

ФИЗИКА, ФИЗИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ ФИЗИКА, МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ

МРНТИ 62.01.77
УДК 004.312.222:636

<https://doi.org/10.51889/2020-3.1728-7901.13>

З. К. Айтбаева¹, Д. У. Маматаева¹

¹Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА ОБРАБОТКИ СЫРЬЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕМ, ГОМОГЕНИЗАЦИЕЙ И КАВИТАЦИОННОЙ ДЕСТРУКЦИЕЙ

Аннотация

На основе функционального описания схемы первичной подготовки отходов крупно рогатого скота и сбраживания субстрата в психрофильном режиме, разработано устройство обработки сырья измельчением, гомогенизацией и кавитационной деструкцией. Рассмотрены закономерности измельчения и однородности состава субстрата, распространения теплоты и анаэробного сбраживания в психрофильном режиме в биореакторе. В отходах животноводства имеются разные твердые частицы, как песок, глина и др., которое обуславливает образование осадка, легкие же материалы как солома и др. поднимаются на поверхность биореактора и образуют корку, что ведет к уменьшению газообразования. Поэтому необходимо измельчать перед загрузкой в реактор растительные остатки – солому, объедки и др. и стремиться к отсутствию твердых веществ в сырье. Произведен расчет определения объема трубы. Определено количество циклов, необходимых для проведения первичной обработки сырья максимально-возможного объема биомассы. Разработана конструктивно-технологическая схема устройства обработки сырья путем измельчения, гомогенизации и кавитационной деструкцией.

Ключевые слова: биогаз, гомогенизация, кавитация, субстрат, биореактор, диспергатор, героторный насос.

Аңдатпа

З.К. Айтбаева¹, Д.У. Маматаева¹

¹М. Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз, Қазақстан

ҚҰРЫЛЫС МАТЕРИАЛДАРЫН ӨНДЕУ, ГОМОГЕНИЗАЦИЯЛАУ ЖӘНЕ КАВИТАЦИЯЛЫҚ ҚҰРАЛДАРДЫ ҚҰРЫЛҒАНЫҢ ҚҰРЫЛЫС-ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖОСПАРЫН ДАМУ

Ірі қара малдың қалдықтарын бастапқы дайындау және психрофильді режимде субстратты ашыту схемасының функционалдық сипаттамасы негізінде шикізатты ұсақтау, гомогенизация және кавитациялық деструкция өңдеу құрылғысы әзірленді. Биореактордағы психрофильді режимде субстрат құрамының ұсақталуы және біртектілігі, жылулық таралуы және анаэробты ашыту заңдылықтары қарастырылған. Мал шаруашылығы қалдықтарында құм, балшық және т.б. сол сияқты әртүрлі қатты бөлшектер бар, олардың пайда болуына себепші болады, жеңіл материалдар сабан сияқты және т.б. биореактордың бетіне көтеріледі және қабықты құрайды, бұл газ түзілуінің азаюына әкеледі. Сондықтан реакторға өсімдік қалдықтарын – тұзды, тұнбаларды және т.б. тиеу алдында ұсақтау және шикізатта қатты заттардың болмауына ұмтылу қажет. Құбыр көлемін анықтау есебі жүргізілді. Биомассаның ең жоғары-мүмкін болатын көлемін шикізатты бастапқы өңдеуді жүргізу үшін қажетті циклдардың саны анықталды. Ұнтақтау, гомогенизациялау және кавитациялық деструкция жолымен шикізатты өңдеу құрылғысының конструктивтік-технологиялық схемасы әзірленді.

Түйін сөздер: биогаз, гомогенизация, кавитация, субстрат, биореактор, диспергатор, героторлықсорғы.

Abstract

DEVELOPMENT OF THE CONSTRUCTIVE-TECHNOLOGICAL SCHEME OF THE DEVICE FOR RAW PROCESSING OF RAW MATERIALS BY GRINDING, HOMOGENIZATION AND CAVITATION DESTRUCTION

Aitbayeva Z. K.¹, Mamataeva D. U.¹

¹M. H. Dulati Taraz state University, Taraz, Kazakhstan

Based on the functional description of the scheme for the primary preparation of cattle waste and fermentation of the substrate in a psychrophilic mode, a device for processing raw materials by grinding, homogenization, and cavitation destruction has been developed. The regularities of grinding and uniformity of the composition of the substrate, the distribution of heat and anaerobic digestion in a psychrophilic mode in a bioreactor are considered. There are various

solid particles in livestock waste, such as sand, clay, etc., which causes the formation of sediment, while light materials like straw and others rise to the surface of the bioreactor and form a crust, which leads to a decrease in gas formation. Therefore, it is necessary to grind plant residues – straw, scraps, etc., before loading into the reactor, and strive for the absence of solids in the feed. The calculation of determining the volume of the pipe. The number of cycles required for the primary processing of raw materials of the maximum possible volume of biomass is determined. A structural and technological scheme of a device for processing raw materials by grinding, homogenization and cavitation distraction has been developed.

Keywords: biogas plants, biogas, homogenization, cavitation, substrate, bioreactor, dispersant, gerotor pump.

Анализ источников литературы выявил, что для обработки остатков животноводства, также для обеспечения биотехнологического хода распада органических компонентов в полезную энергию и продукты используют анаэробное сбраживание, компостирование, термохимическую обработку, вермикомпостирование и комплексные технологии [1]. Одним из возможных методов извлечения энергии с биомассы животного, также частично растительного происхождения является его анаэробное сбраживание. Биогазовые установки также выполняют роль очистных сооружений, которые уменьшают химическое и бактериальное загрязнение почвы, воды, воздуха и отходов до нейтральных минерализованных продуктов [1]. Технология метанового сбраживания позволяет получать биогаз, высококачественные удобрения и добавки из белково-витаминных кормов и по существу является безотходной. Топливный или приподоохраный акцент зависит от конкретных условий, но в большинстве случаев в промышленно развитых странах строительство биогазовых установок обусловлено необходимостью решения экологических проблем [2].

Кислотообразующие также метано-образующие бактерии попадают в природе везде, в той частности животных фекалиях. К примеру крупнорогатый скот включает целый набор микроорганизмов, требуемых для сбраживания навоза, также процесс метановой ферментации начинается в кишечнике. По этой причине навоз КРС считается одним из исходных материалов процесса сбраживания, которое проходит при следующих обстоятельствах [1]:

- при поддержке анаэробных обстоятельств внутри реактора;
- при температурном порядке; присутствие питательных элементов для микроорганизмов;
- при выборе времени сбраживания также своевременной погрузке и выгрузке сырья;
- при соответствии кислотно-щелочного баланса;
- при соблюдении соотношения углерода и азота;
- при выборе правильного содержания влаги внутри сырья;
- при регулярном перемешивании и отсутствии ингибиторов процесса.

В ходе метанового сбраживания сырье раздробляется на диоксид углерода и метан, который может составлять до 70%. Технологический процесс анаэробного переваривания биомассы осуществляется без доступа к кислороду в специальных реакторах-метановых емкостях. Важность метанового сбраживания является наличие подходящих технологических обстоятельств в биореакторе: доступ к кислороду, температура, необходимая концентрация питательных элементов, подходящий уровень pH, недостаток либо невысокая концентрация токсичных элементов [2].

Биогазовые комплексы метанового сбраживания включают следующие системы:

- оборудования подготовки и поставки сырья в биореактор;
- биореактор (метан) с системой поддержания постоянной температуры и других компонентов;
- системы хранения и использования биогаза;
- системы сброса и транспортировки шлама.

Использование кавитационного деспергатора обеспечивает тонкое измельчение и гомогенизацию сырья. Далее измельченное сырье отправляется в подготовительную емкость, где смешивается с водой и происходит ее измельчение до требуемой величины в УОС, состоящее из мацератора, гетероторного насоса и диспергатора [3].

Использование биогаза обеспечивает возможность получения тепловой и электрической энергии, что особенно привлекательно для ферм. Благодаря массовому распространению биогазовых технологий в сельских районах может быть достигнута значительная экономия на органическом топливе. При базовом функционировании биореактора, получается метан 60-70%, и диоксида углерода 30-40%, сероводорода 0-3%, остальные примеси не рассматриваются в данной работе. Биогаз не имеет неприятного запаха, его нетто-теплотворная способность составляет 25 МДж/м³. Количество биогаза, которое может быть извлечено из различных сельскохозяйственных отходов, остатков и смесей в оптимальных условиях анаэробной обработки, зависит от количества субстрата,

условий процесса, бактериальной композиции в реакторе и т.д. Обычно 2-4% исходного продукта сбрасывается. Выход газа составляет 0,2-0,4 м³ из 1 кг ферментируемого сухого материала в нормальных условиях и потребления 50 кг сухой биомассы на 1 м³ воды [4].

Остаток, образующийся в процессе производства биогаза, содержит значительное количество питательных веществ и может эффективно использоваться в качестве удобрения. Состав остатка, полученного из анаэробной переработки отходов животноводства, зависит от химического состава загружаемого сырья в реактор. В период ферментации в среднем 30 процентов органического элемента разлагается, то, что является 1-2 процента от массы жидкого навоза. Величина осадка в качестве удобрения зависит от его химического состава. В процессе сбрасывания уменьшается только содержание углерода и, следовательно, отношение C/N. Фосфор, калий и азот полностью сохраняются в биообработке, биогаз может содержать только их следы. При хранении в открытых контейнерах в течение длительного времени потери азота могут происходить в виде аммиака [3].

Существующие в мире биогазовые технологии классифицируются: методами обработки и загрузки органического сырья, методами сбора и отбора биогаза, по используемым для их сооружения материалам, горизонтальному или вертикальному расположению биореактора, подземной или наземной конструкции, а также по использованию специальных дополнительных устройств.

Емкость для смешивания сырья может быть разных размеров и форм, в зависимости от органического сырья. Емкость содержит устройство для перемешивания мешалкой субстрата, совмещенными с оборудованием для измельчения, гомогенизации и деструкции отходов животноводства, а также блоками автоматики, насосами для загрузки и отгрузки субстрата из биореактора [5]. Обязательными устройствами является оборудование для подогрева субстрата, для предотвращения замедления процесса сбрасывания сырья в биореакторе [6-7]. Например, медленное перемешивание сырья через каждые 4 - 6 часов мешалками, способствует увеличению выхода биогаза при сбрасывании отходов животноводства в биореакторе (таблица 1) [6-7].

Таблица 1. Выход биогаза при различных способах перемешивания

Способ перемешивания	Выход биогаза (л/л/сут)	Выход метана (л/г СВ)
Отсутствие перемешивания	0,92	0,19
Механическое перемешивание	1,14	0,23
Пневматическое перемешивание	1,07	0,21
Гидравлическое перемешивание	1,20	0,24

В исследовательской работе разработана конструктивно-технологическая схема устройства обработки сырья, путем измельчения, гомогенизации и кавитационной деструкции. На рисунке 1, представлены функциональные объекты предварительной обработки отходов животноводства и анаэробного сбрасывания субстрата в психрофильном режиме.

Описание.

В биореактор 1, поступает предварительно измельченное бесподстилочное органическое сырье (навоз КРС) 2 массой 600 литров, влажностью 80-85%, там оно смешивается с водой комнатной температуры, в пропорции 1:1, до получения влажности 92%. Из Биореактора 1 сырье поступает по трубе 3, с помощью насоса 4, в шнековый сепаратор 5, с производительностью 65 м³ /ч и скоростью вращения ≈ 1450 об./мин, где происходит измельчение крупных частиц сырья.

Далее предварительно измельченная биомасса поступает в емкость 6. На входе в систему обработки сырья (9, 10, 11) поступает биомасса, состоящая из навоза КРС и воды, в соотношении 1:1, общей влажностью 92%, что является оптимальной влажностью для обработки сырья в биореакторе. Поступая в мацератор 9, измельчаются имеющиеся в составе биомассы длинные волокнистые включения и одновременно отделяются тяжелые примеси. Далее, героторный насос 10, перекачивает биомассу и диспергатор 11, тонко измельчает биомассу и создает однородную смесь. Система обработки сырья – это циклическое измельчение, при котором биомасса измельчается до необходимых размеров частиц. Пока биомасса находится в емкости 6, она периодически перемешивается автоматической мешалкой 7. Во время измельчения биомассы в емкости 6, выделяется углерод, выход CO₂ проходит по трубе 13. Когда биомасса достигает необходимого размера измельчения, нижний клапан 12, закрывают и открывается верхний клапан 12, где измельченный субстрат перекачивают в метантенк [8].

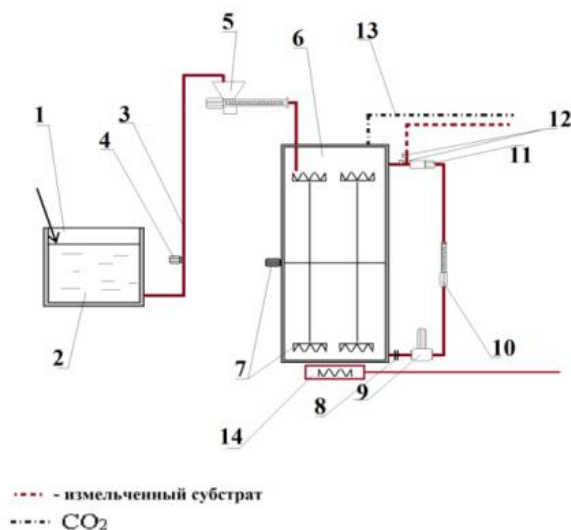


Рисунок 1. Функциональное описание схемы первичной подготовки отходов КРС и сбраживания субстрата в психрофильном режиме

1-биореактор для перемешивания навоза КРС с водой, 2-жидкий навоз, 3-труба 57 мм, 4-насос для перекачивания жидкого навоза в шнек, 5-шнековый сепаратор, 6-емкость для временного хранения, измельчения и сбраживания биомассы, 7-автоматическая мешалка, 8-муфта, 9-мацератор, 10-героторный насос, 11-диспергатор, 12-клапаны, регулирующие направление субстрата, 13-труба выхода CO₂, 14-котел для подогрева емкости (6).

Мацератор – измельчитель для разных видов текучего сырья, работает в проточном режиме. Мацератор предназначен для измельчения длинных волокнистых включений и одновременного отделения тяжелых примесей: камней, гаек и т.д. Мацератор защищает насосы, сепараторы и другое оборудование от засорения длинными включениями и повреждения твердыми частицами, снижает вязкость перекачиваемого продукта [9]. Диспергатор – роторно-пульсационные аппараты, применяются для тонкого измельчения и создания однородной смеси из различных по структуре жидких продуктов [9]. Героторный насос – это агрегат, состоящий из линейного узла электродвигателя, редуктора и винтовой пары: вала-шнека и винта, при вращении которого внутри резиновой обоймы создаются замкнутые полости [9].

Расчет.

Биореактор для смешивания и анаэробного сбраживания в психровильном режиме представляет собой цилиндр со следующими параметрами D=2 м, высота 1,40 м (рисунок 2). Используя основные математические формулы [10], вычислим объем.

$$V = \pi * r^2 * h = 3,14 * 1 * 1,40 = 4,396 \text{ м}^3.$$

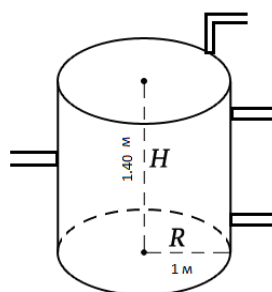


Рисунок 2. Параметры емкости для смешивания

Для изменения единицы измерения на «литр» найдем произведение результата на 1000.

$$V = \pi * r^2 * h * 1000 \text{ (л)} = 4396 \text{ л.}$$

Учитывая, что во время брожения выделяется биогаз, поэтому для обеспечения пространства для него, в целях безопасности считаем, что объем рабочей поверхности $V_p = 0.8 * V = 0,8 * 4396 = 3516,8 \text{ л.}$

Расчет объема труб производится по формуле $V = \pi * R1 * R2 * L$, где R1 - внутренний радиус трубы, L - длина трубы.

Результат.

1. Определили объем трубы равен $V2=3,14*0,00073*2,05=0,00469\text{м}^3=4,69$ л.

2. Определили количество циклов, необходимых для проведения первичной обработки сырья максимально-возможного объема биомассы при 80% заполненности емкости наши отношение, отношение $N=Vp/V2$; $N=3516.8$ л/4,69л=**750 раз**.

Следовательно, количество циклов для первичной обработки этой биомассы $1200/4,69=128$ раз.

Вывод:

Была разработана конструктивно-технологическая схема устройства обработки сырья. Используя параметры системы (рисунок 1), отображенные в соответствии с рисунком, с учетом толщины трубы 3,5 мм, имеем что внутренний диаметр трубы **53,5 мм**, следовательно, ее радиус $r=26,75$ мм=**0,027м**, длина трубы есть сумма длин, ее составляющих $L=70\text{см}+75\text{см}+60\text{см}=205\text{см}=2,05$ м.

Список использованной литературы:

1 *Биогазовые технологии в Кыргызской республике. Проект ПРООН «Повышение потенциала применение биогазовых установок в Киргизии»* - Б. Типография «Евро», 2006.

2 *Трахунова И.А. Повышение эффективности анаэробной переработки органических отходов в метантенке с гидравлическим перемешиванием на основе численного эксперимента. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук, 05.13.06, Казань-2014.*

3 *Биогаз на основе возобновляемого сырья. Сравнительный анализ шестидесяти одной установки по производству биогаза в Германии. Агентство возобновляемых ресурсов (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe.V. (FNR), Hofplatz 1, 18276 Gulzow, Германия) Издание 1, 2010.*

4 *Айтбаева З.К. «Способ переработки органических отходов» /М. Б. Тлебаев, Р.Н. Тажиева, Ж.Е. Доумчариева, М.А. Байжарикова. Патент №103153. - Казахстан. 2016.*

5 *Mathematical Research of the Accelerated Three - Stage Process of Substrate Fermentation in Bioreactors. // [Tlebayev M. B., Tazhiyeva R. N., Doumcharieva Z. E., Aitbayeva Z. K., Baijarikova M. A.] Journal of Phftrmaceutical Sciences and Research Vol. 9 (4), 2017, - С 392 – 400.*

6 *Тлебаев М.Б. «Исследование процесса подготовки водо-органических веществ методом кавитации в ротационном реакторе для анаэробного брожения в метантенке» // М.Б. Тлебаев, З.К. Айтбаева. Новини на научния прогресс – 2015. Том 6. - София. 2015. С. 25-29.*

7 *Тлебаев М. Б., Тажиева Р.Н., Доумчариева Ж.Е., Айтбаева З. К., Байжарикова М. А. Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Моделирование и оптимизация процесса анаэробного брожения в биогазовой установке с получением продуктов: Метана, двуокиси углерода и воды» (заключительный) МРНТИ 62.01.91, 62.01.77*

8 *Тлебаев М.Б., Тажиева Р.Н., Доумчариева Ж.Е., Айтбаева З.К., Байжарикова М.А. Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Компьютерный контроль параметров, автоматизация управления метанового сбраживания органических отходов в биореакторах» (заключительный) МРНТИ 62.01.91,62.01.77.*

9 *Beglerova S.T. Digitalization of higher education as a key factor in the development of agriculture. / Beglerova S.T., Aitbaeva Z.K., Makovetskaya A.A. // Higher School of Kazakhstan - NUR-SULTAN, - № 4 (28) / 2019. С. 81-84.*

10 *Барков В.И., Токмолдаев А.Б.; УДК 636:631.3:621.3; Сельское хозяйство / Механизация сельского хозяйства; Казахский научно исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (Каз НИИМЭСХ) Республика Казахстан; выбор технологического оборудования для утилизации навоза.*

References

1 *Biogazovye tehnologii v Kyrgyzskoj respublikе. (2006). Proekt PROON «Povyshenie potentsiala primenenie biogazovyh ustanovok v Kirgizii» [Capacity building for the use of biogas plants in Kyrgyzstan]. В. Tipografija «Evro».* (In Russian)

2 *Trahunova I.A. (2014). Povyshenie jeffektivnosti anajerobnoj pererabotki organicheskikh othodov v metantenke s gidravlicheskim permeshivaniem na osnove chislenного jeksperimenta [Improving the efficiency of anaerobic processing of organic waste in a methane tank with hydraulic permeation on the basis of a numerical experiment]. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kand. tehn. nauk, 05.13.06, Kazan'. (In Russian)*

3 *Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe.V. (FNR), Hofplatz 1 (2010). Biogaz na osnove vozobnovljaemogo syr'ja. Sravnitel'nyj analiz shestidesjati odnoj ustanovki po proizvodstvu biogaza v Germanii [Biogas based on renewable raw materials. Comparative analysis of sixty-one biogas plants in Germany]. Agentstvo vozobnovljaemyh resursov (18276 Gulzow, Germanija) Izdanie 1. (In Russian)*

- 4 Ajtbaeva Z. K., M. B. Tlebaev, R.N. Tazhieva, Zh.E. Doumcharieva, M.A. Bajzharikova (2016). «Sposob pererabotki organicheskikh othodov» [Method of processing organic waste]. Patent №103153. Kazakhstan. (In Russian)
- 5 Tlebayev M. B., Tazhiyeva R. N., Doumcharieva Z. E., Aitbayeva Z. K., Baijarikova M. A. (2017). Mathematical Research of the Accelerated Three - Stage Process of Substrate Fermentation in Bioreactors. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research* Vol. 9 (4), 392 – 400. (In English)
- 6 Tlebaev M.B. Z.K. Ajtbaeva (2015). «Issledovanie processa podgotovki vodo-organicheskikh veshhestv metodom kavitacii v rotacionnom reaktore dlja anajerobnogo brozhenija v metatenke» [a Study of the process of preparation of water-organic substances by the method of cavitation in the rotating reactor for anaerobic fermentation in matinence]. *Novini na nauchnija progress 2015. Tom 6. Sofija.* 25-29. (In Russian)
- 7 Tlebaev M. B., Tazhieva R.N., Doumcharieva Zh.E., Ajtbaeva Z. K., Bajzharikova M. A. Otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote po teme «Modelirovanie i optimizacija processa anajerobnogo brozhenija v biogazovoj ustanovke s polucheniem produktov: Metana, dvoukisi ugleroda i vody» (zakljuchitel'nyj) [Modeling and optimization of the process of anaerobic fermentation in a biogas plant with the production of products: Methane, carbon dioxide and water]. MRNTI 62.01.91, 62.01.77. (In Russian)
- 8 Tlebaev M.B., Tazhieva R.N., Doumcharieva Zh.E., Ajtbaeva Z.K., Bajzharikova M.A. Otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote po teme «Komp'juternyj kontrol' parametrov, avtomatizacija upravlenija metanovogo sbrazhivaniya organicheskikh othodov v bioreaktorah» (zakljuchitel'nyj) [Computer monitoring, automation control methane fermentation of organic waste in bioreactors]. MRNTI 62.01.91, 62.01.77. (In Russian)
- 9 Beglerova S.T. Aitbaeva Z.K., Makovetskaya A.A. (2019) Digitalization of higher education as a key factor in the development of agriculture. *Higher School of Kazakhstan, NUR-SULTAN, № 4 (28).* 81-84. (In English)
- 10 Barkov V.I., Tokmoldaev A.B.; UDK 636:631.3:621.3; Sel'skoe hozjajstvo. Mehanizacija sel'skogo hozjajstva; Kazahskij nauchno issledovatel'skij institut mehanizacii i jelektrifikacii sel'skogo hozjajstva (Kaz NIIMJeSH) Respublika Kazahstan [Agriculture. Agricultural Mechanization; Kazakh Research Institute of Agricultural Mechanization and Electrification (Kaz NIIMESH) Republic of Kazakhstan]. *Vybor tehnologicheskogo oborudovanija dlja utilizacii navoza.* (In Russian)