

апаратів дозволяє здійснювати комплексне вирішення проблеми переробки сховищ шламових стічних вод.

SUMMARY

Decanters are perspective devices for dehydration of materials in processing technology of sludge-catchment basins. In the report their high efficiency and advantage above vacuum-filters is shown. Using decanters ОГШ-469 makes processing of sludge-catchment basins of coal-cleaning and other branches economically favourable.

Надійшла до редакції 6 грудня 2005 р.

УДК 619:614.44

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ В УСТАНОВКАХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА

С.И. Якушко, канд. техн. наук, доц.
Сумский государственный университет

Предложены технологические схемы и пути оптимизации процесса производства биогаза из животноводческих стоков с целью получения максимального выхода биогаза. Показано, что предложенные решения позволяют добиться экономии биогаза до 50 метров кубических в сутки за счет использования вторичного тепла жидкой фракции после разделения на центрифуге в дополнительном подогревателе и рубашке реактора для брожения.

Метановое сбраживание является одним из перспективных путей утилизации отходов сельскохозяйственного производства, поскольку при этом образуется органическое удобрение, лишенное семян сорной растительности, и биогаз, содержащий в зависимости от условий производства и используемого сырья от 50 до 80 % метана [1].

Биогазовые установки внедрены и успешно работают в странах Западной Европы и США, где действуют порядка 600 биогазовых установок с объемом реактора от 100 до 300 м³ [2]. Ведущее место в мире по производству биогаза занимает Китай, где действует около 7 млн биогазовых установок с объемом реактора 8-10 м³ каждая и около 40 тыс. установок с реакторами большего объема [3]. На этих установках перерабатывается 230 млн тонн отходов в год (в пересчете на сухое вещество) с получением около 110 млрд м³ биогаза. В Великобритании, США, Франции, Китае, Индии и других странах разработаны программы по расширению масштабов утилизации биомассы с применением биогазовых установок, а при ООН создана Международная организация «Биогаз», которая объединяет в своем составе 25 стран мира.

Однако указанная технология пока не нашла широкого применения в странах СНГ и в Украине, хотя общая масса животноводческих стоков составляет около 1,5 млрд тонн в год, из которых, применяя метод метанового сбраживания, каждый год можно получать более 30 млрд м³ биогаза, что эквивалентно 22, 5 млн тонн бензина.

Это обусловлено несколькими причинами.

Во-первых, как видно из перечня стран, где установки внедрены в наибольшем количестве, это страны с жарким климатом. Температура, при которой идет процесс, является одним из важнейших параметров, определяющих скорость процесса и производительность биогазовых реакторов. Известно [4], что метановое брожение может протекать в

диапазоне температур от 0 до 97°C, однако на практике используют следующие режимы реакторов: психрофильный (18-20°C), мезофильный (32-35°C) и термофильный (50-55°C). Причем на скорость протекания процесса брожения существенное влияние оказывают условия термостатирования в указанных диапазонах. Имеются данные [5,6], указывающие на резкое снижение выхода биогаза при понижении температуры на 5°C от оптимального и медленное восстановление выхода биогаза до прежнего уровня при нормализации температуры. Поэтому процесс необходимо вести в узком температурном интервале заданного значения температуры. Естественно, что при высокой температуре наружного воздуха добиться этого легче. Кроме того, что является очень существенным фактором, затраты тепла при этом намного снижаются. Если нагрев органической массы в биогазовом реакторе производить за счет сжигания выработанного биогаза, то доля товарного биогаза в странах с жарким климатом будет существенно выше.

Во-вторых, перебродившая органическая масса имеет влажность порядка 90-94%. В странах с жарким климатом сброженную массу в качестве органического удобрения используют практически круглогодично, а в наших широтах ее использование возможно только в теплое время года (при подкормке растений). В остальное же время ее необходимо хранить в открытых емкостях (бетонных картах), тогда как длительное хранение (более полугода) приводит к потере значительной части ценных питательных веществ, особенно азота, потери которого составляют более 50 %.

В-третьих, относительная дешевизна до последнего времени природного газа, поскольку на цену биогаза накладываются расходы на создание и эксплуатацию установки.

В настоящее время ситуация в корне изменилась. Цены на природный газ выросли баснословно и скорее всего будут продолжать расти. Поэтому Украина должна искать выходы из сложившейся ситуации. Одним из перспективных выходов является создание биогазовых установок, работающих на возобновляемом сырье, таком, как навоз свиней и крупного рогатого скота, куриный помет, коммунальные стоки, другие сельскохозяйственные отходы.

Необходимы решения по первым двум проблемам, а именно: разработка технологических схем и конструкций аппаратуры с минимальными потерями тепла и максимальным использованием тепла сброженной массы.

Нагрев такого продукта, каким являются органические отходы ферм, - довольно сложная задача, поскольку они представляют собой неоднородную гетерогенную смесь твердых частиц, составляющих дисперсную фазу, и жидкой фазы (дисперсионной среды), являющейся водным раствором солей, кислот и щелочей. Фракционный состав твердых (взвешенных) частиц разнообразен и меняется в зависимости от вида и возраста животных, кормового рациона и предварительной обработки (перемешивания, перемещения и т.д.) входящих в него компонентов. Твердые частицы в свином навозе составляют 70-75 % от всей массы сухого вещества, а в навозе крупного рогатого скота - около 60 % [1]. Суспензия содержит много коллоидных частиц, создающих вязкую структуру, седиментация которых протекает крайне медленно. Плотность сухого вещества составляет 1300 кг/м³, а взвешенные частицы на 75-80 % состоят из воды и имеют плотность 1050-1060 кг/м³. Это усредненные данные, на самом деле плотность жидкой фазы различных видов животных неодинакова. Особую трудность представляет переработка подстилочного навоза из-за нахождения в экскрементах различных подстилочных материалов (солома, опилки, торф и др.).

Перечисленные параметры, а также плохая теплопроводность органических комочков и склонность данной суспензии к забиванию и отложению на различных поверхностях, даже вертикальных, создают значительные трудности нагрева навоза (помета). Анализ существующих систем нагрева показывает, что в мировой практике имеются несколько технологических подходов:

- без предварительного нагрева исходного сырья: в этом случае нагрев сырья осуществляется в самой метантенке – емкости, где происходит процесс анаэробного брожения;
- с предварительным подогревом исходного сырья до температуры брожения: в этом случае нагрев осуществляется в выносных теплообменниках.

Оба указанных подхода могут проводиться с использованием тепла сброженной массы или без него, а также с предварительной обработкой исходного сырья (измельчение, гомогенизация, и др.) или без него.

Опыт показывает, что загрузка исходного сырья без предварительного подогрева снижает эффективность сбраживания, поскольку поступление внутрь метантенки холодной массы вызывает стресс анаэробных бактерий. Их жизнедеятельность замедляется, и нужно время для восстановления прежней активности. Поэтому наиболее распространенными являются технологические схемы с предварительным нагревом исходного сырья. Нагреваемая масса поступает в сборник исходного сырья, объем которого составляет дозу разовой или суточной загрузки сырья в метантенку.

При этом возможны следующие схемы нагрева:

Технологическая схема с подогревателем-выдерживателем (рис. 1) характеризуется тем, что исходное сырье закачивается в емкость подогревателя-выдерживателя 1, внутри которого находится теплообменник 2. В теплообменник осуществляется подача горячего теплоносителя до тех пор, пока масса внутри емкости подогревателя нагреется до заданной температуры ферментации. Для интенсификации процесса теплообмена схема включает насос 3, который периодически или постоянно прокачивает нагреваемую массу по циркуляционному контуру. При достижении заданной температуры насос выкачивает всю массу из подогревателя в метантенку.

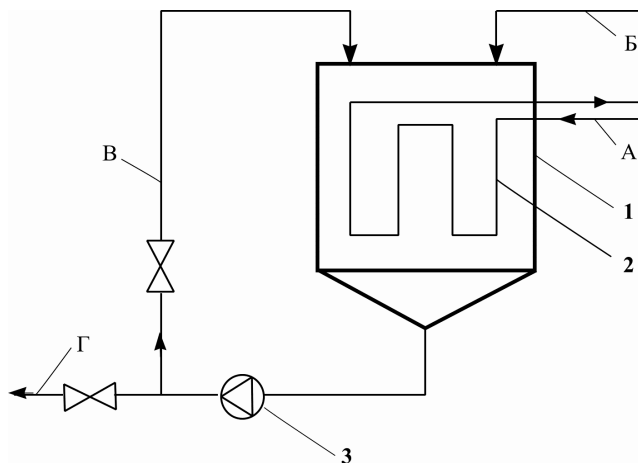


Рисунок 1 - Технологическая схема с подогревателем-выдерживателем:
 1 – подогреватель-выдерживатель; 2 – встроенный теплообменник; 3 – насос;
 А – подача тепла; Б – подача сырья; В – возврат сырья; Г – выкачивание сырья

Предложенная схема характеризуется неравномерностью распределения температур по сечению подогревателя и невысокой интенсивностью нагрева.

Важным условием нагрева навоза является недопустимость повышения температуры теплоносителя выше 65-70⁰С, поскольку в противном случае происходит припекание органики к поверхности теплообменника, а значит, и резкое снижение коэффициента теплоотдачи от поверхности труб к нагреваемой массе. Поэтому необходимо интенсифицировать процесс теплообмена за счет увеличения скорости движения нагреваемой массы. При этом одновременно уменьшается возможность ее прилипания к поверхности теплообмена.

Поэтому предпочтительной является схема нагрева с выносным теплообменником (рис. 2).

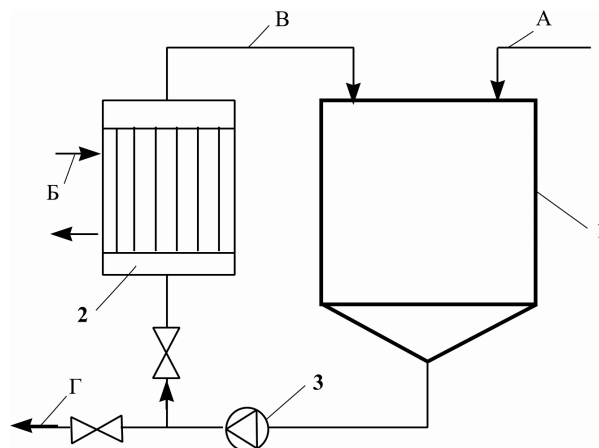


Рисунок 2 - Технологическая схема с выносным теплообменником:
 1 - сборник исходного сырья; 2 - выносной теплообменник; 3 - насос;
 А - подача сырья; В - подача тепла; В - возврат сырья; Г - выкачивание сырья

По данной схеме исходное сырье закачивается в сборник 1, а затем прокачивается через выносной теплообменник 2 до тех пор, пока масса не нагреется до температуры ферментации. Выносной теплообменник представляет собой кожухотрубчатый теплообменник с увеличенным диаметром труб. Исходное сырье прокачивается через трубы насосом 3, а в межтрубное пространство подается горячий теплоноситель. При достижении заданной температуры насос выкачивает всю массу из сборника в метантенк.

Благодаря значительной скорости движения суспензии в трубках, отложения на поверхности теплообмена значительно меньше, чем в неподвижной среде. При этом достигается более высокий коэффициент теплоотдачи к нагреваемой среде, чем в подогревателе-выдерживателе, что позволяет соответствующим образом сократить время нагрева и уменьшить поверхность нагрева.

Имеются оригинальные схемы нагрева исходной массы. Так, Латвийской академией наук опробован способ подогрева исходного сырья топочными газами. Схема, реализующая данный способ нагрева, представлена на рисунке 3.

Согласно данной схеме сборник 1 загружается исходным сырьем, включается компрессор 4, который подает продукты сгорания биогаза на барботажное устройство 2. Горячие газы, проходя через слой исходного сырья, отдают ему свое тепло и одновременно перемешивают исходную массу. Подогретое до температуры сбраживания исходное сырье насосом 3 перекачивается в метантенк.

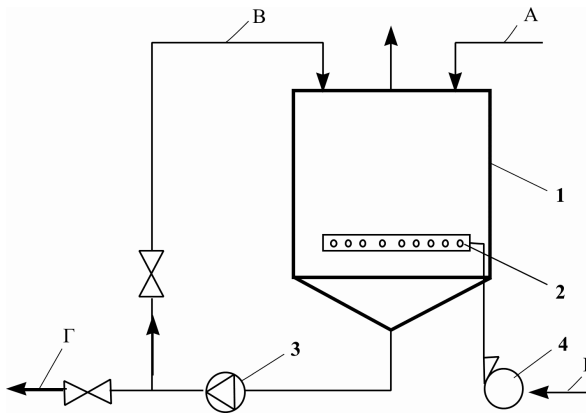


Рисунок 3 - Технологическая схема с нагревом топочными газами:
 1 – сборник исходного сырья; 2 – барботер; 3 – насос; 4 – компрессор;
 А – подача сырья; Б – подача топочных газов; В – возврат сырья;
 Г – выкачивание сырья

Задачей работы является создание технологических линий и их аппаратного оформления для сбраживания навозных стоков с получением максимально возможного количества товарного биогаза. При этом должны быть решены задачи максимально возможного использования тепла сброженной массы перед ее сбросом в открытые накопители, а также осуществление нагрева с максимальным коэффициентом теплопередачи.

Комплекс работ, проведенных на промышленной установке «Биогаз-301С», перерабатывающей навоз фермы на 3 тыс. голов свиней подсобного хозяйства СМНПО им. Фрунзе, и созданной при ней пилотной установке, позволил разработать ряд технологических схем, реализующих данное направление [7,8].

Отделение нагрева исходного продукта разработанных технологических схем представлено на рис. 4.

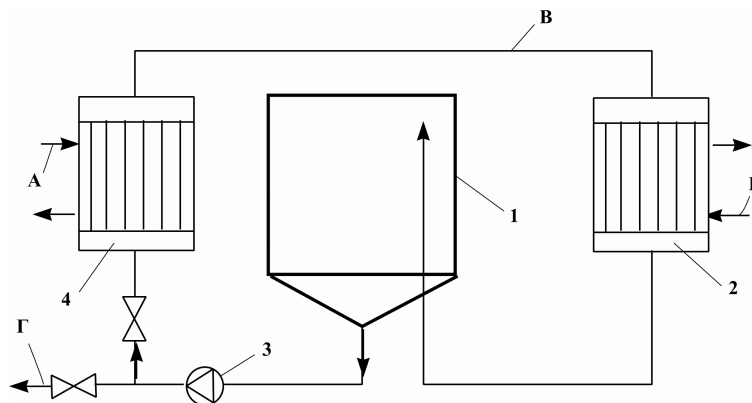


Рисунок 4 - Технологическая схема с теплообменником и рекуператором тепла:
 1 – сборник исходного сырья; 2 – выносной теплообменник; 3 – насос; 4 – рекуператор;
 А – подача фугата; Б – подача тепла; В – возврат сырья; Г – выкачивание сырья

В представленной на схеме установке реализован двухстадийный подогрев исходного сырья: вначале навоз предварительно нагревается в подогревателе за счет использования тепла горячего фугата после разделения сброженной массы на центрифуге, а в дополнительном подогревателе его температура доводится до температуры ферментации за

счет подачи в теплообменные элементы горячей воды из контура горячего водоснабжения фермы. При этом для получения горячей воды используется биогаз, получаемый на данной установке.

Согласно изобретению [7] исходное сырье закачивается в сборник 1, а затем прокачивается последовательно вначале через рекуператор тепла 4, обогреваемый жидкой фракцией отферментированной массы с температурой 30-40⁰С, а затем через выносной теплообменник 2 до тех пор, пока масса не нагреется до температуры ферментации. Рекуператор и выносной теплообменник представляют собой кожухотрубчатые теплообменники с увеличенным диаметром труб. Исходное сырье прокачивается через трубы насосом 3. При достижении заданной температуры насос выкачивает всю массу из сборника в метантенк.

В данной схеме предусмотрена утилизация тепла сброженной массы, за счет чего снижается расход тепла на нагрев исходного сырья.

Предложены новые конструкции теплообменных элементов основного и дополнительного подогревателей. Они представляют собой многоходовые теплообменники типа «труба в трубе», выполненные из прямых труб, помещенных в емкость подогревателя. Такая конструкция дает возможность наиболее полно использовать тепло фугата и одновременно предотвращает отложения органики на нагревательных поверхностях.

Предложена и новая конструкция метантенка, в котором термостатические условия также поддерживаются за счет утилизации тепла сброженной массы. С этой целью метантенк выполнен в виде вертикального цилиндрического аппарата, снабженного по периметру рубашкой, в которую подается горячий фугат.

Расчеты показывают, что указанные решения позволяют добиться экономии биогаза до 50 м³/сутки за счет использования вторичного тепла фугата в дополнительном подогревателе и рубашке метантенка.

Дальнейшим развитием подхода, реализованного в изобретении [7], является изобретение [8]. Согласно данной разработке установка включает блок подготовки исходного сырья, состоящий из подогревателя, системы нагревателей, помещенных в резервуар с водой, и котла, в котором вода нагревается за счет сжигания части биогаза, вырабатываемого на установке. Имеются два замкнутых циркуляционных контура: первый контур включает подогреватель и систему нагревателей, а второй контур – нагревательные трубки котла и емкость резервуара с водой. С помощью насосов обе среды (исходное сырье и горячая вода) постоянно циркулируют каждая по своим контурам. По достижении заданной температуры ферментации часть нагретого исходного сырья подается в метантенк на ферментацию, после чего подогреватель догружается холодным исходным сырьем.

Определена оптимальная доля отбираемой части нагретого сырья из подогревателя, что позволило добиться значительной экономии биогаза, используемого на подогрев сырья.

В результате проведенной работы проведен выбор технологических режимов в установках для производства биогаза. На основании этого предложены решения, которые позволяют создавать установки для переработки отходов животноводства и птицеводства по энергосберегающим технологиям с увеличением доли товарного биогаза.

SUMMARY

The technological schemes and paths of optimization of process of production of biogas from cattle-breeding drains are offered with the purpose of deriving a maximum output(exit) of biogas. It is shown, that the offered solutions allow to achieve economies of biogas up to 50 meters cubic per day at the expense of use of secondary heat of a liquid fraction after separation on a centrifuge in the additional preheater and jacket of the reactor for fermentation.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубровский В.С., Виестур У.Э. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов. – Рига: Зинатне, 1988 - 204 с.
2. Панчев С., Панчев В. Получение на биогаз от отпадци от селского стопанство, хранителната промышленост и бита.: Обзор / Национален аграрно-промышлен съюз център за получено-техническа и икономическа информация. - София, 1982. - 51 с.
3. Состояние и перспективы развития биогазовых установок / Госагропром СССР, ЦНИИТЭИ. - М. - 1981. - 29 с.
4. Taiganides E.P. Biogas energy recovery from animal wastes // World Animal Rev. – 1981.
5. Фокина В.Д., Хитров А.Н. Переработка навоза в биогаз. – М., 1981. – 49 с.
6. Summers R., Bousfield S. A detailed study of piggery waste anaerobic digestion // Agr. Wastes, - 1980.-Vol.2 – P. 61-72.
7. Якушко С.И. и др. Установка для анаэробной обработки отходов. – Авт. свид. № 1587021, Бюл. № 31, 1990.
8. Якушко С.И. и др. Установка для метанового сбраживания биомассы. – Авт. свид. № 1833422, Бюл. № 29, 1993.

Поступила в редакцию 27 февраля 2005 г.

УДК 631.893:661

МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ ФОСФАТОВ

*Л.Д. Пляцук, д-р техн. наук, проф.; С.В. Вакал, канд. техн. наук;
Н.И. Андриенко*

Сумский государственный университет

В статье представлено аналитическое обозрение существующих методов переработки природных фосфатов, условия образования и характеристика отходов на предприятиях по их переработке. Рассмотрен азотнокислотный способ разложения как перспективный метод обогащения фосфоритов.

В последнее время все чаще возникает вопрос о состоянии окружающей природной среды. Особую актуальность приобретает развитие науки об охране природы и человека от действия токсичных веществ, поступающих в атмосферу, почву и водоемы.

Научная и практическая значимость этих работ определяется тем, что они в известной степени способствуют совершенствованию технологии, рациональному использованию природных ресурсов и более глубокому пониманию процессов, происходящих в природе.

Причинами многих заболеваний могут служить поступления в организм человека токсических и канцерогенных веществ, несбалансированность их во внешней среде. В то же время, большое количество отходов производства и транспорта, поступающих во внешнюю среду, приводит к потере материальных ценностей, которые могли бы быть возвращены и использованы в народном хозяйстве. Уменьшение количества токсичных веществ, поступающих в окружающую среду, является общегосударственной задачей.

Наибольшую опасность для биосферы в целом представляют газовые выбросы, сточные воды и твердые отходы (фосфогипс), образующиеся в процессе производства основных фосфорсодержащих удобрений.

Для дальнейшего развития производства фосфорсодержащих удобрений необходимо внедрение экологически рациональных методов переработки сырья и более совершенных методов защиты окружающей природной среды, посредством высокоэффективных природоохранных технических средств.

Основным сырьем для получения фосфорных удобрений являются