

УДК 536.7

КОНСТРУКЦИЯ БИОГАЗОВОГО РЕАКТОРА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Артем Евгеньевич Андреев

магистрант

Сергей Владимирович Вендин

доктор технических наук, профессор

elark@mail.ru

Белгородский государственный аграрный университет

п. Майский, Россия

Аннотация. В статье приведено описание конструкции биогазового реактора, которая обеспечивает непрерывность процесса и повышает эффективность производства биогаза, а также теоретический анализ для выбора мощности дополнительных источников теплоты.

Ключевые слова: биогаз, конструкция биогазового реактора, очистка биогаза, температурные режимы.

Переработка органического сырья в биогаз может быть реализована с применением различных технологий и конструкций биогазовых реакторов. Но общими требованиями для всех являются: обеспечение оптимальных температурных режимов внутри биогазовой смеси и перемешивание сырья [1-5]. Основными температурными режимами при сбраживании субстрата являются психрофильный (20–25 °С), мезофильный (25–40 °С) и термофильный (свыше 40 °С). Кроме того, необходимо также выдерживать требования по колебаниям температуры в течение определенного времени, которые в зависимости от рекомендуемых режимов могут составлять от $\pm 0,5$ °С/ч (при термофильном режиме) до ± 2 °С/ч (при психрофильном режиме). Температурные режимы при сбраживании могут поддерживаться за счет теплоты выделяющейся в результате химических реакций при сбраживании. При недостатке теплоты производимой во время химической реакции брожения для обеспечения технологического режима используется дополнительный теплоподвод (дополнительные источники теплоты). Это могут быть различные теплообменные аппараты или электрические нагреватели (ТЭНы). Величина мощности дополнительных источников теплоты, необходимых для поддержания режимов сбраживания зависит от многих факторов. В первую очередь учитываются теплофизические свойства сбраживаемого сырья (субстрата), а также размеры биореактора, толщина и теплофизические свойства стенок конструкции, условия внешней окружающей среды. В тоже время получаемая при сбраживании газовая смесь, кроме метана может содержать и другие газы, например, сероводород.

Предлагается конструкция реактора [6], которая обеспечивает непрерывность процесса и повышает эффективность производства биогаза и органических удобрений за счет лопастей-мешалок, датчиков температуры которые обеспечивают равномерное распределение твердой фазы субстрата по всему объему реактора, контроль температуры субстрата при сбраживании. Технологический результат достигается тем, что биогазовый реактор непрерывной загрузки сырья содержит емкость, разделенную на камеры с

устройствами перемешивания, теплоизоляционную защиту, нагревательные элементы и датчики температуры. Кроме того, биогазовая установка оснащена устройством очистки биогаза для удаления сероводорода. Применение фильтра очистки позволяет удалить из биогаза углекислый газ и сероводород, благодаря чему доля метана в биогазе составляет 94–97%.

На основе решения уравнения теплопроводности Фурье в слоистых средах [7-9] был проведен теоретический анализ для выбора мощности дополнительных источников теплоты. Для математической постановки задачи физическая модель биореактора представлялась в виде сплошного цилиндра радиусом R_1 (рабочий объем реактора) и высотой H , окруженного цилиндрической оболочкой (стенкой) с толщиной Δ .

На рисунке 1 представлена расчетная поверхность мощности источников теплоты при изменении наружной температуры воздуха T_c и толщины кирпичной стенки Δ .

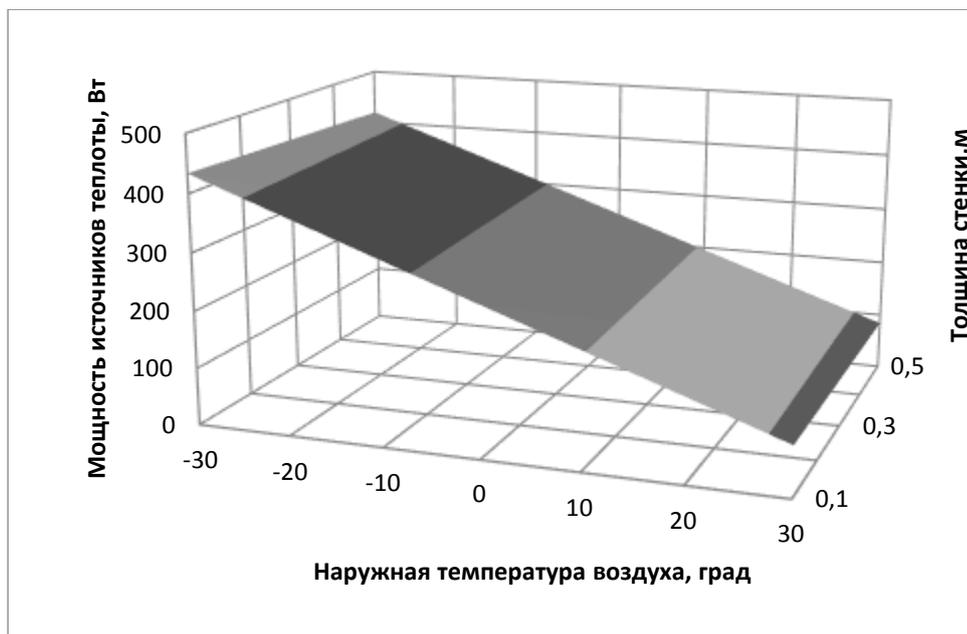


Рисунок 1 – Расчетные значения величины дополнительных (сторонних) источников теплоты при изменении наружной температуры воздуха T_c и толщины кирпичной стенки Δ .

Выводы

Предлагается конструкция реактора, которая обеспечивает непрерывность процесса и повышает эффективность производства биогаза и органических удобрений. На основе проведенных расчетов было установлено,

что диаметр реактора не определяет величину мощности дополнительных источников теплоты в реакторе. Более значимо на величину мощности дополнительных источников теплоты в реакторе оказывает высота реактора.

Список литературы:

1. Зазуля А.Н., Хребтов Н.А. Основные направления использования биогаза в мире // «Наука в центральной России» Научно-производственный периодический журнал. 2008. № 2. С. 31-35.

2. Голуб Н.Б., Потапова М.В., Шинкарчук М.В., Козловец А.А.. Получение биогаза при очистке концентрированных сточных вод спиртзавода // Альтернативная энергетика и экология. 2018. №25-30. С. 51-59.

3. Садчиков А.В., Кокарев Н.Ф. Оптимизация теплового режима в биогазовых установках // Фундаментальные исследования. 2016. № 2-1. С. 90-93.

4. Садчиков А.В. Повышение качества метана, используемого для синтеза водорода // Альтернативная энергетика и экология. 2017. №10-12. С. 45-54.

5. Салюк А.И., Жадан С.А., Шаповалов Е.Б., Тарасенко Р.А. Метановая ферментация куриного помета при пониженной концентрации ингибиторов // Альтернативная энергетика и экология. 2017. №4-6. С. 89-98.

6. Патент РФ195 674 .Биогазовый реактор непрерывной загрузки сырья: патент РФ № 195 674: МПК C02F11/04 / Вендин С.В, Мамонтов А.Ю., Андреев А.Е. (RU) - №2019137688, 21.11.2019. Оpubл. 03.02.2020.

7. Vendin S.V. Calculation of nonstationary heat conduction in multilayer objects with boundary conditions of the third kind // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 1993. Т. 65. № 2. С. 823-825.

8. Вендин С.В., Ульяновцев Ю.Н. Анализ свойств теплоизоляционных материалов для условий нестационарной теплопередачи // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. №4 (24). С. 30-36.

9. Вендин С.В., Мамонтов А.Ю., Ульяновцев Ю.Н. К выбору теплоизоляции для корпуса биогазового реактора с учетом дополнительного подогрева сырья // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 2 (26). С. 19-26.

UDC 536.7

DESIGN OF BIOGAS REACTOR FOR AGRICULTURAL PURPOSE

Artem E. Andreev

master student

Sergey V. Vendin

doctor of technical sciences, professor

elapk@mail.ru

Belgorod State Agrarian University

Maisky, Russia

Abstract. The article describes the design of a biogas reactor, which ensures the continuity of the process and increases the efficiency of biogas production, as well as a theoretical analysis for choosing the power of additional heat sources.

Key words: biogas, biogas reactor design, biogas purification, temperature regimes.

Статья поступила в редакцию 29.03.2022; одобрена после рецензирования 11.04.2022; принята к публикации 12.05.2022.

The article was submitted 29.03.2022; approved after reviewing 11.04.2022; accepted for publication 12.05.2022.