

$\epsilon_{\text{ср}} = 12,77^\circ$) способствует более равномерной подаче семян высеваящим аппаратом, коэффициент вариации которого равен 16,57 %.

Проведя анализ фрикционных свойств рассматриваемых сортов по материалу, из которого выполнен сбрасыватель «лишних» семян высеваящего аппарата сеялки МС-8 (полиамид ПА6-210/310 ОСТ 6-06-С9-83) по известной методике [5], видим, что коэффициент трения движения семян для подсолнечника составляет 0,26, а для кукурузы – 0,22. Таким образом, угол трения движения семян подсолнечника и кукурузы по полиамиду равен 14,57 и 12,40° соответственно.

Выводы. По результатам исследований прослеживается зависимость между углом установки ϵ рабочей поверхности выступа сбрасывателя к мгновенной траектории движения семян и физико-механическими свойствами семян. Вследствие этого для равномерности однозерновой подачи семян пропашных культур угол установки ϵ рабочей поверхности выступа сбрасывателя к траектории движения семян должен быть примерно равен углу трения движения семян о поверхность сбрасывателя «лишних» семян и значительно меньше критического угла $\epsilon_{\text{кр}}$ установки рабочей поверхности выступа сбрасывателя «лишних» семян к мгновенной траектории их движения.

Литература

1. Яковец А.В. Анализ дозирующих систем сеялок точного высева // *Аграрная Россия*. – 2011. – № 3. – С. 60–63.
2. Бузенков Г.М., Ма С.А. Машины для посева сельскохозяйственных культур. – М.: Машиностроение, 1976. – 272 с.
3. Зенин Л.С. Исследование пневматического высеваящего аппарата точного высева: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Алма-Ата, 1962. – 19 с.
4. Сеялка пропашная блочносоставляемая МС-8 (базовая модель) // *Руководство по эксплуатации (для оператора)*. – Миллерово, 2011. – 52 с.
5. Яковец А.В., Шумаков В.В. Физико-механические свойства семян пропашных культур // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2011. – №3 (22). – С. 68–72.



УДК 60-7+628.385

З.В. Гаазе, А.Л. Межевич, О.Н. Бузиян

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА В УСТАНОВКАХ С ДВОЙНЫМ РЕАКТОРОМ

В данной статье рассмотрены особенности получения биогаза в установках с двумя сообщающимися реакторами, в которых выдерживаются различные температурные режимы. Проанализированы результаты исследований, указаны все достоинства и недостатки данного метода переработки отходов, а также выполнено сравнение указанного метода получения биогаза в установке с двойным реактором с методом анаэробного брожения в установке с одним реактором с соблюдением температурных режимов, идентичных однореакторной установке.

Ключевые слова: биогаз, биореактор, брожение, микроорганизмы, температурный режим.

Z.V. Gaaze, A.L. Mezhevich, O.N. Buziyan

BIOGAS MANUFACTURE PECULIARITIES IN THE INSTALLATIONS WITH DUAL REACTOR

Peculiarities of biogas production in the installations with two connected reactors in which various temperature regimes are held are considered in the article. The research results are analyzed; all advantages and disadvantages of this technique for waste recycling are shown; comparison of this technique for biogas production in the installation with dual reactor with the technique for anaerobic fermentation in the installation with one reactor in compliance of the temperature regimes, which are similar to the installation with one reactor, is conducted.

Key words: biogas, bioreactor, fermentation, microorganisms, temperature regime.

Введение. В сельскохозяйственном производстве животноводческие предприятия постоянно сталкиваются с проблемой утилизации и переработки навоза с учетом соблюдения требований охраны природной среды от загрязнения. Устаревшие технологии хранения и утилизации навоза, отсутствие очистных соору-

жений пагубно влияют на окружающую среду. Ежегодно на животноводческих предприятиях образуются миллионы тонн навозной и пометной массы, которые, загрязняя почву, грунтовые воды и воздух, создают серьезную экологическую проблему для всех без исключения регионов России. Однако при научном подходе к переработке сельскохозяйственных отходов возможно не только решить экологические проблемы, но и сэкономить. Так, суммарный потенциальный выход биогаза, который может быть получен на сельскохозяйственных биогазовых установках, можно оценить в 6100 млн м³/год, что эквивалентно 4820 тысяч тонн условного топлива.

На сегодняшний день в мире существует около 60 технологических способов получения биогаза. Наиболее распространенным способом является анаэробное сбраживание в метатенках (биореакторах) [1, 3–5].

Биогаз, образующийся при метановом сбраживании, представляет собой смесь, состоящую из 50–80% метана, 20–50% углекислого газа, примерно 1% сероводорода, а также незначительного количества некоторых других газов (азота, кислорода, водорода, аммиака, закиси углерода и др.).

Из одного килограмма сухого вещества навоза дойных коров получают в среднем 0,208 м³ биогаза с содержанием метана 55%.

В процессе анаэробного разложения органического вещества выделяют три основные стадии, которые протекают под воздействием соответствующих физиологических групп бактерий (рис.1).

На первой стадии сложные многоуглеродные вещества, представляющие собой основные классы органических соединений (белки, жиры, полисахариды), подвергаются ферментативному гидролизу так называемыми «первичными анаэробами» [1, 4].

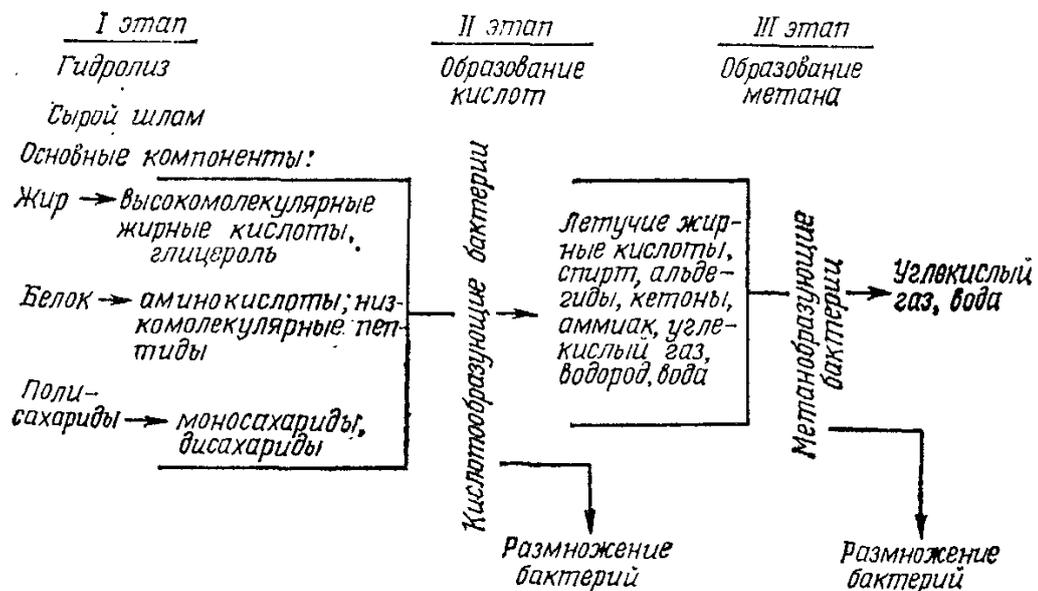


Рис. 1. Этапы процесса анаэробного брожения

Одновременно под воздействием микроорганизмов происходит гидролиз моносахаридов, органических кислот и спиртов. В результате образуются водород, углекислый газ, низкомолекулярные жирные кислоты, спирты и некоторые другие соединения. В осуществлении этой стадии участвуют анаэробные бактерии: *Clostridium*, *Bacteroides*, *Rumicoccus*, *Butyrivibrio*, а также факультативные: *Escherichiacoliu* *Bacillus*.

На второй стадии ацетогенные микроорганизмы, такие как *Syntrophobacter*, *Syntrophomonas*, *Desulfovibrio*, ферментируют более сложные вещества в низкомолекулярные органические кислоты, а также в H₂ и CO₂. Ацетогенные бактерии включают в себя как облигатные, так и факультативные виды. Кроме того, на этой стадии действуют также гомоацетогенные бактерии, которые сбраживают одно- и многоуглеродосодержащие соединения только до уксусной кислоты без образования водорода [2, 3, 6].

На третьей стадии процесса дальнейший распад органических веществ осуществляется метанообразующими и сульфатредуцирующими микроорганизмами, использующими для поддержания своей жизнедеятельности метаболиты, которые образовались на предыдущих стадиях. На этом этапе в системах с низким содержанием сульфатов образуются главным образом CH₄ и CO₂ и небольшое количество H₂S.

Современный уровень развития анаэробных технологий обработки позволяет с помощью микроорганизмов утилизировать органосодержащие отходы в безвредные и обеззараженные продукты и получить при этом газ, пригодный для промышленных нужд. Анаэробная обработка имеет целый ряд преимуществ перед другими методами обработки органических отходов, но, несмотря на это, методы анаэробного сбраживания еще не нашли широкого применения в промышленности и сельском хозяйстве. Это объясняется недостаточной изученностью теплоэнергетической эффективности биогазовых установок в климатических условиях Российской Федерации [2, 4, 5].

Цель исследований. Дать оценку эффективности производства биогаза в установках с двухкорпусным реактором.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать процесс метаногенеза в биогазовых установках с двухкорпусными реакторами.
2. Сравнить выход биогаза при разных температурных режимах.

Методы и результаты исследований. Исследования проводились на лабораторной биогазовой установке, состоящей из четырех бочек по 200 литров, две из которых утеплены и являются биореакторами, а две другие используются в качестве приемника отходов и приемника удобрений.

Предварительно доведенное до необходимой влажности, сырье поступало в приемник отходов, где с помощью режущего механизма измельчалось и подавалось в биореакторы для метанового брожения.

В каждом реакторе поддерживалась постоянная температура при помощи обособленных друг от друга тепловых систем, состоящих из электродвигателя, расширительного бачка и циркуляционного насоса с автоматикой и датчиками температуры в системе и в метатенках. Также в биореакторах расположены смотровые окна с омывателями во избежание заполнения реактора более чем на 2/3. Биогаз из ферментеров откачивался компрессорами в ресиверы и далее через счетчик газа поступал на газовую горелку. Отходы в биореакторах перемешиваются методом барботации.

Биогазовая установка снабжена системой автоматики, которая контролирует работу насосов, компрессоров, постоянную температуру в биореакторах и откачку биогаза.

Выход газа определяется при помощи газового счетчика, а анализ на содержание в газе CO_2 – через столб перенасыщенной щелочи.

Для исследований использовался навоз КРС, полученный в КФХ «Славино» Кемеровской области.

На первом этапе исследования проводились на описанной выше установке. Наличие двух реакторов позволило поставить серию экспериментов, параллельно исследуя два вида условий брожения: мезофильный режим при температуре $35 \pm 2^\circ\text{C}$ и термофильный – при $50 \pm 2^\circ\text{C}$. Различные условия брожения повлияли на скорость образования первых порций метана, что не противоречит литературным источникам.

Метаболическая активность и репродуктивная способность микроорганизмов находятся в функциональной зависимости от температуры. Таким образом, температура влияет на объем газа, который можно получить из определенного количества органического вещества в течение заданного времени, а также на технологическое время процесса брожения, необходимое для высвобождения при соответствующей температуре определенного количества газа [2, 5, 6].

На протяжении всего цикла брожения, который составлял 20 суток, измерялся суточный выход биогаза и содержание в нем метана в каждом из реакторов. Результаты приведены на рисунке 2.

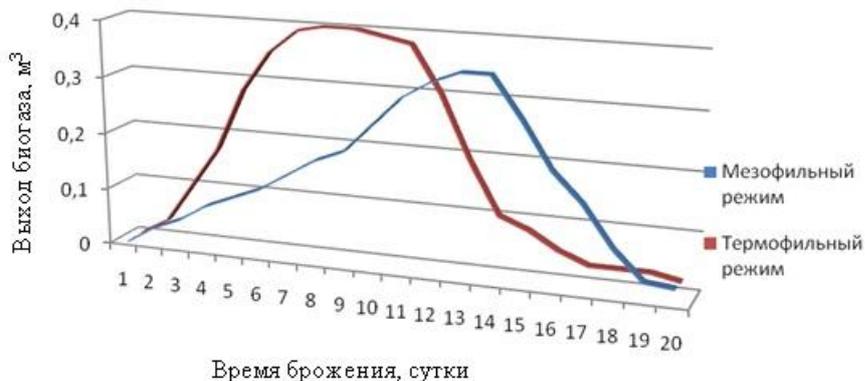


Рис. 2. Суточный выход биогаза в зависимости от режима сбраживания

Из вышеприведенного графика видно, что при термофильном режиме сбраживания отходов биогаз начал активно выделяться уже с шестого дня брожения и резко пошел на убыль уже на четырнадцатый день, в то время как при мезофильном выход биогаза постепенно нарастает к десятому дню, активно выделяется до шестнадцатого дня и также постепенно убывает. Выход газа для реактора №1 (мезофильный) составил 3,25 м³, для реактора №2 (термофильный) – 3,74 м³, что в пересчете на сухое вещество составило 0,24 и 0,28 м³/кг соответственно. Суммарный выход биогаза с двух реакторов – 6,99 и 0,26 м³/кг при пересчете на сухую массу. Содержание метана в биогазе за весь период брожения в среднем для термофильного режима составил 51±3. Для мезофильных условий этот показатель был выше на 11±3%.

Недостаток этих способов заключается в том, что, создавая определенный температурный режим в метатенке, мы «заставляем» работать на «полную мощность» только один вид бактерий (либо мезофильные, либо термофильные), лишая их возможности выбирать оптимальные для себя условия.

На втором этапе исследования проводились в той же установке, при тех же внешних факторах, с сырьем, абсолютно идентичным по всем показателям сырью, используемому в первом случае, с теми же температурными режимами в биореакторах, с тем только отличием, что биореакторы были соединены между собой патрубком, образовав таким образом биогазовую установку с двумя реакторами.

На протяжении всего цикла брожения, который составлял 20 суток, измерялись суточный выход биогаза и содержание в нем метана. Результаты показаны на рисунке 3.

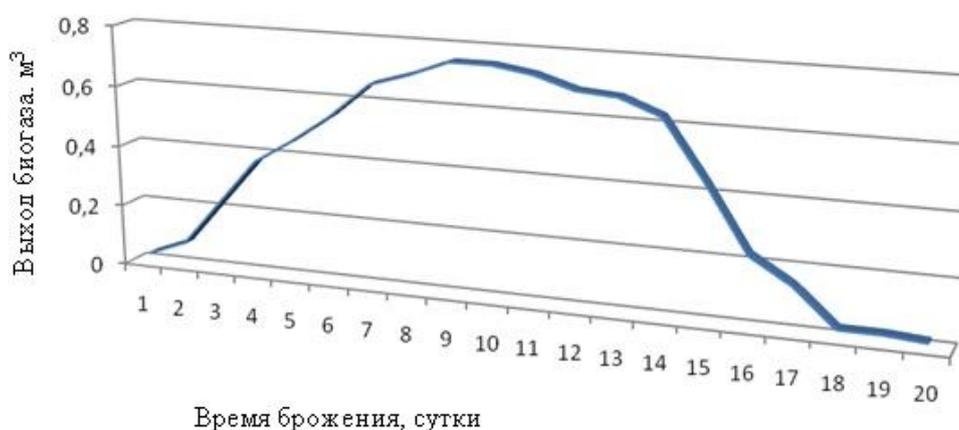


Рис. 3. Выход газа в биогазовой установке с двойным реактором

Анализируя данный график, можно сделать вывод о том, что выход биогаза значительно увеличился по сравнению с первым опытом и составил 8,2 м³ за весь период брожения. В пересчете на сухое вещество сырья этот показатель составляет 0,31 м³/кг сухой массы, что свидетельствует о более полной переработке отходов. На графике видно, что первые порции газа начали выделяться с третьего дня брожения (работали в основном термофильные бактерии). К шестому дню происходит перераспределение микрофлоры по реакторам с наиболее подходящим для нее температурным режимом и выделение газа активно нарастает, достигая своего максимума на 9–10-й день, когда активно начинает работать мезофильная микрофлора. Выделение газа держится на довольно высоком уровне вплоть до 15–16-го дня, затем она резко падает из-за отсутствия поступления новых питательных веществ в субстрат.

Кроме повышения уровня выхода биогаза, нами также был отмечен незначительный рост среднего уровня содержания метана в газе, который составил в среднем 60±3%.

Выводы. Применение биогазовых установок с двумя реакторами и разными температурными режимами в них позволяет микроорганизмам «выбирать» себе условия и мигрировать к ним, что влечет за собой более полную переработку сырья, вследствие активного проявления микробами своей жизнедеятельности. Создание таких условий приводит к увеличению выхода биогаза, а также к повышению содержания в нем метана.

Литература

1. Марченко Д.Б. Обоснование параметров метантенка // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 3. – С. 64–65.
2. Метаногенез: биохимия, технология, применение / А.З. Миндубаев [и др.] // Ученые записки Казан. гос. ун-та. Естественные науки. – 2010. – Т.152, Кн. 2. – С. 178–191.
3. Новости альтернативной энергетики // Экология и жизнь. – 2008. – №8. – С. 28–29.
4. Осмонов О.М. Особенности параметров метантенка автономной гелиобиоэнергетической установки // Промышленная энергетика.– 2011. – №4. – С. 57–60.
5. Сидьганов Ю.Н. Анаэробная переработка отходов для получения биогаза // Механизация и электрификация сельского хозяйства.– 2008. – №6. – С. 42–43.
6. Шеина О.А., Сыроев В.А. Биохимия процесса производства биогаза как альтернативного источника энергии // Вестн. ТГУ. – 2009. – Т.14, Вып.1. – С. 73–76.



УДК 629.114.2

Н.И. Селиванов, В.Н. Запрудский

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ КОЛЕСНЫХ 4К46 ТРАКТОРОВ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Дано обоснование рациональных по критериям ресурсосбережения удельных массоэнергетических параметров колесных тракторов общего назначения с учетом занятости на разных видах почвообработки.

Ключевые слова: *энергонасыщенность, потенциал, вид почвообработки, тяговый КПД, буксование, режим работы.*

N.I. Selivanov, V.N. Zaprudsky

ENERGY POTENTIAL OF THE WHEELED 4K46 GENERAL-PURPOSE TRACTORS

Substantiation of the rational on the resource efficient use criteria, specific mass and energy parameters of the wheeled general-purpose tractors taking into account the occupancy for various kinds of cultivation is given.

Key words: *power ratio, potential, kind of cultivation, propulsive efficiency, slipping, operational mode.*

Введение. Главный критерий технического обеспечения растениеводства – энергоресурсосбережение в технологиях, характеризуемое меньшими затратами мощности и топлива при максимальной производительности с конечной оценкой по себестоимости продукции и рентабельности ее производства. Последние 10–15 лет направлены на достижение этих ориентиров в основном за счет приобретения тяжелых импортных тракторов мощностью до 420–500 кВт (575–675 л.с.) и энергонасыщенностью 17–22 Вт/кг, оснащенных дизельными двигателями с высоким (до 56%) запасом крутящего момента для агрегатирования с ними широкозахватных (до 18 м) почвообрабатывающе-посевных комплексов на повышенных рабочих скоростях. В этом же направлении, с заметным отставанием, действует ЗАО «Петербургский тракторный завод», перешедший на выпуск колесных 4К46 тракторов серии К-744Р и К-9.500 5–8 кл. Их энергонасыщенность в комплектации сдвоенными колесами и максимальным операционным весом достигает 15–16 Вт/кг при запасе крутящего двигателя 30–40%.

С повышением энергонасыщенности тракторов общего назначения особую актуальность приобретает проблема использования их мощности в связи с требованиями ресурсосбережения и экономичности тракторной техники. На современном этапе эти требования вступают во все большее противоречие с возможностями реализации.

Рост энергонасыщенности должен быть ориентирован на реализацию факторов повышения мощности через улучшение показателей технического уровня тракторов. Однако в рамках тяговой концепции это при-