

Повышение эффективности использования биогазовых установок в условиях Северного Казахстана

А.К. Курманов, д.т.н., профессор, Костанайский ГУ им. А. Байтурсынова; Ю.А. Ушаков, д.т.н., профессор, Н.К. Комарова, д.с.-х.н. профессор, В.И. Квашенников, д.т.н., профессор, А.П. Козловцев, д.т.н., ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

Одно из приоритетных направлений развития Республики Казахстан – глобальная энергетическая безопасность. Все развитые страны увеличивают инвестиции в альтернативные и «зелёные» энергетические технологии. Уже к 2050 г. их применение позволит генерировать

до 50% всей потребляемой энергии. Завершается эпоха углеводородной экономики. Человеческая жизнедеятельность будет основываться не только и не столько на нефти и газе, сколько на возобновляемых источниках энергии.

Нельзя не учитывать истощаемость природных ресурсов. В условиях ограниченности природных ресурсов земли рост их потребления будет сопровождаться разнонаправленными негативными и позитивными процессами. Важно переосмыслить отношение к своим природным богатствам. Следует научиться правильно ими

управлять, накапливая доходы от их продажи в казне, и самое главное – максимально эффективно трансформировать природные богатства в устойчивый экономический рост [1].

С этой целью необходимо решение трёх ключевых задач:

- обеспечение значительного подъема урожайности, прежде всего за счет внедрения новых технологий;

- создание национальных, конкурентоспособных брендов с акцентом на экологичность. Агропромышленный комплекс должен стать глобальным игроком в области экологически чистого производства;

- выработка новой политики в отношении водных ресурсов страны.

Материал, методы и результаты исследования. Одним из перспективных направлений в решении задач является разработка и использование биогазовой технологии для получения биогаза (метана), и на его основе – биотоплива, тепловой, электрической энергий и экологически чистых удобрений [1]. В Казахстане более 180 тыс. крестьянских и фермерских хозяйств. Общее поголовье различного вида скота составляет 60 млн гол. Выход навоза – около 2 млрд т, что позволяет получить 8 млрд м³ метана. При современной стоимости природного газа экономический эффект от использования метана может составить до 170 млрд тенге, это без использования в качестве сырья таких материалов как жир, павшие животные, сахарная свёкла, силос, где выход метана многократно выше, чем в навозе [2].

Анализ технологий и конструктивных решений, опыт использования биогазовых установок (БГУ) выявил некоторые особенности их эффективного применения, учитывая местные условия. Не умаляя значений таких факторов функционирования БГУ, как температурный режим, биологические, физические, химические, организационные и другие, и не оспаривая их целесообразность, следует сказать, что наиболее актуально на современном этапе для регионов северного Казахстана:

- обеспечение однородности перерабатываемого материала;

- обеспечение влажности процесса до 97 %;

- обеспечение максимального контакта бактерий с частицами органических веществ.

На функционирование биогазовых установок в северном Казахстане оказывают большое влияние особенности содержания животных. В получаемом органическом сырье содержится большое количество соломы и посторонних примесей. Солома является подстилочным материалом, богата клетчаткой и является плохим сырьем для получения метана. В биореакторе она отслаивается от навоза, всплывает и образует слой, препятствующий выделению газа. Посторонние

примеси препятствуют течению технологического процесса, вызывают поломки узлов и деталей машин. Всё это сильно затрудняет процесс получения биогаза. Поэтому необходимо предварительное отделение вязкого или сыпучего, в зависимости от влажности, навоза от соломы, измельчение соломы перед поступлением его в биореактор, очистка от посторонних примесей.

Для обеспечения однородности и разрушения газонепроницаемой корки применяются смесители различных конструкций. Выбор и обоснование их оптимальных конструктивно-режимных параметров – резерв повышения количества получаемого метана. Диспергация также повышает однородность, вместе с измельчением до дисперсного состояния повышает эффективность биогазовой установки.

Для создания необходимой влажности расходуется большое количество воды, которая впоследствии удаляется из полученных удобрений безвозвратно, что недопустимо с точки зрения экономии водных ресурсов. Влагу вместе с находящимися в ней бактериями необходимо возвращать в технологический процесс. Для этого устройства разделения твердой и жидкой фракций должны быть достаточно производительны. Полученные удобрения должны иметь высокую добавленную стоимость и стать реальным источником дохода.

Навоз подается в бункер с расположенным на дне винтовым прессом (рис. 1), после этого он поступает в измельчитель и далее – в биореактор, но по причинам, изложенным ранее, а также по причине высокой вязкости навоза в первоначальном виде механизм измельчения недостаточно эффективен (рис. 2).



Рис. 1 – Загрузочный бункер с приемным шнеком



Рис. 2. – Измельчитель (в нерабочем состоянии)

Способов разделения навоза на фракции большое количество. В данном случае речь идёт об органическом материале, который меняет свои вязкостные показатели от близкой к ньютоновской жидкости до вязкопластической с высокой степенью вязкости в результате хранения и транспортировки. Поэтому для разделения вязкого материала навоза и соломы, на основании анализа и классификации подобных устройств, нами предлагается отделение на вибрирующей решётчатой поверхности [3 –5].

Так как органический материал сильно отличается от соломы по показателям разделения, достаточно использовать виброразделитель с одно- или двухдебалансными вибровозбудителями. В этом случае конструкция вибрационного разделителя будет состоять из решета, установленного на пружинах, и дебалансных вибровозбудителей.

Анализ устройств измельчения материалов и их классификация свидетельствуют о молотковых дробилках как о наиболее универсальных, простых, надёжных. Их можно применять для предварительного измельчения, например, отделинной от вязкой массы навоза соломы перед подачей её в биореактор. Для этой цели больше всего подходит измельчитель с бункерным питателем и молотковыми рабочими органами типа ИРТ-165. Имеется возможность накопления в бункере большого количества материала и возможность установить устройства для удаления твёрдых материалов, ведущих к поломкам деталей и узлов.

Анализ процесса смешивания материалов показал, что биоматериал, поступающий в биореактор, неоднороден и с течением времени тяжёлые фракции оседают и скапливаются в нижней части, а жидкость с лёгкими примесями остаётся в верхней и образует газонепроницаемую корку, что отрицательно влияет на получение биогаза. Создание однородной среды имеет большое значение, и разработка оптимальной конструкции смесителя крайне важна. При этом необходимо учитывать физическое состояние среды, влияющее на энергетические показатели процесса смешивания, кроме того, необходимо постоянное разрушение поверхностной корки для беспрепятственного выхода газа в газгольдер.

Разработанная классификация и проведённый анализ существующих смесителей показывают, что из всего многообразия конструктивных решений одним из наиболее перспективных является двухшнековый. При расслоении материалов биореактора такой смеситель с целью снижения затрат энергии на процесс смешивания необходимо изготавливать с разным диаметром витков шнека. Для смешивания компонентов с различными физико-механическими свойствами шнек с меньшим диаметром располагается в нижней части – с более тяжёлой фракцией органических

отходов, а в верхней, более жидкой, – шнек с большим диаметром витков [6].

Для диспергации и гомогенизации материалов применяются различные устройства, различающиеся между собой как по принципу действия, так и по конструктивным параметрам. Наиболее эффективны для диспергации роторные устройства, с периодическим перекрыванием потока обрабатываемой среды. Они не требуют сложных систем охлаждения и аппаратуры для создания высокого давления, обеспечивают непрерывность технологического процесса и возможность регулирования параметров процесса в широком диапазоне и их однородность в рабочем объёме. Отличаются простотой и надёжностью в эксплуатации и большим диапазоном варьирования скоростей вращения ротора, что обеспечивает возможность работы со средами с широким диапазоном исходных физико-химических характеристик (плотности, вязкости, дисперсности). Для установки и работы достаточно небольших производственных площадей [6, 7].

Скорость течения биологических процессов в биореакторе зависит от количества полезных бактерий, которые удаляются вместе с влагой в готовых удобрениях, поэтому необходимо жидкую фракцию полученных в биореакторе удобрений возвращать в исходное сырьё. Анализ устройств и технологий для отделения полученных удобрений от жидкой фракции, классификация и анализ конструктивных решений выявили преимущества винтовых прессующих машин, показали разнообразие и возможные направления совершенствования машин с винтовыми рабочими органами. Для удаления влаги достаточно изготовить отверстия в корпусе винтового пресса в зоне упругих деформаций, где происходит вытеснение жидкой и газообразной фракций.

Производство биогаза и органических удобрений зависит от характера потребления и перераспределения механической энергии, передаваемой материалу рабочими органами. Математические модели, описывающие эти процессы, представляют собой сложные системы, описывающие передачу по связям между элементами механической системы [8].

В наиболее общей модели сложных систем необходимо речь вести об изменении состояния (внутренней характеристики) системы, определяющем текущее значение выходной величины. Это может быть параметр эффекта. В качестве внутренней характеристики системы удобнее всего выбрать функцию передачи какого-либо вида энергии органическому материалу. Тогда структура математической модели получения биогаза будет выглядеть так, как показано на рисунке 3. Эта структура позволяет рассматривать динамичное состояние системы, не накладывая

ограничений на изменение внутренней характеристики системы во времени.

Ядро системы – модель энергетического состояния, описывающая потоки энергии, которыми материал обменивается с рабочими органами машин. Это воздействие связано с изменением формы и размеров частиц. При разделении материалов и измельчении в начале процесса смешивание и диспергация связаны с процессом брожения, получением биогаза и органических удобрений, изменением состава получаемой продукции. Необходимо исследовать реологические свойства обрабатываемого материала, как и при разделении жидкой и твердой фракций.

Завершающий элемент – модель параметров эффекта, позволяющий генерировать комплекс параметров эффекта, что необходимо и достаточно для проведения параметрического синтеза. Для биогазовых установок это энергоемкость процесса, производительность, качество получаемой продукции и другие критерии оценки в отдельности или, что значительно важнее, их комбинации. Комплексные оценочные показатели наиболее объективны.

Концептуально-системные аспекты моделирования необходимы для качественного моделирования, где нужно воспользоваться процессным и системным подходом международной системы менеджмента качества ИСО 9001:2000. Желаемый результат достигается эффективнее, когда деятельностью и соответствующими ресурсами управляют как процессом.

Основная цель процессного подхода – постоянное улучшение, которое основывается на разработках новой структуры моделей, ориентации на удовлетворение потребностей потребителей, анализе данных о функционировании системы, поддержании длительного устойчивого состояния системы в целом и ее элементов.

Для успешного функционирования система должна определить и управлять многочисленными

взаимосвязанными процессами, использующими ресурсы и управляемыми с целью преобразования входов в выходы (рис. 4).

Управляющие процессы направлены на организацию, раскрывают цель и технические требования к процессу. Вместе с эффективностью товар получает добавленную стоимость, отражающую экономическую эффективность. Обеспечивающие процессы направлены на поддержание, контроль, корректировку и предупреждение возможных отклонений от нормативных требований.

На рисунке 5 представлена общая схема обоснованного выше технологического процесса функционирования биогазовой установки, где учтены выявленные недостатки существующего оборудования. Навоз с животноводческой фермы поступает на вибросито и отделяется от посторонних примесей, чаще всего подстилочной соломы, и направляется в биореактор, куда солома поступает после измельчения.

В биореакторе процесс переработки активируется двухвальным смесителем и диспергатором, при этом смесителей может быть несколько в зависимости от объема метантека. Переработанный органический материал разделяется в винтовом прессе на твердую и жидкую фракции, твердая получает высокую добавленную стоимость, а жидкая возвращается в технологический процесс для повторного использования.

Данные промежуточные исследования, безусловно, не претендуют на полноту и окончательность, однако позволяют сделать следующие выводы:

– обоснованы оптимальные технические решения, разработаны математические модели и установлены основные закономерности взаимодействия факторов, влияющих на эффективность процессов подготовки и переработки органического сырья в биогазовой установке. Эффективность необходимо оценивать по обобщенному

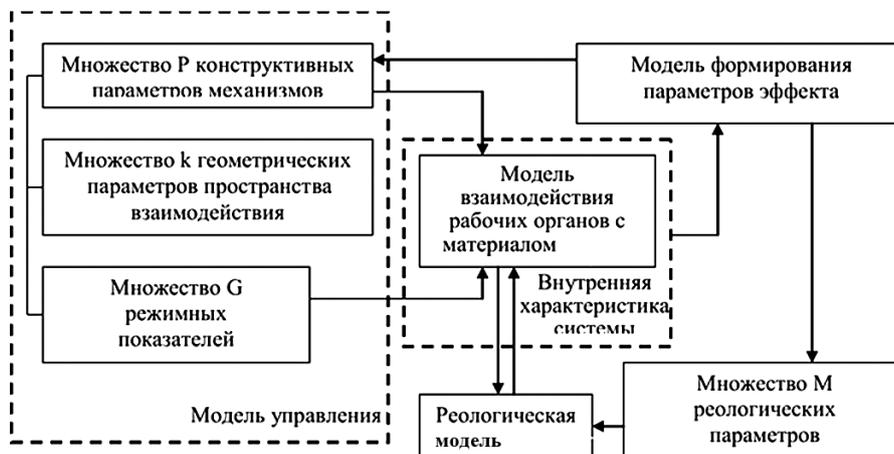


Рис. 3. – Структура математической модели обоснования процессов биогазовой установки



Рис. 4. – Карта процессов биогазовой установки

критерию оптимизации, включающему производительность и энергоёмкость машин, кроме того, возможны коэффициенты, учитывающие конкретные особенности процессов;

– разработаны математические зависимости для: 1) предварительного отделения навоза от соломы на вибрационной установке, измельчения соломы молотковой дробилкой с бункерным питателем перед подачей в биореактор. Такой подход устранил образование в биореакторе газо- непроницаемого слоя и повысит технологичность процесса; 2) повышения эффективности перемешивания материала в биореакторе, используя двухвинтовые смесители и роторный диспергатор, который кроме перемешивания измельчает органический материал до размеров наночастиц (2–10 нанометров), тем самым резко повышая эффективность газообразования; 3) применения винтовых прессующих машин при отделении твёрдых органических удобрений от жидкой фракции и возврата выделенной влаги в технологический процесс, что способствует влагосбережению, а полученные высококачественные органические удобрения получают добавленную стоимость и являются важным источником дохода агропромышленных предприятий.

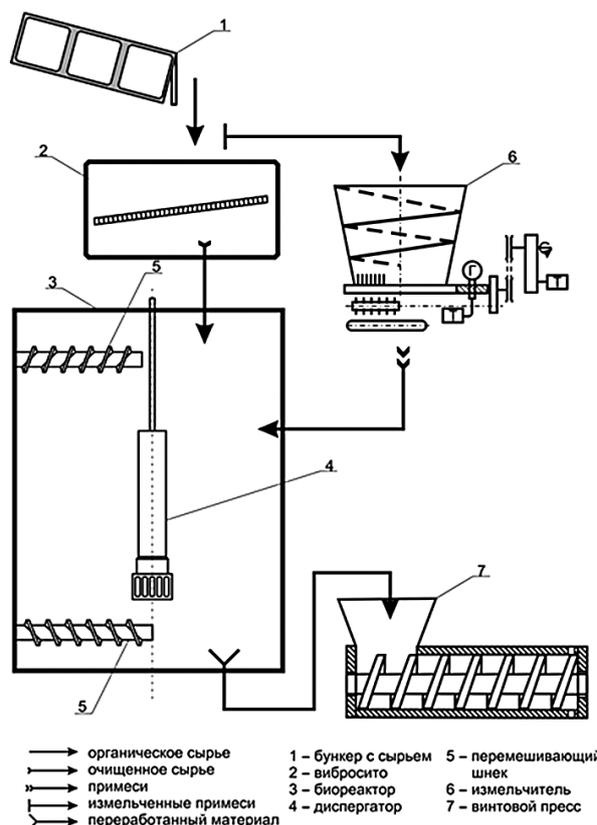


Рис. 5 – Общая схема технологического процесса функционирования биогазовой установки

Литература

1. Казахстан в 2011 году: статистический ежегодник. Астана, 2012.
2. Стратегия «Казахстан-2050». Новый политический курс состоявшегося государства.
3. Бааде В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз. Теория и практика. М.: Колос, 1982.
4. Eder Barbara, Schulz Heinz. Биогазовые установки: практическое пособие / пер. с нем. Zurich, 1996.
5. Сейтбеков Л.С., Нестеров Е.Б., Некрасов В.Г. Микробиологическая анаэробная конверсия биомассы. Алматы: Эверо, 2005. 276 с.
6. Оценка эффективности производства электроэнергии из органических отходов животноводства в Адамовском районе Оренбургской области / Р.А. Амерханов, Ю.А. Ушаков, В.Ю. Бибарсов [и др.] // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». Саров, 2014. № 18 (158). С. 136–142. ISSN 1608-8298.
7. Барков В.И. Исследование динамики выделения биогаза в анаэробных условиях // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 2012. № 9. С. 90 – 94.
8. Ушаков Ю.А., Нейфельд Е.В. Математика: программа, методические указания по изучению дисциплины и контрольные задания: учебное пособие. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2015. 92 с.