

## Интенсификация процесса выработки биогаза

*А.П. Пирожникова, Д.В. Кулагин*

*Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** Использование биогазовых комплексов нашло широкое применение, прежде всего, в качестве решения экологических проблем, связанных с утилизацией отходов агропромышленного комплекса, а также получения дополнительных видов энергии и органических удобрений. Разработано множество конструкций биогазовых установок, подходящих для работы в различных климатических условиях. Выбор конструкции биогазовой установки является важнейшим этапом процесса планирования. В статье рассматривается усовершенствование установки биореактора с целью получения большего объема конечного сырья, повышающего его качество и КПД установки в целом. Определены условия, способствующие повышению эффективности работы биогазовых установок.

**Ключевые слова:** биомасса, биогазовая установка, процесс выработки газа, утилизация отходов, вредные выбросы.

Проблема утилизации и переработки отходов все чаще привлекает к себе внимание общественности. На сегодняшний день энергетическая переработка отходов и их утилизация находят решение, прежде всего, в биоэнергетическом спектре технологий. Биоэнергетика – одно из ключевых направлений возобновляемых источников энергии, в котором для получения альтернативной энергии используются различные виды органической биомассы.

Биомасса как вид первичной энергии, имеет наибольший потенциал среди всех источников возобновляемой энергии, по экономическим показателям ее можно сравнивать с эффективным использованием потенциала гидроэнергоресурсов для ГЭС малой мощности. По данным информационно-аналитического агентства «ИНФОБИО», в Европе и США производство биогаза сконцентрировано в наибольшей степени, при этом многие страны мира также развивают это энергетическое направление [1,2].

В Европе наибольшее количество биогаза производится из отходов сельского хозяйства, предприятий и органических отходов частных домохозяйств (5,1 ГВт) По анализу экспертов, на территории Российской Федерации ежегодно вырабатывается до 15 млрд т. биомассы, энергия которой сопоставима с 8 млрд т. условного топлива [3]. В 2022 году альтернативная энергетика в России все еще не является приоритетной, но продолжает развиваться.

Ошибочным мнением считается тот факт, что биогазовые станции являются лишь источником возобновляемых энергоресурсов. Действительно, в процессе работы установки образуется биогаз, дающий возможность минимизировать затраты энергоресурсов на нужды производства (тепло, электроэнергия) и получить определенную прибыль, но главным назначением биогазовой станции является экологически безопасная утилизация и переработка органических отходов, поэтому основное направление деятельности предприятий, эксплуатирующих биогазовые установки, заключается в оказании услуг рециклинга отходов [4].

При создании современных, экономически эффективных биогазовых технологий разрабатываются наилучшие конструктивные решения, которые обеспечивают снижение использования металла в конструкции, повышение энергоемкости установки, ее адаптации к энергетическим, экономическими экологическим условиям региона, в котором будет проходить эксплуатация [5]. В настоящее время, в связи с возрождением деятельности в области сельскохозяйственного производства, наблюдается спрос на маломощные установки с простым конструктивным устройством. Современные технологии предоставляют возможность их эксплуатации как в промышленном, так и в индивидуальном сегменте для производственных объектов и частных домовладений.

Известны установки для производства биогаза и органического экологически чистого удобрения, предназначение которых заключается в

---

сбраживании органических отходов сельскохозяйственного производства анаэробным способом [6-8]. Все эти установки имеют ряд существенных недоработок: сложность и дороговизна конструкции, используемой для перемешивания субстрата, изготовленной из перфорированной арматуры; наличие конструктивных узлов, подверженных износу. К конструктивным узлам относятся миксеры – механические перемешивающие устройства, которые ускоряют процесс образования газа; вероятность выхода из строя электромотора с мешалкой, что повлечет за собой экономические издержки.

В результате проведенных исследований предложена оптимальная схема биогазовой установки для эффективного функционирования, с отсутствием механических частей внутри герметичного резервуара [9]. Изобретение относится к области получения биогаза, целью которого является интенсификация процесса выработки газа, в полной мере оправдывает эффективность и целесообразность технически усовершенствованных конструктивных элементов внутреннего устройства биоустановки.

Сущность изобретения заключается в том, что установка для переработки отходов сельскохозяйственной промышленности, включающая вертикальный резервуар с технологическими патрубками для подачи перерабатываемой биомассы, отводящий патрубок для биогаза, барботажное перемешивающее устройство, установленное в резервуаре и представляющее собой спиралевидную перфорированную трубу, отверстия которой выполнены в шахматном порядке, дополнительно включает установленные на опоры по центру резервуара конусообразные конструкции с V-образным выступом на конце, жестко закрепленные между собой и основанием установки, и к резервуару с внешней стороны смонтирован циркуляционный насос для перекачки субстрата в верхнюю зону установки.

---

Сущность изобретения поясняется рис. 1, на котором изображен вертикальный фронтальный разрез биогазовой установки А-А. Наименования приведенных деталей показаны в табл. 1.

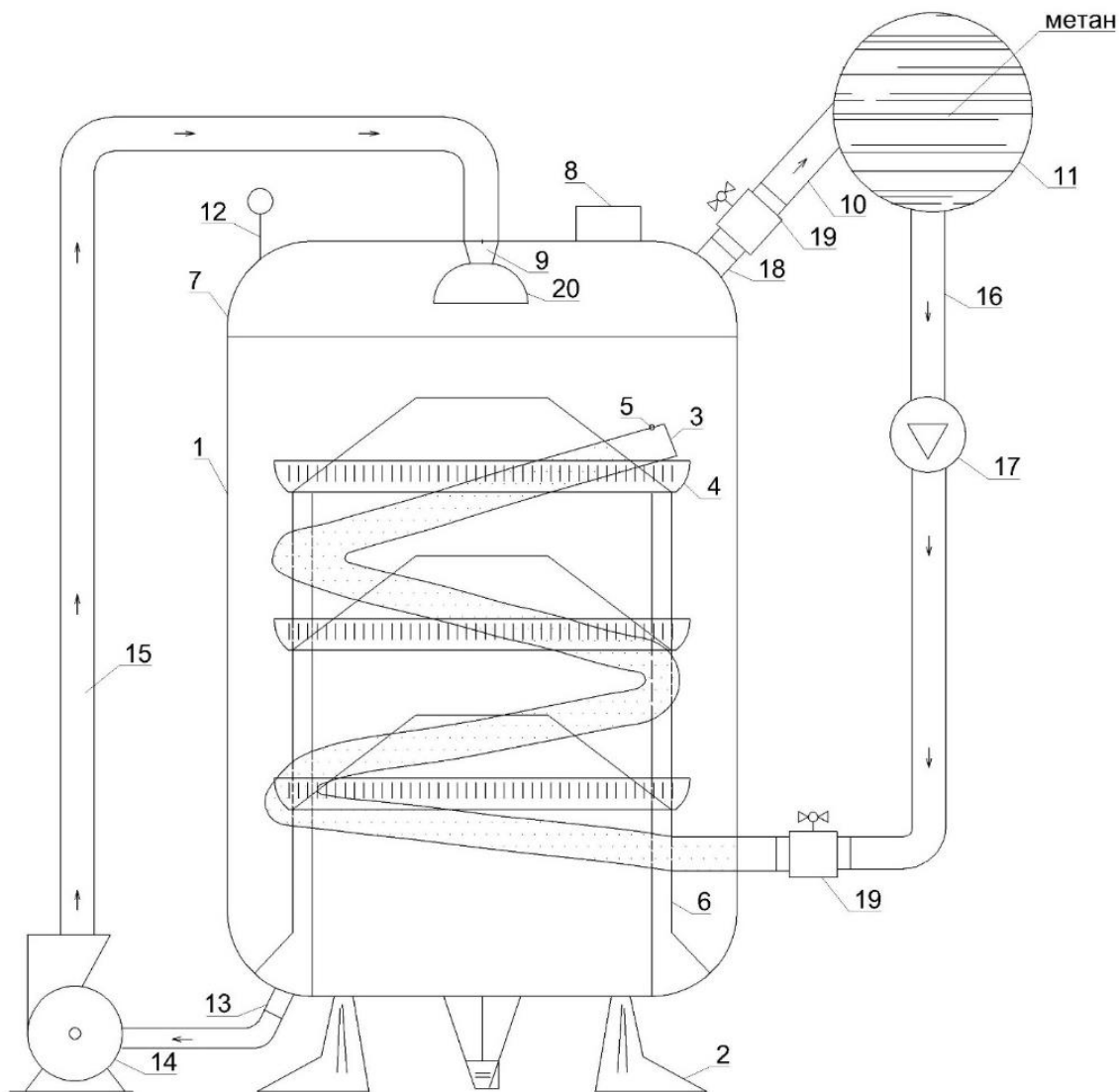


Рис. 1. – Установка для переработки отходов сельскохозяйственной промышленности

Таблица 1. – Наименование позиций установки для переработки отходов сельскохозяйственной промышленности

№ позиции	Наименование
-----------	--------------

1	резервуар цилиндрической формы
2	вертикальные опоры
3	барботажное перемешивающее устройство, в виде витков спиралевидной перфорированной трубы
4	конусообразные перемешивающие устройства с V – образным изгибом по краям
5	отверстия в спиралевидной трубе
6	опоры конусообразных перемешивающих устройств у основания резервуара 1
7	верхняя крышка резервуара
8	патрубок для транспортировки перерабатываемой биомассы в емкость, в которой происходят основные процессы образования газа
9	патрубок от трубопровода подачи субстрата
10	трубопровод выхода биогаза
11	газгольдер
12	датчик, смонтированный на верхней крышке резервуара
13	патрубок забора субстрата для подачи в верхнюю часть установки по трубопроводу
14	циркуляционный насос
15	трубопровод подачи субстрата
16	трубопровод
17	компрессор
18	патрубок для перемещения полученного в результате брожения отходов сельскохозяйственной промышленности газа
19	кран
20	дренчерный ороситель

Примененные в разработке технические решения способствуют увеличению срока службы установки, обеспечивают возможность наращивать объемы производства биогаза и применять метод когенерации.

Проведем сравнительный анализ эффективности изобретенной модели биоустановки с установкой, имеющей функцию механического перемешивания субстрата. При механическом способе перемешивания важной характеристикой эффективности работы является насосный эффект ( $V_p$ ) – объем жидкости, который мешалка может обработать в единицу времени. Высокие показатели данного эффекта зависят от конструкции и частоты вращения мешалки, а также вязкости перемешиваемого субстрата. Чем выше вязкость, тем ниже эффективность процесса.

$$V_p = \pi \times d \times w, \quad (1)$$

где  $w$  – средняя скорость жидкости, проходящей через лопасти мешалки;  $d$  – диаметр окружности, описываемой крайней точкой лопасти, м;  $\pi$  – диаметр емкости, м [10].

При вращении мешалки, под действием центробежной силы, поток жидкости разделяется на два радиально противоположных: один движется вверх, другой – вниз. Из-за этого эффекта возникают застойные зоны, рис. 2, в которых перемешивание субстрата неэффективно по причине минимального завихрения потока жидкости.

Особенность представленной модели биоустановки заключается в том, что при циркуляционном перемешивании поток жидкости проходит через весь полезный объем резервуара, передавая часть своей энергии препятствию в виде стационарного немеханического устройства, рис. 3. Процесс дополняет сопло, из которого субстрат подается в верхние слои резервуара, тем самым приводя массу на поверхности в движение.

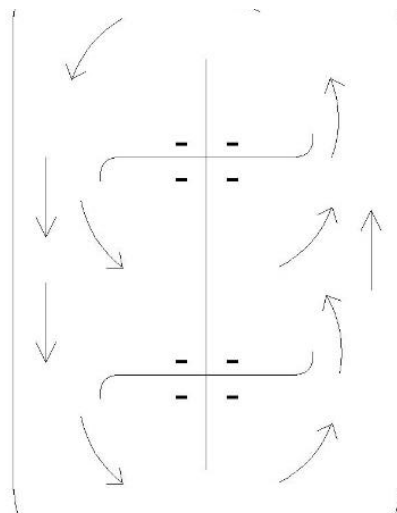


Рис. 2. – Траектория движения жидкости в биореакторе с механическим перемешивающим устройством

Турбулентные потоки, возникающие в результате удара субстрата об элементы, располагающиеся во внутренней части установки, ускоряют процесс образования биогаза, что в конечном счете и является основной задачей.

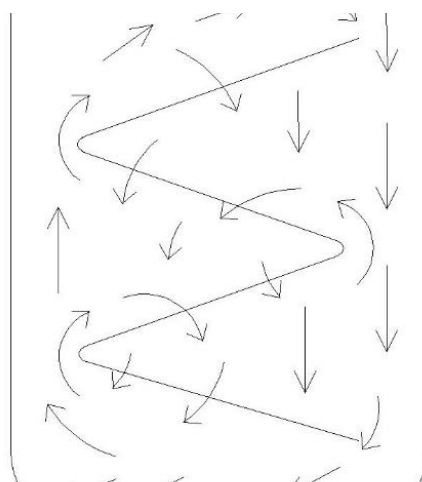


Рис. 3. – Траектория движения жидкости в биореакторе с немеханическим перемешивающим устройством

Техническим результатом разработки является улучшение конструкции установки, увеличение срока службы и повышение эффективности при применении данной технологии. Показатель эффективности работы по

достижению поставленной задачи – получение практически значимых результатов научных исследований.

Биоэнергетика является одним из наиболее перспективных видов возобновляемых энергетических источников, и прежде всего – в области использования отходов. Но существующие в настоящее время научно-технологические наработки в сфере биоэнергетики недостаточны и требуют дальнейшего улучшения и усовершенствования. Производство и использование биоэнергетических установок в качестве генерирующих объектов системы малой распределенной энергетики дадут возможность гибкого использования особенностей региональных ресурсных баз, что гарантированно приведет к снижению экологической напряженности за счет утилизации отходов и вредных выбросов от энергетических установок и автотранспорта.

### Литература

1. Eriksson P., Olsson M. The potential of bio gas as Vehicle Fuel in Europe - A technological innovation systems analysis of the emerging bio methane technology. URL: [publications lib.chalmers.se/records/fulltext/43365.pdf](http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/43365.pdf).
2. Технологическая Платформа «Биоэнергетика». Стратегическая Программа Исследований–2021. Москва. URL: [tr-bioenergy.ru/upload/file/spi\\_bioenergy\\_2021.pdf](http://tr-bioenergy.ru/upload/file/spi_bioenergy_2021.pdf).
3. Фарков А.Г. Потенциал использования биогаза в регионах аграрной специализации // Инженерный вестник Дона. 2013. №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1546](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1546).
4. Лисутина Л. А., Павлов А.В. Комплексная система управления отходами в Ростовской области // Инженерный вестник Дона. 2013. №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1964](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1964).
5. Broughton M.J., Ghiele J.H., Birch E.J. et al. Anaerobic batch digestion of sheep tallow //Water Res. - 1998. - V.32, No5. - pp. 1423-1428.



6. Голубенко М.И., Биогазовая установка для сбраживания органических отходов сельскохозяйственного производства с получением биогаза // патент на изобретение RU2651940C1 14.07.2017. URL: [yandex.ru/patents/doc/RU2651940C1\\_20180424](http://yandex.ru/patents/doc/RU2651940C1_20180424).

7. Ямпиров С.С., Дьячковская Л.Н., Друзьянова В.П., Биогазовая установка// Патент на изобретение RU 2605312C1 27.05.2016. URL: [patenton.ru/patent/RU2605312C1](http://patenton.ru/patent/RU2605312C1).

8. Ямпиров С.С., Друзьянова В.П., Кобякова Е.Н, Дьячковская Л.Н., Биогазовая установка // Патент на изобретение RU2567649C1 30.12.2014. URL: [patenton.ru/patent/RU2567649C1](http://patenton.ru/patent/RU2567649C1).

9. Пирожникова А.П., Кулагин Д.В., Установка для переработки отходов сельскохозяйственной промышленности// Патент на изобретение RU2567649C1 16.02.2022. URL: [patenton.ru/patent/RU2567649C1](http://patenton.ru/patent/RU2567649C1)

10. Беззубцева М.М., Волков В.С. К вопросу моделирования процесса перемешивания суспензий в электромеханических диспергаторах //Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – №. 1 (54). – С. 112-118.

### References

1. Eriksson P., Olsson M. The potential of biogas as Vehicle Fuel in Europe. A technological innovation systems analysis of the emerging bio methane technology. URL: [publications lib.chalmers.se/records/fulltext/43365.pdf](http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/43365.pdf).

2. Tekhnologicheskaya Platforma «Bioenergetika». Strategicheskaya Programma Issledovaniy–2021. Moskva. [Technology Platform "Bioenergetics" Strategic Research Program–2021.] URL: [tp-bioenergy.ru/upload/file/spi\\_bioenergy\\_2021.pdf](http://tp-bioenergy.ru/upload/file/spi_bioenergy_2021.pdf).

3. Farkov A.G. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1546](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1546).

4. Lisutina L. A., Pavlov A.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1964](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1964).

---

5. Broughton M.J., Ghiele J.H., Birch E.J. et al. Water Res. - 1998. - V.32, No5.-P. 1423-1428

6. Golubenko M.I., Biogazovaya ustanovka dlya sbrazhivaniya organicheskikh othodov sel'skohozyajstvennogo proizvodstva s polucheniem biogaza. Patent na izobrenie RU2651940C1 14.07.2017. [Biogas plant for fermentation of organic waste from agricultural production to produce biogas. Patent for the invention RU2651940C1 14.07.2017.] URL: [yandex.ru/patents/doc/RU2651940C1\\_20180424](http://yandex.ru/patents/doc/RU2651940C1_20180424).

7. Yampilov S.S., D'yachkovskaya L.N., Druz'yanova V.P., Biogazovaya ustanovka. Patent na izobrenie RU 2605312C1 27.05.2016. [Biogas plant. Patent for the invention RU 2605312C1 27.05.2016]. URL: [patenton.ru/patent/RU2605312C1](http://patenton.ru/patent/RU2605312C1).

8. Yampilov S.S., Druz'yanova V.P., Kobyakova E.N, D'yachkovskaya L.N., Biogazovaya ustanovka. Patent na izobrenie RU2567649C1 30.12.2014. [Biogas plant. Patent for the invention RU2567649C1 30.12.2014]. URL: [patenton.ru/patent/RU2567649C1](http://patenton.ru/patent/RU2567649C1).

9. Pirozhnikova A.P., Kulagin D.V., Ustanovka dlya pererabotki othodov sel'skohozyajstvennoj promyshlennosti Patent na izobrenie RU2567649C1 16.02.2022. [Installation for processing agricultural industry waste. Patent for the invention RU2567649C1 02/16/2022.] URL: [patenton.ru/patent/RU2567649C1](http://patenton.ru/patent/RU2567649C1).

10. Bezzubceva M. M., Volkov V. S. Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. №. 1 (54). Pp. 112-118.