

Рис. 4. Співвідношення в у.о. електрозатратності на роботу ТН потужністю 20 кВт і виробленої ним теплової електроенергії для деяких країн Європи (коэф. ефективності ТН = 3,0)

Як бачимо з рис. 4, Україна станом на 2016 р. за ефективністю використання ТН значно поступається провідним країнам Європи, проте згідно з "Концепцією розвитку паливно-енергетичного комплексу України на 2006-2030 роки" передбачено збільшення обсягу виробництва теплової енергії за рахунок термотрансформаторів, теплових насосів і акумуляційних електронагрівачів, внаслідок чого повинно вирішитись і економічне питання.

Попри перераховані вище переваги, треба врахувати і недоліки ТН:

- ТН з горизонтальними колекторами: потреба у великій технологічній площі (ця площа завжди більша від загальної площі опалювальної будівлі); неможливість ремонту вже вкладених в основу труб;
- ТН з вертикальними колекторами: високі інвестиційні витрати; влаштування ґрунтових зондів є можливим не у всіх регіонах України (наприклад, це недоцільно в тих регіонах, де скельні ґрунти залягають поблизу денної поверхні).

Висновки. Сьогодні ґрунтові ТН з горизонтальними і вертикальними колекторами встановлюють і успішно експлуатують у всіх провідних країнах світу. Україна значно відстає і має незначний досвід з експлуатації ґрунтових ТН. Проте згідно з "Концепцією розвитку паливно-енергетичного комплексу України на 2006-2030 роки" обсяг виробництва теплової енергії за рахунок ТН повинен зрости більше ніж у 100 разів.

Під час проектування ТН з горизонтальними і вертикальними колекторами потрібно враховувати вологість, теплопровідність і вид ґрунту. Потім треба визначити питому потужність відбору ґрунту, що дасть змогу встановити коефіцієнт ефективності ТН. Також під час проектування варто враховувати і недоліки, які виникають як під час влаштування ТН (перелічені вище), так і у процесі його експлуатації.

Література

1. Greg Pahl. Magic heat pumps / Greg Pahl // Energy and environment. – 2006. – № 6. – Pp. 95-102.
2. Мацевитый Ю.М. О рациональном использовании теплонасосных технологий в экономике Украины / Ю.М. Мацевитый, Н.Б. Чиркин, Л.С. Богданович, А.С. Клепанда // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит : сб. науч. тр. – 2007. – № 3. – С. 20-31.

3. Мальований М.С. Світовий досвід, переваги та недоліки застосування теплових насосів у теплоенергетиці України / М.С. Мальований, О.Ю. Берлінг // Вісник Вінницького політехнічного ін-ту : зб. наук. праць. – 2012. – № 3. – С. 89-94.

4. Stephen P. Kavanaugh. Kevin Rafferty. Ground-Source Heat Pumps / P.Stephen. ASHRAE. 1997. – 346 p.

5 : посібник з проектування інженерних систем житлових і громадських будинків з тепловими насосами. – К. : Вид-во "Либідь", 2010. – 82 с.

6. Моркляник Б.В. Закономірності деформування геомеханічної системи "Фундамент – ґрунтовий масив" в зоні дії колектора теплового насоса : монографія / Б.В. Моркляник. – Львів : Вид-во "Захід-друк", 2015. – 272 с.

7. ION Energosberezhenie.com. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.energосberezhenie.com>.

Надійшла до редакції 28.10.2016 р.

Моркляник Б.В., Брезден Б.Е., Проценко П.А. Технико-экономические принципы проектирования тепловых насосов с горизонтальными и вертикальными коллекторами

Рассмотрена эффективность применения тепловых насосов с горизонтальными и вертикальными коллекторами. Приведен важнейший технико-экономический показатель теплового насоса – коэффициент его эффективности. Построены графики зависимости удельной мощности отбора тепла почвы от его влажности и вида для горизонтального и вертикального коллекторов теплового насоса. Рассчитан приближенный срок окупаемости теплового насоса. Показано соотношение электрозатратности на работу теплового насоса и производимой им тепловой электроэнергии для некоторых стран Европы. Указаны основные недостатки тепловых насосов с горизонтальными и вертикальными коллекторами.

Ключевые слова: тепловой насос, горизонтальный коллектор, вертикальный коллектор, влажность почвы.

Morklianyk B.V., Brezden B.Ye., Protsenko P.O. Technical and Economic Design Principles of Heat Pumps with Horizontal and Vertical Collectors

The article deals with the efficiency using of heat pumps with horizontal and vertical collectors. The most important technical and economic performance of heat pump – the coefficient of efficiency is considered. Diagrams of dependence between a heat power selection from the soil and its humidity and type for horizontal and vertical collectors of heat pump are constructed. The approximative payback period of heat pump is calculated. A correlation between electrical heat pump's work and thermal energy that made by it for some European countries is shown. The main problems of heat pumps with horizontal and vertical collectors are listed.

Keywords: heat pump, horizontal collector, vertical collector, humidity of the soil.

УДК 674:621.928.93

ЧИННИКИ КОМПЛЕКСНОГО ВИРІШЕННЯ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ЗНЕПИЛЕННЯ НА ДЕРЕВООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Ю.Р. Дадак¹, А.В. Ляшеник²

Визначено чинники, які формують екологічну ефективність процесів знепилення на підприємствах деревообробної галузі, та встановлено їх взаємозв'язок з метою прийняття ефективних рішень на основі запропонованого "трикутника компромісів". Обґрунто-

¹ доц. Ю.Р. Дадак, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів;

² доц. А.В. Ляшеник, канд. техн. наук – Коломийський політехнічний коледж

вано актуальність міжгалузевого підходу до вирішення питання знепилення та транспортування відходів на деревообробних підприємствах. Проаналізовано основні типи аспіраційних систем та, на основі аналізу, доведено, що наявні конструкції не забезпечують комплексного підходу до питання збалансування екологічних та енергетичних чинників. Запропоновано термін "екологічна енергоефективність", який визначає доцільність міжгалузевого вирішення питань екологічної ефективності та енергоощадності у процесах знепилення на підприємствах деревообробної галузі.

Ключові слова: пил деревини, аспіраційна система, знепилення, санітарні умови праці, енергоспоживання, енергетична ефективність, трикутник компромісів, екологічна енергоефективність.

На сучасних деревообробних підприємствах у процесах механічного оброблення деревини утворюється значна кількість здрібненої деревини, тирси та пилу. Потрапляння пилу деревини у повітряне середовище робочої зони є шкідливим для робітників і часто є причиною різноманітних професійних захворювань. Крім цього, пил спричиняє швидке зношування обладнання та зниження якості продукції. Для забезпечення нормальних умов праці на деревообробних підприємствах використовують аспіраційно-повітроочишувальні системи (АПС), які призначені для транспортування пилу та тирси за межі робочої зони цеху та очищення аспіраційного повітря від забруднювачів. Пил і тирса вловлюються і акумулюються пиловловлювальними апаратами. Сучасні технології використання відходів деревообробного виробництва дають змогу розглядати тирсу, пил та дрібні кускові відходи не тільки як сировину для виготовлення деревинних композиційних матеріалів, а як додаткове джерело енергії для підприємства. Отже, з використанням сучасних конструкцій АПС можна вирішити одночасно кілька питань:

- 1) створення нормальних санітарних умов праці робітників;
- 2) зниження екологічного навантаження деревообробних підприємств на довкілля;
- 3) раціональне використання відходів унаслідок їх подальшого перероблення.

Питання забезпечення нормальних умов праці робітників, покращення екологічної ситуації навколо деревообробного підприємства, ресурсоощадності є надзвичайно актуальними. У різний час означені питання вирішували по-різному. У 60-80-х роках ХХ ст. основним пристроєм для очищення аспіраційного повітря були циклони різних модифікацій. Основним завданням аспіраційно-повітроочишувальних систем (АПС) у цей період був відбір пилу, тирси та дрібних кускових відходів від верстата і подача такої суміші до циклона. На більшості деревообробних підприємств режими роботи АПС передбачали їх безперервне функціонування у постійному режимі з максимальними витратами повітря, тобто не враховувався коефіцієнт одночасності роботи обладнання. Таким чином енергія витрачалася на аспірацію повітря від обладнання, яке на цей час не працює.

З розвитком деревообробної галузі почали приділяти більшу увагу питанням екології. Виникла потреба у вищій ефективності повітроочишувальних пристроїв. Задачу, в основному, вирішували встановленням додаткових рукавних фільтрів після циклонів, або ускладненням конструкції повітроочишувального обладнання. Обидва шляхи приводять до значного підвищення коефіцієнта гідравлічного опору сепараторів. Підвищення гідравлічного опору, вод-

ночас, нерозривно пов'язане з витратами електроенергії, отримання якої супроводжується значним антропогенним тиском на навколишнє середовище. На сьогодні завдяки спалюванню палива (враховуючи дрова й інші біоресурси) виробляється значна частка енергії [9]. Водночас спалювання палива з метою отримання електроенергії є найважливішим постачальником у середовище забруднювальних речовин.

Структура надходження шкідливих речовин в атмосферне повітря від різних галузей господарства така: теплові електростанції – 24 %; нафтодобування та нафтохімія – 16 %; автомобільний транспорт – 13 %; кольорова металургія – 11 %; промисловість будматеріалів – 8 %; хімічна промисловість – 1 %. У світі щорічно спалюють у середньому до 10 млрд т палива. При цьому витрачається 20 млрд т кисню та утворюється 22 млрд т вуглекислого газу, 150 млн т діоксиду сірки, 200-700 млн т пилу й диму та багато інших шкідливих речовин [4].

Теплові електростанції, що, зокрема, є джерелом енергопостачання деревообробних підприємств, викидають в атмосферу газу, які містять види сірки й азоту, попіл, метали. Саме теплові електростанції найбільшою мірою "відповідальні" за парниковий ефект, що підсилюється, і випадання кислотних опадів. Теплові електростанції у 2-4 рази сильніше забруднюють середовище радіоактивними речовинами, порівняно з АЕС такої ж потужності [1]. Отже, надмірні витрати електроенергії на аспірацію та повітроочищення призводять до погіршення екологічної ситуації.

Окремо варто наголосити на негативному впливі деревного пилу на робітників. Деревний пил, який знаходиться в робочій зоні, може спричинити цілий спектр захворювань, залежно від низки чинників. Механічна дія пилу на організм людини може призвести до утворення ран, подразнення шкіри, слизової оболонки та очей внаслідок абразивної дії пилових частинок. Особливо небезпечним є тривалий контакт робітника із дрібнодисперсним деревним пилом. Найбільшою шкоди людина зазнає внаслідок контакту з частинками пилу, розмір яких становить 2-10 мкм. Поведінка таких частинок є близькою до поведінки молекул повітря. Вони здатні на тривалий час зависати у повітрі і є невидимими для людського ока. У разі потрапляння у дихальні шляхи та очі, такі частинки стають причиною утворення дрібних ран, спричиняють алергічну реакцію. У роботі [5] зазначено, що навіть класичні засоби індивідуального захисту не захищають повністю від проникнення в органи дихання дрібнодисперсних частинок. З часом дія шкідливих факторів акумулюється та підсилюється, що призводить до важких хронічних респіраторних захворювань.

Окрім забруднення безпосередньо робочої зони, недостатній ступінь очищення аспіраційного повітря також призводить до погіршення екологічної ситуації поблизу деревообробних підприємств. Отже, за наявних підходів до питань аспірації-повітроочищення, покращення екологічної ситуації (дотримання норм викидів деревного пилу) у межах деревообробного підприємства досягається внаслідок її погіршення поблизу електростанцій (відображається у викидах діоксиду вуглецю та продуктів горіння в атмосферу).

Отже, на основі аналізу наведеної інформації, маємо справу з т. зв. "трикутником компромісів" (рис. 1). Суть трикутника полягає у збалансуванні взаємо-

пов'язаних факторів. Для покращення санітарних умов праці в цеху потрібно аспірувати більший об'єм повітря і очищувати його з високим коефіцієнтом очищення. Зниження витрат ресурсів призводить до погіршення екологічної ситуації або санітарних умов праці. Санітарні умови праці робітника та антропогенний тиск на довкілля регламентуються чинними нормативними документами [2, 3, 6, 7] у яких нормуються гранично допустимі концентрації (ГДК) пилю в робочій зоні та приземні концентрації деревного пилю на прилеглих територіях. Завданням є забезпечення раціонального співвідношення цих чинників.



Рис. 1. Трикутник компромісів

Енергетичні перевитрати на аспірацію переважно зумовлені конструкцією та режимами роботи самих аспіраційних систем. За результатами аналізу замірів аспіраційно-газоочисних установок у деревообробній промисловості, з'ясовано, що такі системи працюють із ваговою концентрацією газо-пилевих потоків від 0,038 до 9,79 %. Середня енергомісткість аспірації відходів і очищення повітря складає 328 Мдж/т. У середньому 97,9 % енергії затрачається на переміщення транспортувального агента (повітря) і тільки 2,1 % – на транспортування власне технологічних відходів. Звідки дуже низький коефіцієнт корисної дії цих установок [8].

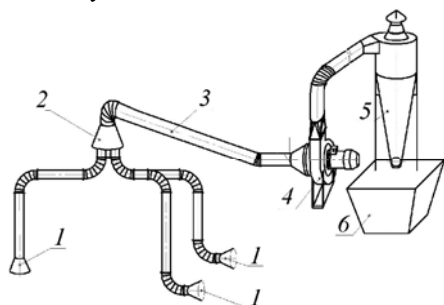


Рис. 2. Універсальна аспіраційна система (кущова): 1) приймач; 2) колектор; 3) повітропровід; 4) вентилятор; 5) циклон; 6) бункер

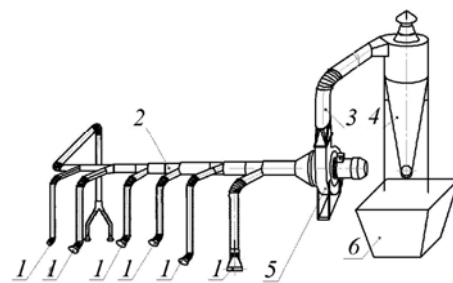


Рис. 3. Аспіраційна система з магістральним колектором змінного перерізу: 1) приймач; 2) магістральний колектор змінного перерізу; 3) трубопровід; 4) циклон; 5) вентилятор; 6) бункер

Проаналізуємо наявні системи аспірації. Системи з постійними витратами повітря, поряд з такими перевагами, як простота конструкції, надійність у роботі, не допускають переносу технологічного обладнання, зміни планування цеху, підключення додаткового обладнання. Можливість регулювання витрат повітря у таких системах заблокована, з одного боку, мінімально допустимою швидкістю руху повітря у трубопроводах місцевих відсмоктувачів, а з іншого – мінімально допустимою швидкістю повітря у збірному трубопроводі, і можливість такого регулювання дорівнює нулю. Тому на підприємствах, де використовують такі конструкції АПС, від 35 до 55 % загального енергоспоживання підприємства витрачається на аспірацію і повітроочищення.

Більш перспективними є аспіраційні системи з регульованими витратами повітря. Відомими є конструкції Г.Ф. Козоріза, які розроблено у Львівському лісотехнічному університеті. Проте, установки такого типу мають низку недоліків, через які капіталовкладення в них не завжди доцільні, а саме:

- Діапазон регулювання недостатньо широкий, що зумовлено тим, що він зажатий мінімальною швидкістю транспортування у відсмоктувачах.
- Ступінчаста структура (АРАС) потребує створення паралельно кількох установок, що значно здорожує систему загалом.
- Одновентиляторні регульовані аспіраційні установки, хоча й регулюють об'єм повітря, що викидаються в атмосферу, але мають ті самі витрати електроенергії, що й нерегульовані аспіраційні системи.
- Установки використовують складні схеми керування, що значно ускладнює їх експлуатацію на виробництві.
- Потребують кваліфікованого обслуговуючого персоналу.
- Існує складність у налаштуванні аспіраційних систем.
- Система має значну кількість складних елементів, будь то варіатори швидкості, чи керовані засувки, які на цей час морально застаріли.

Деякі елементи таких АПС, після модернізації та осучаснення, можна використати у нових конструкціях АПС.

Серед нових підходів до розроблення нових конструкцій АПС є децентралізовані аспіраційно-повітроочищувальні системи з автономними вентиляторами (ДАПСАВ). Такі системи мають безумовні переваги над іншими конструкціями:

- 1) Регулювання продуктивності аспірації залежно від кількості увімкненого на цей момент часу обладнання.
- 2) Низькі витрати електроенергії на аспірацію та повітроочищення.
- 3) Простота конструкції.
- 4) Надійність.

Проте ДАПСАВ мають й недоліки, основним з яких є необхідність паралельної роботи вентиляторів на спільну мережу. У роботі [8] зазначено, що за умови паралельної роботи трьох однакових вентиляторів продуктивність кожного знижується на 21,8 %, а під час роботи п'яти – на 43 %. Це призводить до того, що під час проектування такої системи потрібно завищувати обсяги аспірування повітря від кожного обладнання.

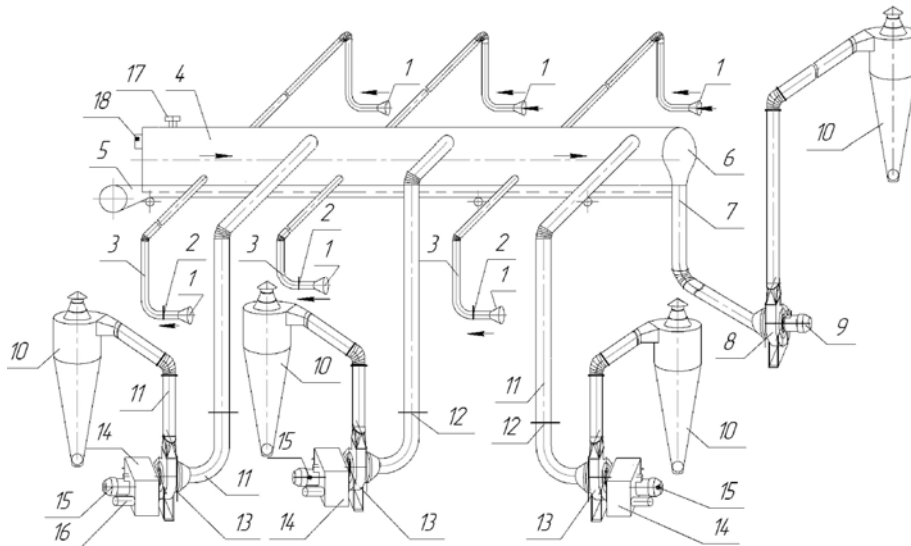


Рис. 4. Аспіраційна система із плавним регулюванням продуктивності: 1) приймач; 2) заслінка; 3) відгалуження; 4) трубопровід; 5) стрічковий транспортер; 6) розвантажувальна лійка; 7) транспортний трубопровід; 8) основний вентилятор; 9) електродвигун; 10) циклон; 11) трубопровід; 12) зворотний клапан; 13) вентилятор; 14) варіатор; 15) електродвигун; 16) виконавчий механізм; 17) мембранний давач тиску; 18) запобіжний клапан; 19) циклон

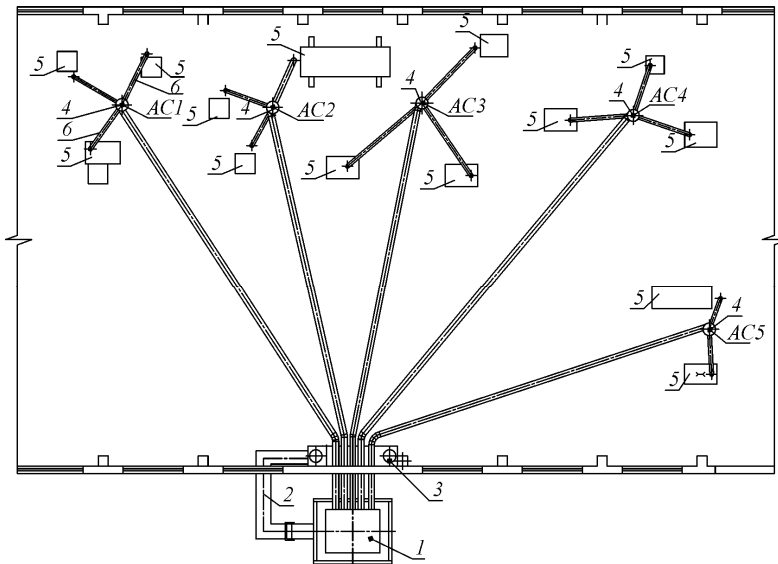


Рис. 5. Схема групування верстатів в ДАС: 1) фільтрувальна станція; 2) трубопровід повернення очищеного повітря; 3) фільтрувальна станція повторного очищення; 4) вентилятор; 5) верстат

Висновки. Проведений аналіз конструкцій аспіраційно-повітроочищувальних систем дає змогу зробити висновок про те, що усі вони розроблені з метою вирішення тільки однієї з трьох сторін "трикутника компромісів". Вони або покращують умови праці в цеху, або знижують енергоспоживання, або нормалізують екологічну ситуацію навколо підприємства. Водночас усі сторони пов'язані між собою і розв'язувати ці питання потрібно комплексно. Питання екологічної ефективності не може оцінюватись тільки рівнем матеріальних витрат, пов'язаних з підвищенням енергоспоживання, і потрібно вирішувати комбіноване питання екологічної ефективності, коли зменшення пилових викидів у деревообробній промисловості буде збалансовано зі суміжними галузями, зокрема енергетичною.

На сучасному етапі стосовно концепції сталого розвитку, коли гостро стоять питання екологізації, енергоефективності та ресурсощадності, у деревообробній промисловості все ще не вирішені питання комплексного підходу до розв'язання екологічних задач. Потрібно враховувати не тільки точкову локалізацію загроз у межах підприємства чи галузі, але й розглядати всі суміжні процеси, пов'язані з виготовленням продукції чи обробленням матеріалів. Доцільно ввести термін "екологічна енергоефективність", що встановлює зв'язок та баланс між антропогенним навантаженням на довкілля у процесах виробництва продукції деревообробних підприємств та, одночасно, отриманням енергії на його виготовлення. Тільки комплексне оцінювання процесів у міжгалузевому аспекті забезпечить принцип "Жити в гармонії з природою".

Література

1. Воронков Н.А. Екологія загальна, соціальна, прикладна : підручник [для студ. ВНЗ] / Н.А. Воронков. – К. : Вид-во "Лгар", 1999. – 424 с.
2. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
3. ГОСТ 12.1.007-76 "Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности".
4. Злобин Ю.А. Основы экологии / Ю.А. Злобин. – К. : Вид-во "Либра", 1998. – 249.
5. Дадак Ю.Р. Шкідливість пилу деревини від деревооброблення / Ю.Р. Дадак, А.В. Ляшеник, Р.Р. Климаш // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.1. – С. 176-179.
6. ДСП 201-97. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами).
7. "Методика розрахунків концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, які містяться у викидах підприємств" ОНД – 86.
8. Климаш Р.Р. Обґрунтування параметрів децентралізованої аспіраційної системи для деревообробних верстатів : дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.04 – "Машини для земляних та дорожніх робіт" / Р.Р. Климаш. – Львів, 2011. – 165 с.
9. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://stropuva.ua/palyvo-dlia-kotla>

Надійшла до редакції 25.10.2016 р.

Дадак Ю.Р., Ляшеник А.В. Факторы комплексного решения вопроса экологической эффективности процессов обеспыливания на деревообрабатывающих предприятиях

Определены факторы, которые формируют экологическую эффективность процессов обеспыливания на предприятиях деревообрабатывающей отрасли, и установлена их взаимосвязь с целью принятия эффективных решений на основе предложенного "треугольника компромиссов". Обоснована актуальность межотраслевого подхода к реше-

нию вопроса обеспыливания и транспортировки отходов на деревообрабатывающих предприятиях. Проанализированы основные типы аспирационных систем и на основе анализа доказано, что существующие конструкции не обеспечивают комплексного подхода к вопросу сбалансирования экологических и энергетических факторов. Предложен термин "экологическая энергоэффективность", который определяет целесообразность межотраслевого решения вопроса экологической эффективности в процессах обеспыливания на предприятиях деревообрабатывающей отрасли.

Ключевые слова: пыль древесины, аспирационная система, обеспыливание, санитарные условия труда, энергопотребление, энергетическая эффективность, треугольник компромиссов, экологическая энергоэффективность.

Dadak Yu.R., Lyashenyk A.V. The Components of Comprehensive Solution to the Problem of Environmental Efficiency of Dust Control at Wood-Processing Enterprises

The authors determine the factors affecting the environmental efficiency of dust control processes at wood-processing enterprises and establish their relationship to take effective decisions based on the proposed "triangle of compromises". They validate relevance of the intersectoral approach to the problem of dust control and transportation of wood waste at enterprises. Also, they analyze the basic types of aspiration systems and prove that existing structures fail to provide a comprehensive approach to balancing environmental and energy factors. The authors suggest the term of environmental efficiency to determine feasibility of inter-sectoral efforts aimed at improving the environmental efficiency of dust control at wood-processing enterprises.

Keywords: wood dust, aspiration system, dust control, sanitary conditions of work, energy consumption, energy efficiency, triangle of compromises, environmental efficiency.

УДК 614.843(075.32)

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД НАГРІВАННЯ ШТАБЕЛІВ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ НА ВІДКРИТИХ СКЛАДАХ ЛІСОМАТЕРІАЛІВ

О.М. Коваль¹

Для визначення ефективності використання води для захисту від нагрівання штабелів під час пожежі на відкритих складах лісоматеріалів проведено експериментальні дослідження цього процесу. Дослідження виконано за різних кутів напрямку подачі пожежним стволом типу Б суцільного струменя до охолоджувальної поверхні штабеля. З'ясовано, що для забезпечення якісного охолодження поверхонь штабелів, які розміщені зі сторони фронту пожежі, потрібно виконувати подачу суцільного струменя води під кутом не більше 20° до поверхні штабеля у вигляді коливних маятникових рухів. Для кращих умов охолодження потрібно повторно наносити охолоджувальну рідину для захисту поверхні штабеля від загоряння з циклом не більше 5...10 с.

Ключові слова: пожежа, штабель лісоматеріалів, експериментальні дослідження, пожежний ствол, суцільний струмінь води.

Постановка проблеми. На деревообробних підприємствах найбільш пожежонебезпечними спорудами є відкриті склади лісоматеріалів штабельного зберігання. У разі виникнення пожежі та її ліквідації на складі лісоматеріалів головним завданням пожежно-рятувальних підрозділів є забезпечення припинення розповсюдження фронту пожежі по штабелях лісоматеріалів. З цієї ме-

тою насамперед потрібно виконувати захист штабелів, які не горять і знаходяться перед фронтом пожежі, від їх нагрівання до температури займання деревини. Одним із відомих способів охолодження поверхонь деревини штабельного зберігання є інтенсивне обливання цих поверхонь водою.

Розглянемо основні види бокових поверхонь штабелів лісоматеріалів, які зберігаються на відкритих складах. Бокові поверхні штабеля круглого лісоматеріалу зображено на рис. 1.



Рис. 1. Фрагмент поверхонь штабеля круглого лісоматеріалу

Штабелі пиломатеріалів можуть бути укладені двома способами: 1) з утворенням зазорів між шарами пиломатеріалів (рис. 2, а); 2) без зазорів між шарами пиломатеріалів (рис. 2, б).



Рис. 2. Фрагменти поверхонь штабелів пиломатеріалів: а) з утворенням зазорів між шарами; б) без утворення зазорів (торцева поверхня штабеля)

Для охолодження поверхонь штабеля використовують пожежні стволи Б з насадкою діаметром 13 мм. Суцільний струмінь води, який виходить із насадки ствола, розпилюється і падає на бокову поверхню у диспергованому вигляді. Після зіткнення з поверхнею штабеля вода розбризкується в різні боки, частково заходить в середину штабеля, а залишок води стікає вниз по боковій поверхні штабеля. Під час ліквідації пожеж на відкритих складах лісоматеріалів штабельного зберігання зовсім не проводили дослідження стосовно ефективного використання води для захисту від нагрівання штабелів. Також відсутні рекомендації в цьому напрямі в технічній і довідниковій літературі. Тому виникає проблема у встановленні методів ефективного використання води для захисту від нагрівання штабелів, які не горять і знаходяться перед фронтом пожежі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перші дослідження з охолодження металевих стінок резервуарів для зберігання нафтопродуктів виконано і наведено в роботах [1-3]. У них наведено методику проведення експеримен-

¹ докторант О.М. Коваль, канд. техн. наук – НУ цивільного захисту України