

**Максютов А. О., к.пед.н., доцент** (Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, м. Умань, Черкаська область, andriy.maksyutov@udpu.edu.ua), **Брежицька О. А., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, l.a.bregucka@nuwm.edu.ua), **Скиба В. П., к.с.-г.н., доцент** (Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, skiff\_vika@ukr.net)

### **ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГО- І РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТЕРМІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ДЕРЕВНИХ МАТЕРІАЛІВ**

У статті проаналізовано основні переваги використання енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної переробки деревних матеріалів.

В результаті проведених досліджень, доведено, що в сучасних складних економічних умовах, підвищення ефективності роботи деревообробних виробництв, коефіцієнта використання деревини місцевих і привізних порід та охорона навколишнього середовища є актуальними завданнями. У зв'язку з цим виникає необхідність аналізу існуючих і розробки концептуально нових енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної переробки деревних матеріалів та організації такого виду робіт.

Встановлено, що все більшого поширення набувають способи отримання теплової енергії за рахунок термічної переробки відходів деревообробної промисловості.

Доведено, що основним недоліком процесу термічної переробки деревних матеріалів є те, що не забезпечується екологічна чистота цього процесу, оскільки при згорянні відходів, забруднених різними полімерними включеннями, відбувається виділення з газами в атмосферу різних токсичних і високотоксичних речовин. Все це призводить до необхідності розробки та впровадження дорого вартісних систем газоочищення.

**Ключові слова:** технології виробництва; деревні матеріали; коефіцієнт використання деревини; термічна обробка; деревообробна промисловість; лісові ресурси; географія світового

## **господарства; екологічна безпека; дослідно-промислові роботи.**

**Постановка проблеми.** Раціональне природокористування та екологічна безпека технологічних процесів – пріоритетний напрям розвитку економіки України, що зумовлює необхідність розробки енерго- та ресурсозберігаючих технологій усіх галузей промисловості. Деревообробна промисловість не є виключенням, адже вона є важливою галуззю лісового комплексу. Підприємства деревообробної промисловості виготовляють головним чином товари споживання, однак значна частина її відходів використовуються для одержання теплової та електричної енергії.

Україна має досить великі лісові ресурси (загальна площа лісового фонду України становить – 10,4 млн га, із яких вкритих лісовою рослинністю – 9,6 млн га). Отже, підвищення ефективності деревообробних виробництв, коефіцієнта використання деревини місцевих і привізних порід та охорона навколишнього середовища є актуальними завданнями. Нині потрібна вдосконалена та екологічно чиста технологія переробки деревини, що дозволить переглянути питання використання деревини, у тому числі низькосортної, для потреб меблевого, паперового та інших виробництв.

З огляду на зростаючі масштаби виробничої діяльності і пов'язаного з цим катастрофічного рівня техногенного навантаження на довкілля охорона довкілля останніми роками стала однією з найважливіших проблем людства. Вирішення цієї проблеми безпосередньо залежить від розробки безвідходних та енергозберігаючих технологій. Але на сучасному етапі людство не має достатніх ресурсів для закриття існуючих виробництв та переходу лише на безвідходні технології. Тому сьогодні найбільш поширеним методом вирішення проблеми захисту довкілля залишається використання у існуючому технологічному процесі ефективного обладнання для переробки відходів. Зусилля провідних вчених спрямовані на вдосконалення очисного обладнання та інтенсифікацію процесу масообміну за рахунок збільшення поверхні контакту фаз та використання інтенсивних гідродинамічних режимів. Такий підхід призводить до збільшення габаритів очисних установок і підвищення енерговитрат, але не зменшує загальної кількості викидів, що утворюються.

Найбільш гостро ця проблема стоїть у питаннях захисту атмосферного повітря, оскільки обсяги парогазових викидів сучасних промислових підприємств становлять сотні тисяч кубічних метрів за годину. Найбільш ефективним є комплексне вдосконалення технологічних процесів з метою скорочення відходів, що утворюються, але ця процедура ускладнена різноманіттям супроводжуючих ці процеси явищ, величезною кількістю реагентів, що беруть участь, відсутністю узагальнених методів розрахунку і схем їх ефективної реалізації.

Таким чином, удосконалення існуючих та створення нових вискоелективних енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної переробки деревних матеріалів є актуальним завданням, що має важливе господарське значення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз наукових досліджень, присвячених особливостям впровадження енерго- і ресурсозберігаючих технологій переробки деревних матеріалів, засвідчує зростання зацікавленості науковців, експертів, політичних і громадських діячів до питань розробки сучасних технологій термічної переробки деревних матеріалів: Черчик Л. [3], Бегун С. [3], Кизим М. [4], Ярошенко І. [4], Хаустова В. [4], Губарева І. [4], Карпук А. [5], Созанський Л.Й. [7], Кривда О.В. [8], Місюра О. [9], Купчак П.М. [10] та інші. Особливу увагу в наукових публікаціях присвячено розгляду технологій, що використовуються деревообробною промисловістю та впровадженню механізму сучасних енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної переробки деревних матеріалів.

**Мета і завдання досліджень.** Розглянути особливості функціонування, організації та експлуатації енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної переробки деревних матеріалів.

Визначити практичне значення використання енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної переробки деревних матеріалів.

Виявити та охарактеризувати перспективи і передумови створення новітніх енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної переробки деревних матеріалів в Україні.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Науково-технічний прогрес і пов'язані з ним величезні масштаби виробничої діяльності призвели не тільки до великих позитивних перетворень у світі, але і

до різкого погіршення стану навколишнього середовища. Посилення техногенного впливу на довкілля породило низку екологічних проблем, пов'язаних зі станом атмосфери, гідросфери та літосфери.

Будь-який об'єкт промислового виробництва у своїй «еволюції» проходить три основні стадії: сировина (основні та допоміжні матеріали), власне виробництво та готова продукція. Більшість операцій підготовки вихідної сировини та матеріалів до здійснення технологічного процесу у найбільш ефективній формі виробництва (очищення, збагачення тощо) та операцій, що становлять технологічний процес, пов'язані з утворенням різних відходів. Використання готової продукції може супроводжуватися утворенням шкідливих речовин, а після закінчення терміну експлуатації продукції потрібна її утилізація або вторинна переробка.

Основним напрямом охорони навколишнього середовища від забруднення промисловими відходами деревообробних виробництв має стати розробка та впровадження маловідходних, безвідходних енерго- і ресурсозберігаючих технологічних виробництв. Однак завдання створення енерго- і ресурсозберігаючих технологій – стратегічне та розраховане на тривалий період. Скорочення ж відходів існуючого деревопереробного виробництва – найгостріша проблема сьогодення, найпоширенішим методом вирішення цієї проблеми залишається розробка ефективних очисних установок для переробки газоподібних, рідких та твердих відходів [10].

Визначення пріоритетного напрямку охорони навколишнього середовища дуже умовне, але все ж таки з низки причин необхідно віддати перевагу проблемі захисту атмосферного повітря. По-перше, атмосфера – захисний шар Землі, цілісність якого визначає стан людства та саме існування життя на нашій планеті. По-друге, повітряні потоки, опади та інші атмосферні явища «не визнають» державних кордонів. По-третє, саме через атмосферу замикається кругообіг більшості шкідливих речовин, незалежно від агрегатного стану викидів.

Хімічною переробкою деревини займається целюлозно-паперова, гідролізна, лісохімічна промисловість. Целюлозно-паперова промисловість належить до провідних галузей господарства, оскільки Україна має у своєму розпорядженні значні лісосировинні ресурси. Продукцією целюлозно-паперової промисловості є різні види волокнистих напівфабрикатів (у тому

числі сульфїтна та сульфатна целюлоза), папір, картон та вироби з них. Побічні продукти галузі: кормові дріжджі, канїфоль, скипидар, жирні кислоти та інше [4, С. 476].

Підприємства целюлозно-паперової, гідролїзної та лісохімічної промисловості є одними із наймасштабніших за величиною токсичних викидів в атмосферу і гідросферу. Крім того, характерною рисою українських промислових підприємств є застаріле обладнання та технологічні процеси. У зв'язку з цим галузь відрізняється великою відходністю, мізерністю засобів очищення та нейтралізації токсичних викидів та скидів, застосуванням на виробництві небезпечних хімічних речовин, наявністю підприємств, що спричиняють шкідливий вплив як на персонал, так і на довкілля.

В останні роки звертається особлива увага на здійснення комплексу заходів, спрямованих на охорону довкілля. Зокрема, вводяться в експлуатацію складні системи газоочищення, очисні споруди, впроваджується обігове водокористування та безстічна технологія.

У технологічних процесах целюлозно-паперових, гідролїзних та лісохімічних виробництв поряд з цільовими утворюються побічні продукти, що представляють практично всі класи органічних та безліч неорганічних речовин. Якщо не вживаються належні заходи щодо очищення промислових викидів, то непоправна шкода завдається не тільки навколишньому середовищу, а й здоров'ю людини.

Для недопущення забруднення водойм та повітряного басейну слід використовувати технологічні методи, в основі яких лежить: удосконалення основних технологічних процесів з метою мінімізації викидів шкідливих речовин; рекуперація та регенерація цінних хімікатів із промислових викидів; утилізація цінних продуктів із промислових викидів; створення замкнутих систем водокористування.

Утилізація первинних відходів, що утворюються безпосередньо в результаті проведення основних технологічних процесів, і вторинних, що утворюються при переробці відходів у системах рекуперації, регенерації та санітарної очистки промислових викидів, створює технічні передумови для організації та впровадження енерго- і ресурсозберігаючих технологій виробництв [1, С. 33].

Серед підприємств хімічної переробки деревних матеріалів основними джерелами забруднення атмосфери є целюлозно-паперові комбінати, гідролізні заводи, підприємства лісохімії, теплові станції, що працюють на відходах деревообробки. Кожне із цих джерел виділяє велику кількість специфічних токсичних речовин. За останні десятиліття в нашій країні та за кордоном було виконано багато робіт із дослідження виробничих викидів. Хоча інформація, що наводиться в науково-технічній літературі, далеко не повністю охоплює всі технологічні процеси і часто не враховує їх динаміки, вона цілком може бути використана для аналізу викидів. Викиди в атмосферу розрізняють за їхнім виглядом, складом, концентрацією, кількістю, агрегатним станом, характером прояву в атмосфері, впливом на біосферу, за цінностями компонентів та багатьма іншими ознаками.

Все більшого поширення набувають способи отримання теплової енергії за рахунок термічної переробки відходів деревообробної промисловості. Але навіть при спалюванні такого, як прийнято вважати, «екологічно чистого» палива, як деревина, з димовими газами в атмосферу потрапляє ціла гама токсичних компонентів, що є трифазною системою, що складається з суміші газів, рідини і твердих частинок. За певних умов можливі міжфазні взаємодії компонентів димових газів, перехід речовин з однієї фази в іншу, а також зміна їхніх агрегатних станів. Склад димових газів, що утворюються при спалюванні, надзвичайно складний, і залежно від виду спалюваних відходів може включати велику кількість токсичних речовин. Так, виробництво паперу та плитних матеріалів, що широко використовуються для виготовлення меблів, пов'язане з виділенням в атмосферу великої кількості різноманітних летких токсичних речовин. Вміст їх у викидах обумовлено застосуванням у технологічному процесі полімерних матеріалів, що містять деяку кількість мономерів, та лакофарбових матеріалів. Основними джерелами забруднення атмосфери у технології обробки поверхонь є просочувальні лінії, лакофарбувальні машини, апарати конвекційного сушіння, фарбувальні камери тощо [5, С. 181].

Серед деревопереробних підприємств з різноманітності викидів помітно виділяються підприємства хімічної переробки деревини, що пояснюється різноманітністю технологічних процесів, сировини та реагентів, широким асортиментом готової продукції. Істотно

впливають характер викидів та особливості хімічної технології: наявність періодичних процесів, застосування високих температур і тисків, а також недостатня ефективність існуючих методів уловлювання викидів, що утворюються. Так, на більшості підприємств з виробництва паперу при варінні целюлози та на наступній стадії її вивантаження відбувається бурхливе закипання суміші з виділенням токсичних газів, що потрапляють у виробниче приміщення та атмосферу. При виготовленні виробів екструзією або за допомогою прес-форм утворюються газоподібні викиди у вигляді парів кислот, фенолу тощо.

В цей час у світовій промисловій практиці використовуються десятки різних пристроїв та технологічних схем термічної переробки деревини, конструктивні особливості яких визначаються вимогами до охорони навколишнього середовища.

Термохімічні методи обробки деревини поділяються на 4 основні напрямки: спалювання, піроліз, газифікація, термодифікація. Ці процеси, хоча і відрізняються один від одного тільки кількістю кисню, що вводиться в камеру термічної переробки і температурою, що утворюється при цьому, але мають різне апаратурне оформлення і є дуже складними явищами, що включають безліч пов'язаних між собою фізико-механічних і хімічних процесів, таких як: тепло масообмін, фазові переходи, процеси перенесення в газових сумішах, що реагують, і рух середовища. При цьому хімічні процеси є реакціями, що складаються з цілого ряду елементарних взаємодій.

Процес горіння можна охарактеризувати як нестационарний турбулентний тепломасообмін за наявності динамічних джерел тепла та речовини.

Термохімічне розкладання деревини – складний процес, що включає реакції деструкції та синтезу компонентів деревного комплексу. Розпад деревини спостерігається вже за порівняно низьких температур у процесі сушіння технологічної деревини, пресування тощо. Тому важливо мати уявлення про хімічні перетворення деревини за температур, що передують екзотермічному розкладанню.

Викиди, що утворюються при неповному згоранні, можуть бути спричинені: – неправильним змішуванням повітря та палива в паливній камері, внаслідок чого утворюються локальні зони з нестачею повітря;

- недостатньою кількістю кисню;
- низькою температура горіння;
- недостатнім часом перебування в камері згорання [8, С. 235].

Горіння біомаси є складним процесом з багатьма змінними, які прямо чи опосередковано впливають на рівні викидів та ефективність використання енергії.

Теплообмін може здійснюватися за допомогою передачі, конвекції та випромінювання теплоти. Для забезпечення низького рівня викидів при неповному згоранні палива необхідно мінімізувати втрати тепла в камері за допомогою оптимізації змінних характеристик, що мають прямий вплив на механізми теплопередачі. Значна кількість теплоти акумулюється на стінках камери згорання, що забирає теплоту з об'єму камери згорання на початковому етапі процесу горіння. Цей процес відіграє особливо важливу роль при спалюванні біомаси в установках малої потужності. Температура камери може бути значно підвищена шляхом попереднього підігріву повітря. Повітря, що подається, може бути попередньо підігрите за допомогою теплообміну з газом після випуску останнього з камери.

Значення рівня вологості є однією з найважливіших характеристик палива. В установках періодичної дії вміст вологи безперервно змінюється залежно від ступеня вигорання палива. Волога вивільняється на етапі виходу летких речовин і її вміст зменшується в міру вигорання палива. Тому негативний вплив рівня вологості на процес горіння може бути значним на перших етапах фази виходу летких речовин, що може призводити до підвищення викидів від неповного згорання палива. Чим вищий коефіцієнт корисної дії топкових пристроїв, тим нижчі викиди топкових речовин в атмосферу.

Ефективним заходом підвищення ефективності установки спалювання є зниження вмісту надлишкового кисню в топковому газі. Існує два технологічні варіанти зниження коефіцієнта надлишку повітря з одночасним забезпеченням повного згорання палива. Одним з таких варіантів є встановлення кисневого датчика, з'єданого з датчиком окису вуглецю в потоці газу на виході з котла, з метою оптимізації подачі вторинного повітря.

Другий варіант передбачає підвищення якості змішування газу з повітрям топки. Шляхом зниження концентрації надлишкового кисню в топковому газі знижується обсяг газу, що дозволяє



зменшити розміри котлоагрегатів і скрубєрів топкового газу. При цьому необхідно забезпечити зниження концентрації надлишкового кисню в топковому газі, що супроводжувалося підвищенням температури горіння, а це передбачає використання ефективної системи контролю температури в топці.

Найбільш ефективним та у багатьох випадках економічно виправданим методом утилізації енергії топкового газу є метод його конденсації. Крім того, що цей процес має високий потенціал утилізації енергії (до 20% від спожитої енергії паливної біомаси), він також забезпечує високий ступінь осадження пилу (40–75%) і дозволяє запобігти конденсації топкового газу на поверхні димової труби при температурі довкілля до  $-10^{\circ}\text{C}$  [6].

Основний недолік процесу спалювання в тому, що не забезпечується екологічна чистота процесу, оскільки при згорянні відходів, забруднених різними полімерними включеннями, відбувається виділення з газами в атмосферу різних токсичних і високотоксичних речовин. Все це призводить до необхідності впровадження дороговартісних систем газоочищення.

У процесі піролізу виділяється окис і двоокис вуглецю, газоподібні вуглеводні (граничні та ненасичені), водень, вода (не тільки волога деревини, а й продукт хімічного розпаду її компонентів), кислоти (мурашина, оцтова і в невеликій кількості вищі кислоти того ж ряду), метанол, кетони, ефіри тощо. Усі ці речовини виділяються у формі парогазової суміші, також у краплинній фазі (у формі туману) перебувають і смолисті речовини [7, С. 47].

Ці смолисті речовини за ознакою розчинності у водному конденсаті з парогазової суміші поділяються на розчинну та відстійну смоли. Розчинна частина в основному складається з уламків целюлози та геміцелюлози вуглеводного та вуглеводневого характеру, але містить і найпростіші феноли. Відстійна смола виходить головним чином за рахунок розпаду лігніну та містить речовини фенольного характеру, нейтральні сполуки різної структури та кислоти.

Темпи виділення різних компонентів є різними. Першими виділяються ті речовини, які утворюються за рахунок відщеплення бічних ланцюгів полімерів деревини та розпаду термічно неміцних її компонентів. В останню чергу руйнується лігнін. Розпад має характер ланцюга перетворень. Процес істотно залежить від початкової

вологості, яка змінюється від 75% для щойно доставленої деревини, до 15% для повітряно-сухої деревини.

Газифікація є високотемпературним термохімічним процесом взаємодії органічної маси з газифікуючими агентами, в результаті чого утворюються горючі гази.

Залежно від розташування місця подачі повітря та місця виходу газу розрізняють три типи газогенераторів:

- газогенератори протиточного процесу газифікації;
- газогенератори прямоточного процесу газифікації;
- газогенератори перехресного процесу газифікації [2].

До недоліків газогенераторів протиточного процесу газифікації відносять погану якість переробки смол, які є в відходах. Наявність в генераторному газі великої кількості смол, що не розклалися, робить його непридатним для використання в пальникових пристроях, оскільки при охолодженні газу смоли конденсуються в газозшляхах, порушуючи тим самим їхню роботу.

Переробляти смоли, які є у відходах, здатний газогенератор прямоточного типу. В газогенераторі цього типу повітря подається в його середню частину, в якій відбувається процес горіння. Гази, що утворюються при цьому, відводяться знизу. Таким чином, активна зона займає частину газогенератора від місця підведення повітря до газовідвідних патрубків. Зона сухої перегонки (піролізу) і зона підсушування розташовуються, як і в першому випадку, вище активної зони і обігріваються теплом, що випромінюється зоною горіння. Однак пари води та леткі речовини не можуть вийти з газогенератора, минаючи зони горіння та відновлення. Проходячи через зону горіння, що має високу температуру, продукти сухої перегонки розкладаються, в результаті чого кількість смол в газі значно зменшується [3, С. 102].

При перехресному процесі газифікації повітряне дуття подається збоку в нижній частині газогенератора, а парогазова суміш, що утворюється (генераторний газ) відводиться через відвідну решітку з протилежного боку. Активна зона зосереджена на невеликому просторі між механізмом подачі газу та газовідвідними ґратами. Над активною зоною розташовуються зона сухої перегонки, і вище – зона підсушування палива. Однак цей газогенератор, як і газифікатор протиточного типу, непридатний для газифікації відходів з великим вмістом летючих речовин та смол, оскільки не може

забезпечити утворення безсмольного газу.

Генераторні газу, одержувані в генераторах, що працюють за прямиоточним процесом газифікації, мають ширші можливості безпосереднього енергетичного та технологічного використання, ніж генераторні газу, одержувані в результаті протиточного процесу. Цей процес супроводжується меншою кількістю активних і шкідливих домішок в генераторних газу прямиоточного процесу, оскільки більшість цих домішок термічно розкладається під впливом високих температур під час проходження через зону горіння і газифікації. Крім того, частина решти термостійких домішок збирається на поверхні частинок золи та шлаків, що утворюються з мінеральної частини вихідного твердого палива [9].

Численні порівняльні аналізи хімічного складу генераторних газів протиточних і прямиоточних процесів газифікації на деревному паливі показали, що вміст парів піролізних смол, оцтової кислоти, фенолу та інших шкідливих та хімічно активних домішок у генераторному газу прямиоточного процесу в сотні разів менший протиточного процесу. Ця перевага дозволяє значно спростувати технологічні схеми використання генераторних газів, зменшувати кількість обладнання для додаткового очищення одержуваних газів від агресивних домішок та смол, а отже, це дає змогу транспортувати газу, що одержуються в результаті прямиоточного процесу газифікації, трубопроводами на значно більші відстані, ніж газу, одержувані в результаті протиточного процесу газифікації.

Отже, зі збільшенням масштабів використання продукції деревообробної промисловості та пов'язаною із цим процесом інтенсифікацією забруднення навколишнього середовища, доцільною є розробка не швидких та ефективних способів захисту від забруднення, а технологій попередження шкідливого впливу забруднювачів повітря, які включають в себе сучасні енергошок- і ресурсозберігаючі технології термічної обробки сировини. Надзвичайно актуальною ця проблема є в деревообробній промисловості, особливо під час термічної обробки деревини.

**Висновки.** Таким чином, на основі вищевикладеного можна зробити висновок, що на сьогоднішній день розробка та впровадження сучасних енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної обробки деревини є нагальною проблемою, що стоїть перед деревообробною промисловістю України.

Отже, розвиток деревообробної промисловості в сучасних умовах вимагає гнучкості, інноваційності та вміння адаптуватися до нових умов. Водночас деревообробна промисловість повинна виконувати важливу функцію в забезпеченні потреб господарського комплексу, промисловості, потреб населення та сприяти відновленню економічного потенціалу нашої країни із врахуванням та мінімізацією негативного впливу на оточуюче середовище.

Розглядаючи питання впровадження та використання сучасних енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної обробки деревини можна стверджувати, що в сучасних складних економічних умовах, підвищення ефективності роботи деревообробних виробництв, коефіцієнта використання деревини та охорона навколишнього середовища є актуальними завданнями.

Доведено, що основним недоліком процесу термічної переробки деревинним матеріалів є те, що не забезпечується екологічна чистота цього процесу, так як при згорянні відходів, забруднених різними полімерними включеннями, відбувається виділення з газами в атмосферу різних токсичних і високотоксичних речовин. Все це призводить до необхідності розробки та впровадження дороговартісних енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної обробки деревини.

1. Невар О. В. Особливості розвитку деревообробної промисловості в Україні та її регіонах. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені Гжицького. Сер. Економічні науки*. 2022. № 100. Т. 24. С. 33–39.
2. Гайда Ю. І., Кузик І. В. Лісопромисловий комплекс України: сучасний стан та доміанти розвитку. *Ефективна економіка*. 2021. № 3. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=8735> (дата звернення: 28.08.2024).
3. Черчик Л., Бегун С. Статистичне дослідження експорту деревини в Україні. *Економічний часопис Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*. 2018. № 3. С. 102–109.
4. Кизим О. М., Ярошенко І. В., Хаустова В. Є., Губарева І. О. Формування стратегічних пріоритетів розвитку лісопромислового комплексу України : монографія. Харків : ФОРМ ЛІБуркіна Л.М., 2019. 476 с.
5. Карпук А. І. Стан і тенденції розвитку лісокористування в Україні. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2012. № 1. С. 181–185.
6. Публічний звіт державного агентства лісових ресурсів України за 2023 рік. URL: [https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2022/zvit\\_2023/lis-zvit-2023-pdf.pdf](https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2022/zvit_2023/lis-zvit-2023-pdf.pdf) (дата звернення: 27.08.2024).
7. Созанський Л. Й. Порівняльна оцінка міжсекторальних зв'язків деревообробної

промисловості України та окремих країн ЄС. *Статистика України*. 2019. № 3. С. 47–55. **8.** Кривда О. В., Очеретяна О. В. Аналіз та методика управління ризиками на підприємствах деревообробної промисловості. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2020. Вип. 2 (25). С. 235–240. **9.** Місюра О. Деревообробна галузь в умовах війни: проблеми та шляхи вирішення. *Економічна правда*. 15 квітня 2022. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/04/15/685777/> (дата звернення: 16.08.2024). **10.** Купчак П. М. Перспективи розвитку деревообробної промисловості в Україні. *Ефективна економіка*. 2014. № 11. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3556> (дата звернення: 21.08.2024).

## REFERENCES:

**1.** Nevar O. V. Osoblyvosti rozvytku derevoobrobnoi promyslovosti v Ukraini ta yii rehionakh. *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni Gzhytskoho. Ser. Ekonomichni nauky*. 2022. № 100. Т. 24. С. 33–39. **2.** Haida Yu. I., Kuzyk I. V. Lisopromyslovyy kompleks Ukrainy: suchasnyi stan ta dominanty rozvytku. *Efektivna ekonomika*. 2021. № 3. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8735> (data zvernennia: 28.08.2024). **3.** Cherchuk L., Behun S. Statystychnе doslidzhennia eksportu derevyny v Ukraini. *Ekonomichnyi chasopys Skhidnoievropeiskoho natsionalnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky*. 2018. № 3. С. 102–109. **4.** Kyzym O. M., Yaroshenko I. V., Khaustova V. Ye., Hubarieva I. O. Formuvannia stratehichnykh priorytetiv rozvytku lisopromyslovoho kompleksu Ukrainy : monohrafiia. Kharkiv : FOP Liburkina L.M., 2019. 476 s. **5.** Karpuk A. I. Stan i tendentsii rozvytku lisokorystuvannia v Ukraini. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*. 2012. № 1. С. 181–185. **6.** Publichnyi zvit derzhavnoho ahentstva lisovykh resursiv Ukrainy za 2023 rik. URL: [https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2022/zvit\\_2023/lis-zvit-2023-pdf.pdf](https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2022/zvit_2023/lis-zvit-2023-pdf.pdf) (data zvernennia: 27.08.2024). **7.** Sozanskyi L. Y. Porivnialna otsinka mizhsektoralnykh zviazkiv derevoobrobnoi promyslovosti Ukrainy ta okremykh krain YeS. *Statystyka Ukrainy*. 2019. № 3. С. 47–55. **8.** Kryvda O. V., Ocheretiana O. V. Analiz ta metodyka upravlinnia ryzykamy na pidpriemstvakh derevoobrobnoi promyslovosti. *Skhidna Yevropa: ekonomika, biznes ta upravlinnia*. 2020. Vyp. 2 (25). С. 235–240. **9.** Misiura O. Derevoobrobna haluz v umovakh viiny: problemy ta shliakhy vyrishennia. *Ekonomichna pravda*. 15 kvitnia 2022. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/04/15/685777/> (data zvernennia: 16.08.2024). **10.** Kupchak P. M. Perspektyvy rozvytku derevoobrobnoi promyslovosti v Ukraini. *Efektivna ekonomika*. 2014. № 11. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3556> (data zvernennia: 21.08.2024).

**Maksiutov A. O., Candidate of Pedagogic Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, Cherkasy region), **Brezhytska L. A., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), **Skyba V. P., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia)

## **USE OF ENERGY AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES OF THERMAL PROCESSING OF WOODEN MATERIALS**

The article analyzes the main advantages of using energy- and resource-saving technologies of thermal processing of wood materials.

As a result of the conducted research, it has been proven that in today's difficult economic conditions, increasing the efficiency of woodworking industries, the ratio of the use of local and imported wood, and environmental protection are urgent tasks. In this regard, there is a need to analyze existing and develop conceptually new energy and resource-saving technologies for thermal processing of wood materials and organization of this type of work.

The development of the woodworking industry in modern conditions requires flexibility, innovation and the ability to adapt to new conditions. At the same time, the woodworking industry must perform an important function in providing for the needs of the economic complex, industry, and the needs of the population and contribute to the restoration of the economic potential of our country, taking into account and minimizing the negative impact on the environment.

It has been established that methods of obtaining thermal energy due to the thermal processing of waste from the woodworking industry are becoming more and more widespread.

It has been proven that the main drawback of the process of thermal processing of wooden materials is that the ecological purity of this process is not ensured, since during the combustion of waste contaminated with various polymer inclusions, various toxic and highly toxic substances are emitted into the atmosphere with gases.

**All this leads to the need to develop and implement expensive gas purification systems.**

***Keywords:* production technologies; wood materials; wood utilization rate; heat treatment; woodworking industry; forest resources; geography of the world economy; environmental safety; research and industrial works.**