



КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ УКРАЇНСЬКОГО РИНКУ ПЕЛЕТ З БІОМАСИ



Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій
у муніципальному секторі в Україні

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ УКРАЇНСЬКОГО РИНКУ ПЕЛЕТ З БІОМАСИ

Comprehensive analysis of the Ukrainian biomass pellets market

Київ-2016

Публікацію «Комплексний аналіз українського ринку пелет з біомаси (визначення точок зростання)» підготовлено на замовлення проекту Програми розвитку Організації Об'єднаних Націй «Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні». Розробник: ТОВ «Науково-технічний центр «Біомаса».

Авторський колектив: Георгій Гелетуха, Володимир Крамар, Олексій Епік, Тарас Антощук, Василь Тітков.

Думки, висловлені в цій публікації, належать автору і необов'язково відображають думку Програми розвитку Організації Об'єднаних Націй або Глобального екологічного фонду.

Хоча необхідні заходи було вжито щодо змісту цієї публікації, Програма розвитку Організації Об'єднаних Націй і Глобальний екологічний фонд не відповідають за точність, повноту змісту й за будь-які збитки чи шкоду, яка може статися прямо або опосередковано, через використання цього видання.

Авторські права © Програма розвитку Організації Об'єднаних Націй, 2016 рік
Усі права захищено.

www.ua.undp.org
www.bioenergy.in.ua



ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП	10
1. ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД РИНКУ ПЕЛЕТ В УКРАЇНІ	12
1.1. Ринок деревних пелет у 2012–2015 рр.	14
1.2. Ринок пелет з лушпиння соняшнику в 2012–2016 рр.	24
1.3. Ринок пелет із соломи зернових у 2012–2015 рр.	34
2. АНАЛІЗ ПОТУЖНОСТЕЙ ВИРОБНИЦТВА ПЕЛЕТ В УКРАЇНІ, ВКЛЮЧНО З ІНФОРМАЦІЄЮ ЗА РЕГІОНАМИ (ОБЛАСТЯМИ)	42
2.1. Виробництво деревних пелет	60
2.2. Виробництво пелет з лушпиння соняшнику	62
2.3. Виробництво пелет із соломи зернових	64
3. ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ/ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕОБРОБЛЕНОЇ БІОМАСИ, ПРИДАТНОЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПЕЛЕТ	66
3.1. Характеристики необробленої біомаси	66
3.1.1. Деревина	66
3.1.2. Лушпиння соняшнику	68
3.1.3. Солома зернових	69
3.1.4. Стебла/стрижні кукурудзи	70
3.1.5. Стебла/кошики соняшнику	71
3.1.6. Інша сировина (лушпиння рису, солома ріпаку)	71
3.2. Процес переробки аграрної біомаси в пелети	72
3.2.1. Заготівля, перевезення та зберігання	74
3.2.2. Подрібнення	105
3.2.3. Гранулювання	107
3.2.4. Охолодження та просіювання пелет	111
3.2.5. Процес сушіння	114
3.3. Проблеми, пов'язані з виробництвом пелети.	
Поетапний аналіз	119
3.3.1. Сировинна база, заготівля, перевезення та зберігання, якість сировини	119
3.3.2. Виробничий процес	128
3.3.3. Питання сертифікації виробництва та продукції.	
Переваги сертифікованих виробництв	130

3.3.4. Проблеми збуту виробленої продукції	135
3.4. Вимоги до продуктивності та енерговитрат	138
4. ТЕХНІЧНІ ПЕРЕШКОДИ, ПОВ'ЯЗАНІ З ВИКОРИСТАННЯМ АГРОПЕЛЕТ	148
4.1. Порівняльні характеристики агропелет і пелет, вироблених з деревини	148
4.2. Короткий огляд основних технологій спалювання	152
4.3. Проблеми, які виникають на етапі спалювання	166
4.4. Проблеми, пов'язані із золою	176
4.5. Оцінка потенційних технологій та критичних точок	194
4.6. Надійність сировини	201
4.7. Сертифікація та стандартизація обладнання	203
4.8. Наявність та асортимент котлів для спалювання пелет із соломи	208
4.9. Екологічні аспекти використання різних видів пелет	211
5. ІНШІ ВАЖЛИВІ ЧИННИКИ	217
5.1. Споживча ціна агропелет порівняно з іншими видами палива	217
5.2. Доступність обладнання для виробництва пелет	219
5.3. Собівартість виробництва агропелет	226
5.4. Інвестиційна привабливість виробництва агропелет	238
5.5. Логістичні проблеми	267
5.6. Виникнення спеціалізованих видів палива з біомаси	272
5.7. Тенденції розвитку та вплив фінального споживчого ринку (внутрішнього та експортного)	276
5.8. Перешкоди та можливості розвитку ринку пелет в Україні	281
6. ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	288
Додаток 1	299
Опис деяких найбільших підприємств-виробників пелет в Україні	299
Додаток 2	320
Споживачі пелет в Україні у 2015 р.	320
Для нотаток	334

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

EUR	євро
O&M	“Operation and Maintenance” – експлуатація та обслуговування
UAH	українська гривня
USAID	Агентство США з міжнародного розвитку
°C, град. С	градуси за Цельсієм
БАУ	Біоенергетична асоціація України
БМ	біомаса
ВДЕ	відновлювані джерела енергії
га	гектари
Гкал	гікакалорія
ГДж	гігаджоуль
ГВт	гігават
год	години
год/рік	годин на рік
г/год	грамів на годину
ГОСТ	Государственные отраслевые стандарты
грн	гривень
грн/міс.	гривень на місяць
ДБН	Державні будівельні норми
Держнагляд-охоронпраці	Державний комітет України з нагляду за охороною праці
Директива 2009/28/ЄС	Директива 2009/28/ЄС від 23 квітня 2009 р. про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел
дол. США	доларів США
до м.с.б.р.	до маси сухої беззольної речовини
ДСТУ	Державний стандарт України
ее	електроенергія
ЕСКО	енергосервісна компанія
євро/т	євро за тонну
євро/шт.	євро за штуку
ЄС	Європейський союз
ІТП	інженерно-технічний персонал
кВт	кіловат
кВт•год	кіловат-година

кВт·год/т	кіловат-годин на тонну
кг	кілограми
кг/м ³	кілограм на кубічний метр
кгс/см ²	кілограм-сила на сантиметр квадратний, одиниця вимірювання тиску
Ккал	кілокалорія
КҚД	коефіцієнт корисної дії
КМУ, КМ України	Кабінет Міністрів України
км	кілометри
км/год	кілометрів на годину
к.с.	кінські сили
к.с./кВт	кінських сил/кіловат
куб. м, м ³	кубічний метр
КШ	киплячий шар
люд.-год./т	людино-годин на тонну
люд.-год./рік	людино-годин на рік
м	метри
мг/куб. м	міліграмів на кубічний метр
мм	міліметри
мін.	мінімальний
міс.	місяці
міс./рік	місяців на рік
макс.	максимальний
МВт	мегават
МВтел, кВтел	одиниці вимірювання потужності електричних пристроїв: мегават, кіловат
МВтт, кВтт	одиниці вимірювання теплової потужності пристроїв: мегават (тепловий), кіловат (тепловий)
мг/кг с.р.	міліграми на кілограм сухих речовин
МДж/кг	мегаджоуль на кілограм
млн грн	мільйонів гривень
млн т н. е.	мільйонів тонн нафтового еквіваленту
млн т у. п.	мільйонів тонн умовного палива
МПа	мегапаскаль
н. е.	нафтовий еквівалент
НКРЕКП	Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики та комунальних послуг
НПАОП	нормативно-правові акти з охорони праці

ОВНС	оцінка впливів на навколишнє середовище
од.	одиниця
ПРООН	Програма розвитку ООН
ПДВ	Податок на додану вартість
р., рр.	рік, роки
с/г	сільськогосподарський
сек	секунди
СНиП	Строительные нормы и правила
ССп	Сумісне спалювання
т	тонни
т/га/рік	тонн з гектара на рік
т/м ²	тонни на квадратний метр
ТЕ	теплова енергія
ТЕО	техніко-економічне обґрунтування
ТЕС	теплова електростанція
ТЕЦ	теплоелектроцентрально
ТОВ, ООО	Товариство з обмеженою відповідальністю
ТПВ	тверді побутові відходи
т н. е.	тонни нафтового еквіваленту
т у. п.	тонни умовного палива
ТУУ	Технічні умови України
т/год	тонни на годину
т/рік	тонни на рік
тис. грн	тисячі гривень
тис. €	тисячі євро
УкрСЕПРО	Українська державна система сертифікації продукції
УКТ ЗЕД	Українська класифікація товарів зовнішньоекономічної діяльності
у. п.	умовне паливо
хв/т	хвилин на тонну
ЦКШ	циркульний киплячий шар
чол./зміну	чоловік за зміну
чол./міс.	чоловік на місяць
шт.	штуки
% до м.с.р.	процентів до маси сухих речовин
/кг с. р.	на кілограм сухих речовин
<	менше
>	більше



ВСТУП

Звіт за темою «Комплексний аналіз українського ринку пелет з біомаси (визначення точок зростання)» підготовлений експертами Науково-технічного центру «Біомаса» в рамках завдання ПРООН «Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні».

Останнім часом відбулися помітні зміни в енергетичній галузі України, зокрема у сфері відновлюваних джерел енергії, а також індивідуального та централізованого теплопостачання. Все більшого значення набувають питання енергетичної безпеки країни, зменшення залежності від імпортованих енергоносіїв, перш за все природного газу. Урядом країни здійснюється поступове вирівнювання ціни на природний газ та скорочення її субсидування для окремих категорій споживачів, що підвищує їхню зацікавленість у використанні інших видів палива.

Ухвалено низку документів, що підсилюють законодавче поле для впровадження ВДЕ, зокрема використання біомаси, а також стимулювання заміщення природного газу в теплопостачанні іншими енергоносіями.

Серед найважливіших документів слід виокремити такі як:

- Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року;
- Постанови КМУ «Про стимулювання заміщення природного газу під час виробництва теплової енергії для установ та організацій, що фінансуються з державного і місцевих бюджетів» та «Про стимулювання заміщення природного газу у сфері теплопостачання»;

- Розпорядження КМУ «План коротко- та середньострокових заходів щодо скорочення обсягу споживання природного газу на період до 2017 року».

Впроваджуються схеми державної підтримки населення для придбання опалювального обладнання, що не використовує природний газ як паливо. У результаті істотно зросла популярність проектів енергетичного використання біомаси та заміщення викопних палив, передусім природного газу. Найдинамічнішого розвитку здобуло використання деревини у вигляді дров, відходів деревообробки, тріски та гранул, спалювання лушпиння соняшнику. Поступово зростає інтерес до енергетичного використання соломи зернових та відходів і залишків кукурудзи. Деякі вітчизняні компанії вже налагодили випуск котлів на біомасі як для побутових, так і промислових споживачів.

Особливого значення в цьому розумінні набувають проекти заміщення викопних палив у централізованому теплопостачанні, адже саме такі проекти є економічно найдоцільнішими, а інколи єдино можливим варіантом застосування паливної біомаси для опалення багатопверхового будинку. Солома та інші залишки, що утворюються в аграрному виробництві, значно перевищують енергетичний ресурс деревних відходів. Та попри свою велику кількість їхнє енергетичне використання за обсягами, на жаль, відстає від використання деревини.

На сьогодні лише одне підприємство централізованого теплопостачання (КП «Миргородтеплоенерго», м. Миргород) впровадило котел для спалювання соломи саме в централізованому теплопостачанні. Для централізованого теплопостачання є

також кілька проектів використання пелет соломи. Зокрема є вони в КП «Міськтепловоденергія», м. Кам'янець-Подільський, проте такі проекти поступаються викотанню за сумарними обсягами пелет з деревини.

Завданням цього дослідження є визначення основних причин, що стримують широке застосування пелет із соломи та інших рослинних залишків (далі – агропелети) у сфері теплопостачання. Вочевидь, ці причини стосуються різних аспектів – фізико-хімічних властивостей агропелет, особливостей їхнього виробництва та використання, починаючи з етапів збирання рослинних решток, зовнішніх чинників, таких як світовий попит на пелети, питань рентабельності їхнього виробництва тощо.

Світовий досвід, зокрема Данії та інших країн, показує, що ефективне енергетичне використання агропелет є цілком можливим та доцільним за умови застосування відповідного обладнання і технологій. Тому, зважаючи на актуальність проблеми, визначення можливостей виробництва і використання українських агропелет кінцевими споживачами та основних шляхів стимулювання щодо їхнього використання також є завданням цієї роботи.

Під час підготовки звіту було застосовано такі методи дослідження:

- збір інформації анкетуванням і телефонним опитуванням учасників ринку;
- обробка та аналіз інформації держорганів і відомств (зокрема, даних митниці);
- результати маркетингових досліджень і аналітичних записок, підготовлених раніше НТЦ «Біомаса»;
- моніторинг офіційної статистики і галузевих ЗМІ;
- аналіз матеріалів галузевих виставок і конференцій.



1. ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД РИНКУ ПЕЛЕТ В УКРАЇНІ

Український ринок пелет загалом характеризується нерозвиненістю, дуже слабким внутрішнім попитом та великим обсягом пропозицій. Починаючи з 2007 р. склалася ситуація, за якої виробництво пелет було орієнтовано на експорт. Сировина для виробництва пелет завжди мала статус виробничих відходів (деревна тріска, солома та соняшникове лушпиння). Стрімкому зростанню кількості підприємств – виробників-експортерів пелет сприяв розвиток виробництва енергії з пелет у країнах ЄС-27, доступність та низька конкуренція за сировину в Україні, низька собівартість внутрішнього виробництва пелет в Україні, курсова різниця з євро.

Основним імпортером пелет українського виробництва традиційно є Польща. Завдяки державній підтримці виробництва енергії з відновлюваних джерел попит у країнах ЄС-27 був високий. Проте останнім часом послаблення такої державної підтримки спричинило зниження ціни на альтернативне паливо. У зв'язку з цим українським виробникам довелося шукати нові ринки збуту та переорієнтуватися на внутрішнє споживання. Пелети як паливо, внаслідок постійного підвищення ціни на традиційне для України паливо – природний газ, стали конкурентоздатними. Проте без надійних енергетичних установок середньої потужності українського виробництва та через високу ціну імпортованих місцевий попит не спроможний забезпечити споживання палива відповідно до пропозиції. Для виробників пелет із соломи спад попиту став найвідчутнішим. Майже весь обсяг продукції, що вироблявся на експорт, скоротився з 18 000 т у 2012 р. до 9000 т у 2013 р., а у 2014 та 2015 рр. сягнув небувало низь-

кої позначки – 130 т. Таким чином, виробники пелет із соломи суттєво згорнули свою діяльність щодо експорту продукції.

Однією з несподіванок останніх років стала тенденція виставляння на продаж рекордної кількості вже діючих заводів, що в кілька разів більше попереднього рівня. Причини вимушеного виходу багатьох гравців з бізнесу виробництва агропелет, як правило, комплексні. Але насамперед з ринку йдуть дрібні та середні виробники твердого біопалива, які не мають власної сировинної бази і купують сировину на ринку.

Схожа ситуація і в сегменті виробництва деревних пелет і брикетів. Виробники, які орієнтуються на купівлю відходів деревообробних підприємств і лісопилень на вільному ринку, все частіше не в змозі знайти сировини на економічно виправданій відстані від виробничих потужностей.

Крім того, істотною проблемою для виробників є також постійне зростання собівартості виробництва, пов'язане із підвищенням цін на сировину та енергетичні ресурси, значним чином електричної енергії. Помітним внеском у подорожчання виробництва є також вимога сьогодення – шукати сировину далеко від основного підприємства, що збільшує витрати на логістику й іноді робить бізнес невеликих підприємств нерентабельним.

У результаті можна дійти висновку, що сьогодні виграють конкуренцію саме ті підприємства, для яких біопаливний бізнес є додатковим і ґрунтується на власній сировинній базі.



1. 1. РИНОК ДЕРЕВНИХ ПЕЛЕТ У 2012–2015 РР.

Експорт пелет з деревини загалом зростає від 107 тис. т до 150,44 тис. т у 2015 р.

Найбільшими імпортерами пелет з України є Польща, Італія та Чеська Республіка. Обсяг імпорту наведено в таблиці нижче з позначеною часткою від усього обсягу. Інші країни імпортували значно меншу кількість пелет українського виробництва.

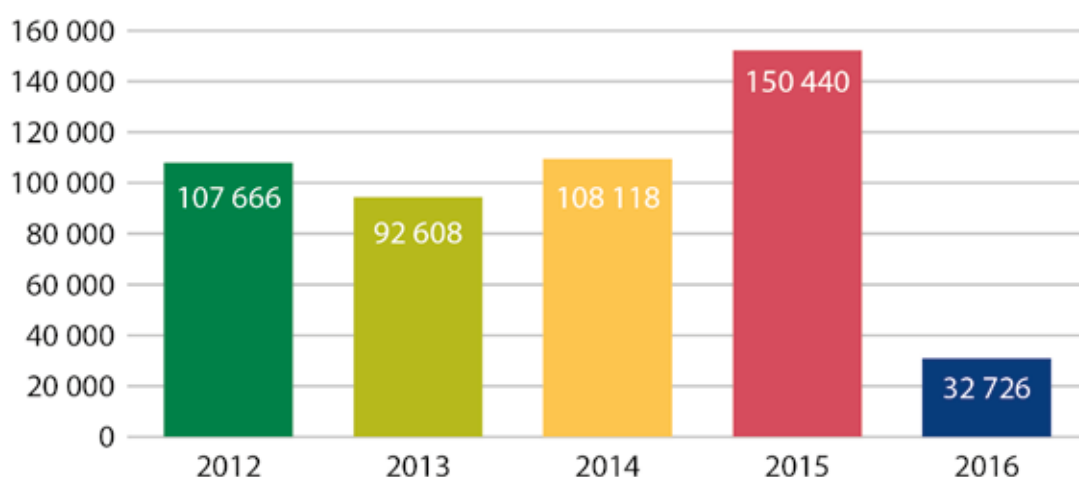


Рис. 1.1. Річний розподіл експорту пелет з деревини впродовж 2012–2016 рр. та 3-х місяців 2016 р., т

Табл. 1.1. Найбільші імпортери пелет з деревини впродовж 2012–2015 рр. та 3-х місяців 2016 р.)

Країна-імпортер	Обсяг експорту, т	Частка від загального експорту
Польща	188 976	38,44%
Італія	88 207	17,94%
Чеська Республіка	49 490	10,07%
Німеччина	38 801	7,94%
Данія	15 919	7,89%
Угорщина	15 246	3,24%
Словаччина	12 896	3,10%
Сполучене Королівство	43 008	2,62%
Інші країни	39 011	8,75%
Загальна сума	491 558	100,00%



Динаміку експорту до Польщі, Італії та Чеської Республіки наведено в таблиці нижче.

Помісячний графік експорту (рис. 1.2) має щороку дуже схожі тенденції та яскраво виражений спад у серпні. Закономірно, що збільшення експорту настає в зимовий період під час підвищення попиту.

Табл. 1.2. Найбільший обсяг імпорту пелет з деревини та його розподіл за роками впродовж 2012–2016 рр.

Країна призначення	Експорт, т				
	2012	2013	2014	2015	2016
Польща	65 499	28 726	33 605	49 657	11 490
Італія	11 244	20 711	24 441	27 344	4467
Чеська Республіка	4426	13 508	12 492	15 440	3623

Табл. 1.3. Обсяги експорту пелет з деревини і транспорт, т

Країни експорту	Вид транспорту	2012	2013	2014	2015	2016
Польща	Вантажний автомобіль	53 510	26 405	33 605	48 814	11 490
	Залізничний вагон	11 989	2320		843	
Італія	Вантажний автомобіль	11 244	20 611	23 158	23 137	3512
	Контейнер на морському судні		100	1165	4180	955
	Залізничний вагон			118		
	Морське судно				27	
Чеська Республіка	Вантажний автомобіль	4426	13 508	12 492	15 440	3623
Німеччина	Вантажний автомобіль	3240	8603	8981	14 448	3740
Данія	Вантажний автомобіль	11 468	11 858	5721	8068	1659
	Контейнер на залізничному вагоні				27	
Угорщина	Вантажний автомобіль	2568	3281	3604	4096	1263
	Залізничний вагон				1107	

Країни експорту	Вид транспорту	2012	2013	2014	2015	2016
Словаччина	Вантажний автомобіль	2014	1638	4023	5954	1578
	Залізничний вагон	40				
Сполучене Королівство	Вантажний автомобіль			6099	6231	484
	Контейнер на морському судні				82	
Словенія	Вантажний автомобіль	1182	438	2220	4492	303
Австрія	Вантажний автомобіль	3782	2223	1 028	1082	263
	Залізничний вагон				96	
	Контейнер на морському судні				26	
Румунія	Вантажний автомобіль	22	66	1009	4806	1659
	Залізничний вагон				162	68
Болгарія	Вантажний автомобіль	1166	415	283	2181	641
Кіпр	Контейнер на морському судні	72		286	1365	236
	Вантажний автомобіль	22		1044		
	Морське судно	73		288		
	Залізничний вагон			21		
Греція	Вантажний автомобіль	420	42	161	887	301
Литва	Вантажний автомобіль	103	44	590	153	110
	Залізничний вагон			377		
Бельгія	Вантажний автомобіль		176	422	388	89
Естонія	Вантажний автомобіль		22	876	23	114
Австралія	Вантажний автомобіль	220	616			
Корея, Республіка	Контейнер на морському судні			127	377	
	Повітряне судно			0	132	

Країни експорту	Вид транспорту	2012	2013	2014	2015	2016
Молдова	Вантажний автомобіль	85		42	121	148
	Контейнер на морському судні			28	174	
Хорватія	Вантажний автомобіль				594	
Гонконг	Контейнер на морському судні				347	134
	Вантажний автомобіль			44		
Панама	Контейнер на морському судні				149	45
	Вантажний автомобіль			88		22
Нідерланди	Вантажний автомобіль	22		43	153	22
Латвія	Вантажний автомобіль		175	22	22	
Російська Федерація	Вантажний автомобіль					162
Швейцарія	Вантажний автомобіль			65	45	22
Фінляндія	Вантажний автомобіль				88	22
Сербія	Вантажний автомобіль		22		22	22
Люксембург	Вантажний автомобіль		22	22	22	
Ізраїль	Контейнер на морському судні				27	29
Франція	Вантажний автомобіль			22	22	
Швеція	Вантажний автомобіль			23	3	10
Грузія	Вантажний автомобіль			22		
Китай	Вантажний автомобіль		22			
Сан-Маріно	Вантажний автомобіль				22	
Туреччина	Вантажний автомобіль				2	
Загальна сума		107 666	92 608	108 118	150 440	32 726



Рис. 1.2. Місячний розподіл експорту пелет з деревини, т



Табл. 1.4. Обсяги експорту пелет з деревини за видами транспорту, т

Вид транспорту	2012	2013	2014	2015	2016
Вантажний автомобіль	95 493	90 187	105 709	141 318	31 259
Експрес-відправлення			0,003		
Залізничний вагон	12 029	2320	516	2208	68
Контейнер на залізничному вагоні				27	
Контейнер на морському судні	72	100	1605	6727	1399
Морське судно	73		288	27	
Повітряне судно			0,5	132	

На рисунку нижче наведено розподіл з використання транспорту під час експорту інших видів пелет у порівнянні із соломою.

Нижче (табл. 1.5.) наведено розподіл середньозважених цін за країнами експорту.

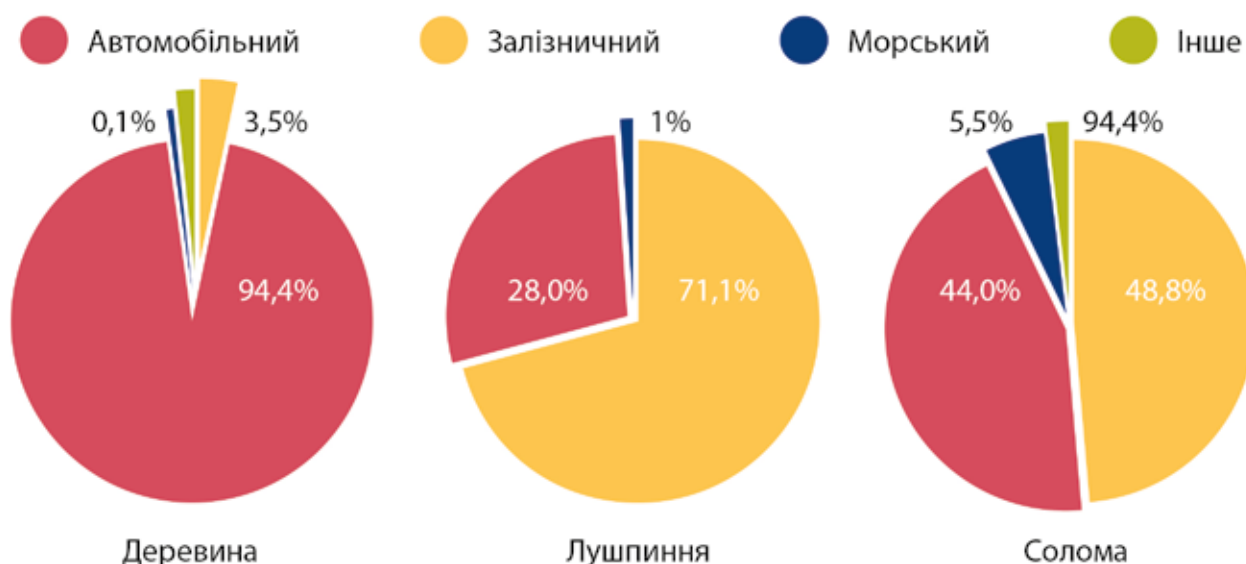


Рис. 1.3. Розподіл за видами транспорту впродовж 2012–2016 рр.

Табл. 1.5. Середньозважені ціни відповідно до країни та року експорту, грн

Країна експорту	2012	2013	2014	2015	2016
Польща	942	1138	1725	2334	2557
Італія	1282	1314	1918	2293	2499
Чеська Республіка	1126	1219	1638	2041	2312
Німеччина	765	989	1536	1986	2212
Данія	723	802	1648	1792	2196
Угорщина	1037	1623	1762	2150	2387
Словаччина	1075	1522	1773	2225	2640
Сполучене Королівство			1776	1981	2177
Словенія	887	950	1973	1950	2156
Австрія	950	1429	1887	2441	2369

Країна експорту	2012	2013	2014	2015	2016
Румунія	1194	1110	2276	2215	2431
Болгарія	1127	1232	1674	2428	2779
Кіпр	1174		1523	1884	2720
Греція	1202	1340	2116	1995	1974
Литва	922	1055	1469	1920	2252
Бельгія		2018	1961	3064	2363
Естонія		1805	1437	2217	2360
Австралія	883	887			
Корея, Республіка			1516	2468	
Молдова	1301		1523	1832	2282
Хорватія				2139	
Гонконг			962	2424	2436
Панама			2021	1889	1740
Нідерланди	1082		1298	1934	2295
Латвія		1202	1248	1929	
Російська Федерація					6
Швейцарія			1717	3264	2684
Фінляндія				2571	2061
Сербія		932		1879	2211
Люксембург		859	3256	2407	
Ізраїль				2 620	3257
Франція			1808	4708	
Швеція			1762	2492	2976
Грузія			1728		
Китай		2700			
Сан-Марино				1047	
Туреччина				2452	
Середньозважена за роками	967	1165	1750	2189	2435

Табл. 1.6 Обсяги експорту пелет з деревини за областями реєстрації експортерів, т

Область	2012	2013	2014	2015	2016
Вінницька	38 382	24 361	19 777	27 603	5249
Волинська	21 633	18 857	16 191	30 113	6676
Київська	18 116	13 615	17 291	29 599	7098
Житомирська	12 086	7397	19 870	18 689	2097
Закарпатська	7368	11 167	8488	12 390	3613
Рівненська	4706	3531	8362	9021	2081
Чернівецька	739	4709	2961	5675	1664
Львівська	176	241	4296	8283	2211
Івано-Франківська	2018	2697	1525	1155	127
Одеська	399	2827	1097	2384	270
Дніпропетровська	44	22	3167	2427	222

Область	2012	2013	2014	2015	2016
Миколаївська			2033	512	66
Тернопільська	20	303	1054	858	374
Чернігівська	1008	815	301	85	223
Харківська		636	176	351	264
Сумська	826	170	86	90	45
Донецька		232	526	68	22
Хмельницька	42		552		92
АР Крим	82	549	43		
Полтавська	20		125	395	111
Запорізька			87	417	132
Херсонська		477	66	66	
Черкаська				186	67
Кіровоградська			44	74	22
Загальна сума	107 666	92 608	108 118	150 440	32 726

Нижче (рис. 1.4) наведено розподіл експорту за областями реєстрації експортерів з накопиченням. Найбільше виокремлюються Вінницька, Волинська, Київська, Житомирська, Закарпатська та Рівненська області. Такий розподіл – результат найбільшої концентрації деревообробних під-

приємств у цих регіонах та кращих умов реєстрації підприємств та організацій.

У таблиці 1.7 наведено розподіл середньозважених цін за областями реєстрації експортера.

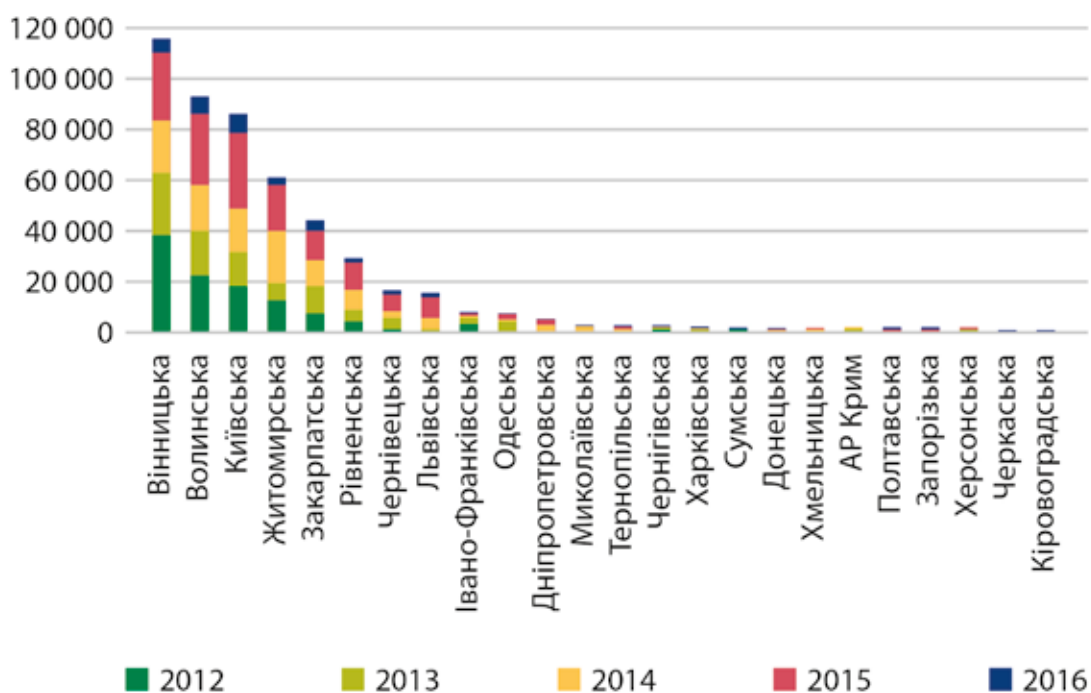


Рис. 1.4. Розподіл обсягів експорту пелет з деревини за областями реєстрації експортерів, т

Табл. 1.7. Середньозважені ціни відповідно до областей реєстрації експортерів, грн

Область	2012	2013	2014	2015	2016
Вінницька	1048	1235	1891	2852	3412
Волинська	761	811	1629	1777	2049
Київська	923	1485	1809	2394	2429
Житомирська	1093	1065	1625	1988	2289
Закарпатська	836	921	1857	1977	2152
Рівненська	1048	1420	1558	1877	2040
Чернівецька	1730	1515	2215	2211	2486
Львівська	729	1174	1737	1914	2205
Івано-Франківська	970	1058	1896	2323	2529
Одеська	1032	1182	1641	1667	1884
Дніпропетровська	1159	1085	1650	1961	2940
Миколаївська			1913	2068	2127
Тернопільська	1545	1631	1713	2361	2774
Чернігівська	1134	1 346	1701	2212	1285
Харківська		1187	1936	2829	2070
Сумська	1200	1221	1841	1953	2192
Донецька		1670	1 849	1750	2232
Хмельницька	726		1 527		2189
АР Крим	1254	1254	1327		
Полтавська	903		2 321	3020	3632
Запорізька			1749	3 180	2563
Херсонська		756	1078	3681	
Черкаська				1691	1447
Кіровоградська			1048	3087	2579
Середньозважена за роками	956	1151	1751	2196	2439



1. 2. РИНОК ПЕЛЕТ З ЛУШПИННЯ СОНЯШНИКУ У 2012–2016 РР.

Експорт пелет з лушпиння соняшнику посідає перше місце серед всього українського експорту пелет. На сьогодні Україна є найбільшим виробником та експортером соняшникової олії та продуктів переробки, пов'язаних з нею. У 2012 р. експорт становив 899,8 тис. т, у 2013 р. його було скорочено до 712,8 тис. т унаслідок припинення дотацій альтернативної енергетики у Польщі (табл. 1.9). Далі тренд рівномірно зростає без обмежень. Внутрішній ринок пелет останніми роками не міг конкурувати з експортом.

У 2015 р. експорт становив 821,7 тис. т, у 2016 р. – 181,3 тис. т. Це пов'язано з тим, що в 2016 році експорт пелет з лушпиння соняшнику становив лише 181,3 тис. т, що є значно меншою кількістю порівняно з експортом пелет з інших видів біомаси.

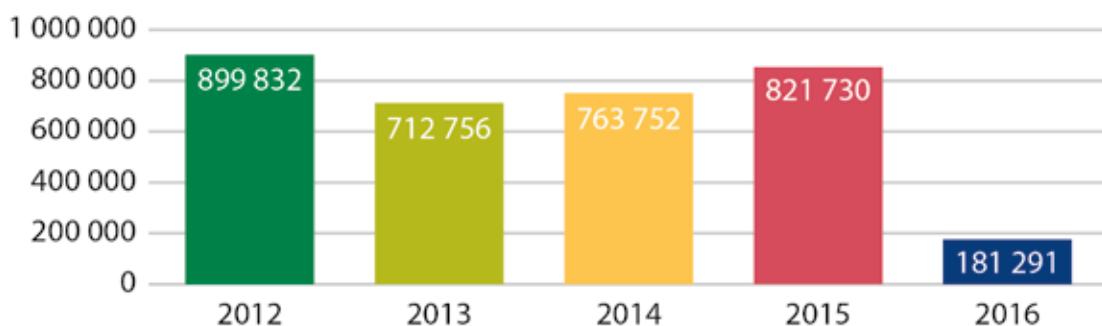


Рис. 1.5. Річний розподіл експорту пелет з лушпиння соняшнику впродовж 2012–2016 рр. та 3-х місяців 2016 р., т

Найбільшими імпортерами пелет з України є Польща, яка імпортувала 95,54% загальної кількості пелет у 2012–2015 рр., та Чеська Республіка, що імпортувала 2,86% загальної кількості пелет.

Інші країни імпортували значно меншу кількість пелет українського виробництва.

Табл. 1.8. Найбільші імпортери пелет з лушпиння соняшнику впродовж 2012 – 2015 рр., т

Країни експорту	Усього 2012–2016 рр.	Частка від загального експорту
Польща	3 228 690	95,54%
Чеська Республіка	96 719	2,86%
Швейцарія	14 767	0,44%
Італія	9969	0,29%
Сполучене Королівство	9650	0,29%
Гонконг	5462	0,16%
Болгарія	3644	0,11%
Ірландія	3295	0,10%
Ізраїль	3098	0,09%
Естонія	2153	0,06%
Інші країни	1913	0,00%
Загальна сума	3 379 360	100,00%





Динаміку експорту до Польщі надано в таблиці нижче. Падіння зафіксовано у 2013 р. через припинення дотацій альтернативної енергетики у Польщі. Унаслідок цього країною було імпортовано на 146 тис. т пелет менше проти 2012 р.

Табл. 1.9. Обсяг імпорту Польщею пелет з лушпиння соняшнику впродовж 2012–2015 рр., т

Країна призначення	Експорт, т			
	2012	2013	2014	2015
Польща	844 840	698 483	711 005	801 752

Помісячний графік експорту (рис. 1.6) має дуже схожі тенденції від року в рік та яскраво виражений спад у серпні. Як і в ситуації з деревними пелетами, збільшення експорту пелет з лушпиння соняшника припадає на зимовий період під час підвищення попиту.

Рис. 1.6. Місячний розподіл експорту пелет з лушпиння соняшнику, т

Табл. 1.10. Обсяги експорту пелет з лушпиння соняшнику і транспорт, т

Країни	Вид транспорту	2012	2013	2014	2015	2016	Всього 2012-2016 рр.
Польща	Залізничний вагон	565 432	526 277	514 701	634 753	143 555	2 384 719
	Вантажний автомобіль	278 514	172 206	194 622	166 790	29 056	841 188
	Контейнер на залізничному вагоні			1682	208		1890
	Морське судно	894					894
Чеська Республіка	Вантажний автомобіль	48 044	10 565	13 608	14 968	2620	89 805
	Залізничний вагон			5592	950	373	6914
Швейцарія	Залізничний вагон			14 215			14 215
	Вантажний автомобіль			401	151		552
Італія	Морське судно	6395			3206		9601
	Контейнер на морському судні			104	103	25	232
	Вантажний автомобіль	22		44	70		136
Сполучене Королівство	Залізничний вагон			8551			8551
	Вантажний автомобіль	484		616			1100
Гонконг	Залізничний вагон			5462			5462
Болгарія	Морське судно					2089	2089
	Залізничний вагон			1451			1451
	Вантажний автомобіль		22	21		22	65
	Залізничний вагон на морському судні					39	39
Ірландія	Морське судно					3295	3295
Ізраїль	Морське судно		3098				3098
Естонія	Залізничний вагон			2153			2153
Німеччина	Вантажний автомобіль	24	153	275	108	45	605
	Залізничний вагон			22			22

Країни	Вид транспорту	2012	2013	2014	2015	2016	Всього 2012-2016 рр.
Нідерланди	Контейнер на морському судні		305				305
	Вантажний автомобіль		20				20
Фінляндія	Вантажний автомобіль				264		264
Кувейт	Контейнер на морському судні					114	114
Литва	Вантажний автомобіль	22			63	21	107
Угорщина	Вантажний автомобіль			40	60		100
Словаччина	Вантажний автомобіль		21	44			65
Молдова	Вантажний автомобіль		19			38	57
Данія	Вантажний автомобіль		4	20	22		46
Португалія	Вантажний автомобіль			44			44
Словенія	Вантажний автомобіль			43			43
Греція	Вантажний автомобіль		43				43
Румунія	Вантажний автомобіль			22			22
Австрія	Вантажний автомобіль		22				22
Латвія	Вантажний автомобіль			21			21
Кіпр	Контейнер на морському судні				13		13
Загальна сума		899 832	712 756	763 752	821 730	181 291	3 379 360

Табл. 1.11. Обсяги експорту пелет з лушпиння соняшнику за видами транспорту, т

Вид транспорту	2012	2013	2014	2015	2016
Вантажний автомобіль	327 110	183 075	209 820	182 497	31 801
Залізничний вагон	565 432	526 277	552 146	635 703	143 928

Вид транспорту	2012	2013	2014	2015	2016
Залізничний вагон на морському судні					39
Контейнер на залізничному вагоні			1682	208	
Контейнер на морському судні		305	104	116	139
Морське судно	7290	3098		3206	5384
Загальна сума	899 832	712 756	763 752	821 730	181 291

Табл. 1.12. Середньозважені ціни відповідно до країни та року експорту, грн

Країна експорту	2012	2013	2014	2015	2016
Польща	812	792	1139	1651	1128
Чеська Республіка	921	881	1281	1445	1330
Швейцарія			921	1659	
Італія	662		1847	888	3957
Сполучене Королівство	721		1176		
Гонконг			933		
Болгарія		1082	528		832
Ірландія					1428
Ізраїль		496			
Естонія			1124		
Німеччина	409	832	1455	1890	1584
Нідерланди		1656			
Фінляндія				3182	
Кувейт					1551
Литва	855			2650	3349
Угорщина			1411	2230	
Словаччина		1166	1123		
Молдова		759			982
Данія		1757	2644	1691	
Португалія			975		

Країна експорту	2012	2013	2014	2015	2016
Словенія			1953		
Греція		1170			
Румунія			842		
Австрія		792			
Латвія			1181		
Кіпр				1320	
Середньозважена за роками	825	796	1144	1641	1142

Табл. 1.13. Обсяги експорту пелет з лушпиння соняшнику за областями реєстрації експортерів, т

Область	2012	2013	2014	2015	2016
Київська	238 451	193 156	174 396	168 243	22 185
Одеська	117 195	74 411	127 470	275 678	96 836
Черкаська	140 450	88 956	91 092	58 283	13 575
Львівська	108 476	59 756	89 676	88 826	20 024
Кіровоградська	52 461	105 475	73 680	23 258	4648
Полтавська	17 677	33 898	55 236	54 726	4322
Вінницька	32 987	37 218	42 113	44 651	8876
Запорізька	36 486	20 117	27 925	26 552	3901
Харківська	49 636	24 569	5201	4405	684
Волинська	25 413	14 850	17 852	8723	1117
Дніпропетровська	10 924	7116	13 944	34 562	1245
Рівненська	10 532	7532	18 422	10 431	912
Донецька	1020	29 954	11 225	45	87
Тернопільська	6771	4706	5224	6300	330
Івано-Франківська	12 190	5880	852	1907	
Херсонська	14 165	2053	1121	1498	
Луганська	12 665	994			
Житомирська	4002	374	2013	3436	581
Миколаївська	5988	785	1689	380	44
АР Крим	130		1366	5017	1 295
Хмельницька	783	284	2953	1067	67
Закарпатська	650	587	123	3653	22
Чернігівська	778	85	178	88	538
Загальна сума	899 832	712 756	763 752	821 730	181 291

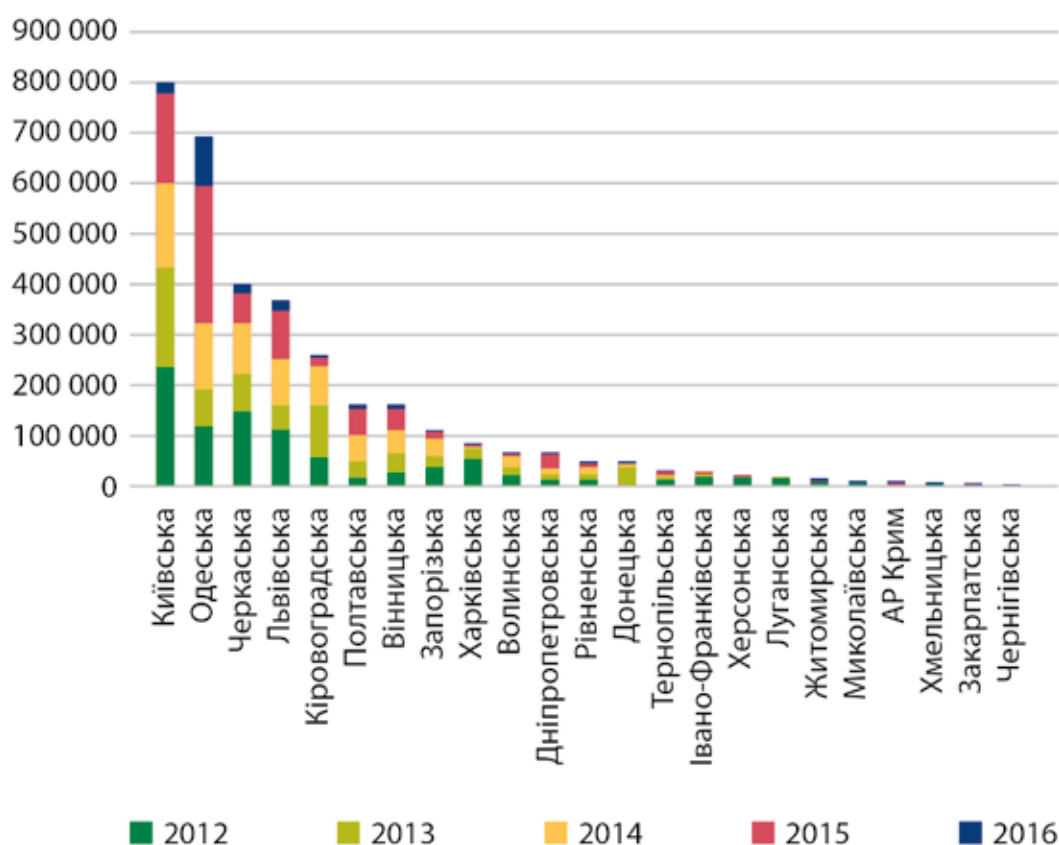


Рис. 1.7. Розподіл обсягів експорту пелет з лушпиння соняшнику за областями реєстрації експортерів, т

Табл. 1.14. Середньозважені ціни відповідно до області реєстрації експортерів, грн

Область	2012	2013	2014	2015	2016
Київська	667	711	1089	1699	994
Одеська	554	554	1131	1601	1092
Черкаська	939	853	1105	1837	1111
Львівська	1019	996	1298	1763	1424
Кіровоградська	1045	871	1139	1661	1540
Полтавська	654	755	927	1173	1016
Вінницька	1020	876	1182	1762	1176
Запорізька	694	664	1122	1700	1297
Харківська	913	771	829	1311	866
Волинська	1023	1040	1294	1590	1190
Дніпропетровська	690	777	1250	1839	1152
Рівненська	958	842	1336	1550	1047
Донецька	700	857	964	2056	1808
Тернопільська	1319	1147	1436	1859	1801

Область	2012	2013	2014	2015	2016
Івано-Франківська	1068	1034	1189	2032	
Херсонська	696	527	1467	2131	
Луганська	1055	985			
Житомирська	946	1104	1213	1504	1199
Миколаївська	376	773	1189	1740	970
АР Крим	506		1019	638	589
Хмельницька	1003	1157	1364	1522	1506
Закарпатська	854	692	1404	1278	1518
Чернігівська	940	667	884	2070	1034
Середньозважена за роками	896	847	1193	1642	1226





1.3. РИНОК ПЕЛЕТ ІЗ СОЛОМИ ЗЕРНОВИХ У 2012–2015 РР.

Як показник спадаючого тренду – зниження експорту пелет із соломи у 2014 та 2015 рр. до 0,12 тис. т за рік.

Найбільшими імпортерами пелет з України є Польща, Німеччина, Данія, які імпортували 89,88% загальної кількості пелет упродовж 2012–2015 рр. Інші країни імпортували значно меншу кількість пелет українського виробництва.

Динаміку експорту до Польщі, Німеччини та інших країн надано у таблиці нижче (табл. 1.16.).

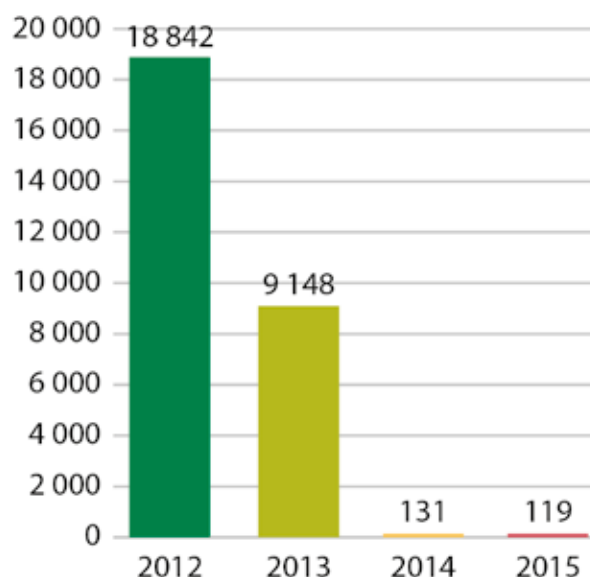


Рис. 1.8. Річний розподіл експорту пелет із соломи впродовж 2012–2015 рр., т

Табл. 1.15. Найбільші імпортери пелет із соломи впродовж 2012–2015 рр., т

Країни експорту	Усього 2012–2015 рр.	Частка від загального експорту
Польща	20 739	73,44%
Німеччина	2738	9,69%
Туреччина	1905	6,75%
Швейцарія	1097	3,88%
Бельгія	726	2,57%
Данія	425	1,51%
Інші країни	609	2,16%
Загальна сума	28 239	

Табл. 1.16. Найбільший обсяг імпорту пелет із соломи та його розподіл упродовж 2012–2014 рр., т

Країна експорту	2012	2013	2014	Загалом 2012–2014 рр.
Польща	14 233	6440	66	20 739
Німеччина	1972	766		2738
Туреччина	308	1597		1905
Швейцарія	1097			1097
Бельгія	726			726
Данія	365	61		425
Інші країни	609	2,16%		
Загальна сума	28 239			





Помісячний графік експорту (рис. 1.9) має спадаючий тренд, а у 2014–2015 рр. експорт пелет із соломи майже припиняється.



Рис. 1.9. Помісячний розподіл експорту пелет із соломи, т

Табл. 1.17. Обсяги експорту пелет із соломи і транспорт, т

Країна експорту	Вид транспорту	2012	2013	2014	2015	Загалом 2012–2015 рр.
Польща	Залізничний вагон	10 044	3750			13 794
	Вантажний автомобіль	4189	2690	66		6945
Німеччина	Вантажний автомобіль	1972	766			2738
Туреччина	Морське судно		1554			1554
	Вантажний автомобіль на морському судні	308	43			351
Швейцарія	Вантажний автомобіль	1097				1097
Бельгія	Вантажний автомобіль	726				726
Данія	Вантажний автомобіль	365	61			425
Австрія	Вантажний автомобіль	110	66			176
Катар	Контейнер на морському судні				106	106
Угорщина	Вантажний автомобіль		88			88
Словаччина	Вантажний автомобіль		66			66
Російська Федерація	Вантажний автомобіль		42			42
Литва	Вантажний автомобіль			42		42
Чеська Республіка	Вантажний автомобіль			23		23
Італія	Вантажний автомобіль	22				22
Франція	Вантажний автомобіль		22			22
Кіпр	Контейнер на морському судні				13	13
Греція	Вантажний автомобіль	10				10
Загальна сума		18 842	9148	131	119	28 239

Табл. 1.18. Обсяги експорту пелет із соломи за видами транспорту, т

Вид транспорту	2012	2013	2014	2015
Вантажний автомобіль	8490	3801	131	
Вантажний автомобіль на мор. судні	308	43		
Залізничний вагон	10 044	3750		
Контейнер на морському судні				119
Морське судно		1554		
Загальна сума	18 842	9148	131	119

Табл. 1.19. Середньозважені ціни відповідно до країни та року експорту, грн

Країна експорту	2012	2013	2014	2015
Польща	895	831	507	
Німеччина	928	858		
Туреччина	1653	1513		
Швейцарія	1726			
Бельгія	1800			
Данія	1598	1582		
Австрія	714	626		
Катар				3712
Угорщина		1088		
Словаччина		812		
Російська Федерація		839		
Литва			1486	
Чеська Республіка			1614	
Італія	1046			
Франція		1739		
Кіпр				1320
Греція	1075			
Середньозважена за роками	1095	867	1018	3234

Табл. 1.20. Обсяги експорту пелет із соломи за областями реєстрації експортерів, т

Область	2012	2013	2014	2015
Кіровоградська	9999	2443		
Київська	4423	2022	44	119
Вінницька	951	2184		
Львівська	1847	88		
Херсонська		1576		
Рівненська	440	422		
Дніпропетровська	483			
Хмельницька	225			
Полтавська	194			
Одеська		177		
Сумська	109	65		
Волинська	44	106		
Харківська	94			
Запорізька	22	44		
Черкаська		21	42	
Івано-Франківська			23	
Тернопільська			22	
Житомирська	10			

Табл. 1.21. Середньозважені ціни відповідно до області реєстрації експортерів, грн

Область	2012	2013	2014	2015
Кіровоградська	865	654		
Київська	1228	1336	1198	3450
Вінницька	730	591		
Львівська	1025	1169		
Херсонська		1503		
Рівненська	912	860		
Дніпропетровська	697			
Хмельницька	904			
Полтавська	866			
Одеська		349		

Область	2012	2013	2014	2015
Сумська	769	680		
Волинська	1282	1612		
Харківська	39			
Запорізька	763	727		
Черкаська		1717	1486	
Івано-Франківська			1614	
Тернопільська			3838	
Житомирська	1062			
Середньозважена за роками	1020	1016	1803	3450

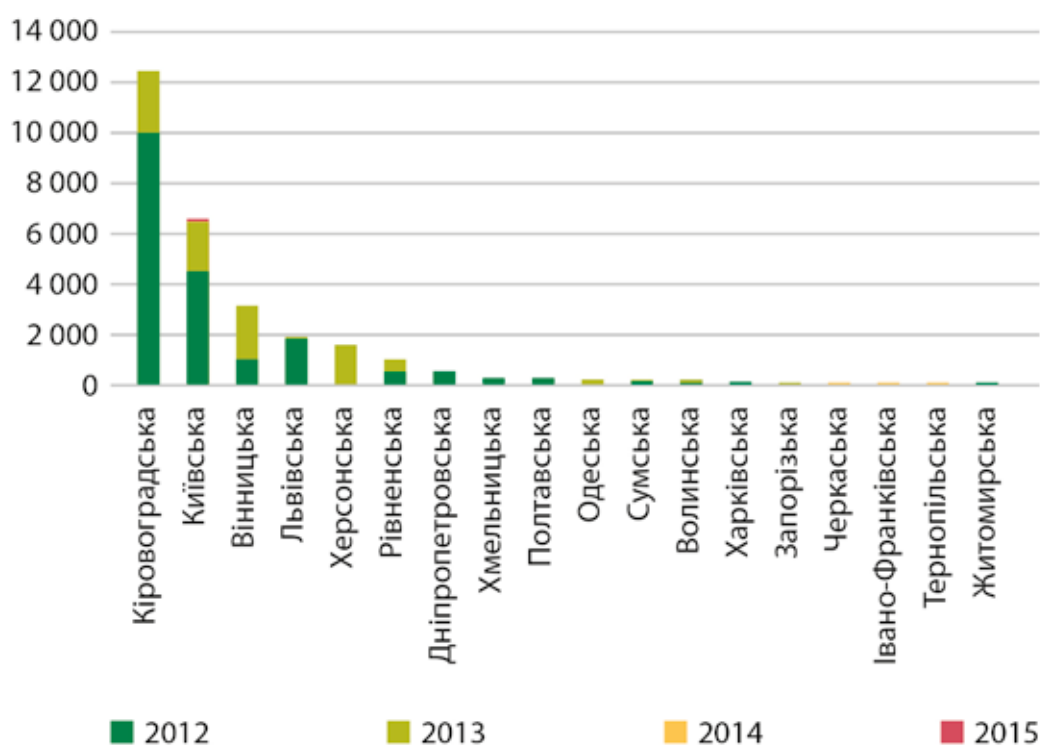


Рис. 1.10. Розподіл обсягів експорту пелет із соломи за областями реєстрації експортерів, т

Вище (рис. 1.10) наведено розподіл експорту за областями реєстрації експортерів із накопиченням. У Кіровоградській, Київській, Вінницькій, Львівській областях зосереджена

найбільша частка таких заводів.

Нижче наведено розподіл середньозважених цін за областями реєстрації експортера

2. АНАЛІЗ ПОТУЖНОСТЕЙ ВИРОБНИЦТВА ПЕЛЕТ В УКРАЇНІ, ВКЛЮЧНО З ІНФОРМАЦІЄЮ ЗА РЕГІОНАМИ (ОБЛАСТЯМИ)

Потужності виробництва пелет в Україні за типами сировини дуже різняться: деревина, солома, лушпиння, торф, очерет, макуха, люцерна, деревне вугілля, рис, відходи переробки борошна, кукурудза, лігнін, гідролізні смоли тощо. Для спрощення надалі буде використано поділ на п'ять типів за сировиною: деревні пелети, пелети із соломи, пелети з лушпиння, пелети з торфу, інші (всі, що не увійшли до перших чотирьох типів).

Загальне виробництво пелет в Україні у 2015 р. становило 1 319 465 т на 494 підприємствах (рис. 2.1.).

Виробництво пелет з деревини становило до 390 000 т, лушпиння – 723 650 т, соломи – 146 000 т, торфу – 8400 т, інші – 51 835 т.

Головними особливостями виробництва пелет в Україні є регіональна нерівномірність та відносна розпорошеність виробництва, а також велика кількість невеликих за масштабом підприємств, що працюють із трейдерами. Також характерним є розміщення виробництва якомога ближче до сировинної бази. Наприклад, виробники деревних і торф'яних пелет переважно представлені на заході України та у невеликій кількості в індустріальних районах центру та сході (до 70 % виробництва деревних пелет забезпечують 8 областей – Закарпатську, Волинську, Чернігівську,





Київську, Житомирську, Волинську, Львівську, Сумську). Виробники пелет з лушпиння тяжіють до центральних та східних регіонів, де наявна сировинна база вторинних відходів переробки соняшнику і велика концентрація олійноекстракційних заводів (наприклад, тільки чотири області – Дніпропетровська, Запорізька, Одеська та Миколаївська – забезпечують виробництво до 413 тис. т, тобто більше половини всіх пелет з лушпиння в Україні). Виробники пелет із соломи розташовані в аграрних районах і ха-

рактеризується невеликою кількістю та значнішою концентрацією виробництва. Найбільші виробники пелет із соломи в Україні – СМАРТ-Холдинг «Він-Пелета», ТОВ «Біоенерджі», ТОВ «Аверс-Тех», ТОВ «Креатив-Агро», ПАТ «Бердянські жниварки» (до 50% всього виробництва пелет із соломи). Докладний опис деяких найбільших підприємств з виробництва пелет викладено у Додатку 1, а найбільших п'ять виробників пелет за кожним видом палива представлено нижче.

Типи сировини (зокрема комбіновані)	Кількість виробників	Виробництво у 2015 р.
Деревина	254	359 030
Лушпиння	110	632 800
Солома	24	82 700
Торф	4	8 400
Деревина, солома, лушпиння	19	41 700
Деревина, солома	11	18 000
Деревина, лушпиння	29	50 000
Солома, лушпиння	11	80 000
Інші	32	51 835
Загалом	494	1 324 465

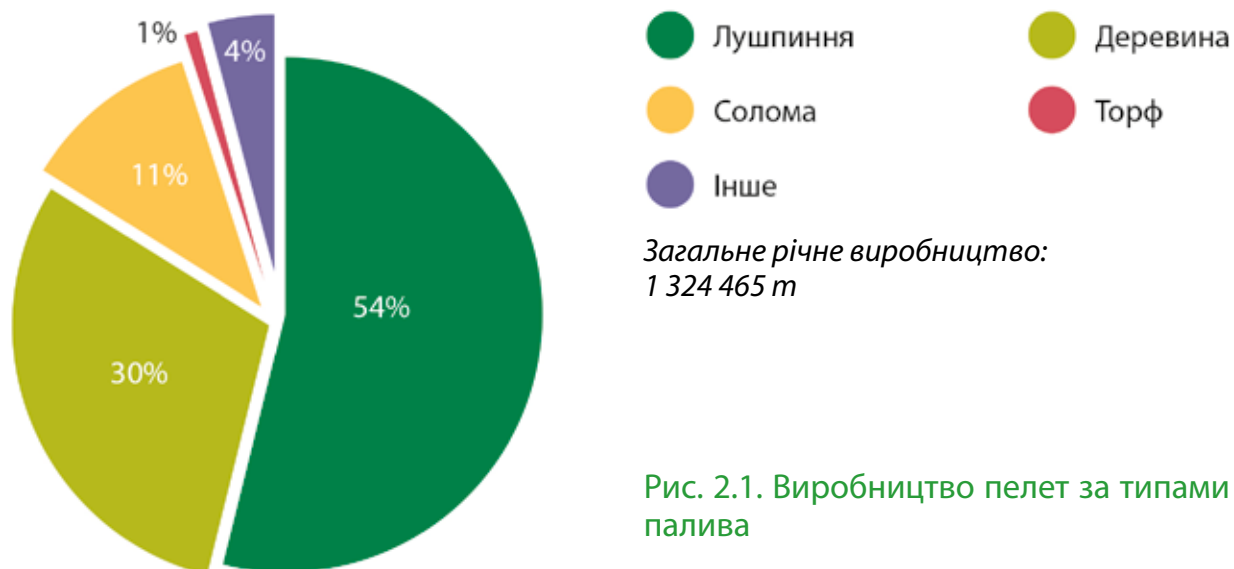
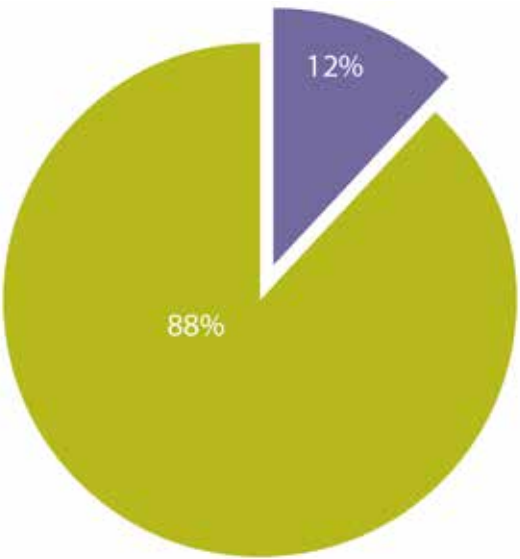


Табл. 2.1. Найбільші виробники пелет за трьома видами сировини

Деревина			
Назва	Область	Обсяги виробництва, 2015 р.	Рік заснування
Цунамі	Волинська	20 000	2012
Інтерсорс	Закарпатська	15 000	-
Пелет Енерго Ємільчине	Житомирська	15 500	2006
Екогран	Житомирська	25 000	2009
Барлінек Інвест	Вінницька	6 500	2004
Екопрайм	Сумська	10 000	2011
Солома			
Назва	Область	Обсяги виробництва, 2015 р.	Рік заснування
Біоенерджі-Винниця	Вінницька	11 000	2013
Аверс-Тех	Київська	7 000	2014
Він-Пелета	Вінницька	20 000	2013
Креатив-Агро	Кіровоградська	7 500	2012
Бердянські жниварки	Запорізька	5 500	2014
Лушпиння			
Назва	Область	Обсяги виробництва, 2015 р.	Рік заснування
Запорізький МЕЗ	Запорізька	20 000	-
Катеринопільський елеватор	Черкаська	40 000	2013
All seeds Ukraine (м. Южне)	Одеська	40 000	2015
Бердянський МЕЗ	Запорізька	10 000	2012
Українська Чорноморська Індустрія, Кернел	Одеська	18 000	2012



Нижче наведено інформацію щодо виробництва пелет окремо для кожного регіону України (у тоннах). Кольором позначено такі типи біомаси:

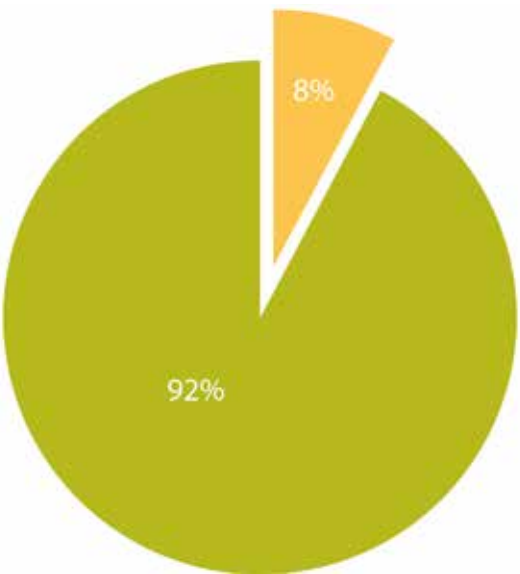
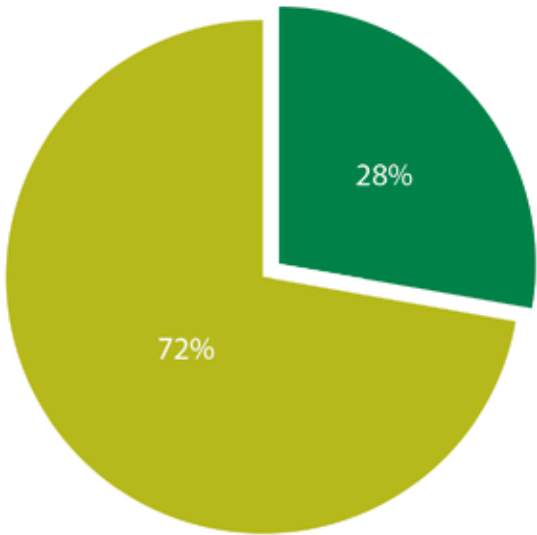


Закарпатська область

Деревина	23 700
Лушпиння	-
Солома	-
Торф	-
Інші	3 300
ЗАГАЛОМ	27 000

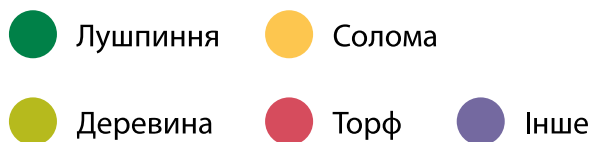
Львівська область

Деревина	14 200
Лушпиння	5 400
Солома	-
Торф	-
Інші	-
ЗАГАЛОМ	19 600



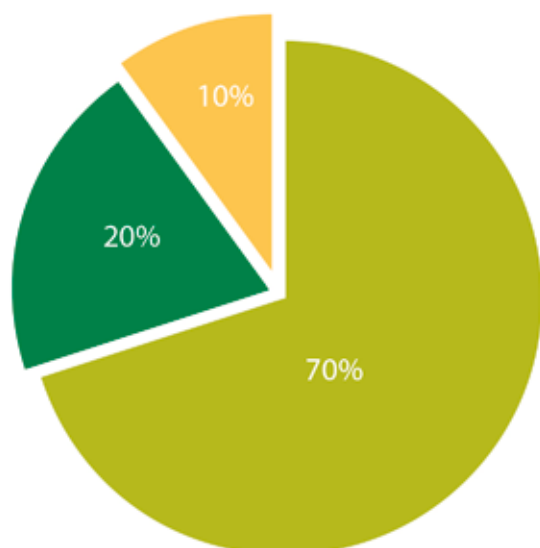
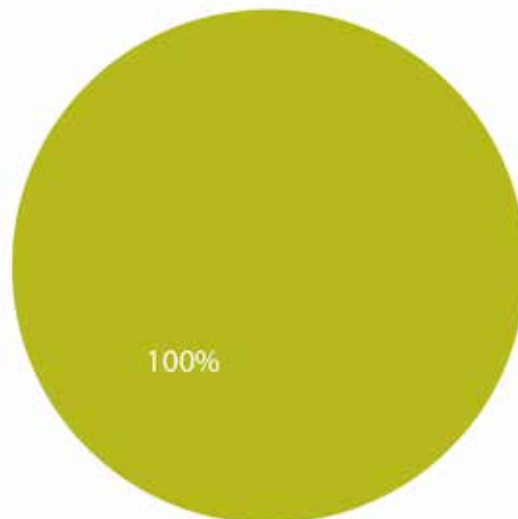
Волинська область

Деревина	33 500
Лушпиння	-
Солома	3 000
Торф	-
Інші	-
ЗАГАЛОМ	36 500



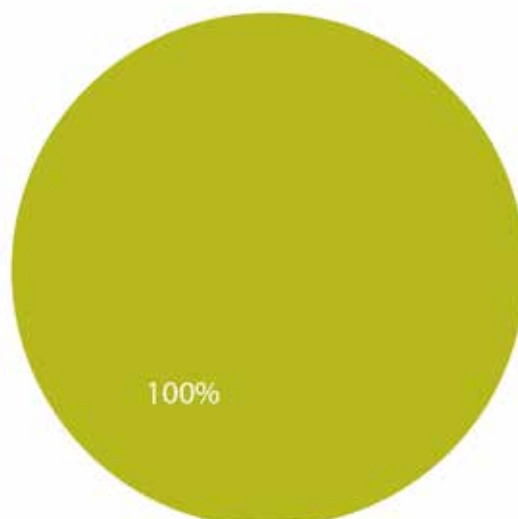
Івано-Франківська область

Деревина	1 800
Лушпиння	-
Солома	-
Торф	-
Інші	-
ЗАГАЛОМ	1 800



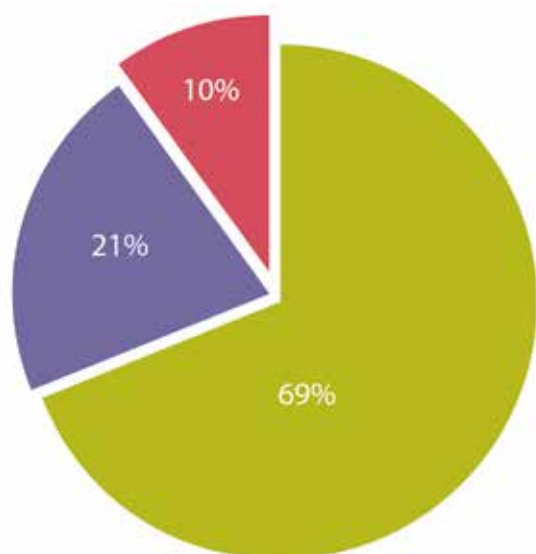
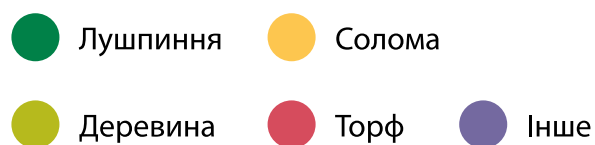
Тернопільська область

Деревина	8 500
Лушпиння	2 400
Солома	1 200
Торф	-
Інші	-
ЗАГАЛОМ	12 100



Чернівецька область

Деревина	6 700
Лушпиння	-
Солома	-
Торф	-
Інші	-
ЗАГАЛОМ	6 700

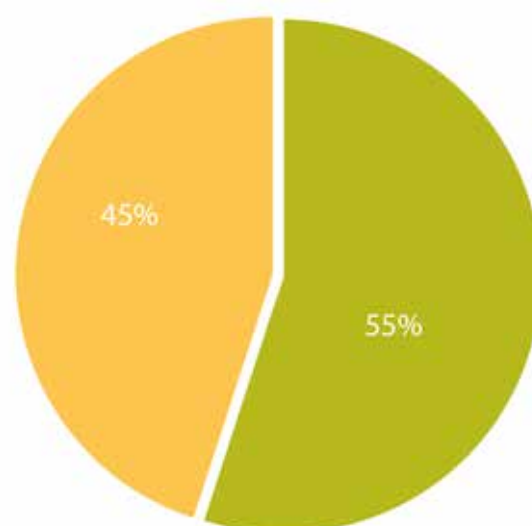


Рівненська область

Деревина	16 300
Лушпиння	-
Солома	-
Торф	2 400
Інші	5 000
ЗАГАЛОМ	23 700

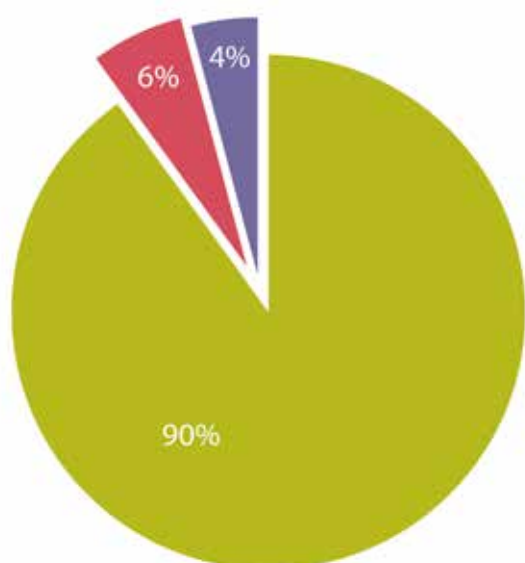
Хмельницька область

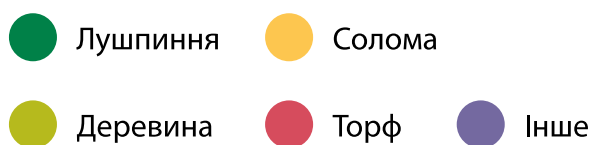
Деревина	10 100
Лушпиння	-
Солома	8 000
Торф	-
Інші	-
ЗАГАЛОМ	18 200



Житомирська область

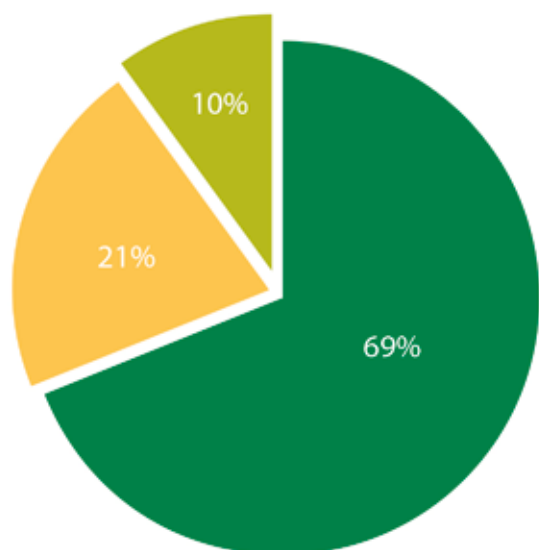
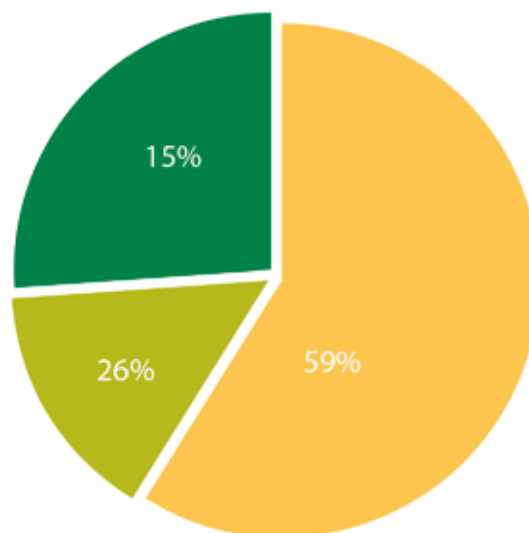
Деревина	84 840
Лушпиння	-
Солома	-
Торф	6 000
Інші	3 500
ЗАГАЛОМ	94 340





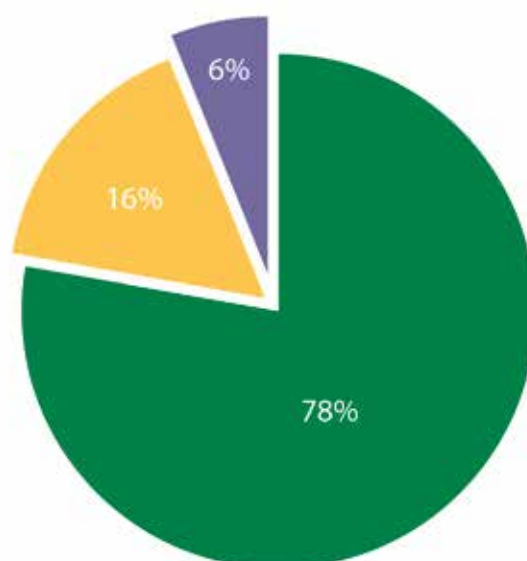
Вінницька область

Деревина	12 000
Лушпиння	20 350
Солома	46 850
Торф	-
Інші	-
ЗАГАЛОМ	79 200



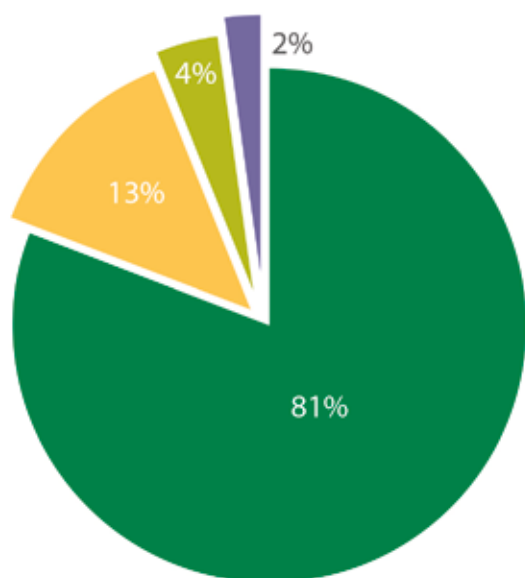
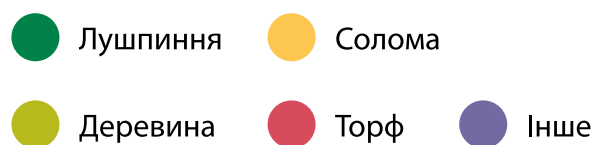
Черкаська область

Деревина	9 300
Лушпиння	61 250
Солома	18 250
Торф	-
Інші	-
ЗАГАЛОМ	88 800



Кіровоградська область

Деревина	-
Лушпиння	74 300
Солома	15 000
Торф	-
Інші	5 300
ЗАГАЛОМ	94 600

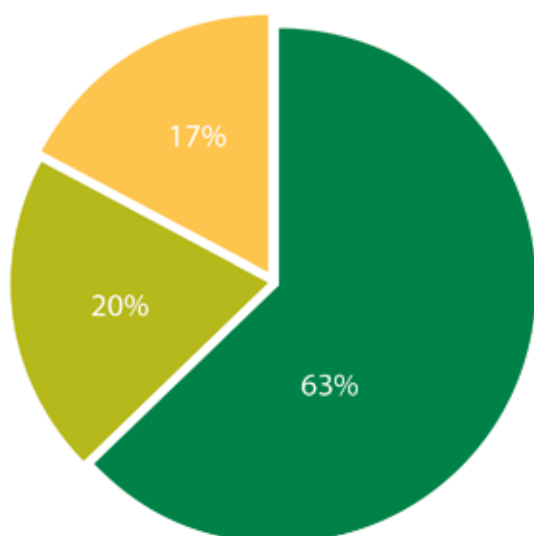
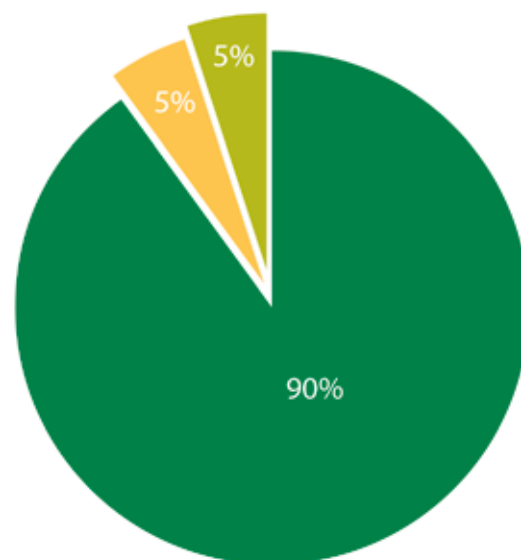


Одеська область

Деревина	4 070
Лушпиння	89 960
Солома	15 000
Торф	-
Інші	2 535
ЗАГАЛОМ	111 565

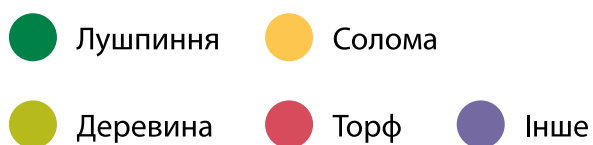
Миколаївська область

Деревина	2 040
Лушпиння	34 800
Солома	1 860
Торф	-
Інші	-
ЗАГАЛОМ	38 700



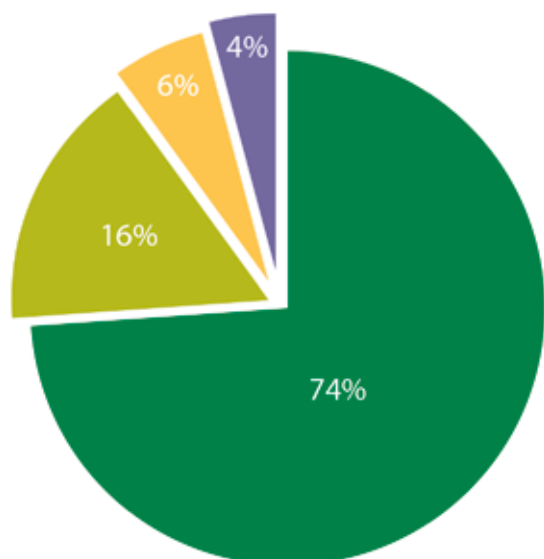
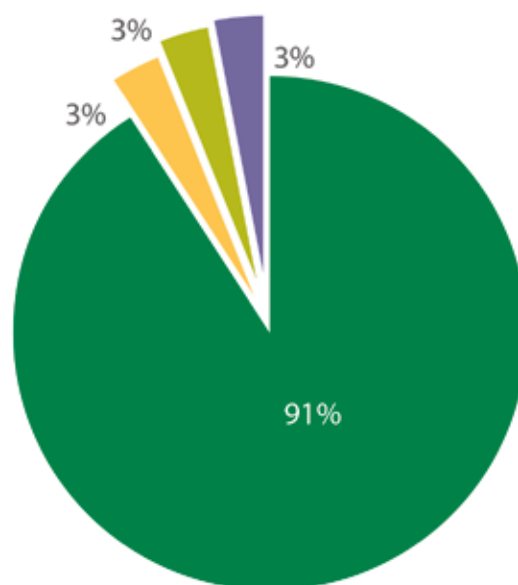
Херсонська область

Деревина	2 800
Лушпиння	8 700
Солома	2 400
Торф	-
Інші	-
ЗАГАЛОМ	13 900



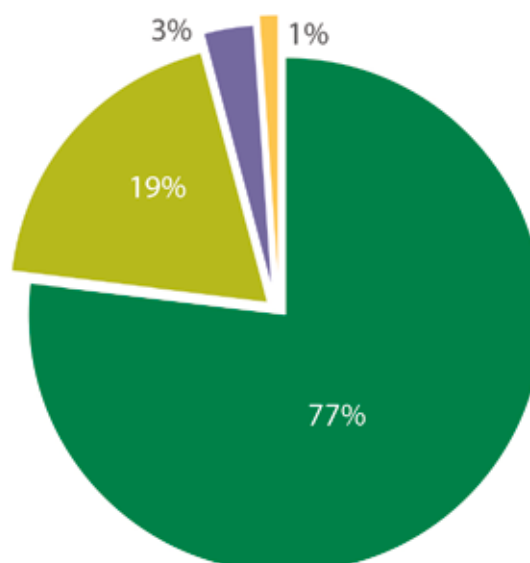
Запорізька область

Деревина	6 350
Лушпиння	175 200
Солома	5 000
Торф	-
Інші	5 700
ЗАГАЛОМ	192 250



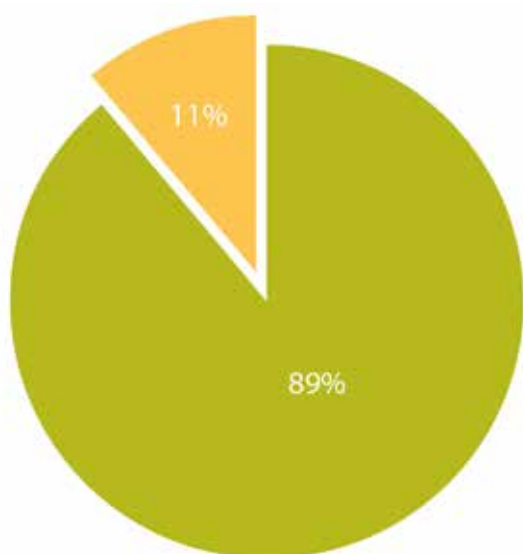
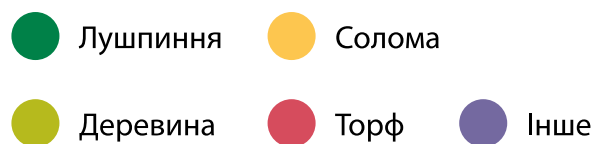
Дніпропетровська область

Деревина	24 300
Лушпиння	113 150
Солома	9 850
Торф	-
Інші	5 500
ЗАГАЛОМ	152 800



Харківська область

Деревина	17 000
Лушпиння	69 250
Солома	1 050
Торф	-
Інші	2 500
ЗАГАЛОМ	89 800

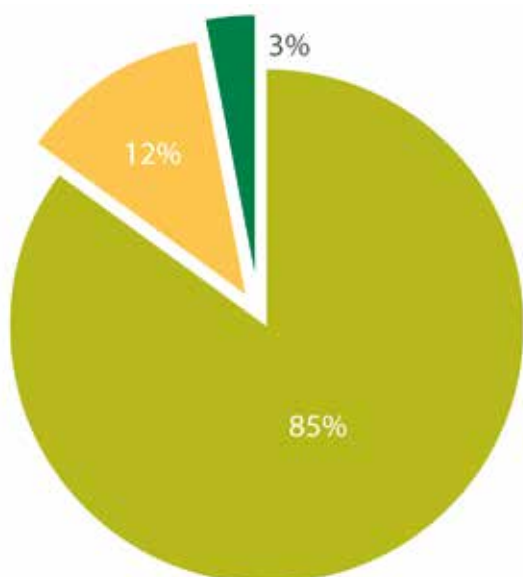
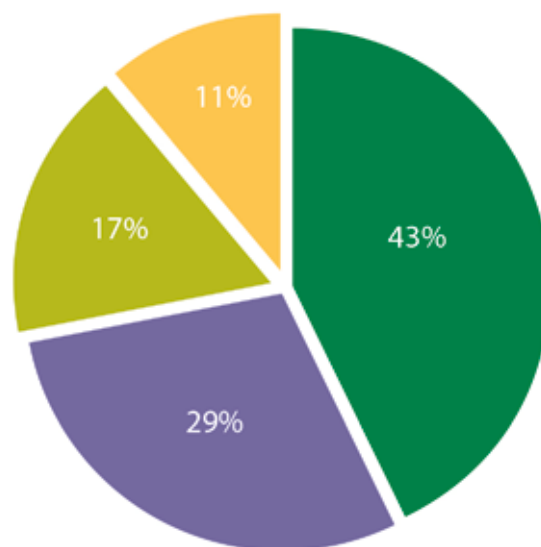


Сумська область

Деревина	19 450
Лушпиння	-
Солома	2 300
Торф	-
Інші	-
ЗАГАЛОМ	21 750

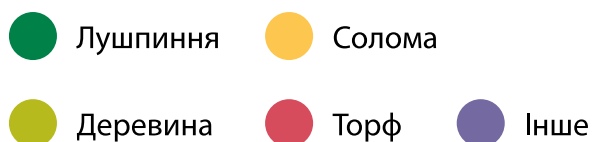
Полтавська область

Деревина	6 700
Лушпиння	17 600
Солома	4 500
Торф	-
Інші	11 500
ЗАГАЛОМ	40 300



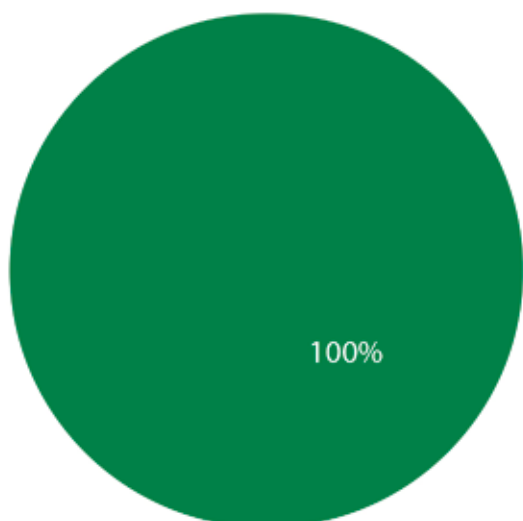
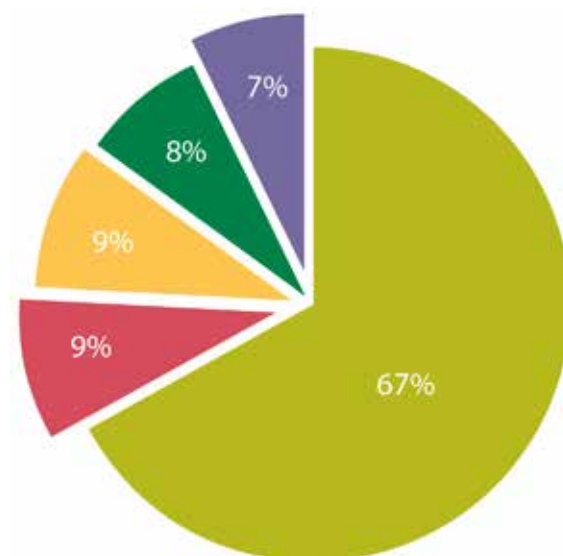
Чернігівська область

Деревина	19 600
Лушпиння	750
Солома	2 650
Торф	-
Інші	-
ЗАГАЛОМ	23 000



Київська область

Деревина	66 320
Лушпиння	7 540
Солома	9 000
Торф	8 800
Інші	7 000
ЗАГАЛОМ	98 660



Донецька область

Деревина	-
Лушпиння	43 000
Солома	-
Торф	-
Інші	-
ЗАГАЛОМ	43 000

Динаміка зміни виробництва пелет та кількості підприємств упродовж періоду 2007–2014 рр. є позитивною – із середньорічним приростом 15–20%, що свідчить про досить жваву діяльність у цьому секторі.

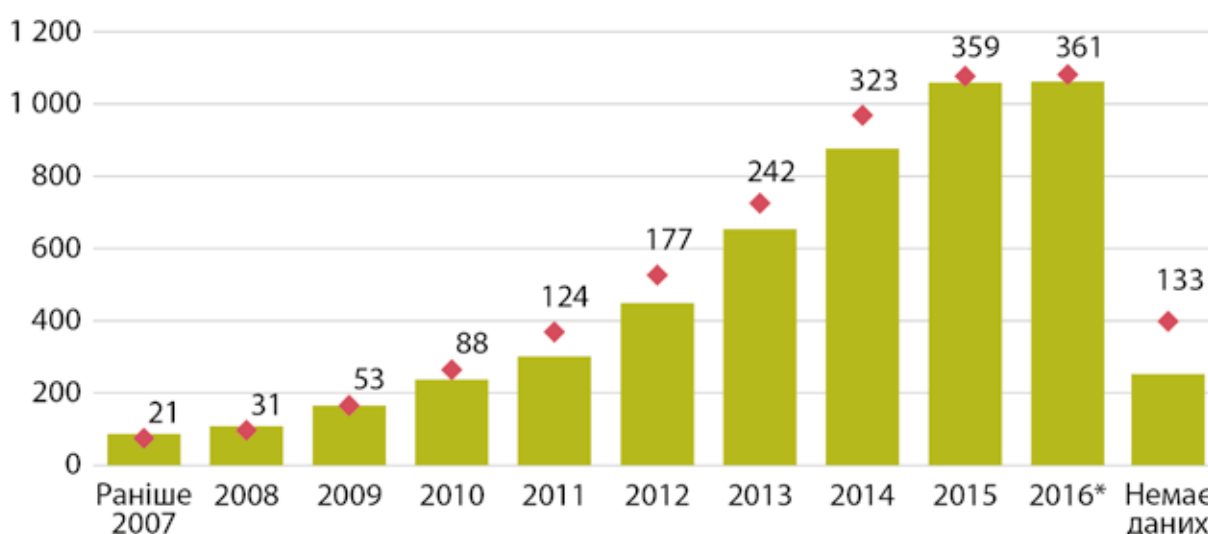
Треба сказати, що кількість виробників та кількість виробленої ними продукції перебуває у чіткій кореляції. Це означає, що замість укрупнення виробництва відбуваються постійне оновлення виробників (здебільшо-

го через кругообіг невеликих виробників, одні з яких закриваються, інші – відкриваються) та ринкова адаптація виробників під змінні умови ринку та попит на пелети.

Найбільші стрибки у динаміці виробництва відбулися у 2012–2014 рр. Це зумовлене багатьма чинниками, основний з яких – стрімка зміна курсової різниці, падіння курсу гривні до євро і, як наслідок, збільшення відносної привабливості бізнесу у гривневому еквіваленті.

У 2015–2016 рр. поки спостерігається деяка невпевненість у впровадженні нових потужностей виробництва, що може бути спричинено передусім падінням попиту в країнах ЄС (у зв'язку з двома теплими зимами поспіль, збільшенням внутрішнього виробництва пелет, падінням цін на нафту та газ у 2014–2016 рр., виконанням з випередженням багатьма країнами – членами ЄС планів з розвитку біоенергетики до 2020 р. – докладніше в розділі 3.3.4).

Станом на кінець 2015 р. різниця між виробництвом пелет та експортом становила близько 300 тис. т/рік, що може бути віднесено на рахунок внутрішнього споживання. Принаймні за відомими проектами внутрішнє споживання пелет становить орієнтовно 125 тис. т/рік. Різниця у 175 тис. т/рік найімовірніше також є внутрішнім споживанням, однак може пояснюватися й похибкою в оцінці виробництва або експорту.



* дані за перше півріччя

Рис. 2.2. Динаміка збільшення кількості виробників пелет і введення нових потужностей виробництва пелет упродовж 2007–2016 рр. (немає даних або рік появи невідомий)

Інформація щодо цін загалом і в розрізі відповідно до областей

Протягом 2007–2016 рр. ціни на пелети змінювалися нерівномірно та залежали від типу пелет та балансу попиту і пропозиції. На сьогодні (червень 2016 р.), згідно з аналізом пропозицій виробників пелет, середні ціни на ринку коливаються для різних видів палива близько $\pm 210\%$ (рис. 2.3).

Найбільший діапазон зміни ціни спостерігається для пелети з лушпиння. Переважно це виникає через невисоку якість таких пелет (індустріальна

пелета діаметром 8 мм), брак стандартів оцінки їхньої якості, а з іншого боку – нездійснення споживачем адекватного контролю: як правило, пелети з лушпиння постачаються великими партіями для спалювання у великих установках – електростанціях, ТЕЦ, котлах у централізованому теплопостачанні, де якість не така критична для організації нормального процесу спалювання. Також сильний вплив на різницю цін має масштаб виробництва та наявність власної си-

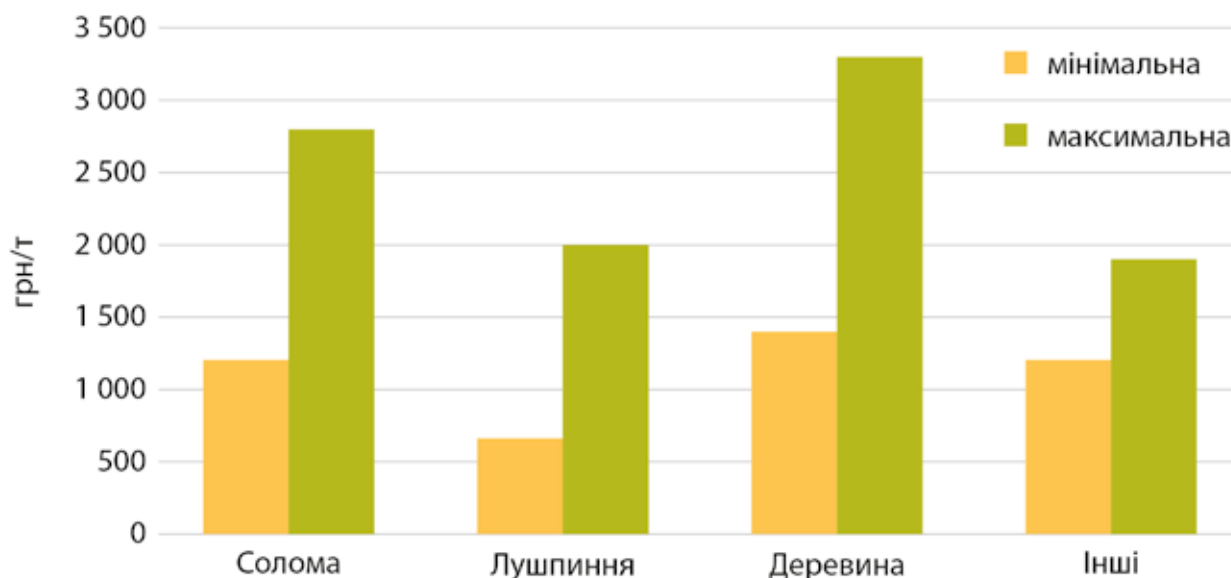


Рис. 2.3. Коливання цін на пелети на внутрішньому ринку за пропозиціями виробників (мінімальні та максимальні ціни)

ровини. Наприклад, великий олійно-екстракційний завод, що належить до великого агрохолдингу, має фінансові можливості для капіталовкладення та все потрібне обладнання, інфраструктуру, транспорт, власні відходи лушпиння за майже нульовою вартістю та, як правило, здійснюючи значні обсяги виробництва пелет (від 10 000 т/рік), може укласти контракти на постачання великих партій за ціною 650–800 грн/т. Тим часом сусідній виробник – приватне підприємство, що не має власних відходів, спеціальної техніки, можливостей для великих капіталовкладень, а отже, і здійснює виробництво невеликими партіями (1000–5000 т/рік), не може укласти довгострокові контракти на постачання великих партій. Тому ціна в другому випадку буде вищою, що сягає близько 2000 грн/т. Крім того, існує велика диференціація за способами виробництва пелет з лушпиння та організацією виробництва, що напряму впливає на ціну продукту. Тому мінімальна ціна на пелети з лушпиння встановилася у межах 600–700 грн/т, максимальна – 1900–2100 грн/т. Інші типи пелет не мають таких великих

діапазонів нерівномірності цін. Крім того, причина для всіх типів пелет може полягати в нерозвиненості ринку пелет як палива. Кожен покупець готовий купувати за визначену ціну на визначених локальних умовах поставки, і загальна ринкова ситуація мало впливає на взаємовідносини покупця і продавця.

Ціни на паливні гранули, як і виробництво, різняться нерівномірним розподілом за регіонами (табл. 2.2).

Найнижчу ціну на пелети з деревини зафіксовано у Львівській та Житомирській областях; з лушпиння соняшнику – Дніпропетровській, Миколаївській та Одеській областях; із соломи – Кіровоградській, Дніпропетровській та Харківській областях.

Найвищу ціну на пелети з деревини зафіксовано у Київській та Чернівецькій областях; з лушпиння соняшнику – Дніпропетровській та Запорізькій областях; із соломи – Черкаській області.

Табл. 2.2. Мінімальні, середні та максимальні (грн/т) ціни на пелети за областями і типами сировини

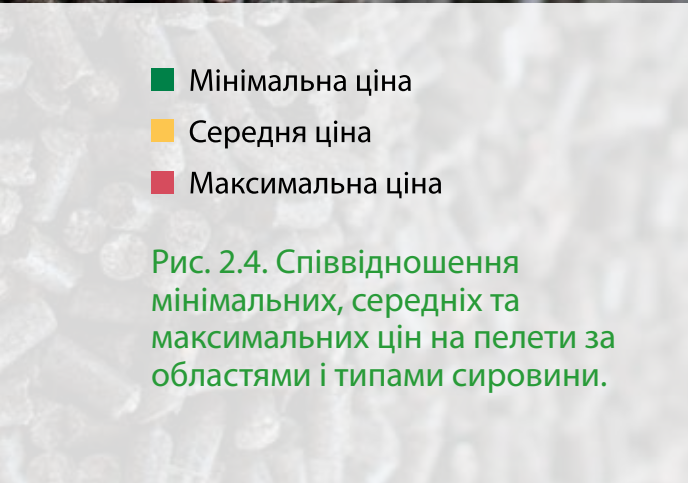
Тип сировини	Область	Мін. ціна	Середня ціна	Макс. ціна	Кількість пропозицій
Деревина	Вінницька	1900	2120,00	2500	5
	Волинська	2050	2216,67	2500	3
	Дніпропетровська	1250	2120,00	2650	20
	Житомирська	1100	1951,18	2900	17
	Запорізька	1850	2025,00	2200	2
	Київська	1600	2192,56	3000	40
	Львівська	1000	1700,00	2400	2
	Миколаївська	1800	1800,00	1800	1
	Одеська	1800	2150,00	2500	2
	Полтавська	1800	2112,50	2400	8
	Рівненська	1500	2110,71	2600	7
	Сумська	1250	2040,00	2500	5
	Тернопільська	2100	2350,00	2700	4
	Харківська	1500	2315,00	2780	14
	Херсонська	1850	1850,00	1850	1
	Хмельницька	1400	2015,00	2450	6
	Черкаська	1350	2162,50	2800	8
	Чернівецька	2200	2600,00	3000	2
	Чернігівська	1700	2011,11	2300	9
Лушпиння	Вінницька	1000	1150,00	1300	2
	Дніпропетровська	550	1503,75	2500	24
	Донецька	1100	1406,67	1620	3
	Запорізька	850	1425,00	2400	20
	Київська	1600	1600,00	1600	1
	Кіровоградська	1350	1700,00	2200	4
	Миколаївська	700	1243,75	1900	8
	Одеська	700	1014,29	1500	7
	Полтавська	1000	1312,50	1600	4
	Тернопільська	1400	1400,00	1400	1
	Харківська	950	1350,00	1800	10
	Херсонська	1200	1300,00	1400	2
	Черкаська	1350	1483,33	1600	3

Тип сировини	Область	Мін. ціна	Середня ціна	Макс. ціна	Кількість пропозицій
Солома	Вінницька	1100	1453,33	1960	3
	Дніпропетровська	950	1516,67	2000	6
	Запорізька	1600	1675,00	1750	2
	Кіровоградська	800	800,00	800	1
	Миколаївська	2000	2000,00	2000	1
	Одеська	2300	2300,00	2300	1
	Полтавська	2000	2000,00	2000	1
	Сумська	1300	1450,00	1600	2
	Харківська	950	1175,00	1400	2
	Херсонська	1400	1800,00	2200	2
	Хмельницька	1750	1875,00	2000	2
	Черкаська	1300	2000,00	2900	4
	Чернігівська	1900	1900,00	1900	1

Різниця між мінімальною та максимальною ціною (рис. 2.5) у деяких областях досягає понад $\pm 100\%$. Наприклад, ціна на пелети

з лушпиння у Дніпропетровській області відрізняється від інших регіонів до 255%.





- Мінімальна ціна
- Середня ціна
- Максимальна ціна

Рис. 2.4. Співвідношення мінімальних, середніх та максимальних цін на пелети за областями і типами сировини.

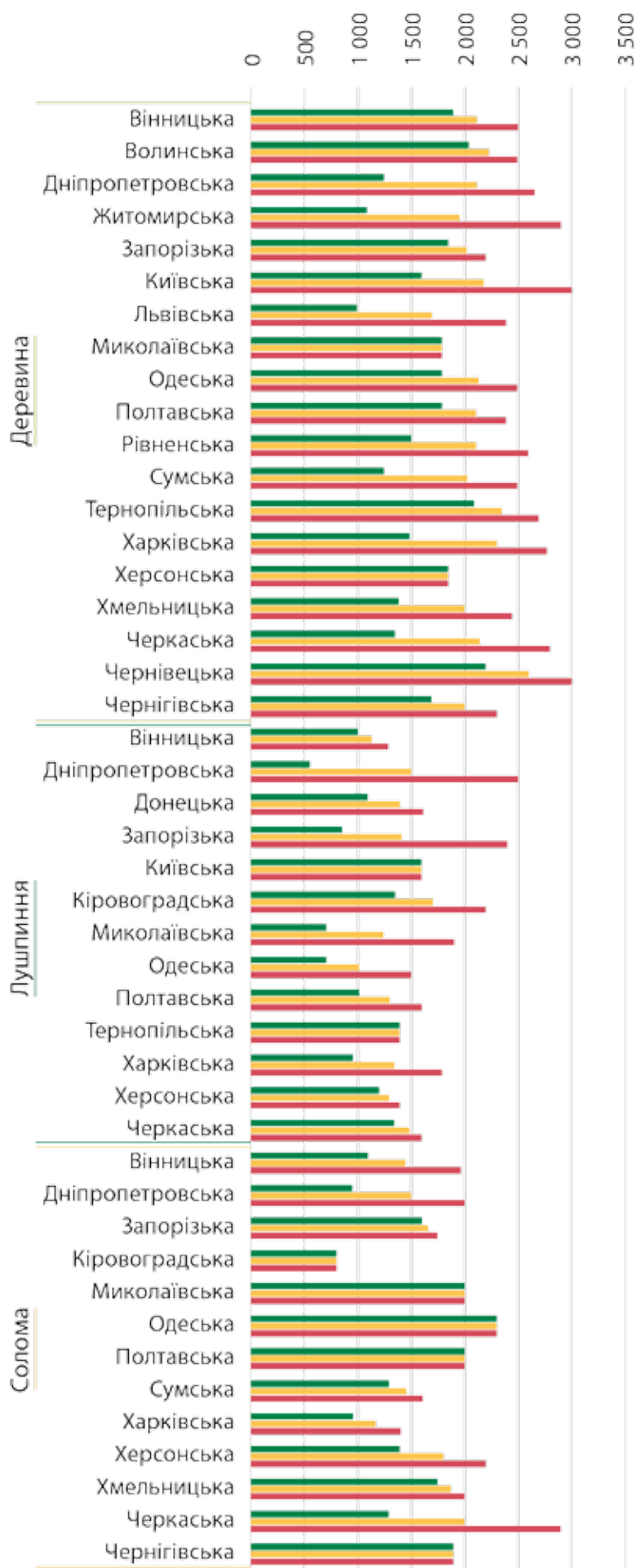




Рис. 2.5. Різниця між максимальною та мінімальною ціною за областями



2. 1. ВИРОБНИЦТВО ДЕРЕВНИХ ПЕЛЕТ

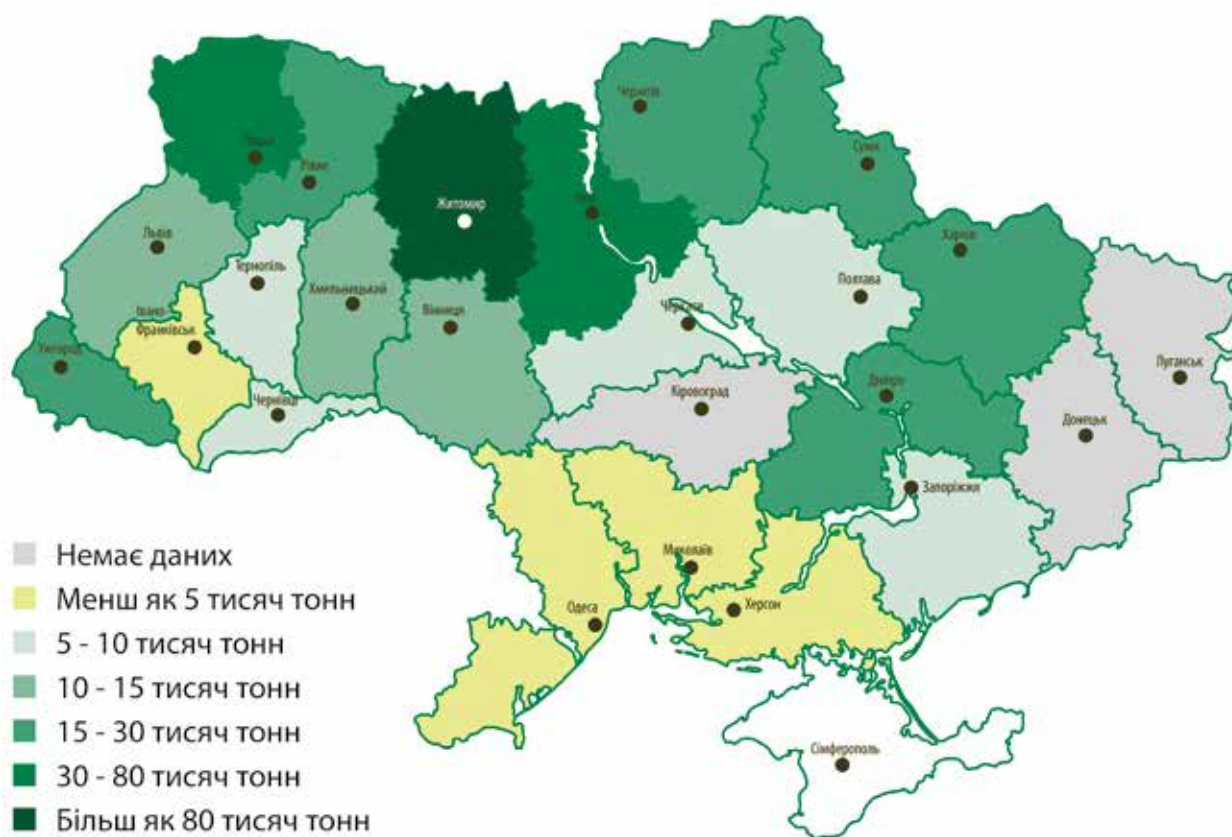
Роки старту сектору 2000–2001

Загальне річне виробництво (відомості на червень 2016 р.) 389 570 т

Кількість підприємств (відомості на червень 2016 р.) 313

Середньорічний приріст виробництва за 2013–2016 рр. -15%

Використання наявного ресурсу деревини 15%¹



Загалом 390 000 т
2015 р.

Рис. 2.6. Карта виробництва деревних пелет за областями

Упродовж останнього року (відомості на червень 2016 р.) виробництво деревних пелет в Україні становило до 390 тис. т на 313 підприємствах, серед яких 254 – спеціалізуються на виробництві тільки пелет з деревини, інші – на комбінованому виробництві з ін-

¹ У деяких західних областях (Житомирська, Закарпатська, Львівська, Волинська області) до 50–60 %

ших видів сировини (рослинна біомаса, солома, лушпиння, торф, рис), а також брикетів. До того ж ними було використано до 15 % наявного ресурсу деревини, проте дуже нерівномірно: у західних регіонах використання ресурсу відходів деревини досягло 50–60%, у інших регіонах – 1–10%. Потокове виробництво – приблизно 50% проти історичного максимуму виробництва у 2013 р. Протягом 2013–2015 рр. відбувався процес закриття старих підприємств та відкриття нових, більш конкурентних і масштабних із сучасною технікою. Загалом для виробників деревних пелет не притаманні великі одиничні потужності та централізація, середня одинична потужність становить 1200 т/рік. Такі великі підприємства, як «Цунамі», «Екопрайм», «Екогран», «Барлінек-Інвест», «Екопелет», «Пелет-Енерго Ємільчине», «Інтерсорс», переживши кризу 2013–2015 рр., значно скоротили обсяги виробництва у 2015–2016 рр. через загальну невпевненість ринку та падіння ціни на пелету в євро. У середньому коефіцієнт завантаження великих підприємств становить 0,2...0,3. Так, ТОВ «Пелет-Енерго Ємільчине» із загальною потужністю пелетної лінії 7 т/год виробив упродовж минулого року близько 15 500 т пелет (коефіцієнт завантаження 0,27). У невеликих підприємств з потужністю виробництва 1000 – 3000 т/рік коефіцієнт завантаження дещо вищий, він становить 0,3...0,5, що замало для ефективного та rentабельного функціонування підприємств такого масштабу. Із цього випливає те, що потенціал як мінімум подвоєння виробництва пелет з деревини можна досягти навіть на існуючих потужностях. Але цього не відбувається передусім через проблеми нерозвиненого ринку біомаси, а також, що особливо характерно для ринку деревних пелет, через брак вільного ресурсу деревини та високу конкуренцію у цьому секторі протягом останніх двох-трьох років. Це, насамперед, стосується західних областей – Волинської, Львівської, Житомирської, Закарпатської.



2. 2. ВИРОБНИЦТВО ПЕЛЕТ З ЛУШПИННЯ СОНЯШНИКУ

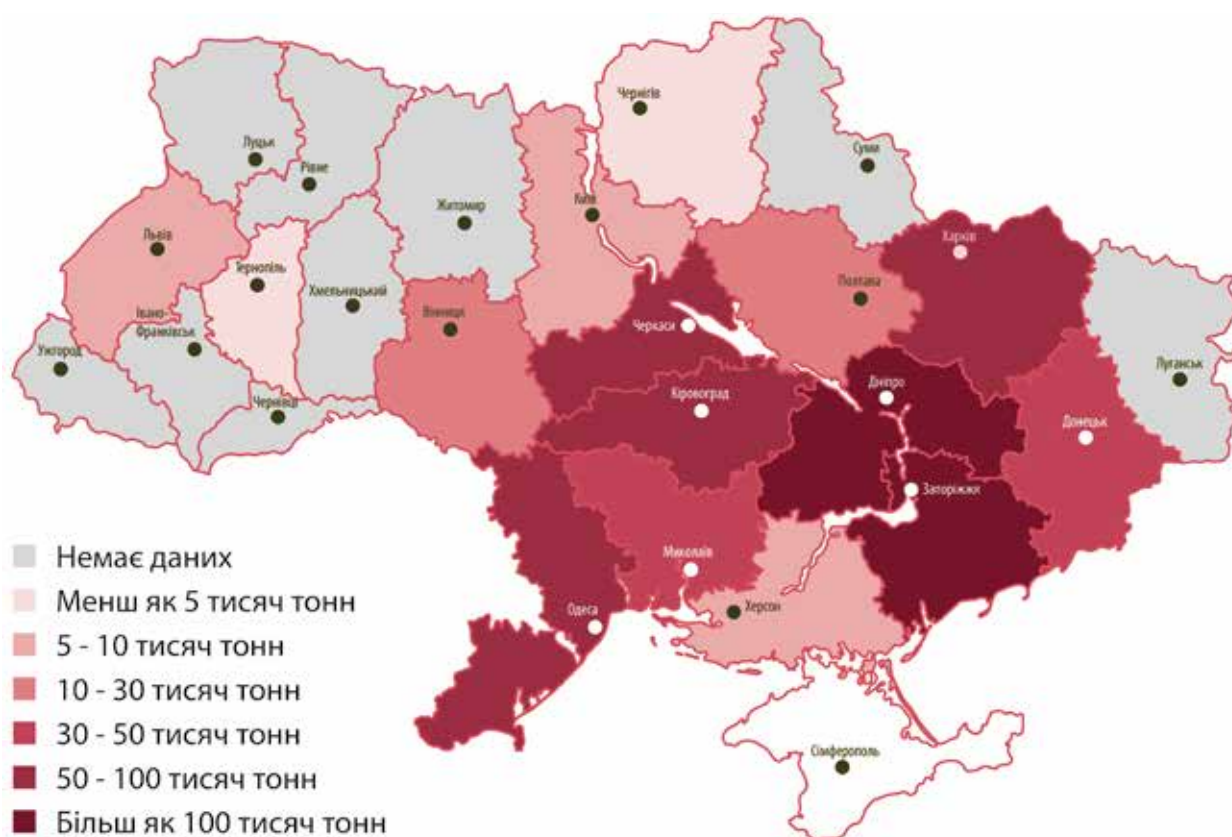
Роки старту сектору 2006–2007

Загальне річне
виробництво (відомості
на червень 2016 р.) 723 650 т

Кількість підприємств
(відомості на червень
2016 р.) 169

Середньорічний
приріст виробництва
за 2013–2016 рр. +22

Використання наявного
ресурсу лушпиння 40%²



Загалом 723 650 т
2015 р.

Рис. 2.7. Карта виробництва пелет
з лушпиння за областями

Упродовж останнього року станом на червень 2016 р. виробництво пелет з лушпиння соняшнику в Україні становило до 723 650 т на 169 підприємствах, з яких 110 – спеціалізуються

² У деяких областях (Запорізька, Дніпропетровська, Харківська, Одеська області) до 60–80%

саме на лушпинні, інші – виробляють також пелети з іншої сировини (соломи, деревини, торфу), а також виробляють брикети. Виробництво пелет з лушпиння на сьогодні досягло історичного максимуму за всі роки. До того ж використано до 40 % наявного ресурсу лушпиння в Україні. Якщо проаналізувати цей показник, зважаючи на статистичні відомості щодо переробки насіння, виявляється, що більшість наявного ресурсу лушпиння на існуючих олійноекстракційних заводах вже використано. Наприклад, загальна кількість переробленого насіння на кінець 2015 р. становила 8,4 млн т. За середнього виходу лушпиння з насіння на рівні 18 %, загальна кількість утвореного лушпиння становить 1,5 млн т, до 50 % з якого використовується на самих заводах на власні потреби (виробництво пари, тепла та електроенергії на біомасових котельнях). Певна частка постачається на установки спалювання лушпиння інших підприємств (наприклад, ПАТ «Ватутінський комбінат вогнетривів», ПАТ «Запоріжвогнетрив», ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», ПАТ «Полтавський ГЗК» тощо). Отже, вільний об'єм лушпиння становить до 750 тис. т, і майже весь він використовується на переробку в пелету (не враховуючи виробничо-технологічні втрати). Для цього підсектору притаманне значне укрупнення виробництва, більшість пелет виробляється власниками відходів лушпиння, тобто великими олійноекстракційними заводами. Середній масштаб такого виробництва становить 7–20 тис. т/рік, у деяких випадках сягає 60 000 т, найбільші виробники – це ПАТ «Кіровоградолія», Запорізький ОЕЗ, Миколаївський ОЕЗ, ТОВ «Град Олія», ТОВ «Наша Олія» (Харківський ОЕЗ), Бандурський ОЕЗ, Бердянський ОЕЗ, ТОВ «Українська чорноморська індустрія», All Seeds Ukraine). Крім того, працюють кілька окремих оптових постачальників лушпиння, що найімовірніше є дочірніми під-

приємствами тих самих підприємств переробки соняшнику. Середній коефіцієнт завантаження у цьому секторі становить 0,5...0,65, що є показником, близьким до технологічного максимуму виробництва (0,85). На сьогодні найзавантаженішими треба визнати заводи сходу, центру та півдня України, з наявними ресурсами та зручною портовою експортною інфраструктурою через термінали у портах Одеси, Южного, Чорноморська (Іллічівська), Миколаєва. Проте, слід сказати, потенціал зростання цього сектору обмежений, адже майже всі вільні сировинні ресурси лушпиння вже задіяні, а нові вторинні ресурси переробки можна отримати лише після збільшення посівів під соняшник та будівництва нових ОЕЗів.

Загалом в Україні ринок виробництва пелет з лушпиння можна вважати насиченим, а наявність пелетного виробництва на ОЕЗах – стандартною практикою, оскільки це є додатковим значним складником у забезпеченні стабільного прибутку цих підприємств, диверсифікації ризиків від сезонних коливань на ринку олії та насіння.



2.3. ВИРОБНИЦТВО ПЕЛЕТ ІЗ СОЛОМИ ЗЕРНОВИХ

Роки старту сектору 2007–2009

Загальне річне виробництво (відомості на червень 2016 р.) 146 010 т

Кількість підприємств (відомості на червень 2016 р.) 65

Середньорічний приріст виробництва за 2013–2016 рр. +35

Використання наявного ресурсу соломи зернових <3%³



Загалом 146 000 т
2015 р.

Рис. 2.8. Карта виробництва пелет із соломи за областями

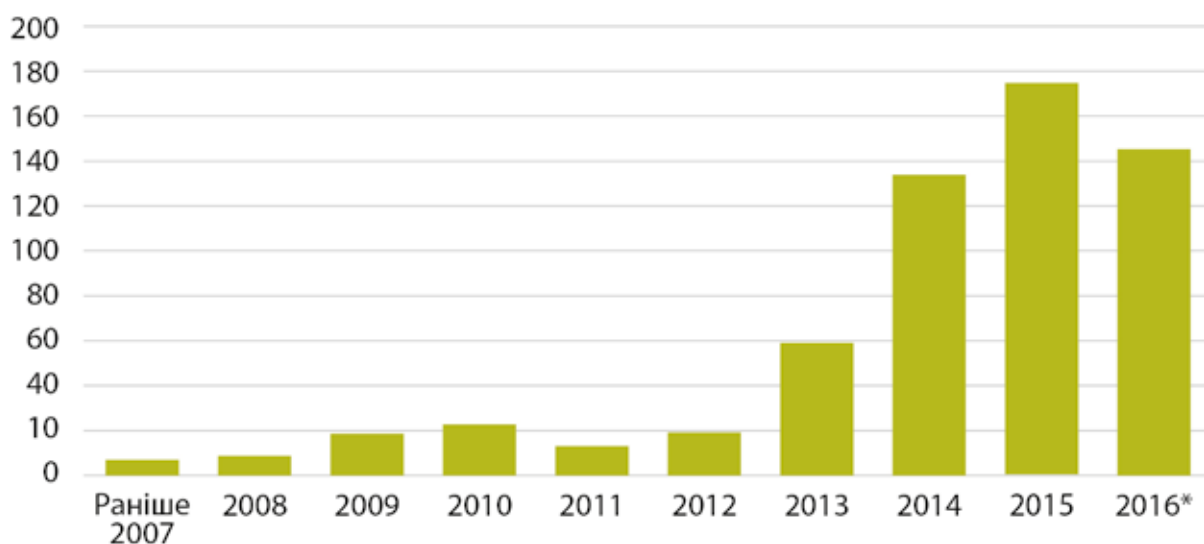
Упродовж минулого року станом на червень 2016 р. виробництво пелет із соломи в Україні становило 146 010 т на 65 підприємствах, серед яких 24 – виробляють пелети лише із соломи,

3 За умови збирання з поля 30 % відходів соломи

інші – комбіновані пелети (із лушпиння, деревини, інших видів рослинної біомаси). Середньорічний показник виробництва за період 2015–2016 рр. є дещо нижчим проти періоду 2014–2015 рр. До того ж використано менше 3 % ресурсу наявної соломи в Україні.

Підсектор виробництва пелет із соломи характеризується загалом концентрацією, масштабністю та спеціалізацією виробництва. Наприклад, тільки чотири виробники – ТОВ «Аверс-Тех», ТОВ «Біоенерджі-Вінниця», ТОВ «Він-Пелета», ТОВ «Креатив-Агро» – забезпечують виробництво до 50 тис. т пелет соломи на рік (тобто понад 30 % загального виробництва). Така ситуація пов'язана передусім з проблемами постачання соломи, адже немає сенсу створювати невелике підприємство разом з великою та складною системою логістики.

Комбіновані лінії гранулювання соломи та лушпиння або соломи та деревини представляють собою невеликі виробництва (1000–2000 т/рік), що виробляють той чи інший вид палива залежно від ринкових умов. Таке виробництво не відрізняється високою продуктивністю, адже універсальна технологія для гранулювання різних видів сировини призводить до загального зниження ефективності всього циклу переробки біомаси. Взагалі середній масштаб підприємства з виробництва пелет із соломи становить 2200 т/рік. Середній коефіцієнт завантаження підприємств дорівнює 0,35–0,4, що вище, ніж у виробників деревних пелет, однак нижче, ніж мають виробники пелет з лушпиння. У цій сфері діяльності існує високий потенціал зростання завдяки перспективам значного збільшення попиту на біомасу в 2016–2020 рр., великим обсягам агровідходів, що наразі майже не використовуються, на відміну від ресурсів лушпиння та деревини, що великою мірою вже використані.



* дані за перше півріччя

Рис. 2.9. Виробництво агропелет упродовж 2007–2016 рр., тис. т

3. ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ/ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕОБРОБЛЕНОЇ БІОМАСИ, ПРИДАТНОЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПЕЛЕТ

3. 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕОБРОБЛЕНОЇ БІОМАСИ

Вибираючи певний вид біомаси для виробництва пелет як альтернативне енергетичне паливо, принаймні варто мати уявлення про характерний хімічний склад того чи іншого виду. Такі характеристики потрібні для розуміння та побудови правильного технологічного процесу виробництва пелет.

Виробництво пелет з різних видів біомаси істотно різниться за технологічними процесами, що пов'язано з хімічним складом сировини.

Види біомаси, як і всі інші види палива, складаються з горючої органічної маси, а також баласту, волога і мінеральні речовини якого після спалювання залишаються в зольному залишку. Горючий складник біомаси, що характеризує теплотворну здатність, містить вуглець, водень, кисень, азот та сірку. До вмісту мінеральних складників біомаси, які не беруть участь у горінні і представляють собою баласт, входять карбонати, силікати, фосфати, сульфіді та сульфати та деякі інші хімічні сполуки різних елементів, які потрапляють у рослину з ґрунту. Але баластні компоненти мають невеликий обсяг у хімічному складі біомаси, тому, як правило, споживачі користуються нерозширеними хімічними складниками. Цього достатньо для розуміння властивостей та поведін-

ки біомаси під час пелетного виробництва. До того ж досить важливим показником біомаси і твердого палива є вихід летких речовин та характеристика нелеткого залишку. Але ці показники більш важливі як паливна характеристика пелет, тому, оцінюючи біомасу як сировину для виробництва пелет, ними можна знехтувати.

Крім того, одними з основних показників якості біомаси, що переходить на якість пелет з біомаси, є вологість, зольність та нижча теплота згоряння. Усі ці показники природні для будь-якого виду біомаси та мають чітко визначений вплив на якість біомаси як сировини чи палива.

3.1.1. Деревина

На сьогодні пелети з деревини міцно посідають друге місце за обсягом виробництва в Україні і перше місце за обсягом споживання у світі. Одними з головних чинників, що сприяли становленню деревних пелет як основного типу пелет для спалювання, є їхні фізико-хімічні властивості, завдяки яким вони добре горять, порівняно з іншими видами біомаси.

Також варто мати на увазі, що на виробництво деревних пелет надходить насамперед відбракована деревина,

що не може використовуватися в процесах деревообробки, а також тріска і тирса – відходи процесів деревообробки. Тобто сировинне забезпечення виробництва пелет з деревини певною мірою напряду залежить від обсягів виробництва деревообробної галузі загалом. Проте динаміка розвитку виробництва пелет з деревини передусім залежала від попиту, головним чином експортного, і меншою

мірою визначалась змінами кількості чи обсягів вирубок.

Нижче наведено середній хімічний склад видів деревини, найрозповсюдженішої для виробництва пелет на території України.

Табл. 3.1. Типовий середній хімічний склад різних видів деревини⁴

Найменування	Одиниці вимірювання	Види деревини						
		Береза	Бук	Верба	Дуб	Ялина	Сосна	Тополя
Зольність	%	1,4	0,6	2,1	1,19	0,96	0,6	1,22
Вуглець, С	%	50,19	49,5	49,3	49,89	51,09	51,8	49,42
Водень, Н	%	7,49	6,26	6,6	6,01	5,54	6,1	6,0
Азот, N	%	0,49	0,1	1,1	0,17	0,12	0,3	0,23
Сірка, S	%	0,49	0,1	0,1	0,05	0,01	0,01	0,05
Кисень, О	%	39,93	43,7	40,77	42,68	42,27	41,19	43,07
Нижча теплота згоряння, Q _i ^d	МДж/кг	18,45	16,22	18,72	18,7	18,85	19,56	18,19
Вища теплота згоряння, Q _s ^d	МДж/кг	22,18	19,93	20,49	19,8	19,64	20,74	19,57

Деякі виробники пелет як сировину використовують кору дерев. Таке виробництво здобуло поширення завдяки тому, що кора є найдешевшим відходом від процесів деревообробки,

а об'єм кори такий же, а інколи й перевищує об'єм тирси чи тріски.

У таблиці нижче наведено середні значення хімічного складу кори хвойних та листяних порід дерев.

Табл. 3.2. Типові середні значення хімічного складу кори

Найменування	Одиниці вимірювання	Види кори	
		Хвойні породи	Листяні породи
Зольність	%	2,9	5,3

⁴ <https://www.ecn.nl/phyllis2/Browse/Standard/ECN-Phyllis#>

Найменування	Одиниці вимірювання	Види кори	
		Хвойні породи	Листяні породи
Вуглець, С	%	53,4	49,7
Водень, Н	%	5,6	5,4
Азот, N	%	0,1	0,2
Сірка, S	%	0,1	0,1
Кисень, О	%	37,89	39,29
Нижча теплота згоряння, Q _i ^d	МДж/кг	19,78	18,29
Вища теплота згоряння, Q _s ^d	МДж/кг	21,02	19,28

3.1.2. Лушпиння соняшнику

Україна посідає провідну позицію серед країн світу у сфері виробництва рослинної олії (перше місце з виробництва та експорту). Факт вирощування соняшнику, як однієї з основних технічних культур на території України, є історичним, але за часів перебування України в складі Радянського Союзу більшу частину насіння соняшнику експортували як сировину. Від часів набуття Україною незалежності, а особливо впродовж останніх 10–15 років, ситуація кардинально змінилася. Було створено велику кількість підприємств-переробників насіння на олію. Це змінило підхід до обробки та вирощування соняшнику і призвело до утворення великої кількості побічної продукції – відходів переробки насіння – лушпиння соняшнику, що залишалося після технологічного процесу отримання рослинної олії.

З часом (починаючи з 2003 р.) лушпиння соняшнику почали використовувати як паливо безпосередньо на підприємствах – виробниках рослинної олії. Згодом лушпиння соняшнику стало сировиною для виробництва пелет, оскільки виникла потреба в пелетах з лушпиння як палива на значних відстанях від підприємств-виробників. Таким чином, наразі лушпиння

соняшнику використовують майже на всіх підприємствах – виробниках рослинної олії (кількістю приблизно 500 000 т), а також широко використовують для заміщення природного газу на промислових печах будівельної та металургійної галузей України. Зокрема, на сьогодні лушпиння соняшнику використовують для енергетичних потреб таких підприємств, як ПАТ «Ватутінський комбінат вогнетривів» (обертова піч обпалювання шамоту, заміщення природного газу – 80 %, витрата лушпиння до 3 т/год), ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (цех обпалювання вапняку, печі №4 та №5 обпалювання вапняку, заміщення природного газу – 45 % на кожній печі, витрата лушпиння до 7 т/год), ПАТ «Запоріжжвогнетрив» (піч № 3 обпалювання шамоту, заміщення природного газу – 55 %, витрата лушпиння до 2,5 т/год за середньої завантаженості устаткування 18 днів/місяць), ВАТ «Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат» (4 обертові печі, заміщення природного газу на кожній – 40 %, витрата лушпиння до 12 т/год).

Що ж до фізико-хімічних властивостей лушпиння та пелет з лушпиння, то для спалювання воно, як і багато інших аграрних відходів та залишків, є більш

складним паливом ніж деревина, хоча і з дещо вищою теплою згоряння. В основному це спричинене високою зольністю, високим вмістом летючих, низькою насипною щільністю.

У таблиці нижче наведено середні значення хімічного складу лушпиння соняшнику.

Табл. 3.3. Типові середні значення хімічного складу лушпиння соняшнику

Найменування	Одиниці вимірювання	Лушпиння соняшнику
Зольність	%	3,83
Вуглець, С	%	48,25
Водень, Н	%	5,84
Азот, N	%	0,81
Сірка, S	%	0,24
Кисень, О	%	41,03
Нижча теплота згоряння, Q_i^d	МДж/кг	18,51
Вища теплота згоряння, Q_s^d	МДж/кг	19,12

3.1.3. Солома зернових

Україна є традиційно аграрною країною, близько 70 % території країни – орні землі, завдяки чому можна вирощувати та обробляти широкий спектр зернових культур, де побічним продуктом є солома. Ресурс соломи на сьогодні перевищує ресурс будь-яких інших видів біомаси в країні, зважаючи на співвідношення маси зерна до маси стебел зернових культур. Проте наразі соломі зернових культур можна назвати стратегічним запасом, адже використання соломи як палива не набуло достатньої популярності та практичного спрямування.

Останнім часом було побудовано та введено в дію низку підприємств-ви-

робників пелет із соломи, головним напрямом яких було виробництво пелет на експорт до країн ЄС, адже Україна не мала потреби в такій кількості пелет із соломи, немає її й нині. Це, окрім іншого, пов'язано із складністю використання соломи як палива, його перевезення, стандартизації через надто великі відхилення в основних фізико-хімічних параметрах навіть для сусідніх агрогосподарств.

Середні значення хімічного складу соломи для найрозповсюдженіших зернових культур в Україні наведено нижче.

Табл. 3.4. Типові середні значення хімічного складу соломи різних видів зернових культур

Найменування	Одиниці вимірювання	Види соломи зернових культур			
		Жито	Овес	Пшениця	Ячмінь
Зольність	%	3,98	5,9	4,5	5,88

Найменування	Одиниці вимірювання	Види соломи зернових культур			
		Жито	Овес	Пшениця	Ячмінь
Вуглець, С	%	47,66	47,6	47,1	46,2
Водень, Н	%	5,62	5,8	5,9	5,7
Азот, N	%	0,24	0,5	0,6	0,6
Сірка, S	%	0,04	0,08	0,1	0,08
Кисень, О	%	42,4	43,5	41,8	41,54
Нижча теплота згоряння, Q_i^d	МДж/кг	17,75	17,67	17,82	17,43
Вища теплота згоряння, Q_s^d	МДж/кг	18,51	18,54	18,71	18,15

3.1.4. Стебла/стрижні кукурудзи

Площа насаджень кукурудзи в Україні входить до чільної трійки агрокультур після зернових і соняшнику та з кожним роком інтенсивно збільшується (у середньому на 10–15 % щорічно). Це вказує на великий потенціал відходів і залишків даної культури як виду альтернативного палива в Україні. Проте кукурудза не набула широкого паливного застосування й донині, адже збирання залишків кукурудзи пов'язане з певними труднощами технологічного процесу та непопулярністю аграрних

видів біомаси як палива. У той же час кукурудза за паливними властивостями не поступається іншим видам аграрної біомаси, а за показниками вологості та теплотворної здатності, як правило, навіть переважає. Однак порівняно із соломою зернових стебла кукурудзи є більш волокнистими, що спричиняє проблеми під час збирання та спалювання (через складність допалювання коксового залишку та неодмінне видалення великої кількості золи).

Табл. 3.5. Типові усереднені значення хімічного складу різних частин кукурудзи

Найменування	Одиниці вимірювання	Частини кукурудзи		
		Початок	Стебло	Листя
Зольність	%	1,36	5,06	7,35
Вуглець, С	%	46,58	46,82	46,5
Водень, Н	%	5,87	5,74	5,81
Азот, N	%	0,47	0,66	0,56
Сірка, S	%	0,01	0,11	0,11
Кисень, О	%	45,46	41,36	39,67
Нижча теплота згоряння, Q_i^d	МДж/кг	17,49	16,85	17,73
Вища теплота згоряння, Q_s^d	МДж/кг	18,11	18,44	18,61

3.1.5. Стебла/кошик соняшнику

Зважаючи на популярність використання лушпиння соняшнику як твердого альтернативного палива, стебла та кошики цієї рослини мають досить великий ресурс за обсягом. У заготівлі та переробці таких видів біомаси є певні труднощі стосовно технологічних

процесів, які однак можна подолати вдосконалення технічних засобів для енергетичного використання біомаси. Фізико-хімічні властивості цього типу біомаси посідають проміжне місце серед розглянутих вище.

Табл. 3.6. Типові усереднені значення хімічного складу різних частин соняшнику

Найменування	Одиниці вимірювання	Частини соняшнику	
		Стебло	Кошик
Зольність	%	8,82	3,51
Вуглець, С	%	45,51	60,33
Водень, Н	%	5,03	7,13
Азот, N	%	0,31	2,0
Сірка, S	%	0,03	0,12
Кисень, О	%	39,62	26,8
Нижча теплота згоряння, Q_i^d	МДж/кг	15,93	24,35
Вища теплота згоряння, Q_s^d	МДж/кг	17,26	26,5

3.1.6. Інша сировина (лушпиння рису, солома ріпаку)

Зважаючи на потенціал оброблених та необроблених земель в Україні, що мають різноманітне призначення, можна зробити висновок, що для використання цих земель під вирощування інших аграрних та енергетичних культур є всі умови.

За правильного підходу та чіткої стратегії такі види біомаси, як ріпак, лушпиння рису, міскантус, енергетична верба тощо, можуть посісти конкурентні місця на ринку пелет. На сьогодні лушпиння рису використовують як паливо та присадку в металургійній галузі, адже воно містить відповідні хімічні компоненти, що поліпшують якісні характеристики чавунів та ме-

талів. Що стосується ріпаку, то насіння цієї культури є сировиною для отримання олії, яке використовують у різних галузях промисловості та у виробництві біодизелю, а солома ріпаку вже нині має часткове застосування у виробництві пелет для енергетичного використання, вирізняючись своєю чималою, як для твердого біопалива, теплою згоряння.

У табл. 3.7 наведено середні значення хімічного складу даних агрокультур.

Табл. 3.7. Типові середні значення хімічного складу різних видів сировини аграрного походження

Найменування	Одиниці вимірювання	Види сировини аграрного походження		
		Лушпиння рису	Солома ріпаку	Міскантус
Зольність	%	20,26	7,66	4,75
Вуглець, С	%	38,83	49,84	47,92
Водень, Н	%	4,75	6,07	5,5
Азот, N	%	0,52	1,84	0,54
Сірка, S	%	0,05	0,66	0,11
Кисень, О	%	35,47	33,3	41,0
Нижча теплота згоряння, Q_i^d	МДж/кг	14,81	20,15	17,86
Вища теплота згоряння, Q_s^d	МДж/кг	14,96	20,74	18,57

3. 2. ПРОЦЕС ПЕРЕРОБКИ АГРАРНОЇ БІОМАСИ В ПЕЛЕТІ

Схеми переробки біомаси в пелети мають істотні відмінності залежно від типу та характеристик сировини. Основними характеристиками, що впливають на організацію виробничого процесу, є початковий стан біомаси (крупність часток, попереднє компактування, наявність сторонніх включень), а також вологість.

На рис. 3.1 показано апаратурно-технологічну схему переробки, що застосовується для деревних вологих матеріалів, за умов повного або часткового застосування великих кусків деревини, полін.

Така схема застосовується у разі необхідності крупнокускових матеріалів та їх сушіння.

У ситуації використання соломи зернових як сировини, схема переробки дещо змінюється (рис. 3.2).

Як бачимо, у цій схемі на відміну від схеми виробництва деревних пелет немає сушарки, проте є подрібнення тюків соломи замість подрібнення кускових відходів.

Потреба використання сушарки у виробництві пелет із соломи загалом більше залежить від рішення проєктувальників та організаторів виробництва, умов зберігання сировини, а також від вимог щодо вологості, які висуває виробник прес-грануляторів виробничої лінії. Зазвичай сушарок під час виробництва пелет із соломи немає, але, наприклад, на підприємстві Vin-Pellet, де встановлено комплектну лінію виробництва Amandus Kahl, її активно задіяно у загальному виробничому процесі

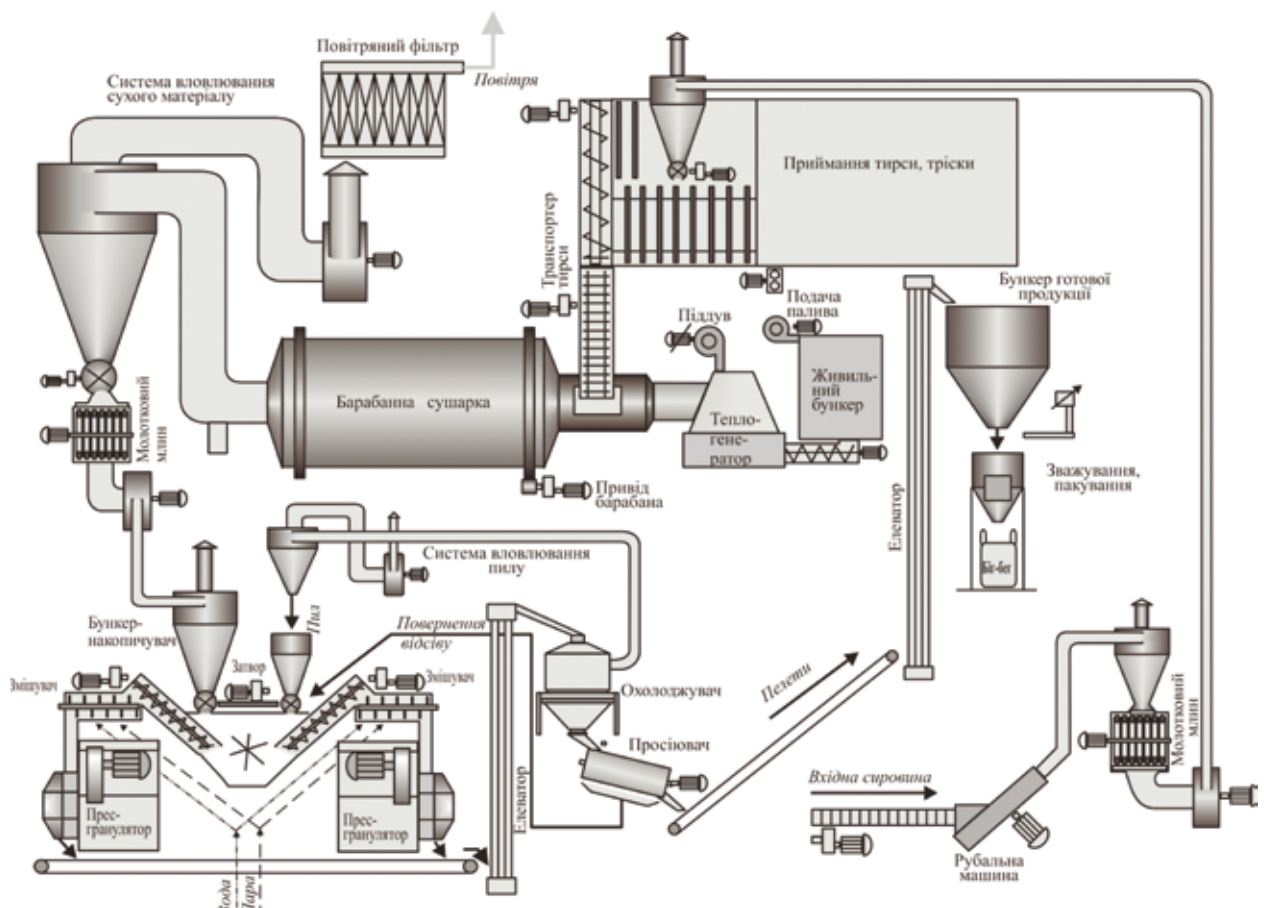


Рис. 3.1. Апаратно-технологічна схема виробництва деревних пелет

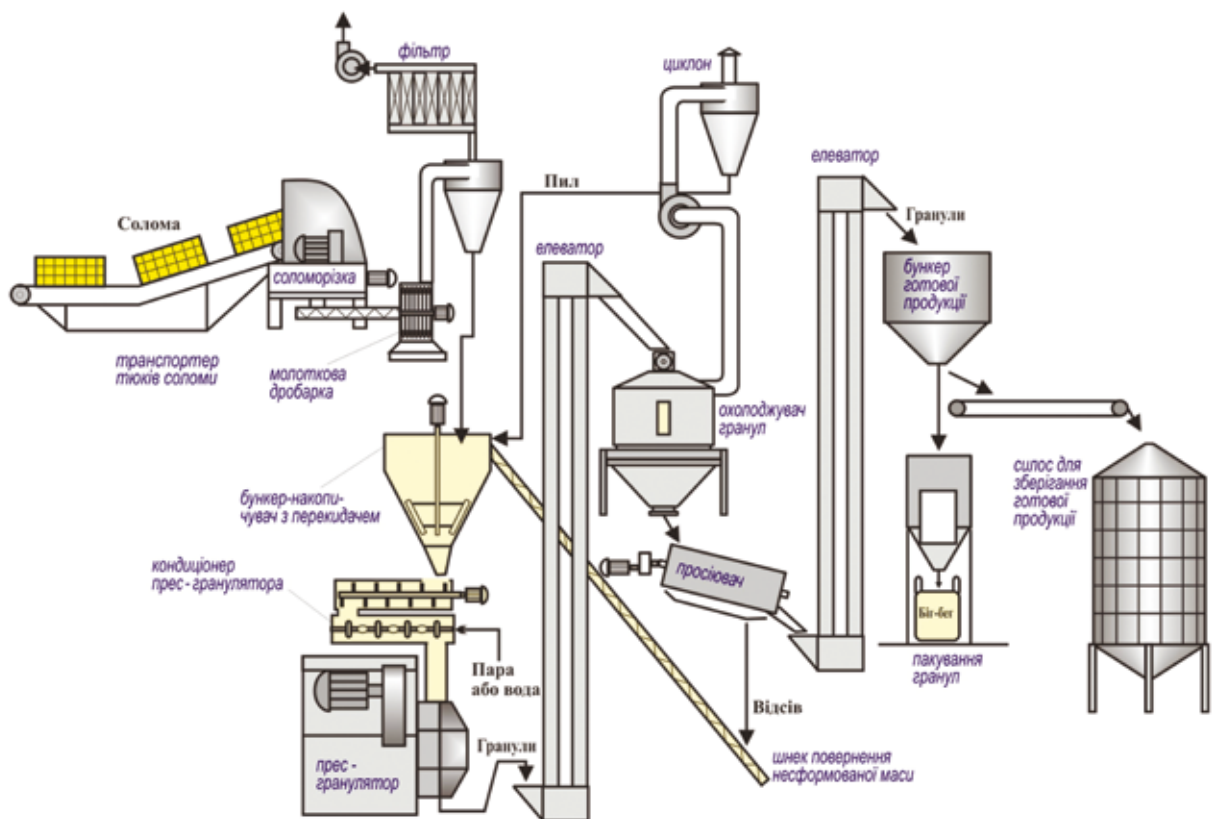


Рис. 3.2. Апаратно-технологічна схема виробництва пелет з тюкованої соломи

3.2.1. Заготівля, перевезення та зберігання

Концепції логістики соломи

У практиці побудови логістичних ланцюгів постачання соломи існує кілька основних концепцій, які слід розглянути.

Перша концепція – збір і тюкування соломи відбувається протягом літнього короткого періоду, що визначається строками, наданими аграрними підприємствами на цю діяльність. Безперечно, тюкування не має перешкоджати стандартній виробничій практиці аграріїв. Складування соломи в процесі тюкування здійснюється безпосередньо на полях, одночасно з цим здійснюється перевезення тюків до проміжного складу тривалого зберігання, розрахованого на 8–12 місяців автономної роботи виробництва. Транспортування соломи з проміжного складу тривалого зберігання до оперативного невеликого складу виробника (5–10 днів автономної роботи, розташовується на майданчику виробництва) здійснюється у період після заготівлі та складування тюків на проміжний склад і триває до початку наступного періоду збору і тюкування наступного року (рис. 3.3).

Друга концепція – збір і тюкування відбувається в літній період, проміжного складу у схемі логістики немає, а вся заготовлена солома зберігається у відкритих скиртах на полях або поблизу полів без спеціально обладнаного великого складу. Транспортування з полів до виробництва здійснюється за тим же принципом, що і в першій концепції (рис. 3.4).

Третя концепція – збір і тюкування відбувається в літній період і вся заготовлена солома відразу завозиться на оперативний склад на територію виробництва, який одночасно має забезпечувати річний запас палива.

Оскільки вся солома міститься безпосередньо на виробництві, транспортування в зимовий період узагалі не відбувається (рис. 3.5).

Варто сказати, що на практиці найчастіше використовується концепція № 1, оскільки в інших двох концепціях є серйозні практичні недоліки. Так, у концепції № 2 потрібно домовлятися з аграріями про зберігання соломи в полі на деякий час, а також існує ризик зриву постачань узимку через важкопрохідні дороги та погані погодні умови. Для третьої концепції – великий розмір оперативного складу вимагає великого майданчику для зберігання на території виробництва, що в обмежених умовах промислової або міської забудови зазвичай неможливо. Також для цієї концепції потрібна висока транспортна потужність на період оперативного перевезення великої кількості тюків з поля на виробництво, а весь інший час протягом року цей транспорт залишається незадіяним. Крім того, просторова розпорошеність і чимала кількість полів можуть збільшувати витрати через часті переїзди між ними.

Заготівля соломи

В Україні на сьогодні найпоширенішим методом збирання соломи є потоковий спосіб (рис. 3.6), під час якого подрібнена зернозбиральним комбайном солома збирається у змінні причепа і вивозиться до місця скиртування (без причепа солома розкидається по полю). Після цього солома зберігається у великих стогах, зазвичай некритих. Такий спосіб зберігання призводить до її надмірного зволоження внаслідок великої кількості опадів та сильних вітрів.

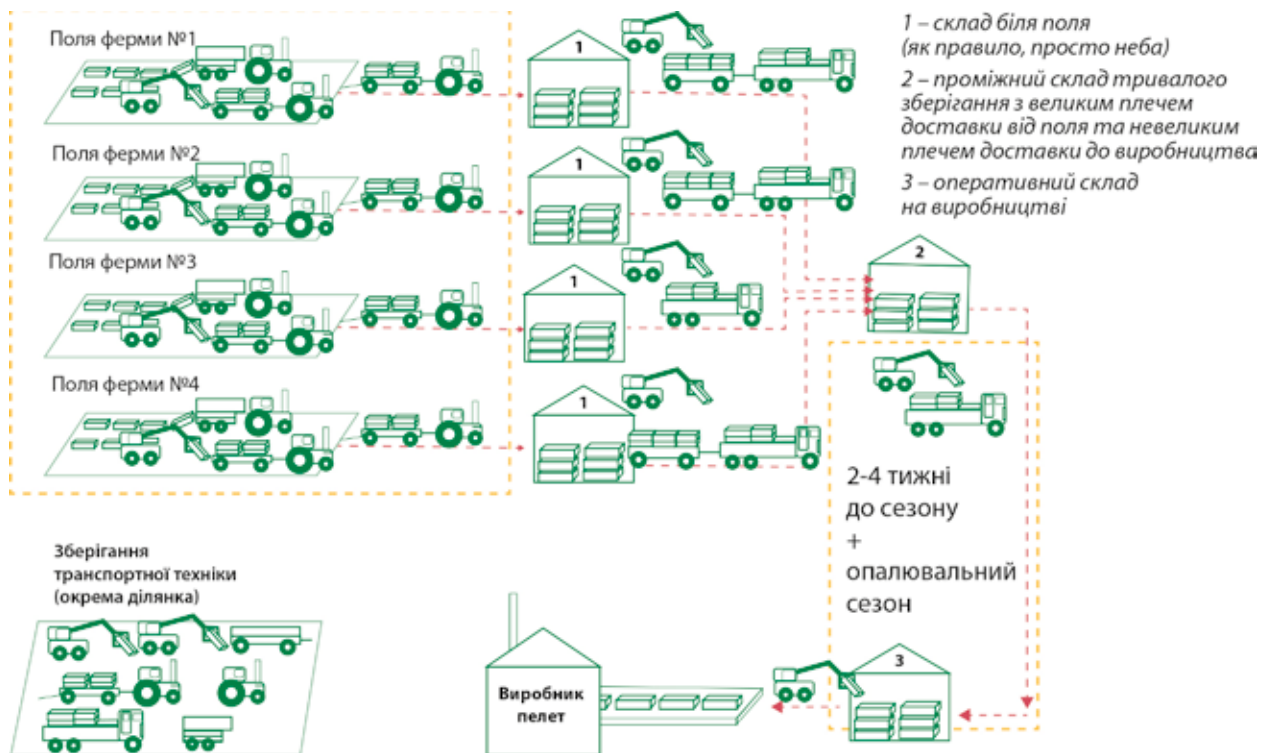


Рис. 3.3. Концепція логістики соломи з проміжним складом між полем та виробництвом

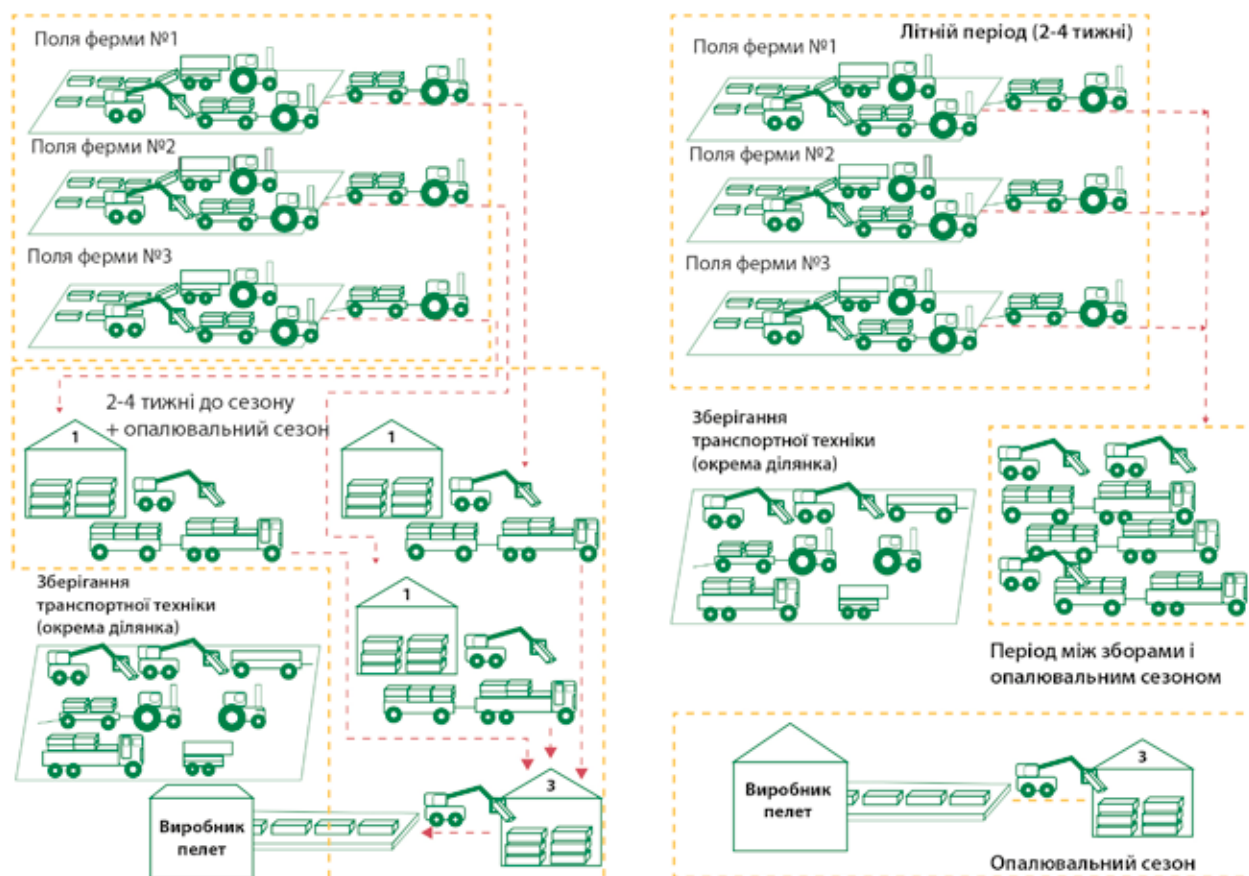


Рис. 3.4. Концепція логістики із зберіганням на полях

Рис. 3.5. Концепція логістики з великим оперативним складом безпосередньо на виробництві



Рис. 3.6. Потокове збирання соломи

Іншою технологією, яка наразі рідко застосовується під час збирання врожаю зернових, є копицева технологія. Копнувачем, що входить до складу комбайна, формуються копиці масою 150–300 кг, які в процесі роботи комбайна вивантажуються в полі на стерню. Копиці збирають з поля переважно тросовими волокушами або штовхальними пристроями. У разі формування копиць-блоків, їх вивозять копицевози (стоговози).

Інша валкова технологія збирання соломи, коли за допомогою валкоукладача комбайну солома вкладається у валки, передбачає можливість наступного тюкування.

Це є важливим стосовно транспортування соломи на середні й досить великі відстані та використання як палива. В Україні валкова технологія не набула поширення серед аграріїв, проте, у зв'язку з поступовим зростанням попиту на солому у великих прямокутних тюках, вона стає дедалі популярнішою.

Для енергетичного застосування соломи переважно використовуються великі прямокутні тюки. У процесі збирання врожаю зернова частина відокремлюється від стеблової й за допомогою зернозбиральних комбайнів, косарок та граблів солома вкладається у валки (рис. 3.7, рис. 3.8)



Рис. 3.7. Формування валків соломи



Рис. 3.8. Укрупнення (здвоєння) валків соломи

Збирання соломи з поля має відбуватися одразу після збору врожаю зернових, що унеможливить підвищення вологи внаслідок опадів та дасть змогу швидко приступити до обробки ґрунту (підготовка для вирощування врожаю зернових наступного року). Відповідно до сівозмін, для господарств, які виконують функції поставальників соломи для виробництва тюків, а потім пелет, збір соломи з полів, як правило, не має перевищувати двох-чотирьох тижнів після збору врожаю зернових.

Тюкування соломи

Для формування тюків із соломи використовують прес-підбирачі (рис. 3.9), що дають змогу отримувати щільні та заданої форми й потрібних розмірів прямокутні тюки або циліндричні рулони. Прес-підбирачі великогабаритних тюків мають незаперечні переваги перед іншими конструкціями машин, а саме: високу продуктивність, менші затрати праці, ефективне вико-

ристання вантажопідймальності транспортних засобів, площ складських приміщень, підвищення продуктивності навантажувачів. Провідні машинобудівні фірми світу John Deere, Challenger, Hesston, Vicon, Claas, Krone та інші пропонують понад 20 моделей прес-підбирачів великогабаритних тюків, які різняться між собою площею перетину пресувальної камери, кількістю ходів поршня, конструкційним виконанням робочих органів.

Великі тюки мають різні габарити: ширина – від 0,5 до 2 м, висота – 0,7–1,27 м, довжина – 2,0–3,0 м. Щільність тюків становить близько 130–200 кг/м³ й залежить від типу сировини, щільності валків, швидкості пресування і типу підбирача. Для спалювання найчастіше використовують великі тюки (1,2х1,3х2,4 м) вагою 400–500 кг, що робить їхнє транспортування, складування та зберігання економічно доцільними. Модельний ряд прес-підбирачів та розміри тюків надано нижче (табл. 3.8).



Рис. 3.9. Прес-підбирачі тюків провідних виробників світу

Табл. 3.9, де наведено основні характеристики сформованих тюків, показує, що у багатьох прес-підбирачів

розміри та щільність тюків можуть різнитися залежно від поставленої мети.

Табл. 3.8. Основні характеристики прес-підбирачів соломи

	Розмір тюків				Потужність приводу, кВт
	ширина, м	висота, м	довжина, м	щільність пресування, кг/м³	
MASSEY FERGUSON					
2140	0,8	0,7	2,5	160-200	105
2150	0,8	0,88	2,5		110
2160	1,2	0,7	2,5		120
2170	1,2	0,88	2,5		120
2190	1,2	1,27	2,5		135
NEW HOLLAND					
BB9050	0,8	0,7	2,5	160-200	75
BB9060	0,8	0,9	2,5		75
BB9070	1,2	0,7	2,5		85
BB9080	1,2	0,9	2,5		110
BB9090	1,2	1,27	2,5		135
KRONE					
Big Pack 890	0,8	0,9	2,7	160-200	90
Big Pack 1270	1,2	0,7	2,7		93
Big Pack 1290	1,2	0,9	2,7		112
Big Pack 12130	1,2	1,3	2,7		145
CLASS					
1150	0,8	0,5	2,4	160	59
2100	0,8	0,7	2,5		85
2200	1,2	0,7	3,0		73
3200	1,2	0,7	2,5		73
3400	1,2	1,0	3,0		185
WELGER					
D4060	0,8	0,7	2,5	160-200	77
D6060	1,2	0,7	2,5		92
VICON					
LB8200	0,8	0,8	3,0	160-200	69
LB1270	1,2	0,8	3,0		75
LB1290	1,2	0,9	3,0		98

Табл. 3.9. Характеристики великих тюків соломи

Характеристика тюків	Типи прес-підбирачів					
	Німеччина, CLAAS, Quadrant 3200	США, Massey Ferguson, MF 2160	Бельгія, New Holland, BB9080-Standard	Німеччина, KRONE, BiG Pack 1270	США, Challenger, LB24B	Німеччина, CASE,
Ширина, мм	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Висота, мм	700	700	900	700	700	700
Довжина, мм	1000-3000	1000-2700	1000-2600	1000-2700	1000-2700	1000-2600
Паспортна щільність пресування, кг/м ³	160-200	160-200	160-200	160-200	160-200	160-200
Щільність пресування соломи, кг/м ³	160	160	160	160	160	160

Табл. 3.10. Усереднені геометричні розміри та маса циліндричних і прямокутних тюків

Прямокутні тюки		Циліндричні тюки	
Розміри, м	Маса, кг	Діаметр та ширина (висота), м	Маса, кг
0,46 × 0,36 × 0,8	12	Ø1,1 × 1,2	140
0,45 × 0,38 × 1,2	25	Ø1,5 × 1,2	240
0,8 × 0,8 × 2,4	235	Ø1,8 × 1,5	300-500
1,2 × 1,3 × 2,4	525		

Як підсумок варто розглянути залежність нижче (рис. 3.10). Потужність тюкування на пряму залежить від вибору технології. Загальна потужність усіх операцій, пов'язаних із тюкуванням, є найнижчою, коли солома тюкується в невеликі прямокутні та циліндричні тюки, і найвищою – при виробництві прямокутних тюків великого розміру.

З погляду зменшення витрат, найефективнішим способом заготівлі соломи є тюкування з використанням потужного прес-підбирача з виробництвом великих прямокутних тюків соломи.

В Україні найбільшого розповсюдження набули прес-підбирачі малих тюків, але найбільше прес-підбирачів циліндричних тюків, що виробляються, як у нашій державі, так і у державах близького зарубіжжя, зокрема Білорусі. Проте тюки соломи, спресовані цими прес-підбирачами за габаритами та питомою вагою, найменше підходять як паливо через великі питомі затрати на їхнє виготовлення і транспортування (табл. 3.11).

Перевагами закордонної техніки для пресування тюків є вища якість тюкування, повний контроль над процесом та комфортні умови роботи водія. Чи не найсучаснішими машинами є прес-підбирачі QUADRANT3200 та QUADRANT3400 фірми Claas (рис. 3.11).

Ці моделі мають пресувальну камеру перерізом 1,0×1,2 м, довжина тюка регулюється від 0,5 до 3 м. Підбирач, захват якого завширшки 2,1 м, підвищений на гідравлічних амортизаторах і спирається на два копіювальних колеса.

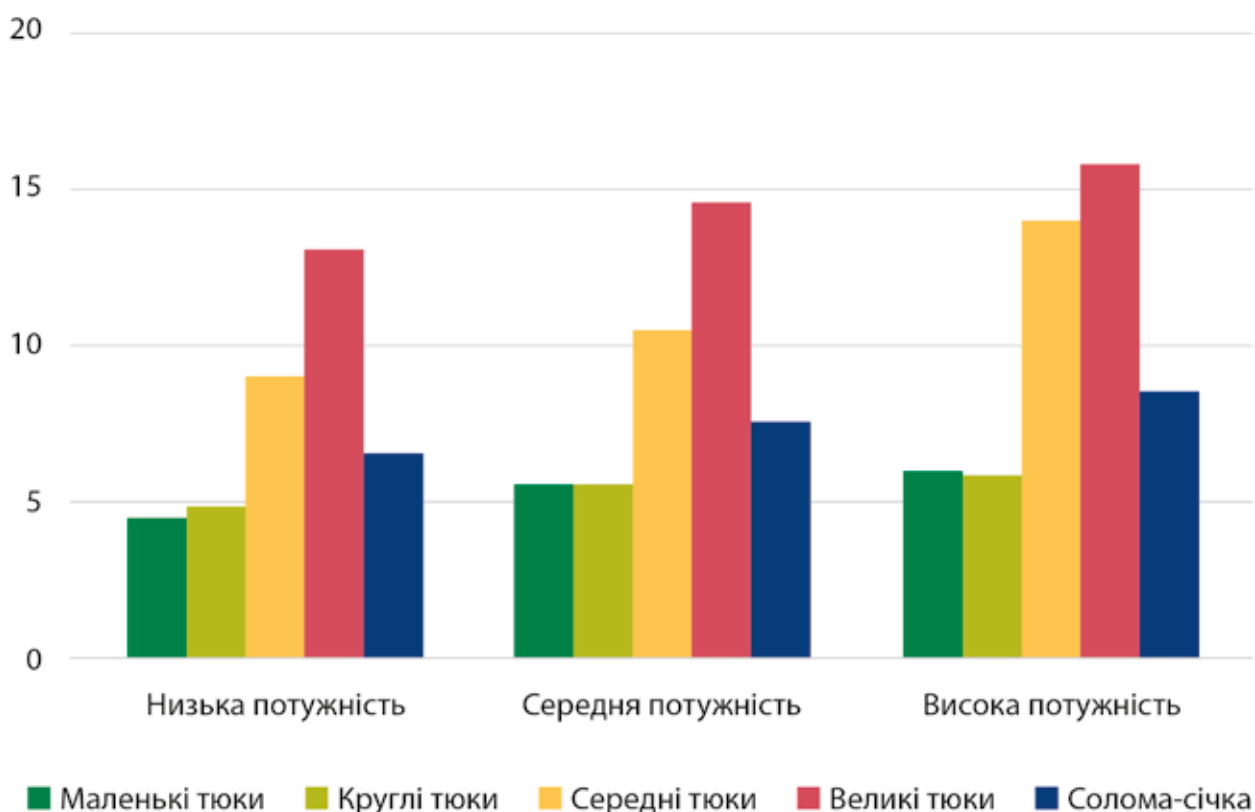


Рис. 3.10. Загальна продуктивність тюкування та подрібнення соломи, т/год

Підймання та опускання підбирача здійснюється з місця тракториста за допомогою гідравлічної системи. У преса QUADRANT3200 між підбирачем і пресувальною камерою встановлено подавальні ротори, які підвищують продуктивність подавання. На пресі QUADRANT3200 RC встановлено систему подрібнення ROTOCUT, що має ротор із чотирма рядами захватів і 25-ма ножами, які забезпечують теоретичну довжину подрібнення 45 мм.

Керування подрібнювальним механізмом здійснюється за допомогою пульта в кабіні трактора. Водій може вмикати в роботу 6, 13 або 25 ножів, регулюючи довжину різання, а та-

кож вимикати всі ножі та пресувати без подрібнення маси. Прес-підбирачі QUADRANT оснащені електронним терміналом Claas (CCT), який інформує механізатора про вологість в тюку, ступінь заповнення камери, щільність пресування, роботу в'язального апарата, положення ножів системи ROTOCUT і забезпечує зручне керування машиною.

Проте слід звернути увагу на той факт, що таке обладнання для господарства коштуватиме набагато дорожче, починаючи з продажної ціни підприємства-виробника і закінчуючи витратами на його експлуатацію.

Табл. 3.11. Затрати праці на різні методи пресування тюків та завантажування-розвантажування. Збір соломи – 3 т/га, відстань транспортування – 500 м.

Метод	Кількість тюків за одне завантаження	Людино-годин/га	Продуктивність пресування тюків, т/год	Транспортування, т/год
Малі тюки				
Ручне завантажування	120	3,4	5,3	2,4
Завантажувач тюків, звичайний вантажний причеп	120	2	5,3	2,4
Циліндричні тюки				
Одна людина з трактором та прес-підбирачем, одна людина з фронтальним навантажувачем	8	1,3	5,2	5
	14	1,2	5,2	6,2
	2 x 14	1,1	5,2	12,8
Великі тюки 1,2 x 1,3 м				
Одна людина з трактором та прес-підбирачем, одна людина з фронтальним навантажувачем	8	1,3	5,2	5
	12	1,2	5,2	6,2
	2 x 12	1,1	5,2	12,8
Одна людина з вантажними причепами та одна людина з фронтальним навантажувачем	2 x 12	0,7	12,4	16,4



а)



б)

Рис. 3.11. Причіпні прес-підбирачі великих прямокутних тюків: NewHolland (а) та Claas (б)

Отже, найдоцільнішим є використання прес-підбирача, який буде забезпечувати найвищу щільність тюкування та формування великих тюків соломи розмірами 0,7х1,2х2,5 або 1,0х1,2х2,5 м (залежно від технології виробництва пелети).

Збір тюкованої соломи

Вибір остаточного способу збирання тюкованої соломи залежить від багатьох чинників, проте головним обмеженням є час, упродовж якого потрібно зібрати солому з поля для наступного обробітку ґрунту. Так, солома має бути зібрана з поля протягом двох-трьох тижнів після збору врожаю зернових.

Розглянемо тривалість різних варіан-

тів організації заготівлі соломи для прикладу виробництва на 2000 т/рік (споживання соломи близько 2000 т/рік):

Варіант перший: тюкування соломи прес-підбирачем, збирання та навантажування на транспортний засіб тюків соломи фронтальним чи телескопічним навантажувачем.

Варіант другий: тюкування соломи прес-підбирачем, збирання тюків трактором зі спеціальним автоматичним причепом-завантажувачем, перевантаження тюків на трактор з причепом-платформою для транспортування.

У двох варіантах дослідимо формування великих прямокутних тюків соломи розміром 2,5х1,2х1,2 (м) як найдоцільніших з погляду логістики.

Табл. 3.12. Затрати праці на різні методи заготівлі тюків соломи

Операції	Продуктивність, т/год	Затрати праці, люд.-год/т	Затрати праці, люд.-год/рік
Варіант 1			
Тюкування соломи прес-підбирачем	15	0,07	140
Збір тюкованої соломи трактором з фронтальним навантажувачем	6,3	0,16	320
Завантажування тюків соломи на транспортний засіб фронтальним/ телескопічним навантажувачем	50	0,02	40
Варіант 2			
Тюкування соломи прес-підбирачем	15	0,07	140
Збирання тюків соломи автоматичним причепом-підбирачем	40	0,03	60
Завантажування тюків соломи на транспортний засіб фронтальним/ телескопічним навантажувачем	50	0,02	40

* Затрати праці розраховані під час виконання операції однією людиною з однією одиницею техніки

Варто зазначити, що в таблиці наведено усереднене значення для часу завантажування тюків на транспортний засіб. Проте значення цієї величини для телескопічного навантаження є нижчим та становить 0,9 хв/т соломи (два тюка). Відповідна величина для фронтального навантажувача – 1,96 хв/т соломи. Різниця в одну хвилину на тонну навантаженої соломи не видається великою, проте за умови завантажування 2000 т соломи, тривалість робіт зростає від 30 до 65 год (повний однозмінний робочий тиждень).

З інформації в таблиці можна зрозуміти, що варіант збирання великих тюків соломи автоматичним причепом (варіант 2) потребує набагато менше часу, ніж варіант збирання тюків соломи трактором з фронтальним навантажувачем (лише збирання соломи фронтальним завантажувачем вимагає 27 днів навіть за умови 12-годинного робочого дня).

Розглядаючи докладніше варіант 2, видно, що, послідовно здійснюючи операції з тюкування та збирання соломи впродовж 12-годинного робочого дня, виконати їх неможливо, адже такі роботи вимагають понад 14 днів. Тому потрібно виконувати ці операції паралельно, до того ж тривалість становитиме 12 люд.-днів/рік (140 люд.-год/рік).

Як висновок можна зазначити: кількість потрібного обладнання залежить від запланованого обсягу заготівлі соломи, відповідно до потужності обладнання пелетного виробництва.

Операції навантаження/розвантаження

Вантаження тюків можна організувати різними способами. Великі прямокутні та циліндричні тюки навантажуються фронтальним навантажувачем, тракторами-вантажниками,



Рис. 3.12. Завантажування тюків фронтальним навантажувачем

телескопічними навантажувачами та механічними підбирачами-укладчиками тюків (рис. 3.12). Телескопічний навантажувач найефективніше впроваджується з розвантаженням, оскільки досягає висоти штабелів, в яких зберігаються тюки соломи. Для завантаження найчастіше застосовують фронтальні навантажувачі, для цього достатньо прикріпити насадку на будь-який трактор, що є в господарстві. Залежно від обладнання фронтального навантажувача, його вантажопідймальності, вантажної потужності та стійкості, він може нести одночасно один або кілька тюків.

Під час заготівлі великих об'ємів тюкованої соломи використовують сучасні підбирачі тюків. Поєднання в

одній установці функцій збору, транспортування та розвантаження тюків дає змогу максимально ефективно й з великою продуктивністю організувати процес логістики заготівлі. Такими автоматизованими підбирачами можна перевозити близько 12 тюків розміром 0,9 × 1,2 м. Завдяки цьому зручно зібрати тюки, розкидані на полі, та відвести їх до місця завантаження – вантажного автопоїзду або безпосередньо до проміжного складу.

Нижче наведено характеристики спеціалізованого підбирача тюків на прикладі виробника MORRIS (табл. 3.13). Загальний вигляд підбирачів тюків у процесі збирання, транспортування та розвантаження зображено на рис. 3.13 та рис. 3.14.

Табл. 3.13. Основні характеристики підбирачів тюків MORRIS HD4SR та 12SR

Параметри роботи	HD4SR	12SR
Мінімально-максимальна довжина тюка, м	2–2,6	2–2,6
Максимальна вага тюка для підймання, кг	1361	1361
Максимальна вага вантажу для перевезення, кг	4082	6350
Продуктивність, т/год	30–50	70–90
Вага навантажувача, кг	3175	3175
Ширина навантажувача, м	3,27	3,48
Мінімальна висота сховища для розвантаження всередині	5,64	5,64
Вимоги до трактора		
Потужність трактора, к.с.	110–140	110–140
Тиск у гідравлічній системі, кг/см ²	158	158



Рис. 3.13. Автоматичний причіп для збирання, транспортування та вивантаження тюків соломи

Для виконання робіт з підбирання та укладання тюків соломи в стоги, сховища або на транспортні засоби використовують телескопічні навантажувачі (рис. 3.15). Також для прикладу зазначаємо технічні характеристики навантажувача Deutz Fahr з вантажопідйманням 4 т (табл. 3.14).



а)



б)



в)

а) MORRIS 12SR; б) MORRIS HD4SR;

в) SMS SP K31, Чеська Республіка

Рис. 3.14. Спеціалізовані підбирачі великих прямокутних тюків солом

Табл. 3.14. Технічні характеристики навантажувача Deutz Fahr

Максимальна потужність двигуна, кВт/к.с.	75/102
Максимальна вантажопідіймальність, т	4,00
Максимальна вантажопідіймальність за максимального вильоту стріли, т	4,00
Максимальна висота підймання, м	7,90
Габарити (максимальна висота), м	2,45
Габарити (максимальна ширина), м	2,38
Дальність подавання стріли, м	3,80
Номінальна вага, т	8,10



а)



б)



в)

а) навантажувач фірми Claas; б) навантажувач фірми Deutz Fahr;
в) навантажувач фірми Storti

Рис. 3.15.Телескопічні навантажувачі закордонного виробництва

Ще одним аргументом для використання в енергетичних цілях саме великих тюків соломи є працезатрати на обробку малих тюків, що становлять близько 72 хв/т під час ручного завантажування-розвантажування. Це втричі більше, ніж потрібно для обробки циліндричних тюків і в 5,5 раза більше того, що потрібно для обробки великих тюків (рис. 3.16).

Як бачимо, затрати праці для різання соломи на січку або для обробки середніх тюків однакові й становлять 17 хв/т. Під час обробки великих тюків працезатрати становлять усього 13 хв/т. Це є істотним скороченням потрібних працезатрат. Значне скорочення затрат тяжкої фізичної праці виявилось основною причиною того, що малі тюки були майже повністю витіснені з ринку циліндричними, середніми і великими тюками.

У ситуації обмеження строків заготівлі агропідприємствами або зміни графіку щоденної роботи, для забезпечення заготівлі потрібних об'ємів соломи (приблизно 3500 тюків), набір техніки може змінюватися. Для того щоб оцінити, як впливають ці зміни графіка роботи на комплектування технікою, можна виходити з розрахунку, наведеного в наступній табл. 3.15. Для кожного варіанта набору техніки та добового графіка роботи в полі відповідає чітко визначена фік-

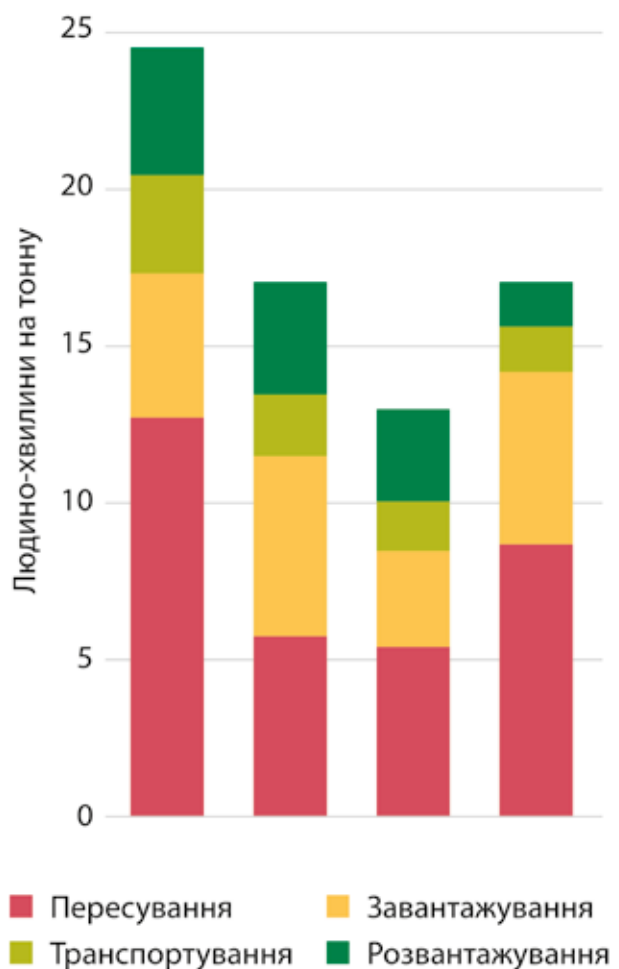


Рис. 3.16. Працезатрати, потрібні для пресування/різання соломи, завантажування, транспортування її в сховище та розвантажування

сована кількість варіантів за днями роботи у полі. Однаковим кольором

позначені «коаксіальні» варіанти, що підходять один одному. Наприклад, для 16-годинного робочого дня та умови обмеження збирання соломи на полі, скажімо, упродовж чотирьох днів, потрібно використати 2 прес-підбирачі та 3 комплекти «маніпулятор + платформа». Під час організації цілодобової роботи у полі (24-годинний

робочий день) у цьому варіанті вже достатньо одного преса та двох комплектів «маніпулятор + платформа». Слід зауважити, що час на роботу маніпулятора з причепом та час роботи тюківника (преса) не варто додавати, оскільки ці дві категорії техніки можуть працювати паралельно (тобто один за одним).

Табл. 3.15. Взаємоузгодження різних наборів техніки з різною продуктивністю

Робочі години за одну добу	Кількість робочих днів на полі (1 прес-підбирач)	Кількість робочих днів на полі (2 прес-підбирача)	Загальна кількість робочих днів на полі (1 комплект платформа + маніпулятор)	Загальна кількість робочих днів на полі (2 комплекти платформа + маніпулятор)	Загальна кількість робочих днів на полі (3 комплекти платформа + маніпулятор)
8	12	6	20	10	7
12	8	4	14	7	5
16	6	3	10	5	4
20	5	3	8	4	3
24	4	2	7	4	3

Перевезення

Для перевезення тюкованої соломи широкого використання набули переобладнані вантажівки або вантажні причепа. Розмір завантажування становить від 6 до 24 тюків. Під час ро-

боти причепів-самонавантажувачів та автопоїздів, особливо на великих відстанях, автомобіль нерідко буксирує два причепа, до того ж розмір одного завантажування досягає 24-х тюків за одну ходку (рис. 3.17, рис. 3.18).



Рис. 3.17. Трактор-навантажувач може завантажити 24-ма великими тюками вантажівку і причіп



Рис. 3.18. Тюки закріплюються ремнями, які забезпечують їхню безпечну доставку до місця зберігання

Залежно від відстані між складом і виробництвом, доставку тюків також можна здійснювати або трактором, або вантажним автотранспортом. І оскільки перевезення здійснюється трактором, то швидкість транспортування є досить низькою. Отже, можливості перевезення теж значно нижчі проти перевезень вантажним транспортом, а із збільшенням відстані ця різниця стає відчутнішою.

Під час перевезень довгомірних вантажів, на вантажні автомобілі (рис. 3.19), як правило, завантажують 12 тюків на його платформу і 12 – на причіп-платформу. Завантажування відбувається у 2–3 яруси. Для перевезень на незначні відстані широко застосовують навантаження близько 16–20 тюків на автотранспорт. Розвантаження на паливному складі здійснюється за допомогою фронтального/телескопічного навантажувача або спеціальних кранів. За високого ступеня автоматизації процесу розвантаження постають вимоги до точної організації автоперевезення. Тюки повинні мати визначені габарити та не перевищувати допустимої ваги.

На ринку України представлені різні типи причепів-платформи (наприклад, компанії «Завод Кобзаренка» (Україна), фірми «Пронар» (Польща).

Згідно з характеристиками, що надаються виробником (ТОВ «Завод Кобзаренка», Україна), причіп-платформа ПП-12/3 призначена для транспортування круглих тюків солом. Залежно від розміру тюка й особливостей конструкції, платформа вміщує від 18 до 42 тюків (рис. 3.20, табл. 3.16).

Платформа чіпляється до трактора й використовується для перевезення тюків солом полями і прилеглими територіями, тобто на невеликі відстані.



Рис. 3.19. Перевезення великих тюків солом та розвантаження їх за допомогою кранів



Рис. 3.20. Причіп-платформа для перевезення циліндричних тюків ПП-12/3 (виробництво ТОВ «Завод Кобзаренка», Україна)

Завдяки максимальній швидкості причепів, що дорівнює 40 км/год, тюки соломи можливо перевозити на більшій відстані. Модельний ряд представлено дво- та триколісними моделями з регульованою площею завантаження, яка регулюється: Т022 – вантажопідіймальність 7,3 т, Т023 – вантажопідіймальність 11,3 т. Новинкою

є моделі на ресорах з підвищеною вантажопідіймальністю: двовісні Т025 (9 т) і трьохвісні Т026 (14 т), використання яких дасть змогу перевозити великі тюки соломи більш продуктивніше. Вартість моделі Т026М на ринку України становить 17 000 євро з ПДВ. Строк постачання – 21 день.

Табл. 3.16. Характеристики причепа-платформи ПП-12/3⁵

Показники	ПП-12/3 (відновлена рама та підвіска)	ПП-12/3 (підвіска, Італія)	ПП-12/3 (посилена підвіска, Італія)
Ціна, тис. грн	159,69	173,15	183,15
Повна маса, кг	21 000	14 500	21 000
Маса причепа, кг	5 000	4 500	5 000
Вантажопідіймальність, кг	16 000	10 000	16 000

5 http://www.kobzarenko.com.ua/platform_1pts-12.php

Показники	ПП-12/3 (відновлена рама та підвіска)	ПП-12/3 (підвіска, Італія)	ПП-12/3 (посилена підвіска, Італія)
Місткість тюків, шт.			
- тюк Ø 1,2 м, довжиною 1,2 м, вагою до 300 кг	42	40	42
- тюк Ø 1,5 м, довжиною 1,5 м, вагою до 450 кг*	34	26	34
- тюк Ø 1,8 м, довжиною 1,5 м, вагою до 700 кг*	22	18	22
Розміри платформи			
Довжина, мм	12 000	12 000	12 000
Висота від землі, мм	1 370	1 200	1 300
Ширина, мм (для тюків Ø 1,2 м)	2 500	2 500	2 500
Ширина, мм (для тюків Ø 1,5-1,8 м)	3 000	3 000	3 000
Шини	16,5/70–18	400/60–15,5	16,5/70–18
Матеріал рами	Швелер 27П	Швелер 16П	Швелер 20П
Ходова частина	Трьохосьовий агрегат на балансирах (або на ресорах) з поворотним кругом	Трьохосьовий агрегат на балансирах з поворотним кругом (вісь ADR d=70)	Трьохосьовий агрегат на балансирах з поворотним кругом (вісь ADR d=80)

* Обов'язкове розширення до 3 м

Для транспортування тюків соломи на невеликій відстані також можна використовувати трактор зі спеціальним причепом, що здійснює самонавантаження тюків соломи. За допомогою таких причепів можна перевозити до 12 великих тюків соломи (рис. 2.1.7–2.1.8 і табл. 2.1.4). Причіп призначений для підбору, транспортування та складування прямокутних тюків довжиною до 2,5 м. Технічні характеристики такого транспортного засобу (на прикладі моделі SMS SP-K31 (Чеська Республіка)) наведено в табл. 2.2.3. Вартість такої моделі – 33 000 євро (з ПДВ). Варто зазначити, що перевезення соломи таким причепом-платформою можливо здійснювати на проміжний склад на значній відстані від поля. Важлива перевага його використан-

ня для транспортування соломи на проміжний склад: не потрібне додаткове перевантаження соломи, як результат – заощаджується час та пально-мастильні матеріали.



Рис. 3.21. Причіп-платформа Pronar

Табл. 3.17. Технічні характеристики моделей причепів-платформ Pronar

Pronar	T022M	T025M	T023M	T026M
Допустима загальна маса, кг	10 000	12 000	15 000	18 000
Вантажопідіймальність, кг	7 360	9 040	11 300	13 720
Власна вага, кг	2 640	2 960	3 700	4 280
Завантажувальна поверхня, м ²	16,4	16,4	24	24
Довжина завантажувальної платформи, мм	6 495	6 495	9 695	9 695

Pronar	T022M	T025M	T023M	T026M
Довжина завантажувальної поверхні, мм	6 740	6 740	9 880	9 880
Ширина завантажувальної поверхні	2 517/2 410	2 517/2 410	2 517/2 410	2 517/2 410
(з рантами/без рант), мм	9 135/2 500/ 2 830	9 135/2 550/ 2 860	11 995/2 500/ 2 830	11 995/2 550/ 2 860
Габаритні розміри (довжина/ширина/висота), мм	1 680	1 680	1 680	1 680
Висота бортів (від поверхні платформи), мм	1 150	1 180	1 150	1 180
Висота платформи від поверхні, мм	1 730	1 820	1 730	1 820
Колісна колія, мм	40	40	40	40
Конструкційна швидкість, км/год	67,6/49,7	72,8/53,5	83,2/61	93,6/68,8
Потужність трактора, не менше, к.с./кВт	67,6/49,7	72,8/53,5	83,2/61	93,6/68,8

Табл. 3.18. Технічні параметри причепа-самонавантажувача SMS SP-K31

Характеристика	Показники
Завантажування тюків, шт.	90x120x2500
	70x120x2500
	80x80x2500
Вантажопідіймальність, кг	6000
Транспортна ширина, м	2,71
Транспортна довжина, м	2,8
Вага причепа без вантажу, кг	3670
Максимальна вантажопідіймальність, кг	6000
Потужність трактора, що вимагається (мін./макс.), к.с.	100/130
Час завантажування тюка, сек	60
Транспортна швидкість, км/год	25

Перевезення тюків соломи зі складу в полі (проміжного складу) до виробника пелет може здійснюватися такими транспортними засобами:

- вантажівка типу «платформа»;
- вантажівка з причепом типу «платформа».

Вантажівки типу «платформа» можна використовувати для транспортування тюків соломи поза полем та прилеглою територією на середній відносно великій відстані. Залежно від марки, особливостей конструкції та деяких інших чинників орієнтовна ціна вантажівок-платформ (уживана техніка) коливається від 140 до 550 тис. грн. Вантажопідймальність (без причепа) – до 15 тонн. Особливостю цих транспортних засобів є те, що деякі моделі таких вантажівок можуть бути обладнані маніпулятором, що допомагає здійснювати самостійне завантажування та розвантажування тюків соломи без додаткового окремого маніпулятора. Це зменшує кількість одиниць техніки, потрібної для заготівлі соломи, – на складах може не бути фронтального/телескопічного навантажувача.

Остаточний вибір техніки для транспортування тюків від проміжного складу соломи до виробника пелет варто зробити з урахуванням особливостей промислового майданчика. Такі особливості мають враховувати параметри під'їзних шляхів та бути співставними з габаритними розмірами вантажівок.

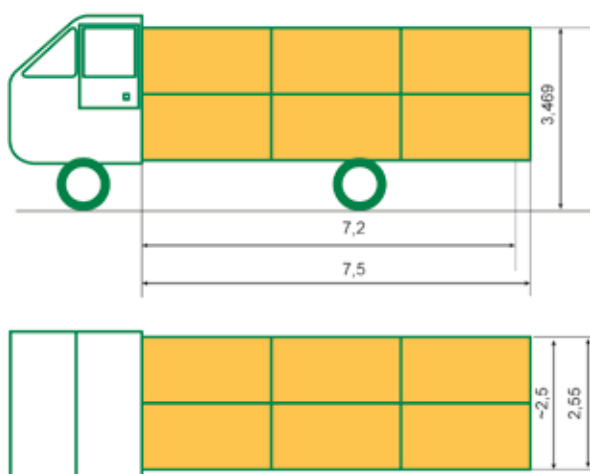


Рис. 3.22. Схема розміщення 12-ти тюків соломи на вантажівці

Складування

Солома, призначена для виробництва пелет, повинна зберігатися в умовах, що забезпечують її захист від замокання, гниття, займання. Солому можна зберігати як у закритих приміщеннях, так і на вулиці (рис. 3.23, рис. 3.24). Зберігання у закритих приміщеннях допомагає підтримувати вологість соломи на одному рівні, запобігає гниттю. Великі склади соломи мають питоме навантаження на площу складу 1,5–2,5 т/м². Важливо забезпечити вільний доступ до соломи для спрощення зберігання та процесів її навантаження і розвантаження. Для операцій з великими тюками потрібен трактор із фронтальним навантажувачем. Крім того, у приміщенні має бути достатньо вільного місця для маневрів розвантажувача/навантажувача.

Зберігання на вулиці є значно дешевшим і, хоча більше підходить для короткочасного зберігання, найширше застосовується підприємствами з виробництва пелет із соломи в Україні. Під час зберігання просто неба існує ризик підвищення вологості соломи (особливо її верхнього шару) до 30–40 %. Також соломі можна зберігати під плівковим покриттям (рис. 3.26), але це не рекомендується за умов вітряного клімату. Як альтернатива, соломі можна загорнути у плівку, що розтягується і є вітростійкою (рис. 3.25).





Рис. 3.23. Зберігання тюкованої соломи під навісом



Рис. 3.24. Зберігання тюкованої соломи в ангарі



Рис. 3.25. Зберігання тюкованої соломи, загорнутої в плівку, просто неба

Рис. 3.26. Зберігання тюкованої соломи просто неба під захисною плівкою



Основні вимоги до проміжного складу соломи

Склад соломи призначений зберігати цю сировину після доставки з поля до моменту відвантаження для перевезення на оперативний склад виробництва пелет.

Проектування складу має здійснюватися відповідно до вимог чинних нормативних документів та згідно з Технічним завданням на проектування, що розробляється власником проекту спільно з проектною організацією.

Вимоги до конструкції складу повинні базуватися на забезпеченні технологічних вимог щодо організації процесів приймання, завантажування/розвантажування та зберігання тюкованої соломи та умов розміщення будівельного майданчика.

Основні функції та робочі операції на складі в умовах виробництва пелет:

- приймання тюків, що перевозяться автомобільним транспортом з полів агропостачальників, за кількістю, вагою та якісними характеристиками;
- розвантажування тюків з автомобілів та завантажування на склад для зберігання;
- навантаження на автомобіль для перевезення на оперативний склад виробництва пелет;
- ведення відповідної документації щодо кількості прийнятих та відвантажених тюків, їхньої ваги, вологості та інших характеристик.

Розглянемо типовий масштаб складу для невеликого виробництва – 2000 тонн соломи із середньою вологістю 15 %, період зберігання соломи – із серпня по квітень (8–9 місяців на рік). Орієнтовна кількість тюків при цьому становить 3000–3400 штук (розмір тюка 2,5х1,2х1,27 м, вага тюка – 600–650 кг).

Для здійснення навантажувально-розвантажувальних операцій передбачається застосування телескопічного навантажувача (виліт стріли з трьома тюками – до 5,5 м). Спеціальної навантажувально-розвантажувальної техніки всередині складу (тельферів, козових кранів тощо) не передбачається.

Для операцій зважування передбачається застосування автомобільних платформних ваг (наприклад, типу «ТВА-60-24 «Стандарт-С» Економ» виробництва НПП «Техноваги» з фундаментною частиною котлованного типу для статичного зважування вантажів, що перевозяться автотранспортом, вагою до 60 т. Розмір платформи – 24х3 м).

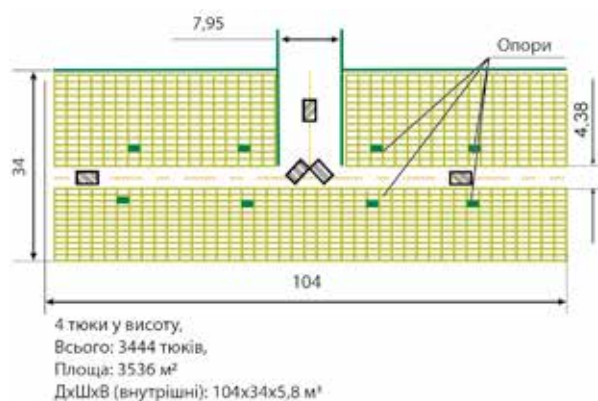
Вимірювання вологості тюків передбачається у формі експрес-аналізу з використанням вологомірів-термошупів.

За попередніми розрахунками, потрібна площа складу для зберігання такого об'єму соломи становить 3300–3536 м² за висоти складування в чотири тюка або 2516 м² за висоти складування в п'ять тюків. Загальна висота будівлі становитиме за цим відповідно 7 м або 8,5 м. Приклади компоновок тюків на складі, що відповідають зазначеним площам, показано нижче (рис. 3.27). Варіант «А» передбачає складування чотирьох тюків у висоту, а також можливість центрального проїзду в складі. Інші варіанти – «Б» і «В» (рис. 3.27) передбачають суцільне заповнення складу, без внутрішніх ділянок для проїзду, і відрізняються лише висотою складування (п'ять або чотири тюки вгору). Під час складування п'яти тюків досягається найбільша компактність складу. Більша висота складування не може бути досягнута за допомогою навантажувально-розвантажувальних машин за тієї ж вантажопідймальності (виліт стріли не дає змоги цього зробити, існує ризик перевертання).

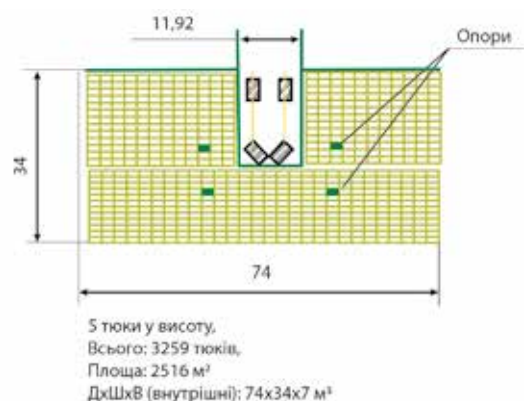
Для всіх варіантів, у ситуації закритого складу, варто передбачити додаткові ворота в торцях складу для змоги провадити завантаження віддалених частин складу, а не тільки через центральний заїзд, показаний на схемах, що скоротить шлях переміщення телескопічного навантажувача.

Тюкована солома повинна зберігатись у сухому приміщенні для запобігання підвищення її вологості понад 22%, що передбачає захист від пря-

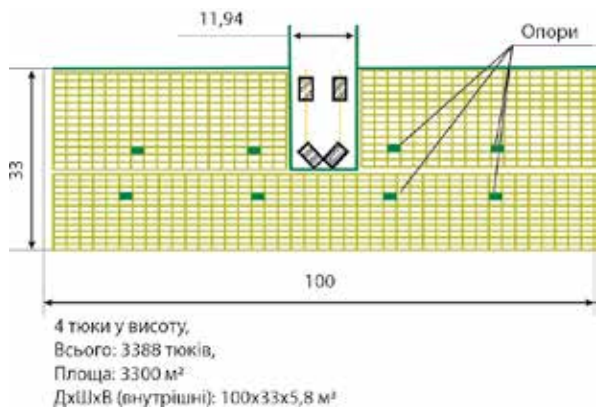
мого потрапляння вологи від дощів та снігу, а також запобігання зволоження нижніх тюків від контакту із ґрунтом чи поверхневими водами. Крім того, повітрообмін у складі за рахунок природної або штучної вентиляції повинен забезпечувати відведення вологи, що може виділятися у процесі природного підсушування занадто вологих тюків. Опалення складів тюкованої соломи, як правило, не передбачено.



Варіант «А»



Варіант «Б»



Варіант «В»

Аналіз зарубіжної практики енергетичного використання тюкованої соломи показує, що зберігання тюків на відкритих майданчиках вважається допустимим лише протягом відносно короткого періоду (до трьох місяців). У певних ситуаціях застосовують зберігання тюків під навісами (тобто в складах без бокових стін). Такі склади переважно захищають від прямого

Рис. 3.27. Оцінки компоновки та габаритних розмірів складу тюків для зберігання 2000 т соломи/рік

потрапляння вологи, проте не завжди забезпечують надійний захист від вологи, що переноситься вітром під час опадів. Здебільшого тюкована солома, яку передбачено переробляти на пелетному виробництві, для енергетичного використання на електростанціях чи в системі централізованого тепlopостачання, зберігається в закритих складах, бокові стіни яких

зібрані з легких конструкцій, або в закритих капітальних будівлях, що раніше використовувались для інших потреб. Вибір між використанням навісу чи закритого складу, крім вартісного чинника, залежить також від потреби виконувати протипожежні вимоги, особливо під час розміщення складу соломи поблизу інших будівель. Крім того, переважне використання в зарубіжній практиці закритих складів соломи поблизу виробництва пелет спрощується необов'язковістю будівництва великих складів для зберігання всього річного об'єму соломи, а лише оперативного складу, розрахованого на забезпечення 3–10 днів автономної роботи виробництва. Усі запаси соломи зберігаються в господарствах постачальників, що забезпечують її доставку за узгодженими графіками. Завдяки цьому навіть у Данії електростанції із встановленою електричною потужністю 3–16 МВт, що використовують тюковану солому, зберігають на складі не більш як 1000–1100 т соломи.

Хоча практика будівництва великих складів тюкованої соломи наразі не поширена серед виробників пелет, з огляду на переваги такого способу зберігання, варто навести основні вимоги до подібних складів.

Конструктивні рішення центрального складу повинні враховувати такі умови:

- фізичні та механічні характеристики тюків (маса, форма, габарити, питома вага та ін.);
- площа та об'єм складу для зберігання потрібного запасу сировини;
- компоновка обладнання повинна забезпечувати оптимальну механізацію та автоматизацію технологічних процесів, безпечне та зручне обслуговування;
- можливість в'їзду та маневру автотранспорту для розвантаження за-

лежно від технічних характеристик автотранспорту (висота, ширина, споряджена маса, радіуси розворотів, висота підйому навантажувачів та вантажопідіймальність на витягнутій стрілі, висота до перекриття та ін.);

- забезпечення допустимих рівнів шуму, пожежної безпеки та стійкості конструкцій;

- забезпечення потрібних умов зберігання, недопущення щодо підвищення рівня вологості тюків, забезпечення сприятливих умов для природного підсушування соломи, що надійшла на склад з підвищеною вологістю (понад 20 %).

Нижче надано основні конструкції складів для тюкованої соломи (рис. 3.28).

У будь-яких ситуаціях потрібно забезпечити розміщення складу на підвищенні, якого було б достатньо, щоб запобігти потрапляння дощових чи інших поверхневих вод усередину будівлі.

Розміщення центрального складу має відповідати вимогам ДБН 360-92** «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень». Залежно від виду складів (вбудовані, прибудовані й такі, що стоять окремо) повинні бути передбачені протипожежні заходи, зокрема протипожежні розриви 8–10 м (ДБН 360-92** «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень», табл. 1 додатку 3.1). Для відкритих складів соломи відстань до інших будівель та споруд – 30–48 м (Додаток 7, ДБН Б.2.4-3-95 «Генеральні плани сільськогосподарських підприємств». Під час зберігання матеріалів під навісами, що виконані з незаймистих матеріалів, відстані можуть бути зменшені вдвічі.

Вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки об'єктів та споруд визначені ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека

об'єктів будівництва». Відповідно до групи горючості матеріалів (Г1–Г4), що можуть бути застосовані в будівництві

складу, ступінь їхньої вогнестійкості (III, IIIa, IIIб) визначається згідно з Додатком 1 (табл. 3.18).

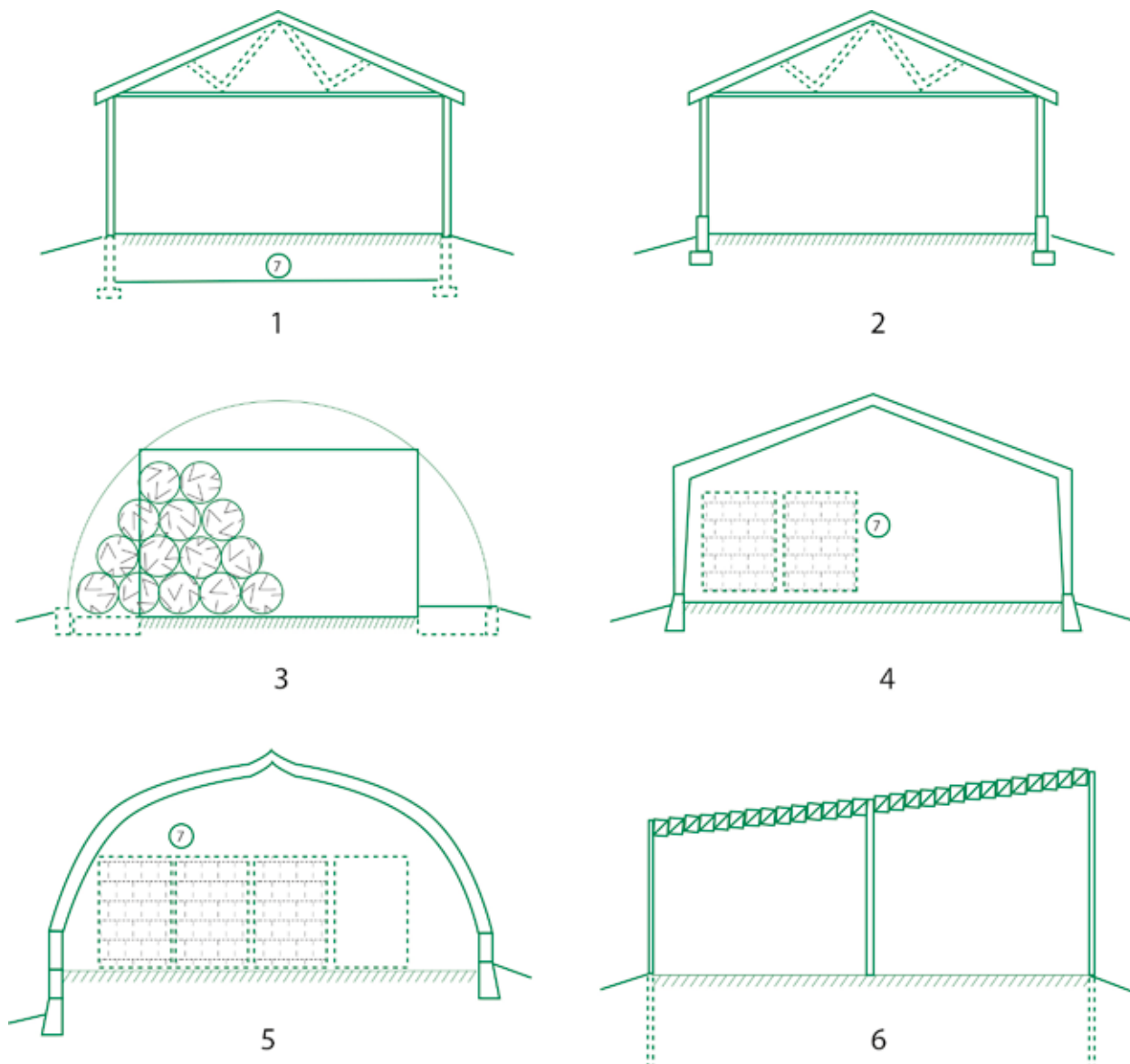


Рис. 3.28. Конструкції складів для зберігання тюкованої соломи:

- 1 – стовпчастий каркас;
- 2 – дерев'яний каркас;
- 3 – безрамна аркова структура;
- 4 – жорстка сталева рамна структура;
- 5 – дерев'яна арка;
- 6 – сталевий каркас на палях, з відкритими стінами

Табл. 3.18. Класи будівель за пожежонебезпечністю

Ступінь вогнестійкості	Конструктивні характеристики
III	Будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриття дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1, Г2. До елементів покриттів не висовуються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, до того ж елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.
IIIa	Будинки переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса з металевих незахищених конструкцій. Огороджувальні конструкції з металевих профільованих листів або інших негорючих листових матеріалів з негорючим утеплювачем або утеплювачем груп горючості Г1, Г2.
IIIб	Будинки переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи дерев'яного каркаса з вогнезахисною обробкою. Огороджувальні конструкції виконані із застосуванням деревини або матеріалів на її основі. Деревина та інші матеріали групи горючості Г3, Г4 огорожувальних конструкцій мають бути піддані вогнезахисній обробці або захищені від дії вогню та високих температур.

Вимоги до системи протипожежного захисту повинні відповідати вимогам ДБН В.2.5-56:2010 «ДБН. Системи протипожежного захисту» й містити комплекс заходів щодо проектування систем пожежної сигналізації (СПС), автоматичних систем пожежогасіння (АСПГ) та ін. Системи пожежної сигналізації призначені для раннього виявлення пожежі та подавання сигналу тривоги. Рішення про вибір системи оповіщення ухвалює проектна організація, що має відповідну ліцензію на даний вид діяльності. Відповідно до Додатку Г.1, приміщення категорії «В» належить обладнувати системою оповіщення першого типу для од-

ноповерхових будівель та другого типу – для двох та більше поверхів. Для відповідних систем оповіщення існують вимоги та рекомендації щодо встановлення відповідних способів і зон оповіщення: дзвінок та світловий показник «Вихід» для всіх приміщень (Додаток Г.2). Умови обладнання приміщень і споруд СПС та АСПГ залежно від призначення та площі споруди визначаються згідно з Додатком В.2. Варто зазначити, що ці норми не поширюються на проектування СПС та АСПГ складських будинків для зберігання горючих сипучих матеріалів, що зберігаються насипом (п. 1.5 документа).

Табл. 3.19. Протипожежне обладнання будівель

№ з/п	Призначення приміщення	Умови обладнання СПС	Умови обладнання АСПГ	Додаток, пункт
1	Приміщення тракту паливоподачі і закриті склади твердого палива	Незалежно від площі	Незалежно від площі	В.2 п. 1.14

№ з/п	Призначення приміщення	Умови обладнання СПС	Умови обладнання АСПГ	Додаток, пункт
2	Склади горючих матеріалів	За площі приміщення до 1000 м ²	При площі приміщення 1000 м ² і більше	В.2 п. 9.5
3	Приміщення котельних установок на твердому паливі	Незалежно від площі	Незалежно від площі	В.2 п. 1.4
4	Закриті складські приміщення пальної сировини, горючої продукції і тари із горючих матеріалів	За площі приміщення від 100 м ² до 1000 м ²	За площі приміщення понад 1000 м ²	В.2 п. 10.7

Отже, згідно з наведеними матеріалами можна зробити висновок, що для закритих паливних складів обов'язковим є обладнання їх СПС та АСПГ, для інших складів горючих матеріалів – облаштування АСПГ для складів площею понад 1000 м кв.

Вимоги щодо гарантування безпечних умов роботи з тюками, зокрема зарубіжний досвід їх використання, вимагають обережного поводження з великими прямокутними тюками, що у разі падіння можуть становити серйозну загрозу травмування чи навіть для життя працівників через свою велику вагу. Зазначається, що штабелі таких тюків є більш стійкими до падіння, ніж малі тюки, проте під час складування рекомендується дотримуватись певних правил:

- штабель повинен мати ширшу основу та дещо звужуватись вгору;
- потрібно, щоб у висоту штабеля шари тюків по чергово укладалися з перекриттям тих тюків, які розташовуються нижче, приблизно на половину ширини одного тюка, вздовж всього периметра штабеля, що буде зв'язувати нижні шари тюків та не давати їм розвалитися;
- висота штабеля не має бути більшою, ніж півтори ширини першого шару тюків («основи піраміди»);

- розміри та конфігурація штабеля повинні забезпечувати його доступність для розвантаження;

- допускається складання не більш як 10 тюків заввишки на твердій підлозі (наприклад, бетонній) та до восьми тюків в інших ситуаціях (але слід також зважати на загальну висоту штабеля).

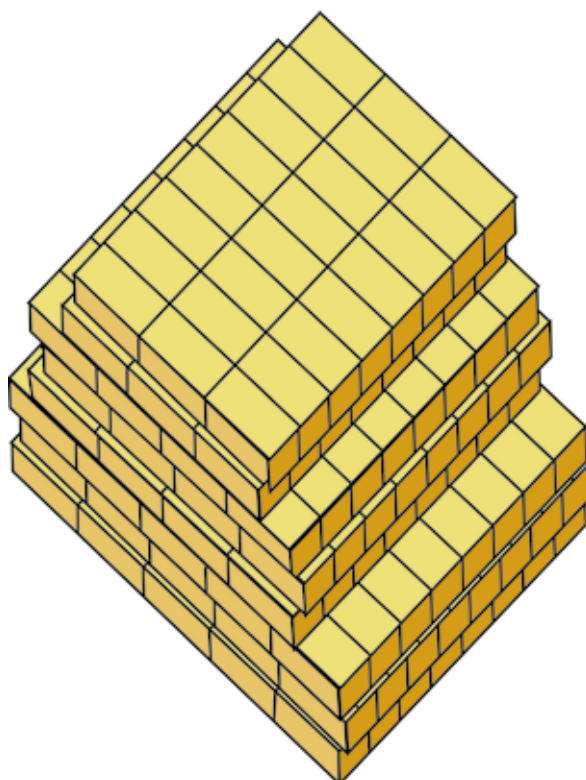


Рис. 3.29. «Пірамідальний» метод складання тюків із зсувом

Крім того, слід забезпечити опорні конструкції складу від імовірного пошкодження в разі падіння тюків, що передбачає застосування достатньо надійних конструкцій на етапі проектування і будівництва та їх захист, згідно із СНиП 2.11.01-85*.

На центральному складі може бути організовано робоче місце комірника, розміщене, приміром, у прибудові складу. Для ведення обліку складських операцій, прибудова може бути обладнана потрібною комп'ютерною технікою, зокрема комп'ютер забезпечити зв'язком із системою зважування машин за допомогою інтерфейсу RS-232. Також слід задовольнити хоча б мінімальні потреби щодо побутових та санітарно-гігієнічних умов (освітлення, опалення, сантехніка, водопровід та каналізація) у роботі комірника.

Конструкція складу повинна забезпечити максимально можливе використання денного природного освітлення, зважаючи на те, що основні операції на складі передбачаються протягом світлого періоду доби. Штучне освітлення бажано проектувати з можливістю позонного вмикання для заощадження електроенергії (освітлення тільки у вечірній час і лише тієї частини складу, де працюватиме телескопічний навантажувач). Потрібно уникати використання ламп розжарювання через їхню більшу пожежо-небезпечність. Зовнішнє та внутрішнє освітлення має відповідати вимогам ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення».

Значну увагу слід приділити проектуванню під'їзних шляхів до складу, що забезпечуватимуть зручний під'їзд та завантаження-розвантаження транспорту з урахуванням габаритів, радіусів розвороту, забезпечення двостороннього руху тощо.



Орієнтовна структура логістичних витрат

Нижче докладно представлено витрати на організацію всіх етапів логістики соломи від поля до подавання соломи

у дробарку на виробництві (табл. 3.20, табл. 3.21).

Табл. 3.20. Структура логістичних витрат для Концепції логістики № 1

Етап логістики	євро/т* 1 EUR = 28 UAH	% від загальних витрат
Середня ціна соломи в полі у валку за пропозиціями агровиробників	7,43	36%
Тюкування (12-годинна зміна)		
Операційні витрати на процес тюкування (пально-мастильні матеріали + технічне обслуговування, усунення несправностей на місці у трактора і тюківника)	0,53	29 %
Операційні витрати на процес збирання тюків з поля навантажувачем + трактором-прицепом (пально-мастильні матеріали + технічне обслуговування, усунення несправностей на місці трактора/причепа)	0,26	14 %
Процедури навантаження-розвантаження	0,31	17 %
Зарплата водія/оператора трактора/тюківника	0,03	2 %
Зарплата водія трактора-причепа для збору тюків	0,03	2 %
Зарплата водія маніпулятора	0,03	2 %
Вартість матеріалів (стрічка, провіолока)	0,45	25 %
Інші непередбачувані витрати (9 %)	0,16	9 %
ЗАГАЛОМ ДЛЯ ТЮКУВАННЯ (польові роботи):	1,83	9 %
Перевезення** (8-годинна зміна)		
Операційні витрати на транспортування вантажівкою з маніпулятором (пально-мастильні матеріали + технічне обслуговування, усунення несправностей на місці у вантажівки)	2,91	83 %
Зарплата водія/оператора вантажівки	0,29	8 %
Інші непередбачувані витрати (9%)	0,31	9 %
ЗАГАЛОМ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ:	3,51	17 %
Зберігання (12-годинна зміна)		
Вартість складування та операцій вантаження на виробничому складі (№ 3)	1,83	43 %
Вартість складування та операцій вантаження на проміжному складі (№ 2)	1,6	38 %
Вартість складування та операцій вантаження на тимчасовому складі в полі (№ 1)	0,41	10 %

Етап логістики	євро/т* 1 EUR = 28 UAH	% від загальних витрат
Інші непередбачувані витрати	0,38	9 %
ЗАГАЛОМ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ:	4,21	20 %
ПРОЦЕДУРИ ПЛАНОВОГО ТЕХОГЛЯДУ ТРАНСПОРТУ ТА УСУНЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ	3,7	18 %
ЗАГАЛОМ	20,7	100 %

* Тут і далі курс євро до гривні дорівнює 28 євро/грн. До того ж передбачається, що витрати ростуть не пропорційно до зміни курсу (оскільки є велика частка внутрішнього складника), а на 25 % від зміни курсу.

** Середньозважені показники для чотирьох постачальників (максимальна відстань – 70 км, мінімальна – 15 км).

Табл. 3.21. Структура логістичних витрат для Концепції логістики № 3

Етап логістики	євро/т* 1 EUR = 22 UAH	% від загальних витрат
Середня ціна соломи в полі у валку за пропозиціями агровиробників	7,43	46,5 %
Тюкування (12-годинна зміна)		
Операційні витрати на процес тюкування (пально-мастильні матеріали + технічне обслуговування, усунення несправностей на місці у трактора і тюківника)	0,37	24 %
Операційні витрати на процес збирання тюків з поля навантажувачем + трактором-прицепом (пально-мастильні матеріали + технічне обслуговування, усунення несправностей на місці трактора/причепа)	0,21	14 %
Процедури навантаження-розвантаження	0,26	17 %
Зарплата водія/оператора трактора/тюківника	0,03	2 %
Зарплата водія трактора-причепа для збирання тюків	0,03	2 %

Етап логістики	євро/т* 1 EUR = 22 UAH	% від загальних витрат
Зарплати водія маніпулятора	0,03	2 %
Вартість матеріалів (стрічка, провіолока)	0,45	30 %
Інші непередбачувані витрати (9 %)	0,14	9 %
ЗАГАЛОМ ДЛЯ ТЮКУВАННЯ (польові роботи):	1,51	9,5 %
Перевезення** (8-годинна зміна)		
Операційні витрати на транспортування вантажівкою з маніпулятором (пально-мастильні матеріали + технічне обслуговування, усунення несправностей на місці у вантажівки)	0,47	36 %
Зарплата водія/оператора вантажівки	0,71	55 %
Інші непередбачувані витрати (9%)	0,12	9 %
ЗАГАЛОМ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ:	1,30	8 %
Зберігання (12-годинна зміна)		
Витрати на електроенергію (освітлення, автоматичні ворота, автоматика, система пожежогасіння)	0,16	7 %
Операційні витрати на процедури навантаження/розвантаження маніпулятором на складі (пально-мастильні матеріали + технічне обслуговування)	0,06	3 %
Зарплата комірника (робітник складу)	0,61	28 %
Зарплата водія маніпулятора	0,61	28 %
Система охорони та сигналізації	0,12	6 %
Затрати на оренду/використання складу в полі для тимчасового зберігання тюків до початку перевезення	0,41	19 %
Інші непередбачувані витрати	0,19	9 %
ЗАГАЛОМ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ	2,16	13 %
ПРОЦЕДУРИ ПЛАНОВОГО ТЕХОГЛЯДУ ТРАНСПОРТУ ТА УСУНЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ		
	3,71	23 %
ЗАГАЛОМ	16,11	100 %

* Перевезення 12 тюків/ходку туди і назад

3.2.2. Подрібнення

Солома, що надходить на виробництво у вигляді тюків, подрібнюється у два, а інколи і в три етапи. На першій стадії тюк розділяють на окремі частини, і солому

подрібнюють до фракції довжиною приблизно 5–25 мм за допомогою соломорізки-подрібнювача тюків.



а) дробарка REKA, Данія⁶



б) дробарка Danagri-3S, Великобританія



в) соломорізка-подрібнювач Віоекопром, Україна⁷



г) дробарка Cedrus, Польща⁸

Рис. 3.30. Види дробарок для агросировини

6 <http://rekauk.com>

7 <http://www.bioekoprom.com.ua>

8 <http://www.cedrus.org.pl/>

Як правило, подрібнювачі тюків можуть подрібнювати як циліндричні, так і прямокутні тюки. До того ж в їхній конструкції передбачено вловлювання сторонніх домішок (каменів і т. ін.). Шпагат, яким перев'язано тюк, перед подачею на подрібнювач слід зняти.

Подрібнювачі тюків підбираються за продуктивністю відповідно до потрібної продуктивності виробничої лінії. Продуктивність залежить від розміру вічок сита, через яке подрібнена солома йде далі у виробництво (чим менший розмір вічок, тим менша продуктивність).

На дробарку тюк надходить за допомогою транспортера, що може слугувати одночасно накопичувачем тюків на певний період роботи виробничої лінії.

Подрібнена солома далі шнеком (або пневмотранспортом) потрапляє на молоткову дробарку, що розташована близько від подрібнювача тюків (рис. 3.31).



Рис. 3.31. Молоткова дробарка у зв'язці із подрібнювачем агросировини⁹

У деяких конструкціях (наприклад, у лініях СРМ) під подрібнювачем тюків розташовується проміжний подріб-

нювальний пристрій, що за принципом дії схожий на молоткову дробарку, для додаткового подрібнення матеріалу. Після такого подрібнення довжина часток соломи становить близько 25 мм. Слід зазначити, що за більшої довжини, частки соломи гірше транспортуються шнековими транспортерами на наступну стадію подрібнення, через що зменшується продуктивність молоткових дробарок.¹⁰

Після молоткової дробарки розмір часток повинен становити не більш як 1–2 мм, що є достатнім для наступного процесу гранулювання.

Нижче наведено приклади молоткових дробарок (рис. 3.32).

Для якісного подрібнення солома повинна мати вологість не більш як 25 %, інакше продуктивність цього подрібнення істотно зменшиться або процес стане взагалі неможливим. Наприклад, занадто волога солома може блокувати робочі органи подрібнювача тюків.

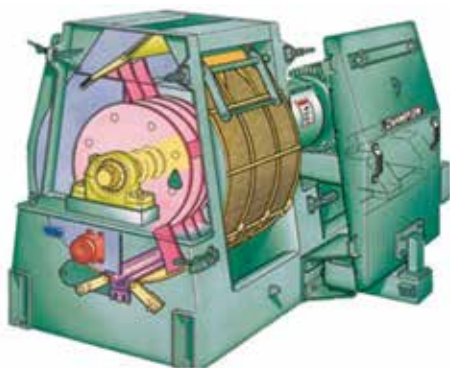
Після тонкого подрібнення сировина системою пневмотранспорту подається в розвантажувальний бункер, оснащений механічним перекидачем, щоб запобігти зависанню подрібненого матеріалу. Звідти матеріал надходить у завантажувальний шнек кондиціонера, що міститься безпосередньо над пресом-гранулятором. Кондиціювання, що відбувається в цьому пристрої, полягає в додаванні пари або гарячої води для нагрівання та зволоження матеріалу, що створює умови для його попереднього розм'якшення. Час перебування матеріалу в кондиціонері визначається його розмірами та швидкістю руху транспортувального органу для забезпечення

9 www.cormall.dk

10 Isemin R., Konyakhin V. et al. Solution of Some Problems which can Occur at Production and Combustion of Straw Pellets and Pellets Made of Agricultural Wastes. <http://www.aidic.it/CISAP4/webpapers/15Isemin.pdf>



а) молоткова дробарка типу ДМ-2Р продуктивністю до 10 т/год¹¹



б) молоткова дробарка типу Champion (CPM)¹²

Рис. 3.32. Типи молоткових дробарок

якісного підігріву та рівномірного зволоження. Кількість води або пари може становити до 80 кг на тонну сировини. Для гранулювання соломи зернових додавання пари потрібне в кількості 4 % до маси сировини¹³. Далеко не всі виробники застосовують пару під час гранулювання соломи, більшість вітчизняних виробників обмежуються гарячою або навіть холодною водою, що порушує умови оптимального перебігу технологічного процесу гранулювання. Застосування води замість пари під час кондиціювання для виробництва кормових пе-

лет показало, що температура пелет після гранулювання була вищою приблизно на 10 °С порівняно з пелетами, отриманими із застосуванням пари, та витрати електроенергії на процес гранулювання були вищими¹⁴.

3.2.3. Гранулювання

Наступною і найбільш важливою стадією є гранулювання подрібненої сировини. Ця стадія виконується в пресах грануляторів такої самої конструкції, що і для гранулювання деревної біомаси. Основними типами прес-грануляторів, за їхніми конструктивними характеристиками, є гранулятори з плоскими та кільцевими циліндричними матрицями (рис. 3.33).

Процес виробництва пелети полягає у спресовуванні подрібненої сировини, що потрапляє в канал пресування в результаті взаємодії ролика та шару матеріалу між роликом і матрицею (рис. 3.33, в).

Просуваючись каналом пресування, відбувається ущільнення матеріалу та його розігрівання через тертя об стінку каналу. Процес тертя викликає додаткове розігрівання матеріалу та активізацію зв'язувальної речовини (лігніну), що зрештою приводить до утворення щільної однорідної пелети циліндричної форми. Загалом вважають, що аграрна біомаса містить менше лігніну, ніж деревина (14–17% проти 25–30%)¹⁵, тому гірше гранулюється.

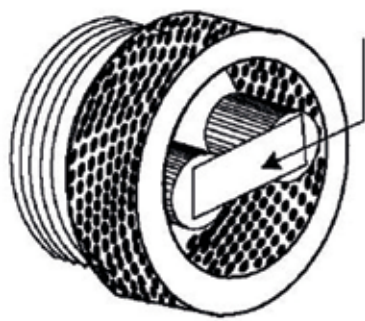
¹¹ <http://www.cpm.net>

¹² Arifa Sultanaa, Amit Kumara, Don Harfield. Development of agri-pellet production cost and optimum size.// Bioresource Technology 101 (2010) 5609-5621.

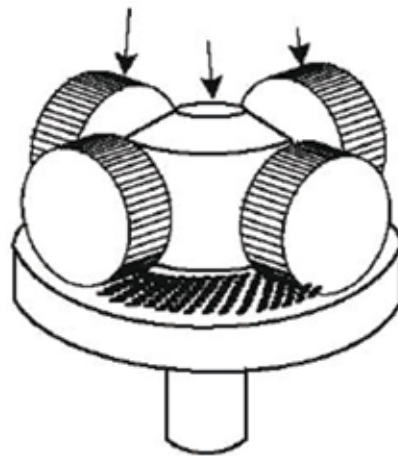
¹³ Arifa Sultanaa, Amit Kumara, Don Harfield. Development of agri-pellet production cost and optimum size.// Bioresource Technology 101 (2010) 5609-5621.

¹⁴ Adam C. Fahrenholz. Evaluating Factors Affecting Pellet Durability And Energy Consumption in a Pilot Feed Mill and Comparing Methods for Evaluating Pellet Durability/ A Dissertation. Kansas State University, Manhattan, Kansas, 2012.

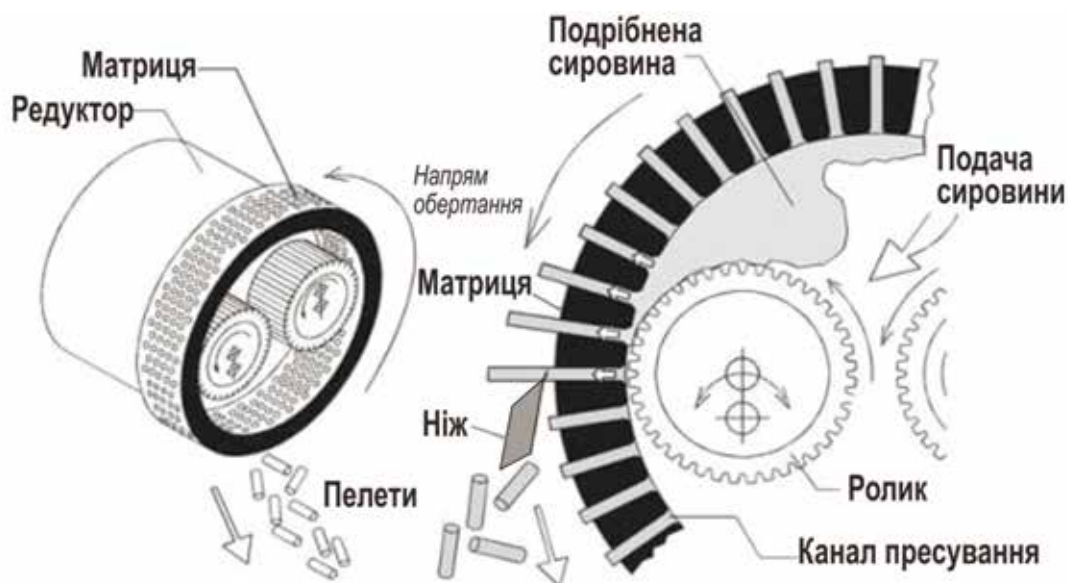
¹⁵ Jaya Shankar Tumuluru. Specific energy consumption and quality of wood pellets produced using high-moisture lodgepole pine grind in a flat die pellet mill.// Biofuels and Renewable Energy Technology Idaho National Laboratory. Idaho Falls, Idaho-83415.



а) циліндрична матриця



б) плоска матриця



в) процес утворення гранули в циліндричній матриці

Рис. 3.33. Принцип роботи та внутрішня будова матриці



Слід враховувати, що технологічні вимоги до гранулювання сировини аграрного походження дещо інакші, ніж до гранулювання деревини. Так, низка проведених досліджень показує, що допустимий рівень вологості аграрної біомаси перед гранулюванням може бути дещо вищий, ніж для деревини (табл. 3.22).



а) прес-гранулятор CPM 7930-4
з двигуном 250 або 315 кВт,
продуктивністю 4–5 т/год



б) гранулятор з плоскою матрицею
(Amandus Kahl, Німеччина)

Рис. 3.34. Гранулятори CPM та Amandus Kahl

Табл. 3.22. Вологість сировини за типами¹⁶

Сировина	Діапазон вологості, %
Деревина загалом	5–10
Деревина буку	6–10
Деревина ялини	10
Деревина оливкового дерева	5
Деревина сосни	6–8
Аграрна біомаса загалом	10–20
Солома зернових загалом	10–15
Житня солома	19–23
Пшенична солома	15
Стебла кукурудзи	10

У результаті досліджень промислового виробництва пелет із соломи зернових виявлено, що оптимальне значення вологості соломи під час гранулювання не повинно перевищувати 14 %.

За умов підвищення вологості знижується продуктивність виробничої лінії, зростають питомі витрати електроенергії на виробництво (рис. 3.35)¹⁷

¹⁶ Stelte et al . (2012). Recent Developments In Biomass Pelletization -A Review.// BioResources 7(3), 4451-4490.

¹⁷ Algirdas Raila et al. Evaluation Of Straw Pellet Production Process.// Aleksandras Stulginskis University, Lithuania. http://tf.llu.lv/conference/proceedings2012/Papers/050_Raila_A.pdf

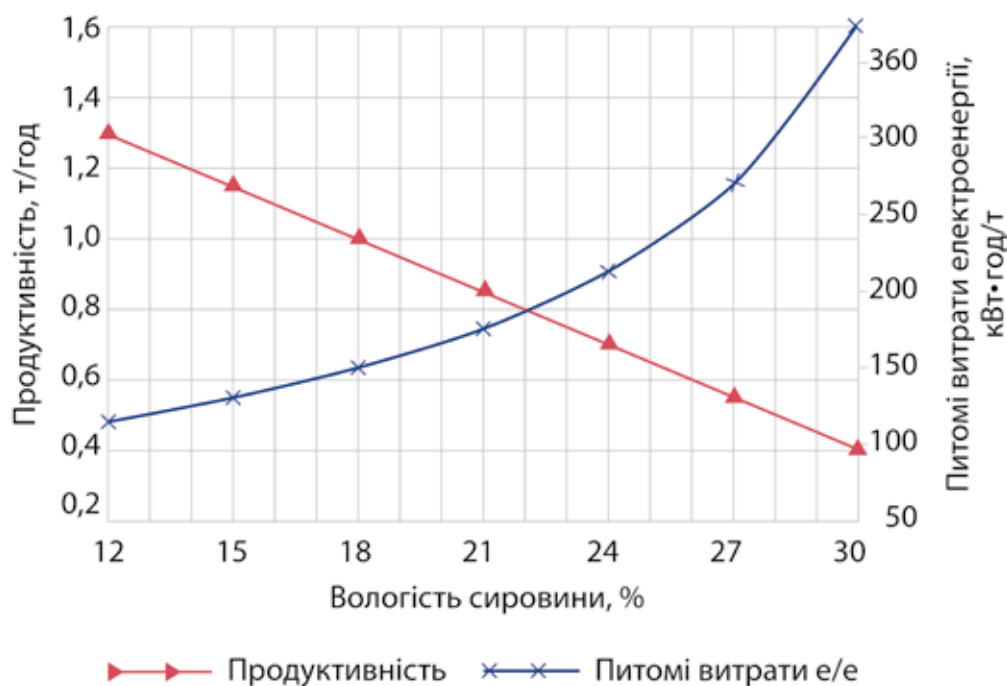


Рис. 3.35. Залежність продуктивності та витрат електроенергії під час виробництва пелети від вологості сировини

Водночас за вологості менш як 12% потрібно використовувати подавання води в кондиціонер, інакше знижується механічна міцність пелет і утворюється багато дрібних часток незгранульованого матеріалу.

Перевищення оптимального значення вологості також призводить до зменшення механічної міцності пелет, хоча в деяких ситуаціях зменшує витрати електроенергії під час гранулювання. Це пояснюється збільшенням текучості матеріалу, у результаті чого він проходить через канали матриці без тертя та, відповідно, без ущільнення.

Для виробництва гранул з агросировини занадто високої вологості використання сушарки може виявитися критичною. Сушіння скоріше за все може служити для стабілізації вологості сировини, що надходить на гранулювання, якщо вологість вхідної сировини змінюється в широких межах. Вважається, що сушіння можна

уникнути, якщо вологість соломи, що надходить у виробництво, менша ніж 20%¹⁸.

Крім вологості, на якість гранулювання соломи зернових впливає низка інших чинників (табл. 3.23).

Таким чином, отримати найкращі результати під час гранулювання можливо завдяки регулюванню та вибору правильних співвідношень вищезазначених чинників, що визначає потребу в проведенні відповідних досліджень виробниками прес-грануляторів для підбирання найкращих технологічних режимів для кожного виду сировини.

18 Anthony Nolan et al. Economic Analysis of Manufacturing Costs of Pellet Production in the Republic of Ireland Using Non-Woody Biomass.//The Open Renewable Energy Journal, 2010,3, 1-11.

Табл. 3.23. Вплив різних чинників на виробничий процес^{19, 20}

Чинник	Характер впливу	Примітки
Температура	Поліпшення міцності гранул за підвищення t° до 90 °C	Вище 90 °C подальшого покращення немає
Розмір часток	Різнорідний характер впливу у дослідженнях	Кількість часток розміром менш як 0,5 мм не повинна перевищувати 10–20 % маси матеріалу, інакше знижується міцність пелет
Тиск пресування	Підвищення тиску приводить до збільшення щільності та механічної міцності	З іншого боку, підвищення тиску збільшує питомі енерговитрати
Співвідношення довжини отвору матриці та його діаметра	Підвищення співвідношення приводить до збільшення щільності та механічної міцності	З іншого боку, підвищення співвідношення збільшує питомі енерговитрати
Швидкість обертання матриці	Має бути меншою для матеріалів з нижчою насипною щільністю та меншою вологістю	

3.2.4. Охолодження та просіювання пелет

Пелети, отримані в прес-грануляторі, мають високу температуру (іноді до 130 °C) та м'яку консистенцію, тому далі вони за допомогою елеватора надходять для охолодження в протихідний охолоджувач, де охолоджуються потоком повітря, що проходить через їхній шар, до температури 20–25 °C. Потік повітря створюється завдяки вентилятору, а пил та дрібні частки, вловлені системою аспірації, повертаються назад у бункер-накопичувач. У результаті охолодження, пелети твердішають, набувають міцності та втрачають близько 2% вологості.

Конструктивні параметри охолоджувача мають бути такими, щоб забезпечити рівномірне та не надто швидке охолодження, оскільки раптове зниження температури і вологості пелети може призвести до її розтріскування.

Після охолодження пелети подаються на вібраційний просіювач (рис. 3.36, в), де відділяються дрібні частки та некондиційні пелети. Відсіянні частки шнеком повертаються в бункер перед гранулятором.

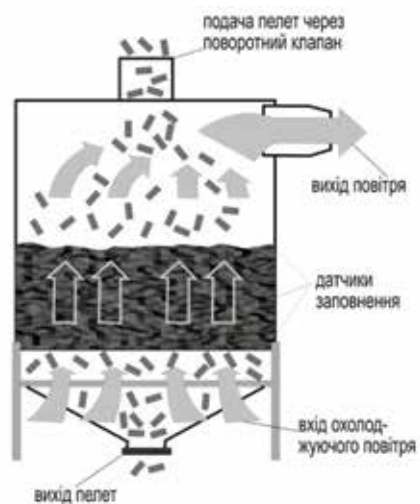
Далі пелети елеватором надходять у бункер готової продукції, звідки поступають на пакування в бункер перед дозатором або в силос для безтарного зберігання. Пакування пелет можливе в біг-беги (по 1 т) або в мішки меншої ваги. Як правило, також можливе відвантаження пелет насипом у машини.

19 Adam C. Fahrenholz. Evaluating Factors Affecting Pellet Durability And Energy Consumption in a Pilot Feed Mill and Comparing Methods for Evaluating Pellet Durability/ A Dissertation. Kansas State University, Manhattan, Kansas, 2012.

20 Jaya Shankar Tumuluru. Specific energy consumption and quality of wood pellets produced using high- moisture lodgepole pine grind in a flat die pellet mill.// Biofuels and Renewable Energy Technology Idaho National Laboratory. Idaho Falls, Idaho-83415.



а)



б)



в)

а) протитечійний охолоджувач Грантех (ICK Group, Україна)²¹

б) принцип дії охолоджувача

в) просіювач пелет Грантех (ICK Group, Україна)

Рис. 3.36. Охолоджувач та просіювач

21 <http://ick.ua/grantech/catalog/-grantech-Dlya-proizvodstva-granul-i-briketov-/Protivotochnie-ohladiiteli-granul/>



Нижче (рис. 3.37) показано типову компоновку виробничої лінії ВАТ «Радвилішкський машинобудівельний завод» (Литва) потужністю 1,3 т/год, оснащеної прес-грануляторами АВМ- 1,5²². Це дуже розповсюджена лінія для виробництва агропелет не тільки в Україні, а й за кордоном.



Рис. 3.37. Типова компоновка лінії для виробництва агропелет із циліндричних тюків соломи (Литва)

Крім вищезазначеного, до складу обладнання ліній з виробництва пелет із соломи входить також допоміжне обладнання: вловлювачі каменів (після першого подрібнення), електромагніти, що встановлюються на транспортерах, перед входом у бункери, система аспірації, що дають змогу очищувати повітря та повертати до виробничого циклу дрібні частки матеріалу, різноманітні бункери та силоси, вилковий навантажувач або кран для подавання тюків соломи на транспортер перед подрібнювачем тюків тощо.

Зазначені вище обладнання та виробнича схема використовуються також під час виробництва пелет з ріпакової соломи, решток та залишків кукурудзи тощо.

Головна відмінність виробництва пелет з лушпиння соняшнику, що є основним ресурсом для виробництва пелет з аграрної біомаси, та різно-

манітних висівок полягає в тому, що лушпиння та висівки не потребують первинного подрібнення, а одразу з бункерів-накопичувачів надходять на молоткові дробарки. Після цього технологічна схема виробництва така сама, як для соломи.

Під час виробництва сумішевих гранул (деревина із соломою, деревина з лушпинням тощо) можуть використовуватись деякі елементи виробничої схеми, зображеної на рис. 3.1.



²² <http://ao-radvilishkskij-mashinostroitelnyj-zavod.uaprom.net/p14194824-press-granulyator-ogm.html>

3.2.5. Процес сушіння

За потреби висушування матеріалу застосовують сушарки різних типів.

Найвідомішими типами сушарок є (рис. 3.38):

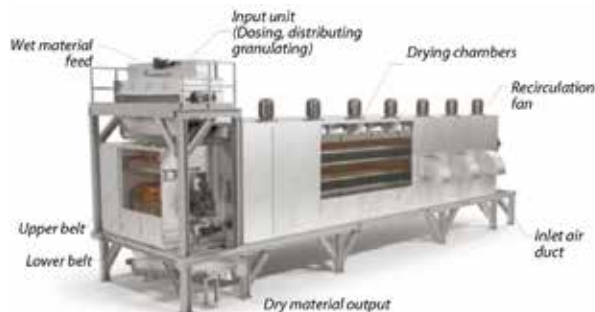
- барабанні;
- стрічкові;
- барабанні трубчасті;
- аеродинамічні;
- сушарки перегрітою парою.



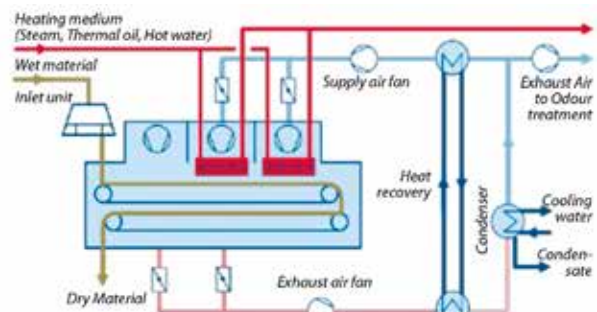
а) барабанна сушарка компанії SPE Diffenbacher²³



б) внутрішній устрій сушильного барабана



в) стрічкова сушарка Haarslev²⁴



г) принцип дії стрічкової сушарки

Рис. 3.38. Сушарки різних типів (початок)

²³ <http://www.dieffenbacher.de/>

²⁴ <http://www.haarslev.com>



д) трубчаста сушарка Buttner²⁵



е) внутрішній устрій трубчастої сушарки



є) аеродинамічна сушарка²⁶



ж) сушарка перегрітою парою²⁷

Рис. 3.38. Сушарки різних типів (продовження)

²⁵ <http://www.buettner-energy-dryer.com>

²⁶ <http://www.agrobiobrichet.ro>

²⁷ Matt Worley (Harris Group Inc). Biomass Technology Drying Update. // BioPro Expo & Marketplace Atlanta, GA, March 14-16, 2011

Барабанні сушарки (рис. 3.38, а–б) – найрозповсюдженіші. Сушіння в них відбувається в середовищі нагрітого повітря або повітря в суміші з димовими газами. Їхніми основними перевагами є відносна компактність, висока продуктивність, здатність висушувати сировину різної вологості, відносна нечутливість до фракційного складу сировини та зручність регулювання її роботи. Негативною стороною є її пожежонебезпечність, оскільки температура сушильного агента на початку процесу є досить високою.

Другою за поширеністю технології сушіння є стрічкові сушарки (рис. 3.38, в–г). Сушіння в них здійснюється за допомогою нагрітого повітря, нагрівання якого може відбуватись як спалюванням палива, так і парою у відповідних нагрівачах. Перевагами таких сушарок є низькотемпературний режим сушіння, особливо важливий під час виробництва деревних пелет високої якості, а також можливість використовувати низькопотенційні джерела тепла. Брак прямого контакту з димовими газами та низькі температури зменшують ризик пожежі. Недоліком є громіздкість, порівняно з барабанними сушарками, та, відповідно, вища вартість такого обладнання. Стрічкові сушарки найрозповсюдженіші в Західній Європі.

Не менше у Західній Європі й трубчастих барабанних сушарок (рис. 3.38, д–е). У них нагрівання матеріалу відбувається під час контакту з нагрітими поверхнями труб, що нагріваються, як правило, паром, завдяки чому можна ефективно використовувати низькопотенційне тепло, а також тепло, що виробляється в режимі когенерації.

В Україні та деяких країнах колишнього СРСР останнім часом набули розповсюдження аеродинамічні сушарки (рис. 3.38, є), принципом дії яких є переміщення матеріалу трубою в середовищі нагрітого повітря,

що рухається з великою швидкістю (20–40 м/с). У результаті поліпшується контакт висушуваного матеріалу з повітрям, тому цей процес відбувається дуже швидко. До того ж температура нагрітого повітря може бути істотно нижчою, ніж у барабанних сушарках. У результаті інтенсивного процесу такі установки є досить компактними. Сушарки іноді об'єднують з обладнанням для попереднього подрібнення матеріалу, потрібним для його транспортування потоком повітря. Таке обладнання, крім компактності, має нижчу металоємність та вищу пожежну безпеку, порівняно барабанними сушарками. Недоліками є залежність надійності роботи від фракційного складу палива, загалом невисока надійність (матеріал може залягати на горизонтальних ділянках газопроводу) та важке регулювання кінцевої вологості. Максимальна початкова вологість обмежується значеннями 30–35 %, продуктивність щодо висушеної сировини – до 2 т/год. Такі установки більш придатні для висушування вологого лушпиння соняшнику та подрібненої соломи.

Сушарки перегрітою паром (рис. 3.38, ж) є відносно новим типом обладнання, принцип дії якого полягає в контакті перегрітої пари з висушуваним матеріалом, завдяки чому пара насичується вологою і далі може бути сконденсована в енергетичному обладнанні, з виробництвом корисного тепла або електроенергії. Хоча таке рішення є дуже ефективним з погляду теплоенергетики, такі сушарки поки не набули широкого розповсюдження, оскільки передбачають наявність відповідного енергетичного комплексу, до якого їх можна було б інтегрувати. Використання високих параметрів пари та конструктивні особливості роблять таке обладнання досить дорогим і доступним й переважно для великих виробництв.





3. 3. ПРОБЛЕМИ, ПОВ'ЯЗАНІ З ВИРОБНИЦТВОМ ПЕЛЕТІ. ПОЕТАПНИЙ АНАЛІЗ

3.3.1. Сировинна база, заготів- ля, перевезення та зберігання, якість сировини

Оскільки сфера виробництва пелет в Україні ще досить нова та недоскона-
ла, їй притаманні всі типові проблеми,
а також специфічні проблеми щодо
логістики, доступності сировини, збу-
ту продукції, ефективності виробни-
цтва. Далі коротко викладено основні
аспекти, які стосуються кожного окре-
мого етапу виробництва.

Сезонність збору агровідходів, простоювання техніки

Проблема полягає в тому, що техніка,
призначена для збирання та пере-
везень, має дуже високу початкову
вартість і вимагає правильного об-
слуговування протягом року (високі
операційні витрати). Проте працює ця
техніка сезонно, у період збору вро-
жаю максимально 20–40 днів упро-
довж року, що зумовлено, з одного
боку, її високою продуктивністю (не-
має сенсу розпорошувати високу про-
дуктивність техніки на великі строки),
а з іншого – ринок з типовим масшта-
бом виробництва агропелет в Україні
диктує невелику кількість соломи для
заготівлі. З таким показником серед-
ньорічного завантаження інвестиції в
спеціалізовану техніку для організації
повного ланцюга постачання соло-
ми можуть окупитися лише в разі ви-
користання її не тільки за основним
призначенням, а й, наприклад, для
надання послуг з постачання соломи
сусіднім виробникам пелет або ко-
тельням, яким потрібна тюкована со-
лома на зиму.

Але типова концентрація таких спо-
живачів низька і знайти їх складно,
тому техніка має дуже низький серед-
ньорічний коефіцієнт використання
на рівні 0,05–0,1.

Потреба у великій кількості техніки

Реалізується принцип «максимальна
продуктивність за малий проміжок
часу» з міркувань «не заважати діяль-
ності аграріїв на полі». Якщо можна
було б придбати техніку з малою про-
дуктивністю і працювати на ній у полі
90–120 днів, це значно зменшило б
капітальні витрати на проекти з ор-
ганізації ланцюжка постачання, проте
наразі фермери не дозволяють пра-
цювати на своїх полях стільки часу.

Нестача вітчизняних виробників спеціалізованої техніки

Фактично альтернативи для високо-
вартісної закордонної техніки, що
потребує спеціальних навичок у ке-
руванні, вимагає ремонту та дорогих
запасних частин, немає.

Непристосована агротехнологія

Обробка поля, засівання, спосіб зби-
рання врожаю українськими фер-
мерами не передбачають виконан-
ня наступного ефективного збору
агровідходів: невідомо, як саме об-
роблялося поле, його геометрія, гео-

фізичні параметри, якість і твердість ґрунтів. Через це важко заздалегідь підрахувати операційні витрати на експлуатацію спецтехніки для збору відходів на конкретному полі.

Складності зберігання сировини

Поля доступні тільки влітку на дуже обмежений проміжок часу, тому потрібен окремий великий склад із значною площею для зберігання запасів агросировини (тюків соломи) на строк 8–12 місяців до наступного періоду збору.

Складності зберігання готової продукції

Нестабільна природа ринку вимагає великої площі під зберігання для накопичення продукції та її продажу в період найвищої ціни для максимізації прибутку (високі ціни взимку, низькі – влітку).

Брак спеціалізованих автотранспортних засобів для перевезення пелет

Існують спеціалізовані пелетовози, проте в Україні для логістики використовують звичайні транспортні засоби для перевезення сипучих матеріалів: зерновози, залізничні вагони-хопери, що недостатньо пристосовані для перевезення саме пелет. Це призводить до втрат деякої додаткової частини продукції під час перевезення або погіршення якісних характеристик.

Стагнація річкового транспорту

У розвинених країнах – лідерах з виробництва та споживання пелет (Німеччина, Італія, Австрія, країни Балтії, Швеція, Великобританія) річковий транспорт є основним для транспортування пелет на від-

стані понад 300–400 км. Це викликано передусім його дешевизною (у кілька разів щодо автотранспорту), доступністю річкової мережі у Європі, розвиненою інфраструктурою терміналів відвантаження. Деякі дуже великі пелетні виробництва часто розміщують на великих річках саме з метою спрощення логістики. В Україні річковий транспорт перебуває в стані колапсу, із судноплавних річок для перевезення вантажів насипом доступні (та й то обмежено) лише річки Дніпро, Дністер, Південний Буг, Сіверський Донець, а термінали з відвантаження є тільки на Дніпрі.

Ринок перевезень недосконалий

Загалом ринок логістики в Україні не є надійним і не завжди може забезпечити потреби пелетного виробництва як у сировині, так і у відвантаженні готової продукції.

Брак біржі біомаси

Прозорих правил розміщення лотів на купівлю-продаж біомаси немає. Ринок переважно зав'язаний на локальні договори та тіньові двосторонні контрактні відносини між виробником і трейдером. Дуже рідко виробник напряму працює з кінцевим споживачем. Це спричиняє додаткове збільшення ціни продукції (націнка до 25–40 %).

Проблеми збуту

Ринок експорту, на який так розраховували багато виробників пелет із соломи у 2013–2016 рр., серйозно впав і не демонструє тенденцій до відновлення. На території ЄС ринок пелет близький до насичення і тільки додаткові стимулюючі умови можуть пожвавити його розвиток (наприклад, екологічні обмеження, вимоги до мінімального ККД котлів).



Табл. 3.24. Бар'єри на етапах виробництва агро- та деревних пелет

№ з/п	Опис бар'єра	Категорія бар'єра	Шляхи подолання	Важливість*
1	Нестабільний непрогнозований попит на біомасу як сировину для виробництва пелет і на енергетичну пелету як продукт. Як наслідок – сприйняття бізнесу постачання та виробництва біопалива як ненадійного та непередбачуваного виду діяльності з низькою доданою вартістю та незрозумілою прибутковістю	Нерозвиненість ринку	Технічна та фінансова (грантова) допомога для окремих гравців ринку із власними ресурсами біомаси, які мають на меті реалізацію вертикально інтегрованих проектів повного циклу виробництва пелет (включно з ланцюгом постачання сировини та продукції)	Дуже важливий
2	Складності доступу незалежної компанії, що має на меті створення окремого бізнесу з постачання та переробки біомаси, до первинних ресурсів біомаси (ліси, землі с/г призначення)	Соціальні, культурні, поведінкові Технічні Економічні/ фінансові	Розробка прозорого механізму входження приватної компанії у ліси	Дуже важливий

№ з/п	Опис бар'єра	Категорія бар'єра	Шляхи подолання	Важливість*
-------	--------------	-------------------	-----------------	-------------

Причини

	Доступ до лісів: • держлісгоспи, що володіють більшістю лісів в Україні, перебувають у державній власності, управляються неефективно, працюють на межі прибутковості та не зацікавлені у збільшенні вирубок або співпраці із незалежною компанією, оскільки працюють за планом, персонал отримує фіксовані зарплати, тому не мотивовані змінювати укладену виробничу практику; • держлісгоспи мають власні довгострокові плани вирубок (10–15 років), що затверджуються на держаному рівні й не можуть бути змінені; • входження на ринок нової незалежної компанії, що здійснює заготівлю деревини для енергетичного використання, не схвалюється, оскільки вона по суті у довгостроковій перспективі є прямим конкурентом держлісгоспам і має великі шанси виграти цю конкуренцію; • держлісгоспи не мають власної техніки, технічних ресурсів та дорожньої інфраструктури для збільшення вирубок та мають дуже обмежені можливості щодо закупівлі нової техніки через неприбутковість			
--	---	--	--	--

* Погляди НТЦ «Біомаса» відповідно до наступної шкали:

Надзвичайно важливий: бар'єр має надзвичайний вплив на впровадження біоенергетичних технологій, обмежує розвиток сектору, напряду впливає на прийняття гравцями ринку негативного рішення щодо впровадження проекту; він покриває всі ринкові ніші, усі типи технологій, весь ланцюг постачання та виробництва, впливає на всіх гравців ринку і не може бути подоланий ринком/гравцями ринку самотужки без зміни загальної ситуації у секторі та основної причини, що є причиною існування бар'єра (зміна законодавчого поля, ринкових правил, макроекономічної ситуації, доступу до фінансів тощо);

Дуже важливий: бар'єр має вплив на більшість ринкових ніш, технологій та гравців ринку, проте може бути подоланий за надзвичайних фінансових та адміністративних зусиль найбільш фінансово спроможних та досвідчених гравців ринку, що можуть йти на дуже ризикові проекти (зміна загальної ситуації у секторі та ринкових правил є дуже важливою, але не критичною для подолання бар'єра);

№ з/п	Опис бар'єра	Категорія бар'єра	Шляхи подолання	Важливість*
-------	--------------	-------------------	-----------------	-------------

Доступ до агроресурсів:

- ферми та агрохолдинги перебувають у приватній власності і мають власні плани щодо використання земель, сівозмін, використання відходів, що зазвичай не узгоджуються із логістичними операціями для подальшої переробки або енергетичного використання;
- агрокомпанії маю спеціальну техніку для тюкування соломи (здебільшого циліндричні малі та середнього розміру тюки до 100 кг), однак такі тюки не можна застосувати для енергетичного використання через незручність, зависоку вартість їхнього перевезення та зберігання (зазвичай використовуються тюки 300–650 кг прямокутної форми);
- великий потенціал технічних культур (початків, качанів, стебел кукурудзи та соняшнику) практично не використовується для енергетичних цілей, оскільки потребує застосування спеціалізованої техніки, що має високу вартість (або її взагалі немає в Україні), та спеціальної організації логістики;
- агрокомпанії зазвичай вважають, що всі відходи, утворені після збору врожаю, мають бути повернені в ґрунт, незважаючи на низку досліджень, які науково доводять можливість вилучення 30...70% відходів з поля для енергетичних потреб без шкоди врожайності ґрунту;

Важливий: бар'єр має частковий вплив на ситуацію у секторі, його існування не перешкоджає розвитку найбільш фінансово стабільних і технічно простих технологій, більшість гравців ринку можуть дозволити собі впровадження технологій із середніми фінансовими та адміністративними витратами (загальна ситуація на ринку не сприяє впровадженню проектів, є здебільшого нейтральною або лише частково обмежує можливості гравців ринку);

Малозначущий: бар'єр є некритичним для розвитку сектору, має незначний вплив на впровадження технологій та прийняття рішень гравцями ринку, може бути подоланий більшістю гравців ринку, зміна загальної ситуації для подолання бар'єра потрібна, але мало впливає на розвиток сектору (тільки невелика частина ринку все ще зазнає впливу бар'єра).

№ з/п	Опис бар'єра	Категорія бар'єра	Шляхи подолання	Важливість*
	- ціна на агровідходи у полі може значно різнитися для різних агрокомпаній: зазвичай розрахунок здійснюється за вартістю поживних речовин, що вилучаються з відходами і мають компенсуватися додатковим внесенням органічних добрив; - у разі співпраці з обмеженою кількістю агрокомпаній (1–3), останні через низьку конкуренцію в регіоні після входження незалежної логістичної компанії, можуть виставляти ціну більш високу на кожний наступний рік, що негативно впливає на фінансові показники проектів організації повного циклу логістики біомаси; - більшість великого масштабу агрокомпаній України зазвичай мають десятки тисяч гектарів, що зумовлює розпорошеність полів для збирання відходів на значній території, що може здорожувати логістику в певному розрахованому радіусі; - фермери часто не розуміють прибутковості потенційного бізнесу продажу своїх агровідходів і не мають зацікавленості продавати відходи навіть за наявності реальної цінової пропозиції; - існує формальна заборона спалювання соломи на полях, однак звичайною практикою є спалювання після збору врожаю		Стимулювання фермерських господарств до обов'язкової утилізації відходів	Дуже важливий
3	Нестандартизовані поля – заздалегідь невідомі засоби та методи, якими проводиться обробка, характеристики культур, ґрунтів, рельєф тощо	Технічні, регуляторні	Розроблення та застосування процедури стандартизації поля	Важливий
4	Немає чітких вимог до сертифікації якості продукції, ланцюга постачання та пелетного виробництва загалом (процедури існують, але не обов'язкові до виконання). Зазвичай у ситуації низької якості зменшується ціна біопалива (як сировини, так і пелет) або розривається контракт на постачання	Технічні, регуляторні		Важливий

№ з/п	Опис бар'єра	Категорія бар'єра	Шляхи подолання	Важливість*
5	Немає стандартної форми договору між постачальником та споживачем біомаси. Унаслідок нестабільної природи ринку біомаси укладаються здебільшого короткострокові договори (строком до року із щорічною пролонгацією). Довгострокові угоди не укладаються, що створює високі ризики для постачання наступного року.	Технічні	Розробка та затвердження типового договору на національному рівні.	Важливий
6	Обмеженість доступу до спеціалізованої техніки для організації ланцюга постачання (тільки деякі спеціальні машини виробляються в Україні, більшість машин потрібно імпортувати).	Технічний	Розвиток ринку біомаси.	Важливий
7	Погані дорожні умови, особливо у лісах та на землях с/г призначення взимку (опалювальний сезон), неможливість спецтехніки перевозити біомасу багатьма маршрутами через дорожні обмеження (низькі естакади, вузькі дороги, заборона стосовно максимальної ваги тощо).	Технічний	Реконструкція дорожньої мережі, розвиток інфраструктури доріг у лісах (державна програма будівництва доріг у лісах) та на землях с/г призначення.	Важливий
8	Неповнота і нескоординованість стандартів щодо проектування та будівництва ліній гранулювання, складських приміщень, обладнаних місць навантаження/розвантаження, котельних, сушарок для біомаси тощо. Чинні стандарти і норми застарілі, стосуються переважно стандартних будівель або конструкцій для використання викопного палива без відокремлення секторальних стандартів для використання біомаси, є занадто жорсткими та складними.	Технічний	Коригування національних стандартів, створення секторального стандарту для проектування та будівництва об'єктів енергетичного використання біомаси, спрощення чинних норм.	Важливий

Нижче наведено SWOT-аналіз для діяльності з виробництва агропелет

з оцінкою специфічних особливостей сектору.

Табл. 3.25. SWOT-аналіз діяльності з виробництва агропелет

S	Сильні сторони	W	Слабкі сторони
	Значний ресурс невикористаної біомаси в Україні, особливо агровідходів		Брак досвіду утилізації біомаси у великих обсягах
	Різні типи аграрної біомаси, можливість диверсифікації		Нерозвинений ринок біопалива
	Великі ферми, висока концентрація сировинної бази на певній території (відносно короткі плечі доставки агросировини)		Нерозвинена інфраструктура збору, зберігання та постачання агровідходів
	Більш висока енергетична щільність у порівнянні з іншими типами непідготовленої біомаси		Агротехнологія не адаптована до наступного збирання відходів, направлена тільки на агровиробництво
	Універсальність палива (можливість використання у котлах для сипучої біомаси)		Низький рівень технічного забезпечення для збору відходів з боку агровиробників
	Ефективні технології виробництва та утилізації (високий ступінь автономності котлів, більш високий ККД котлів на пелетах)		Брак кваліфікації управління спеціалізованою технікою (більші затрати часу на операції, ніж регламентовано)
	Базові стандарти на паливо		Невизначеність щодо кількості та якості техніки, яка потрібна для збору відходів
	Можливість централізації виробництва і розташування виробничих потужностей від споживача на значній відстані (понад 200 – 300 км)		Висока вартість техніки, обладнання для виробництва, логістики, переробки, спалювання
	Порівняно висока прибутковість бізнесу		Брак власних коштів у підприємств для закупівлі потрібного комплексу спеціалізованої агротехніки для збирання агровідходів
	Комплексність бізнесу, можливість диверсифікації (наприклад, перехід тільки на логістику або тільки на заготівлю біомаси) у ситуації згорання ринку пелет		Низький економічний ефект у разі транспортування на невеликі відстані (до 200 км)
	Споживання біомаси випереджає можливості постачання та виробництва		Брак чи обмежена кількість виробників вітчизняної техніки, обладнання для гранулювання, логістики, спалювання
	Поява у 2013–2016 рр. декількох вертикально інтегрованих компаній, що організовують повний цикл використання біомаси (закінчений ланцюг постачання), від збирання відходів до постачання тепла споживачам		Ризик неправильної роботи техніки, обладнання через невміле користування: наприклад, спалювання пелет соломи у котлах для деревного палива, застосування комбікормових грануляторів, «універсальні» підходи (виробництво пелет з агро- та деревної сировини на одному грануляторі) тощо
	Постійно зростаючий обсяг ринку та ціни на біопаливо		

S	Сильні сторони	W	Слабкі сторони
	Відносно низька конкуренція (залежно від регіону) через нерозвинений ринок біопалива, можливість початкового входження у сектор та швидкого розвитку бізнесу для компаній-піонерів		
	Пелети є конкурентним паливом на внутрішньому ринку з природним газом		
	Опція експорту в разі падіння внутрішнього ринку		
	Вдале географічне розташування України та відносно розвинута мережа доріг, терміналів відвантаження, складів, портів		
O	Можливості	T	Загрози
	Новий тип діяльності	Вірогідна неспроможність доступу до ресурсів біомаси в потрібній кількості через незацікавленість фермерів/лісових господарств	
	Сприяння розвитку ринку біопалива в Україні	Зростання конкуренції у секторі	
	Розвиток суміжних секторів (транспортний, агросектор, сектор утилізації відходів, річкового транспорту у разі великих обсягів виробництва, як результат – здешевлення логістики)	Потенційне швидке підвищення цін на агросировину та доставку власниками агровідходів після входження на їхню ресурсну базу і розуміння прибутковості цього бізнесу	
	Використання різних типів відходів	Складності взаємодії із власниками агровідходів, проблеми з довгостроковими контрактами, якістю біомаси, стабільністю постачання (наприклад, у разі неврожайів);	
	Диверсифікація постачальників сировини, розвиток конкуренції, падіння ціни на агросировину	Неналежні технічні засоби для організації логістики (помилки на етапі планування через брак досвіду)	
	Створення нових робочих місць	Брак конкурентних лізингових програм для закупівлі спеціалізованої логістичної техніки та виробничого обладнання	
	Відносно прозора конкуренція та стандарти на паливо	Складність заміни запасних частин та матеріалів (часті простої до 3–12 місяців через іноземне обладнання)	
	Посилення позитивного іміджу підприємства завдяки розвитку додаткового екологічного виду діяльності – утилізації біопалива	Нестабільна державна політика у сфері біоенергетики	
	Внесок у реалізацію регіональних планів розвитку	Брак власних коштів приватних інвесторів в Україні для реалізації проектів повного циклу логістики та виробництва пелет, часткова реалізація проектів і як наслідок – зупинка через брак фінансування	
	Підтримка та співпраця з місцевою громадою	Проекти з високим ризиком	
	Підвищення соціально-економічної стабільності	Орієнтація на експорт	

О	Можливості	Т	Загрози
	Покращення культури управління відходами, покращення екологічної ситуації в регіоні		Недобросовісне виконання стандартів на пелети, використання неякісної технології через заощадження коштів

3.3.2. Виробничий процес

Характер впливу якості обладнання на виробничий процес визначається такими основними чинниками:

- обладнання низької якості менш надійне, у зв'язку з чим більшає кількість поломок протягом усієї роботи, що знижує загальну продуктивність виробництва та збільшує витрати на ремонт;

- обладнання низької якості, особливо це стосується прес-грануляторів, не забезпечує потрібних якісних характеристик пелет. Це може позначатися на низькій міцності пелет, збільшенні частки незгранульованого палива та частки відсіву. І хоча відсів повертається у виробничий процес, загальна продуктивність виробництва щодо готового продукту зменшується, зростають питомі витрати електроенергії та інші складники собівартості.

Доволі поширеною практикою на невеликих підприємствах в Україні є застосування вживаного обладнання, а також обладнання, що раніше використовувалось для виробництва комбікормів, тобто не пристосованого спеціально для виробництва пелет. Таке обладнання (йдеться переважно про прес-гранулятори) має нижчу встановлену електричну потужність приводів, недостатню для формування якісної гранули. Також матриці на старому обладнанні не завжди пристосовані для виробництва енергетичних пелет.

Масштабний чинник істотно впливає на собівартість виробництва пелет. Дослідження стосовно діючих під-

приємств, проведені в Німеччині, показують, що особливу роль масштабний чинник відіграє для підприємств, чия річна продуктивність не перевищує 50 тис. т пелет на рік (рис. 3.39)²⁸.

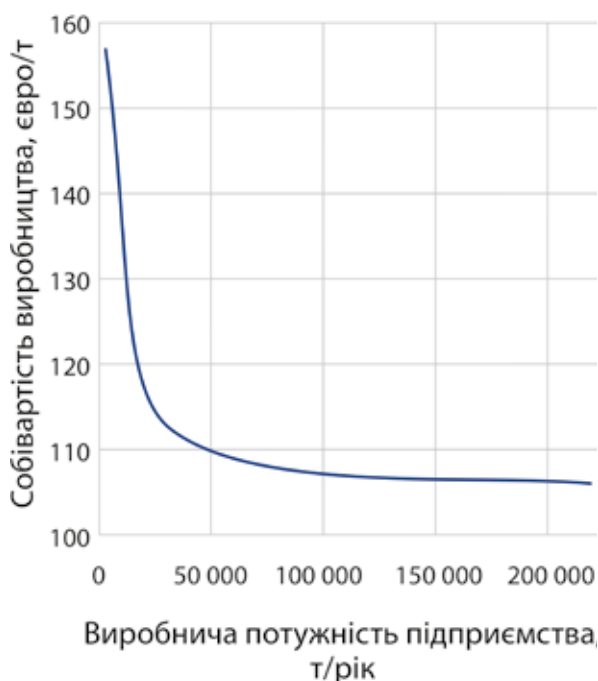


Рис. 3.39. Залежність собівартості продукції від виробничої потужності

Виробнича потужність 50 тис. т/рік відповідає встановленій потужності обладнання 6,25 т/год (за умови роботи 8000 год/рік). Більшість українських підприємств, що виробляють пелети з деревної або аграрної сировини, мають меншу встановлену потужність і значно менший коефіцієнт завантаження.

Іншим важливим чинником є ступінь використання встановленої потуж-

28 C. Lefevre et al. Production Costs of Wood Pellets in Germany.// 18th European Biomass Conference and Exhibition, 3-7 May 2010, Lyon, France.

ності щодо випуску пелет, тобто річна тривалість роботи підприємства з номінальною потужністю. Зазвичай для добре працюючих підприємств цей показник становить 6500–7900 год/рік (тобто 9–11 місяців роботи в цілодобовому режимі).

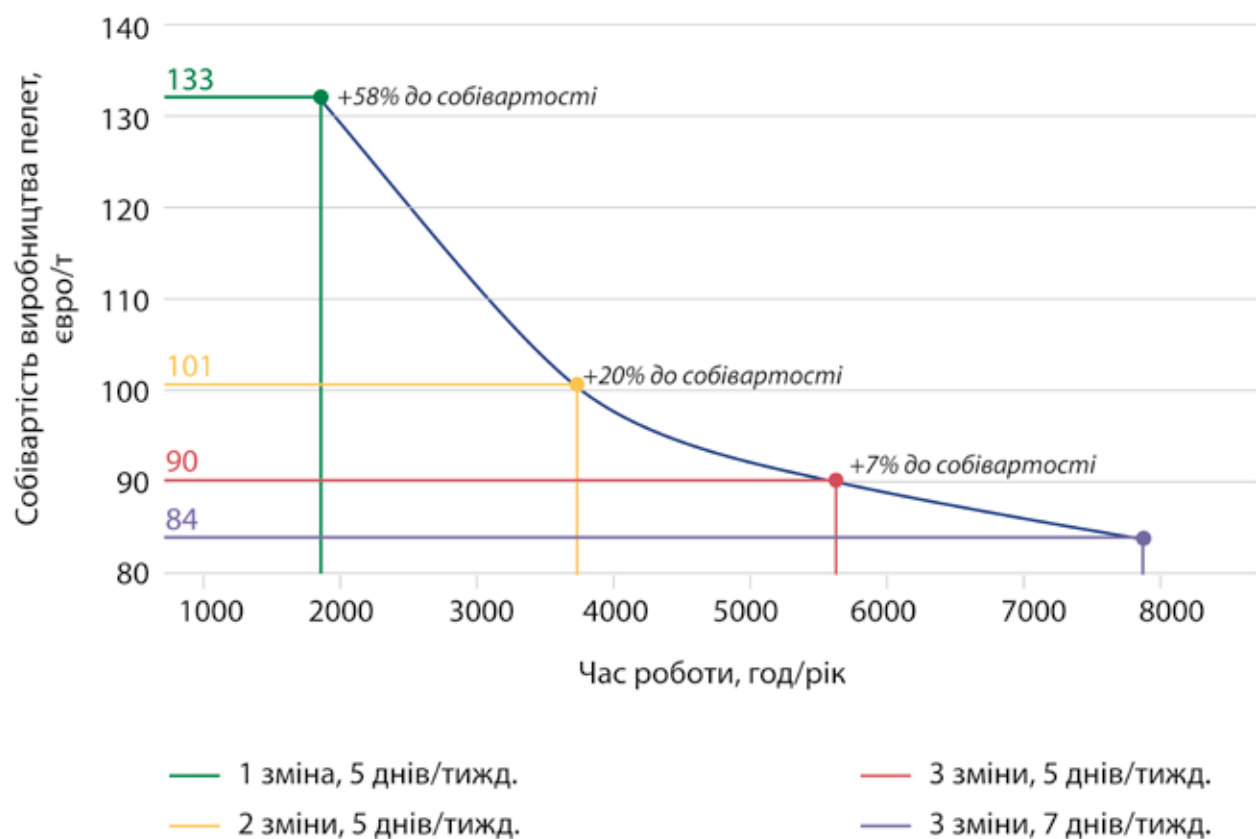
Скорочення річної тривалості роботи може бути пов'язане з різними чинниками:

- зменшення тривалості роботи через зниження попиту на продукцію (це відповідає ситуації, коли виробнича потужність підприємства;
- зменшення через проблеми з постачанням сировини;

- низька надійність обладнання (часті поломки, простой через ремонт);
- слабка організація позмінної роботи через брак персоналу.

Як правило, вищезазначені чинники, які вже є великою проблемою, призводять до зростання собівартості виробництва пелет і збільшення строку окупності інвестицій.

Характер впливу зниження річної тривалості роботи на собівартість, за даними європейських підприємств, зображено на рис. 3.40²⁹.



* Загальний фонд робочого часу – 7920 год/рік

Рис. 3.40. Залежність собівартості продукції від завантаженості виробництва

29 G. Thek, I. Obernberger. Wood Pellet Production Costs Under Austrian and in Comparison to Swedish Framework Conditions.// Proceedings of the 1st World Conference on Pellets, Sept 2002, Stockholm, Sweden, ISBN 91-631-2833-0, pp. 123-128, Swedish Bioenergy Association (ed), Stockholm, Sweden.

Щодо українських підприємств, їхній режим роботи здебільшого відповідає режимам «1 зміна, 5 днів/тижд.» та «2 зміни, 5 днів/тижд.» І лише на деяких найбільших підприємствах у період виконання термінових замовлень до усталеного режиму роботи інколи додаються нічні зміни.

Таким чином, основними чинниками зниження собівартості продукції на існуючих підприємствах можна вважати ритмічну стабільну роботу підприємства в цілодобовому режимі з номінальною продуктивністю. Також збільшення масштабу підприємств (збільшення встановленої потужності із збереженням стабільної роботи для її максимального використання) є істотним перспективним чинником зниження собівартості виробництва пелет.

3.3.3. Питання сертифікації виробництва та продукції. Переваги сертифікованих виробництв.

На сьогодні в Україні не визначено обов'язковий до виконання державний стандарт на деревні та агропелети. Існує стандарт «ДСТУ EN 15234-2:2013, Тверде біопаливо. Забезпечення якості. Частина 2. Пелети деревні для непромислового використання (EN 15234-2:2012, IDT)», проте він стосується лише вузького питання сертифікації управління/контролю якістю на виробництві деревних пелет. Тому питання сертифікувати чи ні свою продукцію залишається за виробником пелет. Більшість виробників пелет не сертифікує свою продукцію і працює з трейдерами, оскільки не може знайти покупця для продажу своєї несертифікованої продукції напряму без посередників. Це спричиняє додаткову переплату за посередництво, а також волатильність ціни, що залежить не тільки від ринкових умов, а й від умов трейдерів на закупку.

Наразі використовуються локальні технічні умови для виробництва пелет. Наприклад, за інформацією від виробників, використовують такі технічні умови і стандарти.

Водночас на ринку ЄС-27 вже кілька років існує повноцінна система сертифікації. Це система стандартів EN plus, що поширюється на деревне біопаливо.

Стандарти ENplus-A1, ENplus-A2, EN-B – три класи якості деревних пелет, які базуються на специфікаціях Європейського стандарту EN 14961-2.

Система сертифікації здійснюється за чотирма напрямками:

- Вимоги до виробництва і забезпечення якості деревних пелет;
- Вимоги до продукту (EN 14961-2);
- Вимоги до маркування, логістики і проміжного зберігання;
- Вимоги до доставки кінцевим споживачам (покупцям).

Європейська Асоціація Біомаси (AEBIOM) є власником ліцензійних прав на систему ENplus. Європейська пелетна рада (EPC), організована в рамках Європейської Асоціації Біомаси, відповідає за менеджмент і подальший розвиток системи сертифікації і делегування/передачу ліцензійних прав Національним Ліцензіарам, які будуть організовувати представництво ENplus у своїх країнах чи географічних зонах.

Програма сертифікації ENplus охоплює три класи якості пелет з різними вимогами до характеристик сировини і деревних пелет. Вони відповідають таким класам, як: EN 14961-2: ENplus-A1, ENplus-A2, EN-B.

Схема сертифікації за стандартом EN plus зображена на рис. 3.41.

Табл. 3.26. Стандарти, які використовують українські виробники

ТОВ «Пелет-Енерго Ємільчине»	Деревина	ТУУ 20.1-3128790-001:2008
ТОВ «Карміл Трейд»	Лушпиння і деревина	ДСТУ 7124:2009
Українська біопаливна компанія	Лушпиння	ТУУ 15.4-36813695-002:2010
ТОВ «Біо-Топ»	Очерет	ТУУ 01.2-36881492-001-2012
ТОВ «Аверс-Тех»	Солома	ТУУ 20.1-21665318-2011

Характеристики пелет мають відповідати стандарту EN 14961-2. Інспекційні органи і випробувальні організації повинні дотримуватися методів

тестування, викладених в EN14961-2. Нижче (табл. 3.27) наведено найважливіші характеристики пелет та їхні порогові значення.

Табл. 3.27. Порогові значення найважливіших параметрів пелет (більше параметрів можна знайти в EN 14961-2)

Параметр	Одиниці виміру	ENplus-A1	ENplus-A2	EN-B	Стандарт тестування
Діаметр	мм	6 або 8			EN 16127
Довжина	мм	$3,15 \leq D \leq 40^{3)}$			EN 16127
Вміст вологи	% ¹⁾	≤ 10			EN 14774-1
Вміст золи	% ²⁾	$\leq 0,7$	$\leq 1,5$	$\leq 3,0$	EN 14775 (550°C)
Механічна стійкість	% ¹⁾	$\geq 97,5$ 4)		$\geq 96,5^{4)}$	EN 15210-1
Пил (<3,15 мм)	% ¹⁾	< 1			EN 15210-1
Теплота згоряння	МДж/кг ¹⁾	$16,5 \leq Q \leq 19$	$16,3 \leq Q \leq 19$	$16,0 \leq Q \leq 19$	EN 14918
Об'ємна щільність	кг/м	≥ 600			EN 15103
Вміст азоту	% ²⁾	$\leq 0,3$	$\leq 0,5$	$\leq 1,0$	EN 15104
Вміст сірки	% ²⁾	$\leq 0,03$		$\leq 0,04$	EN 15289
Вміст хлору	% ²⁾	$\leq 0,02$		$\leq 0,03$	EN 15289
Температура плавлення золи ⁴⁾	°C	≥ 1200	≥ 1100		EN 15370

¹⁾ одержаного зразка;

²⁾ сухої основи;

³⁾ максимум 1 % пелет може мати довжину, що перевищує 40 мм, пелети завдовжки понад 45 мм не дозволені;

⁴⁾ температура деформації, підготовка зразків – за 815 °C.

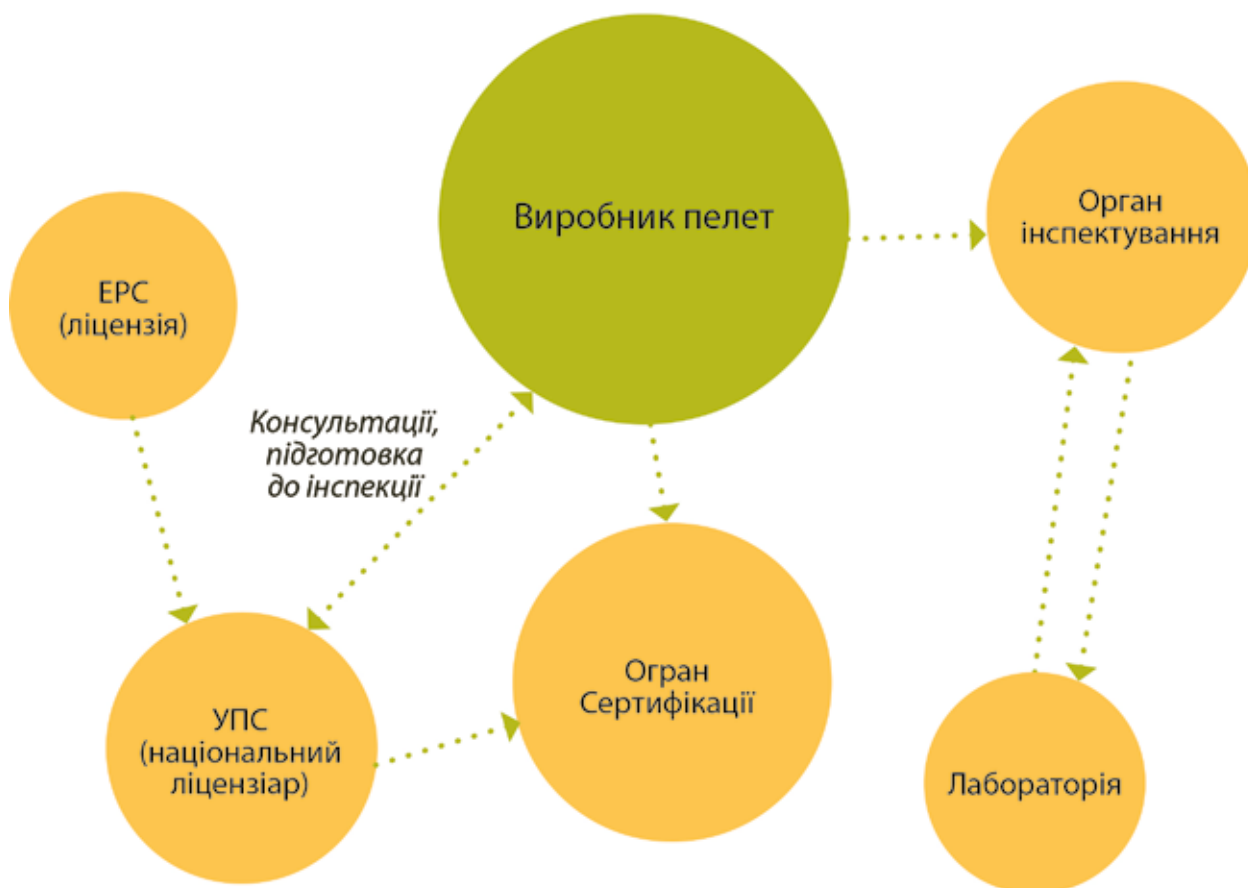


Рис. 3.41. Схема сертифікації – загальні етапи

Маркування

Після отримання сертифікату EN plus на партію, виробництво та ланцюжок постачання видається спеціальне маркування з унікальним реєстраційним номером виробника. Цей номер вноситься у реєстр стандарту і дає змогу вільно шукати покупця на пелети на біржі або напряму. Покупець, здійснюючи закупівлю визначеної партії за реєстраційним номером, не знає хто саме пропонує пелети, проте може легко відстежити, за потреби, і поскаржитися на погану якість. У цій ситуації виробника можуть позбавити номера у реєстрі, а його сертифікацію відкликати.

За даними реєстру EN Plus, в Україні на сьогодні за цим стандартом (En Plus

A1) сертифіковано трьох виробників (усі – деревних пелет)³⁰:

- ТОВ «Барлінек Інвест»;
- ТОВ «Екогран»;
- ТОВ «Будсервіс, Лтд».

Здійснювати сертифікацію в Україні за цим стандартом технічно можливо, і кілька компаній (TUV SUD, SGS Engineering, TUV Rheinland, TCI Group, BM Engineering та ін.) пропонують спеціальні послуги щодо сертифікації пелет. Також в Україні працюють акредитовані лабораторії, проте вони не можуть виконувати весь спектр аналізів за всіма показниками, що вимагає EN Plus.

³⁰ <http://www.enplus-pellets.eu/production/certified-producers/>

Варто зазначити, що тільки повна сертифікація за всіма чотирма напрямками дає змогу отримати номер у реєстрі стандарту та підвищити вартість

сертифікованої продукції. Будь-яка вибіркова сертифікація не може бути підставою для присвоєння такого номера.



Рис. 3.42. Різні типи маркування продукції (від A1 до B)

Табл. 3.28. Орієнтовні значення вартості сертифікації

Вид сертифікації	Орієнтовна вартість, євро
Виробництво і процедури забезпечення/контролю якості	10 000...15 000
Вимоги до продукту (EN 14961-2) (на партію)	10–15 євро/т
Ланцюжок постачання (сировина, походження, логістика, зберігання, маркування, транспорт)	5000...10 000
Вимоги до доставки кінцевим споживачам/покупцям	5000
ЗАГАЛОМ (для пелетного виробництва 2000 т/рік)	40 000...60 000
ДОДАНА ВАРТІСТЬ СЕРТИФІКОВАНИХ ПЕЛЕТ	100–125 євро/т

Таким чином, додатково виробник деревних пелет може отримати такі переваги в постачанні сертифікованої продукції:

- Постачання за вищою, прозоро сформованою ціною сертифікованої партії. Наприклад, наразі (червень 2016 р.) несертифіковані «індустріальні» деревні пелети постачають трейдеру всередині України або кінцевому споживачу за середньою ціною 75...110 євро/т. Сертифіковані за EN Plus A1 деревні пелети – за ціною, що диктує ринок споживання у ЄС, нині це становить 200...210 євро/т. Тобто на 1 тонні пелет можна додатково заробити до 100–125 євро, що у перерахунку на пелетне виробництво потужністю 2000 т/рік становитиме 200–250 тис. євро/рік доданої вартості. До того ж витрати на сертифікацію становлять 40–60 тис. євро/рік. Отже, сертифікація значно підви-

щує додану вартість підприємства – виробника деревних пелет;

- Волатильність кінцевої ціни менша за умови постачання безпосередньо на ринок ЄС. Вона напряду регулюється ринком, на неї не мають впливу інші чинники, такі як додатковий прибуток трейдерів;

- Отримання унікального ідентифікаційного реєстрового номера на партію та виробництво, внесення до загального реєстру стандарту EN Plus дає змогу розміщувати свою продукцію на біржі біомаси будь-якої країни – члена ЄС, напряду укласти договір з кінцевим споживачем, оминаючи посередників/трейдерів. З іншого боку, це допомагає кінцевому споживачу прозоро відстежувати виробника та скаржитися у разі потреби (що є свого роду гарантією підтримання якості).

Крім того, слід зазначити, що наразі стандарт EN plus діє лише на території ЄС, в Україні його не транспоновано та не затверджено. Тому сертифікація залишається необов'язковою для виробників в Україні.

Що стосується агропелет, то для них не існує чітких правил до сертифікації, ані у ЄС, ані в Україні. Однак стандарти групи ISO 17225 передбачають сертифікацію агробіопалива різних видів, зокрема й пелет. У 2014 р. цей стандарт доповнено вимогами до якості агропелет ISO 17225-2-6A, ISO 17225-2-6B. Вони визначають параметри, окрім стандартних, такі як: калорійність, зольність, вологість, а також вимоги до елементарного та мікроелементного складу соломи. Проте цей стандарт не передбачає виконання критеріїв сталості виробництва, як це передбачено у EN plus, а пелета за цим стандартом не йде у залік щодо цілей ЄС-27 до 2020 р. Не існує й повноцінного ринку агропелети у ЄС, біржі агропелети, реєстру виробників, системи відстеження продукту, сформованої ринкової ціни. Таким чином, кінцевий споживач найвірогідніше не буде платити вищу ринкову ціну за маловідомий продукт, навіть сертифікований згідно із загальним міжнародним стандартом ISO-17225-2. До того ж разова

вартість сертифікації залишається на рівні 25–30 тис. євро + вартість сертифікації партії. Зважаючи на різницю в ціні навіть у 20 % (наприклад, з 65 євро до 80 євро), додана вартість становитиме 30 000 євро, що навіть не покриває разової сертифікації. Крім цього, технічно сертифікацію агропелети в Україні проводять іноземні компанії. Національні лабораторії (наприклад, луганська, одеська, севастопольська) не мають повноцінної акредитації для виконання аналізів агропелети, що відповідатимуть вищезазначеному стандарту за всіма критеріями.

Загалом треба відмітити, що виробити єдиний уніфікований підхід до сертифікації будь-якої агробіомаси надзвичайно важко. Це відбувається через значні (у кілька разів) відхилення основних фізико-хімічних властивостей сировини відповідно до багатьох чинників: місця вирощування, технології обробітку ґрунту, сівозмін, попереднього землекористування (яким чином земля використовувалась до вирощування агросировини), рівня використання добрив, типу добрив, кліматичних умов, видів рослин тощо. Якщо ж паливо стандартизувати неможливо, то загальноприйнятий підхід – пропорційне зменшення ціни.

Табл. 3.29. Ефект від сертифікації агропелет і деревних пелет

	Агропелети	Деревні пелети
Стандарт	ISO 17225-6A ISO-17225-6B	EN plus A1, A2, B
Обов'язковість	Добровільний	Добровільний
Вартість сертифікації	20 000... 30 000 євро	40 000...60 000 євро
Додана вартість після сертифікації	20 євро/т	100 євро/т
Технічна можливість сертифікації	Іноземні компанії, немає акредитованих лабораторій	Національні та іноземні компанії, є акредитовані лабораторії

3.3.4. Проблеми збуту виробленої продукції

Проаналізувавши опитувальні листи і результати, зібрані під час візитів на підприємства – виробники пелет з агросировини та деревини, можна зазначити такі проблеми збуту:

- орієнтація багатьох виробників на експорт спричиняє їхню залежність від стану зовнішнього ринку пелет і змін зовнішнього законодавства;

- падіння попиту на ринку ЄС через такі чинники:

- * припинення субсидіювання сумісного спалювання біомаси з вугіллям на польських ТЕС і ТЕЦ;

- * дві поспіль теплі зими 2014–2016 рр. спричинили падіння до 30 % потрібної кількості теплової енергії, що позначилося на зменшенні кількості пелет для теплозабезпечення;

- * розвиток власного виробництва пелет, розширення сировинної бази;

- * виконання цілей до 2020 р. щодо розвитку ВДЕ з випередженням країнами – членами ЄС (Литва, Латвія, Естонія, Німеччина, Польща), які є основними споживачами пелет з України;

- * переорієнтація ринку ЄС-27 на постачальників з Канади, Північної Америки та Азії як більш стабільних з високими гарантіями;

- * падіння цін на викопні палива (нафту і природний газ) протягом 2015–2016 рр., унаслідок чого пелета в певних ситуаціях є неконкурентною, дешевше палити газ та нафту;

- * відносно насичення ринку теплопостачання з пелет у ЄС-27;

- усі підприємства, які дали відповідь або яких відвідали, мали чіткі та визначені плани щодо будівництва, потужності виробництва та ринків збуту готової продукції. Деякі з підприємств на момент свого створення мали біз-

нес-плани, які не враховували реальний ринку збуту;

- підприємства-виробники акцентують на тому, що в Україні немає ринку пелет і, як наслідок, немає ринку сировини для пелет. Така ситуація притаманна для нинішніх реалій цього сегменту і є нестабільною, адже введені аукціони на деревину діють не злагоджено, а ситуація в аграрному секторі надто залежить від агровиробників та цін на аграрну продукцію;

- підприємства-виробники інколи нарікають на повне нерозуміння та небажання агровиробників дотримуватися певних моделей у роботі, невстановлення ними ринкової ціни на так звані відходи виробництва;

- що стосується лушпиння соняшнику, то в цьому сегменті працюють переважно великі компанії, що наближені до заводів з виробництва рослинної олії; такі підприємства повністю монополізують ринок лушпиння соняшнику;

- майже ніхто не скаржиться на брак агросировини чи на його малу кількість, але всі скаржаться на нерівномірність цін на сировину від сезону до сезону, що спричинено нерозвиненістю ринку;

- майже всі підприємства – виробники пелет з агросировини визнають факт прорахунку направленості своєї діяльності, а саме спрямованості на експорт агропелет у країни Європейського Союзу, який на сьогодні перебуває у стагнації, досить лімітований щодо закупівлі агропелет з України;

- усі виробники агропелет і деякі виробники пелет з деревини звертають увагу на те, що, незважаючи на брак в Україні сучасного обладнання для спалювання, провідні виробники твердопаливних котлів не зацікавлені

в розробці його нового модельного ряду, що призводить до послаблення загальної конкуренції на ринку. Усе це також є наслідком нерозвиненості ринку;

- часті нарікання на брак якісної вітчизняної техніки та обладнання для заготівлі сировини та виробництва пелет, а також високі ціни на зарубіжні якісні зразки техніки та обладнання;

- усі виробники готові інвестувати в проекти за умови невтручання у сектор з боку держави.

Основними причинами, що впливають на проблеми збуту пелет з агросировини та деревини, є:

- неправильне планування сировинного забезпечення ще на початковому етапі організації виробництва. Підприємства з виробництва деревних пелет будувалися і вводилися в експлуатацію з розрахунку на «сірі» схеми постачання сировини. Із введенням в дію лісових аукціонів доступ до сировини виявився проблематичним. У сегменті аграрного біопалива панує вертикально-монополізаційна система сировинного забезпечення, коли повноцінний доступ до сировини мають лише власники відходів та агрохолдинги. Малі та середні виробники відчують неспроможність закупляти сировину через різницю в цінах;

- комплектація обладнанням більшої українських підприємств з виробництва твердого біопалива хоча і хоча й відповідає основним технологічним вимогам, але є застарілою і неенергоефективною. Також підприємства не сертифікують свою продукцію, у кращому разі використовують ТУ. Це призводить до того, що більшість українських пелет і брикетів через низьку якість використовуються для промислового спалювання, а виробники агропелет не дотримуються норм стандартів, яких фактично немає, та працюють відповідно до потреб замовника;

- проблематика транспортної інфраструктури, наявності спецтехніки.

Виходом з такої ситуації може бути переорієнтація вітчизняних виробників твердого біопалива на внутрішній, український, ринок. Наразі біомаса в Україні застосовується переважно для виробництва теплової енергії і в невідготовленому вигляді – як тріска, тирса, інші відходи. Можна зазначити такі основні напрями її використання³¹:

- близько 2000 сучасних котлів працюють на деревній біомасі (тріска, гранули), зокрема котли Смілянської ТЕЦ, ПАТ «Кіровоградолія», ТОВ «Євгроїл» (Миколаївський МЕЗ), Іванківської ТЕС Київської області;

- понад 1000 котлів, переведених з вугілля/мазуту на деревну біомасу, експлуатуються на підприємствах лісового господарства;

- близько 40 котлів і 40 теплогенераторів працюють на тюкованій соломі та на пелетах із соломи. Котли експлуатуються у бюджетних установах, на аграрних підприємствах та інших об'єктах, у складі зерносушильних комплексів у 20 областях України;

- понад 70 котлів, розташованих на олійноекстракційних заводах та масложирових комбінатах, використовують як паливо лушпиння соняшнику. Дві установки працюють у режимі ТЕЦ – на ВАТ «Кіровоградолія» та ТОВ «АПК «Євгроїл». ТОВ «Комбінат Каргілл» поки що не випускає електроенергію з біомаси (у зв'язку з тимчасово окупованою територією, зокрема м. Донецька).

Незважаючи на достатню кількість перешкод, на сьогодні в Україні триває інтенсивний процес переходу різних категорій споживачів від дорогого природного газу на більш дешеве тверде альтернативне паливо, а саме – пелету з агросировини та деревини.

31 [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)



3. 4. ВИМОГИ ДО ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЕНЕРГОВИТРАТ

Продуктивність виробництва пелет як з деревини, так і з сировини аграрного походження залежить насамперед від загальної концепції виробництва, зокрема планування випуску готової продукції. У свою чергу план випуску залежить від попиту на продукцію, а також наявності та доступності сировини для виробництва пелет. Якщо немає обмежень стосовно попиту на продукцію, обмежуючими чинниками у виборі продуктивності виробництва можуть бути такі, що пов'язані з наявністю та доступністю відповідної сировини в регіоні, конкуренцією за сировину інших виробництв, а також сума капітальних витрат на виробництво пелет. Основною умовою щодо вибору продуктивності є отримання найкращих показників економічної ефективності такого проекту.

Чинниками, що сприяють збільшенню продуктивності, є скорочення питомих витрат на тонну продукції, а саме:

- електричної енергії;
- витрат на оплату праці;
- загальнозаводських витрат;
- капітальних витрат.

Водночас для більш потужних підприємств зростає середня відстань доставки сировини. Це особливо відчутно у виробництві агропелет, оскільки джерела отримання сільськогосподарської сировини територіально розподілені більш-менш рівномірно. Збільшення відстані доставки підвищує вартість сировини, а отже, зменшує економічну ефективність виробництва пелет.

Якщо плани щодо випуску продукції відомі, наступним чинником, що визначає продуктивність обладнання, є плани та можливості стосовно річної тривалості роботи виробництва (місяців на рік) та добового завантаження (годин на добу). Звичайно, ідеальним варіантом є цілодобова (позмінна) робота протягом всього року. Проте реальне завантаження здатне обмежуватись такими чинниками, як:

- сезонні чинники щодо наявності сировини;
- припинення роботи підприємства в зимові місяці, спричинене, наприклад, збільшенням потрібних витрат на опалення цеху, поганим забезпеченням доставки сировини, зменшенням надійності роботи обладнання за низьких температур тощо;
- неможливість організації цілодобової роботи.

Нижче (табл. 3.30) показано, яка встановлена потужність обладнання потрібна для виробництва 10 тис. т пелет на рік за різної тривалості роботи (год/рік). У таблиці враховано витрату 10% робочого часу на планове технічне обслуговування обладнання.

Табл. 3.30. Залежність встановленої потужності лінії від тривалості її роботи

Тривалість виробництва, міс./рік	3			6			9			12		
Кількість робочих змін на добу (одна зміна – 8 год)	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Потрібна продуктивність виробничого обладнання, т/год	15,2	7,6	5,1	7,6	3,8	2,5	5,1	2,5	1,7	3,8	1,9	1,3

Як видно з таблиці, за різної річної тривалості роботи обладнання, потрібна встановлена виробнича потужність (а отже, й потрібні капітальні витрати) може змінюватись майже в 10 разів.

Таким чином, вибір продуктивності виробництва вимагає врахування цих чинників для отримання найкращих економічних показників (наприклад, найменших строків окупності, найвищої рентабельності або чистої приведеної вартості).

Табл. 3.31. Енерговитрати, пов'язані із виробництвом пелет

Виробничі процеси/потреби	Електрична енергія	Теплова енергія	Бензин, дизпаливо
Заготівля та постачання сировини			Робота заготівельних та вантажних машин
Сушіння сировини	Електричні приводи	Нагріте повітря, повітря у суміші з димовими газами, перегріта пара	
	Нагрівальні елементи (електросушарка)		
Подрібнення сировини	Електричні приводи		
Кондиціювання	Електричні приводи	Приготування теплої води або пари (котел, парогенератор)	
	Приготування теплої води або пари (електрокотел)		
Гранулювання	Електричні приводи		
Охолодження	Електричні приводи		
Просіювання	Електричні приводи		
Фасування	Електричні приводи		
Доставка готової продукції			Вантажні машини
Система аспірації	Електричні приводи		
Освітлення	Освітлювальні прилади		
Опалення виробничих приміщень	Електричне опалення	Використання різних палив	

Стосовно безпосередньо процесу виробництва пелет, найбільшими складниками загальних енерговитрат, як правило, є витрати на сушіння сировини (у виробництві пелет з вологої деревної сировини). Під час виробництва пелет з аграрної сировини сушіння як окрема стадія використовується не завжди, оскільки, по-перше, вологість агросировини, наприклад, соло-

ми зернових, на початку виробничого ланцюжка становить 15–25 % (у виробництві з деревної сировини її початкова вологість може становити 50–55 %). По-друге, під час виробничих процесів (переміщення, подрібнення, гранулювання) вологість зменшується і на кінцевій стадії може відповідати вимогам, встановленим для кінцевого продукту (рис. 3.43).

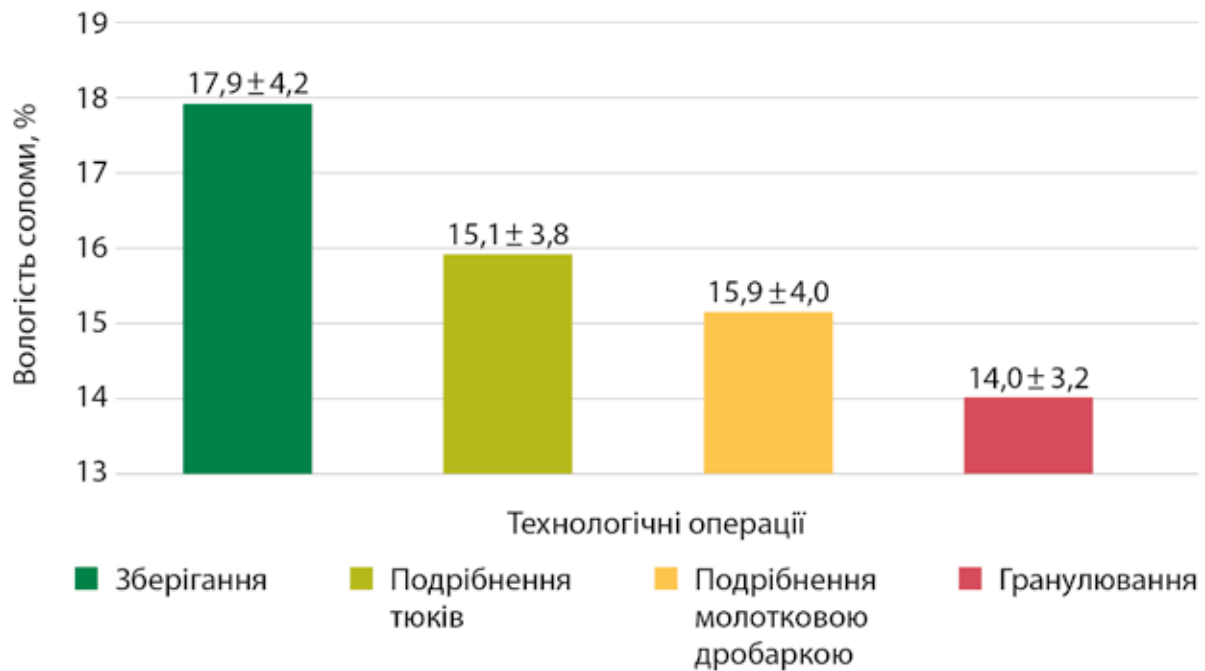


Рис. 3.43. Приклад зміни вологості сировини під час виробництва пелет із соломи зернових³²

За необхідності сушіння сировини може здійснюватись або без засто- сування спеціального теплового об- ладнання (просто неба) або, що більш прийнятно за наших умов, за допом- огою сушарок різного типу (барабан- них, стрічкових, трубчастих, аероди- намічних тощо, див. розділ 3.2.5).

Енергетичні витрати під час висушу- вання сировини визначаються витра- тами тепла, потрібними для випаро- вування певної кількості вологи, для досягнення вологості, потрібної в процесі гранулювання, тобто 10–12 %.

Кількість вологи, що слід випарувати, визначається з рівняння:

$$\Delta W = M_1 \cdot \frac{w_1 - w_2}{100 - w_2} \quad (1)$$

де ΔW – маса води, що потрібно ви- парувати, кг; M_1 – початкова маса си- ровини, кг; w_1 – початкова вологість сировини, %; w_2 – кінцева вологість сировини, %.

Під вологістю маємо на увазі віднос- ну вологість, яка чисельно дорівнює процентному відношенню маси воло- ги, що міститься в сировині, до маси сировини.

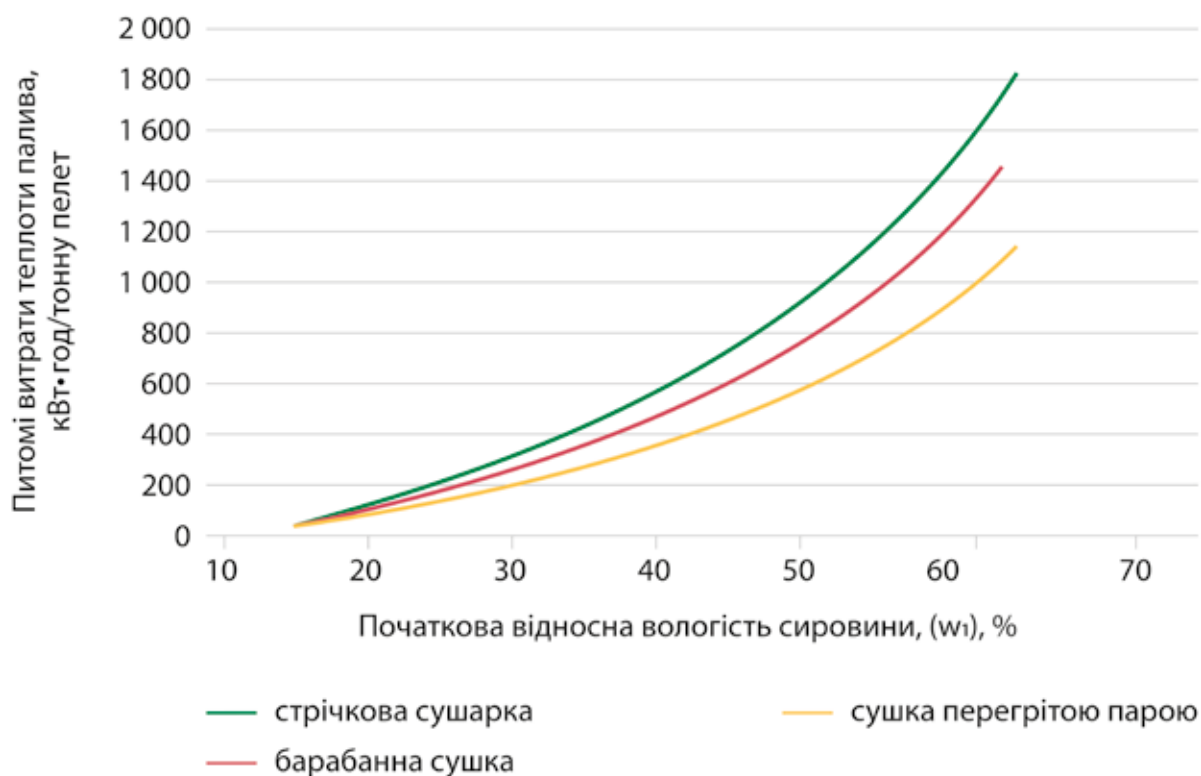


Рис. 3.44. Витрати тепла залежно від відносної вологості сировини

Орієнтовні витрати тепла в перера- хунку на теплову енергію в паливі, по- трібні для випаровування 1 т води в сушарках різного типу, такі³³:

- барабанні, трубчато-барабанні – 1000 кВт·год;
- стрічкові – 1200 кВт·год;
- низькотемпературні – 1000 кВт·год;
- сушіння перегрітою парою – 750 кВт·год.

³³ I. Oberberger and G. Thek. The Pellet Handbook. The Production and Thermal Utilisation of Pellets //Bios Bioenergiesysteme GmbH, 2010

На рис. 3.44 показано розрахункові витрати тепла в перерахунку на тону готової продукції (пелет), залежно від початкової вологості сировини, під час сушіння до кінцевої вологості.

Таким чином, витрати тепла на сушіння залежать головним чином від вологості сировини.

Наступною найбільшою витратою пелетного виробництва є витрати електроенергії.

Ці витрати залежать від багатьох чинників, зокрема від сировини, потреби в додатковому подрібненні, вологості тощо. Крім того, ці питомі витрати залежать і від потужності обладнання – для обладнання більшої виробничої потужності ці витрати, як правило, нижчі, ніж для обладнання меншої продуктивності. Певні труднощі під

час аналізу інформації про витрати електроенергії на виробництво тих чи інших видів пелет полягають у тому, що відкриті джерела публікують переважно результати, здобуті в експериментальних умовах та на дослідному обладнанні. Хоча в таких дослідженнях іноді застосовують промислові зразки прес-грануляторів, загалом умови досліджень відрізняються від виробничих, тому отримані результати можуть різнитися від отриманих в умовах реального виробництва, бути як завищеними, так і заниженими. Водночас статистичні дані щодо енерговитрат діючих підприємств майже не публікуються, а існуючі – стосуються повних витрат, а не витрат на окремих стадіях.

Орієнтовні витрати електроенергії для процесів пелетного виробництва, за різними опублікованими даними, показано в табл. 3.32.

Табл. 3.32. Питомі витрати електроенергії, кВт·год/т пелет

Виробничі процеси, обладнання	Витрати еє/кВт·год/т	Тип сировини
Первинне подрібнення (дробарки різні)	15	Деревна стружка ³⁴
	20	Солома зернових ³⁴
	25	Деревна тріска ³⁴
Остаточне подрібнення (дробарки молоткові)	15–45	Стружка, тріска ^{34, 35, 36, 37, 38}
	45	Солома зернових ³⁴
Кондиціювання (підготовка до гранулювання)	5	Стружка, тріска, солома зернових ³⁴

34 Olivier Pastre, EUBIA. Analysis of the technical obstacles related to the production and utilisation of fuel pellets made from agricultural residues// Pellets for Europe,

35 Jerzy Swigon, Jaroslav Longauer. Energy Consumption. In Wood Pellets Production.// The 11th Polish Drying Symposium. 13-16 September 2005. Poznan. Poland.

36 Stjepan Risovic et al. Energy Analysis of Pellets Made of Wood Residues.// Croat, j. for. eng. 29(2008)1.

37 Ольга Рудль, CPM Europe. Гранулирование биомассы. Промышленное производство топливных гранул...// Украинский биотопливный форум, Киев 20-21 апреля 2011 г.

38 I. Obernberger and G. Thek. The Pellet Handbook. The Production and Thermal Utilisation of Pellets // Bios Bioenergiesysteme GmbH, 2010.

39 Quality Characteristics of Biofuel Pellets.// Danish Energy Agency, file no. 51161/00-0028 Eltra, PSO project no. 1996, December, 2002.

40 Erik Tromborg et al. Economic sustainability for wood pellets production - A comparative study between Finland, Germany, Norway, Sweden and the US. // Nordic Baltic Bioenergy, 2013.

Виробничі процеси, обладнання	Витрати еє/ кВт·год/т	Тип сировини
Гранулювання	38–60	Стружка, тріска, м'які породи деревини ^{36, 37, 38}
	80	Деревина енергетичних плантацій ³⁵
	50–90	Солома пшениці ³⁹
	47–50	Суміш висівок з деревною стружкою ³⁹
	70–164	Суміш соломи з деревною стружкою ³⁹
Охолодження гранул	1,5–5	Стружка, тріска, солома ^{34, 36, 37, 38, 40}
Транспортери, пневмотранспорт	5–37	Різна сировина ^{34, 36, 37}
Освітлення	2,5	Різна сировина ³⁷
Загальні витрати електроенергії	153,6	Деревина, Австрія, 3 т/год ⁴¹
	137,7	Деревина, Швеція, 10 т/год ⁴¹
	113,9	5 т/год, волога тирса ⁴²
	90,1	5 т/год, суха сировина ⁴²
	107,8	15 т/год, волога тирса ⁴²

Наведені дані (рис. 3.45) показують: застосовуючи лінійну залежність, можна вважати, що в діапазоні виробничої потужності 3–15 т/год, за умови збільшення годинної виробничої потужності на кожен тону, питоме енергоспоживання зменшується на 3,5 кВт·год/т пелет.

Водночас, за такої самої виробничої потужності, характеристики сировини (вологість, крупність) можуть змінювати питоме енергоспоживання майже вдвічі.

Процес гранулювання є найенерговитратнішим щодо споживання електроенергії. Водночас він є і найбільш відповідальним, що вирішальною мірою визначає виробничу потужність та кінцеву якість продукції.

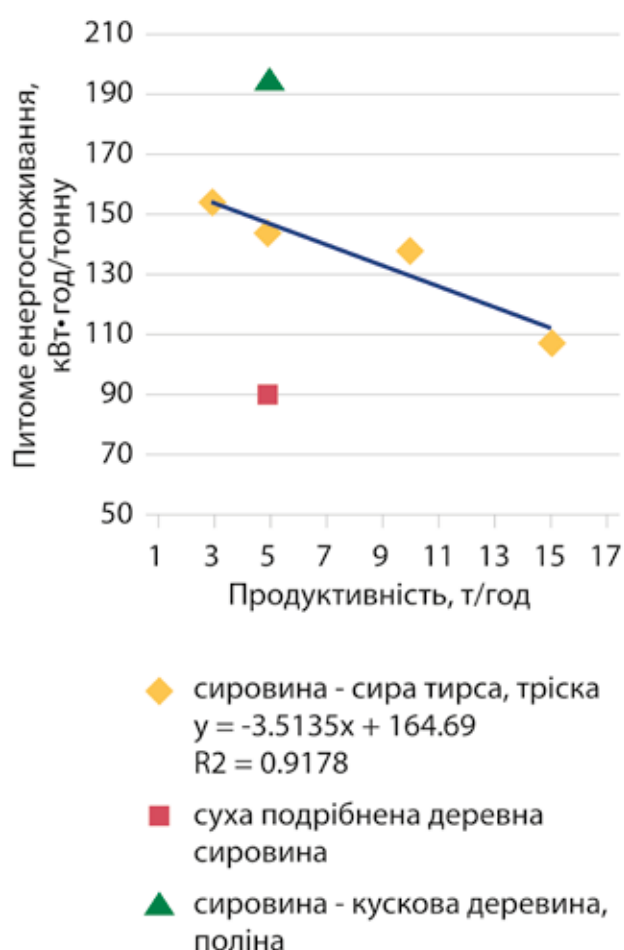


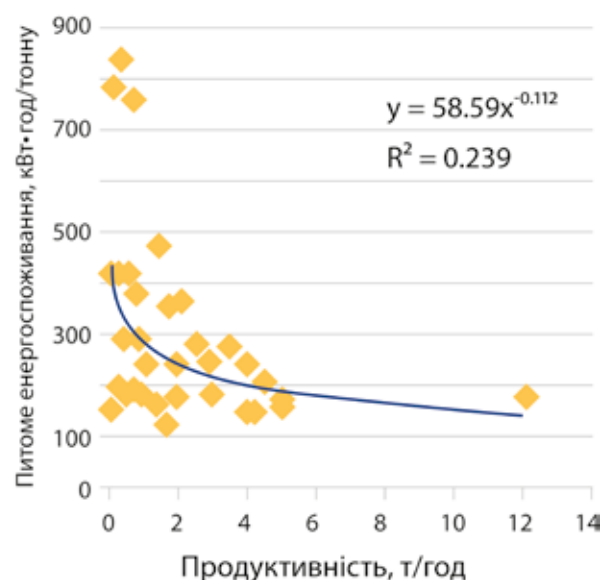
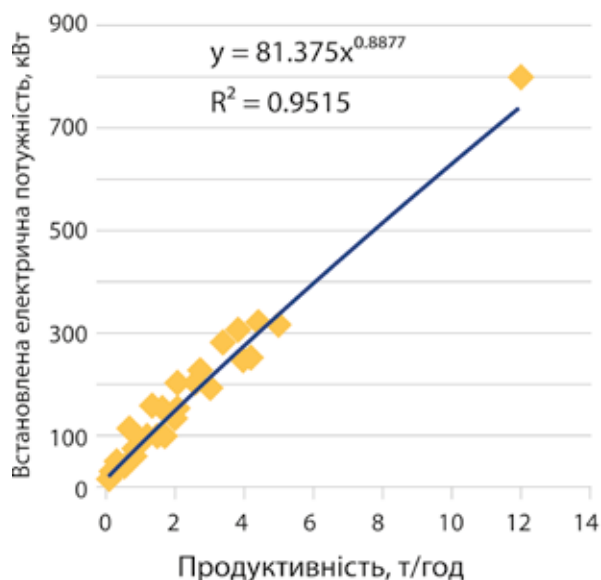
Рис. 3.45. Питоме електроспоживання залежно від масштабу виробництва^{41, 42}

41 G. Thek, I. Obernberger. Wood Pellet Production Costs Under Austrian and in Comparison to Swedish Framework Conditions. // Proceedings of the 1st World Conference on Pellets, Sept 2002, Stockholm, Sweden, ISBN 91-631-2833-0, pp. 123-128, Swedish Bioenergy Association (ed), Stockholm, Sweden.

42 G. Thek, I. Obernberger. Wood Pellet Production Costs Under Austrian Framework Conditions. // 17th European Biomass Conference and Exhibition, 29 June - 3 July 2009, Hamburg, Germany.

Нижче (рис. 3.46) показано залежність встановленої електричної потужності прес-грануляторів провідних виробників (Munch Edelstahl, Amandus Kahl, Andritz, La Meccanica, Demetra, SPC, CPM) від продуктивності пресів.

Аналогічні дані, побудовані лише для пресів компанії CPM, яка нині серед провідних виробників прес-грануляторів для виробництва твердих біопалив, що дають змогу побачити певні відмінності для таких матеріалів, як деревина, лушпиння соняшнику та солома зернових (рис. 3.47).

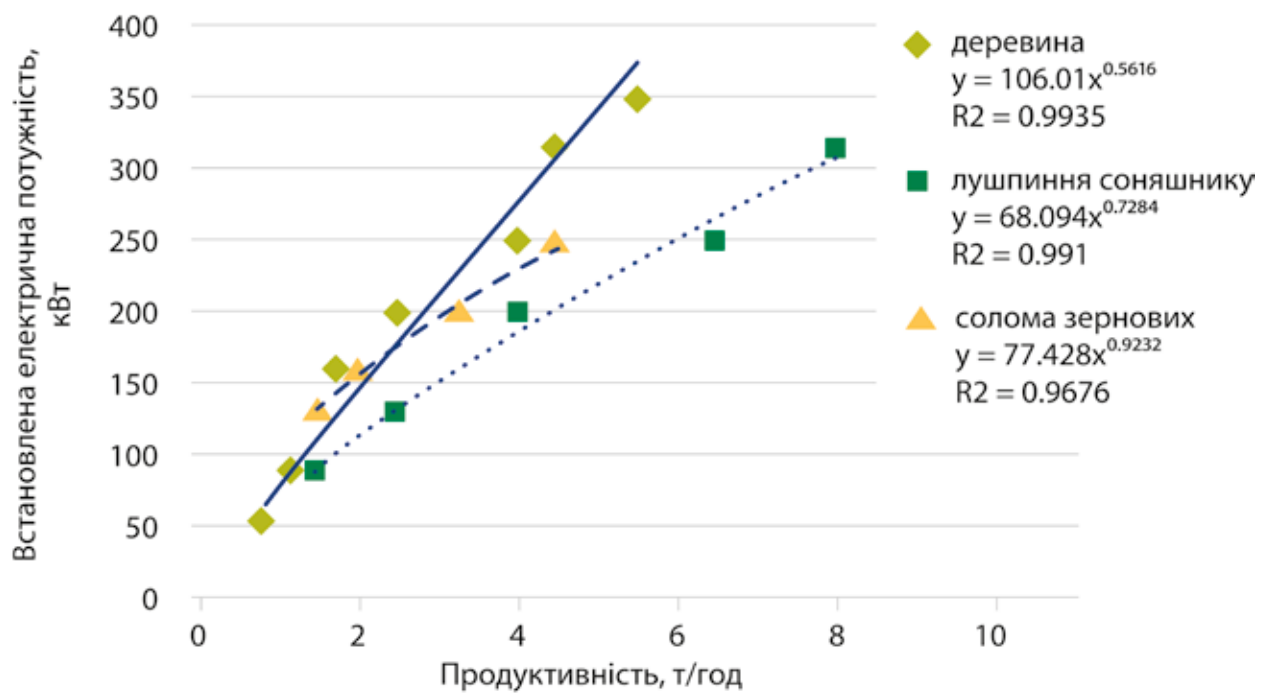


а) встановлена електрична потужність та продуктивність

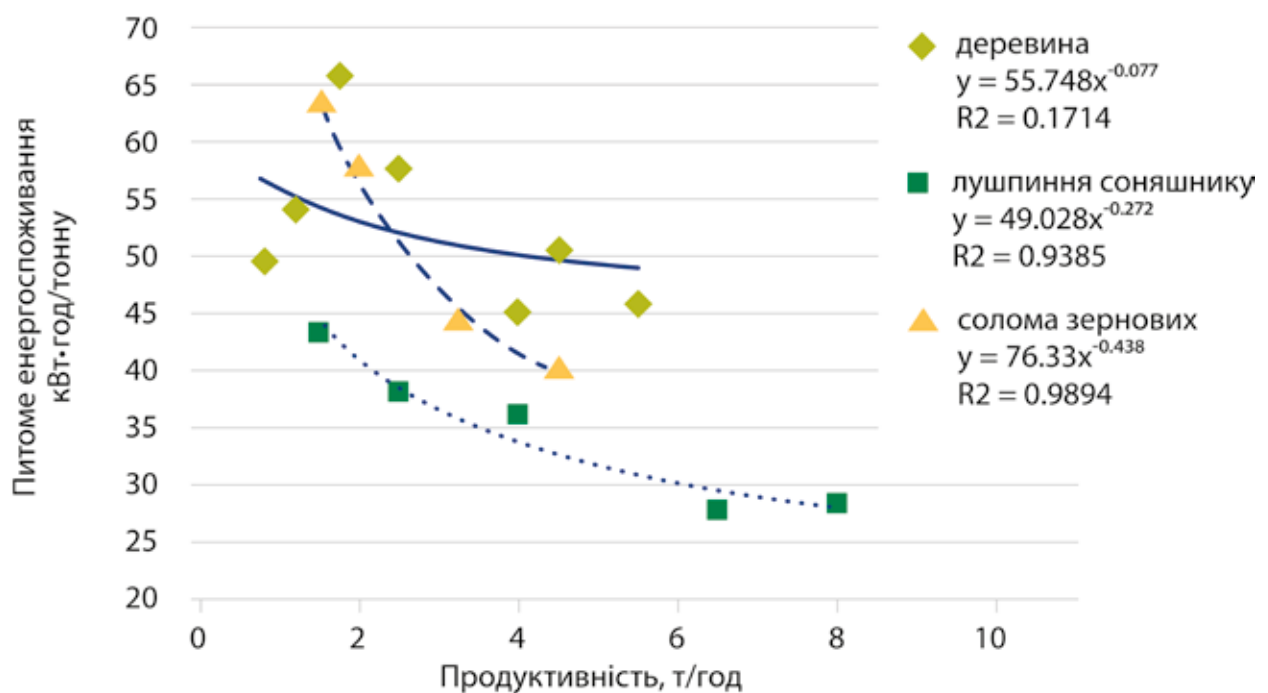
б) розрахункові питомі енерговитрати

Рис. 3.46. Залежність встановленої електричної потужності прес-грануляторів від їхньої продуктивності⁴³

43 Critical review on the pelletizing technology, combustion technology and industrial-scale systems // IEE/09/758/SI2.558286 - MixBioPells WP3/D3.1, April, 2012



а) встановлена електрична потужність і продуктивність



б) розрахункові питомі енерговитрати

Рис. 3.47. Залежність питомих енерговитрат від продуктивності лінії гранулювання і типу сировини^{44 45}

44 Critical review on the pelletizing technology, combustion technology and industrial-scale systems.// IEE/09/758/SI2.558286 - MixBioPells WP3/D3.1, April, 2012

45 <http://www.wood-pellets.com/cgi-bin/cms/index.cgi?ext=content&pid=1354&lang=1>

Наведені дані вказують, що між питомими енерговитратами під час гранулювання деревини та соломи зернових немає великої різниці, тоді як для гранулювання лушпиння соняшнику питомі енерговитрати менші.

На основі аналізу впливу виробничої потужності на питомі витрати електроенергії запропоновано такі орієнтовні значення питомих енерговитрат для різних стадій пелетного виробництва (табл. 3.33).

Табл. 3.33. Питомі енерговитрати для різних стадій виробничого процесу, кВт-год/т пелет

Виробничі процеси, обладнання	Виробнича потужність, т/год	Сировина				
		Деревина			Солома зернових	Лушпиння соняшнику
		тріска, стружка, тирса сирі	стружка суха	кускова деревина, поліна		
Первинне подрібнення	1	20	0	45	20	0
	5	16	0	37	16	0
	15	14	0	33	14	0
Остаточне подрібнення (дробарки молоткові)	1	45	45	45	45	15
	5	37	37	37	37	12
	15	33	33	33	33	11
Кондиціювання (підготовка до гранулювання)	1	5	5	5	5	5
	5	4	4	4	4	4
	15	4	4	4	4	4
Гранулювання	1	56	56	56	76	49
	5	49	49	49	38	32
	15	45	45	45	23	23
Охолодження гранул	1	4	4	4	4	4
	5	3	3	3	3	3
	15	3	3	3	3	3
Транспортери, пневмотранспорт	1	35	10	50	20	10
	5	29	8	41	16	8
	15	25	7	36	14	7
Освітлення, системи керування, інші витрати	1	4	4	4	4	4
	5	3	3	3	3	3
	15	3	3	3	3	3
ЗАГАЛОМ	1	168	123	208	174	87
	5	142	105	175	118	63
	15	127	94	156	94	51



4. ТЕХНІЧНІ ПЕРЕШКОДИ, ПОВ'ЯЗАНІ З ВИКОРИСТАННЯМ АГРОПЕЛЕТ

4. 1. ПОРІВНЯЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АГРОПЕЛЕТ І ПЕЛЕТ, ВИРОБЛЕНИХ З ДЕРЕВИНИ

Найважливішими критеріями з погляду властивостей пелети як палива є: вологість, зольність, теплотворна здатність, насипна щільність та щільність як матеріалу, матеріальна міцність, брак фракції.

Вологість

Для виробництва пелет з деревини використовується, як правило, сировина з вологістю до 50%. За стандартом EN Plus A1 вологість пелети з деревини не має перевищувати 12 % (допущено діапазон 6–12 %). Для пелет з рослинної сировини не існує стандартизованих показників за вологістю. Зважаючи, з одного боку, на властивості агросировини, що має в середньому нижчу вологість, ніж деревина, а також на умови міцності готової пелети, з іншого боку (вона не має бути крихкою через занадто низьку вологість), та ґрунтуючись на аналізах, отриманих у процесі візиту на пелетні виробництва (ТОВ «Біо-енерджі-Вінниця», ТОВ «Він-Пелета»), можна стверджувати, що загалом вологість агропелети і деревної пелети фактично однакова і не перевищує 12 %. Якщо ж вологість перевищує цю величину, це означає, що потрібно зробити поправку на ціну продукції, пропорційну підвищеному вмісту

вологи, або таку пелету взагалі не можна закуповувати.

Вологість пелет

<5%	Втрата міцності, розкришуваність
5-7%	Допустимий показник
8-12%	Допустимий показник
13-20%	Допустимий показник
>20%	Втрата цілісності гранули, паливних характеристик, проблеми із логістикою

Зольність

Сировина, яку використовують для виробництва агропелети, є рослинними залишками, що, по-перше, у процесі вегетації набирають з ґрунту більше неорганічних речовин, ніж деревина в перерахунку на суху речовину (у середньому на 20–30 %);

по-друге, мають постійний контакт із ґрунтом у проміжку часу між збиранням зернових та збиранням відходів; по-третє, технологічно під час збирання обов'язково разом із залишками забирається деяка частка ґрунту (до 10% від маси, у середньому за умови добре організованої технології збору – 3–5 %). Це зумовлює підвищену зольність агросировини проти деревини. За дослідженнями лабораторних аналізів, отриманих на виробництвах агро- та деревних пелет, а також власних даних НТЦ «Біомаса», у середньому зольність деревних пелет – у межах 0,5–1,5 %, тоді як зольність пелет із соломи – у межах 3–10 %, а в деяких ситуаціях вище. У процесі виробництва зольність фактично залишається на тому ж рівні у готовому продукті, що і в сировині, оскільки не існує надійних та дешевих способів боротьби з підвищеною зольністю у пелети. Наприклад, аналіз технічних культур (стебел кукурудзи) дає зольність 12 % на суху масу, що є досить високим показником. Використання такої сировини для виробництва пелет вже зазвичай недоцільне як через незадовільні паливні характеристики отриманих пелет, так і через значний технічний знос вузлів лінії гранулювання (особливо ножів подрібнювальної техніки, матриць, роликів гранулятора), якщо вони не розраховані на таку абразивність та опір перероблюваного матеріалу.

Саме через значні коливання зольності сировини, спричинені, наприклад, засміченістю ґрунтом, можуть виникати серйозні проблеми з обладнанням аж до повної зупинки і капітального ремонту. Частими є поломки та понаднормова заміна витратних матеріалів, особливо рухомих частин (транспортів, ножів/молотків, матриці, робочих поверхонь дробарки тощо).



Деревина 0...1,5 %



Солома 3...6 %



Кукурудза, соняшник 3...12 %



Торф 10...40 %

Теплотворна здатність

Теплотворна здатність пелети напряму залежить від її вологості, зольності та елементарного складу. Для деревної пелети з вологістю 10 % і зольністю 1 % (стандарт EN Plus A1) теплотворна здатність становить 17 МДж/кг. Для агропелети з вологістю 10 % та зольністю 5 % (типові показники) теплотворна здатність становитиме близько 15 МДж/кг. Слід зазначити, що за теплотворної здатності нижче визначеного рівня (для деревної пелети – нижче 14 МДж/кг, для агропелети – нижче 12 МДж/кг), якщо застосовувати критерії доцільності застосування ВДЕ, зазначені в Директиві 2009/28/ЄС, взагалі втрачається доцільність використання пелет як палива, якщо брати до уваги енергетичний баланс усього циклу її виробництва.

Для моніторингу теплотворної здатності найкраще використовувати калориметричний метод вимірювання. Розрахункові методи (за формулою Менделєєва або за спрощеними формулами, що враховують зольність та вологість) не дають точних даних, оскільки не враховують усіх фізичних властивостей палива.

Щільність матеріалу, Насипна щільність

Агропелети і деревні пелети – це візуально дуже схожі за формою продукти з властивостями сипучих матеріалів. Зазвичай відрізняються вони лише за кольором та запахом. Циліндрична форма пелет з діаметром 8–12 мм (індустріальні пелети) та висотою 20–30 мм дає змогу для їхнього щільного укладання у великий об'єм будь-якої форми.



Насип пелет з соломи,
8 мм



Насип пелет з деревини,
8 мм



Насип пелет з лущиння,
12 мм

Оскільки технологічно виготовлення пелет передбачає ущільнення вихідної сировини відповідно до деяких стандартних величин, насипна щільність і щільність сировини як матеріалу майже не впливають на остаточну насипну щільність готової продукції. Вона становить 500...700 кг/1 куб. м, а щільність як матеріалу 1200–1300 кг/1 куб. м (стандарт EN Plus A1 для деревних пелет). Для агропелет ці вели-

чини можуть коливатися у ширшому діапазоні, особливо за умов порушення технологічного режиму виготовлення (відхилення до $\pm 20\%$).

Міцність, брак фракції

Під час здійснення операцій укладання, фасування, зберігання, вантаження та перевезення, деяка частка пелет через природну незначну мі-

цність матеріалу та специфічну форму розпадається та розсипається, до того ж втрачається однорідний фракційний склад палива, що може впливати на якість спалювання. Стандартна величина частки бракованої фракції деревної пелети є у межах 0,2–0,4 % від загальної маси пелети за використання комбікормової технології гранулювання (стандарт EN Plus A1). Це пов'язано, у першу чергу, з тим, що в процесі гранулювання відбувається нерівномірний прогрів/охолодження та зволоження подрібненої маси сировини. Зв'язки, потрібні для утворення міцного продукту, майже не

утворюються на периферії технологічних поверхонь (матриці, в охолоджувачі), де нерівномірність процесів найяскравіше виражена. У цій ситуації властивості продукту залишаються такими самими, як і властивості сировини. Тобто загалом можна сказати, що брак фракції пелет і нерівномірність міцності в партії залежить здебільшого від технології, а не від типу палива. Загалом, для агропелет характерно більш інтенсивне розсипання через вихідні властивості сировини (брак фракції до 1 %), для деревних пелет – більша міцність.

Властивість	Деревні пелети	Пелети із соломи	Пелети з лушпиння
Вологість	За стандартом (EN plus, DIN, NTA 8080), 8–12 %	Нестандартизована, 5–15 %	Нестандартизована, 5–15 %
Зольність	Менш як 1 %	3...6 %	3...12 %
Теплотворна здатність	15–18 МДж/кг (17 МДж – за стандартом)	12–16 МДж/кг	14–18 МДж/кг
Насипна щільність	500–700 кг/м ³ , 1100–1300 кг/м ³	450–750 кг/м ³ , 1000–1400 кг/м ³	400–800 кг/м ³ , 1100–1400 кг/м ³
Міцність, брак фракції	Висока, брак фракції до 0,4 % від маси	Середня, брак фракції 0,4–0,6 %	Низька, брак фракції 0,5–1 %



4. 2. КОРОТКИЙ ОГЛЯД ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СПАЛЮВАННЯ

Понад 90 % енергії з біомаси отримують шляхом спалювання. Характеристики палива, вартість обладнання та потужність енергетичної станції є визначними показниками під час вибору технології спалювання для впровадження.

Спалювання біомаси відбувається в топках котлів, а тепло, що виділяється, передається теплоносіям (воді, парі або повітрю) частково в самій топці, а частково – від продуктів згорання, які з топки протягом свого руху контактують з конвективними поверхнями теплообміну та поступово віддають тепло теплоносіям. Основні відмінності полягають саме в організації процесу спалювання біомаси, що має свої особливості залежно від виду біомаси. Своєю чергою процес спалювання накладає певні вимоги на конструкцію топки, спосіб подачі палива тощо.

Технології спалювання біомаси (рис. 4.1) розділяють на три основні типи: спалювання в шарі, пилове спалювання, спалювання в псевдозрідженому шарі, а також комбінований тип – сумісне спалювання (ССп) біомаси з іншими паливами.

Спалювання в шарі передбачає наявність паливної решітки, на якій відбувається процес горіння, паливоживильного пристрою (механічний, гідравлічний чи пневматичний), системи подачі повітря та видалення золи. Первинне повітря подається під решітку й через отвори проникає в шар палива, де викликає процес газифікації горючих газів. Вторинне повітря подається над шаром палива (у зону окислення) й супроводжує процес згорання. Зола, що утворилася в процесі спалювання, періодично



Рис. 4.1. Основні технології спалювання

видаляється шляхом струшування, зіскрібання, зрушення або чищення.

Спалювання на нерухомій решітці використовується тільки в установках малої потужності. Така технологія використовується, наприклад,

для спалювання дров, відходів деревини, брикетів з біомаси, за ручного завантаження палива. За характером перебігу процесу спалювання такі системи можуть бути верхнього, нижнього та оберненого горіння (рис. 4.2).



а) верхнього горіння



б) нижнього горіння



в) оберненого горіння

Рис. 4.2. Конструкції котлів на дровах

Щодо спалювання пелет такі системи вийшли із вжитку, оскільки були витіснені системами з автоматичною подачею палива.

Рухома ланцюгова колосникова решітка (рис. 4.3, рис. 4.4) може використовуватись для спалювання

сипкого та дрібнокускового палива, зокрема пелет.

Паливо потрапляє на ланцюгову решітку і по мірі її пересування поступово згорає. Основний недолік полягає в нерівномірності розподілу палива.

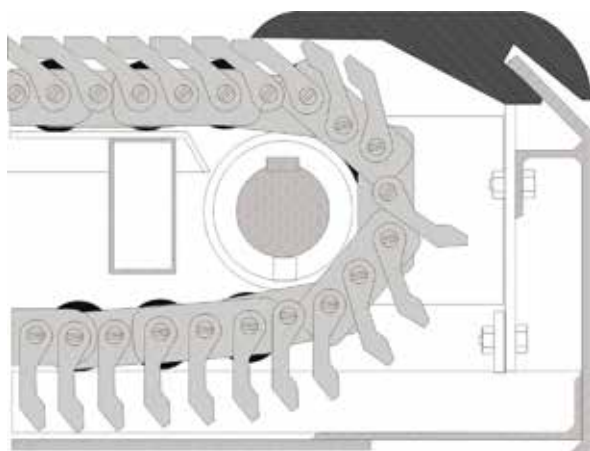


Рис. 4.3. Елемент рухомої ланцюгової решітки

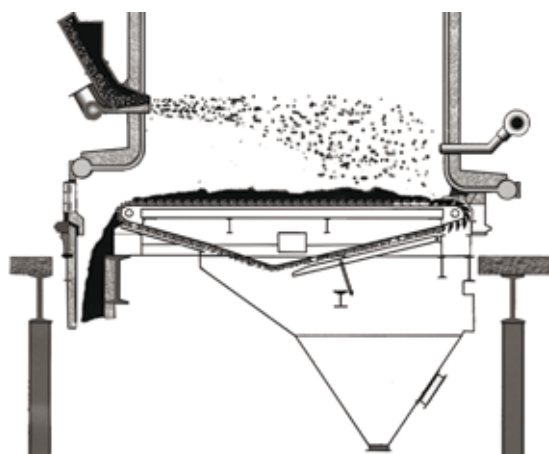


Рис. 4.4. Рухома ланцюгова решітка із пневматичним накидачем палива

Спалювання на похилій та горизонтальній рухомій решітці дає змогу ефективно організувати процес спалювання, поєднуючи одночасно перемішування палива та його рух на решітці шляхом зворотно-поступального руху колосників. Таким чином, згорілі та незгорілі частки перемішуються, поверхня шару палива оновлюється й рівномірно розподіляється. У високоефективних решітках застосовують секціонування, завдяки чому на різних етапах згорання можна керувати частотою руху колосників. На відміну від похилої перештовхувальної решітки (рис. 4.5), решітка з горизонтальним розміщенням (рис. 4.6)

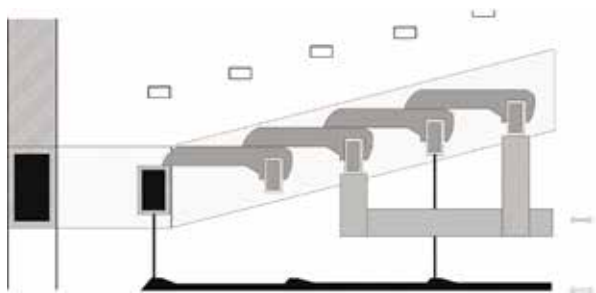


Рис. 4.5. Елемент похилої перештовхувальної решітки

За характером взаємного переміщення палива, вихідних газів та летких речовин, що виділяються в процесі його газифікації та згорання, способи організації спалювання на рухомій колосниковій решітці можна розділити на способи з протитечієм, протечієм та перехресним рухом (рис. 4.7, а–в)⁴⁶.

Спосіб з протитечієм рухом димових газів (рис. 4.7, а) більш застосовують для палива з низькою теплою згорання (волога кора, тріска чи тирса), оскільки призводить до руху димових газів над порціями вологої біомаси, що надходить у топку. Цей спосіб

дає змогу обмежити неконтрольований рух палива під дією гравітаційних сил та зменшити загальну висоту решітки. Технологія спалювання на похилих і горизонтальних рухомих решітках забезпечує високу якість вигорання вологого палива та з великим вмістом золи, а також запобігає спіканню палива в шарі. Для вологого палива використовують решітки з повітряним охолодженням, тоді як для сухого палива – решітки з водяним охолодженням. Згаданий тип решіток використовується як у малих водогрійних котлах, так і в парових котлах середньої потужності.

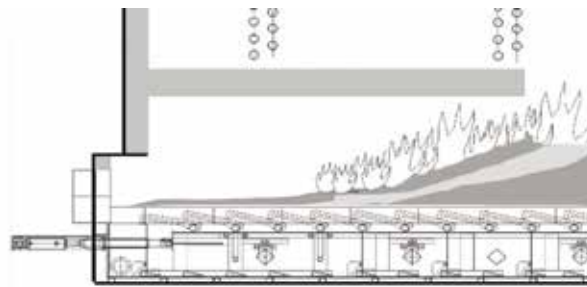


Рис. 4.6. Горизонтальна перештовхувальна решітка

вимагає ретельного перемішування із вторинним повітрям для повного спалювання летючих речовин.

Спосіб з протечієм рухом димових газів (рис. 4.7, б) використовують для сухого палива або у ситуаціях, коли подається вже підігріте повітря. Цей спосіб дає змогу збільшити час перебування вихідних газів у топці та покращити їхній контакт з коксозольним залишком у кінці решітки, що загалом покращує екологічні показники.

Спосіб з перехресним рухом димових газів (рис. 4.7, в) є комбінацією двох попередніх, що застосовується у разі, якщо камера догорання летких речовин розміщена безпосередньо над топкою.

⁴⁶ KARJALAINEN, T. et al (2005) 'Assessment of energy wood potential in the European Union', in Proceedings of the Nth European Biomass Conference & Exhibition, October, Paris, France, ETA-Renewable Energies, Italy, pp 112-115

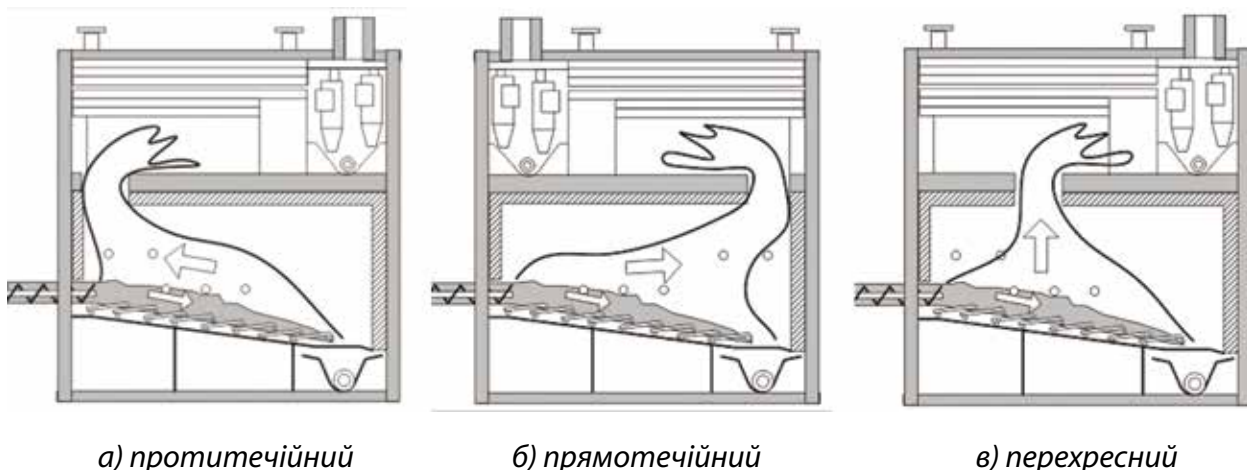


Рис. 4.7. Класифікація способів спалювання на решітці за характером взаємного переміщення палива та димових газів

Спалювання на вібраційній решітці дає змогу уникнути можливості шлакування за рахунок постійного руху й зниженої температури палива в шарі, що відбувається на водоохолоджувальній решітці (рис. 4.8). Це питання особливо актуальне для палива з низькою температурою шлакування та плавлення золи (солома, деревина). Вібраційна решітка, створена із плавникових труб, спирається на пружинний блок й приводиться в рух вібраційним пристроєм. Паливо подається в камеру згорання шнековим, гідравлічним чи пневматичним накидачем у верхню частину решітки. Під дією гравітаційних і вібраційних сил паливо рухається решіткою в напрямку видалення золи. Первинне повітря подається через отвори в плавниках труб у напрямку руху палива, тим самими стимулюючи рух палива на решітці. Недоліком віброуючої решітки є більш високі викиди летючої золи, що викликані коливаннями решітки й перемішуванням шарів золи та палива, а також неповне вигорання зольного залишку. Вібраційні решітки добре зарекомендували себе під час спалюванні «складних» палив, у тому числі соломи зернових (рис. 4.9).

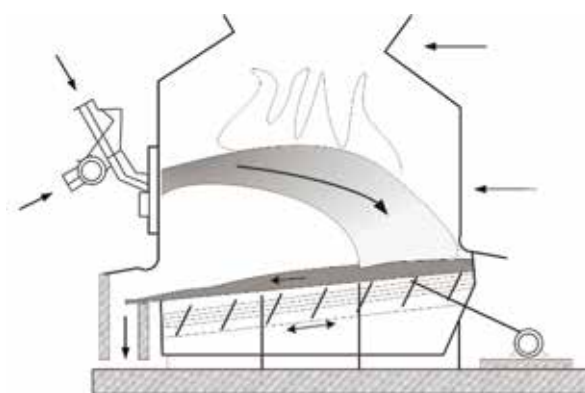


Рис. 4.8. Вібраційна решітка з пневмо-закидачем палива

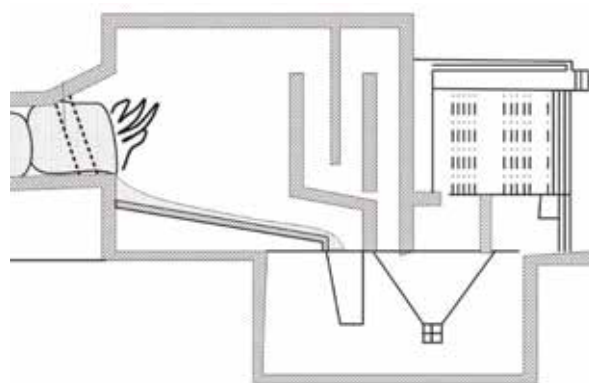


Рис. 4.9. Сигарне спалювання тюків соломи з допалюванням на вібраційній решітці

Під час спалювання на решітці, для контролю та управління температурним режимом, застосовується водяне охолодження стінок топки, а також рециркуляція димових газів

у топку. Водяне охолодження стінок топки зменшує об'єм димових газів, відкладення на стінах топки, подовжує строк життя обмурівки. Якщо використовується лише суха біомаса, стінки топки можуть бути сталевими, тобто не мати обмурівки. Під час застосування вологої біомаси обмурівка потрібна для акумулювання тепла, що згладжує коливання температури, викликані зміною вологості, та забезпечує хороше спалювання летких речовин. Рециркуляція димових газів покращує перемішування горючих летких з повітрям та дає змогу

більш точно регулювати процес спалювання. Як правило, димові гази для рециркуляції відбираються з головного газоходу після вловлювання легкої золи. Водяне охолодження колосників решітки застосовується для зменшення температури на її поверхні, що подовжує строк їхньої служби, запобігає плавленню золи та утворенню твердих відкладень на колосниках. Це особливо важливо під час спалювання біомаси аграрного походження та деревини, забрудненої сторонніми включеннями (сміття, пісок тощо). Загальна схема сучасного котла із спалюванням на решітці на рис. 4.10.⁴⁷

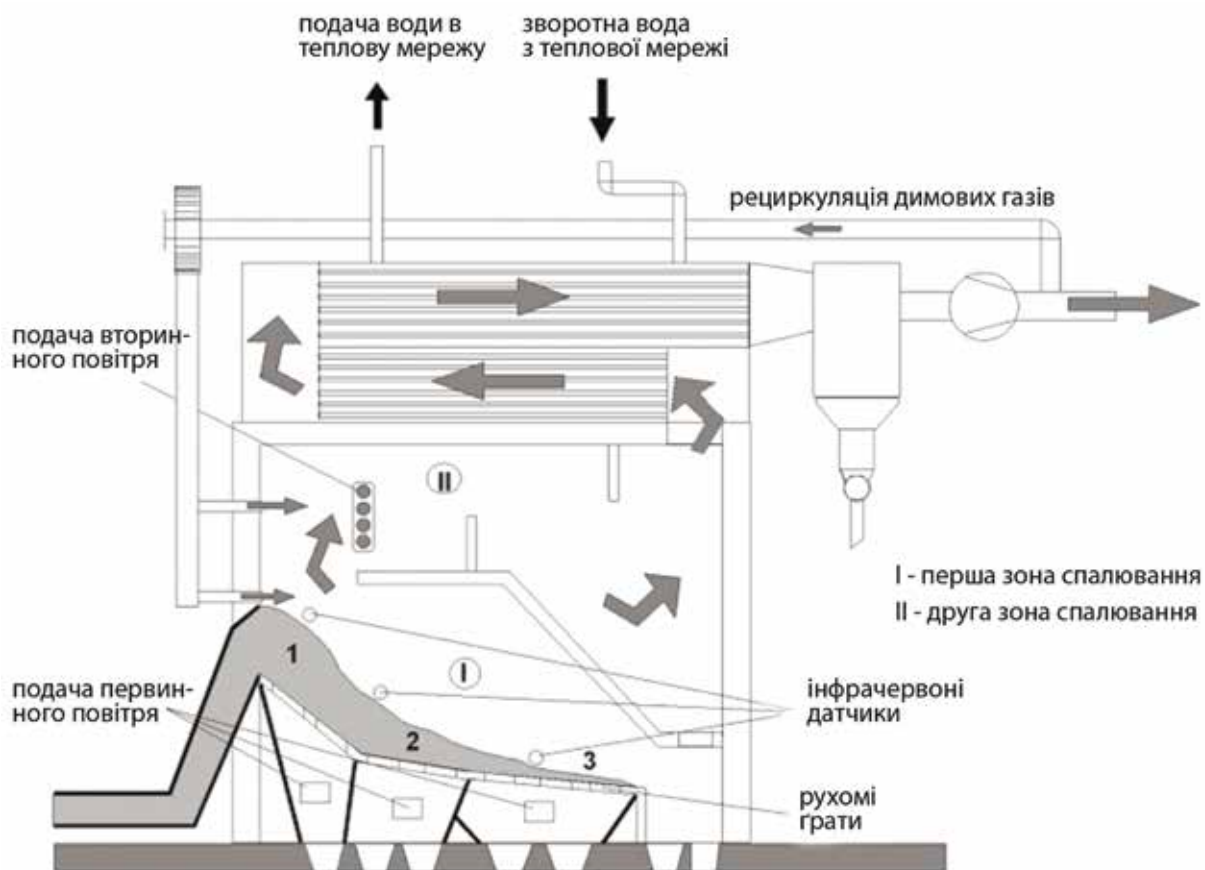


Рис. 4.10. Сучасний котел із спалюванням біомаси на решітці, із секціонованою решіткою та контрольованим розподілом первинного повітря

47 THEK, G., OBERNBERGER, I., HIRTENFELLNER, J. (2005) 'Investigation of woody biomass potentials in selected European countries and their allocation to potential applications for thermal utilisation', in Proceedings of the 14th European Biomass Conference & Exhibition, October, Paris, France, ETA-Renewable Energies, Italy, pp96-99

Спалювання на обертальній решітці, нова технологія, розроблена в Фінляндії компанією KPA Unicon Oy⁴⁸ для спалювання біомаси з вологістю до 65%. Конічна решітка утворена рядами колосників, що рухаються в протилежному напрямку один до одного (рис. 4.11). Паливо подається на решітку за допомогою шнеків, що потребує дотримання розміру часток палива не більш ніж 50 мм. Первинне повітря подається знизу через шар палива. Горючі гази, що утворилися, спалюються в горизонтальній чи вертикальній камері згорання. Горизонтальні камери згорання використовуються у водогрійних та парових котлах з номінальною потужністю 3–17 МВт. Вертикальний варіант застосовується для ТЕЦ на біомасі з потужністю 1,0–4,5 МВт та



Рис. 4.11. Обертальна решітка з нижньою подачею палива

Спалювання в топках з нижньою подачею палива, що наразі широко застосовується в pelletних котлах, є дешевою й безпечною технологією для малих та середніх систем з тепловою потужністю до 6 МВт. Паливо подається в камеру згорання за допомогою шнеків і виштовхується вгору на решітку (рис. 4.13). Зовнішні решітки є більш розповсюдженими у сучасних

7,7–14,5 МВт. Паливо, по мірі вигорання, рухається до периферії решітки. На краю решітки зола падає в ємність з водою й за допомогою скреперного транспортера видаляється з-під котла. Спалювання на обертальній решітці дає змогу спалювати суміші твердих біопалив, а також біологічного мулу⁴⁹.

Ще однією технологією – згорання палива на обертаючому елементі – є технологія угорської компанії Carborobot⁵⁰, де в котлі застосовано подачу палива на спеціальний рухомий елемент (рис. 4.12), на якому і відбувається спалювання. Зола при цьому спадає вниз. Такі котли добре зарекомендували себе, зокрема під час спалювання pellet із соломи зернових, за встановленої теплової потужності до 300 кВт.

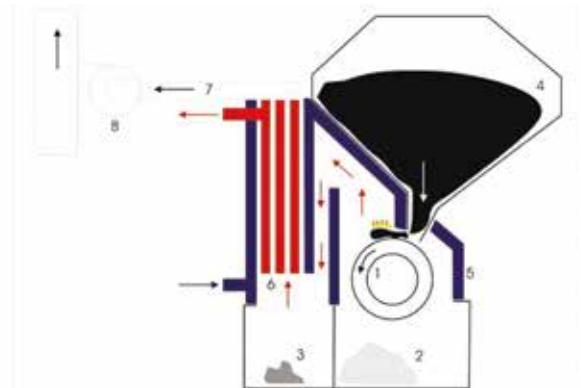


Рис. 4.12. Схема котла Carborobot

установках й дають змогу більш гнучко керувати процесом видалення золи. Первинне повітря подається через отвори в живильному пристрої й проходить через шар палива, що викликає його газифікацію. Вторинне повітря подається над шаром палива на вході в камеру догорання. Топки з нижньою подачею палива підходять для спалю-

⁴⁹ Co-firing techniques for wood and coal. Review of the various co-firing concepts in Europe. VTT Technical Research Centre of Finland, Heikki Oravainen, Janne Karki.

⁵⁰ www.carborobot.hu

⁴⁸ <http://www.kpaunicon.com>

вання біомаси з низьким вмістом золи та фіксованими розмірами часток палива до 50 мм. Спалювання палив з високим вмістом золи та з низькою температурою шлакування призводить до спікання та забивання решітки. Переваги використання вказаної системи полягають в простоті конструкції та простому керуванні потужністю, яке може бути досягнуте за рахунок зміни швидкості обертів шнеку.

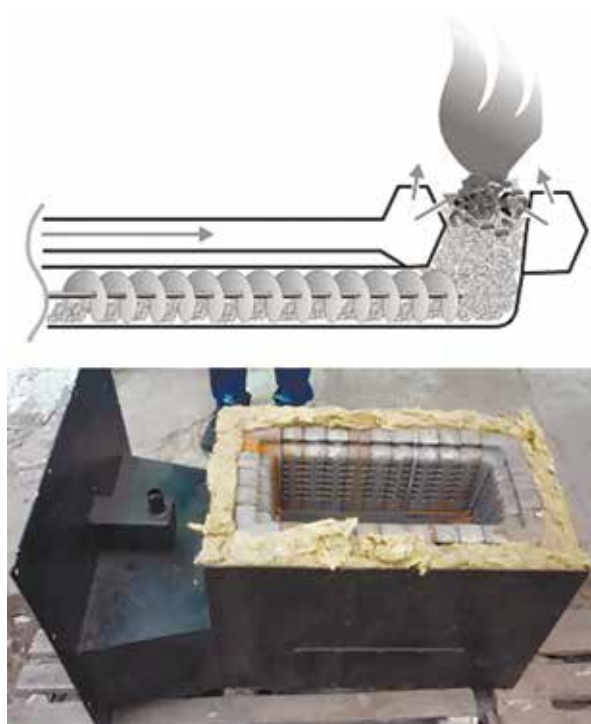


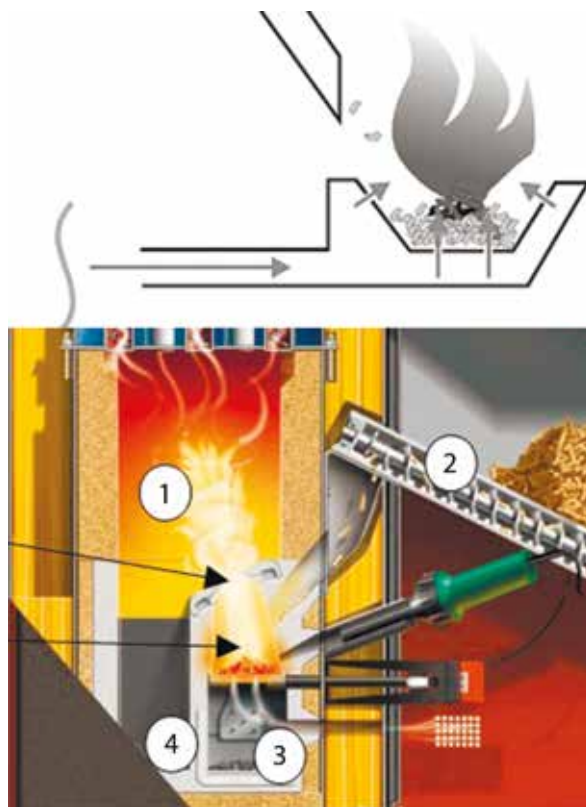
Рис. 4.13. Спалювання в топках з нижньою подачею палива

Іншим способом, дуже поширеним для спалювання пелет, є шнекова горизонтальна подача палива, коли паливо спалюється на виході з пелетного пальника, а продукти згоряння, леткі речовини виходять горизонтально в простір топкової камери (рис. 4.14). Такі пальники є найзастосованішими під час переобладнання котлів, що раніше працювали на викопному паливі, для спалювання пелет.



Рис. 4.14. Спалювання в топках з горизонтальною подачею палива

У невеликих за потужністю пелетних котлах, які ще називають пелетними пічками, використовують верхній спосіб завантаження пелет (рис. 4.15).



- 1) зона допалювання летючих речовин;
- 2) шнек подачі палива;
- 3) подача повітря під зону горіння;
- 4) пелетний пальник

Рис. 4.15. Спалювання в топках з верхнім завантаженням пелет

Загальний вигляд котла, обладнаного топкою з нижньою подачею палива (рис. 4.16).

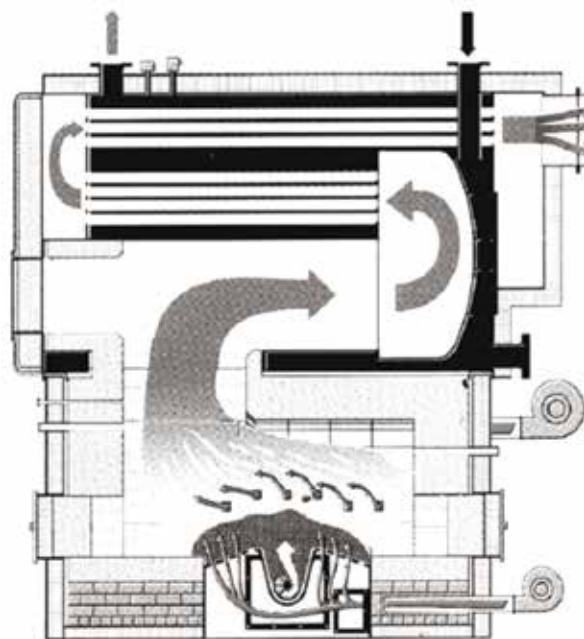


Рис. 4.16. Топка з нижньою подачею палива

Солома як паливо використовується в котлах або теплогенераторах для періодичного спалювання цілих тюків, що можна вважати окремим випадком спалювання в шарі (рис. 4.17, а) та безперервного спалювання, з попереднім подрібненням тюків та подальшим спалюванням соломки на решітці, одним з вищеописаних способів (рис. 4.17, б).

Спалювання в псевдозрідженому шарі поділяється на спалювання в киплячому шарі (КШ) та циркулюючому киплячому шарі (ЦКШ). Спалювання в КШ (рис. 4.18) здебільшого використовується в котлах потужністю понад 20 МВт. Як інертний матеріал використовують пісок розміром 0,5–1,0 мм. Швидкість псевдозрідження становить 1–2 м/с. Під час спалювання в ЦКШ (рис. 4.19) швидкість зрідження становить 5–10 м/с й використовується більш дрібний пісок 0,2–0,4 мм. Час-



а) спалювання цілих циліндричних тюків



б) спалювання подрібненої соломки

Рис. 4.17. Котли періодичної дії для спалювання соломки

тинки палива й піску виносяться з топки в гарячий циклон й знову повертаються в нижню частину камери згорання.

Низький рівень викидів шкідливих речовин досягається інтенсивним перемішуванням під час спалювання, низьким надлишком повітря й використанням додаткових домішок (наприклад, вапняку), що робить технологію спалювання в псевдозрідженому шарі привабливою для великомасштабних установок – понад 200 МВт. Основним недоліком установок є підвищений винос твердих часток з котла, що потребує значних витрат на систему очищення димових

газів, та постійна втрата інертного матеріалу⁵¹.



Рис. 4.18. Спалювання в киплячому шарі

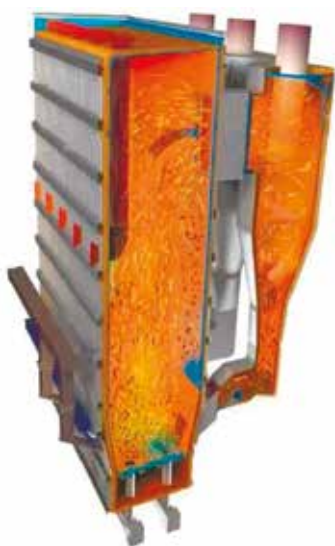


Рис. 4.19. Спалювання в циркулюючому киплячому шарі

Пилове спалювання такого палива, як тирса і стружка, здійснюється шляхом вдування в топкову камеру. Повітря для транспортування паливної суміші використовується як первинне, тоді як вторинне повітря може подава-

тися окремим каналом у пальник (рис. 4.20) чи додатково підводитися по периметру топкової камери на різних рівнях. Для розігріву котла використовують допоміжний газовий чи мазутний пальник, що по мірі збільшення подачі БМ вимикається. Важливим в організації пилового спалювання є дотримання відповідного розміру часток палива 10–20 мм та вологості, що не повинна перевищувати 20%. Особливу увагу слід надавати вибухонебезпеці під час приготування і транспортування паливної суміші, а також її імовірному самозайманню. Для спалювання сухої подрібненої БМ використовують топкові пристрої з водяним охолодженням, де в процесі спалювання температура газів не перевищує температуру початку деформації золи. В іншій ситуації спалювання з високими температурами може призвести до шлакування в топковій камері, зниження номінальної потужності, перегріву металу та позапланової зупинки обладнання. Для пилового спалювання вологої БМ використовують технологію попередньої газифікації палива з подальшим спалюванням горючих газів у топці котла (рис. 4.21). Як правило, газифікаційна камера не має відбору теплоти, яке в процесі газифікації використовується для висушування вологого палива. Зокрема тангенціальний рух у газифікаційній камері сприяє ефективному перемішуванню свіжого палива та зольних часток, збільшує час перебування паливних часток у зоні горіння й сприяє покращеному вигоранню. Вторинне повітря подається на виході з камери з метою досягнення якісних показників димових газів та низьких викидів шкідливих речовин, зокрема це питання вирішується шляхом рециркуляції димових газів. Така технологія доступна для використання в котлах 1–10 МВт.

51 BOLHAR-NORDENKAMPE, M., TSCHANUN, I. and KAISER, S. (2006) 'Operating experience from two new biomass fired FBC-plants', in Proceedings of the World Bioenergy 2006 Conference & Exhibition on Biomass for Energy, May/June 2006, Jönköping, Sweden, Swedish Bioenergy Association, Stockholm, Sweden, pp174–181



Рис. 4.20. Пальник для пилового спалювання БМ

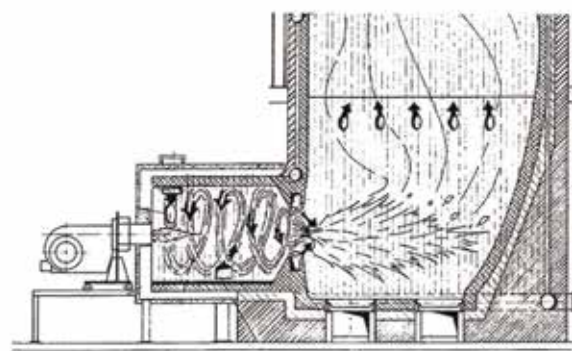


Рис. 4.21. Використання попередньої газифікації БМ у поєднанні з водотрубним котлом

Табл. 4.1. Основні недоліки та переваги технологій спалювання

Переваги	Недоліки
Спалювання на решітці	
низькі інвестиційні витрати для станцій потужністю < 20 МВт	неефективне спалювання суміші різних видів БМ і трав'янистої БМ
низькі експлуатаційні витрати	зниження NO _x потребує спеціальних додаткових заходів
низький рівень твердих часток у димових газах	високий коефіцієнт надлишку повітря (5–8 %), що знижує теплову ефективність
менша чутливість до зашлакованості	неоднорідність згорання
	потрібне вдосконалене керування процесом для зниження рівня викидів за умови зменшення навантажень
Спалювання з нижньою подачею палива	
низькі інвестиційні витрати для станцій потужністю < 6 МВт	застосування для біомаси з низьким рівнем золи в паливі та для палива з високою температурою плавлення золи
проста та надійна конструкція, просте керування	обмеження за розміром часток палива, < 50 мм
низькі викиди за знижених навантажень	
Спалювання в киплячому шарі	
брак рухомих частин у гарячій зоні топки котла	високі інвестиційні витрати
низький рівень емісії	високі експлуатаційні витрати

Переваги	Недоліки
висока гнучкість стосовно типу палива та його вологості	інтерес до установок потужністю > 20 МВт
низький рівень надлишку повітря (3–4 %), що підвищує ефективність	обмеження за розміром часток < 80 мм
	обмеження за використанням палива з високим вмістом лужних металів
	висока концентрація пилу в димових газах
	втрата інертного матеріалу
	потреба у розпалювальному пальнику
Спалювання в циркулюючому киплячому шарі	
брак рухомих частин у гарячій зоні топки котла	високі інвестиційні витрати
низький рівень емісії	високі експлуатаційні витрати
висока гнучкість стосовно типу палива та його вологості	інтерес до установок потужністю > 30 МВт
однорідність умов перебігу спалювання	обмеження за розміром часток < 40 мм
висока ефективність теплопередачі	обмеження за використанням палива з високим вмістом лужних металів
можливість використання добавок	висока концентрація пилу в димових газах
дуже низький рівень надлишку повітря (1–2 %), що підвищує ефективність	втрата інертного матеріалу
	висока інтенсивність спікання золи
	потреба у розпалювальному пальнику
Пилове спалювання	
низький рівень надлишку повітря (4–6 %), що сприяє підвищеній ефективності	обмеження за розміром часток 10–20 мм
зниження емісії NO _x шляхом ступеневого спалювання	стирання ізоляції кладки
маневреність та просте керування потужністю	потреба у розпалювальному пальнику

Сумісне спалювання

Сумісне спалювання є потенційно основним варіантом для використання біомаси. Технології сумісного спалювання біомаси з викопними видами палива, передусім вугіллям, здобули широке застосування у Фінляндії, Німеччині, Данії, Нідерландах, США й досягли рівня промислового впровадження.

Технологіям сумісного спалювання біомаси з вугіллям (ССпБВ) та пиловому спалюванню їхніх сумішей на пиловугільних блоках ТЕС приділяється найбільше уваги, оскільки в США 56 % електроенергії виробляється на вугільних енергоблоках.

Для більшості вугільних електростанцій ефективність перетворення енер-

гії становить 30–38 %, що значно продуктивніше, ніж під час спалювання на звичайних біомасових ТЕС, що робить технологію сумісного спалювання привабливою для впровадження.

Основними перевагами використання ССп біомаси є підвищення частини відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі та зменшення викидів парникових газів в атмосферу. Додаткові переваги можуть бути розглянуті як заходи для зниження залежності від імпорту викопного палива, а також як потенціал для розвитку виробництва та споживання місцевих біопалив.

Розрізняють три основні види технологій ССп: пряме, непряме й паралельне (рис. 4.22). Технологія прямого ССп передбачає спалювання біомаси разом з викопними видами палива в одній камері згорання. Технологія непрямого ССп – попередню обробку біомаси з метою отримання більш придатного для використання палива.

Розрізняють основні види непрямого ССп: газифікація, піроліз та гідротермічна обробка.

Під час ССп біомаса може бути змішана з вугіллям у різних пропорціях, зокрема за сумісного спалювання в шарі частка біомаси може коливатися в діапазоні 0–100 %, тоді як за пилового ССп існують технічні обмеження й частка біомаси (за енергією), як правило, не перевищує 25 %. Широкі дослідження показують, що енергія біомаси може забезпечити в середньому близько 15% енергії впродовж ССп.



Рис. 4.22. Види технологій сумісного спалювання біомаси

Проведений аналіз світового застосування сумісного спалювання довів, що понад 230 вугільних електростанцій мають досвід сумісного використання біомаси або відходів з викопними видами палива⁵².

Ці електростанції працюють у діапазоні 50–700 МВт, хоча кількість невеликих станцій також є істотною. На більшості з них встановлені пиловугільні котли, як із тангенціальними топками, так і з топками з розташуванням пальників на вертикальних екранах. Також дуже розповсюдженими є котли з циклонними топками зі спалюванням у циркулюючому киплячому шарі та на решітці.

Вибір технології ССп потребує кваліфікованого підходу і в практичному розумінні залежить від характеристик палива, типу існуючого обладнання і технологічних параметрів процесів, подальшого дослідження технологій спалювання різних видів палива, вирішення екологічних питань та розв'язання проблем подальшого використання золи, а також вивчення питань корозії, шлакування та очищення поверхонь нагріву від золи.

Вимоги до біопалива залежно від способу спалювання показано в табл. 4.2.

Табл. 4.2. Вимоги до біопалива залежно від способу спалювання

Технологія спалювання	Вимоги палива
Спалювання в шарі з нижньою подачею палива	Низький вміст і висока температура плавлення золи; фіксований розмір часток палива – до 50 мм
Спалювання в киплячому шарі (КШ) та циркулюючому киплячому шарі (ЦКШ)	Розмір часток не повинен перевищувати 40 мм для ЦКШ і 80 мм для КШ; невисокий вміст лужних металів у БМ
Пилове спалювання	Розмір часток палива не має перевищувати 10–20 мм; вологість – не перевищувати 20 %
Пряме сумісне спалювання з подачею в котел суміші вугілля та біомаси	Розмір часток деревини до 6 мм, соломи – до довжини, що менше 50 мм

Існує велика кількість виробників енергетичного обладнання, які виробляють обладнання відповідно до

зазначених вище технологій спалювання (табл. 4.3).

Табл. 4.3. Виробники енергетичного обладнання для спалювання біомаси

Технологія спалювання	Виробник
У шарі з нижньою подачею палива	Polytechnik (Австрія), Danstoker (Данія), HURST (США), AXIS Industries (Литва)
На рухомій решітці	KARA (Нідерланди), Polytechnik (Австрія), HURST (США), AXIS Industries (Литва), Wyncke (Бельгія), B&W (США), БИКЗ (Росія), Bioner, Aalborg (Данія)
На вібраційній решітці	Bioner, FLS Miljo, Ansaldo, Volund (Данія), BWE (Італія), B&W (США), KIRKA SURI (Фінляндія)

⁵² IEA Bioenergy Task 32 Deliverable 4 Technical status of biomass co-firing. Arnhem, 11 August, 2009

Технологія спалювання	Виробник
Камерне спалювання	БиКЗ (Росія), Енергомашпроект (Україна), Wyncke (Бельгія), HURST (США), Rafako, Stalowa Wola (Польща)
Спалювання в КШ	B&W (США), ONINEN (Фінляндія)
Спалювання в ЦКШ	B&W (США), Foster Wheeler, Alhstrom (США)

Табл. 4.4. Спеціалізація устаткування для спалювання

Масштаб установки	Тип устаткування	Потужність	Паливо, що використовується	Вологість
Мала потужність	Пелетні печі	1–10 кВт	Пелети з деревини	8–10 %
	Пелетні котли	10–50 кВт	Пелети з деревини	8–10 %
Середня та велика потужності	Котли	50–150 кВт	Пелети з деревини, інші види біомаси	5–50 %
	Механічні печі	20–2,5 МВт	Тріска деревини, відходи деревообробки	5–50 %
	Печі з ґратами	150–15 МВт	Усе паливо з деревини та більшість видів біомаси	5–60 %
	Стационарний киплячий шар	5–15 МВт	Різна біомаса діаметром < 10 мм	5–60 %
	Циркуляційний киплячий шар	15–100 МВт	Різна біомаса діаметром < 10 мм	5–60 %
	Циклічні камери спалювання	1–30 МВт	Різна біомаса діаметром < 5 мм	< 20 %
Сумісне спалювання	Стационарний киплячий шар	50–150 МВт	Різна біомаса діаметром < 10 мм	5–50 %
	Циркуляційний киплячий шар	100–300 МВт	Різна біомаса діаметром < 10 мм	5–60 %
	Циклічні камери спалювання (вугільний котел)	100–1 ГВт	Різна біомаса діаметром < 2–5 мм	< 20 %

4. 3. ПРОБЛЕМИ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ НА ЕТАПІ СПАЛЮВАННЯ

Досвід показує, що процес спалювання такого палива, як солома є більш складним, ніж, наприклад, спалювання деревини.

Основні проблеми, що виникають під час спалювання соломи і пелет з неї, – це плавлення золи, яка викликає її спікання та призводить до блокування рухомих елементів топки, відкла-

дення розплавлених часток на конвективних поверхнях теплообміну, внаслідок чого погіршуються умови тепловіддачі та перегріваються труби. Найбільшою проблемою щодо спалювання соломи в парових котлах на ТЕЦ та ТЕС є високотемпературна корозія, що більш за все пошкоджує труби пароперегрівачів (рис. 4.23).



*Відкладення
на пароперегрівачі⁵³*



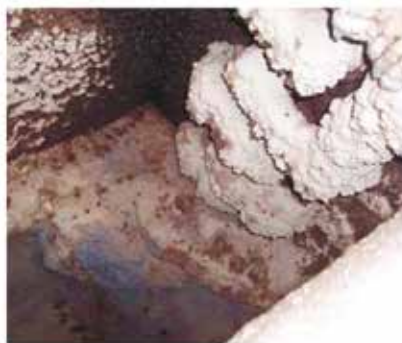
*Хлорна корозія
пароперегрівача*



*Відкладення на
конвективних поверхнях*



*Відкладення всередині
топки*



Відкладення на трубах



Спікання золи

Рис. 4.23. Ілюстрація основних проблем під час спалювання агробіомаси⁵⁴

У процесі спалювання соломи виявлено підвищене утворення твердих часток та аерозолів у вихідних газах, що створює додаткове навантаження

на системи очищення димових газів або може створювати певні обмеження щодо їхнього використання з погляду екології. Крім того, потрібно враховувати більші (інколи в 10–15 разів) об'єми золи, що утворюються під час спалювання соломи, порівняно зі спалюванням деревного палива.

⁵³ Agro Fuels& Boiler Availability.// http://www.venus-boiler.com/technical_papers.php?paper_id=118.

⁵⁴ Agro Fuels& Boiler Availability.// http://www.venus-boiler.com/technical_papers.php?paper_id=118

Вказані проблеми залежать переважно від хімічного складу палива, а саме складу елементів, що формують негорючу (зольну) частину палива та переходять у золу. Проблеми стосовно хімічного складу можуть бути більшими чи меншими, залежно від способів спалювання, конструкції обладнання та способів керування процесом.

Загалом зола міститься у всіх видах біомаси: або у вигляді солей у структурі рослинної тканини, або у вигляді мінеральних речовин, що потрапили в біомасу під час жнив або транспортування (глина, пісок).

Нижче показано вміст важливих зольних компонентів у деяких видів палива (табл. 4.5)⁵⁵.

Табл. 4.5. Деревна біомаса

Параметр		Деревина без кори		Кора дерев		Порубкові залишки		Верба енергоплаттаж
Одиниця виміру		хвойні	листяні	хвойні	листяні	хвойні	листяні	
Зола	% до м.с.р.	0,3	0,3	4,0	5,0	2,0	1,5	2,0
Al	мг/кг с.р.	100	20	800	50	-	-	-
Ca	мг/кг с.р.	900	1200	5000	15 000	5000	4000	5000
Fe	мг/кг с.р.	25	25	500	100	-	-	100
K	мг/кг с.р.	400	800	2000	2000	2000	1500	3000
Mg	мг/кг с.р.	150	200	1000	500	800	250	500
Mn	мг/кг с.р.	147	83	500	190	251	120	97
Na	мг/кг с.р.	20	50	300	100	200	100	-
P	мг/кг с.р.	60	100	400	400	500	300	800
Si	мг/кг с.р.	150	150	2000	10 000	3000	150	-
Ti	мг/кг с.р.	< 20	< 20	-	-	-	-	10
As	мг/кг с.р.	< 0,1	< 0,1	1	-	0,3	-	< 0,1
Cd	мг/кг с.р.	0,1	0,1	0,5	0,5	0,2	0,1	2
Cr	мг/кг с.р.	1	1	5	5	-	-	1
Cu	мг/кг с.р.	2	2	5	5	-	-	3
нд	мг/кг с.р.	0,02	0,02	0,05	< 0,05	0,03	0,02	< 0,03
Ni	мг/кг с.р.	0,5	0,5	10	10	-	-	0,5
Pb	мг/кг с.р.	2	2	4	5	3	5	0,1
V	мг/кг с.р.	< 2	< 2	1	-	-	-	-
Zn	мг/кг с.р.	10	10	100	50	-	-	70

55 F. Biedermann, I. Obernberger. Ash-related Problems during Biomass Combustion and Possibilities for a Sustainable Ash Utilisation.// <http://www.bios-bioenergy.at/uploads/media/Paper-Biedermann-AshRelated-2005-10-11.pdf>

Параметр		Деревина без кори		Кора дерев		Порубкові залишки		Верба енерго-плантацій
Одиниця виміру		хвойні	листяні	хвойні	листяні	хвойні	листяні	
Cl	% до м.с.б.р.	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03
S		0,02	0,02	0,1	0,1	0,04	0,04	0,05

У таблиці позначено: до м.с.р. – до маси сухих речовин; /кг с.р. – на кг сухих речовин;
до м.с.б.р. – до маси сухої беззольної речовини

Табл. 4.6. Трав'яниста біомаса

Параметр		Солома пшениці, жита, ячменю	Солома ріпаку	Зерно пшениці, жита, ячменю	Міскантус	Очерет	Трав'янисті рослини загалом
Одиниця виміру							
Зола	% до м.с.р.	5,0	5,0	2,0	4,0	6,4	7,0
Al	мг/кг с.р.	50	50	-	-	-	200
Ca	мг/кг с.р.	4000	15 000	500	2000	3500	3500
Fe	мг/кг с.р.	100	100		100		600
K	мг/кг с.р.	10 000	10 000	5000	7000	12 000	15 000
Mg	мг/кг с.р.	700	700	1500	600	1300	1700
Na	мг/кг с.р.	500	500	-	-	200	1000
P	мг/кг с.р.	1000	1000	4000	700	1700	3000
Si	мг/кг с.р.	10 000	1000			12 000	15 000
As	мг/кг с.р.	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,1	0,1
Cd	мг/кг с.р.	0,1	0,1	0,05	0,1	0,04	0,2
Cr	мг/кг с.р.	10	10	0,5	1	-	1
Cu	мг/кг с.р.	2	2	4	2	-	5
Hg	мг/кг с.р.	0,02	0,02	<0,02	0,03	0,03	<0,02

Параметр		Солома пшениці, жита, ячменю	Солома ріпаку	Зерно пшениці, жита, ячменю	Міскантус	Очерет	Трав'янисті рослини загалом
Одиниця виміру							
Ni	мг/кг с.р.	1	1	1	2	-	2
Pb	мг/кг с.р.	0,5	2	0,1	2	1	1
V	мг/кг с.р.	3	-	-	< 1	-	3
Zn	мг/кг с.р.	10	10	30	10	-	25
Cl	% до м.с.б.р.	0,4	0,5	0,1	0,2	0,6	0,8
S		0,1	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2

У таблиці позначено: до м.с.р. – до маси сухих речовин; /кг с.р. – на кг сухих речовин; до м.с.б.р. – до маси сухої беззольної речовини

Основними елементами, що утворюють золу біомаси, є Si, Ca, Mg, K, Na і P⁵⁶. Лужні метали K (калій) і Na (натрій) мають високу реакційну здатність і відіграють головну роль у процесах, пов'язаних як із зольною корозією, так і плавленням золи⁵⁷.

Характерною особливістю сільсько-господарських залишків проти деревних відходів є високий вміст у них азоту (N), сірки (S), хлору (Cl) і калію (K), що збільшується внаслідок використання добрив, пестицидів та гербіцидів у сільському господарстві. Такі елементи призводять до істотно вищих викидів NO_x, SO_x та HCl у порівнянні з деревними гранулами⁵⁸. Крім того, калій (K) впливає як на вміст твердих часток у викидах, так і на спікання золи, оскільки зменшує температуру

розм'якшення золи. І, нарешті, високий вміст хлору (Cl) призводить як до проблеми корозії на теплообмінних поверхнях котлів, так і до формування діоксинів, що потрапляють з димовими газами у навколишнє середовище.

Зазвичай властивості золи під час її плавлення характеризуються температурами, що визначаються експериментально⁵⁹:

- температура початку деформації (IT) – температура, за якої кінці зразка показують перші ознаки округлення через плавлення;
- температура розм'якшення (ST) – температура, за якої висота зразка дорівнює його ширині;
- температура утворення напівсфери (HT) – температура, за якої випробуваний зразок розплавиться так, щоб сформувати напівсферу;
- температура розтікання (FT) – температура, за якої випробуваний зразок повністю втратив свою форму,

⁵⁶ Van Loo, S. and J. Koppejan, The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing. 2008: Earthscan.

⁵⁷ Christer Heen Skotland. Measurement of temperature conditions in grate zone of a 1 MW wood-pellets boiler fired with high ash content wood-pellets.// Norwegian University of Science and Technology. Trondheim, 2009.

⁵⁸ Olivier Pastre, EUBIA. Analysis of the technical obstacles related to the production and utilisation of fuel pellets made from agricultural residues// Pellets for Europe, ALTENER 2002-012-137-160

⁵⁹ Технічний Регламент CEN / TS 15370-1 "Тверді види біопалива - Метод визначення поведінки плавлення золи - Частина 1: Метод характеристичних температур", та Стандарт ASTM D +1857.

тобто остаточно розплавився та розтікся на поверхні.

Нижче показано характерні температури стадій деформації для різних типів біомаси (рис. 4.24).

Різні види палива з біомаси мають різні температури деформації і плавлення золи, як показано на рис. 4.24. За температури розм'якшення (ST) зола стає липкою і може викликати агломерацію. Деревна біомаса має високі температури плавлення золи, тоді як паливо із соломи, кори, порубкових залишків та деревини з мінеральними домішками мають проблемно низькі

температури плавлення. Низькі температури плавлення соломи разом з високим вмістом золи робить солому проблематичним паливом для використання.

Ca і Mg зазвичай підвищують температуру плавлення золи, тоді як K і Na зменшують її^{59 60}. Крім того, значно зменшити температуру плавлення золи можуть хлориди і низькоплавкі лужні та алюмосилікати⁶¹, що також може призвести до спікання або шлакування в камері згоряння (зменшуючи ефективність використання та скорочуючи строк життя обладнання).

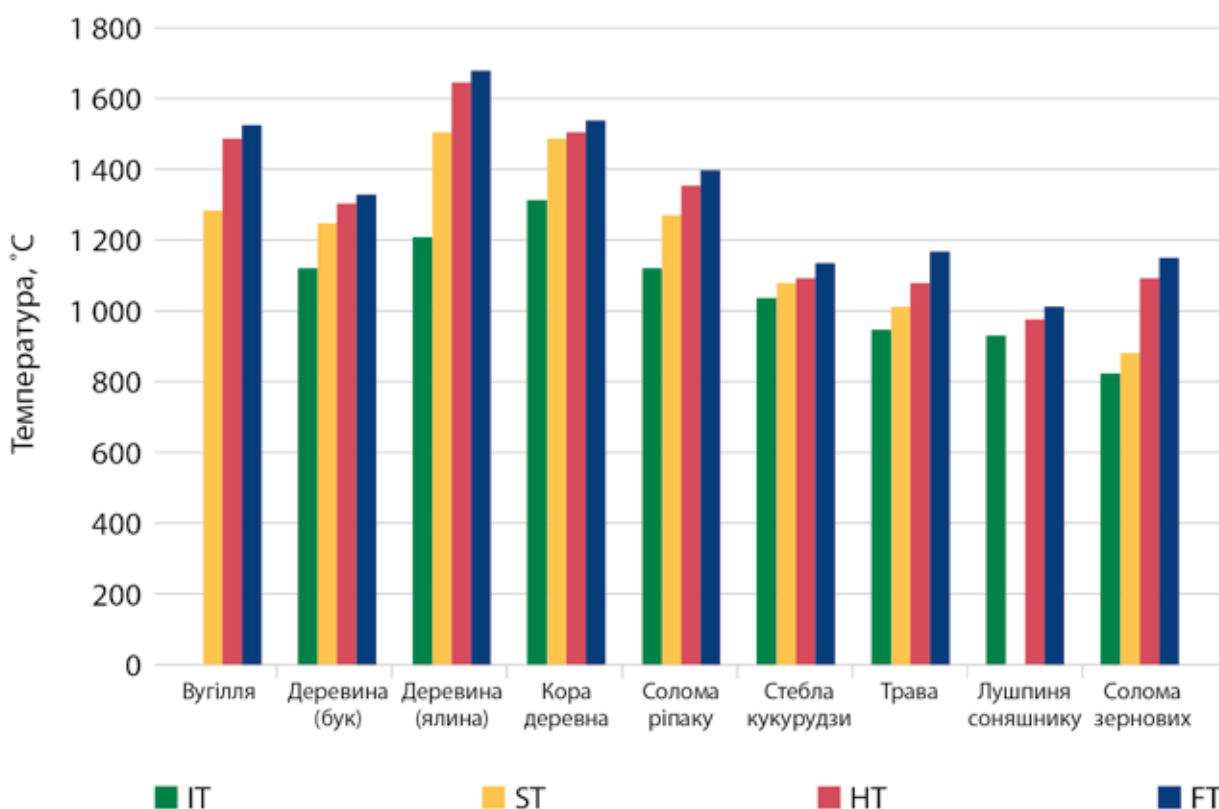


Рис. 4.24. Характерні температури стадій деформування золи біопалива

59 OBERNBERGER I., 1997: Nutzung fester Biomasse in Verbrennungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung des Verhaltens aschebildender Elemente, Schriftenreihe "Thermische Biomassenutzung", Band 1, ISBN 3-7041-0241-5, dbv-Verlag der Technischen Universität Graz, Graz, Austria

60 Van LOO S., KOPPEJAN J., (eds.), 2002: Handbook of Biomass Combustion and Co-firing, IEA BIOENERGY TASK 32, ISBN 9036517737

61 MILES T.R., 1996: Alkali Deposits Found in Biomass Power Plants, research report NRE1 TP-443-8142 SAND96-8225, Vol. I and II, National Renewable Energy Laboratory, Oakridge, USA

Зола соломи, зернових і трав, що містить низькі концентрації Ca і високі концентрації Si і K, спікається і плавиться за значно нижчої температури, ніж зола деревного палива. Цей факт потрібно враховувати під час вибору відповідного обладнання для технології спалювання соломи зернових.

Вміст Cl деревини, як правило, дуже низький, тоді як значно більш високий вміст Cl характерний для трав'янистих видів біопалива (табл. 4.5, табл. 4.6). Під час згоряння, Cl, що міститься в біопаливі, переважно утворює газоподібний HCl, Cl₂ або хлориди лужних металів, такі як KCl і NaCl. Через подальше охолодження продуктів згоряння в газоходах котла, велика частина солей Cl утворюють частинки або конденсуються на поверхні теплообмінника чи на частинках летючого попелу. Дослідження показали, що від 40 до 80 % від загального вмісту Cl утримується на частинках летючої золи в разі спалювання деревних стружок або згоряння кори та від 80 до 85 % у разі спалювання соломи зернових, якщо застосовуються мішечні фільтри.

Сірка (S), що міститься у твердому біопаливі, формує переважно газоподібний SO₂ і лужні та лужноземельні сульфати. Через подальше охолодження продуктів згоряння в секціях котла, SO_x утворює сульфати і конденсується на поверхні теплообмінника або утворює дрібні частинки летючої золи, чи вступає в реакцію безпосередньо з частинками летючого попелу, що відкладаються на поверхні теплообмінника (сульфатація). Згідно з дослідженням, від 40 до 70 % (або навіть до 90 %) сірки, що міститься в паливі, адсорбується летючою золою в разі деревних стружок або спалювання кори і тільки від 40 до 55 % – у разі спалювання соломи зернових⁶². Ефектив-

ність фіксації сірки в золі залежить від концентрації лужних і лужноземельних металів (особливо Ca) у паливі.

Такі елементи, як Cl, S, K і Na відіграють важливу роль у механізмах утворення відкладень і корозії.

Основна дія хлору (Cl) полягає в руйнуванні металевих поверхонь теплогенеруючого обладнання⁶³, а також формуванні викидів HCl і твердих частинок (KCl, NaCl, ZnCl). Проблеми, спричинені хлорною корозією, слід очікувати за концентрацій хлору в паливі вище 0,1 % до м.с.р. і, отже, можуть очікуватись для соломи зернових та інших трав'янистих рослин⁶⁴.

Вплив сірки (S) насамперед визначається її роллю в процесах корозії, а також формуванні викидів SO₂. Вищі концентрації SO₂ у димових газах викликають сульфатування лужних і лужноземельних хлоридів з пониженням температури димових газів. Це призводить до вивільнення Cl. Якщо ці реакції відбуваються на зольних частинках, що осіли на поверхні труб теплообмінника, звільнений Cl може спричинити корозію шляхом утворення сполук FeCl та ZnCl на металевих поверхнях⁶⁵.

Verhaltens aschebildender Elemente, Schriftenreihe "Theimische Biomassenutzung", Band 1, ISBN 3-7041-0241-5, dbv-Verlag der Technischen Universität Graz, Graz, Austria

62 OBERNBERGER Ingwaid, BRUNNER Thomas, 2004: Dispositionen und Korrosion in Biomassefeuerungen. In: Tagungsband zum VDI-Seminar 430504 "Belliige und Korrosion in GroBfeuerungsanlagen", Mai 2004, Gottingen, Germany, VDI-Wissensforum GmbH (Hrsg.), Dusseldorf, Germany

64 OBERNBERGER I., 2003: Physical characteristics and chemical composition of solid biomass fuels. In: Script for the lecture "Thermochemical Biomass Conversion", Chapter 3, Technical University Eindhoven, Department for Mechanical Engineering, Section Process Technology (ed.), the Netherlands

65 SPIEGEL M., 2004: Salzschmelzkorrosion an Uberhitzern und Verdampfern. In: Tagungsband zum VDI-Seminar 430504: "Belage und Korrosion in GroBfeuerungsanlagen", Mai 2004, Gottingen, Germany, VDI Wissensforum (ed.), Dusseldorf, Germany

62 OBERNBERGER I., 1997: Nutzung fester Biomasse in Verbrennungsanlagen unter besonderer Bcrucksichtigung des

Зола соломи зернових, що має низький вміст Са та високий Si і К, починає плавитись та спікатись за значно нижчих температур, ніж зола з деревного палива (рис. 4.24). Плавлення, що відбуваються в частинках летючого попелу, може призвести до утворення твердих відкладень на охолоджува-

них стінках топки або теплообмінних поверхнях. Формування твердих відкладень липких частинок летючого попелу може прискорюватись у середовищі солей лужних і важких металів.

Вищевказані особливості спричиняють різні види проблем під час спалювання соломи.

Табл. 4.7. Граничний вміст хімічних елементів як індикатор можливих проблем з обладнанням⁶⁶

Елемент	Гранична концентрація в паливі, % до м.с.р.	Лімітуючий чинник	Види палива, в яких часто перевищена гранична концентрація	Технологічні заходи для зменшення негативного впливу
N	< 0,6	Викиди NO _x	Солома, зернові, трава, відходи оливок	Первинні заходи (ступінчаста подача повітря, зонування процесу спалювання)
	< 2,5	Викиди NO _x	Вторинна деревина, відходи МДФ	Каталітичні методи очищення
Cl	< 0,1	Корозія	Солома, зернові, трава, вторинна деревина, відходи оливок	Вилуговування палива, автоматичне очищення теплообмінних поверхонь, спеціальні покриття труб, відповідний підбір матеріалів
	< 0,1	Викиди HCl	Солома, зернові, трава, вторинна деревина	Суша сорбція, скрубери, вилуговування палива
	< 0,3	Викиди діоксинів та фуранів	Солома, зернові, вторинна деревина	Сорбція активованим вугіллям
S	< 0,1	Корозія	Солома, зернові, трава, відходи оливок	Див. – «Хлорна корозія»
	< 0,2	Викиди SO ₂	Трава, сіно, вторинна деревина	Див. – викиди Cl/HCl
K	< 7,0	Точка плавлення золи, відкладення, корозія	Солома, зернові, трава, відходи оливок	Антикорозійні заходи (див. – «Хлорна корозія»)
		Викиди твердих часток	Солома, зернові, трава, відходи оливок	Ефективне пиловловлювання, вилуговування палива

⁶⁶ Critical review on the pelletizing technology, combustion technology and industrial-scale systems.// IEE/09/758/SI2.558286 - MixBioPells WP3/D3.1, April, 2012

У разі спалювання на нерухомій колосниковій решітці, а також на рухомих типах решіток без охолодження, основною проблемою є утворення великих часток золи, що спеклася, оскільки температура на поверхні решітки може сягати 1100–1200 °C, що значно перевищує температуру плавлення золи. Крім блокування рухомих елементів, розплавлення золи може призвести до перекриття отворів, через які подається первинне повітря, унеможливаючи таким чином процес спалювання. Під час спалювання в системах з нижньою подачею палива, поширених у використанні деревних пелет, також відбувається спікання золи на виході з реторти, що блокує процес видалення згорілих часток з реторти та подачу нових порцій палива. У разі застосування спалювання в псевдокиплячому чи циркулюючому псевдокиплячому шарі, розплавлення часток золи призводить до спікання інертного матеріалу. Корозія труб конвективних поверхонь нагріву та пароперегрівачів призводить до збільшення витрат на ремонт обладнання.

Відомі способи подолання цих проблем можна поділити на такі категорії:

- **Попередній аналіз палива з метою визначення можливих проблем під час його використання.**

Крім означених критеріїв (табл. 4.7), існують аналітичні методи, що дають змогу досить точно передбачити можливі проблеми під час спалювання. Для цього проводиться дослідження елементарного складу палива та визначаються характерні співвідношення вмісту різних елементів за допомогою чинних методик⁶⁷. Наприклад, на основі молярного співвідношення $(Si + P + K) / (Ca + Mg + Al)$ з досить великою точністю можна визначити температуру розм'якшення золи (ST, °C),

співвідношення $(K + Na) / (X [2S + Cl])$ характеризує інтенсивність утворення сполук HCl та SO_x , а співвідношення $(2S / Cl)$ характеризує вірогідність високотемпературної хлорної корозії. Такий аналіз дає змогу обміркованіше підійти до питань вибору обладнання і технології спалювання.

- **Попередня підготовка палива:**

- * вилуговування із соломи небажаних хімічних елементів атмосферними опадами (зберігання в полі);

- * додавання речовин, що змінюють співвідношення мікроелементів у паливі та підвищують температуру плавлення золи (наприклад, вапно, каолін, доломіт, тальк)^{68 69};

- * змішування з паливом, зола якого має вищу температуру плавлення в пропорції, що не спричиняє проблем під час спалювання суміші.

- **Сумісне спалювання з вугіллям чи торфом.**

Цей спосіб можна вважати одним з можливих способів змішування палива, оскільки зола вугілля, як правило, має вищу температуру плавлення. Крім того, хімічні елементи, що містяться у вугіллі, здатні деякою мірою зменшити негативні явища під час спалювання аграрної біомаси. Наприклад, алюмосилікати, що містяться у вугіллі, можуть зв'язувати лужні метали⁷⁰. Але, як правило, цей спосіб реалізується на великих теплоелектростанціях під час спалювання в пилоподібному стані або киплячому шарі.

68 Steenarie, B.-M., Lundberg, A., Petersson, H., Wilewska-Bien, M., Andersson, D.: Investigation of Ash Sintering during Combustion of Agricultural Residues and the Effect of Additives, *Energy Fuels* 23, 2009, S. 5655 - 5662

69 Steenarie, B.-M., Lindqvist, O.: High-Temperature reactions of straw ash and the anti-sintering additives Kaolin and Dolomite, *Biomass and Bioenergy* 14, 1998; S. 67 - 76

70 157. Patrycja Piotrowska, Maria Zevenhoven, Kent Davidsson, Mikko Hupa, Laars-Erik Amand, Vesna Barisic and Edgardo Coda Zabetta, "Fate of alkali metals and phosphorus of rapeseed cake in circulating fluidized bed boiler Part 2: Combustion with coal", *Energy Fuels*, 24 (8), 4193-4205, 2010.

67 I. Obernberger. Advanced biomass fuel characterisation methods and their application.// Bios Bioenergiesysteme GmbH, Graz, Austria, for IEA Bioenergy Task 32

- **Модифікація процесу спалювання.**

У разі спалювання на рухомій решітці, додатково застосовується водяне або повітряне її охолодження, рециркуляція димових газів для зниження температури на поверхні решітки. Як правило, ці заходи спрямовані на підтримання температури, меншої за 700 °С.

На установках меншої потужності, замість систем з нижньою подачею палива та спалюванням у реторті, може застосовуватись спалювання на обертальних елементах, як у котлах Carborobot⁷¹, або використання обертального пальника в системах з горизонтальною подачею, за типом пелетних пальників Liberator⁷².

- **Додаткові заходи:**

- * для захисту від корозії пароперегрівачів парових котлів потрібно: встановити екрани перед пароперегрівачем; застосувати системи кріплення пароперегрівачів, що полегшують їхню заміну; застосувати пароперегрівачі, захищені спеціальними покриттями, що виготовлені з аустенітних сталей і сталей з підвищеним вмістом хрому; проектувати пароперегрівачі таким чином, щоб летючі відкладення золи стікали з них у розплавленому стані, не утворюючи шару, що постійно наростає;

- * організація перегріву пари в іншому котлі. Такий котел використовує паливо, яке не призводить до відкладень на пароперегрівачі (фактично це є одним із способів сумісного спалювання);

- * обмеження температури перегрітої пари діапазоном 420–480 °С для зменшення корозії та відкладень на пароперегрівачі;

- * автоматичне запалювання та подача палива, автоматичне підтримання потрібного температурного режиму в топці, автоматичне чищення теплообмінних поверхонь;

- * застосування більш потужних систем золовидалення;

- * застосування спеціальних механічних розпушувачів золи, що заважають її спіканню;

- * застосування більш потужних систем очищення димових газів від летючої золи.

Що стосується спалювання пелет із соломи та іншої аграрної сировини для потреб комунального теплопостачання, виробники відповідного обладнання у своїх конструкціях застосовують засоби, що стосуються процесу спалювання (використання охолодження решіток, зонування процесу спалювання), а також великого значення надають підбору конструкційних матеріалів з потрібними характеристиками (нержавіючі, леговані сталі). У деяких конструкціях застосовують механічне розпушення або подрібнення шару золи. Попередня підготовка палива шляхом застосування антишлакувальних добавок безпосередньо під час виробництва пелет не набула поширення, оскільки підвищує витрати на їхнє виробництво та знижує їхню механічну міцність, до того ж лише частково унеможливорює проблеми спікання золи⁷³. Проте такі речовини додають безпосередньо в процесі спалювання на деяких великих установках, наприклад електростанцій, адже для таких установок технічно та організаційно це реалізувати значно легше. В Україні досвіду застосування добавок та сумісного спалювання біомаси з вугіллям на електростанціях наразі немає.

71 www.carborobot.hu

72 www.liberator.ua

73 I. Obernberger and G. Thek. The Pellet Handbook. The Production and Thermal Utilisation of Pellets // Bios Bioenergiesysteme GmbH, 2010

Ще на початку 2000-х рр. вважали, що внаслідок вищезазначених особливостей соломи та іншої аграрної біомаси, її ефективне спалювання у вигляді тюків або пелет можливе й економічно доцільне лише на великих установках, зокрема на теплових електростанціях, або у вигляді тюків у котлах періодичного спалювання (так званих фермерських). Застосування спеціальних конструкцій для котлів меншої потужності збільшує їхню ціну, що в умовах доступності менш проблемного палива (наприклад, деревини) може спричиняти їхню неконкурентоздатність, порівняно з котлами на деревному паливі. Проте на тлі збільшення використання деревини та відповідного зменшення пропозиції щодо неї інтерес до спалювання аграрної біомаси постійно зростає. Отже, впродовж минулого десятиліття на ринку почали з'являтися конструкції котлів середньої та малої потужності, спеціально запроектовані для спалювання аграрної біомаси, зокрема соломи як найпроблемнішого палива, що застосовують у своїй конструкції різні комбінації вищевказаних засобів. Серед них конструкції котлів, що пропонують компанії Hurst Boiler and Welding Company⁷⁴ (США), Kara Energy⁷⁵, Host⁷⁶ (Нідерланди), Hollensen Energy⁷⁷, Lin-Ka⁷⁸, Passat Energi⁷⁹, Alcon⁸⁰, Faust⁸¹, Overdahl Kedler⁸², REKA⁸³, Justsen Energiteknik⁸⁴,

Heizomat⁸⁵ (Данія), Weiss⁸⁶ (Німеччина), СП Комконт⁸⁷ (Республіка Білорусь), Biokaitra⁸⁸ (Латвія), Enerstena⁸⁹ (Литва), Thermostahl⁹⁰, Granpal⁹¹, PellasX⁹² (Польща), TTS Boilers⁹³ (Чехія), Carborobot⁹⁴ (Угорщина), Saypet⁹⁵, Akkaya⁹⁶ (Туреччина) та ін.

Зокрема, спалювати соломі у вигляді пелет може котельне обладнання таких вищеназваних компаній: Kara Energy, Hollensen Energy, REKA, Justsen Energiteknik, Biokaitra, Enerstena, Thermostahl, Granpal, PellasX, Carborobot, Saypet, Akkaya.

Про змогу спалювати у своїх котлах пелети із соломи та іншої біомаси аграрного походження повідомляють такі українські виробники котельного обладнання, як: Крігер⁹⁷, ТОВ «Енергія»⁹⁸, ПОЖ Інка⁹⁹, TEFF¹⁰⁰, а також Інститут проблем екології та енергозбереження, що пропонує котли під маркою «PHOENIX»¹⁰¹.

74 www.hurstboiler.com

75 <http://kara-greenenergy.com>

76 <http://www.host.nl/nl/>

77 <https://stateofgreen.com/en/profiles/hollensen-energy>

78 <http://www.linka.dk>

79 <http://www.passat.dk>

80 <http://www.alcon.nu>

81 <http://www.faust.dk>

82 <http://www.overdahl.dk>

83 <http://www.reka.com>

84 <http://www.environmental-expert.com/products/hot-water-boilers-251406>

85 <http://www.heizomat.de>

86 <http://weiss2energy.eu>

87 <http://komkont.com>

88 biokaitra.lt

89 <http://www.enerstena.lt>

90 <http://www.thermostahl.pl>

91 <http://www.granpal.pl/>

92 pellasx.com

93 <http://www.tts.cz>

94 <http://www.carborobot.hu>

95 <http://saypet.com.tr/> або <http://neodry.all.biz/>

96 www.akkaya.com.tr

97 <http://kriger.com.ua>

98 <http://www.e-solar.com.ua>

99 <http://www.kotel.inka.ua>

100 www.teff.com.ua

101 www.ipee.org.ua

4. 4. ПРОБЛЕМИ, ПОВ'ЯЗАНІ ІЗ ЗОЛОЮ

Згідно з термінами чинного державного стандарту – ДСТУ EN 14588:2013 «Біопаливо тверде. Терміни та визначення понять»¹⁰²:

- **зола** – це мінеральний залишок, одержаний при спалюванні палива;
 - **зольність** – маса неорганічного залишку, утвореного після спалювання палива у стандартних умовах, вираженого, як правило, у відсотках за масою при перерахунку на суху речовину;
 - **внутрішня зола** – загальна зольність власне біопалива;
 - **зовнішня зола** – загальна зола біопалива разом із забрудненнями, одержаними під час збирання врожаю злакових, лісозаготівлі, обробки, транспортування, зберігання тощо.
- Кількість та елементний склад утвореної золи, а також інші її властивості залежать від різних факторів. Кількість, фізичні й хімічні властивості золи істотно залежать від:
- видів спалюваної біомаси (види і походження рослин; частини спалюваних рослин; форми і технології зберігання біомаси для спалювання);
 - технології спалювання (спалювання на решітці або в киплячому шарі; конструкції камери згоряння і котлів; параметри процесу спалювання: температура горіння, витрата повітря, а також інші параметри);
 - технології уловлювання золи з димових газів (циклони, різні фільтри);
 - додаткові технології щодо запобігання наднормативних викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря, що використовуються під час спа-

лювання біомаси (введення аміачної води або доломіту в шар спалювання)¹⁰³.

Основним чинником, що впливає на якість золи, є тип спалюваного матеріалу¹⁰⁴, тоді як технологія спалювання вторинно впливає на її якість. Використання різних типів спалювальних установок призводить до утворення золи різної якості. Так, за класифікацією зола поділяється на золу виносу (летючу) і подову, а також є різниця між золою, що утворилася під час спалювання в киплячому шарі і на решітці.

В установках для спалювання біомаси зазвичай є три фракції золи:

- зольний залишок (подова зола);
- зола виносу з циклонів (циклонна зола);
- зола виносу з фільтрів (фільтраційна зола).

Подова зола утворюється на решітці в топці. Ця зольна фракція часто змішується з мінеральними домішками, що містяться в біопаливі, такими як пісок, каміння і земля.

Циклонний зольний пил містить дрібні, переважно неорганічні, частинки золи, що виносяться разом з топковими газами з топки та відкладаються здебільшого у мультициклонах, розташованих за топкою. Ця зольна фракція, як правило, містить великі частинки золи виносу.

Фільтраційна зола виносу представляє собою другу більш дрібну фракцію, осідає в електростатичних філь-

¹⁰² http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=60453

¹⁰³ <http://osi.ecopower.ru/ru/2010-10-18-10-54-27/item/download/918.html>

¹⁰⁴ www.uabio.org/img/files/docs/Position-paper-uabio-7-ru.pdf

трах, тканинних фільтрах або у вигляді конденсаційного шламу в блоках конденсації топкових газів (зазвичай

розташовані за мультициклонами). Ця зольна фракція здебільшого містить аерозолі.

Табл. 4.8. Розширений хімічний склад золи після спалювання розповсюджених видів деревної біомаси¹⁰⁵

Найменування компонента	Одиниці вимірювання	Види деревини							
		Береза	Бук	Верб	Дуб	Ялина	Міскантус	Сосна	Тополя
CO ₂	%	-	-	18,0	-	26,3	1,47	-	-
SO ₃	%	2,2	-	1,5	2,2	1,29	3,7	1,62	-
Cl	%	-	-	0,11	-	0,17	1,45	-	-
P ₂ O ₅	%	17,0	-	9,3	7,5	2,84	1,75	4,81	14,81
SiO ₂	%	2,8	20,0	15,0	2,3	8,5	63,0	23,53	9,22
Fe ₂ O ₃	%	0,7	1,4	0,92	0,5	0,78	0,36	2,14	-
Al ₂ O ₃	%	1,4	7,0	1,6	0,9	1,03	0,45	5,1	3,26
CaO	%	45,0	26,1	32,0	65,0	42,2	7,1	33,58	47,28
MgO	%	10,8	9,2	3,0	8,3	2,4	2,85	5,14	11,58
Na ₂ O	%	1,3	1,8	2,6	0,8	0,23	0,18	0,19	0,1
K ₂ O	%	11,4	23,5	17,0	9,9	7,3	14,8	12,05	24,37
TiO ₂	%	0,1	-	-	0,1	-	-	0,06	-
Pb	мг/кг	-	-	-	-	29,0	20,0	-	-
Cd	мг/кг	-	-	-	-	1,7	0,6	-	-
Cu	мг/кг	-	-	-	-	148,0	53,0	-	-
Hg	мг/кг	-	-	-	-	1,8	0,0	-	-
Mn	мг/кг	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr	мг/кг	-	-	-	-	-	-	-	-

Табл. 4.9. Розширений хімічний склад золи після спалювання деревної кори

Найменування компонента	Одиниці вимірювання	Види деревної кори	
		Листяні породи	Хвойні породи
CO ₂	%	-	-
SO ₃	%	2,0	0,3
Cl	%	-	-
P ₂ O ₅	%	-	-
SiO ₂	%	11,1	39,0
Fe ₂ O ₃	%	3,3	3,0

¹⁰⁵ <https://www.ecn.nl/phyllis2/Browse/Standard/ECN-Phyllis#>

Найменування компонента	Одиниці вимірювання	Види деревної кори	
		Листяні породи	Хвойні породи
Al ₂ O ₃	%	0,1	14,0
CaO	%	64,5	25,5
MgO	%	1,2	6,5
Na ₂ O	%	8,9	1,3
K ₂ O	%	0,2	6,0
TiO ₂	%	0,72	0,2
Pb	мг/кг	-	-
Cd	мг/кг	-	-
Cu	мг/кг	-	-
Hg	мг/кг	-	-
Mn	мг/кг	-	-
Cr	мг/кг	-	-

Табл. 4.10. Розширений хімічний склад золи після спалювання розповсюджених видів аграрної біомаси

Найменування компонента	Одиниці вимірювання	Види аграрних культур							
		Жито	Овес	Пшениця	Ячмінь	Лушпиння соняшнику	Кукурудза	Лушпиння рису	Солома ріпаку
CO ₂	%	7,1	6,7	1,3	2,5	-	-	-	13,0
SO ₃	%	4,19	2,97	2,9	4,43	1,3	2,2	0,77	14,0
Cl	%	7,15	13,1	2,1	11,9	-	-	0,73	5,96
P ₂ O ₅	%	4,85	1,77	1,9	2,73	4,8	0,66	0,87	7,86
SiO ₂	%	23,2	16,9	56,3	33,8	16,6	71,7	89,39	4,1
Fe ₂ O ₃	%	0,22	0,42	0,6	0,28	2,1	7,1	0,4	0,75
Al ₂ O ₃	%	0,23	0,61	0,5	0,28	2,9	0,46	0,22	0,28
CaO	%	9,7	6,9	6,3	8,3	15,8	2,7	1,3	24,9
MgO	%	1,87	1,72	1,4	2,22	6,1	0,33	0,57	3,14
Na ₂ O	%	0,12	7,52	0,2	4,11	1,5	-	0,35	1,37
K ₂ O	%	28,9	31,8	12,6	26,1	35,6	10,28	5,04	25,4
TiO ₂	%	-	-	-	-	0,1	-	0,02	-
Pb	мг/кг	3,0	2,0	-	2,0	-	-	-	3,0
Cd	мг/кг	0,1	-	-	0,2	-	-	-	0,1
Cu	мг/кг	34,0	26,0	-	36,0	-	-	-	36,0
Hg	мг/кг	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	мг/кг	-	-	-	-	-	-	1859,0	-
Cr	мг/кг	-	-	-	-	-	-	342,0	-

В установках зі спалюванням на решітці утворюється подова зола близько 95 %, а іншу частку становить летюча зола. Летюча зола містить високі концентрації кадмію, міді, хрому, свинцю та миш'яку, тому й користь від застосування цього виду золи в якості добрив дуже обмежена.

Розміри частинок залежать від фракційного складу палива, що використовується, вмісту золи, хімічного складу золи та об'єму мінеральних домішок у паливі. Розміри частинок подової золи залежать від її спікання, тоді як розміри частинок золи виносу залежать від використовуваної технології поділу золи виносу, а також від хімічного складу біопалива¹⁰⁶.

У зазначеному хімічному складі золи з різних видів біомаси (табл. 4.8, табл. 4.9, табл. 4.10) бралися до уваги усереднені показники золи після спалювання.

Однією з основних фізичних характеристик золи є температура її плавлення. Саме вона впливає на остаточний склад та агрегатний стан золи після спалювання біомаси чи будь-якого палива. Калорійність золи також є однією з вагомих фізичних характеристик, що впливає на її оцінку як продукту. Нижче наведено основні значення температур плавлення та калорійності золи деяких видів біомаси¹⁰⁷.

Зола – це відходи, адже, згідно з державним класифікатором відходів ДК 005-96¹⁰⁸, до відходів належать новоутворені речовини та їхні суміші, ут-

ворені в термічних, хімічних та інших процесах і які не є метою даного виробництва (шлак, зола, кубові залишки, інші тверді та пастоподібні утворення, а також рідини та аерозолі). Виокремлюють такі коди для золи:

- 9010.2.8.01 Залишок нелеткий та шлак від спалювання відходів, що містять небезпечні речовини;

- 9010.2.8.02 Зола летка від спалювання відходів, що містять небезпечні речовини;

- 9010.2.9.04 Зола летка.

Відповідно до Закону України про відходи від 05.03.1998 № 187, відходами слід вважати будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворилися в процесі виробництва чи споживання, а також товари (продукція), що повністю або частково втратили свої споживчі властивості і не мають подальшого використання за місцем їх утворення чи виявлення і від яких їхній власник позбувається, має намір або повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення. Небезпечні відходи – відходи, що мають такі фізичні, хімічні, біологічні чи інші небезпечні властивості, які створюють або можуть створити значну небезпеку для навколишнього природного середовища і здоров'я людини та які потребують спеціальних методів і засобів поводження з ними.

¹⁰⁶ The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing / Edited by Sjaak van Loo and Jaap Koppejan – Earthscan, 2008. – 465 p.

¹⁰⁷ Obernberger I. (ed.) Ashes and particulate emissions from biomass combustion-formation, characterization, evaluation, treatment, series "thermal Biomass Utilization", Volume 3, 1998 ISBN 3-7041-0254-7, dbv-Verlag der Technisches Universitat Graz, Graz, Austria

¹⁰⁸ <http://tc.nusta.com.ua/dkpkpu/dgerela/225.htm>

Табл. 4.11. Фізичні характеристики золи деяких видів біомаси

Вид біомаси	Калорійність, МДж/кг	Температура плавлення, °C
Листяна деревина	18,8	1426
Хвойна деревина	18,4	1340
Кора	19,2	1440
Солома	17,2	998
Лушпиння соняшнику	16,8	960
Міскантус	17,6	973
Вербка	18,4	1283

Відповідно до чинного ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»¹⁰⁹, зола біомаси, рослинного походження, належить до 4-го класу – речовини малонебезпечні.

З агрохімічного погляду, зола – калійно-фосфорно-вапняне місцеве добриво, яке містить калій, фосфор, кальцій і деякі мікроелементи. Її можна використовувати на всіх ґрунтах під усі культури, незалежно від способу внесення: восени переважно удобрені під зяблеву оранку, навесні – під культивування зябу, для підживлення озимих і просапних культур і багаторічних бобових трав – поверхнево рано навесні.

Усі види золи містять у своєму складі значну кількість різного роду лужних елементів, що визначає їхні лужні властивості. У золи соломи середня лужність. З огляду на наявність у складі золи вапна, її найдоцільніше використовувати на кислих легких ґрунтах і торфовищах. Норму внесення встановлюють залежно від вмісту в ній калію і фосфору. В екологічному розумінні найпривабливішим є використання золи, що отримана під час спалювання хімічно необроблених видів біопалива (у ґрунт не слід вно-

сити золу від спалення забруднених видів біопалива, таких як деякі відходи деревини). З метою запобігання вимиванню цінних елементів живлення, золу зберігають у сухих складських приміщеннях.

Цінність золи як добрива зумовлена тим, що калій і фосфор у ній містяться в доступній для рослин формі. Калій у золі – у вигляді вуглекислого калію (K_2CO_3) – добре розчиняється у воді і є найкращою формою добрив для культур, чутливих до хлору. Фосфор у золі міститься у формі сполук різної розчинності. Частина з них розчинна у воді, інша – в слабких органічних кислотах і слабких розчинах мінеральних кислот. Близько $\frac{3}{4}$ усього фосфору, що є в золі, міститься в доступній для рослин формі. Разом з тим під час взаємодії з ґрунтом, особливо кислої, й інша частина фосфору золи стає доступною для живлення рослин. У зв'язку з цим зола як джерело фосфору за своєю дією на врожай сільськогосподарських рослин не тільки не поступається дії розчинних у воді форм фосфорних добрив, а й інколи перевершує їх. Зола, внесена в кислий підзолистий ґрунт, створює сприятливі умови не тільки для росту і розвитку рослин, а й для діяльності корисних мікроорганізмів та особливо амоніфікуючих і нітрифікуючих бактерій. Також зола здавна широко

¹⁰⁹ http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/4/4655/

використовується в садах і городах для боротьби із шкідниками і хворобами рослин.

Отже, норму внесення золи встановлюють залежно від вмісту в ній калію і фосфору. Також золу вносять для нейтралізації кислих ґрунтів.

Відходи, які належать до IV класу небезпеки (зокрема, зола), можуть зберігатися відкрито на промисловому майданчику у вигляді конусоподібної купи, звідки їх автотранспортом перевантажують у самоскидний автотранспорт і доставляють на місце утилізації або захоронення. Ці відходи без негативних екологічних наслідків можуть бути об'єднані з побутовими відходами в місцях захоронення останніх або використані як ізолюючий матеріал, а також для різних планувальних робіт під час освоєння територій. Варто зазначити, що тверді відходи, зокрема сипкі, які зберігаються в контейнерах, у пластикових, паперових пакетах або мішках, слід видаляти з території підприємства протягом двох діб. Контейнери для зберігання золи повинні бути герметичними.

Відповідно до таблиці 1 Додатку 4 ДСанПіН 2.2.7. 029-99¹¹⁰, що встановлює перелік промислових відходів IV класу небезпеки, які приймаються на полігони твердих побутових відходів без обмеження і використовуються як ізолюючий матеріал, зокрема – шлаки ТЕЦ, котелень, що працюють на вугіллі, торфі, сланцях чи побутових відходах, код групи та виду відходів: 1.39.11.

Згідно з ДСанПіН 2.2.7.029-99, утилізація відходів у сільському господарстві як добрив, меліорантів тощо дозволена тільки після вивчення їхнього впливу на санітарний стан ґрунту та суміжних середовищ, біологічної оцінки

сільгосппродукції (експеримент на тваринах). До проведення гігієнічної оцінки має бути висновок агрономічної служби про ефективність використання відходів у сільському господарстві.

Таким чином, доцільним способом поводження із золою в початковий період експлуатації є її вивезення на міський полігон ТПВ. До того ж потрібно започаткувати проходження всіх дозвільних процедур, згідно з ДСанПіН 2.2.7.029-99 та Законом України «Про пестициди і агрохімікати»¹¹¹, з метою визначення можливості та умов використання золи в сільському господарстві. Також може з'ясуватися, що подова зола, яка часто містить сплавлені частки шлаку більшого розміру, розглядається окремо від леткої золи, що видаляється циклонами та фільтрами очищення димових газів.

Склад із золою повинен відповідати вимогам ДБН 360-92** «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень»¹¹². У цьому документі зазначається, що умови розміщення золовідвалів і визначення розмірів майданчиків для них слід передбачати за нормами для котельних установок. Згідно з ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні», золу і шлак потрібно використовувати для потреб будівництва та будівельної індустрії. Якщо їхнє використання неможливе, золошлаковідвали слід проектувати, дотримуючись таких умов: розміри майданчика золошлаковідвалів мають бути передбачені з урахуванням роботи котельні не менш як 25 років з виділенням першої черги будівництва, розрахованої на експлуатацію котельні протягом 10 років; золошлаковідвали потрібно розміщувати на

¹¹⁰ <http://document.ua/gigienichni-vimogi-shodopovodzhennja-z-promislovimi-vidhoda-nor3041.html>

¹¹¹ <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/86/95-%D0%B2%D1%80>

¹¹² <http://kga.gov.ua/files/doc/normy-derjavny-dbn-Mistobuduvannja-Planuvannja-i-zabudova-miskyh-i-silskyh-poselen-DBN-360-92.pdf>

непридатних для сільського господарства земельних ділянках, поблизу майданчика котельні; для золошлаковідвалів використовувати низини, яри, заболочені місця, вироблені кар'єри, що підлягають благоустрою, з урахуванням перспективного розвитку району будівництва. Під час проектування слід передбачати захист водойм від виносу золи та шлаку дощовими або паводковими водами. Видалення та складування золи і шлаку зазвичай здійснюється одночасно. Роздільне видалення золи та шлаку застосовується за відповідних вимог їхніх споживачів. Видалення золи і шлаку має бути індивідуальним для кожного котла або загальним для всієї котельні.

Таким чином, проектування спеціальних місць для постійного зберігання золи і шлаку потрібне тільки в ситуації, коли не проводиться їхнє регулярне вивезення для корисної утилізації.

Для забезпечення кращих умов зберігання золи, уникнення її потрапляння в навколишнє середовище, слід передбачити зберігання в закритому приміщенні у герметичних контейнерах.

Місткість складу має бути достатньою для складування золи та шлаку в кількості, що накопичується в період між її вивезенням.

Контейнери із золою можна вивозити вантажівкою та розвантажувати на полігоні ТПВ.

Загалом відходи поділяються на чотири класи, відповідно до ступеня небезпеки. I клас – це надзвичайно небезпечні відходи – обладнання та прилади, що містять ртуть, елементи з іонізуючим випромінюванням, люмінесцентні лампи і непридатні для застосування отрутохімікати та пестициди (до вказаного класу небезпеки також належать відходи, на які не встановлено клас небезпеки); II клас – високонебезпечні відходи, до яких можуть належати відпрацьовані олива та мастила технічні і гідравлічні, нафтошлами, розчинники органічні відпрацьовані; III клас – помірно небезпечні відходи, до яких можна віднести акумулятори, медичний фіксаж, відпрацьовані фарби, плати зіпсовані, смоли зіпсовані, пил полірувальних кругів; IV клас – малонебезпечні відходи, серед яких: автошини, побутове сміття, дефекація, сироватка, маслянка, склобій, тара, відходи деревини, а також малонебезпечні нетоксичні відходи гірничодобувної промисловості.

Табл. 4.12. Ставки податку за розміщення відходів, які встановлюють залежно від класу небезпеки та рівня небезпечності відходів

Клас небезпеки відходів	Рівень небезпечності відходів	Ставка податку, грн за 1 т
I	Надзвичайно небезпечні	762,3
II	Високонебезпечні	27,77
III	Помірно небезпечні	6,97
IV	Малонебезпечні	2,72
	Малонебезпечні нетоксичні відходи гірничодобувної промисловості	0,27

Табл. 4.13. Коефіцієнт до ставок податку, який встановлюють залежно від місця (зони) розміщення відходів у навколишньому природному середовищі

Місце (зона) розміщення відходів	Коефіцієнт
У межах населеного пункту або на відстані менш як 3 км від таких меж	3
На відстані від 3 км і більше від меж населеного пункту	1

Варто зазначити, що за розміщення відходів, на які не встановлено клас небезпеки, застосовують ставку податку, встановлену за розміщення відходів I класу небезпеки.

На рис. 4.25 наведено блок-схему, відповідно до джерела, процесу виникнення податкового обов'язку. Така схема є уніфікованою і може бути застосована для кожного податку чи збору. У ній крок за кроком зазначено всі дії, які має виконати платник податку з моменту виникнення податкового обов'язку і до моменту його виконання з визначенням термінів і посиленням на відповідні пункти і статті ПК.

В ідеалі переробка деревної золи та її внесення до ґрунтів повинні проводитися таким чином, щоб використовувати всі корисні властивості та одночасно знижувати негативний вплив на фауну, наземну рослинність і поверхневі води. Зола, що не затверділа, досить швидко розчиняється, впливаючи на стан ґрунту та на деякі види організмів, тоді як затверділа чи гранульована зола загалом має меншу розчинність та уповільнену дію. Взагалі слід уникати використання незатверділої золи, особливо у великих кількостях, на площах із чутливою рослинністю. Однак під час внесення добре стабілізованої золи в помірних кількостях (до 3 т/га) негативної екологічної дії фактично не спостерігають.

Деревну золу можна вносити в ґрунт з хорошим рівнем дренажу та в засаджений торф'яний ґрунт. У мінераль-

них ґрунтах з хорошим рівнем дренажу азот є живильною речовиною, що утримує ріст дерев або інших рослин, до того ж внесення добрив без вмісту азоту не впливає на ріст рослин. На таких ґрунтах внесення золи не сприяє стимулюванню росту рослинності, а є методом збереження плодючості ґрунту. Загальна мета внесення золи в ґрунт полягає у підтримці живильного статусу в довгостроковій перспективі. У дуже кислі ґрунти внесення проводиться для покращення стану ґрунту. На засаджених дренажних торф'яних ґрунтах ситуація дещо інша: у них нерідко не вистачає фосфору та калію, тобто внесення золи буде значно стимулювати процеси росту рослин. Фактично будь-яке господарство на торф'яних ґрунтах – не досить стабільне без внесення живильних речовин, навіть за наявності залишків відходів культур.

Польові експерименти показали, що концентрація багатьох живильних речовин у ґрунті, особливо калію, магнію та фосфору, підвищується після внесення деревної золи. Затверділа зола з уповільненою розчинністю помірно збільшує рівень рН, тоді як рН ґрунту може збільшуватись на декілька одиниць за внесення значної дози незатверділої золи (понад 5 т/га).

Слід зазначити, що підвищений рівень рН може стимулювати активність мікроорганізмів у ґрунті, а також посилити процес утворення нітратів. Нітрати, що утворюються в результаті мікробного окислення амонію, містяться у ґрунті в рухомому стані і в

Крок 1.

Виникнення податкового обов'язку

П. 37.2. Податковий обов'язок виникає у платника податку з моменту настання обставин, з якими цей Кодекс та законодавство з питань митної справи пов'язує сплату ним податку.

Крок 2.

Формування первинних бухгалтерських документів

Крок 4.

Заповнення податкової декларації

П. 46.1. Податкова декларація, розрахунок - документ, що подається платником податків (у тому числі відокремленим підрозділом у випадках, визначених ПК контролюючому органу у строки, встановлені законом і на підставі якого здійснюється нарахування та/або сплата податкового зобов'язання, чи документ, що свідчить про суми доходу, нарахованого (виплаченого) на користь платників податків - фізичних осіб, суми утриманого та/або сплаченого податку.

Крок 3.

Нарахування податку за базовий (звітний) податковий період

(П. 33.3. Базовий податковий (звітний) період (далі б.п.) - період, за який платник податків зобов'язаний здійснювати розрахунки податків, подавати податкові декларації (звіти, розрахунки) та сплачувати до бюджету суми податків та зборів, крім випадків, передбачених цим Кодексом, коли контролюючий орган зобов'язаний самостійно визначити суму податкового зобов'язання платника податку)

Крок 5.

Подання податкової декларації

П.49.18. Термін подання податкової декларації

- б.п. місяць - протягом 20 календарних днів (далі к.д.);
- б.п. квартал або півріччя - протягом 40 к.д.;
- б.п. рік - протягом 60 к.д. (крім випадків, передбачених п. 49.18.4, 49.18.5)

П. 49.20. Якщо останній день строку подання податкової декларації припадає на вихідний або святковий день, то останнім днем строку вважається операційний (банківський) день, що настає за вихідним або святковим днем

Виникнення податкового зобов'язання (сума коштів, яку платник податків, у тому числі податковий агент, повинен сплатити до відповідного бюджету як податок або збір на підставі, в порядку та у строки, визначені податковим законодавством п.14.1.156)

Крок 6.

Сплата податкового зобов'язання

Ст. 57. Строк сплати податкового зобов'язання 10 календарних днів, що настають за останнім днем відповідного граничного строку, для подання податкової декларації, крім випадків, зазначених у п.57.2.

Зміна терміну сплати у зв'язку з перенесенням граничного терміну подання податкової декларації забороняється (31 3, ст. 32).

Виконання податкового обов'язку

Визначається як сплата в повному обсязі платником відповідних сум податкових зобов'язань у встановлений податковим законодавством строк (п. 38.1).

Рис. 4.25. Порядок подання податкових декларацій та сплати екологічного податку

разі обслуговування можуть викликати евтрофікацію поверхневих вод. Таким чином, під час внесення золи в ґрунт на ділянках з високим вмістом азоту важливо використовувати помірну дозу добре затверділого продукту з низькою швидкістю розчинення. Крім того, доки не будуть проведені додаткові дослідження, не рекомендується вносити золу на ділянках, що обробляються вперше або змінюють вид рослинності, адже на таких ділянках спостерігається досить високий показник неорганічного азоту та підвищення рН. Це створює ідеальні умови для утворення азоту. Однак внесення стабілізованої золи в ґрунт нових ділянок (або які давно оброблялися) не підвищує концентрації нітратів у ґрунтових водах.

Деякі експериментальні результати вказують на те, що збір відходів після збору врожаю може знижувати вміст азоту та призводити до обслуговування нітратів. Таким чином, залишок відходів з додатковим внесенням затверділої деревної золи може забезпечити зниження ризиків обслуговування азоту в ґрунтах¹¹³.

Внесення незатверділої або затверділої деревної золи з високим вмістом дрібних частинок здатне спровокувати ризик впливу на рослинність. Чутливі рослини можуть швидко пошкоджуватись унаслідок збільшення рівня рН та концентрації солей, а підвищення рівня неорганічного азоту призвести до зміни рослинного росту. Затверділа та подрібнена деревна зола впливає менш інтенсивно, але, як показала практика, велика фракція дрібних частинок короткостроково впливає на рослинність. Проте, з іншого боку, внесення

гранульованої деревної золи у відповідних дозах на неї не впливає¹¹⁴.

Фракція дрібних частинок у золі повинна бути досить низькою для постійного внесення в ґрунти.

Існує багато правил внесення золи в ґрунт¹¹⁵, але, застосовуючи сипучу золу, слід враховувати проблеми щодо: а) поводження із сипучою золою; б) підвищеного ризику для здоров'я; в) проблем розподілу золи механічним способом; г) згубної дії золи на поверхневу рослинність. Тому її краще вносити передпосівним (основне удобрення) та припосівним способом. Для підживлення озимих і просапних культур та багаторічних бобових трав золу можна вносити поверхнево ранньою весною.

Зола не тільки збагачує ґрунт елементами живлення, а й покращує його фізичні властивості, зокрема ґрунтову структуру. До того ж створюються більш сприятливі умови для розвитку мікрофлори, що дає прибавку до врожаю. Позитивні результати внесення золи можна відчутти протягом чотирьох років¹¹⁶. Фосфор і калій у золі містяться в досяжній для рослин формі. Рослини використовують з неї фосфор навіть краще, ніж із суперфосфату. Не рекомендовано золу вносити в ґрунт, що має лужну реакцію, найефективнішою вона буде для підзолистих і важких ґрунтів. Хороший спосіб використання золи – її компостування з гноєм, торфом, рослинними залишками.

Усі види золи за суцільного внесення її в землю, що вдобрюється, можна висівати звичайними туковими і вапняними сівалками, а також ма-

113 (1994): Recycling of ash from biofuels, Swedish Environmental Protection Agency, SNV 91-620-9564-1/94.06, Stockholm, Sweden

114 Норберт Вильдбахер Утилизация зола котельных, работающих на древесном топливе. Минск – 2007, с. 28

115 П.П. Соколов Зола и ее применение на удобрение. – М.: Сельхозгиз, 1952. – 111 с.

116 <http://botanicka.narod.ru/Doglad/dobruva/zola.html>

шинами для внесення мінеральних добрив. Внесення цього добрива в рядки можна здійснювати зерновими сівалками, а в лунки, на дно борозни та ін. (як місцеве) – вручну.

Для внесення золи зазвичай використовують традиційні системи внесення мінеральних добрив, які можна проводити за двома технологічними схемами: прямоочною та перевантажувальною. Найпростішою і зручною є прямоочна технологія, за якою добрива завантажують у машини-розкидачі, агреговані з тракторами, транспортують у поле і вносять. Перевантажувальна технологія відрізняється від прямоочної тим, що для доставки в поле використовують транспортно-технологічні засоби, за допомогою яких добрива перевантажують в місткості машин для внесення. Вибір раціонального варіанту обумовлюється наявністю матеріально-технічної бази, організаційними та економічними чинниками.

Деревну і солом'яну золу для посилення їхньої дії добре вносити не в чистому вигляді, а разом із луговим торфом – як органо-мінеральну суміш або крихкі органо-мінеральні гранули. До того ж на кожну частину золи береться одна або більше (дві-чотири) частини трохи вологого лугового торфу, просіяного через сито з діаметром отворів 5–7 мм. Для цього ж можна використовувати перегній. Органо-мінеральну суміш, що складається із золи, торфу або перегною, особливо зручно вносити в борозни, лунки тощо, а також за суцільного внесення золи в невеликих дозах. Зазначений прийом внесення деревної і солом'яної золи з торфом або перегноем широко застосовувався у колгоспах¹¹⁷. Окрім підвищення ефективності, внесення золи в суміші з трохи вологим торфом або

перегноєм дає змогу рівномірніше розподілити золу на удобреній площі (навіть у вітряну погоду) і особливо за умови її застосування в невеликих дозах, враховуючи місцеві способи внесення (під картоплю, в лунки та ін.). На підставі цього рекомендується внесення деревної і солом'яної золи під сільськогосподарські культури в суміші з органічними добривами.

У ситуації, коли торфу або перегною немає, для запобігання розпиленню золи вітром, а також для рівномірного розподілу її на удобреній площі, солом'яну і деревну золу можна вносити в суміші зі злегка вологим ґрунтом.

Оскільки у багатьох ситуаціях під ту чи іншу культуру вноситься не одна зола, а й інші види добрив, то з метою заощадження часу і коштів проводять їхнє попереднє змішування. Потрібно лише враховувати, що золу можна змішувати не з усіма видами добрив.

Зокрема, золу не можна змішувати з такими азотними та органічними добривами, які містять у своєму складі азот в аміачній формі, через втрату значної кількості азоту. У зв'язку з цим аміачну селітру, сульфат амонію і хлористий амоній, а з органічних добрив – гнойову рідину, пташиний послід, фекалії і гній слід вносити окремо від золи. Золу в суміші з перегноем, з метою скорочення втрат азоту, потрібно готувати лише незадовго до внесення в ґрунт.

Також не можна змішувати золу з фосфоритним борошном і томасшлаком, адже для рослин буде знижено доступність фосфору, що міститься як у самій золі, так і в цих важкорозчинних добривах. З цієї ж причини слід уникати вносити золу на ті ділянки, які були удобрені раніше (1–2 роки тому) значними кількостями цих добрив.

За сумісного використання із золою невеликих доз фосфоритного борошна або томасшлаку, їх потрібно внести

¹¹⁷ Довідник по удобренню сільськогосподарських культур / За редакцією П.О. Дмитренка, Б.С. Носка // К.: Урожай, 1987. – 209 с.

під оранку, а золу – під культивуацію або місцево.

Також слід уникати внесення деревної і солом'яної золи разом з вапном, а також застосовувати її на недавно вапнованих ґрунтах, оскільки це призводить до зниження ефективності золи.

Деревну і солом'яну золу та калійні добрива доцільно попередньо змішувати і вносити в ґрунт за один прийом, а деревну і солом'яну золу з калійними добривами можна змішувати не тільки перед самим внесенням, а й заздалегідь.

Також не бажано змішувати золу із суперфосфатом. Не можна користуватися золою на лужних ґрунтах, а також вносити її під культури, які віддають перевагу ґрунтам з підвищеною кислотністю¹¹⁸.

Отже, золу можна вносити за допомогою машин для системи внесення мінеральних добрив, що є в сільськогосподарських підприємствах, не забуваючи про дотримання агротехнічних вимог.

Використовувати та утилізувати золу можна в різних галузях, зокрема: сільському господарстві, будівельній, енергетичній, металургійній промисловості¹¹⁹.

- Сільське і лісове господарство:

- * сировина (джерело поживних речовин) для виробництва добрив, які будуть використовуватися на полях та в лісі;

- * дослідницькі ділянки з вирощування та культивування нових видів рослин.

- Будівельна промисловість:

- * виробництво клінкеру цементу, зола використовується як домішок для підвищення вмісту магнезії та піску;

- * виробництво цегли, зола використовується як заміник піску;

- * виробництво альтернативних сполучних матеріалів (полімери тощо);

- * виробництво синтетичних агрегатів холодного склеювання або спікання, зола використовується як заміник піску;

- * виробництво неармованого збірного бетону.

Також золу використовують як будівельний матеріал, який збільшує несучу здатність у дорожньому будівництві, та сполучний матеріал для стабілізації ґрунту в дорожньому будівництві, де він замінює вапно як в'язучий елемент.

В енергетиці золу використовують досить рідко, на експериментальному рівні як засипний та допоміжний матеріал у хімічній та електрохімічній обробці та як фільтраційний матеріал.

У металургійній промисловості золу застосовують як корисну присадку, завдяки великій в ній кількості фосфору, калію, магнезії та інших хімічних елементів, що потрібні для процесу виготовлення чавуну і сталі.

Для сталого використання біопалива дуже важливо замкнути цикл повернення мінеральних речовин і ввести золу, яку отримують під час спалювання біомаси, до природного циклу. Зола біомаси використовується у країнах ЄС для удобрення сільськогосподарських та лісгосподарських угідь, але кожна країна накладає свої обмеження мінімального вмісту поживних речовин та максимального вмісту важких металів (табл. 4.14), що в соломі прийнято вважати менш ніж гранично допустимі.

¹¹⁸ Nina Haglund Guideline for classification of ash from solid biofuels and peat utilised for recycling and fertilizing in forestry and agriculture. NT TECHN REPORT 613, Approved 2008-06, p. – 34.

¹¹⁹ Van Loo S., Koppejan J. Handbook of Biomass Combustion and Co-firing, IEA BIOENERGY TASK 32, 2002 ISBN 9036517737

Табл. 4.14. Огляд граничних значень (обов'язкові мінімальне і максимальне значення) для важких металів і поживних речовин золи біомаси для застосування як добрива на с/г та лісових землях у різних країнах¹²⁰

Показник	Німеччина ¹	Австрія ²	Данія ³	Швеція ⁴	Фінляндія ⁵
Поживні речовини (% мін.)	Клас A/B			AGR/FOR	
Ca	15 ¹ (CaO)			12,5	10 ⁵ /6
K	3 ¹ (K ₂ O)			3,0	-/2 (K+P)
Mg				1,5	
P	2 ¹ (P ₂ O ₅)			0,7	-/2 (K+P)
N	3 ¹				
Zn				0,05	
Важкі метали (мг/кг макс.)					
As	40	20/20		30	25/40
B				800	
Cd	1,5	5/8	5 ^a /20	30	2,5/25
Crtot		150/250	100	100	300/300
Cr (VI)	2				.
Cu		200/250		400	600/700
Hg	1		0,8	3	1,0/1,0
Ni	80	150/200	60	70	100/150
Pb	150	100/200	120/250 ^b	300	100/150
Ti	1				
V				70	
Zn		1200/1500		7000	1500/4500

Примітки в таблиці:

¹ Німеччина: тільки подова зола може використовуватись як добриво; граничні значення не стосуються золи з деревини, що утилізується тільки на лісових землях. K-fertilizer (K-добриво) повинно мати мінімальну частку 10 % K₂O; Ca-fertilizer (Ca-добриво) – містити 15 % CaO; P-K fertilizer (P-K добриво) – мінімальну частку 2 % P₂O₅ та 3% K₂O; N-P-K fertilizer (N-P-K добриво) – мінімальну частку 3 % N, 2 % P₂O₅ та 3 % K₂O; Nutrient-fertilizer поживне добриво) – мінімальний вміст B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn.

² Австрія: Class A/Class B (Клас A/Клас B): зола, що відповідає граничним значенням Класу A, можна використовувати без хімічного аналізу ґрунту; зола із вмістом важких металів між граничними значеннями Класу A та Класу B можна використовувати після хімічного аналізу ґрунту, який показує, що використання золи безпечно за вмістом важких металів.

³ Данія: a – ліворуч вказано допустиме значення Cd для золи із соломи / праворуч – допустиме значення Cd для золи з деревини; b – для золи з деревини, що використовується у лісівництві.

¹²⁰ http://www.ieabcc.nl/publications/Ash_Utilization_KEMA.pdf

⁴ Швеція: граничні значення дійсні для використання на лісових землях.

⁵ Фінляндія: ліворуч – значення для використання на сільськогосподарських землях (AGR)/ праворуч – значення для використання на лісових землях (FOR). Мінімальний вміст поживних елементів для використання у лісівництві 2 % (K+P) та 6 % Ca. Для іншого використання, включно із сільським господарством, садівництвом та озелененням, потрібно забезпечувати число нейтралізації, що має бути мінімум 10 % (Ca).

Таким чином, використання золи як добрива у країнах ЄС обмежується в основному максимальним вмістом важких металів, що становлять екологічну небезпеку. Середні значення вмісту важких металів у подовій та циклонній золі соломи допускають її використання для удобрення сільськогосподарських культур. Разом з цим у Німеччині, Швеції і Фінляндії також обмежується мінімальний вміст поживних речовин у золі, зокрема обмежене використання золи пшеничної соломи як Ca-добрива. У будь-якому разі дози внесення золи нормуються відповідно до її хімічного складу і головним лімітуючим чинником є концентрація важких металів.

Поводження із золою в Україні нормується на загальних підставах відповідно до норм та законодавства, що стосуються відходів.

Законодавство України

Законодавство, відповідно до якого регулюється поводження з відходами:

- Закон України «Про відходи» від 5 березня 1998 р. № 187/98-ВР;

- Наказ «Про затвердження типової форми первинної облікової документації № 1ВТ "Облік відходів та пакувальних матеріалів і тари" та Інструкції щодо її заповнення» від 07.07.2008 № 342;

- Наказ «Про затвердження форми реєстрової карти об'єктів утворення, оброблення та утилізації відходів та Інструкції щодо її складання» від № 41 від 17.02.99;

- Постанова від 3 серпня 1998 р. № 1218 «Про затвердження Порядку розроблення, затвердження і перегляду лімітів на утворення та розміщення відходів»;

- Постанова «Про затвердження Порядку ведення реєстру об'єктів утворення, оброблення та утилізації відходів» від 31 серпня 1998 р. № 1360 (1360-98-п);

- Постанова «Про затвердження Порядку ведення державного обліку та паспортизації відходів» від 01.11.99 № 2034.

Нормативні документи:

- ДСТУ 2195-99 (ГОСТ 17.9.0.2-99). «Охорона природи. Поводження з відходами. Технічний паспорт відходу. Склад, вміст, виклад і правила внесення змін»;

- ДСТУ 3910-99 (ГОСТ 17.9.1.1-99). «Охорона природи. Поводження з відходами. Класифікація відходів. Порядок найменування відходів за генетичним принципом і віднесення їх до класифікаційних категорій»;

- ДСТУ 3911-99 (ГОСТ 17.9.0.1-99). «Охорона природи. Поводження з відходами. Виявлення відходів і подання інформаційних даних про відходи. Загальні вимоги»;

- ДСТУ 4462.3.01:2006 «Охорона природи. Поводження з відходами. Порядок здійснення операції»;

- ГОСТ 30333-95 «Паспорт безпечності речовини (матеріалу). Основні положення. Інформація щодо убезпечування виробництва, застосування, зберігання, транспортування, утилізування».

Законодавство щодо використання добрив:

- Закон України «Про пестициди і агрохімікати» від 2 березня 1995 р. № 86/95-ВР;

- Постанова КМУ від 4 березня 1996 р. № 295 «Про затвердження Порядку проведення державних випробувань, державної реєстрації та перереєстрації, видання переліків пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні».

Відходи, що утворюються на підприємстві, мають бути визначені за складом

і властивостями, а також ступенем небезпечності для навколишнього природного середовища та здоров'я людини. Тому зола, яка утворюється від спалення, повинна проходити санітарно-епідеміологічний аналіз.

У додатку до Закону України «Про пестициди і агрохімікати» від 2 березня 1995 р. № 86/95-ВР представлено перелік агрохімікатів, дозволених до ввезення на митну територію України, виробництва, торгівлі, застосування та рекламування без їхньої державної реєстрації (див. – табл. 4.15).

Табл. 4.15. Додаток до Закону України «Про пестициди і агрохімікати» від 2 березня 1995 р. № 86/95-ВР ПЕРЕЛІК агрохімікатів, дозволених до ввезення на митну територію України, виробництва, торгівлі, застосування та рекламування без їх державної реєстрації

№ з/п	Товарна підкатегорія згідно з УКТ ЗЕД	Різновид продукції	Вміст основних складників (масова частка, %)
17	3105 20 10 00	Добрива мінеральні або хімічні із вмістом трьох поживних елементів: азоту, фосфору та калію	Вміст азоту в перерахунку на сухий безводний продукт (понад 10 %)
18	3105 20 90 00	Добрива мінеральні або хімічні із вмістом трьох поживних елементів: азоту, фосфору та калію	Вміст азоту в перерахунку на сухий безводний продукт (не більш як 10 %)
19	3105 51 00 00	Добрива мінеральні або хімічні із вмістом двох поживних елементів: азоту і фосфору (із вмістом нітратів та фосфатів)	
20	3105 59 00 00	Добрива мінеральні або хімічні із вмістом двох поживних елементів: азоту і фосфору	
21	3105 60 00 00	Добрива мінеральні або хімічні із вмістом двох поживних елементів: фосфору та калію	

Таким чином, якщо після проведення санітарно-епідеміологічного аналізу буде визначено, що отримана зола є

одним з видів добрива, зазначеним у табл. 4.15, то така зола може бути використана у сільському господарстві

без проведення державних випробувань, державної реєстрації та перереєстрації, видання переліків пестицидів і агрохімікатів.

Також існує спосіб використання золи у домогосподарстві після проведення сертифікації відповідно до «Стандарту з виробництва допоміжних речовин, що можуть використовуватись в органічному сільському господарстві та переробці», розділ «ЗЗР та добрива» згідно із постановою ЄС № 834/2007 та № 889/2008. Цей стандарт не затверджено для використання на території України у сільському господарстві відповідно до законодавства.

Для визнання золи від спалювання біомаси як вторинної сировини, тобто як добриво, існує операція з утилізації «R10 Обробка ґрунту, що справляє позитивний вплив на землеробство чи поліпшує екологічну обстановку» відповідно до постанови від 13 липня 2000 р. № 1120 «Про затвердження Положення про контроль за транскордонними перевезеннями небезпечних відходів та їх утилізацію / видаленням із Жовтого та Зеленого переліків відходів». Технологія утилізації – розкидання на поверхні ґрунту, відповідно до характеристики ґрунту та хімічного складу золи.

Внесення золи в ґрунт можливе без додаткової її попередньої обробки. Для цього потрібно забезпечити її однорідність. Транспортувати золу слід у герметичній тарі з метою запобігання забруднення навколишнього середовища дрібною фракцією. Золу можна розкидати в полі за допомогою розкидача гною, але попередньо підготувати до внесення в ґрунт, а саме – подрібнити і перемішати. Також можливий варіант попередньої грануляції золи спеціальними грануляторами. Попередня підготовка забезпечить зручне та ефективне використання золи як мінерального добрива традиційною універсальною технікою. Такий підхід

дасть змогу зробити золу цікавою альтернативою штучному мінеральному добриву та корисним продуктом для сільського господарства.

Технічні процедури з утилізації золи

Упродовж минулих років розвиток використання альтернативних видів палива, зокрема різного роду біомаси, значно виріс. Зросли й потреби у техніці, що здатна ефективно обробляти ці енергетичні культури. Такі вигоди часу закликають до збільшення кількості компаній, які розробляють та виробляють вітчизняні зразки сільськогосподарської техніки. Великою мірою будь-яке вітчизняне підприємство спроможне виробляти техніку з особливим цільовим призначенням за наявності конструкторської документації та технологічного парку верстатів.

На сьогодні лідером машинобудівної галузі є визнаний експертами ТОВ «Завод Кобзаренка»¹²¹, у номенклатурі технічних виробів якого є техніка, що призначена для роботи із золою. Для основного внесення добрив використовуються уніфікований ряд машин типу МВУ-6, МВУ-8, МВУ-16 (рис. 4.26) та процес внесення золи до ґрунту (рис. 4.27). Різниця між вантажними машинами полягає переважно в їхній вантажності (табл. 4.17). У рух робочі органи цих машин доводиться приводити від ВВП трактора.

121 <http://www.kobzarenko.com.ua/>



Рис. 4.26. Машина для внесення твердих мінеральних добрив РМД-8



Рис. 4.27. Процес внесення золи в ґрунт

Табл. 4.16. Технічні характеристики причіпних машин для внесення твердих мінеральних добрив

Показник	Марка					
	МВУ-6	МВУ-8	МВУ-12	МТТ-4У	РУ-3000	РУ-7000А
Вантажопідймальність, кг	6000	8000	12000	4000	3000	7000
Ширина захвату, м	10-20	12-24	15-28	8-24	15-28	15-36
Робоча швидкість руху, км/год	8-12	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15
Габаритні розміри, м:						
- довжина	5,50	6,00	7,00	5,60	3,10	6,30
- ширина	2,47	2,47	2,47	2,50	2,60	2,80
- висота	2,30	2,30	2,30	2,0	2,54	2,70
Маса конструктивна, кг	2900	3200	3800	2600	1250	3900
Агрегується з трактором тягового класу	1,4	2-3	3	1,4	1,4	2

Кількість внесення добрив для кожного конкретного поля встановлюють спеціалісти агрономічної служби залежно від запланованого врожаю зерна, наявності поживних речовин у ґрунті і виносу їх врожаєм.

Під час внесення мінеральних добрив важливо дотримуватися агро-технічних вимог. Зокрема, відхилення фактичної норми від заданої не повинно перевищувати $\pm 10\%$, а нерів-

номірність розподілення добрив за шириною захвату машини – $\pm 25\%$. Розбіжність у часі між внесенням і зароблянням добрив у ґрунт повинна становити не більш як 12 годин¹²².

122 В.Д. Гречкосій, М.Я. Дмитришак, Р.В. Шатров, В.А. Мокрієнко, А.В. Юник. Комплексна механізація виробництва зерна. – К.: Нілан-ЛТД, 2012. – 286 с.

Табл. 4.17. Технічна характеристика перевантажувальних бункерів золи

Показник	Марка					
	ПБН-10	ПБН-16	ПБН-20	ПБН-30	ULW-30	ULW-40
Маса, кг: повна	10 000	16 000	20 000	26 000	29000	34 000
власна	20 00	4000	4000	5600	6600	8000
Вантажопідіймальність, кг	8000	12 000	16 000	204 000	22400	26 000
Навантаження на дишло, кг	1000	2000	2000			
Об'єм кузова (бункера), м ³	10	16	20	30	30	40
Кількість осей	1	2	1	2	3	4



Рис. 4.28. Загальний вигляд бункера-накопичувача золи ПБН-16

На сьогодні у світі та в Україні зокрема нагромаджено дуже великий досвід роботи з біомасою та використання біомаси як палива в різних галузях промисловості та комунальному господарстві.

Залежно від виду паливоспоживачого обладнання застосовують різні види біомаси для процесу прямого спалювання з метою отримання теплової енергії для виробництва різних видів продукції. Як правило, у процесі спалювання застосовують відходи та залишки біомаси рослинного та деревного походження, що не вирізняються високою якістю. Тому на таких технологічних установках (котлах) утворюється досить велика кількість побічного продукту, такого як зола. Звідси – проблема утилізації або

пошуків шляхів застосування золи як продукту.

Від самого початку виникнення зазначеної проблеми науковці та практики підбирали і розглядали шляхи вирішення питань застосування золи як продукту або безпечної утилізації як відходів. У світовій практиці існує багато шляхів розв'язання даної проблеми, що саме розглянуті в цьому розділі, зокрема: утилізація золи на полігонах, застосування золи як добрива в сільському господарстві та лісництві, використання золи як корисного продукту в різних галузях промисловості.

Як видно з проаналізованих джерел, розглянутих прикладів та матеріалів, зібраних під час візитів на підприємства-виробники, зола має високий потенціал застосування в багатьох сферах діяльності людини. Головними ж умовами щодо її використання в тій чи іншій сфері або галузі промисловості є дотримання правил для збереження фізико-хімічних властивостей, а також агрегатного, фракційного та елементарного стану золи. Завдяки виконанню вищезазначених умов зола з біомаси може використовуватись як корисний продукт, що зацікавить потенційних споживачів, розширить ринки збуту та масштаб застосування.

З розвитком ринку збуту розвиватиметься технічна сфера, що спрямована на збирання, обробку, зберігання, сортування та застосування золи в будь-якій галузі промисловості.

4. 5. ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА КРИТИЧНИХ ТОЧОК

Таким чином, на основі матеріалу, викладеного в попередніх розділах, можна констатувати, що виробництво та використання пелет з аграрної біомаси має певні особливості порівняно з виробництвом пелет із деревини.

Головним чином виробництво пелет з деревини ґрунтується на використанні відходів деревообробки та є додатковою виробничою діяльністю для деревообробних підприємств. Меншою ж мірою виробництво пелет на деревині базується на покупній сировині. Схожа ситуація існує в секторі вироб-

ництва пелет з лушпиння соняшнику, що є побічним продуктом у виробництві соняшникової олії і виробляється безпосередньо на переробному підприємстві. Тому виробництво пелет з лушпиння переважно впроваджується саме таких підприємствах.

Дещо інша ситуація щодо виробництва пелет із соломи зернових (пшениця, жито, овес). Хоча солома також є побічним продуктом виробництва зерна, вона в процесі збирання врожаю залишається на полі й потребує додаткової техніки для її збирання. Тому немає особливої різниці, хто впроваджуватиме виробництво пелет – саме агрогосподарство чи інше підприємство, розташоване в цьому регіоні. В обох варіантах для збирання соломи знадобиться той самий набір сільськогосподарської та іншої техніки, складські площі тощо.

Нижче надано особливості виробництва агропелет, переважно із соломи зернових (табл. 4.18).

Табл. 4.18. Особливості виробництва пелет та їхня якісна оцінка

Особливість	Причини	На що впливає	Методи подолання
Потреба в техніці для заготівлі (солома зернових)	Сировина розосереджена на великій площі, інколи на великій відстані від виробництва	Збільшення капітальних витрат організації виробництва (закупівля техніки). Збільшення виробничих витрат та, відповідно, собівартості продукції	Закупівля готових тюків в агровиробників. Проте недоліком цього є залежність від агровиробників, неоднорідність характеристик сировини, а також збільшення транспортного плеча постачання

Особливість	Причини	На що впливає	Методи подолання
Короткий період збирання соломи з полів	Сезонність, чітка часова послідовність агротехнологічних операцій	Потреба мати належний парк техніки для збирання необхідної кількості соломи впродовж короткого строку	Певному пом'якшенню такої ситуації сприяє чітка взаємодія з агровиробниками щодо строків та послідовності збирання на їх полях, попереднє складання графіків робіт
Потреба у великих площах складування сировини	Неможливість або небажання агровиробників тримати тюки у себе	Збільшення капітальних витрат організації виробництва (складські площі, техніка для перевезення та розвантажування)	Домовленість з агровиробниками про зберігання тюків на їхній території або узгоджений графік постачання. Як результат – можливе зменшення капітальних витрат, проте збільшення виробничих через збільшення результуючої вартості доставлених тюків
Як правило, солома не потребує окремої процедури сушіння після первинного подрібнення	Менша вологість порівняно з відходами деревини. Можливість гранулювання за децю вищої вологості	Зменшення капітальних витрат організації виробництва (сушарка) та, відповідно, виробничих витрат	
Різна продуктивність прес-грануляторів на соломі та деревині	Менша насипна щільність подрібненої соломи	Збільшення виробничих витрат (зокрема, витрат електроенергії)	Підбір належних режимів гранулювання, здійснений заздалегідь виробником прес-гранулятора для цієї сировини, з гарантуванням заявленої виробничої продуктивності прес-гранулятора за умови дотримання рекомендованих режимів

Особливість	Причини	На що впливає	Методи подолання
Більша абразивність соломи та іншої аграрної біомаси	Забрудненість частками ґрунту	Більш швидке зношення матриць та роликів прес-гранулятора, ножів подрібнювальної техніки (відповідно, збільшення собівартості виробництва пелет)	Використання якісних матриць, роликів. Початковий вибір якісної подрібнювальної техніки з відповідними характеристиками
Менша здатність соломи до утворення міцних гранул	Менший вміст лігніну	Менша стійкість до подрібнення під час транспортування, зберігання, вантажних операцій	Додавки зв'язуючих речовин (якщо переваги від підвищення міцності пелет більші за недоліки, пов'язані з підвищенням собівартості через використання додаткових речовин)

Нижче надано інформацію про унікальні особливості використання аг-

ропелет, що відрізняють їх від пелет з деревини (табл. 4.19).

Табл. 4.19. Особливості використання пелет як палива

Особливість	Причини	На що впливає	Методи подолання
Дещо менша теплотворна здатність та вища зольність пелет із соломи порівняно з деревними	Хімічний склад, особливості вирощування та заготівлі	Збільшення потрібних обсягів палива для забезпечення виробництва такої ж кількості тепла (не стосується пелет з лушпиння соняшнику). Збільшення об'ємів утворення золи та витрат на її вивезення	Дослідження властивостей золи як добрива для визначення можливості щодо її реалізації як окремого продукту або з метою вивезення на поля агровиробників з відповідною грошовою компенсацією
Вища емісія твердих часток під час спалювання	Хімічний склад, вища зольність	Збільшення обсягів викидів твердих часток, що може мати негативний вплив на реалізацію відповідних проектів через екологічні обмеження	Встановлення додаткового обладнання для очищення димових газів

Особливість	Причини	На що впливає	Методи подолання
Вища емісія сполук азоту під час спалювання	Хімічний склад	Можливість екологічних обмежень щодо реалізації відповідних проектів	Регулювання режимів спалювання (температурний режим, ступінчаста подача повітря та палива). Застосування каталітичних або некаталітичних методів зменшення викидів
Вища емісія сполук SO_x , HCl під час спалювання	Хімічний склад (за вмісту сірки вище 0,2 % та хлору вище 0,1 % маси сухої речовини палива)	Таке саме	Ефективне вловлювання твердих часток, адсорбція гідроксидом кальцію, застосування скруберів очищення вихідних газів
Підвищене шлакування через плавлення золи	Хімічний склад, що спричиняє нижчу температуру плавлення золи (переважно через підвищений вміст кремнію та калію), вища зольність	Зменшення надійності в роботі теплогенеруючого обладнання, скорочення його виробничого ресурсу, порушення режиму спалювання, поломки, вихід з ладу тощо	Вибір обладнання, конструкція якого дає змогу проводити спалювання аграрної біомаси в режимах, що унеможливають або істотно зменшують плавлення золи. Додатково – конструкція обладнання має забезпечувати руйнування занадто великих часток шлаку. Частковий ефект також може дати використання агробіомаси у вигляді сумішевих пелет (солома / деревина)
Підвищене відкладення забруднень на поверхнях теплообміну	Таке саме	Зменшення ефективності теплопередачі (результат – зниження ККД котла), місцеві перегріви ділянок теплообмінних поверхонь	Таке саме (див. попередній пункт). Додатково – наявність в теплогенеруючому обладнанні відповідних систем очищення поверхонь (механічних, стисненим повітрям, парою), бажано, щоб працювали в автоматичному режимі

Особливість	Причини	На що впливає	Методи подолання
Підвищена корозія теплообмінних поверхонь котельного обладнання	Хімічний склад (переважно вміст калію та хлору)	Вихід з ладу поверхонь теплообміну (потреба в їхній заміні, що підвищує виробничі витрати)	Таке саме (див. пункт про шлакування). Додатково – додавання сполук кальцію (наприклад, вапна) у процесі спалювання
Невідповідність агропелет стандартам для застосування в побутових пелетних котлах у деяких європейських країнах	Комплекс чинників, вказаних вище	Обмеження експортних можливостей, особливо для пелет із соломи зернових. Основний сектор експортного споживання – промислові котли, ТЕС, ТЕЦ	Підвищення внутрішнього попиту на пелети з аграрної біомаси

Потенціал подальшого розвитку даного напрямку в Україні полягає в такому:

- Підвищення внутрішнього попиту на пелети з аграрної біомаси, що опосередковано вплине на збільшення виробництва таких пелет передусім серед діючих підприємств (як результат – підвищення коефіцієнта завантаження виробництва, зниження собівартості продукції), а також сприятиме створенню нових підприємств з виробництва агропелет насамперед у тих регіонах, де виробництво інших видів пелет є обмеженим.

- Поширення технологій і техніки для тюкування соломи зернових. На сьогодні далеко не всі агрогосподарства забезпечені такою технікою, передусім через обмеженість ринку збуту тюкованої соломи. Із збільшенням попиту на солому як енергетичний ресурс, зокрема з боку підприємств з виробництва пелет, зросте й затребуваність технологій і техніки для тюкування соломи. Щодо цього значну роль може відіграти розробка вітчизняної тюкувальної техніки, що забезпечувала б щільність тюків на досягнутому провідною іноземною технікою рівні, та була б дешевшою за неї. Також

має потенціал розробка вітчизняної техніки для перевезення тюків та навантажувально-розвантажувальних операцій. Для енергетичного використання, зокрема під час виробництва агропелет, найбільші можливості має виробництво так званих енергетичних тюків розміром 1,2x1,3x2,4 м (або їхні різновиди розміром 0,9(0,7)x1,2x2,4 м), вагою 450–600 кг, оскільки собівартість заготівлі та подальших операцій із соломой у вигляді таких тюків є найнижчою, а можливість механізації відповідних процесів – найвищою.

- Поширення позитивного досвіду щодо заготівлі тюкованої соломи для потреб виробництва пелет, разом з технічним та організаційним забезпеченням, взаємодією з агровиробниками тощо.

- Розробка котельного обладнання, пристосованого для спалювання аграрної біомаси, зокрема пелет із соломи зернових. На сьогодні в Україні є лише поодинокі приклади використання вітчизняного обладнання для спалювання пелет із соломи (це переважно обладнання невеликої потужності, що використовувалось нетривалий час. Для надання поштовху в

розвитку енергетичного використання пелет із соломи, наприклад у галузі комунального теплопостачання, корисним було б впровадження низки пілотних проектів на базі іноземного обладнання, що добре зарекомендувало себе, та поширення набутого позитивного досвіду.

- Розробка стандартів агропелет із зазначенням вимог щодо їхньої якості або адаптація відповідних європейських стандартів.

- Розробка технологій виробництва агропелет зі стебел кукурудзи, соняшнику. Збільшення обсягів вирощування цих культур в Україні привело до того, що за своїми обсягами відходи їхнього вирощування вже переважають об'єми соломи зернових (пшениці, жита, проса, вівса). Так, за даними 2014 року, енергетичний потенціал соломи зернових можна оцінити в 5 млн т у. п., а сумарний потенціал відходів кукурудзи та соняшнику – 5,6 млн т у. п. За попередніми даними, відходи кукурудзи та соняшнику мають кращі паливні характеристики, ніж солома зернових (головним чином через нижчу температуру плавлення золи), що в деяких ситуаціях робить можливим їхнє використання в котлах для деревних пелет. Проблема полягає в тому, що в Україні немає технологій заготівлі такої біомаси у вигляді тюків, а також відповідної техніки.

- У законодавчому аспекті поштовхом для подальшого розвитку використання біомаси, зокрема агропелет, є запровадження конкурентного ринку теплової енергії, що стимулюватиме впровадження відповідного обладнання в комунальному теплопостачанні.

- Запровадження сумісного спалювання агропелет з вугіллям на теплових електростанціях. Сумісне спалювання є важливим способом енергетичного використання біомаси, перевагами якого є відносно неви-

сокі капітальні витрати на відповідне обладнання (1100–1300 євро/кВт_е)¹²³. Також практика використання бурого вугілля та біомаси на ТЕС Європи показує, що за сумісного спалювання за рахунок заміни частини бурого вугілля на біомасу знижуються викиди вуглекислого газу, сірки та оксидів азоту¹²⁴. Нині у світі працюють 230–240 установок сумісного спалювання. В Україні такого досвіду наразі немає – жодна теплова електростанція не використовує сумісне спалювання переважно через те, що на нього не поширюється дія «зеленого» тарифу¹²⁵, а також через брак розроблених вітчизняних регламентів використання такого палива на теплових електростанціях. Перевага використання пелет за сумісного спалювання порівняно з біомасою в її первинному вигляді полягає в однорідності фізико-хімічних характеристик, низькій вологості, що створює мінімум проблем під час подрібнення. Крім того, є логістичні переваги, зокрема менша вартість доставки, оскільки насипна щільність пелет значно вища, ніж для необробленої біомаси. І така ситуація може стати на користь постачання на ТЕС, що на далекій відстані від джерел постачання біомаси.

- У технологічному питанні потенціал вдосконалення виробництва пелет з аграрної біомаси та зниження їхньої собівартості полягає в такому:

- * використання якісного технологічного обладнання, особливо прес-грануляторів та подрібнювальної техніки;

- * стандартизація якості вхідної сировини;

123 IEA Energy Technology Essentials: Biomass for Power Generation and CHP (<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/essentials3.pdf>)

124 <https://www.ueex.com.ua/ukr/presscenter/marketnews/14921928/>

125 Закон України «Про електроенергетику»: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/575/97-%D0%B2%D1%80>

* збільшення коефіцієнта завантаження існуючих підприємств;

* збільшення масштабу підприємств (за умови їхньої тривалої експлуатації з номінальною потужністю);

* розроблення технологій гранулювання різних видів аграрної біомаси, у тому числі відходів кукурудзи, соняшнику;

* дослідження використання добавок, що покращують якісні характеристики гранул, підвищують температуру плавлення золи;

* дослідження нових технологій виробництва пелет.

Однією з нових технологій виробництва пелет, що нині вивчають в Україні, є технологія вологого пресування, запропонована компанією BM Engineering (Україна)¹²⁶. Ця технологія, на відміну від традиційної, не передбачає сушіння сировини навіть високої вологості, а також обходиться без традиційного пресування на прес-грануляторах. За її допомоги сировина спочатку змішується з підігрітою водою, яка потім у дві стадії відділяється. Потім біомаса подрібнюється у вологому стані, а потім нагрівається і остаточно подрібнюється в прес-диспергаторі, де ефект подрібнення підсилюється спеціально організованим різким падінням тиску в кінці пресування. Завдяки цьому волога, що в порах сировини, закипає, перетворюючись на пару та розриваючи частки сировини зсередини. До того ж сировина частково підсушується. Далі подрібнена сировина, що завдяки попередній підготовці набула належної пластичності, пресується шнековим пресом, виходячи через фільєру заданої форми, для виробництва пелет або брикетів. Далі продукт охолоджується, набуваючи товарної якості. Прототип такої установки потужністю 200 кг/год

(рис. 4.29) проходить випробовування в одному з НДІ м. Києва.

Вищезазначена технологія спочатку була розроблена для вологої деревної біомаси, яка допомагає очистити її від сторонніх домішок, зокрема піску, ґрунту та ін., а також відмовитись від стадії сушіння, замінивши її механічним відокремленням вологи на шнекових пресах. Вода, що циркулює в контурі, не потребує поповнення, оскільки впродовж усього періоду поповнюється вологою, що міститься в сировині.

У разі переробки аграрної біомаси така технологія мала б забезпечити вимивання хімічних елементів, що спричиняють низьку температуру плавлення золи та інші вказані раніше негативні властивості, а також очищення від часток ґрунту, що також підвищують зольність.

Можливість вимивання небажаних хімічних елементів із соломи природним шляхом (атмосферними опадами) не згадувалась нами раніше як метод подолання її негативних властивостей, оскільки важко реалізується на практиці: агрогосподарства не можуть дозволити собі чекати вимивання соломи дощами у валку. Крім того, така солома вимагає подальшого сушіння, адже тюкована у вологому стані, вона за подальшого зберігання може пріти з підвищенням температури аж до самозаймання.

Позитивним моментом є незалежність технології від коливання вологості сировини, що може бути значним для біомаси аграрного походження.

За інформацією розробників, зазначена технологія підходить для будь-якої, зокрема аграрної, сировини та може бути масштабована для установок великої виробничої потужності.

126 <http://www.bm-biomass.com>

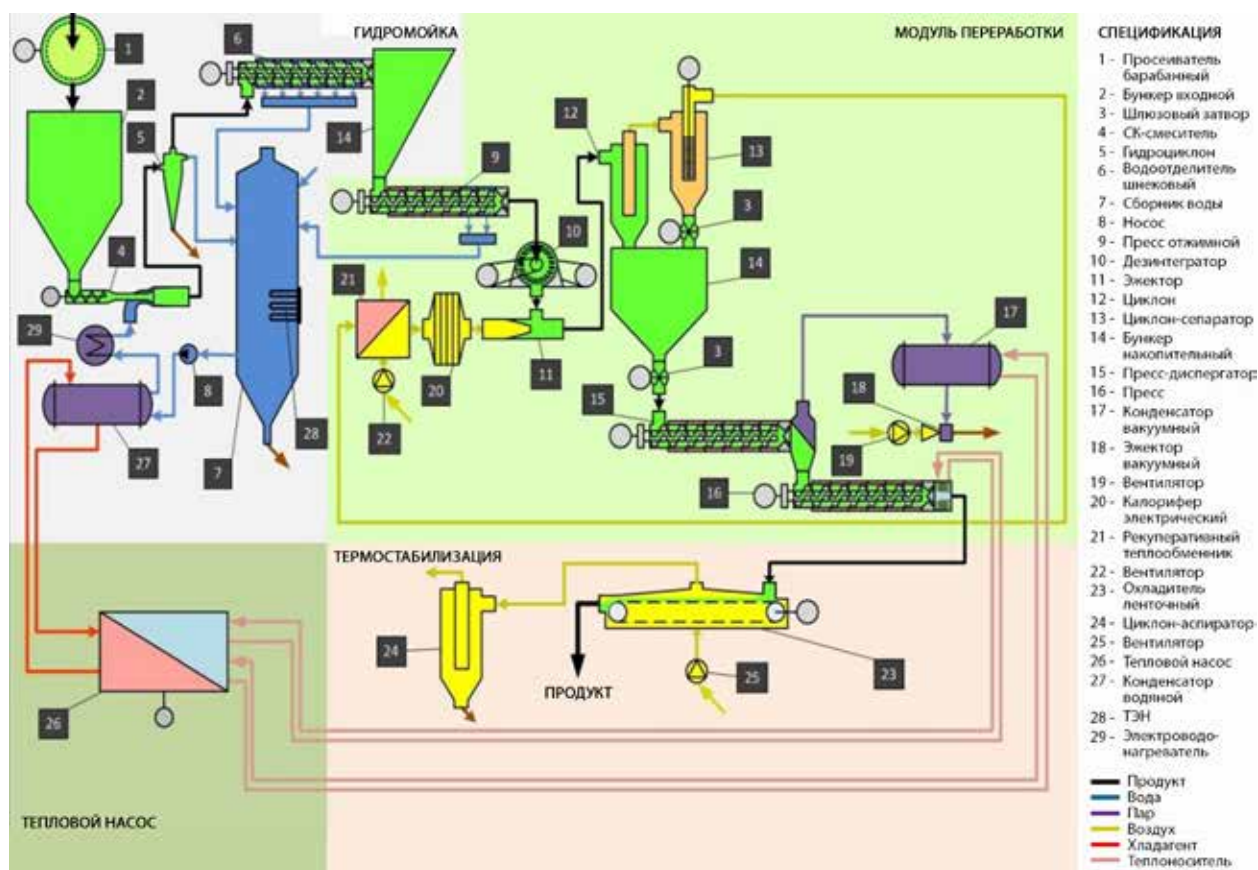


Рис. 4.29. Схема вологого пресування на прикладі роботи компанії BM Engineering

4. 6. НАДІЙНІСТЬ СИРОВИНИ

Проаналізувавши опитувальні листи та інформацію, отриману в результаті візитів на підприємства – виробники пелет з агросировини та деревини, можна виокремити питання, що стосуються надійності сировини. Серед категорій надійності є такі:

- Кількісна або об'ємна;
- Технічна;
- Економічна;
- Соціальна;
- Ринкова.

До **кількісної або об'ємної** категорії належать питання щодо наявності сировини в тому об'ємі, який не створюватиме дефіциту. Крім того, коли сировини в тому чи іншому регіоні в кілька

разів більше, ніж можна переробити, постає питання утилізації. Тому до цієї категорії входять проблеми, вирішення яких спрямоване на виключення проблеми надійності сировини, а саме:

- дефіцит або профіцит сировини, що виникають через велику кількість або брак підприємств – виробників пелет. Ця проблема призведе або до подорожчання сировини, або до пошуку шляхів утилізації чи реалізації сировини;
- перерозподіл сировини між підприємствами різного галузевого призначення, тобто постає питання пріоритетності використання тієї чи іншої агросировини тим чи іншим підприємством (також може стосуватися деревини).

Технічна категорія характеризує стан технічного оснащення та спроможності виконати або реалізувати той чи інший технологічний процес виробництва. До цієї категорії можна віднести такі проблеми:

- немає спеціальної техніки для збору і транспортування сировини;
- немає технічно пристосованих місць зберігання сировини або технічного обладнання для нагляду та експлуатації місць зберігання сировини;
- часті ремонти техніки через надмірне або нерегламентне використання;
- невідповідність техніки щодо технологічного процесу збирання, транспортування, зберігання та використання сировини;
- немає надійної вітчизняної техніки.

До **економічної** категорії належать проблеми, пов'язані із забезпеченням будь-якого циклу технологічного ланцюга підприємства, що використовує агросировину або деревину. Такими проблемами можуть бути:

- зміни цін на закупівлю сировини, зміни цін у довготривалих договорах;
- зміни цін на пально-мастильні матеріали та запасні частини до обслуговувальної техніки чи обладнання;
- зміни цін на електричну енергію;
- зміни цін на реалізацію готової продукції;
- зміна вектору направленості виробництва (імпорт, експорт, власне);
- економічні прорахунки у бізнес-планах чи ТЕО.

Категорія **соціального** впливу на надійність сировини досить чутлива, адже суцільна автоматизація процесів технології збирання, транспортування, зберігання та виробництва на сьогодні просто не можлива. Тому для

цієї категорії притаманними будуть такі проблеми, як:

- немає професійних виконавців операцій заготівлі, транспортування, зберігання та використання сировини;
- немає навчальних закладів із відповідним профільним направленням;
- немає кваліфікованих робітників через далеке розташування підприємства;
- брак заохочувальних дій з боку власника стосовно працівників, що спричиняє відповідне виконання робіт;
- спротив місцевого населення щодо розташування і транспортування сировини;
- конкуренція серед підприємств через попит у кваліфікованих робітниках;
- погано розвинена інфраструктура.

Попит на сировину породжує **ринок** збуту готової продукції, тому ринкова категорія має низку проблем, що є основними в процесі надійності сировини та надійності виробництва загалом. Серед проблем є такі як:

- чітке розуміння кількості чи об'єму збуту готової продукції;
- орієнтація роботи підприємства (експорт, імпорт, внутрішній ринок, прямий споживач, прямий покупець);
- організація ринку закупівлі сировини в безпосередньому районі розташування підприємства-виробника;
- наявність альтернативних постачальників сировини;
- чітке дотримання умов довготривалих договорів, виконання гарантійних зобов'язань.

Усі вищезазначені проблеми та категорії мають прямий вплив на надій-

ність виробництва продукції, а саме пелет з агросировини та деревини. Здобуті досвід та інформація доводять, що нерозв'язання тієї чи іншої проблеми призводить до помилок у системі ефективного менеджменту підприємства, що насамперед позначається на надійності постачання, зберігання та використання сировини.

Таким чином, як показує досвід підприємств, надійність сировини є складником надійності технологічних ланок заготівлі, транспортування, зберігання та правильного використання сировини.

4. 7. СЕРТИФІКАЦІЯ І СТАНДАРТИЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

Важливим чинником підтвердження достатньо високої якості продукції є документ, який засвідчує відповідність продукції заданим вимогам, які встановлені законодавством України. Нині правові та організаційні засади підтвердження відповідності продукції в Україні регламентує Закон України «Про підтвердження відповідності»¹²⁷. Відповідно до цього Закону підтвердження відповідності – видача документа (декларація про відповідність) або сертифіката відповідності на основі рішення, яке приймається після проведення відповідних (потрібних) процедур оцінки відповідності, що довели виконання встановлених вимог.

Процедура підтвердження відповідності в законодавчо регульованій сфері для окремих видів продукції, яка може становити небезпеку для життя та здоров'я людини, тварин, рослин, а також майна та охорони довкілля, запроваджується технічними регламентами. Із введенням в дію

технічних регламентів центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері оцінки відповідності, офіційно публікує перелік національних стандартів, добровільне застосування яких може сприйматись як доказ відповідності продукції вимогам технічних регламентів.

Виробник чи постачальник також має право підтвердити відповідність продукції вимогам технічних регламентів іншими, ніж відповідність стандартам, шляхами, передбаченими цими регламентами.

Процедура підтвердження відповідності в законодавчо регульованій сфері є обов'язковою для виробника, постачальника чи уповноваженого органу із сертифікації. Перелік продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації в Україні, визначається Наказом Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики № 28 від 1 лютого 2005 р. «Про затвердження Переліку продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації в Україні»¹²⁸. Котлів та пальників до котлів у цьому переліку немає. Таким чином, підтвердження відповідності якості котлів та пальників в Україні здійснюється на добровільних засадах.

Разом із цим відповідно до Наказу Державного комітету України по нагляду за охороною праці № 125 від 23.07.96. «Про затвердження «Правил будови та безпечної експлуатації парових котлів, що працюють під тиском не більше 0,07 МПа (0,7 кгс/см²), водогрійних котлів та водопідігрівачів з температурою води не вище 115 °С» (НПАОП 0.00-1.26-96)¹²⁹ відповідність котлів та пальників вимогам НД підтверджується виготовлювачем (постачальником) устаткуванням сертифікатом від-

¹²⁷ <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2406-14>

¹²⁸ <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0466-05>

¹²⁹ <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0655-96>

повідності, виданим сертифікаційним центром України. Копія сертифіката відповідності додається до паспорта котла чи пальника. Відповідно до п. 1.4 відступи від цих Правил можуть бути допущені у винятковому випадку з дозволу Держнаглядохоронпраці України (з 2014 р. – Держпраці). Для отримання дозволу власнику котла потрібно подати до цього органу виконавчої влади відповідні обґрунтування або висновок спеціалізованої організації з питань котлобудування. У разі відступу від вимог до конструкції чи виготовлення котлів слід додати висновок головної організації. Список головних організацій наведено в додатку №1. Копія дозволу на відступ від Правил додається до паспорта котла. Згідно з постановою Кабінету Міністрів України № 808 від 28.08.2013 р. «Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку»¹³⁰ у сфері теплової енергетики устаткування для виробництва електроенергії, пари і гарячої води тепловою потужністю 200 кВт і більше з використанням органічного палива, підлягає проходженню екологічної експертизи згідно із Законом України «Про екологічну експертизу»¹³¹.

Відповідно до п. 5.5.1 «Правил технічної експлуатації теплових установок і мереж», затверджених наказом Міністерства палива та енергетики України № 71 від 14.02.2007.¹³², усі теплові установки та мережі, інше устаткування теплового господарства суб'єкта господарювання має бути забезпечено комплектом документації, до складу якого входять:

- 1) проект теплопостачання (проект на теплову мережу, обладнання теплового пункту, внутрішню систему, встановлення вузла обліку теплової енергії);
- 2) виконавча документація на теплопостачання;
- 3) паспорти встановленої форми з протоколами і актами випробувань, оглядів і ремонтів, приймання в експлуатацію;
- 4) робочі креслення устаткування;
- 5) сертифікати, свідоцтва про якість виготовлення і монтажу;
- 6) виконавчі схеми усіх трубопроводів з нумерацією арматури і розміщенням ЗВТ із зазначенням діаметрів труб, розміщенням опор, компенсаторів, спускових і дренажних пристроїв;
- 7) інструкції з експлуатації, ліквідації аварій, ремонту, пожежної безпеки і охорони праці;
- 8) плани локалізації та ліквідації аварій;
- 9) планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій.

Вимоги до приймання в експлуатацію устаткування та споруд вказані у п. 5.8 цих Правил.

5.8.1. Повністю завершені будівництвом модернізовані теплові установи та теплові мережі, а також залежно від складності об'єкта – їхні черги і пускові комплекси приймаються в експлуатацію відповідно до законодавства. На закінченому будівництвом об'єкті мають бути виконані всі передбачені проектною документацією та державними стандартами, державними будівельними нормами і правилами роботи, а також змонтоване і випробуване обладнання.

¹³⁰ <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/808-2013-%D0%BF>

¹³¹ <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/45/95-%D0%B2%D1%80>

¹³² <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0197-07>

5.8.2. Приймання в експлуатацію закінчених будівництвом теплових установок та мереж здійснюється на підставі свідоцтва про відповідність збудованих теплових установок і мереж проектній документації, вимогам державних стандартів, державних будівельних норм і правил. Експлуатація теплових установок та мереж, що не відповідають проектній документації, державним будівельним нормам, державним стандартам і правилам, забороняється.

5.8.3. Усі теплові установки та мережі, що приймаються в експлуатацію, повинні відповідати вимогам цих Правил, інших чинних НД та забезпечуватися проектною документацією, узгодженою в установленому порядку, та приймально-здавальною документацією.

5.8.4. Теплові установки та теплові мережі, виконані без проекту або поза проектом і з порушенням чинних НД, до експлуатації не допускаються.

Відповідно до додатку 3 Порядку видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №1107 від 26 жовтня 2011 р.¹³³, до переліку машин і механізмів, устаткування підвищеної небезпеки входять парові і водогрійні котли теплопродуктивністю понад 0,1 МВт.

Цей Порядок визначає процедуру видачі або відмови у видачі, переоформлення, видачі дублікатів, анулювання Держпраці та його територіальними органами дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки.

¹³³ <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1107-2011-%D0%BF>

Дозвіл на експлуатацію (застосування) водогрійних котлів теплопродуктивністю понад 100 кВт видається територіальним органом Держпраці. Дозвіл на застосування машин, механізмів та устаткування підвищеної небезпеки є безстроковим.

Котли на твердому біопаливі, не підпадають під чинний Технічний регламент водогрійних котлів, що працюють на рідкому чи газоподібному паливі.

Крім того, відповідно до «Переліку товарів, які під час переміщення через митний кордон України підлягають оцінці відповідності згідно з вимогами технічних регламентів» Додатку 12 до Постанови Кабінету Міністрів України від 21.05.2012 р. № 436¹³⁴, перелік продукції, що підлягає оцінці відповідності вимогам «Технічного регламенту безпеки машин та устаткування», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12.10.2010 р. №933¹³⁵, містить електромеханічне устаткування парових і водяних котлів. Документами, які підтверджують дотримання встановлених обмежень, є Декларація відповідності устаткування встановленим вимогам і Технічний регламент безпеки машин та устаткування за кодом товару згідно з УКТЗЕД. Процедура оцінки відповідності з боку органу з оцінки відповідності завершується виданням сертифікатів, протоколів випробувань, а також інших документів, що становлять доказову базу відповідності продукції вимогам технічних регламентів.

Форма сертифіката регламентується Наказом Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики від 19.04.2011.

¹³⁴ <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/436-2012-%D0%BF>

¹³⁵ <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/933-2010-%D0%BF>

№ 155¹³⁶, вимоги якого обов'язкові для всіх призначених органів з оцінки відповідності. Після виконання процедур оцінки відповідності заявник, маючи доказову базу відповідності продукції вимогам технічних регламентів, складає декларацію про відповідність та наносить на продукцію національний знак відповідності.

Декларація про відповідність на сьогодні є головним документом, що супроводжує товар. Доказова база відповідності продукції вимогам технічних регламентів складається з таких документів, як:

- загальний опис виробу;
- опис конструкції, креслення, схеми;
- опис і пояснення до креслень, схем, що стосуються функціонування приладу;
- перелік національних стандартів, які в разі застосування є доказом відповідності приладу вимогам цього Технічного регламенту;
- відомості про результати проектних розрахунків, випробувань;
- звіт про випробування приладу;
- інструкція з монтажу, інструкція з експлуатації та технічного обслуговування;
- сертифікат відповідності типу та протоколи випробувань, на підставі яких був оформлений сертифікат. Випробування мають бути проведені в акредитованій Національним агентством з акредитації України випробувальній лабораторії.
- сертифікати або звіти, які підтверджують проведення органом з оцінки відповідності процедур щодо оцінки відповідно до модулів C, D, E, F, що дає право складання декларації;

- копія декларації про відповідність.

Виробники або постачальники продукції зобов'язані зберігати документи, що становлять доказову базу відповідності продукції вимогам технічних регламентів протягом усього часу виробництва або реалізації продукції, а також через 10 років після виробництва останнього зразка оціненого виробу, і пред'являти їх для перевірок у встановлених законодавством випадках.

Купуючи котел, потрібно затребувати від виробника або продавця копії документів, що становлять доказову базу, на випадок перевірок під час монтажу та пуску в експлуатацію. Із переліку органів із сертифікації продукції, акредитованих на відповідність вимогам ДСТУ EN 45011-2001¹³⁷ Національного агентства з акредитації України станом на 30.12.2013. Виробники та імпортери котлів на біопаливі підлягають оцінці відповідності продукції згідно з вимогами технічних регламентів та можуть проходити добровільну сертифікацію у системі УкрСЕПРО. Ця система взаємодіє на основі угод із системами перевірки безпеки, охорони навколишнього природного середовища та іншими, що функціонують в Україні під керівництвом уповноваженого урядом органів. Наявність сертифіката відповідності та/або декларації про відповідність, висновків протоколів і актів випробувань котла спрощує процедуру погодження проектної документації та отримання потрібних дозволів.

Схема (модель) сертифікації наданої продукції визначається органом із сертифікації за узгодженням із заявником на початку робіт щодо сертифікації. Вибір схеми (моделі) залежить від виду продукції, її кількості, стану ви-

¹³⁶ <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0563-11>

¹³⁷ <http://document.ua/zagalni-vimogi-do-organiv-jakikeruyut-sistemami-sertifikaci-nor8742.html>

робництва та інших вихідних даних. За позитивних результатів випробувань, в акредитованій Системою УкрСЕПРО випробувальній лабораторії можуть видаватися такі види сертифікатів:

- сертифікат на одиничний виріб;
- сертифікат на партію продукції (на підставі позитивних результатів випробувань зразків продукції (виробів), відібраних від партії в порядку і кількості, визнаними органом із сертифікації);
- сертифікат на продукцію, яка виготовляється серійно протягом встановленого терміну (видається органом із сертифікації і містить обстеження виробництва або атестацію виробництва чи сертифікацію системи якості). Схема сертифікації продукції, що випускається серійно. Термін дії сертифіката відповідності;
- сертифікація продукції за схемою з аналізом документації, представленої заявником без обстеження виробництва до одного року;
- сертифікація продукції за схемою з обстеженням виробництва до двох років;
- сертифікація продукції за схемою з атестацією виробництва до трьох років;
- сертифікація продукції за схемою із сертифікацією системи управління якістю виробництва до п'яти років.

Здійснюючи сертифікацію котла, також потрібно провести випробування механічних пристроїв подачі палива для твердопаливних котлів у складі котла. Котли, що працюють на твердому паливі, з механічними пристроями подачі палива входять до сфери дії «Технічного регламенту безпеки машин», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 30 січня 2013 р. № 62¹³⁸. Потреба відповідності

вимогам зазначеного регламенту автоматично робить необхідним ще перевірку на відповідність «Технічного регламенту низьковольтного електричного обладнання», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 29 жовтня 2009 р. № 1149¹³⁹ та «Технічного регламенту безпеки обладнання, що працює під тиском», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 19 січня 2011 р. № 35¹⁴⁰. Відповідність продукції буде підтверджено:

- сертифікатом відповідності вимогам Технічних регламентів;
- декларацією виробника (постачальника) про відповідність вимогам усіх Технічних регламентів, до сфери дії яких потрапляє продукція;
- обов'язковим маркуванням національним знаком відповідності вимогам Технічних регламентів, прийнятих для обов'язкового застосування. Процедура оцінки відповідності з боку органу з оцінки відповідності завершується видачею сертифіката відповідності, протоколів випробувань, а також інших документів, що становлять доказову базу відповідності продукції вимогам технічних регламентів.

Після виконання процедур оцінки відповідності заявник, маючи доказову базу відповідності продукції вимогам технічних регламентів, складає декларацію про відповідність та наносить на продукцію національний знак відповідності. Строк проведення випробувань становитиме приблизно два тижні. У результаті виконання робіт будуть оформлені такі документи:

%D0%BF

139 <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1149-2009-%D0%BF>

140 <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/35-2011-%D0%BF>

138 <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/62-2013->

- сертифікат відповідності технічним регламентам, до сфери дії яких потрапляє продукція;
- протоколи сертифікаційних випробувань;
- для оцінки відповідності партії котлів потрібні такі документи:
 - копія інвойсу або контракту на поставку,
 - інформація про продукцію, інструкція з експлуатації (обов'язково), технічні дані, описи, креслення, каталоги (те, що в наявності), зразки маркування (фото).

Першим кроком після оформлення документації має бути оформлення рішення для митниці на котел чи пальник іноземного виробництва. Потім встановлення котла чи пальника на місце його експлуатації, після чого спеціалісти проводять випробування, оформляють протоколи та на їхній підставі сертифікат, а після того декларацію. Під час реконструкції з технічним переоснащенням котельні потужністю понад 100 кВт потрібно замовити проект у проектній організації, яка має належні дозволи. Котел вітчизняного виробництва може виготовлятися відповідно до технічних умов, що підтверджено сертифікатом відповідності. Технічні умови мають бути погоджені з Державною санітарно-епідеміологічною станцією, Головним управлінням МНС України в області, Держуправлінням охорони навколишнього природного середовища в області, територіальним органом Держпраці. Також виробник (постачальник) котла повинен надати протокол випробувань котла акредитованою випробувальною лабораторією.

Згідно з цим аналізом можна зробити висновок, що стандартизація та сертифікація котлів і пальників в Україні не обов'язкова. Але для уникнення непорозумінь і для запуску в роботу

обладнання, потрібно отримати сертифікат відповідності та пройти певні контрольні огляди та випробування. Це потрібно для того, щоб документально засвідчити відповідність котлів і пальників іноземного виробництва до українського законодавства та технічних нормативних документів.

4. 8. НАЯВНІСТЬ ТА АСОРТИМЕНТ КОТЛІВ ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ ПЕЛЕТ СОЛОМИ

На сьогодні в Україні представлено 17 виробників котельного обладнання, що можуть працювати на арговідходах. Кожного із представлених виробників (табл. 4.20) було опитано щодо використання котлів для спалювання солом'яних пелет. Із представлених виробників тільки дві компанії мають великий досвід використання солом'яних пелет як палива на котельнях власного виробництва. Представлені котельні працюють у бюджетних закладах та мають потужність від 150 до 1400 кВт.

Деякі компанії, що виробляють котли за ліцензією, не можуть похвалитися досвідом експлуатації котлів на солом'яних пелетах в Україні, але конструкції представлених котлів мають хороші експлуатаційні показники та розповсюджені за кордоном.

Крім того, є всього дві вітчизняні компанії, що провели дослідну експлуатацію котельних агрегатів на солом'яному паливі та можуть запропонувати промислові котли від 1 до 2 МВт.

Табл. 4.20. Виробники котельного обладнання та оцінка використання солом'яних пелет

Назва/Контакти	Опис	Досвід використання пелет
Компанія «Енергомашпроект» http://energomashproekt.com office@energomashproekt.com м. Київ	Не має досвіду використання пелет із соломи на котлах власного виробництва	Немає
ТОВ «Хітеко» http://heateco.com.ua info@heateco.com.ua м. Київ	Має ліцензію на виробництво котельного обладнання нідерландської фірми KARA, що володіє відповідними технологіями спалювання та великий досвід використання пелет із соломи. Пропонує котли від 25 до 15 000 кВт	Досвіду в Україні немає. Великий досвід компанії-ліцензіата
ТОВ «ГРІНБЕРНЕР» http://teplowinner.com.ua info@teplowinner.com.ua с. Петропавлівська Борщагівка Києво-Святошинського р-ну	Пропонує лінійку побутових котлів до 100 кВт та промислові котли від 150 до 1000 кВт під торговельною маркою «СЕТ»	Немає
ТОВ «ІТЕК «Енергодизайн» http://energo.design info@energodesign.com.ua м. Київ	Виробляє парові котли потужністю 0,7–4 т/год та водогрійні 0,5–3 МВт, що можуть працювати на агропелетах	Немає
КАФ Лтд http://verner.ovvk.net sales@verner.com.ua м. Вишневе Києво-Святошинського р-ну	Має достатній досвід роботи на солом'яних пелетах. Котли потужністю від 25 кВт до 2,5 МВт	Багато діючих установок від 25 до 150 кВт, що працюють у закладах торгівлі, готелях та інших установах
ТОВ «Дозамех Україна» http://dozamech.com.ua ukrdozamech@ukr.net м. Одеса	Стверджує, що котли можуть працювати на солом'яних пелетах, проте реальних об'єктів не має	Немає
ТОВ «Тріада Ком» http://kes.ucoz.ua м. Полтава	Виробляє широку лінійку котлів: від побутових до промислових (1 МВт)	Немає
ПП «Ретра» http://retra.com.ua retra_new@retra.com.ua м. Рівне	Виготовляє котли потужністю від 200 кВт до 2 МВт, що спалюють пелети із соломи	Має реалізований об'єкт у м. Кам'янець-Подільський, медичний заклад 2х700 кВт ¹⁴¹
ТОВ «Газотрон-Влтава» http://gazotron.com.ua gv-market@ukr.net http://gazotron-vlatava.com.ua м. Рівне	Виготовляє котли за ліцензією компанії ОКО-TERM потужністю 50–1000 кВт	Компанія-ліцензіат має великий досвід використання солом'яних пелет у країнах Європи

141 <https://www.youtube.com/watch?v=Y1nOOkBUlrw>

Назва/Контакти	Опис	Досвід використання пелет
Корпорація ІНКА http://kotel.inka.ua golovchansky@inka.ua м. Харків	Готові запропонувати котли потужністю від 1 МВт до 20 МВт	Має досвід дослідницької експлуатації котлів щодо спалювання пелет на соломі
Компанія «Мартен» http://marten.com.ua industrial@marten.com.ua м. Первомайськ	Не має досвіду спалювання пелет із соломи, зважаючи на ускладнення конструкції обладнання і погіршення характеристик	Немає
ТОВ «ДЛМЗ» http://dulmz.com info@dulmz.com м. Дунаївці	Котли потужністю 500–2000 кВт	Багато діючих проектів в Україні
ООО «Енергія» http://e-solar.com.ua office@e-solar.com.ua с. Водяне, Шполянський р-н	Пропонує котли потужністю від 25 до 300 кВт, що спалюють пелети із соломи	Котельня, що працює на солом'яних пелетах у школах – 300 кВт ¹⁴² і 150 (2х75) кВт ¹⁴³ Котельня у районній поліклініці – 200 (2х100) кВт ¹⁴⁴
МПВФ «Енергетик» http://energetik.com.ua kotel@energetik.com.ua м. Монастирище	Не виробляє котлів, що працюють на пелетах із соломи	Немає
Компанія «Крігер» http://kriger.com.ua м. Житомир	Теоретично можливе використання солом'яних пелет, але діючих установок немає	Немає
ТОВ «ТЕФФ» www.teff.com.ua м. Одеса	Розробник пальників. Від 1 МВт до 5 МВт спалювання без подрібнення. Від 5 МВт до 20 МВт із подрібненням	Інформацію не надано
Інститут проблем екології та енергозбереження www.ipee.org.ua м. Київ	Пропонує котли виробництва під ліцензією компанії CARBOROBOT потужністю 300 кВт. Котел власної розробки потужністю 1 МВт	Має власну розробку потужністю 1 МВт, що пройшла дослідну експлуатацію

Таким чином, крім імпорту котлів, що добре себе зарекомендували під час роботи на солом'яній гранулі, український ринок котлів власного виробництва має низку пропозицій із реальним досвідом експлуатації, зокрема котли потужністю до 1 МВт. Котли більшої потужності, від 1 МВт, також запропоновані, але тільки один виробник здійснив дослідну експлуатацію роботи на солом'яних пелетах.

¹⁴² <http://agroenergygroup.com/ru/press-tsentr/kotelnaya-3-mvt-dlya-shkoly.html>

¹⁴³ <http://www.e-solar.com.ua/#!/-crxq>

¹⁴⁴ <http://www.e-solar.com.ua/#!/-crxq>

4. 9. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ПЕЛЕТ

На національному рівні кілька країн Європейського союзу мають різні умови для використання різних видів пелет відповідно до потужності установок для спалювання.

Німеччина

Установки, що працюють на традицій-

них видах палива, зокрема деревних гранулах, потужністю до 1000 кВт не потребують дозволу на використання. У разі використання інших видів палива, наприклад соломи, потрібен дозвіл для установок понад 100 кВт. Викиди для таких установок регулюються технічним керівництвом контролю забруднення повітря.

Табл. 4.21. Показники максимального викиду для установок, що потребують дозволу

Забруднююча речовина	Максимальна концентрація	Забруднююча речовина	Максимальна концентрація
Загальний пил	< 1 МВт: 50 мг/м ³ > 1 МВт: 20 мг/м ³	NO _x	< 1 МВт: 500 мг/м ³ > 1 МВт: 400 мг/м ³
Загальний вуглець	50 мг/м ³	CO	50 мг/м ³
SO _x	50 мг/м ³	HCL	50 мг/м ³

Данія

Низька якість згорання і можливі проблеми в роботі є основними перешкодами на шляху розвитку малих установок спалювання в Данії. Крім того, ця країна має значний досвід роботи

з використання соломи локально в невеликих теплоцентралях, а також на регіональному рівні в середніх ТЕЦ і централізовано у великих ТЕЦ.

Табл. 4.22. Показники максимального викиду для установок центрального опалення 0–1 МВт, що працюють у Данії¹⁴⁵

Спалювання біомаси	CO, мг/м ³	Леткі органічні сполуки, мг/м ³	Пил, мг/м ³
Ручне	700	30	60
Автоматичне	500	20	40*

* Нормується тільки під час спалювання деревини
- Значення за нормального м³ при 10% O₂

¹⁴⁵ <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=175857>

Австрія

Для спалювання всіх видів палива в Австрії потрібно мати дозвіл. До обладнання та палива встановлено нормативи, що мають бути виконані та перевірені.

Граничні показники викидів забруднюючих речовин від спалювання агробіомаси встановлені тільки для Нижньої Австрії (потужність < 400 кВт), для решти території законодавчі нормативи встановлені місцевою владою як «спеціальне паливо».

Табл. 4.23. Показники максимального викиду для установок < 400 кВт, що працюють у Нижній Австрії

Спалювання біомаси	CO, мг/м ³	NO _x , мг/м ³	Леткі органічні сполуки, мг/м ³	Пил, мг/м ³
Ручне	1100	150*	80	60
Автоматичне	500	150*	40	60

* Нормується тільки під час спалювання деревини

Франція

Французьке законодавство не визнає різниці між деревиною та іншими видами палива з біомаси та однаковою мірою розглядає як паливо з біомаси. Це означає, що всі види біомаси є паливом для процесів горіння до тих пір, поки норми викидів будуть виконуватися.

Установки з потужністю нижче 2 МВт не підлягають регулюванню у на-

ціональному законодавстві. Ці установки регулюються граничними показниками викидів регіональними медико-санітарними правилами.

Установки з вихідною потужністю понад 2 МВт і нижче 20 МВт регулює наказ 1997 р., який має менш суворі нормативи для обладнання, що встановлено раніше введенням у дію показників нормативу.

Табл. 4.24. Показники максимального викиду для установок > 2 та < 20 МВт, що працюють у Франції на біомасі¹⁴⁶

Дата введення в дію	SO _x , мг/м ³	NO _x , мг/м ³	Пил, мг/м ³
1 січня 2016 р.	225	525	Не нормується
1 січня 2018 р.	225	525	50

¹⁴⁶ <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2013/8/26/DEVP1300524A/jo>

Угорщина

За угорським законодавством, до твердого палива входить біопаливо

без додавання забруднювачів або без хімічної обробки.

Табл. 4.25. Показники максимальних викидів для установок > 140 кВт та < 50 МВт, що працюють в Угорщині для різних видів палива¹⁴⁷

Забруднювач	Норматив викидів, мг/м ³
Суспендовані частки	150
CO	250
NO _x	650
SO _x	2000*
Загальний вміст вуглецю	50

* 1000 мг/м³ під час спалювання деревини або деревної тріски.

Україна

В Україні встановлено нормативи для спалювання різних видів палива без

поділу на типи. Єдиним виключенням є встановлені нормативи для нових енергоустановок, що працюють на лушпинні (див. табл. 4.27).

Табл. 4.26. Технологічні нормативи викидів забруднюючих речовин для всіх видів палива

Клас небезпеки речовини	Назва речовини	Величина масової витрати, г/год	Гранично допустимі викиди, мг/куб. м
КЛАС III	Пароподібні та газоподібні сполуки хлору, якщо вони не ввійшли до класу I, у перерахунку на хлористий водень	300 г/год або більше	30 мг/куб. м
КЛАС IV	Діоксид сірки (діоксид та триоксид) у перерахунку на діоксид сірки	5000 г/год або більше	500 мг/куб. м
	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	5000 г/год або більше	500 мг/куб. м
	Оксид вуглецю	5000 г/год або більше	250 мг/куб. м
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом	Понад 500 г/год	50 мг/куб. м
		Менш як або дорівнює 500 г/год	150 мг/куб. м

¹⁴⁷ 23/2001. (IX. 13.) KöM (Környezetvédelmi Minisztérium)

Нормативи встановлені для всіх установок, що спалюють паливо за виключенням домашніх господарств. Таким чином, використання агропелет не

має додаткових бар'єрів, крім технологічних, але немає й додаткової підтримки чи регуляторних послаблень.

Табл. 4.27. Технологічні нормативи викиду забруднюючих речовин для нових енергоустановок, що спалюють лушпиння соняшнику

Забруднювач	Гранично допустима емісія, мг/нм ³ при 11 % O ₂	
	Потужність установки за паливом, МВт	
	P < 5	5 < P < 50
Пил	100	50
SO ₂	250	250
NO _x (приведений до NO ₂)	300	300
CO	250	250





5. ІНШІ ВАЖЛИВІ ЧИННИКИ

5. 1. СПОЖИВЧА ЦІНА АГРОПЕЛЕТ ПОРІВНЯНО З ІНШИМИ ВИДАМИ ПАЛИВА

Для коректного порівняння споживчої ціни агропелет з іншими видами палива

проведено розрахунок вартості палива у перерахунку на одиницю корисної теплової енергії (табл. 5.1)

Табл. 5.1. Порівняння вартості різних видів палива у перерахунку на корисну теплову енергію

Види палива та енергії		Вартість палива, грн з ПДВ		Нижча теплотворна здатність палива		ККД перетворення в теплову енергію, %	Вартість палива в перерахунку на корисну енергію	
		знач.	од. вимір.	знач.	од. вимір.		знач.	од. вимір.
Вугілля АС		4200	грн/т	29,3	МДж/кг	85	168,5	706
Вугілля ДГ		2500	грн/т	24,3	МДж/кг	85	121,0	507
Природний газ		6800	грн/ 1000 м ³	33,7	МДж/м ³	90	224,2	940
Мазут		5600	грн/т	40,1	МДж/кг	87	160,4	672
Солома в тюках		500	грн/т	13,5	МДж/кг	80	46,3	194
		800	грн/т	13,5	МДж/кг	80	74,1	310
Солома в пелетах	Поточний рівень цін	1350	грн/т	15,5	МДж/кг	85	102,5	429
	Рівень цін, що забезпечує інвестиційну привабливість	2100	грн/т	15,5	МДж/кг	85	159,4	668
Лушпиння соняшнику гранульоване		1400	грн/т	18,0	МДж/кг	85	91,5	383
Відходи лісозаготівлі (франко-лісосіка)		300	грн/т	9,0	МДж/кг	82	40,7	170
Тирса, тріска вологістю 40%		900	грн/т	10,2	МДж/кг	82	107,6	451

Види палива та енергії		Вартість палива, грн з ПДВ		Нижча теплотворна здатність палива		ККД перетворення в теплову енергію, %	Вартість палива в перерахунку на корисну енергію	
		знач.	од. вимір.	знач.	од. вимір.		знач.	од. вимір.
Дрова сухі колоті, машинні норми	Піч	900	грн/т	13,5	МДж/кг	45	148,1	621
	Котел	900	грн/т	13,5	МДж/кг	85	78,4	329
Деревні пелети		2380	грн/т	17,0	МДж/кг	85	164,7	690
Електро-енергія	Населення, за споживання вище 600 кВт·год/міс.	1,56	грн/кВт·год	-		97	446,7	1872
	Промисловість, 2 кл. споживання	2,02	грн/кВт·год	-		97	579,0	2426

З наведених даних очевидно, що тепла енергія із соломи в тюках дешевша, ніж із гранульованої соломи. Вартість теплової енергії із гранульованої соломи у порівнянні з тюковою соломою більша ніж у 1,4...2,2 раза, у порівнянні з деревними пелетами – менш як у 1,6 раза, а у порівнян-

ні з гранульованим лушпинням – майже однакова за поточного стану ринку та цін.

Графічну інтерпретацію вартості різних видів палив у перерахунку на корисну теплову енергію надано нижче (рис. 5.1).

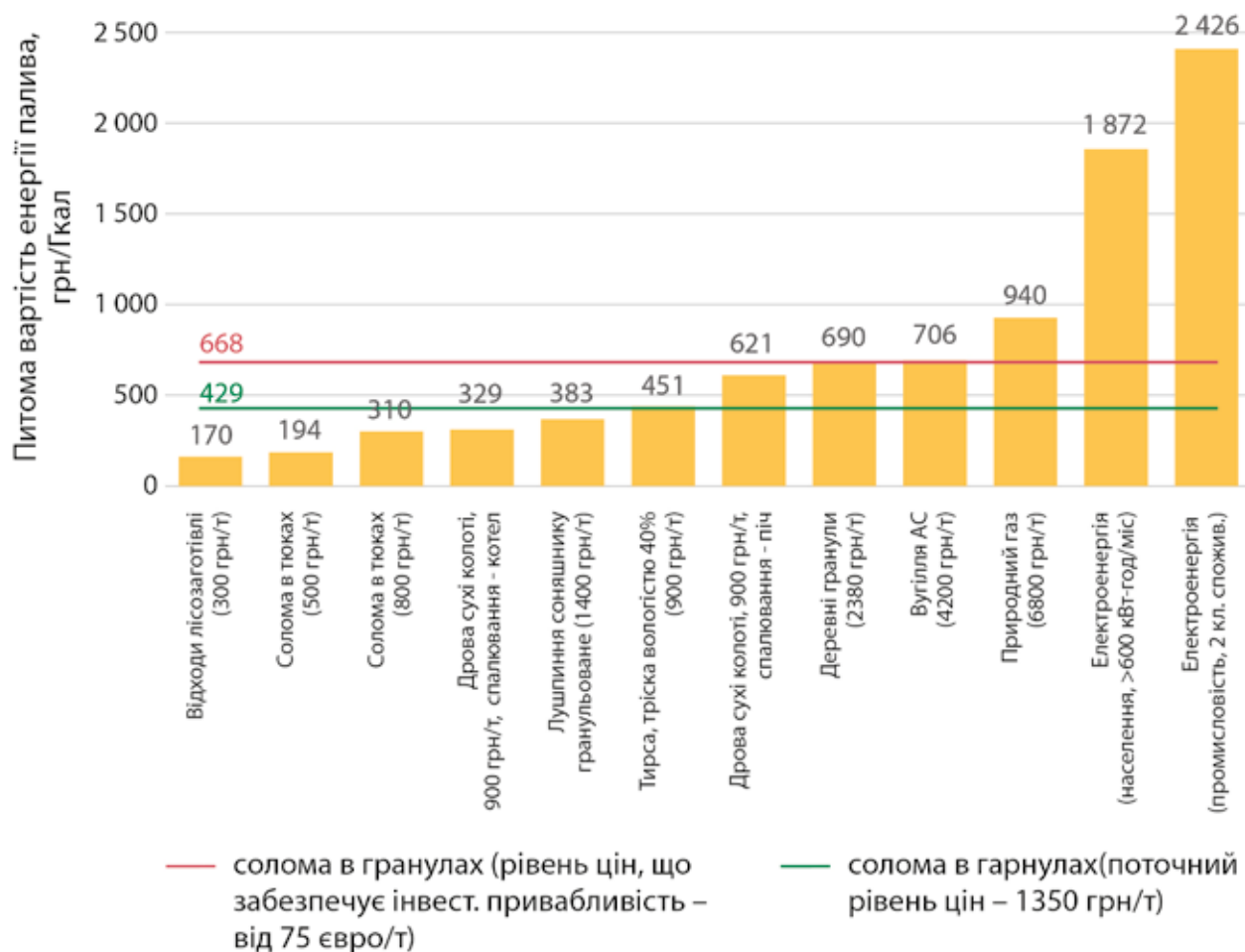


Рис. 5.1. Порівняння вартості різних видів палива у перерахунку на корисну теплову енергію

5. 2. ДОСТУПНІСТЬ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПЕЛЕТ

Доступність обладнання для виробництва пелет можна розглядати як:

- наявність потрібного обладнання та відпрацьованих технологій;
- можливість застосування такого обладнання із здобуттям економічного ефекту, що виправдовує інвестування в таку діяльність.

Останній аспект розглядатиметься докладніше в наступних розділах.

Обладнання і технології виробництва пелет, зокрема паливних, є достатньо

розвиненими та широко застосовуються в Україні і світі. Найвідоміші виробники відповідного обладнання розташовуються в Західній Європі, де ці технології активно розвиваються з 70-х років минулого сторіччя. Виробники обладнання, зокрема прес-грануляторів, як правило, самостійно відпрацьовують технології гранулювання різних матеріалів, пристосовуючи обладнання і технології для отримання якісних гранул та забезпечення надійної роботи.

Технології виробництва паливних гранул (пелет) були розвинуті шляхом адаптації техніки і технологій виробництва кормових пелет (комбікорм, люцерна, буряковий жом) для виробництва пелет з відходів деревини. Технології гранулювання аграрної

сировини для виробництва паливних пелет розвивались меншою мірою, через більшу популярність деревних пелет.

Нижче перелічені найвідоміші виробники обладнання для виробництва пелет з біомаси.

Табл. 5.2. Найвідоміші виробники обладнання для гранулювання

Назва виробника, країна	Контактна інформація	Види обладнання та послуги	Наявність обладнання для виробництва агропелет
СВІТОВІ ВИРОБНИКИ			
Amandus Kahl, Німеччина	https://www.akahl.de	Прес-гранулятори одиначною потужністю від 300 кг до 8 т/год. Комплектне постачання виробничих ліній	Так
CPM Europe, Нідерланди	http://www.cpmeurope.nl	Прес-гранулятори одиначною потужністю до 10 т/год. Комплектна поставка виробничих ліній	Так
Andritz Group, Австрія, інші країни	https://www.andritz.com/no-index/fb-biomass-pelleting-2.htm	Прес-гранулятори, допоміжне обладнання, запасні частини	Так
Buhler AG, Швейцарія	https://www.buhlergroup.com/ Український офіс: вул. Юрія Шумського, 1А, оф. 118, 02098, Київ, Україна, тел./факс: + 38 044 520 55 85	Комплектні лінії виробництва паливних пелет	Так
Munch Edelstahl GmbH, Німеччина	http://www.muench-edelstahl-gmbh.de	Прес-гранулятори, комплектні лінії виробництва паливних пелет потужністю від 200 кг до 10 т /год	Так
Salmatec, Німеччина	http://www.salmatec.de	Прес-гранулятори до 30 т/год, допоміжне обладнання та запчастини	Так

Назва виробника, країна	Контактна інформація	Види обладнання та послуги	Наявність обладнання для виробництва агропелет
SPC AB, Швеція	http://www.pelletpress.com	Прес-гранулятори, комплектні лінії виробництва пелет 0,12–1,0 т/год	Інформації немає
АТ «Радвильшкіський машинобудівний завод», Литва	http://www.factory.lt	Прес-гранулятори типу ОГМ-1,5А та комплектні лінії виробництва паливних гранул на їхній основі, дробарки тюків соломи, запасні частини	Так
Van Aarsen, Нідерланди	http://www.aarsen.com	Прес-гранулятори, дробарки, охолоджувачі	Інформації немає
Prodesa, Іспанія	http://www.prodesa.net	Стрічкові та барабанні сушарки, комплектні лінії виробництва деревних пелет	Інформації немає
La Meccanica, Італія	http://www.lameccanica.it	Прес-гранулятори потужністю від 300 кг до 6 т/год, допоміжне обладнання, запасні частини, комплектні лінії виробництва паливних пелет	Так
General Dies, Італія	http://www.generaldies.com	Прес-гранулятори, допоміжне обладнання, комплектні лінії виробництва пелет	Так
Mechanika Nawrocki, Польща	http://granulatory.com	Прес-гранулятори, допоміжне обладнання, комплектні лінії виробництва пелет продуктивністю 0,7–7 т/год	Так
Demetra, Італія	http://www.demetra-srl.it	Прес-гранулятори, допоміжне обладнання, комплектні лінії виробництва пелет продуктивністю 150–300 кг/год	Так

Назва виробника, країна	Контактна інформація	Види обладнання та послуги	Наявність обладнання для виробництва агропелет
Vandenbroek, Нідерланди	https://www.environmental-expert.com/products/vadeb-rotary-drum-drying-systems-392493	Сушильні барабани продуктивністю до 30 т/год випареної вологи	-
Stela Laxhuber, Німеччина	http://www.stela.de	Низькотемпературні стрічкові сушарки продуктивністю до 50 до 15 т/год випареної вологи, барабанні сушарки продуктивністю до 15 т/год випареної вологи	Стрічкові сушарки придатні для сушіння соломи
SPE Diefenbacher Group, Німеччина	http://www.dieffenbacher.de	Сушильні барабани продуктивністю до 75 т/год щодо готового продукту	

ВИРОБНИКИ В УКРАЇНІ

ICK Group, м. Київ	http://www.ick.ua/menu/about/Mashinostroitelny-zavod/	Випуск обладнання (ТМ Grantech): прес-гранулятори, допоміжне обладнання, комплектні лінії виробництва пелет продуктивністю 0,25–4,5 т/год, сушильні комплекси продуктивністю 0,75–10,4 т/год	Так
ТОВ «Артмаш», м. Жмеринка, Вінницька обл.	http://tokrab.com.ua	Прес-гранулятори для виробництва паливних пелет продуктивністю 100–500 кг/год, подрібнювачі соломи	Так
ТОВ «ТехноМашБуд», м. Черкаси	http://tehnomashstroy.com.ua	Прес-гранулятори для виробництва паливних пелет продуктивністю до 300 кг/год	Інформації немає

Назва виробника, країна	Контактна інформація	Види обладнання та послуги	Наявність обладнання для виробництва агропелет
ТОВ «Брикетуючі Технології», м. Бердичів, Житомирська обл.	http://bryketuyuchi-tehnologiyi.agrobiz.net	Обладнання для гранулювання (до 1,2 т/год) та брикетування різних матеріалів, комплектні лінії, аеродинамічні сушарки, подрібнювачі соломи, інше допоміжне обладнання	Так

Переважно великі виробники пелет в Україні використовують обладнання провідних світових виробників (CPM, Amandus Kahl, Munch, Andrits, Buhler, Salmatec). Багато виробників використовують нове або вживане обладнання Радвилішкиського машинобудівного заводу, що в Литві, інколи вироблене ще за радянських часів та модернізоване для виробництва паливних пелет.

Серед українських виробників обладнання своєю високою якістю та асортиментом продукції вирізняється ІСК Group, чиє обладнання використовується, зокрема, на одному з потужних українських підприємств з виробництва пелет із соломи встановленою продуктивністю 40 тис. т/рік.

Вартість обладнання певною мірою визначає його доступність та є важливим складником загальних капітальних витрат щодо впровадження виробництва пелет. Своєю чергою вартість залежить від складу виробничої лінії, її продуктивності та умов впровадження, потреби в складських площах, виробничих приміщеннях тощо. Нижче (рис. 5.2) показано оцінку капітальних витрат проектів з виробництва паливних пелет, проведеному на основі низки вже впроваджених проектів та проектів, що перебувають

на стадії ТЕО, в Україні та деяких інших пострадянських країнах.

Оцінку середніх капітальних витрат різних елементів виробничої лінії та загальних витрат впровадження виробництва пелет із соломи, складену за даними роботи¹⁴⁷, показано нижче (рис. 5.3 та табл. 5.3).

¹⁴⁸ Arifa Sultanaa, Amit Kumara, Don Harfield. Development of agri-pellet production cost and optimum size.// Bioresource Technology 101 (2010) 5609-5621.

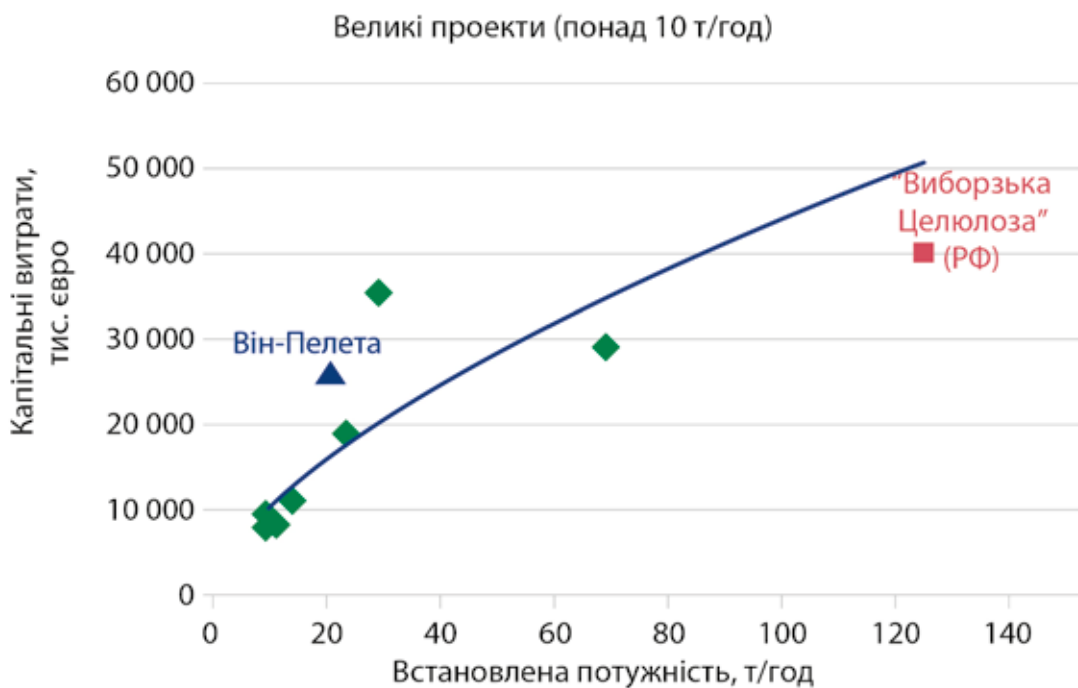
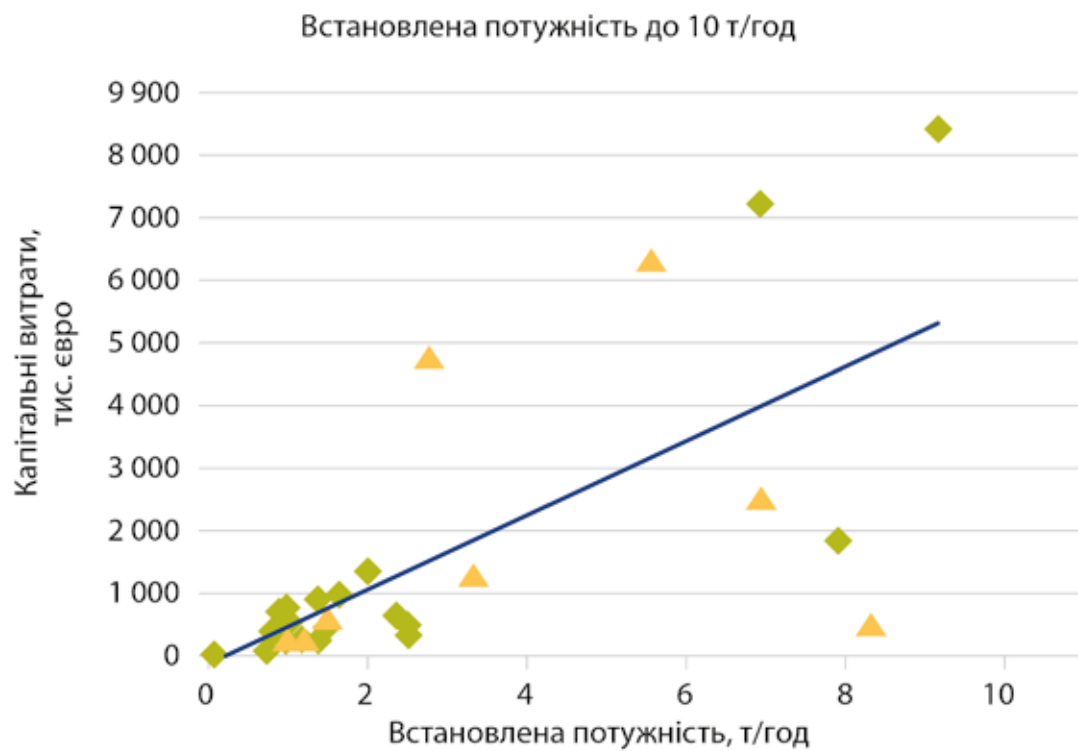


Рис. 5.2. Капітальні витрати для великих і середніх виробників

Табл. 5.3. Оцінка складників капітальних витрат

Встановлена потужність, т/год	Вартість, тис. євро													
	Система подання	Первинне подрібнення	Молоткова дробарка	Сушарка (барабанна)	Гранулятор	Охолоджувач	Просіювач	Котел	Конвеєри, збірники	Пакування	Складування	Монтаж обладнання (30 % вартості)	Інше (будівлі, інші об'єкти інфраструктури, вилковий навантажувач тюків)	ЗАГАЛОМ
1	12,1	15,2	38,5	110,3	57,4	13,6	4,7	10,9	221,6	109,4	53,9	194,3	378,2	1220,1
2	18,0	30,3	58,3	167,2	103,4	19,0	7,1	17,8	372,7	169,3	96,8	318,0	687,3	2065,2
3	22,6	45,3	74,4	213,3	146,0	23,1	9,1	23,6	505,2	218,6	136,5	425,3	1012,8	2855,8
5	30,3	75,1	101,1	289,8	225,4	29,6	12,3	33,8	741,0	301,6	210,2	615,1	1688,6	4353,9
7	36,7	104,8	123,7	354,6	300,0	34,8	15,1	42,7	953,8	372,9	279,5	785,6	2383,7	5787,8
10	45,0	149,2	153,2	439,3	406,2	41,4	18,7	54,8	1246,3	466,8	377,9	1019,6	3448,0	7866,4
15	56,7	223,0	195,4	560,2	573,4	50,4	23,8	72,8	1689,2	602,6	532,6	1374,0	5257,6	11 211,7
20	66,8	296,6	232,3	665,8	732,3	58,0	28,3	89,1	2096,0	722,4	679,3	1700,1	7095,5	14 462,4
50	112,5	735,3	402,5	1153,7	1595,6	90,4	49,1	169,2	4167,2	1286,7	1474,8	3371,1	18 408,2	33 016,3

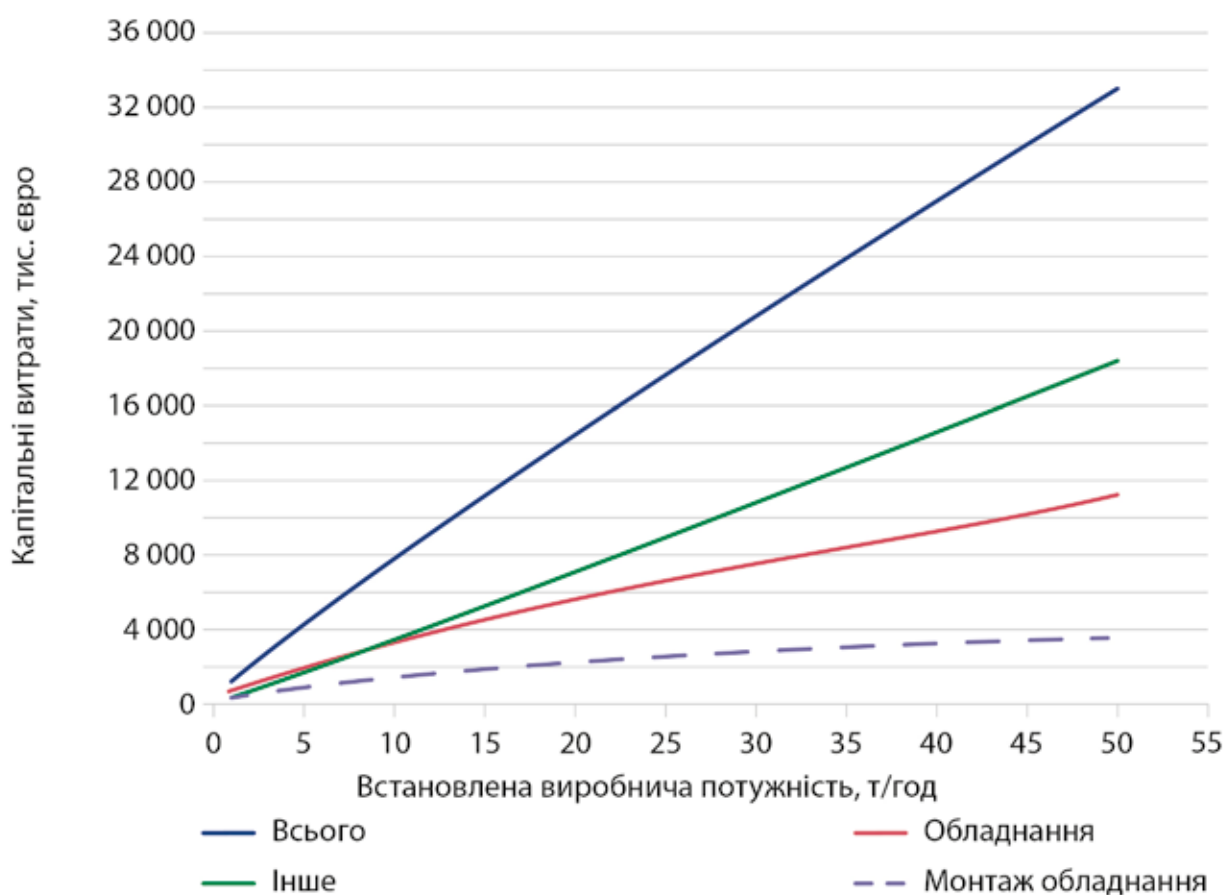


Рис. 5.3. Оцінка середніх капітальних витрат впровадження виробництва пелет із соломи (без техніки для збирання та перевезення)

За оцінкою інжинірингової компанії BM Engineering, недостатня якість обладнання, використання вживаного обладнання, викликане бажанням зекономити, викликає в подальшому завищення виробничих витрат, зниження продуктивності та є од-

нією з головних причин збиткової діяльності підприємств з виробництва пелет в Україні. Оцінку достатності капітальних витрат, за даними BM Engineering¹⁴⁸, показано нижче (рис. 5.4).

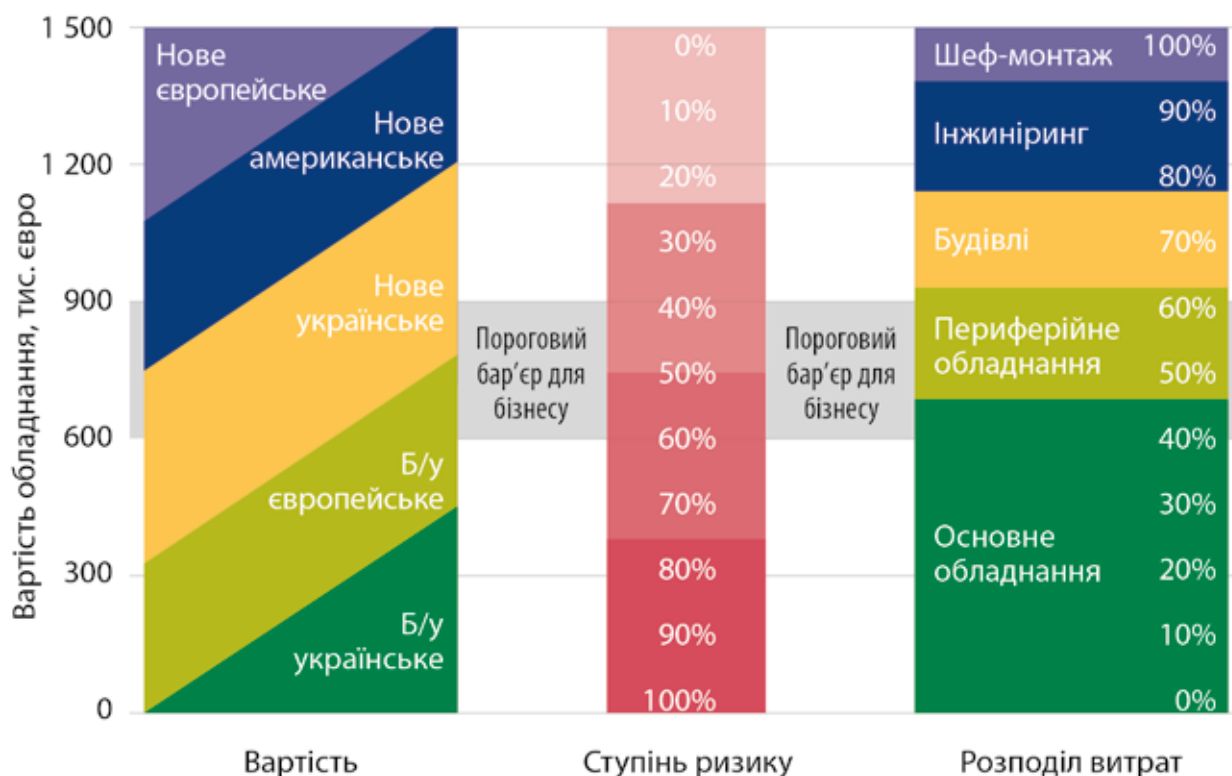


Рис. 5.4. Оцінка вартості виробничої лінії продуктивністю 1 т/год та ризику використання вживаного обладнання

Така оцінка щодо капітальних витрат в основному відповідає тій, що наведено раніше (рис. 5.3).

5.3. СОБІВАРТІСТЬ ВИРОБНИЦТВА АГРОПЕЛЕТ

Оскільки не всі складники собівартості можна визначити шляхом опитувань виробників (це зазвичай є комерційною таємницею), було проведено математичне моделювання собівартості виробництва залежно від продуктивності виробничої лінії та походження аграрної сировини.

Було розглянуто продуктивність від 1 до 20 т/год для ситуацій:

- сировина – солома зернових, що купується в агровиробників;
- те саме, але солома заготовлюється власною технікою на полях агровиробників;
- лушпиння соняшнику, що закуповується у підприємств – виробників соняшникової олії;

149 В. Бунецький, презентація компанії «BMEngineering» на конференції «Незалежна теплоенергетика – 2016», Київ, 19–21 квітня 2016 р.

- те саме, але лушпиння є відходом основного виробництва, тобто пелети виробляє саме підприємство – виробник соняшникової олії.

Вартість сировини було прийнято на основі досліджень ринку та проведених опитувань виробників пелет (табл. 5.4).

Табл. 5.4. Орієнтовна вартість сировини

Вид сировини	Вартість, грн/т з ПДВ	
	Діапазон значень	Значення, прийняте для розрахунку
Солома, що купується в агровиробників	400-1000	525
Солома, що заготовлюється власною технікою на полях агровиробників	160-550	338
Лушпиння соняшнику, що закуповується у підприємств – виробників соняшникової олії	400-600	500
Лушпиння соняшнику, що утворюється на підприємстві з виробництва соняшникової олії		0

До вартості соломи, що заготовлюється власною технікою на полях агровиробників, входять вартість закупівлі соломи на полі у валку (як правило, 40–50 грн/т) і витрати на тюкування, перевезення, зберігання тюків, поточне обслуговування техніки. Для розрахунку було прийнято, що вартість соломи як сировини не залежить від масштабу пелетного виробництва. Насправді, чим більша потужність підприємства, тим більша середня відстань доставки тюків до підприємства і, отже, їхня ціна. Проте, у разі власної заготівлі, це може бути частково компенсоване деяким зменшенням собівартості інших заготівельних операцій за рахунок кращої організації планування та матеріально-технічного забезпечення.

Основними статтями собівартості, що розглядалися за моделювання, були такі:

- сировина на виробництво продукції;
- матеріали, запчастини;
- заробітна плата персоналу з нарахуваннями;

- електроенергія;
- тара (для упаковки гранул біг-беги по 1 т);
- амортизація;
- інші витрати (зокрема, транспортні витрати підприємства, місцеві податки тощо);
- накладні витрати (прийняті на рівні 4 % від загальних витрат).

Втрати сировини в процесі виробництва пелет прийнято на рівні 10 % від її маси. Також було прийнято, що солома або лушпиння соняшнику надходить на виробництво з вологістю 15–17 %, тому сушіння не потрібне, і відповідне обладнання не враховувалось.

Для визначення потреб у витратних матеріалах та запчастинах, ці витрати розраховувались як частки вар-

тості відповідної техніки, прийняті на основі вивчення відповідних даних^{150, 151, 152, 153} (табл. 4.5).

Табл. 5.5. Оцінка щорічних витрат на матеріали, запчастини і технічне обслуговування

Обладнання та об'єкти інфраструктури	Частка капітальних витрат, %, для оцінки щорічних витрат на матеріали, запчастини, технічне обслуговування
Система подавання	2,5
Первинне подрібнення	13
Молоткова дробарка	13
Сушарка	2,5
Гранулятор	13
Охолоджувач	2
Просіювач	2,5
Котел	2,5
Конвеєри, збірники	2,5
Пакування	2,5
Складування	2,5
Вилковий навантажувач тюків	2,5
Інше (будівлі, інші об'єкти інфраструктури)	1

Капітальні витрати оцінювались так, як було описано в розділі 5.2, для трьох ситуацій:

1) виробництво пелет із соломи: комплектація технікою та обладнанням

150 D. Nilsson et al. Pellet production from agricultural raw materials - A systems study.// Biomass and Bioenergy 35 (2011) 679-689

151 Arifa Sultanaa, Amit Kumara, Don Harfield. Development of agri-pellet production cost and optimum size.// Bioresource Technology 101 (2010) 5609-5621.

152 S. Mani et al. Economics of Producing Fuel Pellets from Biomass.// Applied Engineering in Agriculture Vol. 22(3): 421-426 /American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 0883-8542

153 G. Thek, I. Obernberger. Wood Pellet Production Costs Under Austrian Framework Conditions. //17th European Biomass Conference and Exhibition, 29 June - 3 July 2009, Hamburg, Germany

провідних світових виробників, будівництво «під ключ» однією із західноєвропейських компаній – лідерів з виробництва та впровадження пелетного обладнання;

2) виробництво пелет із соломи: комплектація основною технікою (безпосередньо лінією гранулювання) провідних світових виробників, допоміжне обладнання – українське, будівництво здійснюється українською компанією;

3) виробництво пелет з лушпиння соняшнику: комплектація технікою та обладнанням провідних світових виробників.

Під час оцінювання капітальних витрат для ситуації заготівлі соломи

власною технікою на полях агро-
робників було враховано вартість від-
повідної техніки на основі базового

комплекту обладнання для заготівлі
великих прямокутних тюків розміром
1,2 x 1,2 x 2,4 м (табл. 5.6).

Табл. 5.6. Комплект обладнання для виробництва великогабаритних прямокутних тюків

ЗАГОТІВЛЯ	Ціна, євро
Трактор JohnDeere 6930	81 000
Прес-підбирач великогабаритних тюків Krone Big Pack 12130 High speed	250 000
ЗБІР І ТРАНСПОРТУВАННЯ	
Трактор МТЗ 1523	37 000
Вилковий навантажувач Manitou mlt 735	75 000
Платформа-причеп Pronar TO26	20 000
	83 000
ЗАГАЛОМ	546 000

Такий комплект, за розрахунком, зда-
тен заготовити 2500 т соломи (серед-
ній масштаб виробництва пелети)
протягом двох тижнів, таким чином
не впливаючи на діяльність аграріїв.
Вартість потрібної техніки розрахову-

вали, масштабуючи цей комплект для
досягнення заготівлі кількості соло-
ми, необхідної для вибраної виробни-
чої потужності.

Нижче показано оцінку капітальних
витрат (табл. 5.7).

Табл. 5.7. Оцінка капітальних витрат під час виробництва пелет із соломи

Обладнання	Встановлена потужність, т/год					
	1	2	3	5	10	20
Комплектація технікою та обладнанням провідних світових виробників, будівництво західноєвропейською компанією «під ключ» (вартість у тис. євро):						
Основне обладнання	130	220	300	440	770	1350
Допоміжне обладнання	450	710	930	1 330	2190	3610
Монтаж обладнання	160	260	350	520	870	1470
Інше (будівлі, інші об'єкти інфраструктури)	360	690	1 030	1740	3550	7270
Техніка для заготівлі тюків	1290	2 090	2 780	3980	6460	10 490
ЗАГАЛОМ	2390	3 970	5 390	8010	13840	24 190

Обладнання	Встановлена потужність, т/год					
	1	2	3	5	10	20
Комплектація основною технікою (безпосередньо лінією гранулювання) провідних світових виробників, допоміжне обладнання – українське, будівництво здійснюється українською компанією (вартість у тис. євро):						
Основне обладнання	130	220	300	440	770	1350
Допоміжне обладнання	270	420	560	800	1320	2190
Монтаж обладнання	110	180	250	360	620	1050
Інше (будівлі, інші об'єкти інфраструктури)	220	410	620	1040	2140	4410
Техніка для заготівлі тюків	1290	2090	2780	3980	6460	10 490
ЗАГАЛОМ	2020	3320	4510	6620	11 310	19 490

Для ситуації використання покупної соломи, капітальні витрати зменшуються на величину витрат на техніку для заготівлі тюків (прийнято, що доставка

тюків здійснюється постачальниками).

Заробітну палату персоналу розраховано відповідно до прийнятого штатного розкладу (табл. 5.8):

Табл. 5.8. Штатний розклад підприємства з виробництва пелет з тюкованої соломи

Посада	Кількість, чол./зміну	Кількість, чол./міс.	Ставка, грн/міс.
ІТП, управління, збут			
Директор	-	1	не враховано
Бухгалтер	-	1–2	6000
Гол. інженер	-	1	7500
Інженер-механік	-	1	6500
Менеджер збуту	-	1	7500
Інженер з постачання	-	1	6500
Виробничий персонал			
Змінний			
Старший робітник, оператор, нач. зміни	1	1–3	5000
Робітник на подачі тюків соломи, машиніст	1	1–3	3500
Робітники на ділянці пакування та складування готової продукції	2	2–6	3500
Слюсар (ремонтник- механік, електрик)	2–4	2–12	4500

Посада	Кількість, чол./зміну	Кількість, чол./міс.	Ставка, грн/міс.
Охоронець	1	2–3	2000
Денний			
Допоміжний інженерний та технічний персонал	0–4	0–12	4500
Усього, залежно від масштабу виробництва		14–46	

До переліку не входять робітники, зайняті на заготівлі соломи, – їхню заробітну плату враховано у вартості соломи як сировини для виробництва пелет.

Витрати електроенергії враховано згідно з розділом 3.4, залежно від масштабу виробництва та виду сировини (солома чи лушпиння соняшнику).

Тару для упаковки пелет враховано як вартість біг-бега місткістю 1 т (3 євро/шт.)

Амортизацію розраховано на підставі її нарахування прямолінійним методом.

Нижче показано розрахункову собівартість виробництва пелет із соломи (рис. 5.5).

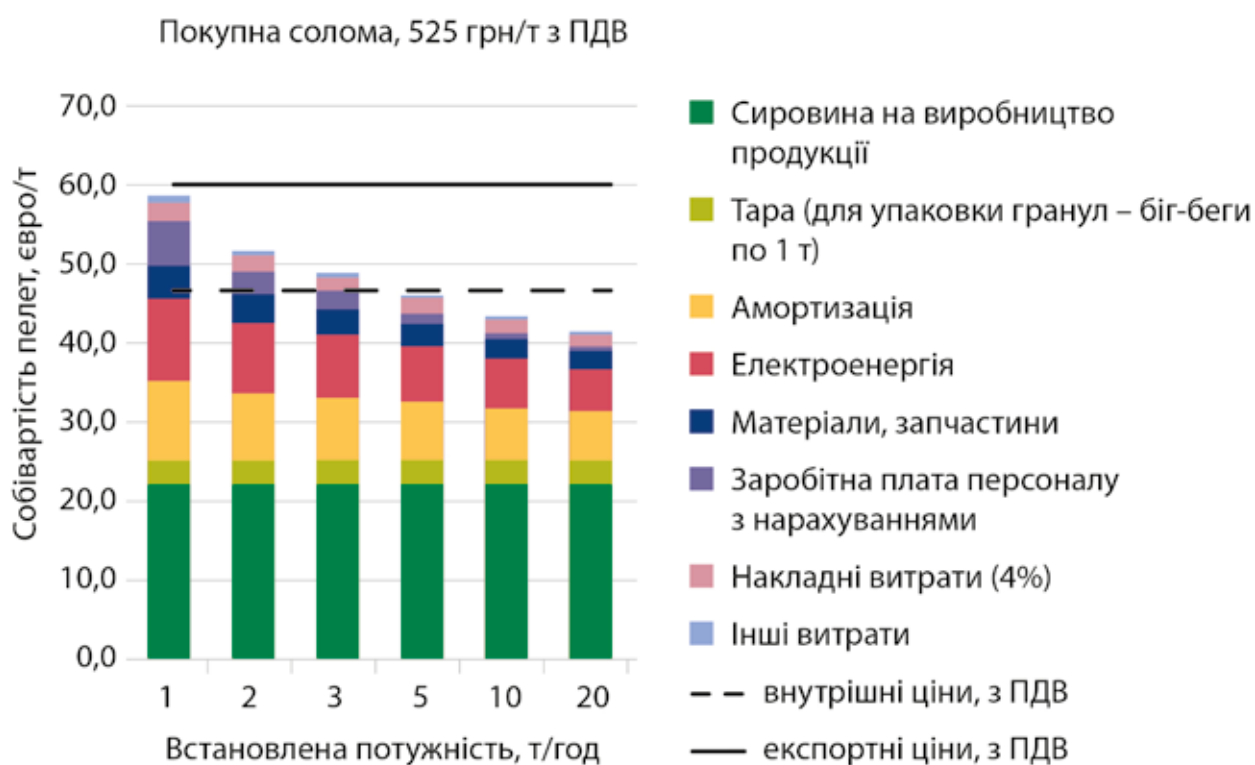
Для порівняння показано середні ціни збуту пелет із соломи: всередині країни – 1300 грн/т з ПДВ (46,4 євро/т) із заводу, а також середня експортна ціна 2015–2016 рр. – 60 євро/т із заводу.

Розрахунок собівартості показує, що собівартість виробництва за зростання виробничої потужності з 1 до 5 т/год може скоротитися більш ніж на 20%. За подальшого зростання виробничої потужності до 20 т/год собівартість може скоротитися ще на 10–15%. Собівартість розраховано за умови практично повного завантаження виробництва, а саме цілодобової

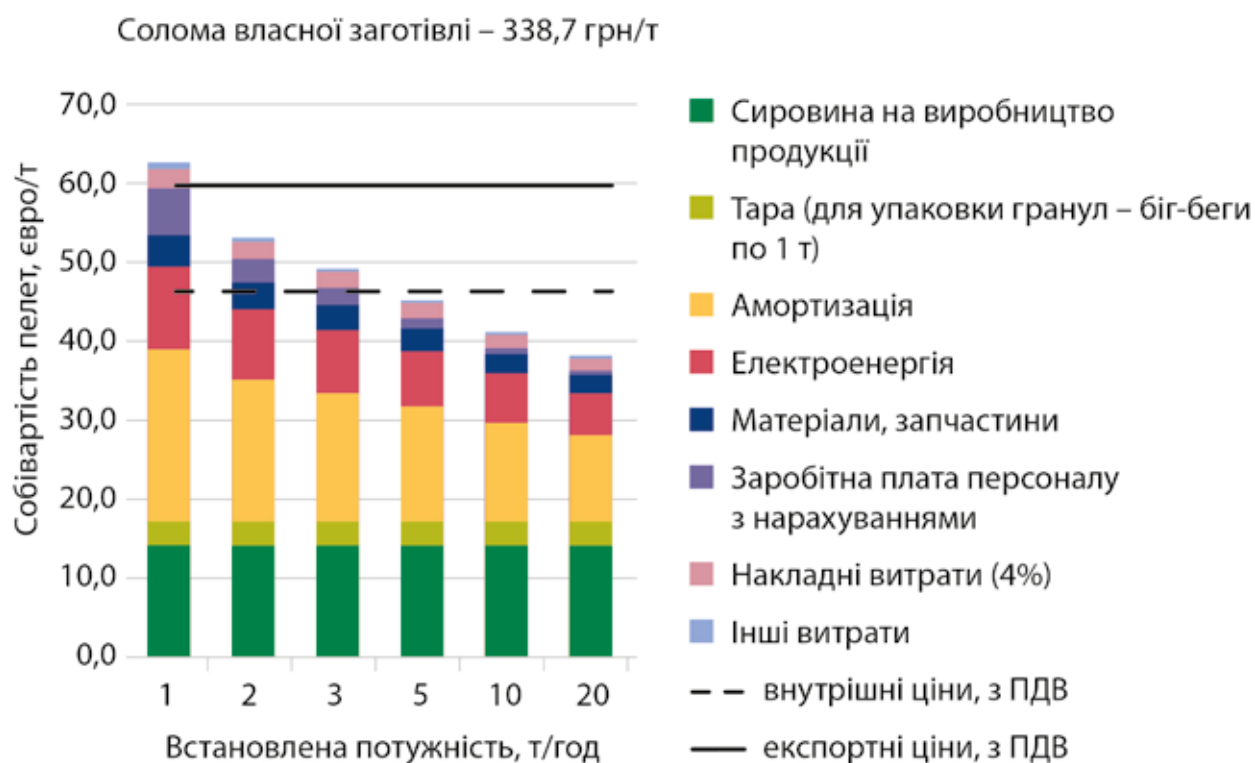
вої роботи підприємства протягом 10 місяців на рік (7200 год/рік).

Проте навіть для таких умов собівартість виробництва за встановленої потужності 5 т/год фактично дорівнює внутрішній ціні збуту, а за продуктивності 1 т/год собівартість вища як за середню внутрішню, так і за експортну ціну.

Стосовно закупівлі соломи за ціною 525 грн/т з ПДВ, собівартість виробництва перевищує середню внутрішню ціну збуту для потужностей менш як 5 т/год і стає меншою за експортну ціну, в разі потужності вище 1 т/год. За використання соломи власної заготівлі собівартість дещо вища, ніж за використання покупної соломи для потужностей менше 5 т/год. Тобто переваги використання соломи власної заготівлі стають відчутнішими для великих підприємств. Переважно ця різниця пов'язана з урахуванням амортизації. Якщо розглядати собівартість без врахування амортизації, то вона буде вищою щодо використання покупної соломи за рахунок вищої її вартості (рис. 4.6).

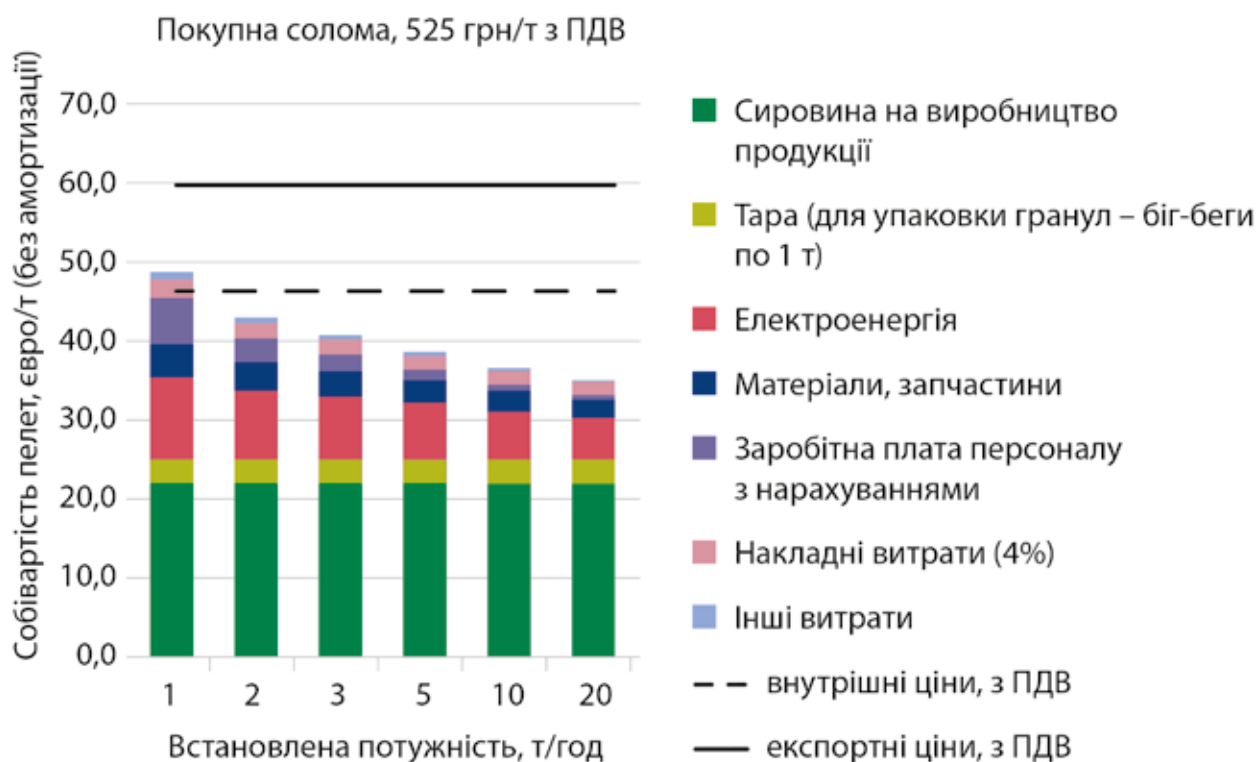


а) покупна солома

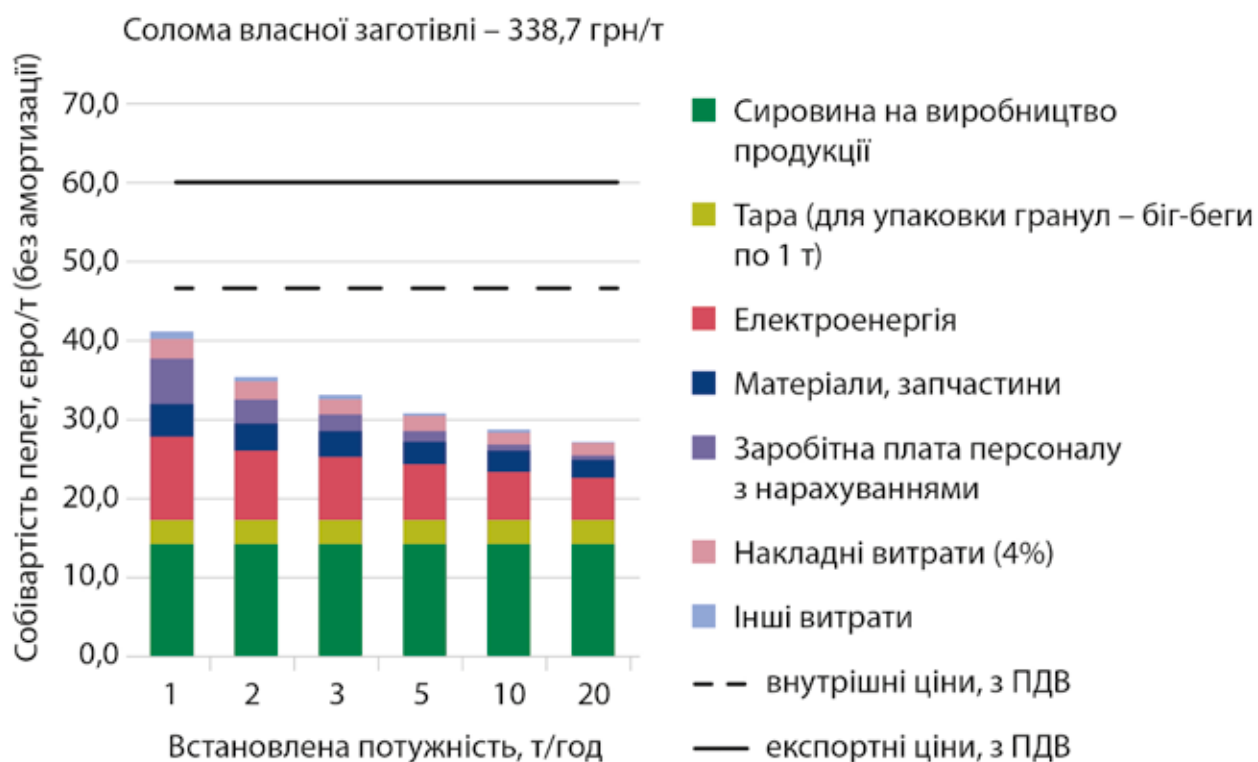


б) солома власної заготівлі

Рис. 5.5. Розрахункова собівартість виробництва пелет із соломи



а) покупна солома

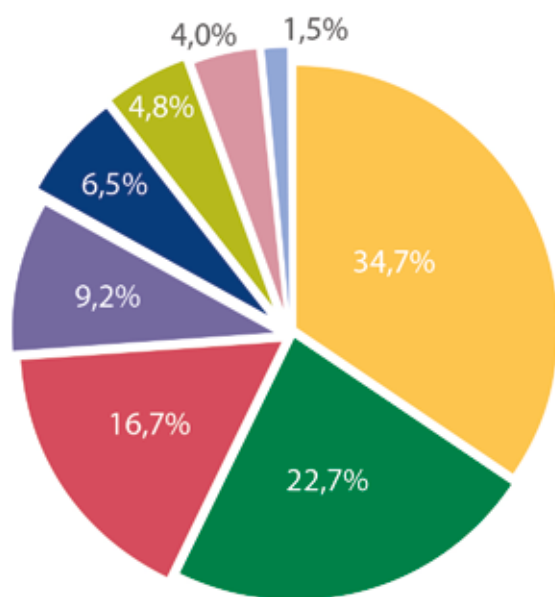


б) солома власної заготівлі

Рис. 5.6. Розрахункова собівартість виробництва пелет із соломи (без урахування амортизації)

Далі розраховано структуру собівартості виробництва пелет із соломи для двох потужностей – 1 т/год та 5 т/год, за умови власної заготівлі соломи (див.

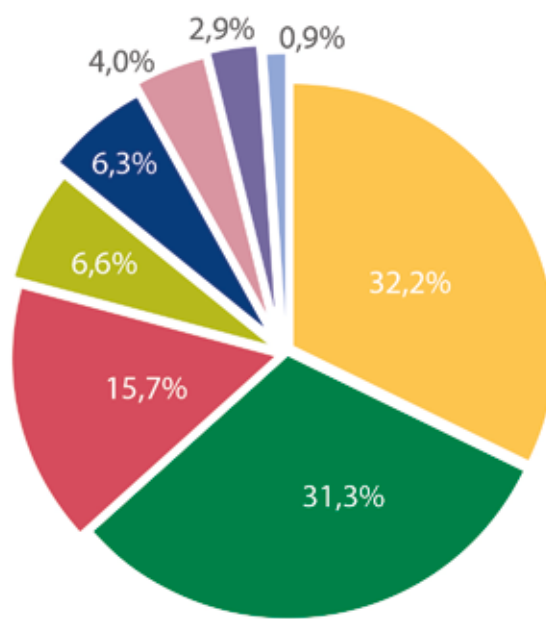
- Сировина на виробництво продукції
- Тара (для упаковки гранул - біг-беги по 1 т)
- Амортизація
- Електроенергія



а) продуктивність – 1 т/год,
собівартість пелет – 62,8 євро/т
(1759 грн/т)

рис. 5.7, б). Перша – найхарактерніша для дрібних виробників, друга – для великих виробників, представлених на території України.

- Матеріали, запчастини
- Заробітна плата персоналу з нарахуваннями
- Накладні витрати (4%)
- Інші витрати



б) продуктивність – 5 т/год,
собівартість пелет – 45,4 євро/т
(1271 грн/т)

Рис. 5.7. Розрахункова структура собівартості виробництва пелет із соломи

Слід зазначити, що розрахункова собівартість пелет із соломи для другого варіанта нижча на 4–10 %, ніж для першого варіанта переважно через різницю в сумах амортизації.

Як вже було сказано, такі розрахунки виконано для умов повного завантаження виробництва. Проте такі умови роботи на сьогодні не характерні для пелетних виробництв в Україні, за винятком деяких, що побудовані на підприємствах олійної промисловості та мають майже цілорічне надходження сировини.

Більшість підприємств з виробництва пелет із соломи працюють нерегулярно, у кращому разі 6–8 міс./рік, без цілодобового завантаження (8–12 год/добу). Такі умови роботи, як було показано в розд. 3.3.5, супроводжуються підвищенням собівартості продукції.

На рис. 5.8 показано розрахункові результати щодо впливу добової тривалості роботи підприємства на собівартість пелет (за використання соломи власної заготівлі).

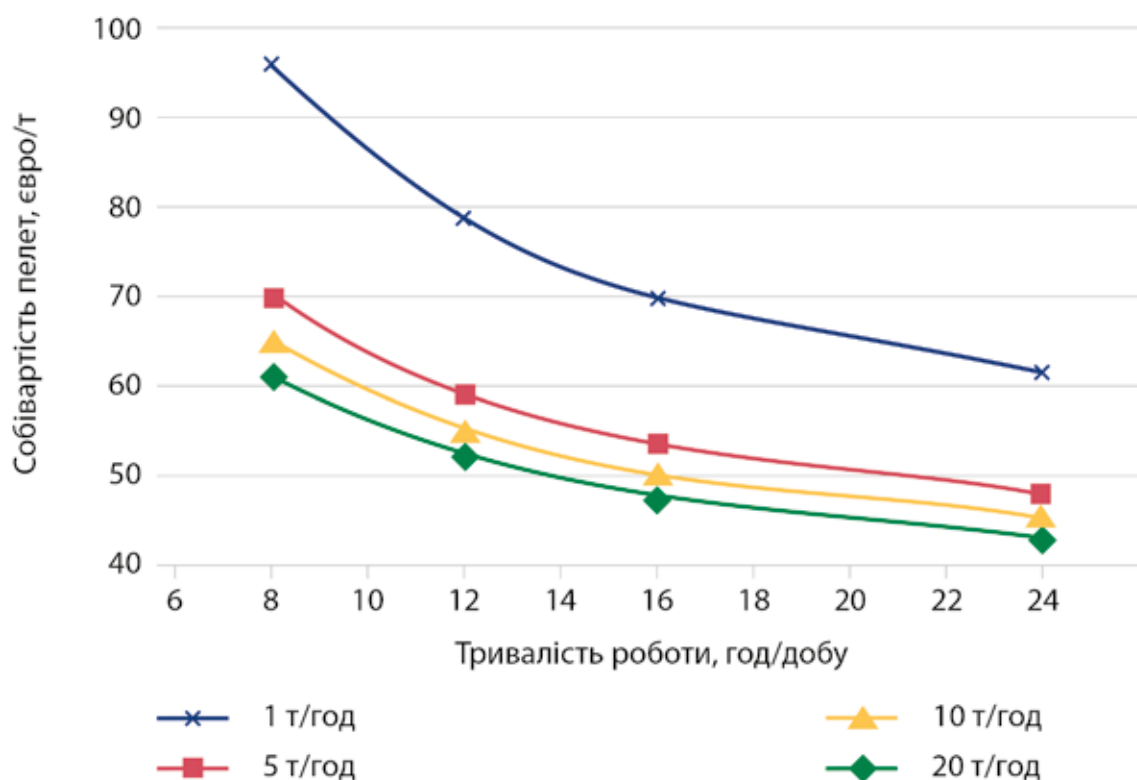


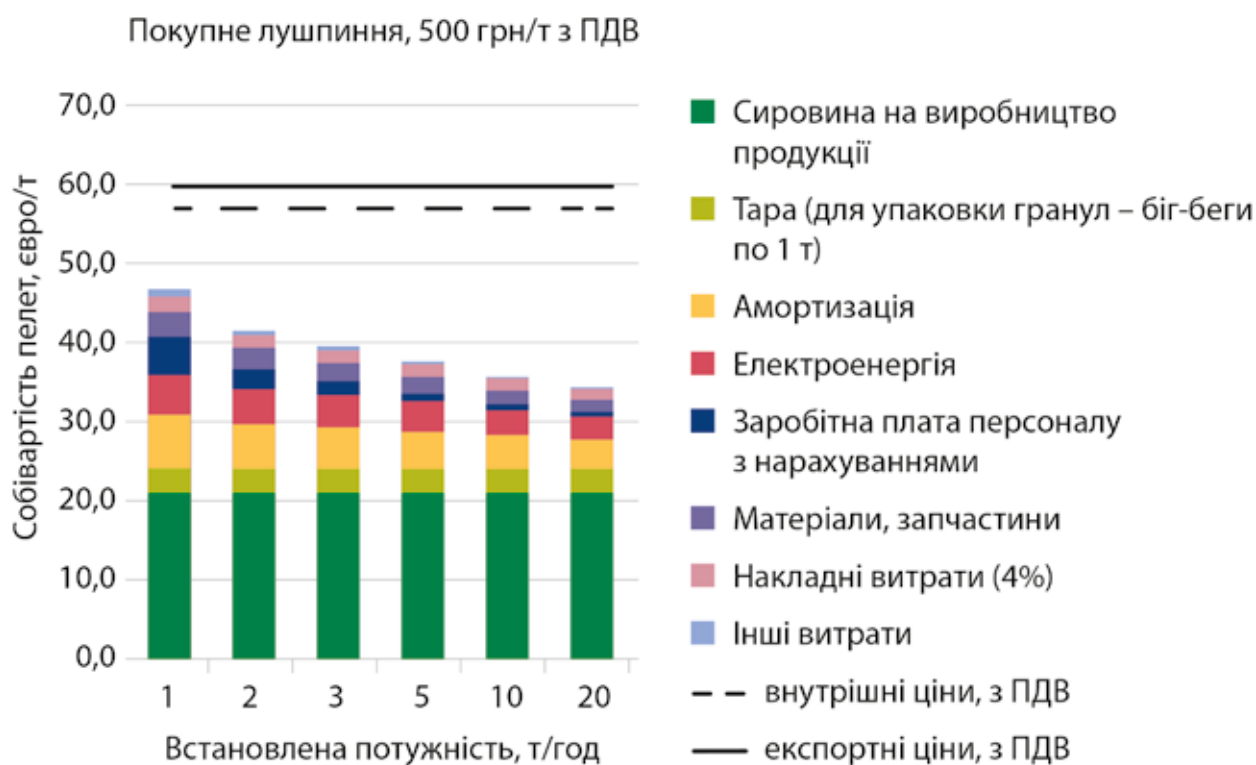
Рис. 5.8. Вплив добової тривалості роботи на собівартість пелет із соломи

Розрахункова собівартість пелет із лушпиння соняшнику є меншою, ніж для пелет із соломи, переважно у зв'язку з меншою вартістю обладнання та, відповідно, меншою амортизацією, із скороченням витрат на ремонт й обслуговування обладнання, меншою його кількістю, з меншими питомими витратами електроенергії та меншою

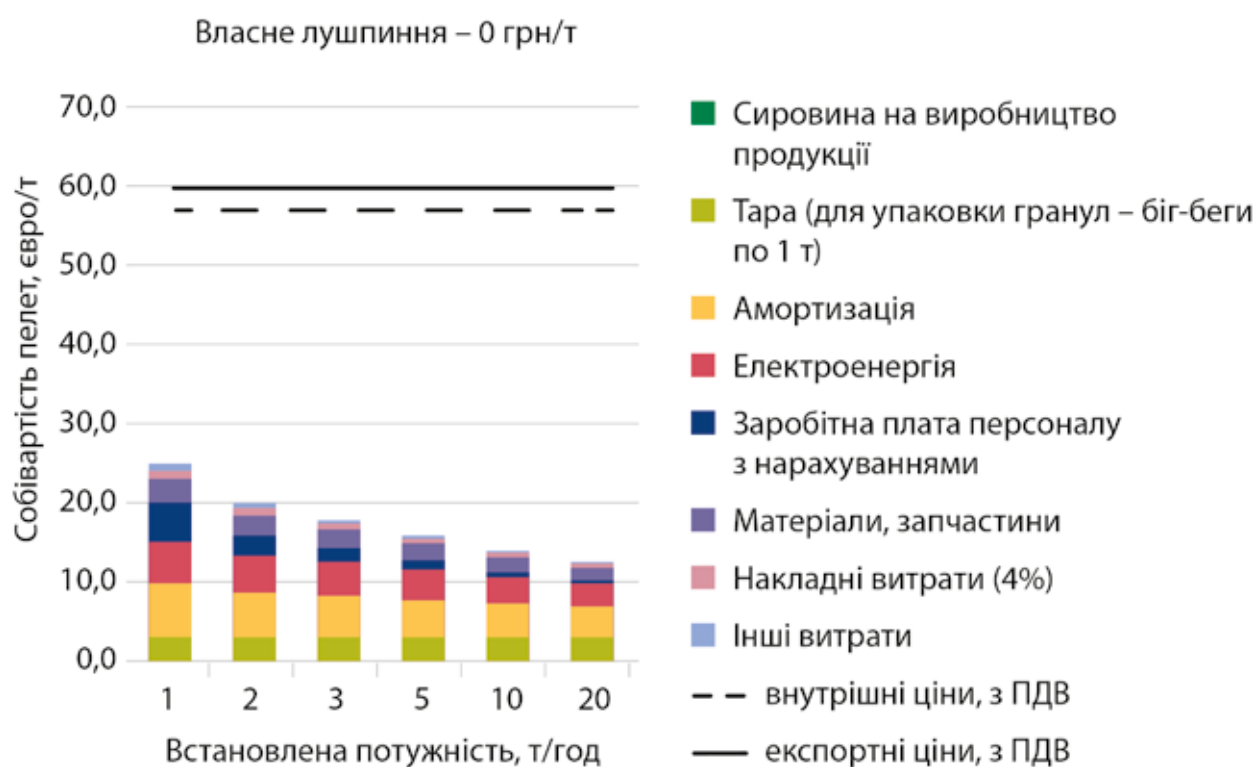
потрібною кількістю виробничого персоналу (через невеликі обсяги робіт або її взагалі немає на ділянці), який виконує попередню підготовку сировини. Оцінку капітальних витрат під час виробництва пелет із лушпиння соняшнику показано нижче (табл. 5.9).

Табл. 5.9. Оцінка капітальних витрат під час виробництва пелет із лушпиння

Обладнання	Встановлена продуктивність заводу, т/год					
	1	2	3	5	10	20
Комплектація технікою та обладнанням провідних світових виробників (вартість у тис. євро):						
Основне обладнання	110	190	250	370	620	1050
Допоміжне обладнання	290	480	640	930	1530	2530
Монтаж обладнання	120	200	270	390	650	1070
Інше (будівлі, інші об'єкти інфраструктури)	230	400	590	960	1910	3 860
ЗАГАЛОМ	750	1270	1750	2650	4710	8510



а) покупне лушпиння (500 грн/т)



б) власне лушпиння (0 грн/т)

Рис. 5.9. Собівартість пелет із лушпиння соняшнику

Як видно, собівартість пелет із лушпиння соняшнику істотно нижча, ніж із соломи.

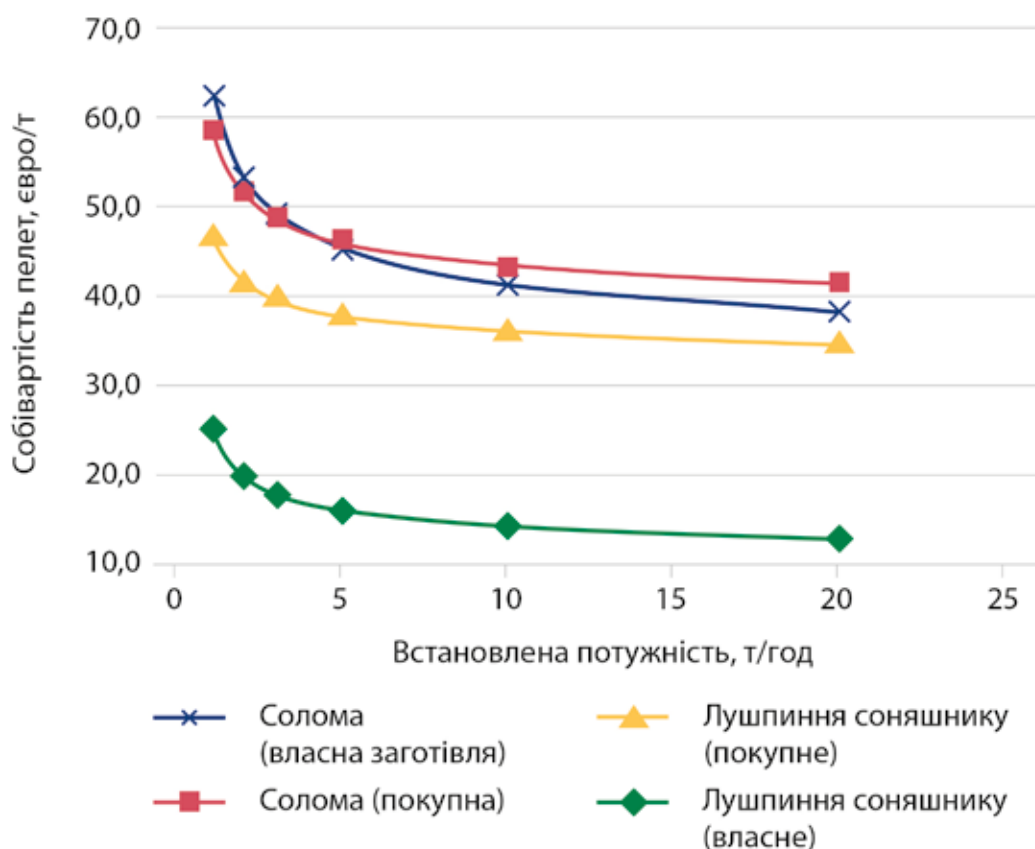


Рис. 5.10. Порівняння розрахункової собівартості виробництва пелет із соломи та лушпиння соняшнику

Таким чином, собівартість виробництва пелет із соломи, розрахована відповідно до вищеописаних вихідних положень, є вищою або такою ж, як внутрішня середня ціна збуту пелет і лише трохи нижчою за середню експортну ціну. Це спричинено тим, що підприємства з виробництва пелет із соломи перебувають у непростій ринковій ситуації, коли зовнішній попит на такі пелети впав, а внутрішній є недостатнім для створення повноцінного внутрішнього ринку пелет із соломи, де ціни могли б бути врегульовані з урахуванням інтересів як виробників пелет, так і споживачів. На сьогодні встановлені потужності підприємств з виробництва пелет із соломи є значно вищими, ніж вимагали б потреби внутрішнього ринку, тому підприємства змушені, працюючи з неповним завантаженням, продавати продукцію на межі нульової рентабельності, щоб

зберегти діюче підприємство та не втратити клієнтів. Деякі підприємства мають запаси соломи на складах, заготовлені минулими роками за інших цін і витрат, проте це лише частково послаблює загальні негативні тенденції. Таку ситуацію можна охарактеризувати як незадовільну, оскільки, працюючи на межі рентабельності або продаючи продукцію за ціною, нижчою за повну її собівартість, підприємства навряд чи можуть забезпечити якісне відновлення основних фондів. Керівники деяких підприємств зазначали, що, плануючи відповідні проекти, ціна збуту продукції приймалася на рівні близько 100 євро/т. Отже, нинішня цінова ситуація пролягає далеко поза межами планової.

Підприємства з виробництва пелет з лушпиння соняшнику в кращій ситуації, оскільки мають нижчу собівартість виробництва (за використання влас-

ного лушпиння, собівартість у 2–3 рази нижча, ніж із соломи), потребують менших капітальних витрат щодо впровадження, а також за впровадження на підприємстві виробництва соняшникової олії мають стабільне постачання сировини з практично нульовою ціною, без потреби далекого транспортування. Це, за майже однакової ціни продажу пелет із лушпиння, забезпечує їхню ринкову перевагу, хоча минулими роками ціни, особливо експортні, для пелет із лушпиння також були істотно вищими (70–90 євро/т).

Як поточна ринкова ситуація може вплинути на привабливість інвестування в проекти щодо виробництва агропелет, показано в наступному розділі.

5. 4. ІНВЕСТИЦІЙНА ПРИВАБЛИВІСТЬ ВИРОБНИЦТВА АГРОПЕЛЕТ

На підставі положень, розглянутих у попередньому розділі, досліджено питання інвестиційної привабливості організації виробництв агропелет. Інвестиційна привабливість визначалась через розрахунок таких показників:

- Період окупності (PBP – Payback period);
- Чиста приведена вартість (NPV – Net present Value);
- Внутрішня норма рентабельності (IRR – Internal rate of return).

Розрахунок цих показників здійснюється з урахуванням дисконтування, тобто приведенням вартості майбутніх грошових потоків до теперішнього часу.

Ставка дисконту (DR – discount

rate) – це процентна ставка, яка застосовується до майбутніх платежів, щоб врахувати ризик і непевність, пов'язану з часовим чинником. Високий ризик означає високу дисконтну ставку. Ставка дисконтування в цьому розрахунку прийнята на рівні 10 %.

Теперішня вартість (PV – Present Value) – це грошова вартість майбутніх надходжень чи доходів з поправкою на ставку дисконту.

Теперішня вартість майбутніх надходжень падає з кожним наступним періодом. Наприклад, теперішню вартість проекту, розрахованого на п'ятирічний строк реалізації, можна визначити за формулою:

$$PV = \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1 + DR)^i}$$

де CF_i – грошовий потік першого періоду (року); DR – дисконтна ставка; $i = 0...15$ – періоди; $n = 15$ – строк реалізації проекту, років.

Чиста приведена вартість (або чиста теперішня вартість) – це теперішня вартість майбутніх грошових потоків від проекту, мінус початкові інвестиції у проект:

$$NPV = PV - I$$

де PV – теперішня вартість проекту, I – сума початкових інвестицій.

Якщо $NPV > 0$, то проект можна рекомендувати до реалізації.

Індекс прибутковості – це відношення теперішньої вартості майбутніх грошових потоків від проекту до початкових інвестицій у проект:

$$PI = PV / I$$

де **PV** – теперішня вартість проекту; **I** – сума початкових інвестицій.

Якщо індекс прибутковості **PI > 1**, тобто теперішня вартість проекту вища

за початкові інвестиції, проект можна рекомендувати до реалізації.

Внутрішня норма рентабельності (IRR) – це ставка дисконтування, за якої чиста теперішня вартість проекту дорівнює нулю, або, іншими словами, це ставка дисконтування, за якої сума дисконтованих значень грошових потоків проекту за різні періоди дорівнює сумі початкових інвестицій. Проект можна вважати неефективним, якщо **IRR** виявиться нижчим за прийнятну ставку дисконтування (**DR**).

Було прийнято такі припущення:

1. Грошова одиниця кредиту:	Євро
2. Частка кредитних коштів у капітратах, %:	80
3. Процент за кредитом, % за рік:	10
4. Строк кредиту, років:	5
5. Відтермінування виплати кредиту, років:	1
6. Ставка дисконтування, %:	10
7. Строк життя проекту, років:	15
8. Ставка податку на додану вартість, %:	20
9. Ставка податку на прибуток, %:	18
10. Нарахування амортизації:	прямолінійним методом протягом строку життя проекту
11. Ставка нарахувань на заробітну плату, %:	21
12. Обмінний курс валют, грн/євро:	28
13. Вартість електроенергії з мережі для споживачів 2-го класу (червень 2016 р.), грн/кВт·год без ПДВ:	1,6848
14. Вартість аграрної біомаси, грн/т з ПДВ	див. п. 5.1
15. Тривалість роботи:	10 міс./рік, 24 год/добу
16. До витратної частини проекту належать поточні виробничі витрати, виплата процентів за кредитом та податки.	

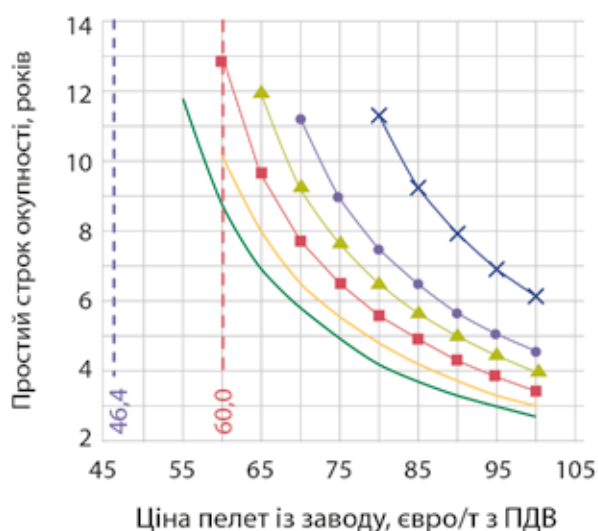
Нижче представлено результати розрахунків для ситуацій виробництва пелет із соломи, розглянутих у попередньому пункті (рис. 5.11). Було досліджено два варіанти комплектації:

1) Комплектація технікою та обладнанням провідних світових виробників, будівництво заводу західноєвропей-

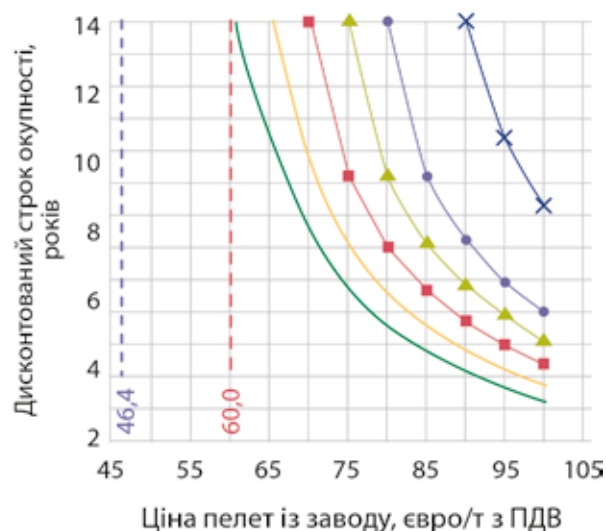
ською компанією «під ключ» (рис. 5.11, рис. 5.12);

2) Комплектація основною технікою (безпосередньо лінією гранулювання) провідних світових виробників. Допоміжне обладнання – українське, будівництво здійснює українська компанія (рис. 5.13, рис. 5.14).

Покупна солома, 525 грн/т з ПДВ



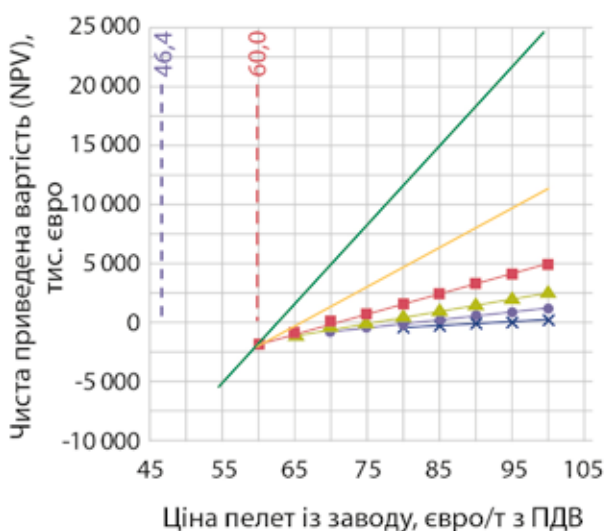
а) простий строк окупності



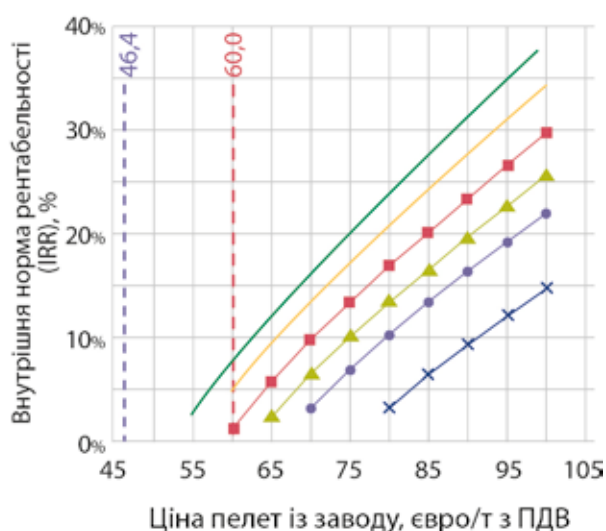
б) дисконтований строк окупності



Покупна солома, 525 грн/т з ПДВ



в) чиста приведена вартість (NPV)

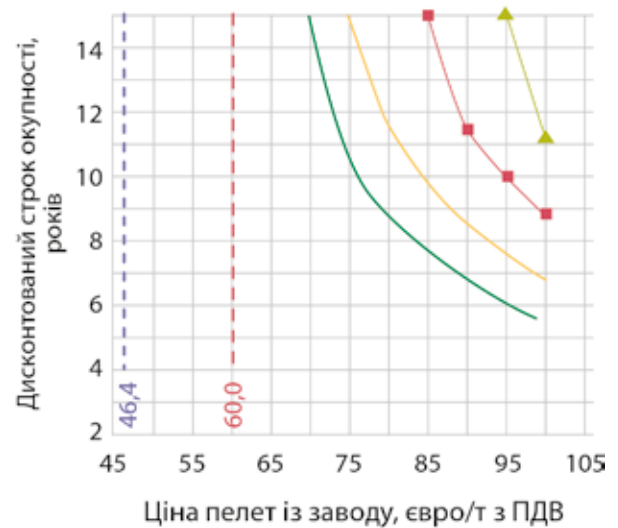
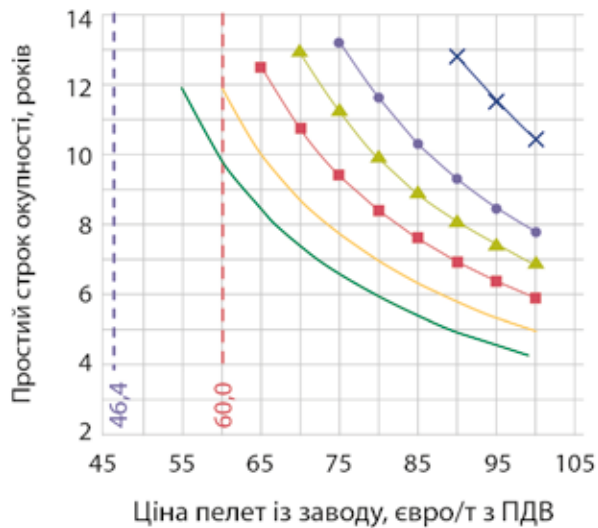


г) внутрішня норма рентабельності (IRR)



Рис. 5.11. Показники інвестиційної привабливості виробництва пелет із соломи у разі її закупівлі в тюкованому вигляді в агровиробників (комплектація – повністю закордонна)

Солома власної заготівлі, 338,7 грн/т

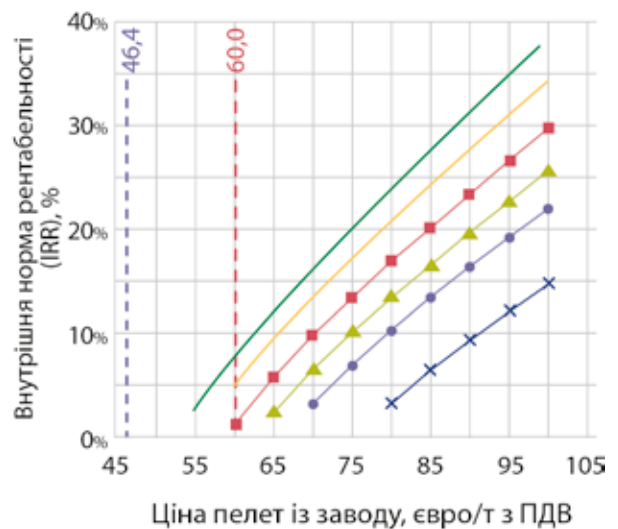
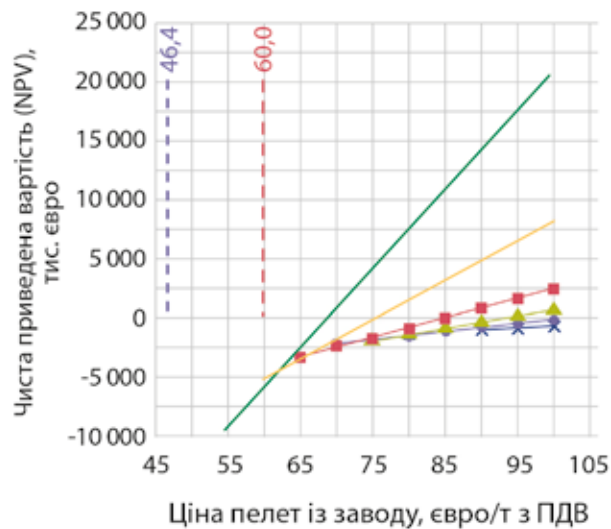


а) простий строк окупності

б) дисконтований строк окупності



Солома власної заготівлі, 338,7 грн/т



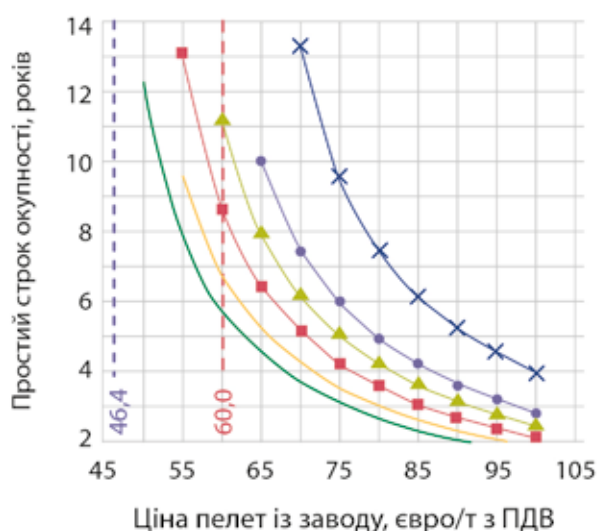
в) чиста приведена вартість (NPV)

г) внутрішня норма рентабельності (IRR)

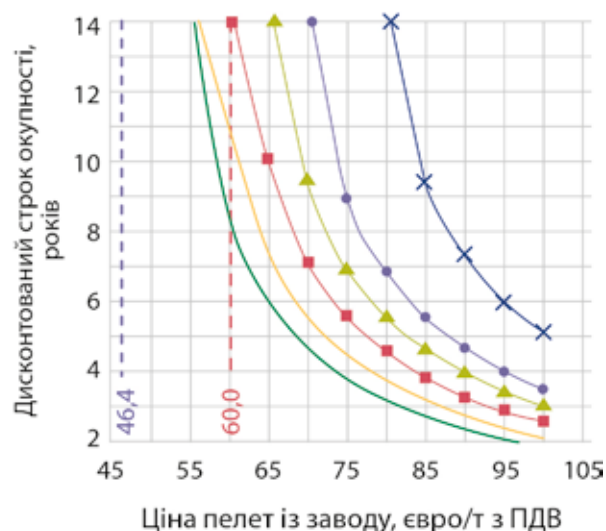


Рис. 5.12. Показники інвестиційної привабливості виробництва пелет із соломи у разі її заготівлі власною технікою (комплектація – повністю закордонна)

Покупна солома, 525 грн/т з ПДВ



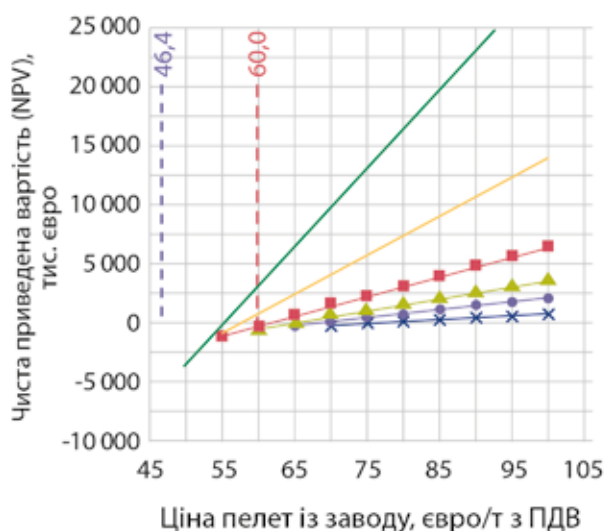
а) простий строк окупності



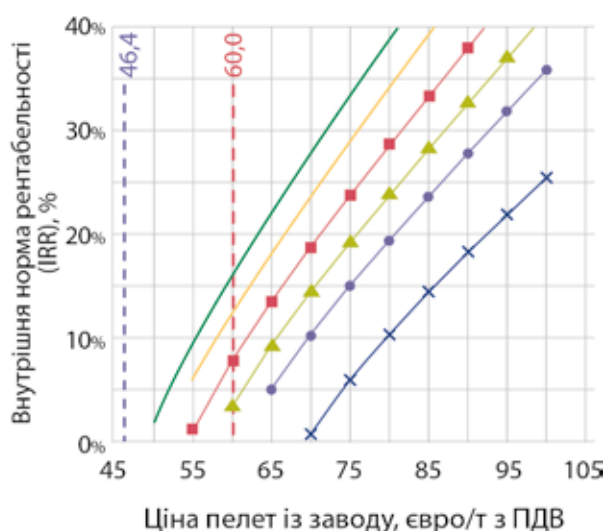
б) дисконтований строк окупності



Покупна солома, 525 грн/т з ПДВ



в) чиста приведена вартість (NPV)

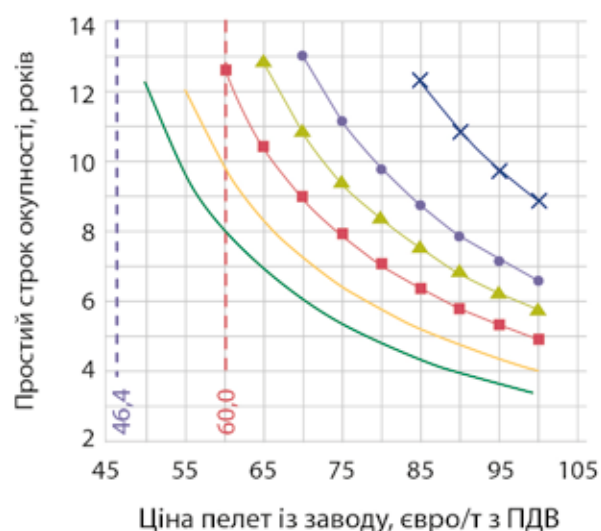


г) внутрішня норма рентабельності (IRR)

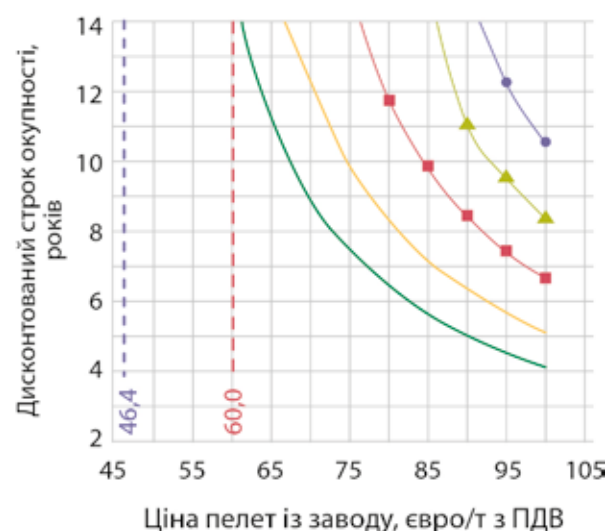


Рис. 5.13. Показники інвестиційної привабливості виробництва пелет із соломи в разі її закупівлі в тюкованому вигляді в агровиробників (комплектація – закордонна та українська)

Солома власної заготівлі, 338,7 грн/т



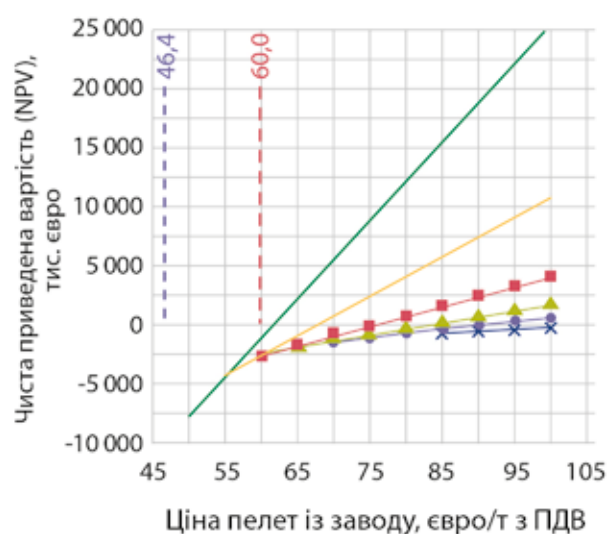
а) простий строк окупності



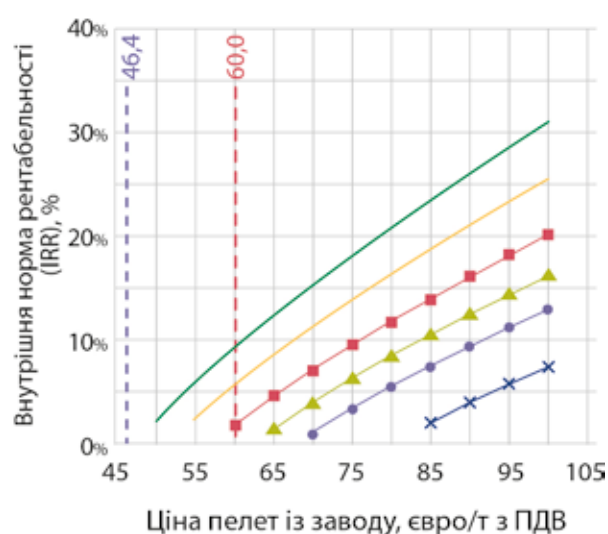
б) дисконтований строк окупності



Солома власної заготівлі, 338,7 грн/т



в) чиста приведена вартість (NPV)



г) внутрішня норма рентабельності (IRR)



Рис. 5.14. Показники інвестиційної привабливості виробництва пелет із соломи у разі її заготівлі власною технікою (комплектація – закордонна та українська)

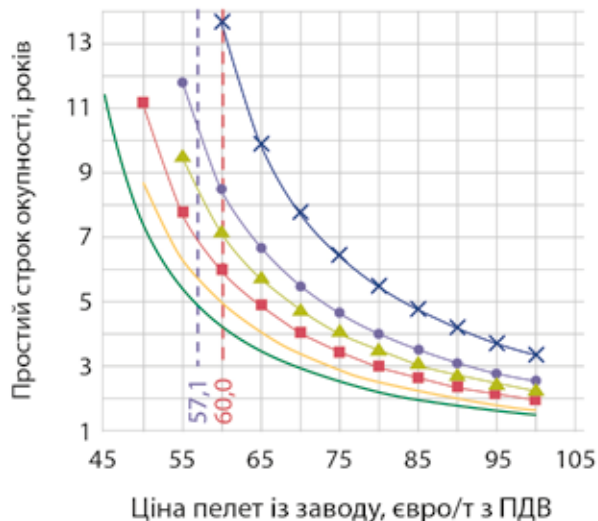
Згідно з інформацією, наданою вище, дізнаємося, що існуючі рівні цін збуту пелет із соломи не забезпечують прийнятних значень показників інвестиційної привабливості, навіть за умови менших капітальних витрат,

коли виробництво частково комплектується українським обладнанням. Тобто рівні внутрішніх та експортних цін не забезпечують достатньої інвестиційної привабливості виробництва пелет із соломи. Прийнятні фінансові

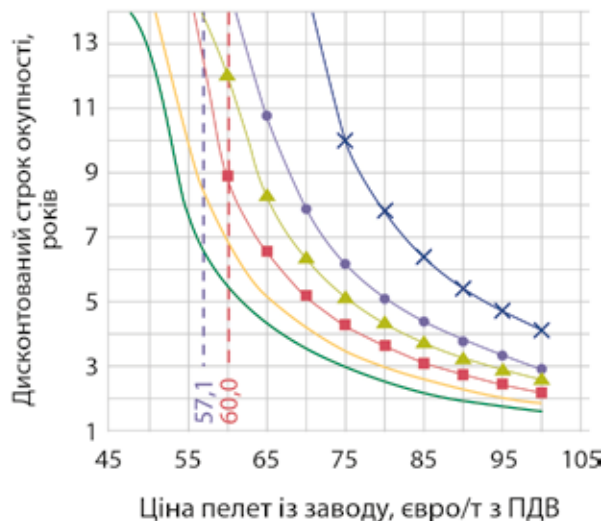
показники забезпечуються за рівнями цін починаючи з 70 євро/т для великих та 90 євро/т для підприємств встановленою потужністю 1–2 т/год.

Також показано розрахункові показники інвестиційної привабливості виробництва пелет з лушпиння соняшнику (рис. 5.15, рис. 5.16).

Покупне лушпиння, 500 грн/т з ПДВ



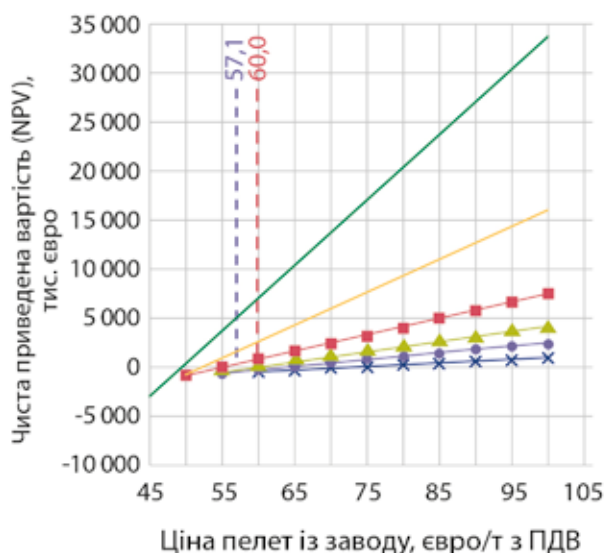
а) простий строк окупності



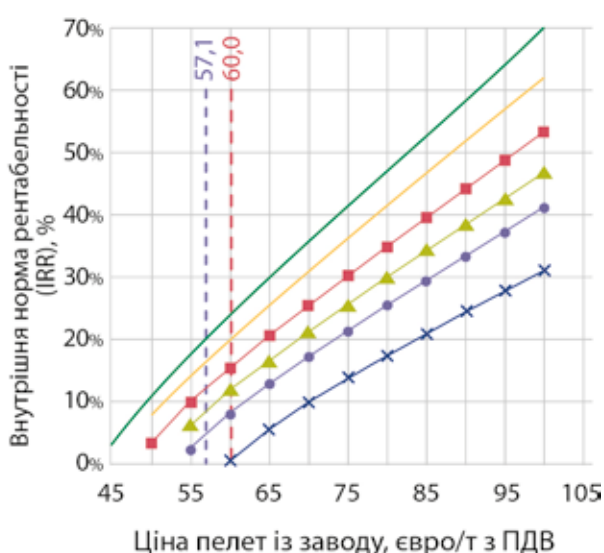
б) дисконтований строк окупності



Покупне лушпиння, 500 грн/т з ПДВ



в) чиста приведена вартість (NPV)

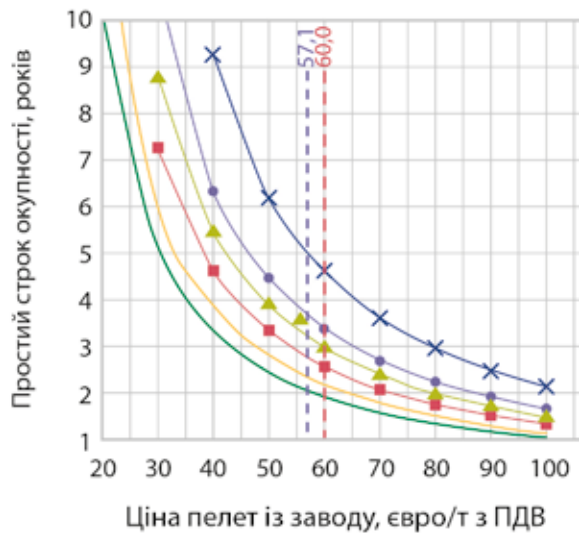


г) внутрішня норма рентабельності (IRR)

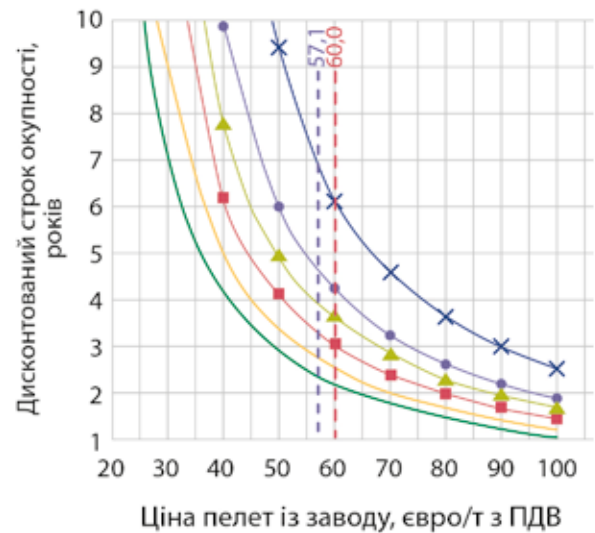


Рис. 5.15. Показники інвестиційної привабливості виробництва пелет із лушпиння соняшнику за умови його закупівлі в інших підприємств

Власне лушпиння, 0 грн/т



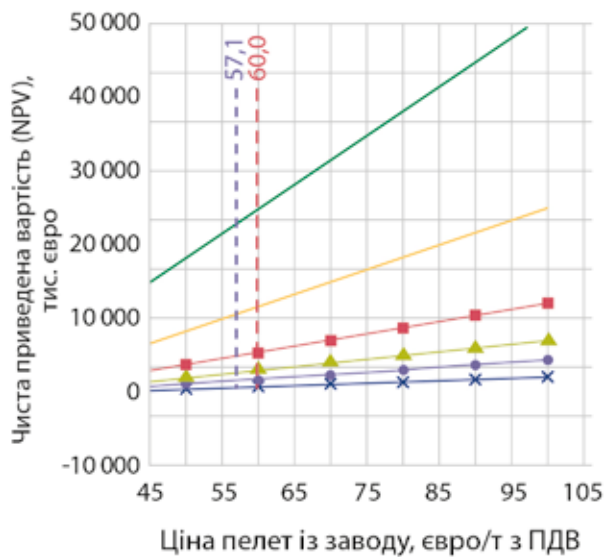
а) простий строк окупності



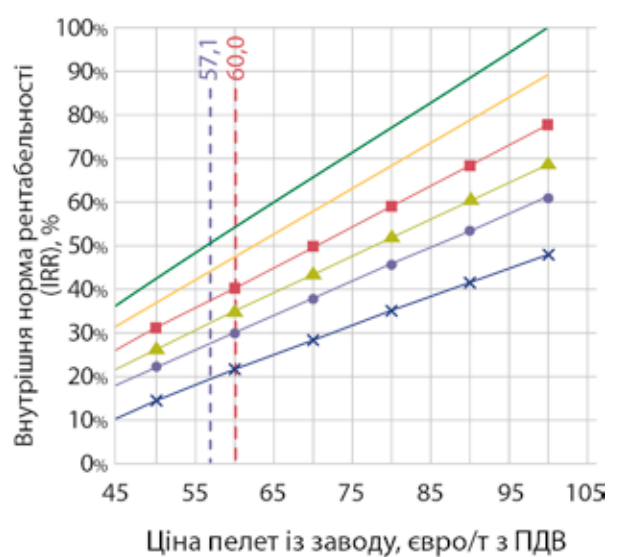
б) дисконтований строк окупності



Власне лушпиння, 0 грн/т



в) чиста приведена вартість (NPV)



г) внутрішня норма рентабельності (IRR)



Рис. 5.16. Показники інвестиційної привабливості виробництва пелет із лушпиння соняшнику за наявності власної сировини

Інформація щодо інвестиційної привабливості виробництва пелет з лушпиння вказує, що прийнятні показники ефективності інвестицій забез-

печуються для великих підприємств навіть за існуючого рівня цін продажу пелет із застосуванням покупної сировини, а із застосуванням власної

сировини ефективність інвестицій за існуючого рівня цін продажу пелет забезпечується для всіх підприємств.

Таким чином, виробництво пелет з лушпиння соняшнику на сьогодні є більш економічно привабливим, ніж виробництво пелет із соломи. В умовах обмеженого внутрішнього попиту, виробництво пелет з лушпиння може створювати певний ціновий тиск на виробництво пелет із соломи, оскільки пелет з лушпиння виробляється значно більше та їхні виробники, з огляду на розглянуті вище особливості виробництва, мають змогу знижувати ціни на свою продукцію. Фактично середній рівень цін на пелети з лушпиння та соломи майже однаковий та відповідає рівню, за якого виробники пелет з лушпиння ще можуть здійснювати ефективну виробничу діяльність, а виробники пелет із соломи балансують на рівні нульової рентабельності.

Однак подальший розвиток виробництва пелет з лушпиння має певні обмеження, а саме: потенціал використання лушпиння, на відміну від соломи, майже вичерпано, оскільки існуючі обсяги вже використовують або на енергетичні потреби підприємств – виробників олії, або на виробництво пелет на тих же підприємствах, або на потреби інших підприємств, що спалюють лушпиння в його первинному вигляді в технологічних печах термічної обробки шамоту, вапна та інших матеріалів (зокрема, Ватутінський та Запорізький заводи вогнетривів, металургійний завод АрселорМіттал, Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат). Лише невелика частина (надлишок) продається виробникам пелет, що не мають своєї сировини. Подальше нарощування виробництва соняшникової олії, що очікується в межах 20 %, може додати 20 або менше процентів до існуючого потенціалу лушпиння як енергетичної сировини.

Разом з цим ресурс використання соломи майже не задіяний, обсяги виробництва пелет із соломи менші, ніж з лушпиння в десятки разів. Таким чином, за подальшого розвитку попиту на пелети, зокрема з аграрної сировини, збільшення їхнього виробництва можливе лише за рахунок нарощування виробництва із соломи, відходів вирощування соняшнику й кукурудзи (стебел, листя, кошиків тощо) та енергетичних плантацій, якщо цей напрям досягне рівня широкого комерційного використання.

Крім розглянутих особливостей, виробництво пелет із соломи має деякі обмеження:

- досить багато агровиробників вважають, що солому та інші відходи і залишки рослинництва з полів забирати не можна в жодному разі, оскільки це зменшує родючість ґрунтів. Хоча низка досліджень, проведених у країнах ЄС, вказує, що в енергетичних цілях можна використовувати 25–50 % врожаю соломи й пожнивних решток кукурудзи на зерно, 30–50 % відходів виробництва соняшнику без негативного впливу на родючість ґрунтів. Для умов України можна використовувати усереднену цифру забору з поля до 30 % теоретичного потенціалу соломи зернових культур й до 40% теоретичного потенціалу відходів виробництва технічних культур (кукурудзи на зерно та соняшнику)¹⁵⁴.

- існують інші альтернативи енергетичного використання тюкованої аграрної біомаси, зокрема самими агровиробниками: спалювання тюкованої соломи в котлах періодичної дії, з попереднім подрібненням у котлах безперервної дії, а також теплогенераторах сушарок (на елеваторах) для сушіння зерна. Ці альтернативи варто розглянути докладніше.

¹⁵⁴ Сьома аналітична записка БАУ, <http://uabio.org/en/activity/uabio-analytics/65-activity-ua/uabio-analytics/1549-uabio-position-paper-7>

Використання тюків і пелет соломи для власних енергетичних потреб

У рамках цього дослідження було розглянуто можливі напрями використання тюків та пелет соломи для власних енергетичних потреб самих агровиробників або покупців соломи чи пелет. До того ж було розглянуто

використання такого обладнання, як котли періодичної дії на тюках соломи, котли для безперервного спалювання тюків і котли на пелетах соломи (табл. 5.10).

Табл. 5.10. Варіанти обладнання для виробництва теплової енергії із соломи

Споживач палива	Вид палива		
	Солома в тюках		Солома в пелетах
	Обладнання		
Агровиробник	Котел періодичної дії	Котел безперервного спалювання тюків	Котел на пелетах
Покупець соломи чи пелет	Котел періодичної дії	Котел безперервного спалювання тюків	Котел на пелетах

З огляду на особливі вимоги до конструкції та режимів спалювання соломи, розглянуто марки котлів, які не один рік виробники застосовують (і це підтверджено) саме для спалювання цієї сировини.

Для спрощення розглянуто однакові типи і марки обладнання стосовно потреб агровиробника та покупця. Вважалось, що економічний ефект впровадження досягається за рахунок заміщення природного газу більш дешевим паливом. Обсяги енергетичних потреб прийнято незмінними для варіантів використання газу і твердого біопалива. Об'єми газу, заміщеного твердим біопаливом, визначалися в еквіваленті до обсягів тепла, що може бути отримане із соломи у вигляді тюків чи пелет, у кількості, обумовленій прийнятим об'ємом соломи 2500 т/рік.

Для періодичного спалювання тюків соломи було розглянуто варіант ви-

користання теплогенераторів RAU-2 (табл. 5.11, рис. 5.17), що виготовляє ТОВ «ЮТЕМ-ЗМК»¹⁵⁵. Це обладнання періодичної дії, в яке спеціальним навантажувачем (наприклад, вилковим) завантажують тюк соломи, після чого двері камери згоряння зачиняються і паливо більше не подається, до повного вигорання тюка. Над камерою згоряння встановлюють акумуляційний бак великого об'єму, за допомогою якого можна зберігати прогріту воду постійної температури, що потрібна для безперервного процесу опалення будівель. У верхній частині установки розміщено розширювальний бак, з'єднаний з атмосферою. Бак компенсує термічне розширення води в процесі нагрівання. Вода в ньому акумулює надлишкове тепло в період горіння палива. Видалення золи – періодичне (після вигорання тюка). Підключення теплогенератора може здійснюватися

¹⁵⁵ <http://www.utem-bioenergy.com/production/model.php>

до існуючої системи опалення, подаючи тепло як для однієї будівлі, так і для

всього комплексу будівель, залежно від потужності теплогенератора.

Табл. 5.11. Технічні характеристики теплогенераторів RAU-2

Тип, марка		RAU-2-181	RAU-2-301	RAU-2-331	RAU-2-600	RAU-2-600M
Номінальна теплова потужність, кВт		150	250	300	600	860
Рекомендована вага одного завантаження, кг		200	300	500	1000	1000
Рекомендована вологість соломи, до %		25	25	25	25	25
Максимальні витрати соломи за опалювальний сезон (≈180 днів), т		180	270	450	900	1080
Максимальна температура води, до °C		90	90	90	90	90
Габарити	теплогенератора в зібраному стані (ДхШхВ), м	4,40х3,10х5,05	4,10х3,50х5,65	4,10х3,40х8,35	5,10х3,65х8,21	5,10х3,65х8,21
	топки (ДхL), м	1,6 х 2,0	2,0х2,0	2,0х3,0	2,8х3,0	2,8х3,0
Висота до патрубку переливу розширювального бака, м		4,61	5,0	7,45	7,8	7,8
Діаметр патрубків прямої і зворотної мережної води (Ду), мм		50	65	65	100	125
Площа поверхні теплообміну в теплогенераторі, м ²		44,0	60,0	60,0	58,0	62,0
Загальна водяна ємність теплогенератора, л		13 000	15 000	30 000	41 000	41 000
Зокрема об'єм акумуляційного бака (термобака), л		-	-	20 500	31 900	31 900
Вага теплогенератора без води, т		6,72	8,4	13,2	14,2	14,2
Вага димової труби, т		1,3	1,3	1,9	1,9	1,9
Споживання електроенергії, кВт·год/добу		3,–5,0	6,0–10,0	6,0–10,0	6,0–10,0	20,0–30,0
ККД%, до		82	82	82	82	82
Температура топочних газів під час виходу з теплогенератора, °C		250	250	250	250	250

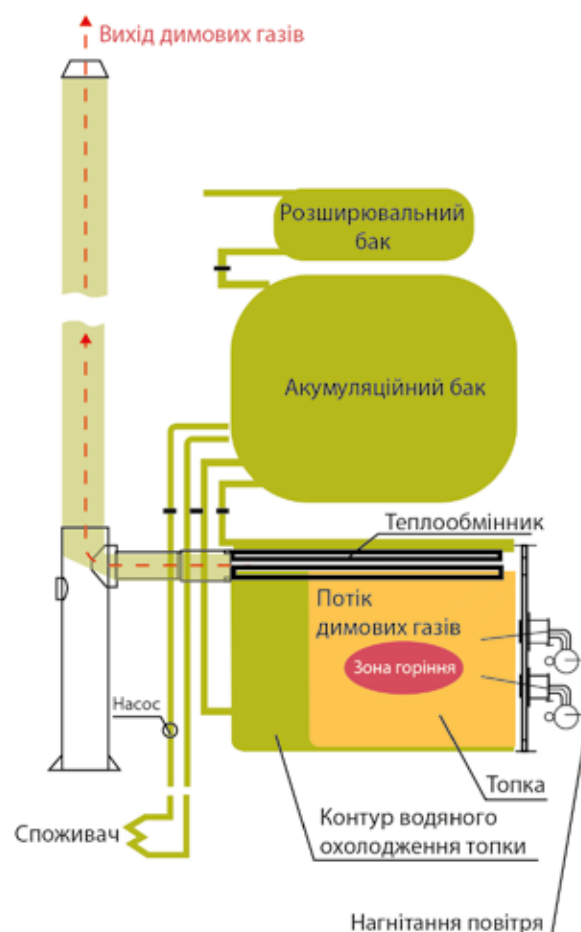


Рис. 5.17. Загальний вигляд і схема будови теплогенератора RAU-2-600M

Для завантажування тюків у топку теплогенератора може використовуватись вилковий навантажувач.

Завдяки нескладній конструкції, монтажу та обслуговування, котли RAU-2 знайшли широке застосування, особливо в сільськогосподарських підприємствах, а також для потреб опалення громадських будівель у селищах та невеликих містечках.

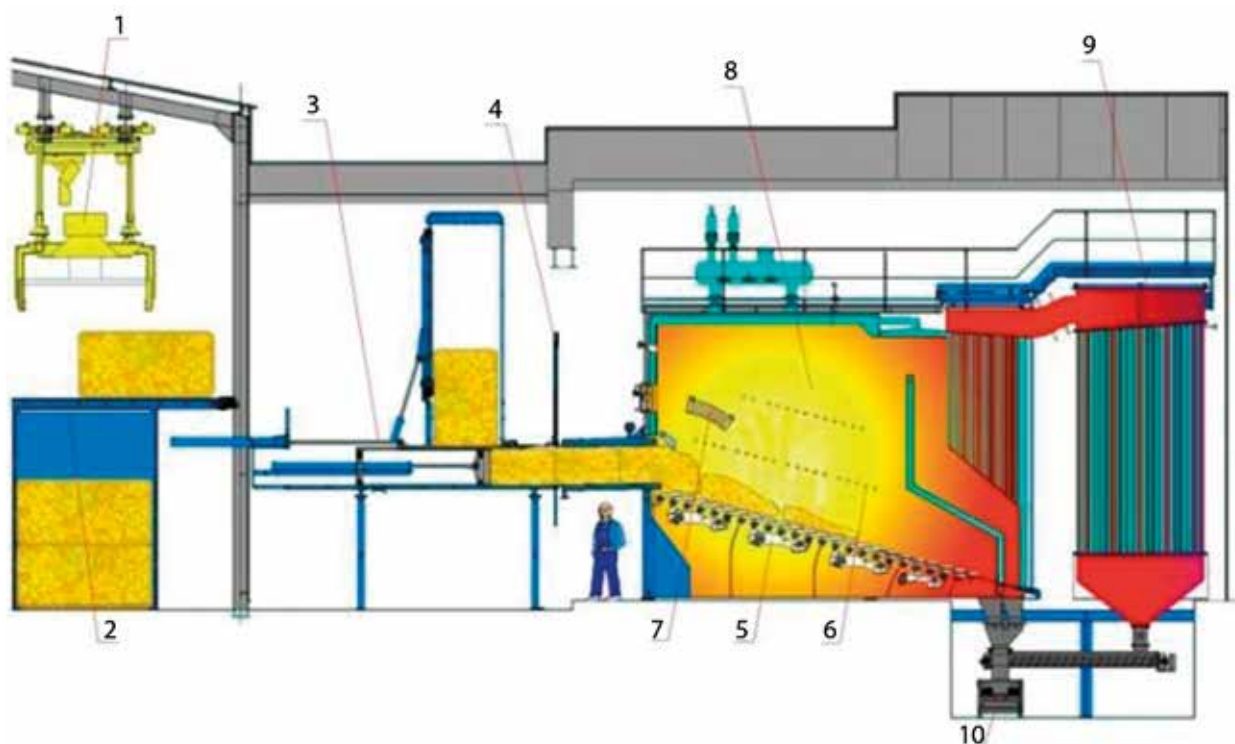
Для безперервного спалювання тюків соломі було розглянуто котли Vesko-S (рис. 5.18, табл. 5.12) виробництва TTS Group, Чехія.

Ці котли впроваджувались переважно в Чехії та Словаччині. Один проект з котлами цієї компанії запроваджено в Україні (птахокомплекс «Дніпровський», встановлена потужність 5 МВтт).

Табл.5.12. Технічні характеристики котлів Vesko-S

Параметри	Од. виміру	Значення			
Теплова потужність	МВт	2,0	3,0	4,0	5,0
Максимальний робочий надлишковий тиск	МПа	0,6	500	1000	1000
Максимальна температура води на опалення	°C	110	25	25	25

Параметри	Од. виміру	Значення			
Якість води		Чеський державний норматив 077401			
Тиск у камері спалювання	Па	200			
Максимальна температура продуктів горіння	°С	150			
ККД котла	%	87			
Витрата палива	кг/год	594	891	1188	1485
Висота котла	мм	4400	4800	4800	5400
Довжина котла	мм	6300	6500	7000	7300
Ширина котла	мм	2200	2200	2200	2200
Вага котла без води	т	60	70	80	85
Об'єм води в котлі	м³	18,5	19	21	23,5
Робоча вага котла	т	78,5	89	101	108,5



1 – подача палива, 2 – конвеєр соломи, 3 – вузол подрібнення,
4 – отвір для завантажування, 5 – похило-перештовхувальна колосникова решітка,
6 – подача повітря для спалювання, 7 – арка запалювання, 8 – камера спалювання,
9 – ізолюваний теплообмінник, 10 – конвеєр золи.

Рис. 4.18. Котли Vesko-S

Для спалювання пелет соломи було розглянуто котли компанії Granpal (Польща).

Котли серії GRANPAL MEGA виробляють одиничною тепловою потужністю від 800 кВт до 7 МВт (рис. 5.19). Є дві основні модифікації – для спалювання «сухої» біомаси вологістю до 15%, а «вологої» – вологістю до 45 %. Котел складається з двох частин – топки для спалювання палива на рухомих ґратах (рис. 5.20) і теплообмінника трубчастого типу, що за топковим пристроєм. Для легкого доступу до внутрішнього простору та очищення котел обладнано дверцятами. Простір рухомих ґрат забезпечує послідовність трьох

процесів – підсушування палива (для вологого палива), запалювання підсушеного палива з виділенням летких речовин та подальше догорання коксового залишку. Зола та шлак подають у камеру, звідки видаляють системою золовидалення в спеціальний бункер. Рухомі ґрати охолоджують водою або повітрям, що значно зменшує спікання золи. Налаштування розподілу первинного та вторинного повітря відбувається автоматично (залежно від вологості палива, навантаження котла, вмісту кисню в димових газах), а подача палива в топку – за допомогою гідравлічного стокера. Рухомі ґрати приводяться в рух також за допомогою гідравлічної системи.



Рис. 5.19. Загальний вигляд котла GRANPAL MEGA

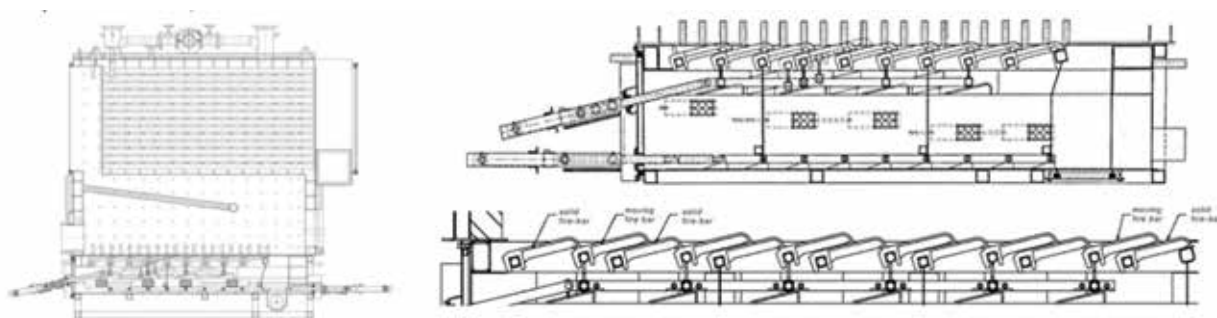


Рис. 5.20. Конструкція рухомих ґрат котла GRANPAL MEGA

Розробники котлів зазначають, що така конструкція, що стала результатом тривалої співпраці з датськими компаніями Eurotherm, Justsen, Pilewang, Kopernicus, здатна спалювати різноманітні види палива, зокрема деревну тріску, пелети з деревини та

соломи, відходи обробки зерна, шкарлупу горіхів, кісточки фруктів тощо. До того ж наголошується, що за допомогою цих котлів, одних з небагатьох, можна ефективно спалювати саме пелети соломи, січену солому, однорічні енергетичні культури.

Табл. 5.13. Технічні характеристики котлів серії GRANPAL MEGA

Теплова потужність, кВт	800–7000
Теплоносій	вода
Температура води (пряма/зворотна), °C	90/70
Робочий тиск, бар	3,5
Паливо	Біомаса з вологістю до 45 % або з вологістю до 15 %
Температура вихідних газів, °C	180–240
ККД котла, %	87

Котел працює в автоматичному режимі, оснащений автоматичною протипожежною системою для уникнення загоряння палива в подавальній си-

стемі. Можливе дообладнання мультициклоном для очищення димових газів (рис. 5.21).



а) мультициклон



б) шафа управління



в) візуалізація процесів

Рис. 4.21. Комплектація котла GRANPAL MEGA

Виробники повідомляють про успішну роботу цих котлів у Польщі, Франції, Англії, Шотландії та Уельсі, а також у Литві, з використанням різноманітного палива, включно з пелетами із соломи. Загалом було зазначено понад 20 проектів у різних країнах, проте без конкретизації щодо населеного пункту та кінцевого споживача.

Далі розглянемо показники економії на вартості палива за умови заміщення природного газу тюками або пелетами соломи на той випадок, коли їх використовує сам агровиробник (табл. 5.14), а також додаткові витрати котлів на біомасі та загальну економію коштів (табл. 5.15). В основу розрахунків покладено характеристики котлів, представлених вище.

Для розрахунку було прийнято, що кількість використаної соломи дорівнює 8600 т/рік, що приблизно відповідає кількості соломи, потрібної для завантаження виробництва пелет встановленою потужністю 1 т/год, за

цілодобової роботи протягом 10 місяців на рік. Отже, кількість вироблених пелет дорівнює 7300 т/рік. На річне використання такої кількості соломи та пелет проводився розрахунок котельного обладнання.

Табл. 5.14. Економія на вартості палива за умови заміщення природного газу тюками або пелетами соломи (біомасу використовує сам агровиробник)

Показники	Солома в тюках		Солома в пелетах (виробив сам агровиробник)	Природний газ, за умови його заміщення		
	Фермерські котли на тюках	Котел безперервного спалювання тюків		тюками		пелетами
				Фермерські котли на тюках	Котел безперервного спалювання тюків	
Кількість палива, т (тис. м ³)	8595	8595	7306	3270	3474	3156
Вологість, %	15	15	10			
Нижча теплотворна здатність	14,4 МДж/кг	14,4 МДж/кг	15,4 МДж/кг	33,7 МДж/м ³	33,7 МДж/м ³	33,7 МДж/м ³
Коефіцієнт корисної дії котла	80	85	85	90	90	90
Коефіцієнт використання встановленої потужності котла	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Тривалість використання обладнання, год/рік (опалення)	4224	4224	4224	4224	4224	4224
Теплова потужність обладнання, МВт	10,0	10,7	9,7	10,0	10,7	9,7
Те саме, Гкал/год	8,6	9,2	8,3	8,6	9,2	8,3
Корисне виробництво теплоти, Гкал/рік	23 687,6	25 168,1	22 864,3	23 687,6	25 168,1	22 864,3
Вартість палива, грн/т з ПДВ, врах. доставку (грн/тис. м ³)	366,4	366,4	1 313	6800	6800	6800
Витрати на паливо, тис. грн	3149	3149	9594	22 235	23 624	21 462
Економія на паливі, тис. грн	-	-	-	19 085	20 475	11 868
Те саме, євро				681 640	731 273	423 858

Табл. 5.15. Додаткові витрати котлів на біомасі

Показники	Котли періодичної дії	Котли безперервного спалювання тюків	Котли на пелетах
Електрична потужність, кВт	25,1	53,3	24,2
Витрата електроенергії, кВт-год	105 957	225 158	102 274
Вартість електроенергії, грн	178 516	379 346	172 311
Те саме, євро	6376	13 548	6154
Зарплата персоналу з нарахуванням, грн	1 022 208	149 072	106 480
Те саме, євро	36 507	5324	3803
Ремонт обладнання та його обслуговування, євро/рік	8622	14 358	7699
Інші витрати (у розрахунку 30 грн/Гкал), євро/рік	25 380	26 966	24 498
Економія, євро/рік	604 756	671 076	381 704
Те саме, євро/т	70,4	78,1	52,2

Для повноти інформації розглянуто також капітальні витрати за впровад-

ження вищеописаних варіантів котлів на біомасі (табл. 5.16).

Табл. 5.16. Капітальні витрати в процесі впровадження

Капітальні витрати на теплогенеруюче обладнання (котельню), грн	Котли періодичної дії	Котли безперервного спалювання тюків	Котли на пелетах
Тип котла, кількість (шт.)	RAU-2-600M (12 шт.)	Vesko-S, 2,4 MBт+1,3 MBт	Granpal Mega, 2,5 MBт (т) (4 шт.)
Витрати впровадження:			
- проект, євро	48 540	48 540	47 306
- вартість котла, євро	638 713	2 240 000	624 000
Вартість котельні, євро	958 069	3 360 000	1 020 790
Окрема димова труба, євро	166 693	89 103	86 751
Навантажувач, євро	120 000		
Усього капвитрат, євро	1 293 302	3 497 643	1 154 846
Те саме, грн	36 212 453	97 934 015	32 335 698

Таким чином, отримуємо показники інвестиційної привабливості використання тюків і пелет соломи для за-

безпечення власних енергетичних потреб агровиробників (табл. 5.17).

Табл. 5.17. Показники інвестиційної привабливості використання тюків і пелет соломи для забезпечення власних енергетичних потреб агровиробників

Показники ефективності інвестицій	Котли періодичної дії	Котли безперервного спалювання тюків	Котли на пелетах
Чистий приведений дохід (NPV), грн	49 766 710	7 884 203	17 557 755
Внутрішня норма дохідності (IRR), %	28,5%	11,4%	17,4%
Простий строк окупності, років	4,0	7,4	6,0
Дисконтований строк окупності, років	4,99	12,90	8,32

Аналогічні розрахунки проведено для різних ситуацій, коли тюки чи пелети соломи для власних енергетичних потреб застосовує покупець тюків чи пелет. Основна різниця, порівняно з розглянутими вище варіантами, полягає в ціні соломи та пелет. Для агрови-

робника вона дорівнює собівартості виробництва палива, а для покупця – ринковій ціні, визначеній з урахуванням доставки до споживача.

Результати розрахунків показано нижче (табл. 5.18, табл. 5.19, табл. 5.20).

Табл. 5.18. Заощадження на вартості палива за умов заміщення природного газу тюками або пелетами із соломи, коли їх використовує сам покупець

Показники	Солома в тюках		Солома в пелетах (котли на пелетах)			Природний газ, за умов його заміщення на				
			Виробив покупець тюків	Застосовує покупець пелет		тюки		Виробив покупець тюків	пелети	
	Котли періодичної дії	Котли безперервного спалювання тюків		Куплені у власника тюків, що виробляє пелети	Куплені у покупця тюків, що виробляє пелети	Котли періодичної дії	Котли безперервного спалювання тюків		Куплені у власника тюків, що виробляє пелети	Куплені у покупця тюків, що виробляє пелети
Кількість палива, т (тис. м ³)	8595	8595	7306	7306	7306	3270	3474	3156	3156	3156,2
Вологість, %	15	15	10	10	10					
Нижча теплотворна здатність	14,4 МДж/кг	14,4 МДж/кг	15,4 МДж/кг	15,4 МДж/кг	15,4 МДж/кг	33,7 МДж/м ³	33,7 МДж/м ³	33,7 МДж/м ³	33,7 МДж/м ³	33,7 МДж/м ³
Коефіцієнт корисної дії котла	80	85	85	85	85	90	90	90	90	90
Коефіцієнт використання встановленої потужності котла	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65

Показники	Солома в тюках		Солома в пелетах (котли на пелетах)			Природний газ, за умов його заміщення на				
			Виробив покупець тюків	Застосовує покупець пелет		тюки		Виробив покупець тюків	пелети	
	Котли періодичної дії	Котли безперервного спалювання тюків		Куплені у власника тюків, що виробляє пелети	Куплені у покупця тюків, що виробляє пелети	Котли періодичної дії	Котли безперервного спалювання тюків		Застосовує покупець пелет	
Тривалість використання обладнання, год/рік (опалення)	4224	4224	4224	4224	4224	4224	4224	4224	4224	4224
Теплова потужність обладнання, МВт	10,0	10,7	9,7	9,7	9,7	10,0	10,7	9,7	9,7	9,7
Те саме, Гкал/год	8,6	9,2	8,3	8,3	8,3	8,6	9,2	8,3	8,3	8,3
Корисне виробництво теплоти, Гкал/рік	23 687,6	25 168,1	22 864,3	22 864,3	22 864,3	23 687,6	25 168,1	22 864,3	22 864,3	22 864,3
Вартість палива, грн/т з ПДВ, враховуючи доставку (грн/тис. м ³)	564,1	564,1	1 604	1 339	1 339	6800	6800	6800	6800	6800
Витрати на паливо, грн	4 848 327	4 848 327	11 719 054	9 778 935	9 778 935	22 235 154	23 624 851	21 462 356	21 462 356	21 462 356
Заощадження на паливі, грн						17 386 826	18 776 523	9 743 302	11 683 421	11 683 421
Те саме, євро						620 958	670 590	347 975	417 265	417 265

Табл. 5.19. Додаткові витрати для котлів на біомасі та загальна економія

Показники	Солома в тюках		Пелети із соломи		
	Фермерські котли на тюках	Котли безперервного спалювання тюків	Виробив покупець тюків	Куплені у власника тюків, що виробляє пелети	Куплені у покупця тюків, що виробляє пелети
Електрична потужність, кВт	25,1	53,3	24,2	24,2	24,2
Витрата електроенергії, кВт-год	105 957	225 158	102 274	102 274	102 274
Вартість електроенергії, грн	178 516	379 346	172 311	172 311	172 311
Те саме, євро	6376	13 548	6154	6154	6154

Показники	Солома в тюках		Пелети із соломи		
	Фермерські котли на тюках	Котли безперервного спалювання тюків	Виробив покупець тюків	Куплені у власника тюків, що виробляє пелети	Куплені у покупця тюків, що виробляє пелети
			Котли на пелетах із соломи		
Зарплата персоналу з нарахуваннями, грн	1 022 208	149 072	106 480	106 480	106 480
Те саме, євро	36 507	5324	3803	3803	3803
Ремонт обладнання та його обслуговування, євро/рік	7 822	14 358	7699	7699	7699
Інші витрати (з розрах. 30 грн/Гкал), євро/рік	25 380	26 966	24 498	24 498	24 498
Економія, євро/рік	544 873	610 394	305 822	375 112	375 112
Те саме, євро/т	63,4	71,0	41,9	51,3	51,3

Табл. 5.20. Показники інвестиційної привабливості використання тюків і пелет соломи для власних енергетичних потреб покупцями тюків/пелет

Показники ефективності інвестицій	Паливо – тюки соломи		Паливо – пелети соломи		
	Котли періодичної дії	Котли безперервного спалювання тюків	Виробив покупець тюків	Куплені у власника тюків, що виробляє пелети	Куплені у покупця тюків, що виробляє пелети
Чистий приведений дохід (NPV), грн	40 259 803	-1 749 712	5 105 304	16 511 134	16 511 134
Внутрішня норма дохідності (IRR), %	25,1 %	9,7 %	12,2 %	17,0 %	17,0 %
Простий строк окупності, років	4,5	8,0	7,5	6,1	6,1
Дисконтований строк окупності, років	5,67	> 15	12,03	8,56	8,56

Виробництво та продаж тепла

Було розглянуто варіанти використання тюків і пелет соломи для виробництва та продажу тепла споживачам. Крім того, слід вказати такі варіанти палива (соломи):

- тюки, використані виробником тюків;
- тюки, використані покупцем тюків;
- пелети, зроблені власником тюків;
- пелети, зроблені покупцем тюків;
- пелети, використані покупцем пелет.

Обладнання та капітальні витрати прийнято такими ж, як за ситуації використання тюків та пелет соломи для власних енергетичних потреб, але варіант котла з періодичним спалюванням тюків не розглядався через обмежену можливість використання в комунальному тепlopостачанні. Інші вихідні умови та розрахунок собівартості тепла показано нижче в табл. 5.21.

Головним серед найважливіших питань щодо продажу тепла споживачам є питання тарифу на тепло. Згідно з чинним українським законодавством, виробництво, транспортування та постачання теплової енергії є ліцензованим видом діяльності¹⁵⁶, відповідно, тарифи на виробництво, транспортування та постачання теплової енергії, як і на інші комунальні послуги, формуються суб'єктами природних монополій та суб'єктами господарювання на суміжних ринках відповідно до порядків (методик), встановлених національною комісією, що здійснює державне регулювання у сфері комунальних послуг (НКРЕКП), або органами місцевого самоврядування від-

повідно до ліцензійних умов. Тарифи на теплову енергію, її виробництво, транспортування та постачання з використанням нетрадиційних або повновлених джерел енергії є компетенцією виключно НКРЕКП¹⁵⁷.

У 2014 р. було ухвалено постанову НКРЕКП № 906 від 19.12.2014 «Про внесення зміни до постанови Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, від 16 жовтня 2014 року № 119»¹⁵⁸, якою розмір середньозваженого тарифу на виробництво теплової енергії для бюджетних установ та організацій на теплоенергуючих установках (крім теплоелектроцентралей, теплоелектростанцій і атомних електростанцій) з використанням природного газу визначено на рівні 1097,24 грн/Гкал без ПДВ.

¹⁵⁶ Закон України «Про ліцензування видів господарської діяльності»: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/222-19>

¹⁵⁷ Закон України «Про тепlopостачання»: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/2633-15>

¹⁵⁸ <http://www.nerc.gov.ua/?id=12882>

Табл. 5.21. Вихідні умови та собівартість теплової енергії за умов використання тюків і пелет соломи для виробництва та продажу тепла споживачам

Показники	Тюки соломи, використані виробником тюків	Тюки соломи, використані покупцем тюків	Пелети, зроблені власником тюків	Пелети, зроблені покупцем тюків	Пелети, використані покупцем пелет
Вартість тюків з доставкою, грн/т з ПДВ	380	564	1352	1617	1339
Нижча теплотворна здатність палива (солома, 15 % вологості), МДж/кг	14,4	14,4	15,4	15,4	15,4
ККД котла, %	85	85,0	85	85	85
Встановлена потужність котла, МВт	10,0	10,0	9,69	9,69	9,69
Коефіцієнт використання встановленої потужності котла за сезон (за замовчуванням – 0,48)	0,69	0,69	0,65	0,65	0,65
Втрати в тепломережах, % від поданої в мережу	15	15,0	15	15	15
Кількість днів опалювального сезону	176,0	176,0	176	176	176
Час роботи з номінальною потужністю, год/рік	2914	2914,4	2743	2743	2743
Корисне річне виробництво теплової енергії, Гкал	21 377	21 376,5	19 420	19 420	19 420
Річна витрата тюків, т	8595	8594,8	7306	7306	7306
Питомі витрати електроенергії, кВт·год/Гкал	38,9	38,9	34,5	34,5	34,5
Собівартість теплової енергії					
Питомі витрати на паливо, грн/Гкал	127	189	424	507	420

Показники	Тюки соломи, використані виробником тюків	Тюки соломи, використані покупцем тюків	Пелети, зроблені власником тюків	Пелети, зроблені покупцем тюків	Пелети, використані покупцем пелет
Питома вартість електроенергії, грн/Гкал	55	55	48	48	48
Питомий ФОП додаткового персоналу, грн/Гкал	7	7	5	5	5
Ремонт обладнання та його обслуговування, грн/Гкал	16	16	9	9	9
Інші витрати, грн/Гкал	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Амортизація, грн/Гкал	188	188	333	539	333
Загалом собівартість тепла, грн/Гкал	423	485	850	1139	846

Також у 2014 р. було ухвалено постанову КМУ «Про визначення середньозваженого тарифу на виробництво теплової енергії (крім теплоелектроцентралей, теплоелектростанцій і атомних електростанцій) з використанням природного газу для бюджетних установ та організацій, інших споживачів (крім населення)»¹⁵⁹, якою середньозважений тариф на виробництво теплової енергії (крім теплоелектроцентралей, теплоелектростанцій і атомних електростанцій) з використанням природного газу для бюджетних установ та організацій, інших споживачів (крім населення) визначено у розмірі 1092,12 грн/Гкал без ПДВ.

Враховуючи вищезазначене, стосовно розрахункового тарифу на теплову енергію (включно з виробництвом, транспортуванням та постачанням), вироблену з тюків і пелет соломи, нами було прийнято тариф, встановлений постановою НКРЕКП № 906 від 19.12.2014, а саме – 1097,24 грн/Гкал

без ПДВ для потреб бюджетних установ та організацій.

Показники інвестиційної привабливості використання тюків і пелет соломи для виробництва та продажу теплової енергії, за тарифу на теплову енергію на рівні 1350 грн/Гкал без ПДВ, показано нижче (табл. 5.22). Це відображає можливу ситуацію встановлення тарифу на теплову енергію з тюків чи пелет соломи на рівні чинного тарифу на теплову енергію для бюджетного споживача.

¹⁵⁹ <http://www.nerc.gov.ua/?id=12883>

Табл. 5.22. Показники інвестиційної привабливості використання тюків/ пелет соломи для виробництва та продажу теплової енергії за тарифу 1350 грн/Гкал без ПДВ

Показники ефективності інвестицій	Паливо – тюки соломи		Паливо – пелети соломи		
	Тюки соломи, використані виробником тюків	Тюки соломи, використані покупцем тюків	Пелети, зроблені власником тюків	Пелети, зроблені покупцем тюків	Пелети, використані покупцем пелет
Чистий приведений дохід (NPV), грн	36 697 340	29 231 713	59 605 993	50 453 981	60 064 625
Внутрішня норма дохідності (IRR), %	16,1%	14,9%	37,6%	33,6%	37,8%
Простий строк окупності, років	5,9	6,2	2,8	3,1	2,8
Дисконтований строк окупності, років	8,69	9,46	3,35	3,84	3,32

Аналіз отриманих результатів розрахунку економічної ефективності можливих напрямів застосування соломи

Результати розрахунку економічної ефективності можливих напрямів застосування соломи в розрізі учасників ринку показано нижче (табл. 5.23). Слід зазначити, що розрахунок проводився без урахування можливого застосування кредитних коштів за впровадження проекту.

Результати показують, що для агро-виробників, а також покупців тюків і пелет, найвигіднішими варіантами застосування серед розглянутих є виробництво тюків або пелет та їхнє використання для виробництва й продажу тепла. Наступними за ефективністю напрямками є виробництво пелет та їхнє використання для власних енергетичних потреб або для виробництва й продажу тепла. Відносно нижча ефективність виробництва та продажу тепла з тюків соломи пояснюється занадто високою ціною обладнання для безперервного спа-

лювання тюків соломи. Дешевшими, порівняно з розглянутими котлами Vesko-S від компанії TTS, є котли компанії «Комконт» (Республіка Білорусь). Ці котли поки не мають підтверджених прикладів застосування для спалювання соломи в Україні, проте один з таких котлів впроваджено в рамках проекту USAID «Місцеві альтернативні джерела енергії: м. Миргород (МАДЕМ)»¹⁶⁰ у комунальному теплопостачанні міста Миргород (Полтавська обл.) і має працювати в опалювальний сезон 2016–2017 рр.

¹⁶⁰ <http://www.mdi.org.ua/460>

Табл. 5.23. Результати розрахунку економічної ефективності можливих напрямів застосування соломи

Учасник ринку	Діяльність	Варіант котельного обладнання для спалювання	Чистий грошовий потік, євро/т	Простий строк окупності, років, за впровадження виробництва з:						
				Тюкування	Гранулювання	Тюкування + гранулювання	Виробництво теплоти	Тюкування + виробництво теплоти	Гранулювання+ виробництво теплоти	Тюкування + гранулювання +виробництво теплоти
Агро-виробник	- продаж тюків		-8,5	немає						
	- виробництво тюків та їхнє використання для власних енергетичних потреб	безперервне	37,2				7,4	9,8		
		періодичне	29,5				4,0	7,0		
	- виробництво тюків та їх використання для виробництва та продажу тепла	безперервне	52,8				5,9	9,0		
	- виробництво пелет та їх використання для виробництва та продажу тепла		43,1				2,8		4,6	7,6
	- виробництво пелет та їх використання для власних енерг. потреб		10,2				6,0		7,0	10,4
	- виробництво пелет та їх продаж в Україні		-0,5		немає	немає				
	- виробництво пелет та їх продаж на експорт		1,2		13,5	немає				

Учасник ринку	Діяльність	Варіант котельного обладнання для спалювання	Чистий грошовий потік, євро/т	Простий строк окупності, років, за впровадження виробництва з:						
				Тюкування	Гранулювання	Тюкування + гранулювання	Виробництво теплоти	Тюкування + виробництво теплоти	Гранулювання+ виробництво теплоти	Тюкування + гранулювання +виробництво теплоти
Покупець тюків	- енергетичне використання тюків для власних потреб	безперервне	32,0				8,0			
		періодичне	24,4				4,5			
	- виробництво та енергетичне використання пелет для власних потреб		2,7				7,5		5,1	
	- виробник пелет – продаж в Україні		-9,9		немає					
	- виробник пелет – виробництво та продаж теплової енергії		38,2				3,1		5,1	
	- виробництво та продаж теплової енергії з тюків		48,8				6,2			
	- виробник пелет – експорт		3,6		немає					
Покупець пелет	- власні енергетичні потреби		9,6				6,09			
	- експорт		13,6							
	- виробництво та продаж тепла		43,4				2,8			

У разі здобутих позитивних результатів, це обладнання можна розглядати як альтернативу котлам Vesko-S, що здатне забезпечити менший строк окупності завдяки меншим капітальним витратам.

Виробництво пелет та їхній продаж, за нинішніх ринкових умов, має

істотно гірші показники окупності. Експорт пелет за кордон, за такої їхньої собівартості, не має особливих перспектив, що також зумовлюється падінням попиту на звичних ринках її збуту, переважною орієнтацією європейських споживачів на пелети з деревини, пропозиція яких є досить великою, та паливними якість пелет

із соломи, які, зокрема, ускладнюють або взагалі унеможливають їхнє застосування для домашніх котлів.

Звертає на себе увагу те, що виробництво великогабаритних прямокутних тюків соломи, за умови їхнього продажу за ціною 500–550 грн/т з ПДВ, не є окупним для агровиробника через досить високу вартість комплексу техніки, потрібної для виробництва таких тюків. Певною мірою виходом з цієї ситуації може бути застосування більш дешевої техніки для тюкування, що виробляє тюки менших розмірів, проте надалі такі тюки вимагатимуть більше логістичних витрат. Очевидно, перспективним напрямом може стати розробка вітчизняної техніки для тюкування, що забезпечило б меншу вартість виробничого комплексу.

Загалом можна зазначити, що найдоцільнішим для всіх розглянутих учасників ринку видається застосування тюків і пелет соломи для енергетичних потреб (власних потреб або для виробництва та продажу теплової енергії). Застосуванню для власних енергетичних потреб властиве імовірне обмеження самих обсягів цих потреб. Тому надлишок може бути використаний для виробництва та продажу теплової енергії іншим споживачам.

Отже, використання соломи у вигляді тюків для енергетичних потреб може конкурувати з використанням пелет за умови появи на ринку України більш доступного за ціною котельного обладнання для безперервного спалювання тюків. Очікується, що це має бути обладнання одиничною встановленою потужністю від 1 МВт.







5. 5. ЛОГІСТИЧНІ ПРОБЛЕМИ

Організація правильної системи логістики є головним чинником успіху пелетного виробництва.

Типовими проблемами в організації виробництва пелет є невраховані логістичні особливості саме на етапі попереднього планування, унаслідок чого пелетне виробництво не відповідає запроектованим параметрам, оскільки постачання сировини не є стабільним.

Наразі в Україні не існує розвиненого ринку логістики біомаси. Загальна ситуація у секторі – діяльність кількох окремих регіональних компаній, що здійснюють логістику біомаси як не основного виду діяльності. Зазначимо три головні концепції логістики біомаси.

Перша концепція «Виробництво і логістика» – це дочірні компанії, створені чи пов'язані з підприємствами, що володіють сировинними ресурсами біомаси (наприклад, лісгоспи чи локальні приватні компанії, що заготовляють деревину з необхідної для утилізації біомаси вже створеною інфраструктурою – власним автотранспортом і технікою для збору, проміжними складами для тріски та дров; ферми та агрохолдинги із спецтехнікою для збору агровідходів і транспортом для перевезення відходів тощо). Такі компанії постачають біомасу невеликими партіями, розрахунок здійснюється, як правило, за одну вантажівку. Поставка може бути одноразовою, а укладення довгострокових договорів є нетиповим. Якщо ж договори на постачання укладаються, то зазвичай на партію, лише у деяких випадках – на строк до року. У договорах фіксується інформація щодо обсягу поставок, типу взаєморозрахунків (як правило, за партію), ціни біомаси, строків поставки. Звичайно,

за такої схеми в договорі не фіксують якість біомаси та не проводять корекцію ціни залежно від її якості. Така схема постачання не є стабільною та надійною, тривалі відносини з одним постачальником мало ймовірні, адже на ринку постійно з'являються нові підприємства, а старі не витримують конкуренції та припиняють існування. Типові річні обсяги поставок за такою концепцією від одного постачальника становлять 1000–10 000 т/рік (50–200 вантажівок/рік).

Друга концепція «Тільки логістика» – великі логістичні компанії, що здійснюють логістику як основний вид діяльності на постійній основі (Tallman, Kerriline, Перша логістична компанія, DB Schenker тощо). Ці компанії мають кваліфікований менеджмент і розуміють переваги диверсифікації логістики різних матеріалів, особливо біомаси як палива. Зазвичай такі компанії забезпечують більш надійні поставки, оскільки є більш масштабними та мають належний досвід у логістиці. Вони надають гарантії на постачання біомаси і виконують класичну роль посередника між виробником та споживачем. Договори на поставку біомаси типово базуються на тоннах/щільних куб. м, а також на партіях, проте обсяги поставок значно більші, ніж для попередньої концепції. Відносини між компанією та споживачем, як правило, довготривалі, а не одноразові, договори укладаються на фіксований строк (як правило, один рік та більше). Якість біомаси у договорах можуть обумовлювати, але не завжди, контроль за якістю партії належить, як правило, споживачу. Типові обсяги поставок за такої схеми – 1000–10000 т/рік сухої біомаси. Також такі компанії можуть мати спеціалізовану техніку для перевезення саме пелет (пелетовози, вантажівки для сипучих матеріалів з

нарощеними бортами та маніпуляторами для завантажування біг-бегів). Вони можуть постачати пелети від виробників пелет населенню або невеликому підприємству в невеликих обсягах у мішках і біг-бегах (10, 15, 25, 50, 100, 500, 1000 кг) та насипом (до 10 000 т/рік).

Третя концепція («Повний цикл постачання біомаси») – спеціально створені компанії, основною діяльністю яких є саме логістика біомаси (наприклад, Kriger Energy Holding, Kolbe Ukraine, Укртепло, HeatEco, частково Vin Pellet, BiogasEnergo Ltd.). Зазвичай такі компанії являють собою так звані вертикально інтегровані підприємства і мають повний цикл для реалізації проектів енергетичного використання біомаси: розробка та виробництво котлів, обслуговування та експлуатація обладнання, адміністративний відділ, науково-конструкторський відділ, виробництво та постачання теплової енергії, повна організація циклу постачання біомаси, часто також і виробництво пелет або рідких біопалив. Такі підприємства мають власну спецтехніку, склади (у власності або оренді), відділ контролю якості біомаси, контроль запасів біомаси тощо. Як правило, такі компанії здійснюють постачання біомаси на власні об'єкти генерації або переробки (пелетні заводи), проте, оскільки є вся потрібна техніка, можуть організувати поставку великих партій біомаси на

замовлення сторонньої компанії. Такі компанії створювалися з метою самозабезпечення ресурсами біомаси, мають власну сировинну базу, тому вони знають про всі особливості логістики біомаси і є найнадійнішими постачальниками. Договори зазвичай містять якісні та кількісні показники на вимогу клієнта і є довготривалими (один-два роки і більше). Власний автотранспорт здебільшого обладнаний автоматичними системами моніторингу (включно із системами GPS), що унеможливорює випадки недобросовісних поставок. Типове також власне сертифіковане виробництво пелет, яке завантажується залежно від поточної кон'юнктури ринку. Схема логістики за участю таких вертикально інтегрованих компаній є найдоцільнішою, проте наразі таких компаній в Україні обмежена кількість – до 10, а можливості поставок сторонньому споживачеві достатньо обмежені.

У деяких ситуаціях енергетична компанія, що використовує біомасу (власник котельні, теплокомуненерго, обленерго, власник ТЕЦ, виробник пелет), здійснює логістику власними силами. Усі затрати на логістику в такому разі додаються до загальних операційних витрат виробництва. Така система може сприяти нерентабельності виробництва в порівнянні із закупівлею біомаси у сторонньої спеціалізованої логістичної компанії.



Рис. 5.22. Схематичне зображення основних трьох концепцій логістики біомаси

Найімовірнішим сценарієм розвитку сектору логістики біомаси є комбінація всіх трьох концепцій. Звісно, Концепція № 3 є кращою, але й найбільш затратною практикою. Водночас компанії, що здійснюють тільки логістику за допомогою добре розвиненої інфраструктури, але без спеціалізації на логістиці саме біомаси (Концепція № 2), не знають усіх особливостей організації ланцюгів постачання саме для біомаси. Крім того, їхня основна мотивація – отримати прибуток саме від постачання, тоді як мотивація вертикально інтегрованих компаній із власним виробництвом пелет і теплової енергії з біомаси полягає також у ризику втрати всього бізнесу в разі помилок на етапі логістики.

З практичної точки зору стан сектору логістики біомаси в Україні характеризується такими особливостями:

- На сьогодні логістика біомаси є досить прибутковим і стабільним видом окремого бізнесу з порівняно високою маржою. Це пов'язано насамперед із стрімким розвитком внутрішнього ринку біомаси через зрівнювання ціни на природний газ для всіх категорій споживачів (насамперед, для побутового сектору), а також із випереджаючим зростанням цін на викопні палива проти зростання цін на біомасу. Біомаса (особливо найдешевші її види, такі як первинні та вторинні агровідходи) стає більш конкурентним паливом через збільшення розриву вартості одиниці енергії проти традиційних видів палива;

- Упродовж 2013–2016 рр. зростання попиту на біомасу, що випереджав постачання, стимулював розвиток кількох вертикально інтегрованих компаній, цільовою діяльністю яких стала організація повного циклу постачання теплової енергії з біомаси кінцевому споживачеві. Цими компаніями були створені замкнені ланцюги постачання біомаси для за-

безпечення власних потреб у паливі для виробництва теплової енергії. Це дало змогу зменшити/розподілити ризики непостачання біомаси від сторонніх постачальників. Такі компанії вже мають потрібний досвід та власну спецтехніку для здійснення надійного постачання. Проте значна частка біомаси, що заготовлюється цими компаніями, вже використовується на власні потреби, а надлишок є доволі незначним;

- Як правило, компанії – споживачі біомаси (пелетні виробництва, котельні, ТЕС, ТЕЦ тощо) не мають змоги власними силами здійснювати логістику біомаси, не мають спецтехніки, інфраструктури та не обізнані в цій сфері для всього комплексу операцій ланцюга постачання. Постачання біомаси для них здійснюють зовнішні постачальники за всіма концепціями логістики, представленими вище (Концепції № 1–3);

- Відносини між постачальником та споживачем біомаси не врегульовані. Як правило, вони базуються на контрактній основі, проте стандартної форми типового договору на постачання немає. Унаслідок цього кожний договір на постачання є унікальним відповідно до регіональних умов та конфіденційним. Це створює підґрунтя для існування недобросовісних постачальників і тіньових схем постачання, що впливають на кінцеву ціну продукції;

- Двосторонні договори на постачання, як правило, короткотривалі, тому укладають їх строком на один рік з можливістю пролонгації. Тільки за край обмежених обставин договори укладають на строк понад один рік. Така ситуація створює значний ризик зриву поставок у разі неподовження договору на постачання біомаси через банкрутство/ліквідацію/консервацію компанії-постачальника. Таким чином, споживач біомаси (пелетне виробництво) вимушений вдаватися до

диверсифікації постачальників, пошуку резервних та альтернативних постачальників на випадок зриву постачання основних постачальників, що збільшує загальні операційні витрати виробництва¹⁶¹;

- Брак розвинуеного ринку біопалива сприяє значним коливанням цін на сировину та постачання для різних компаній-споживачів і створює умови для недобросовісної конкуренції. Біржи біомаси¹⁶², що є наразі кращою світовою практикою взаємовідносин між постачальником та споживачем, в Україні фактично немає. Є кілька розрізнених платформ для купівлі-продажу біомаси¹⁶³, проте поки що жодна з них не відповідає функціям повноцінної онлайн-біржі;

- Некоректні підходи до моніторингу якості та кількості поставленої біомаси. Наприклад, зазвичай серед таких обов'язкових для періодичного контролю якісних параметрів біомаси, як вологість, розмір фракції, зовнішній вигляд, колір, теплотворна здатність, сипучі властивості, міцність, насипна щільність, елементарний склад, тип відходів, у кращому разі контролюється тільки вологість і розмір фракції (вимірювання вибірково, відбір проб часто здійснюється хаотично, періодичність вимірювань значно нижче практично потрібної для послідовного та повного визначення вла-

стивостей поставленої біомаси). Кількість поставленої біомаси визначають розрахунковим методом через кубатуру вантажівки або за автомобільними накладними на вантаж, а не контролювати прямими вимірюваннями (наприклад, зважування кожної машини на автовагах). Це зумовлено заощадженням коштів на повноцінне обладнання для вимірювань, оплату роботи власної лабораторії, а також нерозумінням менеджментом компаній – виробників пелет важливості моніторингу, його внеску в зменшення операційних витрат виробництва. Усе це створює ризик щодо серйозної недопоставки біомаси. У договорах на постачання фіксують кількість поставленої біомаси у вологих тоннах (дуже рідко сухих тоннах) або партіях (вантажівках), що вимагає обов'язкового вимірювання маси кожної поставки на підприємстві-споживачеві. Якісні показники біомаси (як мінімум, вологість) обов'язково мають бути зафіксовані у договорі на постачання, та якщо ні, такі договори є абсолютно ненадійними. Додатково до вологості також бажано фіксувати у договорі на постачання такі практично важливі параметри біомасової сировини, як теплотворна здатність¹⁶⁴, насипна

161 З іншого боку, така ситуація створює конкурентне поле і стимулює основних постачальників добросовісно виконувати свої зобов'язання і боротися за споживача.

162 Біржа біомаси існує у більшості країн – лідерах використання біомаси: наприклад, біржа біомаси в Литві (BaltPoolEnergyExchangewww.baltpool.lt) упродовж двох років свого існування в середньому знизила загальну ціну біомаси до 25–30%. До особливостей організації біржі належать такі головні аспекти, як ведення реєстру та рейтингу, «інтерактивність» – моментальне розміщення пропозицій, «відкритість» – достатньо зареєструватися на веб-сайті й можна продавати біомасу, «купівля наосліп» – покупець вибирає лот і не знає, яка саме компанія пропонує цей лот.

163 <http://oferteo.com.ua/peleti>; <http://pelleta.com.ua/>; <http://bio-ex.com.ua/>; <http://ecowaste.com.ua/>; <https://www.ueex.com.ua/rus/ueex/>; <http://greenergy.com.ua/>

164 На жаль, для невеликих виробництв (до 5000 т/рік пелет, котельня до 1 МВт), що є найрозповсюдженішими в українських умовах, моніторинг усіх параметрів, особливо теплотворної здатності, дуже затратний і, як наслідок, на практиці не можливий. Затрати на організацію лабораторії, навчання та оплату праці персоналу, додаткові прилади контролю не окупаються додатковим ефектом зниження ризику поставки неякісної біомаси. У таких ситуаціях окремі партії біомаси можуть бути передані на аналіз стороній організації – незалежній сертифікованій лабораторії. Проте така схема роботи також має ризики: 1) ціна одного аналізу для однієї партії сягає 200–300 євро за ціною всієї партії (одна вантажівка) 1000–1500 євро; 2) часові затримки – для підписання акту прийому з постачальником певної партії аналіз властивостей біомаси цієї партії потрібен миттєво, а відсилка проби біомаси та отримання результатів аналізу від сторонньої організації займає додатковий час (у середньому 3–7 днів), отже, виникає потреба у підписанні акту прийому партії біомаси наосліп; 3) секторальна акредитація/сертифікація деяких лабораторій не відповідає діяльності, яку вони декларують. Тому найпоширенішим методом контролю якості біомаси є вимірювання вологості для кожної партії (у

щільність, колір, фракція, міцність. Їх обов'язково мають регулярно контролювати на виробництві, як мінімум для кожної партії. У разі відхилення цих параметрів від зафіксованих у договорі (таке, як правило, не рідкість), вноситься відповідна поправка (понижуючий коефіцієнт) на ціну біомаси. Також у договорі мають визначати нижні границі цих параметрів. Наприклад, якщо теплотворна здатність під час вимірювання виявилася нижче 6 МДж/кг, така біомаса не купується взагалі;

- Процес постачання базується на прийманні партій¹⁶⁵ (якщо немає безперервних засобів моніторингу). Кожна партія (вантажівка з біомасою) має бути предметом оперативного контролю двох сторін – постачальника та споживача. Отже, постає питання необхідності додаткового персоналу на складі споживача біомаси.

Останнім часом деякі постачальники біомаси пропонують схему взаєморозрахунків не за одиницю маси, а за одиницю енергії (наприклад, за ГДж поставленої біомаси). Така схема широко використовується у країнах – лідерах енергетичного використання біомаси, позбавлена всіх ризиків контролю якості біомаси і є дуже перспективною. Моніторинг по суті зводиться до вимірювання кількості виробленої теплової енергії на енергетичному обладнанні.

разі тюкованої соломи – тюка), а потім визначення теплотворної здатності розрахунковим методом за відомою вологістю (ця залежність для всіх типів біомаси лінійна). Вологість може бути просто, дешево та точно виміряна працівником-приймальником на складі виробника пелет або котельні.

¹⁶⁵ За браком автовагової на виробництві, застосовується розрахунковий метод визначення маси партії – через відомий об'єм вантажівки (паспортна кубатура) та вимірювану насипну щільність біомаси (яка вимірюється періодично, наприклад, раз на тиждень/місяць). Такий метод створює ризик недопоставки біомаси у разі флуктуацій насипної щільності різних партій упродовж періоду вимірювання. Деякі реальні проекти стикнулися із серйозною кількістю недопоставок через таку схему моніторингу. Отже, рекомендується встановити автовагову і впровадити метод прямого зважування.



5. 6. ВИНИКНЕННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ВИДІВ ПАЛИВА З БІОМАСИ

У зв'язку з останніми змінами в рівнях тарифів на теплову енергію, можна припустити, що сектор постачання біомаси буде стрімко розвиватись у найближчій перспективі. Із поступовим розвитком сектору розвиватиметься також сектор переробки біомаси, виробництва пелет, виробництва біопалив, біометану, з'являтимуться нові типи біомаси по мірі вибору потенціалу доступних типів. Серед

спеціалізованих видів палива, що можуть прямо конкурувати з пелетами або бути сировиною для виробництва пелет, крім традиційних агровідходів, деревних відходів, лушпиння, торфу, можна відмітити такі види:

1) Енергетичні культури. Потенціал цього ресурсу біомаси оцінюється на рівні до 50 млн т/рік (20 млн т н. е.) залежно від сценарію розподілу насаджень.

Спеціалізований вид палива	Плантації енергетичних культур
Опис та масштаб діяльності	Плантації енергетичних культур на занедбаних ораних землях Типові розміри плантації: 1000–2000 га Типова тривалість життєвого циклу: 20 років
Потенціал впровадження	118 000 га до 2020 р.
Види енергокультур, придатних для вирощування в Україні	Верба, міскантус, тополя, кукурудза на силос, переважно іноземні види (20 т/га/рік) та деякі види українського походження (10–12 т/га/рік)
Передумови зростання сектору	Великий потенціал для вирощування – понад 3,5 млн га занедбаних земель, що за властивостями ґрунту та клімату добре підходять саме для вирощування енергетичних культур, а для агродіяльності малоприсадибні; Зростання внутрішнього попиту, конкуренція за деревні види біопалива, швидке зростання ціни на біомасу; Новий ринок з низькою конкуренцією; Широкий діапазон можливостей використання вирощених енергетичних культур (експорт, виробництво пелет, виробництво тріски, біогаз), здобути першість щодо охоплення високої частки ринку; Сприятливі кліматичні та земельні умови для високих показників продуктивності енергетичних культур; Деякі види верби/міскантусу вже внесені до національного реєстру сільськогосподарських рослин;

Різноманітність бізнесу – крім енергетичного використання, існує можливість продажу окремих видів саджанців енергорослин, що добре пристосовані до ґрунтово-кліматичних умов України;

Позитивний досвід деяких українських компаній (Salix Energy, Укртепло).

2) Торефіковані види біомаси – стандартні види біомаси (деревина, солома), що зазнають впливу високої температури без доступу кисню, таким чином, підвищується енерговміст та ущільнюється паливо.

3) Біопалива II/III покоління – рідкі (біоетанол, біодизель, біобензини, піропалива, біонафта), газоподібні (синтез-газ газифікації, біогаз), тверді (біовуглець, органічна фракція після переробки сміття) види палива з відновлюваних відходів. Треба відмітити, що біопалива першого покоління вже не проходять за критеріями сталості біомаси з 1 січня 2016 р. (не забезпечують скорочення викидів понад 35 %). Розвиток цього сектору в Україні доволі лімітований через низку критичних законодавчих і технічних бар'єрів.

4) Використання органічної частини твердих побутових відходів – для компактування і переробки, прямого спалювання, отримання біопалив та біогазу;

5) Біометан – біогаз, очищений до якості природного газу із закачуванням у трубопроводи.

Найперспективнішим серед спеціалізованого біопалива є енергетичні плантації. Інші сектори можуть бути інтегровані пізніше, оскільки наразі передумови для їхнього розвитку обмежені.

Нижче, для роз'яснення стану в секторі виробництва пелет і теплової енергії, надано детальні ринкові карти. Показано, які є (розвинуті, неро-

звинуті) сфери діяльності відповідно до кожного сектору.

Так, наприклад, у секторі теплової генерації загалом розвинені постачальники основного обладнання та споживачів теплової енергії, проте не розвинений сектор послуг та постачання палива. У секторі виробництва пелет досить розвинена інфраструктурна частина (термінали, трейдери, постачальники запасних частин та основного обладнання), проте не розвинені, знову ж таки, сектор послуг, біржа біомаси, постачання та логістики, рамкові умови діяльності у секторі також нестабільні.



Рис. 5.23. Карта сектору теплової генерації з біомаси



Рис. 5.24. Карта сектору виробництва пелет

5. 7. ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТА ВПЛИВ ФІНАЛЬНОГО СПОЖИВЧОГО РИНКУ (ВНУТРІШНЬОГО ТА ЕКСПОРТНОГО)

На сьогодні внутрішній ринок пелет тільки починає зростати, він зазнавав періодів як серйозних просідань (2013–2014 рр.), так і процвітання (2008–2012 рр. та частково 2015–2016 рр.). Тому прогнозувати розвиток цього сектору дуже важко, адже такі прогнози зазвичай мають тенденційний характер і залежать від суб'єктивної експертної думки. Тим не менш, оскільки наразі енергетична політика України направлена на всебічне заміщення природного газу

в теплопостачанні, а ринок постачання непідготовленої біомаси не випереджає розвиток ринку пелет (навіть дещо відстає, адже він не має альтернативи експорту), можна припустити, що у короткостроковій перспективі до 2020–2030 рр. сектор виробництва пелет стрімко розвиватиметься.

Зважаючи на попередні тенденції розвитку сектору, а також специфічні передумови розвитку для кожного виду пелет, розроблено такий прогноз розвитку сектору до 2030 р. (рис. 4.25).

Табл. 5.24. Специфічні передумови розвитку виробництва агропелет, деревних пелет і пелет з лушпиння

Сировина	Передумови
	До 2020 р.
Пелети із соломи	Негативні: • висока конкуренція з пелетами із лушпиння не дає змоги розраховувати на високу ціну реалізації до 2020 р.; • невикористаний потенціал інших видів сировини для пелет, які простіше спалювати; • експортний ринок агропелети в стагнації; • брак спеціалізованого обладнання для спалювання/виробництва і планів з виробництва такого обладнання до 2020 р.; вірогідна поява таких виробників тільки після 2020 р.; • заміщення природного газу в період 2016–2020 рр. очікується переважно у приватному секторі, де агропелети складно використовувати через високу зольність та низьку ступінь автоматизації котельного обладнання.

Сировина	Передумови
	Позитивні: - конкурентний вид палива з природним газом; - наявність кількох великих виробництв у робочому стані, але недозавантажених; - наявність схем для організації повного циклу логістики сировини; - низька конкуренція за агросировину, ресурс сировини майже невикористаний; - розуміння ринку діючими виробниками, набуття досвіду в процесі роботи за 2012–2016 рр.
Пелети з деревини	Негативні: - відносно обмежений потенціал вільної деревини у кількох регіонах, - висока конкуренція за сировину. Позитивні: - конкурентний вид палива з природним газом; - низький коефіцієнт завантаження більшості виробництв, можливість різко та з мінімальними затратами підвищити продуктивність на існуючих підприємствах; - доступність деревини як сировини для виробництва пелет до 2020 р.; - розвинений ринок паливних котлів для спалювання деревних пелет; - можливість впровадження в побутовому секторі; - переорієнтація з експорту на внутрішній ринок, довгострокові контракти на постачання.
Пелети з лушпиння	Негативні: - ресурс лушпиння повністю задіяний; для збільшення виробництва потрібно нарощувати потужності щодо переробки соняшнику та засівати більше площ під соняшник. Позитивні: - низька собівартість виробництва пелети через високу концентрацію та великі масштаби; - відпрацьована технологія, що добре себе зарекомендувала; - немає потреби в організації довгого ланцюга постачання, менші капітальні витрати.
2020–2030 рр.	
Пелети із соломи	Негативні: немає.

Сировина	Передумови
	Позитивні: • вибраний потенціал інших більш простих видів сировини для виробництва пелет вимагатиме пошуку альтернативних джерел сировини, якими буде агросировина різних видів; • зростання ціни на агровідходи буде меншим, ніж зростання ціни на ринку відходів деревини та лушпиння через більш низьку конкуренцію у секторі; випереджаюче зростання ціни на викопні палива залишатиме конкурентними пелети з агросировини; • створення надійних та простих систем спалювання агропелет, поява кількох десятків виробників котлів для спалювання пелет із соломи, виробників ліній гранулювання, зокрема вітчизняних; • загальна лібералізація ринку тепла, створення конкурентного ринку тепла; • введення «зеленого» тарифу на сумісне спалювання агропелет із вугіллям на великих ТЕС (як один із способів зменшення викидів забруднюючих речовин).
Пелети з деревини	Негативні: • нестача ресурсу деревини (вибирання ресурсу в період 2015–2020 рр.); • насичення ринку деревних котлів та виробників пелет. Позитивні: • повністю амортизоване виробництво, що введено в дію у 2010–2020 рр., зменшення собівартості; • закріплення виробництва пелет з деревини як окремого сектору.
Пелети з лушпиння	Негативні: • ресурс лушпиння повністю задіяний, для збільшення виробництва потрібно нарощувати потужності з переробки соняшнику та засівати більше площ під соняшник; • конкуренція на технічні культури з боку сектору виробництва біопалива другого, третього покоління, використання посівних площ під силос для виробництва біогазу або для вирощування енергетичних плантацій; • оновлення основних фондів виробництва та переробки соняшнику, значні інвестиції в сектор. Позитивні: • загальне збільшення продуктивності та врожайності технічних культур; • економічно рентабельний бізнес; • низька собівартість виробництва пелет через високу концентрацію та великі масштаби.

Серед загальних співвідношень, завдяки яким можна оцінити подальший розвиток сектору, можна відмітити такі:

- Співвідношення між загальним споживанням твердого біопалива для виробництва енергії та виробництвом пелет в Україні і більшості країн-сусідів (Польща, Словаччина, Угорщина) становить 10/1; це співвідношення є відносно стабільним та не змінюється з розвитком сектору;

- За даними енергетичного балансу, у 2014 р. було використано 2,2 млн т н. е. твердого біопалива на виробництво енергії (у натуральних тоннах приблизно 10 млн т), до того ж виробництво пелет було на рівні близько 1 млн т/рік (тобто 10 % від загального споживання біомаси);

- Згідно з НПВДЕ до 2020 р. зобов'язання України щодо використання ВДЕ, зокрема біомаси, становить 5 млн т н. е. у валовому кінцевому енергоспоживанні. Або близько 21 млн т у натуральному паливі. Отже, виробництво пелет має вийти приблизно на 2 млн т у натуральних одиницях у 2020 р.

- У 2030 р., згідно з проектом Енергетичної стратегії до 2035 р., розробленою Інститутом стратегічних досліджень та політичних консультацій, внесок біомаси у валове кінцеве енергоспоживання повинен досягти 11 млн т н. е., або до 42 млн т у натуральному паливі, до того ж до 3 млн т у натуральному паливі мають бути пелети (7,2 %, оскільки за умов насичення ринку співвідношення дещо зміщується в бік непідготовленого палива).



Рис. 5.25. Прогноз розвитку виробництва пелет до 2030 р., тис. т/рік

Як видно на рисунку вище, до 2020 р. істотного зростання виробництва агропелет не передбачається, замість них переважно продовжують використовувати більш легке щодо спалювання паливо – лушпиння та деревину. З 2020 р. по 2030 р. прогнозується піднесення сектору виробництва агропелет з лушпиння, а виробництво деревних – навпаки, стабілізується, що пов'язано передусім з нестачею деревних ресурсів після 2020 р. і потребою пошуку альтернативних видів сировини для виробництва пелет. Розвиток сектору виробництва пелет з лушпиння має неперервно зростаючий характер, без різких змін та стрибків.

Крім того, нижче наводимо так званий оптимістичний сценарій розвитку сектору, розроблений Українським пелетним союзом, яким було прогнозовано стрімке зростання обсягів виробництва твердого біопалива (рис. 5.26)

разом із збільшенням внутрішнього попиту. За даними цієї організації, особливо інтенсивно зростатиме ринок виробництва агропелет: до 3 млн т/рік у 2020 р. із середньорічним приростом +400%/рік (за бази 146 000 т у 2016 р.). Ці цифри наразі видаються надто завищеними, проте деякі передумови для такого стрімкого стрибку у виробництві агропелет є. За подолання бар'єрів та усунення ідентифікованих критичних точок у секторі, такий стрімкий розвиток цілком вірогідний. Показники зростання виробництва деревних пелет (до 2,5 млн т/рік) та пелет з лушпиння соняшнику (до 2 млн т/рік) є дещо нижчими, що пов'язано насамперед з обмеженим потенціалом вільних сировинних ресурсів біомаси у цих секторах, а також з економічними причинами, які полягають у тому, що нині встановилася доволі висока ціна на вільну деревну сировину та вторинні агровідходи.

Також потрібно мати на увазі, що розвиток сектору виробництва пелет усе ще дуже залежить від експортних можливостей, які наразі досить обмежені. Відновлення інтересу і стабільного попиту на українські пелети, особливо агропелети, також є важливим стимулом для розвитку та розширення існуючого бізнесу.

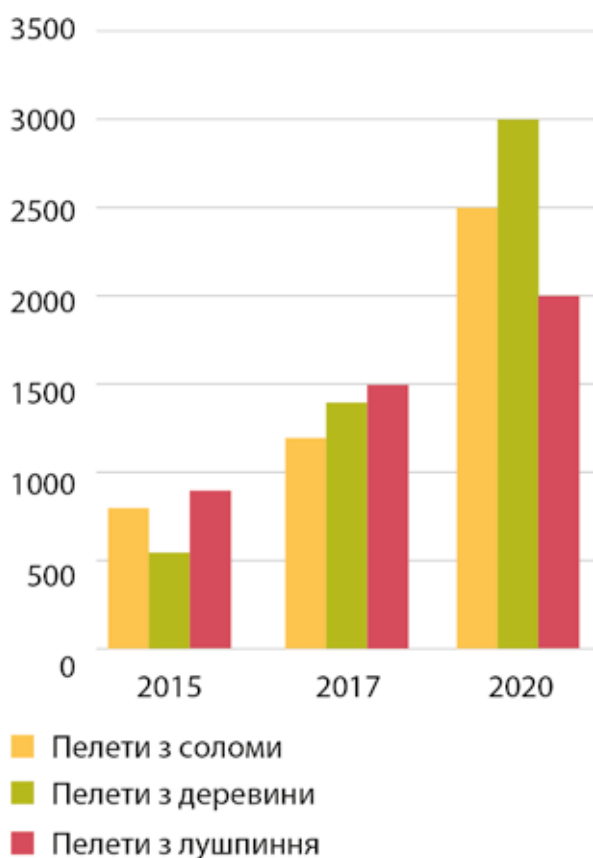


Рис. 5.26. Прогноз зростання виробництва пелет до 2020 р., тис. т

5. 8. ПЕРЕШКОДИ ТА МОЖЛИВОСТІ РОЗВИТКУ РИНКУ ПЕЛЕТ В УКРАЇНІ

Про критичні проблеми, перешкоди та бар'єри розвитку сектору виробництва пелет уже багато згадано у попередніх розділах. Нижче надано

структурований аналіз усіх бар'єрів за категоріями та важливістю кожного, а також можливі шляхи для їхнього усунення.

Табл. 5.25. Аналіз бар'єрів та критичних перешкод сектору виробництва агропелет

№ з/п	Опис бар'єра	Категорія бар'єра	Шляхи подолання	Важливість
1	Високі відсоткові ставки за кредитами (30–40 % річних для компаній), тоді як типовий IRR для проектів з виробництва агропелет – 15–30 %), що не покриває навіть відсоток за кредитом. Висока вартість технологій, брак або обмеженість фондів для фінансування технологій виробництва пелет	Економічні та фінансові	Міжнародні програми точкової фінансової підтримки, відкриття кредитних ліній із заниженою ставкою, створення фондів для точкового фінансування (наприклад, Фонд енергоефективності, Фонд ВДЕ)	Надзвичайно важливий
2	Недостатність власних коштів підприємств, потреба в пошуку окремих пільгових джерел фінансування	Економічні та фінансові	Грантова допомога підприємствам, кредитні лінії із зниженою ставкою, лізингові програми	Надзвичайно важливий
3	Висока економічна нестабільність, як наслідок – великі коливання курсів валюти, що створює високі ризики інвестицій в іноземне обладнання	Економічні та фінансові	Нормалізація макроекономічної обстановки	Дуже важливий
4	Додаткові витрати, пов'язані з потребою обслуговування іноземного обладнання та модифікації існуючої інфраструктури підприємства під виробництво нового типу продукції ¹⁶⁶ .	Економічні та фінансові, технічні	Реалізація демонстраційних проектів; механізм компенсації додаткових витрат, грамотне врахування витрат на етапі планування проекту	Важливий

¹⁶⁶ Мається на увазі налагодження та усунення несправностей у процесі експлуатації іноземного обладнання в Україні. Це тягне за собою, як правило, виклик іноземних спеціалістів – представників виробника обладнання та їхню оплату праці. У деяких ситуаціях існуюча інфраструктура підприємства, на якому планується впровадження пелетного виробництва, потребує широкомасштабної реконструкції. Вартість такої реконструкції може перевищувати вартість основного обладнання, що здатне зупинити проект через брак фінансування.

№ з/п	Опис бар'єра	Категорія бар'єра	Шляхи подолання	Важливість
5	Низька технічна, інституційна та аналітична підготовка консультантів, що розробляють проекти/ТЕО/бізнес-плани, недостатній конкретний технічний досвід щодо оцінки біоенергетичних та пелетних проектів. Як наслідок – помилки у плануванні, затратах, неправильно оцінюються початкові інвестиції.	Кваліфікаційні навички	Проведення досвідченими зарубіжними компаніями безкоштовних тренінгів і технічних екскурсій на діючі виробництва (в тому числі у ЄС) для українських консультантів, безкоштовна розробка ТЕО/бізнес-плану для українських компаній (покриття затрат банком), розробка та оприлюднення «пілотних» ТЕО пелетних ліній, публікація брошур та практичних посібників	Дуже важливий
6	Здебільшого невисока якість впровадження готових проектних рішень (низька культура праці). Як наслідок – зниження продуктивності установки, підвищення енерговитрат, зниження загальної якості роботи лінії проти запланованих (заявлених виробником) показників	Кваліфікаційні навички		Надзвичайно важливий
7	Брак адаптації освіти до нових технічних реалій, брак профільних предметів з біоенергетики у середніх та вищих навчальних закладах	Кваліфікаційні навички	Розробка спецкурсів та зміна програми освіти за допомогою Міністерства освіти і науки України	Малозначущий
8	Застаріла система співпраці та обміну досвідом між дослідницькими, науково-конструкторськими установами, профільними асоціаціями, міністерствами, чиновниками, бізнесом, населенням	Інституційні/організаційні	Створення спільної платформи для обміну досвідом (наприклад, асоціація, об'єднання співвласників, організації, що має дослідницько-прикладний кластер (наприклад, JRC, FAO, FNR, TU Wien тощо)	Малозначущий
9	Брак послідовної координації державної політики у сфері біоенергетики (зазвичай одні й ті самі функції дублюються у різних міністерствах та відомствах, перехресна відповідальність створює підґрунтя для «ходіння по колу»)	Інституційні/організаційні	Реформування системи розподілу функцій між міністерствами, загальне скорочення персоналу чиновників	Важливий

№ з/п	Опис бар'єра	Категорія бар'єра	Шляхи подолання	Важливість
10	Нерозвинений ринок біомаси: недостатньо надійних постачальників біомаси, складність укладання довгострокових контрактів (зазвичай укладання на один рік), ризик низької якості біомаси, нестабільність ринків збуту продукції, обмеженість послуг із сервісного обслуговування, недостатньо виробників обладнання тощо	Нерозвиненість ринку	Впровадження вертикально-інтегрованих пілотних проектів «під ключ» із комплексною організацією всього ланцюга постачання біомаси, проведення демонстраційних кампаній для бізнесу	Надзвичайно важливий
11	Монополізація енергетичного сектору кількома компаніями (ДТЕК, Енергоатом, Нафтогаз, інші державні та комунальні компанії), що можуть диктувати власні правила у боротьбі за ринок та перешкоджати впровадженню альтернативних джерел енергії та розвитку конкуренції	Нерозвиненість ринку	Демонополізація енергетичного сектору – як одна з умов надання міжнародної фінансової підтримки Україні, обов'язкові цілі щодо частки ВДЕ у загальному енергобалансі окремих монополістів ринку, створення конкурентного ринку тепла та електроенергії	Дуже важливий
12	Недосконала тарифна політика у сфері теплової генерації, що більше направлена на стимулювання виробництва тепла з природного газу, ніж з біомаси, конфлікт інтересів у разі підключення альтернативного постачальника тепла до комунальної мережі, брак конкурентного ринку теплової генерації	Нерозвиненість ринку	Ухвалення закону № 4334, створення конкурентного ринку тепла	Надзвичайно важливий
13	Низький рівень «зеленого» тарифу для біомаси та біогазу	Політичні, законодавчі, регуляторні	Корегування законодавства (Закон про електроенергетику)	Надзвичайно важливий

№ з/п	Опис бар'єра	Категорія бар'єра	Шляхи подолання	Важливість
14	Складні та довготривалі бюрократичні процедури узгодження проекту, землевідведення, затвердження та перевірки кошторисів, ОВНС, бізнес-плану, технічної документації, отримання дозволів та сертифікатів, корупційний складник на кожному етапі	Політичні, законодавчі, регуляторні	Реформування процедур видачі дозволів, спрощення процедур (наприклад, процедури землевідведення під біоенергетичні проекти)	Важливий
15	Скасування у 2014 р. відшкодування 20% ПДВ за імпорту біоенергетичного обладнання в Україну Постанова КМУ № 719 (Скасування постанови № 444 від 14 травня 2008 р.) ¹⁶⁷	Політичні, законодавчі, регуляторні	Повернення процедури відшкодування ПДВ – як одна з вимог надання міжнародної фінансової підтримки	Важливий
16	Введення додаткового 5% мита на ввезення біоенергетичного обладнання на митну територію України ¹⁶⁸	Політичні, законодавчі, регуляторні	Скасування додаткового мита, що не відповідає принципам здорової конкуренції	Важливий
17	Брак загальних механізмів стимулювання для біоенергетичних проектів, що є стандартною світовою практикою (субсидії на закупівлю обладнання, відшкодування податку на прибуток, пільгове оподаткування, відшкодування ПДВ, покриття 20–30% початкових інвестицій із державного фонду тощо)	Політичні, законодавчі, регуляторні	Корегування законодавства, введення пільг на біоенергетичне обладнання	Дуже важливий
18	Заборона на приватизацію об'єктів комунальної теплоенергетики. Як наслідок – ризиковане входження приватної компанії у комунальний сектор (за механізмами державно-приватного партнерства чи оренди, концесії)	Політичні, законодавчі, регуляторні	Скасування заборони на приватизацію теплогенеруючих установок шляхом внесення змін до ч. 2 ст. 5 ЗУ «Про приватизацію державного майна» та їхнє виключення з переліку об'єктів, що не підлягають приватизації	Дуже важливий

¹⁶⁷ <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/719-2014-%D0%BF>

¹⁶⁸ <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/719-2014-%D0%BF>

№ з/п	Опис бар'єра	Категорія бар'єра	Шляхи подолання	Важливість
19	Бюджетні механізми фінансування об'єктів генерації передбачають автоматичне зниження фінансування за зниження витрат на виробництво (у разі заміщення природного газу біомасою)	Політичні, законодавчі, регуляторні	Корегування законодавства	Дуже важливий
20	Брак скоординованої державної політики та єдиних цілей щодо впровадження біоенергетичних технологій: велика кількість програм та стратегій, що суперечать одна одній, здебільшого не містять точкових механізмів стимулювання, а отже, і не виконуються.	Політичні, законодавчі, регуляторні	Координація національних цілей, створення та затвердження нової Енергетичної стратегії, що відповідатиме викликам сьогодення: строк планування – до 2050 р., передбачення значної частки ВДЕ (не менш як 40 % до 2050 р.) та скорочення споживання енергоресурсів та викидів парникових газів (не менш як 20 % у 2050 р. від рівня 2013 р.), узгодження з темпами світових тенденцій розвитку енергетичного сектору	Важливий
21	Загальна політика держави передбачає нарощування, а не скорочення енергоспоживання та викидів парникових газів до 2030 р., що не відповідає світовим тенденціям та взятим Україною зобов'язанням (Паризька угода ратифікована ВР 14 липня 2016 р.)	Політичні, законодавчі, регуляторні	Розбудова інституційної спроможності серед чиновників, програми технічної допомоги у створенні законодавства та точкових механізмів стимулювання ВДЕ, тренінги серед ключових відомств	Важливий
22	Брак гнучких механізмів торгівлі викидами, податку на CO ₂ або національної системи торгівлі викидами як додаткового стимулу впровадження біоенергетичних технологій	Політичні, законодавчі, регуляторні	Впровадження податку на CO ₂ або національної системи торгівлі викидами CO ₂ на прикладі успішної EU ETS	Важливий

№ з/п	Опис бар'єра	Категорія бар'єра	Шляхи подолання	Важливість
23	Недовіра, викривлене сприйняття біоенергетичних технологій з боку власників проектів. Зазвичай вони розглядають проекти як застарілі із незрозумілими складними технічними рішеннями, невизначеними економічними параметрами та високими вимогами до експлуатації	Соціальні, культурні, поведінкові	Інформаційні кампанії у медіа: Інтернет, ТВ, газети, соціальні мережі, інфографіка, брошури, постери на вулицях тощо	Малозначущий
24	Недостатній практичний досвід українських проектних організацій для проектування пелетних ліній. У результаті, як правило, додаткові витрати на виправлення помилок проектантів	Технічні	Тренінги проектантів, передавання практичного досвіду на пілотних проектах від зарубіжних проектних організацій (постачальників обладнання)	Важливий
25	Брак або вкрай обмежений доступ до ЕРС контрактів. Як наслідок – потреба розподілення різних операцій/функцій із впровадження проекту між окремими організаціями субпідрядниками	Технічні	Точкове стимулювання розвитку ринку біомаси (немає ринку >> немає послуги)	Важливий
26	Брак або дуже обмежена кількість (до 5) вітчизняних виробників ліній гранулювання агросировини та допоміжного обладнання. Низька якість та продуктивність обладнання	Технічні	Точкове стимулювання розвитку ринку біомаси (немає ринку >> немає послуги)	Дуже важливий
27	Брак або обмежена кількість (до 5) вітчизняних пропозицій від виробників спеціалізованого котельного обладнання, що може спалювати пелети соломи	Технічні	Точкове стимулювання розвитку ринку біомаси (немає ринку >> немає послуги)	Дуже важливий



6. ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Загальний стан ринку пелет в Україні

Ринок пелет в Україні є відносно молодим ринком, що демонструє загалом позитивну динаміку розвитку. Започаткований у 2002 р. виробництвом пелет з деревини, на сьогодні ринок пелет посідає за кількістю виробленого біопалива до 10% від усього ринку біомаси в Україні. У сезон 2015–2016 рр. було вироблено 1,3 млн т пелет, із яких 390 000 т – з деревини, 730 000 т – з лушпиння соняшнику, 146 000 т – з агробіомаси. До того ж експорт деревних пелет упродовж того ж періоду становив до 200 000 т, пелет з лушпиння – до 820 000, а експорту пелет із солом фактично не було. Наразі ринок переживає період переорієнтації з експорту на внутрішній ринок, і цьому частково сприяє зміна у пріоритетах енергетичної політики України.

Сектор виробництва пелет, незважаючи на велику кількість проблем різного характеру, має значний потенціал, особливо у виробництві аграрних пелет. Насамперед це пов'язано із значним досі незадіяним ресурсом агросировини в Україні, що становить, за різними оцінками, до 15 млн т н. е./рік. Розвиток виробництва пелет з лушпиння, де вільної сировини майже немає, залежить передусім від розширення існуючих виробництв на олійноекстракційних заводах, для яких виробництво пелет є додатковим видом діяльності та введенням нових виробництв і зміни структури посівних площ в Україні на користь технічних культур. Через значну вже задіяну частку деревини як палива виробництво деревних пелет має дещо менші перспективи. До 2030 р. обсяг ринку пелет може бути оцінений у 3 млн на-

туральних тонн готової продукції (або приблизно 1 млн т н. е.).

Процес переробки агросировини у пелети

Виробництво пелет з аграрної біомаси є достатньо відпрацьованим і вже давно досягло комерційного рівня розвитку. В основному за технологією процес переробки аграрної біомаси в пелети схожий на процес виробництва пелет з деревини, хоча й має деякі відмінності. Так, оптимальний процес гранулювання соломи можливий за дещо вищої вологості, ніж для деревини (5–10 % для деревини та 10–15 % для соломи зернових). Це зменшує вимоги щодо вологості соломи та дає змогу зазвичай не застосовувати сушарку, яка є традиційним обладнанням у переробці в пелети відходів деревини. Натомість у схемі переробки соломи особливим етапом є первинне подрібнення тюків, що здійснюється за допомогою спеціального обладнання. Подрібнення тюків виконують в одну або дві стадії, тому устаткування для цього процесу має бути поєднано в одному апаратурному комплексі. Для надійної роботи техніки вологість тюків не повинна перевищувати 25 %. За вологості вхідної сировини (соломи) менш як 20 %, можна не використовувати сушарку, хоча за такого варіанта посилюються вимоги щодо однорідності показників вологості соломи, які можуть різнитися залежно від умов збирання та зберігання соломи. Це своєю чергою вимагає додержання суворого контролю вологості з використанням

відповідного обладнання (мобільні вимірювачі вологості). Також важливим аспектом під час гранулювання соломи, для забезпечення якості продукції, є використання гарячої води або пари в процесі кондиціювання перед гранулятором. Оскільки солома має менший вміст лігніну, ніж деревина, вона потребує вищої температури перед процесом гранулювання. Це потрібно для того, щоб процес активізації зв'язувальних властивостей лігніну, що відбувається за високої температури, почав відбуватися раніше. Важливою вимогою в організації виробництва пелет із соломи є те, щоб грануляційне обладнання було адаптоване його виробником саме для використання соломи, з гарантуванням досягнення заявленої продуктивності обладнання та якісних характеристик пелет.

Істотною відмінністю у виробництві пелет із соломи є потреба в організації заготівлі тюкованої соломи та її складування для забезпечення виробництва протягом року, що потребує придбання відповідного парку техніки, яке за своєю вартістю може перевищувати вартість обладнання самого пелетного виробництва. Можливий також варіант використання покупних тюків, але він змушує виробника пелет залежати від покупної сировини, що нині є досить ризикованим рішенням, враховуючи недостатню розповсюдженість тюкувальної техніки в агрогосподарствах.

Виробництво пелет з лушпиння соняшнику є простішим за технологією, оскільки не вимагає попереднього, а лише остаточного подрібнення на молоткових дробарках, що являє собою загальну стадію для переробки всіх видів сировини.

Проблемні точки виробництва

Основними проблемами у виробництві агропелет є:

- Недостатньо відпрацьована система заготівлі тюкованої соломи, її складування та зберігання через брак відповідного досвіду. Як правило, підприємству з виробництва пелет із соломи потрібно не менш ніж два-три роки для відпрацювання та вдосконалення процесів забезпечення виробництва сировиною.

- Небажання деяких виробників продавати соломі стороннім споживачам через острах зашкодити родючості ґрунтів, що певною мірою є результатом традиційних поглядів на виняткову цінність соломи як добрива та недостатню поінформованість про апробовані підходи щодо додаткового внесення мінеральних добрив, а також про ту безпечну частку соломи або інших відходів рослинництва, що можуть вилучатись з полів без шкоди для їхньої родючості.

- Недостатній рівень завантаження виробництва, неритмічна робота, що призводить до збільшення собівартості продукції, підвищення питомих витрат електроенергії.

- Використання вживаного, низькоякісного обладнання або такого обладнання, яке не адаптоване до переробки соломи, що призводить до зниження надійності виробничого процесу, частих поломок, простоїв, збільшення витрат на ремонт.

- Прорахунки під час планування виробництва, неузгодженість характеристик обладнання на різних етапах виробничого процесу.

- Недотримання рекомендацій виробників щодо технологічних режимів через низьку кваліфікацію обслуговуючого персоналу.

- Неможливість або важкість у забезпеченні виробництв оригінальними запасними частинами та витратними матеріалами через брак налагоджених каналів отримання від виробників обладнання або брак відповідних сервісних центрів.

- Деякі проблеми пов'язані з особливостями аграрної сировини. Зокрема засміченість, наявність сторонніх включень (наприклад, каміння), а також велика абразивність, можуть призводити до більшої зношеності обладнання, скорочення строку служби змінних запасних частин (наприклад, строк служби матриць та роликів прес-гранулятора може бути меншим на 15–25 %, ніж у роботі на деревині).

- Проблемами, що більше стосуються організації виробництва, є неправильний вибір місця розташування пелетного виробництва з погляду можливостей забезпечення сировиною, невірна оцінка перспектив збуту продукції, неможливість виходу на європейські ринки, зокрема через значну віддаленість від перспективних ринків збуту.

Вимоги до продуктивності та енерговитрат

У середньому енерговитрати під час виробництва агропелет є нижчими, ніж під час виробництва пелет з відходів деревини, та дещо вищими, ніж під час виробництва пелет із сухої тирси. Це стосується витрат електричної енергії. Що ж стосується витрат теплової енергії, вони є істотно нижчими, ніж під час виробництва пелет із сирової тирси чи тріски через брак обов'язкової стадії сушіння сировини. Найнижчими є питомі витрати електроенергії під час виробництва пелет з лушпиння соняшнику, оскільки воно не потребує сушіння та первинного подрібнення та, крім того, процес гранулювання, що є найенерговитратнішим серед виробничих процесів, для лушпиння характеризується найнижчими питомими показниками. Більші питомі витрати електроенергії під час виробництва пелет із соломи, характерні для деяких виробництв, частіше за все є результатом низької продуктивності обладнання, спричиненої незадовільною його якістю, непристо-

сованістю до виробництва саме пелет із соломи або невиконанням технологічних режимів.

Збільшення масштабу виробництва, за його номінального завантаження, як правило, призводить до зменшення питомих енерговитрат, що справедливо за переробки всіх видів сировини.

Технології спалювання: проблеми та вирішення

Основними технологіями енергетичного використання пелет залишаються технології спалювання для отримання теплової енергії. Спалювання пелет з метою отримання електричної енергії (на ТЕЦ або сумісне спалювання з вугіллям на ТЕС) поки не набуло розвитку в Україні.

Що стосується пелет, основними технологіями їхнього спалювання в установках малої потужності є застосування пелетних пальників з верхньою, горизонтальною або нижньою подачею. В основному це стосується деревних пелет. Загалом деревні пелети можуть спалювати всіма доступними способами, зокрема на нерухомих та рухомих ґратах, у киплячому чи псевдокиплячому шарі, у циклонних та подових топках, за допомогою пилового спалювання з попереднім подрібненням тощо. Що ж стосується агропелет, особливо пелет із соломи зернових, найдоцільнішими способами є спалювання на водоохолоджуваних або охолоджуваних повітрям рухомих колосникових ґратах у системах з механічним золовидаленням. Також можливе застосування ретортного спалювання, але при цьому мають бути застосовані методи механічного руйнування шару розплавленої золи, що може блокувати процес видалення золи та шлаку із зони горіння. Також для таких пелет застосовують спеціальні способи спалювання, а саме – спалювання на обертальних

елементах, як було описано в розділі 4.2. Обов'язковими елементами систем спалювання агропелет мають бути системи автоматичного видалення золи, системи автоматичного розподілу повітря за зонами горіння з метою підтримання належних температур у зоні горіння, системи автоматичного очищення поверхонь нагріву котельного обладнання.

Основні проблеми, що виникають на етапі спалювання агропелет, пов'язані з їхніми фізико-хімічними властивостями та елементарним складом. Це, зокрема, підвищена зольність, плавлення золи, що викликає її спікання та призводить до блокування рухомих елементів топки, відкладення розплавлених часток на конвективних поверхнях теплообміну, що призводить до погіршення умов тепловіддачі, перегріву труб. Істотною проблемою, що виникає при спалюванні соломи в парових котлах на ТЕЦ та ТЕС, є високо-температурна корозія, що найбільше пошкоджує труби пароперегрівачів. Також під час спалювання соломи значно підвищене утворення твердих часток та аерозолів у вихідних газах, що створює додаткове навантаження на системи очищення димових газів, або може утворювати певні обмеження щодо їхнього використання з екологічної точки зору.

Основними методами подолання цих проблем є:

- **Попередній аналіз палива з метою визначення можливих проблем під час його використання,** що дає змогу зваженіше підійти до питань вибору обладнання і технології спалювання.

- **Попередня підготовка палива** (вилуговування із соломи небажаних хімічних елементів атмосферними опадами (зберігання в полі), додавання речовин, що змінюють співвід-

ношення мікроелементів у паливі та підвищують температуру плавлення золи (наприклад, вапно, каолін, доломіт, тальк), змішування з різними видами палива, зола якого має вищу температуру плавлення в пропорції, яка не викликає проблем під час спалювання суміші).

- **Сумісне спалювання з вугіллям чи торфом** (зола вугілля, як правило, має вищу температуру плавлення. Крім того, хімічні елементи, що містяться у вугіллі, здатні до деякої міри зменшити негативні явища під час спалювання аграрної біомаси).

- **Модифікація процесу спалювання** (водяне або повітряне охолодження решітки, рециркуляція димових газів, з метою зниження температури на поверхні решітки, спалювання на обертальних елементах, як у котлах Carborobot, або використання обертального пальника в системах з горизонтальною подачею за типом пелетних пальників Liberator).

- **Додаткові заходи** (встановлення екранів перед пароперегрівачем, застосування систем кріплення пароперегрівачів, що полегшують їхню заміну, застосування пароперегрівачів, захищених спеціальними покриттями, виготовлених з аустенітних сталей, сталей з підвищеним вмістом хрому, проектування пароперегрівачів таким чином, щоб летючі відкладення золи стікали з них у розплавленому стані, не утворюючи постійно наростаючого шару, організація перегріву пари в іншому котлі, що використовує паливо, яке не викликає відкладень на пароперегрівачі, обмеження температури перегрітої пари діапазоном 420–480 °C, для зменшення корозії та відкладень на пароперегрівачі, автоматичне запалювання та подача палива, автоматичне підтримання потрібного температурного режиму в топці, автоматичне чищення теплообмінних поверхонь, застосування більш потужних систем золовидалення, спеціаль-

них механічних розпушувачів золи, що заважають її спіканню, більш потужних систем очищення димових газів від летючої золи).

Донедавна вважалося, що високо-ефективне спалювання соломи можливе лише на великих установках, де легше впровадити технічні заходи, необхідні для забезпечення надійного функціонування. Проте на сьогодні вже існує кілька конструкцій котлів середньої та малої потужності, здатних забезпечити енергетичне використання соломи та пелет з неї, та з часом з'являються нові виробники такого обладнання. Зокрема котельне обладнання таких компаній, як Kara Energy, Hollensen Energy, REKA, Justsen Energiteknik, Biokaitra, Enerstena, Thermostahl, Granpal, PellasX, Carborobot, Saypet, Akkaya, може спалювати солом у вигляді пелет.

Про можливість спалювання у своїх котлах пелет соломи та іншої біомаси аграрного походження повідомляють такі українські виробники котельного обладнання: «Крігер», ТОВ «Енергія», ПОЖ Інка, TEFF, а також Інститут проблем екології та енергозбереження, що пропонує котли під маркою «PHOENIX».

Критичні точки ланцюга виробництва

Потенціал подальшого розвитку цього напрямку в Україні, на нашу думку, полягає в такому:

- Підвищення внутрішнього попиту на пелети з аграрної біомаси, що опосередковано вплине на збільшення виробництва таких пелет передусім діючими підприємствами (результат – підвищення коефіцієнта завантаження виробництва, зниження собівартості продукції), а також сприятиме створенню нових підприємств з виробництва агропелет перш за все в

тих регіонах, де виробництво інших видів пелет є обмеженим.

- Поширення технологій і техніки для тюкування соломи зернових. На сьогодні не всі агрогосподарства забезпечені такою технікою через обмеженість ринку збуту тюкованої соломи. Із збільшенням попиту на солом у як енергетичний ресурс, серед підприємств з виробництва пелет зросте затребуваність технологій і техніки для тюкування соломи. Щодо цього значну роль може відіграти розробка вітчизняної тюкувальної техніки, що забезпечувала б щільність тюків на рівні, досягнутому передовою зарубіжною технікою, та була б дешевшою за неї. Відповідно має потенціал розробка вітчизняної техніки для перевезення тюків та навантажувально-розвантажувальних операцій. Для енергетичного використання, в тому числі під час виробництва агропелет, найбільший потенціал має виробництво так званих енергетичних тюків розміром 1,2 x 1,3 x 2,4 м (або їхніх різновидів розміром 0,9 (0,7) x 1,2x2,4 м) вагою 450–600 кг, оскільки собівартість заготівлі та подальших операцій із солом у вигляді таких тюків є найнижчою, а можливість механізації відповідних процесів – найвищою.

- Поширення позитивного досвіду заготівлі тюкованої соломи для потреб виробництва пелет, включно з технічним та організаційним забезпеченням, взаємодією з агровиробниками тощо.

- Розробка котельного обладнання, пристосованого для спалювання аграрної біомаси, зокрема пелет із соломи зернових. На сьогодні в Україні є лише поодинокі приклади використання вітчизняного обладнання для спалювання пелет із соломи. Така ситуація спричинена наявністю обладнання невеликої потужності, що використовувалось нетривалий час. Для надання першочергового поштовху щодо розвитку енергетичного вико-

ристання пелет із соломи, наприклад, у сфері комунального теплопостачання, корисним було б впровадження низки пілотних проектів завдяки добре зарекомендованому іноземному обладнанню та поширенню набутого позитивного досвіду.

- Розробка стандартів агропелет із зазначенням вимог щодо їхньої якості або адаптація відповідних європейських стандартів.

- Розробка технологій виробництва агропелет зі стебел кукурудзи, соняшнику. Збільшення обсягів вирощування цих культур в Україні призвело до того, що за своїми об'ємами їхні відходи є вже більшими за об'єми соломи зернових (пшениці, жита, проса, вівса). Так, за даними 2014 року, енергетичний потенціал соломи зернових можна оцінити в 5 млн т у. п., а сумарний потенціал відходів кукурудзи та соняшнику – 5,6 млн т у. п. За попередніми даними, відходи кукурудзи та соняшнику мають ліпші паливні характеристики, ніж солома зернових (головним чином через нижчу температуру плавлення золи), що іноді робить можливим їхнє використання в котлах для деревних пелет. Певною проблемою щодо цього в Україні є брак технологій заготівлі такої біомаси у вигляді тюків і відповідної техніки.

- На законодавчому рівні поштовхом для подальшого розвитку використання біомаси, зокрема агропелет, є впровадження конкурентного ринку теплової енергії, що стимулюватиме застосування відповідного обладнання в комунальному теплопостачанні.

- Запровадження сумісного спалювання агропелет з вугіллям на теплових електростанціях. Такий вид спалювання є важливим способом енергетичного використання біомаси, перевагами якого є відносно невисокі капітальні витрати на відповідне обладнання (1100–1300 євро/кВтє).

Також практика використання бурого вугілля та біомаси на ТЕС Європи показує, що завдяки сумісному спалюванню за рахунок заміни частини бурого вугілля на біомасу знижується викид вуглекислого газу, сірки та оксидів азоту. На сьогодні у світі працює близько 234 установок сумісного спалювання. В Україні такого досвіду наразі немає – жодна теплова електростанція не використовує сумісне спалювання переважно через непоширення на неї дії «зеленого» тарифу¹⁶⁹, а також через те, що в Україні немає розроблених регламентів використання такого палива на теплових електростанціях. Переваги використання пелет за сумісного спалювання порівняно з біомасою в її первинному вигляді полягають в однорідності фізико-хімічних характеристик, низькій вологості, що створює мінімум проблем під час подрібнення. Крім того, є логістичні переваги, зокрема менша вартість доставки, адже насипна щільність пелет значно вища, ніж для необробленої біомаси, і це може мати істотні переваги щодо постачання на ТЕС, які розташовані на далекій відстані від джерел постачання біомаси.

- Технологічне вдосконалення виробництва пелет з аграрної біомаси та зниження їхньої собівартості полягає в такому:

- * використання якісного технологічного обладнання, особливо прес-грануляторів та подрібнювальної техніки;

- * стандартизація якості вхідної сировини;

- * збільшення коефіцієнта завантаження діючих підприємств;

- * збільшення масштабу підприємств (за умови можливості їхньої тривалої експлуатації з номінальною потужністю);

¹⁶⁹ Закон України «Про електроенергетику»: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/575/97-%D0%B2%D1%80>

* розроблення технологій гранулювання різних видів аграрної біомаси, зокрема відходів кукурудзи, сояшнику;

* дослідження використання добавок, що покращують якісні характеристики гранул, підвищують температуру плавлення золи;

* дослідження нових технологій виробництва пелет.

Доступність обладнання

Обладнання для виробництва пелет є доволі розповсюдженим, а його провідні виробники зосереджені здебільшого в Європі. Найвідоміші виробники грануляційного та супутнього обладнання – компанії Amandus Kahl, CPM Europe, Andritz Group, Buhler AG, Munch Edelstahl Salmatec, SPC AB, АТ «Радвилішкіський машинобудівний завод», Van Aarsen, La Meccanica, General Dies, Mechanika Nawrocki. В Україні виробники представлені такими компаніями, як: ICK Group, ТОВ «Артмаш», ТОВ «ТехноМаш Строй», ПП «Брикетуючі Технології».

В Україні доступний весь спектр обладнання провідних світових виробників, багато з яких мають свої представництва в Україні. Найбільші українські виробники агропелет впроваджують переважно обладнання провідних світових виробників, тоді як невеликі підприємства – частіше українське обладнання та обладнання країн колишнього СРСР. Деякі виробники досі використовують вживані та переобладнані лінії гранулювання трав'яного борошна типу ОГМ, що мало підходять для виробництва пелет із соломи. Колишній виробник цього обладнання АТ «Радвилішкіський машинобудівний завод», останніми роками випускає устаткування адаптоване до виробництва саме паливних пелет. Вибір вживаного або недостатньо апробованого обладнання часто зумовлено не тим, що більш ефективне обладнання не-

доступне або його немає, а бажанням заощадити на капітальних витратах, що потім нерідко призводить до завищених витрат на ремонт обладнання, позапланових зупинок, простоїв, неможливості досягти запланованої виробничої продуктивності та якісних показників. Наслідок такої «хазяйновитості» незабаром позначиться на зниженні загальної ефективності виробництва та неможливості ведення прибуткової виробничої діяльності.

Собівартість виробництва

Собівартість виробництва агропелет залежить від таких основних чинників:

- вартість сировини (у разі пелет із соломи – вартість соломи в полі та вартість її заготівлі);
- масштабу виробництва (чим більша його встановлена потужність, тим менші питомі капітальні витрати, питомі значення витрат електроенергії, вартість запасних частин, заробітна плата персоналу тощо).
- річної тривалості роботи, що характеризує ступінь використання встановленої виробничої потужності. Чим він вищий, тим нижчою є собівартість продукції.

Розрахункова собівартість пелет з тюкованої соломи, за умови її заготівлі власною технікою, становить 40–60 євро/т, при цьому собівартість безпосередньо виробництва, тобто без вартості соломи, становить 21–47 євро/т. Під час виробництва пелет з лушпиння сояшнику собівартість пелет становить 36–47 євро/т, де собівартість виробництва (без вартості сировини) становить 14–25 євро/т.

Найвагомішими складовими собівартості є витрати на сировину, амортизація, вартість електроенергії, матеріалів та запасних частин, заробітна плата, тара і упаковка.

Зниження собівартості продукції можливе за рахунок:

- Здешевлення сировини. У разі виробництва пелет із соломи, що заготовляється власною технікою, можливість скорочення витрат полягає в застосуванні високопродуктивної та економічної заготівельної техніки, яка забезпечує отримання тюків високої щільності, налагодженні узгодженого з агровиробниками оптимального графіка збирання соломи на їхніх полях, виборі полів з найвищою врожайністю соломи на гектар та якомога ближчих територіально, оптимізації шляхів пересування техніки, використання спеціальних засобів, таких як подвоювач валків, що допомагає ущільнити валок та зменшити холостий пробіг тюкувальної техніки, створенні комфортних умов роботи персоналу, що дає змогу подовжити робочий день, застосуванні високоефективної вантажної техніки для перевезення тюків, оптимізації матеріально-технічного забезпечення заготівельних операцій, ремонту і технічного обслуговування техніки тощо. Як показує досвід деяких вітчизняних виробників, за допомогою вказаних заходів, а також практичного відпрацювання та оптимізації всіх процесів упродовж двох-трьох років можливо знизити собівартість заготівлі на 30–50 % від початкової.

- Збільшення ступеня завантаження існуючих виробничих потужностей, досягнення безперебійної цілодобової роботи протягом 8–10 місяців на рік.

- Збільшення масштабу виробництва (встановленої виробничої потужності за умови забезпечення її номінального завантаження).

- Підвищення ступеня автоматизації виробництва і, як результат, скорочення потреби у виробничому персоналі.

- Налагодження безтарного відвантаження продукції для оптових покупців (економія на упаковці).

Інвестиційна привабливість виробництва

Упродовж минулих двох років ринкова ціна агропелет у гривнях майже не змінилася, хоча обмінний курс гривні до євро виріс, у результаті ціна пелет у євро впала. До цього призвели негативні тенденції зменшення попиту на українські аграрні пелети з боку Польщі, яка була і досі залишається їхнім основним імпортером. Внутрішній попит дещо виріс, але не настільки, щоб компенсувати зменшення обсягів експорту. Отже, обсяги збуту агропелет, у першу чергу соломи, впали, і підприємства з виробництва солом'яних пелет працюють з низьким завантаженням, неповний робочий день кілька місяців на рік. Деякі підприємства, що працюють на покупній тюкованій соломі, вимушені збирати тюки на відстані 200 км і більше. Під час простою ряд підприємств виробляє кормові пелети – гранулюють люцерну та іншу сировину. Середні ціни як на зовнішньому, так і на внутрішньому ринку низькі – 46–60 євро/т для соломи та 57–65 – для лушпиння. Собівартість виробництва для невеликих підприємств – на рівні середніх ринкових цін продажу або навіть вища. Частина підприємств працює на межі рентабельності або собі на збиток, що здебільшого є вимушеним кроком для збереження функціональності підприємств, налагоджених зв'язків з агровиробниками та виконання зобов'язань перед постійними клієнтами. Робота за неповного відшкодування собівартості може негативно позначитись на майбутній діяльності підприємств (погіршення фінансового стану, неповне відтворення основних фондів). Виробники пелет з лушпиння перебувають у кращій ситуації, їхні обсяги збуту, хоча і дещо впали у 2014–2015 рр., нині поступово нарощуються.

Виробники, особливо великі, що забезпечені власною сировиною, мають змогу знижувати ціни, бо собівартість виробництва нижча, ніж у виробництві пелет із соломи. Таким чином, може створюватись певний ціновий тиск, що змушує виробників пелет із соломи знижувати ціни продажу. Розрахунки показують, що в нинішніх умовах навіть для великих підприємств інвестиційної привабливості виробництва пелет із соломи немає. Існуючі підприємства не розраховували на таку ринкову ситуацію під час планування впровадження своїх виробництв, вважаючи, що ціна збуту продукції залишиться на рівні 100–110 євро, згідно з ціновими тенденціями 2010–2012 рр. З кінця 2014 року ціни впали до 70–90 євро, потім поступово знизились до теперішнього рівня, фактично не змінившись у гривневому виразі.

Певну інвестиційну привабливість має впровадження виробництва пелет з лушпиння, що в найефективнішому варіанті можливе на підприємствах з виробництва соняшникової олії. Інші виробники, не забезпечені власною сировиною, змушені купувати її по 500 грн/т, до того ж вільних об'ємів лушпиння часто вже недостатньо навіть для існуючих виробників, оскільки є ще і внутрішнє споживання лушпиння самими підприємствами, що виробляють олію. Наявність «зеленого» тарифу на виробництво електроенергії з біомаси може стимулювати підприємства олійної галузі, що переважно вже використовують лушпиння для власних енергетичних потреб, впроваджувати когенерацію для виробництва як теплової, так і електричної енергії, що призведе до більшого споживання ними лушпиння та його дефіциту для виробництва пелет.

Ситуація щодо ресурсів соломи як сировини для виробництва пелет значно краща, але інвестиційна привабливість такого виробництва настає за цін на пелети від 75 євро/т для великих та

вище 90 євро/т для середніх та дрібних підприємств.

Існують інші альтернативи використання соломи, зокрема використання тюків для виробництва теплової енергії на власні потреби агровиробників або продаж тепла споживачам. З появою доступних за ціною котлів для спалювання тюкованої соломи, її використання для виробництва теплоти стане, скоріш за все, доцільнішим, ніж застосування пелет для установок з тепловою потужністю вище 3 МВт. Це може створити конкуренцію виробництву пелет з тюкованої соломи.

На сьогодні склалася парадоксальна ситуація, коли придбати пелети можна за ціною, дешевшою, ніж їхня собівартість у деяких виробників, і вигода від їхнього енергетичного використання для покупця буде вищою, ніж для того виробника пелет, у якого їхня собівартість вища за ринкову ціну і який хотів би використати пелети власного виробництва в енергетичних цілях.

Зростання інвестиційної привабливості виробництва пелет із соломи варто очікувати за умови зростання внутрішнього попиту на агропелети. У свою чергу зростанню внутрішнього попиту має сприяти, крім суто економічних чинників, що стосуються ціни на природний газ та інші викопні палива, також рекламування можливостей та вигід енергетичного використання пелет із соломи, впровадження відповідних пілотних проектів в промисловості та комунальному теплопостачанні на базі надійного обладнання та поширення набутого позитивного досвіду.

Виробникам пелет із соломи варто звернути більше уваги на сектор побутових споживачів, для яких, якщо це доцільно, запровадити фасування пелет у мішки по 10–50 кг та послуги з доставки.





ДОДАТОК 1

ОПИС ДЕЯКИХ НАЙБІЛЬШИХ ПІДПРИЄМСТВ – ВИРОБНИКІВ ПЕЛЕТ В УКРАЇНІ

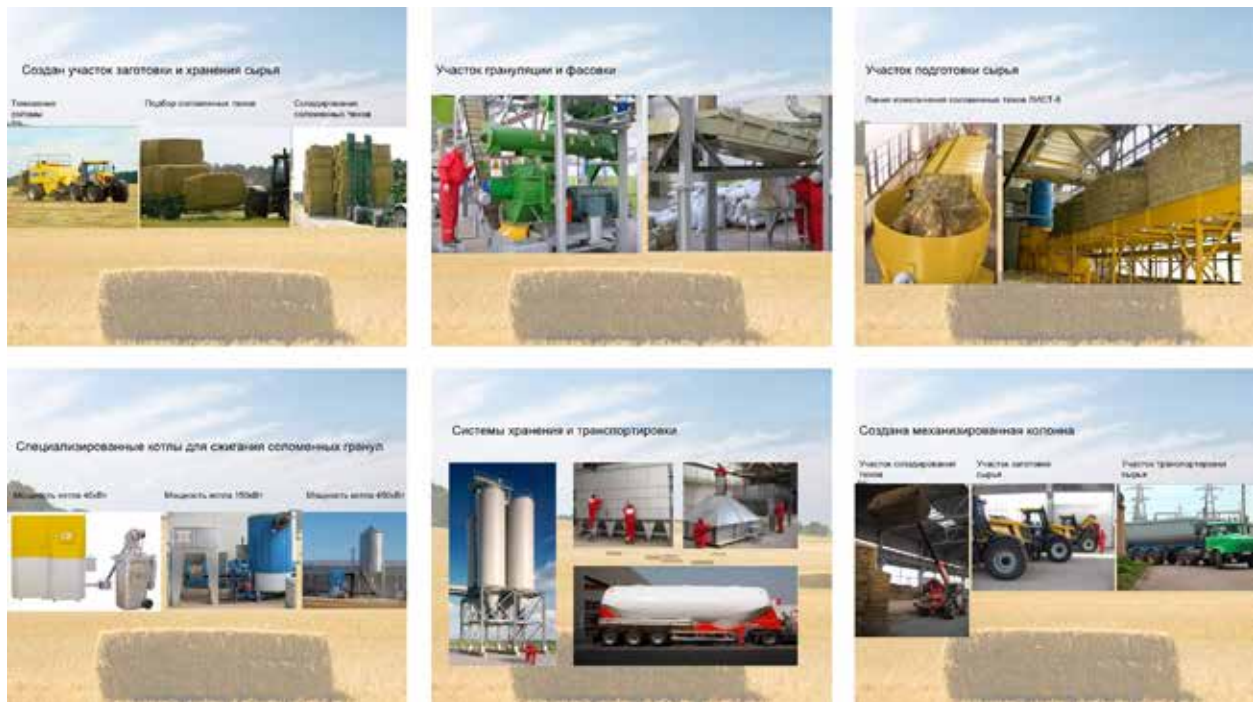




Повна назва підприємства	ТОВ «Авер-Тех»
Адреса потужностей	м. Умань, вул. Енергетична, 2а
Рік введення лінії в експлуатацію	2004
Сировина для виробництва пелет	Рослинні агровідходи: солома зернових, ріпаку тощо
Встановлена потужність виробництва	4 т/год
Виробник лінії гранулювання та основного/ допоміжного обладнання	Європейське + власного виробництва
Сушарка	Немає
Середньорічне виробництво, у сезон 2015–2016	10 000 т
Середня ціна продажу пелети зі складу	1300 грн/т
Умови поставки	біг-беги (1000 кг), самовивезення
Співвідношення експорт/внутрішній ринок	Невідомо
Стан виробництва	Прибуткове, планується підтримувати на існуючому рівні
Проблеми виробництва	Недостатньо пропозицій від постачальників сировини, неможливість укладення довгострокових контрактів на постачання, сезонність попиту на продукцію

Підприємство здійснює виробництво пелет із соломи з 2004 р., почавши розвивати цей напрям одним з перших в Україні. Основною сировиною є солома злакових, хоча намагалися виробляти пелети з багатьох видів

аграрної сировини, крім відходів та залишків кукурудзи. Ця сировина, на думку спеціалістів підприємства, є складною щодо збирання та потребує окремих підходів.



Підприємство забезпечує себе сировиною самостійно, маючи для цього все потрібне обладнання. Слід зазначити великі успіхи колективу у відпрацюванні та налагодженні ефективної системи заготівлі тюкованої соломи. Ця система була відпрацьована протягом кількох останніх років та мала багато вдосконалень.

Під час зустрічі спеціалісти підприємства визначили деякі важливі чинники, що впливають на собівартість заготівлі сировини та які їм доводилось технічно та організаційно вдосконалювати, зокрема:

- правильний вибір постачальників соломи та полів для заготівлі: на підприємстві вважають, що першочергове значення має кількість соломи, що може бути зібрана з одиниці площі поля, і ліпше знаходити підхо-

дячі поля подалі від підприємства, ніж збирати таку саму кількість соломи ближче, але на більшій площі поля;

- узгодження потужностей тракторів та іншої техніки: потрібно підбирати потужність, що точно відповідає б потрібній, наприклад, для роботи тюкувального обладнання, не обмежуючи його виробничу продуктивність;

- дистанційний контроль за переміщенням техніки: завдяки обладнаній системі GPS-навігації можна оптимізувати її використання, істотно зменшивши непродуктивні витрати палива;

- використання спеціальної техніки для оптимізації збирання соломи, наприклад подвоювача валків або спеціального візка за прес-підбиральником, що вміщує три тюки для їхнього транспортування до місця розван-

таження та допомагає зменшувати навантаження на підбиральник тюків;

- оптимізація матеріально-технічного постачання під час збирання: наприклад, своєчасна централізована доставка палива для заправки техніки безпосередньо до місця, де вона працює, заощадить час на заправку та непродуктивні витрати палива;

- створення комфортних умов роботи водіїв: обладнання салону кондиціонером може допомогти збільшити тривалість роботи з 8 до 12 год/добу, підвищивши таким чином коефіцієнт завантаження техніки та скоротивши строки збирання;

- оптимізація технічного обслуговування: під час ремонту імпортової техніки визначається перелік найважливіших деталей, що мають бути заку-

плені у фірми-виробника техніки, та інших деталей, що можуть бути виготовлені в Україні за дешевшою ціною без шкоди для функціонування техніки;

- вибір правильного розміру прямокутного тюка для оптимізації логістичних операцій, наприклад збільшення навантаження машини для перевезення тюків з 15–16 до 18 т;

- робота з агровиробниками щодо організаційної оптимізації процесів заготівлі, а також для їхнього заохочення продавати соломі: зокрема, якщо агровиробники побачать товарну цінність соломи, яку вони іноді спалюють на полях, то можуть навіть скоригувати потрібні характеристики злакової культури (наприклад, більш високе стебло для збільшення маси соломи в полі).





Завдяки цілеспрямованій роботі стосовно вдосконалення заготівлі, підприємству вдалося досягнути собівартості тонни заготовленої соломи на рівні 162 грн/т (2013 р.), що на 30–50 % нижче за собівартість, отриману на той же час іншими виробниками пелет із соломи, що здійснюють заготівлю в порівняних обсягах.

Крім виробництва пелет із соломи, підприємство стимулює її енергетичне використання, встановлюючи котли для спалювання пелет.



Заслугує на увагу досвід підприємства щодо використання золи із соломи: протягом п'яти років зола від спалювання пелет частково вноситься на поля агровиробників. Додатково вносяться азотні добрива.

Серед проблем, з якими стикається підприємство, зазначають слабкий внутрішній попит на пелети із соломи, зокрема з боку об'єктів соціальної сфери, де такі котли, з огляду на необхідну теплову потужність, могли б ефективно працювати. Потрібні позитивні приклади такого впровадження та поширення набутого досвіду.

Він-Пелета, м. Турбів



Повна назва підприємства	ТОВ «Він-Пелета», Сمارт Енерджі Холдинг
Адреса потужностей	Вінницька область, Липовецький район, смт Турбів, вул. Миру, 17 http://smart-energy.com.ua
Рік введення лінії в експлуатацію	2012
Сировина для виробництва пелет	Рослинні агровідходи: солома зернових, ріпаку, кукурудза, люцерна
Встановлена потужність лінії гранулювання	2 x 5 т/год
Виробник лінії гранулювання та основного/допоміжного обладнання	Amandus Kahl
Сушарка	Стрічкова, на біомасі
Середньорічне виробництво, у сезон 2015–2016 рр.	30 000 т
Середня ціна продажу пелет зі складу	1400 грн/т
Умови поставки	Насип, біг-беги (1000 кг), мішки (10, 25, 50 кг), залізничний та автотранспорт, самовивіз
Співвідношення експорт/внутрішній ринок	70/30
Стан виробництва	Немає ані прибутку, ані збитку, є плани щодо розширення
Проблеми виробництва	Немає

За встановленою потужністю підприємство є найбільшим виробником пелет із соломи в Україні та Східній Європі. Встановлена потужність 10 т/год дає змогу виробляти до 75 000 т/рік пелет із рослинної сировини. Підприємство будувалося «під ключ» з розрахунком на створення вертикально інтегрованого холдингу із замкнутим циклом логістики – виробництва – постачання пелет. ТОВ

«Він-Пелета» має всю потрібну техніку для організації повного циклу логістики соломи (прес-підбирачі (6 одиниць), маніпулятори-навантажувачі (6 одиниць), подвоювачі валку (2 одиниці), приводні трактори (10 одиниць), вантажівки (кількість різна, транспорт частково орендується)). Лінія гранулювання також створена повністю «під ключ». Загальний обсяг інвестицій у проект становить до 28 млн євро.

Через складнощі на ринку агропелет, підприємство недозавантажене, за сезон 2015–2016 ним було вироблено до

30 000 т пелет (коефіцієнт завантаження 0,4).



1

1. Набір техніки для заготівлі тюків (приводні трактори та маніпулятор на другому плані)



2

2. Прес-підбирач (тюкувальник) New Holland із приводним трактором John Deere

Підприємство має плани щодо розширення виробництва як за рахунок підвищення коефіцієнта завантаження, так і за рахунок введення нових виробничих потужностей до 150 000 т/рік. Наявний парк логістичної тех-

ніки дає змогу заготовлювати до 200–250 тис. т тюків соломи/сезон. Отже, не є лімітуючим чинником, а навпаки, стимулює підприємство до розширення, щоб збільшити коефіцієнт завантаження техніки.



1

1. Подавання тюкованої соломи на стрічковому транспортері з оперативного складу на виробництво;



2

2. Стрічкова сушарка;



3



4



5



6

3. Молоткова дробарка;

4. Гранулятори (2 одиниці в паралельній схемі роботи);

5. Охолоджувач;

6. Склад готової продукції (мішки та біг-беги).

Схема виробництва пелет на підприємстві є типовою і складається з таких операцій, як: подрібнення, сушіння, гранулювання, охолодження, просіювання та складування пелет. На першому етапі тук соломи подрібнюють до дрібної фракції (за допомоги спеціальної соломорізки, яка нарізає тук на тонкі скибки). Після цього подрібнена солома надходить на стрічкову сушарку, де відбувається підсушування до потрібних 15 % вологості. Треба відмітити, що сушарка є далеко не на всіх підприємствах – виробниках агропелет, оскільки тюки соломи вже природно після тривалого зберігання

мають вологість 15–30 %, що є прийнятним для їхнього використання без попереднього сушіння. Після сушіння відбувається вторинне подрібнення на молотковій дробарці Amandus Kahl. На цьому етапі підсушена подрібнена солома перетворюється на дуже дрібну пилову фракцію, яка вже надходить у гранулятор. Після процесу гранулювання в результаті сильного розігріву матеріалу настає фаза охолодження пелети для збереження якостей. Також на цьому етапі відсіюється брак фракції. Далі вже готова пелета поступає в оперативний бункер (силос до 250 м³ – див. рис. нижче), звідки ван-

тажиться насипом на автомашини або запаковується у біг-беги для подальшої реалізації. Продукція підприємства не сертифікована, проте виробництво

сертифіковане за стандартами групи ISO 9001 та 140001, планується сертифікація за стандартом ISO 50001.



1



2

1. Загальний вигляд будівлі з лінією гранулювання всередині (не першому плані – силос для оперативного зберігання/навантаження насипом солом'яної пелети)

2. Вигляд підприємства з проміжного складу палива: ліворуч – котельня на біомасі для виробництва тепла на сушіння, праворуч – будівля з лінією гранулювання

Підприємство працює як із трейдерами, так і з кінцевими споживачами, не здійснює доставку пелет власним автотранспортом. Споживання електроенергії на весь виробничий цикл залежить від завантаженості, за поточної – на рівні 140–175 кВт·год/т пелет. Потреба у тепловій енергії забезпечується котельнею на біомасі,

що розташовується безпосередньо на підприємстві й працює на пелетах соломи та на трісці (2 котли: 2,5 МВтт на пелетах із соломи працює у базовому навантаженні та 1 МВтт на трісці працює у піковому навантаженні). Підприємство повністю забезпечує себе теплом з біомаси власного виробництва.



1



2



3

1. Оперативний склад тюків соломи безпосередньо перед подачею на виробництво (запас тюків на 3–4 години автономної роботи за максимального завантажування лінії гранулювання)
2. Проміжний склад тюків соломи на території виробництва (запас тюків на 3–8 тижнів за максимального завантаження лінії гранулювання)
3. Центральний склад соломи в полі на відстані ≈ 6 км від підприємства (запас тюків на 1–2 сезони автономної роботи)

На підприємстві реалізована концепція логістики ступеневого зменшення розміру складів за наближення до точки виробництва. Найбільший центральний склад у полі заповнюють у сезон збору врожаю. Тюки соломи доставляють на нього з полів навколо, на яких відбувається безпосередній збір і тюкування, із максимальним плечем доставки до 100 км в обидві сторони. Проміжний склад на території під-

приємства заповнюється по мірі завантажування пелетної лінії шляхом перевезення з центрального складу із плечем доставки 12 км в обидві сторони. Оперативний склад на початку лінії гранулювання завжди заповнений, коли виробництво працює. Тюки на нього перевозяться безперервно та лише з проміжного складу на території підприємства.



Центральний склад



Загальний вигляд підприємства та проміжного складу

Біоенерджі Вінниця (м. Браїлів)



Повна назва підприємства	ТОВ «Біоенерджі-Вінниця»
Адреса потужностей	Вінницька область, Жмеринський район, смт Браїлів, вул. Заводська, 7 http://ukrbioenergy.com
Рік введення лінії в експлуатацію	2012
Сировина для виробництва пелет	Рослинні агровідходи: солома зернових, соя, рапс, експериментально – кукурудза
Встановлена потужність лінії гранулювання	1 x 4 т/год (розрахунок 2 x 4 т/год)
Виробник лінії гранулювання та основного/допоміжного обладнання	CPM Нідерланди
Сушарка	Немає
Середньорічне виробництво, у сезон 2015–2016	11 000 т
Середня ціна продажу пелет зі складу	1200 грн/т
Умови поставки	Насип, біг-беги (1000 кг), залізничний та автотранспорт, самовивіз
Співвідношення експорт/внутрішній ринок	50/50
Стан виробництва	Немає ані прибутку, ані збитку, плани щодо консервації/підтримання на поточному рівні
Проблеми виробництва	Падіння експорту в 2013 р., сезонність попиту, інтенсивне зношення обладнання

Підприємство є другим за розміром в Україні за кількістю вироблених агропелет та за встановленою потужністю після ТОВ «Він-Пелета». Має власну техніку та персонал для організації повного циклу логістики соломи з поля до виробництва. Розміри тюка соломи – 1,2 x 1,3 x 2,5 м, вага – 350–500 кг. Також виробляє теплову енергію із соломи, поширюючи мережу котелень на території України. Таким чином, його також можна зарахувати до вертикально інтегрованих холдингів, що забезпечують замкнутий цикл логістики соломи – виробництво пелети – виробництво теплової енергії. Загальний обсяг інвестицій у проект становить до 3 млн євро. У 2012–2013 рр.

виробництво працювало на повну потужність, виробляючи до 25 000 т/рік агропелет. Через орієнтацію на експортний ринок і через його падіння у 2013 р., підприємство зазнало серйозних збитків. У сезон 2015–2016 було вироблено до 11 000 т пелет (коефіцієнт завантаження 0,38). Було здійснено переорієнтацію із зовнішніх ринків на внутрішній. Тривають активні пошуки внутрішніх споживачів пелет в Україні. Є можливість виробляти пелет удвічі більше, оскільки всі елементи лінії гранулювання розраховані під встановлену потужність 8 т/год, для цього потрібно лише підключити у схему виробництва паралельно один додатковий гранулятор.



1



2



3



4



5



6

1, 2. Склад соломи в полі площею до 2 га на відстані 500 м від підприємства

3. Набір техніки для логістики соломи (привідні трактори та маніпулятор для роботи на складі)

4. Оперативний склад безпосередньо біля виробництва (за воротами – система подачі тюків)

5. Подавання тюків у дробарку первинного подрібнення

6. Загальний вигляд пелетної лінії

Виробнича схема містить усі основні елементи: конвеєрну подачу, двостадійне подрібнення, гранулювання, охолодження, просіювання, аспірацію, складування, проте немає сушіння сировини. У виробництво береться солома з вологістю не більш як 20 %. Склад готової продукції розташований на відстані 800 м від підприємства та має залізничну гілку, що дає змогу постачати великі партії насипом. Уся лінія гранулювання міститься в одному приміщенні з легких металевих конструкцій. Загалом підприємство

є досить компактним відповідно до розрахунку на можливу встановлену потужність 8 т/год. Споживання електроенергії на підприємстві на рівні 140–150 кВт·год/т пелет за коефіцієнта завантаження 0,5. Чотири особи становлять постійний персонал підприємства (без логістики). Середня ціна продажу пелети зі складу у 2015 р. – 1200 грн/т (максимальний рівень ціни було зафіксовано у 2012 р. $\approx$ 1600 грн/т) за ціни соломи в полі 50–100 грн/т, а тюка соломи на складі – до 450 грн/т.



1



2



3



4

1. Дробарка СРМ первинного подрібнення тюків

2. Система подачі подрібненої соломи у дробарку вторинного подрібнення у пилову фракцію

3. Кільцева матриця гранулятора СРМ для пелети 8 мм

4. Загальний вигляд гранулятора СРМ

ТОВ «Біоенерджі-Вінниця» працює як із трейдерами, так і з кінцевими споживачами в Україні та за кордоном. Має довгострокові контракти з деякими котельнями в Україні (Хмельницька, Чернівецька, Вінницька області).

Підприємство сертифіковане за стандартами ISO 9001 та 16001, продукція не сертифікована, але проходить регулярний контроль якості, аналізи здійснюються українськими лабораторіями.



1

1. Система аспірації та фільтрації повітря



2

2. Охолоджувач пелети

All seeds Ukraine (м. Южне)



Повна назва підприємства	Олійноекстракційний завод «Южний»
Адреса потужностей	Одеська область, Комінтернівський район, 2-й км дороги на МПТ «Южний»; тел.: +380 48-775-96-35 http://allseeds.com/
Рік введення лінії в експлуатацію	серпень 2015
Сировина для виробництва пелет	Вторинні агровідходи та відходи виробництва соняшнику: лушпиння, шрот, макуха, люцерна
Встановлена потужність лінії гранулювання	2 x 5 (лушпиння) + 2 x 30 (шрот), т/год
Виробник лінії гранулювання та основного/допоміжного обладнання	Гранулятор Buhler, інше обладнання, компоновка всієї лінії гранулювання – Andreotti Impianti S.p.A
Сушарка	Немає
Середньорічне виробництво, у сезон 2015–2016	20 000 т/рік – лушпиння, 20 000 т/рік – шрот
Середня ціна продажу пелети зі складу	700 грн/т
Умови поставки	Насип, залізничний та автотранспорт
Співвідношення експорт/внутрішній ринок	90/10
Стан виробництва	Прибутковий, є плани щодо розширення
Проблеми виробництва	Коливання якості сировини, часта заміна запасних частин (швидке зношення матриці та молотків дробарки)

Підприємство входить до п'ятірки найбільших одиничних підприємств з виробництва пелет із лушпиння в Україні. Вигідне розташування дає змогу відвантажувати пелети з лушпиння на експорт прямо у порту Южний. Підприємство має значний потенціал щодо розширення потужностей. Потужності переробки насіння становлять 2400 т/добу, що за середнього виходу лушпиння 15 % у масі може становити до 360 т/добу,

або до 100 000 т/рік. Окрім пелет, підприємство має досить багато вільного лушпиння, що реалізується споживачам всередині України (Запоріжвогнетрив, Полтавський ГЗК) та частково експортується через порт Южний. Усе лушпиння є власними відходами з майже нульовою вартістю, що зумовлює низьку собівартість виробництва. Також наявне виробництво індустріальної енергетичної та кормової пелети зі шроту, кількість якого може

становити до 40% у масі від переробленого насіння, тобто до 220 000 т/рік. За сезон 2015–2016 було вироблено до 20 000 т/рік пелет з лушпиння та 20 000 т пелет зі шроту. Максимально на існуючому обладнанні можна виробляти до 72 000 т/рік пелет з лушпиння (коефіцієнт завантаження 0,28) та

до 400 000 т/рік пелет зі шроту (коефіцієнт завантаження 0,05, оскільки лінія шроту нині перебуває на стадії налагодження та пошуку оптимального режиму роботи). Також підприємство виробляє невелику кількість кормових пелет з люцерни.



1



2



3



4



5



6



7



8

1. Загальний вигляд підприємства: будівля з лінією гранулювання (ліворуч), силоси зберігання насіння (ліворуч, перший план) та лушпиння (ліворуч, другий план), силоси зберігання пелети з лушпиння (у центрі).

2. Котельня на власних відходах лушпиння 13 МВт

3. Молоткова дробарка Buhler

4. Гранулятор Buhler (лушпиння)

5. Охолоджувач пелети

6. Кільцева матриця

7. Отримання пелети на кільцевій матриці

8. Зала з грануляційним обладнанням (на другому плані гранулятори для шроту)

Схема виробництва пелети є стандартною та містить силоси зберігання лушпиння, пневмотранспорти, вузол подрібнення на молотковій дробарці, гранулювання, просіювання, охолодження та зберігання у силосі для навантаження насипом, компоновка обладнання є вертикальною, сушіння сировини як такого немає, оскільки вологість лушпиння після виробничого процесу не перевищує 10...15%. Загалом підприємство має плани щодо

розширення виробництва та збільшення реалізації продукції на внутрішньому ринку. Реалізація продукції відбувається як напряму кінцевим споживачам (50 %), так і через трейдерів (50 %). Існує можливість доставляти пелету власним (оренованим) автотранспортом до 100 км. Пелета як паливо не сертифікована. Лінія виробництва олії та екстракції сертифікована за стандартом ISO 21000.

Пелет-Енерго Ємільчине



Повна назва підприємства	ТОВ «Пелет-Енерго Ємільчине»
Адреса потужностей	смт Ємільчине, 11201, вул. Соборна, 2 http://pellet-energy.biz/uk/kontakti/
Рік введення лінії в експлуатацію	2008, 2011
Сировина для виробництва пелет	Відходи деревини
Встановлена потужність лінії гранулювання	1 x 4 (Amandus Kahl) + 1 x 3 (Stoza), т/год
Виробник лінії гранулювання та основного/допоміжного обладнання	Amandus Kahl, Stoza
Сушарка	Барабанна, на біомасі
Середньорічне виробництво, у сезон 2015–2016	15 500
Середня ціна продажу пелети зі складу	1920–2200 грн/т
Умови поставки	Насип, мішки, біг-беги, залізничний та автотранспорт
Співвідношення трейдер/внутрішній ринок/експорт	45/5/50
Стан виробництва	Немає ані прибутку, ані збитку, плани підтримувати обсяги виробництва на існуючому рівні
Проблеми виробництва	Сезонність постачання сировини, занадто дорога сировина, перебої в електропостачанні, сезонність попиту на продукцію, недостатня кваліфікація персоналу

Підприємство є одним з піонерів пелетної галузі та станом на 1 червня 2016 р. залишається в п'ятірці найбільших підприємств – виробників пелет з деревини в Україні. Виробничі потужності дають змогу виробляти до

50 000 т пелет/рік на двох паралельних лініях гранулювання. Підприємство орієнтоване переважно на експорт пелет, проте з 2013 р. поступово переорієнтовується на внутрішній ринок.



1



2



3



4



5

1. Склад сировини – відходів пилорам та лісосік

2. Подача сировини у виробництво

3. Котельня на біомасі Kriger 2 MBtt для виробництва теплоти на сушіння, пари на гранулятор і для гарячого водопостачання

4. Барабанна сушарка у зв'язці з котельнею

5. Оперативний склад подрібненої деревини

Підприємство не має власної техніки для організації всього циклу логістики і використовує покупні деревні відходи з найближчих лісогосподарств, пилорам, меблевих фабрик тощо. Плече доставки не перевищує 100 км в обидві сторони. Споживання електричної енергії на підприємстві за умови завантаженості 4 т/год становить

190 кВт·год/т пелети. Теплова енергія використовується на підготовку гарячої води на пропарку подрібненої деревини перед грануляцією, на сушіння, на гаряче водопостачання адміністративних будівель та опалення взимку. На підприємстві працюють постійно 8 осіб, які мають 20-годинний робочий день (2 зміни).



1

1. Навантажувач подрібненої деревини



2

2. Склад готової продукції (біг-беги)

Підприємство сертифіковане за стандартами ISO 9001, 16001, проводить регулярний контроль якості продукції. Пелета загалом за паливними властивостями відповідає стандарту EN plus A1, проте не сертифікована.



ДОДАТОК 2

СПОЖИВАЧІ ПЕЛЕТ В УКРАЇНІ У 2015 Р.



№ з/п	Область	Адреса	Об'єкт	Оператор/замовник	Встановлена потужність, кВт
Вінницька					
1		м. Вінниця		КП "Вінницяоблтепло-енерго"	4700
2		м. Жмеринка, пров. Лютневий, 3		Жмеринський МКП "Енергоресурс"	900
3		м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 108			2500
4		м. Козятин, вул. Червоноармійська, 31		Козятинська міська рада	1670
5		м. Козятин, вул. Леніна, 16		Козятинська міська рада	2850
6		м. Козятин, вул. Катюкова, 44		Козятинська міська рада	1300
7		м. Козятин, вул. Леніна, 6		Козятинська міська рада	2850
8		м. Городківка, вул. Комсомольська		Продовольча компанія "Поділля"	150
Волинська					
9		м. Луцьк		КП "Луцьктепло"	220
10		м. Луцьк, просп. Відродження, 15		КП "Луцьктепло"	1000
11		м. Луцьк, вул. Боженка, 31		КП "Луцьктепло"	2500
12		с. Підгайці, вул. Колгоспна	Обласний дитячий туберкульозний санаторій "Новостав"	ТОВ "Укртепло"	500
13		м. Камінь-Каширський, вул. Шевченка	ЦРЛ		3000
14		м. Ковель, вул. Олени Пчілки, 4	ЦРЛ		3000
Дніпропетровська					
15		м. Дніпропетровськ, вул. Коксохімічна, 5	Офісний центр Jakson		400
		м. Дніпропетровськ, вул. Коксохімічна, 176	Котельня на пелетах, забезпечує теплом чотири комунальні заклади	Інвестор: APS Power Technology (Austria)	10 500
16		м. Нікополь, вул. Шевченка, 202	Котельня ТОВ "Інтерпайп ніко тьюб"		2100
17		м. Марганець, вул. Долгова, 1	ТОВ "Титан плюс"		400

№ з/п	Область	Адреса	Об'єкт	Оператор/замовник	Встановлена потужність, кВт
18		м. Нікополь, просп. Трубників, 55	ТОВ "ВНЦ "Трубосталь"		600
19		смт Петропавлівка, вул. Піонерська			2280
20		с. Брагинівка	ЗОШ		460
21		смт Петропавлівка, вул. Щорса	ЦРЛ		1624
22		с. Василівка	ЗОШ		340
23		м. Дмитрівка	ЦРЛ		700
24		м. Дніпропетровськ, вул. Собінова, 1	ПАТ "Металургмаш" м. Дніпропетровська	ПАТ "Металургмаш" м. Дніпропетровська	280
Донецька					
25		Старобешівський район, смт Старобешеве, вул. Перемоги, 96	Міська лікарня	ТОВ "ГРІН-ПАУЕР"	500
Житомирська					
26		м. Новоград-Волинський, вул. Медведєва, 13а	Центральна міська лікарня № 2	КП "Новоград-Волинськтепло-комуненерго"	1454
27		м. Новоград-Волинський, вул. 50 років Жовтня, 75А	ЗОШ № 10	КП "Новоград-Волинськтепло-комуненерго"	350
28		м. Новоград-Волинський, вул. Островського, 58	ЗОШ № 6	КП "Новоград-Волинськтепло-комуненерго"	980
29		м. Бердичів, вул. Котовського, 40	Центральне опалення	КП "Бердичівтеплоенерго"	3000
30		м. Житомир, вул. Вітрука, 38	ПТУ	ТОВ "Укртепло"	3000
Запорізька					
31		с. Нововасилівка Приазовського району	Нововасилівська райлікарня	ТОВ "Візард Груп"	500
32		смт Приазовське	Приазовська ЗОШ № 1 "Азімут" та Приазовський музей	ТОВ "Візард Груп"	300
33		смт Приазовське		ТОВ "Візард Груп"	523
34		смт Нововасилівка		ТОВ "Візард Груп"	350
35		м. Мелітополь		ТОВ "Візард Груп"	500

№ з/п	Область	Адреса	Об'єкт	Оператор/ замовник	Встановлена потужність, кВт
Івано-Франківська					
36		м. Івано-Франківськ, вул. Медична, 4а	Геріатричний диспансер та прилеглі будинки	ДМП "ІФТеплокомуненерго"	800
36		м. Івано-Франківськ, вул. Джерельна, 2а	ЗОШ № 6	ДМП "ІФТеплокомуненерго"	200
Кіровоградська					
37		с. Мар'ївка Компаніївського району	ЗОСШ	0	250
38		смт Голованівськ Голованівського району, вул. Леніна, 40а		ПП "Авкубі"	800
39		смт Гайворон, вул. Куйбишева, 96	котельня Медичного територіального об'єднання	ПП "Авкубі"	500
40			лікарня	ПП "Авкубі"	300
41		с. Шамраєве	ЗОСШ	ПП "Авкубі"	300
42		с. Перегонівка Голованівського району, вул. Енгельса, 32а	ПП "АВКУБІ", смт Голованівськ	ПП "Авкубі"	120
43		смт Голованівськ, вул. Мікля, 5	ПП "АВКУБІ", смт Голованівськ	ПП "Авкубі"	150
44		смт Голованівськ, вул. 22 Партз'їзду, 2	ПП "АВКУБІ", смт Голованівськ	ПП "Авкубі"	150
45		смт Побузьке Голованівського району, вул. Шкільна, 8а	ПП "АВКУБІ", смт Голованівськ	ПП "Авкубі"	300
46		с. Троянка Голованівського району, вул. Центральна, 37	ПП "АВКУБІ", смт Голованівськ	ПП "Авкубі"	300
47		с. Миронівка Олександрійського району		ППФ "Екоенергія"	360
48		м. Кіровоград, вул. Панфіловців, 18	Комунальне підприємство "Ритуальна служба – спеціалізований комбінат комунально- побутового обслуговування" м. Кіровограда, вул. Панфіловців, 18		100

№ з/п	Область	Адреса	Об'єкт	Оператор/ замовник	Встановлена потужність, кВт
49		смт Олександрівка	Олександрівська центральна районна лікарня		1000
50		с. Подорожнє (2012 р.)	Подорожненський РЦДЮТ		500
51		с. Подорожнє (2013 р.)	Подорожненська ЗШ		500
52		с. Андрусівка (2013 р.)	В. Андрусівська ЗШ		500
53		с. Захарівка (2012 р.)	Захарівська ЗШ		500
54		с. Миронівка (2012 р.)	Миронівська ЗШ		500
55		с. Григорівка (2013 р.)	Григорівська ЗШ		500
56		с. Озерськ (2013 р.)	Озерський НВК		500
57		смт Голованівск (2013 р.)	Голованівська ЗШ		300
58		с. Перегонівка (2013 р.)	Перегонівська ЗШ		300
59		с. Межиричка (2013 р.)	Межиричківська ЗШ		150
60		смт Побузьке (2013 р.)	Побузька ЗОШ		300
61		смт Компаніївка (2013 р.)	Компаніївський ДНЗ «Пролісок»		160
62		смт Компаніївка (2013 р.)	Компаніївська ЗШ		400
63		с. Марівка (2013 р.)	Марівська ЗШ		250
64		с. Живанівка (2013 р.)	Живанівська ЗШ		240
65		с. Хмільове (2013 р.)	Хмелівська ЗШ		500
66		с. Каніж (2013 р.)	Канізька ЗШ		240
67		с. Коробчине Новомиргородського району (2012 р.)	Новомиргородський дошкільний навчальний заклад		200
68		с. Верблюжка (2013 р.)	Верблюзький НВК		280
69		с. Котовка (2013 р.)	Котовський НВК		160
70		с. Хашувате (2013 р.)	Хашуватська ЗШ		500
71		с. Червоне (2013 р.)	Червонянська ЗШ		160
72		с. Червоне (2014 р.)	Гайворонська ЗШ		500
73		с. Могильне (2014 р.)	Могильнянська ЗШ		280
74		с. Долинівка (2014 р.)	Долинівська ЗШ		140
75		м. Ульяновка (2012 р.)	Ульяновський НВК № 1		590
76		м. Ульяновка (2012 р.)	Ульяновський НВК № 2		500

№ з/п	Область	Адреса	Об'єкт	Оператор/ замовник	Встановлена потужність, кВт
77		м. Знам'янка, вул. Жовтнева, 15	Відділкова лікарня станції Знам'янка ДП "Одеська залізниця"		800
78		м. Гайворон	Центральна районна лікарня		1000
Київська					
79		с. Мощун			1000
80		м. Бровари, вул. Симона Петлюри, 25	Котельня ТРЦ "Термінал"		1000
81		с. Погреби, вул. Гайова, 43	Офісні приміщення		600
82		с. Мрія	Автосалон		195
83		с. Гатне, вул. Дружби	Котельня ТРЦ "МЕГАМАРКЕТ"		1500
84		с. Софіївська Борщагівка, вул. Микільська, 2	Siesta Hotel		300
85		м. Ірпінь, вул. Варшавська, 97	Адмірал Клуб		1200
86		смт Калинівка		МПП "ВПК"	600
87		м. Васильків, вул. Декабристів, 87		МПП "ВПК"	2100
88		м. Васильків, вул. Луначарського, 2		МПП "ВПК"	200
89		м. Васильків, вул. Шевченка, 46		МПП "ВПК"	1000
90		смт Глеваха		МПП "ВПК"	700
91		с. Новосілки		МПП "ВПК"	600
92		с. Михайлівка- Рубежівка		МПП "ВПК"	150
93		м. Вишневе, вул. Святошинська, 44		МПП "ВПК"	300
94		м. Вишневе, вул. Машинобудівників, 3		МПП "ВПК"	300
95		м. Боярка		МПП "ВПК"	600
96		с. Кодак		ТОВ "Астарт"	67
97		смт Іванків, вул. Проскури, 4		ТОВ "Іванків- теплосервіс"	300
98		смт Іванків, вул. Проскури, 2		ТОВ "Іванків- теплосервіс"	80

№ з/п	Область	Адреса	Об'єкт	Оператор/замовник	Встановлена потужність, кВт
99		смт Макарів, вул. Проектна, 2Б		ТОВ "НВО "Екотех"	2000
100		смт Макарів, вул. Гагаріна, 1		ТОВ "НВО "Екотех"	1000
101		м. Тетіїв		ТОВ "НВО "Екотех"	1000
102		с. Циблі		ТОВ "НВО "Екотех"	3500
103		с. Бишів Макарівського району, 1 котельня (рік введення – 2014)		ТОВ "НВО "Екотех"	500
104		с. Старе Бориспільського району, вул. Перемоги, 1а		ТОВ "Укртепло Київ"	500
105		с. Вишеньки Бориспільського району, вул. Леніна, 152		ТОВ "Укртепло Київ"	1000
106		с. Щасливе Бориспільського району, вул. Лисенка, 11		ТОВ "Укртепло Київ"	1000
107		с. Сеньківка Бориспільського району, вул. Леніна, 2в		ТОВ "Укртепло Київ"	250
108		с. Любарці Бориспільського району, вул. Матросова, 2-б		ТОВ "Укртепло Київ"	500
109		с. Дударків Бориспільського району, вул. Гоголя, 49		ТОВ "Укртепло Київ"	500
110		с. Глибоке Бориспільського району, вул. Окружна, 2		ТОВ "Укртепло Київ"	250
111		с. Ревне Бориспільського району, вул. Радянська, 16а		ТОВ "Укртепло Київ"	250
112		с. Головурів Бориспільського району, вул. Леніна, 41		ТОВ "Укртепло Київ"	500
113		с. Велика Олександрівка Бориспільського району, вул. Гагаріна, 11а		ТОВ "Укртепло Київ"	250

№ з/п	Область	Адреса	Об'єкт	Оператор/замовник	Встановлена потужність, кВт
114		с. Кірове Бориспільського району, вул. Пащенко-Кових, 18-б		ТОВ "Укртепло Київ"	500
115		с. Проліски Бориспільського району, вул. П. Морозова, 1в		ТОВ "Укртепло Київ"	100
116		с. Петровське Бориспільського району, вул. Центральна, 9		ТОВ "Укртепло Київ"	500
117		с. Кучаків	ЗОСШ	ТОВ "Укртепло"	750
118		Гостомель, вул. Пушкіна, 4		ТОВ "Укртепло"	1300
119		м. Буча, вул. Вокзальна, 81	Лікарня	ТОВ "Укртепло"	750
120		м. Боярка, вул. Хрещатик	Обласна дитяча лікарня	ТОВ "Укртепло"	3000
121		м. Боярка, вул. Ватутіна, 48	Військове училище Богуна	ТОВ "Укртепло"	3000
122		с. Глеваха Васильківського району, вул. Вокзальна, 8		ТОВ "Біотеплоенерго"	2500
Луганська					
123		м. Рубіжне, вул. Менделєєва, 43–104	ТОВ "Рубіжанський картонно-тарний комбінат"		1000
Львівська					
124		м. Кам'янка-Бузька		ТОВ "Галпек"	2440
125		м. Кам'янка-Бузька		ТОВ "Галпек-Кам'янка"	210
126		м. Моршин, вул. Лесі Українки		ТОВ "Біоальтернатива"	4500
Миколаївська					
127		м. Миколаїв, вул. Рюміна, 4	Дитяча міська лікарня № 2		700
128		м. Надбузьке	Обласний протитуберкульозний диспансер		1100
Одеська					
129		м. Сергіївка, вул. Гагаріна, 1а	Котельня санаторію "Золота нива"		600
130		с. Стара Царичанка		ПП "Колесо +"	500

№ з/п	Область	Адреса	Об'єкт	Оператор/замовник	Встановлена потужність, кВт
131		м. Арциз		ПП "Колесо +"	500
132		Белявський район		ПП "Перспектива-77"	2400
133		с. Василівка	ЗОШ	ПП "Перспектива-77"	400
134		м. Арциз, вул. Пушкіна	Арцизька ЦРЛ	ТОВ "ЕкоРесурсЕнерго"	1500
Полтавська					
135		смт Диканька		ТОВ "Енергія ХХІІ"	826
136		с. Ульянівка Гребінківського району (відходи деревини, 2013 р.)	Сільський будинок культури	Ульянівська сільська рада Гребінківський район, Полтавська область	200
137		м. Кременчук, вул. Павлова, 16 (2014 р.)	Міська дитяча лікарня	ТОВ "СОФТ ЕНЕРДЖІ", м. Кременчук	2000
138		с. Розсошенці, вул. Чапаєва		КП "Полтаватеплокомуненерго"	1000
139		м. Кременчук, Зоряний провулок, 7	Котельня лікарні	ТОВ "Укрспецтепло-Полтава"	500
140		с. Піщане, вул. Ріхарда Зорге		ТОВ "Укрспецтепло"	2000
Рівненська					
141		с. Берестя			360
142		м. Рівне, вул. Олександра Олесь, 11	Онкодиспансер	ТОВ "Укртепло"	3000
Сумська					
143		м. Шостка		ТОВ "Європейська теплоенергетична компанія "Екотепло"	700
144		смт Жовтнєве		ТОВ "Укрспецтепло-Суми"	420
145		с. Хоружівка			350
Тернопільська					
146		с. Дарахів Теребовлянського району	ЗОШ		200
147		м. Тернопіль, вул. Волинська, 40	Лікарня № 3		500
Харківська					
148		м. Харків		ТОВ "Альтеп"	2000
149		с. Соколове Зміївського району		ТОВ "Альтеп"	440

№ з/п	Область	Адреса	Об'єкт	Оператор/ замовник	Встановлена потужність, кВт
150		с. Чемужівка Зміївського району		ТОВ "Альтеп"	440
151		с. Першотравневе Зміївського району		ТОВ "Альтеп"	440
152		с. Таранівка Зміївського району		ТОВ "Альтеп"	440
153		м. Мерефа Харківського району		ТОВ "Альтеп"	300
154		смт Коротич Харківського району		ТОВ "Альтеп"	800
155		смт Манченки Харківського району		ТОВ "Альтеп"	500
156		с. Лук'янці Харківського району		ТОВ "Альтеп"	600
157		м. Мерефа Харківського району, вул. Дніпропетровська, 225а		ТОВ "Альтеп"	800
158		м. Мерефа Харківського району, вул. Дніпропетровська, 148в		ТОВ "Альтеп"	800
159		м. Південний Харківського району		ТОВ "Альтеп"	800
160		смт Покотилівка Харківського району		ТОВ "Альтеп"	500
161		смт Васищево Харківського району		ТОВ "Альтеп"	600
162		смт Безлюдівка Харківського району		ТОВ "Альтеп"	440
163		м. Мерефа Харківського району, вул. 5 вересня, 87а		ТОВ "Альтеп"	440
164		с. Темнівка		ДП "Підприємство Темнівської виправної колонії Управління державної пенітенціарної служби України в Харківській області (№100)"	756
165		м. Харків		ТОВ "Пілігрим VI"	100
166		м. Куп'янськ, вул. Загребляньська, котельня		ХОКП "Дирекція розвитку інфраструктури території"	150

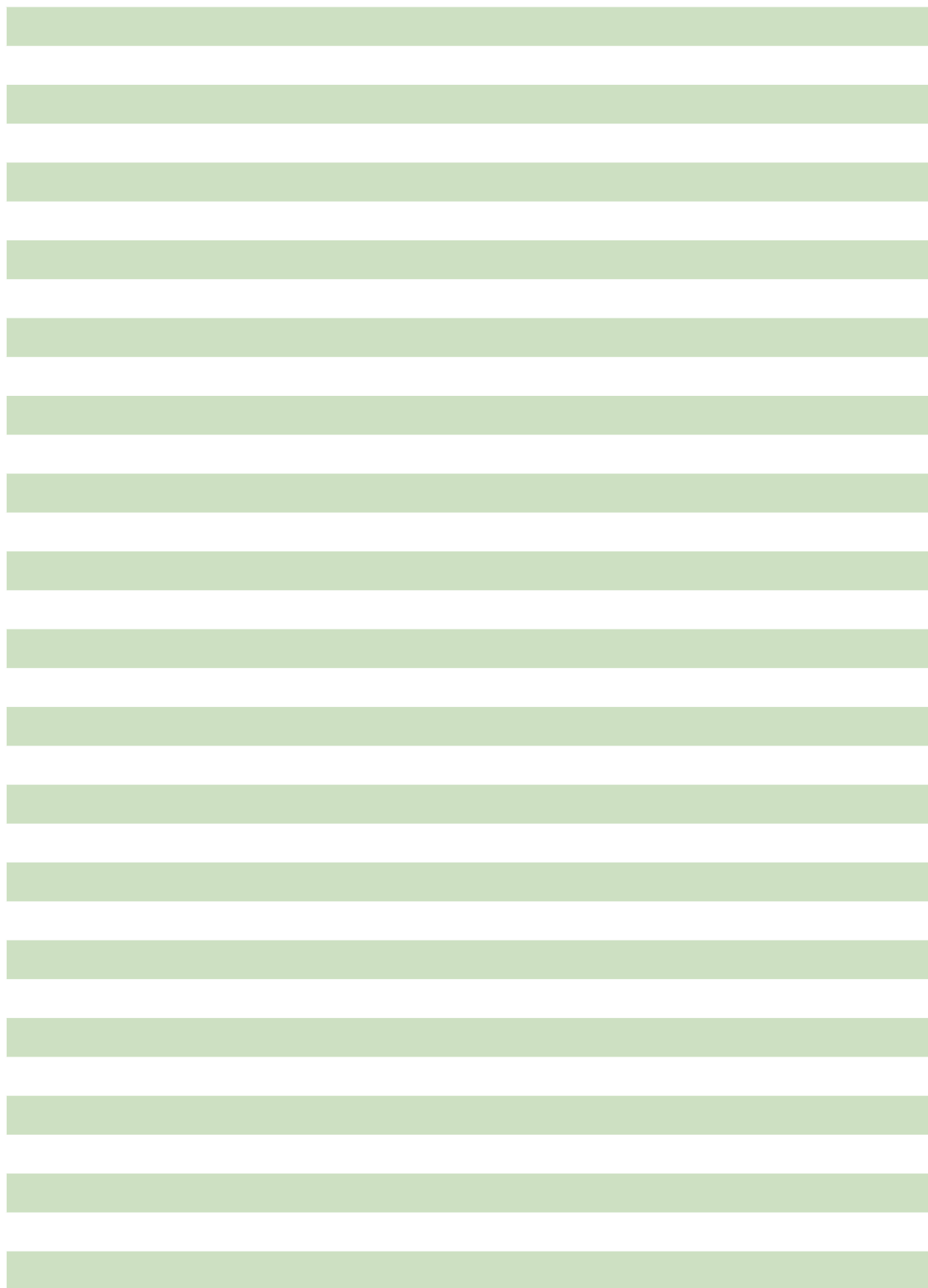
№ з/п	Область	Адреса	Об'єкт	Оператор/замовник	Встановлена потужність, кВт
167		м. Куп'янськ, вул. Лікарняна, 2, котельня		ХОКП "Дирекція розвитку інфраструктури території"	1295
168		м. Куп'янськ, вул. Цукрозаводська, котельня		ХОКП "Дирекція розвитку інфраструктури території"	826
169		м. Барвінкове, вул. 50 років Радянської України, 80, котельня		ХОКП "Дирекція розвитку інфраструктури території"	549
170		смт Шевченкове, пров. Комсомольський, 12К		ХОКП "Дирекція розвитку інфраструктури території"	650
171		с. Караван	ЗОСШ		200
172		с. Нестеренки	Готельний комплекс		200
173		м. Харків, вул. Юридична, 30	Виробничі цехи		100
174		м. Дергачі, пров. Веселий			480
175		смт Малинівка	Завод "Бикорм" Prime		1200
176		м. Барвінкове	ЗОШ І-ІІІ ст.	ПП "КОЛЕСО+"	500
177		с. Березівське	Котельня санаторію мінеральних вод		600
Херсонська					
178				ТОВ "Ново-теплосервіс"	1040
Хмельницька					
180		м. Краси́лів, вул. Поштова			500
181		м. Кам'янець-Подільський, вул. Матросова, 17	Опалення міської, районної і дитячої лікарень, пологового будинку, громадського центру "Довголіття", поліклініки	КП "Міськтепло-воденергія"	2000
182		м. Кам'янець-Подільський, вул. Франка, 30	Міська, районна і дитяча лікарні, пологовий будинок, громадський центр "Довголіття", поліклініка	КП "Міськтепло-воденергія"	800

№ з/п	Область	Адреса	Об'єкт	Оператор/замовник	Встановлена потужність, кВт
183		м. Кам'янець-Подільський, вул. Пушкінська, 31	Міська, районна і дитяча лікарні, пологовий будинок, громадський центр "Довголіття", поліклініка	КП "Міськтепло-воденергія"	1400
Черкаська					
184		м. Сміла		ТОВ "Укрспецтепло-Черкаси"	2400
185		м. Сміла		ТОВ "НВО "Екотех"	1500
186		сmt Дружба		ТОВ "НВО "Екотех"	6000
187		с. Яснозір'я	0	ТОВ "Укртепло"	650
188		с. Червона Слобода, вул. Леніна, 52	0	ТОВ "Укртепло"	1250
189		с. Червона Слобода, вул. Жовтнева, 127	0	ТОВ "Укртепло"	1250
190		м. Мошни, вул. А. Оніщенка	0	ТОВ "Укртепло"	500
191		с. Геронимівка, вул. Диспансерна	0	ТОВ "Укртепло"	1600
192		с. Руська Поляна, вул. Молодіжна	0	ТОВ "Укртепло"	750
193		с. Хутори	0	ТОВ "Укртепло"	750
194		с. Білозір'я, вул. Гагаріна	0	ТОВ "Укртепло"	500
195		м. Черкаси, просп. Хіміків, 7	BRONTO ЧеркасиЕлеваторМаш, ТОВ		1200
196		с. Краснопілка Уманського району			2280
197		м. Умань, вул. Інтернаціональна, 77	ЗОСШ		220
198		м. Умань, вул. Хвильового	ЗОСШ		220
199		м. Умань, вул. Інтернаціональна, 125	ДНЗ		220
200		м. Лебедин, вул. Перемоги	ЗОСШ № 3		150
201		м. Шпола	поліклініка		200
Чернівецька					
202		м. Заставна, вул. Гагаріна			2000

№ з/п	Область	Адреса	Об'єкт	Оператор/замовник	Встановлена потужність, кВт
Чернігівська					
203		м. Семенівка, вул. Дахновича, 2 м. Щорс, вул. Бульварна, 7		ПАТ "Облтепло-комуненерго"	1640
204		м. Новгород-Сіверський		ПАТ "Облтепло-комуненерго"	300
205		смт Ріпки		ПАТ "Облтепло-комуненерго"	500
206		смт Седнів		ПАТ "Облтепло-комуненерго"	820
207		с. Прогрес		ТОВ "НВО "Екотех"	1000
208		м. Бахмач, вул. Крупської			500
209		Вертіївка, вул. Жовтнева	Ресторан		150
210		с. Красносільське	Котельня молокозаводу		150
211		с. Тур'я	Турянський НВК "ЗНЗ I–III ступенів ДНЗ"	ТОВ "Чернігівтопленерго"	300
212		с. Петрівка	Петрівський НВК	ТОВ "Чернігівтопленерго"	300
213		с. Куликівка	Куликівський НВК	ТОВ "Чернігівтопленерго"	300
214		м. Славутич, вул. Ентузіастів	ТОВ "ВИТАВА"		1500
м. Київ					
215		вул. Тимирязівська, 1	Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України	ТОВ "НВО "Екотех"	4000
216		вул. Клінічна, 25	Інститут цукрових буряків УААН	ТОВ "НВО "Екотех"	1500
217		вул. Вернадського, 36		ТОВ "НВО "Екотех"	291
218		просп. 40-річчя Жовтня, 87Г		КП УЗН Голосіївського району	80
219		вул. Блакитного, 1			1500
220		вул. Радищева, 7	Котельня ТОВ "Інокс"		100
221		вул. Миру, 19	Компанія "Рода"		1000
222		вул. Світлицького, 33	ВАТ "Естмаш"		500
223		вул. Сирецька, 33в	Торгово-офісний центр "Еско"		150

№ з/п	Область	Адреса	Об'єкт	Оператор/замовник	Встановлена потужність, кВт
224		вул. Набережно-Лугова, 8	Котельня Київського судоремонтного заводу		2000
225		просп. Лобановського	Котельня пологового будинку №5		1000
226		вул. Світла, 3	ЖК "Східна брама"		800
ЗАГАЛОМ розрахунок (оціночний) річної витрати пелет					209 166
Частка неврахованих споживачів (побутові та інші), % до загального споживання пелет					15
ККД котлів, %					85
Нижча теплотворна здатність пелет, МДж/кг					17
Тривалість опалювального періоду, діб					175
Коефіцієнт використання встановленої потужності					0.5
Витрата пелет, т/рік					128 744

ДЛЯ НОТАТОК

A series of 18 horizontal green bars, stacked vertically, intended for taking notes. The bars are uniform in color and width, providing a structured space for handwritten text.



Програма розвитку ООН
Кловський узвіз, 1
Київ, 01021, Україна
Tel.: +38 044 253-9363
Fax.: +38 044 253-2607
www.ua.undp.org
www.bioenergy.in.ua