



Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

# МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗУ

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

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

2024





# **Лекція 10. МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗУ**

- 1. Загальні відомості про генераторний газ та історичні аспекти розвитку технології газифікації**
- 2. Основи хіміко-термічного процесу газифікації та типи процесів газифікації**
- 3. Світовий досвід та практична реалізація виробництва генераторного газу**
- 4. Перспективи виробництва генераторного газу в Україні**

## ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД ГАЗОГЕНЕРАТОРА



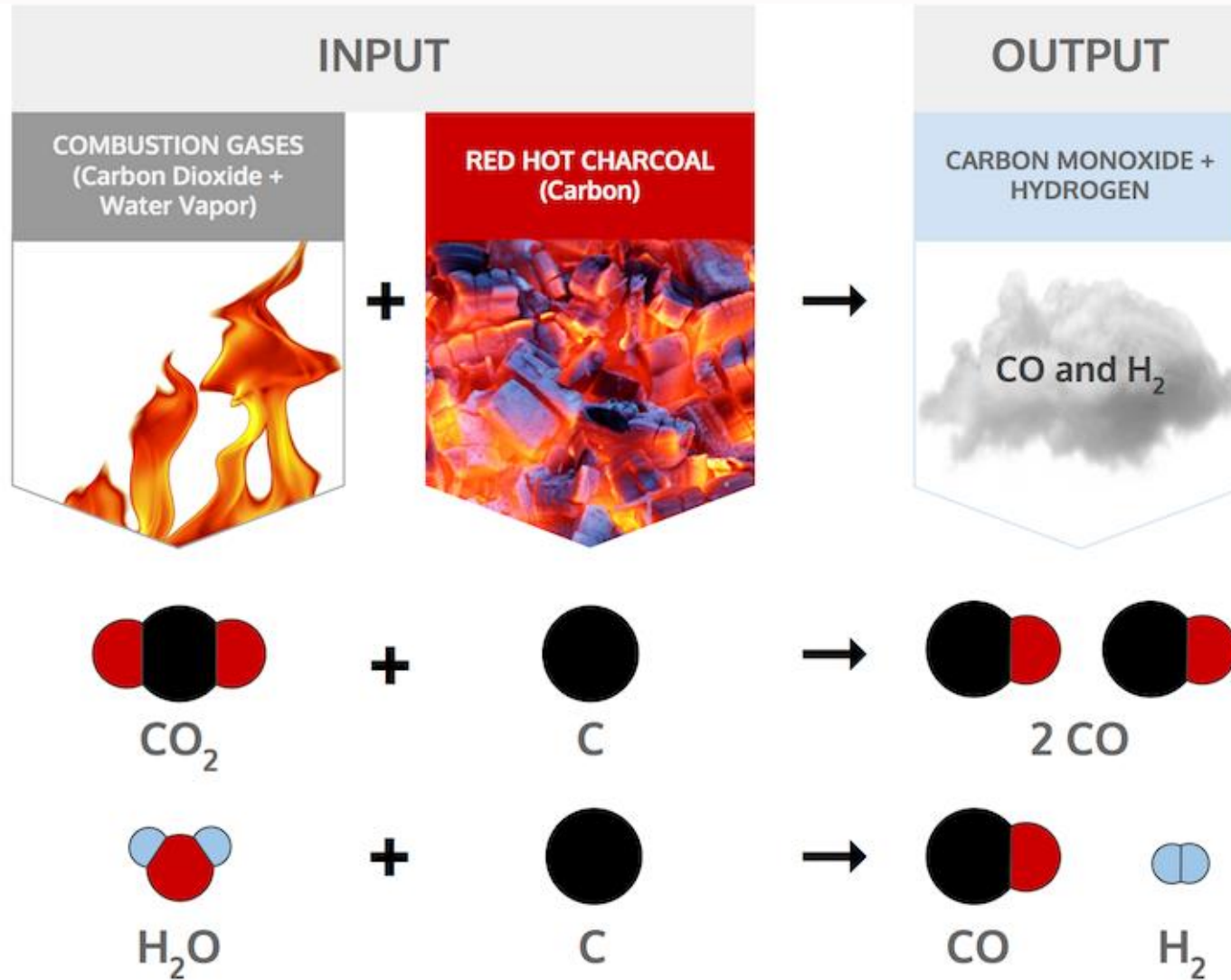
**Газогенератори** – це пристрої, призначені для отримання горючого генераторного газу з вуглецевих палив під дією високих температур та за наявності окислювача.

**Газифікація** – це процес термічного перетворення біопалива при температурі від 800 до 1500 °С в присутності повітря або кисню з отриманням в результаті синтез-газу або генераторного газу з теплотою згоряння від 10 до 16,7 МДж/м<sup>3</sup>. Застосування технологій газифікації твердого палива, як складової біомаси, дозволяє використовувати його для роботи будь-яких типів двигунів внутрішнього згоряння.. Джерелом кисню, необхідного для процесу газоутворення, може виступати повітря, пара або газу, що містять кисень.

**Генераторний газ** – газова суміш, яка містить оксид вуглецю CO, молекулярний водень  $H_2$  і незначну кількість метану  $CH_4$ . Отримують генераторний газ в газогенераторах шляхом пропускання повітря через шар твердого палива під дією високих температур. Воднева складова генераторного газу забезпечується за рахунок реакції оксиду вуглецю з водяною парою, яка має вигляд:  
 $CO + H_2O = CO_2 + H_2$ .

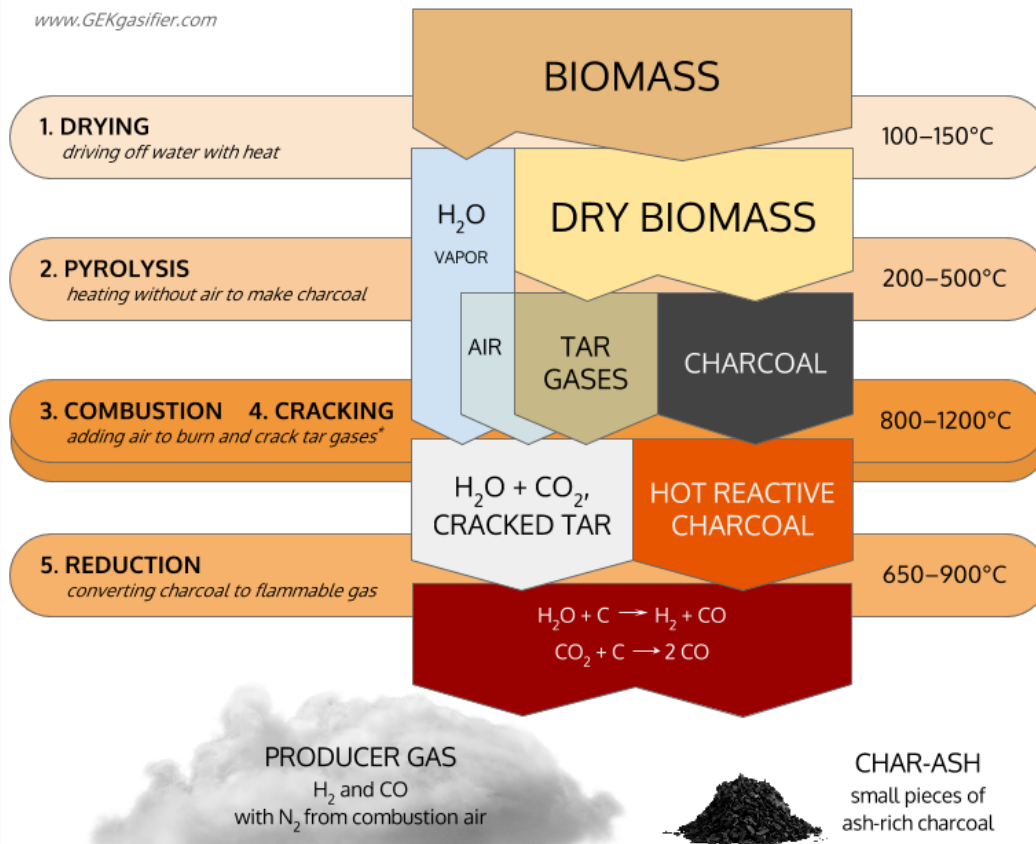


# ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ГАЗИФІКАЦІЇ



# ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ГАЗИФІКАЦІЇ. СКЛАД ГАЗУ

ALL Power Labs  
www.GEKgasifier.com



CO	%	20
H <sub>2</sub>	%	10
CH <sub>4</sub>	%	2
CO <sub>2</sub>	%	13
N <sub>2</sub>	%	55

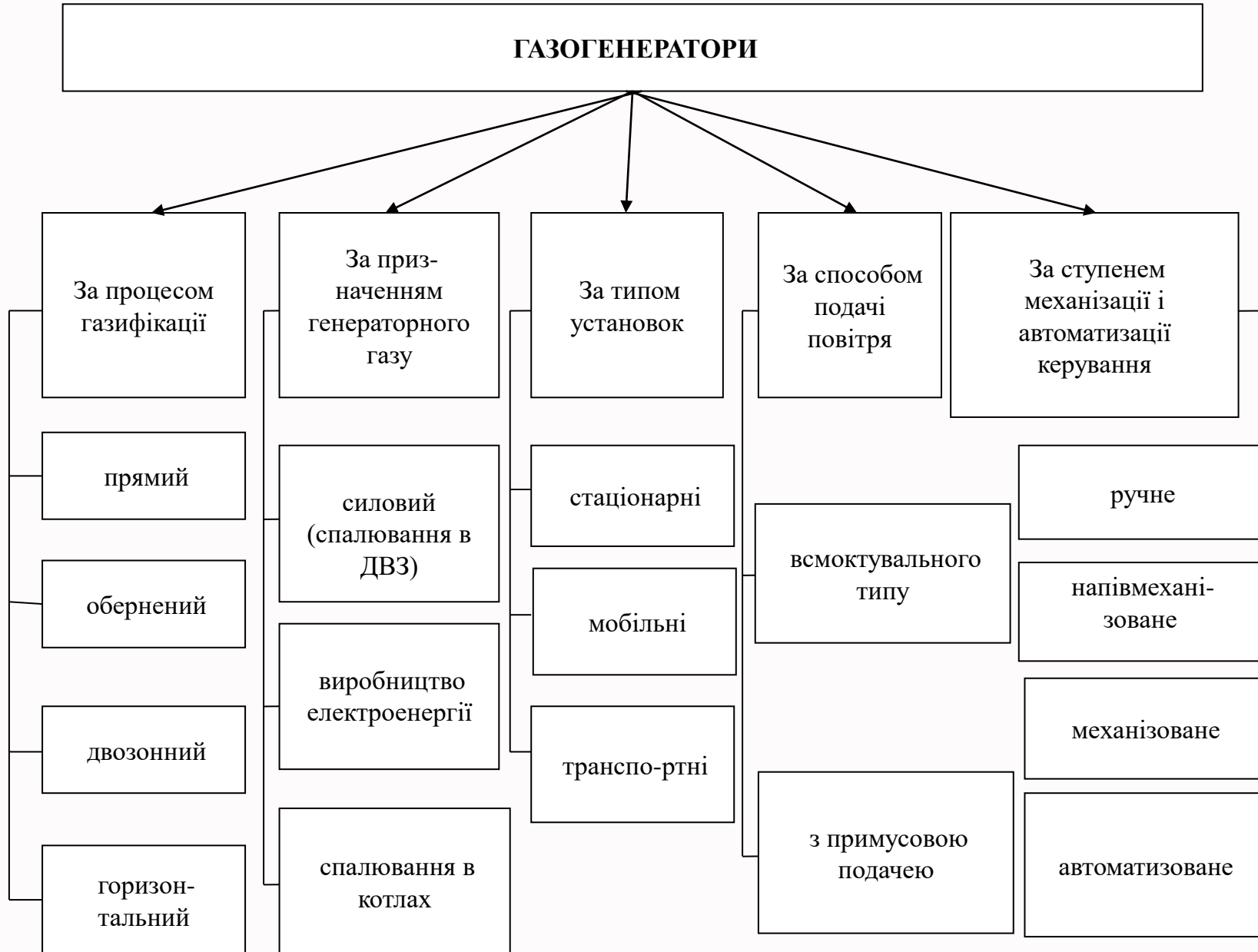
Сушка: волога біомаси у вигляді водяної пари змішується з газовим потоком і бере участь у наступних хімічних реакціях.

Піроліз: відбувається при температурі вище 200 °C. Біомаси розкладається із утворенням летких речовин та вуглецю.

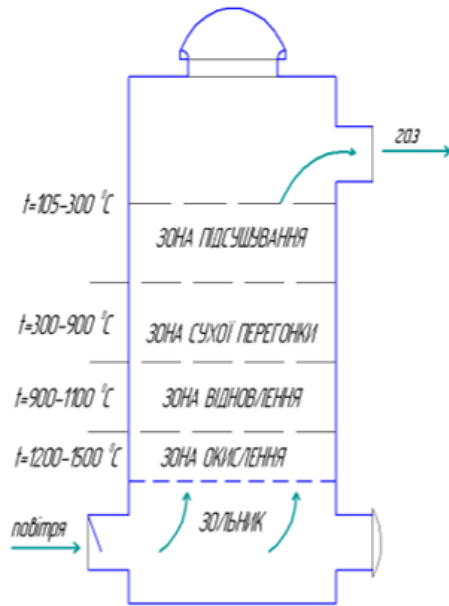
Горіння: леткі продукти та частина вуглецю реагують з киснем, утворюючи в основному вуглекислий газ.

Відновлення: вуглець реагує із вуглекислим газом та водяним паром із утворенням монооксиду вуглецю та водню.

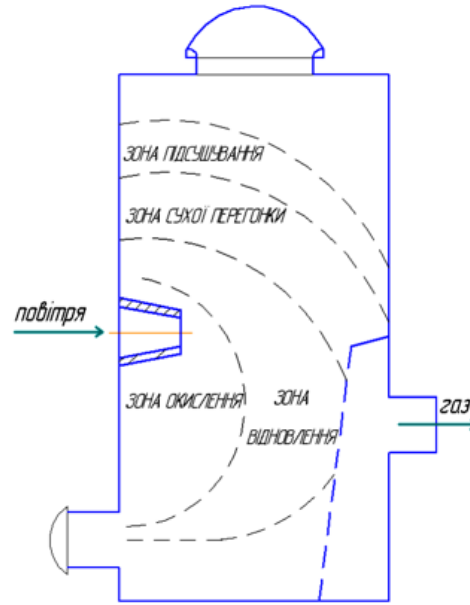
# КЛАСИФІКАЦІЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРІВ



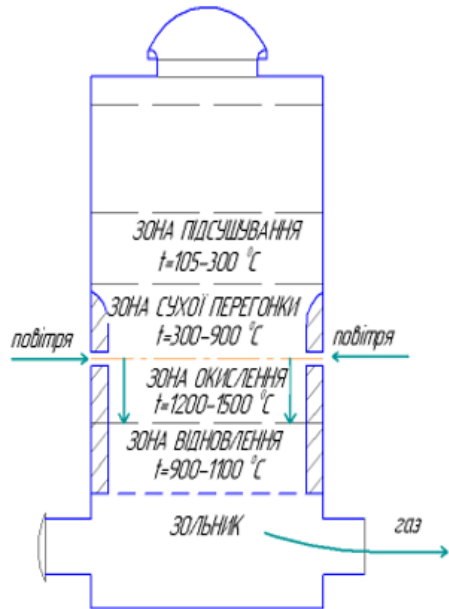
# КЛАСИФІКАЦІЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРІВ



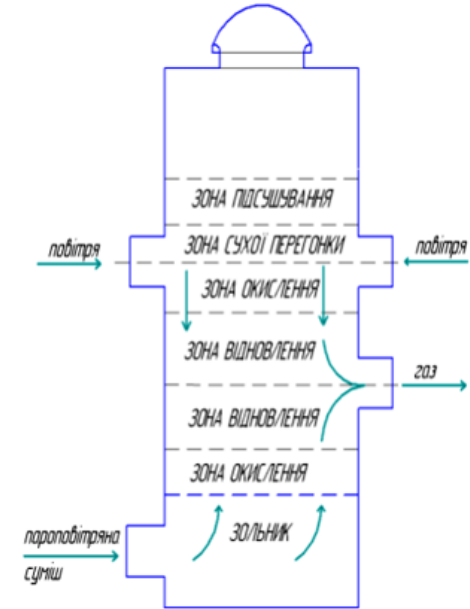
а)



б)



в)



г)

- а) прями́й процес газифікації (протипотоковий газогенератор);
- б) горизонтальний процес газифікації (перехреснопотоковий газогенератор);
- в) обернений процес газифікації (прямопотоковий газогенератор);
- г) двоступінний процес газифікації (комбінований газогенератор)

# МАСОВЕ ВИРОБНИЦТВО ГАЗОГЕНЕРАТОРІВ ПЕРЕД ДРУГОЮ СВІТОВОЮ ВІЙНОЮ

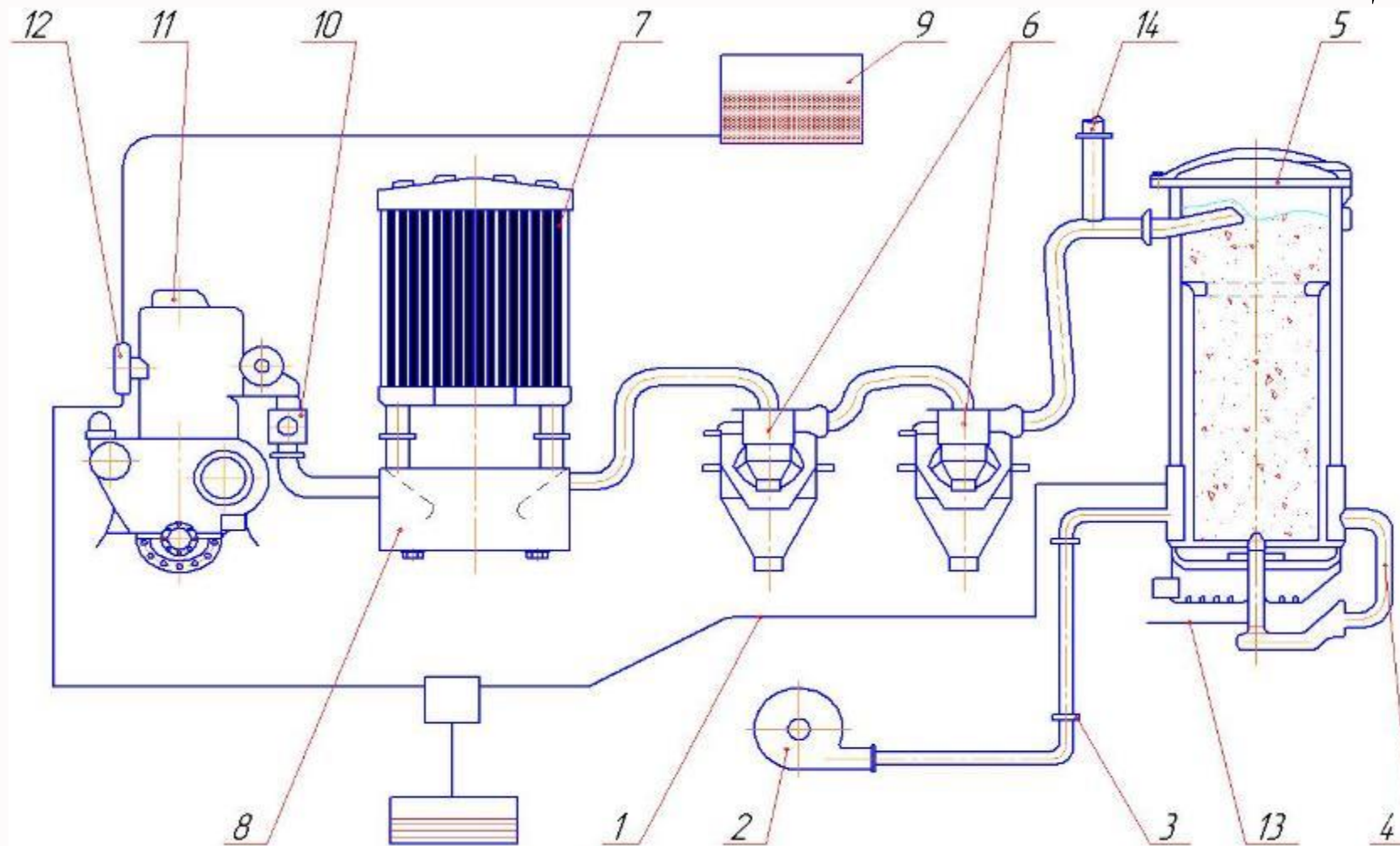
У Німеччині переведення транспортних засобів на газогенераторне паливо було національною політикою. Вже в 1935 році на генераторне паливо було переведено більше 10 тис. вантажних і легкових автомобілів, кілька тисяч тракторів і мотоциклів, а також кілька сотень барж і дрезин. Газогенераторні установки випускалися більш ніж 100 фірмами, однак, найбільше значення на подальший розвиток технології зробили газогенератори: «Виско», «Дейтц», «Гумбольт-Дейтц», «Фойгт», «Абоген», «Ганза», «Бюссинг» та ін. Перераховані конструкції газогенераторних установок не втратили актуальності і сьогодні.

Після закінчення другої світової війни Данія також збільшила парк газогенераторних автомобілів до 6 тис. шт., у результаті чого, вдалося уникнути голоду серед населення, тому, що були відновлені транспортні перевезення між фермами та містами.





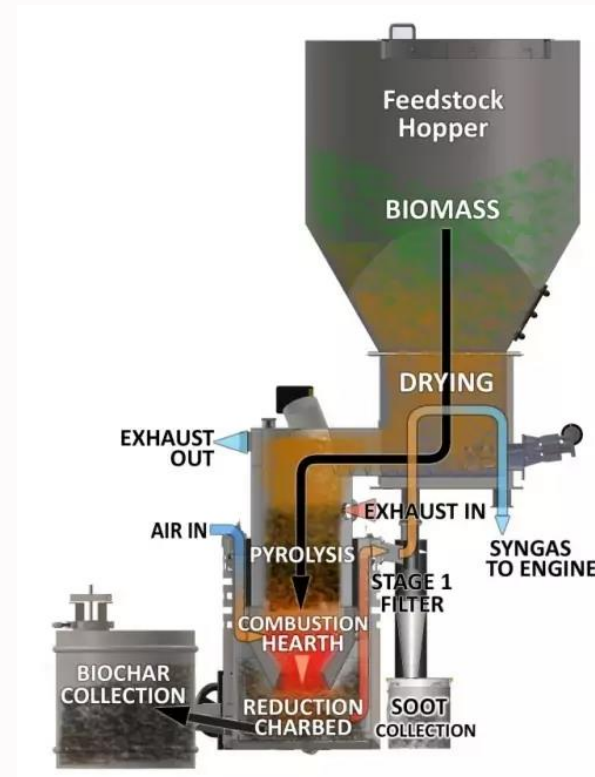
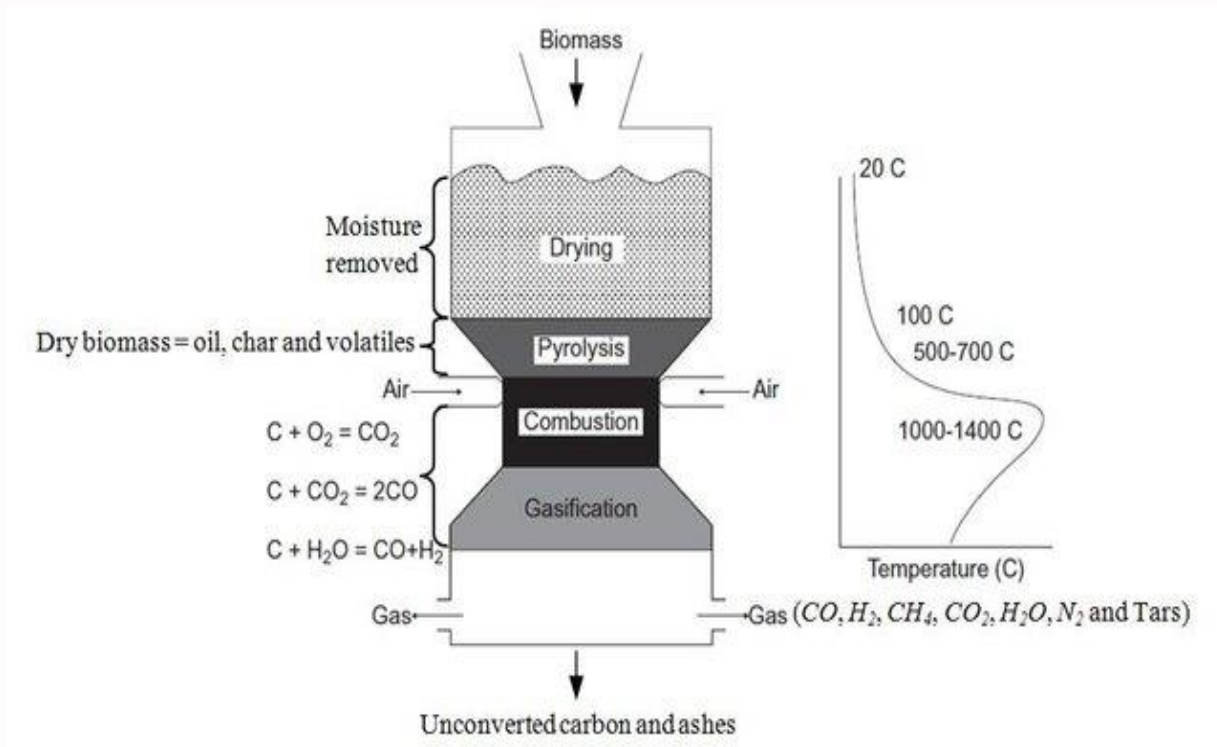
# СХЕМА ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ «ГУМБОЛЬТ-ДЕЙЦ»



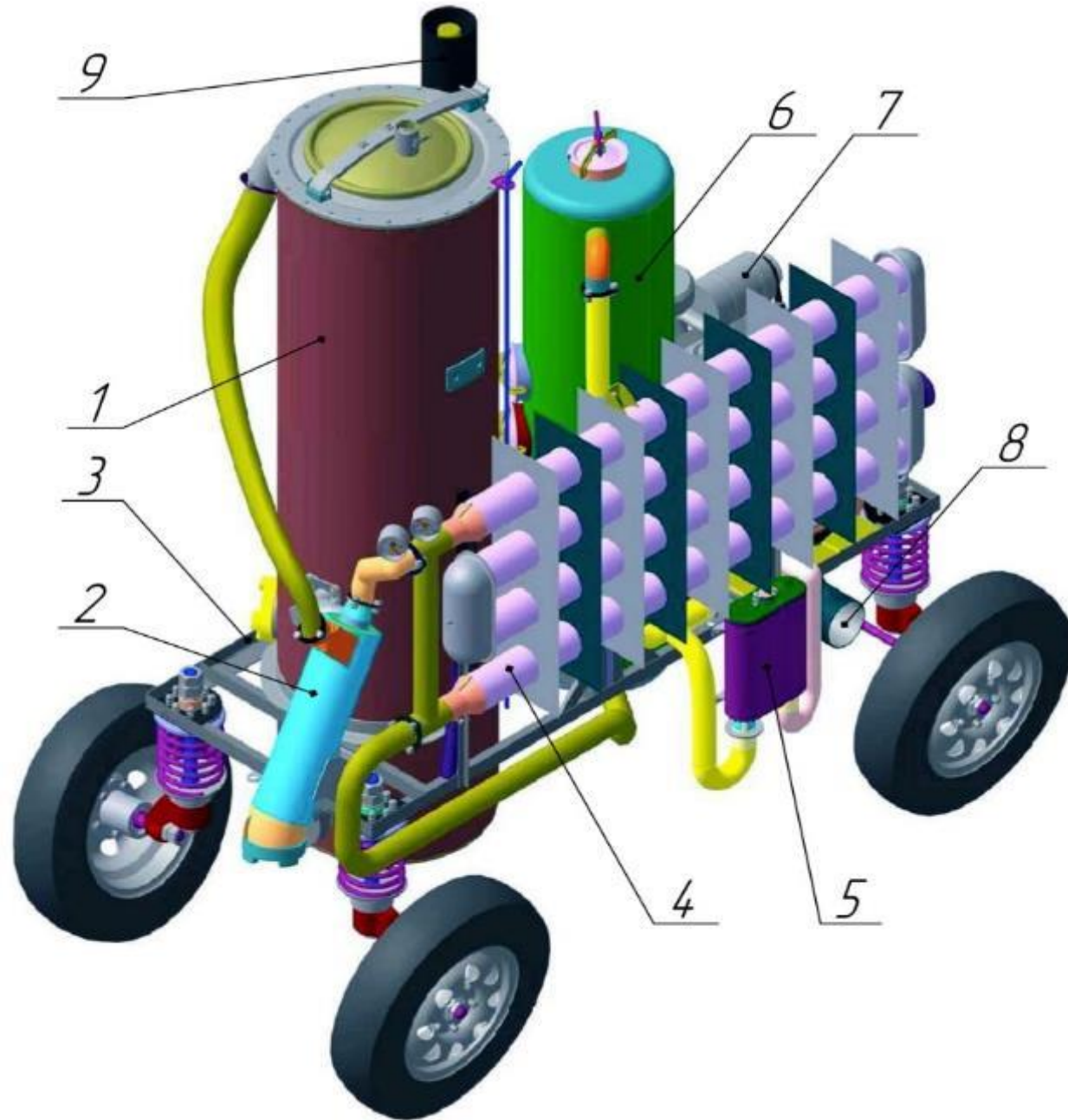
1 – трубопровід; 2 – вентилятор розпалювання; 3 – повітропровід; 4 – центральна фурма; 5 – газогенератор; 6 – відцентровий очисник; 7 – охолоджувач; 8 – ємність для конденсату; 9 – резервний бак; 10 – змішувач; 11 – двигун внутрішнього згоряння; 12 – пусковий підігрівач палива; 13 – електрод розпалювання; 14 – факел

A. Gaglianoa, F. Noceraa, M. Brunoa, G. Cardilloa. Development of an equilibrium-based model of gasification of biomass by Aspen Plus, 8th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings.

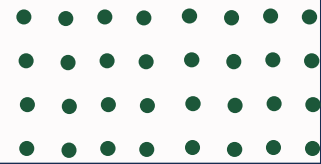
[https://www.researchgate.net/publication/315922694\\_Development\\_of\\_an\\_Equilibrium-based\\_Model\\_of\\_Gasification\\_of\\_Biomass\\_by\\_Aspen\\_Plus](https://www.researchgate.net/publication/315922694_Development_of_an_Equilibrium-based_Model_of_Gasification_of_Biomass_by_Aspen_Plus)



# СХЕМА МОБІЛЬНОЇ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ "НАТА-3"

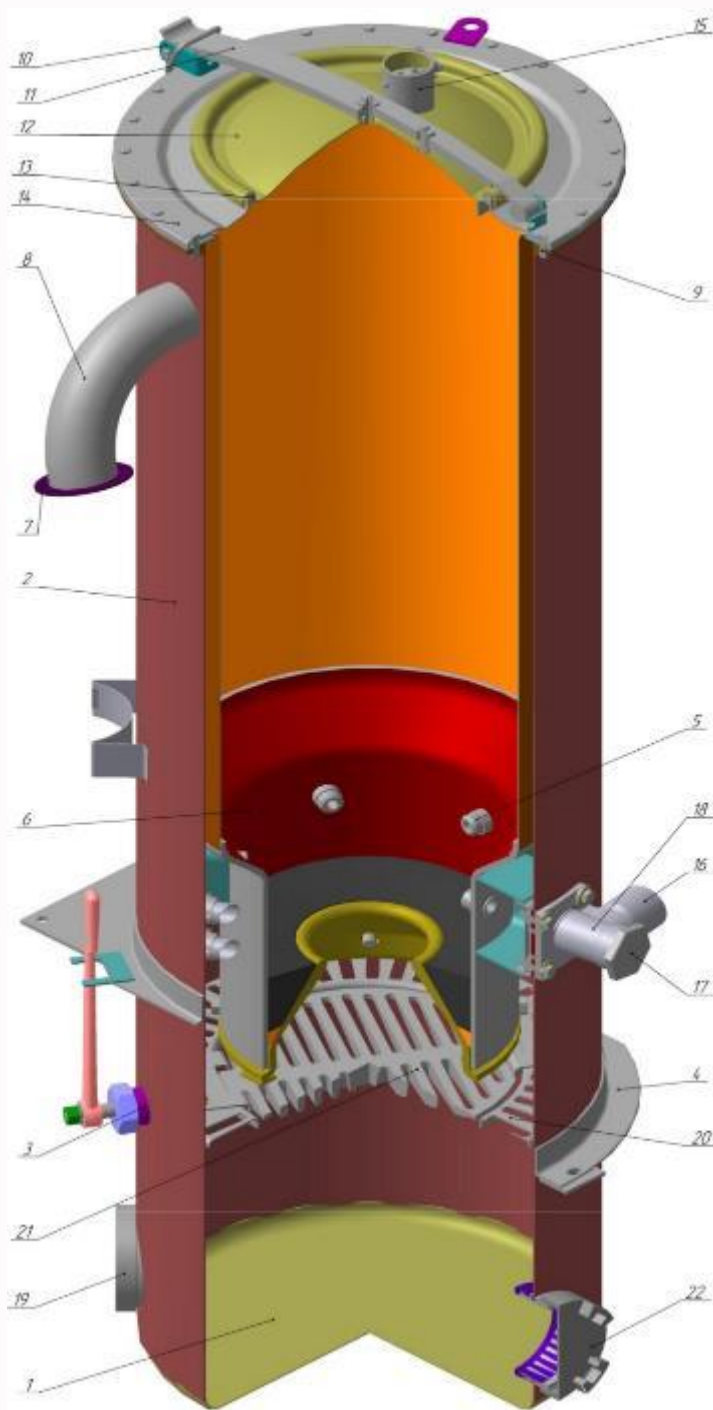


**1 – прямопоточковий газогенератор, 2 – інерційний очищувач газу (циклон); 3 – візок; 4 – охолоджувач газу; 5 – підігрівач двигуна; 6 – вертикальний очищувач газу (скруббер); 7 – ДВЗ; 8 – насос; 9 – пристрій для розпалювання газогенератора**



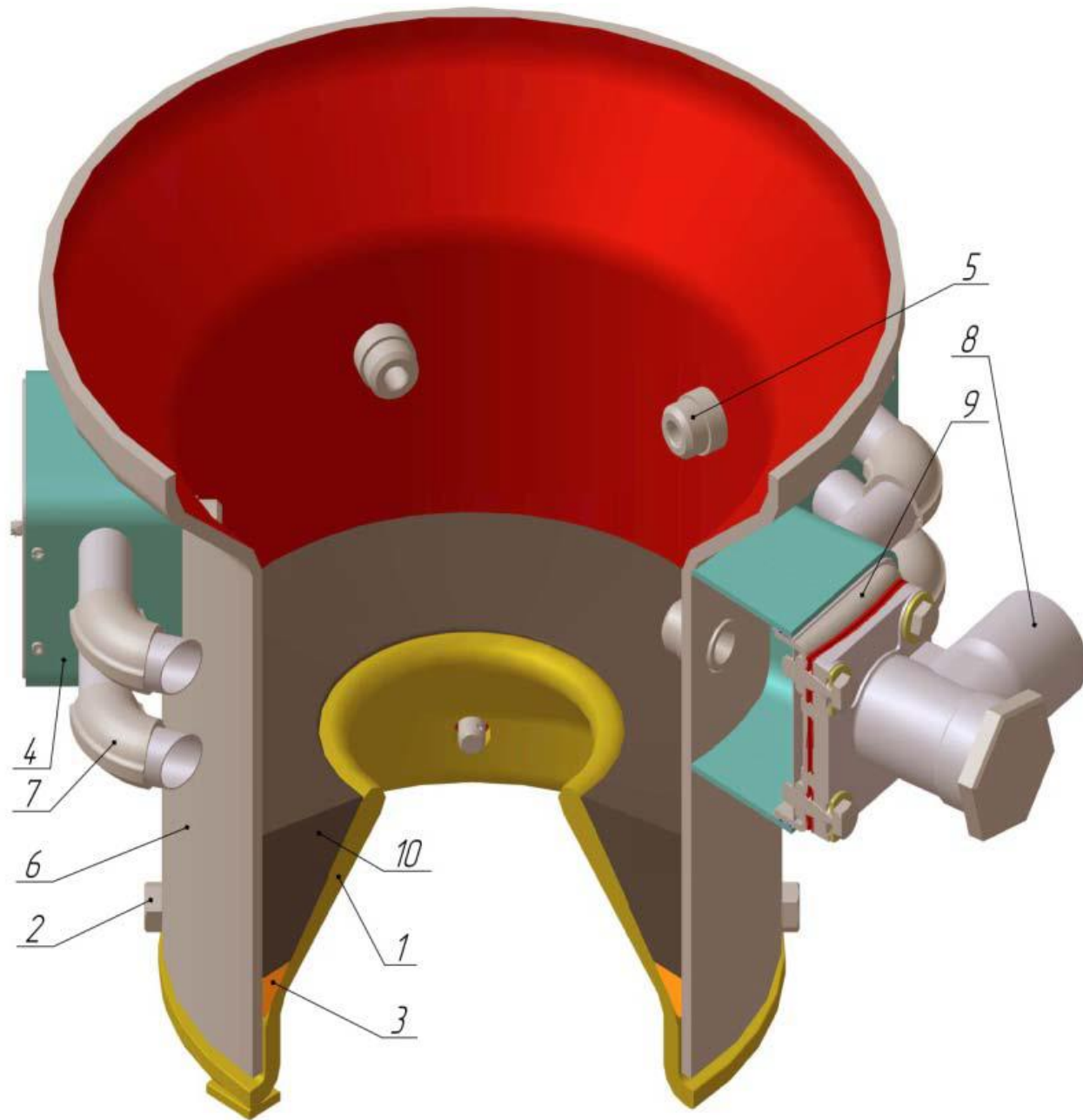
## ПРЯМОПОТОКОВИЙ ГАЗОГЕНЕРАТОР

1 – днище, 2 – корпус, 3 – заглушка, 4 – опорний пояс газогенератора задній, 5 – фурма, 6 – камера газифікації, 7 – фланець, 8 – патрубок відведення газу, 9 – з'єднувальний фланець, 10 – кронштейн рукоятки запору, 11 – ресора, 12 – кришка завантажувального люка, 13 – шнур азбестовий, 14 – фланець завантажувального люка, 15 – патрубок паровідвідний, 16 – зворотний клапан, 17 – пробка, 18 – патрубок повітропровідний, 19 – люк зони відновлення, 20 – решітка нерухома, 21 – колосникова решітка, 22 – люк зольника



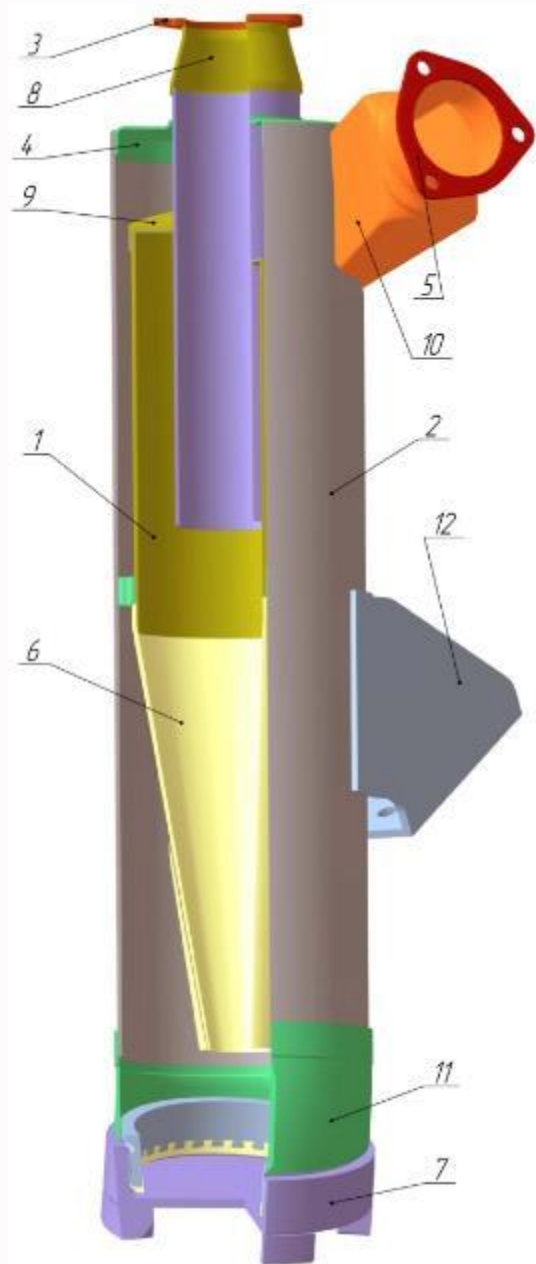


# КОРПУС КАМЕРИ ГОРІННЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРА



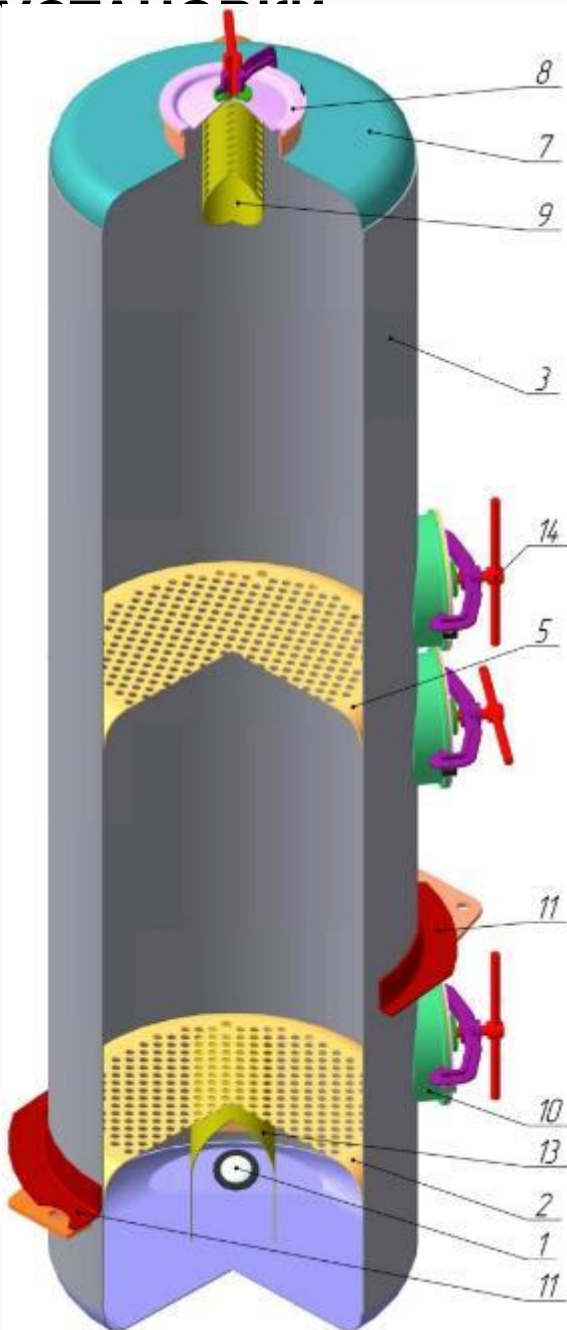
1 – вкладиш камери горіння; 2 – болт опорний; 3 – шнур азбестовий; 4 – камера подачі повітря, 5 – фурма; 6 – корпус камери горіння; 7 – труби подачі повітря; 8 – патрубок повітропровідний; 9 – кришка коробки підведення повітря; 10 – вставка камери горіння

# ІНЕРЦІЙНИЙ ОЧИЩУВАЧ ГАЗУ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ



**1 – корпус циклона; 2 – кожух корпусу циклона; 3 – фланець патрубка відбирання газу; 4 – кришка кожуха циклона; 5 – фланець патрубка введення газу; 6 – конус корпусу циклона; 7 – кришка люку; 8 – патрубок відбирання газу; 9 – кришка корпусу циклона; 10 – патрубок введення газу в циклон, 11 – перехідник кожуха циклона**

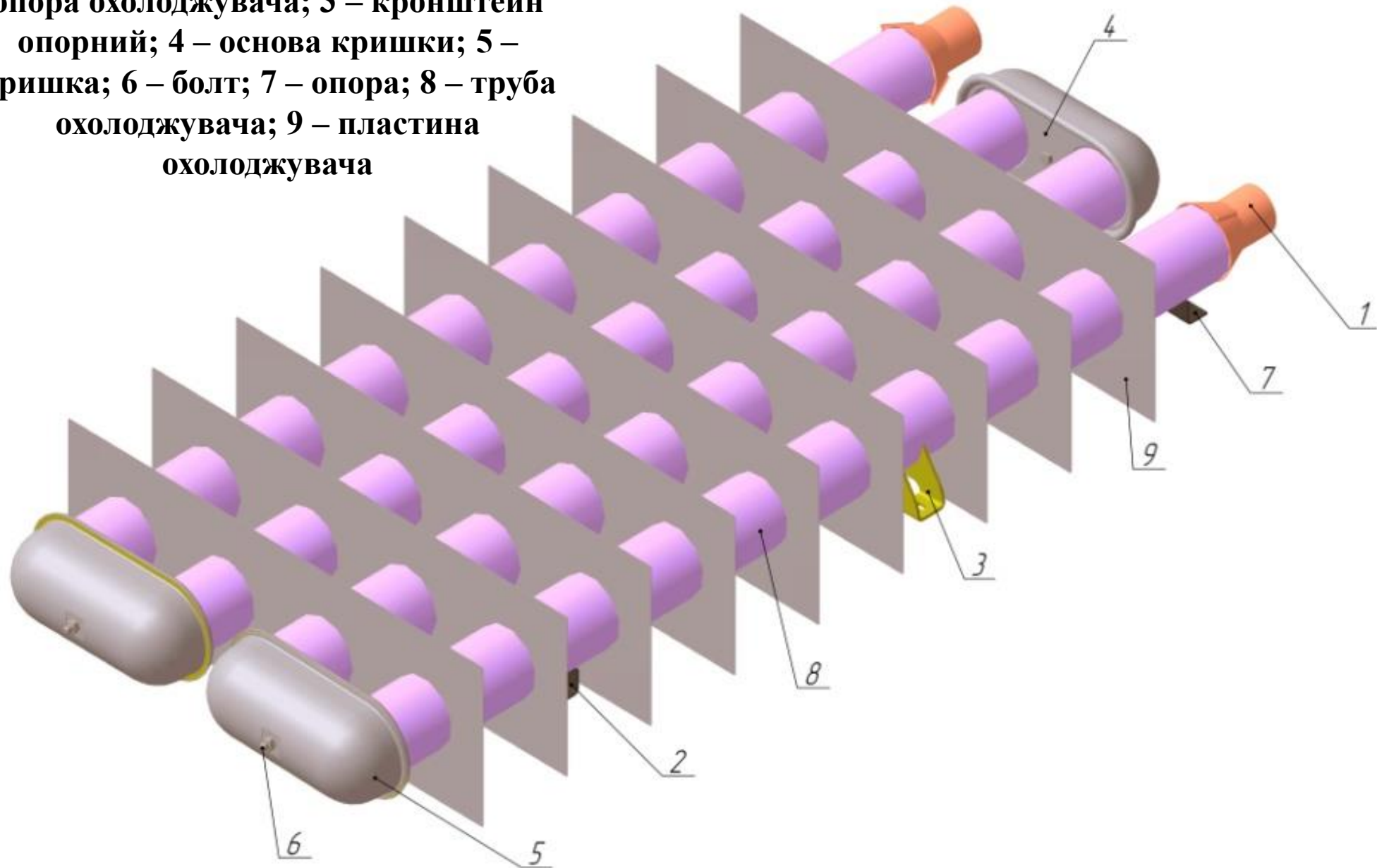
# ВЕРТИКАЛЬНИЙ ОЧИЩУВАЧ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗУ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЇ



1 – кран спускний; 2 – сітка нижня; 3 – корпус; 4 – штирі; 5 – сітка верхня; 6 – кільця Рашига; 7 – кришка корпусу; 8 – люк для засипання кілець; 9 – труба відбирання газу; 10 – люк; 11 – фланець опорний; 12 – патрубок підведення газу; 13 - відбивач газу; 14 – скоба

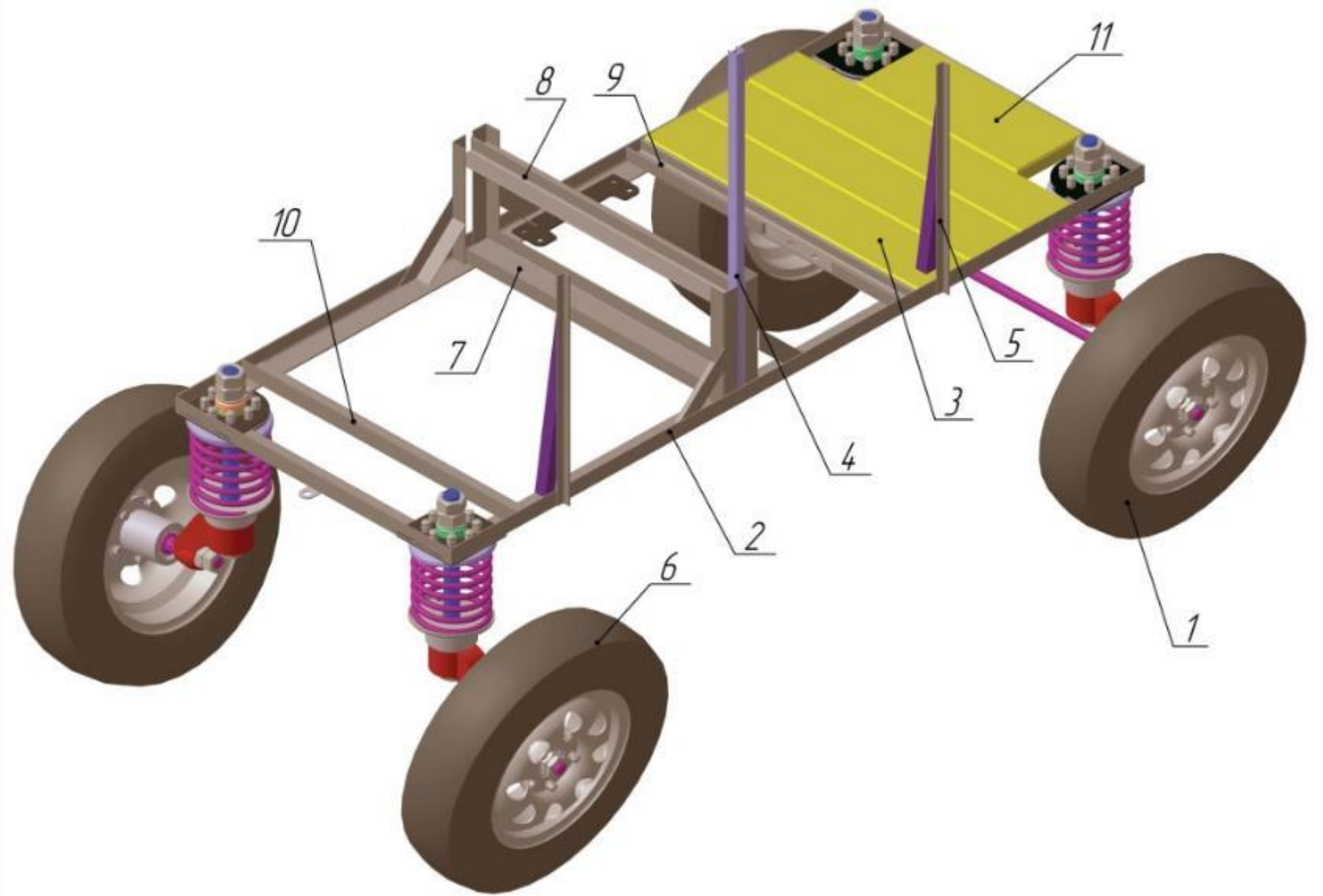
# ОХОЛОДЖУВАЧ ГАЗУ МОБІЛЬНОЇ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ

1 – патрубок підведення газу; 2 – опора охолоджувача; 3 – кронштейн опорний; 4 – основа кришки; 5 – кришка; 6 – болт; 7 – опора; 8 – труба охолоджувача; 9 – пластина охолоджувача





# ВІЗОК МОБІЛЬНОЇ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ



1 – колесо заднє; 2 – рама; 3 – настилення; 4 – стійка системи тонкого очищення; 5 – опора охолоджувача; 6 – колесо переднє; 7 – швелер опорний; 8 – опора газогенератора; 9 – опора скрубера; 10 – опора циклона; 11 – опора двигуна

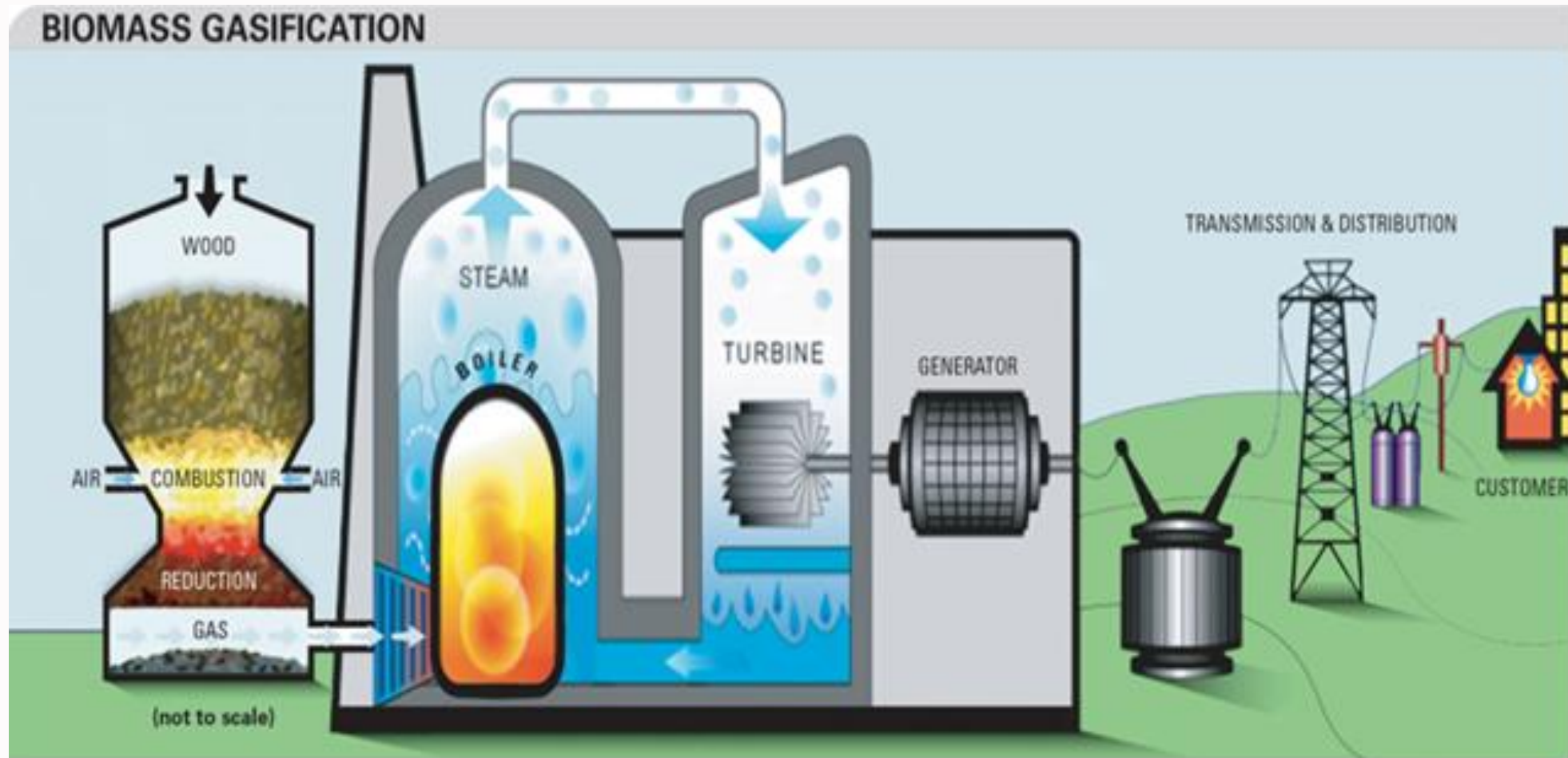








# Газифікація біомаси ([http://stlenergy.org/?attachment\\_id=461](http://stlenergy.org/?attachment_id=461))



Typical Gas Composition, %

Fuel Composition	H <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> +C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Wood piece	13	20	4	2.6	1.58	11	44
Corn stalk	12	18	4.8	1.8	1.32	12	45

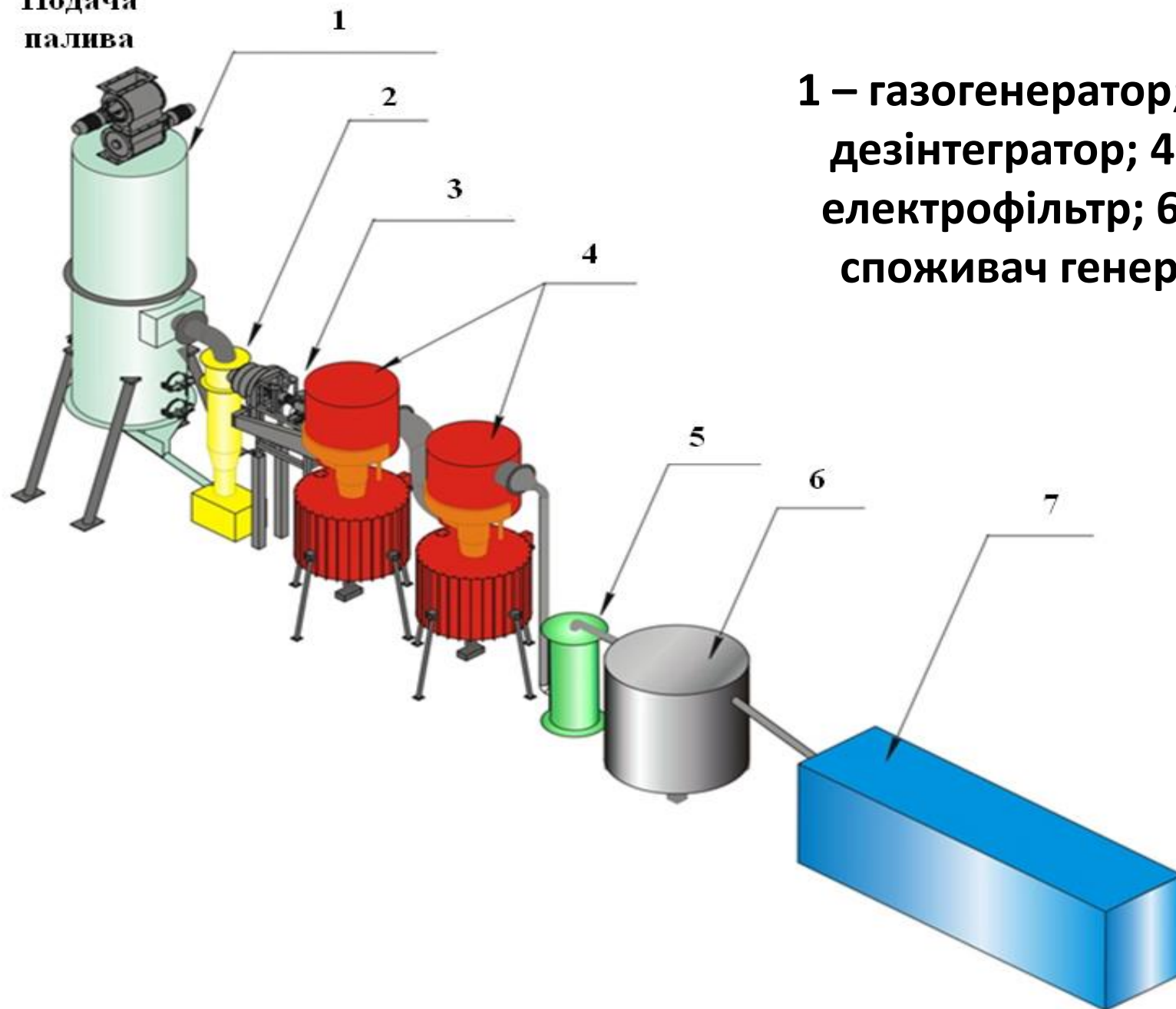


Електрогазогенераторна установка фірми «Наша  
Енергія» (Україна) марки УГК-100

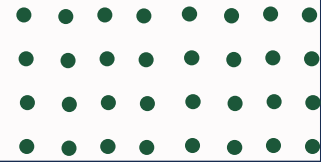


# ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВИРОБНИЦТВА ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗУ З БІОМАСИ

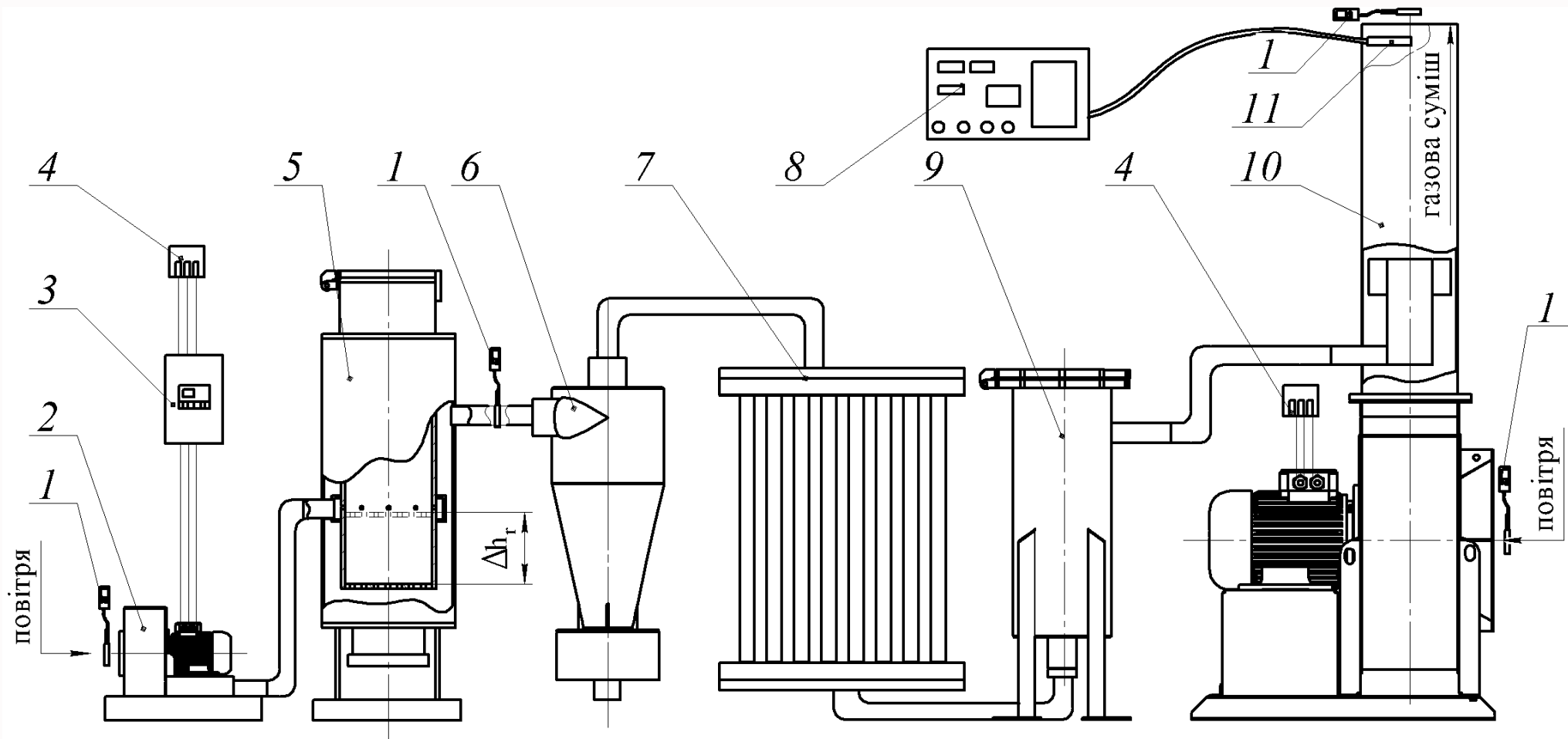
Подача  
палива



**1 – газогенератор; 2 – циклон; 3 – дезінтегратор; 4 – скруббер; 5 – електрофільтр; 6 – ресивер; 7 – споживач генераторного газу**



# СХЕМА ГАЗОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ДЕРЕВНОГО ГАЗУ



1 – анемометр, 2 – повітродувка, 3 – частотний перетворювач, 4 – розетка 0,4 кВ, 5 – газогенератор, 6 – фільтр грубого очищення. 7 – охолодник, 8 – газоаналізатор, 9 – фільтр тонкого очищення, 10 – змішувач, 11 – датчик монооксиду карбону

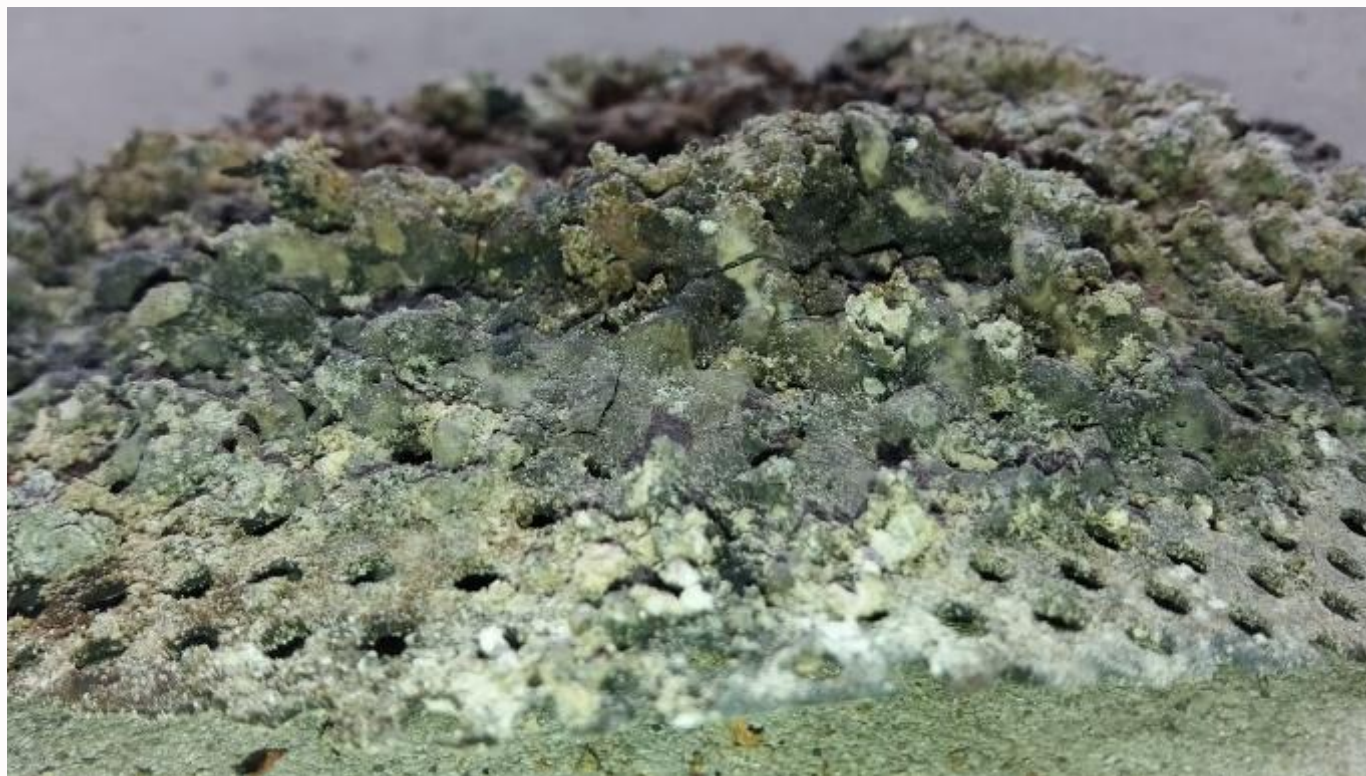


# ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД ДОСЛІДНОЇ УСТАНОВКИ



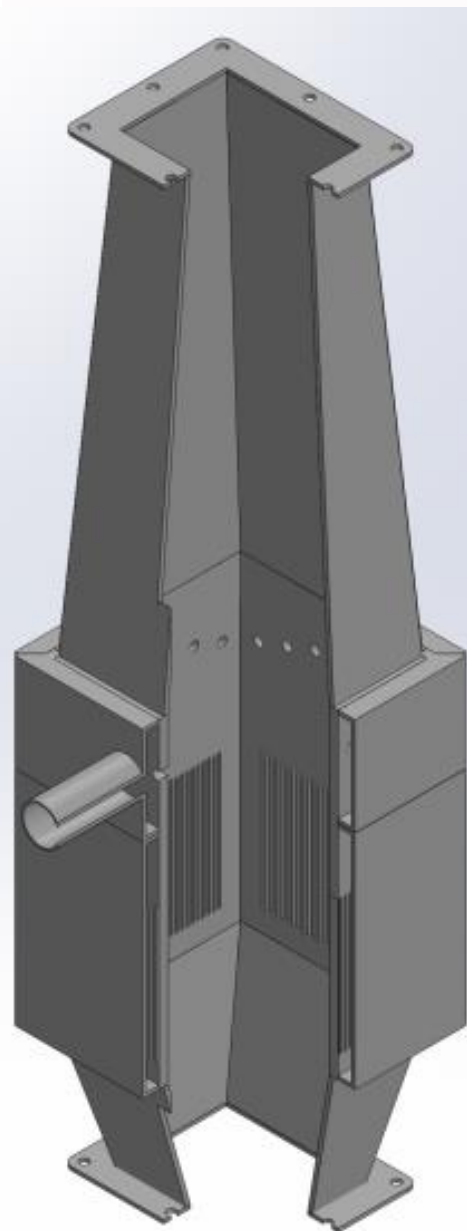
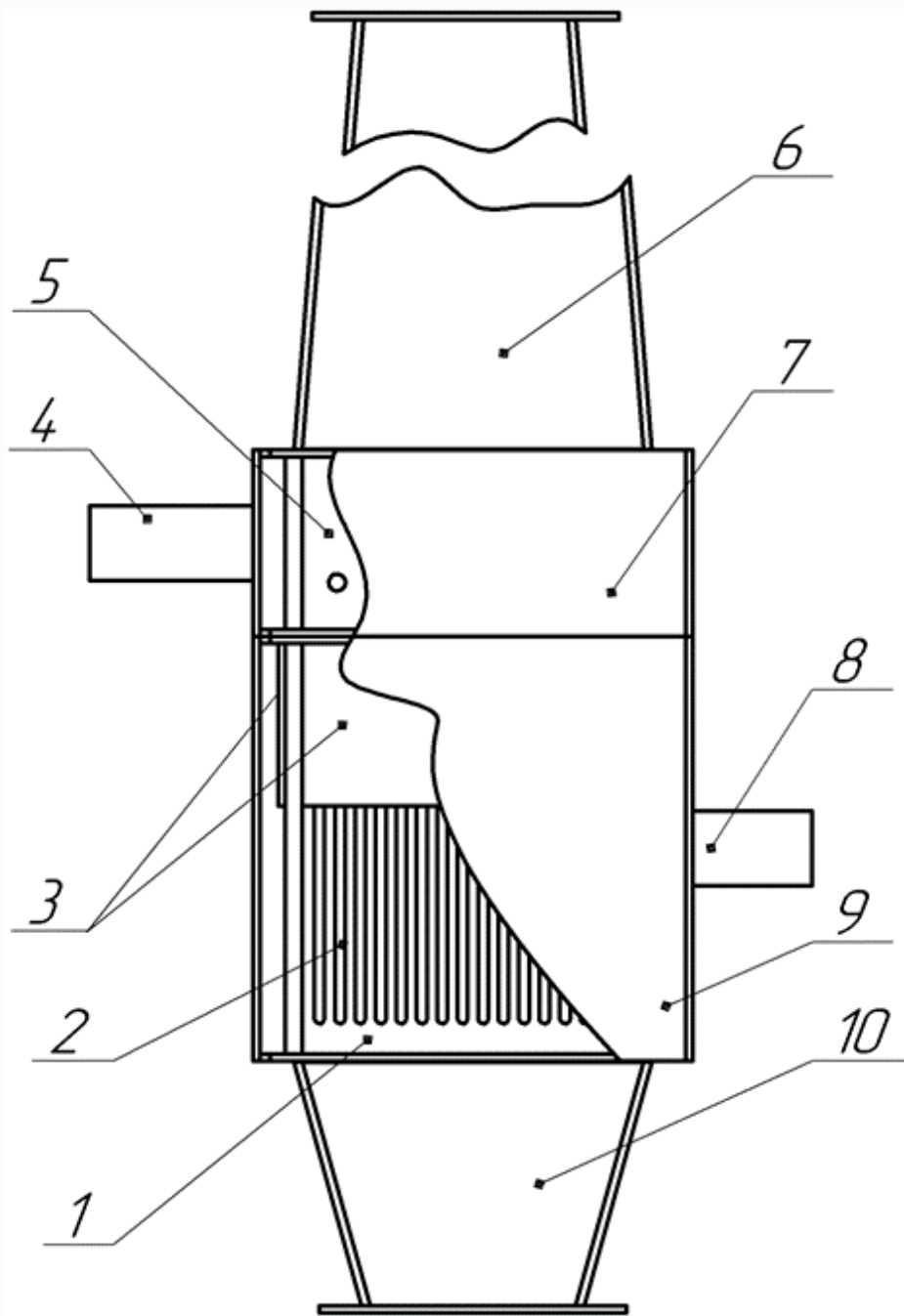


# НЕДОЛІКИ РОБОТИ ГАЗОГЕНЕРАТОРА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СУМІШІ ДЕРЕВНОГО ТА СОЛОМ'ЯНОГО ГАЗУ

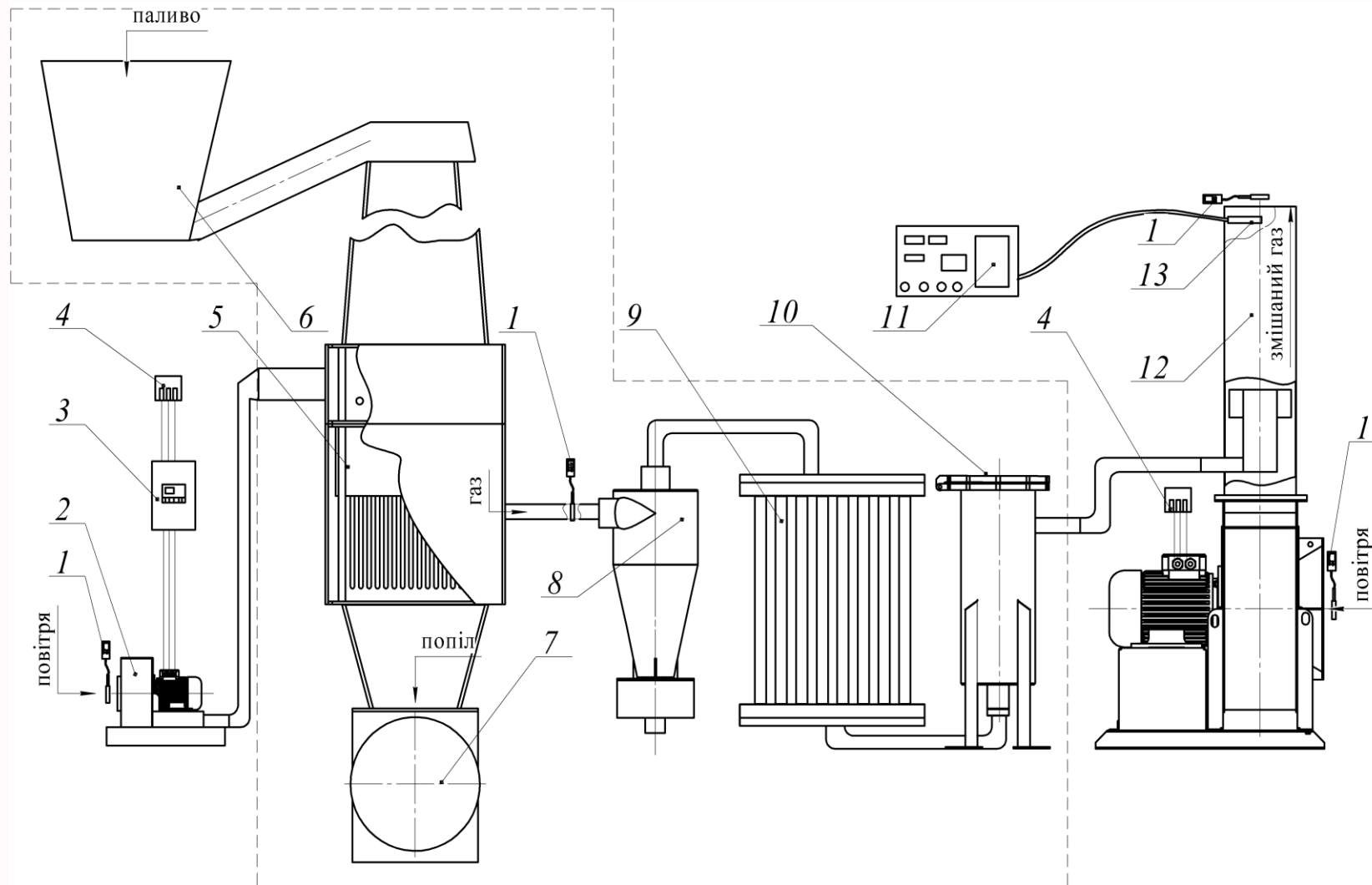


**Тверді скловидні відкладення на поверхні колосникової решітки при роботі газогенератора на паливі із вмістом соломи 80 % та 100 %**

# ГАЗОГЕНЕРАТОР ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СОЛОМ'ЯНОГО ГАЗУ



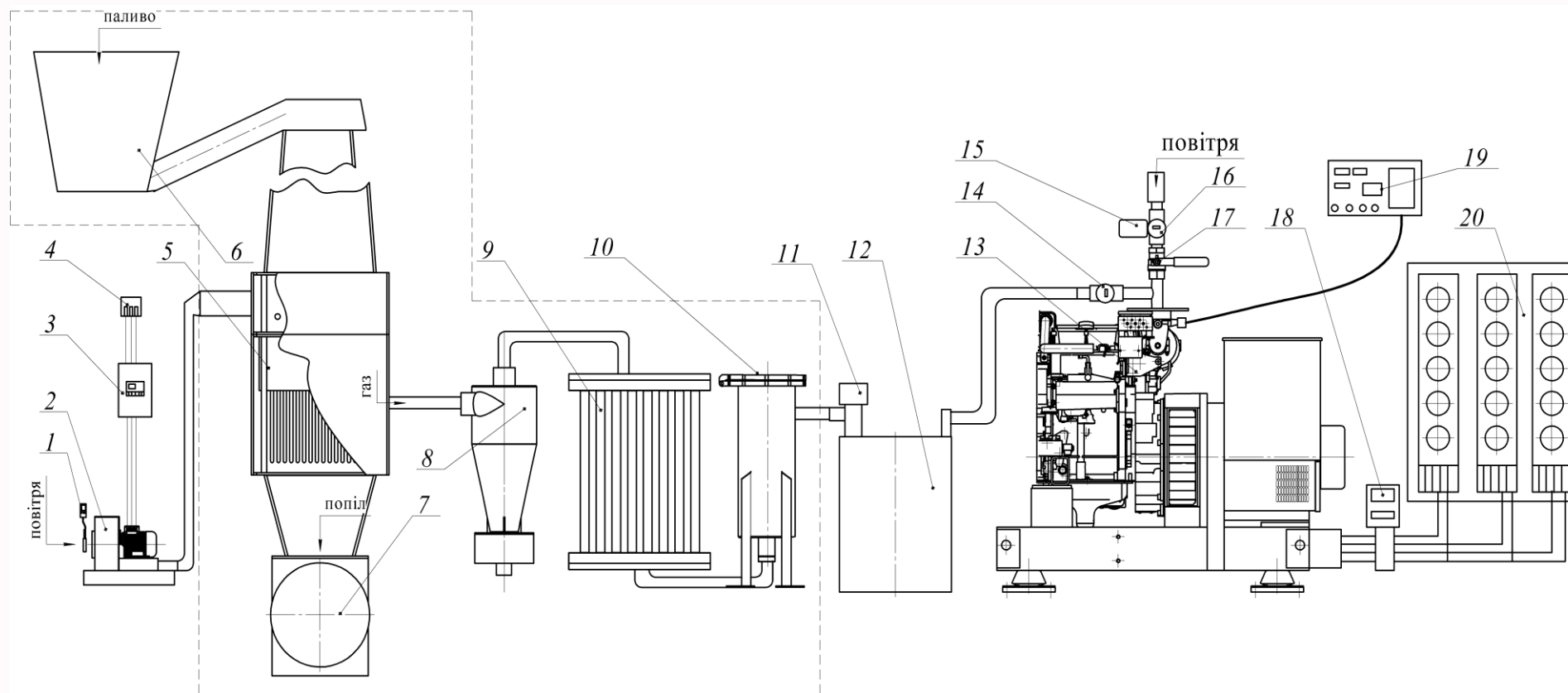
# СХЕМА ДОСЛІДНОЇ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ



1 – анемометр; 2 – вентилятор, для подавання повітря в газогенератор; 3 – частотний перетворювач; 4 – джерело електричного струму 0,4 кВ; 5 – газогенератор ГГ-2; 6 – бункер із гвинтом для палива; 7 – вивантажувач попелу; 8 – фільтр грубого очищення; 9 – охолодник; 10 – газоаналізатор; 11 – фільтр тонкого очищення; 12 – змішувач; 13 – датчик газоаналізатора



# СХЕМА УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА ГЕНЕРАТОРНОМУ ГАЗІ



1 – анемометр; 2 – вентилятор, для подавання повітря в газогенератор; 3 – частотний перетворювач; 4 – джерело електричної енергії 0,4 кВ; 5 – газогенератор ГГ-2; 6 – бункер із гвинтом для палива; 7 – вивантажувач попелу; 8 – фільтр грубого очищення; 9 – охолодник; 10 – фільтр тонкого очищення; 11 – клапан; 12 – ресивер із запобіжним клапаном; 13 – електростанція; 14 – лічильник газу; 15 – нагнітач повітря; 16 – лічильник повітря; 17 – регулятор подачі повітря; 18 – пристрій для вимірювання параметрів споживання струму; 19 – аналізатор вихлопних газів; 20 – електричне навантаження



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)

