

2. Axial hydroelectric unit. Patent KG № 1482 C1 cells. F03B 3/10, F03B 3/02, F03B 3/12, F03B 13/02, 2012.
3. Hydro device for river hydro electric unit. Patent KG № 193, E02B 9/00, E02B 9 / 02.2015.
4. Exhaust pipe hydroelectric unit. Patent KG № 1781, F03B 3/10, F03B 3/02, F03B 3/12, F03B 13/02

УДК 628.336.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОДИНАМИКИ НА ПРОЦЕСС АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ БИОМАССЫ В ФЕРМЕНТАТОРЕ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

Тлебаев Манат Бейшеневич, д.т.н., профессор

Айтбаева Замира Кишкенбаевна, преподаватель, магистр, ТарГУ им. М.Х.Дулати, Казахстан, г.Тараз, Массив Карасу, 31д., 7кв..

Целью статьи является повышение эффективности анаэробной обработки биомассы в ферментаторе, исследование влияния гидродинамики на процесс сбраживания с помощью балансового уравнения движения потоков. Определять факторы, влияющие на образование биогаза в каждом контрольном объеме ферментатора и рассчитать суммарный выход биогаза со всего реактора.

Ключевые слова: биогаз, анаэробное брожение, субстрат, ферментатор, гидролиз, энзимы, метаногенез, гидродинамика

STUDY ON THE INFLUENCE OF HYDRODYNAMICS PROCESS OF ANAEROBIC FERMENTATION BIOMASS IN THE FERMENTER OF A BIOGAS PLANT

Tlebayev Manat Beyshenovich, professor

Aitbaeva Zamira Kishkenbaevna, teacher, master, TarSU them. M.H.Dulati, Kazakhstan, Taraz, Solid Karasu, 31d., 7kv.

The aim of the article is to improve the efficiency of the anaerobic treatment of biomass in the fermenter, the study of the influence of hydrodynamics on the process of fermentation by a balance equation of flow. Identify the factors affecting the formation of biogas in each control volume fermenter and calculate the total output of biogas from around the reactor.

Keywords: biogas, anaerobic fermentation substrate fermenter, hydrolysis enzymes methanogenesis, hydrodynamics.

Неуклонный рост стоимости потребляемой энергии способствовал закреплению за биогазовой отраслью популярности, а в последние два десятилетия биогаз превратился из альтернативного источника энергии в обычный для многих предприятий во всем мире. Сырьем для получения биогаза могут быть: солома, навоз, птичий помет, отходы предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, зеленая биомасса и др.

В предлагаемой работе, с целью повышения эффективности процессов анаэробной обработки биомассы в ферментаторе, направленных на увеличение выхода биогаза:

- изучаются условия и возможности первичного гидролизного расщепления труднодеградируемых органических ингредиентов бактериями;
- изучаются условия и возможности повышения кислотности в процессе анаэробного брожения биомассы бактериями;
- изучаются условия и возможности образования уксусной кислоты в процессе анаэробного брожения биомассы бактериями;
- изучаются условия и возможности образования метана в процессе анаэробного брожения биомассы бактериями;
- изучаются возможности расчета и автоматизации процессов анаэробной обработки биомассы в ферментаторе.

В анаэробных условиях бактерии разлагают органический субстрат, а биогаз является промежуточным продуктом их обмена веществ. Процесс разложения можно разделить на 4 этапа, в каждом из которых участие принимают разные группы бактерий:

1. На первом этапе аэробные бактерии перестраивают высокомолекулярные органические субстанции (белок, углеводы, жиры, целлюлозу) с помощью энзимов на низкомолекулярные соединения, такие как моносахариды, аминокислоты, жирные кислоты и воду. Энзимы, выделяемые гидролизными бактериями,

расщепляют органические составляющие субстрата на малые водорастворимые молекулы. Полимеры превращаются в мономеры (отдельные молекулы). Этот процесс называется гидролиз.

2. Далее расщеплением занимаются кислотообразующие бактерии. Отдельные молекулы проникают в клетки бактерии, где происходит их дальнейшее преобразование. В этом процессе частично принимают участие анаэробные бактерии, употребляющие остатки кислорода и образующие тем самым необходимые для метановых бактерий анаэробные условия.

На этом этапе вырабатываются:

- кислоты (уксусная, муравьиная, масляная, пропионовая, капроновая и молочная)
- спирты и кетоны (метанол, этанол, пропанол, бутанол, глицерин и ацетон)
- газы (двуокись углерода, углерод, сероводород и аммиак).

Этот этап называется этапом окисления.

3. После этого кислотообразующие бактерии создают из органических кислот исходные продукты для образования метана, а именно: уксусную кислоту, двуокись углерода и водород. Для жизнедеятельности этих бактерий, поглощающих водород, очень важно соблюдение стабильного температурного режима.

4. На последнем этапе образуются метан, двуокись углерода и вода. 90% всего метана вырабатывается на этом этапе, 70% происходит из уксусной кислоты. Таким образом, образование уксусной кислоты (то есть 3 этап расщепления) является фактором, определяющим скорость образования метана. В большинстве случаев такие процессы протекают параллельно, то есть отсутствует раздел по месту протекания или продолжительности разложения. Такие технологии называют одностадийными. Для сбраживания быстрорастворимых видов сырья в чистом виде требуется особая двухстадийная технология. Например, птичий помет, спиртовая барда не перерабатываются в биогаз в обычном реакторе (ферментаторе). Для переработки такого сырья необходимо установить дополнительный реактор гидролиза. Такой реактор позволяет контролировать уровень кислотности, чтобы бактерии не погибли из-за повышенного содержания кислот или щелочей, а также повысить выход метана.

Для успешной жизнедеятельности и хорошей работы всех микроорганизмов внутри реактора необходимо обеспечить специальные условия. Обязательными факторами в этом случае являются:

Анаэробные условия - бактерии могут активно работать только в условиях отсутствия кислорода. В конструкции изначально предусмотрено соблюдение этого условия.

Влажность – бактерии могут жить, питаться, размножаться и производить биогаз только во влажной среде.

Температура – оптимальным режимом для всех групп бактерий будет диапазон 35-40°C. Человеку не под силу это проконтролировать, потому что этот процесс берет на себя система автоматического контроля.

Период брожения – количество произведенного газа постепенно увеличивается по мере увеличения длительности брожения: вначале оно происходит быстрее, по мере возрастания продолжительности брожения – медленнее. Наступает такой момент, когда дальнейшее пребывание в ферментаторе будет нецелесообразно с экономической точки зрения. Необходимо определить эффективное время пребывания в реакторе.

Уровень pH - в то время как гидролизующие и кислотообразующие бактерии в кислой среде с уровнем pH=4,5-6,3 достигают оптимума своей активности, бактерии, образующие уксусную кислоту и метан, могут жить только при нейтральном или слабощелочном уровне pH= 6,8-8. Для всех бактерий действительным является следующее: если уровень pH превышает оптимальный, то они становятся медленнее в своей жизнедеятельности, что замедляет образование биогаза. Потому следует выдерживать наилучший для жизнедеятельности и метанообразования уровень pH=7.

Равномерная подача субстрата – продукты обмена веществ каждой группы бактерий выступают питательными веществами для последующей группы бактерий. Все они работают с разной скоростью. Бактерии ни в коем случае нельзя перекармливать, а то какая-то группа просто может не успеть произвести еду для следующей группы. Поэтому в каждом конкретном проекте рассчитывается и программируется периодичность подачи субстрата.

Подача питательных веществ – для обеспечения бактерии всеми необходимыми питательными веществами, просто постоянно подавать свежие отходы, дополнительно добавлять их не нужно, все они содержатся в субстратах: витамины, растворимые соединения азота, минеральные вещества и микроэлементы. В очень небольшом количестве тяжелые металлы (никель, кобальт, молибден, вольфрам и железо), необходимы бактериям для образования энзимов, также изначально есть в субстратах.

Размер частичек - размер бактерий 1/1000 мм, чем мельче частички, тем легче и быстрее бактерий могут разлагать субстрат. Период брожения будет сокращаться, а метанообразование ускоряться. Для этого при необходимости проводится дополнительное измельчение субстратов перед подачей в реактор.

Перемешивание - важно не только для избежания появления плавающей корки и осадка, но и для выведения выработанного газа (помогает пузырькам газа подниматься на поверхность). Мешалки работают постоянно в щадящем для бактерий режиме.

Стабильность процесса - микроорганизмы привыкают к определенному распорядку и рациону. Любые изменения, если они вносятся, должны быть постепенными.

Необходимо избегать попадания в реактор: антибиотиков, химических и дезинфицирующих средств,

кислот и большого количества тяжелых металлов.

Конечным продуктом биологической обработки отходов является:

- **биогаз** (метан-не менее 55%, оксид углерода не более 45 %, сероводород – не более 0,2%, водород - не более 1%):

- **переброженный субстрат** как остаток брожения, состоящий из воды, остатков целлюлозы, незначительной массовой части бактерий и питательных органических элементов (азот, фосфор, калий и т.д.).

Исследование диапазона времени пребывания биомассы в ферментаторе, обеспечения специальных условий: анаэробные условия; влажность; температура; период брожения; уровень pH; равномерная подача субстрата; подача питательных веществ; размер частичек; перемешивание; стабильность процесса являются основными факторами, влияющими на эффективное использование объема ферментатора и максимального выхода биогаза.

Для расчета и автоматизации процессов анаэробной обработки биомассы в ферментаторе, с целью исследования влияния гидродинамики на процесс сбраживания, составляют балансовые уравнения движения потоков/1/.

Уравнения гидродинамики реальных потоков обычно описываются уравнением Навье-Стокса, что представляется очень сложным, в виду записи в общем виде (например для многофазных потоков из-за отсутствия возможности задания граничных условий на нестационарной поверхности раздела фаз). В связи с чем на практике при составлении математического описания используются приближенные представления о структуре движущихся потоков отдельных фаз - гидродинамические модели идеального смешения.

Балансовые уравнения гидродинамики записываются отдельно для:

- массы (под потоками массы понимают общую массу многокомпонентной смеси, протекающую в единицу времени в рассматриваемой системе. Единица измерения потока массы – кг/час или кг/сек.);

- вещества (компонентов) многокомпонентной смеси (под потоками вещества (компонента) является частным случаем потока массы. Термин относится только к массе выбранного i-го компонента. Единица измерения потока вещества – молей i-го компонента смеси/час или молей i-го компонента смеси/сек);

- теплоты (энтальпии) (поток теплоты или энтальпии является энергетической характеристикой. Под этим термином понимают поступающее (отводимое) в единицу времени количество теплоты (энтальпии), отнесенное к стандартному состоянию. Единица измерения потока массы – ккал./час или ккал./сек.).

Уравнения покомпонентного баланса для статической модели процесса анаэробного сбраживания биомассы в ферментаторе биогазовой установки записываются следующим образом (производные в уравнениях равны нулю)/1/:

1) Уравнение компонентных балансов $I_{(n)}$

$$v^{(0)}x_i^{(0)} - vx_i + G_i^e = (i = 1, \dots, n) \quad ,$$

где: расходы потоков начальное (поступившее в зону) и конечное
состав потоков начальное (поступившее в зону) и конечное
суммарные интенсивности источников смеси в потоке

2) Уравнение общего баланса массы $(\sum_{i=1}^n x_1) = 1$

$$v^{(0)} - v + \sum_{i=1}^n G_i^e = 0 \quad ,$$

3) Уравнение теплового баланса

$$v^{(0)}C_p^{(0)}T^{(0)} - vC_pT + \Delta Q^e = 0 \quad ,$$

где: теплоемкости при постоянном давлении начальное (поступившее в зону) и конечное
температуры потоков начальное (поступившее в зону) и конечное

Система (п+2) конечных уравнений используется для описания стационарных режимов процессов с сосредоточенными параметрами. В эту систему уравнений включены выражения для определения интенсивностей источников всех компонентов $G_i^e (i = 1, \dots, n)$ и теплоты ΔQ^e . Для решения конечной системы уравнений используется метод тридиагональной матрицы /2/. Так как известно, что процесс газогенерации сильно зависит от времени сбраживания и температуры процесса, данная модель была дополнена эмпирическим уравнением кинетики, представляющим собой зависимость выхода биогаза от температуры процесса. Решения конечной системы уравнений в данной работе являются расчетные значения концентраций и расход.

Выводы: С помощью такой математической модели процесса сбраживания биомассы в ферментаторе нам удастся узнать скорость образования биогаза на всех этапах ее образования. Определять факторы, влияющие на образование биогаза в каждом контрольном объеме ферментатора и рассчитать суммарный выход биогаза со всего реактора. Такой способ расчета позволяет исследовать влияние различных способов подвода и отвода сбраживаемой массы на суммарный выход биогаза, а следовательно и автоматизировать всю технологическую цепочку получения биогаза, позволяющую получить оптимальное распределение времени пребывания (а следовательно и концентраций) и температур, соответствующих оптимальному выходу биогаза. Для испытания этого способа проектируется биогазовая установка в г. Таразе.

Список литературы

1. Кафаров В. В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. Серия: химическая кибернетика. М.: Химия. 1971 г. 496 с.
2. Ветохин В.Н., Кусмухамбетов Е.М., Тлебаев М.Б. "Алгоритм расчета обобщенной схемы, состоящей из взаимосвязанных колонн и аппаратов". М.: "ТОХТ". Том № XXIII №4, 1989, с. 521-528;
3. Вачагина Е.К., Караева Ю.В., Трахунова И.А. Анализ эффективности технологических схем метанового брожения биоотходов при различных способах перемешивания// Энергосбережение и водоподготовка. 2013. № 4. С.
4. Зависимость продолжительности сбраживания осадка от температуры брожения.- М.,2008-Режим доступа: <http://www.clickpilot.ru/canaliz.php?wr=254>

References

1. Gafarov VV Cybernetics methods in chemistry and chemical technology. Series: Chemical Cybernetics. M. : Chemistry. 1971 496 p.
2. Vetohin VN Kusmuhambetov EM Tlebayev MB "The algorithm for calculating the generalized scheme consisting of interconnected columns and apparatus." M. : "Tohti." Tom № XXIII №4, 1989, p. 521-528;
3. Vachagina EK, Y. Garayev, Trahunova IA Analysis of the effectiveness of technological schemes of methane fermentation of organic waste at various ways of mixing // Energy saving and water treatment. 2013. № 4. С.
4. Dependence of the duration of fermentation residue from the temperature brozheniya.- M., 2008. Access: <http://www.clickpilot.ru/canaliz.php?wr=254>

УДК 001.891.57:628.349

КИНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ БИОГАЗА МЕТОДОМ АДСОРБЦИИ С ПОЛУЧЕНИЕМ МЕТАНА

Тажиева Рысты Нарбаевна, магистр, ТарГУ им. М.Х.Дулати, Казахстан, г.Тараз, Массив Карасу, 31д., 7кв., e-mail: tazhieva1978@mail.ru

Цель статьи - исследование и совершенствование одного из технологических процессов очистки биогаза от сернистых соединений и других примесей методом адсорбции с получением метана наиболее большим количеством. Вычисление скорости процесса разделения компонентов биогаза с помощью кинетической модели адсорбции.

Ключевые слова: биогаз, адсорбция, адсорбер, адсорбент, хемосорбция, массопередача, кинетическая модель, диффузия

KINETIC MODEL OF SEPARATING THE COMPONENTS BY ADSORPTION OF BIOGAS TO PRODUCE METHANE

Tazhieva Risti Narbaevna, Master, TarSU them. M.H.Dulati, Kazakhstan, Taraz, Solid Karasu, 31d., 7kv., e-mail: tazhieva1978@mail.ru

Article purpose - research and improvement of one of technological processes of purification of biogas of sulphurous connections and other impurity with an adsorption method with receiving methane the most large number. Calculation of speed of process of division of components of biogas by means of kinetic model of adsorption.

Keywords: biogas, adsorption, adsorber, adsorbent, chemisorption, mass transfer, kinetic model, diffusion

Состав биогаза и показатели влагосодержания свидетельствуют о необходимости его осушки и очистки от вредных компонентов, наиболее активным из которых является сероводород. Для разделения компонентов биогаза существуют три основных способа очистки: метод жидкого и твердого химического поглощения примесей (абсорбционный и адсорбционный), метод мембранного разделения и вымораживания (криогенный метод).

Адсорбционный метод очистки биогаза – это процесс поглощения газов, паров и жидкостей твердыми телами. Процесс адсорбции обладает большой селективностью и адсорбент способен поглощать лишь определенные вещества, которые затем могут быть выделены при десорбции.

Наиболее распространенными адсорбентами являются цеолиты, активированный уголь, силикагель, ионообменные столы и т.д., которые имеют высокоразвитую поверхность:

1 г угля – 1000 см²