

поверхность контакта для их взаимодействия и образования дополнительного объема метана. Одновременно дображивается несбродившая часть субстрата, перемещающаяся сверху вниз – навстречу биогазу и водороду.

Большая степень обогащения биогаза за счет снижения в нем  $\text{CO}_2$  и увеличения доли  $\text{CH}_4$  достигается неоднократной продувкой биогаза насосом 30, подающим биогаз с выхода колонны после гидравлического затвора 29 на вход в нижнюю часть колонны через патрубок 31.

Контролируя подачу необходимого объема водорода в колонну, а также анализа и католита в другие камеры реактора, представляется возможным существенно повысить объем получаемого метана и улучшить качество сброженного сырья. При этом обеспечиваются оптимальные рН и температура субстрата в камерах.

Предложенное техническое решение найдет широкое применение для использования в составе метантенков разных конструкций, в целях увеличения их производительности.

#### Список литературы

1. Процесс получения биогаза: информационный материал фирмы ZORG. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.zorg-biogas.com> (дата обращения: 21.11.2014).
2. Виестур У. Э., Кузнецов А. М., Савенков В. В. Системы ферментации. Рига : Зинатне, 1986, 174 с.
3. Ткани углеродные РУП СПО «Химволокно». [Сайт]. URL: <http://www.sohim.open.by> (дата обращения: 21.11.2014).

УДК 662.767.2

Трифонов В. Д., Ткачев В. К., Трубицын К. В.  
Самарский государственный технический университет,  
[tcf-samgtu@yandex.ru](mailto:tcf-samgtu@yandex.ru)

## ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ БИОГАЗА

Биогазовая система БГС-1, подробное описание и проектирование которой представлено авторами в [1], состоит из метантенка (реактора), газгольдера, систем загрузки и выгрузки, устройства смешения, выпускного газопровода, а также дополнительных элементов системы, предназначенных для хранения газа, производства тепла и т. д. Для наиболее эффективной ферментации БГС-1 дополняется устройствами теплообмена, в которых в качестве теплоносителя используется вода, подогретая до 50–60 °С.

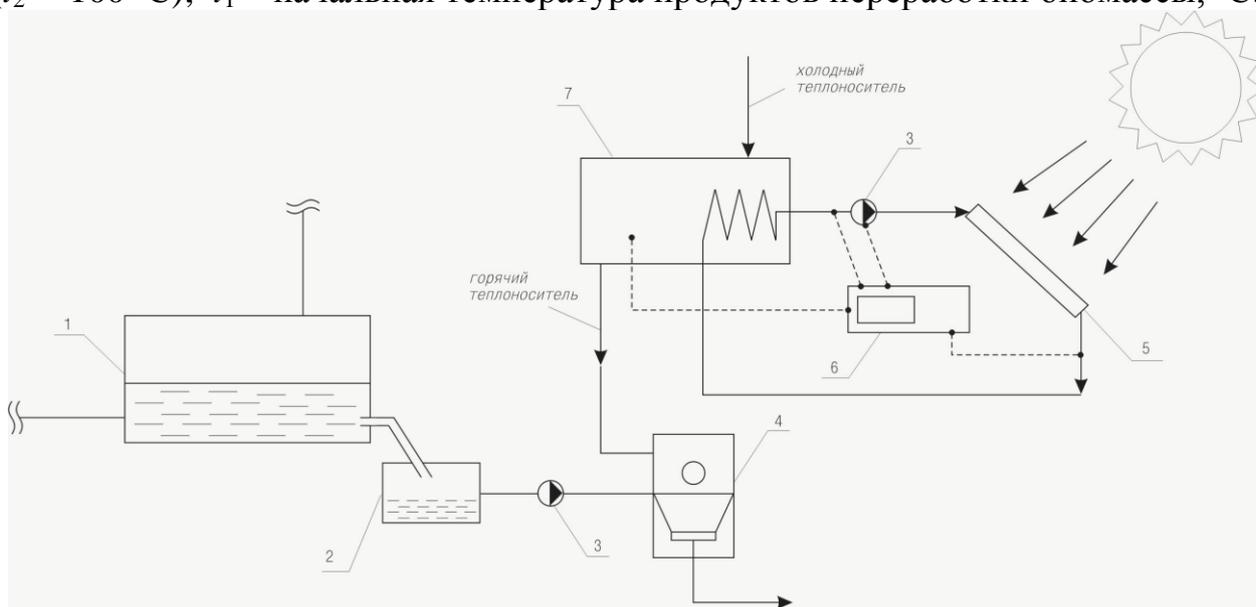
В текущем исследовании авторы попытались произвести расчет выработанного при помощи солнечного коллектора необходимого количества энергии, предназначенной для сушки продуктов переработки биомассы после анаэробного сбраживания в метантенке. Таким образом, существующую схему биога-

зовой системы БГС-1 (см. рисунок) дополним еще одним элементом – сушильной установкой 4 с применением солнечного коллектора 5.

Для получения концентрированных сухих органических удобрений (влажность не более 15 %) необходимо испарить минимум 65 % воды из оставшихся после выделения биогаза продуктов переработки биомассы (далее – продукты переработки). Для этого необходимо нагреть продукты переработки с 30 °С до температуры кипения воды (100 °С). При этом необходимое для нагрева воды количество теплоты можно определить по формуле

$$Q_1 = C_{\text{бм}} m (t_2 - t_1), \quad (1)$$

где  $Q_1$  – количество теплоты, необходимое для нагрева биомассы до температуры 100 °С, Дж;  $C_{\text{бм}}$  – средняя теплоемкость биомассы, Дж/(кг·г);  $m$  – масса продуктов переработки биомассы, кг;  $t_2$  – температура кипения воды ( $t_2 = 100$  °С);  $t_1$  – начальная температура продуктов переработки биомассы, °С.



Включение сушильной установки с применением солнечного коллектора в схему биогазовой системы БГС-1: 1 – метантенк (реактор); 2 – резервуар для продуктов переработки биомассы; 3 – насос; 4 – сушильная установка; 5 – солнечный коллектор; 6 – микропроцессор; 7 – теплообменник

Помимо теплоты, необходимой для нагрева продуктов переработки до температуры кипения воды, требуется учесть то количество теплоты, которое пойдет на перевод воды в газообразное состояние (пар). Такое количество теплоты можно определить по формуле

$$Q_2 = r \cdot 0,65m, \quad (2)$$

где  $Q_2$  – количество теплоты, требуемое для перевода воды в пар, Дж;  $r$  – теплота парообразования воды, Дж/кг;  $m$  – масса продуктов переработки биомассы, кг; 0,65 – массовая доля воды, требуемой к испарению.

Следовательно, общее количество теплоты, которую необходимо сообщить продуктам переработки для получения сухих концентрированных органических удобрений составляет

$$Q = Q_1 + Q_2. \quad (3)$$

Рассчитаем по формулам (1)–(3) количество теплоты  $Q$ , необходимое для получения сухих концентрированных органических удобрений влажностью 15 % из 1 кг продуктов переработки.

Учитывая, что средняя теплоемкость продуктов переработки биомассы  $C_{\text{бм}} = 4100 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ , а их начальная температура  $t_1 = 30^\circ\text{C}$ , получаем:

$$Q_1 = 4100 \cdot 1 \cdot (100 - 30) = 287000 \text{ Дж} = 287 \text{ кДж}.$$

Зная теплоту парообразования воды ( $r = 2260 \text{ кДж}/\text{кг}$ ), определим теплоту парообразования  $Q_2$ :

$$Q_2 = 2260 \cdot 0,65 \cdot 1 = 1469 \text{ кДж}.$$

Общее количество теплоты

$$Q = 287 + 1469 = 1756 \text{ кДж}.$$

Следовательно, для того чтобы из 1 кг продуктов переработки получить сухие концентрированные органические удобрения, потребуется 1756 кДж теплоты.

Рассмотрим возможность применения солнечного коллектора в устройстве сушильной установки. Для этого предположим, что опытная биогазовая система БГС-1 производит 300 кг продуктов переработки биомассы за месяц (или 105 кг сухих концентрированных органических удобрений). Следовательно, суточный выход продуктов переработки составляет 10 кг (или 3,5 кг сухих удобрений). Для получения такого количества удобрений за один день необходимо затратить 15 885 кДж теплоты.

Используя для выработки данного количества теплоты современные солнечные коллекторы, можно рассчитать их необходимую мощность [2].

$$N_{\text{мес}} = E_{\text{инс}} S_{\text{тр}} \eta, \quad (4)$$

где  $N_{\text{мес}}$  – мощность, вырабатываемая одной трубкой солнечного коллектора за месяц;  $E_{\text{инс}}$  – месячная (среднегодовая) инсоляция квадратного метра (из таблицы инсоляции);  $S_{\text{тр}}$  – площадь поглощения одной трубки солнечного коллектора;  $\eta$  – коэффициент полезного действия солнечного коллектора (~80 % при использовании вакуумных трубок).

$$N_{\text{мес}} = 87 \cdot 0,15 \cdot 0,8 = 10,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Таким образом, получили месячную выработку энергии солнечным коллектором, используя следующие данные:

–  $E_{\text{инс}} = 87 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  (для средней полосы России; рассчитана как среднегодовая величина инсоляции за один календарный месяц);

–  $S_{\text{тр}} = 0,15 \text{ м}^2$  – площадь поглощения одной вакуумной трубки солнечного коллектора «Дача-1/15. FT-XF-II-15»;  $\eta = 0,8$  [2].

Значение  $N_{\text{мес}} = 10,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  соответствует 0,35 кВт·ч энергии в день, что равно 1 260 кДж. Такую энергию позволяет вырабатывать одна трубка солнечного коллектора «Дача-1/15. FT-XF-II-15».

Сопоставляя полученную энергию с количеством теплоты, необходимым для получения заданного количества сухих концентрированных органических

удобрений, делаем вывод, что для этого следует использовать солнечный коллектор «Дача-1/15. FT-XF-II-15» с 15 вакуумными трубками.

#### Список литературы

1. Ткачев В. К., Бородинов Г. И., Трубицын К. В. Проектирование биогазовой системы для предприятий сельского хозяйства Самарской области // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : Сб. материалов Всерос. студ. олимпиады, науч.-практ. конф. и выставки работ студентов, аспирантов и молодых ученых. Екатеринбург : УрФУ, 2012. С. 399-401.
2. Солнечная энергетика [Электронный ресурс]. URL: <http://suncollector.ru> (дата обращения: 18.11.2014).

УДК 620.92

Ферафонтова С. С., Николаев А. В., Мазанкина Д. В.  
Альметьевский государственный нефтяной институт,  
[teplotexAGNI@yandex.ru](mailto:teplotexAGNI@yandex.ru)

## **ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (МЭК) В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Тяжелые нефти в условиях истощения традиционных энергетических ресурсов приобретают все большее значение в мировой экономике. Особое значение они имеют и в Татарстане, где месторождения легкой нефти выработаны более чем наполовину.

В настоящее время извлечение высоковязкой нефти связано с огромными энергетическими и финансовыми затратами, что отражается на высокой себестоимости конечного продукта. В связи с этим актуальным является вопрос о методах уменьшения расходов на её добычу.

С другой стороны, быстрыми темпами происходит развитие технологий, основанных на использовании нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Их совместное применение с системами, действующими на традиционном топливе, в конечном итоге способно сократить затраты, связанные с извлечением тяжелой нефти.

Одним из видов такого оборудования, сочетающим в себе возможность использования различных видов энергии, является многофункциональный энергетический комплекс (МЭК). При параллельной работе паровых котельных, применяемых при добыче тяжелой нефти, в сочетании с МЭК появляется возможность сокращения затрат и уменьшения расхода традиционного топлива.

В самом общем виде МЭК представляет собой систему энергоснабжения, состоящую из отдельных модулей, конструктивно и функционально совместимых между собой. Комбинации согласуемых модулей позволяют в зависимости от конкретных условий получать различные по составу и мощности варианты МЭК. Основные модули могут быть подключены к энергосистеме или работать