

УДК 696.2

## АЛГОРИТМ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ СЫРЬЯ В МЕТАТЕНКЕ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

*А. Дж. Обозов<sup>1</sup>, [obozov-a@mail.ru](mailto:obozov-a@mail.ru)*

*А.В. Лаврентьев<sup>2</sup>, [Aleksei.1987@mail.ru](mailto:Aleksei.1987@mail.ru)*

<sup>1</sup>*Институт машиноведения и автоматизации НАН КР, Бишкек, Кыргызстан*

<sup>2</sup>*Кыргызский государственный университет строительства транспорта и архитектуры им. Н. Исанова, Бишкек, Кыргызстан*

В статье представлен алгоритм управления системой автоматического контроля режима перемешивания субстрата в биохимическом реакторе БГУ. Произведен сравнительный анализ работы биогазовой установки в различных режимах. Разработана система управления автоматического контроля с применением программного обеспечения системы перемешивания субстрата.

*Ключевые слова:* биогазовая установка, биогаз, система контроля, программное обеспечение, автоматика.

В связи с истощением запасов ископаемого топлива и ухудшением экологической ситуации, вызванной с их использованием, в мире увеличивается повышенный интерес к альтернативным источникам энергии. Одним из таких источников является биомасса, получаемая в результате анаэробной ферментации, которая выделяет биогаз. Процесс метаногенеза осуществляется в специальных биохимических реакторах при заданной температуре. При брожении необходимо производить постоянное перемешивание фракции, так как это способствует созданию однородной температурной среды и ликвидации корки, которая образуется в верхнем слое сырья в процессе брожения.[1]

**Цель работы.** Исследования и анализ особенностей работы биогазовой установки по режиму перемешивания сырья в биохимическом реакторе и автоматизация режима перемешивания.

В настоящее время биогазовые установки располагают механизмами пневматического перемешивания сырья. Перемешивание сырья в реакторе повышает эффективность работы установки, а также способствует:

- предотвращению формирования корки и осадка;
- предотвращению появления участков разной температуры внутри метатенка;
- равномерному распределению популяции бактерий [2,3].

Традиционная конструктивная схема биогазовой установки, применяемая на практике, с горизонтальным расположением биохимического реактора с дополнительными элементами приведена на рис.1.

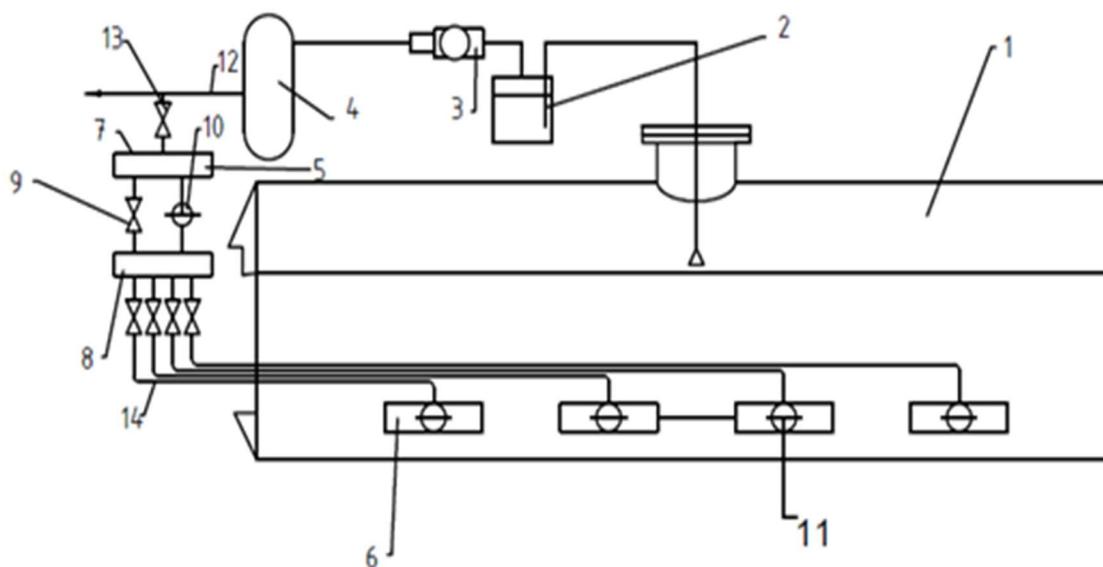


Рис. 1. Традиционная -технологическая схема БГУ

1 – реактор, 2 – водяной затвор, 3 – компрессор, 4 – ресивер, 5–коллектор, 6 – барботеры, 7– приемная камера, 8 – раздаточная камера, 9 – запорный вентиль, 10– электромагнитный клапан, 11–периферийное устройство, 12 – трубопроводы, 13 – вентиль, 14– трубопроводы

Биогазовая установка оснащена механизмом перемешивания сырья с помощью струй биогаза. А также снабжена системой отбора биогаза из реактора, включающей водяной затвор, компрессор и ресивер, соединенных трубопроводами. Конструкция перемешивания сырья содержит коллектор, установленный с внешней стороны реактора, и набор барботеров, расположенных последовательно в донной части реактора. При этом коллектор включает в себя приемную камеру и раздаточную камеру, соединенных между собой запорным вентилем и электроклапаном. Каждый барботер содержит перфорированные насадки, расположенные в горизонтальной плоскости в виде радиальных лучей, исходящих из центра [4].

Для метанового сбраживания используются пищевые отходы влажностью 85–92%. Масса субстрата в подобном состоянии представляет собой неоднородную гетерогенную смесь. Для обеспечения однородной смеси перед загрузкой в камеру приема производят измельчение пищевых отходов с целью создания однородной фракции [5,6].

Предлагаемый метод осуществляет равномерное распределение сырья во всем объеме метатенка за счет перфорированных лопастей перемешивающего механизма. Причем лопасти полые – для подачи перемешивающего газа через перфорированные отверстия. Тем самым обеспечивают более эффективное размножение метановых бактерий для получения биогаза.

Рассмотрим дополнительные элементы системы перемешивания (рис.2.), которые состоят: электромагнитный клапан, микроконтроллер (модели Arduino UNO R3), драйвер-двигатель (модели L298N) и персональный компьютер (ПК). В управлении электромагнитным клапаном мы применяем драйвер-двигатель L298N, который имеет порт для подключения к микроконтроллеру (Arduino UNO R3) и два порта-выхода для подачи сигнала на катушку электромагнитного клапана. Принцип работы контроллера

заключается в смене полярности сигналов, что позволяет открывать и закрывать электромагнитный клапан для подачи газа в раздаточную камеру биохимического реактора с целью перемешивания субстрата.

Подключение произведем к микроконтроллеру (Arduino UNO R3) через персональный компьютер, который выполняет функцию управления над двигателем L298N.

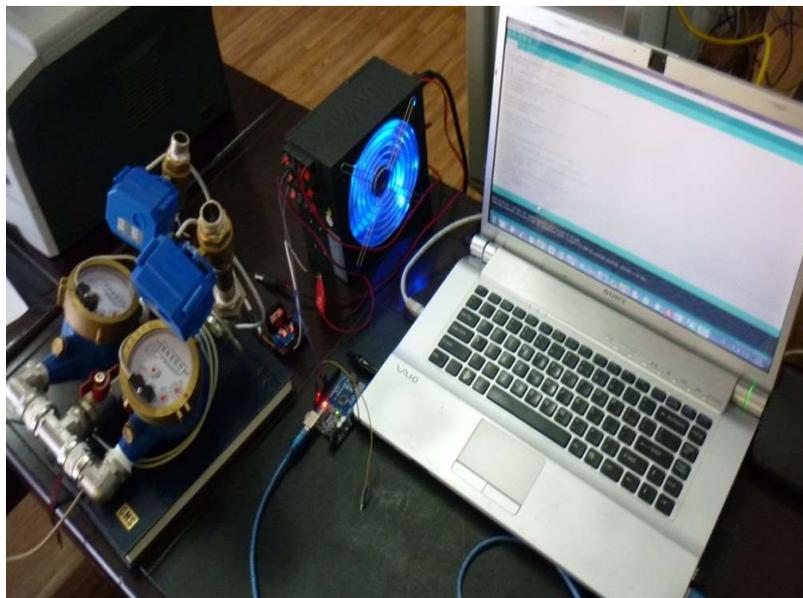


Рис. 2. Элементы оборудования, подключенные к ПК - системе контроля открытия заслонок клапана

Система автоматического управления (рис.3) основывается на обратной связи совместной работы дополнительных элементов автоматического контроля.

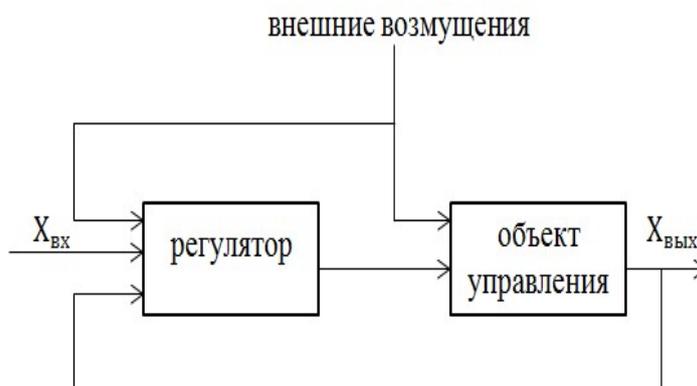


Рис. 3. Принципиальная схема автоматического управления

Принцип работы дополнительной разработанной системы автоматике состоит: регулятор (ПК), объект управления (электромагнитный клапан). Значением входных параметров  $X_{вх}$  регулятора является заданная программа временного режима работы электромагнитного клапана [7,8,9].

Включение происходит каждые 4 – 6 часов на 30 секунд. Что позволяет не образовываться в верхней части сырья корки и способствует равномерному распределению температуры внутри биохимического реактора. Что создает

благоприятный климат для жизнедеятельности бактерий, на рис.4. приведена блок-схема системы управления.

Для использования программного обеспечения построим алгоритм управления открытия и закрытия заслонки электромагнитного клапана в установленное время:

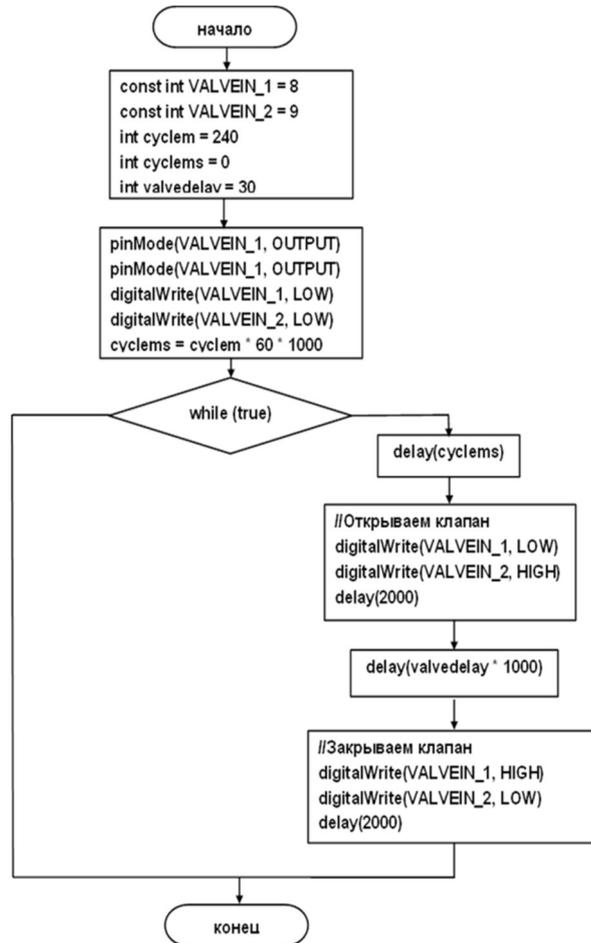


Рис. 4. Блок-схема системы управления

Известные мало энергоемкие биогазовые установки содержат механическую мешалку с ручным приводом. Недостаток установок в том, что перемешивание сбразживаемой массы происходит вручную, что является трудоемкой операцией, требующей приложения больших физических сил. Поэтому такой способ перемешивания может быть использован только в установках небольшого размера с объемом реактора не более 100 м<sup>3</sup> [10].

На (рис.5.) приведенны результаты сравнения ручного и автоматического режимов перемешивания и их влияние на производительность установки.

Автоматический режим управления перемешивания сырья в БГУ создает увеличение выхода биогаза за счет ее оптимизации и обеспечение ликвидации плотной корки, препятствующей выходу газа в верхнюю часть реактора. Разработан алгоритм программного управления перемешивания субстрата в метатенке.

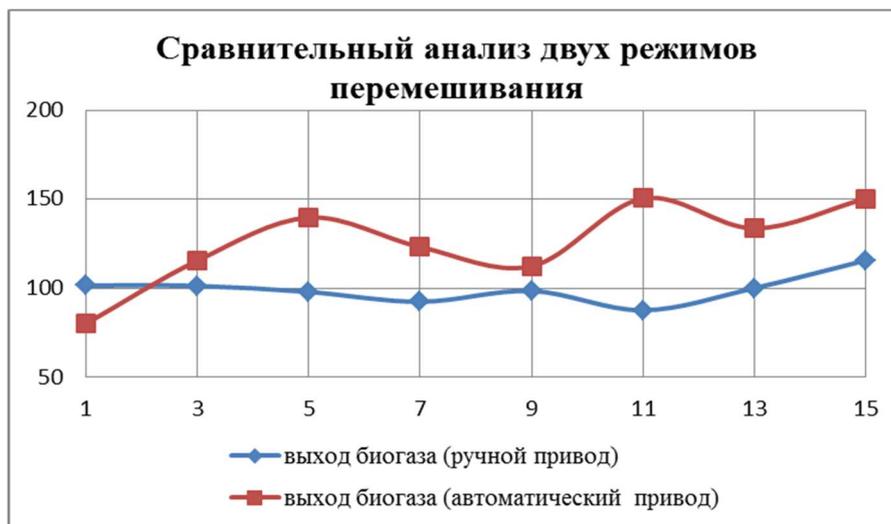


Рис. 5. Диаграмма выхода биогаза в зависимости от режимов перемешивания

### Литература

1. Лаврентьев А.В. Влияние выхода биогаза в различных режимах включения системы перемешивания субстанции в биогазовых установках // «Евразийское научное объединение». – М., 2021. – № 1 (71). – С.112–114.
2. Обозов, А.Дж., Асанкулова А. Технические потенциалы биогазовой установки в Кыргызской Республике // Вестник КРСУ. – Бишкек, 2007. – №4. – С.151–153.
3. Асанкулова А. Анализ теплотехнических характеристик биогазовой установки // Вестник КГТУ. – Бишкек, 2007. – №10. – С.150 – 153.
4. Веденев А.Г., Лаврентьев А.В. Биогазовая установка // Патент Кыргызской Республики № 1624.2014. 20130081.1
5. Веденев А.Г. Биогазовые технологии. – Бишкек, 2017. – 97с.
6. Обозов, А. Дж., Ботпаев Р.М. Возобновляемые источники энергии. – Бишкек, 2010. –218с.
7. Лукас В.А. Теория автоматического управления. – М.,1990. –416с.
8. Литвиненко Н.А. Технология программирования на С++, Win32 APL-приложения. – БХВ-СПб:2010. –288с.
9. Дворецкий С.И., Дворецкий С.И., Муратова Е.И. Ермаков А.А. Компьютерное моделирование биотехнических процессов и систем. – Тамбов: 2005. –76с.
10. Асакунова А. Анализ факторов, влияющих на выход биогаза // НАН КР. – Бишкек, 2009. – №1. – С.126–130.