

Міністерство освіти та науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля

Кафедра екології та екологічної безпеки

Ілюстративні матеріали доповіді до магістерської кваліфікаційної роботи  
на тему:

***“УДОСКОНАЛЕННЯ ЛОГІСТИКИ ПЕРЕРОБКИ  
РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ”***

Розробив: студент гр. ЕБ-16 з/в

Доценко Олег Анатолійович

Керівник: доцент Васильківський І. В.

Вінниця - 2018

## Актуальність роботи

Україна має розвинутий сектор сільського господарства, зокрема рослинництва, який щорічно генерує великий обсяг різноманітних рослинних відходів та залишків. Відходи поділяються на первинні, тобто ті, що утворюються безпосередньо при збиранні врожаю сільськогосподарських культур, і вторинні – такі, що генеруються при обробці врожаю на підприємствах.

Первинні відходи включають соломку зернових та інших культур, відходи виробництва кукурудзи на зерно і соняшника (стебла, стрижні, кошики і т. ін.).

Вторинні відходи – це лушпиння соняшника, лушпайка гречки, рису, жом цукрового буряку і тому подібне. Частина відходів та залишків використовується на потреби самого сільського господарства (органічне добриво, підстилка та корм тварин), частина – іншими секторами економіки, а решта біомаси залишається незадіяною і часто утилізується (спалюється в полі, вивозиться на звалище) без принесення користі товаровиробникам.

Значну частину біомаси, що не використовується, доцільно залучити до виробництва енергії. При цьому важливим є питання яку саме частку відходів та залишків сільського господарства можна використовувати на енергетичні потреби без негативного впливу на родючість ґрунтів.

Отже, для ефективного використання доступного енергетичного потенціалу рослинних відходів в Україні необхідно провести організаційно-технічні удосконалення технологічного процесу їх переробки.

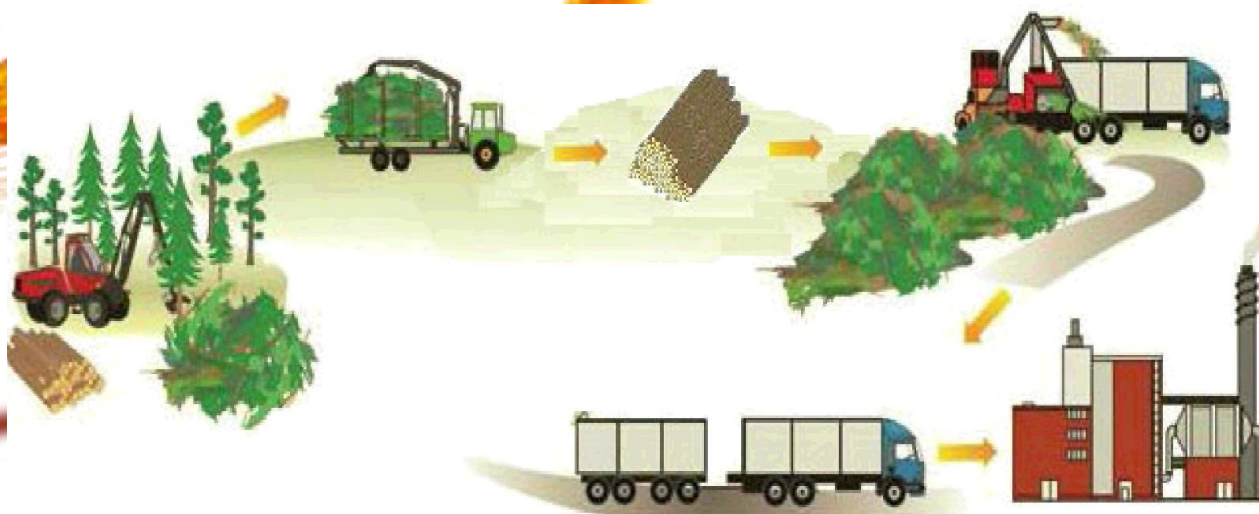
- **Метою роботи** є наукове обґрунтування удосконалення логістики переробки рослинних відходів для виробництва енергії в Україні.
- **Об'єктом дослідження** є процес переробки рослинних відходів, створених в агропромисловому комплексі, екологічна та економічна ефективність введення встаткування та отримання енергії з рослинних відходів в організації сільськогосподарського виробництва.
- **Предмет дослідження** - рослинні відходи сільськогосподарського виробництва.

## Відповідно до мети дослідження основними завданнями роботи є:

1. Оцінка потенціалу енергетичних ресурсів рослинних відходів в Україні
2. Аналіз методів і засобів енергетичного використання рослинних відходів в Україні.
3. Дослідження та аналіз логістики та організаційно-технічних рішень продукування, постачання, транспортування, складування і використання відходів рослинництва.
4. Дослідження та аналіз роботи лінії гранулювання рослинних відходів – ЛГБМ-2000 та роботи шнекового пресу-гранулятора ППМ-2000.
4. Проведення проектування лісного енергетичного господарства.
5. Аналіз технології та конструкції котлів для виробництва теплової та електричної енергії із рослинних відходів.
6. Розробка природоохоронних заходів і рекомендацій покращення процесу переробки рослинних відходів для виробництва енергії в Україні.



## Принципова схема логістики тріски (рослинних відходів)







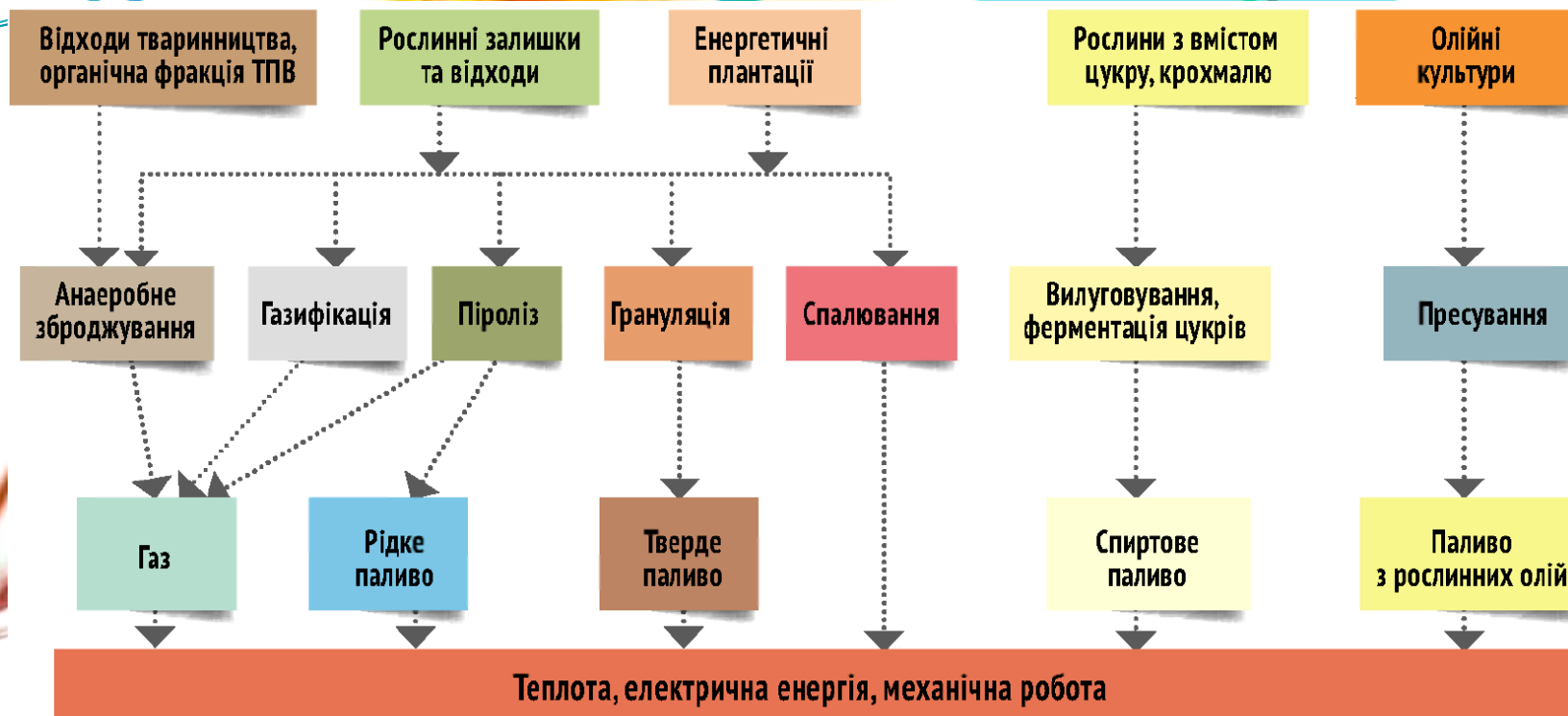


## Приклади спалення соломи на полях в Україні



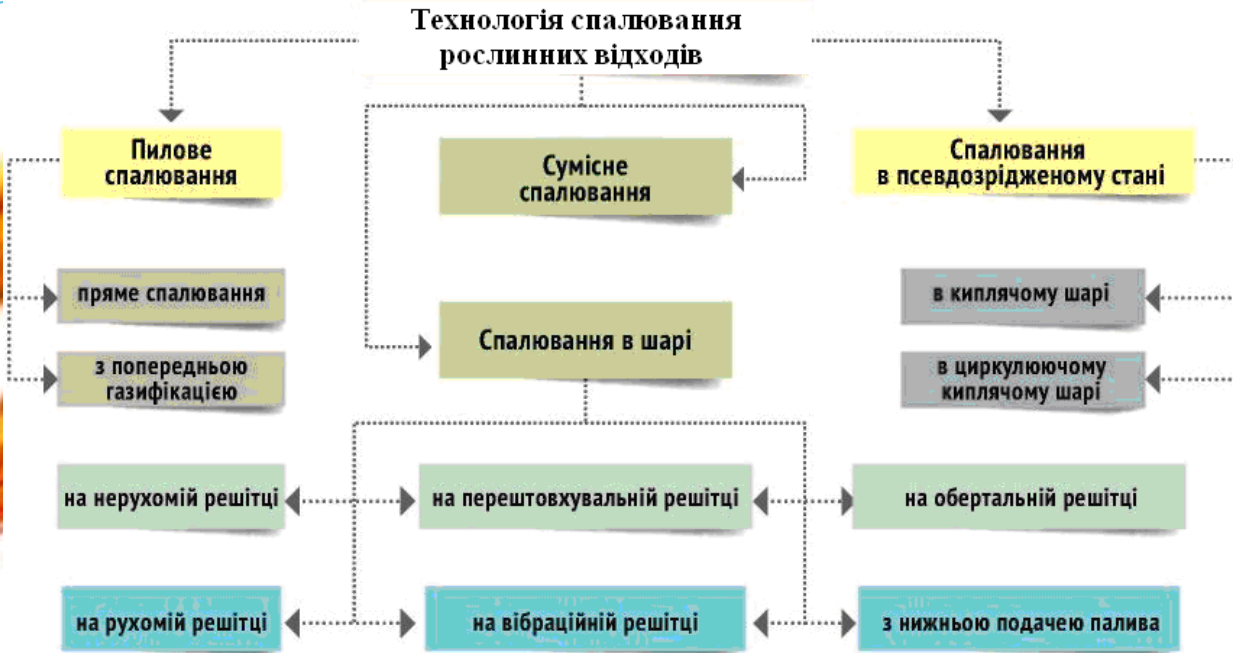


# Способи виробництва енергії з біомаси

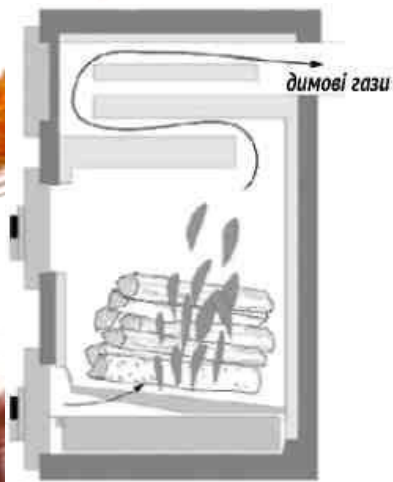


## Класифікація рослинних відходів для енергетичних потреб

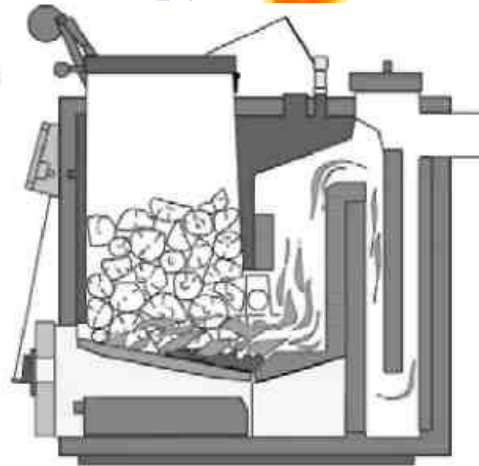
Сторона утворення	Група походження	Сторона споживання
Деревина, відходи деревини, вторинна деревина, відновлювальна деревина	Деревні палива	Тверді: необроблена деревина, тирса тріска, гранули Рідкі: чорний луг, метанол, піролізні смоли Газоподібні: продукти газифікації та піролізу
Відходи агрокультур, відходи тваринництва, відходи переробки агропродукції, енергетичні культури	Агropалива	Тверді: солома, стебла, лушпиння, енергетичні трави Рідкі: етанол, метанол, піролізні смоли, жом, олії Газоподібні: біогаз, продукти газифікації та піролізу



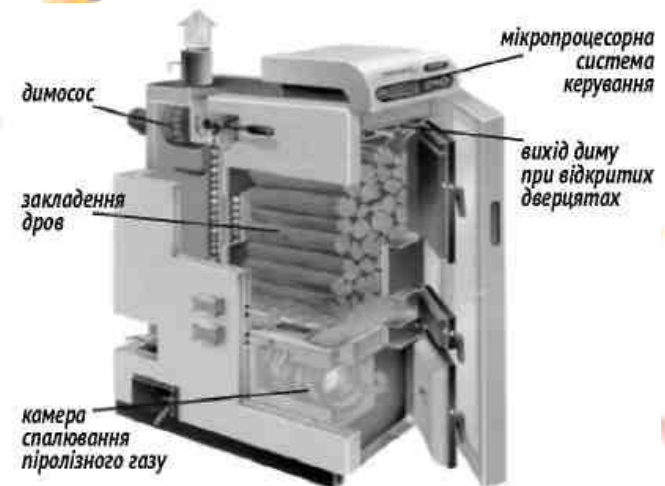
## Конструкції котлів на дровах



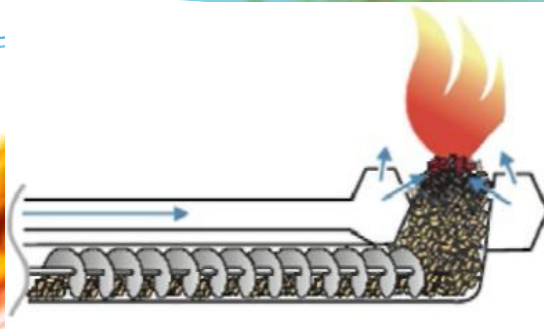
а) верхнього горіння



б) нижнього горіння



в) оберненого горіння



а) реторта з нижньою подачею



б) похило-перештовхувальна решітка

## Спалювання соломи



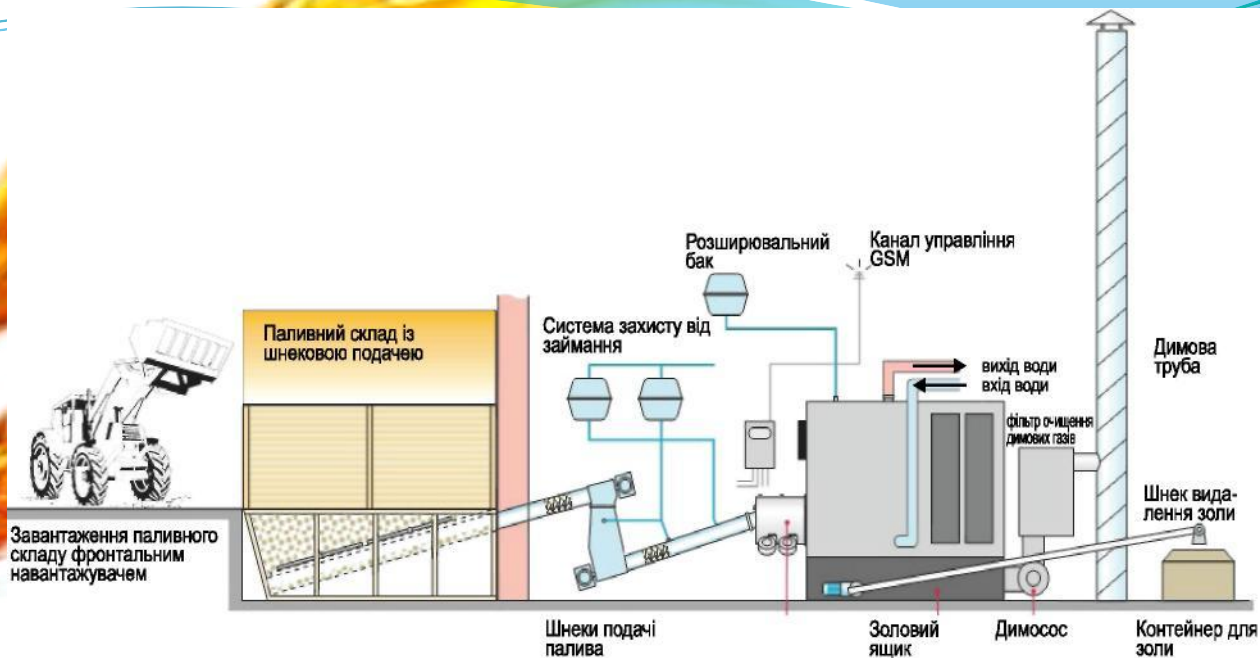
а) спалювання цілих циліндричних тюків



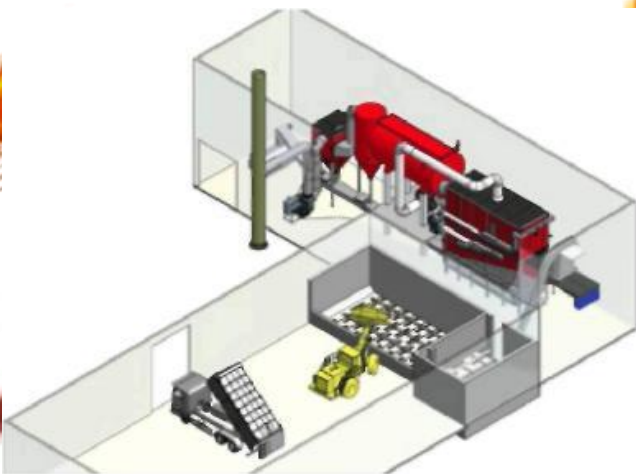
б) спалювання подрібненої соломи.

## Вимоги до очисного обладнання

Тип обладнання	Ступінь очистки	Вимоги по твердим частинкам, мг/нм <sup>3</sup>
Циклон	60...80%	Для котлів з валовим викидом частинок до 500 г/год включно не більше 150 мг/нм <sup>3</sup>
Мультициклон	70...90%	
Рукавний фільтр	85.95%	Для котлів з валовим викидом частинок більше 500 г/год включно не більше 50 мг/нм <sup>3</sup>
Електрофільтр	93.99%	



## Варіанти впровадження котлів на біомасі

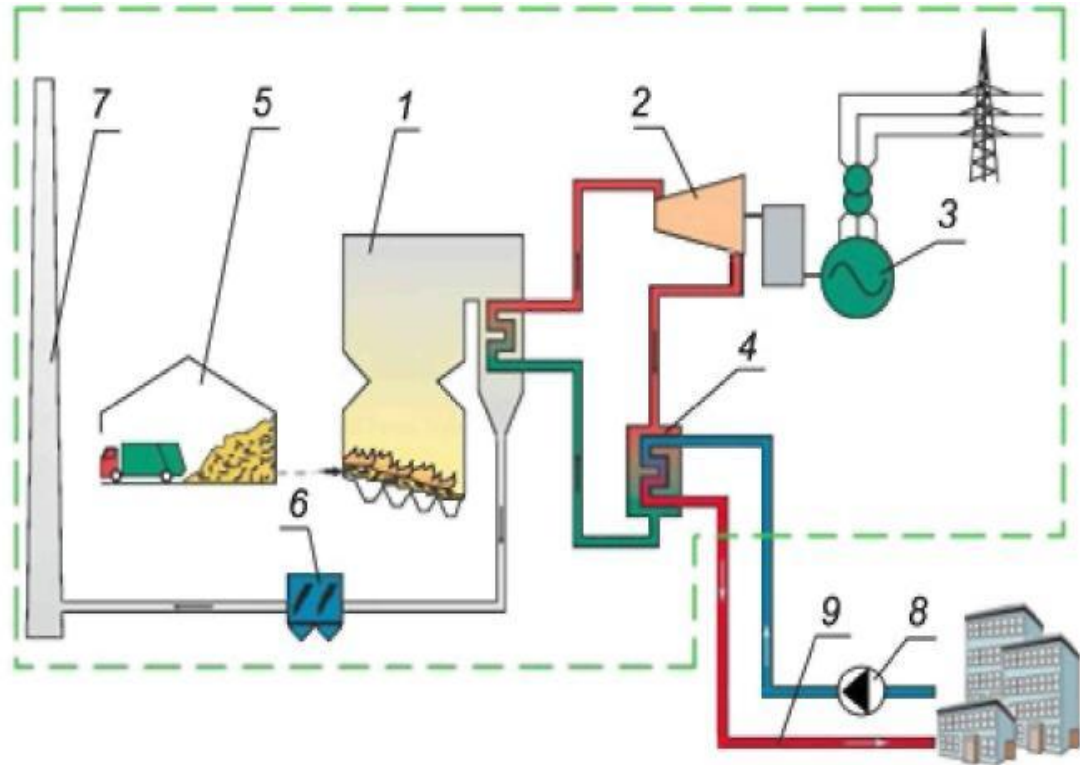


а) компоновка котла та паливного складу



б) модульна котельня на гранулах

# Принципова схема ТЕЦ на твердій біомасі

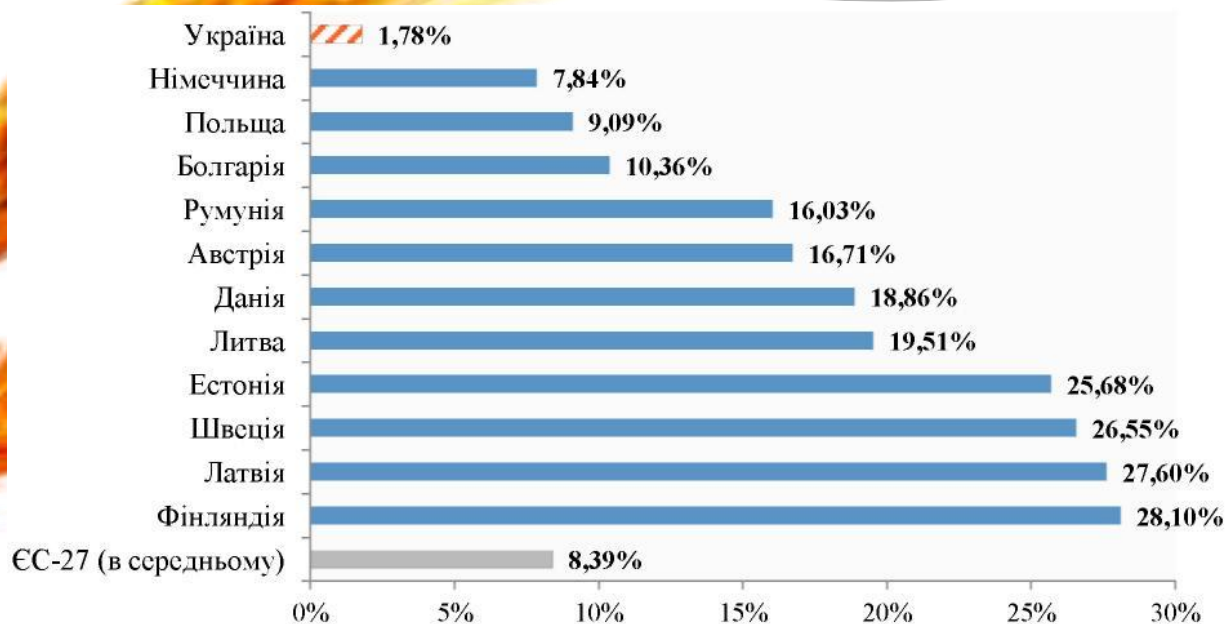


- 1 – паровий котел на біомасі;
- 2 – парова турбіна (протитискового типу);
- 3 – електрогенератор;
- 4 – підігрівач мережевої води на ТЕЦ;
- 5 – склад біопалива;
- 6 – система очистки димових газів;
- 7 – димова труба;
- 8 – мережевий насос;
- 9 – система централізованого тепло забезпечення.

# Динаміка досягнення мети ЄС щодо внеску відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) до валового кінцевого енергоспоживання

Країни ЄС	2012 р.	Індикативна траєкторія досягнення мети 2020 року			2020 р.
		2013-2014	2015-2016	2017-2018	
ЄС-28	14,1%	н.д.	н.д.	н.д.	20%
Бельгія	6,8%	5,4%	7,1%	9,2%	13%
Болгарія	16,3%	11,4%	12,4%	13,7%	16%
Чеська Республіка	11,2%	8,2%	9,2%	10,6%	13%
Данія	26,0%	20,9%	22,9%	25,5%	30%
Німеччина	12,4%	9,5%	11,3%	13,7%	18%
Естонія	25,8%	20,1%	21,2%	22,6%	25%
Ірландія	7,2%	7,0%	8,9%	11,5%	16%
Греція	13,8%	10,2%	11,9%	14,1%	18%
Іспанія	14,3%	12,1%	13,8%	16,0%	20%
Франція	13,4%	14,1%	16,0%	18,6%	23%
Хорватія	16,8%	14,8%	15,9%	17,4%	20%
Італія	13,5%	8,7%	10,5%	12,9%	17%
Кіпр	6,8%	5,9%	7,4%	9,5%	13%
Латвія	35,8%	34,8%	35,9%	37,4%	40%
Литва	21,7%	17,4%	18,6%	20,2%	23%
Люксембург	3,1%	3,9%	5,4%	7,5%	11%
Угорщина	9,6%	6,9%	8,2%	10,0%	13%
Мальта	1,4%	3,0%	4,5%	6,5%	10%
Нідерланди	4,5%	5,9%	7,6%	9,9%	14%
Австрія	32,1%	26,5%	28,1%	30,3%	34%
Польща	11,0%	9,5%	10,7%	12,3%	15%
Португалія	24,6%	23,7%	25,2%	27,3%	31%
Румунія	22,9%	19,7%	20,6%	21,8%	24%
Словенія	20,2%	18,7%	20,1%	21,9%	25%
Словаччина	10,4%	8,9%	10,0%	11,4%	14%
Фінляндія	34,3%	31,4%	32,8%	34,7%	38%
Швеція	51,0%	42,6%	43,9%	45,8%	49%
Великобританія	4,2%	5,4%	7,5%	10,2%	15%

# Частка біомаси у валовому кінцевому енергоспоживанні деяких країн ЄС і в Україні



## Теплота згоряння палив

Теплота згоряння	Одиниці вимірювання	МДж, (ккал)
Газ природний, при 20°C, 101,325 кПа	м <sup>3</sup>	31,8; (7600)
Солома	кг	15,7; (3750)
Пелети із соломи	кг	14,51; (3465)
Лушпиння соняшнику, сої	кг	17,00; (4060)
Кукурудза-початок (W>10%)	кг	14,65; (3500)
Свіжозрубана деревина (W=50...60%)	кг	8,12; (1940)
Висушена деревина (W=20%)	кг	14,24; (3400)
тріска	кг	10,93; (2610)
тирса	кг	8,37; (2000)
Пелета деревна	кг	17,17; (4100)

**Отже, використання тільки 20 млн. т соломи для енергетичних потреб дає щорічну економію 10 млрд. м<sup>3</sup> природного газу.**

# Енергетичний потенціал біомаси в Україні за 2016 р.

Вид біомаси	Всього утворюється, млн. т	% від загальної кількості	Економічний потенціал, млн. т у.п.
Солома зернових культур	32	20	3,17
Солома ріпаку	2,9	70	0,96
Відходи виробництва кукурудзи на зерно	34	52	8,59
Відходи виробництва соняшника	17	67	5,55
Вторинні відходи с/г (лушпиння, жом)	9,7	77*	0,99
Деревна біомаса	3,9	89*	1,87
Біодизель	-	-	0,35
Біоетанол	-	-	2,36
Біогаз із гною	-	-	0,35
Біогаз з полігонів ТПВ	-	-	0,26
Біогаз стічних вод	-	-	0,09
Енергетичні культури:			
- тополя, міскантус, верба та ін.	20	85	10,30
- ріпак (солома)	3,2	70	1,13
- ріпак (біодизель)	-	-	0,77
- кукурудза (біогаз)	-	-	1,10
Торф	-	-	0,4
Всього	-	-	38,24

\* в середньому

(1000 куб.м природного газу = 1,16 т у.п.=0,812 т н.е. (н.е. – нафтовий еквівалент; у.п. – умовне паливо)).

Енергетичний потенціал біомаси в Україні за 2016 р. дорівнював об'єму природного газу:

$$V_{\text{пр}} = \frac{38,24 \cdot 10^6 \times 1000}{1,16} = 32965517241,4 \approx 32,9 \text{ млрд.м}^3$$



## Енергетичний потенціал рослинних відходів сільського господарства (2016 рік)

Вид біомаси	Врожай с/г культур, млн. т	Загальний обсяг відходів (теоретичний потенціал), млн. т.	Частка відходів на енергетичні потреби	Енергетичний потенціал			
				млн. т	W, %	Q <sub>н<sup>p</sup></sub> , МДж/кг	млн. т у.п.
Солома зернових культур	зернові (без кукурудзи): 32,1	30,6	30%	9,2	20	14,5	4,5
Відходи виробництва кукурудзи на зерно: всього, у т.ч.*	кукурудза: 30,9	40,2	40%	16,1	50	8	4,4
		- стебла (з листям) 30,3		12,1			3,3
		- стрижні 5,6		2,2			0,6
Відходи виробництва соняшника: всього, у т.ч.	соняшник: 11,0	20,9	40%	8,3	60	6	1,7
		- стебла (з листям) 14,3		5,7			1,2
		- кошики 6,6		2,6			0,5
Всього	74,0	91,8		33,6			10,6

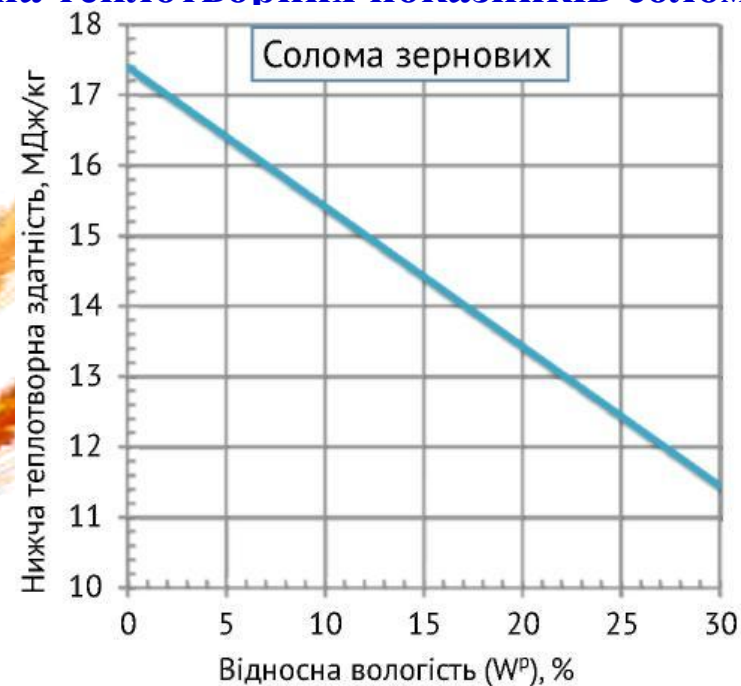
\* Інша частина відходів – обгортка качана з ніжкою.

Назва культури	Площа збору, тис. га	Об'єм зерна, тис. тонн	Об'єм соломи, тис. тонн
Озима пшениця	343	936	748,8
Жито озиме	27	61	48,8
Ячмінь озимий	20	56	44,8
Ячмінь ярий	209	520	416
Пшениця яра	15	36	28,8
Овес ярий	16	34	27,2
Просо	5	4	3,2
Гречка	54	36	28,8
Горох	40	84	67,2
Квасоля	11	23	18,4
<b>Всього</b>	<b>740</b>	<b>1790</b>	<b>1432</b>

## Теплотворні показники соломи

Зернова культура	Зольність, на суху масу, А <sup>с</sup> , %	Нижча теплотворна здатність сухої маси О <sub>н</sub> <sup>с</sup> , МДж/кг	Нижча теплотворна здатність робочої маси О <sub>р</sub> <sup>р</sup> при вологості 20%, МДж/кг
Жито	4,5	17,0	13,1
Пшениця	6,5	17,8	13,8
Ячмінь	4,5-5,88	17,4	13,4
Овес	4,9	16,7	12,9
Солома (в середньому)	5,0	17,4	13,5

## Зміна теплотворних показників соломи



# Можливості скорочення споживання природного газу при виробництві теплової енергії в Україні

Сектори споживання	Споживання газу для теплопостачання, млрд. м <sup>3</sup> /рік			
	2010	2030		
	Споживання ПГ	Споживання ПГ	Економія ПГ	Заміщення ПГ біомасою
ЖКГ	8	4,0	2,0	2,0
Населення	17	4,0	6,5	6,5
Бюджетна сфера	1	0,4	0,3	0,3
ТЕЦ	1	0,6	0,2	0,2
Всього	27	9	9	9

## Виробництво енергії з біомаси в Україні, 2016 р.

Сектор / Тип обладнання	Кількість, од.	Встановлена потужність, МВт <sub>т</sub> (+ МВт <sub>е</sub> )	Заміщення ПГ, млрд. м <sup>3</sup> /рік	Виробництво теплоти, тис. Гкал/рік
Населення:				
Традиційні пічки на дровах	50000	500	0,20	1718
Побутові котли на дровах та деревних гранулах 10-50 кВт <sub>т</sub>	50000	1500	0,61	5155
Всього, населення	100000	2000	0,81	6873
ЖКГ та бюджетна сфера:				
Котли на деревині 0,5-10 МВт <sub>т</sub>	690	345	0,14	1186
ТЕЦ на деревині	1	10 (+6)	0,004	69
Всього, ЖКГ та бюджетна сфера	691	355 (+6)	0,144	1255
Промислові та комерційні споживачі:				
Котли на деревині 0,1-5 МВт <sub>т</sub>	2000	1000	0,76	6874
Котли на соломі 0,1-1 МВт <sub>т</sub>	110	55	0,04	378
Котли на лушпинні соняшника	65	195	0,15	1340
ТЕЦ на лушпинні соняшника	3	64 (+8)	0,02	437
Всього, промислові / комерційні споживачі	2178	1314 (+8)	0,98	9029
ВСЬОГО	102869	3669 (+14)	1,93	17157

Для заміщення 1000 м<sup>3</sup> природного газу, за умови однакової ефективності котельного обладнання, необхідно використати таку кількість палива:

Дрова, у повітряно-сухому стані	кг	2520
	м <sup>3</sup>	5-6,3
Тріска деревна, вологість 40%	кг	3340
	м <sup>3</sup>	11-14
Стружка деревна, вологість 7-15%	кг	2270
	м <sup>3</sup>	16-21,6
Тирса деревна, вологість 33-38%	кг	2960
	м <sup>3</sup>	17,4
Гранули з дерева	кг	1970
	м <sup>3</sup>	3-3,6
Гранули з соломи	кг	2200
	м <sup>3</sup>	4-4,4
Гранули з лушпиння соняшника	кг	1890
	м <sup>3</sup>	3-3,4
Солома зернових в тюках	кг	2360
	м <sup>3</sup>	13-26

## Динаміка росту потужності біоенергетичного обладнання в Україні

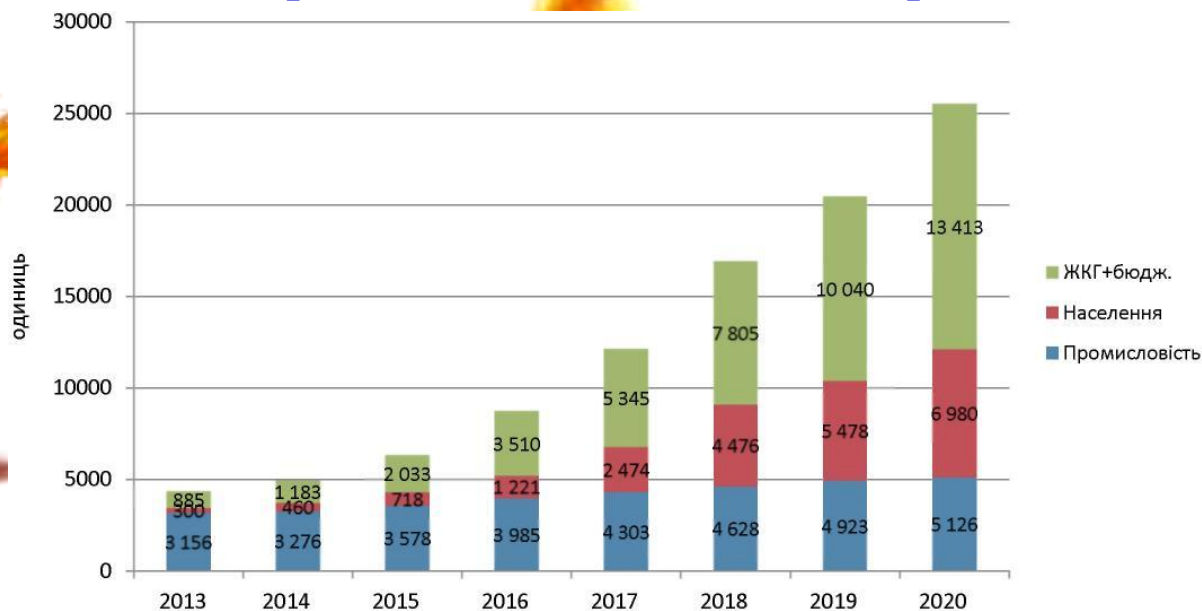


# Динаміка скорочення споживання природного газу за рахунок біомаси в Україні



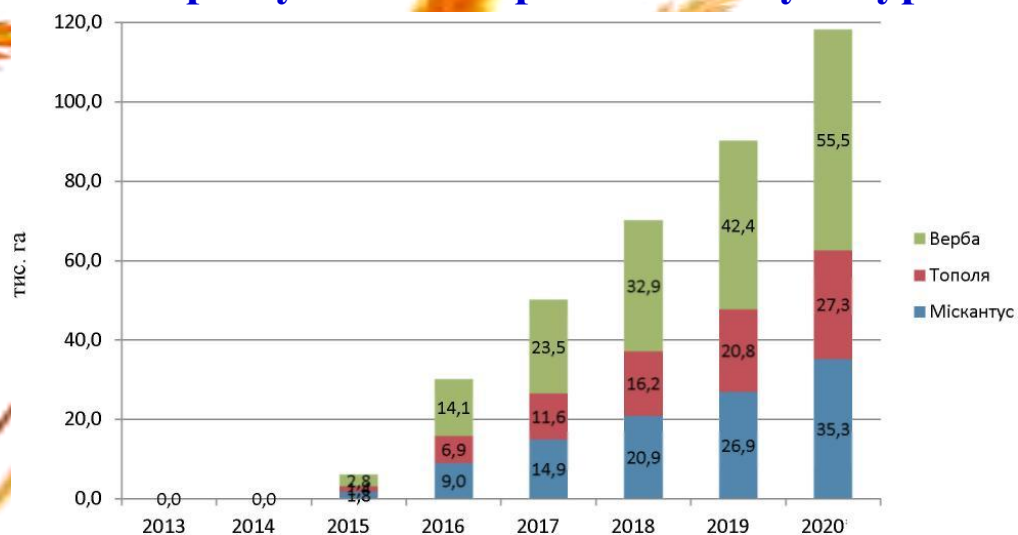


### Динаміка створення нових робочих місць за рахунок впровадження біоенергетичного обладнання в Україні





## Площа під вирощування енергетичних культур в Україні



## Потокове збирання соломи

*Збір соломи з поля повинен відбуватися відразу після збору урожаю зернових, що унеможливить збільшення вологості внаслідок випадання опадів, та дозволить відразу приступити до операцій по обробці ґрунту.*



## Формування та укрупнення валків





Характеристика тюків	Типи прес-підбирачів					
	CLAAS, Quadrant ~3200	Massey Ferguson MF 2160	New Holland BV9080-Standart	KRONE BiG Pack 1270	Challenger LB24B	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 <sup>3</sup>	160-200	160-200	160-200	160-200	160-200	160-200

### Прес-підбирачі тюків провідних виробників світу





## Перевезення великих тюків соломи



## Розвантаження тюків з вантажівки на складі



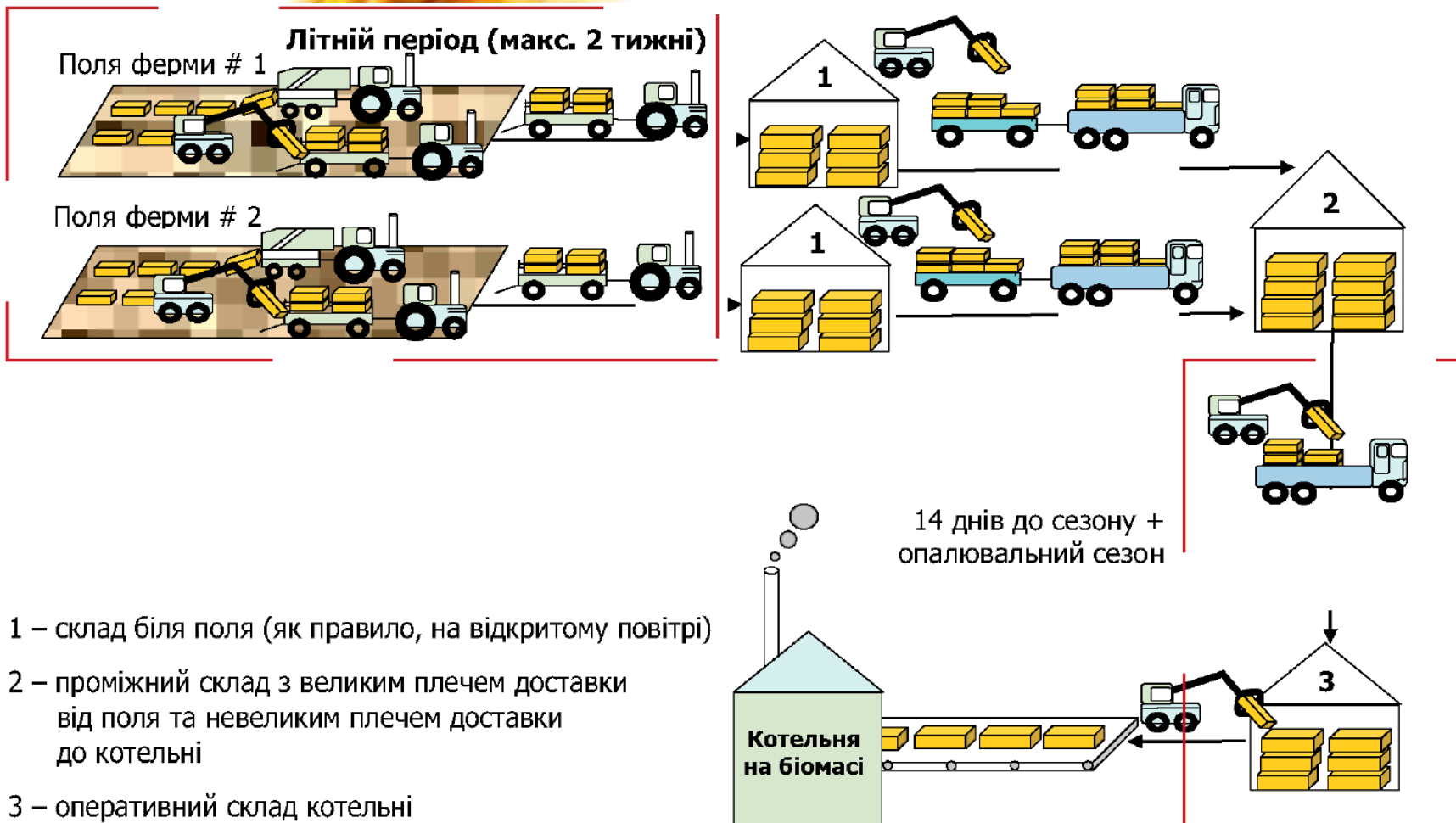
## Зберігання тюкованої соломи під навісом і на критому складі



## Зберігання тюкованої соломи на відкритому повітрі під захисною плівкою та загорнутою у плівку

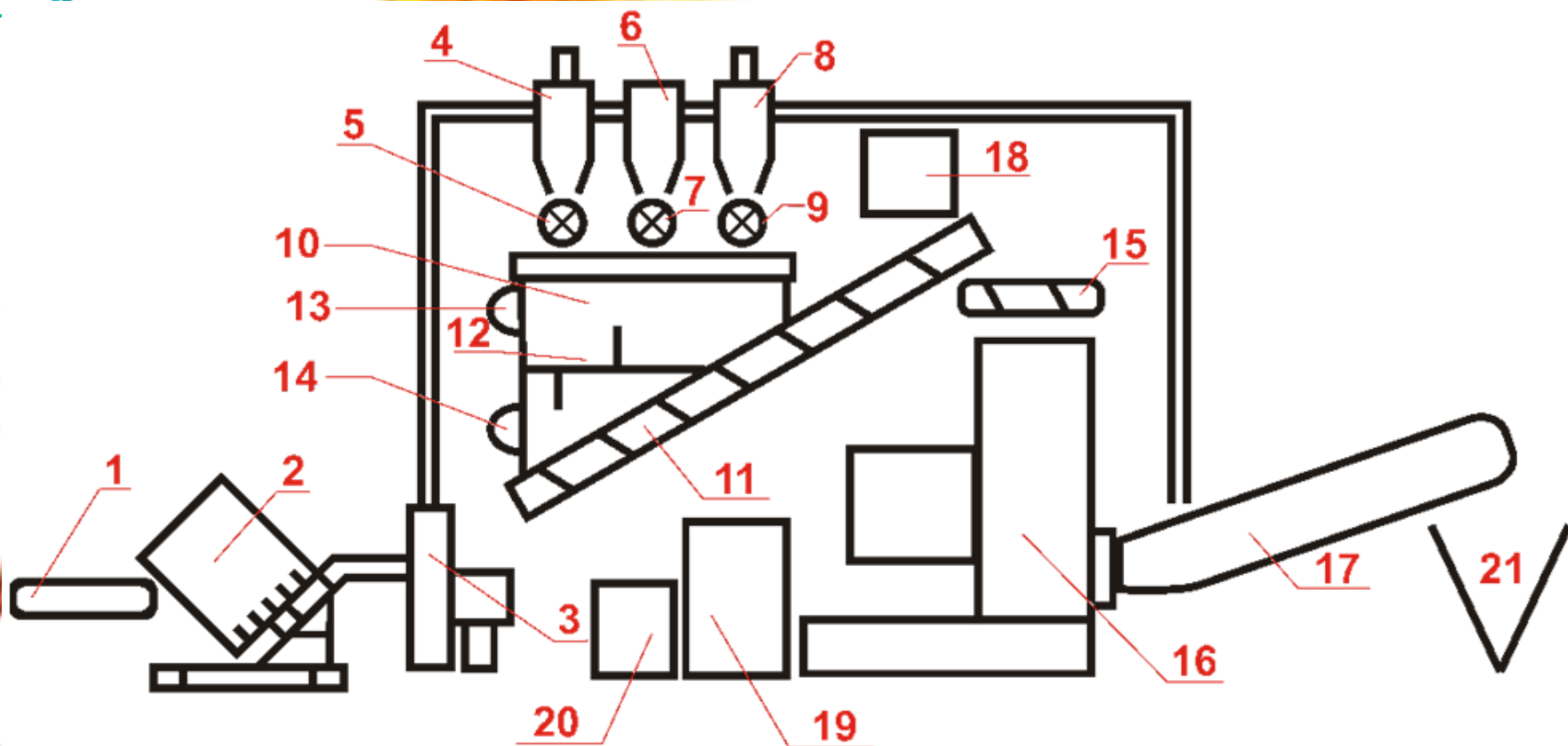


# Принципова логістична схема для агровідходів





**ЛГБМ-2000** призначена для переробки сухої біомаси на паливні гранули (пелети). Лінія з незначними переробками налаштовується на будь-які види біомаси: солома будь-яких культур, тирса, стружка, макуха, сухий силос, торф і т.д. Лінія дозволяє переробити більше 750 тон біомаси за 1 місяць роботи.



Кінематична схема лінії грануляції соломи

- |   |   |  |
|---|---|--|
| 1. транспортер пуків  | 8. циклон активний 11 кВт для охолодження суміші з шлюзовим затвором 9. | 16. прес-гранулятор ПШМ-2000                       |
| 2. подрібнювач соломи ПС-30 «Торнадо»                         | 10. бункер преса з шнековим дозатором 11.                               | 17. транспортер охолоджувач                        |
| 3. молоткова дробарка   | 12. ворошилка   | 18. ємність для води                               |
| 4. циклон активний 7,5 кВт з шлюзовим затвором 5.             | 13. датчик верхнього рівня  | 19. шафа керування лінією                          |
| 6. циклон пасивний молоткової дробарки з шлюзовим затвором 7. | 14. датчик нижнього рівня   | 20. шафа керування подрібнювачем соломи ПС-30      |
|   | 15. шнек кондиціонер  | 21. бункер готової продукції з наповнювачем мішків |

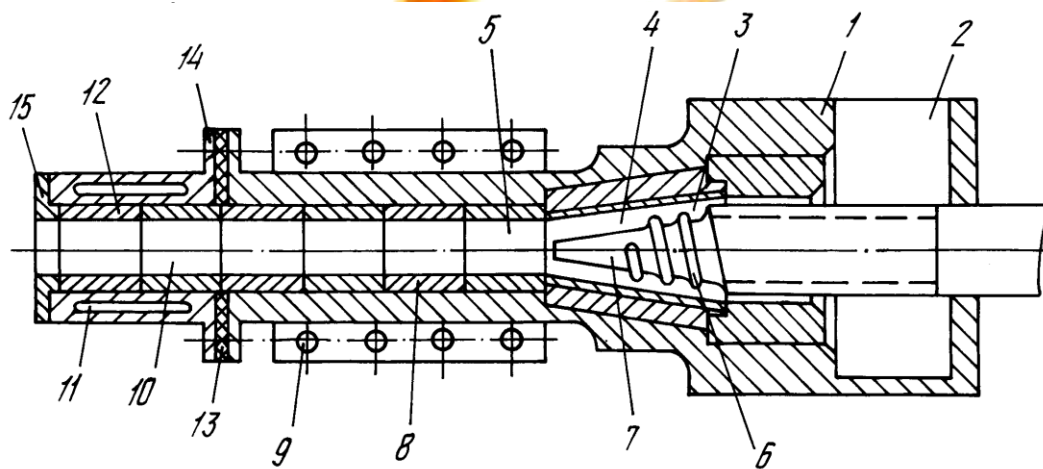
# Робота шнекового пресу-гранулятора ППМ-2000

Шнековий прес працює наступним чином. Частинки подрібненої сировини через приймальну зону 2 подаються на приводний прес-шнек 6, який переміщує подрібнену деревину з приймальної зони 2 в зону 3 стиснення пресованої маси. Під час переміщення пресованої маси по зонах стиснення 3 і формування 4 відбувається розігрівання маси за рахунок тепла, що виділяється від внутрішнього тертя маси.

Під дією сил стиснення і температури природна сполука, що входить до складу сировини, пластифікується і пов'язує окремі частинки сировини. При цьому під дією високої температури поверхня гранул-брикетів карбонізується, утворюючи захисну оболонку.

Режим брикетування підбирають для кожного типу сировини індивідуально. Спосіб дозволяє виготовляти гранул-брикети з різної рослинної сировини, регулюючи температуру термообробки і зусилля пресування.

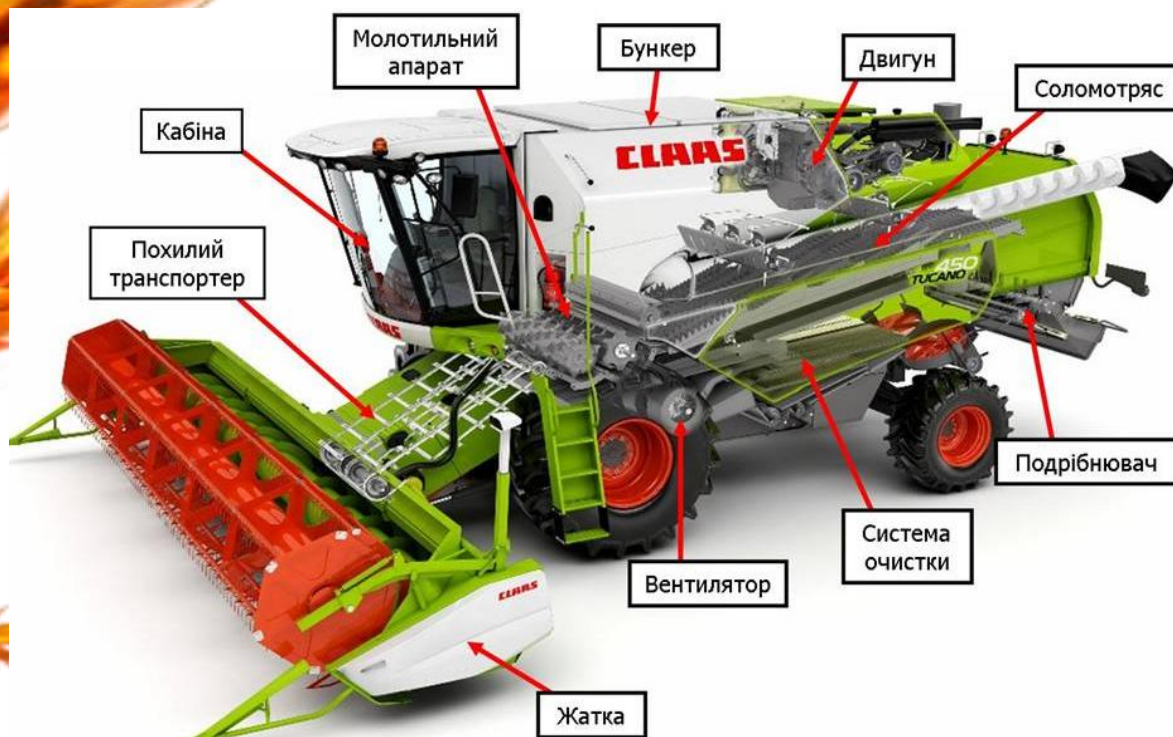
Сформовані гранули із зони 4 формування проходять в зону 5 витримки. Зона 5 витримки гранул обігривається нагрівачем 9. Із зони 5 витримки, гранули поступають в зону 10 охолодження (мундштук). За рахунок циркуляції в порожнині мундштука охолоджуючої рідини зовнішні поверхні гранул охолоджуються до температури 40-95°C. Це перешкоджає інтенсивному парові та газоутворенню гранул при виході їх з преса, сприяє підвищенню міцності і водостійкості поверхневих шарів одержуваної продукції.



Шнековий прес-гранулятор ППМ-2000, поздовжній розріз

# Основне джерело продукування рослинних відходів (агровідходів)

## Будова зернозбирального комбайну



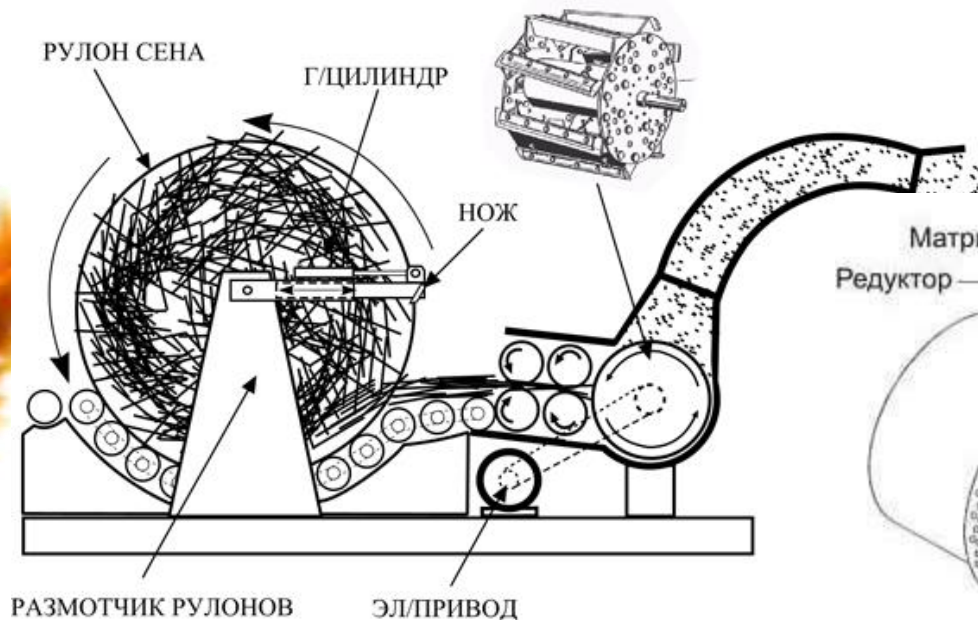
**Запропонована вперше загальна структурна схема модульного вузла переробки соломи (рослинних відходів) у зернозбиральному комбайні:**



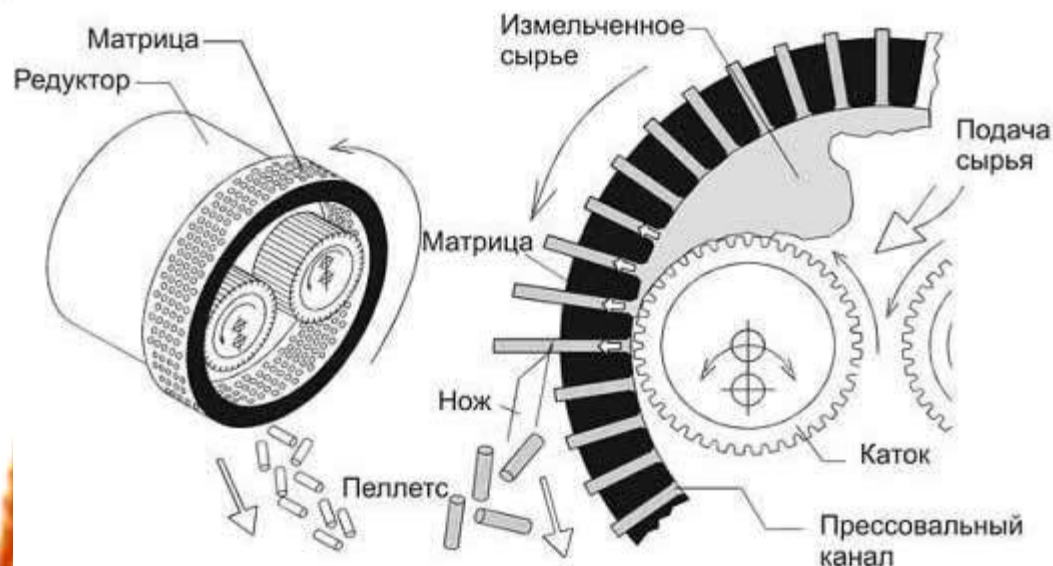
- 1) соломотряс зернозбирального комбайну; 2) подрібнювач соломи;
- 3) гранулятор; 4) бункер для солом'яних гранул.



## Типова схема подрібнювача соломи



## Схема гранулятора пелет із подрібненої соломи



Гранулятор - це ємність зі встановленою всередині плоскою або циліндричною матрицею. Циліндрична матриця - це перфорований барабан, усередині якого обертаються катки. Щільна маса за допомогою котків вдавлюється в пресувальні канали - отвори в барабані, і після пресування гранул і виходу їх із зовнішнього боку зрізається ножами.

## Проектування лісного енергетичного господарства

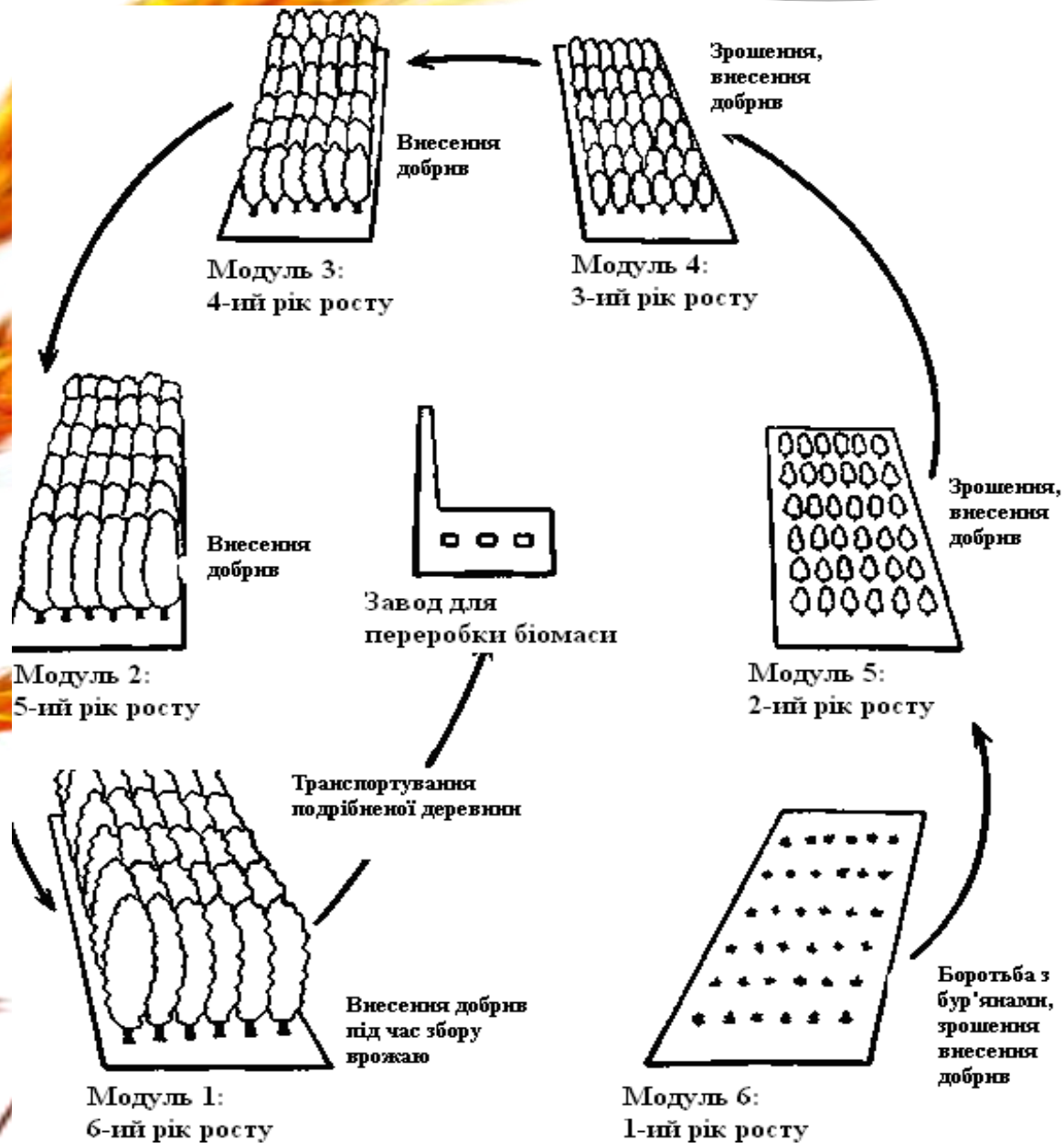
Продуктивність господарства прийнята рівною 617750 т біомаси грубого сушіння на рік. Такої кількості біомаси досить для забезпечення роботи електростанції потужністю 50 Мвт або установки по виробництву метанолу потужністю 95 тис. м<sup>3</sup> у рік. Продуктивність господарства залежить від площі ділянки і перебуває в межах 12,4-29,7 т маси грубого сушіння з 1 га в рік. Межі площі засаджених ділянок відповідно становлять 20250-8500 га. Тривалість оборотів дорівнює шести рокам, що становить п'ять врожаїв (перша поросль і чотири наступні врожаї). Земля здається в оренду з оплатою 5% її ринкової вартості в рік. Вартість підготовки землі для створення плантації залежить від існуючого рослинного покриву і стану землі. Передбачається, що на ділянці будуть висаджені саджанці дерев швидкорослих твердих порід квадратно-гніздовим способом розміром 1,2x1,2 м, тобто по 6725 дерев на 1 га.

Для запобігання виснаження ґрунту щорічно вносяться азотні, фосфорні і калійні добрива. Боротьба з бур'янами здійснюється шляхом обробітку ґрунту дискуванням між рядами дерев протягом трьох років кожного періоду обороту. Основні параметри лісного енергетичного господарства представлені в таблиці.

### Основні параметри лісного енергетичного господарства

Параметр	Значення
Річне виробництво	617 750 т біомаси грубого сушіння
Продуктивність	12,4-29,7 т біомаси грубого сушіння на 1 га в рік
Засаджена площа	Виробництво/продуктивність, гектари
Обороти	6 років; дія плантації 30 років
Придбання земельних ділянок	Оренда з 5%-ним щорічним збільшенням ринкової вартості земельної ділянки
Підготовка ділянки	Вартість залежить від існуючого вегетативного покриву
Іригація	Автоматична самохідна дощувальна машина, 3 роки протягом періоду обороту
Добриво	Щорічно вносяться N-, P- і K- вмісні добрива, вапняне добриво застосовується в перший рік кожного періоду обороту
Захист від шкідників	Механічний захист від бур'янів у перший рік кожного періоду обороту
Збір врожаю	Самохідний комбайн, збір урожаю в період спокою рослин; польове зберігання дробленої біомаси
Транспортування	Вантажні автомобілі доставляють дроблену біомасу на завод для виробництв енергії
Робочі дороги	724 км небрукованих доріг на ділянку
Різні роботи	Планування, контроль, постачання в польових умовах

# Схема лісного енергетичного господарства, експлуатованого із шестирічним періодом обороту



# Характеристики енергокультур по відношенню до умов вирощування

Енергокультура	Температура, °C			Потреба у воді	Морозостійкість	Посухостійкість
	проростання насіння	ріст культури				
		min	max			
Однорічні культури						
Ріпак	>5	5	30	середня	висока	середня
Соняшник	10	5	35	середня	низька	середня
Льон	7-9	8	30	середня	середня	середня
Сорго	12	10	40	середня	низька	висока
Швидкозростаючі деревовидні культури						
Верба	-	0	30	висока	висока	низька
Тополя	-	0	30	середня	середня	середня
Евкالیпт	-	5	35	висока	низька	висока
Багаторічні трав'янисті культури						
Двукісточник тростиноподібний	>7	7	30	висока	висока	низька
Просо прутноподібне	>15	10	35	середня	висока	середня/ висока
Міскантус	>8	10	40	середня/висока	середня	низька

## Плантація верби та збір врожаю



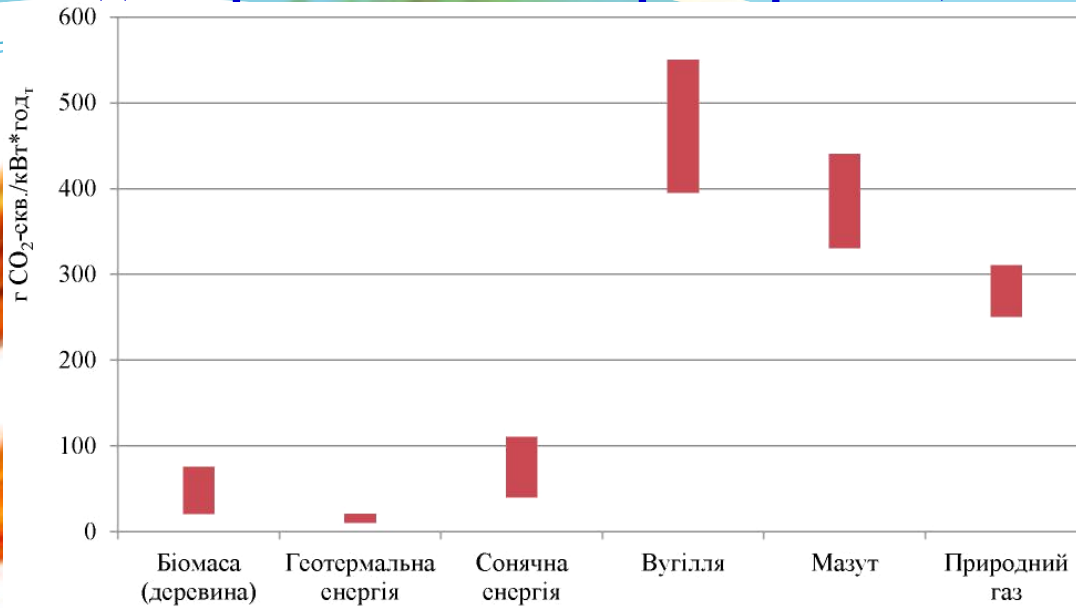
## Плантація тополі і збір врожаю



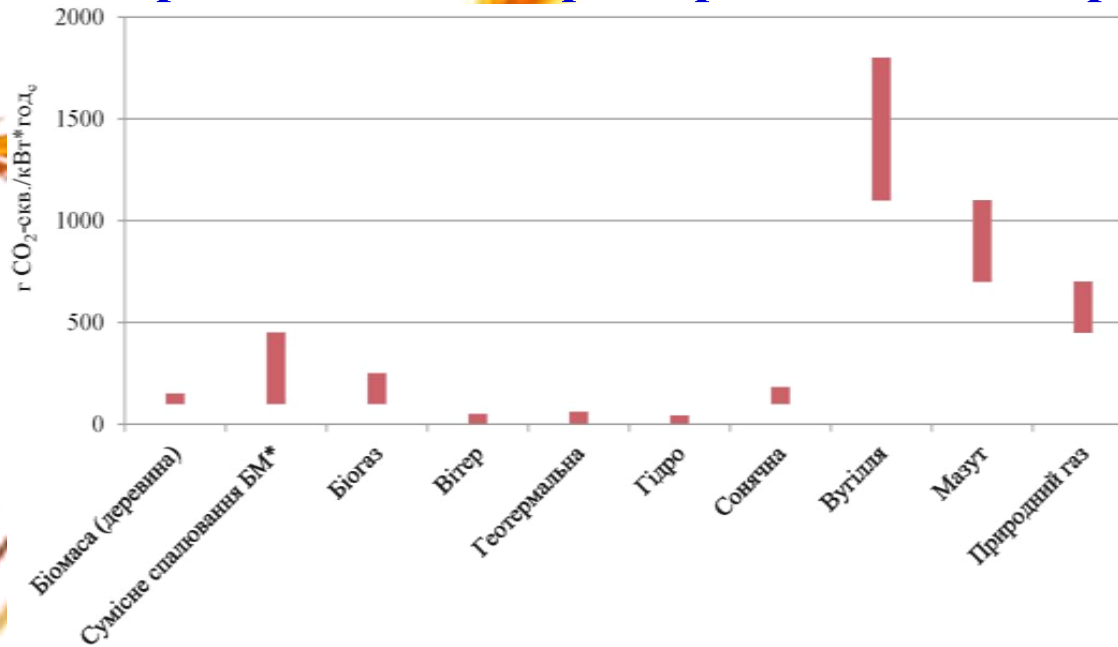
# Питомі викиди парникових газів для різних технологій виробництва енергії із біомаси

Види технологій	Питомі викиди ПГ г CO <sub>2-ефв</sub> /кВт·год <sub>Г</sub>	Скорочення викидів ПГ	
Виробництво теплової енергії	г CO <sub>2-ефв</sub> /кВт·год <sub>Г</sub>	г CO <sub>2-ефв</sub> /кВт·год <sub>Г</sub>	%
Котел на відходах деревини (150 кВт <sub>Г</sub> )	52	327	86% <sup>1)</sup>
Котел на міскантусі (70 кВт <sub>Г</sub> )	101	295	75% <sup>1)</sup>
Котел на деревній трісці (500 кВт <sub>Г</sub> ) <sup>4)</sup>	39	185	83%
Котел на деревній трісці з енергетичної верби (300 кВт <sub>Г</sub> ) <sup>4)</sup>	39	185	83%
Котел на тюках соломи (500 кВт <sub>Г</sub> ) <sup>4)</sup>	14	211	94%
Котел на гранулах з деревини (100 кВт <sub>Г</sub> ) <sup>4)</sup>	33	194	85%
Котел на гранулах з соломи (100 кВт <sub>Г</sub> ) <sup>4)</sup>	60	165	72%
Виробництво електричної енергії	CO <sub>2-ефв</sub> /кВт·год <sub>Е</sub>	CO <sub>2-ефв</sub> /кВт·год <sub>Е</sub>	%
ТЕС на деревній трісці (2 МВт <sub>Е</sub> ) <sup>4)</sup>	213	909	81%
ТЕС на тюках соломи (2 МВт <sub>Е</sub> ) <sup>4)</sup>	217	905	80%
ТЕС на тюках соломи (25 МВт <sub>Е</sub> ) <sup>9)</sup>	178 <sup>10)</sup>	нема даних	65%
ТЕС на відходах деревини (30 МВт <sub>Е</sub> )	71	950	93% <sup>2)</sup>
ТЕС 500 МВт <sub>Е</sub> : сумісне спалювання відходів деревини з вугіллям	128	881	87% <sup>2)</sup>
Сумісне виробництво теплової та електричної енергії	г CO <sub>2-ефв</sub> /кВт·год <sub>Дзар</sub>	г CO <sub>2-ефв</sub> /кВт·год <sub>Дзар</sub>	%
БГУ зі сумісним зброджуванням гною та силосу кукурудзи (річне виробництво e/e 4 ГВт·год, теплової енергії 7,2 ГВт·год)	266	207	56% <sup>3)</sup>
ТЕЦ на деревній трісці (2 МВт <sub>Е</sub> +10 МВт <sub>Г</sub> ) <sup>4)</sup>	35	152	81%
ТЕЦ на тюках соломи (2 МВт <sub>Е</sub> +10 МВт <sub>Г</sub> ) <sup>4)</sup>	37	150	80%
Моторні біопалива <sup>4)</sup>	г CO <sub>2-ефв</sub> /МДж		
Біогаз з гною <sup>8)</sup>	12-13		84-86%
Біогаз з полігонів ТПВ <sup>8)</sup>	17		80%
Біопалива I покоління			
Біоетанол з цукрового буряку	33		61%
Біоетанол з пшениці	57		32%
Біоетанол з кукурудзи	37		56%
Біодизель з ріпаку	46		45%
Біодизель з ріпаку	111 г CO <sub>2-ефв</sub> /кМ	80 г CO <sub>2-ефв</sub> /кМ	58% <sup>6)</sup>
	157 г CO <sub>2-ефв</sub> /кМ	34 г CO <sub>2-ефв</sub> /кМ	18% <sup>7)</sup>
Біодизель з соняшнику	35		58%
Біодизель з сої	50		40%
Біопалива II покоління			
Біоетанол з соломи пшениці	11		87%
Біоетанол з деревних відходів	17		80%
Біодизель ФТ	4-6		93-95%

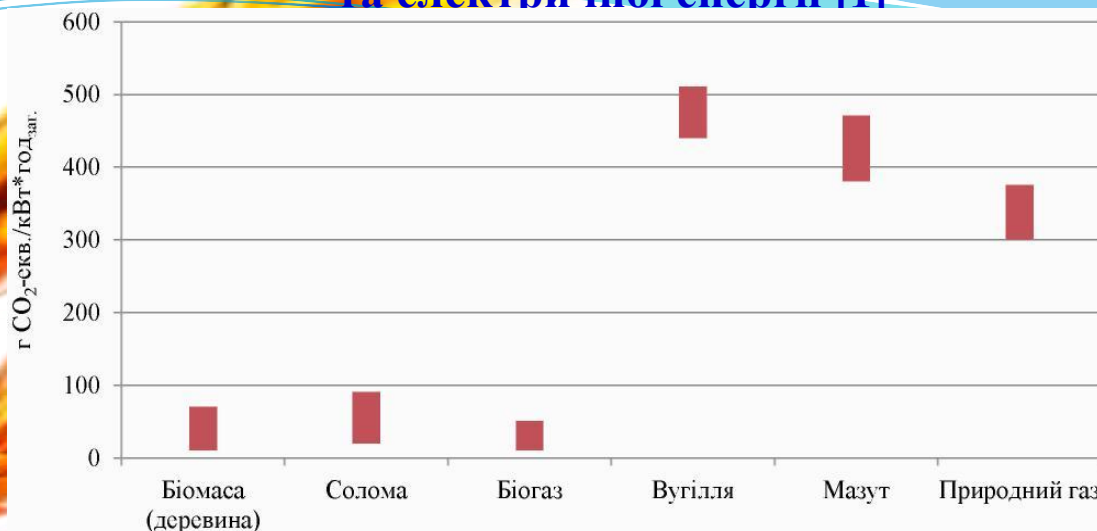
1) В порівнянні з мазутним котлом. 2) В порівнянні з вугільною електростанцією. 3) В порівнянні з газовою ТЕЦ. 4) Результати авторів Аналітичної записки для умов України (відстань транспортування біомаси – 50 км). Порівняння з випадком спалювання природного газу. 5) Типові значення згідно Директиви 2009/28/ЕС. 6) Побічний продукт гліцерин використовується як матеріал у харчовій або фармацевтичній промисловості. 7) Побічний продукт гліцерин використовується як паливо. 8) У вигляді стисненого метану. 9) Дані для випадку врожайності зернових культур порядку 7 сух. т/га. Порівняння з випадком спалювання природного газу. 10) Перерахунок за даними відповідної роботи.



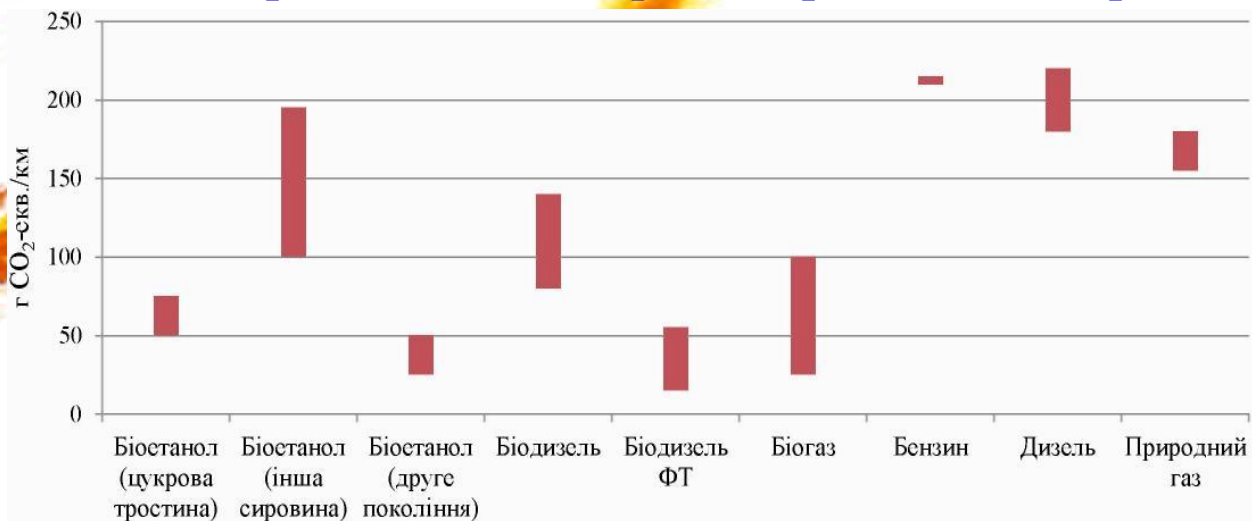
## Питомі викиди парникових газів при виробництві електроенергії [1]



## Питомі викиди парникових газів при комбінованому виробництві теплової та електричної енергії [1]



## Питомі викиди парникових газів при використанні моторних палив [1]



1. Neil Bird, Annette Cowie, Francesco Cherubini, Gerfried Jungmeier. Using a Life Cycle Assessment approach to estimate the net greenhouse gas emissions of bioenergy. Report on IEA Bioenergy Task 38.

<http://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/Using-a-LCA-approach-to-estimate-the-net-GHG-emissions-of-bioenergy.pdf>



## Наукова новизна одержаних результатів

1. Удосконалена логістика переробки рослинних відходів для виробництва енергії, що дозволило врахувати рівень екологічної безпеки у поводженні із сільськогосподарськими відходами.
2. Розроблена експериментальна схема проектування лісного енергетичного господарства для умов лісостепової зони України та Вінницької області.

## Практична цінність роботи

Результати проведених досліджень доцільно використовувати в практиці виробничої діяльності сільськогосподарських та теплогенеруючих підприємств для оптимізації управління в галузі охорони навколишнього природного середовища на території міста Вінниці та області.

Отже, за результатами виконаної магістерської кваліфікаційної роботи можна зробити наступні висновки:

1. Проведено оцінку потенціалу енергетичних ресурсів рослинних відходів в Україні.
2. Зроблено аналіз методів і засобів енергетичного використання рослинних відходів в Україні.
3. Досліджено та проаналізовано логістику і організаційно-технічні рішення продукування, постачання, транспортування, складування і використання відходів рослинництва.
4. Зроблені дослідження та аналіз роботи лінії гранулювання рослинних відходів – ЛГБМ-2000 та роботи шнекового пресу-гранулятора ППМ-2000.
4. Проведено попереднє проектування лісничого енергетичного господарства.
5. Зроблений аналіз технології та конструкції котлів для виробництва теплової та електричної енергії із рослинних відходів.
6. Запропонована загальна структурна схема удосконалення конструкції зернозбирального комбайну.
7. Розроблені природоохоронні заходи і рекомендації покращення процесу переробки рослинних відходів для виробництва енергії в Україні.

## Природоохоронні заходи і рекомендації

Отже, для швидкого вирішення питання енергозабезпечення України за рахунок використання власних відновлюваних джерел енергії необхідно:

1) повністю відмовитись від споживання імпортного ПГ і встановити ембарго на російський газ, який за своїми теплофізичними характеристиками поступається норвежському і західноєвропейському ;

2) забезпечити доступ до теплових мереж, що знаходяться в експлуатації місцевих теплокомуненерго, які не зацікавлені в підключенні конкурентних об'єктів теплогенерації і часом чинять перешкоди у видачі технічних умов на підключення. Внести необхідні зміни до Закону України «Про теплопостачання», які б забезпечували гарантований доступ об'єктам альтернативної теплогенерації до теплових мереж;

3) врегулювати питання заготівлі деревного палива приватними компаніями, що мають відповідну техніку та обмежити спалювання деревних відходів на лісосіках. Сучасні українські держлісгоспи не мають достатньої техніки і мотивації для значного збільшення заготівлі деревного палива та корисній утилізації деревних відходів;

4) використовувати до 30% теоретичного потенціалу соломи зернових культур й до 40% теоретичного потенціалу відходів виробництва кукурудзи на зерно та соняшника;

5) спростити процедуру передачі в концесію приватному інвестору котелень комунальної форми власності, в тому числі через механізми державно приватного партнерства;

6) використовувати енергетичні культури для отримання додаткової агробіомаси та нарощування енергетичного споживання аграрних відходів й біопалива з енергетичних плантацій;

## Природоохоронні заходи і рекомендації (продовження)

- 7) удосконалити механізм тарифоутворення, який має передбачати зменшення обсягу компенсації різниці в тарифах на теплову енергію, вироблену з природного газу, на користь збільшення такої компенсації на вартість теплової енергії, виробленої з альтернативних видів палива
- 8) спростити процедуру землевідведення під об'єкти біоенергетики;
- 9) спростити процедуру комплексної експертизи проектів з будівництва котелень та ТЕЦ на біомасі, біогазових установок та інших біоенергетичних об'єктів;
- 10) ввести заборону на проектування і будівництво нових, а також реконструкцію існуючих котелень у бюджетній сфері та ЖКГ для роботи на природному газі в разі наявності в регіоні достатньої кількості біопалив та інших альтернативних місцевих видів палива;
- 11) внести зміни до законодавчих та нормативно-правових актів, які гарантуватимуть, що при переході котелень, які забезпечують опалення та гаряче водопостачання об'єктів бюджетної сфери, з природного газу на біопалива в місцевих бюджетах будуть збережені протягом 5 років статті на забезпечення цих видатків на рівні, що існував до заміщення газу біопаливом.

## Публікації результатів роботи

Робота виконана за сприяння Департаменту агропромислового розвитку, екології та природних ресурсів Вінницької облдержадміністрації.

### *Публікації:*

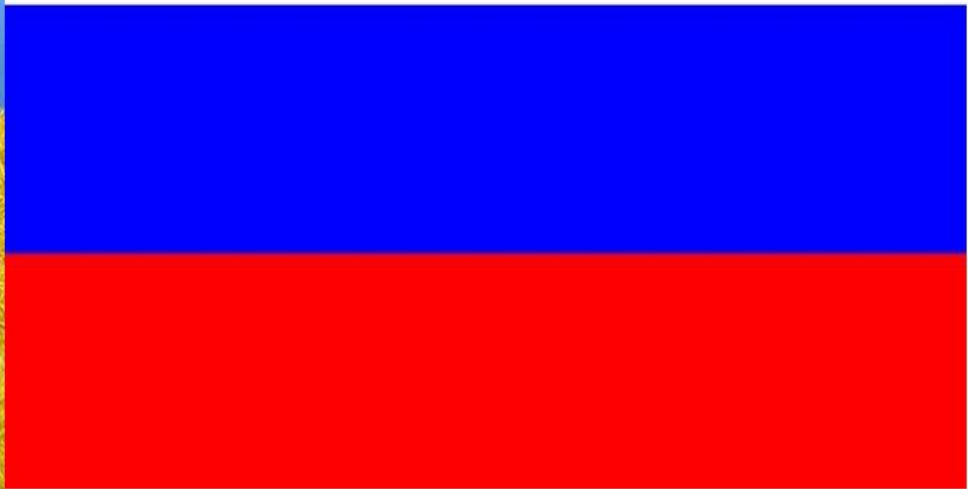
1. Доценко О.А., Суздалевич І.Ю., Васильківський І. В. Використання рослинних відходів для виробництва енергії / “V Всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю” (Екологія/Ecology-2015), 23–26 вересня, 2015. Збірник наукових статей. – Вінниця: Видавництво-друкарня Діло, 2015. – С. 235.
2. Майданюк А.Д., Доценко О.А., Васильківський І. В. Удосконалення логістики використання рослинних відходів / “VI Всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю” (Екологія/Ecology-2017), 25–27 вересня, 2017. Збірник наукових статей. – Вінниця: Видавництво-друкарня Діло, 2017. – 275 с.

Участь у Всеукраїнському конкурсі «Молодь і прогрес у раціональному природокористуванні» у номінації «Відновлювальні джерела енергії та енергоефективність» (м. Київ, 2017)



**Копія диплому III ступеня Всеукраїнського конкурсу «Молодь і прогрес у раціональному природокористуванні» у номінації «Відновлювальні джерела енергії та енергоефективність»**

*Доповідь закінчена*



*Дякую за увагу!*