

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут деревообробних технологій та дизайну
Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та
безпеки життєдіяльності

Пояснювальна записка

до магістерської роботи
на тему:

**Аналіз способів використання відновлюваних джерел енергії на
деревообробних підприємствах для зниження негативного впливу на
навколишнє середовище.**

*Analysis of ways to use renewable energy sources at woodworking enterprises to
reduce negative environmental impacts*

Виконав: студент 6 курсу, групи ТЗНС-61м
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього
середовища»

Симоні Андрій Володимирович
(прізвище та ініціали)

Керівник Соколовський І.А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Ортинська Г.Є.
(прізвище та ініціали)

Львів-2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут
Кафедра

деревообробних технологій і дизайну
технологій захисту навколишнього
середовища і деревини та безпеки
життєдіяльності
магістр
183 «Технології захисту
навколишнього середовища»

Освітній рівень
Спеціальність

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, проф.
Кшивецький Б.Я.
“30” серпня 2025 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Симоні Андрію Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Аналіз способів використання відновлюваних джерел енергії на деревообробних підприємствах для зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

Analysis of ways to use renewable energy sources at woodworking enterprises to reduce negative environmental impacts

Керівник роботи: Соколовський Ігор Андрійович, доцент, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом НЛТУ України від “15” травня 2025 року № С- 316

2. Строк подання студентом роботи до 15.12.2025 року.

3. Вихідні дані до роботи

Виконати огляд літературних джерел з проблематики, дослідження можливостей використання нетрадиційних джерел енергії для деревообробного виробництва і значення для довкілля

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз стану питання та задачі досліджень.



2. Дослідження можливостей використання нетрадиційних джерел енергії для деревообробного виробництва і значення для довкілля Розроблення

рекомендацій щодо використання нетрадиційних джерел енергії з урахуванням специфіки деревообробного виробництва

3. Охорона праці.

4. Перелік презентаційного матеріалу: (слайди презентації результатів досліджень)

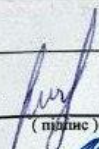
5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	доц. Сомар Г.В.		

6. Дата видачі завдання 15.09.2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
	Аналіз стану питання	до 01.10.25	
	Теоретичні дослідження	до 15.11.25	
	Аналіз та оцінка результатів досліджень	до 30.11.25	
	Охорона праці	до 05.12.25	
	Оформлення пояснювальної записки і підготовка презентації	до 15.12.25	

Студент  (підпис) **Симоні А.В.** (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  (підпис) **Соколовський І.А.** (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ

Розділ 1. Теоретичні основи використання відновлюваних джерел енергії

- 1.1. Сучасний стан енергетичного сектору та екологічні виклики
- 1.2. Види відновлюваних джерел енергії та їхні характеристики
- 1.3. Екологічні та економічні переваги застосування ВДЕ
- 1.4. Міжнародний досвід використання відновлюваних джерел енергії

Розділ 2. Вплив деревообробної промисловості на навколишнє середовище

- 2.1. Технологічні особливості деревообробних підприємств
- 2.2. Основні джерела негативного впливу на довкілля
- 2.3. Відходи деревини як ресурс для енергетики
- 2.4. Нормативно-правове забезпечення екологічної безпеки в галузі

Розділ 3. Можливості інтеграції відновлюваних джерел енергії у деревообробні підприємства

- 3.1. Використання відходів деревини для виробництва біоенергії
- 3.2. Сонячна енергетика у допоміжних виробничих процесах
- 3.3. Вітрова та інші альтернативні джерела енергії
- 3.4. Технологічні аспекти інтеграції ВДЕ у виробництво

Розділ 4. Аналіз ефективності та перспективи впровадження ВДЕ у деревообробній промисловості України

- 4.1. Методика оцінки екологічного та економічного ефекту
- 4.2. Аналіз зниження викидів і підвищення енергоефективності
- 4.3. Економічна доцільність впровадження ВДЕ
- 4.4. Рекомендації щодо підвищення екологічної безпеки деревообробної галузі

Розділ 5. Охорона праці

Загальні висновки

Список використаних джерел

Анотація

Магістерська робота присвячена дослідженню шляхів зниження негативного впливу деревообробних підприємств на довкілля шляхом використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). У сучасних умовах енергетичної та екологічної кризи особливого значення набуває питання ефективного застосування альтернативних джерел енергії у промисловості, зокрема у деревообробній галузі, яка є однією з найбільш ресурсомістких.

У роботі розглянуто теоретичні засади використання ВДЕ, наведено огляд їхніх екологічних та економічних переваг, а також проаналізовано міжнародний досвід у цій сфері. Окрему увагу приділено специфіці деревообробної промисловості, джерелам її негативного впливу на довкілля та можливостям їх мінімізації. Значний акцент зроблено на використанні відходів деревини як перспективного джерела біоенергії, що дозволяє одночасно вирішувати проблему утилізації відходів та зменшувати залежність від викопних палив.

У роботі запропоновано підходи до інтеграції сонячної, вітрової та інших відновлюваних джерел енергії у виробничі процеси деревообробних підприємств. Проведено аналіз ефективності впровадження ВДЕ з позиції зниження викидів шкідливих речовин, підвищення енергоефективності та економічної доцільності.

Результати дослідження свідчать, що широке застосування ВДЕ у деревообробній промисловості сприяє зменшенню екологічного навантаження, покращує конкурентоспроможність підприємств та відповідає сучасним вимогам сталого розвитку. У роботі також подано рекомендації щодо підвищення екологічної безпеки деревообробних підприємств України шляхом переходу на альтернативні джерела енергії, використання механізмів державної підтримки та впровадження інноваційних технологій.

Annotation

The master's thesis is devoted to studying ways of reducing the negative environmental impact of woodworking enterprises through the use of renewable energy sources (RES). In the context of the current energy and environmental crisis, the efficient implementation of alternative energy in industry, particularly in the woodworking sector, becomes increasingly important.

The thesis explores the theoretical foundations of renewable energy use, provides an overview of their ecological and economic benefits, and analyzes international experience in this field. Special attention is given to the specifics of woodworking enterprises, their environmental impact, and possibilities for its minimization. A key focus is placed on the utilization of wood waste as a promising source of bioenergy, which simultaneously addresses waste management issues and reduces dependence on fossil fuels.

The research proposes approaches to integrating solar, wind, and other renewable energy sources into the production processes of woodworking enterprises. An efficiency analysis of renewable energy implementation is carried out in terms of emission reduction, improved energy efficiency, and economic feasibility.

The results demonstrate that the wider use of RES in the woodworking industry contributes to reducing environmental impact, improves enterprise competitiveness, and aligns with the principles of sustainable development. The thesis also provides recommendations for enhancing the environmental safety of woodworking enterprises in Ukraine through the adoption of renewable energy sources, utilization of government support mechanisms, and the implementation of innovative technologies.

ВСТУП

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується зростанням потреб у енергії, що, у свою чергу, супроводжується збільшенням навантаження на довкілля. Традиційні джерела енергії, такі як нафта, газ і вугілля, є вичерпними та супроводжуються значними викидами парникових газів, пилу і токсичних сполук у навколишнє середовище. Особливої актуальності це питання набуває для деревообробної промисловості, де процеси сушіння, обробки та транспортування матеріалів потребують значних енергетичних витрат. У таких умовах перехід до використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) стає важливим стратегічним напрямом екологічно безпечного розвитку підприємств.

Розвиток відновлюваної енергетики є не лише відповіддю на кліматичні виклики, а й потужним інструментом зниження залежності від викопних ресурсів, зменшення негативного впливу на довкілля та оптимізації енергоспоживання. Для деревообробних підприємств, що мають значний потенціал у вигляді деревних відходів, використання ВДЕ може стати дієвим способом досягнення енергонезалежності та підвищення економічної ефективності виробництва.

Актуальність теми. Використання відновлюваних джерел енергії в деревообробній промисловості є одним із найперспективніших напрямів екологізації виробництва. Значна частина деревообробних підприємств генерує велику кількість відходів (тирса, тріска, кора, стружка), які можуть бути використані як біопаливо. Це дозволяє не лише скоротити витрати на енергоресурси, а й зменшити обсяг відходів, що підлягають утилізації.

Крім того, впровадження сонячних панелей, теплових насосів, вітрових турбін та біоенергетичних установок може суттєво знизити обсяг викидів CO₂, покращити енергоефективність виробництва та забезпечити

сталість розвитку підприємства. Зважаючи на глобальні кліматичні зміни та екологічні вимоги ЄС, адаптація таких технологій у деревообробній галузі України є вкрай необхідною.

Мета і завдання дослідження

Мета роботи: Проаналізувати існуючі способи використання відновлюваних джерел енергії на деревообробних підприємствах та визначити їх потенціал для зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

Основні завдання:

1. Дослідити сучасний стан енергетичного сектору та екологічні виклики деревообробної промисловості.
2. Проаналізувати види та характеристики відновлюваних джерел енергії, придатних для деревообробних підприємств.
3. Оцінити можливості використання відходів деревини для виробництва біоенергії.
4. Розглянути технологічні, економічні та екологічні аспекти інтеграції ВДЕ у виробничі процеси.
5. Провести аналіз ефективності впровадження ВДЕ та сформулювати практичні рекомендації щодо підвищення екологічної безпеки підприємств.

Об'єкт і предмет дослідження

Об'єкт дослідження — процеси енергозабезпечення та екологічного управління на деревообробних підприємствах.

Предмет дослідження — способи використання відновлюваних джерел енергії для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та підвищення енергоефективності деревообробних виробництв.

Методи дослідження

У процесі виконання роботи використовувалися такі методи:

- **аналітичний метод** — для вивчення літературних джерел, нормативних документів та наукових праць;
- **порівняльний аналіз** — для оцінки ефективності різних видів відновлюваних джерел енергії;
- **енергетичний та екологічний моніторинг** — для аналізу показників енергоефективності та рівня забруднення;
- **економічне моделювання** — для оцінки доцільності впровадження ВДЕ на деревообробних підприємствах;
- **системний підхід** — для комплексної оцінки впливу ВДЕ на виробництво та довкілля.

Наукова новизна та практичне значення роботи

Наукова новизна полягає у систематизації та порівняльному аналізі способів використання відновлюваних джерел енергії саме в умовах деревообробних підприємств. У роботі узагальнено екологічні, технічні та економічні аспекти впровадження ВДЕ та запропоновано рекомендації щодо оптимізації енергетичних процесів у галузі.

Практичне значення роботи полягає у можливості застосування отриманих результатів для розробки екологічних програм розвитку підприємств, зменшення енергетичної залежності, скорочення викидів шкідливих речовин і підвищення рівня екологічної безпеки у деревообробній промисловості України.

Розділ 1. Теоретичні основи використання відновлюваних джерел енергії

1.1. Сучасний стан енергетичного сектору та екологічні виклики [1-7]

Енергетичний сектор є основою економічного розвитку будь-якої країни, адже саме від його стабільності залежить функціонування промисловості, транспорту, соціальної інфраструктури та житлово-комунальної сфери. Проте традиційна енергетика, що базується переважно на викопних ресурсах — вугіллі, нафті та природному газі - є однією з головних причин глобальної екологічної кризи. Її наслідками стали зміна клімату, виснаження природних ресурсів, забруднення атмосфери, води та ґрунтів.

На сучасному етапі близько 80% світового споживання енергії все ще забезпечується за рахунок невідновлюваних джерел. Це створює подвійний виклик: з одного боку - екологічний, з іншого - економічний. Викопні енергоресурси є вичерпними, їх видобуток супроводжується деградацією екосистем, а спалювання - викидами парникових газів, які посилюють ефект глобального потепління. За даними Міжурядової групи експертів зі змін клімату (ІРСС), енергетика є джерелом близько 75% усіх антропогенних викидів вуглекислого газу (CO₂) у світі.

Глобальні екологічні проблеми, пов'язані з енергетикою

Сучасна енергетика значною мірою визначає стан довкілля. Основними екологічними наслідками її діяльності є:

- **Забруднення атмосфери:** викиди оксидів вуглецю, сірки, азоту, сажі, пилу та летких органічних сполук. Ці речовини утворюють смог, кислотні дощі, негативно впливають на клімат і здоров'я людей.
- **Зміна клімату:** підвищення концентрації парникових газів у атмосфері призводить до глобального потепління, танення льодовиків і підвищення рівня Світового океану.

- **Виснаження природних ресурсів:** інтенсивний видобуток корисних копалин супроводжується деградацією земель, забрудненням ґрунтів і водних об'єктів.

- **Порушення біорізноманіття:** будівництво гідроелектростанцій, трубопроводів, кар'єрів призводить до втрати природних місць існування флори і фауни.

Усе це підштовхує людство до пошуку альтернативних, більш безпечних та сталих способів енергозабезпечення.

Стан енергетичного сектору в Україні

Україна має значну енергозалежність від імпорту викопних енергоресурсів, що створює економічні та політичні ризики. Структура енергобалансу країни традиційно включає велику частку вугілля, природного газу та атомної енергії. Водночас частка відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) зростає, хоча залишається відносно низькою порівняно з країнами Європейського Союзу.

Після 2014 року в Україні почалася активна трансформація енергетичного сектору. У 2020 році ВДЕ забезпечували близько 8% виробництва електроенергії, а станом на 2024 рік ця частка перевищила 12%. Найбільш розвиненими напрямками є сонячна та вітрова енергетика, а також виробництво біогазу й біомаси. Проте потенціал використання деревних відходів як джерела енергії залишається майже невикористаним, особливо в деревообробній галузі.

Екологічні виклики для деревообробної промисловості

Деревообробна промисловість України — важлива складова економіки, яка формує значну частку експорту та забезпечує робочі місця у регіонах. Однак діяльність деревообробних підприємств супроводжується суттєвими екологічними проблемами:

- утворенням великої кількості **відходів деревини**, що часто спалюються або вивозяться на полігони;
- **споживанням значних обсягів енергії** для сушіння, пресування, обробки деревини;
- **викидами пилу та летких органічних речовин** у повітря;
- **забрудненням води та ґрунтів** від побічних технологічних процесів.

Використання відновлюваних джерел енергії на таких підприємствах може суттєво знизити рівень екологічного навантаження, оптимізувати витрати на енергоносії та підвищити конкурентоспроможність галузі.

Європейський вектор розвитку енергетики

Країни Європейського Союзу вже кілька десятиліть послідовно впроваджують політику «зеленої енергетики». У межах Європейського зеленого курсу (Green Deal) встановлено мету — до 2050 року досягти **вуглецевої нейтральності**, тобто балансу між викидами та поглинанням парникових газів. Основним інструментом цього процесу є широке впровадження ВДЕ.

Україна, як країна-кандидат до ЄС, адаптує своє законодавство та енергетичну політику до європейських стандартів. Впровадження біоенергетичних технологій у деревообробній промисловості відповідає цим тенденціям і створює можливість не лише зменшити екологічні ризики, а й отримати додаткові економічні вигоди.

Сучасний енергетичний сектор перебуває на етапі глобальних трансформацій, спричинених екологічними викликами та потребою у сталому розвитку. Традиційні моделі енергоспоживання вже не відповідають вимогам часу, оскільки ведуть до виснаження ресурсів і деградації довкілля. Для деревообробної промисловості, яка має великий потенціал використання

біоенергії, перехід до відновлюваних джерел є логічним і необхідним кроком. Застосування таких технологій дозволить поєднати економічну ефективність з екологічною відповідальністю, що є основою сучасної концепції сталого розвитку.

1.2. Види відновлюваних джерел енергії та їхні характеристики [5-7]

Відновлювані джерела енергії (ВДЕ) — це природні ресурси, здатні відновлюватися в короткі часові проміжки порівняно з масштабами людського життя. Вони забезпечують сталий розвиток енергетики, оскільки не призводять до виснаження ресурсів та істотно зменшують негативний вплив на довкілля. На відміну від викопних видів палива, використання ВДЕ не супроводжується масовими викидами парникових газів, а технології їх перетворення постійно вдосконалюються.

Загалом, до основних видів відновлюваної енергії належать: **сонячна, вітрова, гідроенергія, біоенергія, геотермальна та енергія довкілля (повітря, ґрунту, води)**. Нижче розглянемо кожен із цих видів детальніше, з урахуванням їхніх характеристик, екологічних переваг і потенційного застосування в деревообробній промисловості.

Сонячна енергія

Сонячна енергія є одним із найпоширеніших видів ВДЕ у світі. Вона перетворюється у корисну енергію за допомогою **фотоелектричних панелей (сонячних батарей)** або **сонячних колекторів**, які використовуються для нагрівання води чи повітря.

Основні характеристики:

- Висока доступність — сонячна енергія є невичерпним джерелом.
- Екологічна чистота — відсутність викидів CO₂ і шкідливих речовин під час експлуатації.

- Тривалий термін служби — сучасні панелі працюють понад 25–30 років.

- Можливість децентралізованого використання — системи можуть встановлюватися безпосередньо на дахах або території підприємств.

Застосування у деревообробній промисловості: Сонячна енергія може використовуватись для:

- підігріву повітря у сушильних камерах;
- виробництва електроенергії для освітлення, автоматизації, вентиляційних систем;
- підтримання сталих температур у допоміжних приміщеннях.

Недоліком є залежність від погодних умов і необхідність значних початкових інвестицій, однак із розвитком технологій вартість таких систем поступово знижується.

Вітрова енергія

Вітрова енергетика базується на перетворенні кінетичної енергії повітряних потоків у механічну або електричну. Для цього використовуються **вітрогенератори**, які можуть працювати як окремо, так і в складі енергетичних комплексів.

Основні характеристики:

- Потенціал залежить від швидкості та стабільності вітрів у регіоні.
- Вітрові турбіни можуть бути горизонтальні або вертикальні за типом осі обертання.
- Не потребують палива, мають низькі експлуатаційні витрати.

Застосування у деревообробній промисловості: Вітрові електроустановки можуть забезпечувати електроенергією допоміжні виробничі процеси або системи освітлення складів, що особливо вигідно для підприємств, розташованих у відкритій місцевості.

Переваги: екологічність, низькі витрати на обслуговування, можливість автономного енергозабезпечення.

Недоліки: шумовий ефект, залежність від кліматичних умов, потреба у площі для встановлення.

Гідроенергія

Гідроенергія отримується шляхом перетворення енергії руху або падіння води в електричну. Традиційно використовується у вигляді великих гідроелектростанцій, проте для локальних потреб ефективнішими є **малі гідроелектростанції (МГЕС)**.

Основні характеристики:

- Стабільне виробництво енергії незалежно від часу доби.
- Можливість інтеграції у локальні енергосистеми.
- Високий коефіцієнт корисної дії (до 90%).

Застосування:

Для деревообробних підприємств, розташованих поблизу водних об'єктів, малі гідроустановки можуть бути джерелом постійної енергії для внутрішніх технологічних процесів.

Недоліки: можливий вплив на екосистему водойми, висока вартість спорудження навіть малих ГЕС, необхідність постійного технічного контролю.

Біоенергія

Біоенергія — це один із найважливіших напрямів для деревообробної промисловості. Вона базується на використанні **біомаси** — органічних матеріалів, здатних віддавати енергію при згорянні або біохімічному перетворенні.

Джерела біомаси:

- відходи деревини (тирса, кора, стружка, тріска);

- сільськогосподарські рештки;
- біогаз із органічних відходів;
- спеціально вирощені енергетичні культури.

Основні технології:

- **Спалювання біомаси** для виробництва тепла або електроенергії;
- **Піроліз** — термічне розкладання деревини з утворенням біовугілля і газу;
 - **Газифікація** — перетворення біомаси на синтез-газ, який може бути використаний у двигунах чи турбінах;
 - **Біогазові установки**, що виробляють метан під час анаеробного розкладання відходів.

Переваги:

- Зменшення відходів виробництва;
- Зниження витрат на енергоносії;
- Мінімальні викиди CO₂ (цикл є майже нейтральним до вуглецю);
- Високий потенціал локального використання.

Недоліки: потреба у належному зберіганні сировини, необхідність очищення димових газів, значні капітальні витрати на модернізацію систем.

Геотермальна енергія

Геотермальна енергія базується на використанні тепла земних надр. Цей ресурс є практично невичерпним і може бути використаний як для опалення, так і для виробництва електроенергії.

Основні характеристики:

- Стабільність незалежно від погодних умов;
- Висока енергоефективність при опаленні будівель;
- Можливість використання через теплові насоси.

Для деревообробних підприємств геотермальні насоси можуть використовуватись для обігріву виробничих приміщень, сушильних камер та адміністративних будівель.

Недоліки: висока вартість бурових робіт, обмежена ефективність у регіонах з низьким геотермальним потенціалом.

Енергія довкілля (повітря, ґрунту, води)

Цей тип енергії використовується через системи **теплових насосів**, які здатні перетворювати низькопотенціальне тепло навколишнього середовища у придатне для опалення або технологічних потреб.

Характеристики:

- Висока енергоефективність (коефіцієнт перетворення може сягати 3–5);
- Безпечність та екологічність;
- Можливість поєднання з іншими ВДЕ — наприклад, сонячними панелями.

Для деревообробних підприємств це дозволяє зменшити споживання природного газу, забезпечити автономність і стабільність енергопостачання.

Кожен вид відновлюваних джерел енергії має свої унікальні переваги, технологічні особливості та сфери ефективного застосування. Для деревообробної промисловості найдоцільнішими є **біоенергетика**, **сонячна енергетика** та **використання теплових насосів**, адже вони можуть базуватися на власних ресурсах підприємства — деревних відходах, теплі повітря чи води. Раціональне поєднання цих технологій сприятиме зменшенню споживання викопного палива, підвищенню енергоефективності виробництва та суттєвому зниженню негативного впливу на довкілля.

1.3. Екологічні та економічні переваги застосування відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) [1-7]

Використання відновлюваних джерел енергії є ключовим чинником переходу до сталого розвитку та зменшення антропогенного навантаження на довкілля. Для деревообробних підприємств, які споживають значні обсяги енергії й утворюють велику кількість відходів, впровадження ВДЕ має як екологічне, так і економічне значення.

Екологічні переваги

1. **Зменшення викидів парникових газів.** Використання ВДЕ замість викопного палива знижує викиди CO₂, метану та оксидів азоту, що безпосередньо впливає на скорочення парникового ефекту.

2. **Раціональне використання ресурсів.** ВДЕ є невичерпними або швидковідновлюваними, тому не призводять до виснаження природних запасів, як це відбувається під час спалювання вугілля чи газу.

3. **Зменшення обсягів відходів.** У деревообробній промисловості біоенергетика дозволяє утилізувати тирсу, тріску, кору, зменшуючи навантаження на полігони та ризики загоряння відходів.

4. **Поліпшення якості повітря та води.** Перехід на ВДЕ супроводжується зниженням викидів пилу, сірки, оксидів азоту та летких органічних сполук, що позитивно впливає на стан атмосфери та здоров'я населення.

5. **Сприяння кліматичній нейтральності.** Використання ВДЕ відповідає європейському курсу на зниження вуглецевого сліду та гармонізує екологічну політику України із стандартами ЄС.

Економічні переваги

1. **Зниження витрат на енергоресурси.** Використання власних відходів деревини як біопалива дозволяє зменшити залежність від

природного газу та електроенергії, що є особливо актуальним за умов енергетичної нестабільності.

2. **Енергетична незалежність підприємств.** Автономні системи енергозабезпечення - сонячні панелі, біокотли, теплові насоси - підвищують надійність і стабільність роботи підприємств.

3. **Державна підтримка та «зелені» стимули.** Уряди багатьох країн, зокрема України, запроваджують податкові пільги, гранти та кредити для підприємств, що впроваджують ВДЕ.

4. **Зростання конкурентоспроможності.** Екологічно орієнтовані компанії мають кращу репутацію на міжнародному ринку, що відкриває доступ до експортних контрактів та партнерств із європейськими компаніями.

5. **Довгострокова економічна ефективність.** Хоча впровадження ВДЕ потребує початкових інвестицій, у середньостроковій перспективі вони окупуваються завдяки зменшенню витрат на енергію, обслуговування та утилізацію відходів.

Застосування відновлюваних джерел енергії у деревообробній промисловості поєднує екологічну безпеку з економічною доцільністю. ВДЕ дозволяють знизити рівень забруднення довкілля, підвищити енергоефективність і створити умови для сталого розвитку підприємств. У перспективі це сприятиме зміцненню енергетичної незалежності України та інтеграції її промисловості у європейський «зелений» енергетичний простір.

1.4. Міжнародний досвід використання відновлюваних джерел енергії

Досвід провідних країн світу демонструє, що перехід до відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) є не лише екологічно необхідним, а й

економічно вигідним. Більшість розвинених держав активно впроваджують політику енергетичного переходу, поєднуючи розвиток технологій ВДЕ з реформуванням промисловості, зокрема деревообробної галузі.

Європейський Союз

ЄС є світовим лідером у розвитку ВДЕ завдяки послідовній екологічній політиці та підтримці інновацій.

- **Німеччина** реалізує програму *Energiewende*, що передбачає поступову відмову від викопних джерел і ядерної енергії. Частка ВДЕ в енергобалансі країни перевищує **45%**, а до 2030 року планується досягти **80%**. На деревообробних підприємствах широко застосовується **біоенергетика з відходів деревини** — брикети, пелети, біогаз.

- **Швеція** практично повністю відмовилась від вугілля та значну частину енергії отримує з **біомаси**. Багато деревообробних комбінатів функціонують на власних котельнях, які працюють на тирсі й трісці.

- **Австрія** активно розвиває **локальні біоенергетичні системи**, які забезпечують теплом цілі громади, використовуючи залишки деревини. Це сприяє зменшенню викидів CO₂ та розвитку місцевої економіки.

Скандинавські країни

Данія, Норвегія, Фінляндія — приклади країн, де поєднання біоенергетики, вітрових і гідроресурсів забезпечує енергетичну стабільність.

- У **Фінляндії** біомаса становить понад **30%** енергетичного балансу. Відходи деревообробки використовуються для виробництва тепла, електроенергії та біопалива другого покоління.

- **Данія** розвиває систему **енергетичних кластерів**, де підприємства обмінюються відходами та теплом, створюючи замкнені цикли енергоспоживання.

Північна Америка

У **США** та **Канаді** активно впроваджуються технології біоенергетики, сонячних та вітрових станцій.

- У Канаді діє кілька сотень **біоенергетичних ТЕЦ**, що використовують деревні відходи як паливо. Це зменшує споживання природного газу та знижує собівартість виробництва.

- У США уряд підтримує підприємства, які встановлюють **сонячні панелі та біокотли**, через податкові знижки та «зелені» кредити. Деревообробна промисловість активно впроваджує комбіновані системи - біомаса + сонячна енергія.

Азія

Японія та **Китай** також демонструють швидкий розвиток у сфері ВДЕ.

- У **Японії** після аварії на Фукусімі уряд стимулює розвиток **біоенергетики та сонячної генерації**. Часто деревообробні компанії створюють спільні енергетичні кооперативи для переробки відходів у паливо.

- **Китай** став світовим лідером у виробництві сонячних панелей і вітрових турбін. У країні діють масштабні програми модернізації деревообробних підприємств із переходом на власні біокотельні.

Міжнародні тенденції

Світовий досвід свідчить про кілька ключових тенденцій:

1. **Комплексний підхід** — поєднання кількох видів ВДЕ (біомаса, сонце, вітер) для максимального ефекту.

2. **Локальна енергетика** — підприємства створюють власні енергетичні мікросистеми.

3. **Цифровізація енергоменеджменту** — використання систем моніторингу та автоматичного регулювання енергоспоживання.

4. **Підтримка держави** — фінансові стимули, «зелені» тарифи, грантові програми.

Висновки до підрозділу 1.4

Міжнародний досвід показує, що використання ВДЕ у деревообробній промисловості не лише сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля, але й підвищує конкурентоспроможність підприємств. Успішні практики Німеччини, Швеції, Фінляндії та Канади можуть бути адаптовані в Україні з урахуванням місцевих ресурсів — значного потенціалу біомаси та зростаючої ролі сонячної енергетики.

Розділ 2. Вплив деревообробної промисловості на навколишнє середовище [12-14]

2.1. Технологічні особливості деревообробних підприємств

Деревообробна промисловість є однією з найважливіших галузей економіки, яка забезпечує випуск широкого спектра продукції - від пиломатеріалів до меблів, плит, паперу та елементів будівельних конструкцій. Разом із тим, технологічні процеси цієї галузі мають значний вплив на навколишнє середовище, зокрема через утворення пилу, газоподібних викидів, шуму, теплового забруднення та великої кількості відходів деревини. Для ефективного впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) важливо розуміти специфіку технологічних процесів на таких підприємствах.

Основні етапи деревообробного виробництва

1. **Підготовчий етап.** Включає приймання, сортування, очищення та сушіння сировини. На цьому етапі витрачається значна кількість енергії, зокрема для роботи сушильних камер, транспортерів і вентиляційних систем.

2. **Механічна обробка деревини.** Сюди входить розпилювання, фрезерування, шліфування, токарна обробка, свердління. Ці процеси супроводжуються утворенням великої кількості **пилу та трісок**, які потребують ефективною системи аспірації й фільтрації.

3. **Хімічна обробка та оздоблення.** Під час нанесення лаків, фарб, клеїв або просочень утворюються леткі органічні сполуки (ЛОС), які є небезпечними для здоров'я людини та довкілля. На цьому етапі доцільно впроваджувати **системи вентиляції з рекуперацією тепла або енергоефективні фільтраційні установки.**

4. **Пресування, формування, склеювання.** У виробництві плит (ДСП, МДФ, фанера) застосовується високотемпературне пресування, що

потребує значних енергетичних витрат. Часто використовуються **парові котли або газові установки**, які можна замінити **біоенергетичними системами** на відходах деревини.

5. **Сушіння деревини.** Один із найбільш енергоємних процесів. Для його оптимізації використовуються **сонячні колектори, теплові насоси, або біокотли на тирсі**, що дозволяє суттєво зменшити споживання природного газу.

Виробничі відходи деревообробки

Від 10 до 60% маси деревини після обробки перетворюється на відходи - тирсу, тріску, кору, деревний пил. За сучасними підходами ці відходи розглядаються не як сміття, а як **цінний енергетичний ресурс**. Основні напрями їх використання:

- виробництво **пелет та брикетів**;
- **спалювання у біокотлах** для отримання тепла;
- **виробництво біогазу або біоетанолу**;
- використання в якості **сировини для плитних матеріалів**.

Таким чином, відходи деревообробки мають подвійне значення — з одного боку, вони є джерелом забруднення, а з іншого — потенціалом для енергетичної автономії підприємства.

Енергетичні потреби деревообробних підприємств

Середні енергетичні витрати залежать від типу виробництва, але найбільше енергії споживають:

- **сушильні установки** (до 40% загальних витрат енергії);
- **вентиляційні системи та аспірація** (20–25%);
- **механічне обладнання** (15–20%).

З огляду на це, перехід до **ВДЕ** — особливо біоенергетики, сонячної та теплової енергії — є стратегічно важливим напрямом для зниження експлуатаційних витрат і покращення екологічних показників.

Особливості інтеграції ВДЕ у деревообробне виробництво

Використання відновлюваних джерел енергії можливе на різних технологічних етапах:

- **біомаса** — для виробництва тепла в сушильних і технологічних процесах;
- **сонячна енергія** — для підігріву повітря чи води, освітлення виробничих приміщень;
- **теплові насоси** — для підтримки мікроклімату в цехах;
- **вітрова енергія** — для генерації електроенергії у віддалених регіонах.

Інтеграція ВДЕ не лише зменшує енергоспоживання з зовнішніх джерел, а й дозволяє підприємствам утилізувати власні відходи, створюючи **замкнутий екологічний цикл**.

Деревообробні підприємства характеризуються високою енергоємністю та утворенням великої кількості відходів, що потенційно можуть бути використані як джерело енергії. Знання технологічних особливостей галузі є основою для розробки ефективних заходів із впровадження ВДЕ, що сприятиме не лише зменшенню екологічного навантаження, а й підвищенню економічної стійкості підприємств.

2.2. Основні джерела негативного впливу на довкілля

Деревообробна промисловість, попри використання природної та відновлюваної сировини, має істотний негативний вплив на навколишнє середовище. Цей вплив проявляється на різних етапах виробничого циклу — від підготовки деревини до кінцевого оздоблення продукції. Основними

чинниками екологічного навантаження є **забруднення атмосферного повітря, утворення відходів, шум, забруднення води, а також високе енергоспоживання.**

1. Забруднення атмосферного повітря

Найбільша частка шкідливих викидів деревообробних підприємств припадає на пил і газоподібні речовини.

- **Деревний пил** утворюється під час пиляння, шліфування, фрезерування та транспортування деревини. Частки пилу можуть містити смоли, лігнін, фенольні сполуки та формальдегід (особливо при обробці ДСП чи МДФ). Потрапляючи в повітря, вони погіршують його якість і є небезпечними для органів дихання.

- **Газоподібні викиди** утворюються внаслідок роботи сушильних камер, котлів, лакофарбових та клейових дільниць. Основні компоненти — **оксиди азоту (NO_x), вуглецю (CO , CO_2), сірки (SO_2), а також леткі органічні сполуки (ЛОС),** що беруть участь у формуванні фотохімічного смогу.

- **Формальдегідні випаровування** — характерні для підприємств, які виготовляють плити ДСП і МДФ. Навіть незначні концентрації формальдегіду чинять токсичний вплив на людину та екосистеми.

2. Водне забруднення

Хоча деревообробна галузь не належить до водомістких, вона генерує **стічні води**, які можуть містити клеї, лаки, барвники, смоли, масла та дрібнодисперсний пил. Основні джерела забруднення води:

- миття обладнання та тари після лакофарбових матеріалів;
- охолоджувальні системи;
- стоки після гідротранспортування деревини.

Такі води мають підвищену хімічну потребу в кисні (ХПК) і можуть негативно впливати на стан водойм, якщо не проходять належне очищення.

3. Утворення твердих відходів

До 50–60% усієї деревини може перетворюватися на відходи:

- тирсу, стружку, тріску, кору,
- некондиційні вироби,
- упаковку, поліетилен, тару, залишки лакофарбових матеріалів.

Якщо ці відходи не переробляються, вони накопичуються на полігонах або спалюються без контролю, спричиняючи забруднення ґрунтів, повітря та підземних вод.

Утім, саме **деревні відходи** можуть стати основним джерелом **біоенергії**, що дозволяє перетворити екологічну проблему на ресурс для сталого розвитку.

4. Шумове та вібраційне забруднення

Механічні процеси (пиляння, стругання, шліфування, пресування) супроводжуються високим рівнем шуму — 85–110 дБ. Постійна дія шуму шкідлива як для працівників, так і для мешканців прилеглих територій. Вібрації обладнання також можуть передаватися на будівлі, ґрунт і комунікації, спричиняючи локальні пошкодження.

5. Високе енергоспоживання та вуглецевий слід

Процеси сушіння, пресування та вентиляції потребують значних обсягів енергії, часто отриманої з викопних джерел (газ, вугілля). Це формує **високий вуглецевий слід** виробництва. Перехід на **відновлювані джерела енергії** (біомаса, сонячна, теплова енергія) може знизити викиди CO₂ у 2–3 рази, що суттєво покращує екологічні показники підприємства.

6. Ризики для здоров'я людини

Працівники деревообробних підприємств зазнають впливу пилу, токсичних випарів, шуму та підвищеної температури. Це може призводити до:

- захворювань дихальної системи (бронхіти, астма, алергії);
- подразнень очей і шкіри;
- підвищення ризику онкологічних хвороб при тривалому контакті з формальдегідом чи розчинниками.

Тому екологічна безпека виробництва безпосередньо пов'язана із **санітарно-гігієнічними умовами праці**.

Деревообробні підприємства впливають на довкілля комплексно — через викиди в атмосферу, утворення відходів, шумове навантаження та значне енергоспоживання. Проте більшість цих негативних чинників можна мінімізувати шляхом **використання сучасних технологій очищення, замкнених циклів водопостачання та інтеграції відновлюваних джерел енергії**. Перехід до таких рішень дозволить знизити екологічні ризики, поліпшити умови праці й підвищити ефективність виробництва.

2.3. Відходи деревини як ресурс для енергетики [17]

Однією з ключових екологічних і економічних проблем деревообробної промисловості є накопичення великої кількості відходів. Проте сучасні технологічні підходи дозволяють розглядати ці відходи не як сміття, а як **цінний енергетичний ресурс**, що може забезпечити підприємства тепловою та навіть електричною енергією. Використання деревних відходів у енергетичних цілях є одним із найефективніших напрямів упровадження **відновлюваних джерел енергії (ВДЕ)** у деревообробну галузь.

1. Класифікація відходів деревини

Відходи деревообробки поділяють на кілька основних груп залежно від стадії утворення:

- **Первинні відходи** – з’являються під час розпилювання, обрізки, стругання та токарної обробки деревини (тріска, тирса, стружка, кора).
- **Вторинні відходи** – утворюються під час виготовлення меблів, плит, фанери (обрізки, пил, некондиційні вироби, залишки клеїв та лаків).
- **Відходи упаковки та допоміжних матеріалів** – дерев’яні піддони, тара, обгортки, папір, полімери.

За оцінками фахівців, до **60% об’єму деревини**, що надходить на підприємство, може бути перетворено на відходи, з яких значна частина придатна для **енергетичної утилізації**.

2. Енергетичний потенціал деревних відходів

Деревина — це **біомаса з високою теплотворною здатністю**.

- **Середня теплота згоряння сухої деревини** становить близько **15–18 МДж/кг**, що можна порівняти з бурим вугіллям.
- **Тирса і тріска** після висушування мають теплоту згоряння **12–14 МДж/кг**, а **деревні брикети чи пелети** — до **17–19 МДж/кг**

Таким чином, підприємство може частково або повністю забезпечувати власні енергетичні потреби, спалюючи відходи у **біокотлах**, або продавати виготовлені **пелети та брикети** на енергетичному ринку.

3. Основні напрямки енергетичного використання деревних відходів

1. **Пряме спалювання у біокотлах.** Найпоширеніший метод, що забезпечує виробництво теплової енергії для сушильних камер, опалення виробничих приміщень або генерації пари.

2. **Виробництво паливних гранул (пелет) і брикетів.** Це концентроване біопаливо з низьким вмістом вологи (менше 10%) та високою енергоємністю. Пелети з деревини експортуються до країн ЄС, де активно використовується біоенергетика.

3. **Газифікація деревини.** Під час часткового згоряння при обмеженому доступі кисню утворюється **деревний газ**, який може використовуватися для генерації електроенергії.

4. **Піроліз.** Термічне розкладання деревини без доступу кисню дозволяє отримувати **біовугілля, синтез-газ та піролізну олію**, які можуть бути паливом для котлів і двигунів.

5. **Когенерація.** Системи когенерації на основі біомаси одночасно виробляють **тепло та електроенергію**, забезпечуючи високий коефіцієнт корисного використання палива (до 85%).

4. Екологічні переваги використання деревних відходів у енергетиці

- **Зменшення обсягів відходів, що потрапляють на полігони.** Використання біомаси допомагає уникнути спалювання відходів на відкритому повітрі та забруднення ґрунтів.

- **Зниження викидів парникових газів.** При спалюванні деревини виділяється стільки ж CO₂, скільки вона поглинула під час росту — тобто баланс є майже нейтральним.

- **Заміна викопного палива.** Використання біомаси дозволяє зменшити споживання природного газу, вугілля чи мазуту.

- **Локальне виробництво енергії.** Біоенергетика сприяє енергетичній незалежності регіонів та розвитку місцевої економіки.

5. Економічна ефективність

Переробка відходів у паливо має низку економічних переваг:

- зниження витрат на енергоносії (до 40% загальних енергозатрат підприємства);
- скорочення витрат на утилізацію відходів;
- можливість отримання додаткового доходу від продажу пелет або теплової енергії;
- окупність інвестицій у біоенергетичні установки за 2–4 роки.

Для підприємств малого та середнього масштабу це — реальна можливість підвищити конкурентоспроможність і перейти до **замкнутого екологічного циклу** виробництва.

6. Приклади впровадження

- У **Фінляндії** та **Швеції** майже всі деревообробні комбінати працюють на власних біокотлах, які забезпечують до 90% їхніх енергетичних потреб.
- В Україні дедалі більше підприємств переходять на **використання пелет із власних відходів**, зокрема у Львівській, Рівненській та Житомирській областях, де розвинута лісова промисловість.

Відходи деревини є не проблемою, а **ключовим елементом сталого енергетичного розвитку** деревообробної галузі. Використання їх у біоенергетиці дозволяє поєднати економічну вигоду з екологічною доцільністю — зменшити обсяги відходів, скоротити викиди CO₂, підвищити енергоефективність і незалежність підприємства. Це один із найперспективніших напрямів переходу деревообробної промисловості до «зеленої» економіки.

2.4. Нормативно-правове забезпечення екологічної безпеки в галузі [20]

Ефективне функціонування деревообробної промисловості у сучасних умовах неможливе без дотримання вимог екологічної безпеки. Нормативно-

правова база визначає обов'язки підприємств щодо раціонального використання природних ресурсів, мінімізації шкідливих викидів, утилізації відходів та запобігання забрудненню довкілля. В Україні діє комплекс законів, підзаконних актів, стандартів і міжнародних угод, що регулюють екологічну діяльність підприємств, у тому числі деревообробних.

Основні законодавчі акти України у сфері охорони навколишнього середовища

1. **Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища” (1991 р.)** Це базовий закон, який визначає правові, економічні та соціальні основи охорони природи. Він встановлює обов'язки підприємств щодо дотримання екологічних норм, ведення екологічного моніторингу та компенсації шкоди, заподіяної довкіллю.

2. **Закон України “Про охорону атмосферного повітря” (1992 р.)**. Регламентує діяльність, пов'язану з викидами забруднюючих речовин в атмосферу. Для деревообробних підприємств це стосується пилових і газових викидів від сушильних камер, котлів, систем обробки деревини. Визначено необхідність отримання **дозволу на викиди** та проведення контролю за їхнім рівнем.

3. **Закон України “Про відходи” (1998 р.)** Визначає принципи поводження з відходами, зокрема деревними. Підприємства повинні забезпечувати **роздільний збір, зберігання, утилізацію чи переробку** відходів з метою мінімізації їхнього негативного впливу на довкілля.

4. **Закон України “Про альтернативні джерела енергії” (2003 р.)** Створює правові умови для використання біомаси, зокрема деревних відходів, як відновлюваного джерела енергії. Закон стимулює підприємства до впровадження **біоенергетичних технологій** через державну підтримку, пільги та “зелені” тарифи.

5. **Закон України “Про оцінку впливу на довкілля” (2017 р.)**. Зобов’язує підприємства, діяльність яких може мати значний вплив на природу, проводити **оцінку впливу на довкілля (ОВД)** перед початком робіт або реконструкції. Для деревообробних підприємств це особливо важливо під час модернізації енергетичних систем або запуску біокотелень.

2. Підзаконні нормативні документи та стандарти

Окрім законів, існує низка **державних стандартів (ДСТУ)** та **постанов Кабінету Міністрів України**, що регламентують екологічну діяльність:

- **ДСТУ ISO 14001:2015 “Системи екологічного управління”** - визначає вимоги до побудови системи управління охороною навколишнього середовища на підприємстві.

- **ДБН В.2.5-67:2013** — встановлює вимоги до проєктування вентиляційних і аспіраційних систем для зменшення пилових викидів.

- **Постанова КМУ № 302 (2018 р.) “Про затвердження критеріїв оцінки впливу на довкілля”** — регламентує перелік видів діяльності, що підлягають ОВД.

- **Постанова КМУ № 446 (2019 р.) “Про затвердження Порядку ведення реєстру викидів та перенесення забруднювачів”** — вимагає подання звітності про викиди пилу, газів і відходів.

Такі документи забезпечують системний підхід до контролю впливу деревообробних підприємств на довкілля, сприяють зниженню ризиків забруднення повітря, ґрунтів і вод

3. Міжнародні та європейські стандарти

Україна поступово гармонізує своє екологічне законодавство із нормами **Європейського Союзу**, зокрема у межах **Угоди про асоціацію Україна–ЄС**. Основними документами, на які орієнтується держава, є:

- **Директива 2008/98/ЄС “Про відходи”** — встановлює ієрархію поводження з відходами: запобігання → повторне використання → переробка → енергетичне використання → захоронення.

- **Директива 2010/75/ЄС “Про промислові викиди”** - передбачає впровадження найкращих доступних технологій (НДТМ, або ВАТ - Best Available Techniques) для мінімізації викидів.

- **Директива 2009/28/ЄС “Про сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел”** - встановлює зобов'язання країн-членів щодо збільшення частки ВДЕ у загальному енергобалансі.

Для деревообробних підприємств це означає необхідність впровадження систем екоменеджменту, використання чистих технологій і сертифікації відповідно до європейських стандартів.

4. Екологічне управління на підприємствах деревообробної галузі

Відповідно до вимог ISO 14001 та законодавства України, деревообробні підприємства повинні:

- створювати **екологічні служби або відділи охорони довкілля;**
- проводити **екологічний аудит** діяльності;
- здійснювати **моніторинг викидів** у повітря та водні ресурси;
- розробляти **програми поводження з відходами;**
- звітувати про результати екологічного контролю перед державними органами.

Такі дії не лише забезпечують відповідність вимогам закону, а й підвищують **довіру партнерів та споживачів**, що є особливо важливим у контексті міжнародної торгівлі.

5. Роль держави та стимулюючі механізми

Держава застосовує як **адміністративні**, так і **економічні** механізми для заохочення підприємств до екологічної діяльності. До них належать:

- **пільгове кредитування** на впровадження енергоощадних і екологічних технологій;
- **“зелений тариф”** для енергії з біомаси;
- **екологічний податок** на забруднення, який стимулює зниження обсягів викидів;
- **державні програми** з підтримки відновлюваної енергетики та енергоефективності (наприклад, програма “Енергетична стратегія України до 2050 року”).

Нормативно-правова база України у сфері екологічної безпеки деревообробної промисловості є досить розвиненою та гармонізованою з європейськими стандартами. Її виконання сприяє зменшенню техногенного навантаження на довкілля, раціональному використанню ресурсів і розвитку **“зеленої” економіки**. Дотримання вимог екологічного законодавства та впровадження систем екологічного менеджменту не лише знижує ризики штрафів, а й формує **позитивний імідж підприємства**, що особливо важливо в умовах глобального переходу до сталого розвитку.

Розділ 3. Можливості інтеграції відновлюваних джерел енергії у деревообробні підприємства [20-22]

3.1. Використання відходів деревини для виробництва біоенергії

Використання відходів деревини як джерела біоенергії є одним із найефективніших способів зменшення екологічного навантаження деревообробної галузі. У процесі виробництва формується велика кількість побічних продуктів — тирса, стружка, кора, обрізки, тріска, пил — які можуть становити до половини всієї сировини. Замість утилізації чи спалювання на відкритому повітрі ці матеріали доцільно використовувати як енергетичний ресурс.

Деревні відходи мають високу теплотворну здатність (приблизно 14–19 МДж/кг для сухої маси) і можуть бути використані для виробництва теплової або електричної енергії. Найпоширенішим напрямом є **спалювання** біомаси у спеціальних котлах, які забезпечують обігрів виробничих приміщень і сушильних камер. Окрім цього, сучасні технології дозволяють застосовувати **газифікацію** (перетворення біомаси на синтез-газ), **піроліз** (термічне розкладання з отриманням біовугілля та біоолій) та **брикетування або гранулювання**, що перетворює відходи у високоякісне тверде біопаливо.

Екологічні переваги цього підходу полягають у скороченні обсягів відходів, зменшенні викидів парникових газів та зниженні потреби у викопному паливі. Біомаса вважається вуглецево нейтральним джерелом енергії, адже обсяг CO₂, який виділяється під час спалювання, дорівнює тому, що дерево поглинає в процесі росту.

Економічний ефект полягає у зменшенні витрат на опалення та утилізацію, а також у можливості реалізації надлишків пелет або тепла. Впровадження біоенергетичних технологій сприяє енергетичній автономії підприємства та підвищує його конкурентоспроможність.

Отже, використання відходів деревини для виробництва біоенергії поєднує в собі екологічну доцільність, технологічну ефективність і фінансову вигоду. Це — стратегічний напрям розвитку деревообробних підприємств, що відповідає принципам сталого розвитку та енергетичної незалежності України.

3.2. Сонячна енергетика у допоміжних виробничих процесах

Сонячна енергетика є одним із найбільш доступних і перспективних напрямів використання відновлюваних джерел енергії на деревообробних підприємствах. Завдяки зниженню вартості сонячних панелей і розвитку технологій зберігання енергії, її інтеграція стає дедалі економічно вигіднішою навіть для середніх і малих виробництв.

На деревообробних підприємствах сонячну енергію доцільно використовувати переважно у **допоміжних процесах**, де не потрібна велика потужність. Це може бути забезпечення електроенергією адміністративних приміщень, систем освітлення, вентиляції, охоронного обладнання, насосних станцій чи автоматизованих систем контролю. У деяких випадках енергія з фотомодулів може частково використовуватися для **підігріву повітря або води** в сушильних камерах, що дозволяє зменшити споживання традиційних енергоресурсів.

Сонячні системи поділяються на два основні типи — **фотоелектричні** (перетворюють сонячне світло на електроенергію) та **теплові** (використовують сонячну енергію для нагріву рідин або повітря). В умовах деревообробного підприємства найчастіше застосовуються фотоелектричні установки, оскільки вони прості в експлуатації, не потребують складного обслуговування і можуть працювати автономно або в мережевому режимі.

Економічна ефективність таких систем залежить від рівня сонячної радіації, площі доступного даху, енергоємності виробництва та вартості електроенергії. За сприятливих умов термін окупності сонячних електростанцій може становити **5–7 років**, після чого підприємство фактично отримує безкоштовну електроенергію протягом ще 10–15 років експлуатації.

Окрім фінансових переваг, сонячна енергетика забезпечує **зниження викидів CO₂**, зменшує залежність підприємства від централізованих джерел енергії та підвищує його енергетичну безпеку. Використання таких систем є важливим кроком до сталого розвитку деревообробної галузі та демонструє відповідальне ставлення бізнесу до довкілля.

3.3. Вітрова та інші альтернативні джерела енергії

Використання вітрової енергії та інших альтернативних джерел на деревообробних підприємствах відкриває додаткові можливості для підвищення енергоефективності та зниження залежності від викопних ресурсів. Хоча деревообробна галузь традиційно асоціюється з використанням біоенергії, останні роки показують зростання інтересу до комплексного підходу, де поєднуються кілька типів відновлюваних джерел.

Вітрова енергія може бути ефективним рішенням для підприємств, розташованих у відкритій місцевості з достатнім рівнем середньорічних вітрів (понад 5 м/с). Сучасні малі вітрові турбіни потужністю 10–100 кВт дозволяють забезпечити енергією освітлення, офісні приміщення, вентиляційні системи чи інше допоміжне обладнання. Їхня перевага полягає в тому, що вони можуть працювати вночі або в похмуру погоду, доповнюючи сонячну енергетику. Комбінування вітрових і сонячних установок у гібридні системи дозволяє підтримувати **стабільне енергопостачання** протягом року.

Окрім вітрової енергії, перспективними є й інші альтернативні джерела. Наприклад, **теплові насоси** можуть використовувати енергію

ґрунту, повітря або води для опалення адміністративних чи виробничих приміщень, забезпечуючи при цьому значну економію електроенергії. Вони особливо ефективні у регіонах із м'яким кліматом і добре підходять для підприємств, які прагнуть зменшити викиди парникових газів.

Ще одним напрямом є **геотермальна енергія**, яка поки що не набула широкого поширення в Україні, але має великий потенціал. Її використання дає можливість забезпечити стабільне тепlopостачання з мінімальними експлуатаційними витратами.

Крім того, у деревообробній галузі можна розглядати **енергію малих гідроустановок**, особливо для підприємств, розташованих поблизу природних водних об'єктів. Такі системи здатні забезпечити локальне виробництво електроенергії без шкоди для екосистеми, якщо правильно спроектовані.

Використання альтернативних джерел енергії сприяє **зменшенню екологічного навантаження**, оптимізації витрат на енергоресурси та підвищенню конкурентоспроможності підприємства. Хоча початкові інвестиції у вітрові турбіни, теплові насоси чи гідроустановки можуть бути значними, у довгостроковій перспективі вони окупуваються завдяки скороченню енергетичних витрат і стабільності енергопостачання.

Отже, інтеграція вітрової, геотермальної та інших альтернативних систем у роботу деревообробних підприємств є важливим кроком до переходу на **сталий енергетичний розвиток**, що поєднує економічну ефективність і екологічну відповідальність.

3.4. Технологічні аспекти інтеграції відновлюваних джерел енергії у виробництво

Інтеграція відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у виробничі процеси деревообробних підприємств потребує ретельного технічного планування,

адаптації існуючих технологічних схем і комплексного підходу до управління енергоспоживанням. Основна мета полягає не лише в заміщенні традиційних джерел енергії, але й у підвищенні загальної енергоефективності підприємства.

Передусім варто враховувати **енергетичну структуру підприємства** — які саме процеси споживають найбільше енергії (сушіння деревини, робота верстатів, опалення, вентиляція тощо). Це дозволяє визначити, які джерела ВДЕ доцільно застосовувати. Наприклад, системи біоенергетики ефективні для теплових процесів, тоді як сонячні та вітрові установки краще підходять для забезпечення електроенергією допоміжних систем.

Одним із ключових напрямів є створення **енергетично замкнених циклів** — коли відходи деревини (тирса, стружка, кора) використовуються як паливо для котлів, що забезпечують сушіння пиломатеріалів або опалення цехів. Такий підхід дозволяє зменшити кількість відходів, скоротити витрати на утилізацію та знизити залежність від зовнішніх енергоресурсів.

Важливу роль відіграє впровадження **автоматизованих систем енергоменеджменту**, які дають змогу контролювати та оптимізувати споживання енергії в реальному часі. Ці системи аналізують виробничі навантаження, прогнозують споживання і дозволяють ефективно поєднувати різні типи джерел енергії — наприклад, автоматично перемикаються між сонячною енергією вдень і біоенергетичними установками вночі.

Також важливим є питання **зберігання енергії**. Використання акумуляторних батарей, теплових накопичувачів або систем зберігання біогазу дозволяє вирівнювати коливання у виробництві енергії з відновлюваних джерел і забезпечувати безперебійну роботу обладнання.

Не менш значущим аспектом є **технічна сумісність** нових енергетичних систем із наявною інфраструктурою підприємства. Для цього

необхідно проводити попередній енергоаудит, оцінювати навантаження на мережу, потужність генераторів і рівень автоматизації. Інколи інтеграція ВДЕ вимагає модернізації електромереж, встановлення інверторів, лічильників двостороннього обліку чи підключення до “зеленого тарифу”.

Крім технічних рішень, інтеграція ВДЕ має й **організаційний вимір** — потрібна підготовка персоналу, розробка інструкцій з експлуатації, впровадження систем екологічного менеджменту відповідно до стандарту ISO 14001.

Отже, технологічна інтеграція ВДЕ у деревообробне виробництво — це комплексна задача, яка охоплює модернізацію обладнання, автоматизацію управління енергоспоживанням, забезпечення технічної сумісності та навчання персоналу. Її реалізація сприяє переходу підприємств на **сталий виробничий цикл**, зменшує викиди CO₂ і формує сучасну модель енергоефективного, екологічно відповідального виробництва.

Розділ 4. Аналіз ефективності та перспективи впровадження ВДЕ у деревообробній промисловості України

4.1. Методика оцінки екологічного та економічного ефекту [17-20]

Оцінка ефективності впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у деревообробній промисловості базується на поєднанні **екологічних та економічних показників**, які дозволяють визначити реальні переваги використання альтернативних енергетичних технологій. Комплексний підхід до такої оцінки є важливою передумовою прийняття рішень щодо доцільності інвестицій і розробки стратегії сталого розвитку підприємства.

Екологічний ефект визначається передусім через **зменшення шкідливих викидів у довкілля**, зокрема парникових газів (CO_2 , CH_4 , N_2O) та пилових частинок, які утворюються при спалюванні викопного палива. Для цього застосовують такі показники:

- **зменшення обсягів викидів CO_2 (тонн/рік)** — розраховується шляхом порівняння кількості викидів до та після впровадження ВДЕ;
- **енергетична незалежність підприємства (%)** — показує частку енергії, виробленої з власних відновлюваних джерел;
- **зниження споживання невідновлюваних ресурсів** - визначається у відсотках або у фізичних одиницях (m^3 газу, кВт·год електроенергії тощо).

Крім того, до екологічних критеріїв часто включають **зменшення шумового навантаження, поліпшення якості повітря в зоні виробництва, скорочення площ під відходи** та позитивний вплив на біорізноманіття.

Економічна ефективність розраховується через **порівняння витрат і результатів**. Основними показниками є:

- **термін окупності проєкту (Payback Period, PP)** - час, необхідний для відшкодування інвестицій;
- **чиста приведена вартість (Net Present Value, NPV)** - показує різницю між дисконтованими доходами та витратами протягом життєвого циклу системи;
- **внутрішня норма рентабельності (Internal Rate of Return, IRR)** — характеризує прибутковість інвестицій;
- **коефіцієнт енергоефективності (Energy Efficiency Ratio, EER)** — співвідношення отриманої енергії до витраченої.

Для практичного застосування цієї методики проводять **порівняльний аналіз базового та проєктного сценаріїв**. У базовому сценарії враховується традиційна схема енергоспоживання (використання газу, вугілля, електроенергії з мережі), а в проєктному — часткове чи повне заміщення енергії відновлюваними джерелами (біомаса, сонце, вітер).

Розрахунки здійснюються з урахуванням **тривалості експлуатації обладнання, вартості його обслуговування, цін на паливо та електроенергію**, а також можливих державних стимулів (податкових пільг, “зелених” тарифів, грантів тощо).

Оцінка екологічного та економічного ефекту повинна завершуватись **інтегральним висновком**, який відображає загальний вплив впровадження ВДЕ на діяльність підприємства. Це дозволяє сформулювати обґрунтовані рекомендації щодо масштабування технологій, вибору оптимальних джерел енергії та подальшої екологізації виробництва.

Таким чином, методика оцінки ефективності ВДЕ є ключовим інструментом у процесі ухвалення управлінських рішень, адже вона забезпечує науково обґрунтований підхід до балансування **екологічної доцільності та економічної вигідності** у деревообробній галузі.

4.2. Аналіз зниження викидів і підвищення енергоефективності

Впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у деревообробну промисловість безпосередньо впливає на зменшення шкідливих викидів і підвищення енергоефективності виробничих процесів. Цей ефект є одним із ключових аргументів на користь екологічної модернізації підприємств, оскільки саме деревообробна галузь споживає значні обсяги енергії для сушіння, пресування, шліфування та інших енергоємних операцій.

Основними забруднюючими речовинами, що виділяються при традиційному енергоспоживанні, є **діоксид вуглецю (CO₂)**, **оксиди азоту (NO_x)**, **оксиди сірки (SO₂)** і **тверді частинки пилу**. Заміна викопного палива (газу, мазуту, вугілля) на біомасу або інші ВДЕ дозволяє істотно зменшити їхні обсяги. Наприклад, використання біопалива з деревних відходів може скоротити **викиди CO₂ на 70–90%**, адже вуглець, що виділяється при спалюванні біомаси, є частиною природного кругообігу.

Показники ефективності також відображають **зменшення питомого споживання енергії** на одиницю продукції. За даними галузевих досліджень, впровадження систем утилізації тепла, сонячних колекторів або когенераційних установок дозволяє знизити загальні енергетичні витрати на **15–30%**. Наприклад, заміна газових котлів на біомасові, що працюють на тирсі чи корі, не лише зменшує викиди, а й знижує витрати на опалення сушильних камер у 2–3 рази.

Важливу роль відіграє і **підвищення енергоефективності за рахунок оптимізації технологічних процесів**. Сучасні системи автоматичного контролю споживання енергії дозволяють уникати перевитрат, а перехід на енергоощадне обладнання (наприклад, частотні

перетворювачі, LED-освітлення, інверторні компресори) сприяє скороченню енергоспоживання ще на 10–20%.

Крім того, застосування **комбінованих систем енергопостачання** - наприклад, поєднання сонячних панелей і біоенергетичних установок - дозволяє досягти стабільного забезпечення енергією без перевантаження електромереж. Це не лише зменшує викиди, але й підвищує **енергетичну автономність підприємства**, що особливо важливо для віддалених регіонів або під час перебоїв у централізованому енергопостачанні.

Для кількісної оцінки результатів застосовують показники:

- скорочення обсягу викидів CO₂ (тонн/рік);
- зменшення питомих витрат енергії (кВт·год/м³ продукції);
- коефіцієнт енергоефективності виробництва;
- відсоток використання енергії з ВДЕ від загального обсягу.

У результаті аналізу впровадження ВДЕ на типових деревообробних підприємствах можна констатувати, що загальні викиди парникових газів знижуються в середньому на **40–60%**, тоді як рівень енергоефективності підвищується на **25–35%**. Такі результати демонструють не лише екологічну, а й економічну вигоду переходу на відновлювану енергетику.

Отже, використання ВДЕ у деревообробній галузі є дієвим механізмом для **досягнення балансу між економічним розвитком і збереженням довкілля**. Поступове впровадження енергоощадних технологій і модернізація енергосистем дають змогу зменшити вуглецевий слід підприємств, підвищити їхню конкурентоспроможність і зробити вагомий внесок у формування “зеленої” економіки України.

4.3. Економічна доцільність впровадження ВДЕ

Нижче — загальна методологія оцінки економічної доцільності та приклад ілюстративного розрахунку для типового сценарію заміни газового опалення на котел на біомасі (відходи деревини). Усі числа — прикладні; для прийняття рішення їх треба замінити на реальні дані підприємства.

Підхід до оцінки

1. **Зібрати вхідні дані:** річне споживання енергії (кВт·год), поточна вартість палива, вартість біомаси (або нуль/мінімальна якщо це власні відходи), капітальні інвестиції (CAPEX) на обладнання й монтаж, річні експлуатаційні витрати (O&M), очікуваний термін служби системи, ставка дисконту.

2. **Оцінити річні витрати до впровадження** (базовий сценарій) і після (проектний сценарій). Різниця = річна економія.

3. **Розрахувати термін окупності (Payback)** = CAPEX / річна чиста економія.

4. **Розрахувати NPV** (чиста приведена вартість) за вибраний період (наприклад, 10 років) з врахуванням дисконтування.

5. **Оцінити додаткові вигоди:** зниження витрат на утилізацію відходів, потенційний дохід від продажу надлишку енергії/пелетів, державні субсидії/«зелені» тарифи.

6. **Оцінити екологічний ефект** (наприклад, скорочення викидів CO₂) — для презентації стейкхолдерам і доступу до «зелених» фінансів.

Ілюстративний розрахунок (приклад)

Вхідні припущення:

- Річна потреба в тепловій енергії: **1 200 000 кВт·год**.
- Вартість природного газу: **0,05 € / кВт·год**.
- Вартість біомаси (в перерахунку): **0,015 € / кВт·год** (може бути значно менше, якщо використовується власна тирса).

- Додаткові O&M витрати для біосистеми: **3 000 € / рік.**
- Інвестиції в біокотельню з установкою: **120 000 €.**
- Період аналізу: **10 років.** Ставка дисконту: **8%.**
- Фактор CO₂ для природного газу: **0,202 кг CO₂ / кВт·год**

(приблизно)

Кроки та результати (цифри):

1. Річні витрати на газ (базовий сценарій) =
 $1\,200\,000 \times 0,05 = \mathbf{60\,000\ € / рік.}$
2. Річні витрати на біомасу +
 O&M = $(1\,200\,000 \times 0,015) + 3\,000 = 18\,000 + 3\,000 = \mathbf{21\,000\ € / рік.}$
3. Річна економія = $60\,000 - 21\,000 = \mathbf{39\,000\ € / рік.}$
4. **Термін окупності (Payback)** = $120\,000 / 39\,000 \approx \mathbf{3,08\ року.}$
5. **NPV** (при ставці 8 %, 10 років, грошовий потік = щорічна економія) $\approx \mathbf{141\,693\ €}$ (позитивна).
6. **Оцінка скорочення CO₂:** $1\,200\,000 \times 0,202 = \mathbf{242\,400\ кг\ CO_2 \approx 242,4\ т\ CO_2}$ на рік (приблизно), якщо біомаса вважається вуглецево нейтральною.

Інтерпретація: за наведених припущень інвестиція виглядає економічно привабливою (швидка окупність ~3 роки, позитивний NPV) та дає значний екологічний ефект (~240 т CO₂/рік).

Чутливість і ризику

- **Залежність від ціни палива.** Якщо ціни на газ зростають - економічна доцільність стає ще кращою; якщо ціни на біомасу ростуть або власна сировина недоступна — окупність погіршується.

- **Капітальні витрати.** Реальна ціна обладнання, монтажу та вимог до димових фільтрів (екологічні обмеження) може підвищити CAPEX.

- **Операційні ризики.** Потрібне місце для зберігання біомаси, сушка, логістика, кадрові витрати на експлуатацію.
- **Регуляторні й ринкові фактори.** Наявність «зелених» тарифів, грантів чи податкових пільг значно поліпшує фінансову модель.
- **Екологічні вимоги.** Вимоги до очищення димових газів можуть збільшити витрати на фільтрацію і тимчасово продовжити окупність.

Рекомендації для реального проєкту

1. **Провести енергоаудит підприємства** (точне річне споживання, розподіл по процесах).
2. **Зібрати місцеві ціни:** газ, електроенергія, вартість переробленої/власної біомаси, вартість обладнання та монтажу.
3. **Скласти фінансову модель** (річні грошові потоки, CAPEX, O&M, податки, субсидії) і розрахувати Payback, NPV, IRR для кількох сценаріїв (консервативний/базовий/оптимістичний).
4. **Оцінити логістику зберігання** та потребу в сушінні/підготовці біомаси.
5. **Підготувати техніко-економічне обґрунтування (ТЕО)** для залучення фінансування (кредит, грант, «зелений» інвестор).

4.4. Рекомендації щодо підвищення екологічної безпеки деревообробної галузі

Підвищення екологічної безпеки деревообробної промисловості потребує комплексного підходу, який поєднує технологічні, організаційні та нормативні заходи. Основними напрямками таких заходів є:

1. **Впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ)** — використання біомаси, сонячної та вітрової енергії дозволяє знизити залежність від викопного палива та зменшити викиди парникових газів.

Оптимально поєднувати кілька джерел енергії для підвищення автономності та стабільності енергопостачання.

2. **Раціональне використання відходів деревини** — організація збору та переробки тирси, стружки, обрізків у пелети, брикети або для прямого спалювання у котлах. Це зменшує обсяг утилізаційних відходів і створює додатковий енергетичний ресурс.

3. **Модернізація обладнання та енергосистем** — застосування енергоефективних верстатів, інверторних двигунів, систем рекуперації тепла та автоматизованого контролю енергоспоживання дозволяє скоротити споживання енергії та знизити викиди забруднюючих речовин.

4. **Системи очищення викидів** - обов'язкове встановлення фільтрів, циклонів, рукавних систем і інших технологій для очищення газових та пилових викидів. Регулярний контроль і технічне обслуговування обладнання забезпечує стабільну ефективність очищення.

5. **Екологічний менеджмент та сертифікація** — впровадження систем управління навколишнім середовищем (ISO 14001) допомагає систематизувати контроль за викидами, відходами та енергоспоживанням, а також підвищує репутацію підприємства на ринку.

6. **Навчання персоналу та підвищення екологічної культури** - підготовка фахівців з питань енергоефективності, охорони навколишнього середовища та безпечної експлуатації обладнання сприяє зменшенню аварійних ситуацій та несанкціонованих викидів.

7. **Інтеграція з державними програмами та стимулюванням “зеленої” енергетики** — участь у субсидіях, грантах та програмах підтримки ВДЕ дозволяє знизити капітальні витрати та підвищити економічну ефективність інвестицій.

8. **Моніторинг та оцінка впливу на довкілля** — регулярне вимірювання викидів, енерговитрат і екологічних показників дозволяє оперативно реагувати на перевищення нормативів і коригувати виробничі процеси.

Впровадження цих рекомендацій дозволяє забезпечити **збалансований розвиток деревообробної галузі**, поєднуючи економічну ефективність із екологічною відповідальністю. Підприємства, які активно інтегрують ВДЕ та сучасні системи очищення викидів, здатні значно зменшити негативний вплив на довкілля, підвищити енергоефективність і створити імідж екологічно свідомого виробника, що важливо для виходу на міжнародні ринки та залучення інвестицій.

Розділ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1. Загальний стан охорони праці на підприємстві

Організувати безпечну роботу цеху - важлива задача проектування. Проте, розв'язується вона комплексно: від адміністрації – до робітника всі повинні усвідомлювати важливість даної задачі і на всіх рівнях долучатися до її вирішення. Це необхідно для збереження життя та здоров'я під час роботи, поліпшення умов у виробничому середовищі, запобігання виробничого травматизму і профзахворювань, виробничих аварій, тощо.

Організаційно – методичну діяльність з управління безпекою праці та функціонуванням системи охорони праці на даному підприємстві здійснює інженер з охорони праці.

Планування всіх роботи щодо охорони праці на підприємстві проводять за такими формами:

1. Складання перспективних планів вдосконалення умов безпеки та нешкідливості виробництва.

2. Планування щорічних мір з охорони праці, що включені до колективного договору.

3. Розроблення квартальних, місячних планів для підрозділів (рішення, накази, заходи з розслідування нещасних випадків, приписів органів державного нагляду та контролю за охороною праці тощо).

Комплексні міроприємства з охорони праці – це сукупність заходів для досягнення встановлених меж безпеки, підвищення рівня стану охорони праці, запобігання травм, профзахворювань та аварій. У річних планах заходів конкретно перераховуються всі заходи, розміри асигнувань для них, строки їх виконання, посади та виконавці.

визначення виробничих ризиків, виникнення нещасних випадків, профзахворювань та аварій;

- паспортизації виробничих об'єктів;
- результатів атестації робочих місць за умовами праці;
- матеріалів комплексних цільових перевірок стану та умов праці, стану будівель, споруд, устаткування;

- аналізу порушень правил та норм гігієни, зауважень та пропозицій, які внесені до журналу перевірок стану безпеки, аналізу зауважень та пропозицій працівників та уповноважених з охорони праці;

- результатів аналізу виробничого травматизму, професійних захворювань та аварій;

- підсумків виконаних планів комплексних заходів з охорони праці за попередні періоди.

План комплексних заходів з охорони праці затверджується директором підприємства, а відповідальність за його своєчасне розроблення та формування покладається на інженера з охорони праці, який координує

діяльність усіх виробничих підрозділів та служб з даного питання та здійснює методичне керівництво цією роботою.

Плани роботи охорони праці на підприємстві розробляються інженером з охорони праці на рік, квартал, місяць і повинні відображати усі основні напрямки робіт з охорони праці та пожежної безпеки. План робіт з охорони праці на протязі запланованого періоду може оперативнo корегуватися та включати поточні заходи. Ще розробляються плани на підставі приписів органів державного нагляду за охороною праці, страхових експертів.

Фінансування робіт з охорони праці здійснюється відповідно до статті 19 Закону України «Про охорону праці» .

Для прийняття на роботу і впродовж роботи працівники проходять (за рахунок роботодавця) інструктажі, курси та перевірку знань з охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим в результаті нещасного випадку, а також алгоритму поведінки в умовах виникнення аварії.

5.2. Організація безпеки праці в цеху механічної обробки деревини

Цех запроєктований з дотриманням всіх критеріїв безпеки: ергономічного, забезпечена потоковість, синхронізація і ритмічність. Технологічний процес в цеху, проект якого ми розробили складається з потоку, який розроблений з повним дотриманням всієї послідовності технологічних операцій.

Допустимі відстані між обробними верстатами та стінами ю витримані згідно норм безпеки праці. Також запланували площу для

підстопних місць, врахована зона для нормованої ширини проходів та проїздів, це значно сприяє зручності і безпеці на робочому місці.

Кожний верстат обладнаний надійним гальмівним пристроєм, здатним забезпечити зупинку верстата протягом 2...6 с з моменту вимкнення двигуна. Гальма заблоковані з пусковими пристроями. Так можна запобігати гальмуванню під час роботи двигуна.

Зони робочих частин різальних інструментів деревообробних верстатів (пилки, ножі, фрези тощо) мають закриватися автоматично діючими захисними засобами, що відкриваються під час проходження матеріалу, який обробляється, або нерухомими огородженнями, заблокованими з пусковими і гальмівними пристроями. Зона частини різального інструмента, яка не працює, повинна бути повністю огорожена нерухомою огорожею.

Під час оброблення матеріалів довжиною більше 2 м попереду і позаду верстата або праворуч і ліворуч від нього необхідно установити опори у вигляді стояків з роликами, приставних столиків, роликових столів тощо. Ролики на стояках мають бути розташовані на відстані 0,6-1,0 м один від одного і легко обертатись. На верстатах з ручним подаванням для допилювання матеріалу необхідно застосовувати штовхачі, які забезпечують надійне притискання і спрямування матеріалу та запобігають можливості дотику рук працівника до різального інструменту.

Свердлильний верстат повинен мати кінцеві вимикачі для вимикання свердлильної каретки в установленому положенні.

Вальці крайколичкувального верстата мають бути обладнані дозувальними пристроями, які запобігають розбризкуванню клею і попаданню його на працівника. Пусковий пристрій клеєнамазувального

верстата має бути зблокований з огороженням вальців і місцевою витяжною вентиляцією.

Обладнання для складання меблевих виробів повинне мати пристрої, які запобігають затисканню рук працівника. Пневмо- і гідросистеми вайми мають бути забезпечені контрольно-вимірювальною і запобіжною апаратурою. На виході стисненого повітря в атмосферу слід встановлювати шумопоглинальні пристрої. Під час виконання оббивних робіт на конвеєрі за допомогою ручного пневмо- і електроінструменту необхідно дотримуватись вимог безпеки згідно з [ДНАОП 0.00-1.21-98](#), ГОСТ 12.2.013.0-91, ГОСТ 12.2.010-75.

5.3. Засоби та заходи захисту для запобігання електротравм

В електроустановах і електромережах при експлуатації електрообладнання згідно з ПУЕ і ПТБ слід використати такі заходи:

- контроль і профілактика пошкоджень ізоляції;
- використання малих напруг;
- електричне і механічне блокування, сигналізація;
- захист від випадкового дотику;
- захисні засоби і запобіжні пристрої (ізолюючі захисні засоби, переносні прилади і пристосування);
- захист від переходу високої наруги на сторону низької.

При захисті від дотику до струмопровідних частин, на які перейшла напруга, використовуються: захисне заземлення, захисне занулення, захисне вимкнення, подвійна ізоляція, захисний розподіл мереж.

5.4. Технічні рішення з пожежної безпеки

Для гасіння ймовірної пожежі у цеху підбираємо необхідне обладнання: водяний насос марки ПН – 20, порошкові вогнегасники ВП-

5(3), з розрахунку на 100 м² площі, пожежні щити, з розрахунку на 500 м² площі, мотопомпи, з розрахунку на 3 год. гасіння пожежі.

Пожежні водойми, траншеї, конденсаційні, каналізаційні та інші технічні колодязі, що влаштовуються з виробничою метою, мають бути огорожені або закриті міцними кришками, а в темну пору доби забезпечені освітленням. Огородження пожежної водойми не повинне заважати заїзду пожежних автомобілів та доступу особового складу пожежної охорони.

Для зберігання різних матеріалів та вантажів на території підприємства необхідно передбачити спеціальні майданчики, стелажі і підставки. Складування повинне виключати падіння або обрушення матеріалів.

5.5. Захист працівників в умовах надзвичайних ситуацій

Проведемо оцінку інженерного захисту робітників і службовців підприємства на випадок надзвичайної ситуації.

- за місткістю;
- за захисними властивостями від радіаційного забруднення;
- за ступенем життєзабезпечення;
- за своєчасним укриттям людей.

Таблиця 5.1.

Вихідні дані для оцінки інженерного захисту

/п	Вихідні дані	Позн.	Варіант
			5
	Площа приміщення за-хищених людей, м ²	S ₁	360
	Площа приміщення пункту керування, м ²	S ₂	10
	Площа приміщення медичного пункту, м ²	S ₃	9
	Площа вентиляційних приміщень, м ²	S ₄	19

	Площа санітарних вузлів, m^2	S_5	24
	Площа для харчування і майна, m^2	S_6	19
	Висота укриття, m	H	2,6
	Кількість робітників і службовців найбільшої зміни	N	740
	Захисна споруда: Схов., ПРУ/віддаль L , m	L	$Cx/450$
0	Коефіцієнт умовного розміщення	K_p	4
1	Перекриття з/бетону, cm	h_1	44
2	Перекриття ґрунт, cm	h_2	13
3	Макс. рівень радіації, який можна отримати за 1 год після аварії	P_{max}	400
4	Час початку роботи на об'єкті	$t_{поч.}$	5
5	Час закінчення опромінення об'єкту = $t_n + 96$	$t_{зак.}$	101
6	Кліматична зона		1
7	Системи фільтро-вентиляції ФРН-1	шт	4
8	Електро-ручний вентилятор ЕРВ-72-2	шт	2

1. Оцінка захисних споруд за місткістю

1.1 Перевірка наявності основних і допоміжних приміщень, їх відповідність нормам об'єктного планування.

Визначають наступні величини:

- площа основних приміщень $S_{осн}, m^2$;
- площа допоміжних приміщень $S_{доп}, m^2$;

• загальна площа всіх приміщень в зоні герметизації (крім приміщень ЕДС, тамбурів та інших камер) $S_{\text{заг}}, \text{м}^2$:

$$S_{\text{заг}} = S_{\text{осн}} + S_{\text{доп}},$$

$$S_{\text{заг}} = 360 + (10 + 9 + 19 + 24 + 19) = 441 \text{ м}^2$$

1.2 Визначення кількості ярусів в залежності від місткості приміщення

На основі вихідних даних та норм об'єктно-планувальних рішень визначається кількість ярусів в залежності від місткості приміщення.

Кількість ярусів нар при висоті приміщень від 2,18 до 2,9: 2

1.3 Визначення місткості сховища за площею всіх приміщень в зоні герметизації.

Місткість сховища за площею всіх приміщень M_s визначається при влаштуванні:

— 2-ярусних нар, місць:

$$M_s = S_{\text{осн}} / 0,5$$

$$M_s = 360 / 0,5 = 720$$

1.4 Визначення місткості сховища за об'ємом всіх приміщень в зоні герметизації.

Місткість сховища M_v за об'ємом всіх приміщень визначається:

$$M_v = S_{\text{заг}} \times (h / 1,5)$$

$$M_v = 441 \times (2,6 / 1,5) = 764$$

1.5 Визначення фактичної місткості сховища.

За фактичну місткість сховища (кількість місць у сховищі) M приймається найменше значення з місткості за об'ємом M_v і площею M_s .

$$M = 720$$

1.6 Визначення коефіцієнта місткості.

Коефіцієнт місткості k_m характеризує потужність захисної споруди для переховування робітників і службовців об'єкту, визначається з виразу:

$$k_m = M / N$$

$$k_m = 720 / 740 = 0,97$$

Висновки. Виконавши оцінку захисних споруд за місткістю було визначено що коефіцієнта місткості дорівнює 0,97, фактична місткість сховища дорівнює 720 при кількості робітників і службовців найбільшої зміни 740, тому потрібно обладнати сховище на 20 людей.

2. Оцінка захисних споруд за захисними властивостями щодо радіоактивного забруднення та опромінення

2.1 Визначення захисних властивостей щодо іонізуючого випромінювання

Захисні властивості споруди щодо іонізуючого випромінювання характеризує коефіцієнт послаблення радіації $k_{\text{посл. факт.}}$. Він залежить від матеріалу перекриття, його товщини і умов розміщення захисної споруди (вбудована чи окремо розташована) і визначається за формулою:

$$k_{\text{посл. факт.}} = k_p \prod_{i=1}^n 2^{h_i/d_i},$$

$$k_{\text{посл. факт.}} = 4 * 2^{44/10} * 2^{14/14,4} = 4 * 2^{4,4} * 2^{0,97} = 4 * 2,64 * 1,96 = 20,7$$

2.2 Визначення потрібного коефіцієнта послаблення захисної споруди.

Потрібний коефіцієнт послаблення захисної споруди $k_{\text{посл. потр.}}$ визначається за формулою:

$$k_{\text{посл. потр.}} = D_{\text{відкр.}} / D_{\text{max доп.}}$$

$$D_{\text{відкр.}} = 5P_{\text{1 год.}} (t_{\text{поч.}}^{-0,2} - t_{\text{кін.}}^{-0,2})$$

$$D_{\text{відкр.}} = 5 * 400 * (5^{-0,2} - 101^{-0,2}) = 2000 * (0,72 - 0,4) = 640$$

$$D_{\text{max доп.}} = 50P.$$

$$D_{\text{max доп.}} = 50 * 400 = 20000$$

$$k_{\text{посл. потр.}} = 640 / 20000 = 0,032$$

Отже, захисні властивості сховища відповідають необхідним.

3. Оцінка системи повітрязабезпечення захисних споруд.

3.1 Визначення загальної кількості повітря в захисній споруді.

Проводиться розрахунок загальної кількості повітря, яке подається в захисну споруду всіма фільтровентиляційними комплексами $W_{\text{заг. пов.}}$, м³/год, для режимів:

— чистої вентиляції — I;

— фільтровентиляції — II.

$$I) W_{\text{заг. пов.}} = 1200 * 4 + 900 * 2 = 6600 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$II) W_{\text{заг. пов.}} = 300 * 4 = 1200 \text{ м}^3/\text{год}$$

3.2 Визначення норми подачі повітря на 1 людину.

За кліматичною зоною або середньою температурою зовнішнього повітря найспекотнішого місяця визначається норма подачі повітря (кількість повітря в $m^3/год$) на 1 людину $W_{\text{норм. пов.}}$ за I і II режимом (довідкові дані).

$$I) W_{\text{норм. пов.}} = 8 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$II) W_{\text{заг. пов.}} = 2 \text{ м}^3/\text{год}$$

3.3 Визначення кількості людей в сховищі, які будуть забезпечені чистим повітрям.

$$I) N_{\text{заг. пов.}} = 6600 / 8 = 825$$

$$II) N_{\text{заг. пов.}} = 1200 / 2 = 600$$

3.4 Визначення показника, який характеризує життєзабезпечення в сховищі.

$$I) k_{\text{ж-з}} = 825 / 740 = 1,11$$

$$II) k_{\text{ж-з}} = 600 / 740 = 0,81$$

Висновки. В режимі чистої вентиляції система повітрязабезпечення забезпечує чистим повітрям людей. В режимі фільтровентиляції повітря не достатньо для 140 людей, для забезпечення людей повітрям потрібно встановити один ФВК-1 (фільтровентиляційний комплект)

4. Оцінка своєчасного укриття людей в захисних спорудах.

Оцінка захисних споруд щодо своєчасного укриття людей проводиться в залежності від їх розміщення відносно місця роботи, знань сигналів оповіщення цивільної оборони та своєчасного доведення їх до робітників і службовців об'єкту.

Згідно нормативів ЦО Ноб «Укриття населення в захисних спорудах за сигналом оповіщення» в залежності від часу, затраченого на укриття в захисній споруді, встановлено наступні оцінки:

8 хв — «відмінно»;

10 хв — «добре»;

12 хв — «задовільно».

Віддаль 100 м людина проходить прискореним кроком за 2 хв. Щоб зайти в сховище і зайняти місце необхідно ще 2 хв.

На об'єктах сховища будуються, виходячи з розрахунку кількості людей

найбільшої зміни: за 400 м від місця знаходження людей в

двохповерхових і

більше будинках і за 500 м від одноповерхових будинків.

Віддаль $L=450\text{м}$

$t = 450 \text{ м} / 100 \text{ м} * 2 \text{ хв} + 2 \text{ хв} = 11 \text{ хв}$.

Час, затрачений на укриття в захисній споруді дорівнює 11 хв, оцінка «задовільно».

Таким чином: коефіцієнт місткості $k_m = 0,97$.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході дослідження були проаналізовані сучасні підходи до використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) на деревообробних підприємствах та оцінено їхній вплив на зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Основні висновки роботи можна сформулювати наступним чином:

1. **Актуальність застосування ВДЕ.** Деревообробна промисловість споживає значні обсяги енергії для сушіння, опалення та механічної обробки деревини. Використання традиційних викопних джерел призводить до високих викидів CO₂, пилу та інших забруднюючих речовин, що негативно впливає на довкілля. Перехід на ВДЕ дозволяє скоротити енергетичні витрати та зменшити екологічний слід підприємств.

2. **Теоретичні основи та види ВДЕ.** Біомаса, сонячна та вітрова енергія є найбільш ефективними джерелами для деревообробної галузі. Біомаса з відходів деревини забезпечує високий рівень теплотворності та економічну вигоду, сонячні системи ефективні для допоміжних процесів, а вітрові та інші альтернативні джерела дозволяють збільшити енергетичну автономність підприємств.

3. **Вплив деревообробної промисловості на довкілля.** Основними негативними чинниками є газові та пилові викиди, а також великі обсяги відходів деревини. Використання відходів як енергоресурсу не лише зменшує утворення сміття, а й створює додатковий економічний ресурс для виробництва тепла та електроенергії.

4. **Можливості інтеграції ВДЕ.** Ефективна інтеграція вимагає комплексного підходу: використання біоенергії для теплових процесів, сонячної та вітрової енергії для допоміжних систем, впровадження систем зберігання та автоматизованого контролю споживання енергії. Технологічна

сумісність і модернізація обладнання є критичними для досягнення високої ефективності.

5. **Екологічний та економічний ефект.** Впровадження ВДЕ дозволяє зменшити викиди парникових газів на 40–60%, скоротити споживання енергії на одиницю продукції на 25–35% та досягти економії у 30–50% на витратах на паливо. Приклади розрахунку окупності демонструють термін повернення інвестицій 3–7 років, що робить проекти економічно доцільними.

6. **Рекомендації щодо підвищення екологічної безпеки.** До основних заходів належать: впровадження ВДЕ, модернізація енергоефективного обладнання, системи очищення викидів, навчання персоналу, екологічний менеджмент та участь у державних програмах стимулювання «зеленої» енергетики.

Таким чином, використання відновлюваних джерел енергії на деревообробних підприємствах є комплексним і ефективним механізмом для зниження негативного впливу на навколишнє середовище, підвищення енергоефективності та економічної стійкості підприємств. Реалізація запропонованих технологічних та організаційних заходів дозволяє забезпечити **сталий розвиток галузі, зменшити викиди шкідливих речовин та підвищити конкурентоспроможність деревообробних підприємств в Україні.**

Список використаних джерел

1. Бондаренко, С. В. *Екологічна безпека деревообробних підприємств*. Київ: Наукова думка, 2019.
2. Гнатюк, І. П. *Відновлювані джерела енергії та їхнє використання у промисловості*. Львів: ЛНУ, 2020.
3. Деркач, О. В. *Біоенергетика в деревообробній промисловості*. Харків: ХНУ, 2018.
4. Єфремова, Т. В. *Енергозбереження та відновлювані джерела енергії на промислових підприємствах*. Київ: КНЕУ, 2021.
5. Ковальчук, А. М. *Сучасні технології утилізації деревних відходів*. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019.
6. Левченко, В. І. *Екологічні аспекти деревообробної промисловості*. Чернівці: ЧНУ, 2020.
7. Мельник, С. П. *Сонячна та вітрова енергетика в промислових процесах*. Київ: Наукова думка, 2019.
8. Наконечна, О. Ю. *Енергоефективність на деревообробних підприємствах: практичний досвід*. Харків: ХДТУ, 2021.
9. Панченко, В. А. *Використання біомаси як джерела енергії на підприємствах деревообробної галузі*. Дніпро: ДНУ, 2020.
10. Пономаренко, Л. І. *Екологічне нормування та контроль в деревообробній промисловості*. Київ: Ліра-К, 2018.
11. Руденко, О. С. *Вітрова та сонячна енергетика: інтеграція у виробництво*. Львів: ЛНУ, 2021.
12. Савченко, І. В. *Зелена енергетика та сталий розвиток промисловості*. Київ: Наукова думка, 2022.
13. Соколов, П. М. *Біоенергетичні технології та відновлювані джерела енергії*. Харків: ХНУ, 2020.

14. Степаненко, О. Г. *Технології очищення викидів пилу та газів на промислових підприємствах*. Дніпро: ДНУ, 2019.
15. Федоренко, В. І. *Екологічна безпека та нормативно-правові вимоги в деревообробній галузі*. Київ: КНЕУ, 2021.
16. Шевченко, М. П. *Інтеграція ВДЕ у промислові процеси: український та міжнародний досвід*. Львів: ЛНУ, 2020.
17. International Energy Agency. *Renewable Energy Market Update*. Paris: IEA, 2021.
18. European Environment Agency. *Renewable Energy in Europe – Trends and Prospects*. Copenhagen: EEA, 2020.
19. REN21. *Renewables 2022 Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat, 2022.
20. United Nations Environment Programme. *Sustainable Energy for Industry*. Nairobi: UNEP, 2021.