

ская температура $T_{кр}=516,1\text{K}$ ($243,1^{\circ}\text{C}$); критическое давление $P_{кр}=63,9$ Па; температура кипения при атмосферном давлении ($P=0,1$ МПа) $T_{кип}=351,3$ К ($78,3^{\circ}\text{C}$); удельная теплота испарения $r=840$ кДж/кг; теплоемкость газообразного этанола в диапазоне температур от 0 до 100°C составляет $C_p=1,34...1,69$ кДж/кг.град. Для работы ТН принимаем диапазон рабочих температур от небольшой минусовой до $48...64^{\circ}\text{C}$ (в зависимости от потребностей потребителя). При снижении в испарителе давления до $P=1,33$ кПа температура кипения снижается до $T_{кип}=270,4$ К ($-2,3^{\circ}\text{C}$). При давлении пара в конденсаторе $P=26,7$ кПа этанол конденсирует при температуре $T_{кип}=224,6$ К ($48,4^{\circ}\text{C}$). При давлении пара $53,4$ кПа этанол конденсирует при $T_{кип}=336,5$ К ($63,5^{\circ}\text{C}$).

Рабочий режим ТН подбирают индивидуально в зависимости от температуры T_L низкопотенциального источника и потребностей в температуре T_H потребителя высокопотенциального тепла.

Литература

1. Патент 64691 UA, МПК (2011.01) F03D7/06, F24J3/00, F25B29/00. Ветротеплонасосная энергоустановка / В.Я. Жарков. – Опул. 10.11.2011. – Бюл. № 21.
2. Патент 70630 UA, МПК (2012.01) F25B30/00. Способ работы теплового насоса / В.Я. Жарков. – Опул. 25.06.2012. – Бюл. № 12.

УДК 63:(620. 95:504.064.34)

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ БИОМАССЫ В МЕТАН-ТЕНКЕ БИОГАЗОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Капустин Н.Ф., к.т.н., Снежко Э.К., к.т.н.,
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации
сельского хозяйство», г. Минск, Республика Беларусь

Узким местом метантенков (ферментеров), вырабатывающих биогаз на биогазовых энергетических установках (БГЭУ), являются недостаточно эффективные и энергозатратные перемешивающие устройства (мешалки), периодически приводимые в действие от электродвигателей, находящихся, как правило, в условиях агрессивных жидких сред. Они требуют периодического ручного управ-

ления со стороны оператора установки для разрушения образующейся на поверхности биомассы (субстрата) корки, препятствующей нормальному выходу биогаза на поверхность. Таким образом, создание автономно работающих энергоэффективных перемешивающих устройств является весьма актуальной задачей.

В целом, эффективность работы метантенков в большой степени зависит от таких факторов, как вид сбрасываемых отходов, кислотность среды, температурный режим и наличие перемешивающих устройств.

[1]. В большинстве случаев сбрасыванию подлежат заранее определенные отходы, кислотность среды также однозначна и неизменна. Кислотность, как и температурный режим, должна строго соответствовать физиологическим и биохимическим свойствам метаногенных бактерий. Перемешивание же иногда рассматривается как необязательный процесс. Однако отсутствие перемешивающих устройств может негативно сказаться на жизнедеятельности метантенка большого объема, в котором может резко снизиться активность метаногенов в глубинных слоях биомассы и образуется большое количество пены на поверхности. Но с повышением интенсивности перемешивания, возрастают и энергозатраты на его осуществление. В установках малого объема до 2 м³ возможно не устанавливать мешалки или использовать простые ручные устройства. Метантенки средних размеров могут иметь более сложные мешалки небольшой производительности. В крупногабаритных метантенках, которыми оснащаются предприятия агропромышленного комплекса Республики Беларусь, перемешивающие устройства просто необходимы. Проанализируем самые известные способы перемешивания, особенно с небольшими затратами энергии, и пути повышения их энергоэффективности.

В частности, рассмотрим перемешивание за счет гравитационных сил (Рис.1). Оно происходит в метантенках проточного типа, находящихся под определенным наклоном к линии горизонта, причем их камера разделена на несколько секций перегородками. Недостатком такого способа является его малая интенсивность. Большой производительностью отличаются гидравлические способы перемешивания. Общим приемом для метантенков этого типа является забор жидкости с поверхности массы и нагнетание ее в более глубокие слои. Распространены также газовые способы, когда часть

выработанного газа откачивается из реактора, сжимается компрессором и нагнетается в аппарат для организации барботажа [1]..

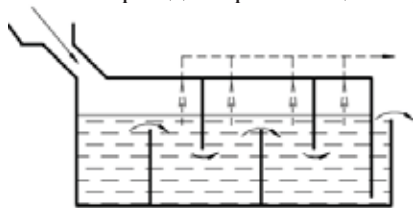


Рис. 1.

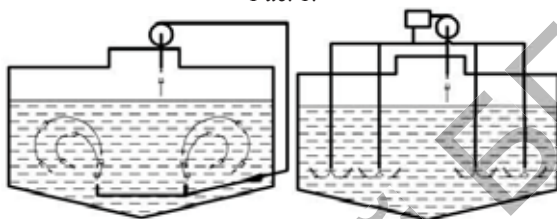


Рис. 2

Биогаз может нагнетаться через дно, боковую стенку или купол (Рис.2). Каждый из этих способов имеет свои недостатки. При размещении форсунок в дне резервуара или в нижней части боковой стенки невозможным станет их ремонт и замена без остановки и осушения метантенка. При верхнем размещении оборудования утяжеляется купол и усложняется его демонтаж.

Газовые способы являются наиболее эффективными, потребление энергии при этом меньше, чем у гидравлических устройств.

Однако и они требуют значительных затрат энергии. Нами предложен проект задания по разработке и внедрению автономно работающей мешалки, использующей разность температур биомассы и газовой среды в метантенке. Научная идея проекта заключается в использовании преобразователей низко потенциальной тепловой энергии в механическую работу для перемешивания биомассы.

Новизна предлагаемых авторами проекта преобразователей подтверждена полученными патентами на изобретения [2-5]. На основании выполненных исследований отрабатываются расчетные и экспериментальные модели с подбором параметров тепловых двигателей роторного типа. Они необходимы для создания перемешивающих и разрушающих корку устройств, увеличивающих выход биогаза в метантенках БГЭУ. Выполнена действующая модель ро-

тора теплового двигателя, преобразующего низко потенциальную энергию теплового потока в работу и создающего крутящий момент на валу ротора.

Задачей исследователей являлось снижение энергопотребления и повышение надежности работы мешалки метантенка БГЭУ. С этой целью метантенк, имеющий горизонтально-цилиндрическую емкость, разделенную центральной неподвижной перегородкой с люком и задвижкой на камеры начальной и конечной стадии брожения, был оснащен общей для камер реверсивной мешалкой, выполненной в виде вала со спицами-лопатками, прикрепленными к навивке винтовой цилиндрической спирали. Метантенк снабжен обогревателями камер начальной и конечной стадии брожения, насосом и ветродвигателем с редуктором. При этом свободный конец вала реверсивной мешалки сообщен через редуктор с валом ветродвигателя, образуя общий узел реверсивной мешалки.

Кроме того, к спицам-лопаткам были прикреплены витки дополнительной винтовой цилиндрической спирали, снабженной насаженными на нее с возможностью изменения своего объема при изменении температуры термочувствительными элементами. Эти элементы выполнены в виде установленных соосно на кольцевых заглушках наружных и внутренних камер переменного объема (сильфонов). Внутренняя полость между камерами была заполнена теплоносителем, например аммиачной водой. Обогреватели камер способствовали созданию дополнительного крутящего момента за счет архимедовых сил, действующих на термочувствительные элементы при нагреве заключенного в них теплоносителя и расширении камер.

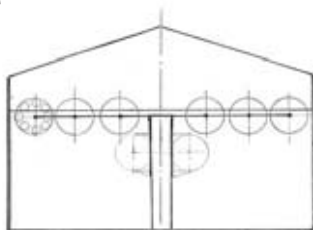


Рис. 3

На рис 3 изображен вариант мешалки для метантенка с вертикально-цилиндрической емкостью, а на рис. 4 вид сверху на эту мешалку.

Мешалка состоит из поворотной рамы (сектора) с несколькими барабанами, установленной с возможностью вращения и перемещения относительно центральной стойки. торцевые стенки каждого из барабанов установлены под углом друг к другу и оснащены равномерно по окружности соединяющими их емкостями переменного объема (сильфонами), заполненными легкокипящей жидкостью (теплоносителем). За счет разности температур емкостей переменного объема, находящихся в погруженном состоянии и над поверхностью биомассы, происходит, соответственно, расширение находящегося в них теплоносителя (аммиачной воды) или его сжатие.



Рис. 4

За счет этого происходит вращение барабанов и перемешивание биомассы с разрушением корки на ее поверхности. В процессе вращения барабанов с помощью установленных на них лопастей происходит также вращение самого сектора по поверхности метантенка.

Возможность, и, в особенности, необходимость установки перемешивающего устройства определяется, в первую очередь, целевым продуктом, требованиям к продуктивности и бесперебойности подачи газа.

Литература:

1. Arthur C. Schlicht. The Gaslifter. A time-honored, proven anaerobic digester mixing system. Walker Process Equipment, Aurora: 2001.
2. Патент на изобретение BY 12450, 2009 г., «Устройство для перекачивания жидкости».
3. Патент на изобретение RU 2027898, Бюл.из. РФ, № 3, 1995 г., «Способ работы тепловой трубы».
4. Патент на изобретение BY №13669, Бюл. №5, 2010 г. «Тепловой двигатель».
5. Патент на изобретение BY №17276, 2013г., «Метантенк для биогазовых установок».).