. Кинетическая зависимость емкости монтмориллонита в нативном виде и обработанного электромагнитным полем СВЧ различной мощности.

Для получения новой клеевой композиции вводили в объем клея наполнитель (природный и активированный монтмориллонит) и смесь тщательно перемешивали. Соотношение массы клея и наполнителя равно 100:3[3]. Для определения содержания свободного формальдегида в отвержденном модифицированном клее были приготовлены образцы пятислойной фанеры размером 300х300 мм на основе карбамидоформальдегидного клея марки

КВУ Kronores 1000-1800 без модификаторов, с природным минералом и минералом, активированным в поле СВЧ. Камерным методом определяли эмиссию формальдегида для образцов [4].

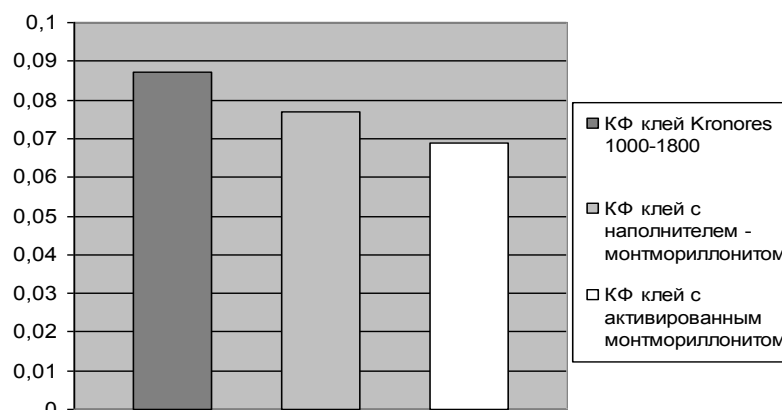


Рис. 3. Содержание свободного формальдегида в клеевой композиции.

Эмиссия формальдегида составляет для фанеры, изготовленной с применением клея без наполнителя, $0,087 \text{ мг/м}^3$, с добавлением природного, неактивированного минерала $0,077 \text{ мг/м}^3$ и с наполнителем в виде активированного монтмориленита $0,069 \text{ мг/м}^3$. Согласно полученным данным концентрация формальдегида, выделяющегося из фанеры снижается на $0,010$ и $0,018 \text{ мг/м}^3$ для природного и активированного минерала соответственно, то есть на 11 и 21%. Следовательно, активация сорбента в поле СВЧ способствует снижению эмиссии формальдегида из клеевой продукции и улучшению экологических и, соответственно, потребительских свойств материала.

Список литературы

1. Тарасевич Ю. И. Строение и химия поверхности слоистых силикатов. – Киев.: Наукова думка, 1988. – 248 с.
2. Бельчинская, Л.И. Природозащитная технология обезвреживания и утилизации отходов мебельных производств [Текст] / Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. акад., 2002. – 210 с.
3. Вариводин, В. А. Снижение эмиссии формальдегида из карбамидоформальдегидных клеев при введении глинистого алюмосиликатного наполнителя В. А. Вариводин, М. В. Анисимов // Экологические проблемы окружающей среды, пути и методы их решения : доклады Всерос. науч.-техн. конф. под общ. ред. Э .М. Соколова. – Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2009. – С.51-53.
4. DIN EN 717 Wood-based panels – Determination of formaldehyde release – Part 1: Formaldehyde emission by the chamber method EN 717-1:2004

The method of urea-formaldehyde resin modification for formaldehyde emission decreasing by mineral sorbent montmorillonite

activated in microwave electromagnetic field was proposed; optimal time and power of microwave electromagnetic field for aluminosilicate sorbent activation were defined.

Montmorillonite, urea-formaldehyde resin, microwave electromagnetic field, activation, modifier.

Запропонований спосіб модифікації карбамідоформальдегідних смол з метою зниження емісії формальдегіду мінеральним сорбентом монтмориллонітом, активованим в електромагнітнім полі СВЧ, визначені оптимальний час і потужність електромагнітного поля СВЧ для активації алюмосилікатного сорбенту.

Монтмориллоніт, карбамідоформальдегідна смола, електромагнітне поле СВЧ, активація, модифікатор.

УДК 630.812

ВЗАИМОСВЯЗЬ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ С МИКРОСТРУКТУРОЙ И ШИРИНОЙ ГОДИЧНОГО СЛОЯ

**Н.Е. Косиченко, доктор биологических наук
И.Н. Вариводина, кандидат технических наук
Н.Ю. Неделина, аспирант**

Воронежская государственная лесотехническая академия

Предложен способ определения основных показателей физических свойств древесины по показателям макроструктуры: определение пористости по ширине годичных слоев; определение максимального водопоглощения и базисной плотности древесины по числу годичных слоев в 1 см.

Береза повислая; пористость древесины; ширина годичного слоя; базисная плотность; максимальное водопоглощение.

Древесина березы повислой является типичным представителем рассеяннососудистых пород. Широкое распространение березы, доступность для эксплуатации и высокие механические свойства обуславливают широкое и разнообразное применение этой породы, занимающей по промышленному

© Н.Е. Косиченко, И.Н. Вариводина, Н.Ю. Неделина, 2013

activated in microwave electromagnetic field was proposed; optimal time and power of microwave electromagnetic field for aluminosilicate sorbent activation were defined.

Montmorillonite, urea-formaldehyde resin, microwave electromagnetic field, activation, modifier.

Запропонований спосіб модифікації карбамідоформальдегідних смол з метою зниження емісії формальдегіду мінеральним сорбентом монтмориллонітом, активованим в електромагнітнім полі СВЧ, визначені оптимальний час і потужність електромагнітного поля СВЧ для активації алюмосилікатного сорбенту.

Монтмориллоніт, карбамідоформальдегідна смола, електромагнітне поле СВЧ, активація, модифікатор.

УДК 630.812

ВЗАИМОСВЯЗЬ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ С МИКРОСТРУКТУРОЙ И ШИРИНОЙ ГОДИЧНОГО СЛОЯ

**Н.Е. Косиченко, доктор биологических наук
И.Н. Вариводина, кандидат технических наук
Н.Ю. Неделина, аспирант**

Воронежская государственная лесотехническая академия

Предложен способ определения основных показателей физических свойств древесины по показателям макроструктуры: определение пористости по ширине годичных слоев; определение максимального водопоглощения и базисной плотности древесины по числу годичных слоев в 1 см.

Береза повислая; пористость древесины; ширина годичного слоя; базисная плотность; максимальное водопоглощение.

Древесина березы повислой является типичным представителем рассеяннососудистых пород. Широкое распространение березы, доступность для эксплуатации и высокие механические свойства обуславливают широкое и разнообразное применение этой породы, занимающей по промышленному

© Н.Е. Косиченко, И.Н. Вариводина, Н.Ю. Неделина, 2013

значению первое место среди лиственных пород. Свойства древесины во многом определяется ее структурой, которой присущ ряд отличительных особенностей. Основной объем древесины березы повислой составляют сосуды и сосудистые трахеиды, волокнистые трахеиды волокна либриформа, тяжевая и лучевая паренхима. Ранняя и поздняя древесина не отличаются [1, 3].

1. Процентное соотношение элементов древесины березы в зависимости от ширины годичного слоя.

Число годичных слоев в 1 см	Сосуды	Сосудистые трахеиды	Волокнистые трахеиды	Волокна либриформа	Паренхима	Сердцевин- ные лучи
10	16,2	10,3	28,0	37,8	2,0	5,8
6	22,5	7,4	24,2	37,8	1,6	6,5
2	24,0	7,0	22,1	38,3	1,8	6,8

Сформировавшаяся клеточная стенка в не набухшем состоянии имеет низкую пористость (<5%). Следовательно, при почти постоянном значении плотности клеточных стенок для разных пород пористость и плотность древесины будет связана с толщиной клеточных стенок.

Образцы древесины для определения пористости, ширины годичного слоя, базисной плотности и максимальной влажности взяты в Учебно-опытном лесхозе ВГЛТА.

Для исследования отбирали образцы, которые представляли весь диапазон колебания ширины годичного слоя древесины: от крупнослойных до мелкослойных. Определяли пористость древесины, характеризующую объем внутренних пустот, выраженный в процентах от объема древесины в абсолютно сухом состоянии [3].

В соответствии с ГОСТ 16483.18-72 определяли число годичных слоев в 1 см (n). Далее образцы увлажняли в дистиллированной воде при 10 - 20°C, а затем высушивали образцы в сушильном шкафу (при температуре 103°C) до абсолютно сухого состояния. По данным экспериментов строили графики.

Как видно из рис. 1, зависимость между пористостью и числом годичных слоев у березы повислой линейная, обратнопропорциональная. Определение пористости в зависимости от ширины годичного слоя имеет актуальное значение для практики при разработке современных технологий сушки, пропитки, окраски древесины, установлении ее плотности и прочности.

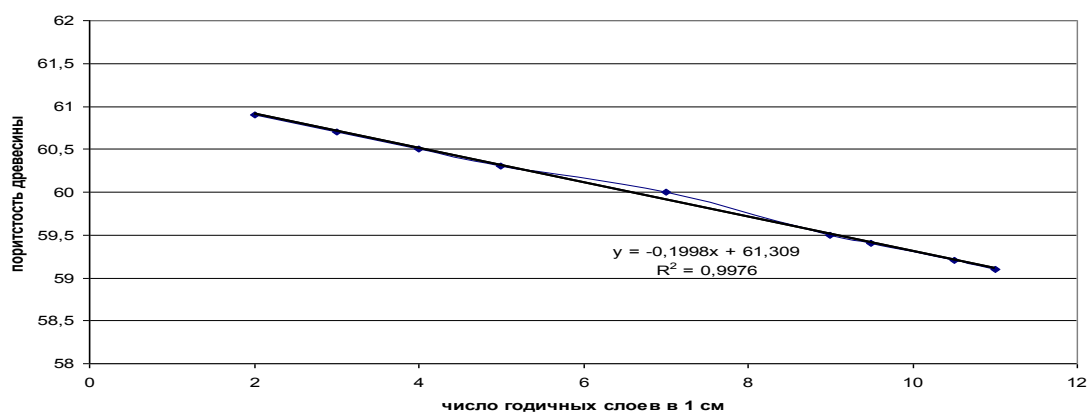


Рис. 1. Зависимость между пористостью и числом годичных слоев в 1 см.

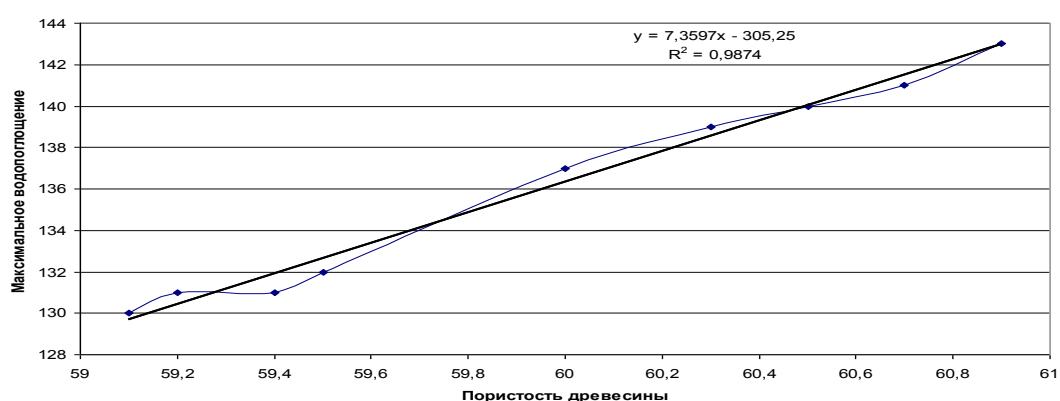


Рис. 2. Зависимость между пористостью и максимальным водопоглощением.

Как видно из рис. 2, зависимость между пористостью и максимальной влажностью линейная, прямопропорциональная. Исследования подтвердили наличие зависимости между пористостью и максимальной влажностью, следовательно, подобная связь может быть между максимальной влажностью и числом годичных слоев в 1 см (рис. 3).

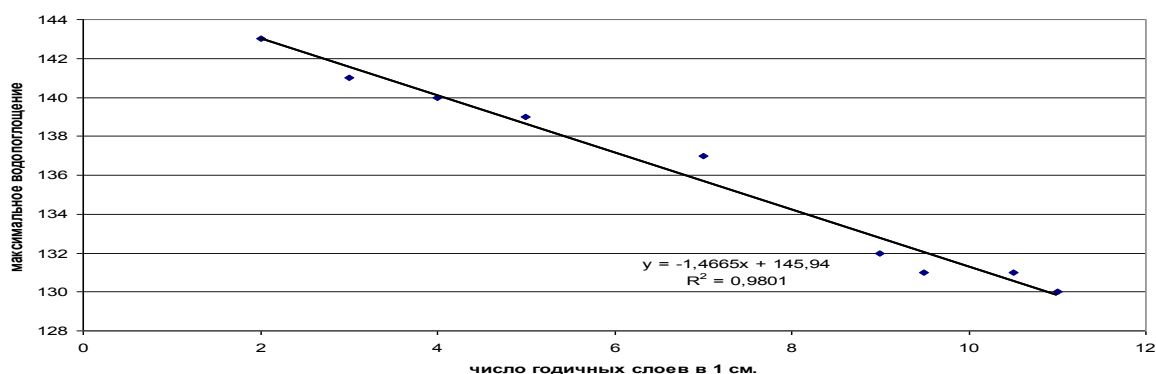


Рис. 3. Зависимость между максимальной влажностью и числом годичных слоев в 1 см.

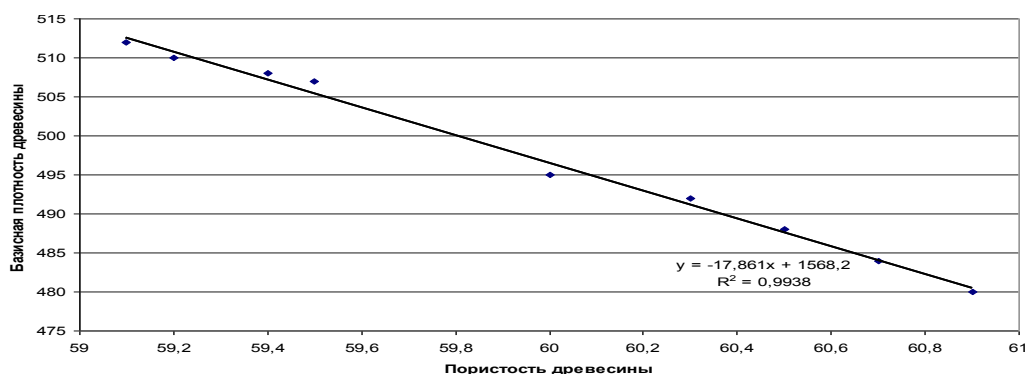


Рис. 4. Зависимость между пористостью и базисной плотностью древесины.

По результатам исследования построен график зависимости между пористостью и базисной плотностью древесины березы повислой (рис. 4). Как видно, зависимость между пористостью и базисной плотностью у березы повислой линейная, обратнопропорциональная. На первый взгляд, базисная плотность кажется искусственной характеристикой, но она имеет вполне определенный физический смысл, характеризуя количество (массу) сухой древесины в единице объема свежесрубленной или максимально разбухшей древесины.

Прямые функций четко выражены, а простые уравнения функций позволяют с достаточной степенью точности и достоверности, научно обоснованно определять пористость по ширине годичных слоев; максимальное водопоглощение и базисную плотность древесины по числу годичных слоев в 1 см. Проведенные исследования актуальны для древесиноведения, они значительно сокращают трудовые и энергетические затраты при определении основных показателей физических свойств.

Список литературы

1. Косиченко Н.Е., Вариводина И.Н., Неделина Н.Ю. Связь гистологического состава с шириной годичного слоя разных типов древесины/Н.Е. Косиченко, И.Н. Вариводина, Н.Ю. Неделина// Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №75(1). – №0421200012/0017.
2. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения [текст]: учебник /Б.Н. Уголев. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. – 351 с.
3. Яценко–Хмелевский А.А., Кобак К.И. Анатомическое строение древесины основных лесообразующих пород СССР. – Л.: Изд-во ЛТА, 1978. – 63 с.

The method for determining the basic parameters of the physical properties of wood in indexes of macrostructure: porosity across the rate of growth and the maximum moisture content of wood, the definition of the maximum water absorption and basic wood density by the number of growth rings in 1 cm was proposed.

Silver birch, wood porosity, rate of growth, the basic density, maximum water absorption.

Запропонований спосіб визначення основних показників фізичних властивостей деревини по показниках макроструктури: визначення пористості по ширині річних шарів; визначення максимального водопоглинення й базисної щільності деревини по числу річних шарів в 1 див.

Береза повисла, пористість деревини, ширина річного шару, базисна щільність, максимальне водопоглинення.

УДК 674.07:684.4(45)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОДИФІКОВАНОЇ ЛЛЯНОЇ ОЛІЇ НА АДГЕЗІЙНУ МІЦНІСТЬ ПОКРИТТІВ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ

***Л.А. Яремчук, кандидат технічних наук
Національний лісотехнічний університет України***

В роботі представлені основні характеристики лакофарбових матеріалів на основі висихаючих олій. Досліджений вплив модифікаторів на водостійкість, термостійкість і адгезійну міцність покриттів для конструкцій із деревини. Вибраний оптимальний вміст каніфолі для покращення фізико-механічних властивостей плівки на основі модифікованої лляної олії.

Деревина, лляна олія, каніфоль, водостійкість, термостійкість, адгезійна міцність.

Постановка проблеми. При всіх перевагах виробів з деревини вони мають певні недоліки: гігроскопічність, нестійкість до впливу ультрафіолетових променів, жолоблення тощо, внаслідок чого втрачалися її споживчі властивості [1]. Щоб уникнути цього, дерев'яні предмети стали покривати різними розчинами, здатними при висиханні утворювати захисний шар. Саме тоді й почався довгий шлях дослідження опоряджувальних матеріалів: від натуральних восків і олій до складних, технологічних і надміцних сучасних синтетичних лакофарбових матеріалів (ЛФМ).

Синтетичні лаки та емалі – це речовини, основними компонентами яких є синтетичні смоли, одержані за допомогою хімічних перетворень. До них належать такі смоли:

© С.В. Яремчук, 2013

Silver birch, wood porosity, rate of growth, the basic density, maximum water absorption.

Запропонований спосіб визначення основних показників фізичних властивостей деревини по показниках макроструктури: визначення пористості по ширині річних шарів; визначення максимального водопоглинення й базисної щільності деревини по числу річних шарів в 1 див.

Береза повисла, пористість деревини, ширина річного шару, базисна щільність, максимальне водопоглинення.

УДК 674.07:684.4(45)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОДИФІКОВАНОЇ ЛЛЯНОЇ ОЛІЇ НА АДГЕЗІЙНУ МІЦНІСТЬ ПОКРИТТІВ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ

***Л.А. Яремчук, кандидат технічних наук
Національний лісотехнічний університет України***

В роботі представлені основні характеристики лакофарбових матеріалів на основі висихаючих олій. Досліджений вплив модифікаторів на водостійкість, термостійкість і адгезійну міцність покриттів для конструкцій із деревини. Вибраний оптимальний вміст каніфолі для покращення фізико-механічних властивостей плівки на основі модифікованої лляної олії.

Деревина, лляна олія, каніфоль, водостійкість, термостійкість, адгезійна міцність.

Постановка проблеми. При всіх перевагах виробів з деревини вони мають певні недоліки: гігроскопічність, нестійкість до впливу ультрафіолетових променів, жолоблення тощо, внаслідок чого втрачалися її споживчі властивості [1]. Щоб уникнути цього, дерев'яні предмети стали покривати різними розчинами, здатними при висиханні утворювати захисний шар. Саме тоді й почався довгий шлях дослідження опоряджувальних матеріалів: від натуральних восків і олій до складних, технологічних і надміцних сучасних синтетичних лакофарбових матеріалів (ЛФМ).

Синтетичні лаки та емалі – це речовини, основними компонентами яких є синтетичні смоли, одержані за допомогою хімічних перетворень. До них належать такі смоли:

© С.В. Яремчук, 2013

карбамідоформальдегідні, меламіноформальдегідні, алкідні, епоксидні, поліефірні, поліакрилові, поліуретанові та багато інших, враховуючи і їх комбінації. Ці матеріали мають задовільні фізико-хімічні, експлуатаційні, декоративні властивості, що є дуже важливим для виробів з деревини, але водночас вони не задовольняють всіх вимог, щодо екологічної безпеки. Тому, для покращення екологічної ситуації при створенні захисно-декоративних покриттів, потрібно збільшувати частку природних екологічно безпечних матеріалів для опорядження деревини.

Аналіз останніх досліджень. У процесі створення захисно-декоративного покриття із продуктів природного походження в першу чергу знаходять використання рослинні олії та продукти їх переробки. Крім них також використовується целюлоза, природні смоли, а також каніфоль, воски та інші. Ще однією перевагою використання природних матеріалів є їх сировинна відновлюваність.

Але на сьогоднішній день, в Україні немає виробництв лакофарбових матеріалів на основі натуральних олій без додавання синтетичних домішок. Виготовляється лише лляна оліфа, яка не може використовуватись як самостійний опоряджувальний матеріал, а лише як основа під лак чи емаль, або як розчинник для розрідження густих фарб. Однак олія в сирому стані висихає кілька днів і після висихання плівка має не достатню твердість поверхневого шару [2]. Для ефективності використовують отверджувачі, в основному це солі активних металів цинку, кобальту, марганцю та інші, які служать каталізаторами для прискорення процесу сушіння плівки. Але покриття на основі лляної олії надто тонкі і м'які, щоб добре захищати від атмосферного впливу та інших факторів. Тому для підвищення товщини і фізико-механічних властивостей плівки необхідно підібрати модифікатори, які добре суміщаються з оліями і покращують її якісні властивості.

Великий інтерес до олії і воску, як альтернативі органорозчинних лакових матеріалів, пояснюється різноманіттям порід деревини, які використовують для виготовлення столярно-будівельних конструкцій і найбільше зазнають атмосферного впливу.

Отже, питання покращення якісних характеристик природних лакофарбових матеріалів, а зокрема олійних, є досить актуальним і вимагає по детального дослідження та вивчення.

Мета досліджень. Дослідження експлуатаційних властивостей покриттів деревини створених лакофарбовими матеріалами на основі олій. Враховуючи те, що столярно-будівельні конструкції, в більшості, експлуатуються під дією атмосферних факторів, важливою характеристикою якісного захисно-декоративного покриття є його стійкість до впливу вологи, температури, та

адгезійна міцність, як результат вище вказаних показників. Тому, для досліджень основних експлуатаційних характеристик, в даній роботі, були проведені експериментальні дослідження водостійкості, термостійкості і адгезійної міцності покриттів деревини створених модифікованими лляними оліями.

Матеріали та методика досліджень. Для досліджень використовували лляну олію (ГОСТ 5794-81), яку полімеризували з додаванням свинцево-кобальтового сикативу. В якості модифікатора сосново-живичну каніфоль (ГОСТ 19113-84Н). Зразки деревини дуба.

1. Визначення вологостійкості лакофарбових покриттів.

Під вологостійкістю розуміють здатність лакофарбового покриття (ЛФП) витримувати без зміни дію води. Визначення вологостійкості покриттів здійснюється згідно ГОСТ 21065-75 за допомогою стакана і дистильованої води [4].

Після нанесення ЛФМ на обидві сторони дерев'яних, зразків розміром 90x120мм їх висушували і витримували при температурі $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, відносній вологості $(65 \pm 5)\%$ протягом п'яти діб.

Лакофарбове покриття розміщували на 2/3 висоти у стакані з дистильованою водою. Після випробування у воді взірці висушували фільтрувальним папером.

Зміни, які відбулись із взірцем (зміна блиску, кольорового відтінку, побіління плівки, поява бульбашок і т. п.) фіксували візуально, або за допомогою лупи з 3-4 кратним збільшенням.

2. Визначення адгезії лакофарбових покриттів (метод решітчастих надрізів). На кожній ділянці поверхні взірця, що випробовувалась, на віддалі від краю не менше 10мм здійснювали різальним інструментом під лінійку, або по шаблону не менше шести паралельних надрізів до підкладки довжиною не меншою 30мм на віддалі 1,2 і 3мм один від одного. В результаті на покритті утворилась решітка із квадратиків однакового розміру.

Контроль прорізування покриття до підкладки здійснювався за допомогою лупи із 2,5-4-х кратним збільшенням.

Після нанесення надрізувань для видалення шматочків покриття, що відшарувалися, м'яким пензлем проводять у прямому і зворотному напрямках та по діагоналі по п'ять разів. Адгезію оцінюють, використовуючи за необхідністю лупу, за чотирьохбальною шкалою [4].

3. Визначення термостійкості лакофарбових покриттів. Термостійкість, або теплостійкість це здатність лакофарбового покриття витримувати дію високих температур, не змінюючи зовнішнього вигляду і адгезії плівки. Термостійкість визначали гідно ГОСТ 9590-76 [4]. Після нанесення ЛФМ, плівку висушували і

витримували протягом 2 діб. На зразок з покриттям встановлювали алюмінієвий стакан з водою, нагрітою до 60 ± 5 °C і витримували протягом 2-х годин. Після випробовувань зразки оглядали і оцінювали за 5-ти бальною шкалою.

Результати досліджень. Для підвищення експлуатаційних характеристик лакофарбових покриттів на основі лляної олії в якості модифікатора вводили каніфоль в кількості 1,0, 2,0 і 3,0 масових частин (м.ч.). Вплив кількості каніфолі на якісні показники плівки визначались при проведенні експериментальних досліджень. Дослідження впливу каніфолі на водо- і термостійкість покриття показало, що вміст модифікатора в кількості 2,0 і 3,0 м.ч. суттєво покращує стійкість плівки до вологи, але збільшення вмісту каніфолі дещо знижує термостійкість (табл. 1).

1. Вплив вмісту модифікатора на водо- і термостійкість покриття.

Стійкість покриття за 5-ти бальною шкалою	Лакофарбова композиція з вмістом модифікатора, м.ч.			
	Оліфа	Лляна олія + 1,0 м.ч. каніфолі	Лляна олія + 2,0 м.ч. каніфолі	Лляна олія + 3,0 м.ч. каніфолі
Водостійкість	3	2-3	1	1
Теплостійкість	2	2	1	2

Із одержаних експериментальних даних можна зробити висновки, що плівка на основі чистої оліфи має малу товщину і відповідно, не утворює необхідного захисного покриття. Тому проникність вологи і вплив температури через таку плівку не захистить деревину. Вміст каніфолі в кількості 1,0 м.ч. також не дозволяє створити плівку необхідної експлуатаційної товщини і волога, яка проникає через покриття погіршує його якісні властивості. Збільшення каніфолі у лляній олії до 3,0 і більше м.ч. покращує водостійкість плівки, однак знижує термостійкість, це викликано тим, що температура плавлення каніфолі біля 55°C [3], а відповідно, нагрівання приводить до погіршення якості захисно-декоративного покриття.

Для підтвердження одержаних результатів в роботі доцільно привести дані про вплив вмісту каніфолі та товщину плівки. Товщину плівки визначали після нанесення і сушіння олійної композиції за допомогою інструментального мікроскопу МИС-11, згідно ГОСТ 13639-75. Одержані дані представлені в табл. 2.

Як видно із таблиці 2 товщина покриття при введенні каніфолі у лляну олію в кількості 2,0 м.ч. значно зростає, по відношенню до товщини плівки, створеної лляною оліфою. Ці дані підтверджують дослідження і висновки про те, що із збільшенням вмісту модифікатора покращуються експлуатаційні властивості захисно-

декоративних покриттів деревини, а саме водо-і термостійкість, та адгезійна міцність плівки.

2. Результати визначення товщини покриття і глибини проникнення опоряджувального матеріалу в деревну підкладку.

Вид опоряджувального матеріалу	Товщина покриття	Глибина проникнення в пори	Товщина зовні
Олія лляна	86,13	57,90	28,23
Оліфа лляна	81,23	44,65	36,58
Модиф. олія (1м.ч. каніф)	91,60	49,26	42,35
Модиф. олія (2м.ч. каніф)	93,93	48,11	45,80
Модиф. олія (3м.ч. каніф)	91,92	45,51	46,38

Для визначення адгезії, згідно методики, були проведенні випробування покриттів створених модифікованою лляною олією із різним вмістом каніфолі. За допомогою шкали оцінювання адгезії покриттів отримали наступні результати: зразки з витратою матеріалу 100-200 г/м² відповідали балу – 1,0; зразки з витратою матеріалу 300 г/м² відповідали балу – 2,0. Із одержаних досліджень можна зробити висновки, що взаємодія лакофарбового матеріалу на основі модифікованої лляної олії з деревною підкладкою створює адгезійно- стійке покриття.

Висновки

В результаті проведених в роботі літературних, теоретичних і експериментальних досліджень можна зробити висновки, що вибір каніфолі в якості модифікуючої домішки для лляної олії покращує експлуатаційні властивості захисно-декоративних покриттів деревини. Вміст каніфолі в кількості 2,0 м.ч. збільшує товщину плівки та підвищує водо-термостійкість покриття, а також покращує адгезійну міцність ЛФМ до деревини. Модифіковану лляну олію доцільно використовувати для опорядження столярно-будівельних конструкцій з метою одержання екологічно-безпечного і стійкого до атмосферного впливу покриття деревини.

Список літератури

1. Вінтонів І.С., Сопушинський І.М. Тайшінгер А. Деревинознавство. Навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Львів 2005. – 252 с.
2. ГОСТ 7931-76 Олифа натуральная. Технические условия.
3. О. Гупало, О. Тушницький. Хімія деревини. Навчальний посібник. – Львів 1997. – 197 с.
4. Карякина М.И. Лабораторный практикум по испытанию лакокрасочных материалов и покрытий. – М.: Химия, 1989. – 206 с.

В работе представлены основные характеристики лакокрасочных материалов на основе высыхающих масел. Исследовано влияние модификаторов на водостойкость, термостойкость и адгезионную прочность покрытий для конструкций из древесины. Выбранное оптимальное содержание канифоли для улучшения физико-механических свойств пленки на основе модифицированного льняного масла.

Древесина, льняное масло, канифоль, водостойкость, термостойкость, адгезионная прочность.

The paper presents the main characteristics of coatings based on drying oils. The influence of modifiers on water resistance, heat resistance and adhesion strength of coatings for structures with wood. The selected optimum content of rosin to improve the physical and mechanical properties of films based on the modified linseed oil.

Wood, linseed oil, rosin, water resistance, heat resistance, adhesive strength.

УДК 674.047

КЛАСИФІКАЦІЯ ОСНОВНИХ ПРОМИСЛОВИХ ПОРІД ДЕРЕВИНИ ЗА СКЛАДНІСТЮ СУШІННЯ

П.В. Білей, доктор технічних наук

І.А. Соколовський, кандидат технічних наук

Національний лісотехнічний університет України

Наведено варіант класифікації основних промислових порід за складністю сушіння. Визначальними чинниками є базова (умовна) густина, пористість, відношення величин всихання в тангентальному напрямку до радіального відносно волокон. Деревні породи поділено за рейтингом на два класи «А» і «В».

Щільність, вологість, деревні породи, рейтинг, вологопровідність, сушіння, всихання, пористість, серцевинні промені, макропори.

Спроба створити класифікацію промислових порід деревини за складністю сушіння наведена в КТМ [1], де в основу класифікації покладено поділ деревних порід за густиною [2, 4]. Однак, крім густини, на вологопровідність деревини ще впливає багато інших факторів.

© П.В. Білей, І.А. Соколовський, 2013

В работе представлены основные характеристики лакокрасочных материалов на основе высыхающих масел. Исследовано влияние модификаторов на водостойкость, термостойкость и адгезионную прочность покрытий для конструкций из древесины. Выбранное оптимальное содержание канифоли для улучшения физико-механических свойств пленки на основе модифицированного льняного масла.

Древесина, льняное масло, канифоль, водостойкость, термостойкость, адгезионная прочность.

The paper presents the main characteristics of coatings based on drying oils. The influence of modifiers on water resistance, heat resistance and adhesion strength of coatings for structures with wood. The selected optimum content of rosin to improve the physical and mechanical properties of films based on the modified linseed oil.

Wood, linseed oil, rosin, water resistance, heat resistance, adhesive strength.

УДК 674.047

КЛАСИФІКАЦІЯ ОСНОВНИХ ПРОМИСЛОВИХ ПОРІД ДЕРЕВИНИ ЗА СКЛАДНІСТЮ СУШІННЯ

П.В. Білей, доктор технічних наук

І.А. Соколовський, кандидат технічних наук

Національний лісотехнічний університет України

Наведено варіант класифікації основних промислових порід за складністю сушіння. Визначальними чинниками є базова (умовна) густина, пористість, відношення величин всихання в тангентальному напрямку до радіального відносно волокон. Деревні породи поділено за рейтингом на два класи «А» і «В».

Щільність, вологість, деревні породи, рейтинг, вологопровідність, сушіння, всихання, пористість, серцевинні промені, макропори.

Спроба створити класифікацію промислових порід деревини за складністю сушіння наведена в КТМ [1], де в основу класифікації покладено поділ деревних порід за густиною [2, 4]. Однак, крім густини, на вологопровідність деревини ще впливає багато інших факторів.

© П.В. Білей, І.А. Соколовський, 2013

Перш за все, на вологопровідність впливає будова деревини: розмір поперечного перетину і число судин на одиницю площі, характер розподілу судин, тип перфорації їх стінок, напрямок контактних стінок судин, наявність включень в порожнинах судин. Завдяки наявності мікрокапілярів, волога в деревині може переміщатися і в самих стінках клітин, що є дуже важливим у вивченні вологопровідності деревини. В процесах сушіння слід також враховувати, що в ростучому дереві вода переміщається вздовж стовбура з радіальним відхиленням, це підтверджує набагато більшу вологопровідність вздовж волокон та різницю вологопровідності в радіальному (a'_r) і тангентальному (a'_t) напрямках відносно волокон.

Характер впливу анатомічних ознак будови деревини на процеси сушіння можна матеріалізувати і описати математично за такими величинами як умовна (базисна) густина (ρ_y), відношенням тангентального (β_t) всихання деревини до радіального (β_r) та величиною повної пористості деревини (Π_n) за виразом:

$$R_n = \frac{\rho_y}{\Pi_n} \cdot \frac{\beta_t}{\beta_r}. \quad (1)$$

Окрему увагу слід приділити наявності в деревині паренхімної тканини, до якої відносять два її типи: осьову та радіальну (променевою). Паренхімна тканина (в якій відкладаються та переміщуються органічні речовини) утворюється напівзадерев'янілими клітинами, які мають не тільки набагато меншу міцність, ніж механічна тканина, але набагато більшу величину всихання, що часто призводить до утворення мікротріщин в процесі сушіння. Наявність паренхіми має двоякий вплив на процес сушіння. Велика частка паренхіми в деревині, рівномірне розташування вузьких смуг по об'єму позитивно впливає на процес сушіння. І, навпаки, мала частка паренхіми, яка широкими смугами нерівномірно розподілена по об'єму, негативно впливає на процес сушіння і якість висушуваного матеріалу. Співвідношення між коефіцієнтами вологопровідності в радіальному (a'_r) і тангентальному (a'_t) напрямках визначається [5] за наближеним виразом:

$$\frac{a'_r}{a'_t} = 1 + \frac{2L}{100}, \quad (2)$$

де L – об'єм серцевинних променів в деревині, %.

Однак скористатись наведеним співвідношенням (2) в аналізі впливу будови деревини на складність сушіння було б некоректним, адже одна і та ж кількість (об'єм) серцевинних променів може мати як позитивний, так і негативний аспект.

Повну пористість деревини (Π_n , %) з вологістю точки насичення ($W_{T.n}$, %) визначають за умови, коли макропори заповнені повітрям, а

мікрокапіляри – водою. Тоді обумовлена макропорами пористість деревини (Π_n , %) визначиться за об'ємом набряклої деревинної речовини в одиниці (1 см^3) об'єму деревини:

$$\Pi_n = \left[1 - \frac{\rho + 0,267 \rho_y}{\rho_{s_n}} \right] \cdot 100, \quad (3)$$

де ρ_{s_n} – густина деревинної речовини в максимально набряклому стані, $\rho_{s_n} = 1,377 \text{ г/см}^3$; ρ - умовна (базова) густина, г/см^3 .

Підставивши ці дані, отримаємо значення максимальної пористості за величиною макропор:

$$\Pi_n = 100 - 92\rho_y. \quad (4)$$

Обумовлена мікрокапілярна пористість, якщо вважати, що розміри мікрокапілярів є однаковими в сухому і вологому стані, визначається за даними з деревинознавства [4] величиною $\Pi_p = 26,7\rho_y$. Тоді повна пористість деревини визначається сумою $\Pi_n = \Pi_n + \Pi_p$, або:

$$\Pi_n = 100 - 65,3\rho_y, \%. \quad (5)$$

Розрахунок рейтингу деревних порід за складністю сушіння наведено в табл. і графічно зображено на рис. 1.

Як видно з табл. та рис.1, взявши за основу породу сосну, як умовного матеріалу, то, врахувавши, що умовна густина може коливатись в межах 24 %, тобто $\pm 0,12\rho_y$, то рейтинг сосни може коливатись в діапазоні від 1,025 до 1,059. Тому величину рейтинга деревних порід за класом А можна обмежити величиною $R_n = 1,100$. Згідно з графіком (рис.1) всі запропоновані КТМ [1] породи (класу А) за складністю сушіння так і залишилися в даному класі – класі А.

Провести межу поділу між класами В та С виявилось надзвичайно важкою задачею, очевидно, не матеріалізовано характер розподілу судин, вид перфорації та інші фактори. Таким чином, розрахунок рейтингу порід деревини за складністю сушіння згідно видозміненої формули (1') не виявив чіткого поділу на класи В і С.

$$R_n = \frac{100 \cdot \rho_y}{100 - 65,3\rho_y} \cdot \frac{\beta_t}{\beta_t}. \quad (1')$$

Наприклад, такі породи як бук, явір, клен, що віднесені до класу В, мають більший рейтинг, ніж ті (берест, ільм, в'яз, ясен), що віднесені до класу С, як важковисихаючі. У зв'язку з наведеним вище деревні породи класу В і С доцільно об'єднати в один клас – клас В, що і показано на рис. 1.

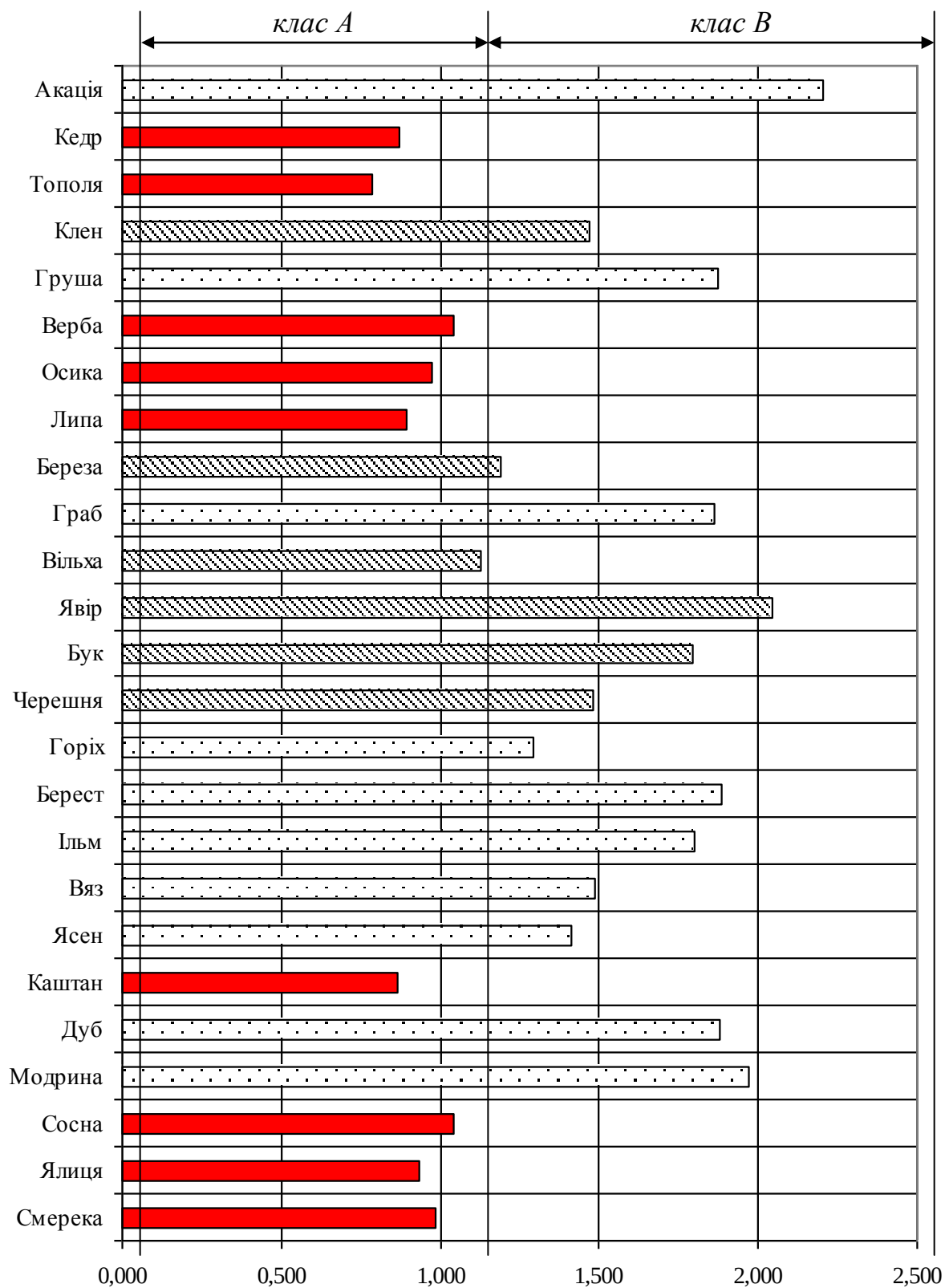


Рис. 1. Рейтинг деревних порід за складністю сушіння:
■ – клас А; – клас В; – клас С (згідно КТМ [1])

1. Рейтинг деревних порід за складністю сушіння.

№ п/п	Порода деревини	Умовна густина, ρ_y , г/см ³	Коефіцієнт всихання, %		β_t/β_r	Пористість, %			Рейтинг R_p , г/см ³
			β_t	β_r		Пн	Пр	Пп	
1	Смерека	0,365	7,8	3,8	2,053	66,42	90,25	76,17	0,984
2	Ялиця	0,350	7,8	3,8	2,053	67,80	90,66	77,15	0,931
3	Сосна	0,400	7,7	4,0	1,925	63,20	89,32	73,88	1,042
4	Модрина	0,540	7,8	3,3	2,364	50,32	85,58	64,74	1,972
5	Дуб	0,570	8,9	4,3	2,070	47,56	84,78	62,78	1,879
6	Каштан	0,378	7,4	4,3	1,721	65,22	89,91	75,32	0,864
7	Ясен	0,560	8,0	5,0	1,600	48,48	85,05	63,43	1,413
8	Вяз	0,535	8,3	4,6	1,804	50,78	85,72	65,06	1,484
9	Ільм	0,580	8,3	4,3	1,930	46,64	84,51	62,13	1,802
10	Берест	0,603	10,8	5,7	1,895	44,52	83,90	60,62	1,885
11	Горіх	0,490	8,8	4,9	1,796	54,92	86,92	68,00	1,294
12	Черешня	0,543	8,8	5,0	1,760	50,04	85,50	64,54	1,481
13	Бук	0,560	11,8	5,8	2,034	48,48	85,05	63,43	1,796
14	Явір	0,590	8,3	3,9	2,128	45,72	84,25	61,47	2,043
15	Вільха	0,430	8,3	4,4	1,886	60,44	88,52	71,92	1,128
16	Граб	0,640	11,5	6,8	1,691	41,12	82,91	58,21	1,859
17	Береза	0,520	8,0	5,3	1,509	52,16	86,12	66,04	1,188
18	Липа	0,400	9,1	5,5	1,655	63,20	89,32	73,88	0,896
19	Осика	0,410	8,5	4,9	1,735	62,28	89,05	73,23	0,971
20	Верба	0,380	6,6	3,2	2,063	65,04	89,85	75,19	1,042
21	Груша	0,585	9,1	4,6	1,978	46,18	84,38	61,80	1,873
22	Клен	0,570	8,4	5,2	1,615	47,56	84,78	62,78	1,467
23	Тополя	0,375	8,2	5,2	1,577	65,50	89,99	75,51	0,783
24	Кедр	0,350	7,7	4,0	1,925	67,80	90,66	77,15	0,873
25	Акація	0,650	8,4	4,3	1,953	40,20	82,65	57,56	2,206

Список літератури

1. Керівні технічні матеріали з технології камерного сушіння пиломатеріалів / Білей П.В., Соколовський І.А., Павлюст В.М., Кунинець Є.П. ; за ред. проф. Білея П. В. – Ужгород : Карпати, 2010. – 140 с.
2. Білей П.В. Сушіння та захист деревини. Підручник / Білей П.В., Павлюст В.М. – Львів : Кольорове небо, 2008. – 312 с.
3. Білей П.В. Тепломасообмінні процеси деревообробки: підручник / Білей П.В., Петришак І.В., Соколовський І.А., Сорока Л.Я. – Львів ЗУКЦ, 2013. – 376 с.
4. Вінтонів І.С. Деревинизнавство. Навчальний посібник: 2-е вид., до-повн. / Вінтонів І.С., Сопушинський І.М., Тайшінгер А. – Львів: Апріорі, 2007. – 312 с.
5. Серговский П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / Серговский П.С., Расев А.И. – М. : Лесн. пром-сть, 1987. – 360 с.

Приведен вариант классификации основных промышленных пород по сложности сушки. Определяющими факторами являются базовая (условная) плотность, пористость, отношение величин усыхания в тангентальном направлении к радиальному относительно волокон. Древесные породы

разделены по рейтингу на два класса «А» и «В».

Плотность, влажность, древесные породы, рейтинг, влагопроводимость, сушки, усыхание, пористость, сердцевинные лучи, макропоры.

The version of the classification of the major industrial species of wood on complication of drying has been shown. The determinative factors are as follows: basic (conditional) density, porosity, ratio of tangential and radial shrinkage in relation to fibres. Wood species have been rated into two classes "A" and "B".

Density, moisture content, tree species, rating, moisture conductivity, drying shrinkage, porosity, medullary rays macropores.

УДК 674.047

ВПЛИВ АНОМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ НА ВСИХАННЯ ДЕРЕВИНИ ЯВОРА

**П.В. Білей, доктор технічних наук
І.С. Вінтонів, кандидат біологічних наук
П.П. Білей, аспірант**

Національний лісотехнічний університет України

За результатами експериментальних досліджень виявлено вплив аномальної структури деревини явора на його фізичні властивості: щільність та всихання в різних напрямках відносно волокон. Проведена статистична обробка показала високу точність отриманих результатів.

Деревина, структура. щільність, всихання, прямоволокниста, хвилясто-завилькувата будова явора, пташине око.

В лісових деревостанах Заходу України (переважно в Українських Карпатах) зустрічаються окремі особини явора (*Aser Pseudoplantanus* Is.) з аномальною деревиною. За фенотипом на рівні ксилеми виділяють форму явора «пташине око», що характеризується особливою декоративністю, та деревину явора з хвилястою завилькуватістю, яка має чітко виражену хвилястість і характеризується особливими резонансними показниками. У явора з

© П.В. Білей, І.С. Вінтонів, П.П. Білей, 2013

разделены по рейтингу на два класса «А» и «В».

Плотность, влажность, древесные породы, рейтинг, влагопроводимость, сушки, усыхание, пористость, сердцевинные лучи, макропоры.

The version of the classification of the major industrial species of wood on complication of drying has been shown. The determinative factors are as follows: basic (conditional) density, porosity, ratio of tangential and radial shrinkage in relation to fibres. Wood species have been rated into two classes "A" and "B".

Density, moisture content, tree species, rating, moisture conductivity, drying shrinkage, porosity, medullary rays macropores.

УДК 674.047

ВПЛИВ АНОМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ НА ВСИХАННЯ ДЕРЕВИНИ ЯВОРА

**П.В. Білей, доктор технічних наук
І.С. Вінтонів, кандидат біологічних наук
П.П. Білей, аспірант**

Національний лісотехнічний університет України

За результатами експериментальних досліджень виявлено вплив аномальної структури деревини явора на його фізичні властивості: щільність та всихання в різних напрямках відносно волокон. Проведена статистична обробка показала високу точність отриманих результатів.

Деревина, структура. щільність, всихання, прямоволокниста, хвилясто-завилькувата будова явора, пташине око.

В лісових деревостанах Заходу України (переважно в Українських Карпатах) зустрічаються окремі особини явора (*Aser Pseudoplantanus* Is.) з аномальною деревиною. За фенотипом на рівні ксилеми виділяють форму явора «пташине око», що характеризується особливою декоративністю, та деревину явора з хвилястою завилькуватістю, яка має чітко виражену хвилястість і характеризується особливими резонансними показниками. У явора з

© П.В. Білей, І.С. Вінтонів, П.П. Білей, 2013

прямоволокнистою структурою ширина блискучих смужок променевої паренхіми на радіальних перетинах становить 1 мм, а у хвилясто-завилькуватої деревини має товстіші промені, які добре помітні на всіх перетинах (ширина на радіальній площині до 1,5 мм і більше) [1].

У стовбурах явора стиглого віку (100 років і більше) часто утворюється несправжнє ядро темного кольору, яке відрізняється за фізичною якістю від білої деревини явора із прямоволокнистою структурою.

Результати дослідження повного всихання прямоволокнистої деревини в межах стовбура деревини явора наведені в табл. 1.

1. Характеристика повного всихання прямоволокнистої деревини явора.

Модельне дерево	Зріз на висоті стовбура, м	M	$\pm m$	V, %	P, %
в тангентальному напрямку					
1	1,3	8,80	0,2313	11,5	2,6
	7,0	8,87	0,2342	11,5	2,6
	10,0	9,86	0,3057	13,5	3,1
2	1,3	8,92	0,5360	26,2	6,0
	8,0	9,81	0,5303	23,6	5,4
	12,0	9,67	0,1679	7,6	1,7
Середнє значення		9,32	0,3342	15,6	3,6
в радіальному напрямку					
1	1,3	4,02	0,0953	10,3	2,4
	7,0	5,20	0,0953	8,0	1,8
	10,0	5,62	0,0531	4,1	0,9
2	1,3	4,16	0,1276	13,4	3,1
	8,0	6,39	0,3057	20,9	4,8
	12,0	4,97	0,1489	13,0	3,0
Середнє значення		5,06	0,1377	11,9	2,7
об'ємного					
1	1,3	13,3	0,7501	24,7	5,7
	7,0	13,4	0,2876	9,3	2,1
	10,0	17,0	0,4151	10,6	2,4
2	1,3	11,9	0,2678	9,8	2,3
	8,0	15,5	0,7134	20,1	4,6
	12,0	14,8	0,2466	7,3	1,7
Середнє значення		14,3	0,4468	13,6	3,1

В позначеннях прийнято: M – середнє значення, m - середнє квадратичне відхилення; V – коефіцієнт варіації; P – показник точності.

Результати дослідження повного всихання прямоволокнистої деревини явора (табл. 1) показують, що деревина на 10 метрів

висоті стовбура (1 м вниз від крони) характеризується більшим в тангентальному напрямку усиханням (9,86 %) від усихання на висоті 1,3 м (8,8 %). Така тенденція характерна для всіх основних структурних напрямків.

Коефіцієнти всихання прямоволокнуистої деревини явора в межах стовбура наведені в табл. 2.

2. Коефіцієнти всихання прямоволокнуистої деревини явора.

Модельне дерево	Зріз на висоті стовбура, м	M	$\pm m$	V, %	P, %
в тангентальному напрямку					
3	1,3	0,262	0,012	20,4	3,26
	7,0	0,247	0,008	23,4	3,2
	10,0	0,255	0,01	24,4	3,92
в радіальному напрямку					
3	1,3	0,247	0,008	23,4	3,2
	7,0	0,151	0,007	23,2	4,66
	10,0	0,175	0,006	21,2	3,42
об'ємного					
3	1,3	0,482	0,014	15,25	2,92
	7,0	0,40	0,009	16,20	2,25
	10,0	0,474	0,014	13,62	3,07

Коефіцієнтом всихання прямоволокнуистої деревини явора (табл. 2) із середньої частини стовбурів (висота 7,0 м) характеризуються меншою величиною, що слід враховувати в технологічних процесах оброблювання резонансної сировини.

Коефіцієнт всихання деревини явора форми «пташине око» наведено в табл. 3.

3. Коефіцієнт всихання деревини явора форми «пташине око».

Модельне дерево	Зріз на висоті стовбура, м	M	$\pm m$	V, %	P, %
в тангентальному напрямку					
4	1,3	0,232	0,0019	24,8	0,79
в радіальному напрямку					
4	1,3	0,128	0,0018	30,06	1,42
об'ємного					
4	1,3	0,381	0,012	16,30	3,16

Коефіцієнти всихання деревини явора форми «пташине око» (табл. 3) значно менші (за об'ємом – 0,381) порівняно з прямоволокнуистою деревиною явора (0,452) [2, 3]. Дана особливість пов'язана із аномальною структурою форми явора «пташине око» в

якій зростає поздовжнє всихання і зменшується анізотропність поперечного всихання. Коефіцієнт всихання деревини явора з несправжнім ядром наведено в табл. 4.

4. Середні показники коефіцієнта всихання деревини явора з несправжнім ядром.

Модельне дерево	Зріз на висоті стовбура, м	M	$\pm m$	V, %	P, %
в тангентальному напрямку					
5		0,268	0,006	22,4	2,24
в радіальному напрямку					
5		0,170	0,004	24,1	2,35
об'ємного					
5		0,472	0,0075	15,9	3,57

Порівняльна характеристика деревини явора з прямоволокнистою структурою і з хвилясто-завилькуватою наведено в табл. 5.

5. Порівняльна характеристика деревини явора з прямоволокнистою структурою і з хвилясто-завилькуватою.

Показник	Явір	
	прямоволокнистий	хвилясто-завилькуватий
1. Вміст пізньої деревини в річному кільці, %	19,2	18,7
2. Кількість річних кілець в 1 см, шт	4,7	4,0
3. Повне лінійне усихання, %:		
- тангентальне	9,32	8,20
- радіальне	5,06	4,39
- об'ємне	14,3	13,3
4. Щільність, г/см ³		
- базисна	509	480
- в абс.сух.стані	594	576

Висновок. Відмінності в якісних характеристиках деревини явора з прямоволокнистою структурою і з хвилясто-завилькуватою виявлено за всіма показниками. Явір з прямоволокнистою деревиною має більшу щільність та вміст пізньої зони, тому і величини всихання є більшою, ніж у хвилясто-завилькуватій його формі.

Список літератури

1. Вінтонів І.С. Деревинизнавство. Навчальний посібник: 2-е вид., доповн. / Вінтонів І.С., Сопушинський І.М., Тайшінгер А.М. – Львів: Апріорі, 2007. – 312 с.

2. Винтонив И.С. Влияние условий роста на физико-механические свойства древесины явора произрастающего в Карпатах / И.С. Винтонив // Изв. вузов. Лесн. журнал. – 1973. – №5. – С. 154–155.
3. Винтонив И.С. Некоторые физико-механические свойства свилеватой древесины явора / Винтонив И.С. // Изв. вузов. Лесн. журнал. – 1981. – №6. – С. 56–58.

По результатам экспериментальных исследований выявлено влияние аномальной структуры древесины тополя на его физические свойства: плотность и усыхания в различных направлениях относительно волокон. Проведённая статистическая обработка показала высокую точность полученных результатов.

Древесина, структура, плотность, усыхание, прямоволокнистая, волнисто-свилеватое строение тополя, птичий глаз.

According to experimental results, the effect of anomalous structure of sycamore wood on its physical properties: density and shrinkage in different directions relatively to the fibers has been exposed. Statistical analysis showed the high accuracy of the results was conducted.

Wood structure, density, shrinkage, straight-grained, cross-grained wavy-structure sycamore, bird's eye.

УДК 674.81

ОБГОВОРЕННЯ МЕТОДИЧНИХ АСПЕКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕРЕВИННОГО КОМПОНЕНТУ МЕТОДОМ РОЗДАВЛЮВАННЯМ

***О.С. Малахова, кандидат технічних наук
Ю.П. Лакида, здобувач****

Проаналізовано вплив характеристик деревного компоненту на властивості композиційних матеріалів. Наведені етапи технологічного процесу виготовлення монодереву. Наведені результати пробного експерименту з виготовлення деревного компоненту роздавллюванням тонкомірної сировини.

Деревинні композиційні матеріали, деревинні волокна, монодерев, роздавллювання тонкомірної деревини.

*Науковий керівник – доктор технічних наук О.О. Пінчевська

2. Винтонив И.С. Влияние условий роста на физико-механические свойства древесины явора произрастающего в Карпатах / И.С. Винтонив // Изв. вузов. Лесн. журнал. – 1973. – №5. – С. 154–155.
3. Винтонив И.С. Некоторые физико-механические свойства свилеватой древесины явора / Винтонив И.С. // Изв. вузов. Лесн. журнал. – 1981. – №6. – С. 56–58.

По результатам экспериментальных исследований выявлено влияние аномальной структуры древесины тополя на его физические свойства: плотность и усыхания в различных направлениях относительно волокон. Проведённая статистическая обработка показала высокую точность полученных результатов.

Древесина, структура, плотность, усыхание, прямоволокнистая, волнисто-свилеватое строение тополя, птичий глаз.

According to experimental results, the effect of anomalous structure of sycamore wood on its physical properties: density and shrinkage in different directions relatively to the fibers has been exposed. Statistical analysis showed the high accuracy of the results was conducted.

Wood structure, density, shrinkage, straight-grained, cross-grained wavy-structure sycamore, bird's eye.

УДК 674.81

ОБГОВОРЕННЯ МЕТОДИЧНИХ АСПЕКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕРЕВИННОГО КОМПОНЕНТУ МЕТОДОМ РОЗДАВЛЮВАННЯМ

***О.С. Малахова, кандидат технічних наук
Ю.П. Лакида, здобувач****

Проаналізовано вплив характеристик деревного компоненту на властивості композиційних матеріалів. Наведені етапи технологічного процесу виготовлення монодереву. Наведені результати пробного експерименту з виготовлення деревного компоненту роздавллюванням тонкомірної сировини.

Деревинні композиційні матеріали, деревинні волокна, монодерев, роздавллювання тонкомірної деревини.

*Науковий керівник – доктор технічних наук О.О. Пінчевська

Актуальна в наш час проблема раціонального використання сировинних ресурсів у деревообробній галузі певною мірою вирішується використанням низькоякісної деревини у якості наповнювача у виробництві композиційних матеріалів.

Серед таких матеріалів - плити деревинностружкові (ДСтП) і деревинноволокнисті (ДВП і МДФ), OSB, матеріали "Ultraspen", "Structureframe", паркеліт тощо [1, 4]. Відмінність цих матеріалів полягає у різниці технологічних факторів на етапах технологічного процесу, які у принципі загальні для них: виготовлення деревного компоненту, нанесення зв'язуючого і пресування [1].

На основі аналізу існуючого асортименту деревних композиційних матеріалів можна зробити висновок про те, що їх основна відмінність полягає в різній структурі, яка великою мірою обумовлена різними параметрами деревних частинок: їх формою, розмірами, породою, вологістю. Збільшенню механічних властивостей матеріалів сприяє використання довгих тонких частинок [5, 6]. Слід зауважити, що наявність кори має негативний вплив.

Деревинний компонент плитних матеріалів, таких як деревинностружкові (ДСП, OSB та ін.) і деревинноволокнисті плити (ДВП, МДФ тощо) та вироби, виготовляється різанням сировини на щепу або стружку і подальшим її подрібненням на стружку або волокна. Після нанесення зв'язуючого деревинно-клеєву композицію формують при певному тиску і температурі [1-6].

У виробництві найпоширеніших у наш час деревних плит використовують деревні часточки голчатої чи пластинчатої форми. Наявність порошу і кори обмежується. Пластинчата форма забезпечує вищі механічні показники плити за рахунок більшої довжини волокон деревини. Саме тому зовнішні шари плит, які при експлуатації сприймають більше навантаження, формують зі стружок більшої фракції [1].

Значно вищими механічними показниками відрізняються плити з спеціальної великої стружки. Для надання таким плитам підвищеної міцності стружку у різних шарах певним чином орієнтують (OSB).

Подібна технологія може застосовуватись для виготовлення каркасів меблевих виробів замість деталей з деревини (матеріал "Structureframe"). Для цього осмолені волокна шпоновидного матеріалу певного розміру та ширини, виготовлені з окорених колод, вкладають паралельно одне одному.

Ще більша довжина волокон у матеріалі LVL (Laminated Veneer Lumber), бо його виготовляють з лущеного шпону товщиною 2...3,2 мм у пресах безперервної дії. Ці плити можуть виготовлятися

довжиною до 18 м, шириною 80...1800 мм, товщиною 21...75 мм. Використовуються вони для несучих конструкцій у будівництві, опалубки, столярно-будівельних виробів тощо.

Позитивний вплив використання деревинного компоненту з довгими волокнами притаманний конструкційному матеріалу, який поки що не знайшов широкого застосування, але має обнадійливі перспективи. В Українському науково-дослідному інституті механічної обробки деревини, де у 90-х роках проводились дослідження, його називали «монодерева» через те, що за властивостями та будовою він подібний до натуральної деревини [2, 7]. Особливість цього матеріалу полягає в тому, що деревний компонент отримується не різанням, а роздавлюванням деревини малих діаметрів. За рахунок збереження анізотропії і природної міцності деревних волокон фізико-механічні показники монодерева у 5...7 разів вищі аналогічних показників ДСП і ДВП та наближаються до показників натуральної деревини твердих порід. Цей матеріал може бути повноцінним замінником натуральної деревини твердих листяних порід при виготовленні деталей для виробів з деревини, столярних конструкцій тощо.

Оскільки дослідження монодерева були припинені на початковій стадії, зважаючи на перспективність цього матеріалу, визначена необхідність провести низку пробних експериментів для з'ясування основних напрямків масштабного дослідження і оптимізації технологічних параметрів його виготовлення. У межах цих експериментів передбачається з'ясувати межі і рівні основних режимних параметрів і отримати натуральні зразки матеріалу.

Технологічний процес виготовлення монодерева складається з операцій роздавлювання тонкоміру до стану волокнистих плетив, їх сушінні, нанесенні зв'язуючого, формуванні пакету і пресуванні. Очевидно, що властивості цього матеріалу залежать від багатьох факторів на кожному етапі процесу.

Велике значення для формування високої якості матеріалу мають механічні і геометричні параметри деревного компонента. Вони залежать від характеристик сировини, технологічних параметрів роздавлювання і подальшої підготовки до осмолення.

Для виготовлення деревного компоненту монодерева може використовуватись тонкомір від рубок догляду та лісосічні відходи – верхівки дерев, гілки тощо. Характеристиками такої сировини є порода, діаметр, вологість. Вибір породного складу деревини, що передбачається використовувати у дослідженнях, повинен враховувати, з одного боку, бажано невисоку міцність на стиск поперек волокон, з іншого, наявність великої кількості такої сировини

у лісозаготівельному господарстві. Таким вимогам відповідають м'які листяні (осика, вільха, тополя) і хвойні (сосна) породи.

Серед параметрів процесу роздавлювання, що формують характеристики отримуваних плетив, у межах дослідження для оптимізації технологічних параметрів їх виготовлення, слід розглянути вплив діаметру і рельєфу поверхні валиків, тиску, швидкості подачі, кількості проходів.

Кількісною характеристикою якості плетив може бути міцність на розтягування вздовж волокон.

За умовами рандомізації експериментальних досліджень при проведенні наступних технологічних операцій (сушіння, нанесення зв'язуючого, формування пакету та пресування) слід дотримуватись однакових методів і режимів.

Сушіння плетив у промислових умовах може виконуватись як стаціонарна або як прохідна операція.

При виборі виду зв'язуючого слід враховувати адгезійні властивості до деревини та вимоги до кінцевого продукту щодо екологічності, вологостійкості тощо. Від призначення матеріалу та виду зв'язуючого залежать його кількість, спосіб нанесення та режим подальшого пресування (температура, тривалість витримки під тиском тощо). Зауважимо, що ручне формування пакету дає можливість виготовляти заготовки складної просторової форми з наступним пресуванням у вакуумних пресах.

У якості параметрів, що характеризують мономер як конструкційний матеріал, можуть розглядатись його механічні властивості, опір висмикуванню шурупів, стійкість до вологи, біостійкість, пожежобезпечність тощо.

Для реалізації процесу виготовлення деревного компоненту монодерева у вигляді плетив, була реконструйована установка для роздавлювання деревини (рис. 1). Вона складається зі станини, на якій закріплено за допомогою блок-підшипників чотири барабани, два передні з яких - привідні. Вони подають сировину до двох інших, одночасно роздавлюючи її. На верхньому плющильному барабані з двох сторін нарізані під кутом жолобки, які запобігають розтягуванню плетив за шириною.

Регулювання зазору між верхніми та нижніми барабанами відбувається шляхом вертикального пересування валів за допомогою пневматичних циліндрів, закріплених над верхніми барабанами. Поршні циліндрів з'єднані з верхніми блок-підшипниками. Повітря, потрапляє у пневматичні циліндри і рухає поршні вниз, опускаючи верхні вали. Величина тиску у циліндрах контролюється манометрами. Швидкість подачі сировини може регулюватись редуктором. Потужність двигуна 1200 кВт.



Рис. 1. Установка для роздавлювання деревини.

Довжина столів, що встановлюються перед та позаду установки, повинна відповідати довжині тонкоміру, що подається на роздавлювання, та довжині отримуваних плетив. Для пробного експерименту виготовили зразки з найпоширенішої і швидко відновлювальної породи деревини – тополі. Довжина зразків - 1 метр. Зразки розсортували на чотири групи по 10 зразків за діаметрами: 15 мм, 20 мм, 25 мм і 30 мм по 10 зразків. Вологість зразків, що піддавались роздавлюванню, була 80 %.

Половину зразків кожної групи піддавали певній кількості циклів роздавлювання для отримання плетив приблизно однакової структури за розміром волокон (рис. 2,а). Другу половину зразків пропускали через установку на один раз більше і при цьому отримували плетива, вигляд яких наведений на рис. 2,б. Величину тиску збільшували при кожному наступному проходженні зразка через установку на одну атмосферу. Основні параметри дослідження процесу роздавлювання у пробному експерименті наведені у таблиці.

Слід зауважити, що збільшення кількості циклів роздавлювання сприяє звільненню матеріалу від кори, що має позитивний вплив на якість кінцевого матеріалу.

Отримані деревні плетива складаються з волокон різної товщини, переважна більшість яких з'єднані між собою за довжиною. Важливою розмірною характеристикою плетив може бути середня товщина певної кількості найбільших волокон. Виконували по 5 вимірювань на кожній стороні зразків. Середні значення найбільших за товщиною волокон для кожного типорозміру зразків наведені у

таблиці. Як бачимо, для досягнення товщини волокон 6-10 мм, товщі зразки треба було піддавати більшій кількості циклів роздавлювання. Подальше збільшення кількості циклів давало однаковий ефект.



а – грубіші плетива

б – тонші плетива

Рис. 2. Плетива, отримані роздавлюванням в установці.

Параметри дослідження процесу роздавлювання у пробному експерименті.

Товщина сировини, мм	15		20		25		30	
Кількість зразків, шт.	5	5	5	5	5	5	5	5
Кількість циклів роздавлювання	3	4	3	4	4	5	5	6
Тиск у циліндрах, ат	0,0;	0,0;	0,0;	0,0;	0,0;	0,0;	0,0;	0,0; 1,0;
	1,0;	1,0;	1,0;	1,0;	1,0;	1,0;	1,0;	2,0; 3,0;
	2,0	2,0;	2,0	2,0;	2,0;	2,0;	2,0;	4,0; 5,0
		2,0		3,0	3,0	3,0;	3,0;	
						4,0	4,0	
Товщина плетив, мм	6-10	1-5	6-10	1-5	6-10	1-5	6-10	1-5

Кількісною характеристикою деревних плетив можуть бути також їх механічні властивості при розтягуванні вздовж волокон.

Після роздавлювання зразки плетив були розміщені горизонтально на сітці з отворами 10x10 мм. і висушені в конвективній сушильній камері при температурі 60 °С. до вологості 4 %. Сушіння відбувалось на протязі 4 - 5 години

Нанесення в'язучого може виконуватися різними методами – занурювання, наливом, контактним нанесенням, розпиленням та іншими. Для нанесення клею на волокна, що мають вигляд плетив, найбільш доцільним видається застосування способу розпилення форсунками із наступним протягуванням між вальцями. Це сприятиме кращому розподілу в'язучого по волокнах. Кількість

в'яжучого для всіх зразків повинна бути однаковою (у % до маси деревного компоненту). Вид в'яжучого повинен відповідати вимогам до кінцевого продукту. Основними з цих вимог можуть бути високий рівень адгезії до деревини, екологічність, технологічність застосування, вартість тощо.

Наступні операції: формування пакетів у вигляді прямокутних зразків однакового перерізу і пресування.

За результатами випробування механічних і фізичних властивостей отриманих у пробному експерименті зразків монодрева будуть вибрані рівні досліджуваних параметрів і уточнені методологічні аспекти основного експерименту.

Впровадження технології виготовлення композитів на основі деревного компоненту з волокнами природної довжини надасть можливість отримувати матеріали з прогнозованими високими показниками механічних властивостей.

Список літератури

1. Бехта П.А. Технологія деревинних плит і пластиків / Бехта П.А. – К.: Основа, 2004. – 780 с.
2. Гайда С.В. / Матеріали для виготовлення виробів з деревини / Гайда С.В. – Львів: ВМС, 2000. – 160 с.
3. Спеціальні матеріали – альтернатива натуральній деревині [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://www.derevo.info/content/detail/407/content/>
4. МДФ – відомий будівельний матеріал [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://budrem.org.ua/pylomaterialy-ta-lisomaterialy/mdf-vidminnyj-budivelnnyj-material.html>.
5. Дыскин И.М. Влияние формы и размеров древесных частиц на физико-механические свойства древесностружечных плит / И.М. Дыскин // Дисс ... канд. техн. наук. – М., 1961. – 186 с.
6. Малахова О.С. О взаимосвязи структурных параметров и механических свойств материалов, прессованных из древесно-клеевой композиции / Лакида Ю.П. – С-П., 2013. – 210 с.
7. Анненков В.Ф. Повноцінний замітник натуральної деревини / Ю.М. Грошев. Повноцінний замітник натуральної деревини. Світ меблів та паперу. – 1998. – №1. – С. 10–15.

Проанализировано влияние характеристик древесного компонента на свойства композиционных материалов. Приведены этапы технологического процесса изготовления монодрева. Приведены результаты пробного эксперимента по изготовлению древесного компонента раздавливанием тонкомерного сырья.

Древесные композиционные материалы, древесные волокна, монодрев, раздавливания тонкомерной древесины.

Influence of features of wood component upon properties of wood composite materials is analyzed. Stages of technological process of

"monoderev" composite material production are presented. The results of the pilot experiment on production of wood component by crushing low diameter wood are shown.

Wood composite materials, wood fiber, monoderev, crushing of low diameter wood.

УДК 674.81

РЕСУРСООЩАДНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ

***С.В. Гайда, кандидат технічних наук
Національний лісотехнічний університет України***

Використано системний підхід до перероблення ВЖД у технологіях деревооброблення. Експериментально підтверджено технологічну можливість використання ВЖД у виробничих процесах деревооброблення з виготовленням зразків продукції: заготовок криволінійної форми, меблевого щита, столярної плити. Визначено основні фізико-механічні властивості отриманої продукції за розробленими технологіями. Запропоновано режимні параметри для впровадження отриманих результатів досліджень у виробництво. Розроблено ресурсоощадні та екологічнобезпечні технології з практичними рекомендаціями щодо використання ВЖД в деревообробленні.

Вживана деревина, потенціал, системний підхід, математичні моделі, технології деревооброблення, практичні рекомендації.

Актуальність. Потенційним ресурсом та невикористаною базою деревної сировини, запаси якої збільшуються в міру розвитку промисловості та господарства, в цілому, є запаси вживаної деревини (ВЖД). Дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених із зазначеної проблеми стосуються, в основному, використання виробничих деревних відходів, без залучення ВЖД до процесу перероблення – виготовлення виробів з неї. Результати їхніх досліджень свідчать, що дана проблема не є повністю вирішеною, позаяк не розроблено наукової бази та практичних рекомендацій для ефективних виробничих процесів з прогнозуванням властивостей продукції із ВЖД. Таким чином, обґрунтування

© С.В. Гайда, 2013

"monoderev" composite material production are presented. The results of the pilot experiment on production of wood component by crushing low diameter wood are shown.

Wood composite materials, wood fiber, monoderev, crushing of low diameter wood.

УДК 674.81

РЕСУРСООЩАДНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ

***С.В. Гайда, кандидат технічних наук
Національний лісотехнічний університет України***

Використано системний підхід до перероблення ВЖД у технологіях деревооброблення. Експериментально підтверджено технологічну можливість використання ВЖД у виробничих процесах деревооброблення з виготовленням зразків продукції: заготовок криволінійної форми, меблевого щита, столярної плити. Визначено основні фізико-механічні властивості отриманої продукції за розробленими технологіями. Запропоновано режимні параметри для впровадження отриманих результатів досліджень у виробництво. Розроблено ресурсоощадні та екологічнобезпечні технології з практичними рекомендаціями щодо використання ВЖД в деревообробленні.

Вживана деревина, потенціал, системний підхід, математичні моделі, технології деревооброблення, практичні рекомендації.

Актуальність. Потенційним ресурсом та невикористаною базою деревної сировини, запаси якої збільшуються в міру розвитку промисловості та господарства, в цілому, є запаси вживаної деревини (ВЖД). Дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених із зазначеної проблеми стосуються, в основному, використання виробничих деревних відходів, без залучення ВЖД до процесу перероблення – виготовлення виробів з неї. Результати їхніх досліджень свідчать, що дана проблема не є повністю вирішеною, позаяк не розроблено наукової бази та практичних рекомендацій для ефективних виробничих процесів з прогнозуванням властивостей продукції із ВЖД. Таким чином, обґрунтування

© С.В. Гайда, 2013

науково-технічної бази, розроблення ресурсощадних та екологобезпечних технологій, встановлення закономірностей впливу використання ВЖД на фізико-механічні показники одержаної продукції, розроблення режимних параметрів та формування практичних рекомендацій, підтверджених результатами експериментальних досліджень, є важливою та актуальною проблемою сьогодення.

Проблема досліджень – відсутність ресурсощадних та екологобезпечних технологій з практичними рекомендаціями щодо використання ВЖД. Часткове вирішення даної проблеми дасть можливість забезпечити галузі деревооброблення альтернативним додатковим ресурсом шляхом перероблення ВЖД в цілісному вигляді на вироби: заготовки, меблевий щит, столярну плиту.

Мета досліджень – дослідження можливості та з'ясування особливостей використання ВЖД у технологіях деревооброблення в цілісному вигляді.

Об'єкт дослідження – ресурсощадні технології використання ВЖД.

Предмет дослідження – фізико-математичні моделі та практичні рекомендації щодо використання ВЖД у технологіях деревооброблення.

Результати досліджень. ВЖД – це використана деревина та будь-які вироби з неї, які утворюються у процесі виробництва та життєдіяльності людини, внаслідок природних катастроф, що не мають свого подальшого призначення за місцем утворення і підлягають переробленню з метою забезпечення захисту довкілля і здоров'я людей або з метою повторного їх залучення у господарську діяльність як матеріально-сировинні та енергетичні ресурси.

До ВЖД належать: залишки побутових речей та пакувальних матеріалів; залишкова ВЖД всіх інших видів діяльності підприємств, організацій і населення; залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів тощо, утворені під час виробництва продукції або виконання робіт, які втратили цілком або частково вихідні споживчі властивості зіпсовані і неремонтоздатні або відпрацьовані, фізично зношені вироби та матеріали, які втратили свої споживчі властивості. ВЖД, залежно від ступеня забруднення, може відноситись до однієї із запропонованих категорій: ВЖД-I – природна та тільки механічно оброблена деревина з незначними забрудненнями натуральними зв'язками, а також деревина від стихійних катаклізмів; ВЖД-II – оброблена деревина та деревні матеріали без речовин захисту деревини та без галогеноорганічних зв'язків у покриттях; ВЖД-III – оброблена деревина та деревні матеріали без речовин захисту деревини та з галогеноорганічними

зв'язками у покриттях; ВЖД-IV – деревина та деревні матеріали, які оброблені речовинами захисту.

Визначення потенціалу ВЖД. Розрахунок потенціалу ВЖД виконано на основі інформаційний статистичних даних Державного агентства лісових ресурсів України щодо заготівлі деревини за 2012 р., яка становила на рівні 12,18 млн. т (17,4 млн. щільних м³) [13]. Досліджено, що в Україні кожного року утворюється певна кількість ВЖД – відходів споживання, частка деревини в яких становить більше 50 %. Вважаючи, що рівень споживання деревини залежить від експорту-імпорту, які компенсують один одного в загальному балансі сировини, обсяг утворення ВЖД розраховували від об'єму заготівлі (V_3) у кількості 13 % (загальноприйнятий в ЄС розрахунок), що становило у 2012 р. 1,58 млн. т. Крім того, в Україні щорічно в населених пунктах утворюється в середньому 50-60 млн. м³ ($V_{ТПВ}$) твердих побутових відходів (ТПВ), де частка ВЖД становить 2-4 %. За даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства у 2012 р. утворилося 14 млн. т ТПВ, з яких 0,42 млн. т (3 %) ВЖД (табл. 1).

1. Потенціал вживаної деревини в Україні.

Походження	Розрахунковий потенціал вживаної деревини					
	2010		2011		2012	
	%	млн. т.	%	млн. т.	%	млн. т.
Торгівля (тара, піддони)	13,00	0,363	12,00	0,288	15,00	0,301
Будівельні дерев'яні відходи	18,00	0,503	22,00	0,527	23,00	0,461
Деревообробна галузь	7,00	0,196	6,00	0,144	6,00	0,120
Старі меблеві вироби	12,00	0,335	12,00	0,288	13,00	0,261
Муніципальні відходи	16,00	0,447	16,00	0,383	17,00	0,341
Тверді побутові відходи	27,00	0,755	24,00	0,575	21,00	0,421
Інша ВЖД	7,00	0,196	8,00	0,192	5,00	0,100
Всього ВЖД	100,00	2,795	100,00	2,396	100,0	2,004

Таким чином, в Україні у 2012 р. утворилось 2 млн. т ВЖД, з енергетичним потенціалом 0,936 млн. т у.п. (27,442 ПДж або 7,623 млрд. кВт-год). За матеріального використання кількість придатної ВЖД може становити не більше 80 % від утвореної, тобто 1,6 млн. т. Переробивши утворену ВЖД за розподілом 50 % кускова та 30 % подрібнена ВЖД можемо суттєво зменшити рівень заготівлі первинних сировинних ресурсів та покращити екологічний стан на звалищах та довкіллі. Потенційна кількість ВЖД на кожного мешканця України з 45,55 млн. чол. (2013) становить 44 кг. На підставі кластерного підходу розраховано обсяг утворення ВЖД за областями України (рис. 1).

Способи очищення ВЖД. Очищення ВЖД здійснюють за видами наступними способами: внутрішнє – механічним та термохімічним способами для подрібненої ВЖД; зовнішнє – видалення наявних металевих та інших предметів до і після проходження через металодетектор; поверхнєве – очищення поверхонь ручним інструментом та модернізованими верстатами. Очищення обладнання охоплює наступні моделі верстатів: голкофрезерний, щітковий, шліфувальний, фрезерний, піскоструйний, спеціальний та інші.

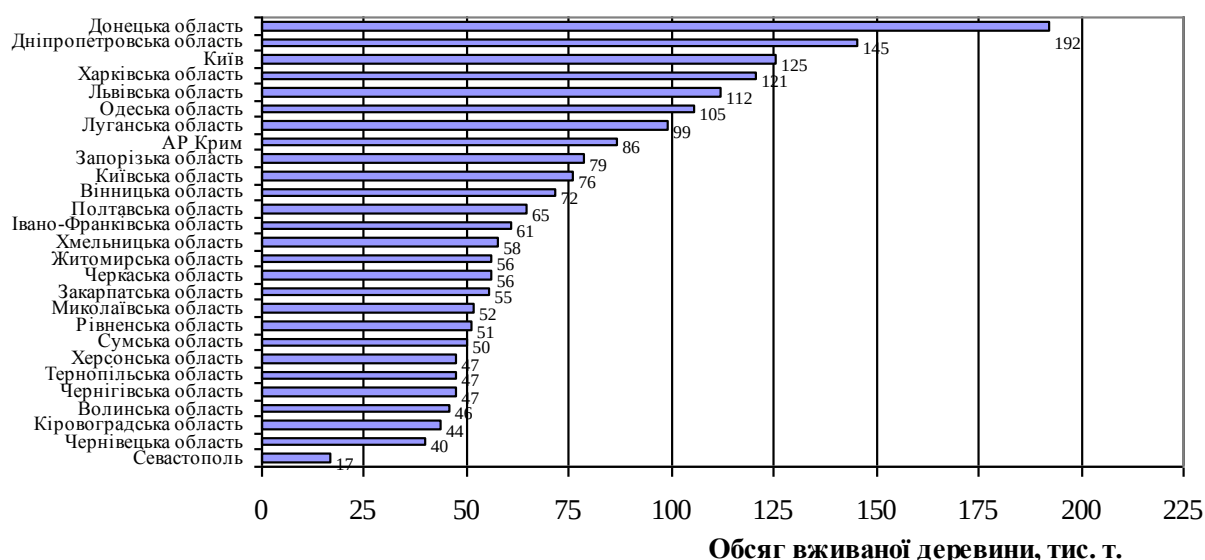


Рис. 1. Кластерний підхід до моніторингу ВЖД (2012 р., тис. т.).

Характеристики голкофрез, як ефективного інструменту для очищення ВЖД. Сучасна промисловість випускає голкофрези різних видів: торцеві, циліндричні, валкові, з плетеними елементами і з гофрованого дроту. Для дротяних радіальних елементів може використовуватися металевий дріт з вуглецевої або нержавіючої сталі різного діаметру, капронова нитка і багато інших матеріалів, причому для забезпечення заданої жорсткості можливе поєднання, наприклад дротяних і гумових елементів.

Актуальною особливістю цього інструменту є його гнучка робоча поверхня, утворена безліччю робочих елементів – пружних кінців дроту, що дозволяє використовувати дротяний інструмент для поверхневого оброблення ВЖД.

Значна поверхня голкофрезерних та щіткових конструкцій дозволяє в кілька десятків разів збільшувати площу поверхні теплообміну, який застосовується як для збільшення тепловіддачі, так і для швидшого видалення лакофарбових покриттів з поверхні ВЖД. Враховуючи переваги голкофрезерного інструменту, в процесі досліджень визначено напрями та переваги застосування голкофрез

для очищення ВЖД від поверхневих забруднень: ефективне використання голкофрезерного інструменту для зняття лакофарбового матеріалу і матеріалу личківок, включаючи ПВХ-плівки в процесі утилізації ВЖД – старих меблевих, столярно-будівельних та інших виробів; заміна стругання ВЖД ножовим інструментом з метою отримання підготовленої поверхні для подальшого матеріального використання; механічне оброблення модифікованих, особливо просочених деревних матеріалів підвищеної твердості; отримання гребінчастої оброблюваної поверхні в процесі обробки еластичною голкофрезною масивною ВЖД з явно вираженими ранньою та пізніми зонами.

Типовий план цеху з сортування, сегрегації та очищення ВЖД. Розроблено типовий план цеху розміром 36×24 м, у якому передбачено сортування ВЖД за чотирма категоріями, за видом матеріалу – масив, плита; сегрегацію за вологістю, на недопустимі включення та забруднення (рис. 2).

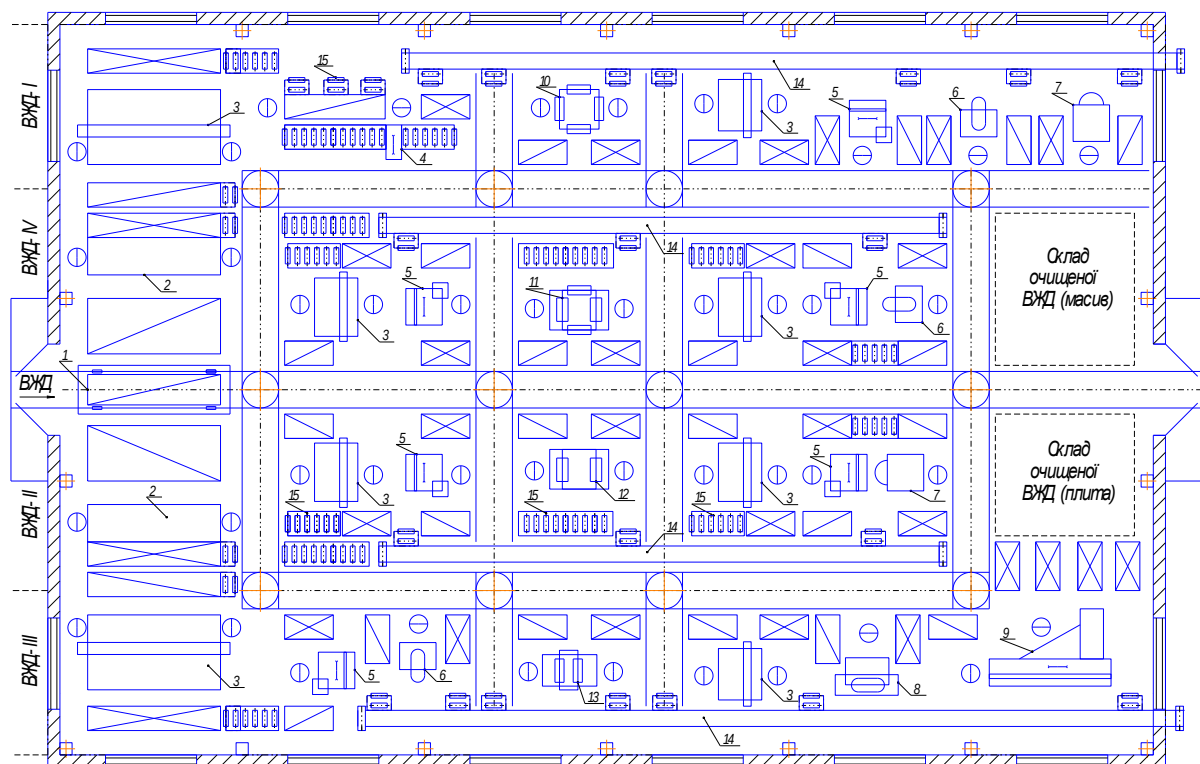


Рис. 2. Типовий план цеху з очищення ВЖД: 1 – траверсний візок, 2 – робочий стіл, 3 – металодетектор, 4 – торцювальний в-т, 5 – круглопилковий в-т, 6 – стрічкوپилковий в-т, 7 – фрезерний в-т, 8 – крайкошліфувальний в-т, 9 – форматно-розкрійний в-т, 10 – Чотирибічношліфувальний в-т, 11 – чотирибічноголкофрезерний в-т, 12 – двобічноголкофрезерний в-т, 13 – двобічношліфувальний в-т, 14 – конвеєр, 15 – секції рольгангу.

Особливістю цеху є розмежування його на чотири потоки. В першому та другому обробляється масивна ВЖД – відповідно категорій: чиста ВЖД-I та забруднена ВЖД-IV. В іншій половині цеху проводять оброблення плитних матеріалів: в третьому потоці – ВЖД-II; в четвертому потоці – ВЖД-III.

Після поверхневого очищення проводиться повторне виявлення металевих включень за допомогою металодетекторів, які є у кожному з чотирьох потоків. Бездефектна ВЖД стає придатною для одержання заготовок верстатами вторинного машинного оброблення. Очищена ВЖД такими стадіями та рекомендаціями (табл. 3) є додатковою сировиною для виготовлення столярної плити, меблевого щита, заготовок криволінійної форми та інших деталей.

3. Рекомендації до технології сортування та сегрегації ВЖД.

№	Стадії та операції	Устаткування
1	Збирання, накопичування за типом	Місця утворення, господарства
2	Привезення до місць перероблення	Транспортні засоби
3	Ідентифікація ВЖД за категоріями	Візуально, приладами
4	Сортування за матеріалом, породою	Вручну, автоматично
5	Сегрегація за вологістю, забрудненням	Візуально, приладами
6	Індикація на недопустимі хімікалії	Індикатор, дослідження
7	Очищення від зовнішніх включень	Інструмент, фізично
8	Видалення видимого металу	Метало-детектор, фізично
9	Очищення від покриттів (плівок)	Верстати для очищення
10	Розподіл за технологіями	Процеси перероблення

Методика та результати досліджень. За відповідними методиками було реалізовано багатофакторні експериментальні дослідження з одержанням адекватних фізико-математичних моделей (табл. 4, 5). Встановлено закономірності впливу використання ВЖД на фізико-механічні показники одержаної продукції.

4. Методика та моделі показників столярної плити із ВЖД.

Методика реалізації В ₂ -плану для столярної плити із ВЖД							
№	Назва	Один. вим.	Позначення	Інтервал зміни	Рівень фактора		
					-1	0	+1
1	Витрата клею	г/м ²	Q	75	150	225	300
2	Ширина рейки	мм	B	20	20	40	60

Математичні моделі столярної плити із ВЖД

Міцність на статичний згин в поперек рейок, МПа:

Закінчення табл. 4

Методика реалізації В ₂ -плану для столярної плити із ВЖД					
№	Назва	Один. вим.	Позначення	Інтервал зміни	Рівень фактора
$\sigma_{3r} = 19,45 - 0,001Q + 0,1B + 0,0000002Q^2 - 0,002B^2 + 0,0001QB$					
Міцність на сколювання по клейовому шарі, МПа:					
$\tau_{ск} = -1,29 + 0,0175Q + 0,0265B - 0,000034Q^2 - 0,00225B^2 - 0,00002QB$					

5. Методика та математичні моделі гнуття ВЖД із ясеня, сосни, дуба.

Методика реалізації В ₂ -плану для столярної плити із ВЖД							
№	Назва	Один. вим.	Позначення	Інтервал зміни	Рівень фактора		
					-1	0	+1
1	Тривалість ГТОД	хв	T	15	15	30	45
2	Товщина зразка	мм	H	5	10	15	20
3	Вік зразка	років	N	15	5	20	35
Математичні моделі довжини дуги при гнутті ВЖД для різних порід деревини, мм:							
$L_{ЯСЕН} = -22,55 + 1,021T + 2,9H + 0,31N - 0,085TH + 0,023TN - 0,06HN$							
$L_{СОСНА} = -20,95 + 0,91T + 2,7H + 0,35N - 0,076TH + 0,02TN - 0,05HN$							
$L_{ДУБ} = -10,93 + 0,66 \cdot T + 2,1H + 0,0067N - 0,061TH + 0,023TN - 0,04HN$							

Рекомендації до використання ВЖД в технологіях деревооброблення:

Рекомендації до технології столярних плит із ВЖД [1]:

- вологість рейок – 8 ± 2 %;
- для рейок з масиву : ш=2,5т: товщина 14 (16, 20), ширина – 35 (40, 50) мм;
- для рейок з плит : ш=3т: товщина 16 (18, 22), ширина – 48 (54, 66) мм;
- для рейок масив/плита: ш=4т: товщина 14 (17, 20), ширина – 56 (68, 80) мм;
- витрата клею для щита – 200-250 г/м²;
- витрата клею для плити – 150-200 г/м²;
- температура вайми для щита – 85-90 °С;
- температура преса для плити – 115-125 °С;
- час витримки під тиском для щита – 30-60 хв;
- час витримки під тиском для плити – 4-6 хв;
- тиск для щита – 0,5-1,0 МПа; для плити – 1,2-1,3 МПа;
- найменша формостійкість – при товщині личків 40±5 % від товщини плити;
- оптимальне відношення товщини плити до ширини рейки: масив – 2:3; плита – 2:4.

Рекомендації до технології криволінійних заготовок із ВЖД [2]:

- вологість заготовок – 25-30 %;
- вік ВЖД – 30-50 років;
- товщина заготовок – 10-20 мм;
- час пропарювання – 35-45 хв;
- тиск пари – 0,03-0,05 МПа;
- температура пропарювання – 90-95 °С;
- температура в середині бруска – 70-80 °С;
- температура цеху – 18 °С;
- швидкість ручного гнуття – 8-12 град/с;
- швидкість механізованого гнуття – 45-55 град/с;
- товщина заготовок для СВЧ установок – 20-40 мм;
- час гнуття в СВЧ установках – 20-30 хв;
- тиск гнуття в СВЧ установках – 60-80 МПа.

Рекомендації до технології меблевого щита із ВЖД [3]:

- вологість брусків – 12 ± 1 %;
- перепад вологості між брусками – 2 ± 1 %;
- для коротких зубчатих шипів довжиною: 5, 10, 20 мм:
крок 1,75; 3,5; 6,0; затуплення – 0,2; 0,5; 1,0 мм;
- для довгих зубчатих шипів довжиною: 32, 50 мм:
крок 8,0; 12,0; затуплення – 1,0; 2,0 мм;
- величина скосу для зубчатих шипів:
для коротких – 1/8-1/12; для довгих – 1/14-1/16;
- люз у вершині шипа – 3-4 % довжини шипа;
- величина натягу в з'єднаннях – +0,1 мм;
- витрата клею для зубчатих з'єднань – 130-150 г/м²;
- температура пресування – 80-120 °С;
- час стискання – 5-12 с;
- тиск для торців – 1,0-1,5 МПа; для пластів – 0,5-0,8 МПа.

Висновки

1. Обґрунтовано, що ВЖД є альтернативним додатковим ресурсом сировини за умови утилізації та перероблення її на вироби з деревини.

2. Використано системний підхід до розроблення екологобезпечних та ресурсозберігаючих технологій деревооброблення, заснованих на ВЖД.

3. Розроблено типовий план з сортування, очищення та перероблення ВЖД.

4. Визначено за розробленими технологіями основні фізико-механічні властивості отриманої продукції: заготовок, меблевого щита та столярної плити.

5. На основі одержаних математичних моделей встановлено закономірності впливу використання ВЖД на фізико-механічні показники одержаної продукції.

6. Запропоновано практичні рекомендації та режимні параметри для впровадження отриманих результатів досліджень у виробництво.

Список літератури

1. Gayda S.V. A comparative analysis of physical-and mechanical parameters of variously-designed Glued Boards made of post-consumer Recovered Wood / Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть // міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2010, вип. 36. – С. 81–91.
2. Гайда С.В., Воронович В.В. Порівняльний аналіз гнуття вживаної деревини різних порід та вікових категорій / Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть // міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2011, вип. 37.1. – С. 84–88.
3. Гайда С.В. Технології та рекомендації до використання вживаної деревини в деревообробленні / Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть // міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2013, вип. 39.1. – С. 48–68.

Использовано системный подход к переработке ВИД в технологиях деревообработки. Экспериментально подтверждено технологическую возможность использования ВИД в производственных процессах деревообработки с изготовлением образцов продукции: заготовок криволинейной формы, мебельного щита, столярной плиты. Определены основные физико-механические свойства полученной продукции по разработанным технологиям. Предложено режимные параметры для внедрения полученных результатов исследований в производство. Разработаны ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии с практическими рекомендациями по использованию ВИД в деревообработке.

Вторинно використовується деревина, потенціал, системний підхід; математичні моделі, технології деревообробки, практичні рекомендації.

A system approach to PCW recycling was used. Technological capability of using PCW in woodworking production processes has been experimentally confirmed and commensurate product specimens were obtained: curved blanks, furniture panels, battenboards. Basic physical and mechanical properties were determined for the products obtained by the developed production techniques. To introduce the investigation-obtained results into production process, a set of operating parameters has been proposed. Resource-saving and environmentally benign technologies have been developed with practical recommendations regarding PCW utilization in woodworking industry.

Post-consumer wood, potential, system approach, physical and mechanical models, woodworking techniques, practical recommendations.

УДК 674.028.9

ІЧ-СПЕКТРОСКОПІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СТРУКТУРУВАННЯ ТЕРМОПЛАСТИЧНОЇ КЛЕЙОВОЇ ПЛІВКИ

***Б.Я. Кшивецький, кандидат технічних наук
Національний лісотехнічний університет України***

Наведено результати інфрачервоного дослідження процесів структурування термопластичної клейової плівки залежно від дії вологи. Здійснено аналіз результатів досліджень та встановлено закономірності впливу вологи на термопластичні клейові з'єднання деревини.

Деревина, клеї, термопластичні клейові плівки, міцність, довговічність, спектри, водневі зв'язки, смуги поглинання, напружено-деформаційний стан.

На довговічність термопластичних клейових з'єднань з деревини впливатиме зміна вологи навколишнього середовища, порода деревини, її структура та сорбційна здатність. Додаткова волога, яка попадатиме у клейовий шов впливатиме на фізико-хімічні та фізико-механічні процеси у клейовому з'єднанні. Зміни даних процесів відбуватимуться за рахунок групи –ОН, які поряд з силами міжмолекулярних зв'язків можуть утворювати, за наявності невеликого вмісту вологи у клейовому шві, водневі зв'язки, що зумовить збільшення величини когезії у самому клейовому шві, та адгезії клею до деревини. Одночасно надмірна вологість у клейовому шві призводить до збільшення лінійних розмірів та росту внутрішніх напружень як у деревині, так і в клейовому шві, що сприяє послабленню і розриву міжмолекулярних зв'язків між компонентами клейового шва та клейовим швом і деревиною [4,5,6].

Підтвердити можливість утворення додаткових водневих зв'язків, як під час формування термопластичних клейових з'єднань деревини, так і в процесі його експлуатації, можна за допомогою експериментальних досліджень фізико-механічних властивостей термопластичної полівінілацетатної (ПВА) клейової плівки при циклічній дії вологи і температури на термопластичну клейову плівку [1,2,3].

© Б.Я. Кшивецький, 2013

Post-consumer wood, potential, system approach, physical and mechanical models, woodworking techniques, practical recommendations.

УДК 674.028.9

ІЧ-СПЕКТРОСКОПІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СТРУКТУРУВАННЯ ТЕРМОПЛАСТИЧНОЇ КЛЕЙОВОЇ ПЛІВКИ

***Б.Я. Кшивецький, кандидат технічних наук
Національний лісотехнічний університет України***

Наведено результати інфрачервоного дослідження процесів структурування термопластичної клейової плівки залежно від дії вологи. Здійснено аналіз результатів досліджень та встановлено закономірності впливу вологи на термопластичні клейові з'єднання деревини.

Деревина, клеї, термопластичні клейові плівки, міцність, довговічність, спектри, водневі зв'язки, смуги поглинання, напружено-деформаційний стан.

На довговічність термопластичних клейових з'єднань з деревини впливатиме зміна вологи навколишнього середовища, порода деревини, її структура та сорбційна здатність. Додаткова волога, яка попадатиме у клейовий шов впливатиме на фізико-хімічні та фізико-механічні процеси у клейовому з'єднанні. Зміни даних процесів відбуватимуться за рахунок групи –ОН, які поряд з силами міжмолекулярних зв'язків можуть утворювати, за наявності невеликого вмісту вологи у клейовому шві, водневі зв'язки, що зумовить збільшення величини когезії у самому клейовому шві, та адгезії клею до деревини. Одночасно надмірна вологість у клейовому шві призводить до збільшення лінійних розмірів та росту внутрішніх напружень як у деревині, так і в клейовому шві, що сприяє послабленню і розриву міжмолекулярних зв'язків між компонентами клейового шва та клейовим швом і деревиною [4,5,6].

Підтвердити можливість утворення додаткових водневих зв'язків, як під час формування термопластичних клейових з'єднань деревини, так і в процесі його експлуатації, можна за допомогою експериментальних досліджень фізико-механічних властивостей термопластичної полівінілацетатної (ПВА) клейової плівки при циклічній дії вологи і температури на термопластичну клейову плівку [1,2,3].

© Б.Я. Кшивецький, 2013

Крім досліджень фізико-механічних властивостей термопластичної ПВА клейової плівки, підтвердити можливість утворення додаткових водневих зв'язків у клейових з'єднаннях деревини за дії підвищеної вологості можна за допомогою спектрального аналізу.

Для цього сформували клейову плівку товщиною 0,5 мм. із структурованої термопластичної клейової композиції марки Jowasoll 102.20 із затверджувачем 195.30 та неструктурованої – марки Jowasoll 102.20 без затверджувача. Клейову плівку до повного формування клейового шва витримували протягом 72 год. у лабораторних умовах. Після цього контрольні зразки ПВА плівки зберігали без доступу повітря за кімнатної температури і вологості. Інші зразки ПВА плівки були поділені на дві частини. Одні піддавали впливу вологісним навантаженням відповідно до стандарту ГОСТ 17580-82, згідно з яким зразки плівки протягом 20 год. вимочували у воді за кімнатної температури, інші витримували впродовж 72 год. у природних умовах.

Після цього зразки ПВА клейових плівок піддавали інфрачервоному (ІЧ) спектральному аналізу, який здійснювали за допомогою спектрофотометра "Specord-M80" (виробн. Karl Zeiss, Јена, Німеччина) у діапазоні $4000 - 400 \text{ см}^{-1}$.

Оскільки неструктурована ПВА клейова плівка після вимочування практично розчинилась у воді, то спектральному аналізу піддавали контрольні зразки структурованої і неструктурованої ПВА клейової плівки, що витримувалась у природних умовах, та зразки структурованої ПВА клейової плівки після вимочування.

Фізико-хімічні властивості гідрофільних полімерів суттєвим чином залежать від характеру взаємодії окремих функціональних груп цих сполук з молекулами гідратної води. У комірках просторової полімерної сітки полівінілацетату, з частково гідролізованими складноефірними групами, який слугує основним компонентом клейових композитів для склеювання дерев'яних конструкцій, при гідратації виникає особлива для кожного конкретного випадку сітка гідратних структур, які впливатимуть на міцність виробів під час їх експлуатації у динамічних та статичних силових полях.

Відомо, що наявність гідроксильної групи у молекулі органічної сполуки приводить до появи смуг поглинання, спричинених коливаннями атомів у зв'язках $O - H$, та $C - O$. Найбільш характерні смуги появляються в діапазоні $3600-3000 \text{ см}^{-1}$ (валентні коливання $O - H$ групи) та в діапазоні $1400-1000 \text{ см}^{-1}$ (коливання, зв'язані з групою $(C - O - H)$). Атом водню, який входить до складу гідроксильної групи, має здатність утворювати водневі зв'язки, як з

окисеном сусідньої гідроксильної групи, так і іншими функціональними групами – донорами електронів. Утворення водневого зв'язку впливає на положення і форму смуг валентних коливань О – Н, які зміщуються в менш частотний діапазон.

На рис. 1 наведено ІЧ- спектри ПВА структурованих і неструктурованих клейових плівок, експоновані насиченою водяною парою протягом 24 год.

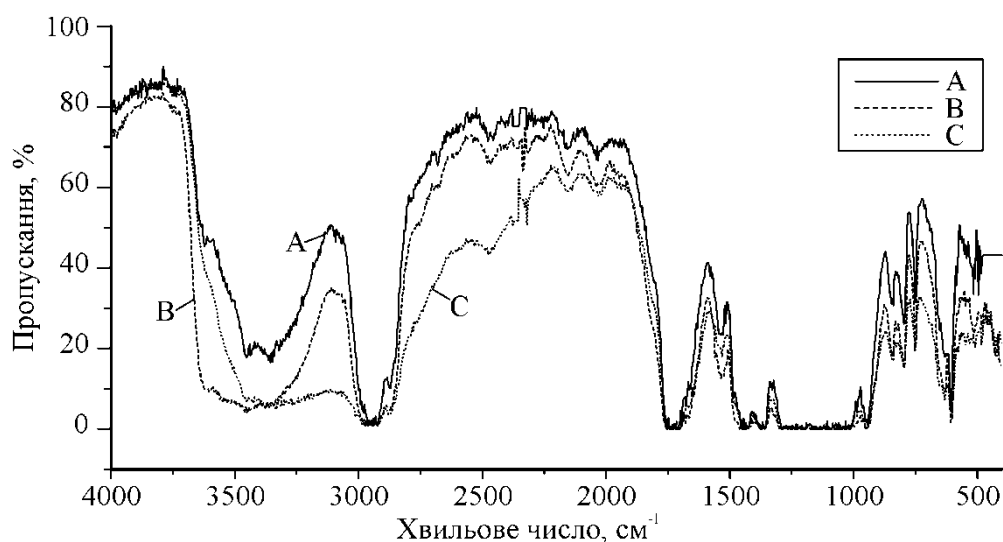


Рис. 1. ІЧ-спектр термопластичної клейової плівки: А – неструктурована клейова плівка без парів води, В – неструктурована клейова плівка у парах води, С – структурована клейова плівка у парах води.

Для неекспонованого парами води зразка неструктурованої клейової плівки (спектр А), смуга поглинання групи О – Н спостерігається в діапазоні $3600\text{--}3120\text{ см}^{-1}$, проявляються невеликі піки при 3620 см^{-1} і плече при 3520 см^{-1} , які характерні для залишків незв'язаних (О – Н) груп у макромолекулах гідролізованого ПВА, зміна характеру спектрів і поява інтенсивних смуг поглинання в більш довгохвильовому діапазоні при $3450\text{ і }3650\text{ см}^{-1}$ є наслідком утворення димерів і поліасоціатів з участю молекул води, яка входить до складу клею.

Участь гідроксильної групи, яка входить до складу макромолекул гідролізованого ПВА, в утворенні міжмолекулярних водневих зв'язків проявляється у значному збільшенні інтенсивності смуг поглинання в діапазоні $3600\text{--}3120\text{ см}^{-1}$ при витримуванні неструктурованої плівки в умовах 100 % -ної вологості і адсорбції парів води (рис. 2).

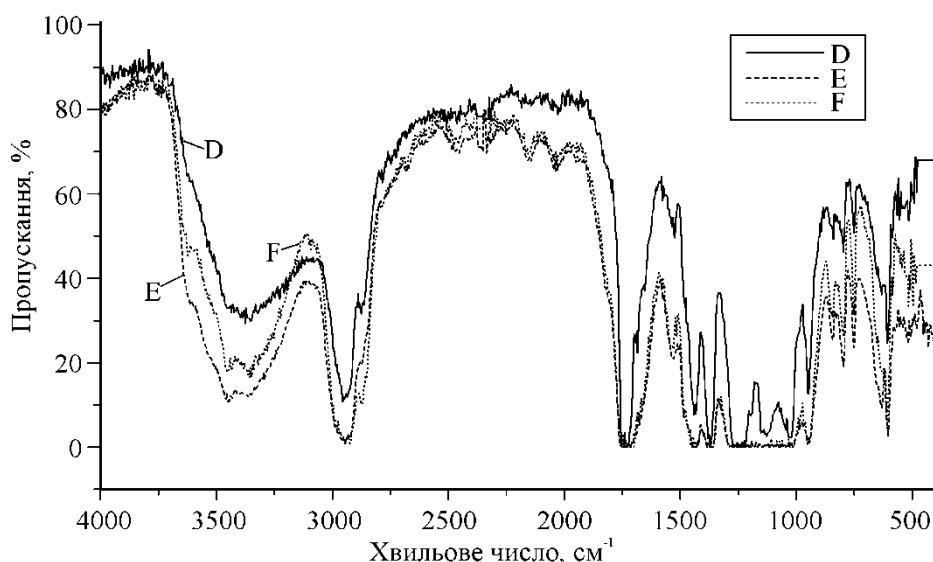


Рис. 2. ІЧ-спектр термопластичної клейової плівки: D – структурована клейова плівка без вимочування; E – структурована клейова плівка після вимочування; F – неструктурована клейова плівка без вимочування.

Утворення великої кількості асоційованих водневих зв'язків особливо яскраво проявляється під час витримання у водяних парах структурованої ПВА клейової плівки (спектр C). Спостерігається зміщення смуг поглинання зв'язаних (O–H) груп у бік менших частот (при зсуві початкової границі смуги поглинання від 3620 до 3420 cm^{-1} , можна відмітити повне зникнення піків 3620, 3520 cm^{-1} поглинання неасоційованої (O–H) групи), одночасно внаслідок утворення міжмолекулярних водневих зв'язків у діапазоні 3000-2500 cm^{-1} появляється група смуг, що перекриваються між собою.

Подібна картина спостерігається під час вимочування плівок у воді, з тією особливістю, що неструктуровані зразки повністю "розпливаються", а в структурованих зразках проявляється збільшення інтенсивності смуг поглинання асоційованих гідроксильних груп з одночасним вимиванням водорозчинної фракції полімеру. У спектрах усіх зразків присутня карбонільна смуга поглинання з максимумом при 1740-1750 cm^{-1} , та широка складноефірна група C–O–C в діапазоні 1300 -1050 cm^{-1} .

Виходячи із спектрального аналізу, можна з впевненістю стверджувати про утворення додаткових водневих зв'язків у клейовій плівці на основі структурованого ПВА клею в разі потрапляння в нього невеликої кількості вологості. Аналогічна картина повинна відбуватися і в клейовому шві, оскільки ПВА клеї за хімічною будовою макромолекул нагадують основний компонент деревини – целюлозу.

Список літератури

1. Кшивецький Б. Я. Дослідження релаксаційних властивостей клейової плівки на основі полівінілацетату залежно від кількості циклів волого-температурних навантажень / Б. Я. Кшивецький // Вісник НУ "Львівська політехніка". "Хімія, технологія речовин та їх застосування". – 2007. – С. 60-64.
2. Кшивецький Б. Я. Механізм формування термопластичних клейових з'єднань деревини / Б. Я. Кшивецький // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук-техн. праць. Львів: РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.12. – С. 117-122.
3. Kshyvetskyu B. Ya. Research on physical and mechanical properties of polyvinyl acetate-based (PVA) adhesive composition / B. Ya. Kshyvetskyu // Ліс. госп-во, ліс., папер. і деревооб. пром-сть: міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2010. – Вип. 36. – С. 95-99.
4. Гупало О. П. Високомолекулярні сполуки: навч. посіб. / О. П. Гупало, Н. М. Ватаманюк. – К., НМК ВО, 1993. – 243 с.
5. Краткая химическая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1963. – Т. 2 – 1086 с.
6. Энциклопедия полимеров.– М.: Советская энциклопедия, 1972. – Т. 1. – 1224 с.

Приведены результаты инфракрасного исследования процессов структуризации термопластичной клеевой пленки в зависимости от действия влаги. Осуществлен анализ результатов исследований и установлены закономерности влияния влаги на термопластичные клеевые соединения древесины.

Древесина, клеи, термопластичные клеевые пленки, прочность, долговечность, спектры, водородные связи, полосы поглощения, напряженно-деформационное состояние.

Presented here are the results of infra-red research on processes of structuring thermoplastic glue tape depending on the action of moisture. The analysis of the research results has been carried out and patterns of moisture influence on thermoplastic adhesive wood jointing have been established.

Wood, glues, thermoplastic glue tapes, durability, strength, durability, spectrums, hydrogen bonds, bars of absorption, stress-storing state

СПОСІБ ОПТИМІЗАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙ КОРПУСНИХ МЕБЛІВ

С.М. Кульман, кандидат технічних наук
ПП «Компанія Інтердизайн»
Л.М. Бойко, кандидат технічних наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України

На основі аналізу існуючих критеріїв оптимізації механічних систем запропоновано спосіб оптимізації корпусних меблевих конструкцій із личкованих стружкових плит. Наведено приклади реалізації способу.

Личковані стружкові плити, прогнозування, довговічність, кінетична теорія міцності, оптимальні конструкції.

Один із способів оптимізації меблевих конструкцій корпусних меблів полягає в досягненні мінімальної маси конструкції, яка може витримувати допустимі навантаження. При цьому мета оптимізації полягає у пошуку мінімального значення функції декількох змінних, що задовольняє декільком додатковим вимогам [1]. Ця функція називається цільовою, а додаткові вимоги – конструктивні обмеження. Цільова функція Z та функції обмежень $f_1, f_2, \dots, f_n$ повинні бути виражені через структурні змінні $X_1, X_2, \dots, X_n$:

$$\begin{aligned} Z &= Z(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ f_1 &= f_1(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ &\dots\dots\dots, \\ f_n &= f_n(x_1, x_2, \dots, x_n). \end{aligned} \tag{1}$$

У пружних системах, які працюють на розтяг-стиск, до яких належать корпусні меблі структурні змінні – це, як правило, площі поперечних перерізів або їх розміри, а цільова функція – маса системи Z :

$$Z = \sum p_i \cdot L_i \cdot b_i \cdot h_i, \quad (2)$$

де ρ_i - щільність матеріалу, L_i - довжина, b_i - ширина, h_i - товщина деталі.

Незалежними змінними під час оптимізації приймемо розміри деталей. Як обмеження найчастіше використовуються: допустимі значення напружень; допустимі переміщення у певних точках

конструкції; зусилля або напруження втрати міцності; розміри перерізів [1].

Недоліком даного способу є те, що він не враховує під час проектування впливу допустимих навантажень на довговічність механічних систем. Таким чином оптимальна з точки зору міцності механічна система протягом часу свого існування веде себе непередбачуваним чином. Тобто може зруйнуватися у непередбачений час.

Існує також спосіб оптимізації, що полягає в забезпеченні рівномірності всіх елементів механічної системи для досягнення її мінімальної маси, яка може витримувати допустимі навантаження [2]. Спосіб розглядає параметри різної природи. Наприклад, геометричні (довжину, висоту, ширину, товщину, площа, координати та ін.), фізико-механічні (модуль пружності, коефіцієнт Пуассона, коефіцієнт лінійного температурного розширення, межу текучості, твердість, щільність матеріалу, теплоємність та ін.). Спосіб розглядає також такі параметри, як умови експлуатації (коефіцієнт запасу міцності, жорсткості, стійкості та ін.). Величини коефіцієнтів безпеки конструкції відображають багато неврахованих факторів у фізичній моделі, наближене завдання експлуатаційних навантажень, наближеність методів аналізу стану системи та ін. Критерій ефективності або цільова функція може бути при цьому виражена кількісним показником. Зокрема може бути показник маси конструкції, вартість, надійність та ін. Цільова функція повинна задовольняти певним обмеженням параметрів. Працездатною (допустимою) вважається при цьому така система, для якої виконуються умови не перевищення цих обмежень. Обмеження приймаються: обмеження на напружений стан; обмеження на деформований стан; обмеження на умови місцевої стійкості; обмеження на умови загальної стійкості системи; обмеження на частоти власних коливань; обмеження на амплітуди механічних коливань; обмеження на швидкість руху системи яка деформується; обмеження на параметри [2].

Спосіб не бере до уваги зміну стану матеріалів, з яких складаються механічні системи (вироби), у часі, і тому не дозволяє прогнозувати, як буде вести себе спроектована за цим способом оптимальна конструкція у часі.

Мета досліджень полягає в удосконаленні способу оптимізації меблевих конструкцій корпусних меблів для того, щоб мати можливість на етапі їх проектування, оптимізації знати їхні потенційні можливості. При цьому технічний результат також полягає у підвищенні точності та достовірності прогнозування довговічності оптимальної механічної системи (меблевих виробів).

Матеріали та методика досліджень. Поставлене технічне завдання вирішується тим, що у відомому способі оптимізації механічних систем, що полягає в досягненні, наприклад мінімальної маси конструкції, здатної витримувати допустимі значення напруження, в якості додаткового обмеження використовується мінімально допустима довговічність механічної системи (меблевого виробу). Таким чином, спосіб оптимізації конструкцій корпусних меблів полягає у визначенні мінімальної маси конструкції, здатної витримувати допустимі значення напруження під дією допустимих навантажень. З метою підвищення точності та достовірності результатів оптимізації, задають плановий строк служби корпусних меблевих конструкцій із личкованих стружкових плит, $[t]$; визначають термоактиваційні параметри виробів, такі як: U_0 – максимальну енергію активації руйнування, кДж/моль; γ – структурно – механічний параметр, кДж/(мольхМПа); T_m – граничну температуру існування твердого тіла (температуру деструкції), К; τ_m – мінімальну довговічність (період коливання кінетичних одиниць – атомів, груп атомів, сегментів), с; виконують розрахунок прогнозування довговічності корпусних меблевих конструкцій із личкованих стружкових плит за формулою[3]:

$$\tau = \tau_m \exp \left[\frac{U_0 - \gamma \sigma}{R} (T^{-1} - T_m^{-1}) \right], \quad (1)$$

де τ – час до руйнування (довговічність), с; τ_m , U_0 , γ і T_m – термоактиваційні параметри матеріалу; R – універсальна газова стала, кДж/(моль·К); σ – напруження, МПа; T – температура, К.

Термоактиваційні параметри визначають за формулами [4]:

$$\lg \tau_m = (\lg \tau_3 (\lg \tau_2 - \lg \tau_4) - \lg \tau_4 (\lg \tau_1 - \lg \tau_3)) / (\lg \tau_2 - \lg \tau_4 - \lg \tau_1 + \lg \tau_3); \quad (2)$$

$$1000 / T_m = x_2 + (x_1 - x_2) (\lg \tau_m - \lg \tau_3) / (\lg \tau_1 - \lg \tau_3); \quad (3)$$

$$\text{де} \quad x_1 = 1000 / T_1, \quad x_2 = 1000 / T_2;$$

де τ_1 , τ_2 , τ_3 , τ_4 – час до руйнування кожного зразка, с;

$$\gamma = (U_1 - U_2) / (\sigma_1 - \sigma_2); \quad (4)$$

$$U_1 = 2,3R (\lg \tau_1 - \lg \tau_2) / (T_1^{-1} - T_2^{-1});$$

$$U_2 = 2,3R (\lg \tau_3 - \lg \tau_4) / (T_3^{-1} - T_4^{-1});$$

$$U_0 = \gamma \sigma_2 + U_2. \quad (5)$$

Порівнюють розрахункових та плановий строк служби та вибір оптимальної меблевої конструкції здійснюють за умови: $\tau \leq [t]$.

Під час розв'язання задачі оптимізації методом за цільову функцію було прийнято мінімальну вартість виробу. При цьому працездатність виробу протягом всього планового строку служби повинна забезпечуватися мінімальним ефективним об'ємом матеріалу на його виробництво.

$$V_{\text{еф}} \rightarrow \min, \quad \text{при} \quad \sigma_{\text{max}} = k[\sigma]; \quad \tau = [\tau], \quad (6)$$

де $V_{\text{еф}}$ – ефективний об'єм матеріалу личкованої стружкової плити, що сприймає робоче навантаження; σ_{max} – напруження в ефективному об'ємі; k – коефіцієнт запасу міцності; $[\sigma]$ – допустиме напруження; τ – прогнозована розрахункова довговічність; $[\tau]$ – планований строк служби виробу.

Результати досліджень. Розв'язана задача оптимізації проектування корпусних меблевих конструкцій із личкованих стружкових плит згідно з замовленням фірми ТОВ «Партнер». Проект модульної системи складається із п'яти меблевих елементів, за допомогою яких можна спроектувати до сорока компонок різного дизайну та функціонального призначення. Дизайн-проект показано на рис. 1.



Рис. 1. Дизайн-проект модульної меблевої системи універсального призначення.

Початкові умови: 1) геометрична модель виробу згідно з дизайн-проектом (рис. 1). Матеріал для виготовлення меблів: ламінована стружкова плита, що має термоактиваційні параметри [5]: $U_0 = 260$ кДЖ/моль, $\gamma = 15,6$ кДЖ/моль·МПа, $\tau_m = -0,72$, $T_m = 443$ К; товщина матеріалу $h \leq [h] = 16$ мм; допустиме напруження $[\sigma] = 14$ МПа. 2) Експлуатація виробу планується в умовах: навантаження на полицю $q = 1250$ Па; середня температура експлуатації 25 °С; вологість повітря 60 %. Планований строк служби виробу $[\tau] = 30$ років.

За об'єкт дослідження прийнята секція максимальних габаритів. Для розрахунку напружень застосовуємо метод кінцевих елементів (МКЕ). Для першого варіанта розрахунку приймемо, що

товщина ламінованої стружкової плити 16 мм, габаритні розміри секції 300x300x600 (мм), задню стінку не показано. Результати розрахунків показано на епюрах еквівалентного напруження за Мізесом (рис. 2), максимальні напруження складають $\sigma = 4,50$ МПа.

Для того, щоб уточнити розподілене навантаження в області шканта, сховаємо бічну стінку та дослідимо область крайки у місці встановлення шканта. Епюра розподілення навантаження в області шканта показана на рис. 3.

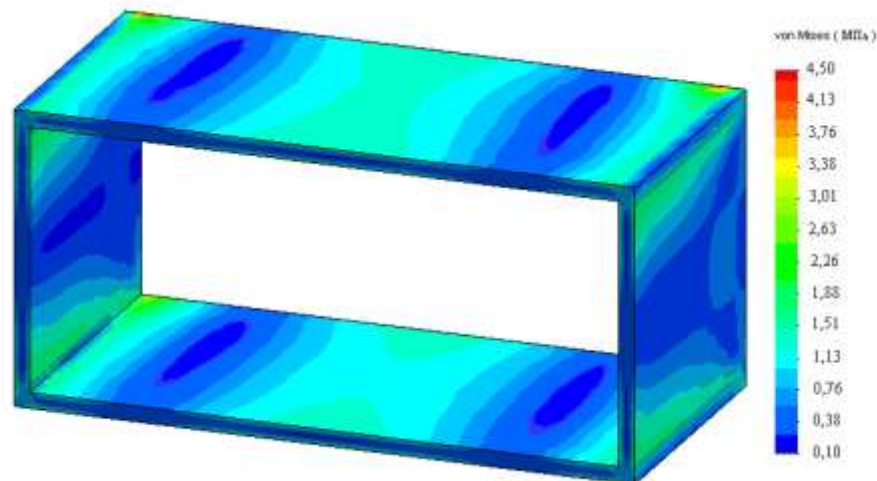


Рис. 2. Епюра еквівалентного напруження за Мізесом у секції максимальних габаритів (товщина ламінованої стружкової плити 16 мм).

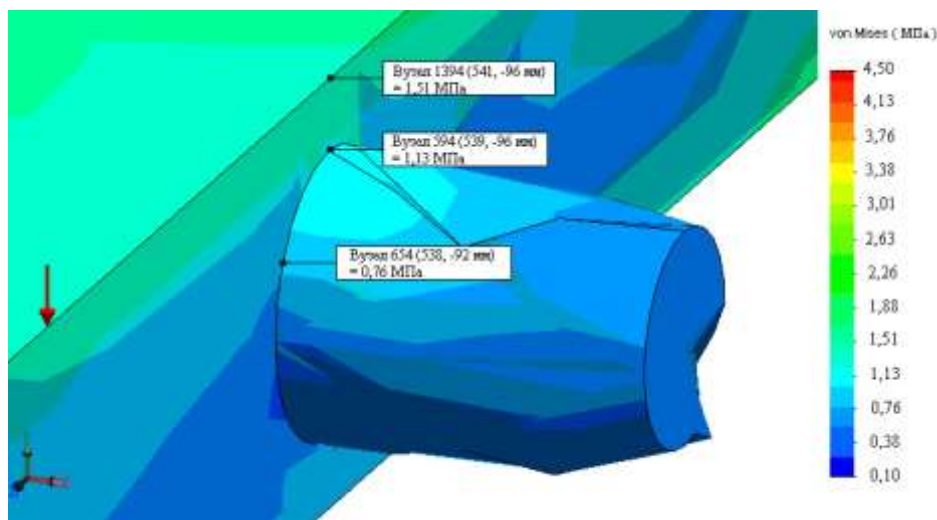


Рис. 3. Епюра розподілення навантаження в області шканта.

Як видно з епюри (рис. 4), напруження в області шканта нижче допустимого, тому в розрахунок приймаємо величину максимального еквівалентного напруження в області кріплення задньої стінки.

Як видно із епюри еквівалентного напруження, максимальне значення $\sigma_{ек} = 4,50$ МПа, що менше допустимого, $\sigma_{ек} < \sigma_{max} = 0,65 \cdot 14 = 9,7$ МПа. Теоретична довговічність секції, при даній схемі навантаження, що розрахована за формулою (1) буде близько $\tau_p = 489$ років.

Оскільки меблі експлуатуються в нестаціонарних умовах, тобто експлуатація меблів відбуваються під час коливання температури, вологості та навантаження, то поправки наступні [6]:

$$\Delta_T = -0,0021T + 1,159 = 1,11; \quad \Delta_W = -0,002W + 1,105 = 0,99;$$

$$\Delta\sigma = -0,0041\sigma + 1,0704 = 1,05.$$

Довговічність з врахуванням умов експлуатації:

$$\tau = \tau_p / \Delta_\Sigma = 489 / 1,02 = 479 \text{ років},$$

$$\text{де } \Delta_\Sigma = \sqrt{\Delta_W \cdot \Delta_T \cdot \Delta_\sigma} = \sqrt{0,99 \cdot 1,11 \cdot 1,05} = 1,02.$$

Оскільки $\tau = 479 > [\tau] = 30$ і $\sigma_{ек} = 4,50 < \sigma_{max} = 11,7$, тому є можливість змінити ефективний об'єм матеріалу шляхом зміни товщини ламінованої стружкової плити з 16 мм на 12 мм і виконати новий розрахунок довговічності та міцності.

Результати розрахунків показано на епюрах еквівалентного напруження за Мізесом (рис. 4).

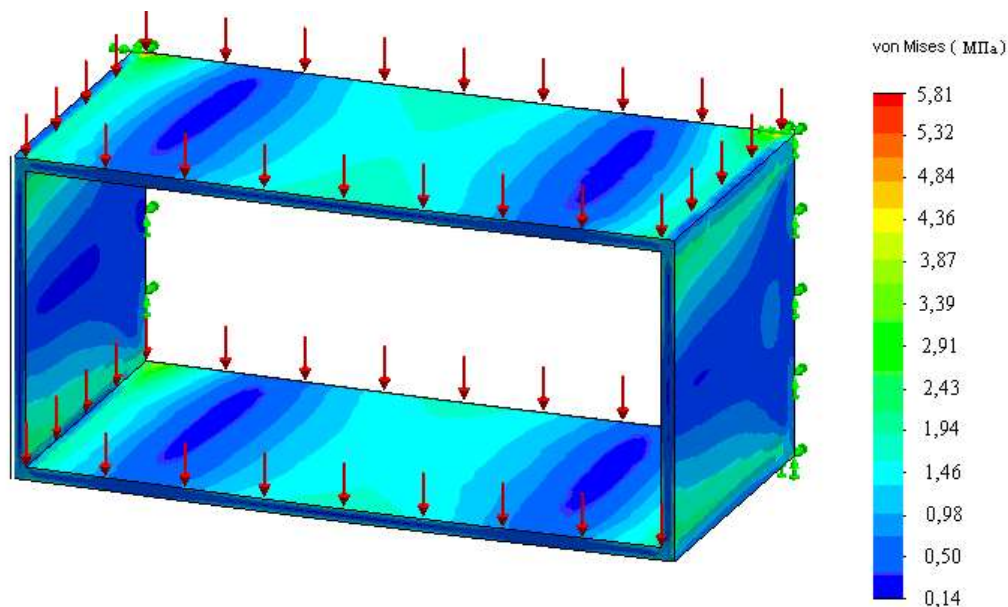


Рис. 4. Епюра еквівалентного напруження за Мізесом у секції максимальних габаритів (товщина ламінованої стружкової плити 12 мм)

Як показано на рис. 4, максимальне еквівалентне напруження дорівнює $\sigma_{ек} = 5,81$ МПа, що менше допустимого, $\sigma_{ек} < \sigma_{max} = 0,65 \cdot 18 = 11,7$ МПа. Теоретична довговічність секції при

даній схемі навантаження, розрахована за формулою (1), буде близько $t_p=33$ років.

Довговічність з врахуванням умов експлуатації:

$$\tau = \tau_p / \Delta_\Sigma = 33 / 1,02 = 32 \text{ років,}$$

Оскільки один із критеріїв оптимального рішення виконаний, а саме $\tau = 32 \approx [\tau] = 30$, тому оптимальне рішення знайдено. В той же час, другий критерій, а саме міцність знаходиться далеко від допустимого значення $\sigma_{ек} = 5,81 < \sigma_{max} = 11,7$. Це говорить про те, що користуватися при пошуку оптимального рішення тільки одного критерію недостатньо, тому запропоновано новий спосіб оптимізації конструкцій корпусних меблів

Висновки

Експериментальна перевірка способу оптимізації меблевих конструкцій корпусних меблів на підприємстві ТОВ «Партнер» показала задовільні результати, що свідчить про можливість її використання під час проектування та проведення сертифікацій меблевих виробів з метою вибору матеріалозберігаючих конструкцій з одночасним досягненням заданого рівня надійності, регламентованого строку служби та якості. Розроблена методика пошуку оптимальної конструкції меблевого виробу з личкованої СП на основі критеріїв допустимої міцності та довговічності. Використовуючи критерій довговічності, можна рекомендувати граничні умови експлуатації меблевих виробів для досягнення гарантованого строку їх експлуатації. Впровадження розробленого методу оцінювання довговічності личкованих СП у конструкціях меблів для підприємств середнього обсягу виробництва (близько 400 тис. грн. на рік) дозволить заощадити в рік понад 32 тис. грн.

Список літератури

1. *Макаров Е.Г.* Сопротивление материалов на базе Mathcad. / *Е.Г. Макаров.* – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 477 с.
2. *Малков В.П.* Оптимизация пружных систем / *В.П. Малков, А.Г. Угодчиков.* – М.: Наука, 1981. – 24 с.
3. *Ратнер С.Б.* Физическая механика пластмасс. Как прогнозируют работоспособность? / *С.Б. Ратнер, В.П. Ярцев.* – М.: Химия, 1992. – 320 с.
4. *Патент* на корисну модель № 46493 Україна, МПК G01D 3/00. Спосіб випробовування довговічності кутових з'єднань корпусних меблів / *С.М. Кульман, Л.М. Бойко.* – Номер заявки u 2009 06787; заявл. 30.06.2009; опубл. 25.12.2009, Бюл. № 24.
5. *Бойко Л.М.* Дослідження взаємозв'язку термоактиваційних параметрів личкованих стружкових плит при прогнозуванні довговічності / *Л.М. Бойко, С.М. Кульман* // Міжнародна наукова конференція «Стан та перспективи розвитку деревообробки», 17–18 травня 2011 р.: зб. тез доповідей. – Львів: НЛТУ України, 2011. – Вип. 37.1. – С. 81–83.

6. Бойко Л.М. Вплив коливань умов експлуатації на довговічність личкованих стружкових плит / Л.М. Бойко // XV Международный симпозиум «Современные строительные конструкции из металла, дерева и пластмасс», 30 мая – 02 июня 2011г. – Одесса.

На основе анализа существующих критериев оптимизации механических систем предложено способ оптимизации корпусных мебельных конструкций из облицованных древесностружечные плит. Приведены примеры реализации способа.

Облицованные древесностружечные плиты, прогнозирования, долговечность, кинетическая теория прочности, оптимальные конструкции.

Based on the analysis of existing criteria optimization of mechanical systems, the proposed method for optimization cabinet furniture constructions of the laminated particle board. There is the example of method realization.

Laminated board, forecasting, durability, kinetic theory of strength and optimal design.

УДК 684.4.04

ЕВРИСТИЧНА МОДЕЛЬ ДОВГОВІЧНОСТІ ЛИЧКОВАНИХ СТРУЖКОВИХ ПЛИТ

Л.М. Бойко, кандидат технічних наук

В статті проведено евристичне моделювання довговічності личкованих стружкових плит. Як впливає з евристичної моделі процесу втрати ресурсу довговічності личкованих стружкових плит, об'єктом експериментального дослідження повинні бути як внутрішні, так і зовнішні фактори, які пов'язані з особливостями експлуатації, так і їх взаємодії, які впливають на властивості личкованих стружкових плит у конструкціях меблів.

Личковані стружкові плити, прогнозування, довговічність, кінетична теорія міцності, евристична модель.

Основне завдання дослідження довговічності личкованих стружкових плит у конструкціях меблів полягає у дослідженні причин, механізму і закономірностей втрати ресурсу довговічності

© Л.М. Бойко, 2013

6. Бойко Л.М. Вплив коливань умов експлуатації на довговічність личкованих стружкових плит / Л.М. Бойко // XV Международный симпозиум «Современные строительные конструкции из металла, дерева и пластмасс», 30 мая – 02 июня 2011г. – Одесса.

На основе анализа существующих критериев оптимизации механических систем предложено способ оптимизации корпусных мебельных конструкций из облицованных древесностружечные плит. Приведены примеры реализации способа.

Облицованные древесностружечные плиты, прогнозирования, долговечность, кинетическая теория прочности, оптимальные конструкции.

Based on the analysis of existing criteria optimization of mechanical systems, the proposed method for optimization cabinet furniture constructions of the laminated particle board. There is the example of method realization.

Laminated board, forecasting, durability, kinetic theory of strength and optimal design.

УДК 684.4.04

ЕВРИСТИЧНА МОДЕЛЬ ДОВГОВІЧНОСТІ ЛИЧКОВАНИХ СТРУЖКОВИХ ПЛИТ

Л.М. Бойко, кандидат технічних наук

В статті проведено евристичне моделювання довговічності личкованих стружкових плит. Як впливає з евристичної моделі процесу втрати ресурсу довговічності личкованих стружкових плит, об'єктом експериментального дослідження повинні бути як внутрішні, так і зовнішні фактори, які пов'язані з особливостями експлуатації, так і їх взаємодії, які впливають на властивості личкованих стружкових плит у конструкціях меблів.

Личковані стружкові плити, прогнозування, довговічність, кінетична теорія міцності, евристична модель.

Основне завдання дослідження довговічності личкованих стружкових плит у конструкціях меблів полягає у дослідженні причин, механізму і закономірностей втрати ресурсу довговічності

© Л.М. Бойко, 2013

личкованих стружкових плит у конструкціях меблів під час їх проектування та експлуатації з метою оцінки ресурсу довговічності, а також оптимізації їх конструкцій. Для управління процесом вибору виду личкованих стружкових плит (СП), розмірів деталей їх з'єднань та фурнітури у конструкціях меблів необхідно мати уявлення про кінетику старіння личкованих СП в умовах експлуатації, а також знати можливості підвищення її довговічності.

Довговічність нами розуміється як час до повного руйнування або руйнування одного з найбільш важливих елементів конструкції, або часу протягом якого формозмінність функціонально важливого параметра, наприклад прогину книжкової полиці, призведе до неможливості, або незручності використання даного меблевого виробу.

Мета досліджень – вивчити фактори, що впливають на довговічність личкованих стружкових плит у конструкціях меблів та побудувати евристичну модель довговічності.

Матеріали та методика досліджень. На підставі розглянутих літературних даних можна сказати, що процес втрати ресурсу довговічності личкованих СП є складним та обумовленим структурними особливостями личкованих СП як композиційного матеріалу та умовами експлуатації. Механізм цього процесу важко піддається дослідженням і поки повністю не розкритий. Для вирішення поставленого завдання доцільно використати метод евристичного моделювання процесу під час його вивчення. Суть цього методу полягає в тому, що на основі гіпотези про структуру та функції об'єкта створюється математична модель на основі відомих літературних кількісних даних, якісної гіпотези і припущень про можливі зв'язки між внутрішніми та зовнішніми факторами [1]. Такий підхід дозволяє конкретизувати завдання експериментальних та теоретичних досліджень і наблизити гіпотетичну модель до реальної під час отримання нових експериментальних даних [2].

Підставою для застосування евристичного моделювання може служити те, що личковані СП мають властивість змінювати свою форму та внутрішню будову під дією зовнішніх факторів, таких наприклад, як навантаження, температура та вологість [3].

Результати досліджень. Довговічність личкованих СП у загальному випадку визначається як властивостями самого композиційного матеріалу, так і зовнішніми факторами, що пов'язані з умовами його експлуатації. Можна припустити, що явище втрати ресурсу довговічності личкованих СП безпосередньо залежить як від властивостей основного складового, а саме стружки, так і від в'язучого та личківки, а також від їх взаємодії під впливом зовнішніх факторів. При цьому втрата ресурсу довговічності є результат

взаємодії всіх трьох основних матеріалів, які входять в композит. Тому в даному випадку внутрішні фактори зручніше розглядати у вигляді узагальнених енергетичних характеристик, які відносяться не до кожного матеріалу, які входять до складу СП, а як до цілого тіла, яке володіє узагальненим енергетичним потенціалом E та здатне чинити опір дії зовнішніх факторів і залежить від фундаментальних узагальнених внутрішніх параметрів, енергетичних властивостей (1):

$$E = f(U_0, \gamma, T_m, \gamma_m), \quad (1)$$

де E – енергетичний потенціал; U_0 – максимальна енергія активації руйнування, кДж·моль; γ – структурно-механічний параметр, кДж/(моль·МПа); T_m – гранична температура існування твердого тіла (температура деструкції), К; γ_m – мінімальна довговічність (період коливання кінетичних одиниць – атомів, груп атомів, сегментів), с.

З урахуванням зовнішніх евристична модель матиме наступний вигляд:

$$\begin{cases} \tau = f(\sigma, T, W, E), \\ \sigma = f(P, V_{\text{еф}}, E), \\ E = f(\tau_m, U_0, \gamma, T_m). \end{cases} \quad (2)$$

де окрім вже визначених внутрішніх факторів, що визначають значення енергетичного потенціалу, визначені також зовнішні фактори, а саме: σ – напруження, МПа; T – температура навколишнього середовища, К; W – вологість навколишнього середовища, %; P – навантаження, Н; $V_{\text{еф}}$ – ефективний об'єм, м³

На блок-схемі рис. 1 наведені найбільш значущі фактори, взаємодія яких призводить до ефекту втрати ресурсу довговічності личкованих СП у конструкціях меблів.

Проте, щоб повніше розкрити механізм процесу втрати ресурсу довговічності личкованих СП, очевидно необхідно ввести феноменологічні гіпотези та провести експериментальне дослідження значущості деяких факторів.

Як впливає з евристичної моделі процесу втрати ресурсу довговічності личкованих СП, об'єктом експериментального дослідження повинні бути як внутрішні, так і зовнішні фактори, які пов'язані з особливостями як експлуатації, так і їх взаємодії, які впливають на властивості личкованих СП в конструкціях меблів.

Фактори, що впливають на довговічність личкованих стружкових плит входять у загальну математичної модель довговічності твердих тіл згідно кінетичної теорії міцності професора С.М. Журкова [4].

$$\tau = \tau_m \exp \left[\frac{U_0 - \gamma \sigma}{R} (T^{-1} - T_m^{-1}) \right], \quad (3)$$

де, τ_m , U_0 , γ і T_m – фізичні константи матеріалу: τ_m – мінімальна довговічність (період коливання кінетичних одиниць – атомів, груп атомів, сегментів), с; U_0 – максимальна енергія активації руйнування, кДж/моль; γ – структурно–механічна константа, кДж/(моль·МПа); T_m – гранична температура існування твердого тіла (температура деструкції), К; R – універсальна газова стала, кДж/(моль·К); τ – час до руйнування (довговічність), с; σ – напруження, МПа; T – температура, К.

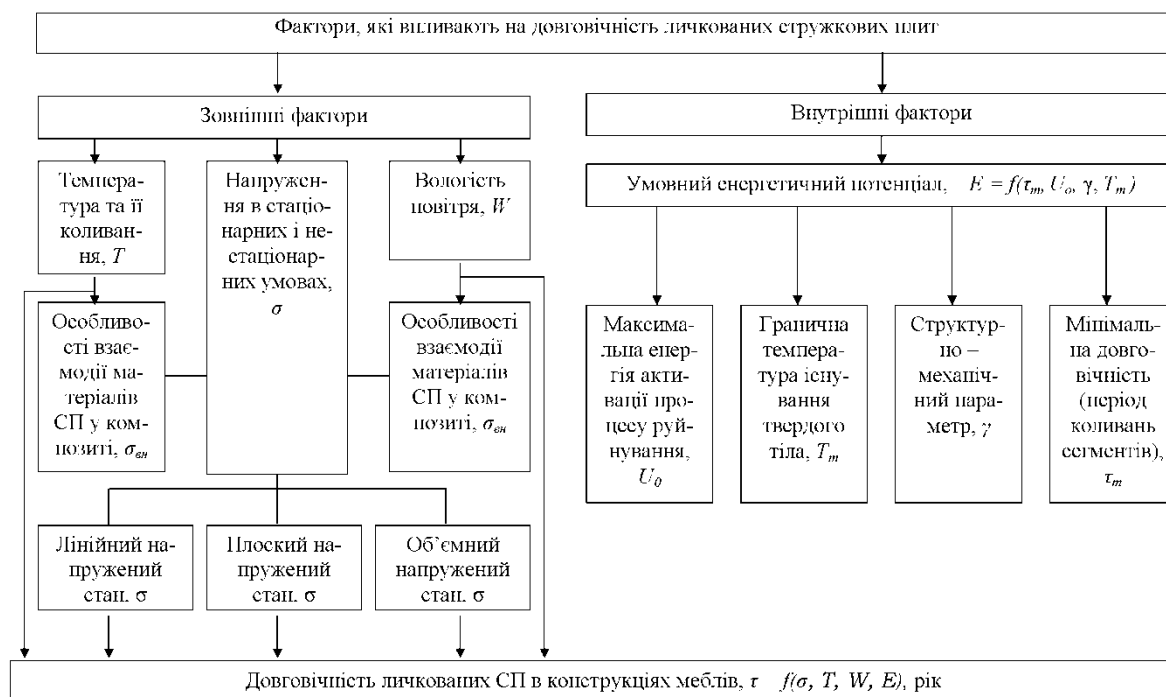


Рис. 1. Блок-схема втрати ресурсу довговічності личкованих стружкових плит.

Модель (3) визначає залежність довговічності матеріалу від мінімальної довговічності, а саме періоду коливань атомів у твердому тілі та відношенню енергії активації в процесі руйнування до енергії одного атома. Особливість кінетичної теорії полягає в тому, що вона враховує зменшення енергії активації залежно від напруження. Структура формули говорить про те, що внесок навантаження в руйнування зв'язків відбувається величиною роботи механічного поля $\gamma\sigma$, а решту частини роботи виконує тепловий рух, частка якого становить $U = U_0 - \gamma\sigma$.

Висновки

Проведений аналіз літературних джерел показав, що існують проблеми під час прогнозування довговічності личкованих стружкових плит у конструкціях корпусних меблів, що дозволило зробити наступні висновки:

1. На даний момент не існує чітких методів дослідження довговічності личкованих СП у конструкціях меблів.

2. Із відомих методів найбільш достовірні значення довговічності матеріалів можливо отримати за допомогою кінетичної теорії міцності твердих тіл, що заснована на термоактиваційному механізмі руйнування.

3. Виходячи з кінетичної теорії, для того, щоб оцінити довговічність, необхідно знати термоактиваційні параметри матеріалів. Тому є важливим завданням визначити ці параметри для матеріалів, які найчастіше використовуються в сучасному виробництві меблів.

4. Аналіз питання оцінки довговічності показав, що для великого класу матеріалів, що були досліджені, їх довговічності, а також термоактиваційні параметри залежать від виду напруженого стану. Оскільки вид напруженого стану впливає на характер дисипативних процесів, що зв'язані з процесами деформування та руйнування твердих тіл, тому необхідно визначити вплив виду напруженого стану на зміну термоактиваційних параметрів.

5. Загальноприйнятий метод розрахунку матеріалів за формулою професора С.М. Журкова є справедливим для умов стаціонарного стану, коли навантаження і температура незмінні протягом часу експлуатації. Меблеві вироби експлуатуються зазвичай за нестационарних умов, крім того на їх довговічність впливає вологість повітря. Тому важливим є вивчення та встановлення впливу нестационарних умов експлуатації, а саме коливання навантаження, температури та вологості на довговічність личкованих стружкових плит у конструкціях меблів.

Список літератури

1. Амосов Н.М. Природа человека / Н.М. Амосов. – К.: Наукова думка, 1983. – 221 с.
2. Пинчевская Е.А. Усадка пиломатериалов листовых пород: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.21.05 «Технология и оборудование деревообрабатывающих производств, лесоводство» / Е.А. Пинчевская. – М., 1988. – 18 с.
3. European Woodworking. Markets, products, technology // Published by Holz-zentralblatt. – Germany, 2005, ISSN 0949–264–X. – P. 82.
4. Регель В.Р. Кинетическая природа прочности твердых тел. / Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.Е.. – М.: Наука, 1974. – 560 с.

В статье проведено эвристическое моделирование долговечности облицованных древесностружечных плит. Как следует из эвристической модели процесса потери ресурса долговечности облицованных древесностружечных плит, объектом экспериментального исследования должны быть как

внутренние, так и внешние факторы, которые связаны с особенностями как эксплуатации, так и их взаимодействия, которые влияют на свойства облицованных древесностружечных плит в конструкциях мебели.

Облицованные древесностружечные плиты, прогнозирования, долговечность, кинетическая теория прочности, эвристическая модель.

In paper research heuristic model of longevity evaluation of durability coated chip boards. As follows from the heuristic model of process of loss of resource of longevity of coated chip boards, the object of experimental research must be both internal and external factors, which are related to the terms of exploitation, and their co-operations, which influence on properties of coated chip boards in the constructions of furniture.

Laminated board, forecasting, durability, kinetic theory of strength and optimal design, heuristic model.

УДК 674.021

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРОКОВ ДРЕВЕСИНЫ БУКА

М. Тепнадзе, доктор технических наук

Л. Миротадзе, кандидат технических наук

Д. Литкин, студент

Грузинский технический университет, Тбилиси, Грузия

Приведены результаты исследования размерно-качественной характеристики буковых круглых лесоматериалов, заготавливаемых в Грузии, по данным которых установлено, что основным сортообразующим пороком буковой древесины является ложное ядро, ядровая гниль, сучки, трещины и кривизна.

Отмечено, что буковая древесина относится к группе толстых круглых лесоматериалов со средним диаметром 65 см. Данные по распределению пороков в древесине позволяют более обоснованно решать вопросы рациональной и комплексной переработки буковой древесины с целью получения максимального полезного выхода.

© М. Тепнадзе, Л. Миротадзе, Д. Литкин, 2013

внутренние, так и внешние факторы, которые связаны с особенностями как эксплуатации, так и их взаимодействия, которые влияют на свойства облицованных древесностружечных плит в конструкциях мебели.

Облицованные древесностружечные плиты, прогнозирования, долговечность, кинетическая теория прочности, эвристическая модель.

In paper research heuristic model of longevity evaluation of durability coated chip boards. As follows from the heuristic model of process of loss of resource of longevity of coated chip boards, the object of experimental research must be both internal and external factors, which are related to the terms of exploitation, and their co-operations, which influence on properties of coated chip boards in the constructions of furniture.

Laminated board, forecasting, durability, kinetic theory of strength and optimal design, heuristic model.

УДК 674.021

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРОКОВ ДРЕВЕСИНЫ БУКА

М. Тепнадзе, доктор технических наук

Л. Миротадзе, кандидат технических наук

Д. Литкин, студент

Грузинский технический университет, Тбилиси, Грузия

Приведены результаты исследования размерно-качественной характеристики буковых круглых лесоматериалов, заготавливаемых в Грузии, по данным которых установлено, что основным сортообразующим пороком буковой древесины является ложное ядро, ядровая гниль, сучки, трещины и кривизна.

Отмечено, что буковая древесина относится к группе толстых круглых лесоматериалов со средним диаметром 65 см. Данные по распределению пороков в древесине позволяют более обоснованно решать вопросы рациональной и комплексной переработки буковой древесины с целью получения максимального полезного выхода.

© М. Тепнадзе, Л. Миротадзе, Д. Литкин, 2013

Буковые пиломатериалы, ложное ядро, ядровая гниль, трещины, кривизна.

Изучение размерно-качественной характеристики сырья имеет важное значение для решения вопросов, связанных с рациональной и комплексной его переработкой, с выбором и обоснованием технологического оборудования и наиболее рационального способа раскря.

В целях получения наиболее полной картины размерно-качественной характеристики букового сырья были проведены наблюдения на кряжах в лехозах, заготавливающих и перерабатывающих буковую древесину.

Необходимое число наблюдений, обеспечивающих точность и надежность эксперимента, получилось равным 600.

Всего были отобраны, индивидуально осмотрены и обмечены 650 бревен.

При обмерах каждого бревна фиксировались диаметры бревна, ложного ядра и ядровой гнили в вершинном и комлевом торце бревна, длина, количество и размеры сучков на каждый метр погонной длины бревна, стрела прогиба, а также данные о наличии других пороков.

Из табл. 1 видно, что преобладающее количество бревен составляют срединные и комлевые. Эти бревна от общего количества бревен составляют 82,8 %, а от общего объема – 93,8 %.

Вершинные бревна в основном имеют диаметры от 30 до 45 см, срединные – от 40 до 75 см, комлевые – от 65 см и более. Средний диаметр для вершинных бревен составляет 38 см, для срединных – 58 см, для комлевых – 81 см.

1. Распределение бревен с учетом места вырезки бревен из хлыста.

Место вырезки бревен из хлыста	Диапазон диаметров бревен, см	Средний диаметр бревен, см	Распределение бревен в			
			штуках	объемах, м ³	%-ах от их количества	%-ах от их объема
вершинные	30 - 45	38	107	70,5	17,2	6,2
срединные	40 – 75	58	376	644,8	60,5	56,7
комлевые	65 и более	81	139	421,9	22,3	37,1
Итого без выделения места вырезки	30 -100	65	622	1137,2	100,0	100,0

Следует отметить, что бревна диаметром менее 30 см и более 100 см в общем объеме обмеренных бревен составили 4,1 % и, ввиду их весьма ограниченного количества (28 шт.), при анализе результатов исследований не рассматривались.

Необходимо заметить, что обследованные бревна были разделены на размерные группы по диаметру с градацией 5 см, что дало возможность более тщательно и с максимальным приближением проанализировать размерные и качественные особенности бревен.

На основании данных паспортизации бревен определялись средние их величины: диаметры бревна, ложного ядра и ядровой гнили в вершинном и комлевом торцах бревен, длина, объем, сбеги, коэффициент сбега. Эти показатели приведены в табл. 2 и подсчитаны по следующим формулам:

$$d_{cp} = \sqrt{\frac{d_1^2 n_1 + d_2^2 n_2 + \dots + d_n^2 n_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n}} = \sqrt{\frac{\sum d_n^2}{\sum n}}; \quad (1)$$

$$D_{cp} = \sqrt{\frac{D_1^2 n_1 + D_2^2 n_2 + \dots + D_n^2 n_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n}} = \sqrt{\frac{\sum D_n^2}{\sum n}}; \quad (2)$$

$$L_{cp} = \frac{L_1 n_1 + L_2 n_2 + \dots + L_n n_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n} = \frac{\sum L_n}{n}; \quad (3)$$

$$V_{cp} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_{cp}^2 + D_{cp}^2}{2} \right) \cdot L_{cp}; \quad (4)$$

$$C_{cp} = \frac{D_{cp} - d_{cp}}{L_{cp}}; \quad (5)$$

$$K_{сб} = \frac{D_{cp}}{d_{cp}}; \quad (6)$$

где: d_{cp} – средний диаметр бревна, или ложного ядра, или ядровой гнили в вершинном торце бревна, см; d_1, d_2, d_n – диаметр бревна, или ложного ядра, или ядровой гнили в вершинном торце бревна, см; D_{cp} – средний диаметр бревна, или ложного ядра, или ядровой гнили в комлевом торце бревна, см; D_1, D_2, D_n – диаметр бревна, или ложного ядра, или ядровой гнили в комлевом торце бревна, см; L_{cp} – средняя длина бревна, м; L_1, L_2, L_n – длина бревна, м;

n_1, n_2, n_n – количество бревн, м; V_{cp} – средний объем бревна, м³; C_{cp} – средний сбеги бревна, см/м; $K_{сб}$ – средний коэффициент сбега.

Буковая древесина относится к группе толстых круглых лесоматериалов со средним диаметром 65 см. Диаметры ложного ядра и ядровой гнили по мере увеличения диаметров бревен увеличиваются и в среднем составляют соответственно 39 и 19 см в вершинном торце бревна и 50 и 29 см в комлевом торце бревна.

С целью установления закономерностей распространения ложного ядра и ядровой гнили в стволе бревна определялись величины, приведенные в табл. 2. и показанные на рис.1.

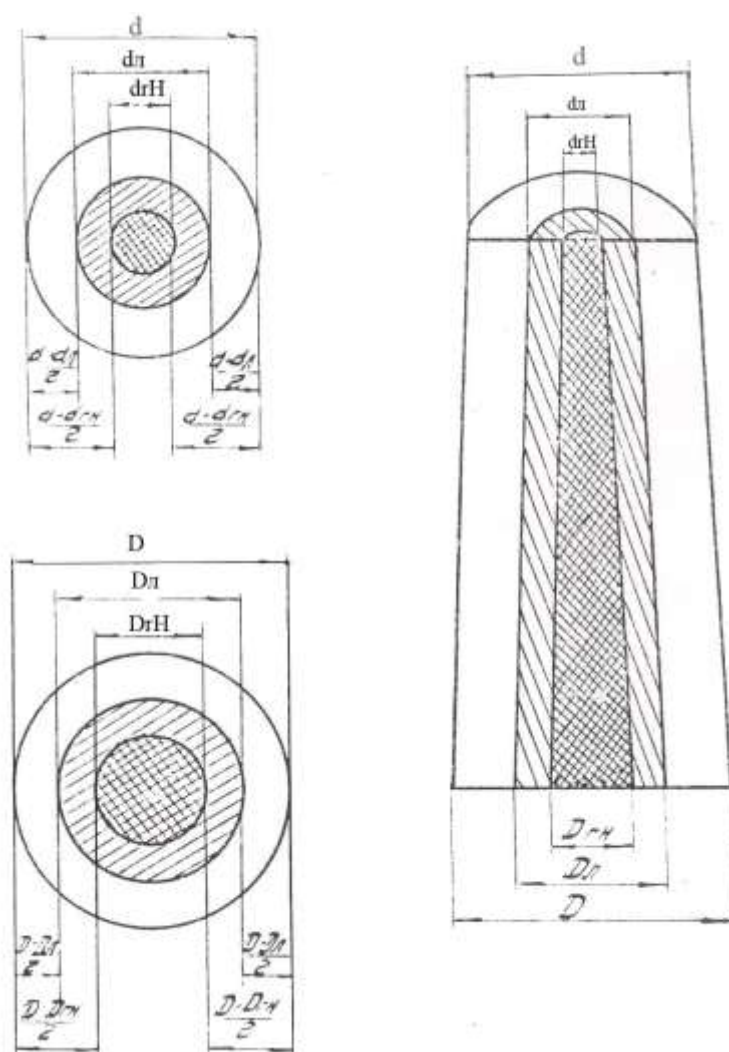


Рис. 1. Распространение ложного ядра и ядровой гнили в стволе бревна.

Полученные данные размерной характеристики бревен были обработаны методом математической статистики, получена высокая достоверность опытных данных. Показатель точности для каждой исследуемых величин не превышал 2%.

2. Распространение ложного ядра и ядровой гнили в стволе бревна.

Размерная группа бревен, см	$\frac{d-d_1}{2}$; см	$\frac{D-D_1}{2}$; см	$C = \frac{D_1-d_1}{L}$; см/м	$\frac{d-d_{гн}}{2}$; см	$\frac{D-D_{гн}}{2}$; см	$C = \frac{D_{гн}-d_{гн}}{2}$; см/м
30-35	9,0	9,0	2,5	12,5	13,0	2,3
36-40	10,0	10,0	1,9	14,5	14,5	1,9
41-45	10,5	10,5	1,9	15,5	16,5	1,5
46-50	12,0	12,0	1,6	18,0	18,5	1,4
51-55	12,5	12,5	1,6	19,5	20,5	1,2
56-60	13,0	13,0	1,5	21,5	21,5	1,5
61-65	14,0	13,5	1,6	22,5	23,0	1,2
66-70	13,5	13,5	1,5	24,5	24,5	1,5
71-75	14,0	14,0	1,8	25,5	25,5	1,8
76-80	13,5	13,0	2,2	26,5	27,0	1,8
81-85	14,0	14,0	2,4	28,0	29,0	2,0
86-90	14,0	13,5	3,1	29,5	30,0	2,7
91-95	14,0	14,0	3,2	30,5	30,5	3,2
96-100	15,0	14,5	4,1	32,5	31,5	3,9
30-100	12,8	12,6	2,2	22,9	23,2	2,0

Из табл. 2. видно, что как для каждой размерной группы бревен, так и в целом для всей группы бревен, значение $(d-d_1)/2$ практически равно значению $(D-D_1)/2$. Такая же картина наблюдается при сравнении значений $(d-d_{гн})/2$ и $(D-D_{гн})/2$. Это говорит о том, что образующие ложного ядра и ядровой гнили параллельны образуемому бревну.

В ходе осмотра бревен была составлена качественная характеристика буковых бревен по ГОСТУ 9462-83 «Круглые лесоматериалы лиственных пород». При обработке данных паспортизации обследованных бревен выявлены пороки древесины, в основном влияющие на сортность бревен (табл. 3).

3. Пороки древесины, влияющие на сортность бревен.

Наименование основных пороков древесины	Количество бревен, переведенных по данному пороку в низшей сорт			
	штук	% от их количества	м³	% от их количества
Сучки	174	33,1	173,1	18,5
Трещины	41	7,8	116,1	12,4
Кривизна	73	13,9	100,1	10,7
Ядровая гниль (в т.ч. гниль ложного ядра в любой стадии ее развития)	155	29,5	384,7	41,1
Другие пороки	83	15,7	161,9	17,3
Всего:	526	100,0	935,9	100,0

На табл. 3 видно, что основным сортотобразующим пороком букового сырья является ядровая гниль. На качество бревен также значительно влияют такие сортотобразующие пороки древесины, как сучки, трещины, кривизна. Пороки древесины, такие как двойная сердцевина, побурение, пасынок и другие, на 17,3 % переводят бревна в низший сорт. Следует отметить, что сучки и кривизна в основном встречаются в вершинных бревнах, а ядровая гниль и трещины – в комлевых.

На основе полученных данных о качественной характеристике бревен определялся сортовой состав сырья. Эти данные были получены в зависимости от места вырезки бревен из хлыста и независимо от него и приведены в табл. 4.

4. Сортотовой состав сырья.

Размерная группа бревен, см	Распределение бревен в %-ах					
	всего	В том числе по сортам				
		1	2	3	4	Ре удовлет. треб. ГОСТ 9462-83
30-45 (вершинные)	100,0	20,5	23,1	40,8	15,1	0,5
40-75 (серединные)	100,0	21,4	25,3	36,1	13,5	3,7
65-100 (комлевые)	100,0	11,8	17,7	41,5	18,5	10,5
30-100	100,0	17,7	21,8	39,2	16,1	5,2

Из табл.4 видно, что основная масса бревен относится к низшим сортам как для каждой, так и для всей размерной группы бревен. Количество бревен, не удовлетворяющих требованиям ГОСТ 9462-83 составило 562%. Эти бревна в основном имели ядровую гниль, размеры которой превышали нормируемые размеры по ГОСТ 9462-83.

Попутно следует отметить следующее.

Ложное ядро представляет собой порок древесины в виде темной окраски внутренней части растущего ствола. Ложное ядро наблюдается на торцах бревен в виде центрального участка древесины темно-бурого или коричневого цвета.

Ложное ядро может быть без загнивания и с загниванием. Ложное ядро с загниванием обычно сосредотачивается во внутренней части бревна и представляет собой непригодную для делового использования древесину.

В соответствии с действующим ГОСТ 9462-83 ложное ядро нормируется только в лесоматериалах для выработки резонансных заготовок, в фанерном сырье 1 и 2 сортов, в лесоматериалах для лож, в лыжных краях и лесоматериалах для переводных брусьев. В сортаментах других назначений ложное ядро допускается.

Выводы

По результатам выполненного исследования можно сделать следующие выводы:

- буковое сырье относится к группе толстых круглых лесоматериалов со средним диаметром 65 см. Средний диаметр ложного ядра составляет 39 см, а ядровой гнили – 19 см;
- средний сбеж буковой древесины составляет 2,1 см/м;
- средняя длина буковых бревен составляют срединные и комлевые – 93,8%;
- основным сортообразующим пороком буковой древесины является ядровая гниль. Количество бревен, пораженных ядровой гнилью, составляет 44,3%;
- сортовой состав буковых бревен следующий: 1 сорт – 17,7%, 2 сорт – 21,8%, 3 сорт – 39,2%, 4 сорт – 16,1%, количество бревен, не удовлетворяющих требованиям ГОСТ – 5,2%.

Список литературы

1. Цотадзе Г.Л. Разработка оптимальной технологии комплексной переработки и использования ольховой древесины на деревообрабатывающих предприятиях Грузинской ССР. Автореферат диссертации к.т.н., 1987. – Минск. – 276 с.

The results of research of dimensioning and qualitative specifications of round beech timber made in Georgia, according to whose data it has been ascertained that the main sort-formative vices of beech timber is a false heartwood, heartwood rot, twigs, cracks and crookedness.

It is mentioned that beech timber is attributed to the group of thick round timber with the average diameter of 65 cm. The data on distribution of vices in timber enable to decide the questions of rational and complex treatment of beech timber aiming at gaining maximum profitable output.

Beech timber, false heartwood, heartwood rot, twigs, cracks and crookedness.

Наведені результати дослідження розмірно-якісної характеристики букових круглих лісоматеріалів, що заготовлюються в Грузії, за даними яких встановлено, що

основним сортоутворюючим пороком букової деревини є неправильне ядро, ядрова гнилизна, сучки, тріщини й кривизна.

Відзначене, що букова деревина відноситься до групи товстих круглих лісоматеріалів із середнім діаметром 65 см. Дані по розподілі пороків у деревині дозволяють більш обґрунтовано вирішувати питання раціональної й комплексної переробки букової деревини з метою одержання максимального корисного виходу.

Букові пиломатеріали, неправильне ядро, ядрова гнилизна, тріщини, кривизна.

УДК 662.763.3.2

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ

**В.М. Поліщук, М.М. Лободко, кандидати технічних наук
О.В. Дубровіна, здобувач**

Наведені умови біоконверсії біомаси в біогаз метаноутворюючими бактеріями. Представлена їх класифікація за температурним режимом. Описані основні етапи перетворення біомаси в біогаз та фази при періодичному зброджуванні в метантенку. На прикладі залежності виходу біогазу в часі розписана тривалість протікання фаз метанового зброджування гною ВРХ.

Біогаз, субстрат, біошлам, метантенк, газгольдер, температурний режим, лаз-фаза, експотенціальна фаза, фаза уповільнення росту, фаза відмирання.

Постановка проблеми. З моменту виникнення цивілізованого суспільства перед ним весь час стояла проблема охорони навколишнього середовища. Через промислову, сільськогосподарську та побутову діяльність людини постійно відбувалися зміни фізичних, хімічних і біологічних властивостей навколишнього середовища, причому багато з них дуже несприятливі. Продукти життєдіяльності тварин і людини, як правило, завжди використовувалися для підвищення родючості ґрунту. Це не становить проблему, якщо їх утворюється небагато. У разі створення великих тваринницьких комплексів площа навколишніх земель може виявитися недостатньою для утилізації

© В.М. Поліщук, М.М. Лободко, О.В. Дубровіна, 2013

основним сортоутворюючим пороком букової деревини є неправильне ядро, ядрова гнилизна, сучки, тріщини й кривизна.

Відзначене, що букова деревина відноситься до групи товстих круглих лісоматеріалів із середнім діаметром 65 см. Дані по розподілі пороків у деревині дозволяють більш обґрунтовано вирішувати питання раціональної й комплексної переробки букової деревини з метою одержання максимального корисного виходу.

Букові пиломатеріали, неправильне ядро, ядрова гнилизна, тріщини, кривизна.

УДК 662.763.3.2

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ

**В.М. Поліщук, М.М. Лободко, кандидати технічних наук
О.В. Дубровіна, здобувач**

Наведені умови біоконверсії біомаси в біогаз метаноутворюючими бактеріями. Представлена їх класифікація за температурним режимом. Описані основні етапи перетворення біомаси в біогаз та фази при періодичному зброджуванні в метантенку. На прикладі залежності виходу біогазу в часі розписана тривалість протікання фаз метанового зброджування гною ВРХ.

Біогаз, субстрат, біошлам, метантенк, газгольдер, температурний режим, лаз-фаза, експотенціальна фаза, фаза уповільнення росту, фаза відмирання.

Постановка проблеми. З моменту виникнення цивілізованого суспільства перед ним весь час стояла проблема охорони навколишнього середовища. Через промислову, сільськогосподарську та побутову діяльність людини постійно відбувалися зміни фізичних, хімічних і біологічних властивостей навколишнього середовища, причому багато з них дуже несприятливі. Продукти життєдіяльності тварин і людини, як правило, завжди використовувалися для підвищення родючості ґрунту. Це не становить проблему, якщо їх утворюється небагато. У разі створення великих тваринницьких комплексів площа навколишніх земель може виявитися недостатньою для утилізації

© В.М. Поліщук, М.М. Лободко, О.В. Дубровіна, 2013

продуктів життєдіяльності тварин. В результаті можуть бути забруднені підземні води, навколишні водойми та криниці. Продукти життєдіяльності деяких тварин не завжди можна вносити в ґрунт безпосередньо, адже ці тварини часто є переносниками збудників хвороб і паразитів, якими може хворіти також і людина. До таких тварин відносяться, в першу чергу, свині. Останнім часом з'явилася інформація про випадки зараження пташиним грипом. Тому відходи свиней і птиці треба попередньо знезаражувати. Це ж стосується і стічних вод великих міст, які включають продукти життєдіяльності людини, жири і цукри, які потрапляють туди з підприємств громадського харчування та домашніх кухонь. Стічні води промислових підприємств також необхідно очищати перед їх вторинним використанням або спуском у річки та водойми. Органічні відходи, що складаються переважно з води, білків, жирів і вуглеводів, здатні розкладатися на первинні складові під дію мікроорганізмів. Причому процес їх розкладання може проходити як у присутності кисню, так і в безкисневій атмосфері. Якщо в середовищі, що піддається розкладанню, присутній кисень, то органіка розкладається під дією аеробних мікроорганізмів (бактерій і мікроміцетів). У цьому випадку мова йде про компостування органічних відходів. У разі, якщо процес розкладання біомаси проходить без доступу повітря, він називається анаеробним. У цьому процесі беруть участь анаеробні бактерії, а в результаті їх дії на органічні речовини утворюється високоякісне органічне добриво і суміш газів (головним чином, метану і вуглекислого газу, а також незначної кількості сірководню, аміаку, оксидів азоту тощо), яка називається біогазом. Його можна використовувати для виробництва електроенергії, в побутових цілях (для приготування їжі), для обігріву житлових і виробничих будівель, очищений від домішок біогаз (чистий метан) у балонах придатний як паливо для автомобілів і тракторів [1].

Аналіз останніх досліджень. Особливості застосування метаноутворюючих бактерій в процесах анаеробного зброджування відходів описані в роботах [2, 3, 4], де наведені етапи метанового зброджування та охарактеризована послідовність біоконверсії відходів симбіозом метаноутворюючих організмів. В роботі [4] представлені біохімічні аспекти метаногенезу. Разом із тим, процеси, що відбуваються в метантенках при періодичному і безперервному зброджуванні відходів описані недостатньо. В саме розуміння цих процесів необхідне для ефективної переробки відходів і рентабельного виробництва біогазу.

Тому **метою** наших **досліджень** є визначення біотехнологічних основ виробництва біогазу задля ефективної експлуатації біогазових установок.

Результати досліджень. Переробка сировини на метан відбувається в ході складних взаємодій у змішаних популяціях бактерій, що належать до групи археїв, відомих під загальною назвою метаногенів. Всього відомо понад 40 видів метаноутворюючих бактерій. Вони утворюють метан як побічний продукт метаболізму в безкисневих умовах. Широко поширені в заболочених територіях, де виробляють метан у вигляді болотного газу, в кишечниках жуйних ссавців і людини, де відповідають за метеоризм [1].

Процес розкладання біомаси метаногенами можна розділити на 4 етапи, причому продукти переварювання (обміну речовин) кожної групи бактерій виступають живильними речовинами для наступної групи бактерій (рис. 1).

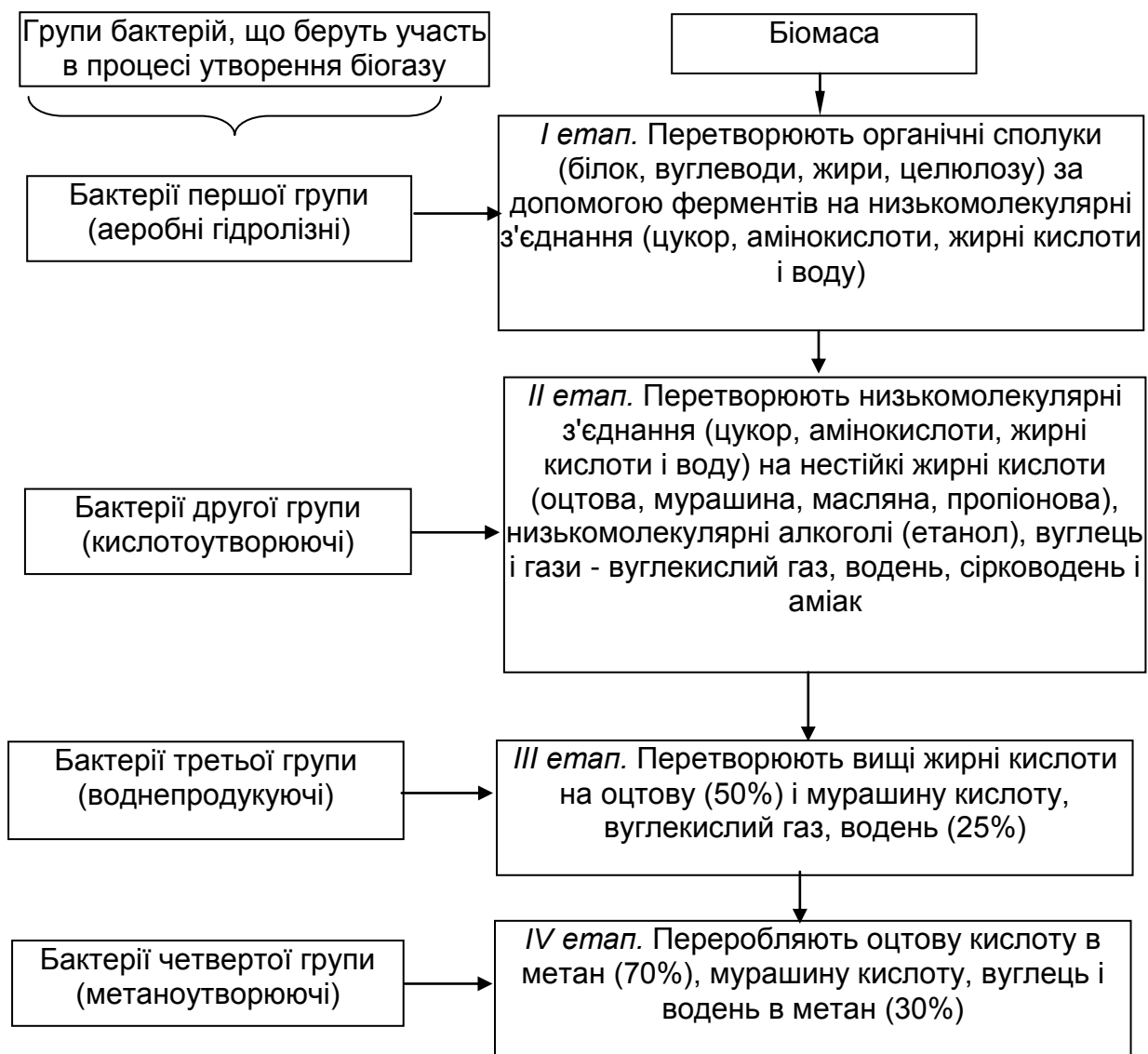


Рис. 1. Процес метанового бродіння.

I етап. Аеробні гідролізні бактерії перебудовують високомолекулярні органічні субстанції (білок, вуглеводи, жири, целюлозу) за допомогою ферментів на низькомолекулярні з'єднання, такі як цукор, амінокислоти, жирні кислоти і воду. Ферменти, виділені гідролізними бактеріями, прикріплюються до зовнішньої стінки бактерій (так звані екзоферменти) і при цьому розщеплюють органічні складові субстрату на малі водорозчинні молекули. Полімери (багатомолекулярні утворення) перетворюються на одномери (окремі молекули). Цей процес, що отримав назву гідроліз, проходить повільно і залежить від позаклітинних ферментів, таких як амілази, протеази, ліпази тощо. На процес впливає рівень рН (оптимальний – 4,5-6) і час перебування в резервуарі. Крім того, аеробні гідролізні бактерії споживають кисень, який потрапив в метантенк при завантаженні субстрату, або той, що міститься в самому субстраті, створюючи необхідні умови для діяльності анаеробних бактерій.

II етап. Далі розщепленням займаються кислотоутворюючі бактерії. Окремі молекули проникають в клітини бактерій, де вони продовжують розкладатися. У цьому процесі частково беруть участь аеробні бактерії, що споживають залишки кисню, створюючи при цьому необхідні для метанових бактерій анаеробні умови, а частково анаеробні бактерії. При рівні рН 6-7,5 виробляються в першу чергу нестійкі жирні кислоти (оцтова, мурашина, масляна, пропіонова), низькомолекулярні спирти (етанол, метанол), вуглець і газу – вуглекислий газ, водень, сірководень і аміак. Цей етап називають фазою окислення (рівень рН знижується).

III етап. Після цього воднепродукуючі бактерії з органічних жирних кислот створюють вихідні продукти для утворення метану: оцтову і мурашину кислоту, вуглекислий газ, водень. Такі бактерії, що знижують кількість вуглецю (в складі органічних кислот), є дуже чутливими до температури.

IV етап. На останньому етапі за допомогою метаноутворюючих бактерій з оцтової і мурашиної кислоти, вуглецю і водню утворюється метан, вуглекислий газ і вода. 90% всього метану виробляється на цьому етапі, причому 70% метану утворюється з оцтової кислоти. Таким чином, утворення оцтової кислоти (тобто III етап і в меншій мірі II етап) є фактором, що визначає швидкість утворення метану. Метаноутворюючі бактерії виключно анаеробні [2].

Ефективний перебіг метанової ферментації органічних речовин потребує виконання чотирьох основних умов:

- безкисневої атмосфери;
- відповідної температури маси, що зброджується;

- слаболужної реакції середовища;
- присутності бактерій, що виробляють метан.

Виділення метану із речовини, що піддається ферментації, проходить лише в анаеробних умовах, тобто тоді, коли немає доступу кисню (повітря). Тому ферментація повинна протікати у спеціальних резервуарах, закритих ферментаційних камерах та іншому подібному обладнанні.

Дуже важливим фактором ефективного протікання процесу ферментації є температура маси, що зброджується. Залежно від температурних переваг виділяють три групи метаногенів – термофіли, психрофіли і мезофіли. Температурні зони цих груп бактерій наведені в табл. 1.

Зниження температури середовища може призвести до пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів, однак ці зміни зворотні, відновлення ознак відбувається через 2-3 год культивування при оптимальній температурі.

1. Температурні зони життєдіяльності метаногенів [5].

Температурні зони	Психрофіли	Мезофіли	Термофіли
Оптимальна	10-15°C	35-37°	50-60°C
Верхня затримки росту	25-30°C	43-45°C	75°C
Нижня затримки росту	0-5°C	15-20°	45°C

Важливою умовою забезпечення регулярного протікання біохімічних процесів в метантенку є слаболужна реакція бродильного середовища, при цьому задовільним вважають рН на рівні 6-8 (оптимальне значення знаходиться в межах 7-7,5 рН). Надто лужна реакція сприяє ферментації через патогенне гниття, але викликає небажане виділення сірководню. У надто кислому середовищі (при ферментації побутових відходів, виділень свиней) метанове бродіння може зупинитись із блокуванням виділення біогазу. Метанове бродіння в реакторах може відбуватись як періодичним так і безперервним способом.

Процеси, що відбуваються при періодичному метановому зброджуванні гноївки в метантенку, повністю узгоджуються з процесами, що проходять при культивуванні мікроорганізмів в біореакторах, і розділяються на декілька фаз. Розглянемо процес метанового зброджування сировини в метантенку об'ємом 30 л на прикладі переробки гноївки ВРХ при температурі 55°C (рис. 1). На початковому етапі, після додавання нового субстрату, спостерігається лаг-фаза, або фаза звикання мікроорганізмів до нових умов. У метантенк додається від 1/2 до 1/3 його об'єму гноївки, і стільки ж біошламу зливається. Метанові бактерії, які залишилися в "затравочній" порції субстрату в метантенку, певний

час звикають до нового субстрату. На рис. 1 процес звикання триває перші чотири дні. У даному випадку, такий довгий період лаг-фази обумовлений тим, що до нової заправки в якості субстрату в метантенку був курячий послід, розведений водою, а температура зброджування становила 40°C. У разі додавання в метантенк однотипного субстрату за умови незмінності температурного режиму час лаг-фази істотно скорочується. Після звикання бактерій до нових умов вони починають активно рости і розмножуватися, виділяючи при цьому велику кількість біогазу. Процес переходить в експотенціальну (логарифмічну) фазу (на рис. 1 відповідає період з 4 по 8 день зброджування). По мірі вичерпання поживних властивостей субстрату та накопичення в ньому продуктів обміну, швидкість росту знижується і процес переходить у фазу уповільнення росту (період з 8 по 15 день на рис. 1) і далі в стаціонарну фазу, в якій процеси ділення і відмирання бактерій в популяції знаходяться в динамічній рівновазі (період з 15 по 20 день на рис. 1). Коли вичерпання поживних речовин в субстраті і накопичення продуктів метаболізму долають порогові концентрації, починається фаза відмирання і число бактерій в популяції поступово знижується. Відповідно, знижується і обсяг виробленого біогазу. Період фази відмирання відповідає часу з 20 по 35 день на рис. 2.

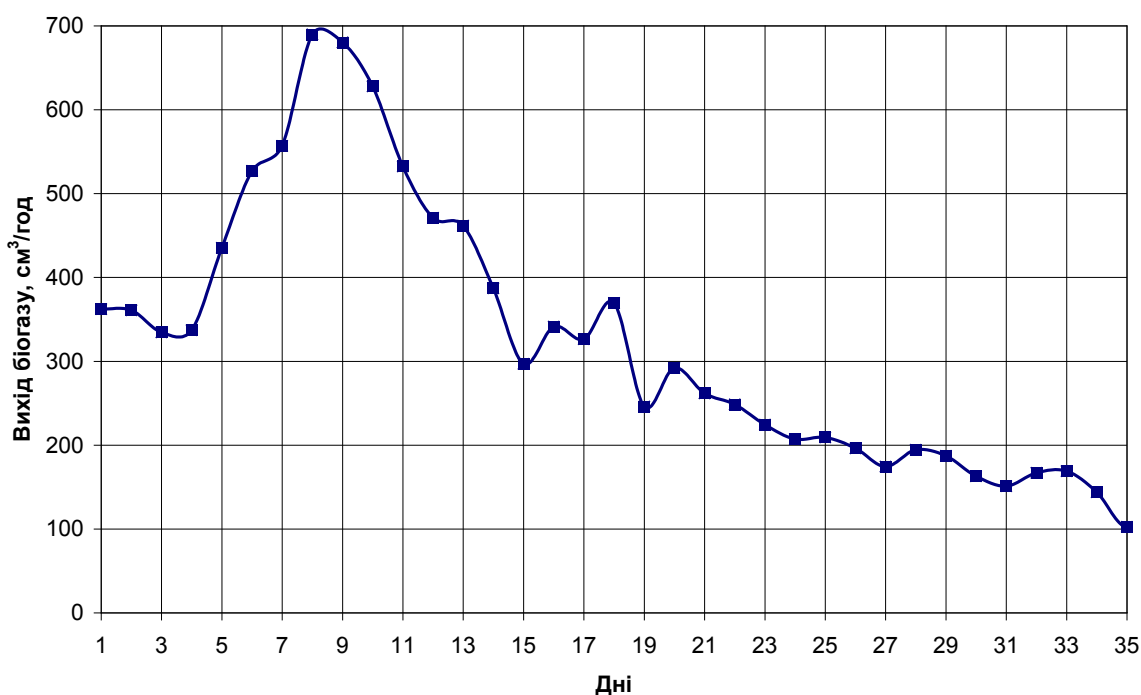


Рис. 2. Процес метанового зброджування гноївки ВРХ вологістю 93% при температурі 55°C.

Недоліки періодичного анаеробного способу зброджування біомаси, коли період ефективного виробництва біогазу становить

тільки близько 7-8 діб під час протікання логарифмічної фази і частини фази затримки росту при наступному поступовому зниженні рівня виходу біогазу, відсутні при безперервному метановому бродінні біомаси, де шляхом дозованої подачі субстрату в метантенк невеликими порціями і дозованого відбирання біошламу досягається постійна робота біореактора при логарифмічній фазі зброджування, що суттєво підвищує ефективність виробництва біогазу.

Висновки

1. Ефективний перебіг анаеробної біоконверсії органічної сировини в біогаз потребує присутності метаноутворюючих бактерій, безкисневої атмосфери, оптимальної температури бродіння і слаболужної реакції середовища.

2. Метаногени являють собою симбіоз чотирьох груп бактерій. Продукти обміну речовин кожної групи бактерій виступають живильними речовинами для наступної групи бактерій.

3. Процес періодичного анаеробного зброджування біомаси розділяється на наступні фази: лаг-фазу, експотенціальну (логарифмічну), затримки росту, уповільнення росту, стаціонарна, відмирання. Найбільш продуктивними з точки зору генерації біогазу є логарифмічна фаза метанового зброджування (3-5 діб) і частина фази уповільнення росту. Загальний період цих фаз при зброджуванні гною ВРХ становить 7-8 діб.

4. При безперервному метановому бродінні біомаси шляхом дозованої подачі субстрату в метантенк невеликими порціями і дозованого відбирання біошламу досягається постійна робота біореактора при логарифмічній фазі зброджування, що суттєво підвищує ефективність виробництва біогазу.

Список літератури

1. Эдер Б. Биогазовые установки. Практическое пособие / Барбара Эдер, Хайнц Шульц. – М.: Колос, 2008. – 240 с.
2. *Альтернативна енергетика: [навч. посібник для студ. вищ. навч. закл.]* / М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, І.П. Григорюк, В.М. Поліщук, Г.А. Голуб, В.С. Таргоня, С.В. Драгнєв, І.В. Свистунова, С.М. Кухарець. – К: «Аграр Медіа Груп», 2011. – 612 с.
3. Баадер В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер. – М.: Колос, 1982. – 148 с.
4. *Використання біомаси на енергетичні потреби в сільському господарстві. Біогазові технології.* – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2008.. – 72 с.
5. *Влияние факторов среды на микроорганизмы* / EUROLAB. Медицинский портал [Електронний ресурс] / 2013. Режим доступу до журн.: <http://www.eurolab.ua/microbiology-virology-immunology/3660/3670/30735/>. Дата доступу: 28/04/2013.

Приведены условия биоконверсии биомассы в биогаз метанобразующими бактериями. Представлена классификация по температурному режиму. Описанные основные этапы преобразования биомассы в биогаз и фазы при периодическом сбраживании в метантенке. На примере зависимости выхода биогаза во времени расписана длительность протекания фаз метанового сбраживания навоза ВРХ.

Биогаз, субстрат, биошлам, метантенк, газгольдер, температурный режим, лог-фаза, экспоненциальная (логарифмическая) фаза, фаза замедления роста, фаза отмирания.

These conditions bioconversion of biomass into biogas metanoutvoryuyuchymy bacteria. Presented their classification according to temperature conditions. We describe the main stages of converting biomass to biogas and fermented with periodic phase-no digesters. For example depending on biogas yields at the time painted duration flow phase methane fermentation of cattle manure.

Biogas substrate bioshlam, digesters, gasholder, temperature re-bench, ba-phase exponential (logarithmic) phase, the phase of slow growth phase of extinction.

УДК 620:95

КІНЕТИКА АНАЕРОБНОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ РОСЛИННОЇ БІОМАСИ

**Г.А. Голуб, доктор технічних наук, професор
О.В. Дубровіна, здобувач**

Приведено методику отримання кінетичних рівнянь анаеробної ферментації рослинної біомаси.

Кінетичні рівняння, рослинна біомаса, анаеробна ферментація, рівень розкладу, швидкість процесу.

Постановка проблеми. Аналітичний опис анаеробної ферментації рослинної біомаси є одним із напрямків, що дозволяє узагальнити дослідження біогазових установок, а тому отримання швидкісних параметрів процесу метанового бродіння в біогазових установок потребує постійного узагальнення.

© Г.А. Голуб, О.В. Дубровіна, 2013

Приведены условия биоконверсии биомассы в биогаз метанобразующими бактериями. Представлена классификация по температурному режиму. Описанные основные этапы преобразования биомассы в биогаз и фазы при периодическом сбраживании в метантенке. На примере зависимости выхода биогаза во времени расписана длительность протекания фаз метанового сбраживания навоза ВРХ.

Биогаз, субстрат, биошлам, метантенк, газгольдер, температурный режим, лог-фаза, экспоненциальная (логарифмическая) фаза, фаза замедления роста, фаза отмирания.

These conditions bioconversion of biomass into biogas metanoutvoryuyuchymy bacteria. Presented their classification according to temperature conditions. We describe the main stages of converting biomass to biogas and fermented with periodic phase-no digesters. For example depending on biogas yields at the time painted duration flow phase methane fermentation of cattle manure.

Biogas substrate bioshlam, digesters, gasholder, temperature re-bench, ba-phase exponential (logarithmic) phase, the phase of slow growth phase of extinction.

УДК 620:95

КІНЕТИКА АНАЕРОБНОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ РОСЛИННОЇ БІОМАСИ

**Г.А. Голуб, доктор технічних наук, професор
О.В. Дубровіна, здобувач**

Приведено методику отримання кінетичних рівнянь анаеробної ферментації рослинної біомаси.

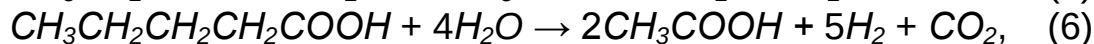
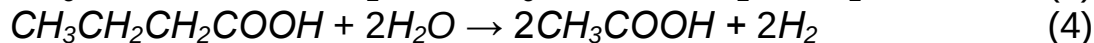
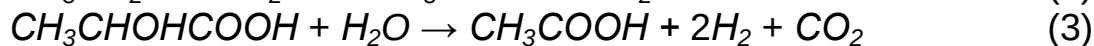
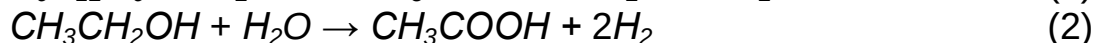
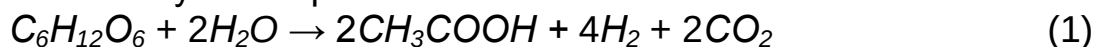
Кінетичні рівняння, рослинна біомаса, анаеробна ферментація, рівень розкладу, швидкість процесу.

Постановка проблеми. Аналітичний опис анаеробної ферментації рослинної біомаси є одним із напрямків, що дозволяє узагальнити дослідження біогазових установок, а тому отримання швидкісних параметрів процесу метанового бродіння в біогазових установок потребує постійного узагальнення.

© Г.А. Голуб, О.В. Дубровіна, 2013

Аналіз останніх досліджень. Отримання енергії за рахунок анаеробного зброджування гною та посліду є процесом, який не конкурує із харчовими потребами людства, а тому нами розроблено ряд схем біоенергоконверсії органічної сировини в агроєкосистемах, які включають біогазові технології, в тому числі і в поєднанні з аеробним зброджуванням [1]. Останнім часом набуває значення виробництво біогазу із органічної біомаси, яка утворюється при переробці цукрових буряків [2, 3]. Експлуатація біогазових установок показала, що сприяння контакту анаеробних бактерій із біомасою субстрату забезпечується за рахунок перемішування субстрату, однак при цьому інтенсивного перемішування слід уникати, оскільки це може призвести до припинення анаеробного зброджування за рахунок порушення симбіозу ацетогенних та метаногенних бактерій [4]. У той же час, досвід експлуатації реакторів біогазових установок показав, що практично неможливо усунути розшарування біомаси в реакторі на мінеральний осад та органічну плаваючу біомасу, що вказує на недоліки в роботі систем перемішування біомаси [5, 6].

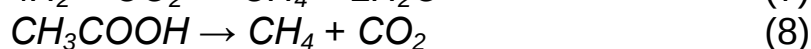
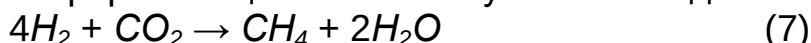
Нами запатентовано ряд технічних рішень, які дозволяють у значній мірі усунути розшарування біомаси за рахунок забезпечення перемішування шарів біомаси із використанням занурених обертових біогазових реакторів. Визначено також рівень занурення обертового метантенка в рідину, а також коефіцієнт його заповнення від геометричних параметрів обертового метантенка та густини рідини, в яку занурений обертовий метантенк при забезпеченні його знаходження у завислому стані [7]. Відомо [8, 9], що на першій стадії анаеробного зброджування під дією бактерій відбувається гідроліз субстрату з утворенням органічних кислот, спиртів, простих вуглеводів. На другій стадії утворюється оцтова кислота, водень та вуглекислий газ. Ці стадії анаеробного зброджування можуть бути узагальнені наступними рівняннями:



де $C_6H_{12}O_6$ – глюкоза; CH_3CH_2OH – етанол; $CH_3CHONCOOH$ – лактат; $CH_3CH_2CH_2COOH$ – масляна кислота; CH_3CH_2COOH – пропіонова кислота; $CH_3CH_2CH_2CH_2COOH$ – валеріанова кислота; H_2O – вода; CH_3COOH – оцтова кислота; H_2 – водень; CO_2 – вуглекислий газ.

У подальшому, метаногенез відбувається за рахунок діяльності мікроорганізмів, які відновлюють вуглекислий газ до метану, а також

таких, що розкладають в кінцевому підсумку оцтову кислоту на метан і вуглекислий газ [8]. Рівняння біохімічних реакцій стадії метаногенезу анаеробної ферментації мають наступний вигляд:



де CH_4 – метан.

Розрахунковий матеріальний баланс анаеробної ферментації вищенаведених органічних речовин біомаси показав, що мікробіологічний розклад під час анаеробної ферментації 1 кг органічної речовини супроводжується виділенням в середньому 0,4 кг метану та 0,7 кг вуглекислого газу [10]. Встановлено також, що під час анаеробного зброджування максимальний рівень розкладу органічної речовини біомаси гною становить 53 % [11], біомаси зеленої маси трав – 45 % та кукурудзяного силосу – 59 % [12, 13]. Однак питання отримання кінетичних рівнянь анаеробної ферментації рослинної біомаси на основі експериментальних даних процесу зброджування потребує проведення відповідних досліджень.

Мета досліджень – розробити методику отримання кінетичних рівнянь анаеробної ферментації рослинної біомаси на основі експериментальних даних процесу зброджування.

Результати досліджень. Технології виробництва біогазу постійно удосконалюються в напрямку підвищення концентрації біометану та скорочення строків ферментації. Оскільки розклад органічної речовини обумовлений розвитком мікроорганізмів, ріст яких описується кінетичними рівняннями [14], а також вважаючи, що швидкість розкладу органічної речовини під час біогазової ферментації пропорційна кількості нерозкладеної органічної речовини [15], що ще може бути розкладена, кінетичне рівняння анаеробної ферментації органічної біомаси в диференційній формі буде мати вигляд:

$$\frac{dM}{d\tau} = -k(M - M^*), \quad (9)$$

де M – вміст органічної речовини біомаси, що не розклалася на поточний момент часу біогазової ферментації, кг; M^* – вміст органічної речовини біомаси, яка не розкладається під час біогазової ферментації, кг; k – параметр процесу біогазової ферментації, який характеризує її швидкість, дб^{-1} ; τ – час біогазової ферментації, дб .

Провівши математичні перетворення та інтегрування диференційного рівняння у межах умісту органічної речовини від початкового значення до поточного, одержимо однопараметричне рівняння процесу анаеробної ферментації, яке визначає вміст органічної речовини, що не розклалася на поточний момент часу:

$$M = M^* + (M_0 - M^*) \exp(-k\tau), \quad (10)$$

де M_0 – загальний уміст органічної речовини біомаси на початок біогазової ферментації, кг.

В той же час кількість органічної речовини біомаси, яка розкладалася на поточний момент часу, становить:

$$M_0 - M = (M_0 - M^*) [1 - \exp(-k\tau)]. \quad (11)$$

Привівши кількість органічної речовини, що розкладалася на поточний момент часу, до загального вмісту органічної речовини на початок біогазової ферментації, одержимо формулу для визначення рівня розкладу органічної речовини на поточний момент часу

$$\alpha = \alpha_0 [1 - \exp(-k\tau)], \quad (12)$$

де $\alpha_0 = \frac{M_0 - M^*}{M_0}$ – максимальний рівень розкладу органічної речовини в процесі анаеробної ферментації, відносних од.

Враховуючи те, що максимальний рівень розкладу органічної сировини біомаси при довгостроковій експозиції під час анаеробної ферментації становить для біомаси зеленої маси трав – 45 %, а для кукурудзяного силосу – 59 % [12, 13], кінетичне рівняння процесу анаеробної ферментації рослинної біомаси буде мати вигляд:

– для зеленої маси трав

$$\alpha = 0,45 [1 - \exp(-k_{3MT}\tau)]; \quad (13)$$

– для кукурудзяного силосу

$$\alpha = 0,59 [1 - \exp(-k_{KC}\tau)]. \quad (14)$$

Розрахунок параметра процесу анаеробної ферментації, який характеризує її швидкість, проведемо згідно методики [16] та на основі експериментальних даних за формулою:

$$k = \exp \left[N^{-1} \left(\sum \ln \left(\frac{\alpha_0}{\alpha_0 - \alpha_i} \right) - \sum \ln \tau_i \right) \right], \quad (15)$$

де N – кількість вимірів;

Для розрахунку швидкості процесу анаеробної ферментації біомаси зеленої маси трав та кукурудзяного силосу, скористаємося експериментальними даними [12, 13].

Розрахунки показали, що для процесу анаеробної ферментації швидкість розкладу органічної речовини становить: для зеленої маси трав – $k_{3MT} = 0,095 \text{ діб}^{-1}$; для кукурудзяного силосу – $k_{3MT} = 0,119 \text{ діб}^{-1}$.

Таким чином, кінетичні рівняння процесу анаеробної ферментації біомаси зеленої маси трав та кукурудзяного силосу будуть мати наступний вигляд:

– для зеленої маси трав

$$\alpha = 0,45 [1 - \exp(-0,095\tau)]; \quad (16)$$

– для кукурудзяного силосу

$$\alpha = 0,59 [1 - \exp(-0,119\tau)]. \quad (17)$$

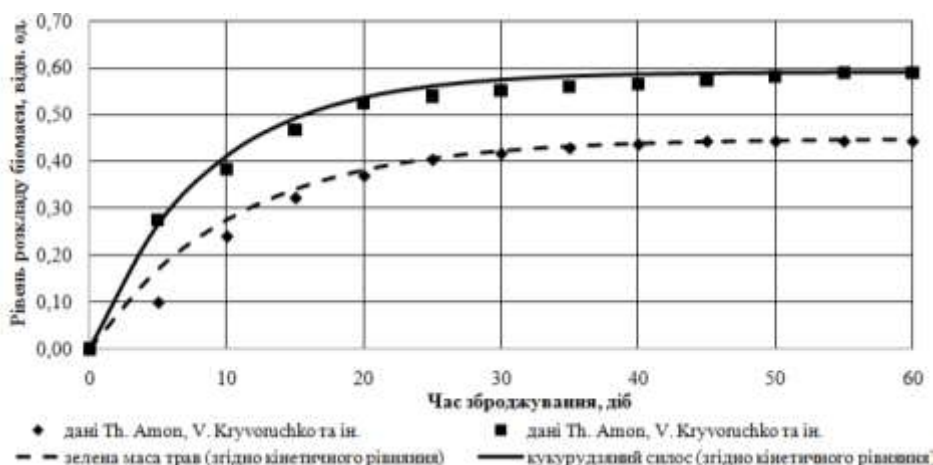


Рис. Кінетика процесу біогазової ферментації органічної сировини.

У графічному вигляді кінетичні рівняння (16), (17) приведені на рисунку.

Висновок. Розроблені кінетичні рівняння розкладу органічної сировини під час процесу анаеробної ферментації біомаси зеленої маси трав та кукурудзяного силосу. Установлено, що швидкість процесу анаеробної ферментації кукурудзяного силосу на чверть перевищує швидкість процесу анаеробної ферментації біомаси зеленої маси трав.

Список літератури

1. Golub G., Linnik M., Dubrovina O. Technical means for production of biogas. – Proceedings of the 5th Research and Development Conference of Central- and Eastern European Institutes of Agricultural Engineering. – Kiev: National Agricultural University of Ukraine, 2007. – part 1. – 2007 p. – P. 131-136.
2. V. Kryvoruchko, T. Amon, B. Amon, V. Dubrovin, M. Melnychuk, E. Krasowski. Co fermentation of sugar by-products with typical agricultural substrates. – Motrol: Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. / An International Journal on Operation of Farm and Agri-Food Industry Machinery. – Lublin-Kiev-Simferopol-Mykolayiv-Lviv-Rzeszow, 2012. – Tom 14, No 3. – 223 с. – P. 32-39.
3. Голуб Г.А., Гох В.В. Використання жому і меляси в суміші з соломною для виробництва біогазу. – Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК / Редколегія: Д.О. Мельничук (відповідальний редактор) та інші – К., 2012. – Вип. 170, ч. 2. – 387 с. – С. 74–80.
4. Руководство по биогазу. От получения до использования / Специальное агентство возобновляемых ресурсов (FNR). 5-е издание. – Гюльцов: Германия, 2012. –213 с.
5. Голуб Г.А., Дубровіна О.В., Рубан Б.О., Войтенко В.О. Технічне забезпечення виробництва біогазу / Збірник наукових праць Вінницького національного

аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Вінниця, 2012. – Вип. 10. – 186 с. – С. 17–19.

6. Голуб Г., Войтенко В., Рубан Б., Єрмоленко В. Сучасні тенденції розвитку біогазових установок / Техніка і технології АПК. – 2012. – № 2 (29). – С. 18-21.

7. Голуб Г.А., Дубровіна О.В. Обґрунтування рівня занурення та коефіцієнта заповнення біомасою обертового метантенка. – Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК / Редколегія: Д.О. Мельничук (відповідальний редактор) та інші – К., 2012. – Вип. 170, ч. 2. – 387 с. – С. 55-61.

8. Биомасса как источник энергии: Пер. с англ./Под ред. С. Соуфера, О. Забарски. – М.: Мир, 1985. – 368 с.

9. Экологическая биотехнология: Пер. с англ./Под ред. К.Ф. Форстера, Д.А.Дж. Вейза. – Л.: Химия, 1987. – 384 с.

10. Голуб Г.А., Дубровіна О.В., Войтенко В.О., Гох В.В. Аналіз метаноутворення в біогазових установках. – Сучасні проблеми збалансованого природокористування: Збірник наукових праць / Подільський державний аграрно-технічний університет (ПДАТУ); Науковий редактор: Бахмат М.І. – Кам'янець-Подільський, 2012. – Спеціальний випуск до VII науково-практичної конференції. – 334 с. – С. 141-145.

11. Використання біомаси на енергетичні потреби в сільському господарстві. Біогазові технології / Таргоня В.С., Клименко В.П., Луценко М.М., Бабинець Т.Л.; за ред. В.І. Кравчука. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – 72 с.

12. Amon, T., Kryvoruchko, V., Amon, B., Zollitsch, W., Mayer, K., Buga, S., Amid, A. (2004): Biogaserzeugung aus Mais – Einfluss der Inhaltsstoffe auf das spezifische Methanbildungsvermögen von früh- bis spätreifen Maissorten. In: Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs: 54. Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft, Höhere Bundeslehranstalt für alpenländische Landwirtschaft: "Züchtertagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs", 25. bis 27. November 2003, Raumberg/Trautenfels.

13. Amon, T., Kryvoruchko, V., Amon, B., Buga, S., Mayer, K., Zollitsch, W., Pötsch, E., (2003): Biogas aus Klee gras, Feldfutter- und Dauerwiesenmischungen. Der fortschrittliche Landwirt, 22, 52-53.

14. Франс Дж., Торнли Дж. Х. М. Математические модели в сельском хозяйстве: Пер. с англ. А.С. Калянского. – М.: Агропромиздат, 1987. – 400 с.

15. Огороднік А.І., Голуб Г.А. Кінетична модель процесу компостування субстрату у грибництві // Міжвідомчий тематичний науковий збірник "Механізація та електрифікація сільського господарства". – Київ. – 1997. – Вип. 82. – С. 67-70.

16. Холькин Ю.И. Технология гидролизных производств. – М.: Лесная промышленность, 1989. – 496 с.

Приведено методику получения кинетических уравнений анаэробной ферментации растительной биомассы.

Кинетические уравнения, растительная биомасса, анаэробная ферментация, уровень разложения, скорость процесса.

The procedure of obtaining kinetic equations of anaerobic fermentation of biomass is given.

Kinetic equations, plant biomass, anaerobic fermentation, the level of decomposition, speed of process.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНИУТРИКОЛЬЦЕВОЙ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ С ПОМОЩЬЮ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ СВЕРЛЕНИЮ

Е.С. Шарапов, кандидат технических наук

А.С. Торопов, доктор технических наук

В.Ю. Чернов, аспирант

***ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический
университет»***

*Представлены новые конструкции мобильных устройств для диагностики состояния древесины сверлением, собрана лабораторная экспериментальная установка. Проведены экспериментальные исследования изменения свойств древесины круглых лесоматериалов по радиусу ствола. Выявлены взаимосвязи величин мощности микросверления древесины и плотности древесины при использовании рентгеновского излучения по трем породам: сосна (*Pinus sylvestris*), бук (*Fagus sylvatica*), ясень (*Fraxinus excelsior*).*

Плотность древесины, свойства древесины, микросверление, мощность на сверление древесины, резистограф.

Древесина является одним из наиболее распространенных материалов, который широко используется в строительстве, мебельном и целлюлозно-бумажном производствах. Основные преимущества древесины как материала: высокие прочностные характеристики, экологичность использования, восстанавливаемость ресурсов. Применение древесины в качестве конструкционного материала обусловлено ее уникальными физико-механическими характеристиками.

Безусловно, плотность древесины является одним из основных физических показателей, характеризующих ее механические свойства и качество (О.И. Полубояринов, 1976; Б.И. Уголев, 2001). Определение плотности древесины актуально для многих направлений науки и производства таких, как выявление внутренних пороков в растущих деревьях, дендрохронологические и климатологические исследования, установление случаев незаконных рубок леса, определение товарности лесосырьевой базы, прочностных и качественных характеристик пилопродукции и изделий из древесины, а также экспертиза деревянных

© Е.С. Шарапов; А.С. Торопов; В.Ю. Чернов, 2013

строительных конструкций различного назначения (стены, перекрытия, столбы, сваи, мосты, дамбы и т.д.).

К современным методам определения внутреннего состояния и выявления дефектов в древесине относится метод измерения усилия сопротивления просверливанию (мощности на микросверление) древесины тонким буровым сверлом (Rinn 1990, 1996, 2008; Kasal and Tannert 2010; Mattheck and Betghe 2010). Учеными и изобретателями приборов (фирмы «Rinntech» и «Instrument Mechanic Lab», Германия) представлены результаты, характеризующие метод измерения сопротивления сверлению как быстрый и достаточно точный при определении свойств древесины и прочностных характеристик деревянных строительных конструкций (Gretchen, Bohumil and Ron 2010; Rinn 2008), определения внутренних пороков в круглых лесоматериалах [13], определения внутрикольцевой плотности древесины (Rinn, 1996) и плотности плитных древесных материалов (Winnistorfer, Xu and Wimmer 1995). Некоторые работы посвящены анализу зависимости величины сопротивления сверлению (мощности на микросверление) и плотности древесины, найденной с помощью радиационных методов [10]. Однако, в данных работах усредненная величина усилия сопротивления просверливанию коррелировалась со средним значением плотности просверливаемых образцов, что, безусловно, снижает точность и, соответственно, ценность полученных результатов. При этом эксперименты проводились на образцах влажной древесины, без фиксирования фактической величины влажности, оказывающей непосредственное воздействие, как на сам процесс сверления, так и на величину плотности.

Известно, что наибольшее влияние на точность полученных результатов оказывает инструментальная погрешность. Анализ конструкций, узлов механизмов, средств сбора и обработки данных существующих устройств для определения состояния древесины сверлением позволяют утверждать об их сложности, недостаточной надежности и невысокой точности измерений.

Цель исследований: разработка нового мобильного устройства для диагностики состояния древесины сверлением; определение взаимосвязи величин мощности на сверление тонким буровым сверлом и внутрикольцевой плотности древесины.

На основании проведенных морфологических исследований существующих устройств и методов определения свойств древесины в условиях ее механической обработки были синтезированы новые конструкции устройств для диагностики состояния древесины сверлением (рис. 1) [4].

В результате выполнения НИОКР смонтирована лабораторная экспериментальная установка для диагностики состояния

древесины и древесных материалов сверлением (рис.3), создан измерительный шлейф на основе ЭВМ, устройства сбора данных (АЦП/ЦАП) «National Instruments USB-6008» и датчиков тока на эффекте Холла. В программной среде «LabVIEW» разработана прикладная программа для управления данными, их записи и отображения [3].



Рис. 1. Модели мобильных устройств для измерения сопротивления сверлению (диагностики состояния древесины), патенты РФ №95128, №2448811 (слева); лабораторная экспериментальная установка для диагностики состояния древесины сверлением (справа).

Представленное устройство снабжено тонким буровым сверлом с диаметром режущей части 3 мм ($\varnothing$ хвостовика 1,5 мм), вращение и подачу которого осуществляют электродвигатели постоянного тока. Номинальная скорость вращения бурового сверла 4100 ± 200 об/мин, номинальная скорость подачи 420 мм/мин. Одновременно с процессом сверления на ЭВМ происходит отображение кривой мощности, затрачиваемой на микросверление в виде динамического ряда данных, а также запись величин мощности в отдельный файл и сохранение в памяти. Частота дискретизации – 1кГц, что соответствует разрешению 140 точек на 1 мм подачи сверла (1/140).

С использованием экспериментальной лабораторной установки проведены исследования изменения свойств круглых лесоматериалов по радиусу ствола: сосновых (*Pinus sylvestris*) оцилиндрованных бревен; бревен ели (*Picea abies*) с ядровой комлевой гнилью; бревен осины (*Pópulus trémula*) с ядровой стволовой гнилью; сосновое (*Pinus sylvestris*) бревно с ситовой ядровой гнилью (рис.2) [5]. При этом оценивались такие параметры, как стабильность работы, чувствительность и точность измерений.



Рис. 2. Изменение мощности на микросверление по диаметру лесоматериала сосны (слева) и диаметру лесоматериала осины с ядровой стволовой гнилью (справа).

Полученные данные позволяют утверждать о высокой связи мощности на микросверление (сопротивления сверлению) с изменением физико-механических свойств древесины, в том числе внутрикольцевых.

Большой практический и теоретический интерес представляет способность экспериментальной лабораторной установки определять изменения внутрикольцевой плотности древесины. Для установления взаимосвязи мощности, затрачиваемой на сверление тонким буровым сверлом и реальной плотности древесины ($W=12\%$) было изготовлено по 10 образцов трех пород древесины: сосны (*Pinus sylvestris*), бука (*Fagus sylvatica*), ясеня (*Fraxinus excelsior*) с фиксированными геометрическими размерами (рис.3). Исследования проводились на образцах, кондиционированных до нормализованной влажности.

Точное определение плотности образцов осуществлялось прибором рентгеновской денситометрии DA-X фирмы «Grescon» с разрешением 1/50 в лаборатории кафедры технологии деревообработки и древесных композиционных материалов университета Георга-Августа, Германия. Проникновение рентгеновского излучения происходило перпендикулярно направлению годичных слоев (поз.2, рис.3), что позволяло с большей точностью определить вариацию плотности в ранних и поздних зонах годичных колец.

Сверление осуществлялось точно по центру (поз.3, рис.3.) в плоскости просвечивания рентгеновского излучения. Результаты экспериментальных исследований представлялись в виде динамических рядов и записывались в отдельные файлы.

В программе «Statistica» для каждого образца был произведен кросс-корреляционный анализ данных двух экспериментов, найдены коэффициенты кросс-корреляции, определены «лаги», по которым произведены смещения динамических рядов величин плотности и мощности на сверление относительно друг друга, построены

совмещенные графики полученных динамических рядов для всего образца и отдельно в пределах одного годичного кольца (рис. 4).

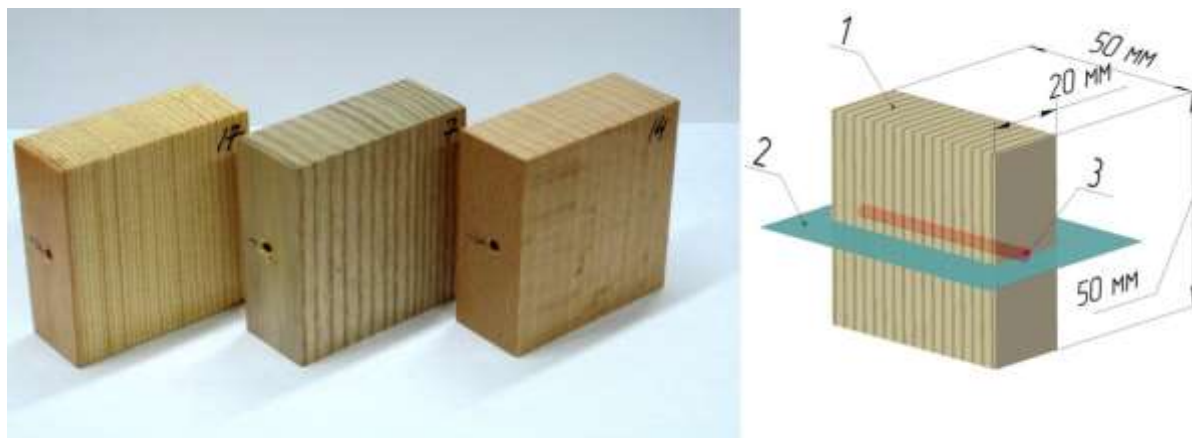


Рис. 3. Исследуемые образцы древесины сосны, бука и ясеня (слева) и их основные размеры (справа).

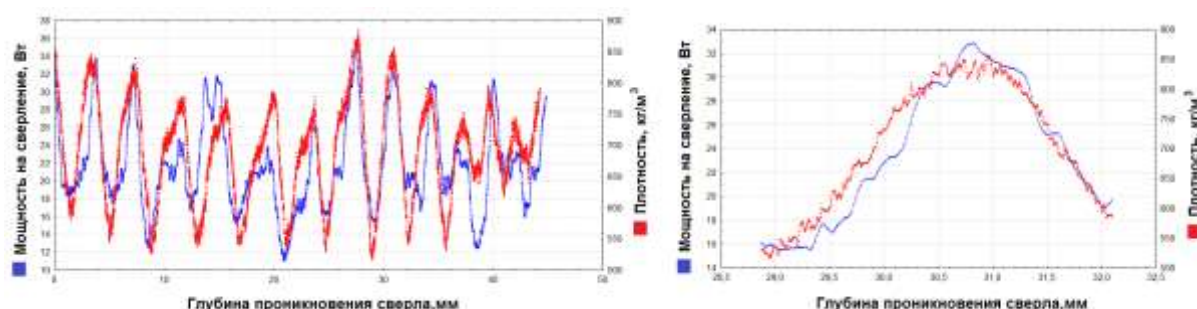


Рис. 4. Графики изменения плотности (ρ_{12}) одного из образцов ясеня, полученной на рентгеновской установке DA-X, а также мощности, затрачиваемой на сверление, $W=12\%$ (слева); аналогичные параметры по одному годичному слою (справа).

Регрессионный анализ динамических рядов производился в программе «TableCurve» (рис. 5). С целью упрощения использования результатов и на основании общего характера зависимостей данных для описания изменения величин плотности и мощности, затрачиваемой на микросверление, применялась линейная функция с одной переменной вида $\rho_{12} = a + b \cdot N$, где N – мощность на сверление, Вт (при $W=12\%$); ρ_{12} – плотность древесины, кг/м³ (при $W=12\%$).

Таким образом, относительная погрешность измерений плотности при использовании лабораторной экспериментальной установкой для ясеня составила $\pm 4,4\%$; для бука – $\pm 2,7\%$; для сосны – $\pm 6,6\%$.

Следующим этапом работ по обозначенному направлению являются изготовление продажного образца мобильного устройства

для диагностики состояния древесины сверлением и проведение экспериментальных исследований влияния влажности древесины на процесс микросверления.

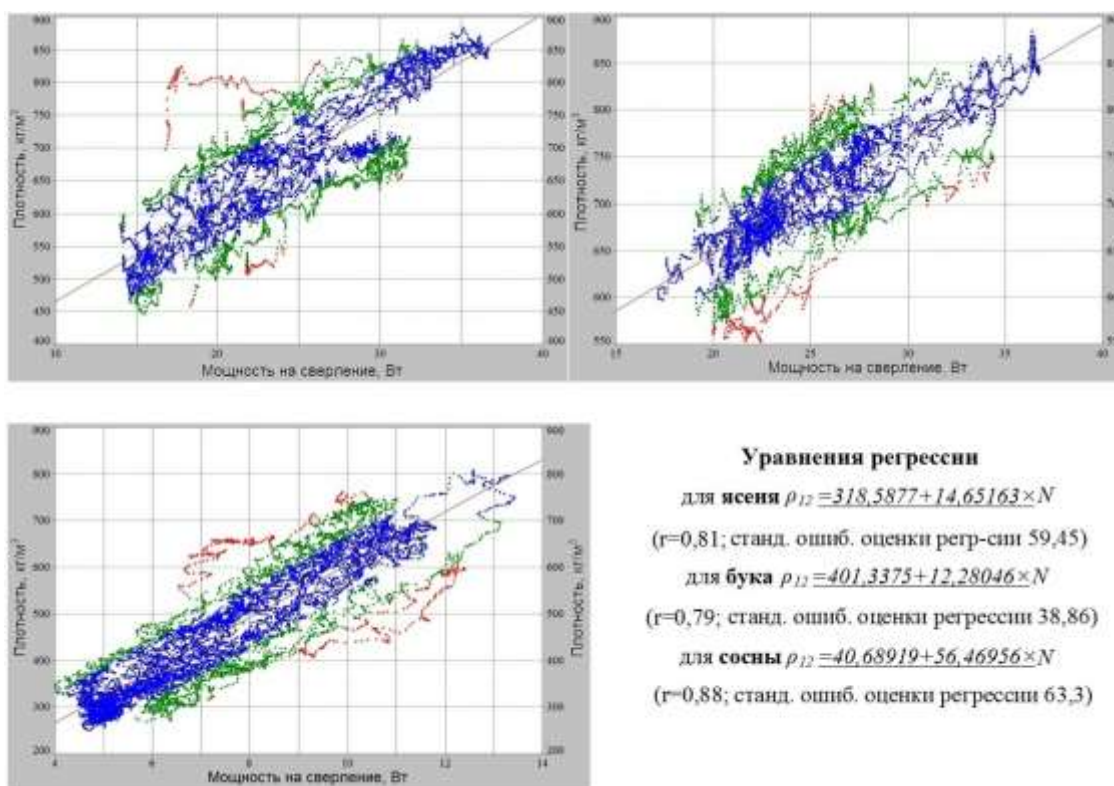


Рис. 5. Взаимодействие данных по плотности древесины и мощности на микросверление по одному годичному кольцу всех образцов (сверху вниз: ясень и сосны, справа – бук); синим цветом обозначены данные в пределах 1 стандартного отклонения (SD), зеленым – 2 SD, красным – 3 и более SD.

Выводы

1. Разработаны и запатентованы новые конструкции мобильных устройств для диагностики состояния древесины сверлением, обеспечивающие высокую точность измерений, имеющие высокие эксплуатационные характеристики и низкую стоимость по сравнению с аналогами.

2. Создана лабораторная экспериментальная установка для диагностики состояния древесины сверлением, разработан измерительный шлейф на основе высокоточных измерительных средств: АЦП/ЦАП NI USB-6008 и датчиков тока на эффекте Холла.

3. Проведены сравнительные исследования методик определения плотности древесины с применением рентгеновского излучения и мобильного устройства для диагностики состояния древесины сверлением; выявлены взаимосвязи величин мощности на микросверление древесины (при $W=12\%$) и плотности древесины

(ρ_{12}) при использовании рентгеновского излучения для трех пород: сосна (*Pinus sylvestris*), бук (*Fagus sylvatica*), ясень (*Fraxinus excelsior*).

Список литературы

1. Полубояринов О.И. Плотность древесины / О.И. Полубояринов. М.: Лесная промышленность, 1976. 160 с.
2. Уголев Б.И. Древесиноведение с основами лесного товароведения / Б.И. Уголев. М.: Лесная промышленность, 2001. 368 с.
3. Шарапов Е.С. Исследование процесса сверления древесины с использованием устройства сбора данных NI USB 6008 / Е.С. Шарапов, В.Ю. Чернов // Изв. вузов. Лесн. журн. 2012. №6. С. 96–100.
4. Шарапов Е.С. Обоснование конструкции устройства для исследования свойств древесины сверлением / Е.С. Шарапов, В.Ю. Чернов // Известия СПбГЛТА. 2011. № 195. С. 134–142.
5. Шарапов Е.С. Результаты экспериментальных исследований свойств древесины круглых лесоматериалов по радиусу ствола / Е.С. Шарапов, А.С. Торопов, В.Ю. Чернов // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2012. №2. С. 162–167.
6. Gretchen, L. In situ assessment of structural timber / L. Gretchen, K. Bohumil, A. Ron // State of the Art Report of the RILEM Technical Committee 215-AST. 2010. P. 51-57.
7. Kasal, B. In situ assessment of structural timber / B. Kasal, T. Tannert // RILEM Technical Committee 215-AST. 2010. P. 1-114.
8. Mattheck, C. VTA – Visual tree defect assessment / C. Mattheck, K. Betghe // Proc. 9th Int. Mett. Non-destructive testing, Madison, September 1993.
9. Rinn, F. Resistographic visualization of tree-ring density variations / F. Rinn // Tree Rings, Environment and Humanity, Radiocarbon. 1996. P. 871-878.
10. Rinn, F. Resistograph and X-ray density charts of wood comparative evaluation of drill resistance profiles and X-ray density charts of different wood species / F. Rinn, F.-H. Schweingruber, E. Schär // Walter de Gruyter Berlin-New York. 1996. P. 303-311.
11. Rinn, F. Ein neues verfahren zur direkten messung der holzdichte bei Laub- und Nadelhölzern / F. Rinn, B. Becker, B. Kromer // Dendrochronologia №7, 1990. P. 159-168.
12. Rinn, F. Erfassung und documentation des zustands hölzerner konstruktionen / F. Rinn // Erfahrungsbericht aus 20 Jahren Anwendungspraxis. Heidelberg. 2008, 17 p.
13. Wang, X. Nondestructive evaluation of incipient decay in hardwood logs / X. Wang, J. Wiedenbeck, R.J. Ross et al. // Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-162. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 2005, 11p.
14. Winistorfer, P.M. Application of a drill resistance technique for density profile measurement in wood composite panels / P.M. Winistorfer, W. Xu, R. Wimmer // Forest Products Journal №45(6). 1995. P. 90-93.

New designs of mobile devices for wood drilling resistance measurements and their experimental laboratory unit are presented. Experimental researches results of the round timber properties during

*microdrilling process are submitted. Correlations of microdrilling wood power values with normalized moisture content and wood density values with using the x-ray radiation and three wood species: pine (*Pinus sylvestris*), beech (*Fagus sylvatica*) and ash (*Fraxinus excelsior*) are detected.*

Wood density, wood properties, microdrilling, wood drilling power, resistograph.

*Представлені нові конструкції мобільних пристроїв для діагностики стану деревини свердлінням, зібрана лабораторна експериментальна установка. Проведені експериментальні дослідження зміни властивостей деревини круглих лісоматеріалів по радіусу стовбура. Виявлені взаємозв'язки величин потужності мікросвердління деревини й щільності деревини при використанні рентгенівського випромінювання по трьом породам: сосна (*Pinus sylvestris*), бук (*Fagus sylvatica*), ясен (*Fraxinus excelsior*).*

Щільність деревини, властивості деревини, мікросвердління, потужність на свердління деревини, резистограф.

УДК 630.7.674. 038.6:663.2.006.1

ТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗАПАСІВ ДУБА ЗАКАРПАТТЯ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У БОНДАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

**О.С. Луканін, доктор технічних наук, академік НААН
Інститут агроекології та природокористування НААН**

**С.Г. Зражва, кандидат сільськогосподарських наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України**

**Т.М. Панахов, кандидат технічних наук
Азербайджанський науково-дослідний інститут
виноградарства і виноробства**

В статті наведено технологічну оцінку сировинних ресурсів деревини дуба Закарпаття на предмет придатності для виготовлення винних і коньячних бочок. Визначено вміст фенольних та найважливіших ароматоутворюючих речовин у деревині дуба звичайного і скельного. Представлено можливі об'єми заготівель клепоквого кряжа.

© О.С. Луканін, С.Г. Зражва, Т.М. Панахов, 2013

*microdrilling process are submitted. Correlations of microdrilling wood power values with normalized moisture content and wood density values with using the x-ray radiation and three wood species: pine (*Pinus sylvestris*), beech (*Fagus sylvatica*) and ash (*Fraxinus excelsior*) are detected.*

Wood density, wood properties, microdrilling, wood drilling power, resistograph.

*Представлені нові конструкції мобільних пристроїв для діагностики стану деревини свердлінням, зібрана лабораторна експериментальна установка. Проведені експериментальні дослідження зміни властивостей деревини круглих лісоматеріалів по радіусу стовбура. Виявлені взаємозв'язки величин потужності мікросвердління деревини й щільності деревини при використанні рентгенівського випромінювання по трьом породам: сосна (*Pinus sylvestris*), бук (*Fagus sylvatica*), ясен (*Fraxinus excelsior*).*

Щільність деревини, властивості деревини, мікросвердління, потужність на свердління деревини, резистограф.

УДК 630.7.674. 038.6:663.2.006.1

ТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗАПАСІВ ДУБА ЗАКАРПАТТЯ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У БОНДАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

**О.С. Луканін, доктор технічних наук, академік НААН
Інститут агроекології та природокористування НААН**

**С.Г. Зражва, кандидат сільськогосподарських наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України**

**Т.М. Панахов, кандидат технічних наук
Азербайджанський науково-дослідний інститут
виноградарства і виноробства**

В статті наведено технологічну оцінку сировинних ресурсів деревини дуба Закарпаття на предмет придатності для виготовлення винних і коньячних бочок. Визначено вміст фенольних та найважливіших ароматоутворюючих речовин у деревині дуба звичайного і скельного. Представлено можливі об'єми заготівель клепоквого кряжа.

© О.С. Луканін, С.Г. Зражва, Т.М. Панахов, 2013

Клепковий кряж, клепка, бочка, деревина дуба, вихід клепкового кряжа.

Постановка проблеми. За загальною площею дубових насаджень Закарпатська область поступається таким лісостеповим областям України, як Хмельницька, Тернопільська, Полтавська, але є традиційним регіоном бондарних промислів і виноробства в Україні [1]. Тому, вивчення його сировинних ресурсів є необхідною умовою відродження національного бондарного виробництва.

Мета досліджень. Визначення особливостей розташування і можливостей використання сировинних ресурсів деревини дуба Закарпатської області для виробництва високоякісної клепки для винних і коньячних бочок, а також для витримки коньячних спиртів або виноматеріалів у великих резервуарах.

Методи досліджень. Оцінка таксаційних показників дубових насаджень облуправління виконана за матеріалами лісовпорядження. Визначення якості круглих лісоматеріалів на пробних площах – за чинними стандартами: ГОСТ 9462-88 [4], оцінка якості клепкового кряжу за вимогами сучасного європейського ринку – за СОУ 02.01-37-370:2006 [3]. Число річних шарів у 1 см діаметра та відсоток пізньої деревини досліджували згідно з ГОСТ 16483.18–72 [2]; ширину річного шару – згідно з ДСТУ EN 1310:1997 [5].

Для характеристики хімічних властивостей деревини на кожній пробній площі було відібрано по 10 зразків деревини із ядрової зони колод на відстані 3 м від пневого зрізу. Вміст фенольних речовин досліджували у водних та спиртових витяжках на ФЕК. Вміст духм'яних лактонів, ваніліна, евгенола визначали за традиційними методиками на модифікованому газовому хроматографі "Кристалл-2000" з полум'яно-іонізаційним детектором, капілярна колонка ВИТОКАП -AL - 0.3 СП, фаза - VITOWAX-F (імоб.), довжина 50 м, внутрішній діаметр 0,32 мм.

Теоретичні та експериментальні дослідження. Закарпатська область у передгірських районах має сприятливі умови для вирощування високопродуктивних дубових насаджень. Не випадково, середній бонітет дуба звичайного становить 1,1 (табл. 1).

Переважна більшість насаджень дуба зосереджені у 5-ти лісгоспах: Берегівському, Виноградівському, Мукачевському, Ужгородському та Хустському. Ще у 6-ти господарствах (Буштинському, Воловецькому, Великоберезнянському, Велико-Бичківському, Довжанському та Свалявському лісгоспах) зустрічаються насадження дуба звичайного, скельного, червоного на висотах 250 – 580 м над рівнем моря, але на висотах 400 – 580 м - продуктивність дубових деревостанів значно знижується (середній

бонітет 2,4). За загальною площею і запасом деревини дубових лісів ці шість гірських лісгоспів разом поступаються будь-якому з передгірських лісгоспів.

1. Зведені дані основних таксаційних показників дубових насаджень по Закарпатському лісовому господарству.

Лісопокрита площа, га	Запас насаджень, тис. м ³		Середні таксаційні показники						Середн. розмір РГК по дубу, тис. м ³	Середній річний об'єм клепоквого крязу, м ³ .
	загаль- ний	стар- ше 100 років	вік, років	бонітет	повнота	запас, м ³ /га		склад насад- жень		
						сере- дній	стар- ше 100 років			
ДП «Берегівське ЛГ»										
4253	1106	75	52	1	0,68	260	375	9Дз 1Гз	3,7	581
ДП «Виноградівське ЛГ»										
4346	1143	160	63	1	0,7	263	370	9Дз 1Гз	3,7	581
ДП «Мукачевське ЛГ»										
7609	1872	77	50	1,7	0,7	246	352	8Дз1Бк 1Гз+ Лп Кл.г	3,6	518
ДП «Ужгородське ЛГ»										
7812	1937	79	53	1,8	0,7	248	365	9Дз1Гз+ ЛпКл	3,5	504
ДП «Хустське ЛГ»										
2990	759	50	54	1,7	0,7	254	360	9Дз1Бк+ ГзКл.г	3,3	475
ДП «Буштинське ЛГ», «Воловецьке ЛГ», «Великобerezнянське ЛГ», «Великобичківське ЛГ», «Довжанське ЛГ», «Свалявське ЛГ» разом										
3022	435	46	62	1,4	0,7	144	250	4Дс2Дз2 Бк2Гз+ ЛпКл.г	1,7	241
Разом по Закарпатському облуправлінню лісового господарства										
30032	7252	629	59	1,1	0,71	241	359	-	19,5	2900
у тому числі: дуб звичайний										
20597	4844	487	55	1	0,69	235	362	9Дз1Гз	14,4	2155
дуб скельний										
8107	2310	141	82	1,4	0,74	285	352	8Дс1Бк 1Гз	5,0	745
дуб червоний										
1328	98	0,8	18	1А, 9	0,82	74	471	9Дз1Бк	0,1	-

Експлуатаційних запасів дуба у них дуже мало, адже значна частина цих лісів на крутосхилах виконує захисну функцію. Дубові лісосіки у цих лісгоспах бувають раз на 2-3 роки, а тому вони не представляють інтересу з точки зору можливостей створення сировинної бази для бондарного виробництва. Найбільший вплив на продуктивність насаджень та властивості деревини у даному регіоні має вертикальна зональність, ступінь еродованості ґрунтів та дефіцит вологи на кам'янистих крутосхилах південної експозиції.

До висоти близько 300 м над рівнем моря у даних лісгоспах у дубових деревостанах переважають сірі лісові ґрунти, а вище – гірські буроземи. Насадження дуба звичайного у даних господарствах ростуть, переважно, в умовах свіжої та вологої діброви, дуба скельного – в умовах свіжої діброви та судіброви, дуба червоного в умовах свіжої та вологої судіброви. Найвищу продуктивність мають насадження дуба червоного, але вони представлені молодняками та середньовіковими насадженнями і промислового значення не мають.

Практично у кожному лісгоспі, де є стиглі дубові насадження у рівнинних та передгірських умовах можна знайти і винний і коньячний клепковий кряж. Доля клепкового кряжу того, чи іншого призначення залежить від умов місцезростання, у яких знаходиться лісосіка.

Найвищу товарність мають насадження Виноградівського, Берегівського, Хустського ДЛГ, Мукачівського та Ужгородського лісгоспів на рівнинних ділянках на висоті 150 – 280 м над рівнем моря. Деякі лісосіки даних господарств мають запас дубової деревини понад 370 м³/га. Стовбури дерев з таких насаджень мають високий ступінь очищення від сучків (до 8-10 м), малий збіг, рівні, але часто зустрічається ядро гнилизна у окоренковій частині стовбура.

Крім дуба звичайного, скельного та червоного у Закарпатській області зустрічаються поодинокі насадження дуба багатоплідного та Далешампе, які промислового значення не мають.

Для орієнтовного визначення виходу клепкового кряжу за вимогами європейського ринку було закладено 6 пробних площ на типових ділянках лісосік головного користування (табл. 2). Найвищу продуктивність відмічено на пробних площах 3-3 і 4-3 в умовах вологої діброви на рівних ділянках, де запас насаджень сягав 380 м³/га, вихід ділової деревини (колог 1, 2, 3 сортів) – 64,9±0,75 %, вихід високоякісного клепкового кряжа за вимогами європейського ринку – 15,7±1,1 %. Дещо нижчим був вихід ділової деревини на пробних площах 1-3 і 2-3 в умовах свіжої діброви на схилах крутизною 7 – 15 ° – 60,0±2,7 %, вихід високоякісного клепкового

кряжа – $14,4 \pm 0,3$ %. Ще менш продуктивними були насадження дуба скельного на еродованих схилах крутизною $15 - 25^0$ в умовах свіжої діброви (пробні площі 5-3 і 6-3). У таких умовах вихід колод 1-3 сортів склав $52,9 \pm 1,3$ %, а клеpkового кряжу – $11,4 \pm 1,1$ %.

2. Характеристика пробних площ для визначення виходу клеpkового кряжу.

№ пробної площі	Місце відбору зразка	Вік, років	Бонітет	Середній діаметр, см	Запас дуба, м ³ /га	Відсоток від загального запасу насадження, %			
						розподіл колод за сортами за ГОСТ 9462-88			клеpkовий кряж
						1	2	3	
1-3	ДП «Хустське ЛГ», Велятинське лісництво, кв. 43	120	1	44	380	12,3	21,4	23,8	14,7
2-3	Вишківський спецлісгосп, Вишківське лісництво, кв. 102	90	2	36	343	14,1	19,7	28,6	14,1
	Середні значення для пробних площ у насадженнях дуба звичайного в умовах свіжої діброви:					13,2±0,9	20,6±0,9	26,2±2,4	14,4±0,3
3-3	ДП «Виноградівське ЛГ», Шаланківське лісництво, кв. 9	120	1	40	380	16,1	23,4	25,8	17,1
4-3	ДП «Мукачевське ЛГ», Мукачевське лісництво, кв. 28	110	1	40	380	15,3	22,5	26,5	16,3
	Середні значення для пробних площ у насадженнях дуба звичайного в умовах вологої діброви:					15,7±0,4	23,0±0,5	26,2±0,4	15,7±1,1
5-3	ДП «Мукачевське ЛГ» Чинадіївське лісництво, кв. 22	100	1	32	340	12,6	19,5	22,3	10,3
6-3	ДП «Виноградівське ЛГ», Затиснянське лісництво, кв. 28	90	1	36	332	13,2	17,4	20,9	12,5
	Середні значення для пробних площ у насадженнях дуба скельного в умовах свіжої діброви:					12,9±0,3	18,4±1,1	21,6±0,7	11,4±1,1 %
	Середні значення по пробним площам:					13,9±0,6	20,7±0,9	24,7±1,2	14,2±1,0

Для розрахунків можливих середніх річних об'ємів заготівель клеpkового кряжу по ДП «Берегівське ЛГ» і ДП «Виноградівське ЛГ» було прийнято результати виходу кряжу за пробними площами 3-3 і

4-3; по ДП «Мукачевське ЛГ», «Ужгородське ЛГ», «Хустське ЛГ» – за пробними площами 1-3 і 2-3; по іншим лісгоспам – за пробними площами 5-3 і 6-3, оскільки ці пробні площі подібні до типових дубових лісосічних ділянок по відповідним лісгоспам (табл. 1).

Аналіз макроструктури відібраного на лісосічних ділянках клепкового кряжа показав, що середня ширина річних шарів у смузі ядра, з якої виготовляється клепка для бочок, у винного клепкового кряжу коливалась у межах $1,6 \pm 0,4$ – $1,8 \pm 0,3$ мм, а у коньячного $2,5 \pm 0,3$ – $2,9 \pm 0,4$ мм. Якщо отримана ширина річного шару для винного клепкового кряжа є типовою для європейського ринку, то показники ширини річного шару для коньячного клепкового кряжа на $0,1$ – $0,5$ мм поступаються тим зразкам, що пропонують французькі фірми [6, 9].

Але, за вітчизняних агрокліматичних умов до крупношарової структури доцільно відносити деревину з шириною річного шару не менше $2,5$ мм та рекомендувати її для виробництва коньячних бочок. Це підтверджується достатнім вмістом фенольних та ароматоутворюючих речовин у зразках деревини закарпатського дуба. Так, концентрація фенольних речовин у клепковому кряжі дуба звичайного з пробних площ 1-3 – 4-3 складала $72,4 \pm 6,8$ – $85,7 \pm 8,3$ мг на г сухої деревини (рис. 1). Дещо більші значення вмісту фенольних речовин спостерігалися на пробних площах в умовах вологої діброви (пробні площі 3-3 і 4-3). У зразках дуба скельного фенольних речовин було у половину менше, ніж у дуба звичайного, але це є його характерною видовою рисою. Такі показники фенольних речовин відповідають кращим європейським зразкам [7, 8, 9].

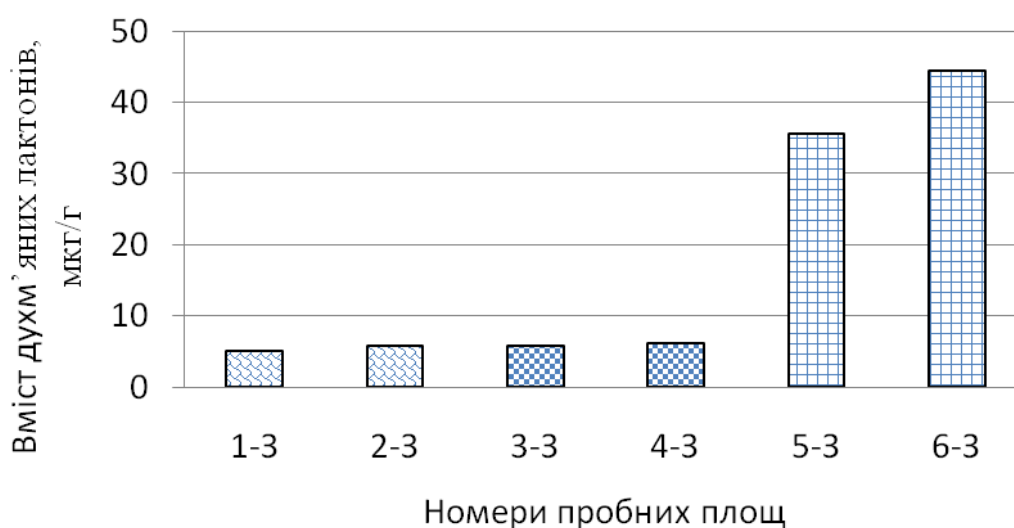


Рис. 1. Вміст фенольних речовин у деревині клепкового кряжа на пробних площах.

Вміст духм'яних лактонів у деревині дуба звичайного в умовах свіжої та вологої діброви (пробні площі 1-3 – 4-3) аналогічна до середніх значень, характерних для деревини дуба звичайного з клеpkового кряжа французького походження (рис. 2) [7, 9]. У той же час їх концентрація у деревині клеpkового кряжа з дуба скельного (пробні площі 5-3 та 6-3) поступається типовим французьким зразкам, але достатня для формування смакових букетів у витриманих винних дистиллятах.

За концентрацією евгенола деревина клеpkового кряжа з дуба звичайного на пробних площах 1-3 – 4-3 близька до кращих західноєвропейських зразків: 0,96–1,18 мкг/г, а деревина дуба скельного поступається французьким зразкам на 30-40 % [7, 8, 9].

За вмістом ваніліну клеpkовий кряж з дуба звичайного і дуба скельного на даних пробних площах (14,2; 11,2 мкг/г) перевершує середні значення для західноєвропейських зразків на 50 і 20 % відповідно, але подібний до його вмісту в деревині клеpkового кряжа із Західного Лісостепу [7, 9].

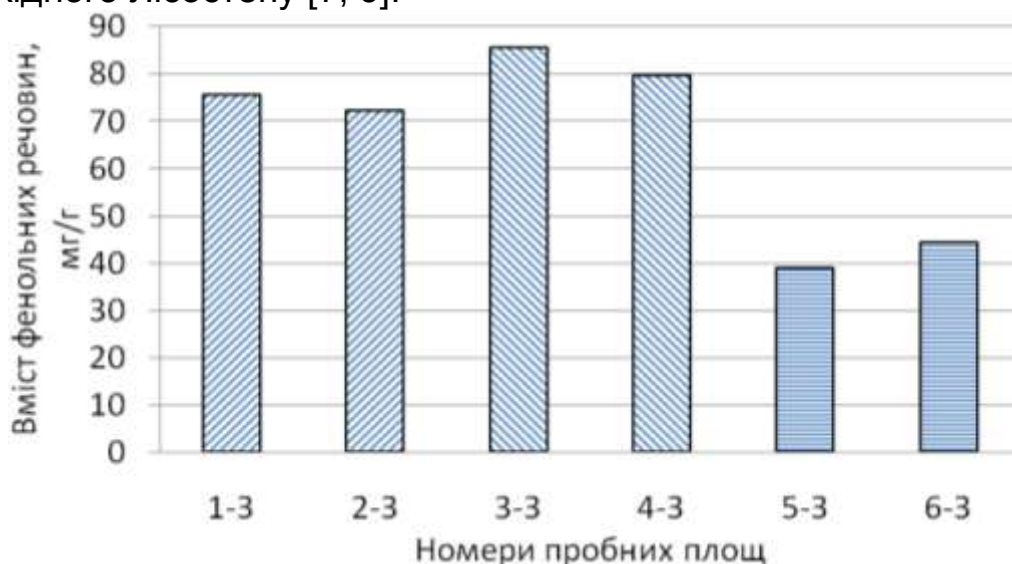


Рис. 2. Вміст духм'яних лактонів у деревині клеpkового кряжа на пробних площах.

Отже, умови Закарпаття сприятливі для вирощування високоякісного винного і коньячного дубового клеpkового кряжа, який здатний витримати конкуренцію на західноєвропейському ринку.

Висновки

- найкращими господарствами для заготівлі клепки для виробництва винних і коньячних бочок є ДП «Хустське ЛГ», «Виноградівське ЛГ», «Берегівське ЛГ», «Мукачевське ЛГ» та «Ужгородське ЛГ»;

- у кожному з вищеназваних лісгоспів є сировина, що за вимогами до анатомічної будови та хімічного складу відповідає як винному, так і кон'ячному клепковому кряжу;
- клепковий кряж для кон'ячних бочок можна знайти в умовах вологої діброви та судіброви в насадженнях дуба звичайного;
- клепковий кряж для винних бочок доцільно відбирати в умовах свіжої судіброви, діброви у насадженнях дуба звичайного та дуба скельного;
- у Закарпатській області можлива заготівля близько 2900 м3 клепкового кряжу на рік, у тому числі 2155 м3 - з дуба звичайного та 745 – з дуба скельного;
- за вмістом фенольних речовин, духм'яних лактонів і евгенолу деревина дуба звичайного на досліджених пробних площах не поступається, а за концентрацією ваніліна перевершує зразки клепки французьких фірм;
- деревина дуба скельного на досліджених пробних площах поступається зразкам клепки з Франції за вмістом духм'яних лактонів і евгенолу, але має більшу концентрацію ваніліна.

Список літератури

1. Генсирук С.А. Ліси України. / Генсирук С.А. – К.: Наукова думка. 1992. – 408 с.
2. *Древесина*. Метод определения числа годовых слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годовом слое. ГОСТ 16483.18-72 – [Чинний від 1984-07-01] – М.: Госкомстандарт СССР. 1984. – 5 с. – (Регіональні стандарти країн СНД).
3. *Кряж клепковий дубовий*. Технічні умови. СОУ 20.10–37–370: 2006 – [Чинний від 2006-05-01] – К.: Мінагрополітики України. 2006. – 5 с. – (Стандарти Мінагрополітики України).
4. *Лесоматериалы* круглые листовных пород. Технические условия. ГОСТ 9462-88 – [Чинний від 1991-01-01] – М.: Госкомстандарт СССР. 1991. – С. 15–27. – (Регіональні стандарти країн СНД).
5. *Лісоматеріали* круглі та пиляні. Метод вимірювання параметрів (EN 1310:1997, IDT). ДСТУ EN 1310:2005 – [Чинний від 2005-06-01] – К.: Держспоживстандарт України. 2006. – 18 с. – (Національні стандарти України).
6. *Оганясянц Л.А.* Анатомические аспекты качества дубовой клепки для производства винодельческой продукции / Оганясянц Л.А., Коровин В.В., Телегин Ю.А. // Виноград и вино России. – 1995. – Спецвыпуск. – С. 33 – 34.
7. *Оганясянц Л.А.* Дуб и виноделие / Оганясянц Л.А. – М.: Пищевая промышленность, 1998. – 256 с.
8. *Marshe M.* Etude theoritique sur le cognac, sa composition et don viellsement naturel an tuts de cheme. Station viticola de Cognac/ Marshe M., Joseph T. // Revue Francais d'Oenologie. – 1975, № 57. – pp. 1–96.
9. *Vivas N.* Manuel de tonnellerie à l'usage des utilisateurs de futaille / Vivas N. // Editions Féret. – Bordeaux: 2002. – pp. 207.

В статтє представлена технологическая оценка сырьевых ресурсов древесины дуба Закарпатья на предмет пригодности

для использования в производстве винных и коньячных бочек. Определено содержание фенольных и важнейших ароматообразующих веществ в древесине дуба черешчатого и скального. Представлены возможные объемы заготовок клепочного кряжа.

Древесина дуба, клепочный кряж, клепка, макроструктура древесины, фенольные вещества, ароматообразующие вещества.

The technological estimation of sources of oak timber of the Zakarpatja region for the using in the tonnellerie is presented. Concentration of phenolic substances, whisky-lactone, eugenol, and vanillin in English and sessile oak timber are estimated. Possible volumes of logs cutting for wine and brandy barrels are presented.

Oak timber, log, stave, macrostructure of wood, phenolic substances, aromatic substances.

УДК 674.021

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСИИ РАЗМЕРОВ КЛЕТОК ТРОПИЧЕСКИХ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ

**Николай Бърдаров, доцент
Софийский технический университет (Болгария)**

Основная характеристика тропической древесины – это постоянная средняя величина диаметра и плотность трахей в пределах кольца. Граница между кольцами у них либо отсутствует, либо еле заметна. Множество видов, похожих по виду и расположению анатомических элементов трудно различимы, но могут быть разграничены по количественным характеристикам анатомических показателей.

В данном исследовании рассматриваются различия в размерах анатомических элементов у нескольких тропических древесных видов.

Измерены размеры клеток и лучей с отслеживанием их варьирования. Сделано сравнение между анатомическими характеристиками отдельных видов.

Древесина, тропические древесные виды, трахеи, сердцевинные лучи, волокна.

© Николай Бърдаров, 2013

для использования в производстве винных и коньячных бочек. Определено содержание фенольных и важнейших ароматообразующих веществ в древесине дуба черешчатого и скального. Представлены возможные объемы заготовок клепочного кряжа.

Древесина дуба, клепочный кряж, клепка, макроструктура древесины, фенольные вещества, ароматообразующие вещества.

The technological estimation of sources of oak timber of the Zakarpatja region for the using in the tonnellerie is presented. Concentration of phenolic substances, whisky-lactone, eugenol, and vanillin in English and sessile oak timber are estimated. Possible volumes of logs cutting for wine and brandy barrels are presented.

Oak timber, log, stave, macrostructure of wood, phenolic substances, aromatic substances.

УДК 674.021

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСИИ РАЗМЕРОВ КЛЕТОК ТРОПИЧЕСКИХ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ

**Николай Бърдаров, доцент
Софийский технический университет (Болгария)**

Основная характеристика тропической древесины – это постоянная средняя величина диаметра и плотность трахей в пределах кольца. Граница между кольцами у них либо отсутствует, либо еле заметна. Множество видов, похожих по виду и расположению анатомических элементов трудно различимы, но могут быть разграничены по количественным характеристикам анатомических показателей.

В данном исследовании рассматриваются различия в размерах анатомических элементов у нескольких тропических древесных видов.

Измерены размеры клеток и лучей с отслеживанием их варьирования. Сделано сравнение между анатомическими характеристиками отдельных видов.

Древесина, тропические древесные виды, трахеи, сердцевинные лучи, волокна.

© Николай Бърдаров, 2013

1. Введение

Тропические деревья растут в условиях, где камедь (растительная смола) работает на протяжении всего года. Поэтому граница между годовыми кольцами трудно отличима или вообще отсутствует. Трахеи зачастую крупные, почти одинакового размера, расположены равномерно в пределах годового кольца. В их древесине имеется большое количество запасной ткани и большого количества минеральных веществ. Окраска древесины весьма яркая, особенно после лакирования, а текстура – декоративная. Она определяется от крупных трахей и большого количества паренхим. Некоторые недостатки тоже влияют на текстуру – кривой слой, перекосы и неразборчивость строения и др.

Распознавание тропических видов даже и по микроскопическим приметам весьма трудно прежде всего из – за огромного числа видов и похожего строения их древесины. Путем использования количественных характеристик клеток также можно извлечь диагностическую информацию. Так например, когда «трахеи близки по диаметру» то это будет означать, что величина их диаметра имеет небольшую дисперсию, а когда «разные» – большую [1]. Подобная методика может оказаться единственно пригодной при работе с археологической древесиной, т.е. когда нельзя выработать микроскопические препараты пропускающие свет. Для ее успешного применения однако необходимо проведение большого количества замеров и изготовление эталонных таблиц [2].

Целью настоящего исследования является применение статистических показателей количественных характеристик анатомических элементов в качестве диагностического признака.

2. Методы и материалы

Древесина предназначенная для исследования из Дабемы (*Piptadeniastrum africanum*), Авура (*Paraberlinia bifoliolata*), Бахии (*Guilandina echinata*), Керуинга (*Dipterocarpus spp.*) и Лимбали (*Gilbertiodendron dewevrei*).

Древесина набрана из дарений отраслевых организаций, университетов и иностранных студентов ЛТУ. От каждого образца было отрезано по небольшому кусочку (размерами 10x10x20 mm, при этом больший размер был по длине волокон) в целях анатомического анализа. Кусочки сохранялись длительное время в глицерине, что привело к размягчению образцов. В целях исследования были сделаны временные микроскопические препараты в поперечном и тангенциальном направлении. Прорезы были сделаны микротомом.

Для измерения применялся световой микроскоп с проходящим светом типа "Labova". Применялись увеличения в $\times 32$, $\times 100$ и $\times 400$. Плотность трахей и лучей были измерены в шт./мм², а диаметры трахей были замерены в μm при увеличении $\times 32$ и $\times 100$ при помощи окулярмикрометра [1]. Высота и ширина лучей была замерена в μm и количество клеток при увеличении в $\times 32$. Двойная клеточная стена и широта клеточной пустоты были замерены в μm при увеличении $\times 400$. Измерены соответственно по 3 выборкам, каждая по 20 ранних и по 20 поздних трахей [2]. Сделан анализ величин среднеарифметической и дисперсии. Была проверена статистическая значимость разностей.

3. Результаты и дискуссия

3.1. Древесные виды

Измеренные анатомические показатели из трех основных тканей в древесине. У проводящей ткани замерены трахеи, у механической – волокна, а у запасной – лучи. Измерены механические клетки без разделения по видам волокон. Сердцевинные лучи также замерялись без разделения по классам и размерам.

Дабема. Полученные величины о диаметре трахей варьируют в интервале 208-223 μm . Эти величины близки к цитируемым в литературе, но ниже указанных 250 μm [4]. Средняя плотность трахей варьирует в пределах 2-3 шт./мм², при этом совпадает с указанной в литературе.

Дабема имеет узкие и средне высокие сердцевинные лучи, выстроенные в высоту из 16-19 штук клеток, при этом в одном препарате можно наблюдать от низких до средне высоких. Это подтверждается и данными в литературе [3].

Полученная средняя величина ширины клеточной пустоты волокон равняется 9,5 μm , а для толщины клеточной стенки 5,8 μm . Средняя величина диаметра волокон равна 12,4 μm , а стенности – 0,61. Для этого показателя не было найдено в литературе указанных величин.

Полученные величины показывают, что древесина диабемы характеризуется средним варьированием диаметра трахей и средним варьированием высоты лучей. Эта древесина состоит из сравнительно утолщенных стенок волокон которые сильно варьируют по размерам.

Авура. Полученные стоимости диаметра трахей варьируют в пределах 82-85 μm . Средняя плотность трахей варьирует от 24-30 шт./мм². Эти величины почти совпадают с указанными в литературе.

Авура имеет узкие лучи, построенные по высоте приблизительно по 16 клеток. Наблюдается слабое варьирование величины, т.е. в одном препарате могут наблюдаться как низкие, так и средне высокие лучи, но расположенные по этажным структурам [3].

Полученная средняя величина ширины клеточной пустоты волокон равняется $7,5\text{ }\mu\text{m}$, а толщины клеточной стенки $12,2\text{ }\mu\text{m}$. Средняя величина диаметра волокон составляет $13,6\text{ }\mu\text{m}$, а для стенности – $1,63$.

Полученные величины показывают, что древесина авура характеризуется меньшим варьированием диаметра трахей и средним варьированием высоты лучей. Эта древесина состоит из тонкостенных волокон, которые сильно вариативны по размеру.

Бахия. Полученные величины диаметра трахей варьируют в интервале $77\text{--}85\text{ }\mu\text{m}$. Эти величины похожие, но меньшие по размеру указанных в литературе средних величин – $60\text{--}170\text{ }\mu\text{m}$. Средняя плотность трахей варьирует от $17\text{--}25\text{ шт./mm}^2$. Эта величина попадает в интервале упоминаемого в литературе $15\text{--}30\text{--}40\text{ mm}^2$ [4].

Бахия имеет узкие сердцевидные лучи, выстроенные в высоте из $12\text{--}15$ клеток. Полученная средняя стоимость ширины клеточной пустоты волокон – $10,9\text{ }\mu\text{m}$ а толщина клеточной стенки составляет $6,9\text{ }\mu\text{m}$. Средняя величина диаметра волокон - $13,9\text{ }\mu\text{m}$, для стенности – $0,63$.

Полученные величины показывают, что древесина бахии характеризуется меньшим варьированием диаметра трахей и меньшим варьированием высоты лучей. Эта древесина имеет сравнительно среднюю толстостенность волокон, которые сильно варьируют по размерам.

Керуинг. Полученные величины диаметра трахей варьируют в интервале $145\text{ -- }158\text{ }\mu\text{m}$, и при этом близки по диаметру. Средняя плотность трахей варьирует от $6\text{--}7\text{ шт./mm}^2$, надвышая при этом интервал, указанный в литературе $2\text{--}4\text{ шт./mm}^2$.

Сердцевинные лучи средне широкие и высокие, выстроенные по высоте из $30\text{--}36$ штук клеток, при этом сильно варьируют [3].

Полученная средняя величина широты клеточной пустоты волокон – $2,5\text{ }\mu\text{m}$, а толщина клеточных стенок $13,8\text{ }\mu\text{m}$. Средняя величина стенности одна из самых больших среди древесины в целом – $5,52$, а для диаметра волокон составляет $9,4\text{ }\mu\text{m}$.

Полученные величины показывают, что древесина керуинга характеризуется меньшими вариациями диаметра трахей и меньшими вариациями высоты лучей. Эта древесина имеет

исключительно толстостенные волокна, которые слабо варьируют по размеру.

Лимбали. Полученные величины диаметра трахей варьируют в интервале 189-193 μm . Эти величины близкие к указанным в литературе но значительно ниже цитируемых 200- 380 μm . Средняя плотность трахей варьирует от 2-4 шт./ mm^2 . Эта величина попадает в интервале упоминаемого в литературе .

Лучи средне высокие и средне широкие выстроенные по высоте из 18-19 штук клеток. Подобные и данные представленные в литературе [3].

Полученная средняя величина широты клеточной пустоты волокон – 8,9 μm , а толщина клеточных стенок 8,2 μm . Средняя величина диаметра волокон составляет 13,0 μm , а для стенности 0.92. Полученные стоимости показывают, что древесина лимбали характеризуется меньшим варированием диаметра трахей и меньшим варированием высоты лучей. Эта древесина имеет относительно тонкостенные волокна, которые сильно варьируют по размеру.

3.2. Анатомические элементы

Трахеи. От полученных величин диаметра трахей видно, что большие трахеи имеет древесина дабема и лимбали (рис. 1). Со средними трахеями керуинг, а маленькие трахеи имеют авура и бахия. Из данных видно, что самые близкие по размеам трахей являются авура и бахия, а самые разные – это дабема и керуинг.

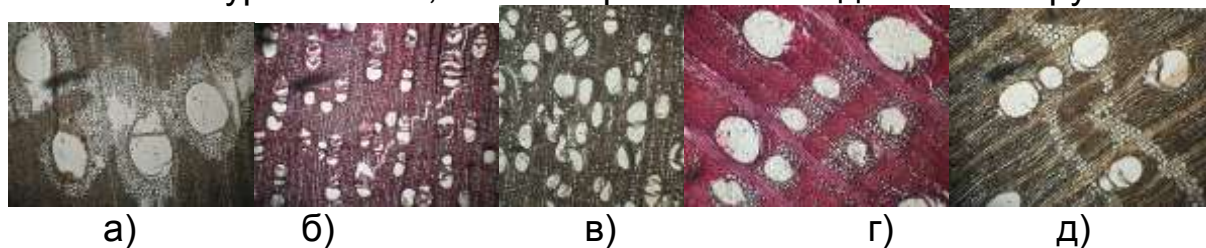


Рис. 1. Трахеи дабема (а), авура (б), бахия (в), керуинг (г) и лимбали (д).

При рассмотрении дисперсии наблюдается та же тенденция, при чем величины у авуры и бахии снова близки (рис. 2). Величины дисперсии диаметра трахей дабема и керуинга наибольшие и относительно подобные.

Дабема имеет относительно различные по диаметру трахеи, что видно из величины дисперсии – 46-69 μm . Авура имеет близкие по диаметру трахеи, при этом величина дисперсии 20-21 μm . Бахия имеет сравнительно близкие по диаметру трахеи. Величины слабо разбросаны и значение дисперсии 18-22 μm . Керуинг имеет

различные по диаметру трахеи, и это доказывается высокой величиной дисперсии – 62-64 μm . Значения при лимбали не так разбросаны, что видно из величины дисперсии – 24-41 μm . Это указывает на то, что лимбали имеет относительно близкие по диаметру трахеи.

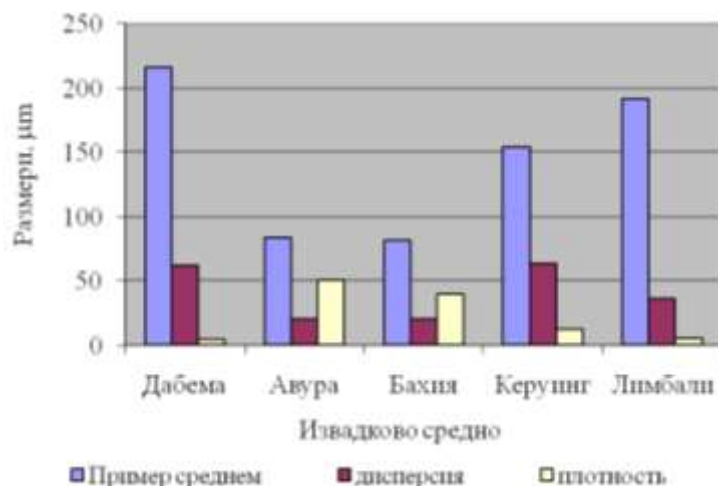


Рис. 2. Полученные величины диаметра трахей.

Из представленных данных видно, что по количественным параметрам нельзя отличить одну от другой авуру и бахию. Данные подтверждаются и от проверкой статистических различий. Она показывает, что количественные показатели трахей в качестве диагностического признака могут использоваться для древесины дабема, лимбали и керуинга.

Сердцевинные лучи Из полученных величин высоты сердцевинных лучей видно, что самое большое значение имеется у древесины керуинга (рис. 3). Средние значения имеют лимбали и бахия, а маленькие сердцевинные лучи имеют дабема и авура. Значения подтверждают, что самыми близкими по размерам сердцевинных лучей являются авура и бахия, а самыми разными - дабема, лимбали и керуинг.

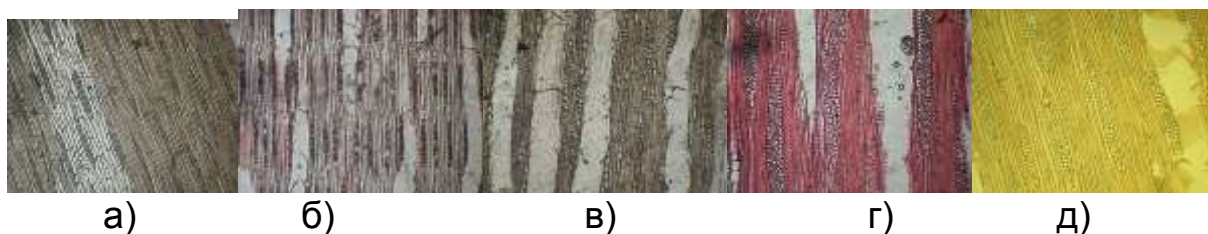


Рис. 3. Сердцевинные лучи дабема (а), авура (б), бахия (в), керуинг (г) и лимбали (д).

При лучах дабема то же наблюдается большое варьирование величин (196-314 μm), т.е. в одном препарате могут наблюдаться от

низких до средне высоких, при величине дисперсии 32,0 μm . При лучей авуры не наблюдается большое варьирование величин (278-303 μm), т.е. в одном препарате могут наблюдаться преимущественно средне высокие лучи, расположенные в этажных структурах. Бахия имеет сердцевинные лучи, которые сравнительно сильно варьируют по высоте (276-421 μm). Керуинг имеет высокие сердцевинные лучи, которые сильно варьируют по высоте (727-804 μm). При лучах лимбали почти не наблюдается варьирование величин (488-500 μm), т.е. в едном препарате наблюдаются только средне высокие лучи. Значения дисперсии при керуинг и лимбали имеют самый большой разброс.

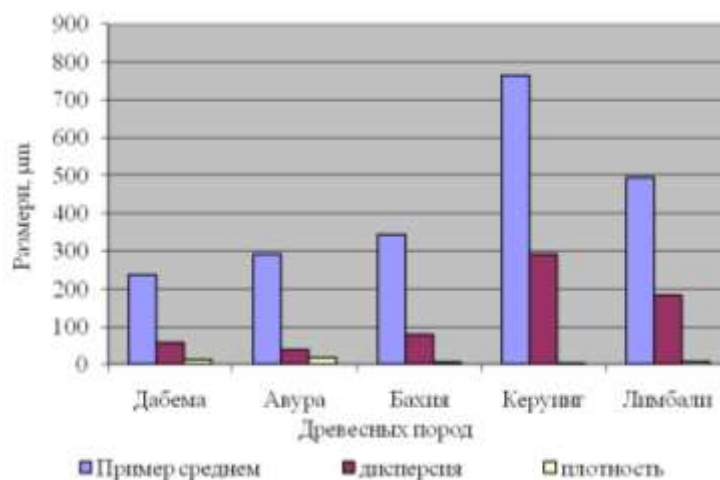


Рис. 4. Полученные значения размеров сердцевинных лучей.

Из представленных данных видно, что по количественным признакам нельзя разграничить одно от другого авур и бахию. Данные подтверждаются и от проверкой статистических разностей. Она показывает, что количественные значения сердцевинных лучей в качестве диагностического признака могут использоваться только для древесины керуинга и лимбали.

Волокна От полученных значений диаметра волокон видно, что самые большие размеры у древесины дабема, бахии и лимбали (рис. 5). Средние значения имеет авура, а самая маленькая величина у керуинга. Полученные значения отличаются от указанных в литературе [4].

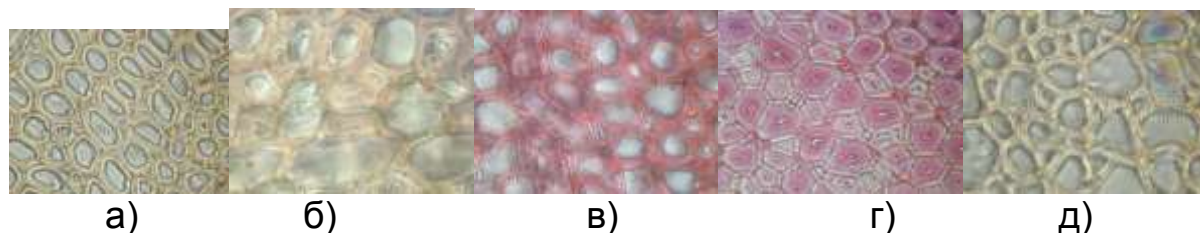


Рис. 5. Древесные волокна дабема (а), авура (б), бахия (в), керуинг (г) и лимбали (д).

При рассмотренной дисперсии наблюдается та же тенденция как и при этом значения для дабема, бахия и лимбали очень похожи. Из представленных данных видно, что по количественным признакам нельзя разграничить одно от другого авур, бахию и лимбали. Данные подтверждаются и от проверкой статистических разностей. Она показывает что количественные параметры волокон, в качестве диагностического признака могут быть использованы только для древесины дабема и керуинга.

1. Полученные величины размеров волокон.

	Дабема	Авура	Бахия	Керуинг	Лимбали
Выборочное среднее, μm	10	7	11	2	9
Стандарт, μm	3	4	4	1	4

Выводы

На основании анализа полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- Из данных трахей видно, что по количественным признакам как средней величины так и дисперсии трудно отличить одно от другого авур и бахию;
- Количественные параметры трахей, которые могут использоваться как диагностические признаки это диаметр и плотность, как и их дисперсии, но вместе взятые;
- Сердцевинные лучи один из наиболее используемых диагностических признаков, и при них количественные и качественные показатели перекрываются;
- Величину сердцевинных лучей и дисперсии с успехом можно применять в качестве диагностического признака при сравнении древесины большинства видов;
- Ввиду трудностей при замерах механических клеток, как и невозможности разграничения отдельных типов волокон они с трудом могут быть использованы в качестве диагностического признака.

Список литературы

1. Бърдаров, Н.С., 2009. Исследование по размеру полостях клеток как диагностический признак. Сборник научных трудов "Инновации в лесной промышленности и инженерного проектирования" (с. 72-75).
2. Бърдаров, Н.С., Д.Е. Младенова, 2012. Определение древесных пород количественные показатели их сосудистых клеток. Сборник научных трудов «Инновации в лесной промышленности и инженерного проектирования» (в печати).
3. Dallwitz, M. J., 2011. Descriptions, Illustrations, Interactive Identification, and Information Retrieval from DELTA Databases. 28 May 2011 (delta-intkey)

4. Wagenfuhr R., 1996. Holzatlas, Fachbuchverlag Leipzig, (123 с., 75-76 с., 331-332 с., 407-408 с., 241-242 с.)

The main characteristic of tropical timber is constant average diameter and density of the trachea within the annual ring. The borders between the rings is less visible or missing. Many species that are similar in type and location of the anatomical elements are difficult to distinguish one from another, but can be distinguished by quantitative anatomical parameters values.

The work examines the various dimensions of the anatomical elements in several tropical tree species.

Measured are the dimensions of the cells and rays, ensuring their variation. A comparison is made between the anatomical characteristics of the individual species.

Wood, tropical wood species, trachea, rays, fibers.

Основна характеристика тропічної деревини – це постійна середня величина діаметра й щільність трахей у межах кільця. Границя між кільцями в них або відсутня, або ледве помітна. Безліч видів, схожих по виду й розташуванню анатомічних елементів важко помітні, але можуть бути розмежовані по кількісних характеристиках анатомічних показників.

У даному дослідженні розглядаються відмінності в розмірах анатомічних елементів у декількох тропічних деревних видів.

Обмірювані розміровид кліток і променів з відстеженням їх варіювання. Зроблене порівняння між анатомічними характеристиками окремих видів.

Деревина, тропічні деревні види, трахеї, серцевинні промені, волокна.

УДК 684.4.04

НЕЛІНІЙНА ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ДЕФОРМУВАННЯ ТА РУЙНУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ДЕРЕВИНИ

**С.М. Кульман, кандидат технічних наук
ПП «Компанія Інтердизайн»**

Перехресний вплив ефекту термічного розширення та термопружного ефекту, у полі зовнішніх теплових та силових

© С.М. Кульман, 2013

4. Wagenfuhr R., 1996. Holzatlas, Fachbuchverlag Leipzig, (123 с., 75-76 с., 331-332 с., 407-408 с., 241-242 с.)

The main characteristic of tropical timber is constant average diameter and density of the trachea within the annual ring. The borders between the rings is less visible or missing. Many species that are similar in type and location of the anatomical elements are difficult to distinguish one from another, but can be distinguished by quantitative anatomical parameters values.

The work examines the various dimensions of the anatomical elements in several tropical tree species.

Measured are the dimensions of the cells and rays, ensuring their variation. A comparison is made between the anatomical characteristics of the individual species.

Wood, tropical wood species, trachea, rays, fibers.

Основна характеристика тропічної деревини – це постійна середня величина діаметра й щільність трахей у межах кільця. Границя між кільцями в них або відсутня, або ледве помітна. Безліч видів, схожих по виду й розташуванню анатомічних елементів важко помітні, але можуть бути розмежовані по кількісних характеристиках анатомічних показників.

У даному дослідженні розглядаються відмінності в розмірах анатомічних елементів у декількох тропічних деревних видів.

Обмірювані розміровид кліток і променів з відстеженням їх варіювання. Зроблене порівняння між анатомічними характеристиками окремих видів.

Деревина, тропічні деревні види, трахеї, серцевинні промені, волокна.

УДК 684.4.04

НЕЛІНІЙНА ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ДЕФОРМУВАННЯ ТА РУЙНУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ДЕРЕВИНИ

**С.М. Кульман, кандидат технічних наук
ПП «Компанія Інтердизайн»**

Перехресний вплив ефекту термічного розширення та термопружного ефекту, у полі зовнішніх теплових та силових

© С.М. Кульман, 2013

навантажень, призводить до виникнення автоколиваний динамічної системи. Ортогональність функцій локальних внутрішніх напружень та локальних внутрішніх деформацій, є причиною збільшення амплітуд їх коливань. Що в свою чергу призводить до подвоєння частоти коливань локальної температури. Біфуркація динамічної системи, внаслідок подвоєння, переводить систему в область стійкого граничного циклу, аттрактора.

Композиційні матеріали, нелінійна динаміка, кінетика деформування та руйнування, довговічність, осцилятор, аттрактор, автоколивання

Постановка проблеми. Ефективність застосування нових композиційних матеріалів багато залежить від їх міцності та жорсткості при заданих режимах експлуатації, протягом усього терміну служби. Тому, розуміння процесу деформування та руйнування, є одним з найважливіший завдань матеріалознавства, а також важливою частиною завдань проектування виробів з цих матеріалів. Для досягнення прогресу в цій області, потрібно зрозуміти механізм утворення внутрішніх напружень та деформацій, їх взаємодію в системі, що знаходиться за певних зовнішніх умов [1].

Аналіз останніх досліджень. У роботах [2, 3] досліджено кінетику, а саме вплив нелінійних ефектів взаємодії внутрішніх факторів на тривалу міцність. Було виявлено, що саме присутність перехресних ефектів під час деформування призводить до накопичення локальних руйнувань, в кінцевому підсумку до глобального руйнування. Враховуючи, що зміни деформації залежать не тільки від зміни напружень, але і від зміни температури, закон Гука повинен бути представлений у вигляді рівнянь Дюгамеля-Неймана [1], (для простоти викладу залишимо тільки одну координату):

$$\varepsilon_x = \varepsilon_{\sigma_x} + \varepsilon_{T_x} = \frac{1}{E}(\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)) + \alpha(T - T_0) \quad (1)$$

Вирішуючи рівняння (1) щодо σ_x , та виключаючи, для спрощення, з розгляду ефект Пуассона, отримаємо:

$$\sigma_x = E\varepsilon_x + \alpha(T - T_0)E. \quad (2)$$

Рівняння (2) враховує суму напружень від зовнішніх навантажень (поверхневих сил) та від внутрішніх об'ємних сил, що пов'язані з термічним розширенням тіла.

Пружне навантаження викликає не тільки оборотні зміни розмірів та форми тіла, але й зміну характеристик внутрішньої атомно-молекулярної динаміки. Тут проявляється термопружний ефект (ефект Джоуля) – зміна температури пружних тіл, які мають адіабатичне навантаження. При одночасному навантаженні, зміна

температури ΔT тіла, що знаходиться при температурі T , визначається за формулою Кельвіна:

$$\Delta T = -\frac{\alpha T}{C} \sigma, \quad (3)$$

де σ – одноосне напруження, позитивне під час розтягування та негативне під час стиснення; α – коефіцієнт лінійного термічного розширення вздовж осі навантаження; C – теплоємність одиниці об'єму тіла.

При одновісному, пружному навантаженні питома робота, а отже, збільшення питомої внутрішньої енергії тіла наближено (без урахування ефекту Пуассона) складе:

$$\Delta W(\sigma) = \int_0^\sigma \sigma(\varepsilon) d\varepsilon, \quad (4)$$

де ε – відносно пружна деформація тіла.

З формули (3) випливає, що зміна величини питомої теплової енергії тіла під час навантаження складе:

$$\Delta Q(\sigma) = C \Delta T = -\alpha T \sigma. \quad (5)$$

Дослідження динаміки взаємодії температури та внутрішніх напружень під час деформування та руйнування композиційних матеріалів на основі деревини показали [3], що саме відставання зміни локальної температури у зоні руйнування від зміни локального внутрішнього напруження в цій зоні, призводить до періодичного виробництва ентропії, та в кінцевому підсумку до руйнування.

Тому, природно припустити, що швидкість зміни параметрів, що визначають стан тіла у даний момент часу, так само залежать від цих параметрів. Феноменологічна модель впливу перехресних ефектів під час деформування нагрітого тіла, під дією постійного зовнішнього навантаження, розглянута у вигляді термодинамічного осцилятора [3]:

$$\begin{aligned} \frac{d_s s}{dt} &= \sigma J_1 + T J_2; & J_1 &= L_{1_1} \sigma + L_{1_2} T; & J_2 &= L_{2_1} \sigma + L_{2_2} T; \\ \frac{dT}{dt} &= \sin \sigma; & \frac{d\sigma}{dt} &= \cos T. \end{aligned} \quad (6)$$

Показано, що перехресні ефекти всередині нагрітого тіла, що знаходиться під дією постійного навантаження є джерелами зсуву фаз між внутрішньою локальною температурою та локальним внутрішнім напруженням. Причому відставання зміни локальної температури у зоні локального напруженого стану від зміни локального внутрішнього напруження у цій зоні, призводить до періодичного виробництва ентропії, а отже до витрати внутрішньої енергії.

Мета досліджень. Деталізація моделі процесу деформування композиційних матеріалів на основі термодинамічного осцилятора методами системної динаміки.

Матеріали та методика досліджень. Феноменологічна модель (6) описує загальну, термодинамічну, картину деформування та руйнування. Тому для того, щоб отримати більш точну модель деформування ламіновану стружкової плити, розглянемо нагріте тіло під дією зовнішнього механічного навантаження у вигляді автономної неконсервативної динамічної системи.

Як відомо, математична модель динамічної системи вважається заданою, якщо введені параметри (координати) системи, які визначають однозначно її стан, та зазначений закон еволюції її стану у часі. У першому наближенні прийемо до уваги тільки пружні властивості матеріала що досліджується. Подальша деталізація моделі враховує її дисипативні властивості. Об'єкт, що досліджується допускає описати його стан наступними величинами $X_1, X_2, \dots, X_N$ (у нашому випадку це T, σ, ε) у деякі моменти часу $t=t_0$. Величини X_i можуть набувати довільних значень, причому двом різним наборам величин X_{ii} и X'_i відповідають два різні стани. У цьому випадку закон еволюції динамічної системи у часі запишемо системою звичайних диференціальних рівнянь:

$$\frac{dX_i}{dt} = f_i(X_1, X_2, \dots, X_N), \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (7)$$

Результати досліджень. Динамічну систему, яку досліджували, можна розглядати або як об'єкт, у вигляді нагрітого тіла, що знаходиться під дією зовнішніх сил, або як процес деформування цього тіла під дією постійного зовнішнього навантаження у часі. Динамічну систему представили у вигляді системи диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dT}{dt} = \alpha(T - T_0)\sigma - \frac{1}{2}(\sigma - \sigma_0)\varepsilon \\ \frac{d\sigma}{dt} = (\varepsilon - \varepsilon_0)E - \alpha(T - T_0)E - \delta \\ \frac{d\varepsilon}{dt} = \alpha(T - T_0) - (\sigma - \sigma_0)/E. \end{cases} \quad (8)$$

Прийmemo в якості об'єкта дослідження ламіновану СП, виробництва ТОВ «Кроно-Україна». Заводські характеристики матеріалу: модуль пружності $E = 2600$ МПа, межа міцності на згин $[\sigma] = 14$ МПа, щільність 700 кг/м³, $\alpha = 0,00005$ К⁻¹. При початкових умовах: $t = t_0$; $T_0 = 300$ К; $\sigma_0 = 1$ МПа; $\varepsilon_0 = \sigma_0/E$. Відхилення від початкових умов у момент запуску системи враховує мікроскопічна флуктуаційна поправка $\delta = \sigma_0/1000000$.

Рішення системи (8) методом Рунге-Кутта четвертого порядку наведено на рис. 1 у вигляді фазових траєкторій у режимі безперервного часу, що дозволяє простежити еволюцію системи.

Аналіз результатів комп'ютерного моделювання, наведений на рис. 1 – 6, дозволяє виділити ряд особливостей її поведінки. Зокрема, динамічна система (8) описує процес коливання та періодичність зміни внутрішніх напружень, деформацій та температури.

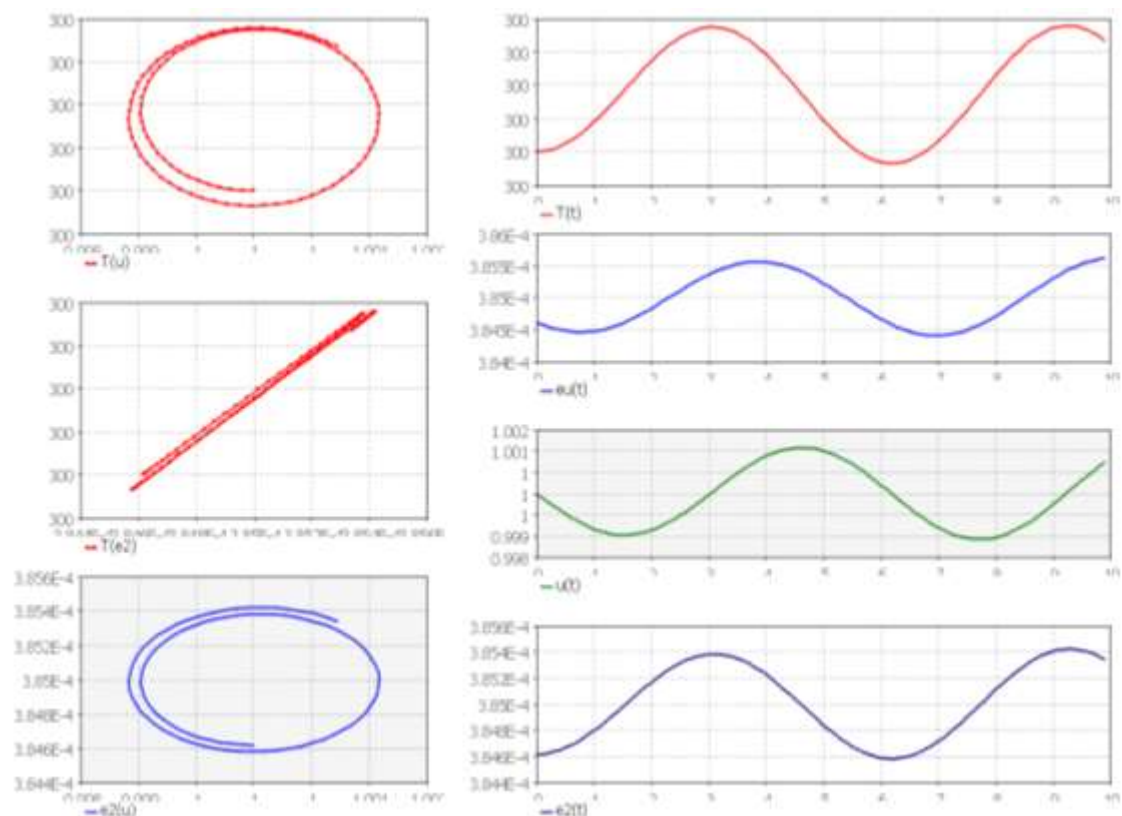


Рис. 1. Графіки внутрішніх напружень ($\sigma \equiv u$); деформації ($e2 \equiv \epsilon$); роботи деформування ($\epsilon\sigma \equiv e2u$); внутрішньої температури $T(u)$ в перші десять умовних одиниць часу, а також фазова діаграми залежності деформації ($e2 \equiv \epsilon$) та локальної температури $T(e2)$ у зоні деформування від внутрішнього напруження ($\sigma \equiv u$) в перші десять умовних одиниць часу.

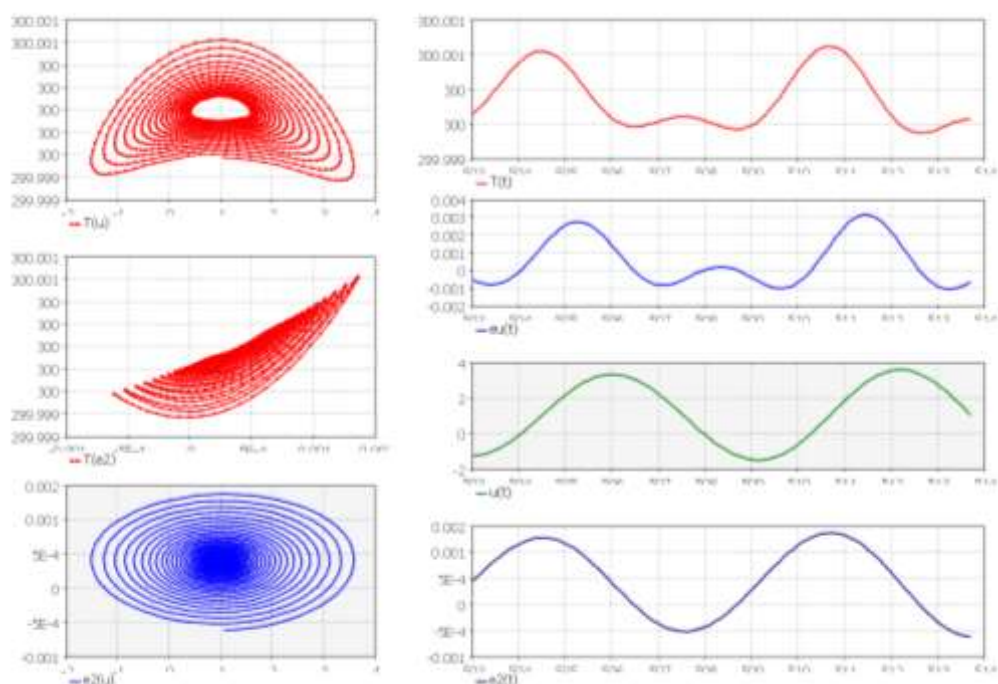


Рис. 2. Фазовий портрет динамічної системи через 515 умовних одиниць часу.

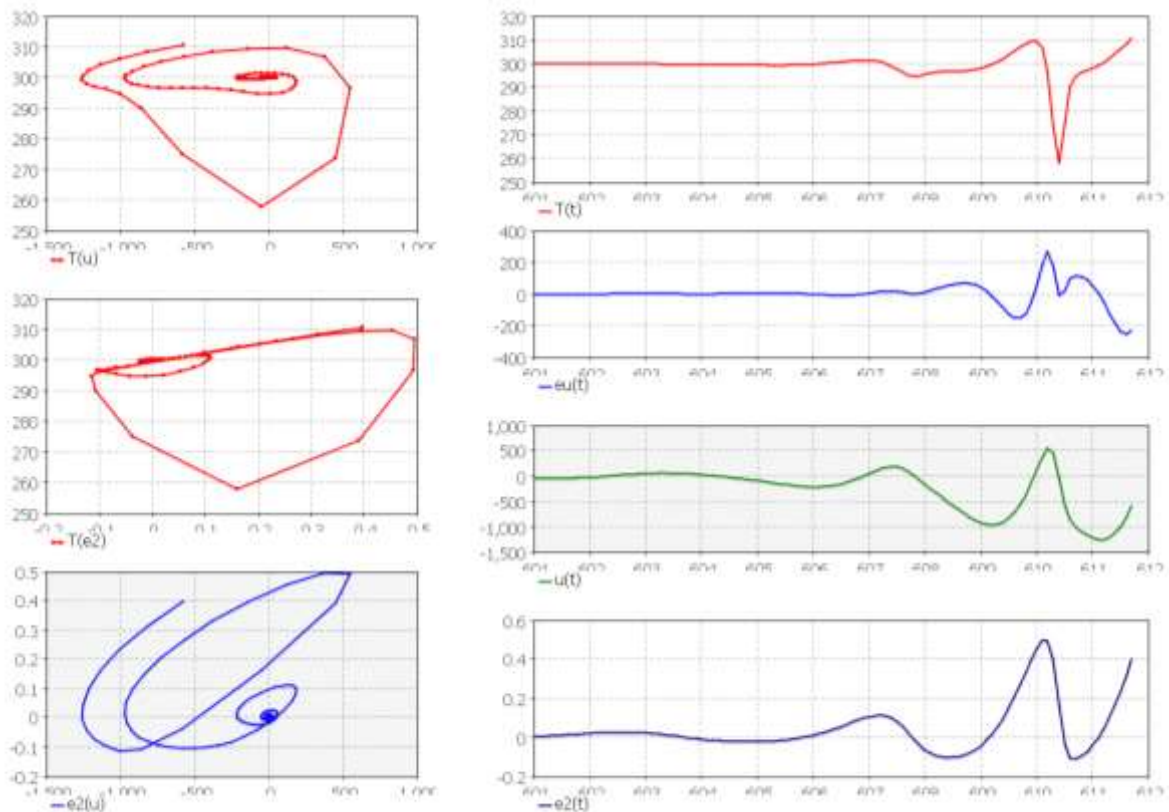


Рис. 3. Фазовий портрет динамічної системи через 613 умовних одиниць часу, в момент біфуркації.

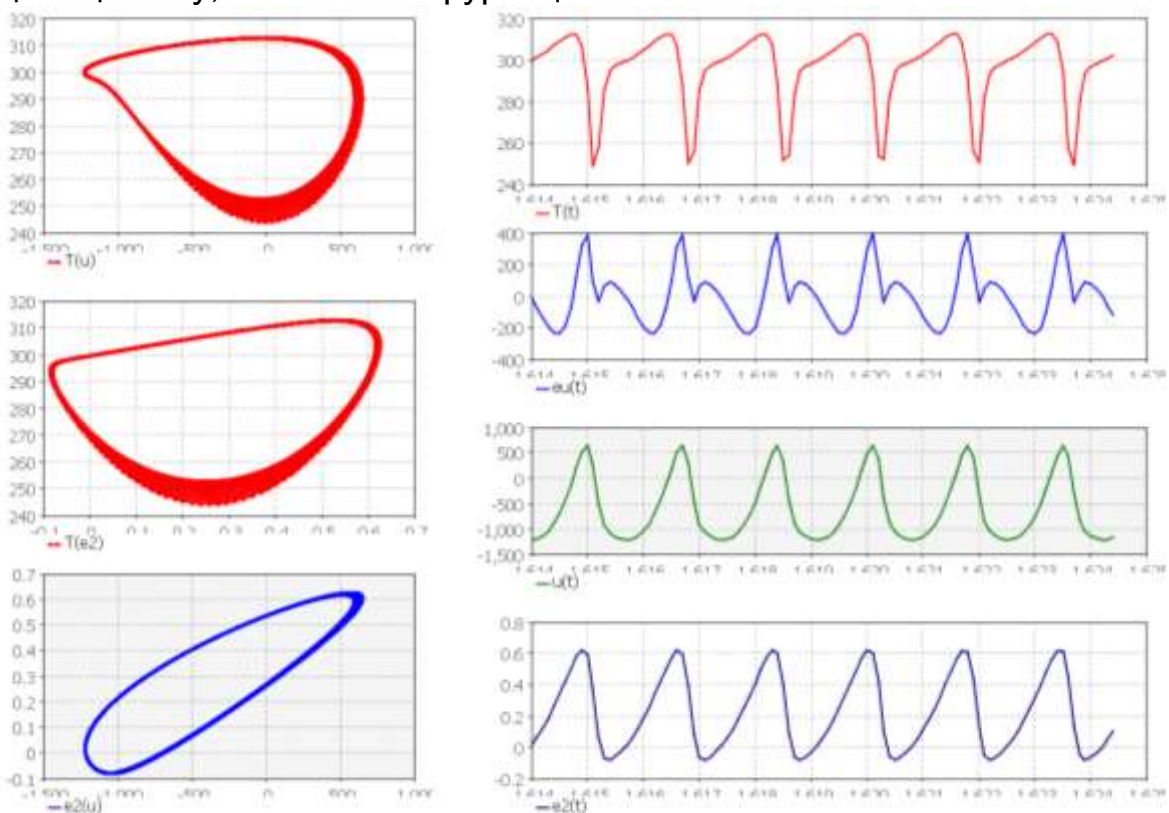


Рис. 4. Підсумковий портрет динамічної системи, у вигляді стійкого граничного циклу релаксаційних автоколивань, аттрактора.

Коливання всіх параметрів системи проходить з постійним збільшенням їх амплітуди. Діаграма роботи наведена на $e_2(u)$ показує постійні витрати внутрішньої енергії у процесі деформування. У початковий період, коливання всіх параметрів близькі до гармонійних. Динаміка процесу протікає з запізненням деформації та температури від напруження. Причому, частоти коливань усіх трьох параметрів системи рівні між собою. Зрушення фаз між напруженням та деформацією, а рівно, як і між температурою та напруженням, становить $\pi / 2$, що говорить про ортогональність цих функцій.

Енергетичні співвідношення динамічної системи (8) наведені у вигляді діаграми роботи $e_2(u)$ на рис. 2. Згідно цієї діаграми, енергія деформації збільшується за кожен цикл коливань. Абсолютна деформація так само збільшується на незначну величину при кожному наступному циклі.

Внутрішні локальні напруження динамічної системи поступово збільшуються, і в момент досягнення межі міцності матеріалу, система очевидно, повинна вважатися зруйнованою (рис. 3).

Динамічна система, що розглядається, проявляє всі ознаки автоколивної системи. У якій у результаті дії негативного зворотного зв'язку взаємодії σ та ϵ в першому рівнянні системи (8) виникає сила, що збігається по фазі зі швидкістю деформації, або випереджає деформацію на $\pi / 2$.

Аналіз еволюції динамічної системи свідчить про те, що у результаті поступового збільшення амплітуд σ та ϵ , при одночасному збереженні зсуву фаз між ними, робота деформації поступово подвоює частоту. Це призводить до подвоєння частоти коливань температури (рис. 2). Подальше підвищення амплітуд коливань параметрів системи веде до її біфуркації (рис. 3), та переходу в область стійкого граничного циклу, тобто аттрактора. При цьому надходження енергії ззовні системи рівняється її витрачанням всередині системи (рис. 4).

На початку еволюції системи форма коливань майже гармонійна, та частота коливань визначається в основному власною частотою коливання системи. У результаті біфуркації система переходить в область релаксаційних автоколивань, які є різко не синусоїдальними, та параметри системи змінюються стрибками.

Висновки

1. Перехресний вплив ефекту термічного розширення та ефекту термопружності, в полі зовнішніх теплових та силових навантажень, призводить до виникнення автоколивань динамічної системи, яка може бути визначена як термопружний осцилятор.

2. Ортогональність функцій локальних внутрішніх напружень та локальних внутрішніх деформацій, є причиною збільшення амплітуд

їх коливань. Що в свою чергу призводить до подвоєння частоти коливань локальної температури.

3. Біфуркація динамічної системи, внаслідок подвоєння частоти коливань температури, переводить систему в область стійкого граничного циклу, аттрактора.

Список літератури

1. Коваленко А.Д. Введение в термоупругость / А.Д. Коваленко. – К. : Наукова думка, 1965. – 204 с.
2. Кульман С.М. Нелінійні ефекти деформування і руйнування композиційних матеріалів на основі деревини / С.М. Кульман // Науковий вісник НУБіП України / Серія "Лісівництво та декоративне садівництво". – 2011. – Вип. 164, ч. 1. – С. 250 – 255.
3. Кульман С.М. Нелінійна динаміка деформування та руйнування композиційних матеріалів на основі деревини / С.М. Кульман // Науковий вісник НУБіП України / Серія "Лісівництво та декоративне садівництво". – 2012. – Вип. 171, ч. 2. – С. 200 – 207.
4. Кульман С.М. Кінетика тривалої міцності композиційних матеріалів на основі деревини / С.М. Кульман // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. Спеціальний випуск до VI науково-практичної конференції «Сучасні проблеми збалансованого природокористування». – Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2011. – С. 196 – 206.

Перекрестное влияние эффекта термического расширения и термоупругого эффекта, в поле внешних тепловых и силовых нагрузок, приводит к возникновению автоколебаний динамической системы. Ортогональность функций локальных внутренних напряжений и локальных внутренних деформаций, является причиной увеличения амплитуд их колебаний. Что в свою очередь приводит к удвоению частоты колебаний локальной температуры. Бифуркация динамической системы, вследствие удвоения, переводит систему в область устойчивого предельного цикла, аттрактора.

Композиционные материалы, нелинейная динамика, долговечность, осциллятор, аттрактор, автоколебания.

Cross impact effect of thermal expansion and thermoelastic effect in the field of external heat and power loads, leads to oscillations of the dynamical system. Orthogonality of local internal stresses and local internal strain causes an increase of the amplitudes of the oscillations. Which in turn leads to a doubling of the frequency of the local temperature fluctuations. Bifurcation of the dynamical system, because the doubling system into the region of the stable limit cycle attractor.

Composite materials, nonlinear dynamics, durability, oscillator attractor oscillations.

ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНОВАНОГО ОЧИСНИКА ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ

***Н.А. Дубчак, кандидат технічних наук
ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»
В.В. Теслюк, доктор сільськогосподарських наук
В.Б. Онищенко, кандидат технічних наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України***

Наведено результати експериментальних порівняльних польових досліджень показників якості роботи удосконаленої та серійної машини МКП-4.

Очисник, коренеплоди, маса налиплого ґрунту, очисний вал, діаметр шнека, частота обертання шнека.

Постановка проблеми. Необхідність збільшення обсягів виробництва цукрових буряків пояснюється значним попитом продукції переробки цукрової сировини, або необхідністю подальшого забезпечення кормової бази тваринництва України та реалізацією цукру за її межами.

Сучасною тенденцією розроблення коренезбиральних машин (КМ) є підвищення показників якості процесу збирання, які визначають технічний рівень збиральної техніки, розвиток і виробництво якої в Україні за останні роки практично припинився. [1].

Основною причиною зниження ефективності виробництва коренеплодів є недосконалість техніки для збирання та невідповідність показників якості цукросировини вимогам, які висуває Держстандарт України [2, 3].

Аналіз останніх досліджень. Відсутність результатів і аналізу порівняльних польових досліджень макетного зразка удосконаленої коренезбиральної машини МКП-4 з базовою машиною зумовила проведення даних досліджень.

Мета досліджень. – Визначення показників ефективності технологічного процесу роботи комбінованого очисника вороху коренеплодів порівняно з показниками базової КМ МКП-4.

Результати досліджень. Одним із резервів підвищення якості цукрової сировини є поліпшення технологічного процесу очищення вороху коренеплодів шляхом застосування комбінованих очисних

систем, які поєднують у собі систему поперечних шнеків круглого перерізу, вздовж над якими встановлено приводний вал, виконаний у вигляді циліндричного барабана на якому змонтовано очисні пружні елементи [4].

Це дозволить інтенсифікувати процес відокремлення домішок (особливо налиплого ґрунту) від коренеплодів за рахунок використання додаткового ефекту взаємодії очисних пружних елементів з поверхнею тіла коренеплодів.

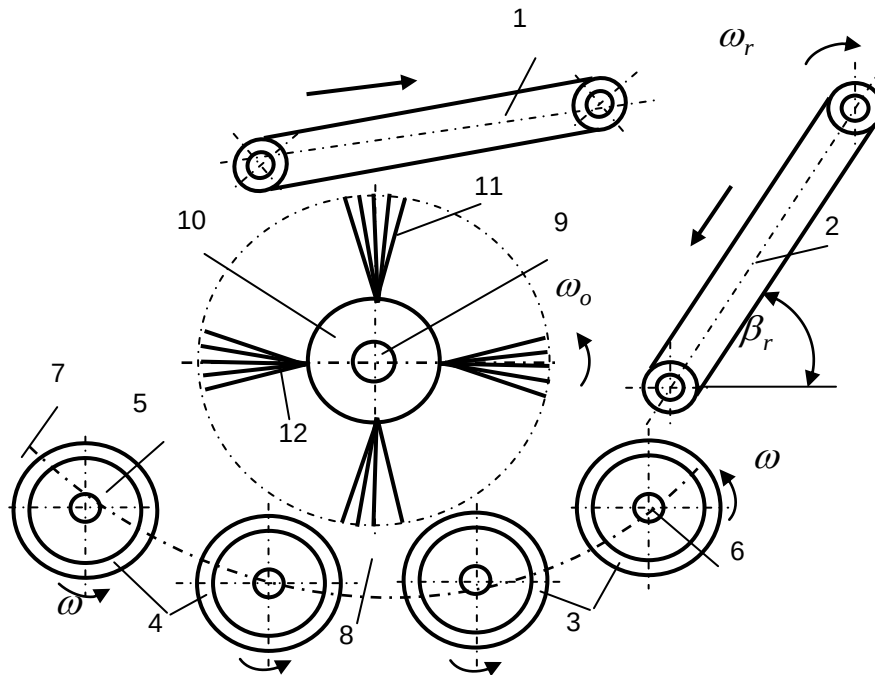


Рис. 1. Конструктивна схема комбінованого очисника: 1 – транспортер; 2 – гірка; 3, 4 – права та ліва система; 5 – шнек; 6 – вісь обертання; 7 – нижня вітка еліпса; 8 – жолоб робочого русла; 9 – вал; 10 – барабан; 11 – пружні очисні елементи; 12 – пучки ворсу

Польові порівняльні дослідження макетного зразка модернізованої КМ МКП-4, яку було обладнано очисною системою вороху коренеплодів (рис. 1) проводилися згідно з стандартною програмою та методикою [5].

Модернізація конструктивної схеми серійної КМ МКП-4 полягала в тому, що замість існуючого поперечного пруткового транспортера, який переміщував ворох, що надходив із гірки на вивантажувальний транспортер було демонтовано, а на його місце встановлено комбінований очисник вороху.

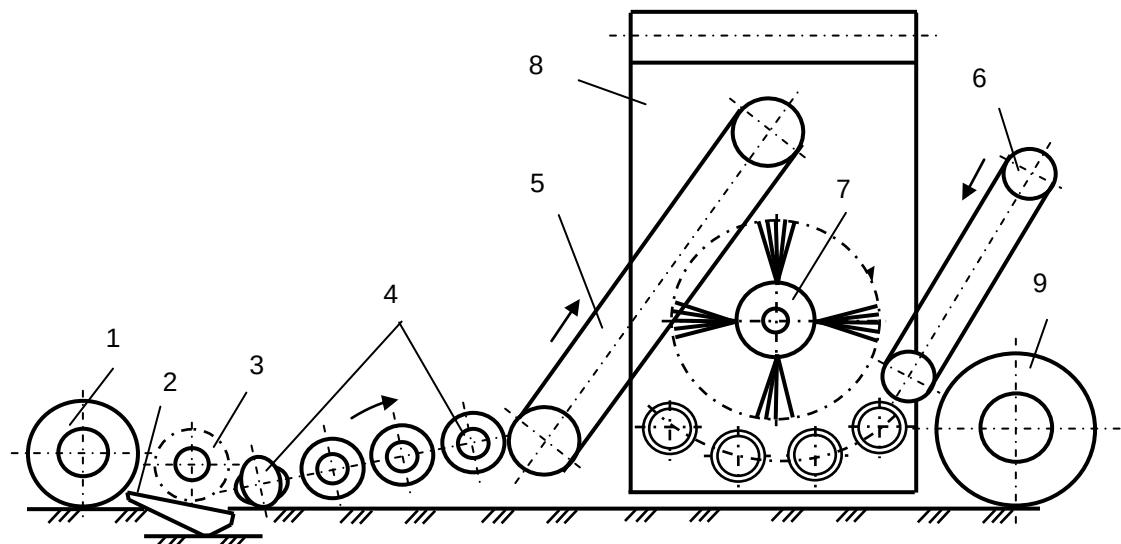
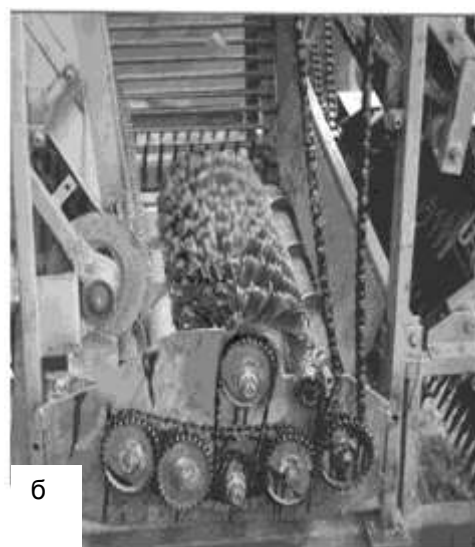


Рис. 2. Конструктивна схема модернізованої МКП-4: 1, 9 – копіювальне та опорне колесо; 2 – копач; 3 – лопатевий вал; 4 – очисник вороху; 5, 8 – повздовжній і вивантажувальний транспортери; 6 – очисна гірка; 7 – комбінований очисник



а



б

Рис. 4. Загальний вигляд: а – модернізованої МКП-4; б – комбінованого очисника вороху.

Конструктивно-компонувальна схема удосконаленої КМ МКП-4 наведена на рис. 2, її загальний вигляд – на рис. 3, а загальний вигляд комбінованого очисника – на рис. 4.

Приводний вал 1 (рис. 5) з очисними пружними елементами 2 являє собою барабан 3, який виконано у вигляді тонкостінної труби 4 з підшипниковими опорними елементами (на рис. 5 не показано). На поверхні барабана по гвинтовій лінії закріплено очисні пружні елементи, набрані з пучків ворсу. Розмірно-кількісні параметри очисних пружних елементів вибирали згідно з конструктивними

міркуваннями та з урахуванням відповідних положень проведених досліджень щіткових робочих органів [6].

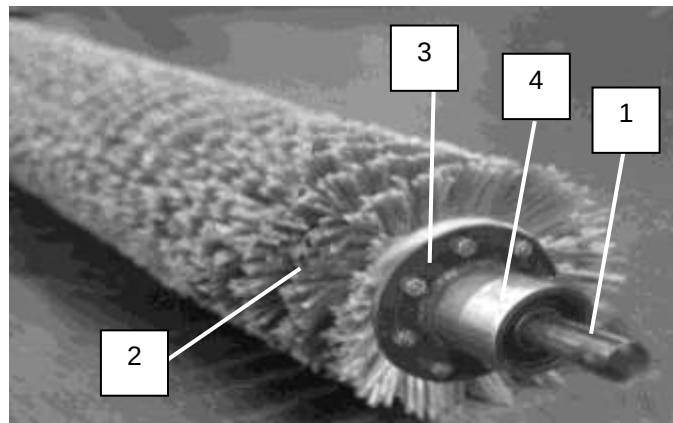


Рис. 5. Загальний вигляд приводного вала з очисними пружними елементами

Формування пучків ворсу, які виготовлені із полімерного матеріалу, проводили таким чином: суцільну заготовку відповідної довжини перегинали навпіл, а поруч з нею формували другу заготовку і так далі. Набрані пучки ворсу за допомогою притискних пластин закріплювали до труби барабана вала по гвинтовій лінії, напрямок навивання якої протилежний напрямку навивання рифів шнеків. Діаметр ворсу суцільної заготовки був 2 мм, кількість ворсин у пучку становила 15 шт. Суцільні заготовки пучків ворсу розташували на барабані вала одна за одною по гвинтовій лінії, протилежній напрямку навивання витків шнека. Зовнішній діаметр вала з очисними елементами розраховували відповідно до встановленого діаметра шнеків.

Модернізація технологічного процесу очисної системи полягає в тому, що ворох коренеплодів після сходу з очисної гірки 6 (рис. 2) попадає на шнеки 5 (рис. 1) комбінованого очисника 7 (рис. 2). Переміщуючись уздовж жолоба робочого русла 8 (рис. 1), утвореного конструктивним розміщенням центрів осей обертання 6 шнеків 5, коренеплоди інтенсивно очищуються від ґрунту та рослинних домішок пружними очисними елементами 11, які утворюють пучки ворсу 12.

На основі проведеного наукового комплексу теоретичних і попередніх лабораторно-експериментальних досліджень вибрані раціональні конструктивно-кінематичні параметри розробленого комбінованого очисника, які були застосовані при його виготовленні та компонуванні з серійною КМ МКП-4: частота обертання шнеків – 450 об/хв; діаметр шнеків – 0,22 м; крок рифа шнеків – 0,35 м; висота рифа – 0,05 м; зазор між валами – 0,05 м; радіус дуги – 0,75 м;

довжина очисних валів – 1,14 м; частота обертання пружних очисних елементів – 150 об/хв. Робоча швидкість руху модернізованої і серійної машини була однаковою у всіх випадках проведення польових порівняльних випробувань й становила 1,5 м/с.

Інші показники технічної характеристики конструктивно-кінематичних параметрів модернізованої машини відповідали технічним показникам серійної КМ МКП-4.

Порівняльні польові дослідження проводили з метою встановлення технологічної ефективності роботи комбінованого очисника в цілому та його окремих робочих органів у складі КМ.

Так на першому етапі провели польові дослідження КМ без очисних пружних елементів, тобто дані базові елементи робочих органів очисника було демонтовано з машини шляхом демонтажу очисного вала. У подальшому визначали агротехнічні показники якості роботи всієї компоновальної схеми комбінованого очисника і, на основі порівняльної характеристики показників удосконаленої і серійної КМ, визначали загальну технологічну ефективність очисника і його окремих робочих органів.

Випробування удосконаленої та базової КМ провели впродовж одного дня та в однакових ґрунтово-кліматичних умовах.

Порядок проведення порівняльних досліджень із базовою машиною, умови відбору проб і проведення досліджень, які були однаковими для обох машин і визначення показників якості роботи технологічного процесу збирання коренеплодів цукрових буряків удосконаленою і базовою КМ визначали згідно з положеннями [5].

Результати агротехнічних показників якості виконання технологічного процесу порівняльних польових досліджень модернізованої і серійної коренезбиральних машин МКП-4 наведено у таблиці, при цьому показники якості визначені відносно маси проби коренеплодів.

Аналіз наведених показників (табл. 1) якості викопування та підбирання коренеплодів показує, що втрати коренеплодів при їх викопуванні модернізованою та серійною КМ однакові і становлять 1,2 %.

При цьому за групою втрат, яка відноситься до показника присипаних коренеплодів на поверхні поля ґрунтом, модернізована КМ перевищує показник серійної МКП-4 на 0,2 %, що цілком реально пояснюється тим, що робочі органи удосконаленої КМ просіюють на поверхню поля значно більше (приблизно в 2,6 рази) вільного ґрунту, тим самим інтенсивніше присипаючи втрачені на поверхні поля коренеплоди.

Показники сильнопошкоджених коренеплодів обох КМ ідентичні та становлять 3,5 %.

Аналіз інших показників якості виконання технологічного процесу показує, що застосування розробленого комбінованого очисника на серійній КМ МКП-4 дозволяє значно покращити агротехнічні показники якості процесу відокремлення домішок вороху від коренеплодів порівняно з базовою машиною.

1. Показники якості виконання технологічного процесу модернізованої та серійної КМ МКП-4.

Найменування показників	Значення показників*		
	Модернізова на машина	Серійна машина	АТВ
Робоча швидкість руху машини, м/с	1,5	1,5	До 1,5
Продуктивність за годину основного часу, га/год.	1,1	1,1	До 1,4
Глибина підкопування:			
- середня, см	8,7	8,7	-
- середньоквадратичне відхилення, $\pm$ см	0,93	0,93	-
Якість підкопування і підбору коренеплодів, %:			
- зібрано машиною	98,8	98,8	98,5
- втрати, всього	1,2	1,2	1,5
У тому числі:			
- не викопаних коренеплодів	0,4	0,4	0,5
- на поверхні ґрунту	0,5	0,7	-
- присипаних ґрунтом	0,3	0,1	-
Склад вороху зібраних коренеплодів, %:			
- коренеплоди	94,8	91,2	-
- домішки, всього	5,2	8,8	8,0
В тому числі:			
- вільного ґрунту	1,2	3,1	1,5
- налиплого ґрунту на коренеплодах	1,5	2,9	-
- рослинних решток	2,5	2,8	5,5
Пошкодження коренеплодів, %:			
- усього	9,6	9,4	20,0
В тому числі сильно пошкоджених	3,5	3,5	5,0

* - показники якості виконання технологічного процесу визначені відносно маси коренеплодів; АТВ – агротехнічні вимоги до КМ.

Загальна кількість домішок у воросі зібраних коренеплодів цукрових буряків зменшується приблизно в 1,7 раза – від 8,8 % у серійної до 5,2 % в удосконаленій. При цьому кількість налиплого ґрунту на бічній поверхні коренеплодів зменшується майже у 2 рази, що відбувається за рахунок додаткової інтенсифікації процесу відокремлення домішок від коренеплодів пружними очисними елементами комбінованого очисника.

Також позитивні показники порівняння загальної кількості рослинних домішок та вільного ґрунту. Вони, відповідно, зменшуються майже в 1,2 і 2,6 раза порівняно з показниками

серійної машини, що досягається за рахунок пригальмування компонентів вороху над шнеками пружними очисними елементами та збільшення часу їх знаходження в жолобі русла комбінованого очисника. Показники втрат і пошкодження коренеплодів однакові.

Із порівняльного аналізу показників якості виконання технологічного процесу (таблиця) бачимо, що застосування розробленого комбінованого очисника дозволяє значно підвищити агротехнічні показники якості виконання технологічного процесу збирання цукрових буряків відносно показників серійної машини.

Висновок. На основі проведеного аналізу порівняльних польових випробувань удосконаленої та серійної КМ можна стверджувати, що використання розробленого комбінованого очисника забезпечує значне підвищення ефективності процесу відокремлення домішок від коренеплодів і є перспективним напрямком для подальшого удосконалення технологічного процесу збирання коренеплодів шляхом застосування розробленого очисника в конструктивно-компонувальних схемах КМ.

Список літератури

1. *Погорелый, Л.В.* Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз / *Л.В. Погорелый, М.В. Татьяна*. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
2. *Напрямки* вдосконалення сепаруючих робочих органів коренезбиральних машин / *В.М. Барановський, В.О. Соломка, В.Б. Онищенко* [та ін.] // Зб. наук. праць НАУ „Механізація сільськогосподарського виробництва”. Том XII. - Київ: НАУ, 2002. -С. 31-42.
3. ДСТУ 2258-93. Машина бурякозбиральні. – К. : Держстандарт України, 1993. – 18 с.
4. Пат. № 46920 Україна. МПК А 01D 33/08. Комбінований очисник вороху коренеплодів / *Паньків М.Р., Барановський В.М., Дубчак Н.А., Рамш В.Ю.*; заявник і патентовласник Тернопільський держав. техніч. університет ім. І. Пулюя. – № u200907498 ; заявл. 17.07.09 ; опубл. 11.01.10. Бюл. № 1.
5. КД 46.16.01.005-93. Випробування сільськогосподарської техніки. Основні положення. – К., 1993. – 34 с.
6. *Хелемендик М.М.* Напрями і методи розробки робочих органів сільськогосподарських машин / *М.М. Хелемендик*. – К. : Аграрна наука, 2001. – 208 с.

Приведены результаты экспериментальных сравнительных полевых исследований показателей качества работы усовершенствованной и серийной машины МКП-4.

Очиститель, корнеплоды, масса налипшей почвы, очистительный вал, диаметр шнека, частота вращения шнека.

The results of the experimental comparative field researches of indexes of quality of work are resulted improved that serial machine of МКП-4.

Pile cleaner, roots, sticker soil mass, cleaning shaft, screw diameter, screw rotation frequency.

ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ МОНІТОРИНГУ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

О.О. Броварець, кандидат технічних наук

Інформаційні технології та технічні засоби дозволяють забезпечити необхідну якість виконання технологічних операцій шляхом моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Для належного виконання моніторингу стану сільськогосподарських угідь розроблена класифікація систем моніторингу, яка наочно демонструє доцільність використання того чи іншого способу моніторингу при виконанні певної технологічної операції.

Точне землеробство, моніторинг, технічні засоби.

Постановка проблеми. Сільськогосподарське виробництво характеризується нерівномірністю розподілу ресурсів у просторі і часі [1, 2, 3]. Тому одним із ключових етапів сучасних технологій сільськогосподарського виробництва (рис. 1 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**) є моніторинг агробіологічного та фітосанітарного стану сільськогосподарських угідь [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]: перед сівбою, протягом вегетації та при збиранні урожаю.

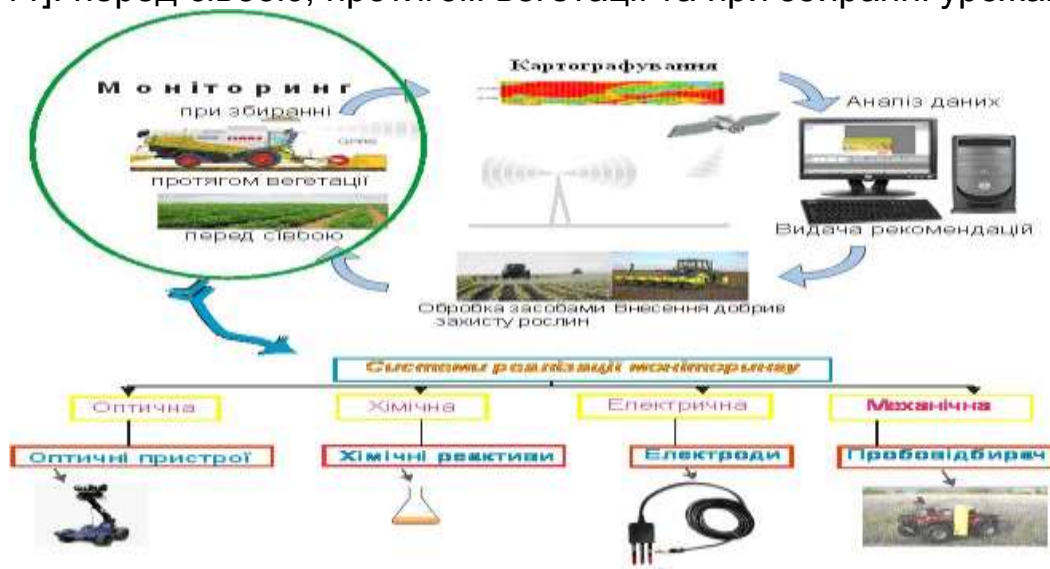


Рис. 1. Схема реалізації технологій точного землеробства.

На підставі огляду літературних джерел [2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11] складена класифікація систем моніторингу стану сільськогосподарських угідь (рис. 2).

© О.О. Броварець, 2013



Рис. 2. Класифікація систем моніторингу стану сільськогосподарських угідь.

Саме застосування знань про змінний потенціал земельних ресурсів на місцевому рівні сприяє просуванню стратегії змінних норм внесення технологічного матеріалу [1], яка спрямована на підвищення економічної ефективності і зменшення негативного впливу на виробництво продукції рослинництва шляхом диференціювання методів і норм застосування технологічних матеріалів (насіння, хімікатів тощо) відповідно до місцевих потреб та рекомендацій. Проте, однією зі слабких ланок цих технологій є дані про поле – карти поля, створення яких за допомогою існуючих методів на даному етапі займає значні витрати часу і коштів. Пошук нових шляхів моніторингу – пріоритетний напрямок розвитку технологій сільськогосподарського виробництва [1, 2, 3].

Традиційно моніторинг угідь зводиться до аналізу проб ґрунту на хімічний склад та визначення властивостей ґрунту в лабораторних умовах [12, 13]. Хімічне вимірювання в закритому режимі призводить до істотної затримки між взяттям проби та результатом аналізу. Обмежене число зразків, які можуть аналізуватися в будь-якому специфічному обладнанні, може призвести до некомплектності хімічного профілю і дає тільки часткове розуміння контрольованого процесу [13, 14]. Проте на кінцеву врожайність сільськогосподарських культур значною мірою впливає їх розвиток протягом вегетаційного періоду, що не враховують традиційні системи моніторингу основою яких є аналіз стану ґрунту [15, 16].

Одним із шляхів підвищення ефективності моніторингу стану ґрунтів за традиційними технологіями є автоматизоване керування режимами відбору проб та аналіз їх хімічного складу, розробленого згідно з передовими технологіями [16] (рис. 3).



Рис. 3. Автоматизований бур для відбору зразків ґрунтових проб.

Ці системи в автоматизованому режимі проводять аналіз проб, відібраних за певною схемою та передають дані, одержані в ході досліджень, на запам'ятовуючий пристрій для подальшої обробки. Такі системи полегшують та прискорюють контроль, зворотний зв'язок та регулювання процесу [17]. Проте ці системи не можуть забезпечити значного підвищення продуктивності моніторингу.

Тому на сучасному етапі розвитку сільськогосподарських угідь виникає необхідність використання сучасних сенсорних систем моніторингу стану сільськогосподарських угідь (рис. 4).



Рис. 4. Сучасні сенсорні системи для моніторингу стану сільськогосподарських угідь.

На даному етапі найбільшого поширення набуває використання сенсорних оптичних та електричних систем для моніторингу стану сільськогосподарських угідь. У цьому аспекті важливе місце займає використання сенсорних систем моніторингу для дослідження електропровідних властивостей ґрунту (рис. 5, рис. 6, рис. 7) та спектрометричний моніторинг стану сільськогосподарських угідь.



Рис. 5. Пристрій для визначення електропровідних властивостей ґрунту контактно-руйнівним методом.

Для дослідження електропровідних властивостей ґрунту використовують наступні способи:

- контактно-руйнівний спосіб моніторингу електропровідних властивостей сільськогосподарських угідь (рис. 5);
- безконтактний спосіб моніторингу електропровідних властивостей ґрунту (рис. 6, рис. 7).



Рис. 6. Пристрій для визначення електропровідних властивостей ґрунту сенсорним методом.

Широкого поширення набувають безконтактні способи моніторингу (сенсорні) стану сільськогосподарських угідь. Використання таких систем дає можливість підвищити точність отриманих показників у наслідок особливостей їх функціонування (рис. 7).

На даному етапі у сільськогосподарському виробництві поширення набуває використання мобільних автоматизованих сенсорних систем моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Це дає змогу застосовувати мобільні автоматизовані сенсорні системи для вимірювання електропровідних властивостей ґрунту на різних агрофонах (рис. 7).



Рис. 7. Мобільний пристрій для визначення електропровідних властивостей ґрунту сенсорним методом.

Дані отримані з використанням таких пристроїв (рис. 8) представляються у вигляді картограм величини наведеної напруги на вимірювальних сенсорах у геовизначених координатах по кожній з експериментальних ділянок. Картограма дозволяє виділити зони однорідності характеристик ґрунту, що у подальшому дозволить різко зменшити витрати на ручний відбір зразків ґрунту для виконання лабораторного агрохімічного аналізу.

Широкого поширення набувають переносні системи моніторингу, які дозволяють оперативно контролювати стан сільськогосподарських угідь. Зокрема, використання пенетрометрів, що дає можливість контролювати ущільнення ґрунту, та визначити

наявність ґрунтової «підшви», що утворилась у наслідок обробітку сільськогосподарських угідь за традиційною схемою (плуг) (рис. 8).



Рис. 8. Пенетрометр для визначення властивостей ґрунту.

При вимірюванні поживних речовин у ґрунті використовують електроди (рис. 9), які мають можливість функціонувати в безперервному режимі і при цьому з великою точністю проводити оцінку кількості певної речовини в одиниці об'єму ґрунту (вимірювати об'ємну концентрацію).



Рис. 9. Іон-селективні електроди для моніторингу стану сільськогосподарських угідь.

Огляд досліджень у напрямку підвищення ефективності моніторингу дає змогу стверджувати, що на даному етапі розвитку інформаційних технологій виникає необхідність використання принципово нових способів [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24], які сприяють покращенню ефективності та якості моніторингу, знижують затрати на виконання даної операції. Дослідження вітчизняних та закордонних науковців [22, 23, 24] вказують на необхідність широкого поширення методів аналізу агробіологічного та фітосанітарного стану сільськогосподарських угідь неконтактними методами із застосуванням оптичних систем, зокрема систем технічного зору.

Широкого поширення у сільськогосподарському виробництві набувають переносні оптичні системи (системи технічного зору), які використовуються агрономами, як мікроскопи для моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Знімки отримані з таких приладів дають можливість у польових або лабораторних умовах діагностувати стан сільськогосподарських угідь на ранніх фазах розвитку рослин (рис. 10).



Рис. 10. Оптичні системи (системи технічного зору) моніторингу стану сільськогосподарських угідь.

Спектрометричний моніторинг дозволяє визначити вміст поживних речовин у ґрунті, рослині у режимі реального часу протягом вегетаційного розвитку рослин. Завдяки таким даним можна встановити необхідну норму його внесення для позакореневого та кореневого підживлення, забезпечити локально-стрічкове диференційоване внесення мінеральних добрив на основі отриманих даних моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля [18]. Таким чином, схема сучасного управління агробіологічним потенціалом сільськогосподарського агропідприємства (рис. 15) передбачає наявність загальних елементів: склад технологічних матеріалів, виробництво, склад нафтопродуктів сільськогосподарських підприємств та новітніх елементів для ефективного функціонування сільськогосподарського виробництва шляхом підвищення якості виконання технологічних операцій. Зокрема, важливим елементом цих технологій є безперервний моніторинг стану сільськогосподарських угідь за трьома напрямками: супутниковий моніторинг (реалізація за допомогою супутників), аеромоніторинг (з використанням літальних апаратів) та ближній моніторинг (за допомогою рухомих транспортних засобів). Така організація дає можливість сформулювати модель стану агробіологічного потенціалу поля та прийняти керівнику (інженеру, агроному, начальнику відділу, голові господарства, начальнику відділу при міністерстві) прийняти ефективні рішення для управління агробіологічним потенціалом поля. Причому керівник може проводити аналіз рішень дистанційно незалежно від власного місця розміщення з використанням мобільних обчислювальних засобів (рис. 11). Отримання

достовірних даних можливо лише з використанням новітніх систем та науково обґрунтованих підходів до управління агробіологічним потенціалом поля.



Рис. 11. Схема сучасного управління агробіологічним потенціалом поля.

Висновки

Виходячи з вищенаведених фактів, можна зробити висновок, що на даному етапі розвитку сільського господарства та інформаційних технологій закономірним є формування нового напрямку підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва – моніторингу стану сільськогосподарських угідь, основним елементом якого є створення бази даних – агробіологічного стану полів, при цьому важливо розробити методику відповідного калібрування, обробки, погодження з іншими даними та представлення у відповідній формі для ефективного їх подальшого використання.

Нині продовжується розвиток сучасних способів і засобів автоматизації керування технологічними операціями моніторингу. Виникає необхідність створення засобів автоматизації, заснованих на перспективній науково-технічній базі, що випереджає розвиток фундаментальних знань. Це досягається шляхом вирішення завдання постійного розширення бази знань та поглиблення експериментальних досліджень.

Список літератури

1. Кравчук В. Інтегрована система технологій керованого землеробства / В. Кравчук, С. Любченко, О. Ковтуненко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України:

- зб. наук. праць. – Дослідницьке, 2009. – Вип. 13 (27). – С. 117–119.
2. *Гричанов И. Я.* Пути автоматизации сбора, обработки и использования информации для прогноза и сигнализации появления вредителей сельскохозяйственных культур / И.Я. Гричанов, Л.Н. Карпиловский // Агрометеорологические ресурсы и производственные процессы в растениеводстве», 18–21 марта 1991г.: тезисы докл. – Киев, 1991. – С. 147–149.
 3. *Желибо Л.П.* Возможности аэровизуальных обследований при использовании различных авиационных технических средств / Л.П. Желибо, С.В. Клищенко // Агрометеорологические ресурсы и производственные процессы в растениеводстве, 18–21 марта 1991г. : тезисы докл. – Киев, 1991. – С. 166–167.
 4. *Небесный В.Б.* Использование дистанционного спектрофотометрического метода для оценки состояния посевов озимых культур / В.Б. Небесный, А.В. Миролюбов // Агрометеорологические ресурсы и производственные процессы в растениеводстве, 18–21 марта 1991г. : тезисы докл. – Киев, 1991. – С. 183–184.
 5. *Astrand B.* An Agricultural Mobile Robot with Vision-Based Perception for Mechanical Weed Control. / B. Astrand, A. Baerveldt // Autonomous Robots. – 2002. – № 13. – P. 21–35.
 6. *Robot Control using Machine Vision* / [J. Blasco, N. Aleixos, J. Roger, G. Rabatel, E. Molto] // Biosystems Engineering. – 2002. – № 83. – P. 149–157.
 7. *Некос А.Н.* Дистанційні методи досліджень в екології : навчальний посібник / Некос А.Н., Щукін Г.Г., Некос В.Ю. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2007. – 372 с.
 8. *Інтегрована система керованого землеробства – необхідний засіб новітніх технологій* / В. Кравчук, С. Любченко, В. Войновський, В. Сербій // Техніка і технології АПК. – 2009. – № 1 (вересень). – С. 32–34.
 9. *Сиротинко О.В.* Система аерокосмічного сільськогосподарського агромоніторингу. Система дослідження та моделювання в землеробстві / О.В. Сиротинко // Зб. наук. праць. – К.: Нива, 1998. – С. 286–293.
 10. *Географічні інформаційні системи* / [за редакцією проф. М. Ван Мервіна, доц. С. С. Кохан]. – Київ: НАУ, 2003. – 207 с. – (Роботу написано в рамках проекту Tempus–Tacis).
 11. *Косолап Н.* За дымовой завесой / Косолап Н. // Зерно. – 2008. – № 9(29) сентябрь. – С. 76–103.
 12. *Посудин Ю.И.* Лазерная фотобиология / Посудин Ю.И. – К.: Вища шк., 1989. – 246 с.
 13. *Посудін Ю.І.* Біофізика / Посудін Ю.І. – К.: Урожай, 1995. – 224 с.
 14. *Сиротинко О.В.* Моніторинг агроресурсів засобами дистанційного зондування / О.В. Сиротинко // Агроекологічний журнал. – 2007. – № 2. – С. 53–56.
 15. *Мозговой Д.К.* Использование многоспектральных снимков для классификации посевов сельхозкультур / Д.К. Мозговой, О.В. Кравец // Екологія та ноосферологія. – 2009. – Т. 20, № 1–2. – С. 54–58.
 16. *Гарантовано адаптивне управління агровиробництва продукції рослинництва з використанням даних дистанційного зондування Землі* / В. Кравчук, С. Любченко, С. Козелков, Г. Баранов // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. праць. – Дослідницьке, 2008. – Вип. 13 (27). – С. 252–254.
 17. *Порицький Г.О.* Геодезія: [підручник] / Порицький Г.О., Новак Б.І., Рафальська Л.П. – К.: «Арістей», 2007. – 260 с.
 18. *Патент на корисну модель № 70505*, Польовий спектрометр для тестування стану рослинності. Опуб. 11.06.2012, Бюл.№ 11.

19. *Американская техника и промышленность*: [сборник рекламных материалов: Сельскохозяйственная техника фирмы «Чилтон Ко» (США) В/О «Внешторггреклама» (СССР) / рук. группы Г.П. Разумов]. – Москва, 1978. – Выпуск VII. – 157 с.
20. *Методология* оценки реальной опасности (риска) пестицидов для операторов: материалы международной конференции / Потапов А.И., Ракицкий В.Н., Ильницкая А.В. [и др.] // Здоровье, окружающая и производственная среда, безопасность труда в сельском хозяйстве на рубеже двух тысячелетий. – К. – 1998. – С.11–12.
21. *Шумилин В.М.* Авиационная техника высокоэкономичная / В.М. Шумилин, В.Г. Пушкин // Защита растений. – 1990. – № 3. – С.45–46.
22. *Аналіз* можливостей космічних засобів отримання географічних даних [Електронний ресурс] / А.В. Мельник. – Режим доступу:
23. http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Znpviknu/2009_20/vip20-50.pdf.
24. *Шаповалов Є.В.* Засоби технічного зору як елемент зворотного зв'язку в системах стеження дугового зварювання: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.13.07 «Автоматизація технологічних процесів» / Є.В. Шаповалов. – Київ, 2006. – 19 с.

Информационные технологии и технические средства позволяют обеспечить необходимое качество выполнения технологических операций путем мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий. Для надлежащего выполнения мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий разработанная классификация систем мониторинга, которая наглядно демонстрирует целесообразность использования того или другого способа мониторинга при выполнении определенной технологической операции.

Точное земледелие, мониторинг, технические средства.

Information technologies and hard wares allow to provide necessary quality of implementation of technological operations by monitoring of the state of agricultural lands. For the proper implementation of monitoring of the state of agricultural lands the developed classification of the systems of monitoring, which evidently demonstrates expedience of the use of that or other method of monitoring at implementation of definite technological operation.

Exact agriculture, monitoring, hardware.

КАТАЛІЗАТОРИ РЕАКЦІЙ У ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА З РОСЛИННИХ ОЛІЙ І ТВАРИННИХ ЖИРІВ

М.М. Муштрук, здобувач
Ю.Г. Сухенко, доктор технічних наук
В.Ю. Сухенко, кандидат технічних наук

Охарактеризовані перспективні напрямки застосування каталізаторів реакцій у виробництвах дизельного біопалива з рослинних олій і технічних тваринних жирів, приведена їх класифікація та способи застосування.

Каталізатор, каталіз, вибірковість дії, кислоти, луги, оксиди, ферменти, реакція.

Постановка проблеми. Широкомасштабне промислове виробництво дизельного біопалива в Україні тільки розпочинається. На ринку періодично з'являється ряд нових каталізаторів для виробництва дизельного біопалива. Іноді їх ефективність сумнівна, а отримане біопаливо не відповідає існуючим вітчизняним і зарубіжним стандартам якості. Теоретичні і практичні засади класифікації і умов використання каталізаторів у виробництвах дизельного біопалива досліджені недостатньо.

Аналіз останніх досліджень. Каталізатор – речовина, яка збільшує швидкість хімічних реакцій (найчастіше знижуючи енергію активації реагентів), а сама, після проходження реакції, залишається хімічно незмінною і в тій же кількості, що й до реакції. На молекулярному рівні каталізатори вступають в хімічну реакцію в одних елементарних актах і відновлюються в інших. При практичному застосуванні ці речовини все ж зазнають змін внаслідок різноманітних побічних процесів.

Каталізаторами можуть бути різні речовини і в будь-якому агрегатному стані (твердому, рідкому та газоподібному). Основними їх характеристиками є каталітична активність та вибірковість дії. Каталізатори, які прискорюють плин хімічних реакцій в сотні і навіть тисячі разів називають позитивними, а ті, які уповільнюють перетворення реагентів, називають негативними (інгібіторами) [1]. Саме явище зміни швидкості хімічної реакції під впливом каталізатора називають каталізом, а реакції, що відбуваються під впливом каталізатора – каталітичними.

Вибір якісного каталізатора має важливе значення для сталого проходження процесу переестерифікації рослинних і тваринних жирів у дизельне біопаливо. Вченими досить ретельно досліджені лужні, кислотні, гомогенні, гетерогенні, ферментативні та інші каталізатори. Лужні каталізатори, такі як гідроксид натрію і калію, найчастіше використовують у процесах виробництва дизельного біопалива, тому що вони ефективні при відносно низьких температурах реакцій. Кислотні каталізатори використовують рідше, через деяку уповільненість їх дії.

Основними перевагами використання кислот і гетерогенних (твердих) каталізаторів є їх відносно низька вартість, і в деяких випадках, задовільна продуктивність, але вони інтенсифікують переестерифікацію жирів за наявності значного надлишку алкоголю, що може призвести до технічних труднощів при його регенерації і очищенні палива. Недоліком гомогенних каталізаторів є їх висока чутливість до наявності у жирах вільних жирних кислот (ВЖК) та води, в результаті чого реагенти омилюються. Лужні каталізатори краще підходять для переестерифікації тригліцеридів, а кислотні – для естерифікації ВЖК [2].

Загальною перевагою гетерогенних каталізаторів є можливість їх повторного використання та простота відокремлення від продуктів реакції. Крім того, вони не утворюють мила, дають більшу продуктивність, а також спрощують очищення гліцерину (99% чистого гліцерину проти 75% при гомогенному каталізі). Вони мають високу стійкість до води і ВЖК, які зажди присутні у сировині. Разом з тим, застосування гетерогенних каталізаторів у виробництвах дизельного біопалива вимагає більших енергозатрат, ніж при використанні гомогенних каталізаторів, зокрема, забезпечення високої температури і тиску для проходження реакції [2].

Перспективними є технології виробництва біопалива, засновані на використанні ферментного каталізу, при якому реалізуються більш помірні умови реакції, застосовуються нижчі спирти, забезпечується простіше відновлення продуктів реакції і краща сумісність процесу з навколишнім середовищем, у порівнянні з застосуванням хімічних каталізаторів (гомогенних чи гетерогенних). Разом з тим, собівартість ліпази, яка є найбільш вивченим і перспективним каталізатором у реакції переестерифікації жирів, на порядок вища, ніж лужних каталізаторів. Тому технології з використанням ферментів все ще перебувають на стадії дослідження та оптимізації процесів.

Мета досліджень. Обґрунтування умов і способів застосування різних видів каталізаторів і каталітичних систем для

естерифікації і переестерифікації рослинних і тваринних жирів у дизельне біопаливо.

Результати досліджень. Виконані нами аналітичні дослідження з використанням великої кількості літературних джерел дозволили класифікувати каталізатори для виробництва дизельного біопалива і окреслити умови їх використання. Ми не претендуємо на повноту цієї класифікації, але впевнені, що вона буде доречною в умовах зародження виробництва і ринку дизельного біопалива в Україні.

Гомогенні каталізатори. Переестерифікація тригліцеридів гомогенними каталізаторами є найбільш поширеним процесом у промисловому виробництві дизельного біопалива через низьку їх вартість і високий вихід ефірів при помірних температурах і відносно малих термінах проходження реакції. Гідроксиди та оксиди металів алко – оксиди і карбонати знайшли широке застосування. З огляду на вартість і доступність, NaOH і KOH використовуються найчастіше. Алко – оксиди дорожчі від гідроксидів і з ними важче працювати, тому що вони гігроскопічні. Загальні обмеження у використанні лужних каталізаторів пов'язані з якістю сировини, у якій загальний вміст ВЖК не повинен перевищувати 0,5% – 1% за масою, інакше неминуча реакція омилення реагентів значно ускладнює виробництво і очищення дизельного біопалива.

В роботі [3] досліджувався вплив лужних каталізаторів на переестерифікацію жирів тваринного походження. Було встановлено, що каталізатор NaOH забезпечив значно кращий результат, ніж NaOMe. Крім того, була необхідна вища концентрація NaOMe відносно NaOH (0,5% і 0,3%) для отримання максимальної конверсії жирів у відповідний складний ефір. Відомі дослідження реакцій метанолізу ріпакової олії за різних концентрацій лужних каталізаторів (NaOH, KOH, NaOMe і KOME), температур реакції і молярних співвідношень спирту та олії [4]. Результати показали, що існують значні відмінності у виході продукту при застосуванні цих каталізаторів. Каталізатори на основі калію забезпечували кращі результати у реакціях, ніж каталізатори на основі натрію. Вони сприяли більш високому виходу біопалива. Вартість метоксиду калію і натрію в п'ять-шість разів вища, ніж вартість гідроксидів калію і натрію, а тому, за відсутності води і низькому рівні в сировині, останнім треба надавати перевагу. Збільшення температури реакції до 60° С позитивно впливає на переестерифікацію, але також збільшує омилення гідратованих компонентів.

Збільшення молярного співвідношення метанол/олія позитивно впливає на проходження реакції, гальмуючи омилення суміші реагентів, але до деякої межі. Кількість мила зменшується зі

збільшенням молярного співвідношенні від 3:1 до 4,5:1, але зростає, коли молярне співвідношення збільшується з 4,5:1 до 6:1. Концентрація ж каталізатора практично не впливала на швидкість реакції.

Автори роботи [5] досліджували вплив мікрохвильового нагрівання реагуючої суміші на переестерифікацію бавовняної олії з використанням каталізаторів NaOH і KOH. Результати експериментів показали, що СВЧ-нагрівання значно зменшує час реалізації реакції з 30 хвилин (для звичайної нагрівальної системи) до 7 хв.

Гомогенні кислотні каталізатори. Такі каталізатори більш ефективні, ніж лужні, у разі естерифікації ВЖК, але проявляють інертність в реакціях переестерифікації тригліцеридів. Кислотно-каталітична переестерифікація проходить приблизно в 4000 разів повільніше, ніж аналогічна реакція з використанням лужних каталізаторів [6], а тому потребує більш жорстких умов проведення високої – температури і тиску. Переваги кислотних каталізаторів – низька чутливість до вологості сировини і відсутність омилення реагуючої суміші. Кислотні каталізатори можуть бути використані в реакції переестерифікації сировини, що містить підвищений вміст ВЖК, наприклад, відходів олій та жирів з закладів ресторанного господарства. Вони також можуть бути використані для виробництва дизельного біопалива в два етапи: перший – забезпечить естерифікацію ВЖК, а другий – переестерифікацію жирів лугом.

Показовими є дослідження кислотно-каталітичної естерифікації ВЖК безводним і гідратованим етанолом і метанолом. При використанні метанолу було виявлено, що сірчана кислота є добрим каталізатором і забезпечує вихід ефіру більший за 90% при терміні реакції 1 год. за температури 130° С. Реакція естерифікації з використанням безводного етанолу пройшла з аналогічними результатами. Навіть невелика кількість сірчаної кислоти (0,01%) помітно сприяє швидшому проходженню реакції.

Гетерогенні каталізатори. Висока енергоємність і повільна взаємодія каталізаторів з реакційною сумішшю спонукали дослідників до вивчення і застосування гетерогенних каталізаторів. Використання таких каталізаторів не призводить до утворення мила в реакторах для виробництва біопалива. Крім того, застосування твердих каталізаторів може покращувати стабільність процесу естерифікації та переестерифікації жирів, виключити проблеми корозії обладнання, гарантувати екологічну безпеку виробництва. Разом з тим, використовують гетерогенні каталізатори не так часто, як гомогенні, тому що для проведення реакцій у їх присутності потрібні підвищені температури і тиску. Відмітимо, що дифузійні процеси можуть також обмежувати реакційні поверхні твердих

каталізаторів, що негативно впливає на швидкість реакцій. Таким чином, повнота використання всієї реакційної площі пористої структури цих матеріалів визначає ефективність каталізу. Перспективними для застосування можуть бути цеоліти [7]. Серед великої кількості каталізаторів цеоліти є найбільш вивченими неорганічними твердими каталізаторами для виробництва дизельного біопалива шляхом переестерифікації жирів. Оксиди цеолітів забезпечують іонообмін у реакціях переестерифікації тригліцеридів і навіть можуть у деякій мірі нейтралізувати гідратну вологу. Проблемою у застосуванні гетерогенних каталізаторів є їх поступова дезактивація через коксування, спікання і вилугування. Особливо гострою вона стає тоді, коли процес виробництва палива проходить з застосуванням відпрацьованих олій та жирів. Найбільш небезпечним є вилугування каталізатора, яке не тільки збільшує експлуатаційні витрати на виробництво палива через необхідність заміни каталізатора, але також призводить до забруднення кінцевого продукту іонами металів та здорожчання його очищення. Часткове розчинення каталізатора може спровокувати зворотну реакцію, що різко зменшує вихід палива.

Гетерополюоксиди та гетерополюкислоти. У роботі [8] досліджували використання гетерогенного каталізатора $\text{Cs}_{2.5}\text{H}_{0.5}\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ для виробництва метилових ефірів жирних кислот з касторової олії та технічних тваринних жирів. Застосування цього каталізатора забезпечує майже той самий результат в оптимальних умовах реакції, як і у випадку каталізу, гідроксидом натрію або сірчаною кислотою, але з двома перевагами – можливостями вилучення каталізатора, його регенерації і повторного використання. Переваги цієї каталітичної системи ще і в тому, що реакція можлива при кімнатній температурі, а її каталітична активність не залежить від вмісту ВЖК або води у вихідній сировині, причому час проходження реакції зменшується..

Можливе також використання гетерополюкислот типу $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ для каталізу реакції переестерифікації відходів харчових олій з високим вмістом ВЖК і води [9]. Такий каталізатор виявився дуже перспективним в реакціях переестерифікації відходів рослинних олій та тваринних жирів і забезпечив вихід метилового ефіру на рівні 87%, а при перетворенні довгих ланцюгів пальмітинової кислоти вихід ефіру досягнув 97%. Каталізатор і надлишок метанолу може бути легко вилучений з кінцевого продукту простою перегонкою. Каталітична активність його майже не залежить від вмісту вільних жирних кислот та води у відпрацьованих рослинних оліях, а переестерифікація відбувається при порівняно

низьких температурах (65° С) і помірному співвідношенні метанол/олія (7:1).

Сульфати цирконію і оксиди металів. Сульфати цирконію мають високу активність у процесах переестерифікації пальмової і кокосової олій та технічних тваринних жирів. При використанні 1 % каталізатора за температури 200° С вихід метилового ефіру перевищив 90% [10].

Оксиди цирконію, алюмінію і олова також є перспективними каталізаторами у реакціях переестерифікації соєвої олії. Реакція проводилась за температури 175° С. Всі три каталізатори показали досить високу активність і (вихід палива наблизився до ~ 100%) [10].

Іонообмінні смоли та іммобілізовані сульфоксиди. Гетерогенні тверді каталізатори для виробництва дизельного біопалива з відпрацьованих олій і технічних тваринних жирів можуть бути отримані шляхом неповної карбонізації вуглеводів: D-глюкози, цукрози, целюлози, крохмалю тощо [11]. Цим каталізаторам притаманна висока ефективність, вони можуть бути виготовлені з вторинної сировини, а їх вартість близька до вартості кислотних каталізаторів. Каталізатори з трансформованих вуглеводнів ефективні, ніж сульфати цирконію, і забезпечують більший вихід метилових ефірів у перетвореннях відходів відпрацьованих ресторанних і технічних тваринних жирів, які містять до 30 %, мас ВЖК у дизельне біопаливо. В оптимальних умовах реакції каталізатор, отриманий з крохмалю, зберіг можливість високого виходу ефіру (до 93%) навіть після 50 циклів повторного використання.

Автори роботи [12] досліджували процес отримання дизельного біопалива з рослинних олій з використанням комерційно доступних полімерних сульфокислот та іонообмінних смол. Каталізатор Amberlyst-15 показав найкращі результати серед всіх досліджених іонообмінних смол. Подібні каталітичні системи більш активні, ніж гомогенні каталізатори.

Двохметалеві ціанідові комплекси. Fe-Zn ціанідові комплекси – відносно дешеві і ефективні каталізатори. Гідрофобний характер цих каталізаторів та наявність окисненого Zn призвели до високої активності в переестерифікації тригліцеридів з одночасною естерифікацією ВЖК.. Такі каталізатори легко отримати з водних розчинів $ZnCl_2$ і $K_4Fe(CN)_6$ [13].

Гідротальциди. Гідротальциди і гідротальцидо подібні з'єднання подвійних гідроксидів мають загальну молекулярну формулу $[(M_x^{2+}) - (M_x^{3+})(OH)_{2(x+y)}]A_{y/n}^{n-} \cdot mH_2O$. Ці системи мають середню і сильну основність за рахунок присутності кисневої групи.

У роботі [14] досліджували серію гідротальцидів типу $[(\text{Mg}_{(1-x)}^{2+})\text{Al}_x(\text{OH})_2]^{x+}(\text{CO}_3)_{x/n}^{2-}]$. Такі матеріали є ефективними катализаторами рідинно - фазової переестерифікації і які збільшують швидкість реакційних перетворень. Перетворення тригліцеридів у метиловий ефір відбувалося відразу без індукційного періоду і супутнього утворення дигліцеридів.

Лужні оксиди металів. У роботі [15] досліджена переестерифікація ріпакової олії з метанолом, яка проводиться за високої реакційної площі ($3,0 \text{ м}^2/\text{г}$) оксиду магнію. Цей катализатор виявився особливо ефективним: при молярному співвідношенні метанол/олія/(жир) 6:1. Вихід палива наближався до 80% через 1 год. реакції.

Досить значною виявилась також активність оксиду кальцію у реакції переестерифікації ріпакової олії з метанолом. Попередня обробка CaO метанолом перетворило його в $\text{Ca}(\text{OCH}_3)_2$, який і був застосований для інтенсифікації реакції. Потім гліцерино – кальцієвий комплекс, що утворився завдяки реакції катализатора з гліцерином, був застосований в якості основного катализатора. При оптимальних умовах реакції (0,1 г CaO , 3,9 г метанолу, 15 г олії або тваринного жиру, час реакції 1,5 год. при кімнатній температурі), було отримали 90% метилового ефіру.

Нерозчинні та іммобілізовані солі металів і гідроксидів. Автори роботи [16] досліджували переестерифікацію соєвої олії з використанням катализаторів $\text{Na}/\text{NaOH}-\text{Al}_2\text{O}_3$. Результати дії цього катализатора аналогічні дії гомогенного катализатором NaOH . При молярному співвідношенні метанол/олія 9:1 у присутності катализатора $\text{Na}/\text{NaOH}-\text{Al}_2\text{O}_3$ був отриманий вихід дизельного біопалива більший за 90% вже через 2 год. реакції за температури 60°C .

Доведено [16], що процес переестерифікації триолеїнів з метанолом може бути проведений за температури 60°C з використанням алюмінію, поєданого з лужними солями металів. Ця група катализаторів не чутлива до наявності води у реагуючій суміші. Вихід палива наближався до 94%.

Тверді органічні основи. Солі Ni , Cu , Cd , La , Fe , Zn і солі деяких амінокислот, а особливо ті, які містять групи четвертинного амонію або гуанідину, виявили добру каталітичну активність. Наприклад, при метанолізі пальмової олії та технічних тваринних жирів з цинком в якості катализатора, вихід ефірів становив 90% через 200 хв. реакції за температури 135°C і тиску 5 бар [17].

Лужні оксиди широкої дії. Лужні катализатори у вигляді мезопористих твердих речовин були успішно використані в процесі переестерифікації соняшникової і касторової олій з метанолом та

етанолом [18]. Ці каталізатори були виготовлені на основі оксиду кальцію та пористого кремнію. Зразки, що містили 14 % CaO , були найбільш активними при проведенні дослідів, проблеми вилугування каталізатора майже не існувало, а вихід етилових ефірів був на рівні 96%.

Лужно – земельні алкоксиди. За допомогою лужно – земельних алкоксидів можна також успішно каталізувати реакцію переестерифікації. Автори роботи [19] досліджували переестерифікацію ріпакової олії з використанням метоксиду кальцію, який має сильні основні властивості і добру термічну стабільність. Він проявив відмінну каталітичну активність і стабільність у переестерифікації соєвої олії та технічного тваринного жиру з метанолом, при співвідношенні метанол/олія(жир) 1:1 і додаванні 2% $\text{Ca}(\text{OCH}_3)_2$, при 65°C . Час реакції склав близько 2 год., а вихід палива був на рівні 97%. Такий каталізатор зберігає свої властивості навіть після повторного використання у 20 – ти циклах.

Етилат кальцію також досліджувався в якості каталізатора для переестерифікації соєвої олії та тваринного технічного жиру з метанолом і етанолом. Результати показали, що оптимальними умовами для успішного проходження реакції було молярне співвідношення метанол/олія 12:1, застосування 3% каталізатора $\text{Ca}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_2$, доведення температури реакції до 65°C , що дало можливість отримати 95% ефірів жирних кислот.

Ферменти. Існує багато проблем пов'язаних з використанням гомогенних каталітичних систем у процесах переестерифікації жирів: трудність видалення гліцерину з каталізатора, високі затрати електроенергії, необхідність попередньої обробки сировини, що містить ВЖК або велику кількість води. Ці проблеми можуть бути зняті за умови використання каталізаторів – ферментів. Такі ферментативні каталізатори, наприклад, ліпази здатні ефективно впливати на процес переестерифікації тригліцеридів, проявляють високу стійкість по відношенню до ВЖК та води [20]. Були запатентовані декілька зразків каталітичних ліпаз для виробництва дизельного біопалива з різної сировини, а саме: соєвої, соняшникової, пальмової, кокосової та рисової олій, суміші рослинних олій з жирами та технічних жирів тваринного походження.

Ферментативний каталіз має деякі недоліки: можливість неочікуваної дезактивації ферментів, низьку швидкість реакції і малу конверсію каталізатора. Наприклад, дія іммобілізованих ферментів у реакціях відключається за відсутності полярних сполук, таких як вода і метанол. Більше того, ферменти є значно дорожчими, ніж звичайні хімічні каталізатори.

Проаналізувавши попередні дослідження і зробивши висновок про низьку ефективність метанолізу з використанням ліпаз і неможливість їх повторного використання, автори роботи [21] розробили поетапну систему метанолізу жирів з іммобілізованими ліпазами *Candida*. Вони припустили, що проблема пов'язана з необоротною інактивацією ліпази у контакті з концентрованим метанолом, який присутній у реакційній суміші. Щоб уникнути дезактивації перший крок метанолізу був проведений при 30° С в сумішах з олією. У молярному еквіваленті це 1/3 необхідної кількості метанолу і 4% іммобілізованої ліпази у масі реакційної суміші. Перетворення олії у естери було близьким до 33,1% за 7 год. На другому етапі до реакційної суміші додавали 33% MeOH. Через 10 год. реакції вихід ефіру становив 66,4%. На третьому етапі додавали ще раз 33 % MeOH в реактор. Після контролю вмісту реагентів у суміші через 24 год., термін реакції був збільшений ще на 24 год. Через 48 год., проходження реакції вихід метилового ефіру склав 97,3%.

Дослідження впливу рН реакційної суміші, на доцільне молярне співвідношення реагентів і температуру реакції переестерифікації ріпакової олії (з вмістом ВЖК 0,3% і кислотним числом 0,6 мгКОН/г) з каталізом іммобілізованою ліпазою показали, що вихід метилового ефіру зростає зі збільшенням молярного співвідношення олія/метанол від 1:1 до 1:6. Був отриманий вихід палива близький до 85,8%. Подальше збільшення такого молярного співвідношення призвело до значного зниження продуктивності процесу. Було також встановлено, що температура у 40° С є оптимальною для реакції, тому що активність ферменту різко знижується за температур вищих 50° С.

Переестерифікація в альтернативних розчинниках. Більшість каталітичних систем переестерифікації (гомогенних, гетерогенних, ферментативних) побудовані на процесах масопередачі реагентів через рідину. Пов'язані з масообміном обмеження зазвичай знижують швидкість і ефективність реакцій. Відомо декілька способів інтенсифікації реакцій, які підсилюють масоперенос або спрощують розподіл реагентів і каталізаторів – це фазовий або молярний каталіз з використанням альтернативних розчинників (іонних рідин, надкритичних флюїдів, тощо).

Альтернативні розчинники, у поєднанні з технологією надкритичного метанолізу (350° С і 30-40 МПа), широко застосовуються для метанолізу жирів [22]. Одною з переваг надкритичних флюїдів є їх висока дифузійна проникність, а їх густина наближається до густини рідини. У реакції переестерифікації не відбувається поділу фаз, якщо вона проводиться у

надкритичному метанолі, що робить цю систему ідеальною у подоланні обмежень масообміну. У процесах переестерифікації надкритичним метанолом дизельне біопаливо може бути отримане навіть за відсутності каталізатора. Цей ефективний і простий у застосуванні спосіб дозволяє отримати вихід ефіру більший за 98% всього за декілька хвилин реакції без застосування каталізатора. Іншими перевагами цієї системи є поведінка метанолу, який не реагує на присутність води і ВЖК.

Висновки

1. Технології виробництва дизельного біопалива з використанням лужних каталізаторів прості в практичній реалізації, економічно ефективні, потребують досить короткого терміну для проходження реакції переестерифікації і дозволяють отримати високий вихід продукту.

2. Ефективність лужних гомогенних каталізаторів обмежується характеристиками сировини, яка не повинна містити води і ВЖК.

3. За допомогою поєднання кислотних каталізаторів естерифікації з лужними каталізаторами переестерифікації жирів можна вирішити проблеми переробки сировини з високим вмістом ВЖК.

4. Гомогенні каталізатори можуть бути замінені гетерогенними для запуску процесу переестерифікації і унеможливлення омилення реакційної суміші.

5. Перспективні нові композиції каталізаторів – цеолітів, гідротальцидів, мезоструктурованих оксидів з різним кислотно – лужним балансом та поліпшеною пористою структурою зі збільшеною реакційною площею, які стабілізують умови реакцій перетворення різноманітної жирової сировини у дизельне біопаливо.

6. Використання ферментів сприяє впровадженню енергетично вигідного, низькотемпературного процесу переестерифікації з мінімальними збитками для навколишнього середовища, при якому переестерифікація тригліцеридів і естерифікація ВЖК можуть відбуватися в одному реакторі, що суттєво знижує вимоги до вимог якості сировини.

7. Надкритичні флюїдні технології хоча і є досить ефективним, але потребують досить великих капітальних затрат на обладнання, а тому, на нашу думку, вони навряд чи знайдуть широке розповсюдження у масовому виробництві дизельного біопалива.

Список літератури

1. Прокофьева Л. Ю. Использование биоприоритетных ПАВ в пищевых отраслях промышленности. Масла и жиры [Текст] / Л.Ю. Прокофьева, В. А. Панкратов. – Москва: 2002. – № 4. – С. 1–2.

2. *Белый А.С.* Кинетика и катализ [Текст] / *А.С. Белый.* – Тирасполь: 2010. – 587 с.
3. *Freedman B.I.* American Oil Chemistry [Текст] / *Freedman B.I., Pryde E. H., Mounts T. L.,* – J. Soc., 1984, - № 67, – 1638 p.
4. *Singh A. P.* Appl. Eng. Agr. [Текст] / *Singh, A. P. B. B. He, J. H. Van Gerpen,* – М.: 2006. - № 22, – 597 p.
5. *Azcan N.* Fuel 2008 [Текст] / *N. Azcan, A. Danisman //,-S.:2007,* – p. 1781.
6. *Aranda D. A.,* Catalis chemistry / *D. A. Aranda, R. T. Santos, N. C. Tapanes,* - Lett. 2008, - № 122, – 20 p.
7. *Островский Н.М.* Кинетика гетерогенных катализаторов [Текст] / *Н.М. Островский* – М.: Наука, 2001. – 167 с
8. *Bioechnolgy* [F. Cao, Y. Chen, F. Zhai та ін.] – Bioeng.: 2008, – 93 p.
9. *Carnahan B.* Applied Numerical Methods [Текст] / *B. Carnahan, H. A. Luthersy, O. JAMES;* –NY.: Editorial John Wiley & Sons 1999.
10. *S. Furuta, H. Matsushashi, K. Arata, Catalysts.* [Текст] / *S. Furuta, H. Matsushashi, K. Arata,* - Commun. 2004, - № 5, – 721 p.
11. *Green Chemistry* [M. H. Zong, Z. Q. Duan, W. Y. Lou та ін.] – Bioeng.: 2010, – 193 - 194 p.
12. *Applied Oil Chemistry* [S. C. Dos Reis, E. R. Lachter, R. S. Nascimento, J. Rodrigues та ін.] - Soc.: 2005, – 661 p.
13. *Srivastava R.,* Catalyst and catalysis [Текст] / *R. Srivastava, D. Srinivas, P. Ratnasamy,* – Min.: 2006. – 34 p.
14. *Xie W.* Mol. catalyst and catalysis catalyst and catalysis [Текст] /*W. Xie, H. Peng, L. Chen,* - A. Chem.: 2006., – 24 p.
15. *Leclercq E.* Applied Oil Chemistry [Текст] / *E. Leclercq, A. Finiels, C. Moreau* - Soc.: 2001, - № 78, – 1161 p.
16. *Catalyst and catalysis* [L. Bournay, D. Casanave, B. Delfort та ін.] Today 2005, - № 106, – 190 p.
17. *Omota F.,* Chemistry English [Текст] / *F. Omota, A. C. Dimian, A. Blied,* - Sci.: 2003, – 375 p.
18. *Noureddine H.* Kinetics of Transesterification animal fat of oil [Текст] / *H. Noureddine, D.Y. Zhu // JAOCS* - 1997. – № 11, – P. 1457-1461.
19. *Lipid science technology* [S. K. F. Peter, R. Ganswindt, H. P. Neuner та ін.] - R.: 2002., – 324 p.
20. *Liu X.,* Energy Fuels [Текст] / *X. Liu, X. Piao, Y Wang, S. Zhu* - B.: 2008., - № 22, – 1313 p.
21. *Saka S.* Energy Fuels [Текст] / *S. Saka, D. Kusdiana //,* - М.: 2001, - № 80, – 225 p.
22. *Пат. 6509487 США, МПК⁷ C 11 C 3/00.* Process for produsing lower alkyl fatty esters / *Tatsumi Nobuhiro, Katayama Takanobu, Tabata Osamu, Mimura Taku, Fukuoka Noriaki, Yamamoto Katsutoshi;* Kao Corp. — № 09/989409; Заявл. 21.11.2001; Оpubл. 21.01.2003.

Охарактеризованы перспективные направления применения катализаторов реакций в производствах дизельного биотоплива из растительных масел и технических животных жиров, приведена их классификация и способы применения.

Катализатор, катализ, избирательность действия, кислоты, щелочи, оксиды, ферменты, реакция.

We characterize the promising areas of the catalysts in the reactions of biodiesel production from vegetable oils and animal fats technology, given their classification and methods of application.

The catalyst, catalysis, selectivity, acids, alkalis, oxides, enzymes, reactions.

УДК 631.363.004

ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ «ЛЮДИНА-МАШИНА»

А.В. Новицький, З.В. Ружило, кандидати технічних наук

В статті проведено аналіз наукових досліджень спрямованих на забезпечення надійності машин, як систем «людина-машина». Сформовані основні напрями забезпечення надійності систем.

Машина, система, надійність, оператор.

Постановка проблеми. Аналіз основних тенденцій розвитку сучасних складних технічних систем «Людина-Машина» (СТС «ЛМ»), до яких відноситься сільськогосподарська техніка показує, що дані системи мають цілий ряд особливостей, серед яких можна виділити наступні: наявність елементів, підсистем та зв'язків між ними; ієрархія і можливість структурного відображення; багатофункціональність і невизначеність технічного стану на протязі всіх життєвих циклів; багатоваріантність реалізації функцій управління на кожному з її рівнів; залежність надійності СТС від надійності компонент «Машина» та «Людина-оператор».

Аналіз останніх досліджень. Однією з основних особливостей сучасних СТС «ЛМ» є те, що їх параметри і структура можуть змінюватись під дією об'єктивних і суб'єктивних факторів, а це вказує на необхідність забезпечення необхідної їх надійності і є одним з важливих напрямків підвищення ефективності їх функціонування. Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва, особливо високотехнологічні і тривалого використання, потребують послуг технічного сервісу, тобто комплексу робіт з технічного обслуговування і ремонту машин.

Одним із перспективних напрямів забезпечення надійності СТС є розвиток інженерно-технічної служби аграрних підприємств та підприємств технічного сервісу, залучення заводів-виробників машин

А.В. Новицький, З.В. Ружило, 2013

We characterize the promising areas of the catalysts in the reactions of biodiesel production from vegetable oils and animal fats technology, given their classification and methods of application.

The catalyst, catalysis, selectivity, acids, alkalis, oxides, enzymes, reactions.

УДК 631.363.004

ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ «ЛЮДИНА-МАШИНА»

А.В. Новицький, З.В. Ружило, кандидати технічних наук

В статті проведено аналіз наукових досліджень спрямованих на забезпечення надійності машин, як систем «людина-машина». Сформовані основні напрями забезпечення надійності систем.

Машина, система, надійність, оператор.

Постановка проблеми. Аналіз основних тенденцій розвитку сучасних складних технічних систем «Людина-Машина» (СТС «ЛМ»), до яких відноситься сільськогосподарська техніка показує, що дані системи мають цілий ряд особливостей, серед яких можна виділити наступні: наявність елементів, підсистем та зв'язків між ними; ієрархія і можливість структурного відображення; багатофункціональність і невизначеність технічного стану на протязі всіх життєвих циклів; багатоваріантність реалізації функцій управління на кожному з її рівнів; залежність надійності СТС від надійності компонент «Машина» та «Людина-оператор».

Аналіз останніх досліджень. Однією з основних особливостей сучасних СТС «ЛМ» є те, що їх параметри і структура можуть змінюватись під дією об'єктивних і суб'єктивних факторів, а це вказує на необхідність забезпечення необхідної їх надійності і є одним з важливих напрямків підвищення ефективності їх функціонування. Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва, особливо високотехнологічні і тривалого використання, потребують послуг технічного сервісу, тобто комплексу робіт з технічного обслуговування і ремонту машин.

Одним із перспективних напрямів забезпечення надійності СТС є розвиток інженерно-технічної служби аграрних підприємств та підприємств технічного сервісу, залучення заводів-виробників машин

А.В. Новицький, З.В. Ружило, 2013

і обладнання в систему реалізації, ремонту і технічного обслуговування своєї продукції в гарантійний і післягарантійний періоди експлуатації.

На думку вчених і спеціалістів різних галузей економіки [2, 5, 6, 9], одним із принципів в структурних перетвореннях для забезпечення надійності машин та обладнання (СТС «ЛМ») повинно стати забезпечення заводами і підприємствами-виготовлювачами гарантійного терміну служби, ефективне використання проданої техніки на протязі всього періоду їх експлуатації у споживача, включаючи утилізацію. Заводи і підприємства-виготовлювачі повинні вирішувати питання забезпечення своїх виробів нормативно-технічною документацією, запасними частинами, післягарантійним обслуговуванням і навчання кваліфікованих кадрів.

Підвищення ефективності системи забезпечення надійності машин та обладнання в значній мірі залежать від підготовленості керівників і фахівців до сучасних новітніх технологій ТО, ремонту і тенденцій розвитку економіки. Значний внесок в організаційно-методичні основи підготовки кадрів внесли роботи вчених [1, 2, 6, 7].

Мета досліджень. Вирішення цих складних завдань організації і управління в забезпеченні надійності СТС «ЛМ» орієнтує інженерно-технічну службу аграрних та сервісних підприємства на розробку довготривалої стратегії.

Результати досліджень. Ця стратегія повинна враховувати кон'юнктуру ринку і стан машин, особливості формування ринку послуг і розміщення підприємств, підготовки і підвищення кваліфікації персоналу. Домінуюче місце в цій стратегії повинна займати технологічна підготовка підприємства, яка здатна швидко реагувати на зміну номенклатури послуг з ТО і ремонту. В сьогоденних умовах технологічна підготовка виробництва – це сукупність заходів, які забезпечують технологічну готовність підприємства і визначається наявністю на них повних комплектів технологічної документації, засобів технологічного оснащення і кваліфікованих кадрів, необхідних для виконання заданих об'ємів сервісних робіт з відповідними техніко-економічними показниками.

Компоненти «Машина» і «Людина-оператор» розглядаються як складові СТС «ЛМ», ефективне функціонування яких є необхідною умовою досягнення заданого рівня надійності. Однією з поширених ситуацій еволюції розвитку представленої СТС «ЛМ» можуть бути події, коли з часом, в процесі експлуатації при загальному природному старінні СТС переходить в непрацездатний стан в результаті відмови складової «Машина» або ж складової «Людина-оператор». Тоді, граф станів і переходів такої СТС можна представити наступною схемою (рис. 1).

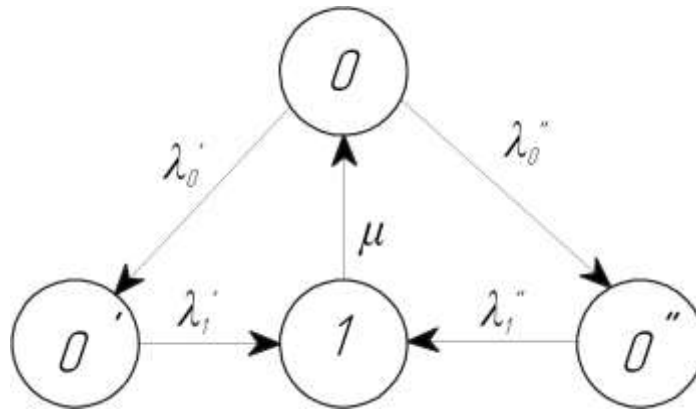


Рис. 1. Граф станів і переходів системи СТС «ЛМ»: «0» – працездатний стан; «1» – непрацездатний стан (усунення відмов оператора та усунення відмов машини); «0'» – проміжний (фіктивний стан) старіння оператора; «0''» – проміжний (фіктивний стан) старіння машини $\lambda_0', \lambda_0'', \lambda_1', \lambda_1''$ - інтенсивності відмов складових; μ - інтенсивність відновлень складових.

СТС «ЛМ» починає роботу з працездатного стану «0». Цей стан характеризується тим, що складові «Машина» і «Людина-оператор» знаходяться в працездатному стані. З часом, в процесі експлуатації, в результаті морального і фізичного «старіння» складова «Машина» переходить в непрацездатний (фіктивний) стан «0''». В процесі «старіння» техніки ускладнюються відмови, зростає їх трудомісткість і час на їх відновлення. Складова СТС «ЛМ» «Людина-оператор» також не залишається без змін і може перейти в непрацездатний (фіктивний) стан «0'». Такий перехід СТС «ЛМ» дає можливість прослідкувати поведінку складових. Він можливий завдяки введенню в опис системи фіктивних станів «0''» та «0'» для спрощення вирішення завдання математичної формалізації функціонування СТС, для випадку коли інтенсивності її переходів із стану в стан є величинами змінними [1]. Причин цього переходу компоненти «Людина-оператор» в непрацездатний стан кілька. Перш за все, при надходженні нової машини, оператор починає знайомиться з її конструкцією, особливостями експлуатації, ТО і ремонту. Саме це є причиною зменшення ймовірності безвідмовної роботи системи під впливом оператора в період припрацювання та встановлений період нормальної роботи. Цей період затягується ще довше, якщо кваліфікація оператора недостатня, або ж якщо оператор часто змінює вид робіт. Іншою причиною може бути низька кваліфікація оператора, яка затримує своєчасне усунення відмов при втраті працездатності або ж не забезпечує якість проведення сервісного обслуговування.

Наступними кроками є перехід складових «Машина» і «Людина-оператор» в стан «1» – непрацездатний стан СТС (стан усунення відмов людини-оператора та відмов машини).

Перераховані причини призводять до зниження показників надійності складової «Машина» [8] та показників надійності складової «Людина-оператор» [4]: ймовірність безпомилкової роботи оператора, своєчасність вирішення завдання та ймовірність виправлення помилки оператором. Тобто відбувається зниження професійно-психологічного рівня або ж «старіння» оператора.

Досвід використання сільськогосподарської техніки показує, що одним із резервів підвищення професійно-психологічного рівня «людини-оператора» є якісна підготовка та підвищення кваліфікації працівників. Тобто рівень надійності СТС «ЛМ» можна підвищити не лише шляхом проведення ремонтно-профілактичних робіт, але й шляхом удосконалення складової «Людина-оператор».

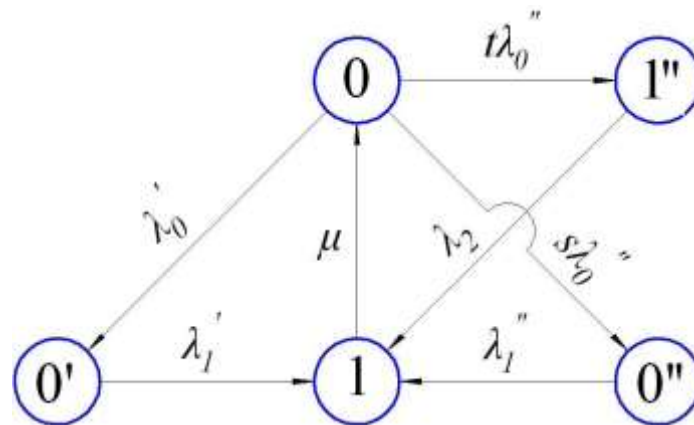


Рис. 2. Граф станів і переходів СТС «ЛМ» для «старіючих» машин і операторів, які підвищують свій професійно-психологічний рівень: «0» – працездатний стан; «1» – непрацездатний стан (усунення відмов оператора та усунення відмов машини); «0'» – проміжний (фіктивний стан) «старіння» машини; «0''» – проміжний (фіктивний стан) «старіння» оператора; «1''» - проміжний (фіктивний стан) підвищення свого професійно-психологічного рівня оператором; $\lambda_0, \lambda_0', \lambda_0'', \lambda_1, \lambda_1''$ - інтенсивності відмов складових; μ - інтенсивність відновлень складових.

Граф станів і переходів СТС «ЛМ» для «старіючих» машин і операторів, які підвищують свій професійно-психологічний рівень можна представити на рис. 2. Робота такої СТС «ЛМ» починається з положення «0», що відповідає працездатному стану системи, коли обидві складові «Л» і «М» знаходяться в працездатному початковому положенні. Припустимо, що з часом, при поступовому

старінні СТС проходить накопичення відмов складових «Л» і «М» і вони можуть перейти в один із фіктивних станів «0''» для «Л» або ж «0'» для «М». З положення «0» СТС «ЛМ» може перейти в стан «1''» - проміжний (фіктивний стан) підвищення оператором свого професійно-психологічного рівня.

Зі стану «1''» СТС переходить в непрацездатний стан «1», тобто стан усунення відмов людини-оператора та усунення відмов машини. Покращення свого стану людина-оператор може досягти шляхом навчання: первинної професійної підготовки, перепідготовки, підвищення кваліфікації.

Для кількісного опису представлених на рис. 1 та рис. 2 графів станів і переходів складені диференційні рівняння динамічного балансу для ймовірностей станів СТС «ЛМ», для розв'язку використані метод Крамера та метод Гауса [1, 9].

Це ще раз вказує на те, що для забезпечення необхідного рівня надійності СТС «ЛМ» машин та обладнання сільськогосподарського виробництва та їх складових, необхідно сформувати довготривалу стратегію функціонування інженерно-технічної служби та сервісних підприємств, організаційно-методичні основи її забезпечення.

Практичним підтвердженням теоретичних пошуків і формування резервів у забезпеченні надійності СТС «ЛМ» можуть бути дослідження стану показників якісного складу та первинної професійної підготовки, перепідготовки, підвищення кваліфікації за окремими видами економічної діяльності, включаючи сільське господарство [3]. Вказані показники працівників за видами економічної діяльності у Київській області у 2012 р. представлені в таблиці 1 [3]. Аналіз таблиці 1 вказує на недостатній рівень первинної професійної підготовки і перепідготовки працівників у сільському господарстві. В цілому, у 2012 р., в Київській області облікова кількість штатних працівників за різними видами економічної діяльності становила 383312 осіб, а навчено новим професіям (первинна професійна підготовка, перепідготовка) 11049 осіб, що складає 2,9%. В той же час, в сільському господарстві, мисливстві та пов'язаних послугах облікова кількість штатних працівників становить 35245 осіб, а навчено новим професіям (первинна професійна підготовка, перепідготовка) 153 особи, що складає 0,4%. Тобто, це в 7 разів менше, ніж навчено новим професіям в цілому по всіх галузях.

Аналіз якісного складу та підвищення кваліфікації працівників сільського господарства, мисливства та пов'язаних послуг у Київській області в 2012 р. представлено в таблиці 2 [3]. Статистичний аналіз представлених даних вказує на дуже низький

рівень підвищення кваліфікації працівників сільського господарства у розрізі наступних категорій: керівники – 0,3%; професіонали, фахівці - 0,3%; технічні службовці - 0,3%; кваліфіковані та інші робітники – 1,1%; робітники, які підвищили кваліфікаційний розряд – 0,9%.

1. Якісний склад та професійне навчання працівників за видами економічної діяльності Київської області в 2012 р.

Назва	Облікова кількість штатних працівників на кінець року	Кількість працівників, які мають вищу освіту за освітніми рівнями		Навчено новим професіям (первинна професійна підготовка, перепідготовка)					
		Неповна та баз вища освіта	Повна вища освіта	Усього	У % до облікової кількості штатних працівників	Безпосередньо на виробництві	У навчальних закладах різних типів	У тому числі	
								Професійно-технічних	Вищих (I-IV рівнів акредитації)
Усього	383312	83077	114136	11049	2,9	8647	2402	1955	447
Сільське господарство, мисливство та пов'язані послуги	35245	4257	4416	153	0,4	65	88	81	7
Державне управління	22226	5768	11705	325	1,5	204	121	52	69

При цьому слід відмітити, що значний відсоток працівників проходить підвищення кваліфікації не в навчальних закладах, а безпосередньо на виробництві, що не завжди позитивно впливає на якість підготовки. Особливо це стосується таких категорій працівників, як керівники, професіонали, фахівці та технічні службовці.

Висновок. Таким чином, можна стверджувати, що для досягнення необхідного рівня надійності СТС «ЛМ» слід більше уваги приділити вивченню та розвитку її складової «Людина-оператор». Проблема ефективного використання даної складової набуває особливої актуальності в останні роки, коли на український ринок інтенсивно надходять сучасні багатоопераційні машини, які

потребують висококваліфікованих інженерів, операторів, механізаторів, водіїв та спеціалістів сервісної служби. Комплекс заходів з професійної підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації працівників повинен лягти в основу довготривалої стратегії забезпечення надійності СТС «Людина-Машина», якими є машини та обладнання сільськогосподарського виробництва.

2. Якісний склад та підвищення кваліфікації працівників сільського господарства, мисливства та пов'язаних послуг у Київській області в 2012 р.

	Облікова кількість штатних працівників на кінець року	Підвищили кваліфікацію			
		Усього	У % до облікової кількості штатних працівників	Безпосередньо на виробництві	У навчальних закладах
Сільське господарство, мисливство та пов'язані послуги	35245	695	2,0	337	358
- керівники	-	89	0,3	11	78
- професіонали, фахівці	-	116	0,3	38	78
- технічні службовці	-	107	0,3	70	37
- кваліфіковані та інші робітники	-	383	1,1	218	165
- робітники, які підвищили кваліфікаційний розряд	-	312	0,9	173	139

Список літератури

1. *Бойко А.І.* Математичне моделювання системи «людина-машина» при накопиченні відмов/ А.І. Бойко, А.В. Новицький // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків, ХНТУСГ, 2013. – Вип. 134. – С. 75 - 79.
2. *Быков В.В.* Методологические и технологические основы системы технического сервиса лесных машин: дис. ... доктора техн. наук: 05.21.01/ Быков Владимир Васильевич. – Москва, 2005. – 233 с.
3. *Звіт* про кількість працівників, їхній якісний склад та професійне навчання. Статистичний бюлетень. Відповідальні за випуск Панасенко О.М., Якубчук Н.І. – К., Головне управління статистики у Київській області, 2012. – 9 6 с.
4. *Новицький А.В.* Методичні підходи оцінки надійності людини-оператора, як складової систем «людина-машина-середовище»/ А.В. Новицький, З.В. Ружилю, О.А. Новицька // ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків, ХНТУСГ, 2013. – Вип. 133. – С. 243 – 248.
5. *Овчинникова Н.И.* Надежность технологических систем «человек-машина-среда» в растениеводстве: на примере обработки почвы и уборки урожая: дис. ... доктора техн. наук: 05.20.03/ Овчинникова Наталья Ивановна. – Иркутск, 2001. – 426 с.

6. Поздняков В.Д. Повышение надежности и эффективности функционирования операторов механизированных процессов животноводства: автореф. дис. на соискание научн. степени доктора техн. наук: 05.20.01/ Поздняков Василий Дмитриевич. – Оренбург, 2006. – 363 с.
7. Роговський І.Л. Вплив показників надійності на періодичність технічного обслуговування сільськогосподарських машин / І.Л. Роговський // Motrol, motoryzacja i energetyka rolnictwa motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – Vol. 13B. – С. 92 – 97.
8. Ушаков И.А. Надежность технических систем. Справочник / И.А. Ушаков. – М.: Радио и связь, 1985. – 606 с.
9. Храмов Н.В. Надежность отремонтированных автотракторных двигателей / Н.В. Храмов // М.: Росагропромиздат, 1989. – 159 с.

В статье проведен анализ научных исследований направленных на обеспечение надежности машин, как систем «человек-машина». Сформированы основные направления обеспечения надежности систем.

Машина, система, надежность, оператор.

The paper analyzes research to ensure the reliability of machines, systems as «man-machine». Formed the main directions of reliability systems.

Machine, system reliability, operator.

УДК 517.926

ІТЕРАЦІЙНИЙ АЛГОРИТМ ПОБУДОВИ РОЗВ'ЯЗКІВ СЛАБОНЕЛІНІЙНОЇ КРАЙОВОЇ ЗАДАЧІ З ІМПУЛЬСНОЮ ДІЄЮ (НЕКРИТИЧНИЙ ВИПАДОК)

Р.Ф. Овчар, кандидат фізико-математичних наук

Отримано достатню умову існування розв'язків слабонелінійних некритичних крайових задач з імпульсною дією. Запропоновано збіжний ітераційний алгоритм їх побудови.

Крайова задача, імпульсна дія, узагальнений оператор Гріна, метод простих ітерацій.

Постановка проблеми. Стаття містить матеріал, який зацікавить спеціалістів в області теорії крайових задач і нелінійних коливань і буде сприяти розвитку конструктивних чисельно-аналітичних методів вивчення крайових задач.

© Р.Ф. Овчар, 2013

6. Поздняков В.Д. Повышение надежности и эффективности функционирования операторов механизированных процессов животноводства: автореф. дис. на соискание научн. степени доктора техн. наук: 05.20.01/ Поздняков Василий Дмитриевич. – Оренбург, 2006. – 363 с.
7. Роговський І.Л. Вплив показників надійності на періодичність технічного обслуговування сільськогосподарських машин / І.Л. Роговський // Motrol, motoryzacja i energetyka rolnictwa motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – Vol. 13B. – С. 92 – 97.
8. Ушаков И.А. Надежность технических систем. Справочник / И.А. Ушаков. – М.: Радио и связь, 1985. – 606 с.
9. Храмов Н.В. Надежность отремонтированных автотракторных двигателей / Н.В. Храмов // М.: Росагропромиздат, 1989. – 159 с.

В статье проведен анализ научных исследований направленных на обеспечение надежности машин, как систем «человек-машина». Сформированы основные направления обеспечения надежности систем.

Машина, система, надежность, оператор.

The paper analyzes research to ensure the reliability of machines, systems as «man-machine». Formed the main directions of reliability systems.

Machine, system reliability, operator.

УДК 517.926

ІТЕРАЦІЙНИЙ АЛГОРИТМ ПОБУДОВИ РОЗВ'ЯЗКІВ СЛАБОНЕЛІНІЙНОЇ КРАЙОВОЇ ЗАДАЧІ З ІМПУЛЬСНОЮ ДІЄЮ (НЕКРИТИЧНИЙ ВИПАДОК)

Р.Ф. Овчар, кандидат фізико-математичних наук

Отримано достатню умову існування розв'язків слабонелінійних некритичних крайових задач з імпульсною дією. Запропоновано збіжний ітераційний алгоритм їх побудови.

Крайова задача, імпульсна дія, узагальнений оператор Гріна, метод простих ітерацій.

Постановка проблеми. Стаття містить матеріал, який зацікавить спеціалістів в області теорії крайових задач і нелінійних коливань і буде сприяти розвитку конструктивних чисельно-аналітичних методів вивчення крайових задач.

© Р.Ф. Овчар, 2013

Результати досліджень. Нехай $\text{rank } Q = n$. Іншими словами, припустимо, що однорідна крайова задача з імпульсною дією

$$\dot{z} = A(t)z, t \neq \tau_i, \quad \Delta z|_{t=\tau_i} = S_i z, \quad t, \tau_i \in [a, b], i \in \mathbb{Z} \quad (1)$$

$$lz = 0 \quad (2)$$

не має розв'язків, крім тривіального. Тоді породжуюча крайова задача

$$\dot{z} = A(t)z + f(t), t \neq \tau_i, \quad \Delta z|_{t=\tau_i} = S_i z + a_i, \quad \tau_i \in [a, b], i \in \mathbb{Z} \quad (3)$$

$$lz = \alpha, \quad \alpha \in \mathbb{R}^m, t \in [a, b] \quad (4)$$

при тих і тільки тих $f(t) \in C([a, b] / \{\tau_i\}_I)$, $a_i \in \mathbb{R}^n, \alpha \in \mathbb{R}^m$, для яких справедлива умова

$$P_{Q_d^*} \left\{ \alpha - l \int_a^b K(\cdot, \tau) f(\tau) d\tau - l \sum_{i=1}^p \bar{K}(\cdot, \tau_i) a_i \right\} = 0, d = m - n, \quad (5)$$

має єдиний розв'язок

$$z_0(t) = \left(G \begin{bmatrix} f \\ a_i \end{bmatrix} \right) (t) + X(t) Q^+ \alpha, \quad (6)$$

який будемо називати породжуючим для крайової задачі з імпульсною дією

$$\begin{cases} \dot{z} = A(t)z + f(t) + \varepsilon Z(z, t, \varepsilon), & t \neq \tau_i \in [a, b], \\ \Delta z|_{t=\tau_i} - S_i z(\tau_i - 0) = a_i + \varepsilon J_i(z(\tau_i - 0, \varepsilon), \varepsilon), & i = 1, \dots, k, \\ lz = \alpha + \varepsilon J(z(\cdot, \varepsilon), \varepsilon). \end{cases} \quad (7)$$

Тут $\left(G \begin{bmatrix} f \\ a_i \end{bmatrix} \right) (t)$ – узагальнений оператор Гріна крайової задачі (3), (4), який визначається за формулою

$$\begin{aligned} & \left(G \begin{bmatrix} f \\ a_i \end{bmatrix} \right) (t) \stackrel{\text{def}}{=} \\ & \left[\int_a^b K(t, \tau) * d\tau - X(t) Q^+ l \int_a^b K(\cdot, \tau) * d\tau, \sum_{i=1}^p \bar{K}(t, \tau_i) * -X(t) Q^+ l \sum_{i=1}^p \bar{K}(\cdot, \tau_i) * \right] \begin{bmatrix} f(\tau) \\ a_i \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Нас цікавить розв'язок $z(t, \varepsilon)$ крайової задачі з імпульсною дією (7), кусково- неперервно диференційований по t розривами першого роду при $t = \tau_i$, неперервний по $\varepsilon \in [0, \varepsilon_0]$ і який обертається при $\varepsilon = 0$ в породжуючий розв'язок $z_0(t)$ (6). Тому, виконуючи в крайовій задачі (7) заміну змінних

$$z(t, \varepsilon) = z_0(t) + x(t, \varepsilon), \quad (8)$$

для відхилення $x = x(t, \varepsilon)$ від породжуючого розв'язку $z_0(t)$ отримаємо наступну крайову задачу з імпульсною дією:

$$\begin{cases} \dot{x} = A(t)x + \varepsilon Z(z_0 + x, t, \varepsilon), & t \neq \tau_i, \\ \Delta x|_{t=\tau_i} = S_i x(\tau_i - 0) + \varepsilon I_i(z_0 + x, \varepsilon), \\ lx = \varepsilon l(z(\cdot) + x(\cdot, \varepsilon), \varepsilon). \end{cases} \quad (9)$$

Будемо шукати умову існування та алгоритм побудови розв'язку $x(t, \varepsilon)$:

$x(\cdot, \varepsilon) \in C^1([a, b]/\{\tau_i\}_I)$, $x(t, \cdot) \in C[0, \varepsilon_0]$ і який обертається в нульовий при $\varepsilon = 0$ крайової задачі (9). Розглядаючи нелінійності $Z(z_0 + x, t, \varepsilon)$, $I_i(z_0 + x, \varepsilon)$,

$I_i(z_0(\cdot) + x(\cdot, \varepsilon), \varepsilon)$ формально як неоднорідності, отримаємо, що задача (9) розв'язна тоді і тільки тоді, коли нелінійності $Z(z_0 + x, t, \varepsilon)$, $I_i(z_0 + x, \varepsilon)$,

$I_i(z_0(\cdot) + x(\cdot, \varepsilon), \varepsilon)$ належать до класу вектор-функцій і до класу вектор-функціоналів, відповідно, для яких виконується умова

$$P_{Q_\alpha^*} \left\{ I(z(\cdot, \varepsilon), \varepsilon) - l \int_a^b K(\cdot, \tau) Z(z, \tau, \varepsilon) d\tau - l \sum_{i=1}^p \bar{K}(\cdot, \tau_i) I_i(z(\tau_i - 0, \varepsilon), \varepsilon) \right\} = 0, \alpha = m - n. \quad (10)$$

При цій умові розв'язок $x(t, \varepsilon)$ крайової задачі (9) єдиним чином зображується у вигляді

$$x(t, \varepsilon) = \varepsilon X(t) Q^+ I(z_0(\cdot) + x(\cdot, \varepsilon), \varepsilon) + \varepsilon \left(G \left[\begin{array}{c} Z(z_0(\tau) + x(\tau, \varepsilon), \tau, \varepsilon) \\ I_i(z_0(\tau_i - 0) + x(\tau_i - 0, \varepsilon), \varepsilon) \end{array} \right] \right) (t) \quad (11)$$

де

$$\left(G \left[\begin{array}{c} Z(z_0(\tau) + x(\tau, \varepsilon), \tau, \varepsilon) \\ I_i(z_0(\tau_i - 0) + x(\tau_i - 0, \varepsilon), \varepsilon) \end{array} \right] \right) (t) \stackrel{\text{def}}{=} \left(\int_a^b K(t, \tau) * d\tau - X(t) Q^+ l \int_a^b K(\cdot, \tau) * d\tau, \sum_{i=1}^p \bar{K}(\cdot, \tau_i) * -X(t) Q^+ l \sum_{i=1}^p \bar{K}(\cdot, \tau_i) * \right) \left[\begin{array}{c} Z(z_0(\tau) + x(\tau, \varepsilon), \tau, \varepsilon) \\ I_i(z_0(\tau_i - 0) + x(\tau_i - 0, \varepsilon), \varepsilon) \end{array} \right] (t) - \text{узагальнений оператор Гріна крайової задачі (9)}.$$

Система (11) належить до класу систем, для розв'язання яких застосовується метод простих ітерацій і на основі метода мажорантних рівнянь Ляпунова запропоновані ефективні способи відшукування оцінок області збіжності метода – оцінок знизу верхньої межі інтервалу значень ε , при яких ітераційний процес збігається до шуканого розв'язку. Застосовуючи до системи (11) метод простих ітерацій, отримуємо для відшукування розв'язку $x(t, \varepsilon)$ наступний алгоритм:

$$\begin{aligned} x_{k+1}(t, \varepsilon) = & \varepsilon X(t) Q^+ I(z_0(\cdot) + x_k(\cdot, \varepsilon), \varepsilon) + \\ & \varepsilon \left(G \left[\begin{array}{c} Z(z_0(\tau) + x_k(\tau, \varepsilon), \tau, \varepsilon) \\ I_i(z_0(\tau_i - 0) + x_k(\tau_i - 0, \varepsilon), \varepsilon) \end{array} \right] \right) (t), \quad (12) \\ & k = 0, 1, \dots; x_0 = 0. \end{aligned}$$

Оцінки області збіжності ітераційного процесу (12), а також оцінки наближених розв'язків проводяться методом скінченних мажорантних рівнянь Ляпунова. Проте при вказаних умовах на узагальнений оператор Гріна $\left(G \left[\begin{array}{c} * \\ * \end{array} \right] \right) (t)$ завжди можна задати таке $\varepsilon = \varepsilon_*$, що при $\varepsilon \in [0, \varepsilon_*]$ ітераційний процес (12) збігається. Тому для

знаходження умов розв'язності крайової задачі з імпульсною дією (9) достатньо визначити умови зведення її до операторної системи (11). Таким чином, справедлива наступна теорема.

Теорема. Нехай крайова задача з імпульсною дією (7) задовольняє вказаним вище умовам, а породжуюча крайова задача з імпульсною дією (3), (4) має при $\text{rank } Q = n$ і умові (5) єдиний породжуючий розв'язок $z_0(t)$ (6). Крайова задача з імпульсною дією (9) розв'язна тоді і тільки тоді, коли нелінійності $Z(z_0 + x, t, \varepsilon)$, $I_i(z_0 + x, \varepsilon)$, $I(z_0(\cdot) + x(\cdot, \varepsilon), \varepsilon)$ задовольняють (10). При цій умові (9) має єдиний розв'язок $x(t, \varepsilon): x(\cdot, \varepsilon) \in C^1([a, b]/\{\tau_i\}_I)$, $x(t, \cdot) \in C[\varepsilon]$, $\varepsilon \in [0, \varepsilon_*]$ і який обертається в нульовий при $\varepsilon = 0$. Цей розв'язок можна знайти за допомогою збіжного на $[0, \varepsilon_*]$ ітераційного процесу (12).

Враховуючи заміну змінних (8) можна стверджувати, що крайова задача з імпульсною дією (7) розв'язна тоді і тільки тоді, коли виконується умова (10). При цій умові задача (7) має єдиний розв'язок $z(t, \varepsilon): z(\cdot, \varepsilon) \in C^1([a, b]/\{\tau_i\}_I)$, $z(t, \cdot) \in C[\varepsilon]$, $\varepsilon \in [0, \varepsilon_*]$ і який обертається при $\varepsilon = 0$ в породжуючий розв'язок $z_0(t)$ (6). Цей розв'язок визначається за допомогою ітераційної формули

$$z_{k+1}(t, \varepsilon) = z_0(t) + x_{k+1}(t, \varepsilon), k = 0, 1, 2, \dots; \varepsilon \in [0, \varepsilon_*],$$

в якій $x_{k+1}(t, \varepsilon)$ знаходиться із (12).

Висновок. Розглядається некритичний випадок ($\text{rank } Q = n$). Крайова задача з імпульсною дією (7) розв'язна тоді і тільки тоді, коли виконується умова (10). Запропоновано ітераційну формулу для знаходження розв'язків таких задач при виконанні цієї умови.

Список літератури

1. Самойленко А.М. Дифференциальные уравнения с импульсным воздействием // А.М. Самойленко, Н.А. Перестюк. — К.: Вища шк.; 1987. — 287 с.
2. Бойчук А.А. Конструктивные методы анализа краевых задач // А.А. Бойчук. — К.: Наук. думка; 1990. — 96 с.
3. Самойленко А.М. Линейные нетеровы краевые задачи для дифференциальных систем с импульсным воздействием // А.М. Самойленко, А.А. Бойчук. — Укр. мат. журн.; 1992, №4. — С. 564-568.
4. Самойленко А.М. Периодические решения слабонелинейных систем с импульсным воздействием // А.М. Самойленко, Н.А. Перестюк // Дифференц. уравнения. — 1978, №16. — С. 1034-1045.

Получены достаточные условия существования решений слабонелинейных некритических краевых задач с импульсным воздействием. Предложено сходящийся итерационный алгоритм их построения.

Краєва задача, імпульсна дія, узагальнений оператор Грина, метод простих ітерацій.

Sufficient conditions for existence of non-critical solutions slabonelineynyh boundary value problems with impulse action. The convergent iterative algorithm for their construction.

Boundary value problem, impulsive action, generalized Green's operator, the method of simple iteration.

УДК 631.171.075.3

МЕТОДОЛОГІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

***І.Л. Rogovskiy, кандидат технічних наук
О.В. Дубровіна, здобувач***

В статті представлено результати аналітичних досліджень та опису факторів впливу на надійність машин в системі їх технічного обслуговування.

Надійність, машина, технічне обслуговування.

Постановка проблеми. В сучасних умовах економне витрачання палива, електричної енергії, трудових ресурсів і, особливо, їх непродуктивної витрати, яка виникає при недовикористанні ресурсу сільськогосподарських машин і їх складових частин в агропромисловому комплексі, є однією з актуальних задач науки [1]. Неналежна увага до оцінки технічного стану машин при введенні в їх експлуатацію призводить до виникнення і появи умов непрацездатного стану [2] та передчасного відправлення сільськогосподарських машин в ремонт [3]. Це, в свою чергу, спричинює витрати коштів і, особливо, перевитрати енергії. Те саме стосується і відсутності вхідного контролю деталей, які формують обмінний фонд господарства для усунення несправностей [4]. Технічне забезпечення сільськогосподарського товаровиробника вимагає глибокого системного аналізу всіх його ланок на всіх рівнях [5]. Особливо це стосується управління виробництвом із забезпечення економії і безвідмовної експлуатації сільськогосподарських машин в період збирання врожаю [6].

У зв'язку з цим формування методологічних етапів обумовлена необхідністю створення системності під час розроблення адаптованої технології технічного обслуговування сільськогосподарських машин.

© І.Л. Rogovskiy, О.В. Дубровіна, 2013

Sufficient conditions for existence of non-critical solutions slaboneliniynyh boundary value problems with impulse action. The convergent iterative algorithm for their construction.

Boundary value problem, impulsive action, generalized Green's operator, the method of simple iteration.

УДК 631.171.075.3

МЕТОДОЛОГІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

***І.Л. Rogovskiy, кандидат технічних наук
О.В. Дубровіна, здобувач***

В статті представлено результати аналітичних досліджень та опису факторів впливу на надійність машин в системі їх технічного обслуговування.

Надійність, машина, технічне обслуговування.

Постановка проблеми. В сучасних умовах економне витрачання палива, електричної енергії, трудових ресурсів і, особливо, їх непродуктивної витрати, яка виникає при недовикористанні ресурсу сільськогосподарських машин і їх складових частин в агропромисловому комплексі, є однією з актуальних задач науки [1]. Неналежна увага до оцінки технічного стану машин при введенні в їх експлуатацію призводить до виникнення і появи умов непрацездатного стану [2] та передчасного відправлення сільськогосподарських машин в ремонт [3]. Це, в свою чергу, спричинює витрати коштів і, особливо, перевитрати енергії. Те саме стосується і відсутності вхідного контролю деталей, які формують обмінний фонд господарства для усунення несправностей [4]. Технічне забезпечення сільськогосподарського товаровиробника вимагає глибокого системного аналізу всіх його ланок на всіх рівнях [5]. Особливо це стосується управління виробництвом із забезпечення економії і безвідмовної експлуатації сільськогосподарських машин в період збирання врожаю [6].

У зв'язку з цим формування методологічних етапів обумовлена необхідністю створення системності під час розроблення адаптованої технології технічного обслуговування сільськогосподарських машин.

© І.Л. Rogovskiy, О.В. Дубровіна, 2013

Аналіз останніх досліджень. В теорії технічного обслуговування сільськогосподарських машин не вирішеною залишається задача об'єднання різнорідних технологічних операцій в один комплекс і формування єдиного циклу технічного обслуговування [7]. За цикл вбачається найменший, періодично повторюваний інтервал наробітку або часу експлуатації машин, за який виконуються в певній послідовності установлені всі види технічного обслуговування [8]. При цьому перспективність вбачається за методологією, яка дозволяє стосовно до конкретної машини, використовувати практичний досвід експлуатації машини із застосуванням методу основних робіт [9].

Мета досліджень. Узагальнити методологічні етапи розроблення технології технічного обслуговування сільськогосподарських машин.

Результати досліджень. Для розроблення технології технічного обслуговування (рис. 1) конкретної марки сільськогосподарської машини необхідно виконати наступні підготовчі етапи:

1. Ознайомитися з конструкторськими роботами з проектування і виробництва нової машини і виписати їх з календарного плану; встановити календарні терміни проектування і впровадження цієї машини, її призначення, конструктивні особливості (типи приводу, робочих органів, спосіб навіски), основні технологічні операції застосування і використання машини, обсяг виробництва, ймовірний завод-виробник та інші.

2. Підготувати експериментальну базу для проведення дослідницьких робіт із встановлення періодичності основних операцій технічного обслуговування, що визначають структуру правил технічного обслуговування машини. На даному етапі відповідальний виконавець повинен знаходитись в постійному контакті з конструкторською організацією з розроблення машини.

3. Зібрати матеріали за машиною в конструкторсько-проектній організації і заводах-виробниках, матеріали заводських і державних випробувань, ретельного інженерного аналізу роботи агрегатів і систем сільськогосподарської машини; технічного опису креслень, інструкцій, альбомів, технічних умов, виробничих інструкцій та інші; ознайомитися зі стандартами і директивними матеріалами.

4. Розробити мережевий графік проектування технології технічного обслуговування сільськогосподарської машини з вказівкою виконавців, обсягів робіт, термінів виконання окремих етапів.

5. До розроблення технології варто залучати фахівців, що добре знають конструкцію машин і які мають досвід з технології технічного обслуговування машин.

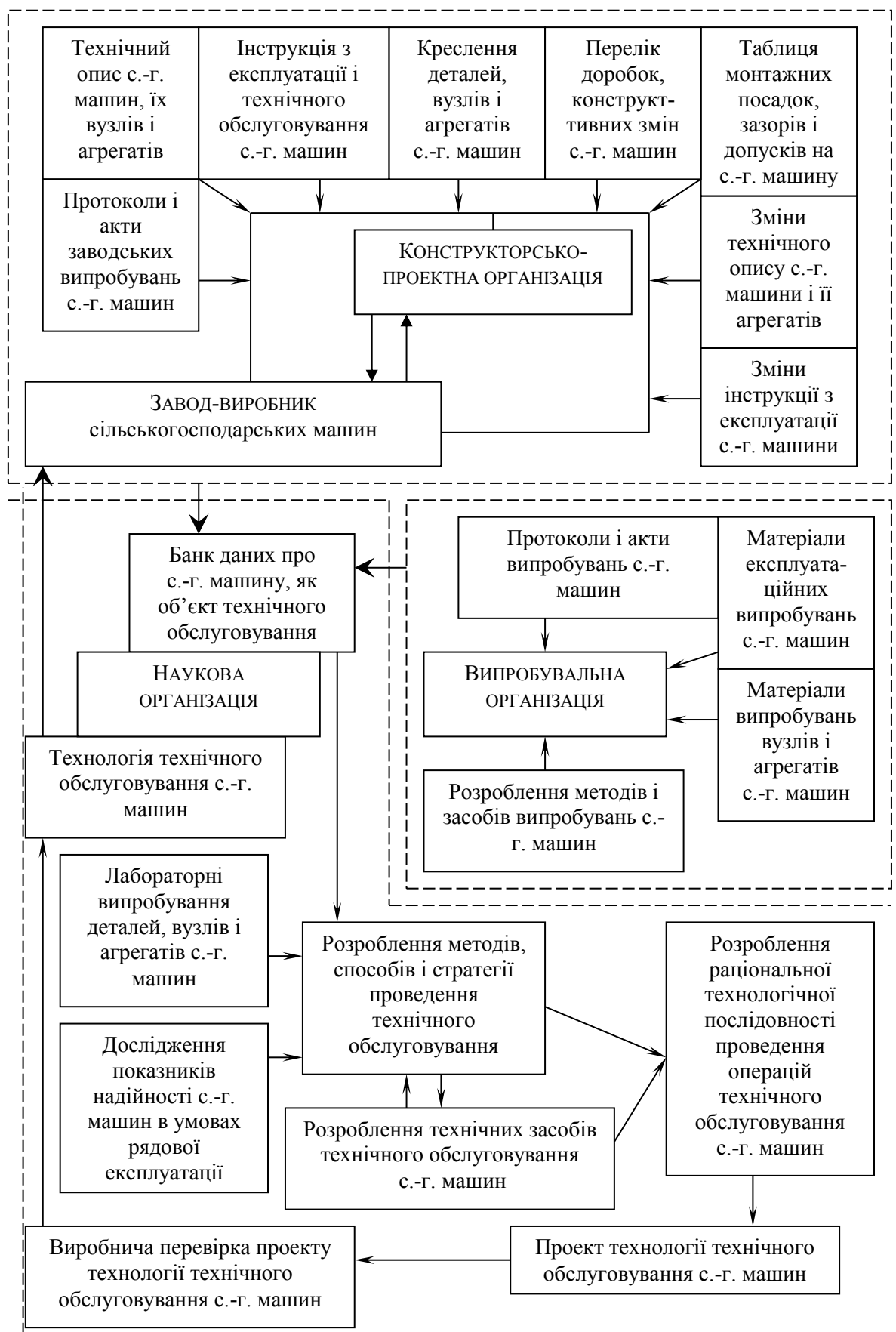


Рис. 1. Схема розроблення технології техобслуговування.

Перший варіант технології технічного обслуговування повинен бути розроблений до моменту проведення державних випробувань на машиновипробувальних станціях.

Оцінювання рівня розроблення технології технічного обслуговування проводиться з метою встановлення ефективності технологічних рішень і розроблення економічно-обґрунтованих заходів для досягнення конкурентного рівня технологічного процесу обслуговування машини.

Підвищення рівня досягається застосуванням нових типових технологічних процесів і уніфікованих технічних засобів; можливістю спеціалізації праці під час технічного обслуговування; застосуванням високопродуктивного устаткування, швидко переналагоджуваного для різних конструкцій машин; організацією робіт при технічному обслуговуванні на основі їх спеціалізації і централізації; впровадженню науково обґрунтованих нормативів і єдиних стандартних систем документації; якістю технологічних процесів.

Рівень розроблюваних технологій технічного обслуговування машин може бути оцінений наступними показниками згідно з таблицею 1. Величини узагальнених показників зіставляються з нормативними їх значеннями. Поряд із приведеними показниками оцінювання рівня розроблюваної технології визначають загальну трудомісткість і тривалість обслуговування однієї машини за даною технологією і показники надійності машини після обслуговування згідно з ДСТУ 2860-94.

1. Показники оцінювання рівня технологій технічного обслуговування машин.

Показник	Формула розрахунку	Прийняті позначення	Достатній рівень
Коефіцієнт застосування типових технологічних процесів технічного обслуговування, $K_{зтпто}$	$K_{зтпто} = \frac{N_{зтпт}}{N_{зазтп}}$	$N_{зтпт}$ - кількість застосованих типових технологічних процесів; $N_{зазтп}$ - загальна кількість застосованих технологічних процесів.	$K_{зтпт} \geq 0,8$
Коефіцієнт забезпечення нормативами для розроблення технології технічного обслуговування, $K_{зпрто}$	$K_{зпрто} = \frac{N_{нормат}}{N_{загнорматив}}$	$N_{норматив}$ - загальна кількість нормативів, які є на момент розроблення; $N_{загнорматив}$ - необхідна кількість нормативів.	$K_{зпрт} \geq 0,85$

Продовження табл. 1

Показник	Формула розрахунку	Прийняті позначення	Достатній рівень
Коефіцієнт стандартизації застосовуваних засобів для технічного обслуговування, $K_{сззто}$	$K_{сззто} = \frac{N_{сзто}}{N_{зто}}$	$N_{сзто}$ - загальна кількість стандартизованих засобів; $N_{зто}$ - загальна кількість засобів	$K_{сззто} \geq 0,75$
Коефіцієнт завантаження засобів технічного обслуговування, $K_{завзто}$	$K_{завзто} = \frac{N_{фрфчзто}}{N_{номрфч}}$	$N_{фрфчзто}$ - фактичний річний фонд часу одиниці засобу технічного обслуговування; $N_{номрфч}$ - номінальний річний фонд часу	$K_{завзто} \geq 0,8$
Коефіцієнт уніфікації технологічної документації, $K_{утдто}$	$K_{утдто} = \frac{N_{фдс}}{N_{дтто}}$	$N_{фдс}$ - кількість найменувань форм документів, які відповідають стандартам; $N_{фрфчзто}$ - загальна кількість найменувань документів, які застосовуються в технології техобслуговування	$K_{утдто} \geq 0,9$
Коефіцієнт технологічності конструкцій виробів, $K_{тквто}$	$K_{тквто} = \frac{N_{дпмз}}{N_{бп}}$	$N_{дпмз}$ - показник технологічності конструкторії виробів, який досягнуто в процесі проектування машини або після його завершення; $N_{бп}$ - базовий показник технологічності конструкції виробів, відносно якого відбувається порівняння	$K_{тквто} \geq 0,7$
Коефіцієнт використання часу працівниками, які виконують технічне обслуговування машини, $K_{вчпто}$	$K_{вчпто} = \frac{N_{фрфчп}}{N_{номрфчп}}$	$N_{фрфчп}$ - фактичний річний фонд часу працівників техобслуговування; $N_{номрфчп}$ - номінальний річний фонд часу працівників техобслуговування	$K_{вчпто} \geq 0,7$

Закінчення табл. 1

Показник	Формула розрахунку	Прийняті позначення	Достатній рівень
Коефіцієнт спеціалізації робіт при технічному обслуговуванні, $K_{срто}$	$K_{срто} = \frac{N_{срто}}{N_{ото}}$	$N_{срто}$ - загальна кількість операцій технічного обслуговування, які виконуються спеціалізовано; $N_{ото}$ - загальна кількість операцій технічного обслуговування машини	$K_{срто} \geq 0,75$
Коефіцієнт уніфікації технології технічного обслуговування машин, $K_{умто}$	$K_{умто} = \frac{N_{мтто}}{N_{омг}}$	$N_{мтто}$ - кількість марок машин, які техобслуговуються за даною технологією; $N_{омг}$ - загальна кількість однотипних (однакового призначення) машин в групі	$K_{умто} \geq 0,8$

При розробленні технологій технічного обслуговування машин повинні бути забезпечені висока ймовірність і точність даних, що приводяться в технології, тому що на підставі зазначених матеріалів розробляються технологічні процеси обслуговування, нараховується заробітна плата, плануються площі й устаткування для обслуговування машин. Необхідна вірогідність і точність даних забезпечується правильним вибором кількості об'єктів спостережень при заданому значенні коефіцієнтів варіації, відносній помилці і законів розподілу обумовлених величин. Якщо функція щільності ймовірності задана, то число N об'єктів спостережень визначають у залежності від відносної помилки δ середнього значення t_{cp} досліджуваної випадкової величини з довірчою ймовірністю β й очікуваною величиною коефіцієнта варіації V , (очікуваний коефіцієнт варіації визначають, як відношення емпіричного середнього квадратичного відхилення до середнього значення), яким зв'язаний з параметром b співвідношенням:

$$V = \frac{\sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{b}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{b}\right)}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right)}, \quad (1)$$

де $\Gamma(V)$ – гамма-функція, значення якої наведені в стандартних таблицях згідно з ДСТУ 2864-94.

Відносна помилка δ визначається з відомого виразу $\delta = \frac{t_{\epsilon} - \bar{t}}{\bar{t}}$,

де верхня одностороння довірча границя t_{ϵ} і середнє значення $\bar{t}$. Граничну величину відносної помилки δ при визначенні значень трудомісткості і витрати матеріалів приймають рівної 0,15, а величину коефіцієнта варіації при визначенні трудомісткості і витрати матеріалів – 0,5. Тоді мінімальне число об'єктів спостережень згідно з $(\delta + 1)^b = \frac{2 \cdot N}{\chi^2_{1-\beta, 2 \cdot N}}$ буде дорівнювати 24 за

вихідних умов: $\chi^2_{1-\beta, 2 \cdot N}$ задається в табличному виді згідно з ДСТУ 2862-94; величина довірчої імовірності β , приймаємо 0,9; відносна помилка 0,15; довірча імовірності 0,9; коефіцієнт варіації 0,5 закон розподілу Вейбулла.

При розробленні технологій технічного обслуговування сільськогосподарських машин рекомендується застосовувати такі методологічні рішення:

- для розроблення раціональної послідовності виконання технологічних операцій – методи мережевого планування і керування;
- для розроблення технологічних карт регулювання, контролю, пошуку несправностей – методи теорії графів;
- для визначення величин трудомісткості і витрати матеріалів – статистичні методи збору й обробки інформації, прогресивні методи нормування праці і матеріалів.

Висновок. В статті узагальнено методологічні етапи розроблення технології технічного обслуговування сільськогосподарських машин.

Список літератури

1. *Роговський І.Л.* Аналітичні положення стандартизації оцінки технічного рівня продукції сільськогосподарського машинобудування / *І.Л. Роговський* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2010. – Вип. 93 "Механізація сільськогосподарського виробництва. – С. 238–245.
2. *Роговський І.Л.* Технічні вимоги до гарантійного технічного обслуговування сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 3. – С. 286–291.
3. *Роговський І.Л.* Методи вирішення адаптивності системи технічного обслуговування сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський* // Motrol: Motorization and power industry in agriculture. – 2010. – Tom 12B. – P. 153-158.

4. *Роговський І.Л.* Достовірність контролю параметрів технічного стану сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський, О.М. Бистрий* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2011. – Вип. 166, ч. 1. – С. 93–99.
5. *Роговський І.Л.* Методика визначення ресурсу за динамікою зношування деталей зернозбиральних комбайнів / *І.Л. Роговський, О.М. Бистрий* // Праці Таврійської державного агротехнічного університету: Збірник наукових праць / Таврійський державний агротехнологічний університет. – Мелітополь, 2011. – Вип. 11, т. 1. – С. 171–176.
6. *Роговський І.Л.* Аналітичний формалізація мети системи технічного обслуговування сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський* // Праці Таврійської державного агротехнічного університету: Збірник наукових праць / Таврійський державний агротехнологічний університет. – Мелітополь, 2011. – Вип. 11, т. 1. – С. 177–183.
7. *Роговський І.Л.* Оцінка ефективності контролю параметрів технічного стану сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський* // Праці Таврійської державного агротехнічного університету: Збірник наукових праць / Таврійський державний агротехнологічний університет. – Мелітополь, 2009. – Вип. 9, т. 4. – С. 22–30.

В статье представлены результаты аналитических исследований и описания факторов влияния на надежность машин в системе их технического обслуживания.

Надежность, машина, техническое обслуживание.

In paper results of analytical researches and description of factors of agency on reliability of mashines in system of its maintenance service are presented.

Reliability, mashine, maintenance service.

УДК 631.363

УДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА ПОРІВНЯЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ ПОДРІБНЮВАЧІВ ЗЕРНОВИХ КОРМІВ

С.Є. Потапова, здобувач

Запропоновано варіант удосконалення методики порівняльного оцінювання машин для подрібнення зернових кормів.

Подрібнювачі зерна, продуктивність, енергоємність, ступінь подрібнення, коефіцієнт варіації.

Постановка проблеми. Для існування та розвитку галузі тваринництва важливе значення має раціональне використання

© С.Є. Потапова, 2013

4. *Роговський І.Л.* Достовірність контролю параметрів технічного стану сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський, О.М. Бистрий* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2011. – Вип. 166, ч. 1. – С. 93–99.
5. *Роговський І.Л.* Методика визначення ресурсу за динамікою зношування деталей зернозбиральних комбайнів / *І.Л. Роговський, О.М. Бистрий* // Праці Таврійської державного агротехнічного університету: Збірник наукових праць / Таврійський державний агротехнологічний університет. – Мелітополь, 2011. – Вип. 11, т. 1. – С. 171–176.
6. *Роговський І.Л.* Аналітичний формалізація мети системи технічного обслуговування сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський* // Праці Таврійської державного агротехнічного університету: Збірник наукових праць / Таврійський державний агротехнологічний університет. – Мелітополь, 2011. – Вип. 11, т. 1. – С. 177–183.
7. *Роговський І.Л.* Оцінка ефективності контролю параметрів технічного стану сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський* // Праці Таврійської державного агротехнічного університету: Збірник наукових праць / Таврійський державний агротехнологічний університет. – Мелітополь, 2009. – Вип. 9, т. 4. – С. 22–30.

В статье представлены результаты аналитических исследований и описания факторов влияния на надежность машин в системе их технического обслуживания.

Надежность, машина, техническое обслуживание.

In paper results of analytical researches and description of factors of agency on reliability of mashines in system of its maintenance service are presented.

Reliability, mashine, maintenance service.

УДК 631.363

УДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА ПОРІВНЯЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ ПОДРІБНЮВАЧІВ ЗЕРНОВИХ КОРМІВ

С.Є. Потапова, здобувач

Запропоновано варіант удосконалення методики порівняльного оцінювання машин для подрібнення зернових кормів.

Подрібнювачі зерна, продуктивність, енергоємність, ступінь подрібнення, коефіцієнт варіації.

Постановка проблеми. Для існування та розвитку галузі тваринництва важливе значення має раціональне використання

© С.Є. Потапова, 2013

кормової бази. У зв'язку з цим особливої значущості набуває розробка критеріїв і методів оцінки ефективності технологічних прийомів обробки кормової сировини, і вибору технічних засобів для їх здійснення

Однією з найбільш важливих і обов'язкових технологічних операцій підготовки кормів, і зокрема зерна, до згодовування є подрібнення [1]. У практиці кормоприготування процес подрібнення розглядається як процес руйнування зернових кормів з метою одержання продукту з оптимальною крупністю часток, необхідною для ефективного його використання.

Оптимальна крупність кормових часток визначається за науково обґрунтованими зоотехнічними рекомендаціями і залежить від біологічного виду та віку тварин і птиці, від виду зерна і характеру його використання (згодовування окремо чи в складі кормових сумішок або комбікормів) [1,2].

Висока якість подрібнення кормів забезпечується комплексом заходів, пов'язаних з удосконаленням машин-подрібнювачів, підвищенням вимог до керування процесом і контролю продуктів подрібнення.

Аналіз останніх досліджень. Основними параметрами процесу при подрібненні є, як відомо [3], продуктивність Q і питома енергоємність q (витрати енергії на одиницю продукції) обладнання

$$q = \frac{N_n}{Q}, \quad (1)$$

а також якість одержуваного продукту. Проте загальний рівень продуктивності не може бути визначним критерієм, так як визначається цілою низкою конструктивно-технологічних параметрів, в першу чергу – розмірами робочої камери та робочих органів, кінематичними режимами подрібнювачів, фізико-механічними та технологічними властивостями сировини, що переробляється.

Більш об'єктивним критерієм можна вважати продуктивність, що припадає на одиницю площі поверхні робочої камери. Питомі показники навантаження відображають повноцінність використання простору камери подрібнення, робочих органів машини і значною мірою визначають метало- та енергоємність процесу. Разом з тим, питома навантаження і енергоємність не враховують якості подрібнення.

Для порівняльного оцінювання технічних засобів застосовують показник енергоємності E_n з урахуванням досягнутого ступеня подрібнення:

$$E_n = \frac{q}{\lambda}, \quad (2)$$

де – N_p потужність, споживана на подрібнення (за вирахуванням втрат холостого ходу); λ – ступінь подрібнення матеріалу, що переробляється.

Але, і в цьому випадку енергетична оцінка здійснюється без урахування рівномірності гранулометричного складу продуктів подрібнення, що не повністю задовольняє умові підвищення ефективності використання кормів. Відомо, що зниження коефіцієнта варіації фракційного складу продукту при подрібненні кормової сировини на кожні 10% під час згодовування тваринам за технологічною ефективністю рівноцінне додатковому виробництву або економії 1-3% кормів. Тому для оцінки якісного аспекту процесу і засобів подрібнення, крім ступеня подрібнення матеріалу, або крупності кінцевого продукту, необхідно враховувати і рівномірність фракційного складу кормових частинок.

Під час комплексного оцінювання і порівняння варіантів енергетичну ефективність процесів і засобів подрібнення пропонується [3] визначати з урахуванням рівномірності фракційного складу кінцевого продукту наступним чином:

- в загальному випадку –

$$E_k = \frac{q}{\lambda(1 - \frac{v}{100})}; \quad (3)$$

- при однаковій крупності і нормованому значенні коефіцієнта варіації фракційного складу продукту –

$$E_p = q \frac{v}{v_n}, \quad (4)$$

де – E_k енергоємність процесу з урахуванням досягнутих ступеня подрібнення матеріалу, що переробляється, та рівномірності фракційного складу отриманого продукту (комплексний критерій); E_p – енергоємність процесу з урахуванням відповідності рівномірності продуктів подрібнення нормативним вимогам; u і u_n , відповідно, – фактичне і нормативне значення коефіцієнтів варіації фракційного складу подрібнених кормів.

Метою досліджень є визначення основних критеріїв оцінювання та вибір методики проведення комплексного порівняльного оцінювання засобів для подрібнення зернових кормів.

Результати досліджень. Для обґрунтування вибору того чи іншого варіанту конструкції подрібнювачів зерна необхідно, насамперед, визначитися із переліком критеріїв оптимізації для подальшої побудови цільової функції. Як було сказано вище, доцільним є комплексне оцінювання за показниками енергетичної ефективності процесу та якості отриманого продукту. Виділяють такі основні критерії та вимоги якісного подрібнення кормів [1]:

середньозважений розмір кормових часток має відповідати науково обґрунтованим зоотехнічним вимогам; коефіцієнт варіації фракційного складу продуктів подрібнення не повинен перевищувати 45-65%. Верхня межа рекомендується для дрібного та середнього помелів зерна, нижня – для крупного помелу.

Проте, крім крупності кінцевого продукту, та рівномірності їх фракційного складу необхідно враховувати і інші показники. Зокрема, незалежно від кінцевої крупності часток при подрібненні зернових кормів небажаним є утворення пиловидних фракцій (згідно вимог машиновипробувальних організацій, вона не повинна перевищувати 20%). Надмірне пилоутворення призводить до втрат корму, перевитрат електроенергії на процес подрібнення, зниження довговічності машин, та підвищення експлуатаційних витрат. Пиловидні часточки погано поїдаються тваринами та гірше засвоюються [1;4].

Обмежується також наявність цілих зерен у помелі фуражного зерна (0,3-0,5%), тобто не більше 6 зерен в 100 г подрібненого продукту.

Для здійснення порівняльної оцінки та вибору подрібнювача зерна пропонуємо використати *метод результуючого показника якості* [5]. Він заснований на формуванні узагальненого показника через інтуїтивне оцінювання впливу частинних показників якості $k_1, \dots, k_n$ на результуючу якість виконання системою її функцій. Оцінювання такого впливу даються групою фахівців – експертів, які мають досвід розробки подібних систем. Найбільше застосування серед результуючих показників якості одержали адитивний, мультиплікативний і мінімаксний показники.

За *адитивного* згортання результуючим показником є сума зважених нормованих частинних показників, у той час, як *мультиплікативне* згортання – це добуток нормованих показників, піднесених до степеня (показник степеня – ваговий коефіцієнт) [5;6].

При здійсненні багатокритеріальної порівняльної оцінки доцільно, на нашу думку, використовувати метод адитивного згортання показників. Використовується у тому випадку, коли критерії незалежні по значущості і їх можна виміряти в кількісній шкалі. Цільова функція має вигляд :

$$f = \sum_{i=1}^n c_i \bar{k}_i \rightarrow \text{extr} \quad (5)$$

де $\bar{k}_j$ – i -й окремий критерій оптимальності в нормованому вигляді, c_i – ваговий коефіцієнт значущості i -го певного критерію,

$$\sum_{i=1}^n c_i; c_i > 0; i = 1, \dots, n. \quad (6)$$

Величина вагового коефіцієнта значущості критеріїв c_i

визначається за формулою:

$$c_i = \frac{\sum_{j=1}^n \delta_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \delta_{ij}}, \quad (7)$$

де δ_{ij} – бальна оцінка значущості i -го критерію, яка дана j -м експертом i – тому значенню критерію; j – індекс експерта; i – індекс критерію.

Операція нормування дозволяє виключити вплив на інтегральну оцінку f одиниць вимірювання, величини інтервалу припустимих значень критеріїв, а також уточнює його екстремальність. Для введення нормованих значень показників якості $\bar{k}_1, \dots, \bar{k}_i$ використовують вираз [6]:

$$\bar{k}_i = \frac{k_i}{k_{i0}}, \quad (8)$$

де k_{i0} – деяке опорне (граничне) значення k_i -го показника якості.

Отже, для порівняння зернових подрібнювачів доцільним є вибір наступних змінних:

k_1 – питома енергоємність процесу, кВт·год/т;

k_2 – коефіцієнт варіації, %;

k_3 – вихід пиловидної фракції, %;

k_4 – кількість цілих (не подрібнених) зерен, %.

Такий вибір уможливорює класичну постановку задачі математичної оптимізації:

$$\left. \begin{array}{l} f(k_1, k_2, k_3, k_4) \rightarrow \min \\ \text{за умов} \\ k_1 < k_{10} \\ k_2 < k_{20} \\ k_3 < k_{30} \\ k_4 < k_{40} \end{array} \right\}, \quad (9)$$

де $k_{10} \dots k_{40}$ – граничні значення відповідних змінних,

$$k_{10} = 20 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{т}, k_{20} = 45\%, k_{30} = 20\%, k_{40} = 0,5\%.$$

Відповідно нормовані значення показників якості визначимо з виразів:

$$\bar{k}_1 = \frac{k_1}{20}, \bar{k}_2 = \frac{k_2}{45}, \bar{k}_3 = \frac{k_3}{20}, \bar{k}_4 = 2k_4.$$

Отримані нормовані значення є безрозмірними величинами.

Висновок. Визначені критерії та методика дозволяють здійснювати комплексну порівняльну оцінку процесів і технічних засобів подрібнення зерна з урахуванням показників енергоємності та якості подрібнення, що є передумовою підвищення ефективності використання кормів і збільшення виробництва продукції тваринництва.

Список літератури

1. Ревенко І.І. Машины та обладнання для тваринництва / Ревенко І.І., Брагінець М.В., Ребенко В.І. – К.: «Кондор» 2009. – 735 с.
2. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С.В. Мельников. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.
3. Ревенко І.І. Комплексная энергетическая оценка процессов и средств измельчения кормового сырья / І.І. Ревенко. – Доклады ВАСХНИЛ. – 1988. – №6. – С. 39–40.
4. Глебов Л.А. Повышение эффективности измельчения компонентов комбикормов. Комбикормовая промышленность: обзорн. инф. / Л.А. Глебов. – М., 1984. – 42 с.
5. Новожилова М.В. Математичні моделі захисту інформації: Навчальний посібник / М.В. Новожилова, С.С. Доброворський, Я.В. Здановський. – Харків: ХДТУБА, 2008. – 80 с.
6. Герасимов Б.М. Специальные главы высшей математики. Ч.1. Математические методы оптимизации / Б.М. Герасимов, С.Д. Эйдельман. – К.: КВИРТУ ПВО, 1990. – 172 с.

Предложен вариант усовершенствования методики сравнительного оценивания машин для измельчения зерновых кормов.

Измельчители зерна, производительность, энергоемкость, степень измельчения, коэффициент вариации.

The variation of improved technique of comparative assessment of machinery for grain grinding is proposed.

Grain grinders, productivity, local power consumption, crushing ratio, variation's coefficient.

УДК 631.1

НЕОБХІДНІСТЬ МОНІТОРИНГУ В ІННОВАЦІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ АПК УКРАЇНИ В МЕЖАХ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ

***В.Н. Большаков, кандидат юридичних наук
І.Л. Роговський, кандидат технічних наук***

У статті розглядається вплив правового регулювання методів моніторингу сільськогосподарської техніки на ефективність інноваційної політики АПК України.

Моніторинг, метод, техніка.

© В.Н. Большаков, І.Л. Роговський, 2013

Список літератури

1. Ревенко І.І. Машины та обладнання для тваринництва / Ревенко І.І., Брагінець М.В., Ребенко В.І. – К.: «Кондор» 2009. – 735 с.
2. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С.В. Мельников. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.
3. Ревенко І.І. Комплексная энергетическая оценка процессов и средств измельчения кормового сырья / І.І. Ревенко. – Доклады ВАСХНИЛ. – 1988. – №6. – С. 39–40.
4. Глебов Л.А. Повышение эффективности измельчения компонентов комбикормов. Комбикормовая промышленность: обзорн. инф. / Л.А. Глебов. – М., 1984. – 42 с.
5. Новожилова М.В. Математичні моделі захисту інформації: Навчальний посібник / М.В. Новожилова, С.С. Доброворський, Я.В. Здановський. – Харків: ХДТУБА, 2008. – 80 с.
6. Герасимов Б.М. Специальные главы высшей математики. Ч.1. Математические методы оптимизации / Б.М. Герасимов, С.Д. Эйдельман. – К.: КВИРТУ ПВО, 1990. – 172 с.

Предложен вариант усовершенствования методики сравнительного оценивания машин для измельчения зерновых кормов.

Измельчители зерна, производительность, энергоемкость, степень измельчения, коэффициент вариации.

The variation of improved technique of comparative assessment of machinery for grain grinding is proposed.

Grain grinders, productivity, local power consumption, crushing ratio, variation's coefficient.

УДК 631.1

НЕОБХІДНІСТЬ МОНІТОРИНГУ В ІННОВАЦІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ АПК УКРАЇНИ В МЕЖАХ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ

***В.Н. Большаков, кандидат юридичних наук
І.Л. Роговський, кандидат технічних наук***

У статті розглядається вплив правового регулювання методів моніторингу сільськогосподарської техніки на ефективність інноваційної політики АПК України.

Моніторинг, метод, техніка.

© В.Н. Большаков, І.Л. Роговський, 2013

Постановка проблеми. Згідно з загальною характеристикою агропромислового комплексу, як об'єкту адміністративно-правового регулювання, його розвиток залишається і буде одним з стратегічно важливих напрямів економічної діяльності держави. В світі визначені дві найважливіші галузі розвитку людства – сільськогосподарська, що є джерелом виробництва продуктів, і галузі з розробки надр. Продукти харчування, як відомо, є запорукою продовольчої безпеки, однієї з найважливіших складових національної безпеки, що підтверджується змістом ст. 8 - «Основні напрями державної політики з питань національної безпеки» - Закону України «Про основи національної безпеки України». [1]

Мета досліджень. Для розробки зазначених методів і засобів необхідне постійне проведення моніторингових (інформаційних) досліджень при проведенні науково-дослідних робіт в агропромисловому комплексі України з метою пошуку та впровадження сучасних методик та використання сучасних технологій та засобів для запобігання протиправним проявам та катастрофогенним чинникам в АПК України.

Аналіз останніх досліджень. Радник Об'єднаної комісії конгресу США по атомній енергії професор Принстонського університету О. Моргенштерн писав, що «для виконання цієї функції доводиться вдаватись до допомоги науки і залучати велику кількість фахівців, добре знайомих з різними галузями знань, що володіють мовами і обізнані про наукові дослідження в іноземних державах».

Відомий фахівець з моніторингу Антал Кажіба розглядає ділову інформаційну діяльність як необхідну частину маркетингу і бізнесу. Такі визначення відомих фахівців з моніторингу свідчать про те, що моніторинг (бенчмаркінг, призма ефективності) є невід'ємною складовою частиною сучасної підприємницької діяльності, зокрема підприємницької діяльності в АПК України.

Для отримання інформації в процесі проведення моніторингу, сьогодні, не потрібно встановлювати підслуховуючий пристрій. Сьогодні, вміння відбирати, порівнювати і аналізувати відкриту інформацію може цілком задовольнити усі потреби в інформації, необхідно лише мати необхідні навички та досвід. Так, наприклад, одна консалтингова фірма, що займається діловим моніторингом, отримала завдання від однієї компанії з'ясувати, де компанія-конкурент планує будівництво нового заводу. Спочатку, співробітник консалтингової фірми з'ясував з преси та довідників, хто може займатись набором співробітників для конкурента. Після цього, він провів моніторинг місцевої преси і виявив в одній з газет об'яву цього кадрового агента про запрошення на роботу менеджерів, адміністраторів та інших

фахівців. Відповідаючи на дзвінок, агент з найму персоналу розповів про деталі майбутньої роботи та про місце знаходження виробництва. У цьому випадку, при проведенні моніторингу були використані правовідносини між фахівцем з моніторингу (інформаційної діяльності) і носіями інформації - спочатку, був проведений пошук інформації у відкритих джерелах, а потім, - бесіда з непрямым умислом, для перевірки та уточнення отриманої інформації. При цьому, для отримання інформації були використані такі інструменти правового регулювання як моніторинг відкритих джерел інформації з наступним системним її аналізом та проведення бесіди з непрямым умислом з використанням досвіду криміналістичної тактики.

Сьогодні, в процесі розвитку та удосконалення методів ведення «економічних» (локальних та мережних війн), роль моніторингу безперервно зростає. До того ж, на сучасному етапі розвитку прогресу, безперервно зростає роль органів інформаційно-пошукової діяльності, зокрема розвідувальних органів, як в економіці так і у військовій справі. Наприклад, основною складовою діяльності японських спецслужб є здобування та аналітична обробка будь-якої інформації, що допомагає прийняттю виважених рішень з питань конкуренції та утримання Японією лідерства у стратегічних галузях підприємництва. Основним інформаційно-аналітичним органом в країні вважається «Інформаційно-дослідницьке бюро» при Кабінеті Міністрів Японії.

У католицькому коледжі в м. Єрі (штат Пенсільванія) у 1995 році був сформований вищий учбовий заклад по підготовці фахівців з інформаційної діяльності та з питань правового регулюванням. З моменту створення цього ВУЗу тут були підготовлені аналітичні розробки для багатьох (51) відомств та компаній (Білий дім, ЦРУ, ФБР, компанії «Нортроп-Грумман», «Кока-кола», «Проктор енд Гембл» тощо) [2, с. 102].

Для моніторингу відкритих джерел в США використовуються загально доступні Інтернет-ресурси, друковані видання (газети, журнали, періодичні видання, звіти та описи про конференції, збори, конгреси тощо, телевізійні і інші джерела). Комбінація сучасних технологій, що використовується сьогодні в США, відкриває співробітникам державних інформаційних служб можливості доступу до величезних масивів інформації, необхідних для оцінки ситуації, здійснення контролю за обстановкою і задоволення потреб органів управління в інформації, необхідній для прийняття правильних і обґрунтованих рішень. Згідно з тим, що сьогодні, 90% інформації отримується з відкритих джерел, а 10 % з агентурних (закритих), за висловом начальника дежавної інформаційної служби Пентагону

С. Уілсона: «героем – розвідником становиться не Джеймс Бонд, а Шерлок Холмс, якій володіє сучасними методиками отримання інформації з відкритих джерел – дослідження речових доказів, літературних джерел, обстановки на місці події, виробничого процесу, тобто використовує сучасні методики криміналістики та судових експертиз» [3, с. 32-38]. «І стануть вільними малі народи, та допоможе їм в цьому розвідка.» [4, с. 453-454].

Результати досліджень. Основною галуззю господарства країни, яка від якої залежать інші – є сільське господарство. [5, с.8]. Тобто сільське господарство є найважливішою галуззю економіки країни. Як відомо, бажання досягти успіхів примушує людей змагатися, суперничати, конкурувати. [6, с. 53-120.]. На сучасному етапі розвитку суспільства встановлено, що день за днем приватні корпорації і держслужби у пошуках тих чи інших об'єктів обробляють безмежні бази даних.[7, с.38]. Також в Німеччині практично всі бізнесмени за результатами будь-якої своєї закордонної поїздки представляє звіт уніфікованої форми у відповідний департамент поліції, якій дозволяє вести комп'ютерну обробку та накопичення значних масивів специфічної інформації [8, с.56-58].

На розсуд відомих американських експертів в галузі трансатлантичної безпеки і трансформування НАТО Джефрі П. Б'ядоса та Стюарта Л. Коеля «військова перевага в операціях ХХІ сторіччя визначається вже не кількістю танків і ракет, що є на озброєнні, а наявністю достовірного знання ситуації у бойовому посторі та його єдиним розумінням всіма учасниками операції (як військовими так не військовими, наприклад інформаційними операціями в АПК з отримання інформації про методики з виявлення кращих умов створення сільськогосподарської продукції), можливості щодо запропонування послуг безпечного зв'язку, наявності управління, що функціонує на основі аналізу даних розвідувально-інформаційного забезпечення у реальному масштабі часу. [9, с. 7-18.]

Управління перспективних дослідницьких програм Національної розвідки США шукає нові способи виявлення та отримання пріоритетів перспективних технологій по всьому світу. Розвідка хоче отримати надійні «автоматизовані методи» безперервного систематичного та всеохоплюючого відбору і оцінки технічної інформації з відкритих джерел «по багатьох дисциплінах і на багатьох мовах» [10. 7., с. 89.].

Виходячи з ролі науки і техніки в сучасних умовах, Академія наук США ще у 50-х роках обґрунтувала виключну важливість науково-технічної розвідки (інформаційної діяльності). В одній з доповідей Академії наук США уряду доповідалося про те, що найважливіші наукові ідеї та відкриття, де б вони не з'являлися,

«повинні негайно становитися невід’ємною частиною американської наукової думки ми не повинні бути захоплені зненацька в унаслідок того, що ми не узнали, не визнали, або недооцінили ту чи іншу ідею чи наукове відкриття». Ці ж думки більш відверто виклав американський оглядач Сілк у книзі «Наукова революція», «На протязі багатьох років - пише він- нам прийдеться покладатися на системи інформації та розвідки у справі передбачання несподіваних відкриттів опонента у методах використання техніки і технічних засобів. Ця конкуренція в галузі техніки перетворює лабораторії та дослідні полігони у найважливіший театр дії розвідок» [11, с. 223.]. Тому на сучасному етапі розвитку суспільства економічно обґрунтовано використання нетрадиційних спеціалістів з інформаційної діяльності. У США витрати на економічну розвідку складають майже 40 % бюджету спецслужб. Директор ЦРУ особисто керує роботою з розширення нетрадиційної агентури, а акценти робляться на вербування бізнесменів і менеджерів середнього рівня, яких навчатимуть забезпеченню конспірації «дистанційним способом» і впроваджуватимуть у транснаціональні компанії. А у вищих навчальних закладах США вже більше 30 років вченим, аспірантам і студентам викладається понад 100 курсів з різних питань розвідки. [12. с. 5-7.].

Підтвердженням того висновку, що патентний пошук є одним з найефективнішим інструментом правового регулювання моніторингу в інноваційній діяльності є виникнення у Китаї засобу інноваційної діяльності – Шаньчжай. Шаньчжай представляє собою не просто підробку товарів розроблених в розвинених країнах, але й їх удосконалення. Таку технологію називають «Шаньчжай» - інноваційне копіювання. На думку кореспондента російського журналу «Експерт» Марка Завадського, це слово незабаром увійде у лексикон усіх європейських мов [13, с.33.]. Зазначений спосіб можна використовувати для підвищення ефективності інноваційної діяльності і в Україні. Згідно з напрямками розвитку економіки розвинених країн, необхідно використовувати інноваційні досягнення розвинених країн і в АПК України.

В нашій країні основними напрямками моніторингу в АПК України є виявлення напрямку розвитку АПК розвинених країн, виявлення основних технологій АПК для цього напрямку, виявлення особливостей цих технологій. Так, наприклад, згідно пропозицій президента УСПП Кінаха А.К., доцільним може бути кластер тракторного і сільськогосподарського машинобудування. Він повинен не тільки інтегрувати діяльність багатьох вітчизняних підприємств, а й вивести їх на принципово новий рівень. Аналоги – компанії Джон Дір, Клаас та багато інших. Зараз понад 120 розрізнених, у багатьох

випадках, технологічно відсталих спеціалізованих підприємств та понад сотня суміжників в Україні виробляють продукції на 3,5 – 4 млрд. грн. щорічно. Такі ж обсяги має лише одне інтегроване підприємство у Білорусії – «Гомельсільгоспмаш». До того ж це підприємство випускає високо конкурентоздатну техніку переважно на світовий ринок. Україна, навпаки, щорічно імпортує сільськогосподарської техніки на 2,5-3,5 млрд. дол. США. Кластер, умови для організації якого треба створити, міг би тільки за рахунок імпортозаміщення отримати внутрішній ринок з ємністю 20-30 млрд. грн. Освоївши трансформерну сільськогосподарську техніку, високопродуктивні інтегральні системи машин для екологічно чистого землеробства, можна вийти на ринки багатьох країн світу, перш за все - СНД (Казахстан, Узбекистан, Росія та інші). При цьому для успішного реалізації продукції галузі тракторного і сільськогосподарського машинобудування, вона повинна бути конкурентоздатною [15, с. 73-75].

Моніторинг це вид стеження як класичне стеження не є незаконним. У цьому випадку фахівці при проведенні інформаційної діяльності (моніторингу) спочатку по текстових матеріалах з використанням методів криміналістичної експертизи встановлювали їх автора, а потім за допомогою мозаїчного системного аналізу без порушень закону визначався напрямок його наукової діяльності.

Висновок. Зазначене свідчить про необхідність використання моніторингу (інформаційної діяльності) в АПК України для підвищення ефективності і конкурентоздатність сільськогосподарської техніки, а також підготовки фахівців з моніторингу (інформаційної діяльності) для роботи з інформацією щодо підвищення ефективності і конкурентоспроможності сільськогосподарської техніки.

Список літератури

1. Закон України Про основи національної безпеки України (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2003, № 39, ст.351 ст. 10.
2. Чернопруд С. Научно-техническая разведка от Ленина до Горбачева / С. Чернопруд. – М.: «Олма-пресс», 2002. – С. 102., С. 445.
3. Зенин А. Разведка в сухопутных войсках США на основе анализа открытых источников информации / А. Зенин. // ЗВО. – №5. – 2009. – С. 32–38.
4. Федько В. Философия специальных служб / В. Федько. – К.: ЗАО «Княгиня Ольга», 2006. – С. 494.
5. Стратегическое обновление // Инвестгазета. – № 1-2. – 2011. – С. 8.
6. Гасанов Р.М. Шпионаж особого рода / Р.М. Гасанов. – М.: Мысль, 1989. – С. 255.
7. Анализ сложных событий // Популярная механика. – № 2. – 2011. – С. 38.
8. Водолеев Г. Люди и спецслужбы / Г. Водолеев. – Санкт-Петербург: «Азбука-классика», 2008. – С. 447.

9. Паршин С. Концепции сетецентрического боевого управления ВС США, Великобритании и ОВС НАТО, общее и различия / С. Паршин, Ю. Кожанов // ЗВО. – №4. – 2010. – С. 7–18.
10. Каюмов В. Национальная разведка США ищет перспективные технологии / В. Каюмов // ЗВО. – №10. – 2011. – С. 89.
11. Секреты секретных служб США // Политическая литература. – М., 1973. – С. 303.
12. Бугренко Григорій. Промислове шпигунство / Григорій Бугренко // Камуфляж. – №3. – 2010. – С. 5–7.
13. Парад Б. Коммерческий шпионаж / Б. Парад. – М.: Наука, 2009. – С. 15–70, 160.
14. Аграрный хаб «ренесанса» // Инвестгазета. – № 1-2. – 2011. – С. 22–23.
15. Белинская Ю. Непаханое поле / Ю. Белинская // FORBES. – Август. – 2012. – С. 73–75.

В статье рассматривается влияние правового регулирования методов мониторинга сельскохозяйственной техники и эффективность инновационной политики АПК Украины.

Мониторинг, метод, техника.

In paper agency of legal regulating of methods of monitoring of agricultural machinery and efficacy of the innovative policy of agrarian industrial complex of Ukraine is observed.

Monitoring, method, machinery.

УДК 631.363

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ПІДГОТОВКИ КОРМІВ ДЛЯ ЗГОДОВУВАННЯ РОГАТІЙ ХУДОБИ

В.С. Хмельовський, кандидат технічних наук

У статті проаналізовано сучасний стан виробництва та приготування кормових компонентів, запропоновано можливі напрями їх подальшого розвитку на шляху отримання вітчизняними виробниками тваринницької продукції високої якості, яка б відповідала світовим стандартам.

Заготівля кормів, кормовиробництво, продуктивність тварин, ступінь подрібнення, енерго- і ресурсозберігаючі технології.

© В.С. Хмельовський, 2013

9. Паршин С. Концепции сетецентрического боевого управления ВС США, Великобритании и ОВС НАТО, общее и различия / С. Паршин, Ю. Кожанов // ЗВО. – №4. – 2010. – С. 7–18.
10. Каюмов В. Национальная разведка США ищет перспективные технологии / В. Каюмов // ЗВО. – №10. – 2011. – С. 89.
11. Секреты секретных служб США // Политическая литература. – М., 1973. – С. 303.
12. Бугренко Григорій. Промислове шпигунство / Григорій Бугренко // Камуфляж. – №3. – 2010. – С. 5–7.
13. Парад Б. Коммерческий шпионаж / Б. Парад. – М.: Наука, 2009. – С. 15–70, 160.
14. Аграрный хаб «ренесанса» // Инвестгазета. – № 1-2. – 2011. – С. 22–23.
15. Белинская Ю. Непаханое поле / Ю. Белинская // FORBES. – Август. – 2012. – С. 73–75.

В статье рассматривается влияние правового регулирования методов мониторинга сельскохозяйственной техники и эффективность инновационной политики АПК Украины.

Мониторинг, метод, техника.

In paper agency of legal regulating of methods of monitoring of agricultural machinery and efficacy of the innovative policy of agrarian industrial complex of Ukraine is observed.

Monitoring, method, machinery.

УДК 631.363

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ПІДГОТОВКИ КОРМІВ ДЛЯ ЗГОДОВУВАННЯ РОГАТІЙ ХУДОБИ

В.С. Хмельовський, кандидат технічних наук

У статті проаналізовано сучасний стан виробництва та приготування кормових компонентів, запропоновано можливі напрями їх подальшого розвитку на шляху отримання вітчизняними виробниками тваринницької продукції високої якості, яка б відповідала світовим стандартам.

Заготівля кормів, кормовиробництво, продуктивність тварин, ступінь подрібнення, енерго- і ресурсозберігаючі технології.

© В.С. Хмельовський, 2013

Постановка проблеми. Високий рівень розвитку тваринництва досягається при умові реалізації системи раціональних принципів, як всього виробничого циклу, так і окремих його елементів, зокрема, від забезпеченості якісними кормами.

Аналіз останніх досліджень. Доцільність використання мобільних транспортно-технологічних комбінованих агрегатів (МТТКА) для приготування і роздавання кормів на фермах ВРХ, з розвиненим молочним та м'ясним напрямом, довів світовий досвід господарювання. До засобів механізації, задіяних у процесі годівлі, висувають основні вимоги, які пов'язані із приготуванням збалансованих, повнораціональних з високою ступеню однорідності сумішок та зменшенням ресурсозатрат (енергетичні, трудові, матеріальні) [1, 4].

Подальший розвиток тваринництва потребує удосконалення технологій і технічних засобів, безпосередньо, для заготівлі та підготовки кормових компонентів до згодовування [1, 2].

Заготівля кормових компонентів повинна відбуватись у стислі агротехнічні строки та забезпечувати величину часток згідно зоотехнічних вимог, зокрема, грубі корми мають бути подрібненими в межах 40-70 мм, адже від цього залежить якість приготування кормових сумішей [3, 6].

Мета досліджень – обґрунтувати перспективні напрями розвитку заготівлі та приготування кормів, спрямовані на отримання максимальних виробничих результатів з урахуванням конкретної сировинної бази та вікових груп тварин у кожному господарстві.

Результати досліджень. Головним завданням кормовиробництва є розробка наукових основ енерго- і ресурсозберігаючих технологій заготівлі і приготування до згодовування кормів, що забезпечують підвищення продуктивності тварин, зниження собівартості продукції тваринництва і зменшення посівних площ задіяних під кормові культури. В зв'язку з відміченим, необхідно обґрунтувати такі структурно-компоновочні рішення машино-енергетичних агрегатів, які б максимально сприяли збереженню і підвищенню ефективності використання поживної цінності кормів. Такі умови найбільш повно виконуються при застосуванні в процесах заготівлі грубих кормів прес-підбирачів-подрібнювачів, а в приготуванні кормової суміші – подрібнювачів-змішувачів-роздавачів з мінімальною кількістю різальних елементів. Такі рішення скорочують площі для зберігання кормів, зводять до мінімуму допоміжні операції, зменшують втрати кормів та затрати енергії тварини на засвоювання кормової суміші, знижують метало- і енергомісткість процесів кормоприготування.

Реалізація вказаних раціональних принципів - це передумова досягнення максимального обсягу виробництва, а також зниження собівартості вироблюваної тваринницької продукції при наявних запасах кормових ресурсів.

Відомо, [5] що згодовування кормів, збалансованих за поживністю і енергією, забезпечує підвищення продуктивності тварин на 10...20 %.

Результати аналізу свідчать, [6] що зниження коефіцієнта варіації фракційного складу при подрібненні кормів на кожні 10 % рівноцінне за технологічною ефективністю економії або додатковому виробництву 1-3 % кормів.

Сучасні кормозаготівельні- і приготувальні машини - це складні в технологічному і технічному відношеннях об'єкти, які поєднують декілька операцій пов'язаних в технологічному процесі [1, 2, 4].

Останнім часом за кордоном все більше здійснюють подрібнення грубих кормів (сіно) до закладання, а саме при пресуванні. При цьому використовують для заготівлі грубих кормів у вигляді паків та рулонів обладнання фірм рис. 1 Krone, Claas, (Німеччина), Kuhn (Франція), New-Holland (США). В зв'язку з цим необхідно розробити відповідне вітчизняне обладнання, яке б могло виконувати операції: підбирання, подрібнювання, пресування грубих кормів.



Рис. 1. Функціональна схема прес-подрібнювача-підбирача.

Проводячи порівняння прес-підбирачів, які виконують операції підбирання та пресування кормових компонентів, із такими ж, але доукомплектованими подрібнювальними пристроями зроблено висновок, що залежно від продуктивності та додаткових опцій машини, споживана потужність збільшується на 3- 15 відсотків [2].

Для забезпечення приготування кормових сумішок на фермах рогатої худоби існують стаціонарні і мобільні засоби механізації. Розрахунки показують, [3] що на фермах до 400 - 500 корів (залежно

від шлейфу) доцільно використовувати мобільні засоби, а при поголів'ї більше 500 корів – стаціонарні. Сьогодні в Україні використовують, в основному, імпортні кормороздавачі-змішувачі рис. 2 фірм De Laval (Швеція), Seko (Італія), Mayer (Словенія), BvL (Німеччина), Kuhn (Франція), «Белмикс» (Білорусь). Слід відмітити, що висока вартість таких машин примушує фермерів використовувати мобільні кормороздавачі (типу КТУ- 10 різних модифікацій), які не можуть ефективно змішувати кормові компоненти між собою. Поряд з цим в Україні, також, розроблені фермські комбайни на фірмах ВАТ «Брацлав» та ВАТ «Уманьферммаш» і для задоволення потреб тваринницьких господарств необхідно збільшити виробництво вітчизняного обладнання, яке б максимально відповідало зоотехнічним вимогам та мало не високу вартість.

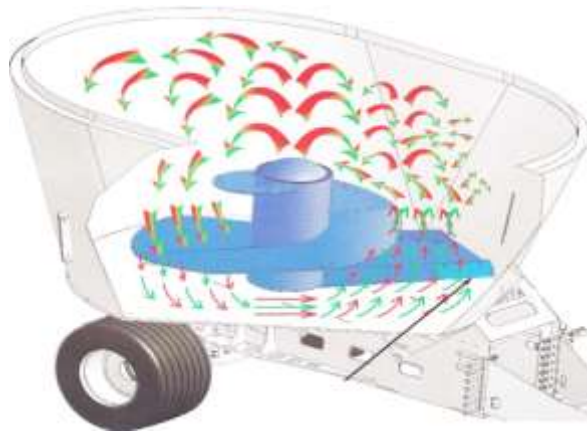


Рис. 2. Вертикальне змішування.

Проводячи порівняння технології приготування кормової суміші з використанням прес-підбирачів-подрібнювачів, де в рулонах були грубі корми подрібнені до середнього розміру 60 мм та кормом довжиною 350 мм, було виявлено скорочення часу приготування однієї порції на 12-22 хв., та якісні показники за умови скорочення часу обробки кормів досягали до 92 відсотків рівномірності змішування. Крім цього використання рулонів в яких містяться подрібнені грубі корми дають можливість більш точно їх дозувати.

Отже, існуючі технології заготівлі та приготування кормів потребують суттєвої модернізації. Перспективним напрямом розвитку механізації кормоприготування є створення комбінованих технологічних схем із застосуванням мобільних змішувачів-роздавачів кормів, енерго- і ресурсозберігаючих процесів заготівлі та обробки компонентів раціону.

Висновок. Застосування енерго- і ресурсозберігаючих технологій при заготівлі кормових компонентів дасть змогу знизити

затрати в процесі приготування кормової суміші та сприятиме підвищенню якості та зменшенню вартості одиниці продукції тваринництва.

Список літератури

1. *Шацький В.В.* Якість змішування компонентів раціону – основа підвищення продуктивності тварин / *Шацький В.В., Мілько Д.А., Болтянський Б.В., Коломієць С.М., Семенов В.І.* // Науковий вісник ТДАТУ. – 2013. – Вип. 1, т. 3. – С. 43–50.
2. *Программа 12/13 Krone.* <http://www.krone.de>.
3. *Коломієць С.М.* Напрями розвитку кормовиробництва України / *С.М. Коломієць, В.В. Крилов* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2012. – Вип. 9. – Т. 1. – С. 103–108.
4. *Ревенко І.І.* Шляхи удосконалення агрегатів для приготування і роздавання кормів рогатій худобі / *І.І. Ревенко, В.С. Хмельовський, Д.Ю. Бєлік* // Вісник Харківського національного технічного університету сіл. госп-ва ім. П.Василенка // Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій у тваринництві. – 2010. – Вип. 95. – С. 250–258.
5. *Югіна А.Д.* Оптимальні типи годівлі корів на комплексах / *А.Д. Югіна* // Тваринництво України. – 1988. – №1. – С. 26–27.
6. *Машины та обладнання для тваринництва* / *І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ребенко.* – К.: Кондор, 2009. – 730 с.

В статье проанализировано современное состояние производства и приготовления кормовых компонентов, предложены возможные направления их последующего развития на пути получения отечественными производителями животноводческой продукции высокого качества, которая бы отвечала мировым стандартам.

Заготовка кормов, кормопроизводство, производительность животных, степень измельчения, энерго- и ресурсосберегающие технологии.

The modern state of production and preparation of forage components is analysed in paper, possible directions are offered them subsequent development on the way of receipt of stock-raising products of high quality, which would answer world standards, domestic producers.

Preparation of forages, forage production, productivity of animals, crushing degree, power- and resourcesaving technologies.