



АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ БРИКЕТІВ З АГРОБІОМАСИ В УКРАЇНІ

Аналітична записка БАУ №20

Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А., Драгнєв С.В.

18 травня 2018 р.

Публікація доступна на: www.uabio.org/activity/uabio-analytics
Для відгуків та коментарів: geletukha@uabio.org

© Біоенергетична асоціація України, 2018

Копіювання та публікація матеріалів асоціації без посилання на першоджерело заборонена

Зміст

Резюме	3
1. Доцільність та переваги використання паливних брикетів з біомаси.....	3
2. Огляд ринку твердих біопалив в Україні	5
3. Технологічні аспекти виробництва паливних брикетів.....	9
3.1. Види сировини та вимоги до неї	9
3.2. Види брикетів та їх паливні характеристики	11
4. Технологічні лінії із виробництва паливних брикетів	18
5. Законодавча база виробництва паливних брикетів з біомаси	27
6. Сертифікація та стандартизація брикетів з біомаси.....	28
7. Приклади успішних практик виробництва паливних брикетів з біомаси для потреб побутового та інших секторів	31
<i>Виробництво брикетів з соломи у с. Кінські Роздори (Запорізька обл.)</i>	<i>31</i>
<i>Міні-завод з виробництва брикетів з біомаси в с. Кам'янка (Одеська обл.)</i>	<i>31</i>
<i>Брикетувальні лінії для соломи у Вінницькій області</i>	<i>33</i>
<i>Брикети з соломи компанії «АгроК» (Миколаївська обл.)</i>	<i>33</i>
<i>Брикети з зернових відходів підприємства агрохолдингу «Нібулон» (Миколаївська обл.)</i>	<i>34</i>
<i>Виробництво брикетів зі стебел малини у с. Лосятин (Тернопільська обл.)</i>	<i>35</i>
<i>Виробництво брикетів з відходів очерету у м. Вилкове (Одеська обл.)</i>	<i>36</i>
8. Попереднє ТЕО виробництва та використання паливних брикетів з біомаси в Україні	37
Висновки	41
Додаток 1. Характеристики соломи як палива та сировини для виробництва брикетів	42
Додаток 2. Технічні умови на брикети з біомаси (вибрані приклади)	45
Додаток 3. Державні стандарти, що стосуються твердого біопалива (вибрані приклади) ..	46
Умовні позначення та скорочення	47
Попередні публікації БАУ	48

Резюме

Аналітична записка № 20 Біоенергетичної асоціації України присвячена аналізу можливостей для збільшення обсягів виробництва та використання паливних брикетів з біомаси для потреб населення. Представлено характеристики брикетувального обладнання різних видів, розглянуто вимоги до вихідної сировини, проаналізовано техніко-економічні та законодавчі аспекти виробництва брикетів. Наведено успішні приклади впровадження ліній брикетування біомаси в різних регіонах України. Розроблено ТЕО кількох типових варіантів виробництва та споживання брикетів з агробіомаси.

1. Доцільність та переваги використання паливних брикетів з біомаси

Брикет з біомаси – вид твердого біопалива, який широко використовується в країнах, що розвиваються, і інтерес до якого давно існує і зростає в розвинутих країнах Європи і Північної Америки.

В Швеції перші брикетувальні лінії з'явилися на кількох крупних лісопильних заводах ще на початку 1900-х років. Великомасштабне виробництво брикетів з деревини розпочалося у 1970-х роках після першої нафтової кризи і сьогодні становить більше 300 тис. т/рік^{1 2}. Цікавим прикладом є система ЦТ у містечку Флобу, яка повністю працює на деревних брикетах, щорічно постачаючи споживачам близько 9 ГВт-год тепла³.

В Німеччині обсяг виробництва брикетів з деревини і агробіомаси складає більше 1,75 млн. т/рік при загальній встановленій потужності брикетувального обладнання 3,25 млн. т/рік. Основна частина вироблених паливних брикетів (близько 1,2 млн. т/рік) споживається всередині країни, а решта експортується в інші країни Європи. В Німеччині брикети з біомаси застосовуються головним чином в побутових і малих котлах з ручним завантаженням, але певний обсяг також використовується в напіваавтоматизованих і повністю автоматизованих котлах потужністю до 5 МВт. Велика увага приділяється розробці та вдосконаленню спеціалізованого енергетичного обладнання, в результаті чого досягнуто низької емісії шкідливих речовин при спалюванні брикетів і високого ККД – до 90%⁴.

Приклади інших європейських країн: річний обсяг виробництва брикетів з біомаси становить в Хорватії більше 60 тис. т, в Сербії – 30 тис. т, в Боснії і Герцеговині – 35 тис. т, в Македонії – 5 тис. т, в Чехії – 188 тис. т разом пелет та брикетів⁵. Виробництво брикетів з агробіомаси активно розвивається в Молдові – наразі воно оцінюється у більше

¹ Susanne Paulrud. Upgrade Biofuels – Effects of quality on processing, handling characteristics, combustion and ash melting. Doctor Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Umea, 2004
<https://pub.epsilon.slu.se/533/1/Agraria449.pdf>

² Johan Karlhager. The Swedish market for wood briquettes: production and market development, 2008
https://stud.epsilon.slu.se/12071/1/karlhager_j_171108.pdf

³ <http://ukrfuel.com/news-briquettes-used-in-district-heating-in-4.html>

⁴ <https://www.slideshare.net/azeus13/the-fast-growing-biomass-briquettes-market-in-germany-41545601>

⁵ Дані з документів, наявних на вебсайті <https://www.unece.org/info/ece-homepage.html>

86 тис. т/рік, причому нові виробники могли отримати певну підтримку в рамках проекту СС-ПРООН «Енергія і біомаса»⁶.

Тема паливних брикетів з біомаси є надзвичайно актуальною і для України. З травня 2015 року в країні почалося суттєве підвищення цін на природний газ для домогосподарств, в результаті чого населення стало активно переходити на біомасу. Було встановлено велику кількість побутових твердопаливних котлів, в яких на сьогодні спалюються, в основному, дрова. Значний обсяг дров заготовлюється населенням самостійно (так звана «самозаготівля») із полезахисних та інших лісосмуг, що фактично призводить до їх знищення. Такі дрова мають велику вологість, низьку якість і не відповідають паспортним вимогам енергетичного обладнання. Наслідком їх застосування в побутових твердопаливних котлах є низька ефективність роботи обладнання і високий рівень емісії шкідливих речовин.

Виходом з цієї негативної ситуації може бути перехід з дров на використання **брикетів** з біомаси, головним чином, **агробіомаси** (соломи зернових та ріпаку, стебел кукурудзи/соняшника та ін.) з огляду на її великий потенціал в Україні, доступний для енергетичного використання – близько **8,3** млн. т н.е./рік (дані 2016 р.). Брикети – це покращене біопаливо з прогнозованою якістю, тому їх часто називають «євродровами».

Переваги використання паливних брикетів з агробіомаси:

- Відповідність вимогам котельного обладнання, кращі екологічні показники при спалюванні.
- Можливість застосування в існуючих пічках, побутових (15-30 кВт) та невеликих твердопаливних котлах з ручним завантаженням (до ~100-150 кВт). Брикети не потребують спеціалізованого обладнання на відміну від більш дорогих пелет (гранул) з біомаси.
- Потенційна можливість використання брикетів з відносно низькою щільністю («м'яких») в більш потужних котлах зі шнековою подачею (до ~1 МВт).
- Наявність значної сировинної бази, особливо для брикетів з агробіомаси.
- Відносно низька ціна. У брикетів ціна за одиницю енергії є порівняною з дровами при набагато кращих паливних характеристиках (**Таблиця 1.1**).
- Є більш зручними та економічними, ніж дрова, при транспортуванні та зберіганні. За рахунок більшої енергетичної щільності потребують менших витрат праці при ручному завантаженні в котел.
- Можуть виступати в ролі більш дешевого заміниника вугілля, особливо в тих регіонах, де вугілля є дорогим (4000 грн./т і більше). Вартість одиниці енергії в брикетах з соломи/лушпиння соняшника може бути до **2** разів менше, ніж у вугіллі (див. **Табл. 1.1**).

⁶ <http://biomasa.md/ru/piata-de-producere-a-bioenergiei/producerii-de-biocombustibil/>

Таблиця 1.1. Порівняння вартості одиниці енергії викопних палив і біомаси

Вид палива або енергоносія	Ціна (на квітень 2018 р.), грн./т без ПДВ	Нижча теплотворна здатність, МДж/кг	Вартість одиниці енергії в паливі/ енергоносії, грн./ГДж без ПДВ
	А	Б	А/Б
Природний газ для населення	5798 грн./тис. м ³	34,0	171
Природний газ для промисловості	8686 грн./тис. м ³	34,0	256
Вугілля	3000-5000*	25,0	120-200
Мазут	9000	42,0	214
Електроенергія	1,91 грн./кВт·год	-	531
Пелети/брикети з деревини	2900**	17,0	171
Пелети з лушпиння	1700**	17,5	97
Пелети з соломи	1800**	16,0	112
Брикети з лушпиння	1600**	17,5	91
Брикети з соломи	1900**	16,0	119
Дрова (W40%)	950	10,0	95
Деревна тріска	1000	10,1	99
Тюки соломи чи стебел кукурудзи	900	14,6	62

* Орієнтовна ціна.

** Орієнтовна ціна. Реальна ціна суттєво залежить від показників якості конкретної партії гранул/брикетів та від регіону виробництва.

2. Огляд ринку твердих біопалив в Україні

Згідно даних Енергетичного балансу України за 2016 рік⁷, виробництво біопалив та відходів в країні склало **3348** тис. т н.е., а постачання первинної енергії з них – **2832** тис. т н.е. (3,1% ЗППЕ). Різниця формувалась, головним чином, за рахунок експорту біопалив (553 тис. т н.е. у 2016 р.). Ріст сектору біоенергетики України протягом 2010-2016 рр. оцінюється, в середньому, у 45%/рік по показнику виробництва біопалив та відходів і 35%/рік по загальному постачанню первинної енергії з них.

На ринку біопалив найбільший сегмент займає *тверде біопаливо* у вигляді дров, деревної тріски, пелет (гранул) та брикетів з біомаси, тюкованої соломи. За оцінками фахівців⁸, загальне виробництво пелет в Україні у 2015 р. склало близько **1,32** млн. т на 494 підприємствах, у т.ч. пелет з деревини – до 390 тис. т, з лушпиння – близько 724 тис. т, з соломи – 146 тис. т, з торфу – 8,4 тис. т, з інших видів сировини – 51,8 тис. т.

⁷ Енергетичний баланс України за 2016 рік. Експрес-випуск Державної служби статистики України № 506/0/08.4вн-17 від 20.12.2017.

⁸ Комплексний аналіз українського ринку пелет з біомаси. Проект UNDP, GEF, 2016 http://uabio.org/img/files/docs/kompleksnij_analiz_ukrayinskogo_rinku_pelet_z_biomasi.pdf

Паливні брикети в Україні виробляються у менших обсягах ніж гранули, при цьому в якості сировини в основному використовують деревину, лушпиння, солому та очерет. Виробництво брикетів з деревини у 2015 р. становило 170 тис. т, з агрокультур – 95 тис. т⁹.

Наразі велика частка пелет та брикетів експортується з України в країни Європи через недостатньо великий попит на внутрішньому ринку. Так, експорт деревних пелет у 2015 р. склав більше 150 тис. т (38,5% загального обсягу виробництва), експорт пелет з лушпиння (враховуючи реекспорт) – майже 822 тис. т⁸. Незважаючи на ряд існуючих проблем, даний сегмент біоенергетики продовжує розвиватися. Створення сприятливих умов на внутрішньому ринку сприятиме переорієнтації експорту твердого біопалива на продаж в Україні.

Основними особливостями виробництва твердого біопалива в Україні є регіональна нерівномірність та відносна розпорошеність виробництва, а також велика кількість невеликих за масштабом підприємств, що працюють з трейдерами. Також характерним є розміщення виробництва якомога ближче до сировинної бази. Наприклад, виробники деревних та торф'яних гранул, переважно, представлені на заході України та у невеликій кількості – в індустріальних районах центру та сходу (до 70% виробництва деревних гранул забезпечують 7 областей – Закарпатська, Волинська, Чернігівська, Київська, Житомирська, Львівська, Сумська). Виробники гранул з лушпиння тяжіють до центральних та східних регіонів, де наявна сировинна база вторинних відходів переробки соняшника завдяки великій концентрації олійно-екстракційних заводів (наприклад, тільки 4 області – Дніпропетровська, Запорізька, Одеська, Миколаївська, забезпечують виробництво до 413 тис. т, тобто більше половини всіх гранул з лушпиння в Україні). Виробники гранул з соломи розташовані в аграрних районах і характеризується невеликою кількістю та більшою концентрацією виробництва. Найбільші виробники гранул з соломи в Україні – це Сمارт холдинг «Він-пелета», ТОВ «Біоенерджі», ТОВ «Аверс-тех», Креатив Агро, Бердянські жниварки (до 50% всього виробництва гранул з соломи)⁸.

Ціни на тверді біопалива суттєво відрізняються у різних виробників (**Рис. 2.1**) і по регіонах країни. Також спостерігається коливання цін протягом року. Зокрема, вони зростають у опалювальний період за рахунок зміни балансу попиту і пропозиції. На кінцеву ціну суттєво впливають умови поставки та відстань транспортування. Крім цього, біопаливо при наявності сертифікату, який підтверджує якість продукції, коштує дорожче і, переважно, експортується. Наприклад, сертифікована за EN Plus A1 деревна гранула коштує на 100 євро/т дорожче, а агрогранула – на 20 євро/т дорожче порівняно із несертифікованою⁸.

Гранули та брикети вважаються «покращеним» твердим біопаливом з огляду на їх більш високу теплотворну здатність, меншу вологість та загалом вищу енергетичну щільність (ГДж/м³) у порівнянні з неущільненими видами біомаси та біопалива.

⁹ Дорожня карта з розвитку ринку твердого біопалива України. Проект UNDP, GEF, 2016.
http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/b4/bd/b4bda440-5ab8-4c64-943a-a094da7a757f/dorozhnia_karta_z_rozvitku_rinku_tverdogo_biopaliva_ukrayini.pdf

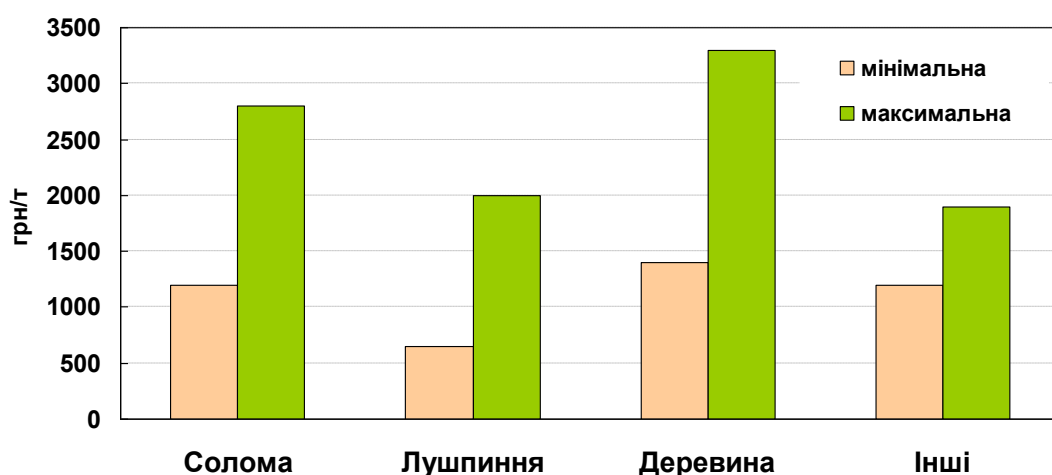


Рис. 2.1. Коливання цін на гранули на внутрішньому ринку за пропозиціями виробників у червні 2016 р. (мінімальні та максимальні ціни)⁸.

Поточний обсяг ринку України для паливних брикетів з біомаси для потреб населення (індивідуальне опалення) можна оцінити у **~500 тис. т/рік** із ростом до більше **3 млн. т/рік** до 2035 року (**Рис. 2.2**)¹⁰.

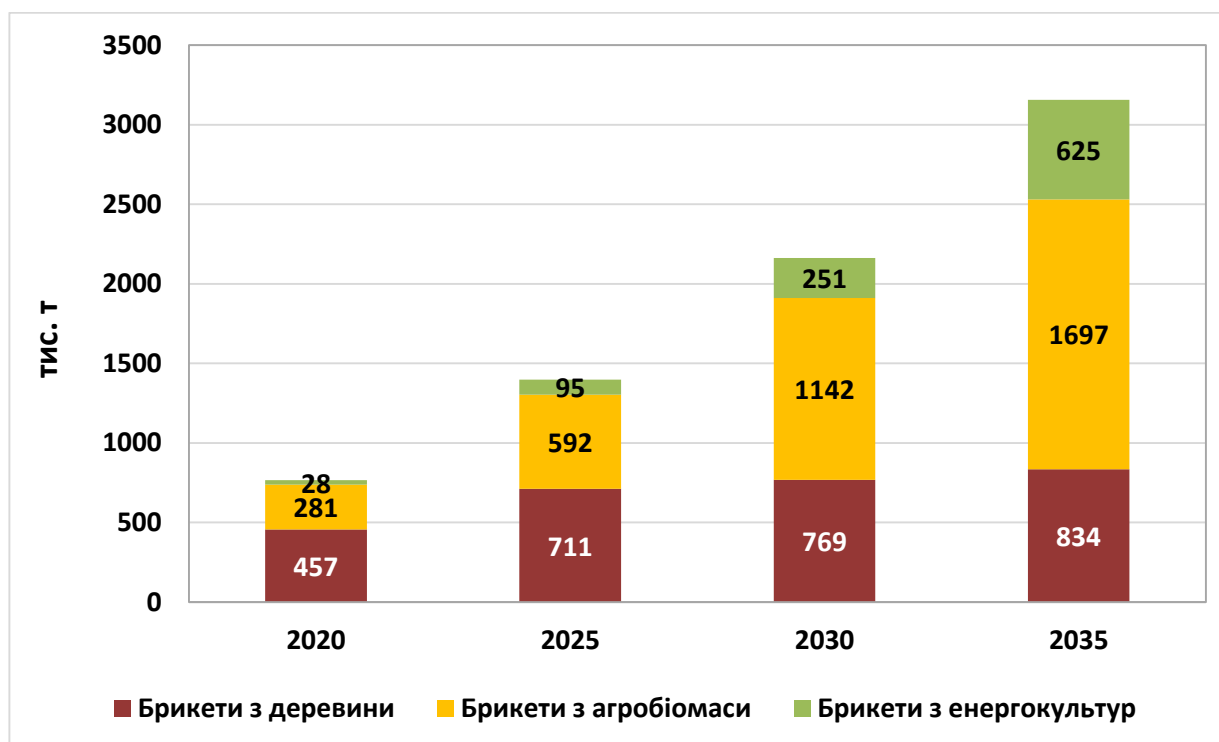


Рис. 2.2. Оцінка обсягу ринку України для паливних брикетів з біомаси для потреб населення (індивідуальне опалення)¹⁰.

¹⁰ Оцінка ґрунтується на ключових показниках Енергетичної стратегії України на період до 2035 року, прогнозі НТЦ «Біомаса» щодо структури споживання твердих біопалив та прогнозі виробництва теплової енергії з ВДЕ по різних секторах до 2050 року.

В Україні діє **субсидія** для населення на придбання **твердого** пічного побутового палива (вугілля, дров, **брикетів** тощо¹¹)¹². Субсидія призначається у разі, коли житлове приміщення не забезпечується електро-, тепло- або газопостачанням для опалення. Субсидія визначається виходячи з норми у **2 т¹³** на одне домогосподарство на рік і граничного показника вартості (у 2018 р. – **2424,16 грн. за 1 т¹⁴**) на основі річного сукупного доходу сім'ї за попередній календарний рік.

¹¹ <http://kostvlada.org/priznachennya-subsidii-na-tverde-palivo/>

¹² Постанова КМУ № 848 від 21.10.1995 (із змінами)
<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/ru/848-95-%D0%BF/page>

¹³ Постанова КМУ № 356 від 23.04.2012 (із змінами)
<http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/356-2012-%D0%BF>

¹⁴ <http://olevsk-gromada.gov.ua/2018/02/16/shhodo-priznachennya-subsidiyi-dlya-pridbannya-tverdogo-paliva-skraplenogo-gazu-u-2018-rotsi/>

3. Технологічні аспекти виробництва паливних брикетів

3.1. Види сировини та вимоги до неї

Брикетування – це процес ущільнення матеріалу під високим тиском, а в ряді випадків і при нагріванні до 250-350 °С. При цьому в рослинній сировині відбувається виділення лігніну, який є сполучною речовиною для формування брикету. Для брикетів не з деревної біомаси можуть застосовуватися екологічно чисті добавки (не більше 2%).

Сировиною для виробництва паливних брикетів може бути деревина м'яких і твердих порід, солома, очерет, лушпиння соняшника та гречки, багаття льону, інші рослинні відходи. Типові вимоги до сировини: вологість 6-12%, фракційний склад 2-10 мм (Таблиця 3.1).

Таблиця 3.1. Характеристики сировини для виробництва брикетів¹⁵.

Сировина	Характеристики вихідної сировини			Характеристика брикету
	Насипна щільність, кг/м ³	Вологість, %	Фракція, мм	Щільність, т/м ³
Лушпиння соняшнику	100	4-9	6-10	1,15
Лушпиння соняшнику (подрібнене)	260	6-9	2-5	1,09
Гречана лузга	160	5-12	2-5	1,03
Рисова лузга	125	5-12	2-6	1,01
Тирса дубова	270	6-12	2-5	1,25
Тирса соснова	125	6-8	2-5	1,15
Солома (січка) ¹⁶	40-60	8-14	5-30	0,7-0,9 ¹⁷

Об'єм брикету складає близько 1/10 об'єму витраченої на його виробництво сировини. Брикетування біомаси дозволяє суттєво збільшити насипну щільність та питому енергемісткість біопалива, що спрощує його логістику (транспортування, зберігання) і зменшує витрати на неї. Крім того, кінцевий продукт (брикети) має більш однорідні якісні характеристики у порівнянні з неущільненою біомасою.

Якість брикетів в значній мірі залежить від вологості вихідної сировини. Розрізняють оптимальну і критичну вологість. Оптимальна вологість – 4-10%, при ній досягаються найкращі механічні характеристики брикетів. Однак, треба враховувати, що для деяких видів сировини верхньою межею вологості є 6-8%. Критичною називається вологість, при якій можливе формування брикетів, але в ньому з'являються тріщини, і брикет втрачає товарний вигляд. Критична вологість знаходиться в межах 10-15%. При

¹⁵ <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/1589/>

¹⁶ Дослідження ринку біопалива рослинного походження в Україні та Київському регіоні. Звіт НТЦ «Біомаса» для ПАТ «Київенерго», 2013.

¹⁷ Bio-briquettes based on straw http://www.gns-halle.de/downloads/info_straw_briquettes.pdf

більш високій вологості отриманий брикет буде «розірваний» внутрішнім тиском води, що виникає при стисненні подрібненої маси¹⁸.

Як вже зазначалося, для умов України особливий інтерес представляє виробництво та використання брикетів з біомаси аграрного походження. Солома зернових культур зазвичай має порівняно низький вміст води (в межах 20%) і може бути гранульована/брикетована або тюкована і спалена без додаткової сушки. Слід зазначити, що оптимальним показником відносної вологості для соломи як палива є 11-15%. Солому вологістю вище 22% не бажано використовувати, оскільки це погіршує якість спалювання. Більш детально характеристики та властивості соломи представлені в Додатку 1.

В Таблиці 3.2 наведено порівняння основних характеристик різних торгових форм соломи. З даних таблиці видно, що в середньому насипна щільність брикетів з соломи у 10 разів вище, ніж у соломи-січки, щільність брикетів – у 10 разів вище щільності тюків, а питома енергомісткість більше у 5-10 разів.

Таблиця 3.2. Деякі характеристики торгових форм соломи¹⁹

Форма соломи	Насипна щільність, кг/м ³	Питомий об'єм, м ³ /т	Щільність, т/м ³ 16	Питома енергомісткість, ГДж/м ³
	А	В=1/А	С	Д
Насипна	20-50	20-50		0,29-0,72
Подрібнена (січка)	40-60	16-25		0,57-0,86
Круглі тюки (рулони)	70-110	9-14	0,1-0,14	1,01-1,58
Прямокутні тюки	70-160	6-14	0,1-0,14	1,01-2,3
Брикети	300-700	1,4-3,3	0,7-0,9 ¹⁷	4,65-11,2
Гранули	500-700	1,4-2,0	1,0-1,4	7,75-11,2

З економічної точки зору виробництво брикетів з біомаси є більш привабливим, ніж виробництво гранул, оскільки інвестиції у лінію брикетування та експлуатаційні витрати є значно нижчими у порівнянні з лінією гранулювання аналогічної продуктивності. Середні витрати електроенергії на виготовлення 1 т брикетів з біомаси складають 60-80 кВт·год, а на 1 т гранул – 90-110 кВт·год²⁰. При брикетуванні до сировини ставляться не такі високі вимоги, як при гранулюванні, тому можливе отримання брикетів із значно більших видів біомаси.

¹⁸ <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/2344/>

¹⁹ Практичний посібник з використання біомаси в якості палива у муніципальному секторі України (для представників агропромислового комплексу), 2017 р.

http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/f5/9c/f59c3f7f-8eca-4b6d-94cd-ffda1150f3ae/biofin.pdf

²⁰ Д.П. Кіндзера, В.М. Атаманюк, Р.Р. Госовський, І.М. Мотіль. Дослідження процесу формування паливних брикетів із рослинної сировини та визначення їх характеристик. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України, 2013, вип. 23.17, с. 138-146.
http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2013/23_17/138_Kin.pdf

3.2. Види брикетів та їх паливні характеристики

Паливні брикети, вироблені з біомаси, являють собою спресовані матеріали циліндричної, прямокутної або будь-якої іншої форми з поперечним розміром не менше 25 мм і довжиною 100-400 мм. Типовий діаметр – 60-75 мм, а довжина брикетів зазвичай не перевищує 5 величин діаметру. Стандартних розмірів у даного виду продукту немає.

Паливні брикети характеризуються різноманітністю форм, але загалом, виділяють три типи – **NESTRO**, **RUF** та **Pini&Kay**^{15 18 19 21} (ці назви походять від назв фірм, які виробляють найбільш популярні преси для отримання даних типів брикетів):

- **NESTRO (NIELSEN)** – довгі циліндричної форми або багатокутного перерізу брикети, переважно, без внутрішнього отвору (**Рис. 3.1а**), отримані за рахунок застосування високого тиску. Брикети NESTRO виробляють на *гідравлічних пресах*, а NIELSEN – на *ударно-механічних пресах*. Брикети даного типу мають нескінченну довжину і можуть бути розділені як на шайби, так і на поліна. Форму брикету замовляє покупець. Виробничий процес характеризується невисокими вимогами до кваліфікації персоналу і до організації виробництва. **Переваги** брикетів типу NESTRO (NIELSEN): невисока собівартість, достатньо висока щільність (1,0-1,15 т/м³). **Недолік**: низька вологостійкість брикетів (необхідна хороша упаковка).

- **RUF** – пресовані куби-цеглини (**Рис. 3.1б**), які виробляють на *гідравлічних пресах* за рахунок високого тиску. Розміри брикету залежать від пухкості вихідної сировини і прикладеного тиску. Гідравлічні преса вважаються найбільш надійним видом обладнання для брикетування, але мають високу вартість. Виробничий процес характеризується мінімальними вимогами до персоналу і до організації виробництва. **Перевагою** брикетів RUF є низька собівартість виготовлення. **Недоліки**: сама низька щільність у порівнянні з іншими типами брикетів (0,75-0,80 т/м³); брикет не стійкий до вологи (потрібна хороша упаковка), а також до механічних пошкоджень, що негативно впливає на його стан після тривалого транспортування.

- **Pini&Kay** – брикети, які мають циліндричну або багатогранну форму з наскрізним отвором всередині (**Рис. 3.1в**). Наявність такого отвору забезпечує кращий рух повітря при горінні брикету. Брикети Pini&Kay виробляються екструдерним способом на *механічних (шнекових) пресах* шляхом поєднання високого тиску і термічної обробки (випалювання). Висока температура пресування (250-350 °С) сприяє оплавленню і зміцненню поверхні брикетів, що є важливим для транспортування брикетів без пошкоджень. Виробничий процес характеризується жорсткими вимогами до вологості сировини (< 8%), необхідністю подрібнення сировини до дрібної фракції, значною енергоємністю та потребою у висококваліфікованому персоналі. **Переваги** даного типу паливних брикетів: стійкість до механічних пошкоджень, висока вологостійкість, сама висока щільність у порівнянні з іншими типами брикетів (1,1-1,4 т/м³). **Недолік**: висока собівартість.

²¹ <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/7541/>



а) NESTRO (NIELSEN)



б) RUF



в) Pini&Kay

Рис. 3.1. Загальний вигляд паливних брикетів

Одним з важливих показників якості паливних брикетів є їх щільність, яка зазвичай становить $0,8-1,3 \text{ т/м}^3$ при вологості пресованої біомаси 8-14%. Щільність є основним фактором, що визначає механічну міцність і водостійкість брикету. Теплотворна здатність брикету залежить від виду сировини, з якого він виготовлений, і від вологості. Типовий діапазон значень нижчої теплоти згорання брикетів з біомаси – 16-18 МДж/кг (**Табл. 3.3**).

Брикет з лушпиння соняшника характеризуються високою теплотворною здатністю ($Q_{нр}$ до 19 МДж/кг) за рахунок відносно невеликої зольності (2,9-3,6%) і наявності олії у їх складі (див. **Табл. 3.3** – експериментальні дані з джерела²²; для порівняння в таблиці також наведено дані з інших джерел). З іншого боку, через вміст олії такі брикети інтенсивніше забруднюють димоходи сажею при горінні, і його приходить частіше чистити. Деревні брикети мають малу зольність (близько 1%) і високу теплоту згорання (17-19 МДж/кг). Брикет з соломи поступається по якості двом попереднім видам через більшу зольність (5-8%) і нижчу теплотворну здатність (близько 16 МДж/кг). Крім того, брикети з соломи мають дещо меншу щільність (до $\sim 1 \text{ т/м}^3$). З розглянутих в таблиці видів сировини брикети з лушпайки рису мають найнижчу якість (дуже висока зольність, невелика теплота згорання).

Важливою перевагою брикетів як палива є сталість температури при горінні протягом кількох годин.

Брикет з біомаси можливо спалювати у побутових та невеликих твердопаливних котлах з ручним завантаженням (до $\sim 100-150 \text{ кВт}$), що часто вже наявні у закладах бюджетної або соціальної сфери та у населення. Також на ринку представлені автоматизовані котли з бункером (до $\sim 240 \text{ кВт}$), які пристосовані для використання брикетів із біомаси. Брикет меншої щільності (тобто «м'якіші» за рахунок пресування вологішої сировини) можна використовувати у потужних котлах із шнековою подачею. Очікується, що шнек, виконаний з міцного металу, буде здатний розламувати такі брикети і забезпечувати їх безперебійну подачу в топку.

Таблиця 3.3. Характеристики брикетів з різних видів біомаси²²

Матеріал брикету	Зольність, %	Вологість, %	Нижча теплота згорання, МДж/кг	Щільність, т/м ³
Солома	7,30 4,86 5,5 ²³ 8,0 ²⁴ 6,1-8,4 ¹⁷ 4,0 ²⁶	7,80 9,30 6-10 ²⁵ 8-10 ²⁶	15,73 15,68 15,4-21,0 ²⁵ * 17,18 ²⁴ * (пшенична) 17,60 ²⁴ * (житня) 17,2-17,6 ¹⁷ *	1,08 н.д. 0,7-0,9 ¹⁷
Качани, стебла кукурудзи ²⁴ *	3,0	7,52 ²⁷	15,92 14,13-14,46 ²⁷	0,75-0,92 ²⁸
Стебла соняшника ²⁴ *	4,3	6-12 ²⁰	18,01	0,85-0,89 ²⁰
Лушпиння соняшника	3,60 2,92	2,70 8,51 6-8 ²⁵	18,77 н.д. 21,0-21,8 ²⁵ *; 18,85 ²⁴ *	1,15 н.д. 1,09-1,15 ¹⁵
Лушпайка рису	20,2 12,0 ²⁴	7,1 5-12 ¹⁵	13,24 13,83 ²⁴ *	1,16 1,01 ¹⁵
Деревна тирса	0,80 1,10 1,16 0,5-1,00 ²⁴ 1,0 ²⁶	4,0 10,3 4,1 7-8 ²⁵ 26	н.д. 17,00 18,86 16,8-21,0 ²⁵ * 18,85 ²⁴ * (м'які породи) 20,53 ²⁴ * (тверді породи)	н.д. н.д. 0,79 1,15 ¹⁵ (сосна) 1,25 ¹⁵ (дуб)
Виноградна лоза ²⁴ *	1,5%	н.д.	14,04	н.д.
Очерет ²⁴ *	4,0%	н.д.	16,76	1,12 ²⁹
Міскантус ²⁴ *	4,5%; 3,1 ³⁰ 3,2 ³²	7,5 ³⁰ ; 3,92 ³¹ ** 8 ³²	17,5 ³¹ **; 17,6; 17,7 ³⁰ 16-18 ³² *	0,85 ³²
Багаторічна рослина ковила (або тирса) ³³	0,7	7,5	18,00	1,37

* У джерелі даних не уточнено нижча чи вища теплота згорання наведена; н.д. – немає даних.

** Склад брикету: міскантус – 70%, деревина – 30%.

²² <http://term.od.ua/blog/toplivnie-brikety-drevesnie/> (дані з протоколів аналізу паливних брикетів)

²³ http://www.brikk.info/index.php?option=com_content&view=article&id=46:kak&catid=39:articles&Itemid=58

²⁴ https://bioekoprom.com.ua/ua/novini/teplotvornaya_sposobnost_toplivnyih_briketov_i_nekotoryih_vidov_topliva/

²⁵ <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8366-tverde-biopolyvo-tekhnologichni-vymohy-vlastyvoisti-komponentiv-ta-tekhnologii-vyrobnystva.html>

²⁶ О.О. СЕРЬОГІН, О.О. ОСЬМАК, А.В. БАШТА. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТЕРМОХІМІЧНОЇ КОНВЕРСІЇ СУМІШЕЙ БІОТЕХНІЧНИХ ВІДХОДІВ. Вісник НТУ «ХПІ», 2014, №52, с.125-130.

²⁷ Józef Kowalczyk, Janusz Zarajczyk, Paweł Sobczak et al. The usefulness of briquettes and pellets from selected plant materials for energy purposes. TEKA. COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE – 2012, Vol. 12, No. 2, 311–313.

²⁸

²⁹ https://bioresources.cnr.ncsu.edu/BioRes_10/BioRes_10_3_5515_Gong_LWTW_Compress_Charact_Energy_Require_Briquettes_7255.pdf

³⁰ <http://bio.ukrbio.com/ru/articles/4355/>

³¹ <http://www.biofuelmachines.com/miscanthus-pellet-mill-and-miscanthus-pellet-study.html>

³² A.E. Daraban, S. Jurcoane, I. Vocea, G. Voicu. Miscanthus giganteus biomass for sustainable energy in small scale heating systems // Agriculture and Agricultural Science Procedia 6 (2015), p. 538-544

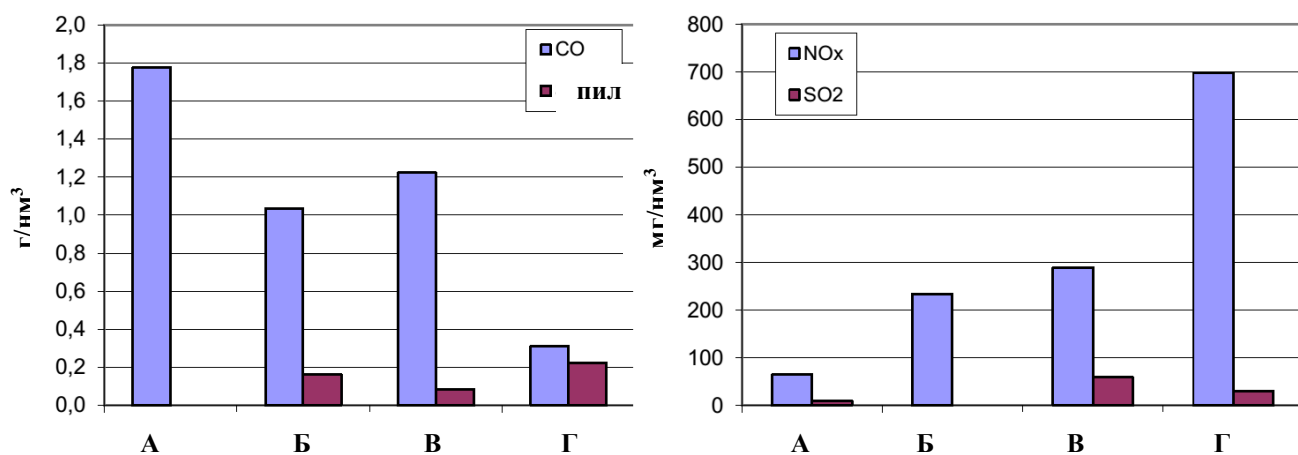
https://ac.els-cdn.com/S2210784315002156/1-s2.0-S2210784315002156-main.pdf?_tid=018af094-fc34-4532-81b4-4f6ce0573588&acdnat=1525331545_e416b2b92fe0aa0a8f52add6eebc56f4

³³ O. Urbanovicova, K. Kristof, P. Findura et al. Physical and mechanical properties of briquettes produced from energy plants. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, V. 65, 2017, p. 219-224
https://acta.mendelu.cz/media/pdf/actaun_2017065010219.pdf

³⁴ Ковила волосиста (тирса)

https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%B0_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0

В Німеччині групою компаній було проведено дослідження емісійних характеристик спалювання **брикетів з соломи** у пічці 6 кВт та твердопаливному котлі з ручним завантаженням 50 кВт, призначеному для дров. Результати дослідження показали, що емісія пилу склала 55-223 мг/нм³, що у більшості випадків нижче німецьких норм – 150 мг/нм³; емісія NO_x при спалюванні брикетів у котлі трохи перевищила існуючий ліміт у 600 мг/нм³; викиди CO та SO₂ знаходилися в межах національних норм (закон 1. BImSchV) (**Рис. 3.2**). Було визначено, що температура плавлення золи > 900 °С. За отриманими результатами зроблено висновок про можливість використання брикетів з соломи в існуючих пічках та малих твердопаливних котлах¹⁷.



А – пічка 6 кВт, дрова (для порівняння), Б – пічка 6 кВт, брикети з соломи з добавкою цукрового розчину (до 2%) для покращення паливних характеристик, В – пічка 6 кВт, брикети з соломи без добавок, Г – котел 50 кВт, брикети з соломи без добавок

Рис. 3.2. Показники емісії при спалюванні брикетів з соломи (O₂ 13% об.)¹⁷.

Групою дослідників (Великобританія, Чехія, Польща) було виконано порівняння рівнів емісії шкідливих речовин при спалюванні **деревних брикетів**, брикетів з суміші деревини та вугілля, вугілля і кускової деревини у котлі 30 кВт. По викидам CO та пилу брикети з деревини мають найкращі показники, по SO₂ та NO₂ трохи поступаються показникам кускової деревини (**Таблиця 3.4**)³⁴.

Румунські фахівці дослідили показники спалювання **брикетів з очерету, тирси, суміші тирси з соломною пшениці та суміші тирси зі стеблами кукурудзи** в котлі 40 кВт, призначеному для дров. Результати показали доволі гарну придатність брикетів з біомаси для використання в такому котлі. Додатково було досліджено горіння брикетів з суміші тирси і стебел кукурудзи (50/50) в спеціально *модифікованій* версії котла (футерована топка, регульована подача первинного і вторинного повітря).

³⁴ A.B. Ross, J.M. Jones, S. Chaiklangmuang et al. Measurement and prediction of the emission of pollutants from the combustion of coal and biomass in a fixed bed furnace. Fuel 81 (2002), pp. 571-582
<http://www.equichannel.cz/data/userfiles/1349325-1-coalBM.pdf>

Таблиця 3.4. Результати вимірювання емісії шкідливих речовин при спалюванні деревини та вугілля в котлі 30 кВт³⁴.

Речовина	Брикет з деревини (W 9,8%)	Брикет з деревини та вугілля (W 5,4%)	Вугілля (W 3,3%)	Кускова деревина (W 9,8%)
CO, г/ГДж	1760	2140	2990	2400
SO ₂ , г/ГДж	16	110	283	5
NO ₂ , г/ГДж	42	96	162	32
Пил, г/ГДж	39	63	294	116

Згідно отриманих результатів, повнота згорання палива піднялася до 96% (в немодифікованому котлі – 91%), ККД котла досягнув 94% (у немодифікованого – 86%), максимальна емісія CO зменшилась з 8292 ppm (млн.⁻¹) до 4756 ppm, максимальна емісія NO_x знизилася з 272 ppm до 126 ppm (**Рис. 3.3**)³⁵. Тим не менш, отримані екологічні показники все ще не задовольняють нормам європейського стандарту EN 303-5:2012³⁶. Для інформації: норми EN 303-5:2012 для котлів до 50 кВт з ручним завантаженням складають для CO 700-5000 мг/м³, для твердих часток – 60-150 мг/м³ при 10% O₂, в залежності від класу котла (клас 3-5, 5 – найкращий)³⁷.

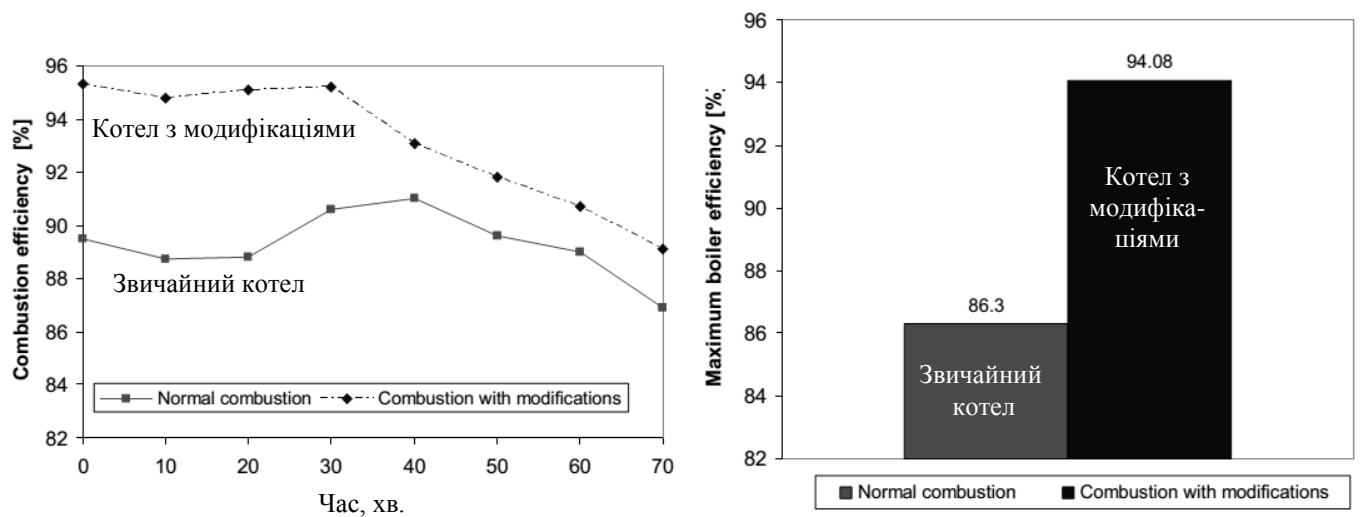
У Польщі було проведено експерименти по спалюванню **брикетів з деревної тирси** у котлі VERNER 25 кВт, призначеному для дров (двокамерний котел газифікаційного типу – **Рис. 3.4**), у порівнянні зі спалюванням деревних пелет у котлах VARIMATIK 45 кВт і VIADRUS 22 кВт³⁸. Результати експериментів показали, що найнижча емісія CO (669 мг/м³) спостерігається при спалюванні брикетів з деревини в котлі VERNER (без первинного повітря) (**Рис. 3.5а**). Викиди NO_x у всіх випадках, крім одного (пелети з деревини в котлі VARIMATIK із застосуванням первинного, вторинного і третинного повітря) склали до 70-80 мг/м³ (**Рис. 3.5б**).

³⁵ RĂZVAN MAHU, ION V. ION, FLORIN POPESCU. TESTING OF IMPROVED BOILER FOR BIOMASS BRIQUETTES. Symposium "Actual Tasks on Agricultural Engineering", Opatija, Croatia, 2013. https://www.researchgate.net/publication/280157731_TESTING_OF_IMPROVED_BOILER_FOR_BIOMASS_BRIQUETTES

³⁶ EN 303-5:2012 Heating boilers. Heating boilers for solid fuels, manually and automatically stoked, nominal heat output of up to 500 kW. Terminology, requirements, testing and marking http://store.uni.com/catalogo/index.php/en-303-5-2012.html?josso_back_to=http://store.uni.com/josso-security-check.php&josso_cmd=login_optional&josso_partnerapp_host=store.uni.com

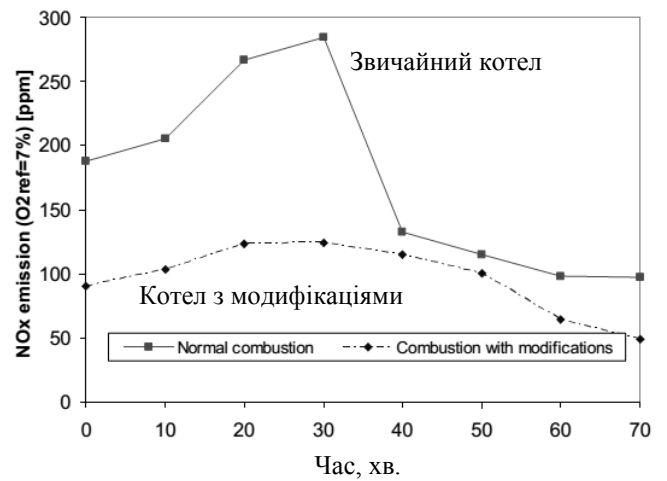
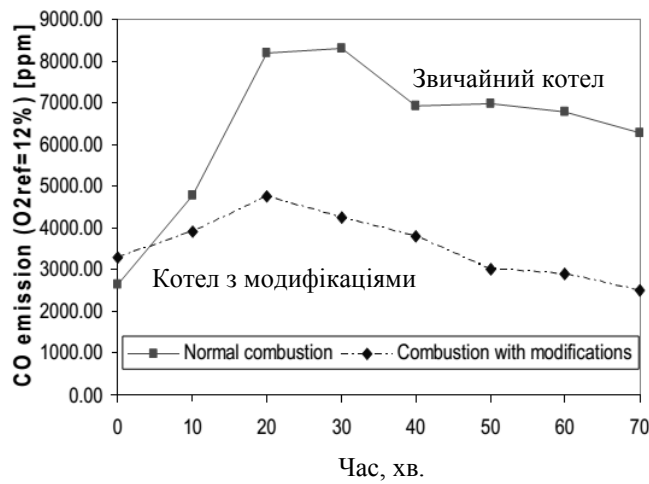
³⁷ About Nordic Ecolabelled. Boilers for solid biofuel, 2014 http://www.svanemarket.no/PageFiles/11270/biokjel_v3_bkgE.pdf

³⁸ Martin Polák, Pavel Neuberger. THE OPTIMISATION OF BIOMASS COMBUSTION IN SMALL BOILERS <http://docplayer.net/18261452-The-optimisation-of-biomass-combustion-in-small-boilers.html>



а) Повнота згорання палива, %

б) Максимальний ККД котла, %



в) Емісія CO, ppm (12% O₂)

г) Емісія NO_x, ppm (12% O₂)

Рис. 3.3. Показники роботи котла 40 кВт на брикетах з біомаси³⁵.

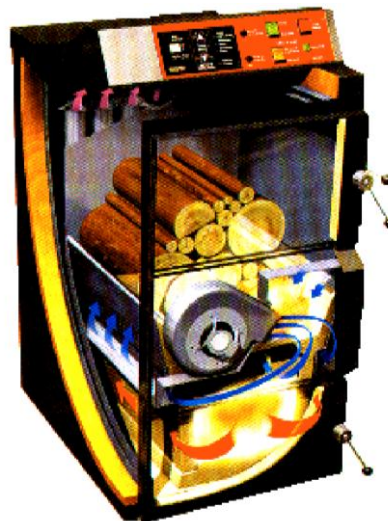
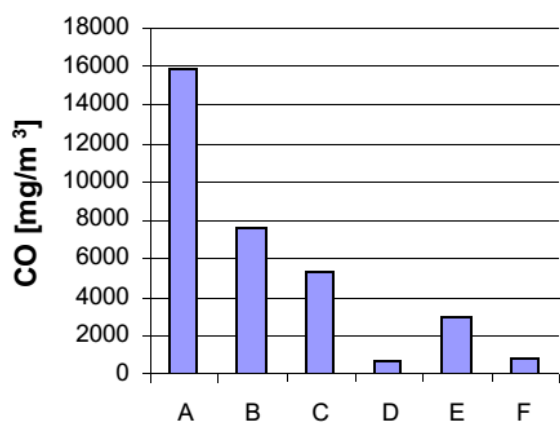
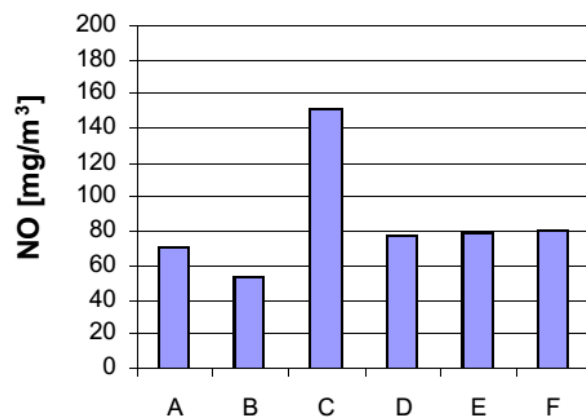


Рис. 3.4. Котел VERNER³⁸.



а) Емісія CO, мг/м³ (11% O₂)



б) Емісія NO_x, мг/м³ (11% O₂)

A – пелети з деревини, котел VARIMATIK, тільки первинне повітря; B – пелети з деревини, котел VARIMATIK, первинне і вторинне повітря; C – пелети з деревини, котел VARIMATIK, первинне, вторинне і третинне повітря; D – брикети з деревини, котел VERNER, без первинного повітря; E – брикети з деревини, котел VERNER, первинне повітря; F – пелети з деревини, котел VIARDUS модифікований.

Рис. 3.5. Показники емісії при спалюванні брикетів та гранул з деревини у твердопаливних котлах³⁸.

4. Технологічні лінії із виробництва паливних брикетів

Типова технологічна схема виробництва паливних брикетів з біомаси включає сім операцій (Рис. 4.1).

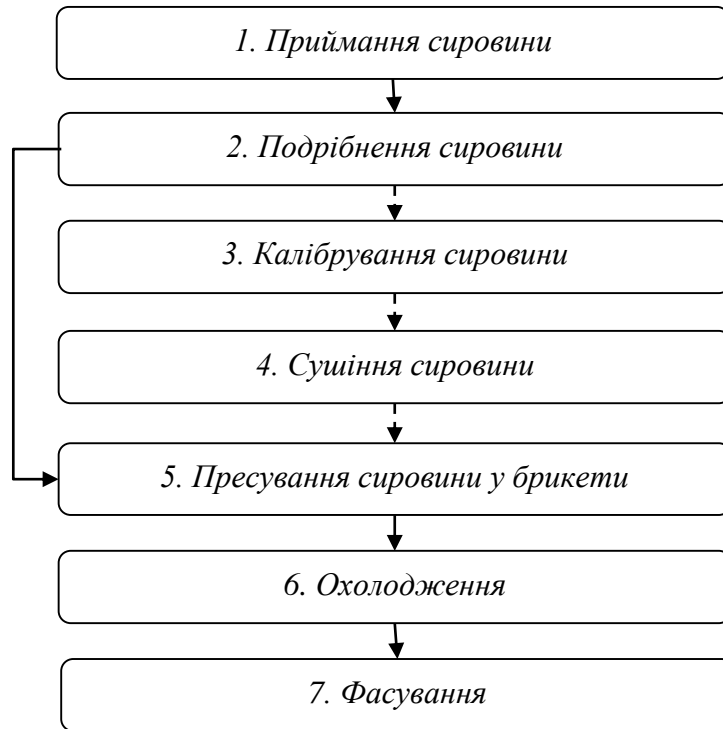


Рис. 4.1. Технологічні операції виробництва паливних брикетів³⁹

1. Приймання сировини

Приймання сировини проводиться на майданчику, розміри якого повинні давати можливість накопичувати як мінімум добовий запас біомаси для забезпечення її своєчасної і безперешкодної подачі для подальшої переробки. Необхідно врахувати, що якщо в якості вихідної сировини використовується солома, вона може бути упакована в прямокутні тюки або в рулони круглого перерізу, які вручну неможливо переміщувати. Для цього доцільно застосовувати вантажний візок. Отже, до складу устаткування ділянки може входити допоміжне обладнання для транспортування біомаси.

Якщо брикетувальна лінія має невелику потужність і розташована неподалік джерела сировини, то сировина може доставлятися у вигляді соломи-січки або подрібнених стебел кукурудзи, тобто можна виключити етап тюкування агробіомаси і зекономити на цьому.

2. Подрібнення сировини

На стадії підготовки виконується подрібнення сировини до фракції, що відповідає

³⁹ Дубровін В.О. Технологічне забезпечення та технічне оснащення виробництва і використання біопалива для виробничих потреб і обігріву приміщень в АПК [Рекомендації для агропромислових підприємств України] / Дубровін В.О., Мироненко В.Г., Лободко М.М., Лут М.Т., Сарана В.В., Гудзенко М.М., Грищенко О.М., Захарків Г.С. – К.: Холтех, 2009. – 32 с.

вимогам певного брикетувального обладнання. Також необхідно забезпечити відсутність сторонніх включень у сировині (металеві домішки, каміння, пісок).

3. Калібрування сировини

Калібрування потрібне для відділення сировини з необхідним розміром фракційного складу. Для реалізації даної технологічної операції використовуються барабанні калібратори з отворами сит до 5-6 мм. Деякі виробники використовують подрібнювачі із ситами, що виконують функцію калібрування біомаси.

4. Сушіння подрібненої сировини

Подрібнена сировина по матеріалопроводу потрапляє в камеру сушильного агрегату. Відбір зайвої вологи здійснюється гарячим повітрям, виробленим теплогенератором, який може працювати як на самій біомасі, так і на природному газі.

Зазвичай сировину необхідно висушити до вологості 8-14%. Існують прес-брикетувальники з можливістю використання біомаси вологістю до 30%, яка може бути досягнута при належному зберіганні біомаси, а тому відпадає необхідність в операції сушіння.

Далі подрібнений і висушений матеріал по пневмотранспорту поступає в батарейний циклон, де відбувається його розділення із теплоносієм. Відпрацьований теплоносій викидається в атмосферу, а висушений матеріал подається на живильний пристрій прес-брикетувальника.

5. Пресування сировини у брикети

Формування з подрібненої рослинної маси міцного брикету забезпечується як фізико-механічними властивостями матеріалу, так і умовами протікання самого процесу брикетування. При цьому є певні вимоги до якості брикету, які необхідно виконати. Це, перш за все, щільність брикету ($0,8-1,3 \text{ т/м}^3$), його вологість, розміри (діаметр, довжина), а також правильність форми.

6. Охолодження

У процесі пресування сировина досягає температури більше 70°C . Чим вище зусилля пресування, тим більша температура брикетів та краща їх якість. Охолодження необхідне для остаточного затвердіння готових брикетів, що робить їх придатними для зберігання і транспортування. У деяких пресів брикет після виходу із формоутворюючої насадки рухається по довгій направляючій, охолоджуючись при цьому.

7. Фасування

Надання виробленому продукту товарного вигляду – невід’ємна частина виробничого процесу. Тому на завершальному етапі підготовки брикетів до реалізації їх фасують у мішки або поліетиленові пакети та складають на піддони.

Таким чином, при брикетуванні біомаси можуть використовуватися всі 7 технологічних операцій або в деяких лініях тільки 4 (див. **Рис. 4.1**): *приймання* сировини, її *подрібнення*, *пресування* у брикети та *фасування* готової продукції.

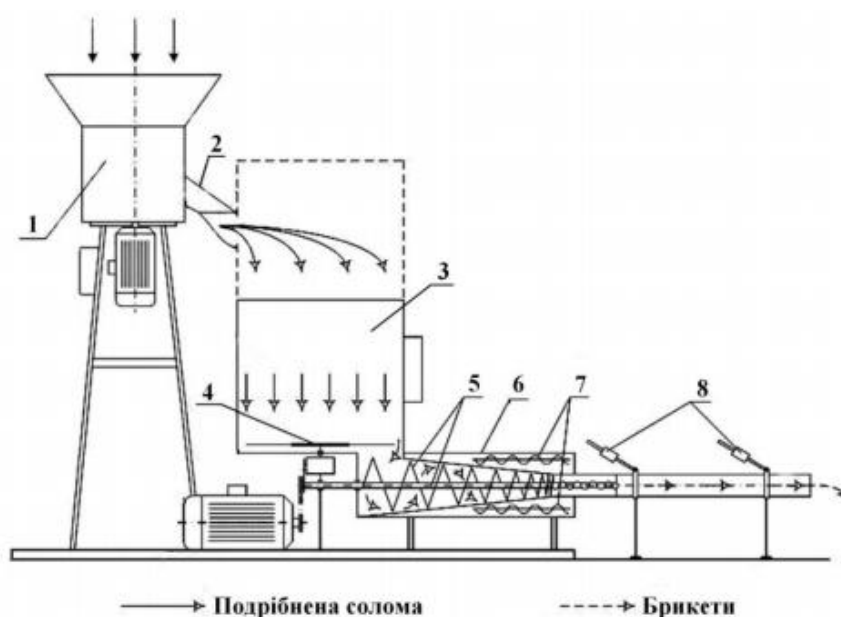
Деякі лінії брикетування не потребують попереднього подрібнення соломи до фракції менше 1 см і можуть без проблем пресувати солому з частками довжиною до 3-5 см.

Головною операцією у технологічному процесі виробництва паливних брикетів з біомаси є пресування. Ця операція найбільш енергоємна і формує якість кінцевої продукції. Для брикетування біомаси використовують прес-брикетувальники двох типів: з **поршневим** і **шнековим** робочим органом.

Переваги поршневих пресів (ударно-механічних, гідравлічних): пресуючий робочий орган працює довго і не потребує проведення частих ремонтних робіт та обслуговування. **Недоліки:** періодичність робочого процесу, висока матеріаломісткість, великі габарити.

Переваги шнекових пресів: безперервний робочий процес, низька матеріаломісткість, менша маса і шумність, простота обслуговування, можливість отримання продукту більш високої щільності (у порівнянні з поршневими пресами). **Недоліки:** зношення шнеку, необхідність прогріву перед запуском.

Для виробництва паливних брикетів із *соломи* найчастіше застосовуються механічні *шнекові* преси, принцип роботи яких показаний на **Рис. 4.2**. Солома насипом подається для подрібнення в роторну дробарку 1, звідки подрібнена речовина через направляючий лоток 2 потрапляє в завантажувальний бункер 3. Із бункера сировина за допомогою ворушильника 4 направляється в прес-брикетувальник 6, де пресується за допомогою конічного шнека 5. Для полегшення брикетування солома нагрівається нагрівачем 7. Щільність брикетів на виході регулюється підпресовувачем 8.



1 – роторна дробарка; 2 – направляючий лоток; 3 – завантажувальний бункер; 4 – ворушильник;
5 – конічний шнек; 6 – корпус преса-брикетувальника; 7 – електронагрівачі; 8 – механізм для регулювання щільності брикетів (підпресовувач)

Рис. 4.2. Технологічна схема виробництва паливних брикетів із соломи⁴⁰

⁴⁰ Дубровін В.О., Кухарець С.М., Поліщук В.М. та ін. Розробка ресурсоощадних технологій виробництва та використання твердого біопалива для теплопостачання виробничих та побутових приміщень агропромислового комплексу. Рекомендації для агропромислових підприємств України. Київ, 2014.

На ринку представлене обладнання широкого діапазону продуктивності, починаючи від 50 кг/год. Вибір конкретної моделі залежить від характеристик сировини, рекомендованої заводом-виробником. В **Таблиці 4.1** представлено перелік компаній, які пропонують в Україні обладнання для ліній брикетування соломи та інших видів біомаси продуктивністю від 150 до 500 кг/год по готовому продукту. Від дев'яти компаній було отримано комерційну пропозицію на продаж такого обладнання. Порівняну характеристику цих пропозицій наведено нижче.

Таблиця 4.1. Перелік компаній, які пропонують обладнання для ліній брикетування соломи в Україні

№ п/п	Компанія	Регіон / Місто	E-mail	Сайт	Дата отримання комерційної пропозиції
1	ТОВ "АмеліАрт Україна"	Вінниця	ameliart@ukr.net	https://ameliart.com.ua/	30.08.2017
2	ПП "Брикетуючі технології"	Бердичів	a_peryan@ukr.net	press-udarnyi.com.ua	30.08.2017
3	Торговий дім "Топливо України"	Київ	eddigood777@gmail.com	toplivo.kiev.ua	30.08.2017
4	ТОВ "Зерма-Україна"	Каховка	sv@tmgreenbull.com.ua	tmgreenbull.com.ua	
5	ДП "Тривад"	Київ	dp_trivad@ukr.net	http://trivad.com.ua	
6	"Біокопром"	Полтава	bioekoprom@gmail.com	http://bioekoprom.com.ua	01.09.2017
7	ПП Федякин	Дніпро-петровська обл.	sale@pres88.com.ua , pres88@ukr.net	http://pres88.com.ua	01.09.2017
8	ТОВ "Політрейд"	Харків	bsct@ukr.net , bsct@i.ua	http://www.polytrade.com.ua	30.08.2017
9	«Бронто»	Черкаси	bronto@bronto.ua	https://bronto.ua	01.09.2017
10	ПП «ДОРА ІНСТРУМЕНТ»	Львів	dora-plus@lviv.farlep.net , obladnennya@gmail.com	http://www.doraplus.com	
11	ТОВ "КОМПАНІЯ ЛТС"	Миколаїв	lts.company@ukr.net	http://www.lts.net.ua	
12	ПП "Кийко"	Дніпро	vgkijko@gmail.com	http://kijko.com.ua	
13	ТОВ "ЕККО"	Черкаси, Хмельницький	ekko.xm@gmail.com , baupres01@gmail.com	http://www.biobrique.com	
14	«Біоенергія»	Новомосковськ	bioenergi74@gmail.com	http://zzory.com.ua	05.09.2017
15	ЧП "Техно-Т"	Ніжин	info@techno-t.net.ua	http://techno-t.net.ua	
16	ТОВ «Інволд»	Київ	vh_inworld@ukr.net	http://www.inworld.com.ua/	21.02.2018

Компанія «АмеліАрт Україна» (м. Вінниця) представляє в Україні обладнання польської компанії ASKET – *шнекові* брикетувальники **BIOMASSER** типу BSX14. Запропонована лінія брикетування BIOMASSER DUO-SET тип DS7 (на базі моделі BSX14) продуктивністю до 160 кг/год в залежності від виду сировини, вологості і якості подрібнення (**Таблиця 4.2**). Лінія складається з:

– одного подрібнювача TOMASSER тип RK7 для соломи врозсіп і в маленьких тюках 45×45×85 см. Завантажування ручне, вологість матеріалу – до 35%;

- одного брикетувальника BIOMASSER DUO типу BS214C, що має дві формоутворюючі втулки, разом із фільтраційним мішком, змонтованим на бункері брикетувальника. Споживання електричної енергії становить близько 70-80 кВт·год/т брикетів;
- еластичної труби довжиною 1,5 м для з'єднання бункера січки брикетувальника з подрібнювачем.

Вимоги до сировини, що завантажується в брикетувальник:

- **недеревна біомаса, наприклад, солома, сіно, тростина.** Найкращим видом є сіра солома. Сіра солома – це солома, яка перебувала під впливом атмосферних умов (дощу та сонця). Така солома стає ламкою, зручною для подрібнення і брикетування;
- довжина частинок: від 1 до 5 см;
- вологість: від 10 до 30%;
- температура: від +5 до +30 °С.

Лінія працює при температурі оточуючого середовища від +5 до +30 °С. Формуються брикети типу **Pini&Kay** діаметром 80 мм різної довжини з отвором всередині, щільність брикетів регулюється (брикети мають назву «Золоте Вугілля»).



Рис. 4.3. Прес-брикетувальник BIOMASSER DUO з подрібнювачем TOMASSER RK.

«АмеліАрт Україна» також пропонує лінію брикетування BIOMASSER MULTI-3 Stationary продуктивністю до 480 кг/год у складі:

- стіл подачі тип SP4;
- подрібнювач тюків TOMASSER® тип PR18;
- луч базовий тип 614;
- брикетувальник BIOMASSER® тип PB614, який має 6 формоутворюючих втулок;
- модульні фільтри тип 614;
- електрична шафа.

Таблиця 4.2. Перелік обладнання для виробництва брикетів з біомаси за отриманими комерційними пропозиціями

№ п/п	Найменування обладнання	Компанія	Продуктивність, кг/год	Вартість, грн. з ПДВ*	Примітки щодо сировини – соломи
1	BIOMASSER DUO-SET тип DS7	ТОВ "АмеліАрт Україна" (м. Вінниця) https://ameliart.com.ua/	160	598 950	солома-січка, малі тюки 45×45×85 см
2	BIOMASSER MULTI-3 Stationary тип BMPB614-PR18-SP4		480	2 870 600	тюки 1,20-1,50 м
3	Прес ПБУ-060-400 з бункером-дозатором 1,5 м³, сушаркою САД-0.4-0.8 та подрібнювачем ИТС-1	ПП "Брикетуючі технології" (м. Бердичів) http://press-udarnyi.com.ua/	300–350	1 190 000	тук до 1,8 м
4	Прес ПБУ-060-400 з бункером-дозатором 1,5 м³, сушаркою САД-0.4-0.8 та подрібнювачем ИТС-0,5		300–350	1 060 000	тук до 0,5 м
5	Прес ПБУ-070-800М з сушаркою САД-0.6-1.2 та подрібнювачем ИТС-1		500–600	1 470 000	тук до 1,8 м
6	Лінія брикетування ЛПТБ-200	Торговий дім "Топливо України"	150–250	234 000	відсутній подрібнювач туків
7	Лінія брикетування ЛПТБ-350		350–400	312 000	
8	Лінія брикетування БЕП-15, ВТ-60 Wektor	“Біоекопром” (м. Полтава) www.bioekoprom.com.ua	350–500 (по соломі)	1 165 200	тюки малі по 10-20 кг або насипом, прес реставрований
9	Прес SCORPION-SP 50-350М, сушарка СП-500	ПП Федякин (с. Степове, Дніпропетровська обл.) http://pres88.com.ua	200–400	621 600	без подрібнювача соломи
10	Лінія брикетування AGL 300 із подрібнювачем	ТОВ «Політрейд» www.polytrade.com.ua	200–280	812 462	вологість сировини 7-20%
11	Прес РВ-500	Бронто (м. Черкаси) http://www.bronto.ua	400	732 000	вологість сировини 8-15%
12	Прес із сушаркою	ФОП Куликова Н.Д. («Біоенергія») http://www.agroteplo.com.ua/ http://zzory.com.ua/	200–400	660 000	без подрібнювача соломи
13	Брикетувальний прес ВР 500 А	ТОВ «Інволд» (м. Київ) http://www.inworld.com.ua/	450-500	1 730 040	---

* Ціна на момент отримання комерційної пропозиції (див. **Таблицю 4.1**).

Платформа лінії може бути розміщена на причепі (мобільний варіант) або на підлозі виробничого цеху (стаціонарний варіант). Вимоги до сировини та характеристики готових брикетів відповідають лінії брикетування BIOMASSER DUO-SET тип DS7.

Важливою перевагою брикетувальників BIOMASSER є можливість використовувати сировину вологістю до 30%, завдяки чому відпадає необхідність сушіння біомаси.

ПП "Брикетуючі технології" (м. Бердичів) пропонує 3 варіанти лінії брикетування **соломи** з ударно-механічними пресом ПБУ (брикети типу NIELSEN⁴¹ діаметром 60 мм).

Перша комерційна пропозиція включає повнокомплектну лінію брикетування продуктивністю 300–350 кг/год у складі:

- прес ПБУ-060-400 з блоком охолодження та підігріву масла;
- бункер-дозатор до преса об'ємом 1,5 м³;
- сушарка САД-0.4-0.8;
- розривач тюків соломи з подрібнювачем ИТС-1 продуктивністю до 1200 кг/год і можливістю роботи із тюками діаметром до 1,8 м.

Вимоги до сировини, що подається на брикетування: вологість – 8-12%, фракції – до 5 мм.



Рис. 4.4. Загальний вигляд преса ПБУ-060-400 з бункером-дозатором.

Друга комерційна пропозиція відрізняється від першої меншим розривачем з подрібнювачем тюків ИТС-0,5 продуктивністю до 500 кг/год та можливістю використовувати тюки діаметром до 0,5 м. Третя комерційна пропозиція включає лінію брикетування продуктивністю 500-600 кг/год, яка складається із преса ПБУ-070-800М з блоком охолодження та підігріву масла, з охолодженням цанг, сушарки САД-0.6-1.2 та розривача тюків з подрібнювачем ИТС-1.

⁴¹ Виробник обладнання позиціонує брикети як тип NESTRO.

Торговий дім "Топливо України" пропонує брикетувальну лінію ЛПТБ-200 із *шнековими* прес-екструдером ПШ-190 продуктивністю 150-250 кг/год та лінію ЛПТБ-350 продуктивністю 350-400 кг/год. Сировиною може бути *деревина та сільськогосподарські відходи* (вологість 8-12%, фракції до 5 мм). В комплект лінії входять: калібратор, сушильний комплекс, шнековий транспортер, прес-екструдер та витяжка. Подрібнювачі для соломи необхідно купляти окремо. Виробляються брикети типу **Pini&Kay** – чотиригранники діаметром 60 мм.

Від групи компаній «БІОЕКОПРОМ» (м. Полтава) надійшла комерційна пропозиція на лінію брикетування соломи з *ударно-механічним* пресом **Wektor** BT-60 продуктивністю 350-500 кг/год. Лінія виробляє брикети типу **NIELSEN** діаметром 50, 60 і 70 мм (стандартне виконання), а також гранули діаметром 7-8, 11-12 та 17-18 мм. Щільність брикетів – 0,8-1,5 т/м³, довжина – 25-200 мм (регулюється). Прес BT-60 може працювати на широкому спектрі сировини вологістю 8-15%: *солома зернових, солома сої, сіно, тирса, лушпиння соняшника, лушпайка рису, стебла/стрижні кукурудзи, стебла соняшника, торф*.



Рис. 4.5. Лінія брикетування соломи з пресом Wektor BT-60.

ПП Федякін (с. Степове, Дніпропетровська обл.) виготовляє *ударно-механічний* прес **SCORPION-SP 50-350M** для виробництва паливних брикетів типу **NIELSEN** з *соломи* продуктивністю 200-400 кг/год. Якщо вологість вхідної сировини перевищує 14%, рекомендується використовувати аеродинамічну сушарку СП-500 продуктивністю до 500 кг/год. Подрібнювач для соломи необхідно купляти окремо у інших виробників. Вимоги до сировини: вологість до 14%, фракції 5-8 мм.

ТОВ "Політрейд" (м. Харків) пропонує лінію брикетування *соломи та сіна* **AGL 300** із *шнековим* пресом AG D, подрібнювачем соломи, циклоном та вентилятором. Лінія може виробляти брикети типу **Pini&Kay** діаметром 85 мм, довжиною 50-500 мм. Вологість сировини повинна бути у діапазоні від 7 до 20%, розмір частинок – до 2 см.



Рис. 4.6. Лінія брикетування соломи AGL.

ТОВ «ЧеркасиЕлеваторМаш» («Бронто», м. Черкаси) надіслало комерційну пропозицію на *ударно-механічний* прес **PB-500** продуктивністю до 400 кг/год. Брикетувальна лінія також включає накопичувальний бункер НВ-4 з перегрібачем, два живильника, охолоджувач брикетів та пристрій для пакування брикетів у біг-беги (брикети типу **NIELSEN**⁴¹). Вологість вихідної сировини (*солома, тирса, лушпиння соняшника*) повинна бути у діапазоні від 8 до 15 %.



Рис. 4.7. Лінія брикетування біомаси з пресом PB-500.

ФОП Куликова Н.Д. (м. Новомосковськ) пропонує *ударно-механічний* прес продуктивністю 200-400 кг/год та аеродинамічну сушарку СП-500. Сировиною для виробництва брикетів може бути *тирса, тріска, лушпиння соняшника, елеваторні відходи, солома*. Вологість сировини має бути до 12%, розмір часток – до 25 мм. Виробляються брикети типу **NIELSEN** діаметром 50 мм, довжиною 20-300 мм, щільністю 1-1,26 т/м³.

ТОВ «Інволд» (м. Київ) пропонує *гідравлічний* брикетувальний прес **BP 500 А** литовського виробництва продуктивністю 450-500 кг/год. Прес призначений для отримання брикетів типу **RUF** з *тирси* вологістю до 15%. Розміри брикету: довжина 40-105 мм, ширина 150 мм, висота 60 мм.



Рис. 4.8. Брикетувальний прес BP 500 А.

5. Законодавча база виробництва паливних брикетів з біомаси

Нормативно-правова база виробництва брикетів з біомаси прописана у Законі України «**Про альтернативні види палива**»⁴². Згідно Закону, брикети з біомаси відносяться до твердих біологічних видів палива:

*«Біологічні види палива (біопаливо) – **тверде**, рідке та газове паливо, виготовлене з біологічно відновлювальної сировини (біомаси), яке може використовуватися як паливо або компонент інших видів палива» (Ст. 1);*

а також класифікуються як вид альтернативного палива:

*«До альтернативних видів твердого палива належать: продукція та відходи сільського господарства (рослинництва і тваринництва), лісового господарства та технологічно пов'язаних з ним галузей промисловості, а також гранули, **брикети**, деревне вугілля та вуглиста речовина, вироблені з цієї продукції та відходів, що використовуються як паливо...» (Ст. 5-1).*

Законом «Про альтернативні види палива» визначено, що належність палива до альтернативного підтверджується документом про ідентифікацію палива, що видається уповноваженим органом виконавчої влади в порядку, визначеному Кабінетом Міністрів України (Ст. 6).

Біологічні види палива, призначені для реалізації як товарна продукція, підлягають *обов'язковій сертифікації* відповідно до законодавства (Ст. 6).

Виробниками альтернативних видів палива вважаються суб'єкти господарювання всіх форм власності, що виготовляють тверде, рідке та газове паливо з нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини. Суб'єкти господарської діяльності, які реалізують

⁴² Закон № 1391-XIV від 14.01.2000 (із змінами) <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1391-14>

свою продукцію, на вимогу покупця надають документ, що підтверджує якість палива та його належність до альтернативних видів палива.

Діяльність у сфері виробництва та використання біопалив може здійснюватися суб'єктами господарювання всіх форм власності відповідно до законодавства України. Суб'єкти господарювання, що використовують різні технології виробництва біопалив, мають рівні права на доступ до ринку біологічних видів палива. Виробники біопалива зобов'язані вести облік виробленого ними біопалива та біокомпонентів у порядку, встановленому законодавством (Ст. 8).

Стандарти, якими встановлюються вимоги щодо якості альтернативних видів палива, повинні забезпечувати ефективне та економічне використання енергетичного потенціалу палива. Показники споживчої якості кожного альтернативного виду палива встановлюються у відповідних стандартах. Ці показники мають бути основою для всіх розрахунків щодо альтернативних видів палива (обсяги виробництва та реалізації, техніко-економічні, комерційні та інші показники). Нормативи екологічної безпеки альтернативних видів палива та показники щодо безпеки для здоров'я і праці людей повинні перебувати в межах, встановлених законодавством для традиційних видів палива (Ст.11).

Постановою КМУ **«Про порядок видачі свідоцтва про належність палива до альтернативного»**⁴³ визначено, що свідоцтво про належність палива до альтернативного видається Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження у встановленому порядку. Це свідоцтво видається строком на два роки. Держенергоефективності має забезпечити ведення *реєстру альтернативних видів палива*.

У 2014 р. було скасовано звільнення від ПДВ операцій з продажу біопалив, в тому числі дров, тріски, гранул, брикетів, тому наразі відсутня необхідність обов'язкового отримання свідоцтва про належність палива до альтернативного. Але таке свідоцтво має надаватися за вимогою покупця.

Згідно Закону України **«Про ліцензування видів господарської діяльності»**⁴⁴, виробництво твердих біопалив *не підлягає ліцензуванню* (Ст. 7).

6. Сертифікація та стандартизація брикетів з біомаси

Як вже було зазначено, в Україні біопалива, призначені для реалізації як товарна продукція, підлягають обов'язковій сертифікації⁴². Сертифікація – це процедура підтвердження стабільної якості продукції, до якої залучаються відповідно акредитовані органи сертифікації, аудиту і лабораторії. Вона передбачає постійний контроль якості на виробництві і ретельне виконання правил виготовлення, зберігання і транспортування твердого біопалива⁴⁵.

Сертифікація тісно пов'язана з питаннями стандартизації. На думку експертів, в Україні необхідне запровадження сертифікації за нормами ENplus, яка відповідає кращим

⁴³ Постанова КМУ №1307 від 5.10.2004 (із змінами) <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1307-2004-п>

⁴⁴ Закон № 222-VIII від 02.03.2015 (із змінами) <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/222-19>

⁴⁵ Документування найкращих практик застосування біоенергетичних технологій в муніципальному секторі в Україні. Проект UNDP, GEF, 2015. http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/2a/3d/2a3da499-5057-4a5f-8e5b-565a52daf34c/dokumentuvannia_naikrashchikh_praktik_zast_bioenerget_tekhnologii.pdf

світовим стандартам якості твердого біопалива – EN 14961 та ISO EN 17225. Система сертифікації ENplus базується на ряді європейських стандартів, що стосуються, в першу чергу, покращеного твердого біопалива з деревини.

Для сертифікації пелет та брикетів з агросировини єдиний стандарт в ЄС відсутній, тому з метою забезпечення якості агропелет та брикетів, у європейських країнах використовують стандарти, що прийняті в інших країнах ЄС. Наприклад, у Франції діють стандарти AGRO+, AGRO.

В якості єдиного стандарту для різних видів твердого біопалива в світовій практиці використовується міжнародний стандарт ISO EN 17225. Він вступив у дію в 2014 році і визначає класи якості палива та специфікації для твердого біопалива з сировини і оброблених матеріалів, що мають походження з лісового господарства та розведення лісів, сільського господарства і садівництва, аквакультури⁴⁵.

Протягом довгого часу в Україні існував лише один державний стандарт на тверде паливо з біомаси, а саме – з лушпиння соняшника: ДСТУ 7124:2009 «**Лушпиння соняшнику пресоване гранульоване. Технічні умови**»⁴⁶ (уведено в дію 01.01.2012, внесено зміни у 2014 році).

Також в Україні діє *Технологічний регламент на виробництво брикетів і гранул паливних з лушпиння соняшника*⁴⁷. Згідно Закону України «**Про технічні регламенти та оцінку відповідності**»⁴⁸, технічний регламент – нормативно-правовий акт, в якому визначено характеристики продукції або пов'язані з ними процеси та методи виробництва, включаючи відповідні процедурні положення, додержання яких є обов'язковим.

У 2015 році був затверджений ДСТУ 8358:2015 «**Брикети та гранули паливні з деревинної сировини. Технічні умови**», який набрав чинності 1 липня 2017 року⁴⁹. На брикети з інших видів біомаси (солома та інші пожнивні рештки) державних стандартів ще немає.

Згідно Закону України «**Про стандартизацію**»⁵⁰, національні стандарти застосовуються на добровільній основі, крім випадків, якщо обов'язковість їх застосування встановлена нормативно-правовими актами (Ст. 23). Наразі українські виробники брикетів з біомаси користуються, головним чином, власними *технічними умовами* або орієнтуються на європейські стандарти (у разі експорту продукції в Європу).

Законом «Про стандартизацію» визначено, що технічні умови – це нормативний документ, що встановлює технічні вимоги, яким повинна відповідати продукція, процес або послуга, та визначає процедури, за допомогою яких може бути встановлено, чи дотримані такі вимоги. Підприємства, установи та організації мають право у відповідних сферах діяльності та з урахуванням своїх господарських і професійних потреб організовувати та виконувати роботи із стандартизації, зокрема, розробляти, приймати,

⁴⁶ http://auek.kpi.ua/Standarts_energy/%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3%20EN%207124-2009.pdf

⁴⁷ Посібник «Економічне обґрунтування доцільності переходу на опалення твердим біопаливом. Гармонізація українських стандартів та стандартів ЄС», 2014 р.

[http://saee.gov.ua/documents/Posibnik_for-web-UUP-2014%20\(1\).pdf](http://saee.gov.ua/documents/Posibnik_for-web-UUP-2014%20(1).pdf)

⁴⁸ Закон № 124-VIII 15.01.2015 <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/124-19>

⁴⁹ Наказ ДП "Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості" № 101 від 21.08.2015 http://www.leonorm.lviv.ua/p/NL_DOC/UA/2015/Nak_101.htm

⁵⁰ Закон №1315-VII від 05.06.2014 (із змінами) <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1315-18>

переглядати, застосовувати, скасовувати прийняті ними технічні умови, а також мають право власності на ці ТУ. Технічні умови, прийняті підприємствами, установами та організаціями, застосовуються на добровільній основі (Ст. 16).

Наразі в Україні існує кілька десятків ТУ, розроблених підприємствами-виробниками брикетів з різних видів біомаси. Деякі приклади таких ТУ (перелік) наведено у **Додатку 2**.

Треба зазначити, що в Україні вже прийнято ряд стандартів (гармонізованих із європейськими), які стосуються загальних питань якості і методів визначення показників якості твердого біопалива, в тому числі брикетів. Ці стандарти стосуються методики досліджень та не базуються на основних стандартах, які передбачають технічні, фізичні та екологічні вимоги щодо якісних показників твердого біопалива. Вибрані приклади таких стандартів (перелік) наведено у **Додатку 3**.

За думкою фахівців, в Україні є нагальна потреба в імплементації ще 36 європейських стандартів на тверде біопаливо та обладнання, які необхідні для впровадження на підприємствах-виробниках твердого біопалива сучасних систем сертифікації (наприклад, ENplus), захисту прав споживачів твердого біопалива, додержання екологічних норм та критеріїв сталості⁹.

7. Приклади успішних практик виробництва паливних брикетів з біомаси для потреб побутового та інших секторів⁵¹

Виробництво брикетів з соломи у с. Кінські Роздори (Запорізька обл.)

Завод з виробництва брикетів з соломи збудований і запущений у 2016 році в с. Кінські Роздори Запорізької області у рамках програми ЄС/ПРООН з розвитку сільської місцевості. Селяни розробили бізнес-план, організували **кооператив** і звернулися в офіційне представництво організації в Запорізькій області. Як результат, на реалізацію проекту було виділено 80% від потрібних інвестицій, інше вклав кооператив. Загальні витрати на запуск брикетної лінії з ударно-механічним пресом склали близько 750 тис. грн.^{52 53 54}



Потужність виробництва по готовій продукції становить 250-300 кг/год. Брикети формують компактні, щоб помістилися у будь-який котел, піч або камін. Споживачем брикетів є місцеве населення, у будинках якого переважає пічне опалення. Члени кооперативу (наразі 50 чоловік) отримують брикети за собівартістю. У перспективі кооператив має намір виготовляти брикети з лущиння соняшника, стебел бур'янів та сухих гілок використаних новорічних ялинок.

Міні-завод з виробництва брикетів з біомаси в с. Кам'янка (Одеська обл.)

Пілотний для півдня Одеської області міні-завод з виробництва брикетів з біомаси в с. Кам'янка (Ізмаїльський район) розпочав роботу в кінці 2016 р. Головним інвестором проекту є ТОВ «Ізмаїльська виробнича компанія». Потужність виробництва складає 2 тис. т продукції на рік, основний вид сировини – солома. Існують також плани по виробництву брикетів з виноградної лози та біомаси від обрізки садових дерев⁵⁵. Міні-

⁵¹ Опис успішних практик зроблено на основі даних зі ЗМІ.

⁵² <http://ecotown.com.ua/news/U-zaporizkomu-seli-za-koshty-OON-zbuduvaly-fabryku-z-vyrobnystva-solom-yanykh-bryketiv/>

⁵³ <http://bioenergy.in.ua/uk/news/novini-bionergetiki/selo-na-zaporizhzi-peretvoriue-solomu-i-burian-u-palivni-peleti/>

⁵⁴ <http://www.kp.org.ua/soloma-gritis-ta-zhiti-dopomagaye/>

⁵⁵ <https://odessitua.com/news/54333-v-odesskoy-oblasti-otkryt-mini-zavod-po-proizvodstvu-toplivnyh-briketov-iz-solomy.html>

завод є модельним підприємством, на якому місцевими ентузіастами відпрацьовані технології брикетування різних видів біомаси, у тому числі і виноградної лози. Слід зазначити, що виноградна лоза – специфічна сировина для брикетів, яка потребує особливого обладнання для подрібнення перед пресуванням.

Наразі вироблені брикети відпускаються місцевому населенню, в перспективі можливе постачання на об'єкти соціальної сфери (басейн, школа). За оцінками керівника проекту, потреба району у паливних брикетах в найближчому майбутньому може досягти 5 тис. т/рік^{56 57}.



У квітні 2018 року в рамках проекту ЄС «uP_running – Стале використання деревної біомаси від обрізки і викорчовування багаторічних сільськогосподарських насаджень»⁵⁸ програми Горизонт 2020 на міні-завод в с. Кам'янка було доставлено пробну партію минулорічної виноградної лози з метою отримання брикетів з неї. Фахівці міні-заводу подрібнили отриману сировину і частину її переробили на ударно-механічному пресі продуктивністю 350 кг/год у брикети типу NIELSEN. Пробне спалювання брикетів у котлі центру первинної медико-санітарної допомоги м. Болград підтвердило хороші паливні характеристики біопалива з виноградної лози.



⁵⁶ <http://agroportal.ua/news/ukraina/v-odesskoi-oblasti-zapustili-proizvodstvo-solomennykh-briketov/>

⁵⁷ <http://agroportal.ua/news/rasteniyevodstvo/v-odesskoi-oblasti-stroyat-minizavod-po-proizvodstvu-biotopliva/#>

⁵⁸ <http://ua.up-running.eu/>

Брикетувальні лінії для соломи у Вінницькій області

У лютому 2016 р. ТОВ «Світанок» впровадило брикетувальну лінію для соломи у с. Непедовка Козятинського району. Інвестиції в польське обладнання компанії ASKET склали 5,6 млн. грн. Обладнання працює у дві зміни, потужність по готовій продукції – до 5 т за зміну⁵⁹. Ще одна брикетувальна лінія з таким же обладнанням була запущена у с. Обухів Мурованокуриловецького району на базі фермерського хазяйства «Вищеольчедаївське» у липні 2017 р. На виробництві працюють 6 чоловік у 2 зміни. Брикетами забезпечуються об'єкти соціальної сфери у Мурованокуриловецькому та інших районах області^{60 61 62}.



Брикети з соломи компанії «АгроК» (Миколаївська обл.)

Фермерське хазяйство «АгроК» (Миколаївська область) виробляє брикети з власної соломи зернових культур та інших рослинних відходів⁶³. Для виробництва використовується обладнання польської компанії ASKET. В брикети не додається ніяких зв'язувальних або клейких матеріалів. Поточна потужність брикетувальної лінії невелика – 90 кг/год, але вже є плани по її збільшенню до 160-180 кг/год шляхом додавання до обладнання ще одного ствола. Подрібнювач біомаси являє собою наборну конструкцію, що дає можливість поетапно збільшувати обсяги виробництва шляхом докупки деяких необхідних агрегатів без проведення серйозних «апгрейдів». Брикетувальна лінія може працювати при температурі оточуючого середовища не нижче 5 °С. Запасу власної сировини вистачає на рік безперервної роботи.

⁵⁹ <http://ecotown.com.ua/news/Na-Vinnychyni-pochaly-vyroblyaty-solom-iani-brykety/>

⁶⁰ <https://news.agro-center.com.ua/ru/plant-growing-ru/zolotoj-ugol-dobyvajut-v-vinnickoj-foto.html#.WrpWyC7FKUk>

⁶¹ <http://www.zerno-ua.com/news/v-vinnickoy-oblasti-iz-solomy-proizvodyat-toplivnye-brikety>

⁶² <http://topnews.vn.ua/society/2017/07/27/59807.html>

⁶³ http://elektrovesti.net/59234_v-nikolaevskoy-oblasti-proizvodyat-ekologicheski-chistye-toplivnye-brikety



Перші спроби реалізації брикетів на місцевому ринку були зроблені весною 2017 р. Для зацікавлення потенційних споживачів «АгроК» провело рекламно-маркетингову компанію, яка включала безоплатне надання місцевому населенню зразків продукції протягом літнього періоду, а також продаж невеликих партій продукції на ярмарку в райцентрі на початку осені. На сьогодні компанія має достатньо замовлень на продаж брикетів із сусідніх сіл, більшість яких є негазифікованими, і вважає, що існуючого попиту буде достатньо для реалізації брикетів навіть при збільшенні потужності виробництва до 300 кг/год.

Брикет з зернових відходів підприємства агрохолдингу «Нібулон» (Миколаївська обл.)

Перша лінія з брикетування зернових відходів III категорії від очищення олійних культур була встановлена на підприємстві ТОВ «Колосовський елеватор» (Миколаївська область) в кінці 2017 р. Перед брикетуванням з сировини віджимається олія в процесі короткої термічної обробки в сушарці, яка працює на біопаливі власного виробництва⁶⁴. Станом на початок лютого 2018 р. виготовлено 40 т брикетів і 477 кг рослинної технічної олії з близько 50 т відходів.

⁶⁴ http://elektrovesti.net/58928_ukrainskiy-agroholding-proizvodit-toplivnye-brikety-i-sekonomil-na-etom-500-tys-grn-za-neskolko-mesyatsev



Паливні брикети використовуються у твердопаливних котлах філіалів Нібулону «Новоодеський», «Прибужановський», «Баштанський», «Кам'янець-Подільський». Філіали отримали 24 т брикетів, що дозволило їм заощадити більше 15 тис. м³ природного газу та 12 тис. л дизельного палива.

Наразі розглядається можливість впровадження лінії з брикетування зернових відходів в одному з філіалів Нібулону у Вінницькій області.

Виробництво брикетів зі стебел малини у с. Лосятин (Тернопільська обл.)

Мешканці с. Лосятин Кременецького району Тернопільської обл. об'єдналися у два кооперативи, що займаються вирощуванням малини та суніці. Згодом *кооператив* «Ягідний край» трансформувався у *енергетичний* – відходи вирощування малини (обрізані стебла), які раніше просто спалювалися на полях, з початку 2017 року використовуються для виробництва паливних брикетів⁶⁵.

Впровадження брикетувальної лінії було фінансово підтримано проектом ПРООН та ЄС. Члени кооперативу привозять сировину (зв'язки малини) до ангара, де розташовано брикетувальне обладнання, і звідси забирають свої брикети по собівартості. Таким чином жителі с. Лосятин забезпечені біопаливом власного виробництва, яке є набагато дешевше природного газу (частина селян ще продовжує опалюватися газом).

⁶⁵ <https://www.epravda.com.ua/publications/2017/02/1/619225/>



Виробництво брикетів з відходів очерету у м. Вилкове (Одеська обл.)

У м. Вилкове Одеської області компанія «Еко-Дельта» з 2014 року виробляє брикети з відходів очерету. Потужність лінії – 400 кг/год. Сировину для брикетування постачають підприємства, які займаються заготівлею очерету. Від діяльності дев'яти таких фірм щорічно утворюється майже 300 тон відходів. Брикети використовуються для опалення адміністративних будівель, а також реалізуються для потреб місцевого населення^{66 67 68}.



Брикетувальну лінію було впроваджено в рамках реалізації україно-румунно-молдавського проекту "Адаптація дельти Дунаю до кліматичних змін шляхом інтегрованого управління водними і земельними ресурсами", який фінансувався Євросоюзом.

⁶⁶ <http://ecotown.com.ua/news/Na-Odeschyni-pochaly-vyroblyaty-palynni-brykety-z-vidkhodiv-ocheretu/>

⁶⁷ <http://odessa-life.od.ua/article/5471-v-vilkovo-topyat-trostrnikom-i-zarabatyvayut-na-nemcah>

⁶⁸ <http://otkat.od.ua/vilkovskie-chinovniki-i-ekologi-budut-gretsya-szhigaya-kamysh/>

8. Попереднє ТЕО виробництва та використання паливних брикетів з біомаси в Україні

Виробництво та використання паливних брикетів з біомаси є важливим і перспективним сегментом розвитку біоенергетики в Україні з огляду на ті економічні, екологічні та соціальні вигоди, які він може дати. Брикети виготовляються з доступної місцевої біомаси, яка являє собою відновлюване джерело енергії і є CO₂-нейтральною. Запровадження бізнесу із виробництва і продажу брикетів сприяє підвищенню енергетичної незалежності регіонів, створенню нових робочих місць у сільській місцевості і розвитку місцевої економіки.

Для умов України можна запропонувати кілька варіантів виробництва та використання паливних брикетів з біомаси, для кожного з яких розроблено попереднє ТЕО. Спочатку розглянемо типові варіанти проектів з **виробництва** даного виду біопалива.

Варіант 1. Підприємство в сільській місцевості виробляє брикети з агро-біомаси і продає їх як замітник дорогого вугілля місцевому населенню та іншим споживачам, що використовують малі котли з ручним завантаженням. Такими споживачами можуть бути об'єкти соціальної сфери, наприклад, школи, лікарні. **Перевага:** можливість продажу брикетів по ринковій вартості.

Варіант 2. Мешканці села або кількох сіл створюють енергетичний кооператив, в рамках якого виробляють брикети з біомаси для власного споживання. Такий кооператив може бути або новоствореним, або ж діяльність вже існуючого кооперативу (наприклад, ягідного) розширюється на виробництво паливних брикетів. **Переваги:** можливість використання дешевої (або навіть безкоштовної) місцевої біомаси, відсутність плати за оренду виробничого приміщення, можливість придбання членами кооперативу вироблених брикетів по ціні, близькій до собівартості.

Варіант 3. Крупне аграрне підприємство (агрофірма, агрохолдинг) виробляє брикети з власної сировини (побічних продуктів та відходів сільськогосподарського виробництва) і продає своїм співробітникам по собівартості як складову «соціального пакету». **Переваги:** можливість використання сировини (біомаси) по собівартості, відсутність плати за оренду виробничого приміщення, можливість продажу частини брикетів своїм співробітникам по ціні, близькій до собівартості (як складова «соціального пакету» підприємства).

Порівняльне ТЕО зазначених варіантів виробництва брикетів для випадку використання соломи як сировини представлено в **Таблиці 8.1**. Результати ТЕО показують, що всі варіанти є економічно життєздатними з дисконтованим терміном окупності менше 4 років.

Таблиця 8.1. Попереднє ТЕО виробництва паливних брикетів з соломи.

Показники	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
	<i>Підприємство</i>	<i>Енергокооператив</i>	<i>Агрохолдинг</i>
	<u>Основні вихідні дані:</u> Оплата праці 400 грн./день, є адмінперсонал, солома закуповується за ринковою ціною 780 грн./т з ПДВ, оренда приміщення 20 грн./ (кв. м·міс.), брикети доставляються споживачам у мішках за ціною 2450 грн./т з ПДВ	<u>Основні вихідні дані:</u> Оплата праці 400 грн./день, адмінперсонал відсутній, солома безкоштовна, приміщення безкоштовне, брикети у мішках продаються членам кооперативу за ціною 1450 грн./т з ПДВ	<u>Основні вихідні дані:</u> Оплата праці 400 грн./день, є адмінперсонал, солома по собівартості 450 грн./т, оренда приміщення відсутня, брикети продаються споживачам без доставки у мішках за ціною 2300 грн./т з ПДВ (70% обсягу) та власним співробітникам за ціною 1900 грн./т з ПДВ (30% обсягу)
Продуктивність, кг/год	320,0	160,0	640,0
Продуктивність річна, т/рік	1536,0	640,0	2560,0
Ціна сировини (соломи), євро/т без ПДВ	20,2	0,0	14,0
Капітальні витрати, тис. євро	40,5	23,4	136,7
Експлуатаційні витрати, тис. євро/рік	86,7	18,5	112,2
Кредитні кошти (частка капітальних витрат), %	60	60	60
Ставка по кредиту, %	7	7	7
Продажна ціна брикетів, євро/т без ПДВ	64	38	60 (70%) та 49 (30%)
Простий термін окупності, років	3,3	2,9	2,8
Дисконтований термін окупності, років	3,7	3,3	3,3
Внутрішня норма дохідності (IRR), %	26%	35%	36%

Далі розглянемо техніко-економічні показники типових проектів з **використання** паливних брикетів з біомаси:

Варіант А: населення споживає брикети з біомаси в існуючому котлі як заміник вугілля (вар. А1) або у новопридбаному побутовому твердопаливному котлі (вар. А2) потужністю до 50 кВт.

Варіант Б: магазин/готель або іншій подібний заклад споживає брикети з біомаси в існуючому котлі як заміник вугілля (вар. Б1) або у новопридбаному твердопаливному котлі (вар. Б2) потужністю 50-100 кВт.

Варіант В: використання паливних брикетів на промисловому або іншому підприємстві в існуючому котлі як заміник вугілля (вар. В1) або у новопридбаному твердопаливному котлі (вар. В2) потужністю 500-1000 кВт.

Порівняльне ТЕО зазначених варіантів споживання для випадку брикетів з соломки представлено в **Таблиці 8.2**. Результати ТЕО показують, що всі варіанти є економічно доцільними з дисконтованим терміном окупності до **3** років для варіантів Б2 (новий котел 100 кВт), В2 (новий котел 1000 кВт) і до **5** років для варіанту А2 (новий котел 20 кВт). Всі варіанти використання брикетів в існуючих твердопаливних котлах замість вугілля призводять до вагомої економії коштів на придбанні палива.

Таблиця 8.2. Попереднє ТЕО використання паливних брикетів з соломи.

Показники	Варіант А: населення, котел 20 кВт		Варіант Б: організація, котел 100 кВт		Варіант В: підприємство, котел 1000 кВт	
	A1	A2	Б1	Б2	В1	В2
	<i>існуючий котел</i>	<i>новий котел</i>	<i>існуючий котел</i>	<i>новий котел</i>	<i>існуючий котел</i>	<i>новий котел</i>
Встановлена потужність, кВт	20	20	100	100	1000	1000
Капітальні витрати, євро		900		3500		30000
Економія коштів на придбанні палива, євро/рік	408	408	409	2307	10207	29190
	<i>по вугіллю</i>	<i>по вугіллю</i>	<i>по вугіллю</i>	<i>по природному газу</i>	<i>по вугіллю</i>	<i>по природному газу</i>
Кредитні кошти (частка капітальних витрат), %		60		60		60
Ставка по кредиту, %		7		7		7
Простий термін окупності, років		3,9		2,4		1,5
Дисконтований термін окупності, років		4,7		2,7		1,6
Внутрішня норма дохідності (IRR), %		26%		43%		68%

Висновки

Брикети з біомаси – вид твердого біопалива, який широко використовується в країнах, що розвиваються, і інтерес до якого давно існує і зростає в розвинутих країнах Європи і Північної Америки.

Виробництво та використання паливних брикетів з біомаси є важливим і перспективним сегментом розвитку біоенергетики в Україні з огляду на ті економічні, екологічні та соціальні вигоди, які він може дати. В першу чергу, необхідно нарощувати обсяги виробництва брикетів з біомаси сільськогосподарського походження з огляду на наявність в країні значного енергетичного потенціалу такої біомаси.

Переваги використання паливних брикетів з агробіомаси:

- Відповідність вимогам котельного обладнання, кращі екологічні показники при спалюванні, зокрема по емісії СО та твердих часток у порівнянні зі спалюванням дров.
- Можливість застосування в існуючих пічках, побутових (15-30 кВт) та невеликих твердопаливних котлах з ручним завантаженням (до ~100-150 кВт). Брикети не потребують спеціалізованого обладнання на відміну від більш дорогих пелет (гранул) з біомаси.
- Потенційна можливість використання брикетів з відносно низькою щільністю («м'яких») в більш потужних котлах зі шнековою подачею (до ~1 МВт).
- Наявність значної сировинної бази, особливо для брикетів з агробіомаси.
- Відносно низька ціна. У брикетів ціна за одиницю енергії є порівняною з дровами при набагато кращих паливних характеристиках.
- Є більш зручними та економічними, ніж дрова, при транспортуванні та зберіганні. За рахунок більшої енергетичної щільності потребують менших витрат праці при ручному завантаженні в котел.
- Можуть виступати в ролі більш дешевого заміника вугілля, особливо в тих регіонах, де вугілля є дорогим (4000 грн./т і більше). Вартість одиниці енергії в брикетах з соломи/лушпиння соняшника може бути до 2 разів менше, ніж у вугіллі.

Брикети виготовляються з доступної місцевої біомаси, яка являє собою відновлюване джерело енергії і є СО₂-нейтральною. Запровадження бізнесу із виробництва і продажу брикетів сприяє підвищенню енергетичної незалежності регіонів, створенню нових робочих місць у сільській місцевості і розвитку місцевої економіки.

Результати ТЕО типових варіантів виробництва і споживання паливних брикетів з агробіомаси показують, що всі проекти є економічно доцільними з дисконтованим терміном окупності в межах 5 років.

Додаток 1. Характеристики соломи як палива та сировини для виробництва брикетів

Солома зернових є одним з основних видів сировини аграрного походження для виробництва брикетів. Розрізняють свіжозібрану («жовту») солому і солому, яка лежала у полі і була промита дощами («сіра») (Рис. Д1).



а



б

Рис. Д1. Загальний вигляд соломи: а – жовта; б – сіра.

Солома пшениці характеризується високими значеннями виходу летких речовин та теплоти згоряння (Табл. Д1). Оскільки солома може містити хлор і лужні метали, то в процесі її спалювання утворюються такі хімічні сполуки як хлорид натрію і хлорид калію. Ці сполуки викликають корозію сталевих елементів енергетичного обладнання, особливо при високих температурах, тому необхідно брати цю обставину до уваги при використанні соломи як палива.

Таблиця Д1. Основні характеристики та елементний склад соломи пшениці (експериментальні дані)⁶⁹.

Показник	Міні- мальне значення	Макси- мальне значення	Медіана ⁷⁰	Середнє значення	Стандартне відхилення	
Вологість, % мас. (роб.)	0,00	50,00	8,93	13,07	11,37	87%
Зольність, % мас. (сух.)	0,07	13,50	0,83	2,11	2,63	125%
Леткі речовини, % мас. (гор.)	64,56	94,92	83,47	83,30	3,41	4%
Зв'язаний вуглець, % мас. (гор.)	5,08	35,44	16,53	16,70	3,41	20%
Елементний склад, % мас. (гор.)						
С	42,62	58,46	50,15	50,27	1,85	4%
Н	3,20	8,90	6,06	6,10	0,47	8%
N	0,02	2,93	0,22	0,39	0,44	113%
S	0,00	0,88	0,05	0,09	0,12	136%
O	34,54	51,07	43,27	43,12	2,08	5%

⁶⁹ <https://www.ecn.nl/phyllis2/>

⁷⁰ Статистичний показник, що характеризує вибірку

Показник	Міні- мальне значення	Макси- мальне значення	Медіана ⁷⁰	Середнє значення	Стандартне відхилення	
Cl, мг/кг	0,0	48048,5	301,6	1956,3	6118,5	313%
Нижча теплота згоряння, МДж/кг (гор.)	15,04	21,83	18,54	18,67	1,02	5%
Вища теплота згоряння, МДж/кг (гор.)	10,35	26,54	19,80	19,72	1,36	7%

роб. – на робочу масу; сух. – на суху масу; гор. – на горючу масу.

Склад золи пшеничної соломи також важливо знати, оскільки вона може бути використана у якості добрива (Табл. Д2).

Таблиця Д2. Склад золи соломи пшениці (експериментальні дані)⁶⁹.

Склад золи, % мас.	Мінімальне значення	Максимальне значення	Медіана	Середнє значення	Стандартне відхилення	
SO ₃	0,43	11,36	2,57	3,34	2,09	63%
Cl	0,00	7,23	0,80	1,88	2,08	111%
P ₂ O ₅	0,10	29,11	2,85	4,18	4,48	107%
SiO ₂	0,80	72,50	42,79	42,23	20,15	48%
Fe ₂ O ₃	0,06	9,30	0,70	1,26	1,69	134%
Al ₂ O ₃	0,09	14,74	0,80	2,33	3,41	146%
CaO	2,60	65,00	10,79	15,68	13,61	87%
MgO	0,13	11,96	2,48	3,33	2,59	78%
Na ₂ O	0,06	9,77	0,62	1,27	1,94	153%
K ₂ O	0,16	36,70	15,70	15,60	7,92	51%
TiO ₂	0,01	0,60	0,09	0,12	0,13	114%
Pb (мг/кг)	1,0	350,0	3,5	79,8	136,3	171%
Cd (мг/кг)	0,0	10,0	0,1	2,8	4,6	166%
Cu (мг/кг)	13,0	400,0	35,0	88,2	114,8	130%
Mn (мг/кг)	0,0	9340,0	0,1	1481,9	3186,8	215%
Cr (мг/кг)	70,0	70,0	70,0	70,0	0,0	0%

Зола соломи пшениці має відносно низьку температуру плавлення (Табл. Д3), що необхідно враховувати при виборі технології виробництва енергії з соломи, оскільки ця особливість може призвести до шлакування елементів енергетичного обладнання.

Особливих умов щодо соломи як сировини для лінії брикетування не висувається – вона повинна мати вологість 10-30% і розмір фракцій 5-30 мм (в залежності від виду обладнання). Крім того, бажано (але це не обов'язкова умова), щоб солома була сірою (промитою дощами) і мати плюсову температуру.

Таблиця Д3. Температурні властивості золи соломи пшениці, окислювальне середовище (експериментальні дані)⁶⁹.

Показник	Мінімальне значення	Максимальне значення	Медіана	Середнє значення	Стандартне відхилення	
Температура початку деформації золи, °C	780	1482	995	1050	218	21%
Температура розм'якшення золи, °C	800	1482	1025	1074	204	19%
Температура напівсфери, °C	1040	1482	1155	1183	123	10%
Температура рідкоплавкого стану, °C	1080	1500	1263	1290	108	8%

Додаток 2. Технічні умови на брикети з біомаси (вибрані приклади)⁷¹

Рослинна сировина:

ТУ У 20.1-36474791-001:2009 Паливо тверде брикети паливні із подрібненої рослинної сировини (ТОВ «Вінінтертрейд»);

ТУ У 20.1-36474797-001:2009 Брикети паливні із подрібненої рослинної сировини (ТОВ «Алекмір Енерджі»);

ТУ У 38.1-37474379-002:2014 Гранули та брикети паливні з відходів деревини та сільськогосподарських культур (ТОВ "Екоресурс-Т");

ТУ У 19.2-32886226-001:2013 зі зміною № 1 Брикети паливні із рослинної сировини (ПП «Полтава - Консалтинг»);

ТУ У 20.1-1470313117-001:2011 зі зміною № 1 Паливо з відходів рослинної сировини брикетоване (ФОП Колтунов Ігор Володимирович);

ТУ У 38.1-1700201376-002:2016 Брикети паливні з виноградної лози (ФОП Могильніков Валентин Дмитрович);

ТУ У 38.1-1700201376-002:2016 Брикети паливні з соломи сільськогосподарських культур (ФОП Могильніков Валентин Дмитрович).

Лушпиння соняшника:

ТУ У 15.6-30842484.007:2006 Біобрикети із лушпиння соняшника (ПП «ЛВК»)

ТУ У 15.6-30842484.007-2006 зі зміною № 1 Брикети з відходів сільськогосподарського виробництва (лушпиння насіння соняшника) (ПП «Спецзовнішкомплект»).

Деревна біомаса:

ТУ У 20.1-34920361-001:2009 Брикети пресовані із тирси (ТОВ «ЕО Біотемп»);

ТУ У 20.1-31072232-001:2012 Брикети пресовані із тирси (ТОВ «РГСН»)

ТУ У 20.1-36831840-001:2010 Брикети паливні з тирси (ТОВ «Еко-Блейз»);

ТУ У 16.2-37677902-001:2012 Брикети паливні пресовані з відходів деревини (ТОВ «УКРБІОРЕСУРС»);

ТУ У 24.1-30817332-003-2002 Брикети паливні з твердих порід деревини (ТОВ «Екобрикети»);

ТУ У 19.2-36318023-001:2013 Біопаливо тверде. Брикети паливні з деревини (ПП "Торфвуд");

ТУ У 16.2-38244430-001:2012 Брикети з вільхи 1 сорту 2 виду (ТОВ «К. Р. Енеджі»);

ТУ У 16.2-38244430-001:2012 Брикети з дубу 1 сорту 3 виду (ТОВ «К. Р. Енеджі»);

ТУ У 37.2.34827522-001:2010 Гранули та брикети паливні з деревинної сировини (ТОВ «Рікон-Трейд»);

ТУ У 16.2-34037185-001:2015 Брикети паливні з відходів деревини у вигляді прямокутної чотирьохгранної призми (ПП "Дари землі").

Очерет:

ТУ У 38.1-1700201376-002:2016 Брикети паливні з очерету (ФОП Могильніков Валентин Дмитрович).

⁷¹ Приклади (окрім одного) наведено із *Реєстру альтернативних видів палива* Держенергоефективності 2017 року (http://saee.gov.ua/sites/default/files/Reestr_24.05.2017.xls). Чинність кожних ТУ вимагає додаткової перевірки.

Додаток 3. Державні стандарти, що стосуються твердого біопалива (вибрані приклади)⁷²

ДСТУ EN 14588:2013 Біопаливо тверде. Терміни та визначення понять (EN 14588:2010, IDT);

ДСТУ EN 14774-1:2013 Тверде біопаливо. Визначення вмісту вологи. Метод висушування в сушильній шафі. Частина 1. Загальна волога. Стандартний метод (EN 14774-1:2009, IDT);

ДСТУ EN 14774-2:2013 Тверде біопаливо. Визначення вмісту вологи. Метод висушування в сушильній шафі. Частина 2. Загальна волога. Спрощений метод (EN 14774-2:2009, IDT);

ДСТУ EN 14774-3:2013 Тверде біопаливо. Визначення вмісту вологи. Метод висушування в сушильній шафі. Частина 3. Волога в пробі для загального аналізу (EN 14774-3:2009, IDT);

ДСТУ EN 14778:2013 Тверде біопаливо. Відбирання проб (EN 14778:2011, IDT);

ДСТУ EN 15103:2013 Тверде біопаливо. Методи визначання насипної щільності (EN 15103:2009, IDT);

ДСТУ EN 15104:2013 Тверде біопаливо. Методи визначання вмісту загальних вуглецю, водню та азоту (EN 15104:2011, IDT);

ДСТУ EN 15105:2013 Тверде біопаливо. Методи визначання вмісту водорозчинних хлоридів, натрію та калію (EN 15105:2011, IDT);

ДСТУ EN 15148:2012 Біопаливо тверде. Метод визначання вмісту летких речовин (EN 15148:2009, IDT);

ДСТУ EN 15210-2:2013 Тверде біопаливо. Метод визначання механічної міцності пелет і брикетів. Частина 2. Брикети (EN 15210-2:2010, IDT);

ДСТУ EN 15234-1:2013 Тверде біопаливо. Забезпечення якості. Частина 1. Загальні вимоги (EN 15234-1:2011, IDT);

ДСТУ EN 15234-3:2013 Тверде біопаливо. Забезпечення якості. Частина 3. Брикети деревні для непромислового використання (EN 15234-3:2012, IDT);

ДСТУ EN 15289:2013 Тверде біопаливо. Методи визначання загального вмісту сірки та хлору (EN 15289:2011, IDT);

ДСТУ-П CEN/TS 15370-1:2013 Тверде біопаливо. Метод визначання характеристик плавкості золи. Частина 1. Метод характеристичних температур (CEN/TS 15370-1:2006, IDT).

⁷² Дорожня карта з розвитку твердого біопалива України. Проект UNDP, GEF, 2016.
http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/b4/bd/b4bda440-5ab8-4c64-943a-a094da7a757f/dorozhnia_karta_z_rozvitku_rinku_tverdogo_biopaliva_ukrayini.pdf

Умовні позначення та скорочення

ЗППЕ – загальне постачання первинної енергії

ТЕО – техніко-економічне обґрунтування

ТУ – технічні умови

ЦТ – централізоване теплопостачання

н.е. – нафтовий еквівалент

Попередні публікації БАУ

<http://www.uabio.org/ua/activity/uabio-analytics>

1. *Аналітична записка БАУ №1* (2012) «Місце біоенергетики в проєкті оновленої Енергетичної стратегії України до 2030 року».
2. *Аналітична записка БАУ № 2* (2013) «Аналіз Закону України «Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» № 5485-VI від 20.11.2012».
3. *Аналітична записка БАУ № 3* (2013) «Бар'єри для розвитку біоенергетики в Україні».
4. *Аналітична записка БАУ № 4* (2013) «Перспективи розвитку виробництва та використання біогазу в Україні».
5. *Аналітична записка БАУ № 5* (2013) «Перспективи виробництва електричної енергії з біомаси в Україні».
6. *Аналітична записка БАУ № 6* (2013) «Перспективи виробництва теплової енергії з біомаси в Україні».
7. *Аналітична записка БАУ № 7* (2014). «Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні».
8. *Аналітична записка БАУ № 8* (2014). «Енергетичний та екологічний аналіз технологій виробництва енергії з біомаси».
9. *Аналітична записка БАУ № 9* (2014). «Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні».
10. *Аналітична записка БАУ № 10* (2014). «Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні».
11. *Аналітична записка БАУ № 11* (2014) «Перспективи виробництва та використання біометану в Україні».
12. *Аналітична записка БАУ № 12* (2015) «Перспективи розвитку біоенергетики як інструменту заміщення природного газу в Україні».
13. *Аналітична записка БАУ № 13* (2015) «Аналіз енергетичних стратегій країн ЄС та світу і ролі в них відновлюваних джерел енергії».
14. *Аналітична записка БАУ № 14* (2016) «Аналіз тарифоутворення у секторі централізованого теплопостачання країн Європейського Союзу».
15. *Аналітична записка БАУ № 15* (2016) «Аналіз додаткових джерел деревного палива в Україні».
16. *Аналітична записка БАУ № 16* (2016) «Можливості заготівлі побічної продукції кукурудзи на зерно для енергетичного використання в Україні».
17. *Аналітична записка БАУ № 17* (2016) «Аналіз критеріїв сталого розвитку біоенергетики»
18. *Аналітична записка БАУ № 18* (2017) «Створення конкурентного ринку біопалив в Україні».
19. *Аналітична записка БАУ № 19* (2018) «Можливості заготівлі деревного палива в лісах України».

Громадська спілка «Біоенергетична асоціація України» (БАУ) була заснована з метою створення спільної платформи для співпраці на ринку біоенергетики України, забезпечення найбільш сприятливих умов ведення бізнесу, прискореного та сталого розвитку біоенергетики. Загальні установчі збори БАУ було проведено 25 вересня 2012 року в м. Київ. Асоціація офіційно зареєстрована 8 квітня 2013 року. Членами БАУ стали понад 20 провідних компаній та понад 20 визнаних експертів, що працюють в галузі біоенергетики.

www.uabio.org

