

## ОБОСНОВАНИЕ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ БИОМАССЫ

*Копытин Виктор Юрьевич, магистрант кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства», [kopytin.viktor1999@mail.ru](mailto:kopytin.viktor1999@mail.ru)*

*Киров Юрий Александрович – научный руководитель, д.т.н., профессор кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства», E-mail: [kirov.62@mail.ru](mailto:kirov.62@mail.ru)*

*ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет»,*

***Аннотация:** В статье приведены результаты исследований экспериментального образца биогазовой установки. В результате двухфакторного эксперимента получены двумерные сечения поверхности отклика. Обоснованы оптимальные режимные параметры биогазовой установки.*

***Ключевые слова:** биомасса, биогазовая установка, утилизация, двухфакторный эксперимент.*

***Введение.** Множество работ направлены на изучение технологий связанных с альтернативными источниками энергии и их внедрением в повседневную жизнь. Биогазовые технологии одно из перспективных направлений в области сохранения и улучшения экологической обстановки, так как они выполняют не только энергетическую функцию, но и позволяют переработать органические отходы в ценный ресурс – эффлюент, высококачественное органическое удобрение [1].*

*Биогаз является смесью газов метана, двуокиси углерода, а так же содержит в небольшом количестве сероводород, азот, кислород. Калорийность биогаза зависит от содержания метана в нем. Содержание метана в биогазе 70 - 80 %, в зависимости от вида органического сырья.*

*Биогазовые установки представляют собой комплексное решение утилизации органических отходов для получения тепло - и электроэнергии, удобрений и чистой воды, а также сокращения выбросов парниковых газов в атмосферу [2,3].*

***Цель** – провести экспериментальные исследования опытного образца биогазовой установки для утилизации биомассы.*

***Материалы и методы.** Основными параметрами биогазовой установки, которые оказывают влияние на интенсивность процесса газообразования, качество переработанной биомассы и время переработки при анаэробном*

сбраживании являются следующие: вид субстрата, температура протекания процесса, тип перемешивания, частота перемешивания, степень измельчения субстрата, частота загрузки и время переработки. Наиболее значимые конструктивно-режимные параметры – температурный режим и частота перемешивания. Именно они задают характер протекания процесса в метантенке [4].

Температурный режим и периодичность перемешивания при заданных остальных параметрах позволяют наиболее значимо корректировать процесс анаэробного сбраживания, добиваясь необходимых показателей качества переработанной биомассы, интенсивности газообразования и экономических затрат на переработку органических отходов [5].

**Результаты и их обсуждение.** Для выявления уровня влияния режимно-конструктивных параметров на качество и интенсивность процесса переработки органических отходов в биогазовой установке была принята двухфакторная модель регрессии:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 \quad (1)$$

где  $x_i$  – значения факторов;  $b_0$  – свободный член, равный выходу процесса при  $x=0$ ;  $b_i$  – коэффициенты регрессии соответствующих факторов, указывающие на влияние того или иного фактора на изучаемый процесс.

Исследование влияния температурного режима и периодичности перемешивания на процесс анаэробного сбраживания, которые представлены в данной работе, проводились на экспериментальном образце биогазовой установки (рисунок 1). Были выбраны пределы: для температуры 25<sup>0</sup>С - 50<sup>0</sup>С, периодичность перемешивания 2 - 6 раз, а в качестве выходной переменной «у» – выход биогаза м<sup>3</sup>.



Рисунок - 1. Экспериментальный образец биогазовой установки.

Заполнена рабочая матрица двухфакторного ПФЭ (таблица 1).

Таблица 1

Матрица планирования двухфакторного ПФЭ

	Кодированное значение факторов	Натуральное значение факторов	
		Температура	Перемешивание
Нижний	-1	25	2
Верхний	+1	50	6
Основной	0	37,5	4
Интервал	1	12,5	2

Далее подготовлена и заполнена матрица планирования и обработки результатов двухфакторного ПФЭ (таблица 2) и расширенная матрица планирования и обработки результатов двухфакторного ПФЭ (таблица 3).

В результате расчётов были получены коэффициенты регрессии. Уравнение (1) приняло следующий вид:

$$y = 10,25 + 2,25 \cdot x_1 + 1,25 \cdot x_2 + 0,25 \cdot x_{12} \quad (2)$$

Таблица 2

Матрица планирования и обработки результатов двухфакторного ПФЭ

Номер опыта	Факторы в натуральном масштабе		Факторы в безразмерной системе координат			Вых пар-р у ср
	z1	z2	x0	x1	x2	
1	25	2	1	-1	-1	7
2	50	2	1	1	-1	11
3	25	6	1	-1	1	9
4	50	6	1	1	1	14

Таблица 3

Расширенная матрица планирования и обработки результатов двухфакторного ПФЭ

Номер опыта	x0	x1	x2	x12	У ср	У расч
1	1	-1	-1	1	7	6,75
2	1	1	-1	-1	11	11,25
3	1	-1	1	-1	9	9,25
4	1	1	1	1	14	13,75

Записанное уравнение (2) в раскодированном виде:

$$y = 2,5 + 0,14 \cdot x_1 + 0,25 \cdot x_2 + 0,01 \cdot x_{12} \quad (3)$$

После всех необходимых расчётов и определения характерных точек были получены двумерные сечения поверхности отклика (рисунок 2).

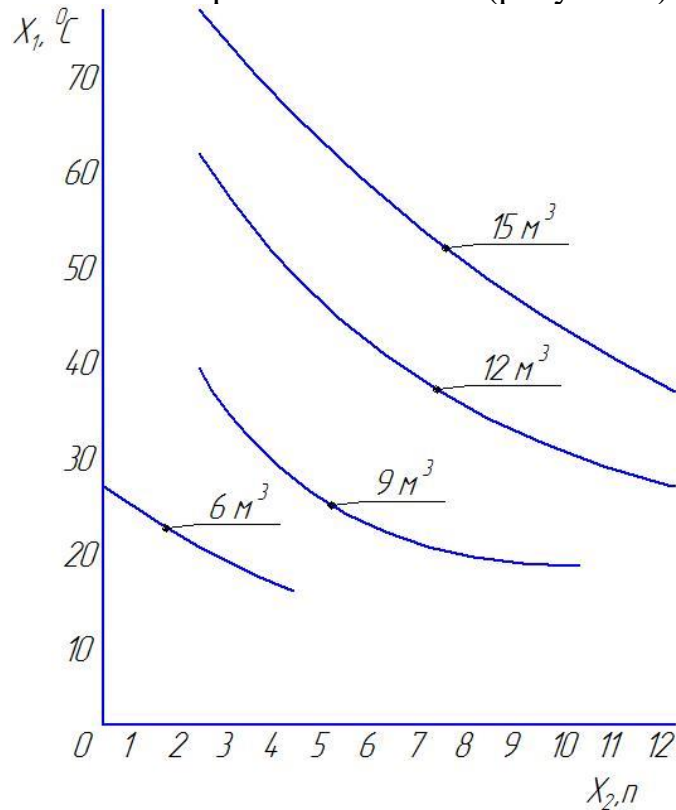


Рисунок 2 - Двумерные сечения поверхности отклика.

**Заключение.** В результате проведённого исследования и статической обработки результатов эксперимента по определению влияния режимно-конструктивных параметров на качество и интенсивность процесса переработки органических отходов в биогазовой установке было получено уравнение регрессии. На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Модель значима, т.к. критерий Фишера –  $F_{\text{расч}}=53,5 > F_{\text{табл}}=49$ .
2. При запущенном процессе анаэробного сбраживания в диапазоне температур от 15<sup>0</sup>С до 30<sup>0</sup>С (наиболее часто встречаемый в животноводческих помещениях) перемешивание не оказывает существенного влияния на протекание процесса и необходимо только для разрушения плавающей корки.
3. По рисунку 2 видно, что теоретический наибольший выход биогаза обеспечивается при температуре свыше 70<sup>0</sup>С, но на практике в данных условиях могут выжить только ограниченное количество бактерий определённого штамма. Поэтому чтобы добиться наибольшей интенсификации газообразования и качественно переработанного субстрата необходимо поддерживать температурный режим в диапазоне 45<sup>0</sup>С - 60<sup>0</sup>С и осуществлять перемешивание с

периодичностью 5-9 раз в сутки с равномерно распределённым во времени интервалом.

### **Библиографический список**

1. Биогаз [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Биогаз#История> (дата обращения: 14.09.2022).

2. Друзьянова, В. П. Технология анаэробного сбраживания бесподстилочного навоза крупного рогатого скота / В. П. Друзьянова, Ю. А. Сергеев // Аграрная наука. – 2015. - № 5. - С. 24-25.

3. Кильчукова, О. Х. Биогазовая установка для сельскохозяйственных предприятий / А. Г. Фиапшев, О. Х. Кильчукова, М. М. Хамоков // Энергобезопасность и энергосбережение. - 2017. - № 2. - С. 27-29.

4. Киров, Ю.А. Технология и технические средства для обеспечения экологической и технической безопасности на животноводческих комплексах (теория и расчет) : монография / Ю. А. Киров [и др.]. – Кинель : РИО Самарской ГСХА, 2018. – 156 с.

5. Копытин, В.Ю. Методика расчета биогазовой установки / В.Ю. Копытин, Ю.А. Киров // Технологии, машины и оборудование в сельском хозяйстве: мат. науч.-практ. конф. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ. – 2021. – С.114-117.

6. Агробиотехнология-2021 : Сборник статей Международной научной конференции, Москва, 24–25 ноября 2021 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – 1320 с. – ISBN 978-5-9675-1855-3. – EDN NWTQEX.