



Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

# МЕХАНІЗАЦІЯ ЗАГОТІВЛІ СОЛОМИ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ

Доктор технічних наук, професор Геннадій Голуб  
(Національний університет біоресурсів і  
природокористування України).

Доктор технічних наук, професор Савелій Кухарець  
(Поліський національний університет)

2024



# Лекція 8. МЕХАНІЗАЦІЯ ЗАГОТІВЛІ СОЛОМИ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ

1. Загальна структура енергетичного використання соломи зернових культур.
2. Термінологія щодо заготівлі соломи для енергетичного використання.
3. Технологія заготівлі соломи.
4. Технології виробництва паливних гранул та брикетів.
5. Використання котлів для спалювання соломи.

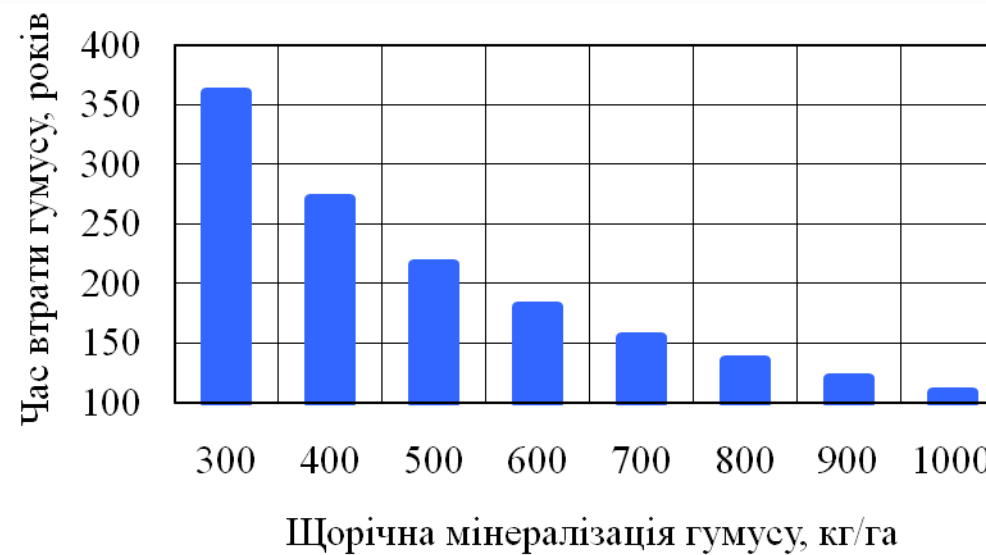
# 1. ЗАГАЛЬНА СТРУКТУРА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ СОЛОМИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Характеристика твердих видів біопалива в залежності від технології їх приготування до спалювання

Вид соломи	Об'ємна маса (щільність), кг/м <sup>3</sup>	Питомий об'єм, м <sup>3</sup> /т	Питома енергомiсткiсть, МВт/м <sup>3</sup>
Звичайна солома	20-50	20-50	0,7-0,16
Подрiбнена солома (сiчка)	40-60	16-25	0,13-0,19
Великi прямокутнi паки	70-130	7,7-14	0,23-0,43
Круглi паки	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
Пеллети	350-500	1,9-3,0	1,1-1,6

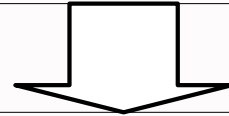


# СПАЛЮВАННЯ ВАЛКІВ СОЛОМИ ТА СТЕРНІ НА ПОЛЯХ

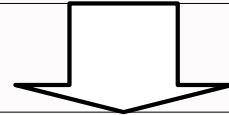


# ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЛАНЦЮГ ВИКОРИСТАННЯ СОЛОМИ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ

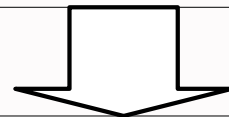
Технологія збирання зернових культур



Технологія пресування та транспортування незернової частини виробленої продукції



Технологія зберігання та первинної підготовки органічної сировини до конверсії



Технологія конверсії органічної сировини

## 2. ТЕРМІНОЛОГІЯ ЩОДО ЗАГОТІВЛІ СОЛОМИ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ

**Солома (straw)** – сухі світло-жовті стебла злакових рослин, що залишаються після обмолоту і які використовують як корм для тварин, паливо, а також для підстилки, покриття будівель і т. ін.

**Твердопаливний котел (solid fuel boiler)** – це пристрій для утворення і передавання теплової енергії теплоносію з метою подальшого її використання в цілях опалення, який працює на дровах, вугіллі, паливних гранулах (пелетах), рослинних рештках.

**Прес-підбирач (baler)** – машина для підбирання з валків просохлої трави або соломи з одночасним пресуванням її в тюки.

**Тюк соломи (packs of straw)** – спресована солома.

**Паливні гранули (fuel pellets)** – спресовані частки, що мають форму циліндра або призми і застосовуються для отримання теплової енергії.

**Біопаливні гранули (biofuel pellet)** – паливні гранули виготовленні з біомаси.

**Брикети (briquettes)** – це паливні гранули діаметром понад 25 мм з можливим внутрішнім отвором діаметром до 20 мм.

**Пеллети (pellets)** – це паливні гранули діаметром до 25 мм.

### 3. ТЕХНОЛОГІЯ ЗАГОТІВЛІ СОЛОМИ

#### Технологічні властивості тюків

Щільність тюка		Вологість соломи в тюку (%)	Рекомендована територіальна зона для формування тюка
вид щільності	значення (кг/м <sup>3</sup> )		
низька	до 100	до 40%	полісся
середня	100...200	до 25%	лісостеп
висока	200...300	до 22%	степ

#### Основні типорозміри тюків

Типорозмір тюка	Щільність тюка (кг/м <sup>3</sup> )	Маса тюка (кг)	Поперечний розмір тюка		Довжина тюка (м)
			прямокутної форми (см×см)	круглої форми (м)	
малий	100-125	12-15	46×36	-	1,3
середній	100-140	200-300	80×80	1,2-1,8	1,2-1,7
великий	130-150	450-500	120×130	-	2,4

# КЛАСИФІКАЦІЯ ПРЕС-ПІДБИРАЧІВ





## КЛАСИФІКАЦІЯ ПРЕС-ПІДБИРАЧІВ

Прес-підбирач поршневого типу для формування малогабаритних тюків, марки FAMAROL Z-511 (Unia Group)



Прес-підбирач рулонного типу для формування тюків середнього та великого типорозмірів, марки Rollant 250 (Claas)



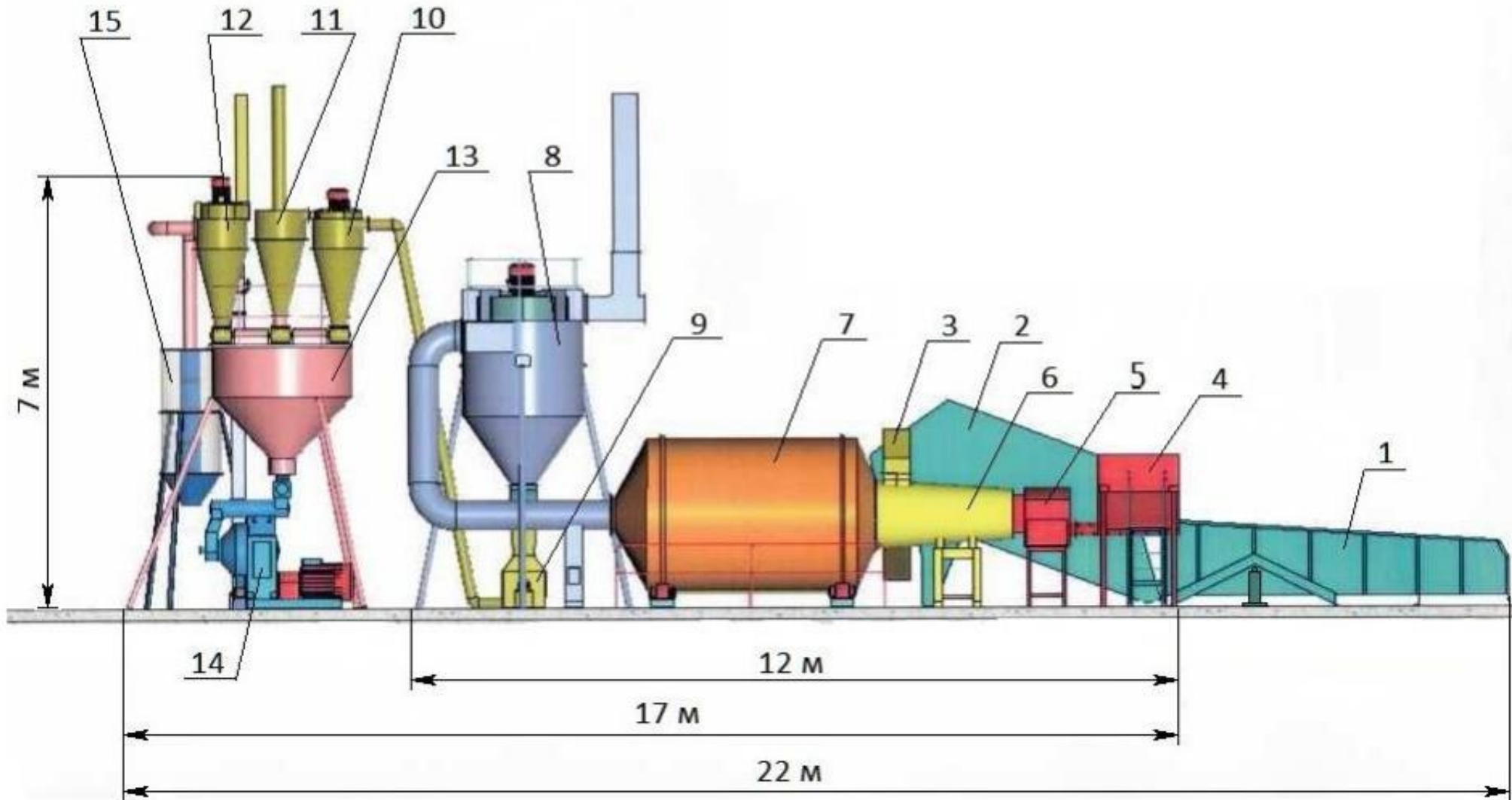
Прес-підбирач поршневого типу для формування тюків середнього та великого типорозмірів, марки Krone "BigPack VFS1290"



Транспортний причіп для доставки тюків в місце зберігання



#### 4. ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ ТА БРИКЕТІВ



Лінія грануляції соломи на базі ОГМ-1,5

- 1 – завантажувач; 2 – поживник; 3 – транспортер; 4 – бункер-наповнювач;  
5 – палильня; 6 – теплогенератор; 7 – сушарка; 8, 10, 11, 12 – циклони;  
9 – подрібнювач; 13 – бункер-накопичувач; 14 – гранулятор; 15 – охолоджувач



# ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД ГВИНТОВИХ БРИКЕТНИХ ПРЕСІВ ДЛЯ СОЛОМИ



ШБП-700 ВИРОБНИЦТВА ЗАВОДУ  
“ТЕПЛОДАР-ЕНЕРГІЯ” (М. ПОЛТАВА)

Патент на винахід 94007



ЧПБ-1М ВИРОБНИЦТВА “ПЕРШОГО  
КИЇВСЬКОГО МАШ-ГО ЗАВОДУ»

# ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ ТА БРИКЕТІВ



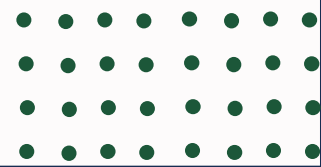
Лінія гранулювання біомаси ECO-BIO-100 виробництва НУБіП (Чехія-Україна)



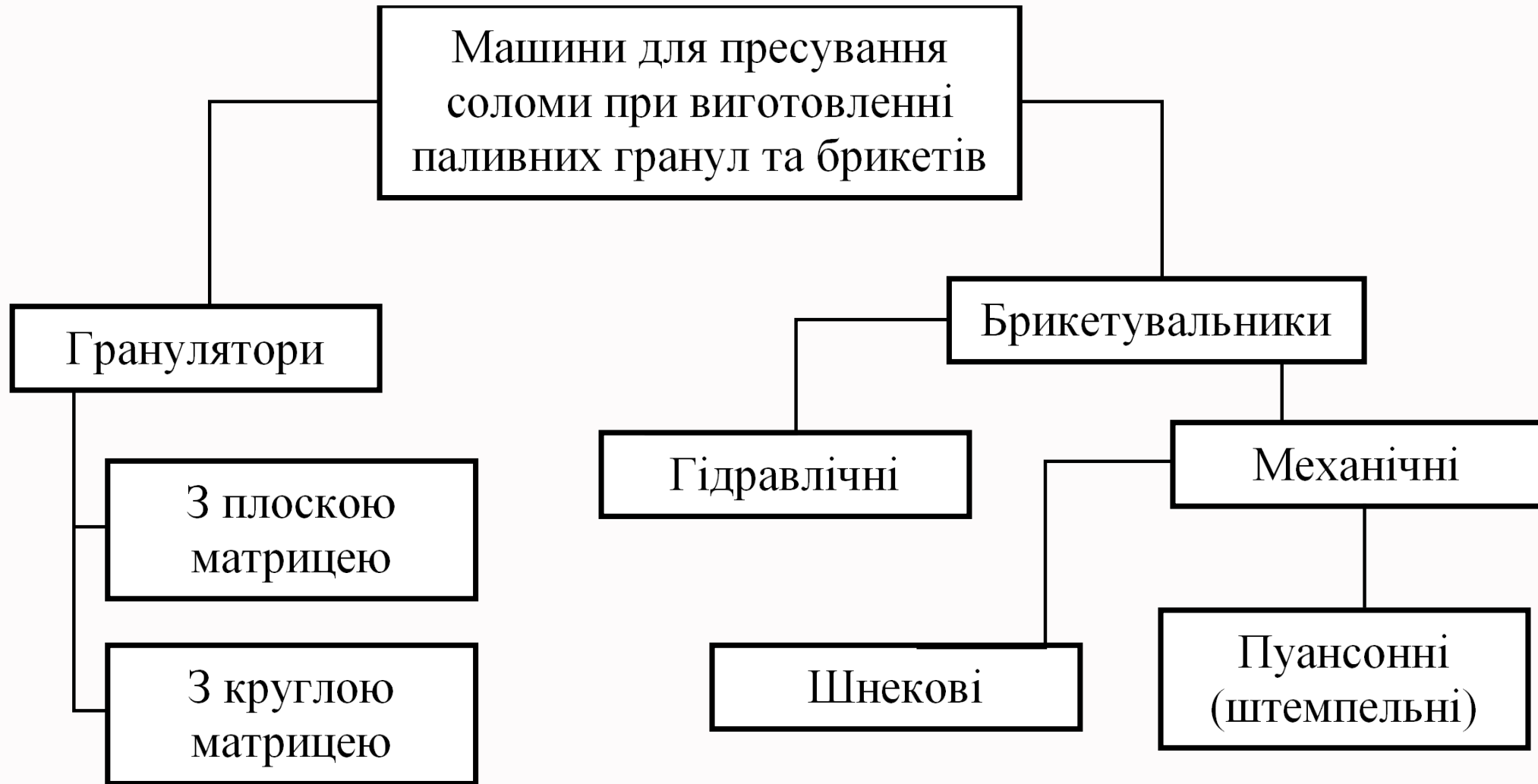
Машина брикетувальна В-80 виробництва ВАТ «Пресмаш» Україна



Технологічний процес виготовлення пеллет з соломи



# КЛАСИФІКАЦІЯ МАШИН ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ ТА БРИКЕТІВ





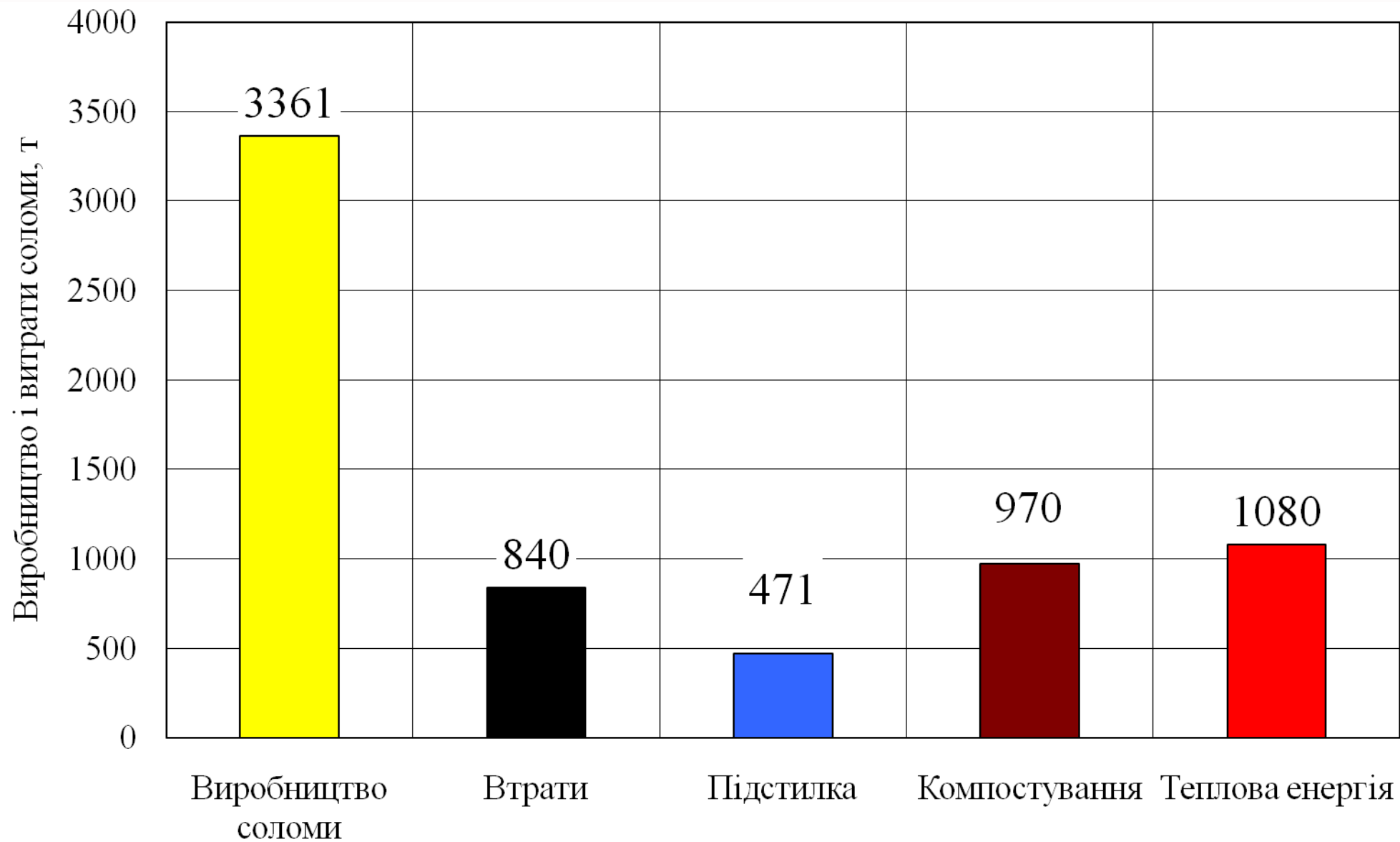
## ВИМОГИ ОКРЕМИХ СТАНДАРТІВ ДО ЯКОСТІ ВИРОБЛЕНИХ ПЕЛЛЕТ

Норми якості для гранул (пеллет)	Одиниця виміру	Значення згідно із стандартом ONorm M 7135 (Австрія)	Значення згідно із стандартом DIN 51731 (Німеччина)
Діаметр, D	мм	4-10	4-10
Довжина	мм	5xD	<50
Густина (щільність)	кг/дм <sup>3</sup>	>1,12	1,0-1,4
Вміст вологи	%	<10	<12
Вміст золи	%	<0,50	<1,50
Теплота згоряння	МДж/кг	>18	17,5-19,5
Вміст сірки	%	<0,04	<0,08
Вміст азоту	%	<0,3	<0,3
Вміст хлору	%	<0,02	<0,03
Вміст пилу (стирання)	%	<2,3	-
Вміст допоміжних компонентів	%	<2	<2

**КОТЕЛ RAU-2-600М ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ ТЮКІВ ТА РУЛОНІВ СОЛОМИ (ННЦ  
“ІМЕСГ” НААН України, смт. Глеваха Васильківського р-н Київської обл.)**



# ДІАГРАМА ВИРОБНИЦТВА І РОЗПОДІЛУ СОЛОМИ

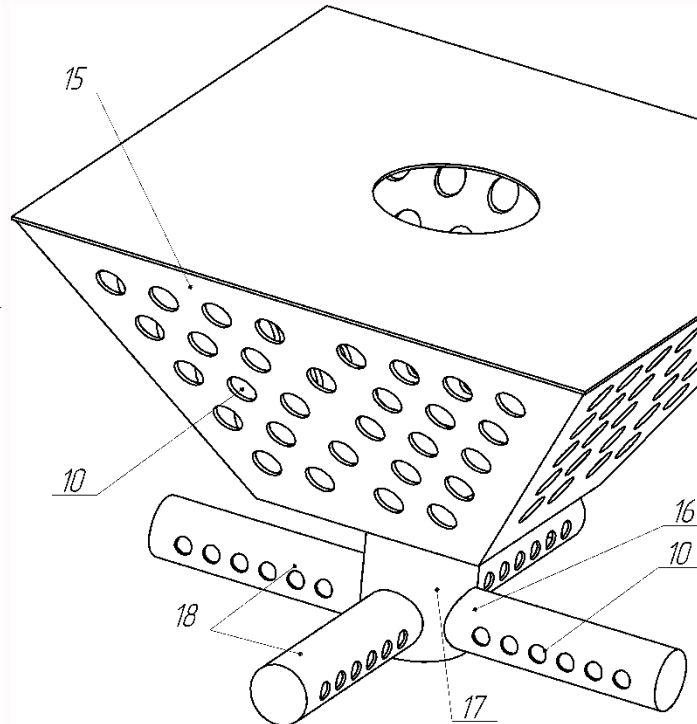
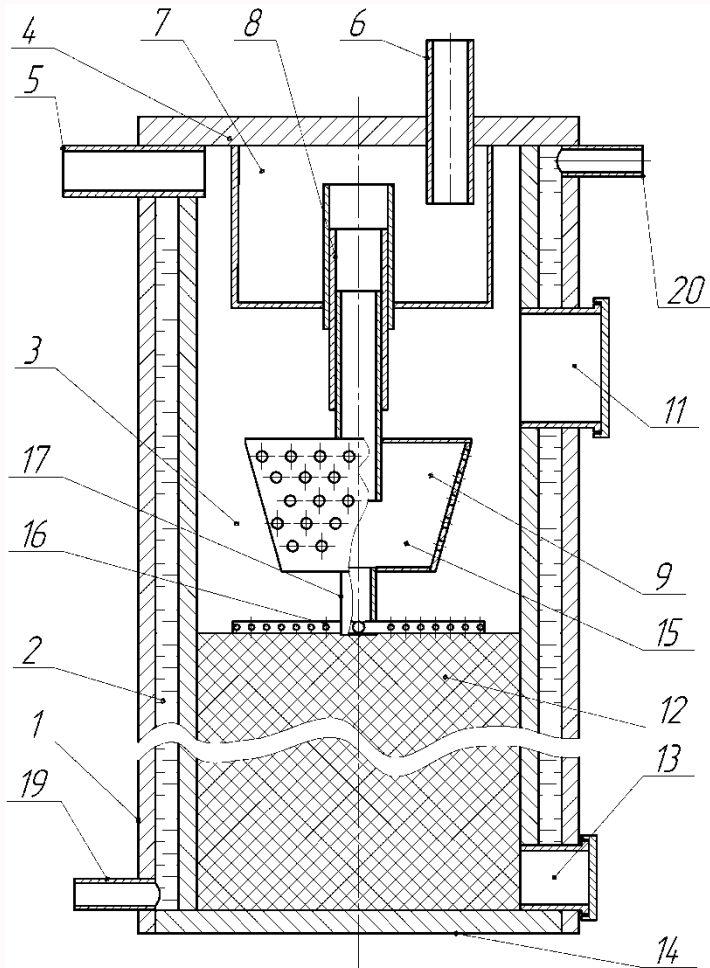


# ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОТЛА RAU-2-600M ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ РУЛОНІВ СОЛОМИ

Витрати на заготівлю соломи та оплату природного газу			
Параметри	Од. виміру	Значення	
Витрати на підбір та ущільнення соломи у рулони	грн./т	27,53	
Витрати на перевезення соломи та рулонів на край поля	грн./т	17,05	
Дальність перевезення рулонів до місця скиртування	км	27	
Витрати на перевезення рулонів	грн./т	249,97	Вартість газу
Витрати на скиртування рулонів	грн./т	14,77	грн./ тис.м <sup>3</sup>
Витрати на заготівлю соломи та вартість природного газу	грн./т	336,31	2610,78
Вартість соломи та природного газу перерахунку на тепло	грн./ГДж	29,00	82,50
Оцінка економічної ефективності використання соломи на теплові потреби			
Теплоносій	-	Солома	Газ
Витрати на виробництво тепла	грн./ГДж	23,51	11,30
Собівартість виробництва тепла	грн./ГДж	52,51	93,81
Ефективність виробництва тепла із соломи	грн./ГДж	41,30	
Додаткові питомі капіталовкладення у спалювання соломи	грн./ГДж	82,12	
Термін окупності обладнання для спалювання соломи	років	1,99	
Річна теплопродуктивність	ГДж	9685,14	
Річний економічний ефект	тис. грн.	400,00	



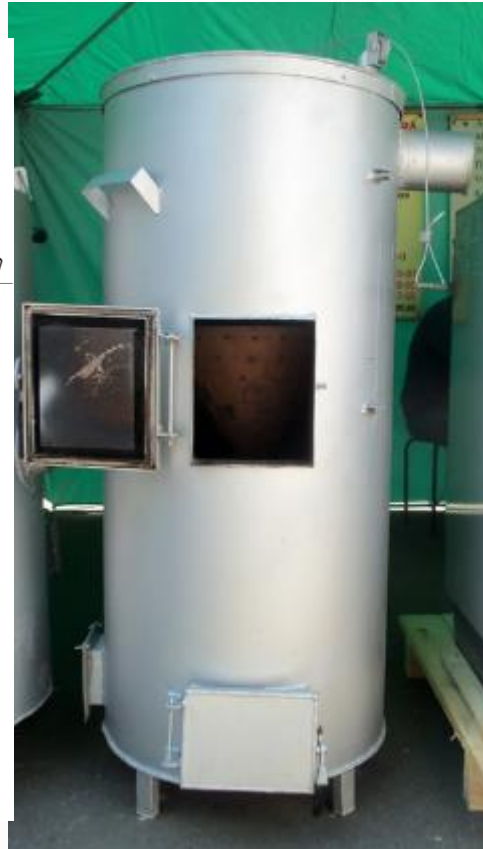
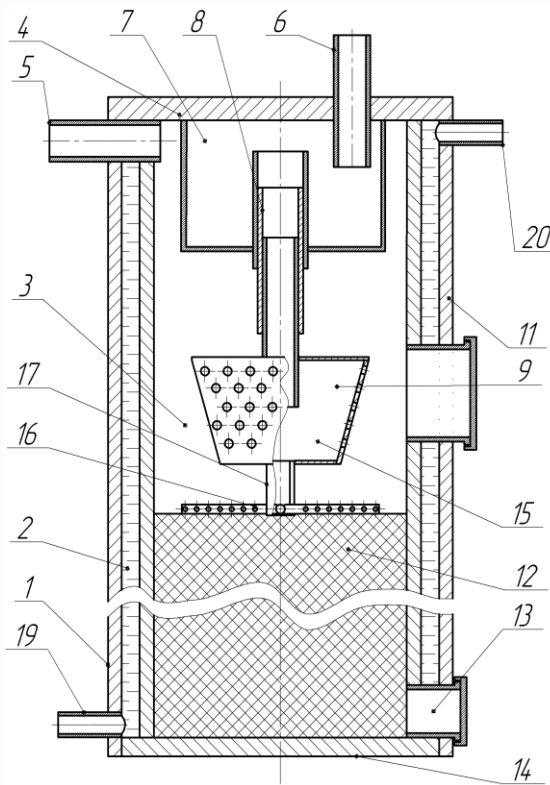
# КОТЕЛ ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ РОСЛИННОЇ БІОМАСИ (Патент на винахід 105346)



1 – корпус із подвійною стінкою; 2 – заповнена водою порожнина; 3 – камера згоряння; 4 – кришка; 5 – патрубок для видалення продуктів згорання; 6 – патрубок для подачі повітря; 7 – проміжна ємність; 8 – напрямна із телескопічних труб різного діаметра та можливістю подовження; 9 – двохсекційний розсіювач повітря; 10 – отвори для подачі повітря; 11 – дверцята для завантаження палива; 12 – паливо; 13 – дверцята для видалення попелу; 14 – днище; 15 – верхня секція розсіювача повітря у вигляді зрізаної піраміди або конуса з отворами в бокових гранях; 16 – нижня секція розсіювача повітря; 17 – трубчастий перехідник; 18 – трубчасті елементи; 19, 20 – патрубки для подачі



# КОТЕЛ ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ СОЛОМИ ІЗ ВЕРХНІМ ГОРІННЯМ



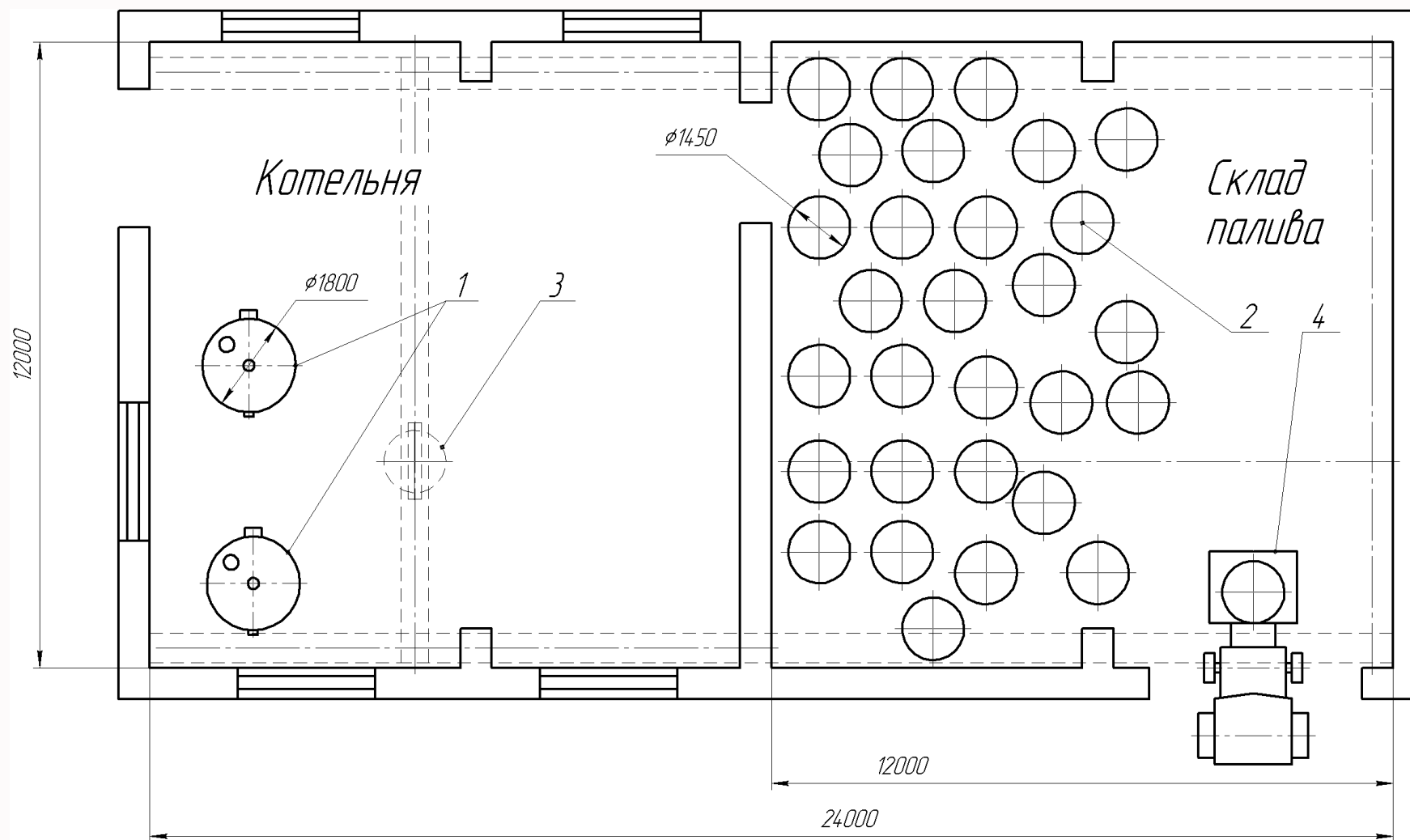
1 – корпус; 2 – порожнина; 3 – камера згорання; 4 – кришка; 5 – патрубок для видалення продуктів згорання; 6 – патрубок для подачі повітря; 7 – проміжна ємкість; 8 – напрямна; 9 - розподільник повітря; 10 – отвори, 11 – дверцята для палива; 12 – паливо; 13 – дверцята для попелу; 14 – днище; 15 – верхня секція розподільника повітря; 16 - нижня секція розподільника повітря; 17 – з'єднувач 18 – трубчасті елементи; 19 – патрубок для подачі холодної води; 20 – патрубок для відведення гарячої води



## Система керування котлом

1 – вентилятор подачі повітря в топку котла; 2 – мікропроцесорний блок керування; 3 – температурний датчик

# СХЕМА КОТЕЛЬНОЇ, ОСНАЩЕНОЇ КОТЛАМИ КГВ 200 ІЗ ВЕРХНІМ ГОРІННЯМ ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ СОЛОМИ В РУЛОНАХ



- 1 – котел ( $P_k=200$  кВт); 2 – рулон соломи ( $d_m=1,45$  м;  $h_m=1,2$  м); 3 – кран-балка (оснащена захватом для рулонів); 4 – транспортний засіб для переміщення рулонів соломи до складу палива





Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

# Дякуємо!

**Геннадій Голуб**

[gagolub@ukr.net](mailto:gagolub@ukr.net)



**Савелій Кухарець**

[kikharets@gmail.com](mailto:kikharets@gmail.com)

