

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра галузевого машинобудування

**Пояснювальна записка**

до бакалаврського кваліфікаційного проєкту на тему:

«РОЗРОБКА ЛОПАТЕВОЇ МІШАЛКИ МОБІЛЬНОЇ БІОГАЗОВОЇ  
УСТАНОВКИ»

Виконав: студент 4 курсу, групи 1ГМ-216  
зі спеціальності 133

«Галузеве машинобудування»

(шифр і назва напрямку підготовки)

Панькевич Н.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ГМ

Бакалець Д.В.

(прізвище та ініціали)

« 06 » 06 2025 р.

Рецензент: к.т.н., доц., доцент каф. АТМ

Антонюк О.П.

(прізвище та ініціали)

« 16 » 06 2025 р.

Допущено до захисту

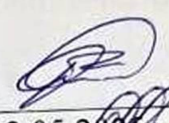
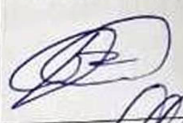
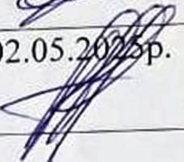
Зав. кафедри ГМ

д.т.н, професор Поліщук Л.К.

« 10 » 06 2025 р.

біогазової установки (ф. А1 – 1 арк.); 5) Робочі кресленики деталей «кришка» та «корпус підшипника» (ф. А3 – 2 арк.).

6. Консультанти розділів бакалаврського кваліфікаційного проєкту

| Розділ                                       | Прізвище, ініціали та посада<br>Консультанта | Підпис, дата                                                                                       |                                                                                                     |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                              |                                              | завдання видав                                                                                     | виконання<br>прийняв                                                                                |
| Технічний<br>розділ<br>(основна<br>частина)  | Бакалець Д.В.                                | 05.03.2025р.<br> | 06.06.2025р.<br> |
| Охорона праці,<br>безпека<br>життєдіяльності | Поліщук О.В.                                 | 02.05.2025р.<br> | 20.05.2025р.<br> |

7. Дата видачі завдання 05.03.2025

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| №<br>з/п | Назва етапів бакалаврського<br>кваліфікаційного проєкту                                                                               | Термін виконання       |             | Примітка |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|          |                                                                                                                                       | початок                | закінчення  |          |
| 1        | Дослідити технологію та обладнання для отримання біогазу. Здійснити патентно-інформаційний огляд біогазових установок та її складових | 05.03.2025р            | 20.03.2025р | Вик.     |
| 2        | Розробка конструкції мішалки мобільної біогазової установки                                                                           | 05.03.2025р            | 20.03.2025р | Вик.     |
| 3        | Виконання проектних та перевірочних розрахунків конструкції                                                                           | 21.03.2025р            | 07.04.2025р | Вик.     |
| 4        | Розробка графічної частини БКП                                                                                                        | 08.04.2025р            | 02.05.2025р | Вик.     |
| 5        | Охорона праці                                                                                                                         | 02.05.2025             | 12.05.2025  | Вик.     |
| 6        | Оформлення текстової та графічної частини проєкту                                                                                     | 12.05.2025             | 06.06.2025  | Вик.     |
| 7        | Перевірка на плагіат                                                                                                                  | 06.06.2025             | 09.06.2025  | Вик.     |
| 8        | Нормоконтроль БКП                                                                                                                     | 10.06.2025             | 10.06.2025  | Вик.     |
| 9        | Рецензування БКП                                                                                                                      | 11.06.2025             | 16.06.2025  | Вик.     |
| 10       | Захист БКП                                                                                                                            | За графіком<br>кафедри |             | Вик.     |

Здобувач

  
(підпис)

Панькевич Н.С.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Бакалець Д.В.  
(прізвище та ініціали)



# ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра галузевого машинобудування  
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
Галузь знань – 13 Механічна інженерія  
Спеціальність – 133 – Галузеве машинобудування  
Освітньо-професійна програма – Галузеве машинобудування

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ГМ

Поліщук Л.К.

"04" березня 2025 року

## З А В Д А Н Н Я

НА БАКАЛАВРСЬКИЙ КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ

гр. ІГМ-216 Панькевичу Н.С.

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема бакалаврського кваліфікаційного проєкту: «РОЗРОБКА ЛОПАТЕВОЇ МІШАЛКИ МОБІЛЬНОЇ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ»

керівник бакалаврського кваліфікаційного проєкту Бакалець Д.В., к.т.н. доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 20.03. 2025 року №97

2. Строк подання здобувачем бакалаврського кваліфікаційного проєкту

3. Вихідні дані до бакалаврського кваліфікаційного проєкту 1) Об'єм реактора, м<sup>3</sup> – 5; 2) Частота обертання лопаток, об/хв – 30; 3) Потужність двигуна, Вт – 180; 4) Густина субстрату, кг/м<sup>3</sup> – 980.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Вступ; 2) Дослідити технологію та обладнання для отримання біогазу; 3) Виконати патентно-інформаційний огляд аналогічних конструкцій; 4) Висновки з теоретичного огляду та постановка задач проєктування; 5) Розробка конструкції мішалки мобільної біогазової установки; 6) Виконати конструкторські та технологічні розрахунки, що необхідні для побудови розробленої конструкції мішалки мобільної біогазової установки; 7) Розробити заходи з охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1) Аналіз конструкцій біогазових установок (ф. А1 – 1 арк); 2) Патентно-інформаційний огляд (ф. А1 – 1 арк); 3) Креслення загального вигляду мобільної біогазової установки (ф. А1 – 1 арк); 4) Складальний кресленик мішалки мобільної

## АНОТАЦІЯ

Бакалаврський кваліфікаційний проєкт складається з 72 сторінок формату А4, на яких є 12 рисунків, 8 таблиць, список використаних джерел містить 28 найменувань.

У роботі виконано аналіз перспективи виробництва біогазу в Україні. Розроблено елементи конструкції для мобільної біогазової установки. Виконанні проєктні та перевірочні розрахунки розробленої конструкції. Розроблені креслення згідно, яких можливе виготовлення розробленої конструкції.

**Ключові слова:** механізм, конструкція, біогаз, мобільна установка, розрахунок.



## ANNOTATION

The bachelor's qualification project consists of 72 pages of A4 format, which include 12 figures, 8 tables, and the list of sources used contains 28 items.

The work analyzes the prospects for biogas production in Ukraine. The design elements for a mobile biogas plant are developed. Design and verification calculations of the developed design are performed. Drawings are developed according to which it is possible to manufacture the developed design.

Keywords: mechanism, design, biogas, mobile plant, calculation.

## ВСТУП

В світлі останніх подій пов'язаних з початком світової економічної кризи, для України виник ряд питань які потребують нагального вирішення, найбільш актуальними з них є скорочення споживання природного газу та розвиток енергозберігаючих технологій. Серед всіх альтернативних видів палива що відомі на даний момент, на нашу думку, одним з найбільш перспективних напрямків для використання в Україні є енергія біомаси.

Сучасний стан розвитку техніки вимагає застосування засобів, які б забезпечили підвищення продуктивності технологічних операцій, збільшили вихід якісної сировини, забезпечили б зменшення витрат коштів та енергоносіїв.

На сьогоднішній день переробка органічних відходів майже не проводиться і ми втрачаємо, майже невичерпний ресурс енергоносіїв, які можна отримати в результаті їх переробки. Сучасні біогазові установки здатні переробляти органічні відходи та отримувати дешеві енергоносії вкрай ефективно, але великогабаритні та середні біогазові установки мають ряд недоліків, які роблять їх використання в невеликих господарствах неможливим. Тому пропонується вирішувати цю проблему в комплексі, створивши універсальну машину на базі цистерни, встановленої на шасі та обладнаною додатковим обладнанням. Це розширить функціональні можливості запропонованої біогазової установки, та зробить її більш доступною для широкого кола споживачів. Особливо це актуально для невеликих фермерських та присадибних господарств. Тому розробка нової конструкції та її складових елементів біогазової установки, та розрахунок основних її параметрів є актуальним питанням, що потребує нагального вирішення.

Метою роботи є розробка лопатевої мішалки мобільної біогазової установки з покращеними техніко-економічними показниками.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі задачі:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 3    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



- Проаналізувати існуючі технології вироблення біогазу, виокремити найбільш раціональну для заданих умов та дослідити існуючі конструкції біогазових установок та їх елементів, зокрема мобільних;
- Здійснити патентно-інформаційний огляд конструкцій біогазових установок та їх елементів;
- За результатами теоретичного дослідження теми кваліфікаційної роботи розробити конструкцію мішалки мобільної біогазової установки;
- Виконати конструкторські розрахунки для розробки конструкції лопатевої мішалки мобільної біогазової установки та необхідних робочих креслень.
- Розробити кресленики лопатевої мішалки мобільної біогазової установки та робочі креслення його деталей;
- Запропонувати заходи з охорони праці для безпечної експлуатації розробленої конструкції лопатевої мішалки мобільної біогазової установки.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 4    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## ЗМІСТ

|     |                                                                                            |    |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|     | ВСТУП.....                                                                                 | 3  |
| 1   | АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК .....                                              | 4  |
| 1.1 | Тенденції розвитку біогазових установок .....                                              | 4  |
| 1.2 | Економічна ефективність застосування біогазових установок. ....                            | 11 |
| 1.3 | Патентно-інформаційний огляд .....                                                         | 14 |
| 2   | ОПИС РОЗРОБЛЕНОЇ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ .....                                                | 32 |
| 3   | КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....                                                              | 36 |
| 3.1 | Розрахунок лопатевої мішалки .....                                                         | 36 |
| 3.2 | Розрахунок продуктивності біогазової установки .....                                       | 41 |
| 4   | ОХОРОНА ПРАЦІ.....                                                                         | 44 |
| 4.1 | Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта .....                                    | 44 |
| 4.2 | Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії .....                             | 46 |
| 4.3 | Технічні рішення з пожежної безпеки.....                                                   | 49 |
|     | ВИСНОВКИ.....                                                                              | 51 |
|     | СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                                            | 52 |
|     | ДОДАТКИ.....                                                                               | 56 |
|     | ДОДАТОК А . Технічне завдання .....                                                        | 57 |
|     | ДОДАТОК Б. Ілюстративна частина.....                                                       | 62 |
|     | ДОДАТОК В. Специфікації.....                                                               | 69 |
|     | ДОДАТОК Г Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень..... | 72 |

|           |      |                |        |      |                                                                                                       |  |  |  |
|-----------|------|----------------|--------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|
|           |      |                |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ                                                                                |  |  |  |
| Зм.       | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата | <div>РОЗРОБКА ЛОПАТЕВОЇ</div> <div>МІШАЛКИ МОБІЛЬНОЇ</div> <div>БІОГАЗОВОЇ</div> <div>УСТАНОВКИ</div> |  |  |  |
| Розроб.   |      | Панкевич Н.С.. |        |      |                                                                                                       |  |  |  |
| Перевір.  |      | Слабкий А.В.   |        |      |                                                                                                       |  |  |  |
| Реценз.   |      |                |        |      |                                                                                                       |  |  |  |
| Н. Контр. |      | Слабкий А.В.   |        |      |                                                                                                       |  |  |  |
| Затверд.  |      | Поліщук Л.К.   |        |      | <div>ВНТУ, гр.1ГМ-216</div>                                                                           |  |  |  |

# 1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

## 1.1 Тенденції розвитку біогазових установок

Вирішення проблем переробки відходів сільськогосподарського походження, відкрили новий перспективний напрямок у конструюванні техніки та обладнання для агропромислового комплексу. Аналіз літературних джерел [1] свідчить про стрімкий процес впровадження у виробництво інноваційних ресурсозберігаючих технологій. Австрія, Італія, Китай, Німеччина, Польща, Чехія та інші країни за останні 20 років зробили значний крок у використанні поновлювальних джерел енергії та продовжують розвивати свої науково-технічні досягнення у галузі альтернативної енергетики.

Ще у XVII столітті Ян Баптист Ван Гельмонт виявив, що біомаса, яка розкладається, виділяє займисті гази. Алессандро Вольта в 1776 році прийшов до висновку про існування залежності між кількістю біомаси яка розклалася і кількістю газу, що виділювався. У 1808 році сер Хемфрі Деві виявив метан в біогазі. [2]. Перша задокументована біогазова установка була побудована в Бомбеї (Індія) в 1859 році. У цьому ж році біогаз почав застосовуватися у Великобританії для вуличного освітлення [3].

Ринок біогазу на сьогоднішній час найбільш розвинений у Європі, це пояснюється тим, що саме розвинені країни ЄС першими впровадили програми переходу до альтернативних джерел енергії та планомірно підтримували ініціативи, спрямовані на впровадження нових біогазових технологій.

У європейській практиці 75% біогазу виробляється з відходів сільського господарства, 17% – з органічних відходів приватних домогосподарств і підприємств, ще 8% – з муніципальних каналізаційних стоків та каналізаційних стоків окремих виробництв [4].

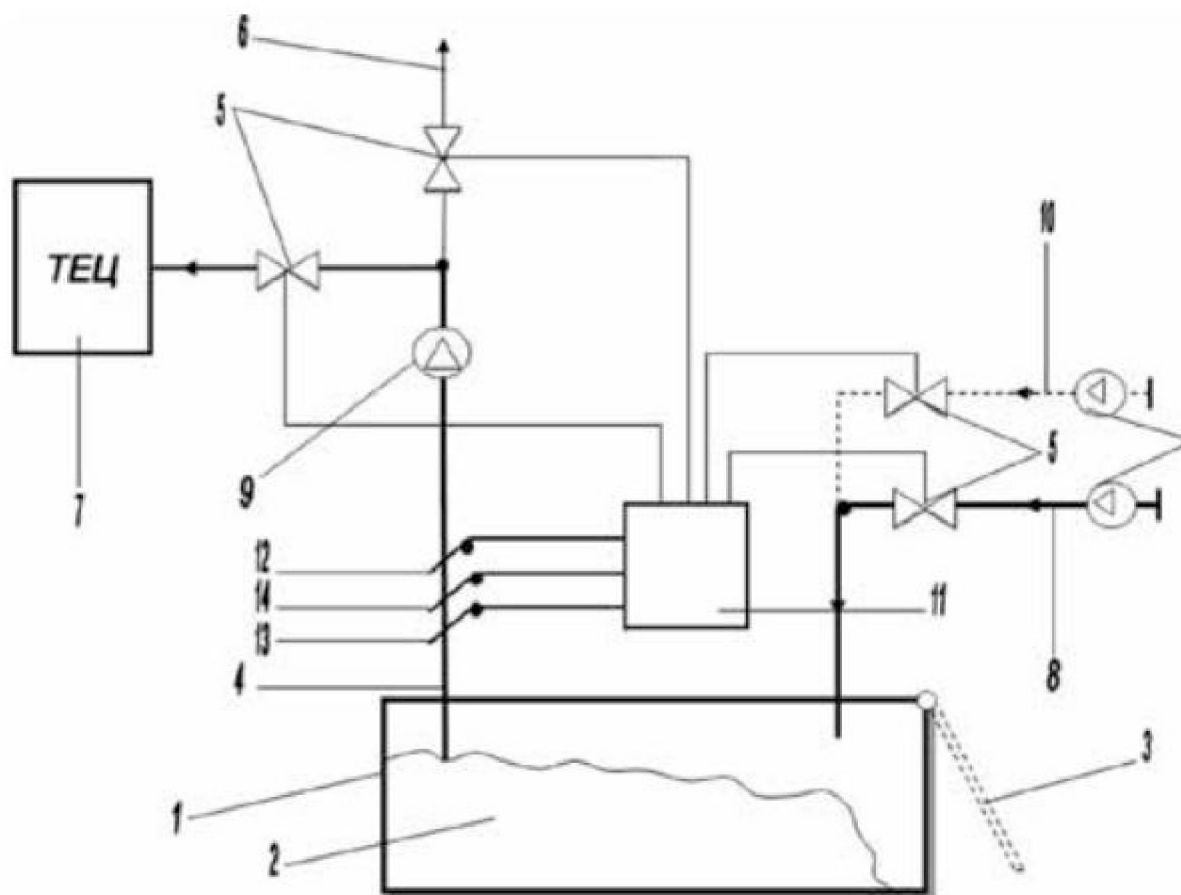
Сьогодні перше місце за кількістю діючих біогазових комплексів належить Німеччині – в 2010 році їх налічується понад 9 тисяч. Тільки 7% виробленого цими підприємствами біогазу надходить в газопроводи, решта – використовується для потреб виробника. У перспективі 10 – 20% природного

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 4    |



газу, який використовується в країні, може бути замінений біогазом. З точки зору масштабів застосування біогазу лідирує Данія: даний вид палива забезпечує майже 20% енергоспоживання країни. В Україні біогазові технології не мають широкого поширення у промислових масштабах. Наявні лише поодинокі випадки їх використання, в режимі дослідних установок без підтвердження їх економічної ефективності на рівні експертних висновків. Сучасні біогазові установки розділяються на два види за технологією підготовки і бродіння сировини: рідкофазна технологія (вологість зброджуваної органічної маси більше 85 %) і твердофазна (вологість органічної маси менше 85 %). Твердофазне бродіння являє собою серію послідовних операцій (рисунк 1). Вихідна сировина, наприклад, біологічні відходи, гній, шлам, жири або зелена маса, поміщаються в герметично закритий ферментер і, як правило, нагріваються та перемішуються. При цьому, внаслідок анаеробних процесів, утворюється біогаз. У даний час біогаз застосовується, в основному, для комбінованого виробництва електроенергії і тепла в блокових міні-ТЕЦ. Газову суміш очищають від сірководню ( $H_2S$ ) і подають до газопоршневого двигуна, який приводить в обертання генератор. Вироблений таким чином електричний струм надходить в мережу. Тепло із системи охолодження двигуна і тепло вихлопних газів відводяться за допомогою теплоносія для подальшого використання. Частина цього тепла (15 – 30%) необхідна для підігріву біосировини та підтримання вибраної температури ферментації, так як бактеріальні штами, що відповідають за розкладання біомаси, найбільш продуктивні в діапазоні температур від 37°C (мезофільні) до 55°C (термофільні). Надлишкове тепло може бути використане різними споживачами. Найбільш ефективні установки з цілорічним використанням тепла. В деяких проектах біогаз збагачується і закачується в газопровід. Таким чином зростають шанси для будівництва біогазової установки в тих зонах, де відсутні виробники тепла. Збагачений біогаз також може бути використаний як паливо в автотранспорті. Після метанового зброджування залишковий субстрат

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 5    |



1 – ферментер; 2 – біомаса; 3 – завантажувально-розвантажувальний отвір; 4 – вихід біогазу; 5 – клапан; 6 – газопровід; 7 – блок ТЕЦ; 8 – лінія відпрацьованого газу ТЕЦ; 9 – вентилятор; 10 – лінія свіжого повітря; 11 – пульт управління; 12 – датчик метану; 13 – датчик концентрації вуглекислого газу; 14 – датчик для визначення об’ємної витрати біогазу.

Рисунок 1.1 –Схема твердофазної біогазової установки

практично не має неприємного запаху і застосовується як органічне добриво у сільськогосподарському виробництві [5].

З метою визначення впливу технологічних показників, які необхідні для вибору режимів ферментації гною та конструктивно-технологічних параметрів ферментера на вихід біогазу під час твердофазної ферментації органічної сировини в анаеробних умовах, були проведені експериментальні дослідження. Свіжий підстилковий гній ВРХ завантажувався у ферментер дискретно чотири рази на добу через 6 годин відповідно до експозиції зброджування.

Основним критерієм оцінки роботи ферментера при проведенні експериментальних досліджень був показник питомого виходу біогазу з кілограма сухої речовини.

Вихід біогазу контролювався щодобово газовим лічильником, показники якого заносились в журнал випробувань ферментера. В результаті експериментальних досліджень отримано рівняння регресії, які встановлює залежність питомого виходу біогазу від температури, експозиції зброджування і вологості гною ВРХ.

Питомий вихід біогазу однозначно збільшується при збільшенні вологості гною та температури і експозиції зброджування. Так при експозиції ферментації гною 15 діб та при вологості зброджуваної маси гною ВРХ  $W=77\%$  і температурі зброджування  $T=350^{\circ}\text{C}$  питомий вихід біогазу не перевищував 1 л/кг сухої маси за добу, а при вологості зброджуваної маси  $W=87\%$  та температурі зброджування  $T=530^{\circ}\text{C}$  питомий вихід біогазу знаходився в межах 4 – 5 л/кг сухої маси за добу.

При температурі зброджування  $T=440^{\circ}\text{C}$  та експозиції ферментації гною до 25 діб, при вологості зброджуваної маси гною ВРХ  $W=77\%$  питомий вихід біогазу не перевищує 1 л/кг сухої маси за добу. При цій же температурі зброджування вихід біогазу в межах 4 – 5 л/кг сухої маси за добу спостерігався при вологості гною  $W=87\%$  і експозиції зброджування 20 – 25 діб.

При вологості гною  $W=82\%$  збільшення виходу біогазу спостерігалось лише через 15 днів зброджування. При цьому виявлений неоднозначний вплив температури на питомий вихід біогазу. Найнижчий вихід біогазу спостерігався при температурі зброджування в межах від 37 до 390  $^{\circ}\text{C}$ .

У питанні розвитку технологій твердо фазного зброджування необхідно приділяти увагу удосконаленню мікробіологічних процесів ферментації біомаси та пошуку ефективних конструктивно-технологічних рішень ферментерів, особливо це стосується технологічних операцій завантаження біомаси, її безперервного перемішування і дотримання стабільного температурного режиму роботи ферментера.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 7    |

Таким чином, низька ефективність процесу виділення метану під час твердо фазного бродіння в існуючих біореакторах обумовлена в першу чергу відсутністю засобів для проведення належної гомогенізації реагуючої біомаси.

При твердофазному зброджуванні, в залежності від фізичного стану сировини, а також потреб замовника, варіанти виконання біогазових установок можуть відрізнятися як технологіями переробки так і устаткуванням. Кожен проект біогазової установки індивідуальний, але створений із застосуванням типових рішень, адаптованих до навколишніх умов.

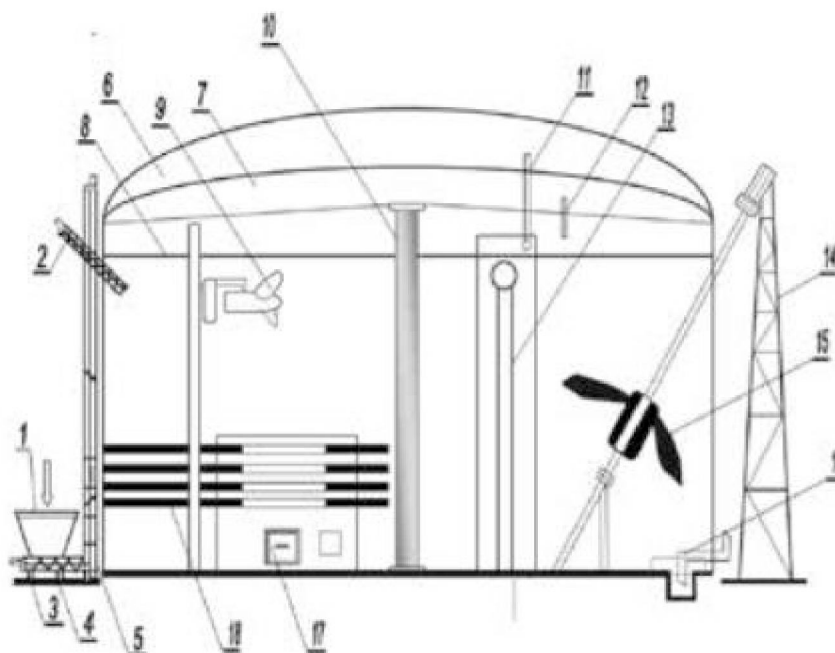
Поширеним методом виробництва біогазу є анаеробне зброджування рідкої біомаси ( $W=90 - 95\%$ ) метаногенеруючими мікроорганізмами. Застосування рідкофазних технологічних процесів є більш поширеним у практиці використання біогазових установок. Цей процес полягає у безперервному введенні невеликими порціями вхідної сировини в метантенк, який представляє собою місткістьзмішувач без доступу повітря, де підтримується задана вологість і температура.

Схема біореактора яким в основному комплектують зарубіжні БГУ, представлена на рисунку 1.2. Такі реактори виконуються із залізобетону або сталі і мають антикорозійне покриття. Спеціальні мішалки забезпечують перемішування сировини з основною реагуючою біомасою. Це сприяє певній однорідності ферментаційної суміші, частково стримуючи утворення поверхневої кірки. Виділений в процесі ферментації біогаз накопичується під куполом, потім проходить систему очищення і подається до споживачів (котел або когенераційна установка) [6].

Біогазові установки з анаеробними реакторами такої конструкції в даний час є діючим елементом сучасного, безвідходного виробництва в багатьох галузях сільського господарства та харчової промисловості. Якщо на підприємстві є відходи сільського господарства або харчової промисловості, з'являється реальна можливість за допомогою біогазових установок не тільки значно скоротити витрати на енергію, але й підвищити ефективність підприємства, отримати додатковий прибуток.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 8    |





1 – бункер для сипкого субстрату; 2 – подавальний гвинтовий транспортер; 3 – вагова платформа; 4 – гвинтовий нижній транспортер; 5 – піднімаючий гвинтовий транспортер; 6 – повітряний купол; 7 – біогазовий купол; 8 – рівень наповнення; 9 – вертикальна рухома мішалка; 10 – центральна опора; 11 – труба для подачі повітря; 12 – патрубок для біогазу; 13 – труба для подачі рідкого гною; 14 – опора для мішалки; 15 – похила мішалка; 16 – патрубок для відведення біомаси; 17 – система регулювання температури; 18 – система підігріву біомаси.

Рисунок 1.2 – Схема рідкофазної біогазової установки

У конструкціях біогазових установок закладений принцип модульності, що дозволяє при необхідності нарощувати їх продуктивність. На ринку Західної Європи присутня значна різноманітність біогазових установок різної потужності та конструкцій: великих (більше 1000 кВт), середніх (від 500 до 1000 кВт) та малих установок (до 500 кВт). У діючих БГУ переважають реактори циліндричної форми. У таких реакторах з певною ефективністю можна перемішувати субстрат, вивантажувати зброджений субстрат, видаляти біогаз і руйнувати поверхневу кірку. При будівництві реакторів використовують бетон, залізобетон, сталевий лист, склопластик. Місткість

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 9    |

бродильної камери не повинна мати доступу повітря, а корпус має мати теплоізоляцію і корозійну стійкість. У середині бродильної камери має підтримуватися постійна температура, для чого вона обладнана пристроями для термостабілізації. Слід зазначити, що представлений варіант біореактора як і більшість існуючих, мають теплоізоляцію і забезпечують працездатність взимку не тільки в районах південної і центральної Європи з м'яким кліматом, а і в країнах з континентальним кліматом [7].

Недоліком такого типу біогазових реакторів є те, що за рахунок недостатнього та нерівномірного прогрівання різних частин суміші, коливання температур в об'ємі субстрату стають значними. Це порушує технологічні вимоги та зменшує продуктивність щодо виходу біогазу порівняно з теоретичним. За рахунок невідповідностей вертикального градієнту температур у нижній зоні утворюється холодний малорухомий шар, а верхня зона перегрівається. До недоліків таких реакторів можна віднести великі площі теплообмінників, що призводить до значного зростання вартості спорудження реактора. Технологія бродіння в біогазових установках потребує дотримання визначених прийнятних меж температурного режиму, та стабілізації теплообміну між нагрівником і субстратом.

Досвід експлуатації таких рідкофазних реакторів вказує на складності обумовлені недосконалістю процесу, який виконується із застосуванням механічних гвинтових мішалок, можливості яких перемішувати субстрат в конкретний період часу в конкретному об'ємі не проводячи перемішування шарів субстрату у вертикальній площині, не задовольняє вимогам технологічного процесу гомогенізації та потребам підводу поживних речовин до колоній метаноутворюючих мікроорганізмів по всьому об'єму біореактора. Крім того, в таких реакторах не усувається явище розшарування біомаси з утворенням непродуктивних баластних шарів з різною питомою вагою.

У результаті накопичення мінеральної складової біомаси в нижній частині реактора в процесі експлуатації БГУ продуктивність реакторів падає і на протязі 2 – 3 років складає 50% в відношенні до проектної, значно

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 10   |

погіршуючи експлуатаційні і економічні показники виробництва біогазу. Звільнення від баластних шарів є трудомісткою операцією, яку необхідно виконувати у шкідливих умовах [5].

На вирішення технологічної проблеми щодо накопичення мінеральної складової біомаси в нижній частині реактора необхідно направляти зусилля по удосконаленню конструкцій реакторів БГУ. Для цього необхідно розробити технічні рішення для усунення розшарування біомаси, зменшити енерговитрати на процес перемішування, створити технологічні і технічні рішення утилізації теплової енергії для можливостей використання термофільного режиму, забезпечити використання інокуляції і мобілізації.

Таким чином, зброджування гною дає змогу вирішити економічні, екологічні та санітарно-епідеміологічні проблеми, що виникають в наслідок накопичення великої кількості відходів тваринництва. Виробництво біогазу є однією з безвідходних технологій, яка виконує природоохоронну і ресурсозберігаючу функцію, адже воно не лише не призводить до утворення будь яких відходів, а і утилізує відходи сільськогосподарського, спиртового, харчового та інших виробництв. І разом з тим, частково дозволяє вирішувати проблему збереження традиційних енергоносіїв [1 – 7], що є надзвичайно важливим у сучасних умовах.

## **1.2 Економічна ефективність застосування біогазових установок.**

Будівництво біогазових установок – це крок до циркулярної економіки, тобто економіки замкненого циклу, яка спрямована на впровадження відновлюваних джерел енергії, скорочення викидів парникових газів тощо. Біогазові установки можуть бути складовою частиною когенераційних енергетичних комплексів, які можуть виступати у якості маневрових та резервних енергетичних систем, що особливо актуально в умовах теперішньої енергетичної кризи.

В Україні постійно зростає кількість біогазових установок та їх потужність. Так, у 2020 р. встановлено 53 установки потужністю 103,4 МВт, а

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 11   |

сумарне виробництво біогазу – 230 млн кубометрів. Із введених у 2020 р. біогазових станцій 28 виробляють біогаз з сільськогосподарської сировини.

Встановлення біогазових потужностей стало більш привабливим для інвесторів, а сільські громади отримали додаткові можливості для вирішення проблем із відходами. Нині в Україні сільськогосподарські біогазові установки є доступними лише агрохолдингам, що зумовлюється їх високою вартістю. Тим не менше, досвід встановлення біогазових установок малої потужності вже є: установка компанії «Деміс-Агро» на 100 кВт; установка заводу «Зелений гай» на 125 кВт; установка компанії Ecodevelop на 333 кВт тощо [1, 2].

Біогазові установки малої потужності доцільно встановлювати у дрібних фермерських господарствах та індивідуальних господарствах, оскільки вони вирішують екологічні проблеми з нагромадження органічних відходів, особливо це стосується утилізації гною. Крім того, вони можуть бути корисними для виробництва тепла та електроенергії на власні потреби. Певним обмеженням у інтенсивному розвитку біогазового сектору є те, що установки потужністю 100-300 кВт мають великий (6-8 років) термін окупності, а доступних кредитів для фермерських господарств в Україні поки що не існує. Тому, для втілення біогазових проектів у малому і середньому бізнесі, необхідно створити доступні кредити шляхом залучення міжнародних та вітчизняних фінансових установ. Варто звернути увагу на досвід країн Європейського Союзу (ЄС), де понад 50% фермерських господарств мають встановлені біогазові установки різної потужності, завдяки програмам державної підтримки. Так, за даними Європейської біогазової асоціації, у Німеччині кількість діючих сільськогосподарських біогазових установок складає понад 10 тис. одиниць, де більшість з них – це установки з встановленою потужністю від 50 до 100 кВт [2].

Нами було проведено аналіз ефективності застосування біогазових технологій для невеликих сільськогосподарських підприємств. Розроблена модель енергозабезпечення підприємства з виробництва молока з використанням конверсії біомаси.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 12   |

Вартість біогазової установки визначалась розрахунково з використанням кореляційного рівняння, на основі його ринкової вартості. Термін окупності капіталовкладень на енергетичне обладнання визначався з урахуванням зростання тарифів на електроенергію, екологічного ефекту, отриманого за рахунок відвернення витрат на відновлення здоров'я, втраченого внаслідок погіршення параметрів навколишнього середовища в результаті викидів шкідливих речовин тепловими електростанціями, що працюють на викопних копалинах, вартості отриманих біодобрих та дисконтування грошових потоків з коефіцієнтом ставки дисконту, прийнятої на рівні 18 %.

Динаміку окупності за різних варіантів врахування ефекту від екологічної складової ілюструє графік (рисунк 1.3).

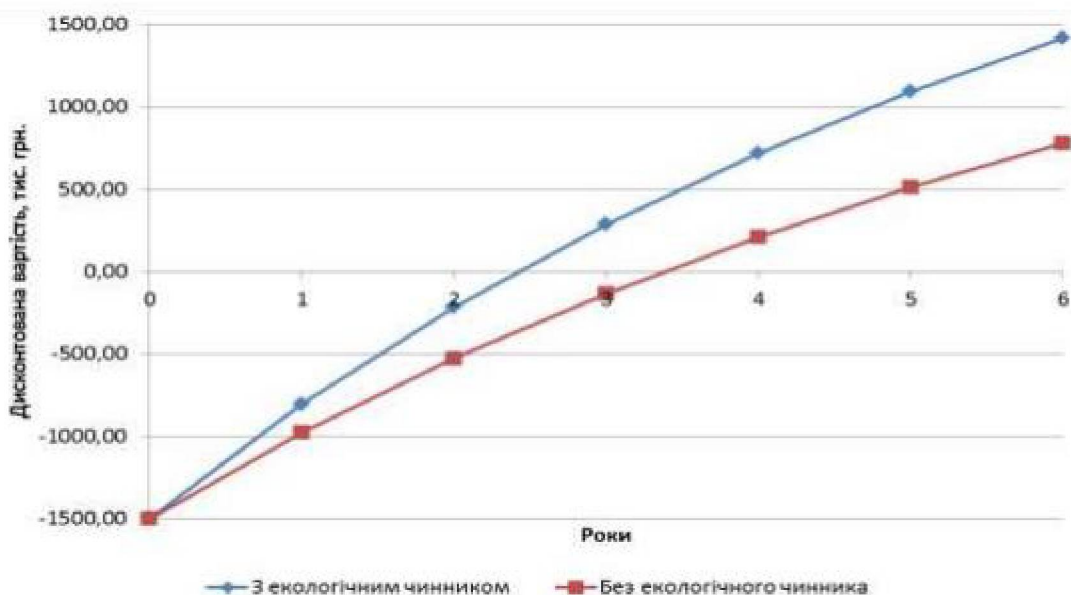


Рисунок 1.3 – Термін окупності за різних варіантів врахування екологічної складової

Представлені розрахунки показують економічну доцільність використання біогазових установок. Реалізація проекту дозволить отримати економічний, екологічний та соціальний ефекти та відбуватиметься з урахуванням конкретних соціальноекономічних умов та вимог суспільства до енергетичної сфери і дасть змогу формувати перспективу свого розвитку з огляду на енергетичну політику держави.

### 1.3 Патентно-інформаційний огляд

На рисунку 1.4 представлено біогазова установка згідно патенту на корисну модель України №154948 [9]. В основу корисної моделі поставлена задача створити біогазову установку, в якій введення нового обладнання дозволило б інтенсифікувати процес теплообміну шляхом використання як джерела енергії низькопотенційної теплоти стічних вод, а, відповідно, не загромаджувати територію біля біогазової установки підземними трубопроводами теплообмінного контуру.

Поставлена задача вирішується тим, що біогазова установка, що містить блок підготовки біомаси, що з'єднаний трубопроводом з біореактором з вмонтованою мішалкою, тепловий насос з двома контурами, один з яких об'єднує конденсатор теплового насоса з обігрівальним трубопроводом, що спірально обмотаний навколо корпусу біореактора, та містить циркуляційний насос і запірну арматуру, а другий – об'єднує випарник теплового насоса та теплообмінник і також містить циркуляційний насос і запірну арматуру, згідно з корисною моделлю, додатково оснащена газгольдером і двома трубопроводами, причому один трубопровід з'єднує біореактор та газгольдер, а

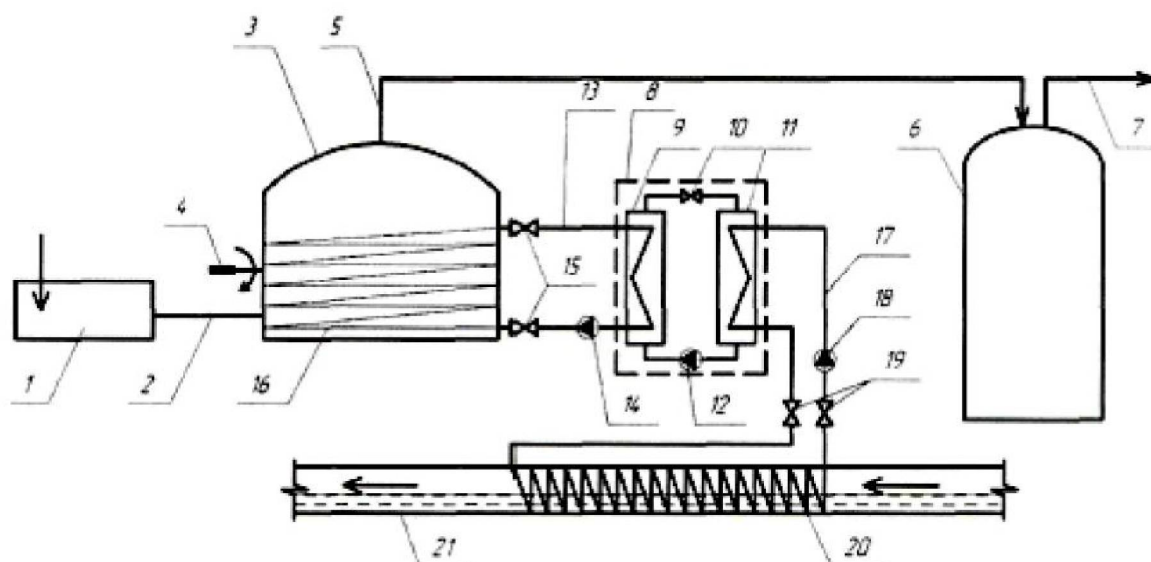


Рисунок 1.4 – Біогазова установка згідно патенту на корисну модель України №154948



інший призначений для з'єднання газгольдера зі споживачами, а теплообмінник другого контуру теплового насоса виконаний спірально навколо підземного каналізаційного трубопроводу.

Запропонована конструкція дозволяє інтенсифікувати процес теплообміну шляхом використання теплоти стічних вод як джерела енергії для теплового насоса, в якому нагрівається теплоносієм обігрівального контуру, а, відповідно, усуває необхідність великої площі майданчика для прокладання підземних трубопроводів теплообмінного контуру.

Біогазова установка складається з блока підготовки біомаси 1, яка з'єднана трубопроводом 2 з біореактором 3, який посередині має вмонтовану мішалку 4, а зверху трубопроводом для видалення біогазу 5 з'єднується з газгольдером 6. Біогаз з газгольдера 6 трубопроводом 7 подається до споживачів. Тепловий насос 8 складається з конденсатора 9, дросельного клапана 10, випарника 11 та компресора 12. Конденсатор 9 теплового насоса 8 з'єднаний трубопроводом 13, який містить циркуляційний насос 14 та запірну арматуру 15, з обігрівальним трубопроводом 16, який спірально обмотаний навколо корпусу біореактора 3. Випарник 11 теплового насоса 8 з'єднаний трубопроводом 17, який містить циркуляційний насос 18 та запірну арматуру 19, з теплообмінником 20, який обмотаний спірально навколо підземного каналізаційного трубопроводу 21.

Принцип дії біогазової установки полягає у наступному. Однорідна біомаса надходить до блока підготовки біомаси 1, після чого трубопроводом 2 надходить у біореактор 3. Біореактор 3 має вмонтовану посередині корпусу мішалку 4, яка дозволяє перемішувати біомасу для усунення застійних зон біомаси та встановлення її однорідної температури. Після анаеробного бродіння біомаси в біореакторі утворюється біогаз, який трубопроводом для видалення біогазу 5 надходить у газгольдер 6, а потім трубопроводом 7 подається до споживачів. Для використання низькопотенційної енергії стічних вод в конструкції біогазової установки використовується тепловий насос 8, до якого приєднані два замкнуті контури. У першому замкнутому обігрівальному

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 15   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

контурі, що складається з обігрівального трубопроводу 16, який спіралью обмотаний навколо корпусу біореактора 3, конденсатора 9 теплового насоса 8, трубопроводу 13 та запірної арматури 15, за допомогою циркуляційного насоса 14 рухається проміжний теплоносій, температура якого дозволяє підтримувати температуру біомаси, а відповідно підвищувати інтенсивність процесу анаеробного бродіння. У другому замкнутому теплообмінному контурі, що складається з трубопроводу 17, випарника 11 теплового насоса 8, запірної арматури 19 та теплообмінника 20, яким спіралью обмотаний підземний каналізаційний трубопровід 21, за допомогою циркуляційного насоса 18 рухається проміжний теплоносій, який дозволяє відбирати низькопотенційне тепло від стічних вод, які рухаються підземним каналізаційним трубопроводом 21, а тим самим усунути необхідність великої площі майданчика для прокладання підземних трубопроводів теплообмінного контуру та використати теплоту стічних вод.

Використання запропонованої біогазової установки у централізованих системах водовідведення житлових та громадських будинків дозволяє виробляти біогаз, який може бути використаний як джерело енергії для власних потреб, використовуючи відновлювальне джерело енергії, зокрема теплоту стічних вод.

На рисунку 1.6 представлено біогазова установка згідно патенту на винахід №127134 [10]. Задачею винаходу є забезпечення послідовного проходження органічної маси з вертикального реактора попереднього зброджування органічної маси до вертикального реактора послідуочого зброджування органічної маси, а також забезпечення підвищення рівня розкладання органічної маси.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що біогазова установка містить вертикальні реактори попереднього та послідуочого зброджування органічної маси, патрубок для завантаження органічної маси, патрубки для вивантаження продуктів зброджування та патрубок для відводу біогазу, а також теплообмінники, що встановлені в вертикальних реакторах попереднього та

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 16   |

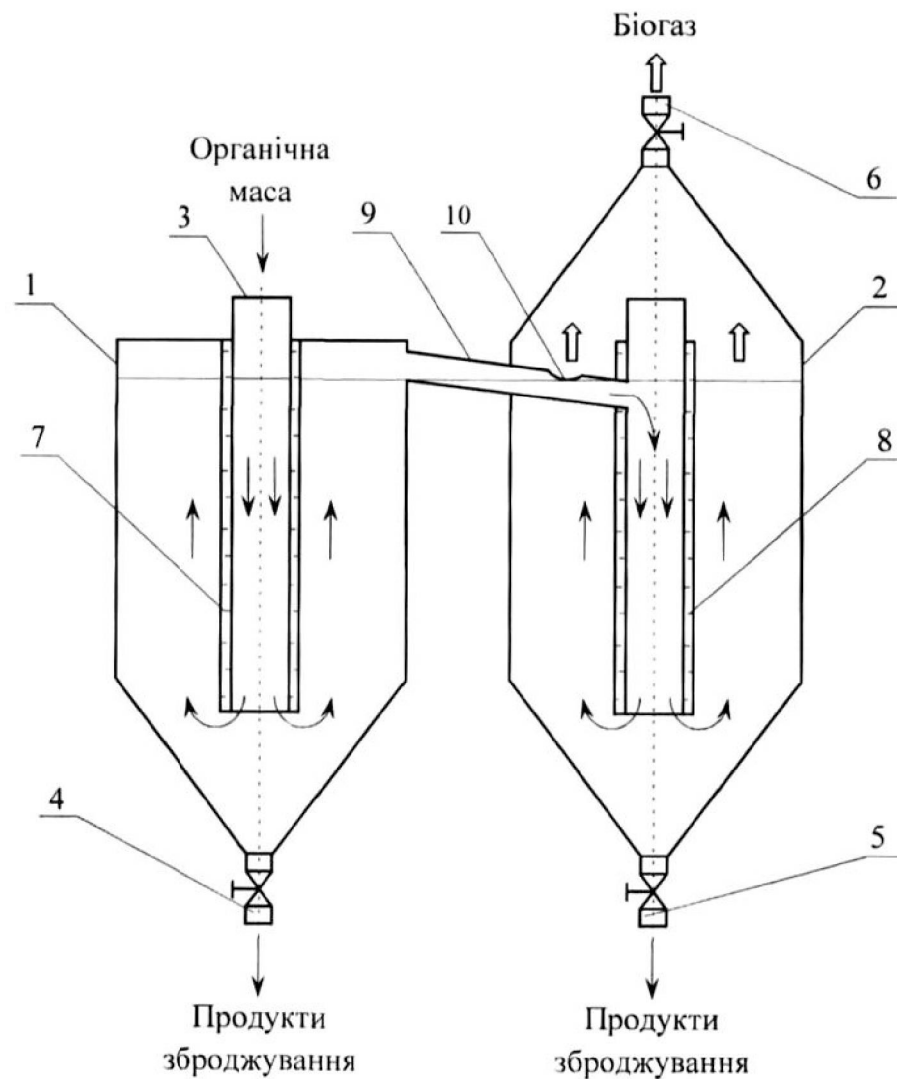


Рисунок 1.6 – Біогазова установка згідно патенту на винахід №127134

послідуючого зброджування органічної маси, які виконані у вигляді подвійних поверхонь, що утворюють порожнину для подачі теплоносія, згідно пропонуваного рішення вертикальний реактор попереднього зброджування органічної маси та вертикальний реактор послідуючого зброджування органічної маси з'єднані за допомогою переливного патрубка, в якому виконаний отвір для відводу біогазу із вертикального реактора попереднього зброджування органічної маси, причому переливний патрубок встановлений під кутом таким чином, щоб забезпечити рівень заповнення органічною масою у вертикальному реакторі попереднього зброджування органічної маси на рівні нижнього прохідного перерізу переливного патрубку, а у вертикальному

реакторі послідуєчого зброджування органічної маси на рівні верхнього прохідного отвору переливного патрубкa, крім того переливний патрубк встановлено таким чином, щоб забезпечити подачу попередньо збродженої органічної маси у внутрішню частину теплообмінника вертикального реактора послідуєчого зброджування органічної маси.

Завдяки тому, що вертикальний реактор попереднього зброджування органічної маси та вертикальний реактор послідуєчого зброджування органічної маси з'єднані за допомогою переливного патрубкa в якому виконаний отвір для відводу біогазу із вертикального реактора попереднього зброджування органічної маси, дозволяє забезпечити відведення біогазу із вертикального реактора попереднього зброджування органічної маси через переливний патрубк до вертикального реактора послідуєчого зброджування. Далі біогаз через отвір для відводу біогазу подається через патрубк для відводу біогазу для подальшого використання.

Завдяки тому, що переливний патрубк встановлений під кутом таким чином, щоб забезпечити рівень заповнення органічною масою у вертикальному реакторі попереднього броджування органічної маси на рівні нижнього прохідного перерізу переливного патрубкa, а у вертикальному реакторі послідуєчого зброджування органічної маси на рівні верхнього прохідного отвору переливного патрубкa, дозволяє забезпечити постійне відведення біогазу із вертикального реактора попереднього зброджування органічної маси через переливний патрубк та отвір для відводу біогазу до вертикального реактора послідуєчого зброджування.

Завдяки тому, що переливний патрубк встановлено таким чином, щоб забезпечити подачу попередньо збродженої органічної маси у внутрішню частину теплообмінника вертикального реактора послідуєчого зброджування органічної маси, дозволяє забезпечити за допомогою теплообмінника вертикального реактора послідуєчого зброджування відведення тепла від органічної маси, яка надходить із вертикального реактора попереднього зброджування, а також зменшення витрат енергії на підтримання температури

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 18   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

зброджування у вертикальному реакторі послідуєчого зброджування. Це забезпечується завдяки тому, що більш нагріта у вертикальному реакторі попереднього зброджування органічна маса не змішується із органічною масою у вертикальному реакторі послідуєчого зброджування, яка має меншу температуру. Лише після часткового охолодження у теплообміннику вертикального реактора послідуєчого зброджування органічна маса змішується із органічною масою у вертикальному реакторі послідуєчого зброджування.

Біогазова установка містить вертикальні реактори попереднього 1 та послідуєчого 2 зброджування органічної маси, патрубок 3 для завантаження органічної маси, патрубки 4, 5 для вивантаження продуктів зброджування та патрубок 6 для відводу біогазу, а також теплообмінники 7 та 8, що встановлені в вертикальних реакторах попереднього 1 та послідуєчого 2 зброджування органічної маси, які виконані у вигляді подвійних поверхонь, що утворюють порожнину для подачі теплоносія (обладнання для циркуляції теплоносія не показано), причому вертикальний реактор 1 попереднього зброджування органічної маси та вертикальний реактор 2 послідуєчого зброджування органічної маси з'єднані за допомогою переливного патрубка 9 в якому виконаний отвір 10 для відводу біогазу із вертикального реактора попереднього зброджування органічної маси, причому переливний патрубок 9 встановлений під кутом таким чином, щоб забезпечити рівень заповнення органічною масою у вертикальному реакторі попереднього 1 зброджування органічної маси на рівні нижнього прохідного перерізу переливного патрубка 9, а у вертикальному реакторі послідуєчого 2 зброджування органічної маси на рівні верхнього прохідного отвору переливного патрубка 9, крім того переливний патрубок 9 встановлено таким чином, щоб забезпечити подачу попередньо збродженої органічної маси у внутрішню частину теплообмінника 8 вертикального реактора послідуєчого 2 зброджування органічної маси.

Підготовлена до зброджування органічна маса вологістю 90-92 % подається до біогазового реактора через патрубок 3 до вертикального реактора 1 попереднього зброджування де за допомогою теплообмінника 7 органічна

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 19   |

маса нагрівається до температури 58 – 60 °С, яка забезпечує кислотний гідроліз із доступом повітря. При додаванні свіжої органічної маси відбувається перетік підготовленої біомаси з вертикального реактора 1 попереднього зброджування до вертикального реактора 2 послідуєчого зброджування через переливний патрубок 9. До вертикального реактора 2 послідуєчого зброджування підготовлена органічна маса поступає через теплообмінник 8. При цьому більш нагріта у вертикальному реакторі 1 попереднього зброджування органічна маса не змішується із органічною масою у вертикальному реакторі 2 послідуєчого зброджування, яка має меншу температуру. Лише після часткового охолодження у теплообміннику 8 вертикального реактора 2 послідуєчого зброджування органічна маса змішується із органічною масою у вертикальному реакторі 2 послідуєчого зброджування. Таким чином відбувається наповнення вертикального реактора 2 послідуєчого зброджування, де під дією анаеробних мікроорганізмів без доступу повітря проходить його біохімічне перетворення з виділенням біогазу. Для безперервної роботи біогазового реактора частина збродженої маси вивантажується з вертикального реактора 2 послідуєчого зброджування через патрубок 5, а свіжа органічна маса завантажується до вертикального реактора 1 попереднього зброджування. При утворенні мінеральної складової в вертикальному реакторі 1 попереднього зброджування вона вивантажується за допомогою патрубку 4. Біогаз, що утворюється упродовж біохімічного перетворення видаляється із вертикального реактора 2 послідуєчого зброджування через патрубок 6. При надлишковому накопиченні біогазу у вертикальному реакторі 1 попереднього зброджування він через отвір 10 переливного патрубку 9 переходить до вертикального реактора 2 послідуєчого зброджування і видаляється з біогазової установки.

Технічне рішення винаходу забезпечує під час роботи послідовне проходження зброджуваної маси через вертикальний реактор попереднього зброджування органічної маси та вертикальний реактор послідуєчого зброджування органічної маси без перемішування із біомасою, яка надходить на зброджування, а також дозволяє забезпечити утилізацію тепла від нагрітої

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 20   |



на першій стадії аеробного зброджування органічної маси на другій стадії анаеробного зброджування, яка відбувається при більш низьких температурах, а відповідно і зменшення витрат енергії на підтримання температури анаеробного зброджування.

Біогазова установка згідно патенту на винахід України №44141 [11] представлено на рисунку 1.7.

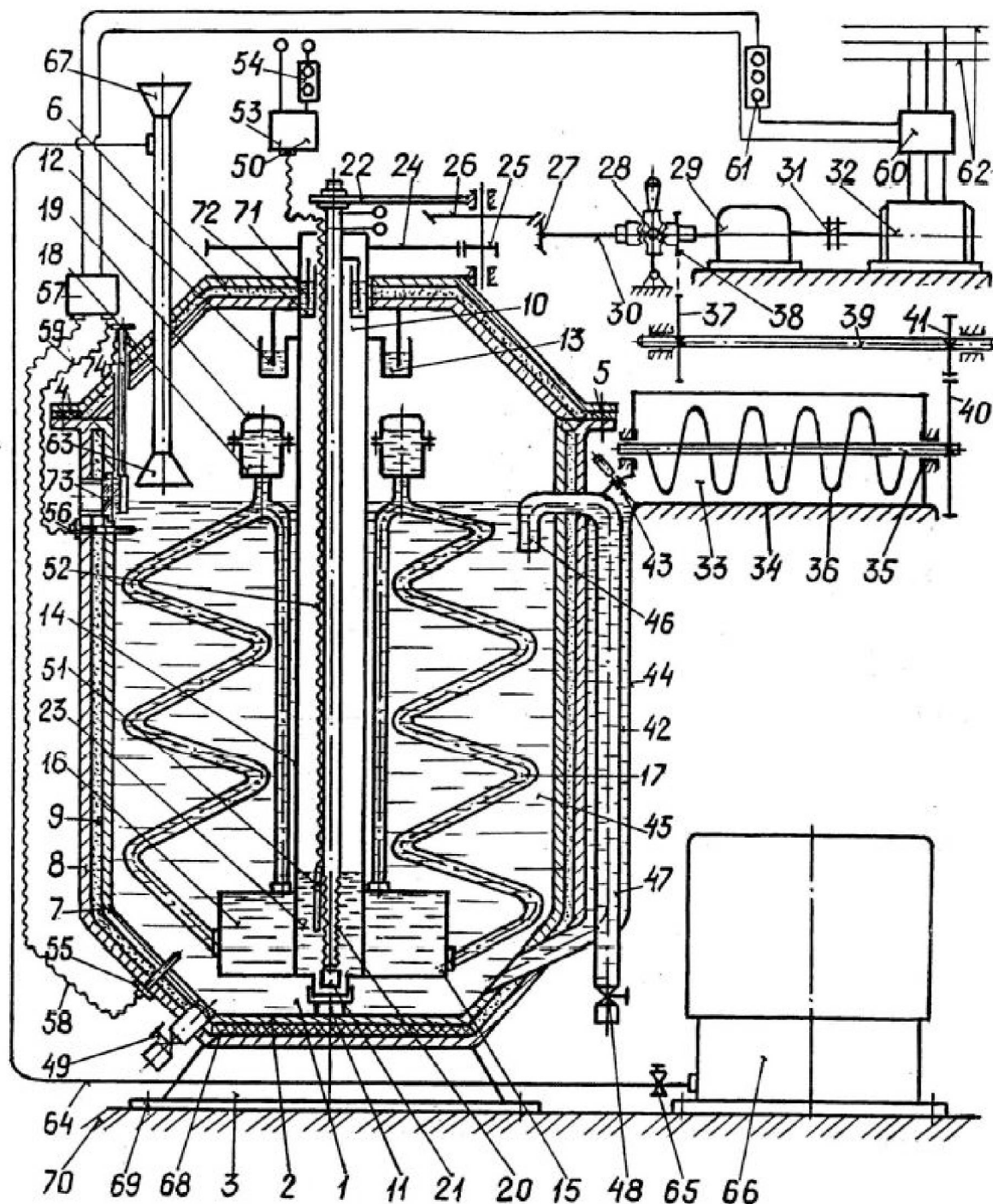


Рисунок 1.7 – Біогазова установка згідно патенту на винахід України №44141

Передбачуваний винахід відноситься до галузі машинобудування установок по використанню відновлюваних нетрадиційних видів енергії, і, зокрема, до засобів виробництва біогазу із органічних речовин.

Відома біогазова установка неперервної дії для виробництва біогазу із органічних речовин – гною, залишив сільськогосподарських культур, харчових та інших відходів шляхом анаеробного збродження. Установка включає газгольдер, реактор і сховище, зв'язані між собою системою трубопроводів (див. кн.. Драганов Б.Х., Буляндра О.Ф., Міщенко А.В. Теплоенергетичні установки і системи в сільському господарстві. За ред. Б.Х. Драганова. - К.: Урожай, 1995, с.143, рис.9.24). Для підтримання необхідної для зброджування температури і більш ефективного використання об'єму реакторів залучають нагрівальні прилади (див.кн.. Драганов Б.Х., Булянда О.Ф., Міщенко А.В. Теплоенергетичні установки і системи в сільському господарстві. За ред. Б.Х.Драганова. - К.: Урожай, 1995, с.145, рис.9.28).

Однак, недоліками відомої біогазової установки і нагрівальних приладів є:

- недосконалість конструкції реакторів, оснащених відомими нагрівальними приладами;
- втрати теплоти, обумовлені її підведенням за допомогою настінного і донного обігріву в результаті нагрівання одним боком стін і дна реактора, а також втрата теплоти в оточуюче середовище джерелом теплової енергії і теплотрасою, розміщеними поза реактором;
- втрати теплоти в оточуюче середовище при підведенні її від зовнішнього джерела теплової енергії до циліндричної сорочки шнека змішувача чи до змішувиків;
- втрати теплоти в установках з нагрівальними приладами, розміщеними за межами реактора;
- втрати теплоти в установках з нагрівальними приладами, в яких використовується пара;
- обмежена зона дії змішувачів із-за малого діаметра шнека у зв'язку з наявністю всередині реактора циліндричної сорочки шнека змішувача, що

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 22   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

створює "мертві" зони в реакторі і погіршує якість перемішування рідкого субстрату;

- нерівномірність прогрівання всіх точок об'єму реактора;
- неможливість регулювання оптимальної температури зброджування субстрату;

- недостатня теплова ізоляція стінок огороження реактора, що спричинює значні втрати з нього теплоти;

- низька продуктивність біогазової установки по добуванню біогазу;
- висока вартість біогазу із-за значних затрат теплової енергії при роботі біогазової установки;

- не використовується теплота, яка відводиться разом із зброженою масою;

- низька якість біогазу із-за відсутності систем автоматичного регулювання температури теплоносія і підтримування оптимального теплового режиму зброджування;

- низька ефективність експлуатації та обмеженість області застосування відомих біогазових установок, що в цілому спричинює певний збиток народному господарству.

Отже, відомі біогазові установки недосконалі за своєю конструкцією, малоефективні і мають обмежену область використання. Тому, з метою удосконалення конструкції, підвищення ефективності і розширення області використання, циліндричний корпус реактора виконаний тришаровим, крайні шари металеві, а середній шар повітряний і має тиск повітря менший від тиску оточуючого середовища, а змішувач субстрату, установлений співвісно з корпусом з можливістю обертання навколо осі, виконаний у вигляді, по крайній мірі, не менше двох, зсунутих по фазі вздовж реактора, теплообмінних змішувачів для усунення при їх повертанні у його об'ємі "мертвих" зон. Одні кінці теплообмінників герметично з'єднані з нижньою, а другі кінці - з верхньою частиною, розміщеною на основі корпусу, ємності з нагріваним теплоносієм, що утворюють замкнені контури. Верхня частина кожного

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 23   |

теплообмінника має розширювач для компенсації розширення нагрітого теплоносія і для заповнення через них контурів і стравлювання повітря. Ємність нижньою частиною зв'язана з установленим співвісно з корпусом порожнинним трубопроводом, до верхньої частини якого жорстко приєднані теплообмінники. Усередині порожнинного трубопроводу встановлений електронагрівач, занурений у грійний теплоносій (наприклад, воду), тепло від якого через стінку трубопроводу передається нагрівальному теплоносію теплообмінників, а від нього - субстрату. Нагрівач верхньою частиною жорстко зв'язаний з корпусом, а нижньою частиною шарнірно – з порожнинним трубопроводом, забезпечуючи останньому можливість вільно обертатися відносно корпусу нагрівача.

Для підтримування заданого оптимального температурного режиму субстрату додатково установлена система автоматичного регулювання температури у вигляді трьох терморегуляторів.

Перший терморегулятор підтримує задану температуру грійного теплоносія і складається з датчика температури, пристрою для її налаштування і виконавчого механізму вмикання електронагрівача.

Другий і третій терморегулятори включають датчики температури, які встановлені у нижній і верхній частині корпусу реактора для контролю температури субстрату на периферії (біля стінки корпусу), де вона знижується в першу чергу, пристрої налаштування величини підтримуваної температури субстрату і механізм вмикання та вимикання змішувача. При цьому привід змішувача автоматично вмикається і вимикається в залежності від величини диференціала температур другого і третього датчика і примусово - за допомогою ручного вимикача.

На початку роботи біогазової установки вручну вмикається електронагрівач гріючого теплоносія і привід теплообмінника. Далі, по мірі нагрівання гріючого і нагріваного теплоносія, змішувач обертається і циркулюючий по його теплообміннику нагріваний теплоносій одночасно перемішує і нагріває субстрат. При досягненні гріючим теплоносієм гранично

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 24   |

допустимої температури електронагрівач автоматично вимикається, а змішувач продовжує обертатися і своїм теплообмінником нагрівати субстрат до тих пір, поки його температура на периферії не досягне потрібної величини. Привід змішувача автоматично вимикається після досягнення другим і третім датчиками допустимого диференціала температур між верхніми і нижніми шарами субстрату в реакторі. Якщо ж при обертанні змішувача температура грійного теплоносія знизиться, а температура субстрату не досягне потрібної величини, то нагрівач автоматично ввімкнеться, знову підвищуючи температуру грійного теплоносія до гранично допустимої величини. Оскільки процес бродіння субстрату супроводжується значним виділенням біологічної теплоти, то кількість теплоти, яка підводиться до субстрату від електронагрівача буде невеликою і, з іншого боку, зменшенню кількості цієї теплоти сприятиме практична відсутність її втрат, завдяки розміщенню електронагрівача всередині реактора і виконання огороження реактора у вигляді тришарової циліндричної стінки.

Поставлена задача розв'язується тим, що корпус реактора виконаний у вигляді тришарової стінки, причому крайні тверді шари розділені шаром повітря, а змішувач. виконаний у вигляді труби, з'єднаної в нижній частині з першою ємністю для грійного теплоносія, установленій співвісно з корпусом з можливістю обертання навколо осі і з, по крайній мірі, не менше двома вертикальними теплообмінниками, кінці яких зв'язані з другою ємністю для нагрівання теплоносія, а одна його вертикальна сторона виконана у вигляді прямолінійного трубопроводу, жорстко зв'язаного з трубою, має розширювач для компенсації температурного розширення нагріваного теплоносія з податливою діафрагмою, а друга вертикальна сторона - у вигляді зсунутих по фазі вздовж реактора змійовиків, при цьому всередині труби у першій ємності встановлений електронагрівач, шарнірно з'єднаний з нижньою частиною труби з можливістю обертання її навколо його осі, а у верхній частині – жорстко з кришкою корпусу, а також додатково оснащена системою автоматичного регулювання температури грійного теплоносія і субстрату з трьома

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 25   |

терморегуляторами, з яких датчик першого терморегулятора встановлений у першій ємності, а датчики другого і третього терморегуляторів - по вертикалі на корпусі, з автоматичними і ручними виконавчими механізмами і схемами регулювання електронагрівача і приводу змішувача, а пристрої завантаження і розвантаження виконані у вигляді теплообмінника "труба в трубі" із затворами, зв'язаними з корпусом і ємностями для завантаження органічної маси і розвантаження збродженого субстрату.

При такому технічному рішенні в реакторі, не зважаючи на будь-які коливання температури навколишнього середовища, буде автоматично підтримуватись задана оптимальна температура субстрату, що, поряд з компактністю, підвищить ефективність і розширить область використання біогазової установки.

Відповідно до креслення запропонована біогазова установка складається з реактора 1, виконаного у вигляді циліндричного корпусу 2 з основою 3 і верхньою, герметично через проміжну прокладку 4 приєднаною болтами 5, кришкою 6. Стінка корпусу 2, основа 3 і кришка 6 виконані тришаровими, причому крайні шари 7 і 8 виконані з твердого матеріалу (металевими тощо), а середній шар 9 – повітряним, що забезпечує високу теплову ізоляцію. Співвісно з корпусом 2 всередині реактора 1 встановлений з можливістю обертання змішувач 10, який нижньою частиною через шарнірну опору 11 зв'язаний з основою 3, а верхньою частиною - з кришкою 6. Герметичність в рухомому з'єднанні кришка – змішувач забезпечується гідравлічним затвором 12 через рідину 13.

Змішувач 10 виконаний у вигляді труби 14 з ємністю 15 для нагрівного теплоносія 16. До верхньої частини ємності 15 одними кінцями приєднано, по крайній мірі, два теплообмінники 17, другі кінці яких приєднані до нижньої частини ємності 15. Висхідна ділянка теплообмінників 17 виконана прямолінійною, має розширювальні бачки 18 з податливими діафрагмами 19, а низхідна ділянка – у вигляді зсунутих по фазі вздовж реактора змішувачів для

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 26   |

запобігання утворенню у зароджуваному субстраті при їх повертанні "мертвих" зон.

Співвісно в трубу 14 встановлений електронагрівач 20, нижній кінець якого через шарнірну опору 21 з'єднаний з трубою 14, а верхній через кронштейн 22 - з корпусом 2. Електронагрівач 20 розміщений у нагрівному теплоносієві 23. Верхня частина труби 14 через зубчасті шестерні 24, 25, 26, 27, муфту перемикавання 28, редуктор 29 приводу 30 і муфту 31, з'єднана з валом електродвигуна 32.

Розчин сухої біомаси з водою (завантажувальний субстрат) приготується у змішувачі 33, в корпусі 34 якого на опорних підшипниках 35 встановлений шнек 36. Шнек 36 обертається від електродвигуна 32 через постійно замкнену муфту 31, редуктор 29, муфту перемикавання 28, зірочки 37, 38 ланцюгової передачі, вал 39 і зубчасті шестерні 41, 40.

Приготовлений субстрат 42 через затвор 43, завантажувальну трубу 44 поступає до нижньої частини реактора 1. Зброджений субстрат 45 із реактора 1 вивантажується через затвор 46, розвантажувальну трубу 47, яка проходить всередині труби 44, утворюючи теплообмінник "труба в трубі", і затвор 48. Повне розвантаження субстрату із реактора 1 здійснюється через затвор 49.

Для підтримування оптимального температурного режиму анаеробного зброджування установка укомплектована системою автоматичного регулювання температури у вигляді трьох терморегуляторів. Перший терморегулятор 50 нагрівного теплоносія включає датчик 51, пульт керування 54 і електронагрівач 20. В другий і третій терморегулятори входять датчик 55 температури зброджуваного субстрату на периферії (біля стінки корпусу 2) у нижній частині, а датчик 56 – у верхній частині реактора 1, механізм 57 порівняння сигналів обох датчиків, формування і передачі результативного сигналу, з'єднаний капілярами 58, 59 відповідно з датчиками 55, 56, механізмом 6 вмикання (вимикання) електродвигуна 32 і пульт керування 61. Живляться електропривод і електронагрівач від електромережі 62.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 27   |



Відбір біогазу із реактора 1 здійснюється через забірник 63, газолінію 64, пробковий кран 65 у газгольдер 66. Вибух у реакторі 1 запобігається запобіжним клапаном 67. Термічний опір основи 3 збільшений азбестовою прокладкою 68, розміщеною між внутрішніми 7 і зовнішнім 8 термоізоляційними шарами. Стійке вертикальне положення реактора 1 забезпечується анкерними болтами 69 що з'єднують його основу 3 з бетонним фундаментом 70. Грійний теплоносій 23 від навколишнього середовища розділяється гідравлічним затвором 71 через рідину 72.

В конструкції установки передбачені пульты 54, 61 для ручного керування роботою терморегулятора 50 та електродвигуна 32. Для контролю за рівнем зброджуваного субстрату в реакторі на корпусі 2 встановлено оглядове скло 73, а в кришці 6 – пристрій 74 для очищення скла з внутрішнього боку.

Розглянемо процеси підготовки субстрату до бродіння, початкового завантаження реактора підготовленим до бродіння субстратом, щодобового завантаження субстрату, щодобового вивантаження збродженого субстрату (органічного добрива), відбору біогазу, ручного і автоматичного ввімкнення і вимкнення електронагрівача, ручного та автоматичного ввімкнення і вимкнення змішувача і повного, при необхідності, очищення збродженого або незбродженого субстрату із реактора.

Процес підготовки субстрату до бродіння, утвореного із гною і рідких відходів, а також подрібнених твердих органічних відходів, здійснюється у змішувачі 33. Для цього гній і рідкі органічні побутові відходи попередньо подрібнені і тверді (листя, качани, гичка, гілки тощо) органічні відходи подаються у змішувач 33 разом із водою в кількості, яка забезпечує 90...92% вологості підготовленого до бродіння субстрату. Далі муфта 28 вручну перемикається в положення (вправо, відповідно до креслення) приводу шнека змішувача. Вмикається електродвигун 32, обертання від вала якого через еластичну постійно замкнену муфту 31, редуктор 29, зірочки 38, 37 ланцюгової передачі, вал 39, зубчасті шестерні 41, 40 передається на шнек 36 змішувача 33.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 28   |

В результаті обертання шнека 36 із біомаси і води утворюється 90...92%-ний субстрат, після чого електродвигун 32 зупиняється і муфта 28 вимикається.

Початкове завантаження субстрату відбувається протягом 10...12 днів. При цьому добова доза завантаження приготовленого субстрату складає 10% від об'єму реактора, який із змішувача 33 через відкритий затвор 43, завантажувальну трубу 44 поступає в реактор 1. Одночасно із завантаженням субстрат електронагрівачем 20 підігрівається до необхідної температури, прискорюючи цим процес його бродіння. При запуску реактора біогаз починає виділятися через 1...3 тижні, після чого процес виділення біогазу відбувається неперервно. Через 15...20 днів починається вивантаження збродженого субстрату у вигляді готового органічного добрива з одночасним завантаженням дози наперед приготовленого субстрату. Для цього відкриваються затвори 43, 48 і приготовлений субстрат із змішувача 33 7 через затвор 43, трубу 44 поступає в реактор 1, витісняючи з нього верхній шар нагрітого збродженого субстрату 45. Останній через затвор 46, трубу 47 і затвор 48 поступає в тару для органічного добрива. При проходженні субстрату по теплообміннику "труба в трубі" від збродженого нагрівається завантажуваний субстрат.

Утворений внаслідок зброджування біологічної маси біогаз збирається у верхній частині реактора 1 і по мірі досягнення тиску 0,03МПа ( $0,3\text{кгс/см}^2$ ) через забірник 63, газолінію 64, відкритий пробковий кран 65 поступає в газгольдер 66, а з нього - до споживачів. У верхній частині забірника біогазу установлений запобіжний клапан 67, через який в атмосферу випускаються гази у випадку досягнення ними тиску, вищого від допустимого значення.

Підтримування заданого оптимального температурного режиму бродіння біологічної маси в реакторі 1 забезпечується терморегулятором 50. Так, при досягненні нею мінімальної гранично допустимої температури за сигналами датчика 51 вмикається електронагрівач 20, який нагріває гріючий теплоносій 23, і через відокремлювальну стінку - нагріваний теплоносій 16. Теплоносій 16, завдяки різниці його температури по висоті ємності 15 і змішувача теплообмінника 17, почне по ньому циркулювати, нагріваючи зброджуючу

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 29   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

масу. Після досягнення грійним теплоносієм 23 максимально допустимої температури за сигналами датчика 51 електронагрівач 20 вимкнеться.

Якщо температура субстрату біля стінок (на периферії) реактора досягне мінімально допустимої величини, за сигналами датчиків 55, 56, пропорційних диференціалу вимірюваної ними по вертикалі температури, автоматично механізмом 60 вмикається електродвигун 32 змішувача 10. В результаті обертання змійовикового теплообмінника 17 температура субстрату по всьому об'єму реактора вирівнюється. У випадку коли кількості теплоти у теплоносіях 16, 23 стане недостатньо для нагрівання субстрату до максимально допустимої температури, за сигналами датчика 51 автоматично вмикається електронагрівач 20. Обертатися змійовиковий теплообмінник 17 буде до тих пір, поки як в центрі реактора, так і на його периферії зброджуваний субстрат не нагріється до максимально допустимої температури. При цьому за сигналами датчика 51 автоматично вимикається електронагрівач 20. Повне вивантаження субстрату із реактора 1 здійснюється через затвор 49.

Запропонована біогазова установка компактна за конструкцією з можливістю автоматично підтримувати в реакторі заданий оптимальний температурний режим зброджування субстрату при коливаннях температури оточуючого середовища, тому є більш ефективною, що розширить її область використання і посприє швидкому запровадженню й у виробництво.

Використання запропонованої біогазової установки, у порівнянні з уже відомими, дасть можливість:

- підвищити продуктивність біогазової установки по виробництву біогазу;
- підтримувати оптимальний температурний режим зброджування субстрату в реакторі в будь-яку пору року експлуатації біогазової установки;
- зменшити втрати теплоти із реактора через огородження, завдяки використанню тришарової стінки з повітряним середнім шаром;
- зменшити втрати теплоти в оточуюче середовище теплоносієм, оскільки джерело теплоти розміщене всередині реактора і вся теплота від нього передається на зброджуваний субстрат;

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 30   |

- зменшити вартість вироблюваного біогазу, завдяки підвищенню продуктивності біогазової установки і зменшенню втрат теплоти для забезпечення оптимального процесу бродіння;
- покращити компактність біогазової установки за рахунок розміщення джерела теплоти всередині реактора;
- підвищити зручності в обслуговуванні біогазової установки в результаті використання системи автоматичного регулювання температурного режиму бродіння субстрату;
- покращити умови і культуру праці обслуговуючого персоналу, завдяки впровадженню автоматизації і механізації процесів підготовки субстрату до бродіння, контролю за температурним станом процесу бродіння і підтримування його оптимального режиму в умовах перепаду температури оточуючого середовища;
- використовувати частину теплоти, що виноситься із реактора з органічним добривом, для підігрівання завантажуваного свіжого субстрату;
- інтенсифікувати процес бродіння і підтримувати більш стабільний температурний режим всередині реактора за рахунок одночасного перемішування і підігрівання субстрату;
- створити певні зручності при обслуговуванні установки, усунути утворення накипу на поверхнях змішувача і покращити процес теплообміну всередині реактора за рахунок відсутності втрат теплоносіїв із системи теплообміну і виключення при цьому необхідності періодичного їх доливання;
- при однаковій продуктивності з відомими біогазовими установками зменшити габаритні розміри і матеріалоємність запропонованої;
- розширити область використання, особливо в зонах зі зниженими температурами оточуючого середовища;
- підвищити якість біогазу за рахунок забезпечення оптимального температурного процесу бродіння субстрату при значних перепадах температури оточуючого середовища.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 31   |

## 2 ОПИС РОЗРОБЛЕНОЇ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

Розробку нової конструкції будь-якої машини неможливо проводити, не розглянувши вже існуючі зразки аналогічної техніки. Під час аналізу існуючих зразків перш за все необхідно виділити їх переваги та недоліки, щоб при конструюванні нової машини покращити переваги та усунути недоліки прототипів. Отже цим обумовлена необхідність розробки нової конструкції біогазової установки. Сучасна наука здатна запропонувати велику кількість конструкцій біогазових реакторів, але всі вони мають ряд недоліків, зокрема [1 – 8]:

- необхідність використання додаткового обладнання для зберігання та транспортування відпрацьованого субстрату до місць його кінцевого використання;
- утворення товстого шару осаду на стінках реактора в процесі довгого використання;
- ускладнення при очистці стінок реактора від осаду;
- висока вартість великих промислових установок;
- висока вартість великих промислових установок;
- прив'язаність до одного місця встановлення;
- висока пожежо небезпечність в зв'язку з використанням електричних засобів приводу змішувачів.

В результаті аналізу існуючих конструкцій біогазових установок нами запропоновано схему мобільної біогазової установки (рисунк 2.1).

Мобільна біогазова установка містить шасі 1, на якому встановлено резервуар 2 (реактор). В середині резервуару 2 вмонтовані дві лопатеві мішалки 3, що приводяться в обертовий рух гідромоторами 4, закріпленими на поверхні резервуару. Лопатеві мішалки 3 встановлені на валу 5, який з'єднано з гідромотором муфтою 6. В верхній частині резервуару розташований люк 7, в якому вмонтовано додаткову горловину 8 з кришкою 9, що використовується для ручного завантаження субстрату в резервуар. На поверхні резервуару

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 32   |

встановлено запобіжний клапан 10, манометр 11, та газопровід 12 з краном 13. В передній частині встановлено фекальний насос 14, що приєднаний до гідропроводу 15, який закінчується в нижній точці резервуара, привод фекального насосу відбувається через гідромотор. Привод гідромоторів 4 мішалок, відбувається від насосної станції чи від напірної магістралі енергозасобу. До складу насосної станції входять (рисунок 2.2) гідробак 16, гідронасос 17, перепускний клапан 18, розподільник 19, гідропроводи 20, манометр 21, фільтр робочої рідини 22. В задній частині резервуара в нижній точці встановлено зливний трубопровід 23 та зливний кран 24.

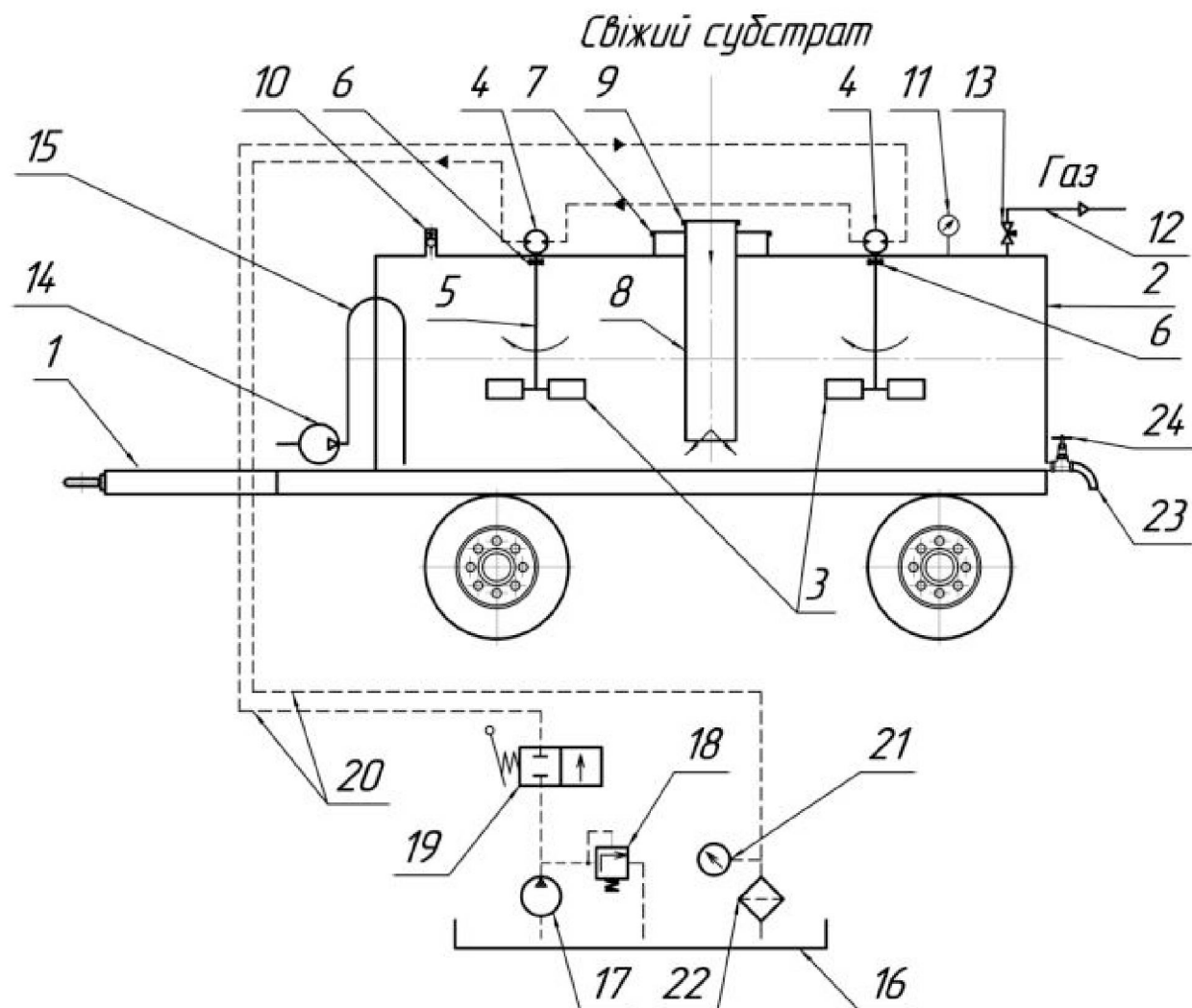


Рисунок 2.1 – Конструктивна схема мобільної біогазової установки.





запобігає підвищенню тиску в газгольдері вище максимально можливого рівня. Коли з субстрату перестає виділятися газ і його необхідно вилучити з резервуара, то відключаємо газопровід 12 від резервуара 2, зрівноважуємо тиск в резервуарі 2 з атмосферним - для цього відкриваємо кран 13 та спускаємо залишки газу. Після врівноваження тиску кран 13 закриваємо, приєднуємо біогазову установку до транспортного засобу та транспортуємо на поле. Під час руху виникають коливання субстрату, які змушують битись субстрат об стінки резервуару, що призводить до змивання осаду із стінок резервуара. Коли біогазову установку доставлено на місце внесення відпрацьованого субстрату, відкриваємо зливний кран 24, приєднуємо компресор 14 до вала відбору потужності транспортного засобу. Під час обертання вала відбору потужності компресор 14 починає створювати тиск повітря в повітропроводі 15, з нього потік повітря потрапляє через шар субстрату до резервуара 2, де починає створюватись надлишковий тиск. При збільшенні тиску в резервуарі 2 збільшується тиск на поверхню субстрату і він під дією тиску починає витискатись з резервуара 2 через зливний трубопровід 23. Коли субстрат починає виливатись через зливний трубопровід, приводимо в рух транспортний засіб і розливаємо відпрацьований субстрат на поверхню поля. Після повного розливання субстрату вимикаємо компресор 14, закриваємо кран 24, і повертаємо біогазову установку на постійне місце, де вона знову наповнюється свіжим субстратом, після чого процес повторюється.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 35   |

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Розрахунок лопатевої мішалки

Метою розрахунку мішалки є підбір необхідної конструкції мішалки для заданих речовин, а також розрахунок конструктивних розмірів мішалки, визначення її показників; розрахунок мішалки на вигни і опір; розрахунок апарата на міцність у місці перемішування.

Вихідними даними для розрахунку є: діаметр  $D$  і робочі параметри апарата (робочий тиск, температура), його вага ( $G_1$ ); вид, фізико хімічні властивості ( $\rho$ ,  $\mu$ ) і вага ( $G_2$ ) середовища, що перемішується, а також секундна витрата ( $Q$ ) і лінійна швидкість ( $w$ ) середовища, що протікає через апарат.

Послідовність виконання розрахунку [5]:

Дослідження вітчизняних вчених показали, що оптимальною частотою обертання лопатей мішалки біогазових установок є частота від 30 до 100 об/хв. [7]. Тому обираємо частоту обертання  $n = 30$  об/хв. Діаметр апарата  $D = 2040$  мм, діаметр мішалки обираємо з [12]  $d_m = 330$  мм, в'язкість середовища перемішування  $\mu = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$ , густина субстрату  $\rho = 980 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Визначаємо число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\rho \cdot n \cdot d_m^2}{\mu}; \quad (3.1)$$

$$Re = \frac{980 \cdot 30 \cdot 0,33}{3,5 \cdot 10^{-3}} \cong 27,7 \cdot 10^5.$$

Визначаємо критерій потужності залежно від критерію Рейнольдса і типу обраної мішалки.

Визначаємо потужність, Вт, необхідну для перемішування, за формулою:

$$N_m = K_n \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_m^5; \quad (3.2)$$

де  $K_n = 0,28$  [13].  $n$  вказувати в обертах за с.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 36   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$n = \frac{30}{60} = 0,5 \text{ об/с};$$

$$N_M = 0,28 \cdot 980 \cdot 0,5^3 \cdot 0,33^5 = 134 \text{ Вт.}$$

Розраховуємо номінальну потужність, Вт на валу електродвигуна за формулою [14]:

$$N_E = \frac{N_M + N_T}{\eta}; \quad (3.3)$$

де  $N_T$  – потужність, Вт, що витрачається на тертя: .

$$N_T = 0,18 \cdot N_M; \quad (3.4)$$

$$N_T = 0,18 \cdot 134 = 24,12 \text{ Вт};$$

$\eta$  – К.К.Д привода,  $\eta = 0,9 - 0,96$ , приймаємо  $\eta = 0,9$ .

$$N_E = \frac{134 + 24,12_T}{0,9} = 175,7 \text{ Вт.}$$

Визначаємо діаметр вала, м перемішуючого пристрою за формулою:

$$d = 1,71 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{\tau_{доп}}}, \quad (3.5)$$

де  $M_{кр}$  – розрахунковий крутний момент, Н · м.

$\tau_{доп}$  – допустиме напруження на крутіння для обраного матеріалу вала, МПа.

$$M_{кр} = \frac{N_M}{\omega}, \quad (3.6)$$

де  $\omega$  – кутова швидкість обертання вала,  $\text{с}^{-1}$ .

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 37   |

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (3.7)$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 30}{30} = 3,14 \text{ с}^{-1},$$

$$M_{кр} = \frac{134}{3,14} = 42,67 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$\tau_{доп} = 0,4 \cdot \sigma_{доп}, \quad (3.8)$$

де  $\sigma_{доп}$  – нормативно допустиме зусилля на кручення, МПа, знаходиться по [15],  
 $\sigma_{доп} = 67,5 \cdot 10^{-3} \text{ МПа}.$

$$\tau_{доп} = 0,4 \cdot 120 = 27 \cdot 10^{-3} \text{ МПа};$$

$$d = 1,71 \cdot \sqrt[3]{\frac{42,67}{10^{-3}}} = 12 \text{ мм}.$$

Перевіряємо робочий орган на міцність у небезпечному перерізі, з умови роботи його на згин, за формулами:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{\epsilon}}{W} \leq \sigma_{i,доп}, \quad (3.9)$$

де  $\sigma_{i,доп}$  – нормативне напруження на вигін, МПа  $\sigma_{i,доп} = 30 \text{ МПа}.$

$W$  – розрахунковий момент опору відповідно перетину лопаті, при згині її у напрямку обертання,  $\text{м}^3$ , визначається за формулою [16]:

$$W = \frac{b \cdot S^2}{6}, \quad (3.10)$$

де  $S$  – товщина лопаті, мм. Для лопатевих мішалок  $S = 8 \div 12 \text{ мм}.$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 38   |

$$M_{\epsilon} = \sqrt{M^2 + 4(M_{\text{кр}})^2}, \quad (3.11)$$

де  $M_{\epsilon}$  – розрахунковий момент у місці приєднання лопаті до маточини, Н · м;

$M_{\text{кр}}$  – розрахунковий крутний момент, що виникає у місці приєднання лопаті до маточини Н · м;

$M$  – згинальний момент, Н · м, що діє на лопать в місці приєднання її до маточини, обчислені за формулою [17]:

$$M = 0,0813 \cdot \frac{N_{\epsilon}}{n}, \quad (3.12)$$

$$M = 0,0813 \cdot \frac{175,7}{0,5} = 28,57 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{\text{кр}} = 0,0542 \cdot \left[ \frac{(0,5 \cdot d_{\text{м}})^3 - (0,5 \cdot d_{\text{м}} - b)^3}{(0,5 \cdot d_{\text{м}})^4 - (0,5 \cdot d_{\text{м}} - b)^3} \right] \cdot \frac{(h-b) \cdot N_{\epsilon}}{(1+\alpha) \cdot n}, \quad (3.13)$$

де  $b$  – ширина мішалки, м;

$$b = 0,1 \cdot d_{\text{м}} \text{ м}, \quad (3.14)$$

$$b = 0,1 \cdot 0,33 = 0,033 \text{ м}.$$

$$W = \frac{0,033 \cdot 10^2}{6} = 0,55 \text{ м}^3.$$

Відповідно до конструктивних потреб приймаємо ширину мішалки в максимальному перерізі 38 мм.

$h$  - висота лопаті, м;

$$h = 0,2 \cdot d_{\text{м}} \text{ м}, \quad (3.15)$$

$$h = 0,2 \cdot 0,33 = 0,066 \text{ м},$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 39   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$\alpha$  – коефіцієнт поправки;

$$\alpha = \frac{b}{h \cdot \left[ \left( \frac{0,5 \cdot d_M}{0,5 \cdot d_M - b} \right)^4 - 1 \right]}, \quad (3.16)$$

$$\alpha = \frac{0,033}{h \cdot \left[ \left( \frac{0,5 \cdot 0,33}{0,5 \cdot 0,33 - 0,033} \right)^4 - 1 \right]} = 0,029;$$

$$M'_{кр} = 0,0542 \cdot \frac{[(0,5 \cdot 0,33)^3 - (0,5 \cdot 0,33 - 0,033)^3]}{[(0,5 \cdot 0,33)^4 - (0,5 \cdot 0,33 - 0,033)^3]} \cdot \frac{(0,066 - 0,033) \cdot 175,7}{(1 + 0,029) \cdot 0,5} = 19,1 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\epsilon} = \sqrt{28,57^2 + 4(19,1)^2} = 365,92 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\sigma_{зг} = \frac{365,92}{0,55 \cdot 10^2} = 6,65 \leq 30.$$

Умова виконана.

Проведемо розрахунок резервуар метантанка.

Визначимо товщину резервуару [18].

$$S = \frac{P_P \cdot D}{2 \cdot \sigma_{доп} \cdot \varphi - P_P} + C + C_1, \quad (3.17)$$

де  $P_P$  – розрахунковий тиск, МПа; Максимальний тиск газу в біогазових установках не повинен перевищувати 0,5 МПа, отже  $P_P = 0,5$  МПа.

$D$  – діаметр апарата, м, приймаємо з креслення;

$\sigma_{доп}$  – допустиме напруження, МПа;  $\sigma_{доп} = 40$  МПа;

$\varphi$  – коефіцієнт міцності поздовжнього звареного шва ( $\varphi = 1$ );

$C$  – збільшення до розрахункової товщини обичайки на компенсацію корозії;

$C_1$  – додаткове збільшення.

Коефіцієнт міцності поздовжнього звареного шва приймаємо  $=1$  для стикових і таврових з'єднань, виконуваних автоматичним електрозварюванням.

Збільшення на компенсацію корозії визначаємо за формулою [19]:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$C = \Pi \cdot \tau_a, \quad (3.18)$$

де  $\Pi$  – проникливість матеріалу,  $\Pi=0,0001$  м.

$\tau_a$  – прийнятий термін експлуатації апарата,  $\tau_a = 20$  р;

$$C = 0,0001 \cdot 20 = 0,002\text{м.}$$

Додаткове збільшення  $C_1$  приймаємо для округлення до стандартної, отриманої при розрахунку товщини листа, з якого виготовляють стінки метантенка. Стандартні товщини листків вибирають за нормативною літературою.

$$S = \frac{0,5 \cdot 2,04}{2 \cdot 40 \cdot 1 - 0,5} = 0,012 + 0,002 = 0,014\text{м.}$$

Приймаємо значення товщини стінки з стандартного ряду рівним  $S = 0,02\text{м}$  [18].

### 3.2 Розрахунок продуктивності біогазової установки

Ефективність біогазової установки визначається критерієм ступеня розпаду сухої органічної речовини, оскільки від нього залежить відношення  $C/\text{г4}$  в збродженому гної, отже, і його властивості добривачів. Для визначення цього параметра запропонована формула [7]:

$$L = \frac{100^4 \cdot \rho_6 \cdot V_C}{\rho_H \cdot d(100 - W)(100 - A_C)}, \quad (3.19)$$

де  $d$  – доза добового завантаження метантенка, %; В нашому випадку приймемо дозу завантаження реактора 130 кг/добу, ця доза рівна виході гною з 4 корів. Отже склавши пропорцію доза добового завантаження реактора  $d = 3,3\%$ .

$\rho_H$  – густина біогазу,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\rho_H = 1,2 \text{ кг/м}^3$ .

$V_C$  – питомий вихід біогазу,  $\text{м}^3/\text{добу}$  приймемо  $V_C = 50 \text{ м}^3/\text{добу}$ .

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 41   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$\rho_6$  – густина біомаси,  $\text{кг/м}^3$ ,  $\rho_6 = 980 \text{ кг/м}^3$ .

$W$  – вологість біомаси, %,  $W = 91\%$ , напіврідкий гній.

$A_c$  – зольність біомаси, %,  $A_c = 2\%$ .

$$L = \frac{100^4 \cdot 980 \cdot 50}{1,2 \cdot 3,3(100-91)(100-2)} = 1,72.$$

З рівняння 3.19 видно, що шуканий параметр є функцією інтенсивності газовиділення, а вона, у свою чергу, залежить від дози добового завантаження метантенка. Враховуючи, що вихід біогазу визначити без попередніх експериментів неможливо, те визначення ступеня розпаду сухої органічної речовини скрутне. Для визначення об'єму метантенка застосовують формулу:

$$V_o = \frac{m_{\text{доб}} \tau_o}{\rho_n \cdot \eta}, \text{ м}^3 \quad (3.20)$$

де  $m_{\text{доб}}$  – добовий вихід біомаси тварин, т,  $m_{\text{доб}} = 0,13\text{т}$ ;

$\tau_o$  – цикл зброджування, діб  $\tau_o = 30$ ;

$\eta$  – 0,95 – коефіцієнт використання метантенка;

$$V_o = \frac{0,13 \cdot 30}{980 \cdot 10^{-3} \cdot 0,80} = 4,9 \text{ м}^3.$$

Приймаємо об'єм реактора рівним  $5 \text{ м}^3$ .

Стосовно установок для анаеробного зброджування біомаси звичайно застосовують показник – доза добового завантаження, яке знаходиться в прямій функціональній залежності від питомого навантаження на одиницю об'єму реактора. Доза добового завантаження є визначальним параметром, що впливає на ефективність роботи біогазової установки, від якої залежить питомий вихід біогазу з одиниці об'єму зброджуваної біомаси, ступінь розпаду органічної речовини в початковому гної і ступінь знезараження. У свою чергу цей параметр робить вплив на вихід товарного біогазу і об'єм метантенка. Тому

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 42   |



деякі дослідники дають просто рекомендації по її величинах, які знаходяться в широких межах і складають від 1 до 20% від об'єму метантенка або 1 – 10 кг сухої органічної речовини на 1 м<sup>3</sup> біомаси на добу.

Одним з основних призначень біогазових установок є отримання біологічного газу, утилізація якого повинна забезпечити отримання додаткової енергії. Не дивлячись на те, що більшість фахівців вважає метаногенез перспективним і прогресивним методом переробки відходів тваринництва, супротивники цього методу виказують побоювання відносно негативного енергетичного балансу установок.

В цьому випадку, як критерій ефективності біогазової установки, може бути прийняте умова отримання товарного біогазу або коефіцієнт витрати енергії на власні потреби установки.

В зв'язку з цим була виконана велика кількість робіт, присвячених вивченню теплофізичних властивостей біомаси, методам його нагріву при підготовці до зброджування, визначенню тепловтрат в процесі зброджування, а також розрахункам енергетичного балансу біогазових установок. Рівняння теплового балансу біогазової установки, має такий загальний вигляд:

$$Q_{\text{заг}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6; \text{ кКал} \quad (3.21)$$

де  $Q_{\text{заг}}$  – загальна добова кількість тепла, необхідне для здійснення процесу, кКал;

$Q_1$  – кількість тепла, необхідне для попереднього нагріву добової дози початкового біомаси до температури вибраного режиму, кКал

$Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6$  – відповідно втрати тепла в добу: у трубопроводі, сполучаючим установку для нагріву з проміжною місткістю; у проміжній місткості; у трубопроводі, що сполучає проміжну ємність з камерою для зброджування; через стінки камери зброджування; з біогазом, що виділяється, кКал.

Складові цього рівняння визначаються експериментально для кожної конкретної установки.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 43   |

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

На ділянці де проводиться процес розробки установки для транспортування стружки роботизованого технологічного комплексу виникають наступні шкідливі та небезпечні фактори:

- фізичні: рухомі частини виробничого обладнання; вироби, що переміщуються; підвищений рівень шуму; гострі кромки, заусенці; підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини; недостатня освітленість робочої зони; недостатнє природне освітлення;

- хімічні: загально токсичні ( $\text{CO}_2$  – джерело – міжцеховий автотранспорт; вуглеводні містяться у парах ЗОР); роздратовуючі (пари лугів з ЗОР);

- психологічні: фізичні перенавантаження (при перенесені деталей до робочого місця); нервово-психічні перенавантаження (викликаються монотонністю праці).

### 4.1. Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

#### 4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Обладнання повинно бути безпечним при монтажу, експлуатації і ремонту як окремо, так і в складі технологічних систем, при зберіганні, повинно бути пожежно-вибухобезпечним і не забруднювати навколишнє середовище вище норм.

Об'єм промислового приміщення на одного працюючого не повинен бути менше  $15 \text{ м}^3$ , а площа –  $4,5 \text{ м}^2$ .

Для забезпечення безпеки повинні встановлюватися пристрої, що виключають можливість проникнення робітника в небезпечну зону; захисні екрани для верстатів; переносні огорожі; блокуючі пристрої; пристрої сигналізації у верстатах; застосовуватись особливі конструкції кнопок керування, що роблять неможливим попадання робітника у небезпечну зону.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 44   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Робітники дільниці при обробці різанням повинні мати засоби індивідуального захисту: спецодяг, взуття.

#### **4.1.2 Електробезпека**

Дільниця по небезпеці ураження електричним струмом відноситься до особливо небезпечних приміщень, оскільки на цій дільниці існують струмопровідні поли і можливість одночасного дотику людини до механізмів, що мають з'єднання з землею, з одного боку, і до металевих корпусів з іншого. Безпека при експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок забезпечується засобами захисту.

В якості захисного засобу на дільниці використовується занулення для трьохфазної чотирьох провідної мережі із заземленою нейтраллю. Занулення в електроустановках не знаходиться під напругою до 1000 В – спеціальне заземлення частин, які нормально не знаходяться під напругою, з глухо-заземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережах трьохфазного струму.

Занулення перетворює замикання на корпус в однофазне коротке замикання між фазним і нульовим проводами з метою утворення більшого струму, здатного забезпечити спрацювання захисту і відключення установки від мережі.

Другим основним засобом електробезпеки є захисне заземлення всіх струмопровідних корпусів обладнання на дільниці.

Захисна дія заземлення ґрунтується на зменшенні напруги дотику між корпусом обладнання і землею. При замиканні любої фази на струмопровідний корпус через провідник заземлення фаза замикається на землю. Це є однофазне коротке замикання, від струму якого спрацює захисне обладнання, яке відключає дану установку від електромережі.

На дільниці виконане природне заземлення – всі струмопровідні корпуси установок та механізмів заземлені на підземні трубопроводи.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 45   |

Крім того, на ділянці використовують різні електрозахистні засоби: діелектричні рукавиці, гумові килими, ізолюючі підставки, показники напруги. В різних місцях встановленні різні попереджувальні плакати: дозволяючи, остерігаючи та нагадуючи.

## 4.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

### 4.2.1. Мікроклімат

Мікроклімат у виробничих приміщеннях визначається наступними параметрами: температура повітря  $t$ , °C; відносною вологістю  $\varphi$ , %; швидкістю руху повітря на робочому місці  $v$ , м/с; атмосферним тиском  $p$ , мм.рт.ст.

Метеорологічні умови визначаються для робочої зони на висоті 2 м над рівнем підлоги. Людина відчуває себе гарно, якщо температура навколишнього повітря  $t = 18...22$  °C; відносна вологість  $\varphi = 40...60\%$ , швидкість руху повітря на робочому місці  $v = 0,1...0,2$  м/с.

Роботи відносять до категорії робіт II б – роботи середньої важкості, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням та перенесенням невеликих вантажів до 10 кг, які вимагають помірних фізичних напруг, параметри мікроклімату наведені у таблиці 4.1 відповідно до [17].

Таблиця 4.1 – Показники мікроклімату

| Період року | Категорія робіт | Температура $t$ , °C |                   |         |            |         | Відносна вологість, % |                         | Швид. повітря, м/с |                         |
|-------------|-----------------|----------------------|-------------------|---------|------------|---------|-----------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|
|             |                 | Оптимальна           | На робочих місцях |         |            |         | Оптимальна            | Допустима на роб. місці | Оптимальна         | Допустима на роб. місці |
|             |                 |                      | Верхня межа       |         | Нижня межа |         |                       |                         |                    |                         |
|             |                 |                      | пост.             | непост. | пост.      | непост. |                       |                         |                    |                         |
| Холодний    | II б            | 17...19              | 21                | 23      | 15         | 13      | 40...60               | 75                      | 0,2                | >0,4                    |
| Теплий      |                 | 20...22              | 27                | 29      | 16         | 15      | 40...60               | 70(1=25°C)              | 0,3                | 0,2...0,5               |

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь технологічного обладнання не повинно перевищувати 100 Вт/м<sup>2</sup> при опроміненні не більше 25% поверхонь тіла.

Оптимальні параметри мікроклімату підтримувати економічно недоцільно, тому підтримують допустимі параметри.

У механічному цеху застосовують витяжну загальну обмінну вентиляцію [18].

#### 4.2.2 Виробниче освітлення

Виробниче освітлення характеризується кількісними та якісними показниками. Кількісні показники: світловий потік, сила світла, освітленість, яскравість. Якісні: фон, контраст об'єкта з фоном, видимість і т. д.

Зорова робота на розробляє мій ділянці відноситься до II групи: розрізнення об'єктів зорової роботи здійснюється при фіксованому направленні лінії зору робітників на робочу поверхню (виробничі приміщення промислових підприємств) [18].

Природне освітлення на ділянці є верхнє з боковим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості – це відношення освітленості зовні.

Таблиця 4.2 – Нормування освітленості

| Характер зорової роботи | Найменший розмір об'єкту розрізнення | Розряд зорової роботи | Підрозряд зорової роботи | Контраст об'єкту розрізнення | Характер фону | Штучне, лм | Природне, % |
|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------------|---------------|------------|-------------|
|                         |                                      |                       |                          |                              |               | Комб.      | Комб.       |
| Високо-точне            | більше 0,15 до 0,3                   | 2                     | в                        | серед-ній                    | серед-ній     | 750        | 2,5         |

Нестачу природної освітленості компенсує штучне. Воно складається з загального освітлення виробничої площі та місцевого освітлення. Місцеве освітлення реалізується лампами розжарювання; загальне – газорозрядними лампами.

#### 4.2.4 Виробничий шум

Шум має великий вплив на працездатність людини. Джерелами шуму на ділянці є працююче обладнання, шум з сусідніх ділянок та шум автотранспорту.

Для постійних робочих місць у виробничих приміщеннях і території підприємства допустимі рівні звукового тиску наведені у таблиці 4.3 [19].

Таблиця 4.3 – Допустимі рівні звукового тиску

| Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середньо герметичними частотами, Гц |    |     |     |     |      |      |      |      | Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|---------------------------------------------|
| 31,5                                                                               | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |                                             |
| 107                                                                                | 95 | 82  | 82  | 78  | 75   | 73   | 71   | 69   | 80                                          |

Для зниження шуму у виробничих приміщеннях застосовують різні методи: зменшення рівня шуму в джерелі його виникнення; звукопоглинання і звукоізоляція; установка глушників шуму; раціональне розміщення обладнання; застосування засобів індивідуального захисту.

#### 4.2.5 Виробничі вібрації

Вібрація виникає при зворотно-поступальних рухах системи, обертання нерівноважених мас, ударів деталей. По дії на людину вібрація поділяється на загальну та локальну. Систематична дія вібрації призводить до різноманітних порушень здоров'я людини.

На ділянці механічної обробки на робітників діє локальна та загальна вібрація, джерелом якої є працююче обладнання. На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях допустимі такі рівні вібрації (табл. 4.4) для категорії вібрації 3 тип «а» – технологічна вібрація, що діє на операторів стаціонарних машин та обладнання, чи передається на робочі місця, що не мають джерел вібрації [20].

Санітарні норми одночисельних показників вібраційного навантаження на оператора для тривалості зміни 8 год. також наведені в таблиці 4.4.

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |  |  |  | 48   |

Технічні заходи захисту від вібрацій полягають у зниженні вібрації в джерелі її виникнення та зменшенні вібрації на шляхах її поширення від джерела.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні вібрації

| Вид вібрації | Категорія вібрації по СН | Напрявленн<br>я дії | Нормативне корегування по частоті і еквівалентне корегування значення |                          |                                    |                         |
|--------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------------------|
|              |                          |                     | Вібро-приско-рення                                                    | Рівень віброприс-корення | Вібро-швидкіст ь                   | Рівень вібро-швидкост і |
|              |                          |                     | м с <sup>-1</sup>                                                     | дБ                       | м с <sup>-1</sup> 10 <sup>-2</sup> | дБ                      |
| загальн а    | 3 типа «а»               | z0, y0, x0          | 0.1                                                                   | 100                      | 0,2                                | 92                      |

Зменшення вібрації в джерелі її виникнення досягається шляхом застосування таких кінематичних та технологічних схем, які усувають чи мінімально знижують дію динамічних сил. Так, вібрація послаблюється при заміні кулачкових та кривошипних механізмів на механізми, що обертаються з рівномірною швидкістю, механічних приводів – на гідравлічні та ін. Зменшення вібрації досягається також статичним та динамічним зрівноважуванням механізмів та об'єктів, що обертаються.

Контакту працівника з віброоб'єктом, а відтак і шкідливої дії вібрації можна уникнути шляхом використання дистанційного керування, автоматичного контролю та сигналізації, а також застосування захисного огороження. Якщо цього досягти неможливо, то необхідно при контакті працівника з віброоб'єктом домогтися зменшення параметрів вібрації на шляху її поширення від джерела змушувальної сили. Цього можна досягти за допомогою вібропоглинання, віброгасіння та віброізоляції.

#### 4.3. Технічні рішення з пожежної безпеки

В якості робочої рідини використовується мінеральне мастило. Температура спалаху у нього більше 61 °С тому дане виробництво слід

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 49   |

віднести до категорії «В». В відповідності з [9] приміщення має ступінь вогнестійкості – II, допустиме значення поверхів – фактично 1, площа поверху не обмежується. Межі вогнестійкості будівлі II ступеня стійкості:

|                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| Стіни                            | межа вогнестійкості |
| Несучі і сходові клітки          | 2                   |
| Самонесучі                       | 1                   |
| Зовнішні не несучі               | 0,25                |
| Колони                           | 2                   |
| Сходові площадки, ступені, балки | 1                   |
| Плити, настили і інші перекриття | 0,25                |
| Елементи покриття:               |                     |
| Плити, настили, прогони          | 0,25                |
| Балки, ферми, арки               | 0,25                |

Для забезпечення гасіння пожежі в початковому стані його джерело треба встановити найшвидше, тому встановлюємо внутрішній пожежний кран.

З метою забезпечення пожежобезпеки слід контролювати установку по допускній температурі, так як в ній використовується мінеральне мастило, а також не допускати перегріву електродвигунів.

В приміщенні висота від підлоги до низу виступаючих конструкцій повинна бути не менша 2,2 м. Висота від підлоги до низу виступаючих частин конструкцій і обладнання у місцях регулярного проходження людей і на шляхах евакуації – не менше 2 м.

Евакуаційні шляхи повинні забезпечувати безпечну евакуацію всіх людей, що знаходяться в приміщеннях споруд, через евакуаційні виходи. Кількість евакуаційних виходів з будівель слід приймати не менше двох.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця приміщення до евакуаційного виходу із будівлі для даного приміщення згідно [9] не обмежується. Ширина виходу із приміщення: через двері – 1 м, через розсувні ворота – 2,5 м. Кількість людей на 1 метр складає близько 10 чоловік. Згідно [21] кількість до 120 чоловік. В механічному цеху знаходиться пожежний щит з вогнегасником, сокирою, лопатою, відром, біля щита ящик з піском.



## ВИСНОВКИ

Теоретичне дослідження теми БКП показав, що серед європейських країн Україна має найбільші перспективи для виробництва біогазу з біомаси сільськогосподарських тварин. З однієї тонни сухої речовини біомаси при його анаеробній обробці можна отримати до 200 м<sup>3</sup> біогазу з теплотворною здатністю 5200-6500 ккал/м<sup>3</sup>. Відомі закономірності процесу метаногенеза органічних відходів розроблені стосовно характеристик промислових та комунальних стоків і можуть бути використані тільки для загального розуміння процесу анаеробного зброджування біомаси та стоків. Науково обґрунтованих методів розрахунку біогазових установок та режимів їх роботи поки немає, а в практиці проєктування зазвичай використовуються емпіричні залежності, отримані для конкретних характеристик біомаси і умов тваринницьких ферм. Відсутність узагальнювальних даних про енергетичний баланс біогазових установок та методів економічної оцінки не дозволяє об'єктивно судити про їх ефективність, що стримує залучення до народного господарства України енергетичного потенціалу біомаси сільськогосподарських тварин.

Розроблена конструкція лопатевої мішалки для біогазової установки дозволяє використовувати її як для мобільної так і для стаціонарної біогазової установки з відповідною продуктивністю. Це підвищує перспективу впровадження розробки у виробництво.

Перевагою розробленої конструкції лопатевої мішалки біогазової установки є використання гідравлічного приводу, що дозволяє більш продуктивно переробляти біомасу. Також у разі нерівномірності густини біомаси гідравлічний привод краще працює в режимі запобіжника, а ніж механічний привід.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 51   |

Виконання конструкторські та технологічні розрахунки показують можливість подальшої удосконалення розробленої конструкції лопатевої мішалки шляхом розробки нових типів лопаток та використання інших типів гідродвигунів.

Для забезпечення безпечної експлуатації розробленої конструкції мішалки для біогазової установки запропоновані відповідні заходи з охорони праці у відповідності до діючих нормативних документів.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 52   |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. [http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/5144/1/Biogaz\\_TM7.pdf](http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/5144/1/Biogaz_TM7.pdf)
2. [http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/syrotjuk2021\\_3.pdf](http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/syrotjuk2021_3.pdf)
3. The Biogas Handbook: Science, Production and Applications / Ed. by A. Wellinger, J. Murphy, D. Baxter. Oxford : Woodhead Publishing, 2013. 512 p.
4. Шевчук С.П. Насосні, вентиляторні та пневматичні установки : підруч. / С.П. Шевчук, О.М. Попович, В.М. Світлицький. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 308 с
5. Щурська К. О. Біоенергетика : підручник для студ. спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія». / К. О. Щурська, Є. В. Кузьмінський // Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2018. – 304 с
6. Дубровін В.О. Біопалива (технології, машини і обладнання) / В.О. Дубровін, М.О. Корчемний, І.П. Масло, О. Шептицький, А. Рожковський, З. Пасторек, А. Гжибек, П. Євич, Т. Амон, В.В. Криворучко. // – К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація». – 2004. – 137с.
7. Желих В. М. Біогазові технології: теорія і практика : монографія / В. М. Желих, Ю.В. Фурдас // М-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Львів : Вид-во Львів. Політехніки. – 2015. – 164 с. : іл. – Бібліогр. – ISBN 978-617-607-838-8.
8. Дубровін В. Біопалива (технології, машини та обладнання) / В.Дубровін, М.О. Корчемний, І. Масло та ін. – К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація». – 2006. – 256 с.
9. Пат. №153224 Україна, МПК C10L 3/06 (2006.01), A01C 3/00, F25B 30/00 Біогазова установка / Юркевич Ю.С., Савченко О.О. заявник і власник – Національний університет «Львівська політехніка»; заявл. 22.08.2023; опуб. 04.01.2024, Бюл. №1.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 52   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

10. Пат. №127134 Україна, МПК C02F 11/04, A01C 3/02, C02F 3/28 Біогазова установка / Голуб Г.А, Марус О.А. заявник і власник – Голуб Г.А.; заявл. 05.08.2020; опуб. 11.05.2023, Бюл. №19.
11. Пат. №44141 Україна, МПК C02F 3/00 Біогазова установка / Божок А.М., Бобильов Ю.А., Параєвський Г.В., Понеділок В.Ф, Синюк Г.Ф. Рибалкін В.Ф., Свіргоцький М.І., Жуковський В.В. заявник і власник – Божок А.М., Бобильов Ю.А., Параєвський Г.В., Понеділок В.Ф, Синюк Г.Ф. Рибалкін В.Ф., Свіргоцький М.І., Жуковський В.В.; заявл. 22.05.2001; опуб. 15.01.2002, Бюл. №1.
12. Ковальов, І. О. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : навч. посіб. / І. О. Ковальов, О. В. Ратушний. – Суми : СумДУ, 2016. – 250 с.
13. Гідравліка, гідро- та пневмопривод : підручник / за ред. О. О. Федорця, О. Ф. Саленка. – 2-ге вид., переробл. і допов. – Київ : Знання, 2009. – 502 с.
14. Гідравліка: Навчально-методичний комплекс. Навчально-методичний посібник. / В.І.Дуганець, І.М.Бендера, В.А. Дідур та ін. За ред. В.І. Дуганця, І.М.Бендери, В.А. Дідура. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В. 2013. – 566 с. ISBN 978-617-539-131-0
15. Стадник В.А. Деталі машин. Електронне навчальне видання – К.: – НТУУ КПІ, 2012. – 650 с.
16. Павленко В. С. Зубчасті передачі в машинобудуванні : навчальний посібник/ В. С. Павленко, Б. Ф. Ліщинський, В. О. Пішенін. – К. : НМК ВО, 1992. – 114 с.
17. Мархель І. І. Деталі машин : навчальний посібник / І. І. Мархель – К. : Алерта, 2017. – 368 с.
18. Деталі машин. Навчальний посібник. В. Павлов, Г. Борозенець, І. Семак. – К. :Кондор, 2021. – 220 с.
19. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин / В. Т. Павлище – Львів : Афіша, 2004. – 578 с.
20. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/vie>.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 53   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

21. ДБНВ.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013.
22. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=79885](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885)
23. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
24. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
25. ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. URL: [https://ammokote.com/wp-content/uploads/2020/08/DSTU\\_2272\\_2006.pdf](https://ammokote.com/wp-content/uploads/2020/08/DSTU_2272_2006.pdf).
26. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.
27. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: [http://www.poliplast.ua/doc/dbn\\_v](http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v).
28. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_v\\_1\\_1\\_36/5-1-0-1759](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759).

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 54   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

ДОДАТОК А  
(обов'язковий)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

д. т. н., професор Поліщук Л.К.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

На розробку конструкції мішалки мобільної біогазової установки

Розробив студент, групи 1ГМ – 216

Спеціальності 133

«Галузеве машинобудування»

Панькевич Н.С.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025

Керівник: к.т.н., доцент

Бакалець Д.В.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 57   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## **1 Найменування і область застосування**

Найменування – мішалка мобільної біогазової установки.

## **2 Підстава для виконання роботи**

Підставою для розробки даної роботи є індивідуальне завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу та наказ ректора по ВНТУ про закріплення тем.

## **3 Мета і призначення дослідження**

Метою є розробка мішалки мобільної біогазової установки. Призначення розробки – перемішування речовин в біогазовій установці.

## **4 Джерела розробки**

4.1 The Biogas Handbook: Science, Production and Applications / Ed. by A. Wellinger, J. Murphy, D. Baxter. Oxford : Woodhead Publishing, 2013. 512 p.

4.2 Шевчук С.П. Насосні, вентиляторні та пневматичні установки : підруч. / С.П. Шевчук, О.М. Попович, В.М. Світлицький. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 308 с

4.3 Щурська К. О. Біоенергетика : підручник для студ. спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія». / К. О. Щурська, Є. В. Кузьмінський // Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2018. – 304 с

4.4 Дубровін В.О. Біопалива (технології, машини і обладнання) / В.О. Дубровін, М.О. Корчемний, І.П. Масло, О. Шептицький, А. Рожковський, З. Пасторек, А. Гжибек, П. Євич, Т. Амон, В.В. Криворучко. // – К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація». – 2004. – 137с.

4.5 Желих В. М. Біогазові технології: теорія і практика : монографія / В. М. Желих, Ю.В. Фурдас // М-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Львів : Вид-во Львів. Політехніки. – 2015. – 164 с. : іл. – Бібліогр. – ISBN 978-617-607-838-8.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 58   |

4.6 Дубровін В. Біопалива (технології, машини та обладнання) / В.Дубровін, М.О. Корчемний, І. Масло та ін. – К.: ЦТІ “Енергетика і електрифікація”. – 2006. – 256 с.

### 5 Показники призначення:

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| Об’єм реактора, м <sup>3</sup>       | 5   |
| Частота обертання лопаток, об/хв     | 30  |
| Потужність двигуна, Вт               | 180 |
| Густина субстрату, кг/м <sup>3</sup> | 980 |

#### 5.1 Технічні вимоги

- регулювання органів управління – безступінчасте;
- вимоги монтажної придатності до продукції – поставка в зібраному вигляді;
- маса продукції – до 1000кг;
- захист від вологи, шкідливих випаровувань та корозії, здійснюється за рахунок герметичності та покриттів;
- складові частини конструкції взаємозамінні;
- деталі, вузли мішалки мобільної біогазової установки, повинні виготовлятися з матеріалів стійких до дії миючих засобів, мастила, цементу;
- система керування – логістичний контролер чи механічна система.

#### 5.2 Вимоги до надійності:

довговічність – не менше 6 тис. год; безвідмовність – напрацювання на відмову – 1 тис. год; збереженість – повинна забезпечуватися працездатність в режимі очікування, роботи, консервації; ремонтпридатність – компоновочне рішення повинно бути таким, що забезпечує легкодоступність до деталей, які вірогідно можуть мати найменший термін служби (підшипник) та відносно простий їх ремонт.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 59   |



5.3 Вимоги до технологічності розробки, виробництва і експлуатації - конструкція деталей мішалки мобільної біогазової установки повинна бути такою, щоб забезпечувати їх виготовлення без застосування спеціального обладнання і устаткування.

5.4 Вимоги до рівня уніфікації і стандартизації, вимоги до використання стандартних, уніфікованих і запозичених складальних одиниць і деталей при розробці, показники рівня уніфікації – по можливості під час розробки конструкції мішалки мобільної біогазової установки використовувати уніфіковані деталі і стандартні вироби.

5.5 Вимоги безпеки життєдіяльності – забезпечується безпека під час монтажу і ремонту. Допустимі рівні вібраційних і шумових навантажень, допустимі випаровування робочої рідини у відповідності з санітарними нормами. Повинні бути розроблені заходи, що забезпечують технічну безпеку під час монтажу, експлуатації і ремонту мішалки мобільної біогазової установки.

5.6 Конструкція повинна відповідати естетичним і ергономічним вимогам, повинна бути зручною в обслуговуванні та управлінні.

5.7 Матеріали, що використовуються для деталей мішалки мобільної біогазової установки слід вибирати відповідно до рекомендацій, що застосовують під час виготовлення обладнання, що працює у важких умовах.

5.8 Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговуванню і ремонту:

- умови експлуатації, при яких повинно забезпечуватися використання продукції з заданими технічними показниками – продукція призначена для використання у середньоширотних кліматичних умовах;
- час підготовки продукції до використання після транспортування і зберігання – 8 год;
- вид обслуговування періодичний;
- періодичність і орієнтовна трудомісткість технічного обслуговування і ремонту – 5годин (один раз в три місяці);

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 60   |

### 5.9 Вимоги по транспортуванню і збереженню

- можливість транспортування на будь-якому виду транспортних засобів відповідної вантажопід'ємності;
- захист від ударів під час завантаження і розвантаження;
- зберігання на складі готової продукції;
- зберігання у законсервованому вигляді;
- складування на стелажах.

### 6 Етапи НДР і терміни їх виконання:

- Дослідити технологію та обладнання для отримання біогазу;
- Здійснити патентно-інформаційний огляд біогазових установок та її складових;
- Грунтуючись на результатах теоретичного дослідження теми роботи розробити конструкцію лопатевої мішалки мобільної біогазової установки;
- Виконати технологічні та конструкторські розрахунки, що необхідні для побудови розробленої конструкції мішалки мобільної біогазової установки;
- Запропонувати заходи з охорони праці для безпечної експлуатації розробленої конструкції лопатевої мішалки мобільної біогазової установки.
- висновки.
- оформлення текстових документацій та ілюстративних матеріалів для захисту бакалаврської кваліфікаційної роботи.

### 7 Порядок контролю і прийомки

- попередній захист БКП.
- захист БКП.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 61   |

Додаток Б (обов'язковий)

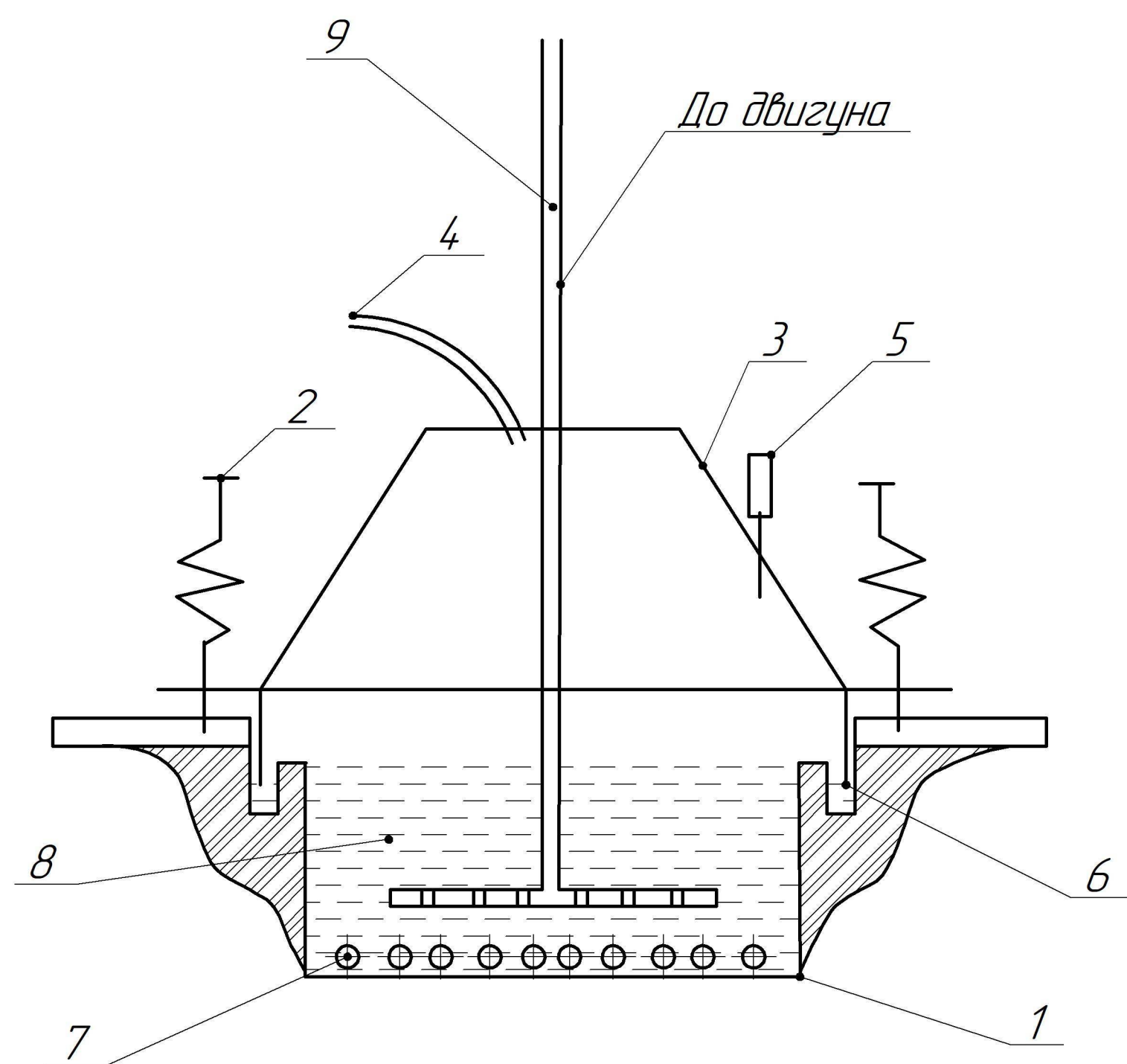
**ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**

**«РОЗРОБКА ЛОПАТЕВОЇ МІШАЛКИ МОБІЛЬНОЇ БІОГАЗОВОЇ  
УСТАНОВКИ»**

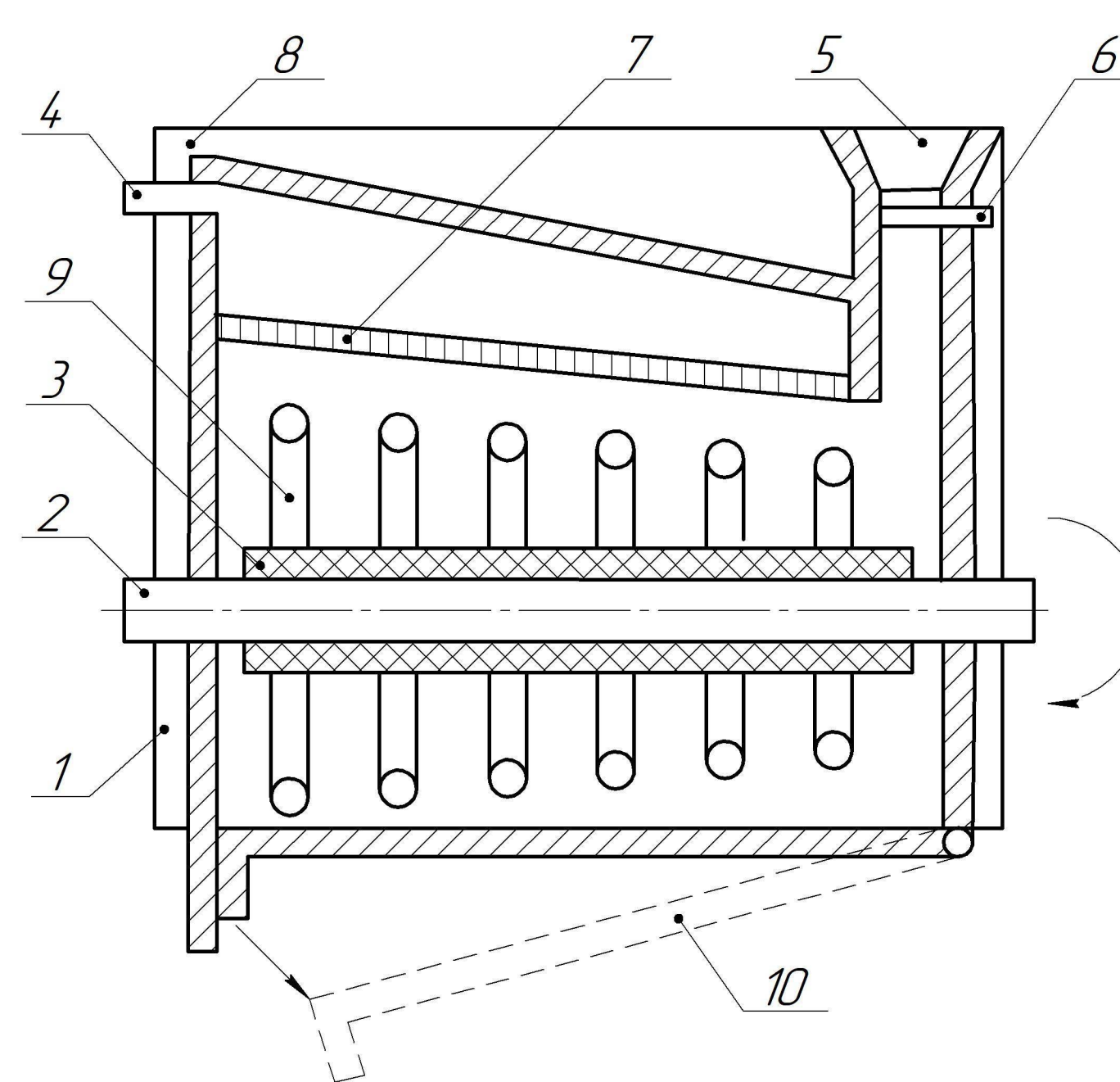
|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



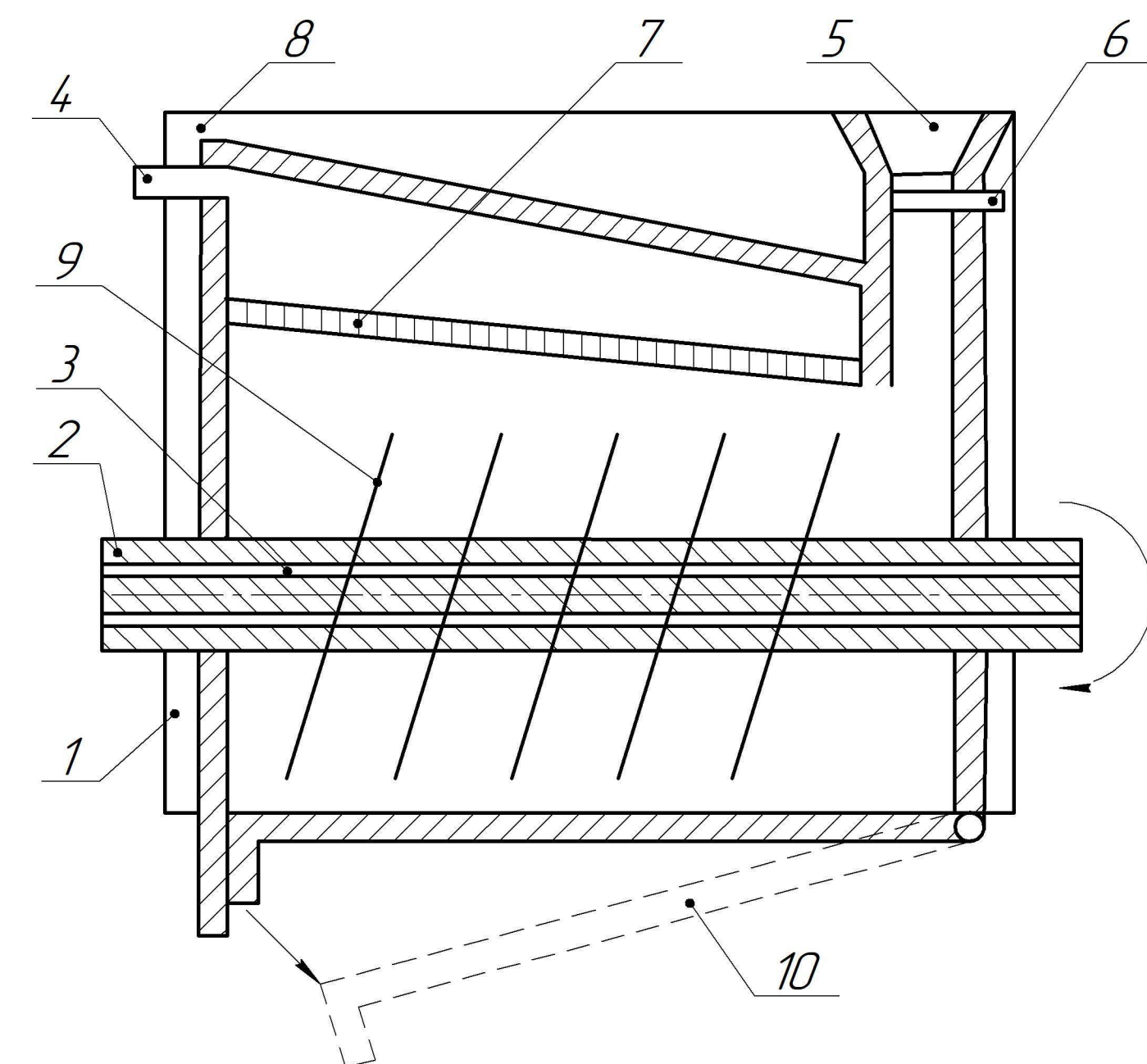
# АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК



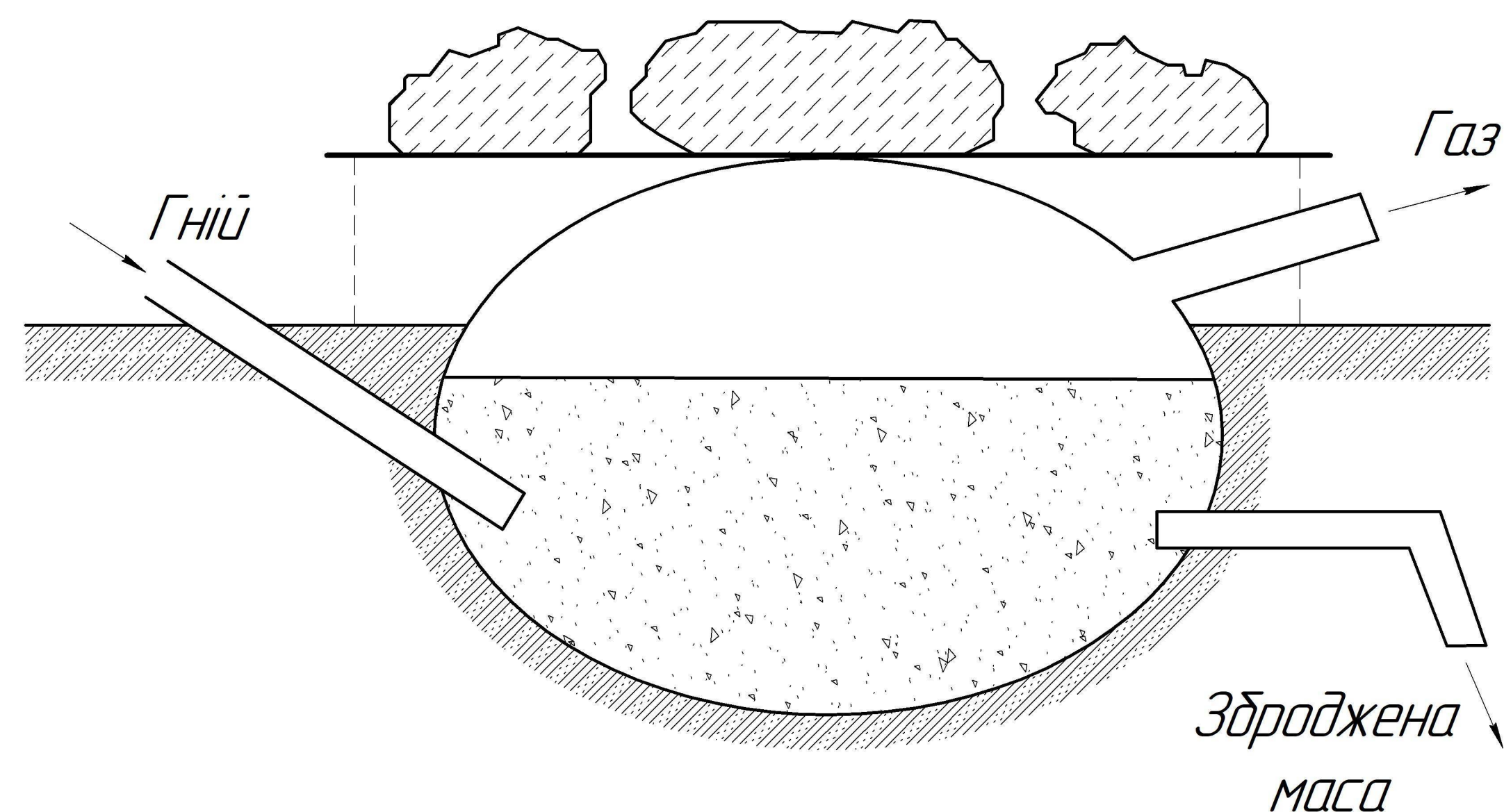
Типова конструкція біореактора: 1 корпус, 2 напрямні ковпака, 3 ковпак, 4 газовідвідна трубка, 5 манометр, 6 гідрозатвори, 7 нагрівальний елемент, 8 субстрат, 9 мішалка.



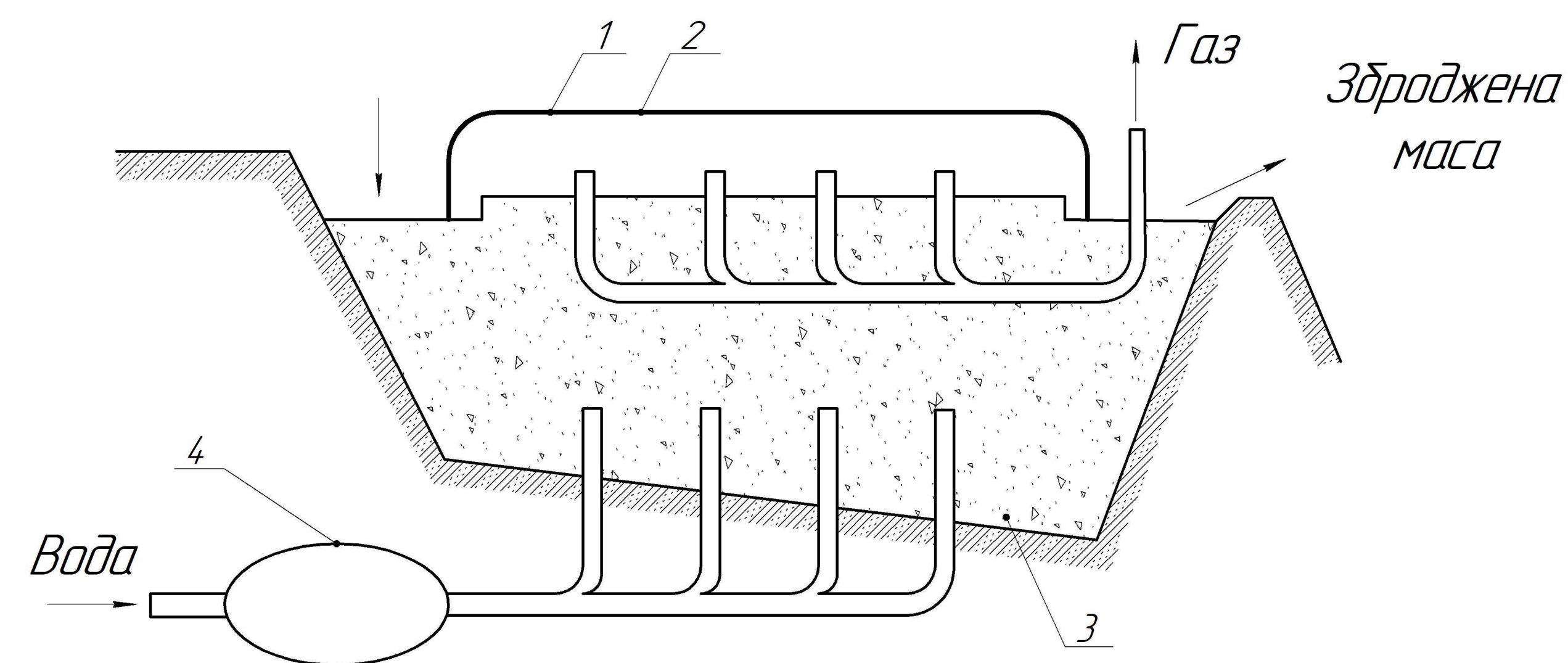
Біогазовий реактор з лопатевим змішувачем: 1 Резервуар, 2 вал, 3 підігрівач біомаси, 4 штуцер, 5 завантажувальна горловина, 6 заслонка, 7 газорозподільна решітка, 8 каркас теплиці, 9 лопатевий змішувач.



Біогазовий реактор з шнековим змішувачем: 1 Резервуар, 2 вал, 3 підігрівач біомаси, 4 штуцер, 5 завантажувальна горловина, 6 заслонка, 7 газорозподільна решітка, 8 каркас теплиці, 9 шнековий змішувач.



Еластичний біогазовий реактор



Траншейна біогазова установка: 1 еластичний збірник біогазу, 2 плити з пінопласту, 3 бродильна камера, 4 бойлер



ПАТЕНТО-ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД

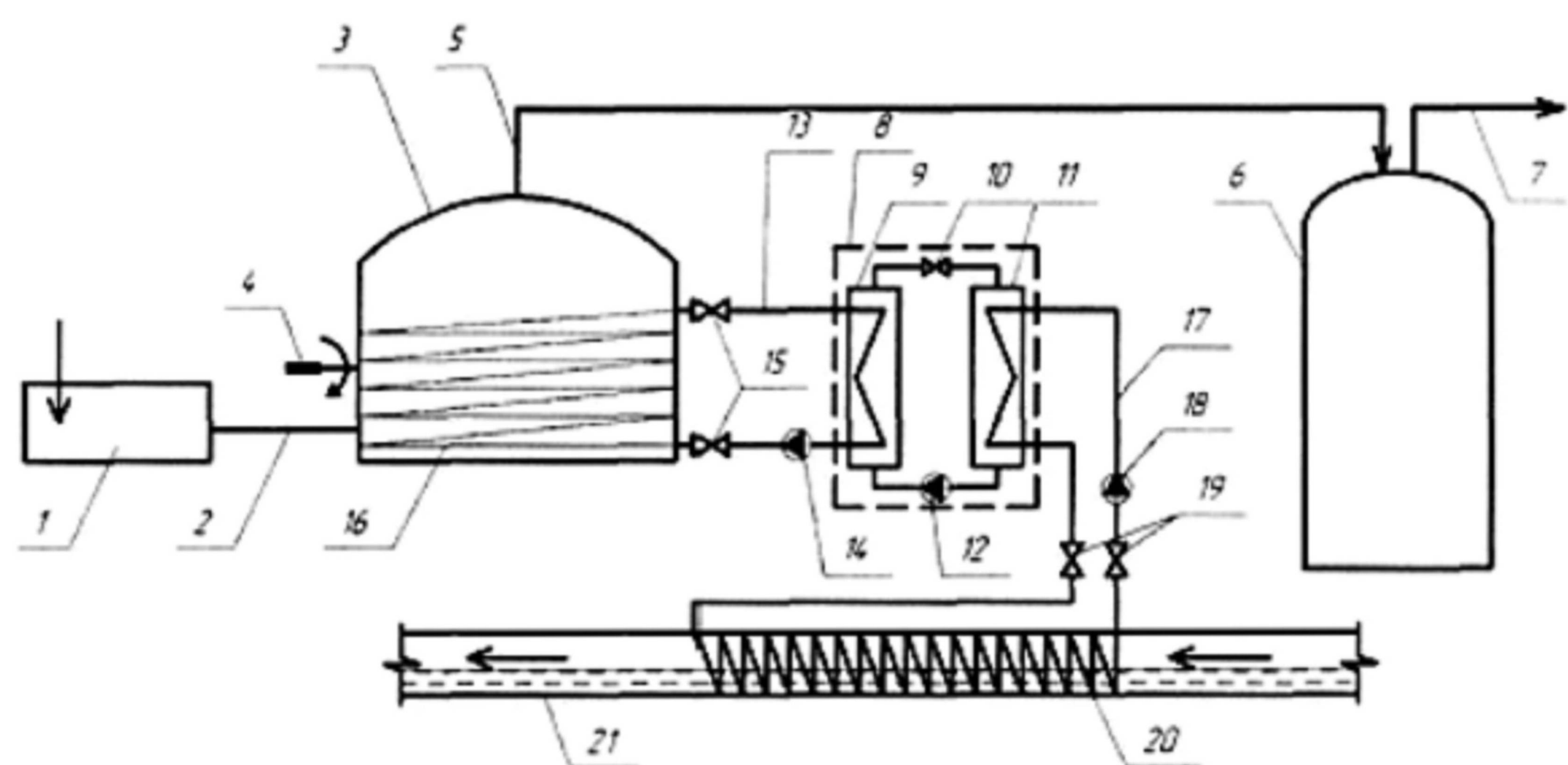


Рисунок 1 - Біогазова установка згідно патенту на корисну модель України №154948

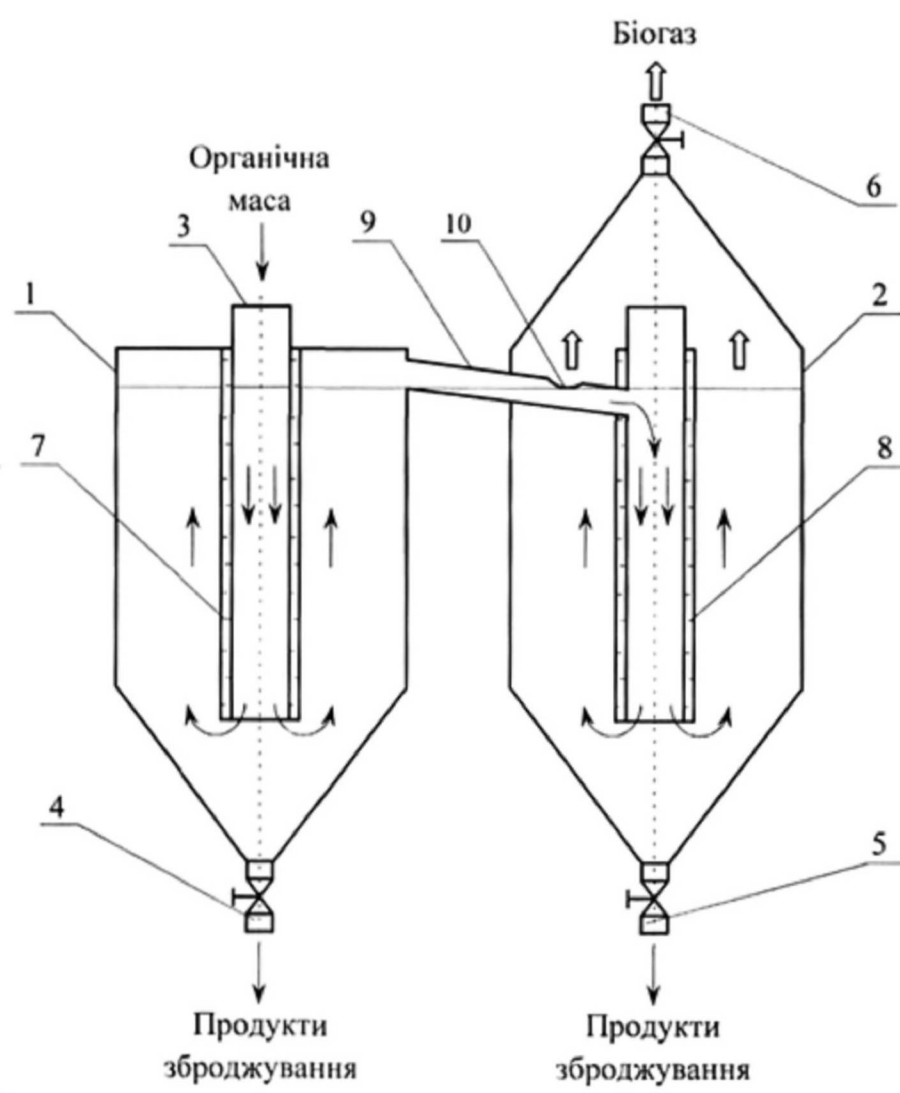


Рисунок 2 - Біогазова установка згідно патенту на винахід №127134

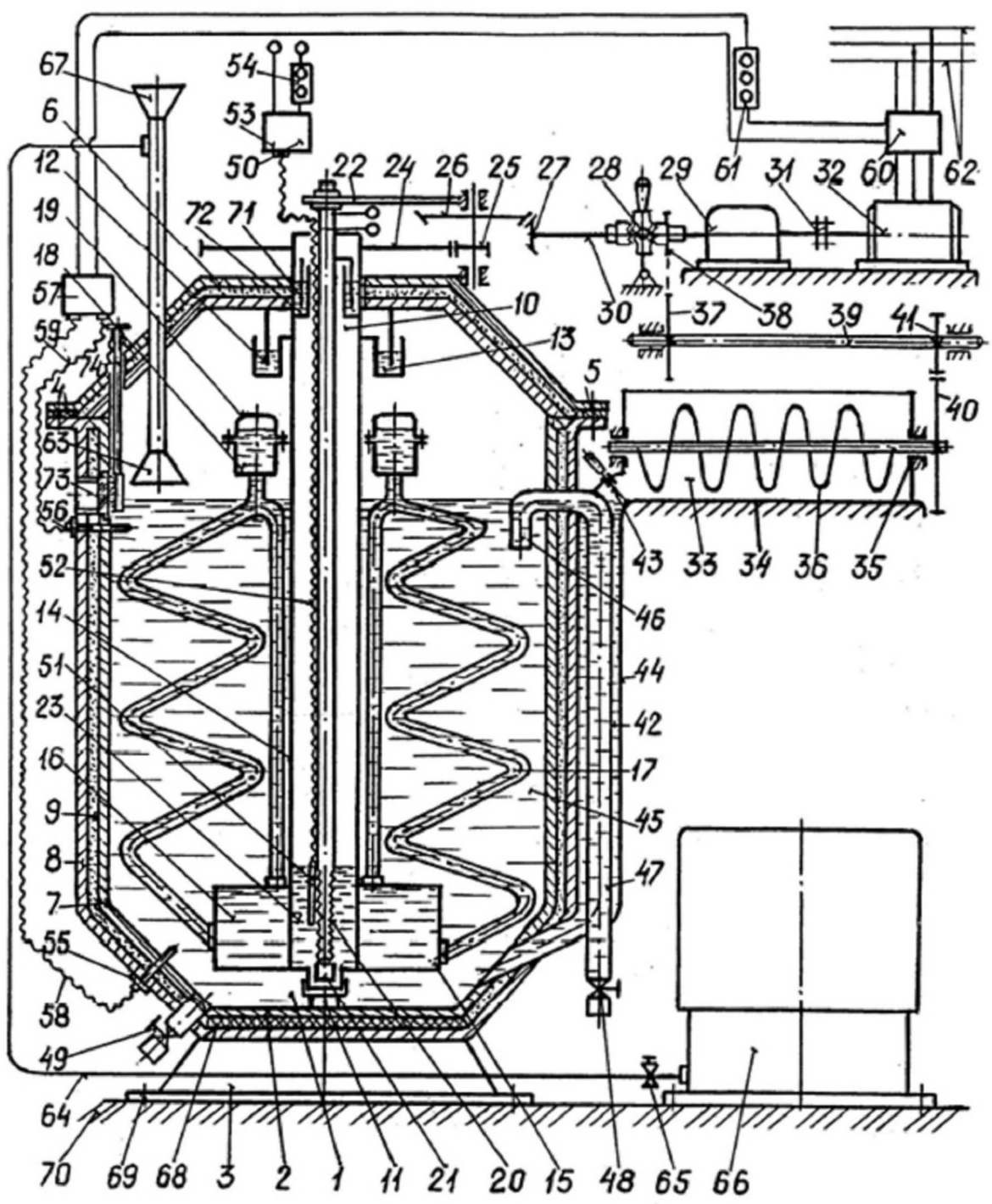


Рисунок 3 - Біогазова установка згідно патенту на винахід України №44141

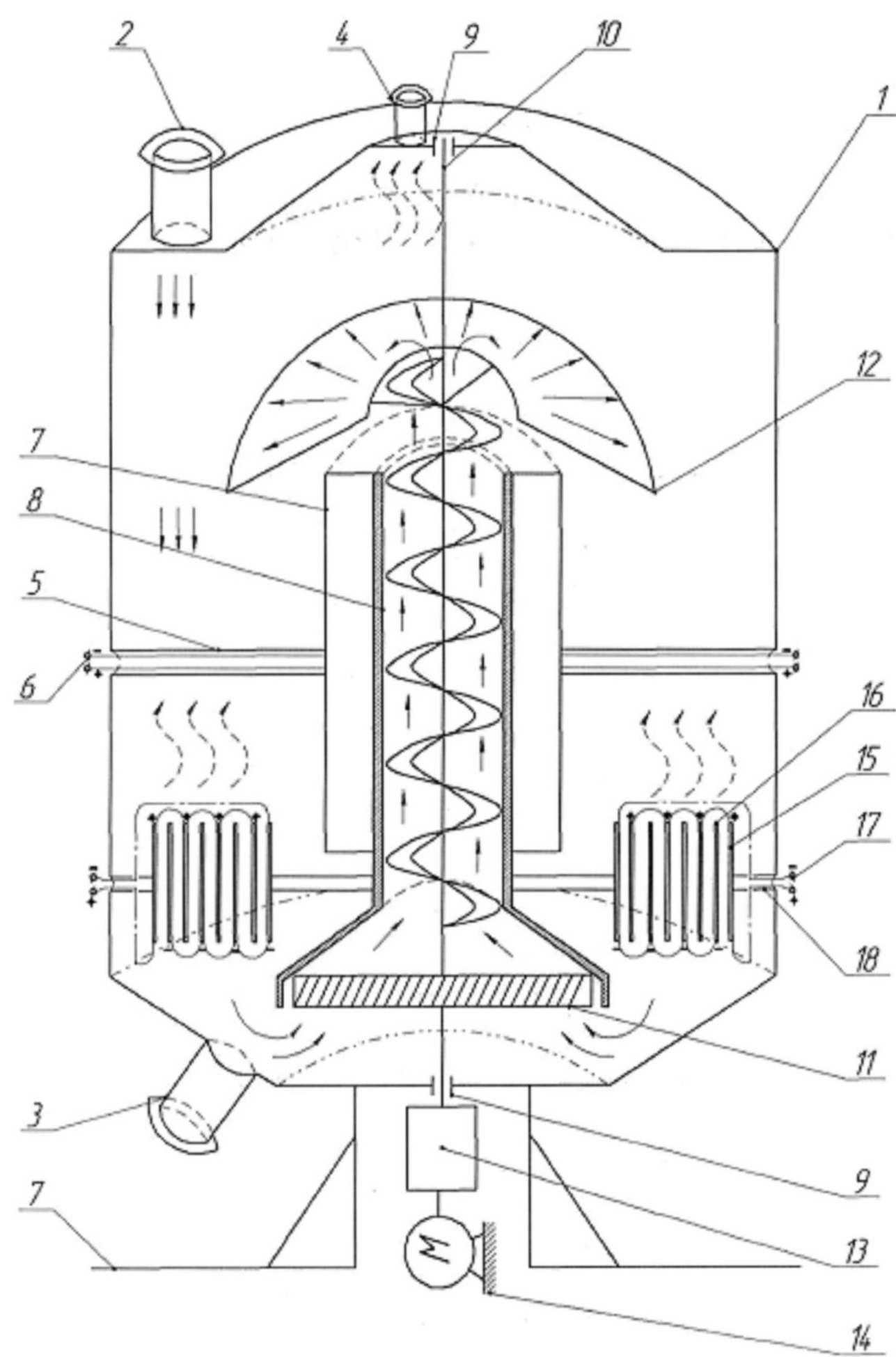


Рисунок 4 - Біогазова установка згідно патенту на корисну модель України №109559

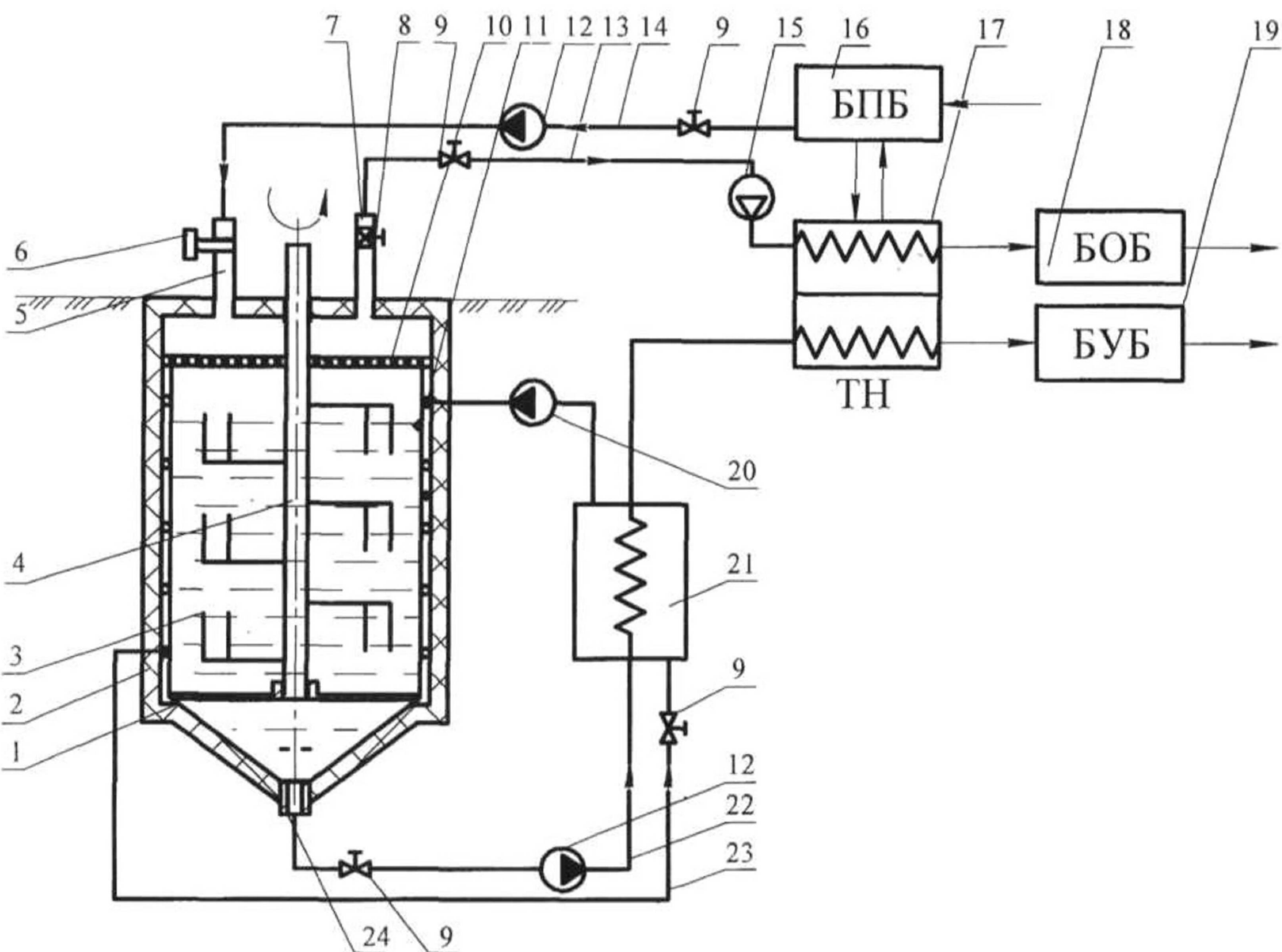


Рисунок 5 - Біогазова установка згідно патенту на корисну модель України №123919

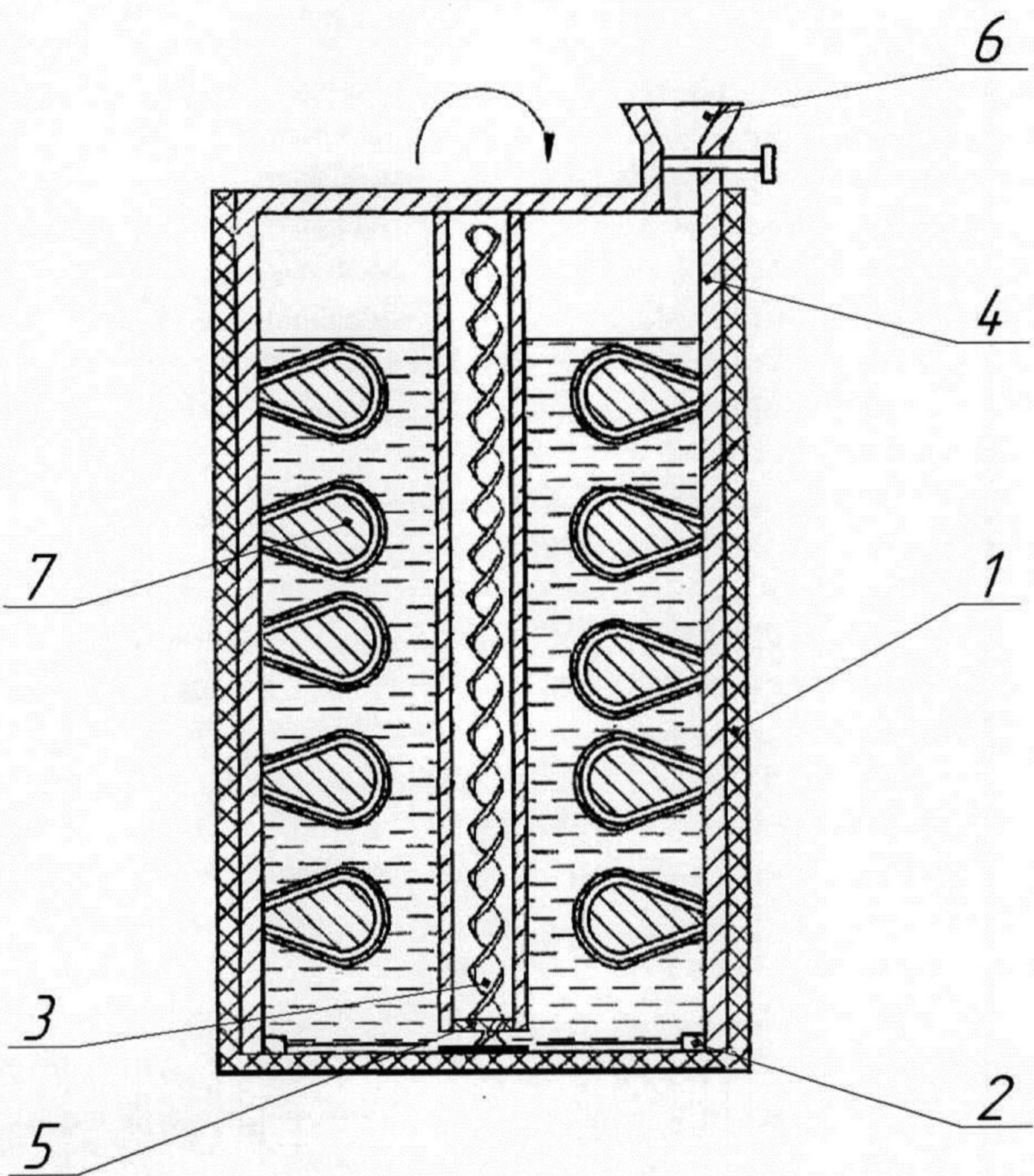
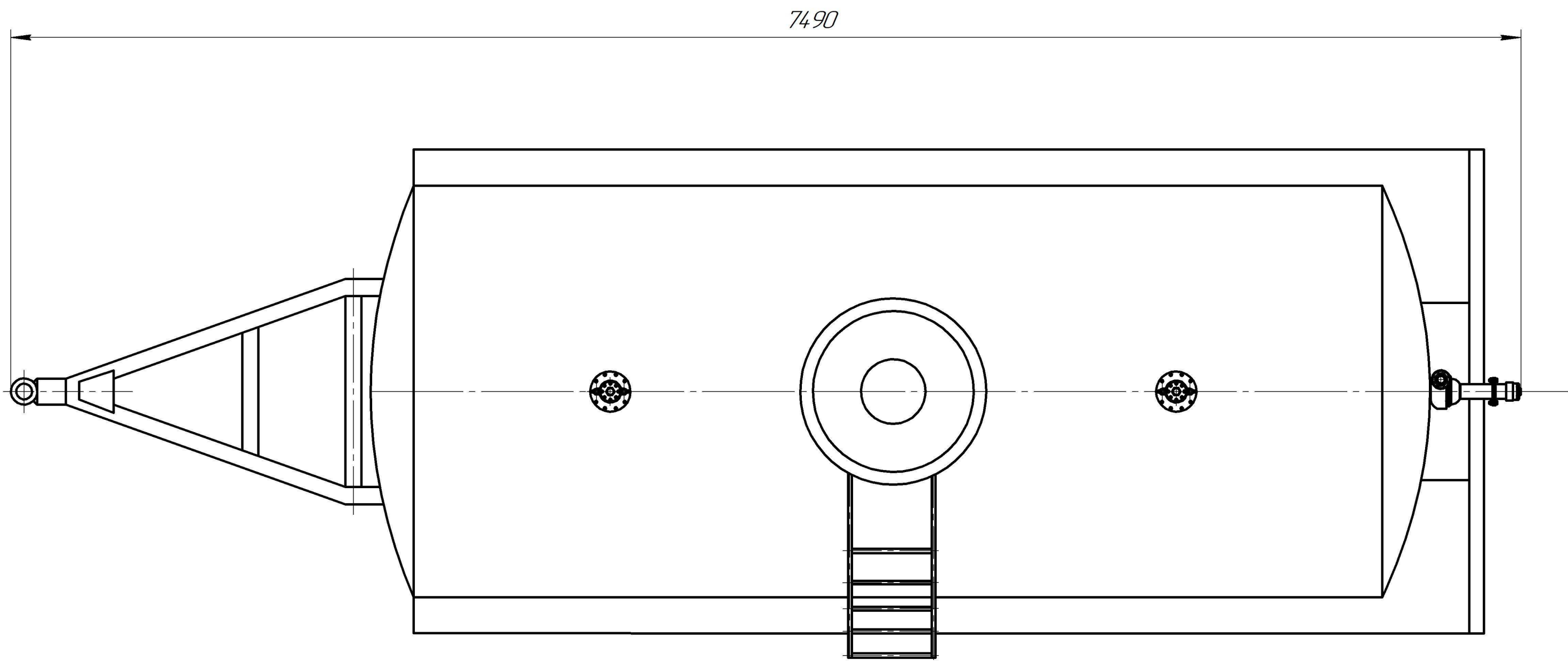
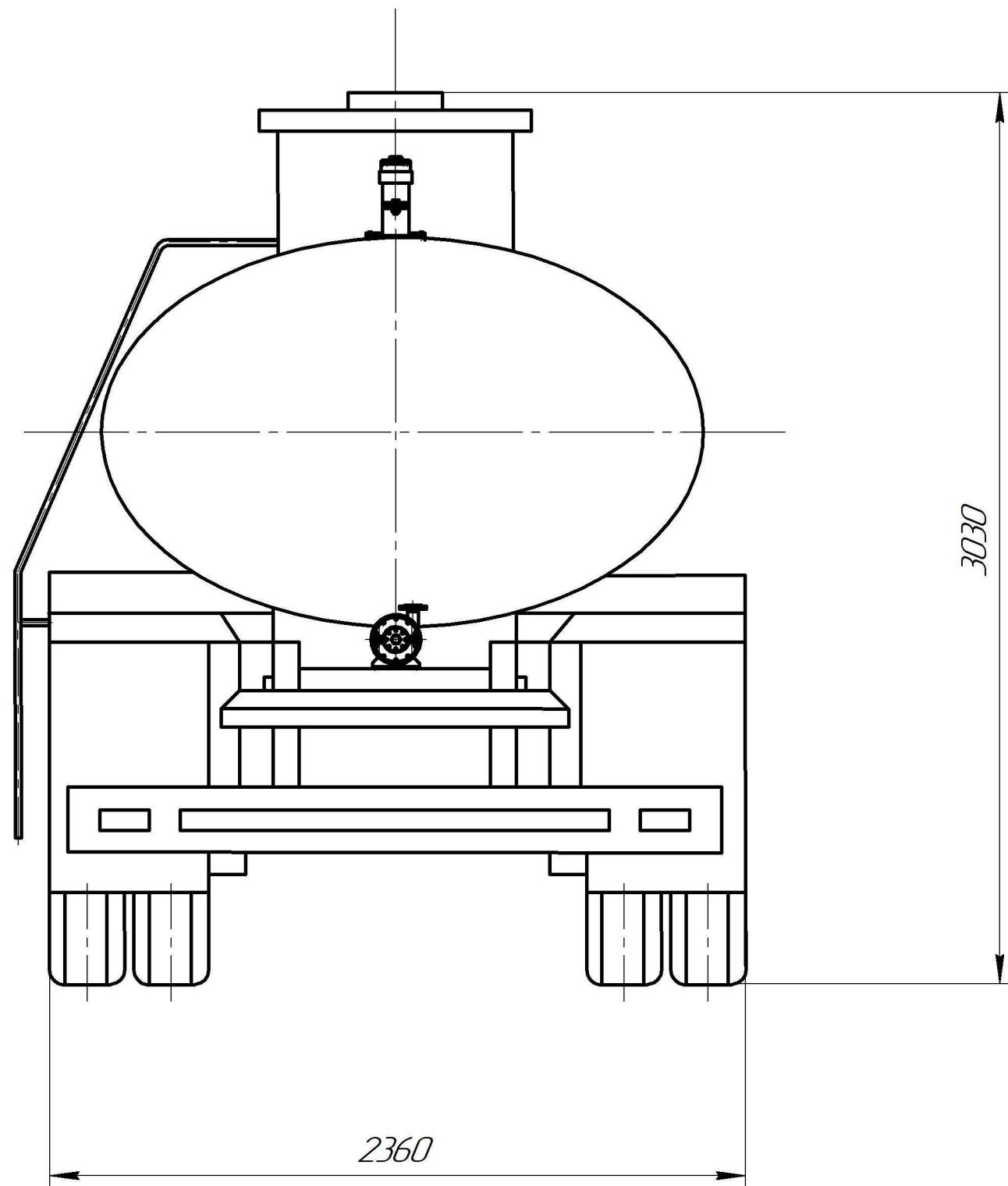
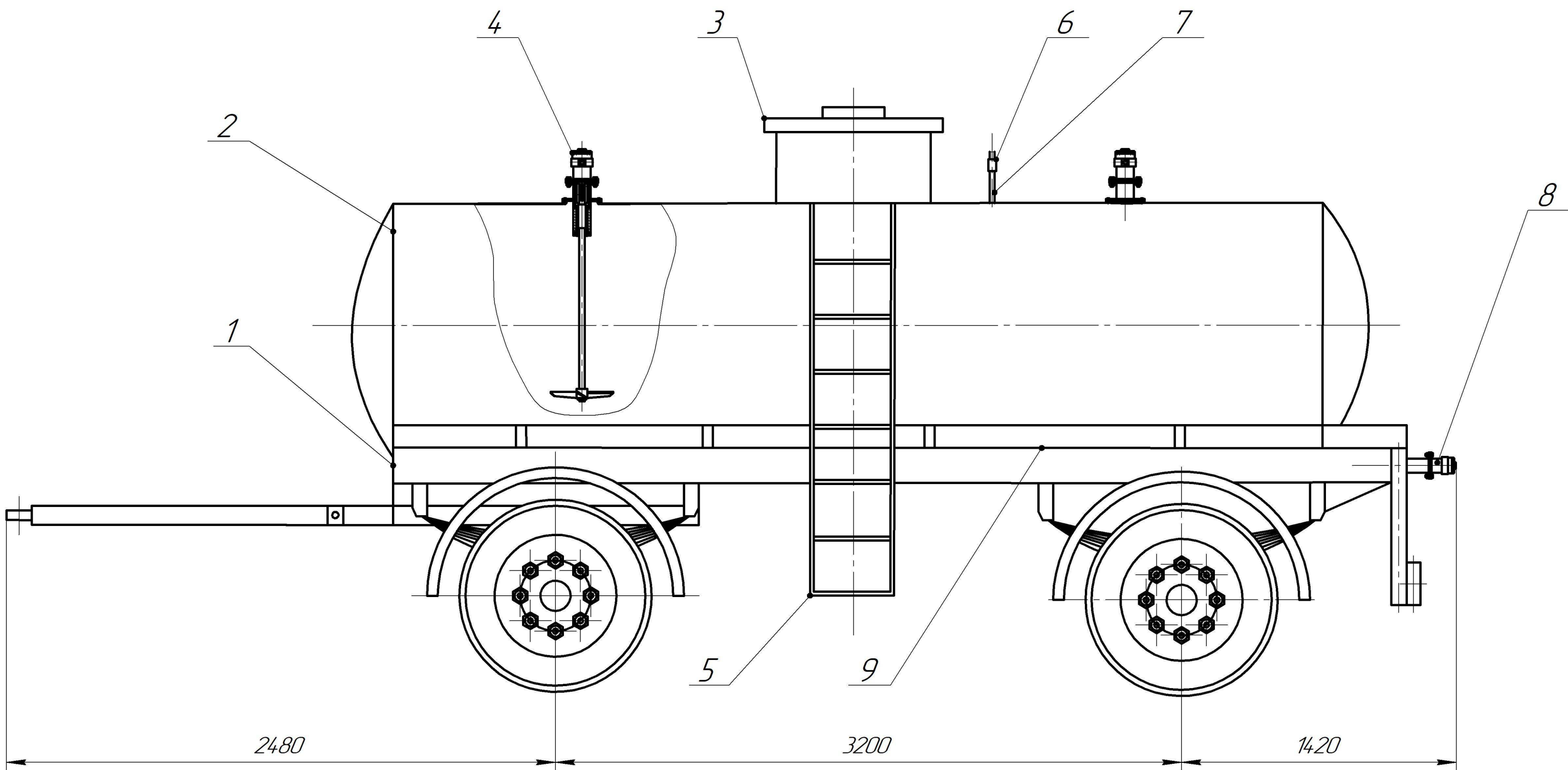


Рисунок 6 - Біогазова установка згідно патенту на корисну модель України №123934





### Технічні вимоги

- \* – розміри для довідок
- В насос заливати мастило ВМ-1, ВМ-4 або ВМ-6.
- При зборці виставити мінімальні монтажні зазори.
- Ведучий вал повинен прогнати без заїдання.
- При першому запуску включити насос при максимальній частоті на 10-15 хв.
- Після відкачки насос оглянути, при необхідності підтягнути підшипники і болтові з'єднання.
- Протікання в місцях нерухомих з'єднань не допускається.

### Технічні характеристики

- Об'єм реактора,  $m^3$ .....5;
- Частота поворотів мішалки, об/хв.....30;
- Густина субстрату,  $kg/m^3$ .....980;
- Потужність двигуна, Вт.....180;
- Максимальний тиск газу в установці, МПа.....0,5.

|        |       |              |             |                        |                                                 |  |               |        |          |
|--------|-------|--------------|-------------|------------------------|-------------------------------------------------|--|---------------|--------|----------|
|        |       |              |             | 08-62.БКР.18.00.000.В3 |                                                 |  |               |        |          |
| Эм     | Лист  | № докум      | Підп        | Дата                   | Мобільна біогазова установка<br>(Вид загальний) |  | Лист          | Маса   | Мощність |
| Разряд | Перев | Панькевич НС | Бакалейч ДВ | Тюкач                  |                                                 |  |               |        | 11       |
| Нкомпр | Затв  | Слабкий АВ   | Полещук ЛК  |                        |                                                 |  | Лист          | Листів | 1        |
|        |       |              |             |                        |                                                 |  | ВНТУ, 1ГМ-210 |        |          |



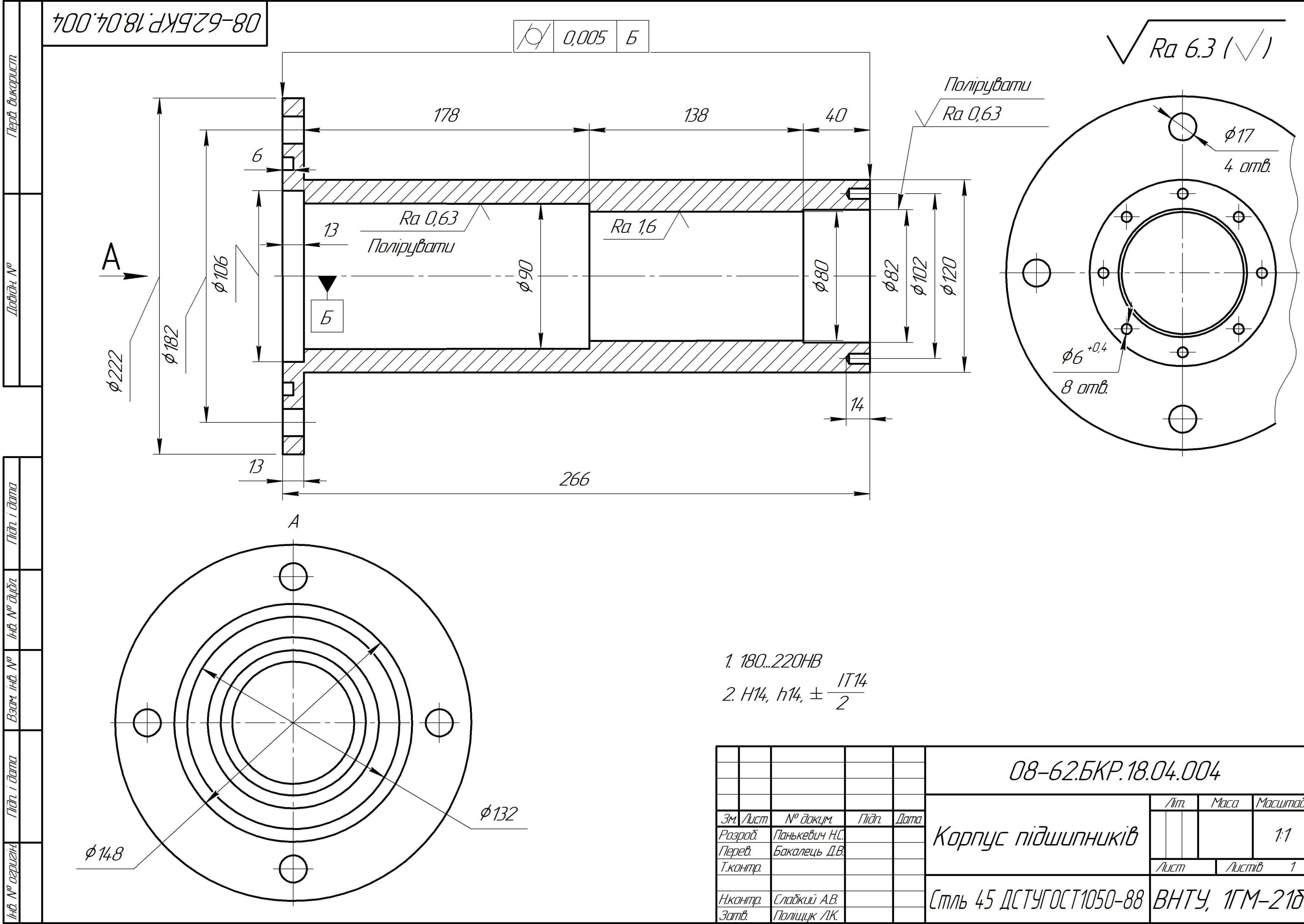


|         |              |         |            |         |                                                                        |                        |               |        |         |
|---------|--------------|---------|------------|---------|------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------|--------|---------|
|         |              |         |            |         |                                                                        | 08-62.5KP.18.04.000.CK |               |        |         |
| Эм      | Лист         | № докум | Подп       | Дата    | Мисалка мабільной<br>біагэзаваўчай устанавкі<br>(складавыя крэсленьня) |                        | Арт           | Маса   | Масштаб |
| Разраб  | Панькевич АС | Лерев   | Бокальч ДВ | І.кантр |                                                                        |                        |               |        |         |
| Н.кантр | Слабкий АВ   | Затв    | Поліщук ЛК |         |                                                                        |                        | Лист          | Листів | 1       |
|         |              |         |            |         |                                                                        |                        | ВНТУ, 1ГМ-218 |        |         |









Додаток В

**СПЕЦИФІКАЦІЇ**

**«РОЗРОБКА ЛОПАТЕВОЇ МІШАЛКИ МОБІЛЬНОЇ БІОГАЗОВОЇ  
УСТАНОВКИ»**

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

[illegible]



[illegible]

[illegible]





[illegible]

Додаток Г

**ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ  
ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

**«РОЗРОБКА ЛОПАТЕВОЇ МІШАЛКИ МОБІЛЬНОЇ БІОГАЗОВОЇ  
УСТАНОВКИ»**

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.БКП.18.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 110  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Розробка лопатевої мішалки мобільної біогазової установки.

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота

Підрозділ: кафедра галузевого машинобудування, ФМТ, гр. 1ГМ-216  
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 16 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

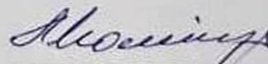
- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

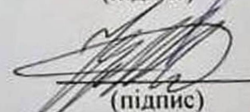
Експертна комісія:

Поліщук Л.К., зав. кафедри ГМ  
(прізвище, ініціали, посада)

Шенфельд В.Й., доцент кафедри ГМ  
(прізвище, ініціали, посада)

Особа, відповідальна за перевірку

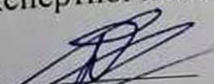
  
(підпис)

  
(підпис)

Шенфельд В.Й.  
(прізвище, ініціали)

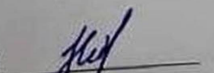
З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник

  
(підпис)

Бакалець Д.В., к.т.н., доцент  
(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач

  
(підпис)

Панькевич Н.С.  
(прізвище, ініціали)