

## АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ДЕРЕВИННИХ МАТЕРІАЛІВ

Вінницький національний технічний університет

*Наведено короткий огляд основних технологічних параметрів та обладнання, що використовується для переробки деревинних матеріалів у брикети та пелети. Проаналізовано основні технологічні та конструктивні особливості цього процесу на кожному етапі підготовки та виготовлення продукції для формування відповідних рекомендацій щодо його покращення. Визначено величину фракції та вологість сировини, режим пресування, які забезпечують продукцію необхідними характеристиками для якісного згорання, транспортування та реалізації.*

### ВСТУП

Стан навколишнього середовища – одне із головних питань сьогодення, яке визначає якість нашого життя та відображає взаємодію людини з природою. Екологічні катастрофи, забруднення природних ресурсів все частіше стають темами наукових семінарів та конференцій. В ряді країн нові проекти, дослідження та розробки не приймаються без відсутності використання енергозберігаючих технологій. Все це пов'язано з тим, що інтенсифікація виробництва разом із благами цивілізації принесла багато проблем у навколишнє середовище – забруднені водоймища, ліси і т.п.

Саме тому бережне відношення до природних ресурсів та перехід на безвідходне виробництво є однією з головних інженерних задач. Велика кількість підприємств деревообробної промисловості свої відходи у вигляді тирси, щепи, стружки і трісок переробляють у брикети чи пелети з подальшою реалізацією їх у вигляді вторинної сировини, що дозволяє зменшити витрати на утилізацію відходів, зменшити витрати на опалення та отримати додаткові надходження з їх реалізації.

Однак, не зважаючи на велике поширення обладнання для брикетування пелет та брикетів з різної сировини і значну кількість підприємств, які цим займаються, залишається значний об'єм деревинної сировини після щорічного прорідження та обрізки лісових, паркових, придорожніх насаджень, яка утилізується шляхом спалювання чи вивозом її на смітники. Такий підхід призводить до забруднення навколишнього середовища та додаткової витрати ресурсів з місцевих бюджетів.

Якщо ж використати ці відходи як сировину для пелет та брикетів, то їх можна в подальшому використати для опалення будівель державного підпорядкування, що дозволить зменшити енерговитрати на підприємствах та організаціях, а також витрати на їх утилізацію. Для цього весь процес від вирубки до брикетування деревинної сировини повинен відповідати заданому технологічному циклу.

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

На першому етапі, після щорічного прорідження або обрізки лісових, паркових, придорожніх насаджень, потрібно провести їх первинне подрібнення до фракції 10 – 20 мм безпосередньо на місцях зачистки, що полегшить їх транспортування до місць, де відбуватиметься подальша переробка [1, 2]. Це дозволить зменшити витрати на транспортування, оскільки об'єм попередньо подрібненої сировини займатиме значно менше місця у порівнянні зі звичайним навантаженням гілля на транспортні засоби. Для цього потрібно передбачити мобільні пересувні машини, що оснащені навісним обладнанням, якими подрібнюється деревина. Це обладнання приводяться в рух від вала відбору потужності та гідравлічної системи трактора чи від індивідуального джерела живлення. Крім того, це можуть бути окремі мобільні машини та комплекси. Останні значно потужніші і мають ряд переваг над навісним обладнанням, до того ж ці машини здатні переробляти в щепу не лише деревину, діаметр ствола яких не перевищує 15 см, а також деревину, розмір якої знаходиться в межах 50 см і більше, в залежності від технологічних параметрів машини. Такі машини використовуються, в основному, для лісових господарств під час зачистки чи повної вирубки. Використання їх для подрібнення деревини після зачистки паркових і придорожніх зон не рентабельно через їх високу вартість обслуговування [3].

Навісні мобільні машини для подрібнення деревини простіші за своєю конструкцією, менш вибагливі до їх експлуатації і потребують менших затрат за їх доглядом. Крім того є можливість їх кріплення до будь-якого трактора, де є вал відбору потужності та гідравлічна станція, що дозволяє

без використання додаткового обладнання експлуатувати їх в межах міста, паркових та придорожніх зонах (рис. 1) [4].



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд подрібнювача RM 800.5 приєднаного до трактора

Виготовленням навісних мобільних подрібнювачів займаються закордонні та вітчизняні виробники, конструктивні та технологічні особливості яких майже однакові і різняться лише назвами їх маркувань (табл. 1). До найбільш поширених належать Wallenstein BX102 (Швеція), Cippo 25 Caravaggi, (Італія), RM 800.5 Хеммель-Україна (Україна), Cocomat 160 Rabaud (Франція), HJ-260G Junkkari (Фінляндія), TW 125 (Україна), МК-120 ТР (Україна) та інші [3].

Таблиця 1 – Коротка характеристика подрібнювачів деревини

Марка деревоподрі- бнювача	Виробник	Тип подрібнюва- льного пристрою	Товщина подрібнюва- льної деревини, см	Потужність кВт	Продуктив- ність, т/год	Маса, кг
НН520/30D	BGU Maschinen (Німеччина)	барабанний	до 30	52	4-7	3500
TV 28-40	Vandaele (Німеччина)	дисковий	до 28	68	56	2850
Cippo 25	Caravaggi, (Італія)	дисковий	до 25	59	3,5	1860
DP660T	Олнова (Україна)	дисковий	до 16	24	2-4	760
OL2600D	Oehler Maschinen, (Німеччина)	дисковий	до 25	36	57	1500
PZ210	Pezzolato (Італія)	диоетей	до 21	38	45	1180
HJ-260G	Junkkari (Фінляндія)	дисковий	до 25	30-75	1.7-5	740
NHS 840	EIFO Forsttechnik	дисковий	до 21,5	36	3-5	900
Cocomat 160	Rabaud (Франція)	роторний	до 16	40	3-4	1200
RM 8005	Хеммель- Україна (Україна)	дисковий	до 15	50	4-5	665

Оскільки попередньо подрібнена сировина (щепи) має різну вологість від 20 до 70 %, це не дозволяє проводити безпосереднє брикетування та отримання пелет. Тому наступним етапом є висушування щепи до вологості 6 – 8 %. Сировина з більшою або меншою вологістю вимагає додаткового зволоження або додаткової сушки. Сушарки діляться на два типи – барабанні та стрічкові. Сушарки стрічкового типу дорожчі, але безпечніші. За типом сушильного реагенту вони поділяються на сушарки, що працюють на топкових газах, гарячому повітрі і водяній парі, а за типом виду палива – на газові і на деревинних відходах. Спеціальні сушильні машини забезпечують інтенсифікацію процесу. В іншому випадку, враховуючи той факт, що вирубка проводиться весною, а використання брикетів та пелет, в основному, припадає на зиму, то проводити сушку щепи можливо природнім шляхом на відкритому повітрі, що зменшить економічні витрати, але збільшить об'єм площ для складування та зберігання щепи. Два варіанти сушки щепи мають свої переваги та недоліки, тому ефективність їх використання потрібно оцінювати відповідними економічними розрахунками.

Третім етапом є остаточне подрібнення щепи до розмірів фракції 2 ... 5 мм. Зазначена величина подрібненої щепи як і її вологість в межах 6 ... 8 % забезпечує якісне брикетування. Невідповідність цим вимогам ускладнить процес брикетування та знизить якість горіння, а також зовнішній вигляд брикетів, що вплине на їх реалізацію. Це пов'язано з тим, що при вологості щепи більше 10 ... 15 % під час пресування брикетів вони будуть «розірвані» внутрішнім тиском, створеним рідиною, яка виникає при стисненні подрібненої маси. Остаточне вторинне подрібнення щепи можна проводити за допомогою молоткових подрібнювачів типу RM 800.7 (рис. 2) [4]. Їхніми перевагами є простота експлуатації та конструкції.



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд молоткового подрібнювача RM 800.7

Четвертим етапом виготовлення брикетів та пелет є їх пресування. Процес брикетування - це процес ущільнення матеріалу під високим тиском, з виділенням температури від сили тертя. За рахунок цього в деревині відбувається виділення лігніну, який є сполучною речовиною для формування брикету. Чим вище зусилля пресування і вище температура сировини, тим краще гранули за якістю. При збільшенні температури пресування понад 120°C відбуваються незворотні процеси, які призводять до погіршення якості продукції. Тому для найбільшого ефекту температура в зоні пресування повинна знаходитись в межах 100 °С.

Для брикетів не з деревної сировини, можуть застосовуватися екологічно чисті добавки (не більше 2%). Об'єм готового брикету складає 1/10 від об'єму затраченої на його виробництво сировини, що дає значну економію під час їх транспортування та зберігання. Для виробництва брикетів застосовують поршневі і шнекові преси (рис. 3), а для виготовлення пелет – прес з круглою чи плоскою матрицею (рис. 4) [5].

Поршневий прес працює циклічно – за кожного ходу поршня продавлюється певна кількість матеріалу через конічне сопло. На брикетах чітко помітні відповідні циклам шари. У приводі, як правило, застосовується маховик, який дозволяє вирівняти навантаження двигуна. Зношування поршня невелике, оскільки відносне переміщення між пресованим матеріалом і поршнем незначне. Швидше зношується сопло. Поршневі преси відносно дешеві і тому широко поширені.

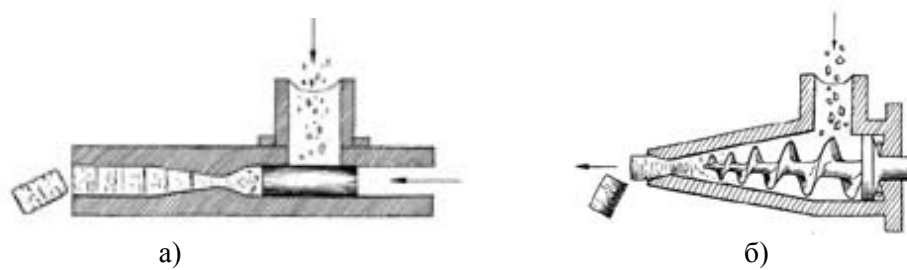


Рисунок 3 – Поршневий а) та шнековий б) прес для виготовлення брикетів

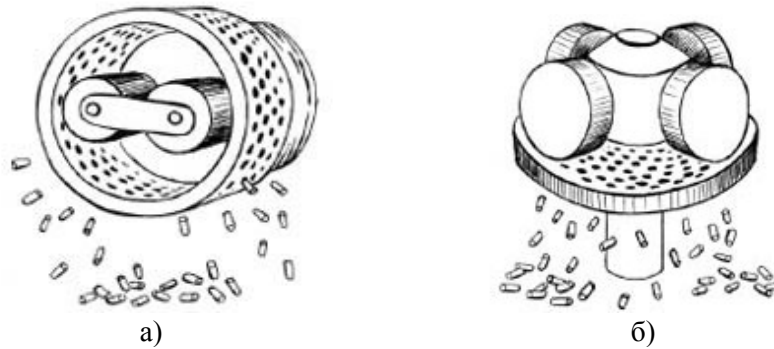


Рисунок 4 – Прес з круглою а) та плоскою б) матрицею для виготовлення пелет

Шнековий прес легше поршневого, оскільки відсутні масивні поршні і маховики. Продукція виходить безперервно, тому її можна розрізати на потрібні шматки. Щільність вище, ніж у поршневих пресів. Шнекові преси менш шумні, завдяки відсутності ударних навантажень. До недоліків можна віднести більшу витрату енергії і швидке зношування шнека.

Пресове обладнання для брикетування має широкий спектр фірм виробників, я саме: CFNielsen (Данія), UPM (Литва), Vogta (Швеція), Rawert-SPM AG (Швейцарія), DI-PIU (Італія), а також вітчизняного виробництва. Це дозволяє підібрати кожному виробникові відповідне обладнання індивідуально до потреб і фінансових можливостей, з врахуванням форми, розмірів та зовнішнього вигляду брикетів чи пелет.

Останнім етапом виготовлення брикетів є фасування готових виробів, яке проводиться у вільному вигляді – насипом, розфасовкою в біг-беги та дрібною розфасовкою (рис. 5).



Рисунок 5 – Розфасовка пелет насипом а), у біг-беги б) та дрібно в)

Розфасовка насипом, поділяється на дві групи:

- перша йде на великі ТЕЦ – вимоги щодо якості невисокі, ціна також невелика; промислові пелети;

- друга – високої якості для котлів невеликої потужності і подальшого фасування в дрібну упаковку. Ціна є досить високою.

Розфасовка в біг-беги застосовується для індустріального транспортування сипучих продуктів. Біг-беги виготовляються з міцного полімеру, мають петлі для механізації вантажно-розвантажувальних робіт, а також дозволяють зберігати постійну необхідну вологість при відкритому складуванні. Ціна в біг-бегах вище, ніж при доставці насипом.

Ціни на гранули в дрібній розфасовці найбільш високі. До цієї групи розфасовки висуваються підвищені вимоги щодо якості. Є дуже зручною для замовників, хто не має приміщення для складування та зберігання в насипному вигляді. Перевозиться на палетах (піддонах) масою до однієї тони.

## ВИСНОВКИ

Аналіз технологічного циклу та обладнання для переробки деревинних матеріалів показав, що розробникам такої продукції слід зосередитись на проектуванні обладнання з високою питомою потужністю, що зменшить габарити, металомісткість та підвищить питомий тиск під час виготовлення брикет. Тому для ефективного проектування обладнання для виготовлення брикет та пелет доцільним є використання в них гідроприводу.

Для первинного подрібнення деревинної сировини використовуються дисковий, барабанний та роторний подрібнювальні пристрої. Дисковий та роторний подрібнювальні пристрої більш прості у виготовленні та експлуатації, потребують менш потужних приводів, а тому переважним є їх використання для дрібного і малосерійного виробництва. Барабанний подрібнювач є більш складним у виготовленні та експлуатації, але має кращі експлуатаційні характеристики та більшу продуктивність. Тому його використання рекомендовано для великосерійного та масового виробництва.

Ефективне виготовлення брикетів та пелет можливе за розміру фракції 2 ... 5 мм, з вологістю – 6 ... 8 %, температури в зоні пресування 100 °С. Це дозволить отримати якісну продукцію, яка буде мати товарний вигляд, тримати форму при складуванні та транспортуванні, а під час горіння віддавати максимум тепла з мінімальною кількістю виділення шкідливих газів.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лотош В. Е. Переработка отходов природопользования. – Екатеринбург: Полиграфист, 2007. – 503 с.
2. Гомонай М. В. Производство топливных брикетов. Древесное сырье, оборудование, технологии, режимы работы: монография. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 68 с
3. [http://pidruchniki.com/73012/ekologiya/tehnologiy\\_virobnitstva\\_tverdogo\\_paliva\\_biomasi](http://pidruchniki.com/73012/ekologiya/tehnologiy_virobnitstva_tverdogo_paliva_biomasi)
4. [http://hemmel.com.ua/ru/production/rm\\_71](http://hemmel.com.ua/ru/production/rm_71)
5. <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/2344/>

## REFERENCES

1. Lotosh V. E. Pererabotka otkhodov pryrodopol'zovanyya. – Ekaterynburh: Polyhrafyst, 2007. – 503 s.
2. Homonay M. V. Proyzvodstvo toplivnykh bryketov. Drevesnoe syr'e, oborudovanye, tekhnolohyy, rezhymy raboty: monohrafyya. – M.: HOU VPO MHUL, 2006. – 68 s
3. [http://pidruchniki.com/73012/ekologiya/tehnologiy\\_virobnitstva\\_tverdogo\\_paliva\\_biomasi](http://pidruchniki.com/73012/ekologiya/tehnologiy_virobnitstva_tverdogo_paliva_biomasi)
4. [http://hemmel.com.ua/ru/production/rm\\_71](http://hemmel.com.ua/ru/production/rm_71)
5. <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/2344/>

**Л. К. Поліщук, В. П. Міськов**

## АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ДЕРЕВИННИХ МАТЕРІАЛІВ

Вінницький національний технічний університет

Покращення стану навколишнього середовища та розвиток безвідходних виробництв стало одним з найбільш актуальних питань інженерної діяльності після стрімкого розвитку технологій та виробництв. Одним із таких напрямків є переробка деревинної сировини після щорічного прорідження та обрізки лісових, паркових, придорожніх насаджень.

Проведено аналіз технологій та обладнання для переробки деревинної сировини у брикети та пелети і визначено напрями їх досліджень та проектування. Встановлено, що різновид обладнання для первинної переробки деревинної сировини різняться, в основному, за типом подрібнювального пристрою (барабанного, дискового та роторного типу), а також за способом приведення в дію – навісні для тракторів та промислові комплекси від дизельних чи інших двигунів. Відзначено, що для міських господарчих комплексів варто використовувати навісні подрібнювачі з дисковим

подрібнювальним пристроєм, оскільки вони мобільні, простіші за конструкцією, менш габаритні у порівнянні з виробничими комплексами і на їх експлуатацію потрібно витратити менше коштів.

Проаналізовано способи виготовлення брикетів та пелет та обладнання для їх пресування. Обґрунтовано характеристики сировини – розмір фракції, вологість та температурний режим для отримання якісної продукції.

Об'єкт дослідження – процес переробки деревинної сировини у брикети та пелети.

Мета дослідження – аналіз технологічних процесів та обладнання для переробки деревинних матеріалів для формування технічного завдання на його виготовлення і рекомендацій щодо їх вдосконалення та експлуатації.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ДЕРЕВИННА СИРОВИНА, ВИГОТОВЛЕННЯ БРИКЕТ, ВИГОТОВЛЕННЯ ПЕЛЕТ, ПОДРІБНЮВАЧ ДЕРЕВИНИ.

Поліщук Леонід Клавдійович, Вінницький національний технічний університет, професор кафедра «Галузеве машинобудування», ВНТУ, e-mail: : [leo.polishchuk@gmail.com](mailto:leo.polishchuk@gmail.com), 21020, Україна, Вінницька обл., м. Вінниця, вул. Магістратська 80, кв. 17.

Міськов Вадим Петрович, Вінницький національний технічний університет, кафедра «Галузеве машинобудування», старший викладач, ВНТУ, e-mail: [vadimmiskov@mail.ru](mailto:vadimmiskov@mail.ru), 21021, Україна, Вінницька обл., м. Вінниця, вул. Воїнів-Інтернаціоналістів 3, кім. 432.

**L. K. Polishchuk, V. P. Miskov**

## **THE ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND EQUIPMENT FOR PROCESSING OF WOOD MATERIALS**

Vinnitsia National Technical University

Improving the environment and the development of waste production was one of the most pressing issues of engineering after the rapid development of technology and production. One of these issues is the processing of wood material after annual pruning and thinning forest, park, roadside stands. The analysis of technology and equipment for the processing of wood materials into briquettes and pellets and the directions of research and design.

Found that kind of equipment for primary processing of wood material varies, mainly crush the type of device (drum, disc and rotary), and the method of activation - attached to tractors and industrial complexes of various diesel engines. It is noted that the urban economy complexes should be used mounted disc shredders shredding device as they are mobile, simpler in design, less overall compared with industrial complexes and their operation need to spend less money.

The analysis methods of making briquettes and pellets and equipment for their pressing. Grounded material characteristics - size fractions, moisture and temperature conditions to produce quality products.

Object of study - the processing of wood materials into briquettes and pellets.

The purpose of research - analysis of processes and equipment for processing wood materials for forming specification for its manufacture and recommendations for their improvement and operation.

**KEYWORDS:** WOOD MATERIAL, MANUFACTURE OF BRIQUETTES, MANUFACTURE OF PELLETS, WOOD CHIPPERS.

Polishchuk Leonid K., candidate of engineering sciences, professor of department «Engineering branch», Vinnitsa national technical university, VNTU, e-mail: [leo.polishchuk@gmail.com](mailto:leo.polishchuk@gmail.com), tel. +38 (0432) 598-523, 21020, Vinnitsa, str. Mahistratska, 80, apt. 17.

Miskov Vadim Petrovich, candidate of engineering sciences, senior lecturer of department «Engineering branch», Vinnitsa national technical university, VNTU, e-mail: [vadimmiskov@mail.ru](mailto:vadimmiskov@mail.ru), tel. +38 (0432) 598-523 21021, Vinnitsa, str. Warriors-Internationalists, 3, br. 432.

**Л. К. Поліщук, В. П. Міськов**

## **АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Винницкий национальный технический университет

Улучшение состояния окружающей среды и развитие безотходных производств стало одним из наиболее актуальных вопросов инженерной деятельности после стремительного развития технологий и производств. Одним из таких вопросов является переработка древесного сырья после ежегодного разряжения и обрезки лесных, парковых, придорожных насаждений. Проведен анализ технологий и оборудования для переработки древесного сырья в брикеты и пеллеты и определены направления их исследований и проектирования.

Установлено, что вид оборудования для первичной переработки древесного сырья отличается, в основном, по типу дробильного устройства (барабанного, дискового и роторного типа), а также по способу приведения в действие - навесные для тракторов и промышленные комплексы от дизельных или иных двигателей. Отмечено, что для городских хозяйственных комплексов следует использовать навесные измельчители с дисковым измельчающим устройством, поскольку они мобильны, просты по конструкции, менее габаритные по сравнению с производственными комплексами и на их эксплуатацию нужно тратить меньше средств.

Проанализованы способы изготовления брикетов и пеллет и оборудования для их прессования. Обоснованно характеристики сырья - размер фракции, влажность и температурный режим для получения качественной продукции.

Объект исследования - процесс переработки древесного сырья в брикеты и пеллеты.

Цель исследования - анализ технологических процессов и оборудования для переработки древесных материалов для формирования технического задания на его изготовление и рекомендаций по их совершенствованию и эксплуатации.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ДРЕВЕСНОЕ СЫРЬЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ БРИКЕТОВ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЛЛЕТ, ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ ДРЕВЕСИНЫ.

Полищук Леонид Клавдиевич, к.т.н., профессор, Винницкий национальный технический университет, профессор кафедры «Отраслевое машиностроение», ВНТУ, e-mail: [leo.polishchuk@gmail.com](mailto:leo.polishchuk@gmail.com), тел. +38 (0432) 598-523, 21020, Украина, Винницкая обл., г. Винница, ул. Магистратская 80, кв. 17.

Миськов Вадим Петрович, к.т.н., Винницкий национальный технический университет, кафедра «Отраслевое машиностроение», старший преподаватель, ВНТУ, e-mail: [vadimmiskov@mail.ru](mailto:vadimmiskov@mail.ru), тел. +38 (0432) 598-523, 21021, Украина, Винницкая обл., г. Винница, ул. Воинов-Интернационалистов 3, ком. 432.