

лишних нагрузок в каналах прессования даже импортных матриц снижается производительность гранулятора. Для большей части случаев выходом из данной ситуации можно считать использование пара с температурой 125-160 °С для обработки сырья непосредственно перед прессованием. Действие пара заключается главным образом в том, что уменьшается выделение тепла за счет трения, развивающегося в матрице – пар действует на обрабатываемый продукт как смазка.

Влагу при увлажнении паром легче удалить в процессе изготовления гранул и при последующим охлаждении. Гранулы, изготовленные с использованием пара, более однородны по структуре и внешнему виду, имеют большую прочность и стойкость [1.2].

Литература

1. Кузьмич В.В., Севернев М.М., Баштовой В.Г. и др. Физическая модель получения гранулированного топлива при утилизации картонной упаковки. Материалы Международной научно-технической конференции «Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК». Минск: БГАТУ. 2009.
2. Кузьмич В.В., Марышев В.Ф., Агибалов В.Г. Технологическая линия приготовления гранулированного топлива.// Энергоресурсосбережение, №9, 2009.

ИССЛЕДОВАНИЕ СУБСТРАТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА

Коротинский В.А., к.т.н., доцент, Гаркуша К.В., аспирант
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» г. Минск, РБ

Биогаз является продуктом обмена веществ бактерий, образующийся вследствие разложения ими органического субстрата. Процесс разложения можно разделить на 4 этапа:

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

2. Далее расщеплением занимаются кислотообразующие бактерии. В этом процесс частично принимают участие анаэробные бактерии, употребляющие остатки кислорода и образующие тем самым необходимые для метановых бактерий анаэробные условия.

3. После этого кислотообразующие бактерии из органических кислот производят исходные продукты для образования метана, а именно: уксусную кислоту, диоксид углерода и углерод.

4. На последнем этапе образуется метан, диоксид углерода и вода как продукт жизнедеятельности метановых бактерий с уксусной и муравьиной кислоты, углерода и водорода.

Расщепление органики на отдельные составляющие и превращение в метан может проходить лишь во влажной среде, поскольку бактерии могут перерабатывать только вещества в растворенном виде.

При оценке субстрата следует учесть, что только из сухой массы, и в этом случае, только из ее органической части можно произвести метан. Поэтому содержание органической сухой массы в соотношении с общей массой является первым критерием для выбора составляющих смеси субстратов.

Навоз является отличным субстратом для производства биогаза. Регламент ЕС 1774/2002 требует, чтобы отходы животного происхождения обрабатывались при повышенной температуре, так как термическая обработка исключает риск распространения болезней и бактерий.

Смесь субстрата, поступающего в биогазовую установку, должна составляться с учетом рекомендуемых значений:

- отношения углерода к азоту (C/N);
- концентрации аммонийного азота;
- кислотности среды и отношения летучих жирных кислот к неорганическому углероду в процессе брожения (таблица 1).

Таблица 1. – Рекомендуемые значения отношения углерода к азоту

Вид сырья	Соотношения C/N
Навоз КРС	15 - 25
Свиной навоз	9 - 15
Куриный помет	7 - 11
Силос кукурузный	30 - 50
Солома	60 - 120
Рекомендуемый диапазон	20 - 30

При C/N > 30 наблюдается недостаток азота для поддержания баланса кислотообразующих бактерий и метаногенов. При C/N от 20 до 30 процесс протекает нормально. При C/N < 15 наблюдается

замедление метанообразования из-за токсичного воздействия избытка аммония.

При решении задачи исследования биомассы с целью получения наилучшего результата по выходу биогаза необходимое приборное оборудование для технологического контроля исходного сырья и сбраживаемого субстрата (анализатор влажности, рН-метр, титратор и др.).

Анализатор влажности предназначен для экспресс-анализа влажности субстрата в лаборатории. РН-метр – прибор для измерения водородного показателя (показателя рН), характеризующего активность ионов водорода в растворах, пищевой продукции и сырье, объектах окружающей среды и производственных системах непрерывного контроля технологических процессов. Титратор служит для количественного/массового анализа сырья.

Непосредственно на биогазовой установке должно находиться оборудование, позволяющее определить объем субстрата, количество, температуру и состав газа, количество выработанной электроэнергии.

Благодаря участию в процессе брожения растений, используемых для получения энергии и специально выращиваемых для производства биогаза, потенциал и выработка газа в биогазовых установках могут быть увеличены в значительной степени.

Цель измерения параметров производства биогаза заключается в проведении исследования для предоставления оценки мощности, принципа работы и эксплуатационной надежности различных систем, а также качества вырабатываемых продуктов.

В этих целях в период с 15 по 22 мая 2015 г. был осуществлен сбор данных по установке, расположенной в северной части Германии на ферме.

Биогазовая установка мощностью 1 МВт расположена на свинооткормочном предприятии с 2750 откормочными местами. Площадь сельскохозяйственных угодий составляет 1860 га пахотных земель и 249 га кормовых угодий. Из них 110 га используются для засева субстрата, который используется в биогазовой установке.

Установка была введена в эксплуатацию в декабре 2008 г. Она состоит из вертикально расположенных емкостей из нержавеющей стали (рабочий объем 3500 м³). Предприятие уже имело два резервуара для хранения навозной жижи (каждый объемом 2070 м³), вы-

полненных в виде баков из железобетона, которые теперь используются для хранения остатков переброженной массы.

Смесь субстрата состоит из свиного навоза (73,0 %), кукурузного силоса (11,8 %), силоса из початков и стеблей кукурузы (9,1 %), а также ржаного шрота (6,1 %).

Все твердые компоненты взвешиваются в дозаторе с полезным объемом около 20 м³. Сыпучий материал поступает через две дробилки в смонтированный шнек. Смесь субстрата подается в ферментер по шнековому транспортеру шесть раз в день. Свиной навоз закачивается в ферментер два раза в день из емкости для навозной жижи с помощью погружного центробежного электронасоса.

Для перемешивания массы в ферментере используется перемешивающее устройство с удлиненными осями, а также перемешивающее устройство с погружным двигателем.

Для промежуточного хранения вырабатываемого биогаза в ферментере служит пространство под воздухоопорным двойным пленочным покрытием, которое имеет объем около 290 м³. Обессеривание осуществляется биологическим способом путем подачи воздуха в верхней части ферментера. На входе в блочную мини-ТЭЦ для просушки газ проходит через противоточный охладитель.

Для получения электроэнергии из биогаза используется блочная ТЭЦ мощностью 1,0 МВт электрической энергии с газожидкостным двигателем (производитель: Schnell). В соответствии с законом EEG вырабатываемая электроэнергия подается в общественную электросеть. Получаемая теплота используется для обеспечения технологического процесса в ферментере, а часть теплоты поступает в сеть централизованного теплоснабжения.

В течение первых дней проведения измерений загрузка субстрата осуществлялась равномерно, объем загрузки составлял около 325 т сырой массы в неделю (рисунок 1).

Высокая доля использования субстрата на момент начала исследования была обусловлена повторным заполнением ферментера и дображивателя свиным навозом, уровень наполнения которого необходимо было снизить в связи с ремонтом погружного двигателя перемешивающего устройства.

Эксплуатация установки осуществлялась с нагрузкой 3,8 кг оСВ/(м³ рабочего объема в день) при максимальной нагрузке до 4,5 кг оСВ/(м³ рабочего объема в день) (рисунок 2).

Среднее время отстаивания в процессе эксплуатации установки составляло 60 дней. Загрузка блочной ТЭЦ в рассматриваемый период составила от 98,1 до 100 % установленной мощности по производству электроэнергии. При возникновении неполадок, которые имели место в предшествующий измерениям период и были связаны со сбоем устройства для перемешивания и выходом двигателя из строя, коэффициент использования мощности блочной ТЭЦ составлял всего около 84 % с сильными колебаниями (рисунок 3).

Использование тепловой энергии в летний период года незначительно, тогда как в зимний период можно было использовать около 30 % от теоретического потенциала выработки тепловой энергии. Таким образом, теоретический коэффициент использования мощности для выработки тепловой энергии составляет 18,5 %.

По сравнению с другими биогазовыми установками оборот субстрата составляет более 1200 кВт·ч/т оСВ, и находится, таким образом, в диапазоне высоких значений.

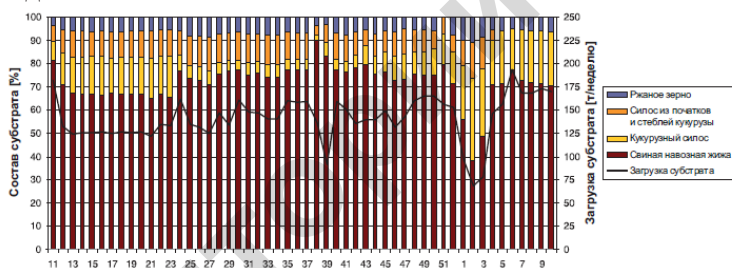


Рисунок 1. – Временная характеристика изменения состава и объема субстрата

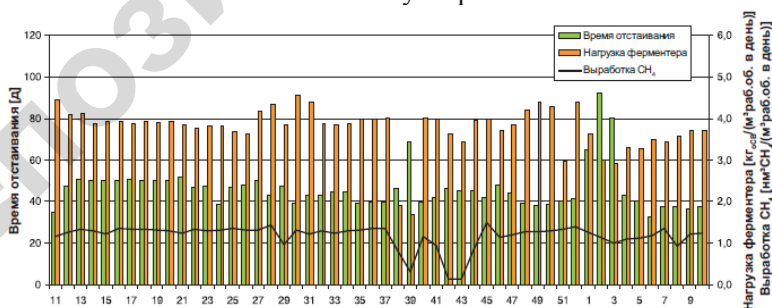


Рисунок 2. – Временная характеристика изменения времени гидравлического отстаивания, нагрузки по оСВ и выработки метана

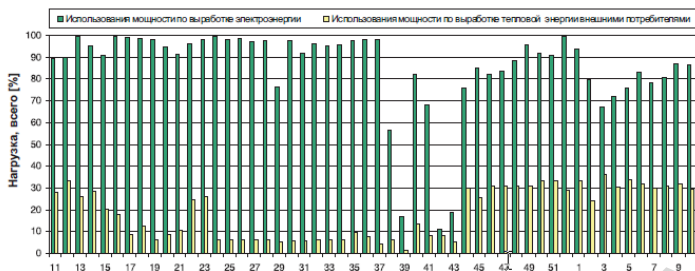


Рисунок 3. – Временная характеристика использования мощности по выработке электроэнергии и теоретической мощности по выработке тепловой энергии

Результаты исследований в период 12-16.05.2015 (усредненные):

Температура: ферментер 1 – 42,1 °С; дображиватель – 41,8 °С;
рН – 8,1;

Свежий субстрат – 46,0 т/день и 17 м³ жидкого навоза.

Среднее качество субстрата:

Сухое вещество – 19 % СМ NH₄-N 3,0 кг/т;

Остаток сухого вещества – 17 % СМ Нобщ.-N 5,9 кг/т;

ХПК – 240 кг/т PO₄-P 1,52 кг/т;

Выработка CH₄ – 3,4 нм³CH₄/(м³ раб. об. в день);

Выработка биогаза – 6,7 нм³BG/(м³ раб. об. в день);

Состав:

СВ – 6,2 % СМ;

оСВ – 4,7 % СМ;

NH₄ – N 4,0 кг/т;

Нобщ. – N 6,1 кг/т;

PO₄ – P 1,41 кг/т.

Эквивалент уксусной кислоты – 1530 г/т.

Производство газа:

Качество газа:

52,7 об. % CH₄ ;

величина O₂ отсутствует;

величина CO₂ отсутствует;

H₂S – 262 ppm.

Выработка электроэнергии:

25340 кВт·ч/день;

КПД – 98,1...100%.

Литература

1. W. Tanas, V. Korotinskiy, K. Garkusha, K. V. Garkusha. Analysis of bioenergetic potential and development in Belarus: Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, Poland, Lublin, 2013, Vol. 58(2). P. 73-78.
2. W. Tanas, V. Korotinskiy, K. Garkusha, K. V. Garkusha. Prospects of development of bioenergetics in Belarus: ТЕКА: An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering, Poland, Lublin - Rzeszow, 2013, Vol. 13 N1.

ПУТИ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА

Шатковский А. И., к.т.н., Шаукат И.Н.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, РБ

Основная цель теплоутилизации – повышение коэффициента использования участвующих в процессе производства энергоресурсов. Наиболее эффективным путём утилизации тепловых потерь технологического оборудования является тот, который позволяет обойтись без преобразования тепловой энергии и без повышения энтальпии теплоносителя передать её потребителю. При утилизации значительных по мощности низкопотенциальных источников эта задача стоит весьма остро, так как трудно найти соответствующего потребителя способного принять и освоить значительный объём низкотемпературного тепла генерируемого такими энергетически мощными предприятиями как: ГРЭС, ТЭЦ, цементными и керамзитовыми производствами.

Потребителем способным принять неограниченное количество низкотемпературного тепла является сельскохозяйственный производитель, который затрачивает огромное количество энергоресурсов на получение именно низкотемпературного тепла для выращивания, переработки, консервации и хранения своей продукции [1].

Но наличие такого ёмкого потребителя низкопотенциальных энергоресурсов не является надёжной гарантией его сбыта, так как сам сельскохозяйственный потребитель рассредоточен на большой