

**Швець Л. В.**

к. т. н., доцент

**Вінницький національний  
аграрний університет****Shvets L.****Vinnitsia National Agrarian  
University****УДК 621.3****DOI: 10.37128/2306-8744-2020-2-16****ПРОЕКТУВАННЯ  
ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ДЛЯ  
ВИГОТОВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ  
ГРАНУЛ**

В умовах паливної кризи, почався активний пошук альтернативних джерел енергії в цілому, та альтернативного палива зокрема. Серед альтернативних джерел в даний час є найбільш актуальним використання біопалива для отримання теплової та електричної енергії. Матеріалом для її отримання стають біологічні джерела і, в основному, це відходи сільського господарства, лісорозробок та деревообробної промисловості. Важливою перевагою застосування біопалива також є екологічний фактор, адже його застосування значно знижує забруднення навколишнього середовища, порівняно із використанням мінеральних палив.

За своїми характеристиками паливні гранули конкурують з природним газом, але за екологічними показниками вони випереджають всі інші види палив в тій же мірі, що і в ціновому відношенні.

Актуальність застосування паливних гранул показує збільшення використання деревних і сільськогосподарських відходів в індустріальному виробництві теплової енергії в Європі, Скандинавських країнах і Північній Америці на 15% щорічно.

Гранули є реальною альтернативою кам'яному вугіллю та нафти, так як за своїми теплотворними характеристиками не поступаються вугіллю, а їх екологічні параметри взагалі поза конкуренцією.

Теплота згорання гранул близька до вугільної, але при їх згоранні викид CO<sub>2</sub> в 10-50 разів менше, а утворення золи в 15-20 разів. Так що біопаливні експерти з упевненістю стверджують, що пелети є повноправною заміною вугілля.

Виготовлення деревних гранул відбувається без хімічних закріплювачів, під високим тиском. Варто зазначити, що пелети з відходів сільськогосподарського виробництва відрізняються більшою зольністю (наприклад, з лушпиння соняшнику - близько 7%, з торфу - від 2 до 15%), ніж деревні гранули (0,3-3%) та їх застосування для малих пелетних котлів небажано.

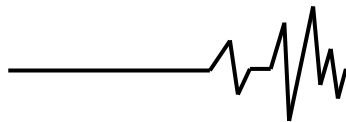
В статті обґрунтовано впровадження технології по переробці побічної продукції сільського господарства в паливні гранули.

Запропонована розроблена технологічна лінія для виготовлення гранул та конструкція подрібнювача деревини.

**Ключові слова:** подрібнення, паливні гранули, сировина, солома.

**Вступ.** В аграрному секторі економіки України з давніх часів щільне місце посідали

зернобобові, олійні культури, деревина. Вони не лише забезпечували внутрішні потреби, але



й формували експортний потенціал країни. Ці сільськогосподарські культури є ефективною сировиною для виробництва твердих паливних матеріалів.

Паливний брикет – це альтернативний матеріал, який дозволяє швидко і якісно розпалити плиту або камін і прогріти приміщення. При цьому він має масу інших переваг. На сьогоднішній день цей вид палива стає вельми популярним.

В даний час у світі гостро стоїть питання енергозбереження і, отже, питання використання вторинної сировини. В умовах постійного зростання цін на енергоносії, зростає інтерес до альтернативних, біологічно чистих, джерел енергії, таких як паливні брикети [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Переваги використання індивідуальних біогазових установок у сільській місцевості є незаперечними, що підтверджується досвідом країн, які впровадили біогазові технології. Серед цих країн - Китай, Данія, Австрія, Швеція, Німеччина, Чехія та багато інших. Так у Китаї для вироблення біогазу встановлено близько 28 млн біогазових установок, які виробляють 18 млрд куб. м біогазу за рік, в Індії – 3,8 млн біогазових установок, у Німеччині – 8 тис., сотні їх у Голландії, Канаді, Росії, Білорусі, Киргизстані, Казахстані. В Україні – лише 11 біогазових установок [2].

Необхідно відзначити перспективність використання альтернативних палив. В якості сировини для виробництва палив можуть бути використані відходи лісозаготівлі і лісопереробки, деревина, продукти і відходи

сільськогосподарського виробництва, відходи харчової промисловості, біогази, водорості та інші морські біоресурси. Використання палив рослинного походження забезпечує кругообіг вуглекислого газу в атмосфері, оскільки при спалюванні біопалива в двигунах внутрішнього згоряння в атмосферу надходить Technical sciences ISSN 2307-5732 124 Herald of Khmelnytskyi national university, Issue 4, 2018 (263) приблизно така ж кількість вуглекислого газу, що поглинається в процесі вирощування сировини. Це призводить до зменшення викиду парникових газів і запобігає виникненню парникового ефекту. [3].

Основні переваги паливних брикетів:

- Можливість тривалого зберігання;
- При горінні брикети не виділяють сторонніх хімічних запахів, завдяки тому, що при їх виробництві не додають ніяких хімічних барвників і клеїв;
- Виробляються брикети без використання смол, тому вони не забруднюють димохід і дають приємний запах;
- Паливні брикети виділяють CO<sub>2</sub> в десять разів менше, ніж природний газ і в п'ятдесят разів менше, ніж вугілля;

Їх використовують не тільки в камінах і печах, а й в твердопаливних піролізних котлах, грилях і барбекю [1].

Агро-пелетами вважаються паливні гранули з різноманітної сировини рослинного походження (рис.1), зазвичай сільськогосподарських культур та відходів сільськогосподарської переробки.



Рис.1. Різновиди гранул сільськогосподарських культур.

Одним з найпопулярніших і потенціалом цей матеріал несуттєво найдоступніших типів пелетної сировини поступається деревині, маючи теплотворну аграрного походження є солома різних культур, здатність до 16 МДж/кг. Крім цього, солома є зокрема зернових і рапсу. За енергетичним високо відновним джерелам енергії, оскільки при



спалюванні не змінює баланс двоокису азоту в атмосфері. При визріванні агрокультура вбирає стільки ж вуглекислого газу, скільки здатна виділити при спалюванні [4-7].

**Постановка проблеми.** Як енергоресурси біомасу широко використовують в сільському господарстві Польщі, Угорщини, Чехії та інших країн Європи. Для опалення застосовують побічні продукти агропромислового виробництва – солому зернових культур, стебла кукурудзи та соняшнику, гілки плодкових дерев і лозу винограду, відходи переробки очерету тощо. Ці енергоресурси можна ефективно утилізувати, якщо вони розташовані на невеликих відстанях від об'єкту опалення і їх кількість достатня для виробничих потреб. При цьому важливими елементами технічного забезпечення відповідних технологій є: комплекси машин для вирощування й збирання біомаси; сховища і обладнання для зберігання біомаси; теплотехнічне обладнання для спалювання біомаси; системи контролю і керування технологічними процесами на всіх етапах виробництва і застосування біопалива. [8-11].

**Мета дослідження.** Розробити та спроектувати технологічну лінію для виготовлення гранул із деревини та відходів

сільськогосподарської біомаси. При проектуванні технологічної лінії та вибору машин врахувати тип машин та їх продуктивність. Спроектувати подрібнювач відходів деревини.

#### **Виклад основного матеріалу.**

Сільськогосподарська біомаса, використовувана як паливо, має ряд особливостей, які відрізняють її від традиційних енергоресурсів, що застосовуються для опалення. Деякі з характеристик твердого біопалива, у першу чергу зовнішні (щільність, розміри часток, специфічність поверхні), за допомогою подрібнення та ущільнення можуть бути змінені. У той же час його основні паливо – технологічні характеристики прийнято розглядати як сталі.

Найбільш важливою паливо-технологічною характеристикою біомаси, яке використовується як тверде біопаливо, є її теплотворна здатність, яка залежить від багатьох чинників: генетичних особливостей енергетичних рослин, впливу навколишнього середовища, умов зберігання, вологості тощо. В таблиці 1 наведено середню теплотворну здатність сільськогосподарської енергетичної сировини (що раніше відносили до відходів агропромислового виробництва) при абсолютній її вологості на рівні 20%. [5].

Таблиця 1

#### **Середня теплотворна здатність енергетичної сировини**

Енергетична сировина	Теплотворна здатність, МДж/кг
Солома зернових культур	10,5
Стебла кукурудзи	12,5
Гілки плодкових дерев	10,5
Стебла соняшника	12,5
Виноградна лоза	14,2

Порівняння вмісту окремих хімічних складових соломи та інших матеріалів, що

використовуються як тверде біопаливо, наведено в таблиці 2.

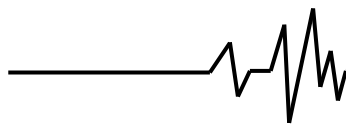
Таблиця 2

#### **Порівняльна характеристика твердих паливних матеріалів**

Паливний матеріал	Вміст у зневодненому і безвольному матеріалі, %				
	вуглецю	кисню	водню	азоту	сірки
Солома	39-43	37-39	4,8-5,6	0,3-0,6	0,04-0,10
Дерево	48-50	41-43	5,4-6,0	0,1-0,8	0,03-0,04
Деревне вугілля	84	13	3	0,1	0,00
Буре вугілля	63-74	16-26	5-6	0,09-0,19	0,03-0,39
Кам'яне вугілля	81-92	1,4-10,0	4-5	0,12-0,17	0,06-0,14

Великий вміст кисню в сільськогосподарських твердих біопаливах означає, що в процесі їх горіння потреба в повітрі та кількість утвореного диму менші, ніж при спалюванні різних видів вугілля (таблиця 3). Вміст

вологи в паливі несприятливий не лише з точки зору теплотворної здатності матеріалу. Зі збільшенням вологості зростає кількість водяної пари, а це внаслідок процесів її конденсації створює проблеми при відведенні диму.



Таблиця 3

## Потреба в повітрі та вміст золи в різних паливних матеріалах

Паливо	Питома потреба в повітрі при горінні, м <sup>3</sup> /кг	Вміст золи, %
Солома	5,65	4-10
Дерево	7,63	1-2
Деревне вугілля	10,52	0,8
Буре вугілля	8,33	0,8
Кам'яне вугілля	10,85	0,08

До основних видів біомаси, що використовується як тверде біопаливо для безпосереднього спалювання, відносять деревину разом із сировиною з енергетичних рослин, таких як верба та міскант, а також соломі та зруби з різного роду насаджень.

Тому важливим чинником якості твердого біопалива є технологія приготування біомаси до спалювання. Вона обумовлює конструктивно-технологічне виконання теплотехнічного обладнання яке істотно впливає на економічні показники його роботи (таблиця 4).

Таблиця 4

## Характеристика біопалив в залежності від технологій їх приготування до спалювання

Вид твердого біопалива	Об'ємна маса, кг/м <sup>3</sup>	Питомий об'єм, м <sup>3</sup> /т	Питома енергоємність, МВт/м <sup>3</sup> *
Солома:			
звичайна	20-50	20-50	0,07-0,16
подрібнена (січка)	40-60	16-25	0,13-0,19
великі тюки	70-130	7,7-14	0,23-0,43
рулони	60-90	11-16	0,19-0,29
в'язанки	50-110	9-20	0,16-0,36
брикети	300-450	2,2-3,3	0,99-1,48
Деревина:			
поліна	200-500	2,0-5,0	0,86-2,15
тріски	200-300	3,3-5,0	0,86-1,29
тирса	150-200	5,0-6,6	0,65-0,86
зруби	250-400	2,0-3,0	0,70-0,90
брикети	600-800	1,3-1,6	2,58-3,44

Сьогодні до найбільш поширених в країнах Європи твердих палив з біомаси відносять деревину та соломі, а потім – за чергою – енергетичні рослини та деревина з енергетичних лісів. Вибір техніки та технологій отримання енергії з цього виду сировини залежить від теплової ефективності, емісії забруднень в атмосферу, а також кількості поточних газів біомаси. Важливим елементом є економічна характеристика об'єктів оцінки,

зокрема вартість палив з біомаси (таблиця 5) [8-9].

Соломі готують до енергетичного використання у вигляді брикетів, зберігають у коморах, у «голландських» коморах (покрівля з опорами), під брезентом або плівкою, під відкритим небом. При зберіганні у скирдах біля 10% соломи стають непридатними для подальшого енергетичного використання.



Таблиця 5

## Вартість твердого біопалива в Європі

№ п/п	Біомаса	Вартість, Євро/т	Вологість, %	Теплотворна здатність, МДж/кг	Вартість енергії, Євро/ГДж
1	Солома зернових	35	8	15	2,3
2	Зруби деревини	25-35	40	10	3,0*
3	Брикетти з деревини	80	10	17,5	8,0*
4	Зерно, зерновідходи	70-100	12-15	14,5	6,0*
5	Пресований міскант	41	23	14	3,0
6	Січка місканту	38	23	14	2,7
7	Зруби верби	35	17	15	2,3

Деревина серед твердих палив найбільш багата газом. Отже, головними перевагами даних елементів є наступні.

1. Виготовлення паливних брикетів і гранул, використовуючи при цьому нехитрі пристрої – преси.

2. Тривалість горіння. Горіти брикет і гранули можуть від 1 до 4 годин. При цьому він постійно виділяє тепло.

3. Мінімальна кількість диму, іскор.

4. Екологічна чистота, оскільки брикетти і гранули виготовляються з рослинних та інших натуральних матеріалів.

5. Економічність. Вартість однієї тонни такого палива значно менше такої ж кількості вугілля або дров. При цьому енерговіддача набагато краща.

6. Практичність. Попіл, який утворюється після згорання брикетів і гранул, можна використовувати як добриво.

7. Простота зберігання. Представлений матеріал не займає багато місця, може знаходитися в поліетиленових мішках. При цьому

він тривалий час здатний зберігатися в умовах підвищеної вологості.

8. Застосування в будь-яких видах паливного устаткування: камінах, котлах, печах.

9. Непримхливість в зберіганні.

Крім того, паливні брикетти можна використовувати в складах, де сушаться і зберігаються деревні матеріали. Промислові підприємства теж часто застосовують представлений вид палива у поєднанні з іншими матеріалами. У будь-якому випадку представлений матеріал є максимально ефективним і економічним, особливо в порівнянні з іншими видами палива.

Проектування технологічної лінії для виготовлення паливних гранул на основі подрібненої деревини та соломи проводимо на базі проведеного аналізу аналогічних технологічних ліній, які випускає промисловість.

Проектна технологічна лінія (рис. 2), складається: із засобів грубого подрібнення сировини, осушування подрібненої маси, кінцевого подрібнення, для досягнення подрібненої маси 0,5...2,5 мм., фракції та пресуючого пристрою.

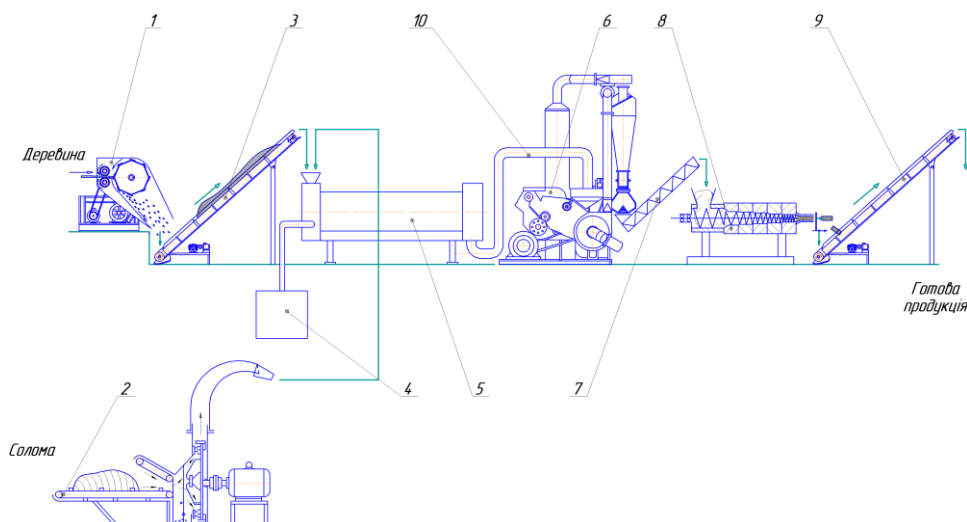


Рис. 2 – Проектна технологічна лінія для виробництва паливних гранул  
1 – подрібнювач деревини (проектний); 2 – подрібнювач соломи ИГК – 30Б; 3 – скребковий транспортер; 4 – твердопаливний теплогенератор; 5 – сушарка барабанна СБ; 6 – дробарка молоткова КДУ-2; 7 – шнековий транспортер; 8 – прес шнековий (проектний); 9 – охолоджувальний транспортер; 10 – матеріалопровод.



Робота проектної технологічної лінії аналогічна типовій. Гілля дерев, або відходи пилорами попередньо подрібнюється подрібнювачем деревини 1, для соломи та трав'янистих культур попереднє подрібнення відбувається в подрібнювачі грубих кормів ИГК – 30Б 2, потім скребковим транспортером подрібнена маса подається в теплогенератор, де проходить осушування до 10% вологості, з теплогенератора маса подається в молотковий подрібнювач КДУ – 2, де проходить кінцеве подрібнення до розмірів фракції – 0,5...2,5 мм, для забезпечення високої щільності гранул, після подрібнення маса шнековим транспортером подається в шнековий (проектний) прес, де проходить ущільнення та формування гранул, кінцевий продукт транспортером подається до місця фасування.

При проектуванні технологічної лінії та вибору машин враховують типи машин та їх продуктивність. Проектний подрібнювач відходів деревини складається (рис. 3) з прижимних вальців 2, які призначені для втягування деревини та подачі її до подрібнюючого барабана 3, з подрібнювача, який складається з барабана та горизонтально – розміщених на ньому ножів 8. Для покращення подрібнення з переду барабана розміщена протиризальна пластина 9.

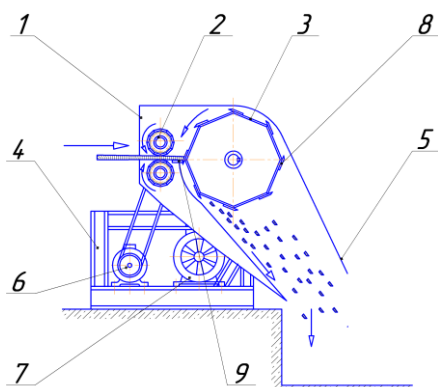


Рис. 3 – Схема подрібнювача деревини

1 – Завантажувальна горловина;  
2 – подаючий бітер; 3 – подрібнюючий барабан; 4 – рама; 5 – розвантажувальна горловина; 6 – електродвигун привода бітерів; 7 – електродвигун привода подрібнюючого барабана; 8 – ніж; 9 – протиризальна пластина.

Подрібнювач змонтований на рамі 4, яка складається з двутаврів. На рамі кріпляться електродвигуни 6 і 7 привода робочих органів.

Робота подрібнювача дуже проста: відходи деревини вручну подаються в завантажувальну горловину 1 до прижимних (подаючих) бітерів, бітерами деревина захватується і подається до подрібнюючого

барабана 3, який під дією ножів 8 подрібнює відходи на дрібні частини, з камери подрібнення через розвантажувальну горловину 5 подрібнена маса викидається. Для покращення подрібнення в машині встановлена протиризальна пластина 9.

**Висновки.** Наведені основні види альтернативних джерел палива, які виробляються із побічних продуктів сільського господарства. Обґрунтовано теплотворна здатність енергетичної сировини. Показана і розроблена технологічна лінія для виготовлення паливних гранул.

Введення в Україні державних норм, що відповідатимуть новим європейським стандартам, збільшить довіру до вітчизняних виробників і допоможе перейти на якісно новий рівень продукції на внутрішньому ринку держави. Збільшення експорту паливних гранул в європейські країни стимулюватиме стрімкий розвиток виробництва екологічно чистого палива в Україні. Нині для експорту біопалива за кордон українські підприємства вимушені проходити перевірку своєї продукції за стандартами країни-споживача й лише після цього укладати контракти, що вимагає зайвих фінансових та часових затрат.

#### Список використаних джерел

1. Швець Л.В. Технологічні передумови використання біоенергетичного потенціалу садів та земель лісгосподарського призначення Всеукраїнський науково-технічний журнал "Вібрації в техніці та технологіях", Вінниця, 2019. Випуск 4 (95).
2. Калетнік Г. М. Біогаз - в домогосподарствах - запорука енергонезалежності сільських територій / Калетнік Г. М., Зdirko Н. Г., Фабіянська В. Ю. Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики. - 2018. - № 8 (36). - С. 7-22.
3. Гулько І.В. Вибір оптимальної методики покращення складу сумішевого біопалива з рослинних олій. / Гулько І.В., Бурлака С. А., Ярошук Р.О. Вісник Хмельницького національного університету. - 2018. - № 4(263). - С. 123-127.
4. <https://galmet.com.ua/yak-tse-pratsyuye/palyvni-pelety-harakterystyky-ta-vydy.html>.
5. Частухин В.Я. Биологический распад и ресинтез органических веществ в природе / Частухин В.Я., Николаевская М.А.. - К.: Наука, 2013 - 326 с.
6. Шомахов А.Р. К вопросу использования обрезков ветвей плодовых деревьев. Тезы доклада международной



конференции молодых учёных. - Сочи: ВНИИЦиСК, 2011.

7. Шомахов А.Р. Эффективность применения измельчённого хмыза в качестве мульчматериала. Тезы доклада международной конференции молодых учёных. - Сочи: ВНИИЦиСК, 2011.

8. Binkiewicz R. Praktycznio cięciu / R. Binkiewicz // Sad nowoczesny. 2010. №12. P. 43–44.

9. Buitenhuis E. «Le Mur Fruitier» Die französische revolution im apfelanbau / E. Buitenhuis // Inno frutta. 2005. №5. S. 4–7.

10. Buitenhuis E. Mur fruitier, practical experiences in the Netherlands and Belgium / E. Buitenhuis // European fruitgrowers magazine. 2010. №2. P. 14–16.

11. Poldervaart G. Thinning machine as an alternative to ATS or Ethephon / G. Poldervaart // European fruitgrowers magazine. 2011. №3. P. 14–15.

### References

1. Shvets LV (2019) Technological prerequisites for harnessing the bioenergy potential of gardens and forest lands / All-Ukrainian Scientific and Technical Journal "Vibrations in Engineering and Technology", Vinnitsa. Vol. 4 (95). [in Ukrainian].

2. Kaletnik G.M. (2018) Biogas - in households - a guarantee of energy independence of rural areas / Kaletnik GM, Zdyrko NG, Fabianska V. Yu. Ekonomika. Finances. Management: current issues of science and practice. № 8 (36). - P. 7-22.

3. Gunko I. V. (2018) Selection of the optimal method of improving the composition of blended biofuels from vegetable oils. / Gunko IV, Burlaka SA, Yaroshchuk RO Bulletin of Khmelnytsky National University. № 4 (263). - P. 123-127.

4. <https://galmet.com.ua/yak-tse-pratsyuje/palyvni-pelety-harakterystyky-ta-vydy.html>.

5. Chastukhin V.Ya. (2013) Biological decay and resynthesis of organic substances in nature / Chastukhin V.Ya., Nikolaevskaya MA .. - K.: Nauka - 326 p. [in Russian].

6. Shomakhov A.R. (2011) On the use of pruning branches of fruit trees. Abstracts of the International Conference of Young Scientists. - Sochi: VNIICISK. . [in Russian].

7. Shomakhov A.R. (2011) Efficiency of the use of crushed hmyz as a mulch material. Tez. Doc. Intern. Conf. Young scientists. - Sochi: VNIICISK, 2011. [in Russian].

8. Binkiewicz R. (2010) Praktycznio cięciu / R. Binkiewicz // Sad nowoczesny. №12. P. 43–44.

9. Buitenhuis E. (2005) «Le Mur Fruitier» Die französische revolution im apfelanbau / E. Buitenhuis // Inno frutta №5. S. 4–7.

10. Buitenhuis E. (2010) Mur fruitier, practical experiences in the Netherlands and Belgium / E. Buitenhuis // European fruitgrowers magazine. №2. P. 14–16.

11. Poldervaart G. (2011) Thinning machine as an alternative to ATS or Ethephon / G. Poldervaart // European fruitgrowers magazine. №3. P. 14–15.

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ ГРАНУЛ

В условиях топливного кризиса, начался активный поиск альтернативных источников энергии в целом, и альтернативного топлива частности. Среди альтернативных источников в настоящее время является наиболее актуальным использование биологического топлива для получения тепловой и электрической энергии. Материалом для ее получения становятся биологические источники и, в основном, это отходы сельского хозяйства, лесоразработок и деревообрабатывающей промышленности. Важным преимуществом применения биотоплива также является экологический фактор, ведь его применение значительно снижает загрязнение окружающей среды, по сравнению с использованием минеральных топлив.

По своим характеристикам топливные гранулы конкурируют с природным газом, но по экологическим показателям они опережают все остальные виды топлив в той же степени, что и в ценовом соотношении.

Актуальность применения топливных гранул показывает увеличение использования древесных и сельскохозяйственных отходов в индустриальном производстве тепловой энергии в Европе, Скандинавских странах и Северной Америке на 15% ежегодно.

Гранулы являются реальной альтернативой каменному углю и нефти. Так как по своим характеристикам теплоотдачи, не уступают углю, а их экологические параметры вообще вне конкуренции.

Теплота сгорания гранул близка к угольной, но при их сгорании выброс  $\text{CO}_2$  в 10-50 раз меньше, а образование золы в 15-20 раз. Так что био-топливные эксперты с уверенностью утверждают, что гранулы являются полноценной заменой угля.

Изготовление древесных гранул происходит без химических закрепителей под высоким давлением. Стоит отметить, что брикеты из отходов сельскохозяйственного производства отличаются большей зольностью



(например, из лузги подсолнечника - около 7%, из торфа - от 2 до 15%), чем древесные гранулы (0,3-3%) и их применение для малых брикетных котлов нежелательно.

В статье обосновано внедрение технологий по переработке побочной продукции сельского хозяйства в топливные гранулы.

Предложена разработанная технологическая линия для изготовления гранул и конструкция для измельчения древесины.

**Ключевые слова:** *измельчитель древесины, топливные гранулы, сырье, солома.*

### DESIGN OF A TECHNOLOGICAL FUEL PELLET PRODUCTION LINE

In the conditions of the fuel crisis, an active search began for alternative energy sources in general, and alternative fuel in particular. Among the alternative sources, the use of biofuel for generating thermal and electric energy is currently the most relevant. Biological sources become the material for its production and, basically, these are wastes from agriculture, forestry and the woodworking industry. An important advantage of the use of bio-fuel is also an environmental factor, because its use significantly reduces environmental pollution, compared with the use of mineral fuels.

According to their characteristics, fuel pellets compete with natural gas, but in

environmental terms they are ahead of all other types of fuel to the same extent as in price terms.

The relevance of the use of fuel pellets shows an increase in the use of wood and agricultural waste in industrial production of thermal energy in Europe, the Scandinavian countries and North America by 15% annually.

Granules are a real alternative to coal and oil. Since, in terms of their heat transfer characteristics, they are not inferior to coal, and their environmental parameters are generally beyond competition.

The heat of combustion of the granules is close to coal, but when they are burned, the CO<sub>2</sub> emission is 10-50 times lower, and the ash formation is 15-20 times. So bio-fuel experts confidently claim that granules are a full substitute for coal.

The manufacture of wood pellets occurs without chemical fixers under high pressure. It is worth noting that briquettes from agricultural waste are more ash-rich (for example, from sunflower husk - about 7%, from peat - from 2 to 15%) than wood pellets (0.3-3%) and their use for small briquettes boilers undesirable.

The article substantiates the introduction of technologies for the processing of agricultural by-products into fuel granules.

A developed technological line for the manufacture of granules and a design for chopping wood are proposed.

**Key words:** wood chopper, fuel granules, raw materials, straw..

### *Відомості про автора*

**Швец Людмила Василівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу Вінницького національного аграрного університету (ВНАУ, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: [shlv0505@i.ua](mailto:shlv0505@i.ua)).

**Швец Людмила Васильевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии и технического сервиса Винницкого национального аграрного университета (ВНАУ, ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: [shlv0505@i.ua](mailto:shlv0505@i.ua)).

**Shvets Ludmila** - PhD, Associate Professor, Department of Agricultural Engineering and Technical Service Vinnytsia National Agrarian University (Sunny str., 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, [shlv0505@i.ua](mailto:shlv0505@i.ua)).