

УДК 681**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ**

Семенов Д.Г., студент гр. ЭХПм-1-20, 2 курс
Научный руководитель: Иванова В.Р., к.т.н., доцент
Казанский государственный энергетический университет
г. Казань.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия запасы ископаемых видов топлива стремительно падают, при этом пропорционально росту промышленности ухудшается экологическая ситуация в мире. Этому свидетельствуют отчеты Intergovernmental Panel on Climate Change за 2021 год. Именно поэтому в настоящее время так актуален вопрос поиска и внедрения альтернативных источников энергии и повышения эффективности использования имеющихся технологий. Данная статья посвящена автоматизации технологических процессов в биогазовой установке (БГУ) [4]. Автоматизация данного процесса позволяет увеличить выработку биогаза, а также снизить расходы на эксплуатацию и обслуживание [5].

БГУ представляет собой сложную систему, состоящую из нескольких резервуаров и сопутствующего оборудования, необходимого для протекания реакции анаэробного сбраживания. В качестве реагента служит биомасса, состоящая из органических отходов промышленности и воды. В ходе физико-химических воздействий на биомассу происходит интенсивное выделение биогаза, который преимущественно состоит из метана (до 85%), углекислого газа (10-45%) и других сопутствующих газов (до 5%): сероводорода, аммиака и водорода. После проведения очистки получается газ с содержанием 95-99% метана [3]. Метан далее может быть использован в качестве топлива для электрогенерирующей установки. Помимо топлива продуктом биогазовой установки является высококачественное и экологически чистое органическое удобрение [8].

Состояние системы характеризуется рядом физических и химических параметров, таких как температура, объем, давление, объемная доля вещества, массовая доля вещества и т.д. [10].

Для более эффективного функционирования БГУ необходимо создать благоприятные условия. Прежде всего это соблюдение температурного режима и обеспечение регулярного перемешивания субстрата [2].

Метанообразующие бактерии крайне чувствительны к температуре и требуют регулирования в узком диапазоне от 32 до 35°C. Это обеспечивается благодаря системе температурных датчиков [6].

Оптимальное распределение субстрата по полезному объему резервуара, обеспечивается благодаря системе перемешивающих механизмов, которые

приводятся в действие электродвигателями. В конструкции предусматривается 2 типа перемешивающих механизмов:

- среднеоборотные винтовые мешалки (до 100 оборотов в минуту);
- низкооборотные горизонтальные мешалки (5-15 оборотов в минуту) [9].

Автоматизация позволяет достигнуть ряда положительных изменений:

- позволяет повысить объем выработки биогаза;
- позволяет оптимизировать использование ресурсов;
- позволяет снизить затраты на выплату заработной платы за счет сокращения штата обслуживающего персонала;
- позволяет улучшить безопасность функционирования БГУ[1].

Принцип работы БГУ.

Функциональная схема автоматизации показана на рис. 1.

На основе написанной программы автоматизации была построена визуализация (рис. 2). Были воссозданы условия, приближенные к реальным для проверки работоспособности системы. Визуализация в реальном времени отображает процессы, происходящие в биогазовой установке. На основе схемы автоматизации и визуализации опишем принцип работы БГУ.

Органические отходы загружаются в резервуар подготовки 1 через устройства погрузки жидких и твердых отходов. Для твердых отходов используется шнековый погрузчик с измельчителем. Для жидких отходов – насос. Резервуар 1 имеет объем равный 2-5 суточным порциям для создания резерва. В резервуаре подготовки производится перемешивание с помощью мешалок М1 (М2). Для предотвращения перегрузки и для оповещения о недостатке субстрата, в резервуаре устанавливается ультразвуковой уровнемер.

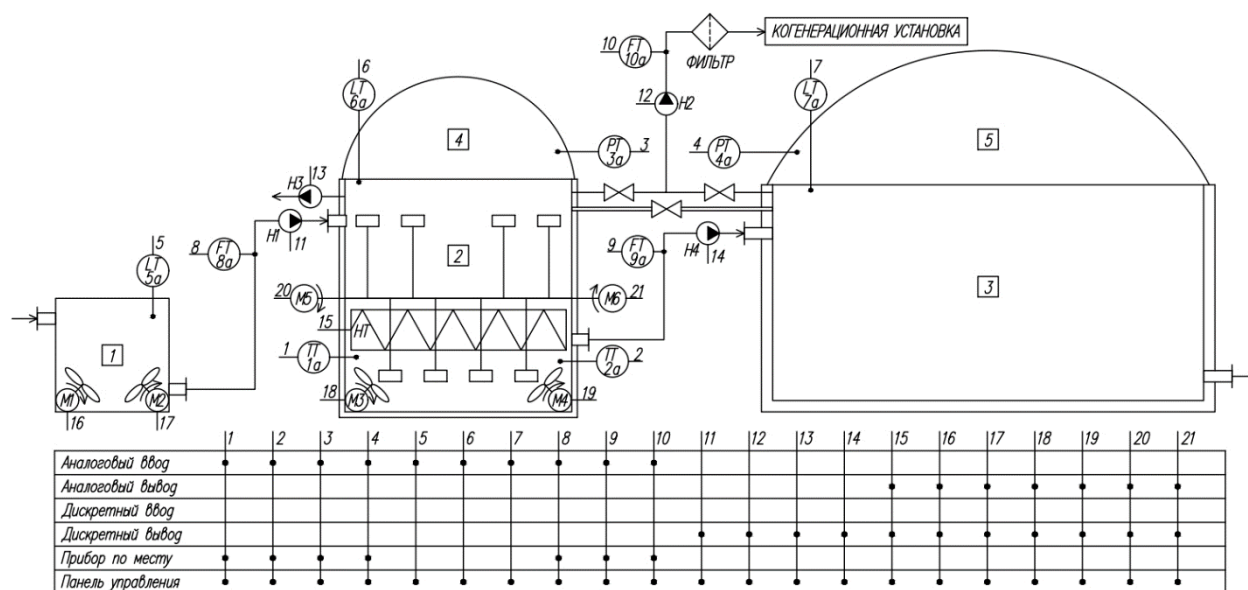


Рис. 1. Функциональная схема автоматизации БГУ.

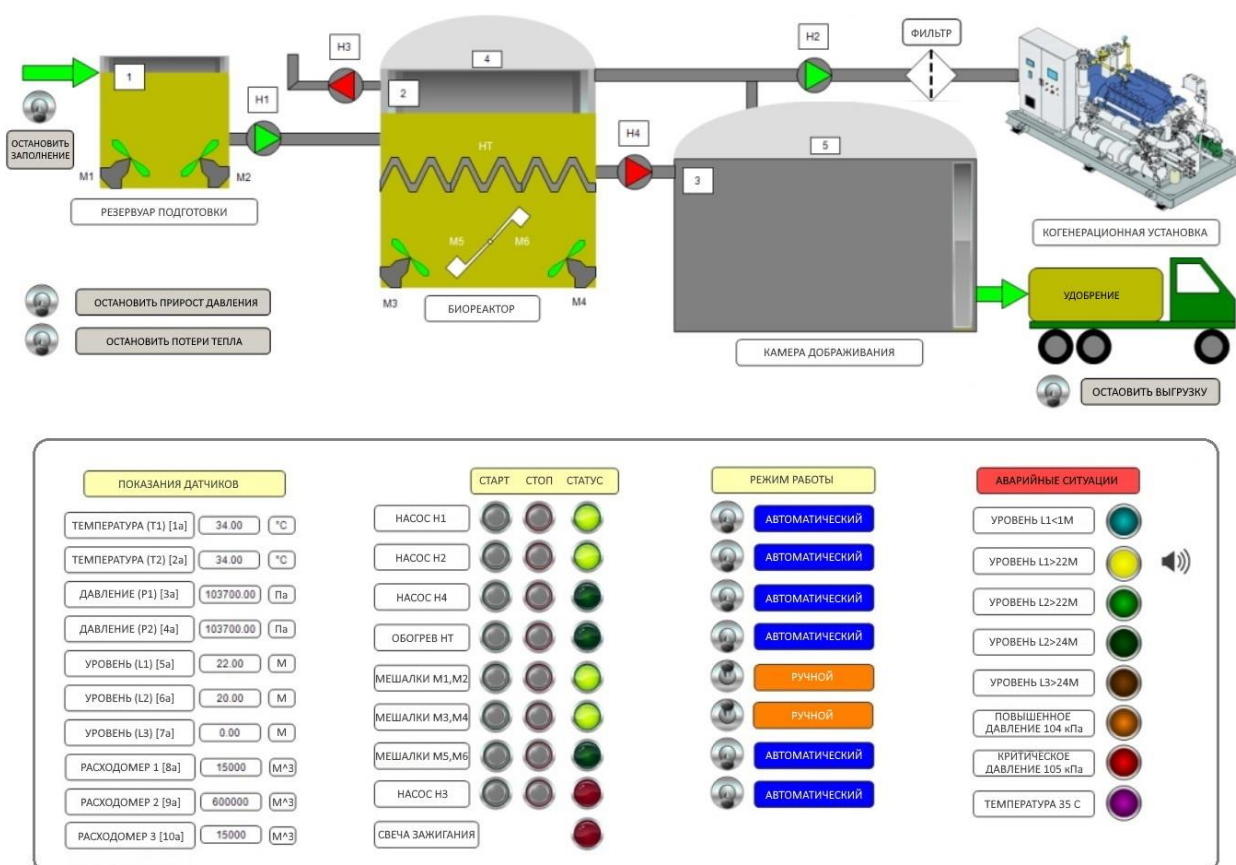


Рис. 2. Визуализация программы.

Далее субстрат переносится в биореактор 2 с помощью насоса Н1. В биореакторе 2 происходит интенсивное выделение биогаза. В биореакторе создаются благоприятные условия для процесса анаэробного сбраживания. Это обеспечивается благодаря оптимизации температурного режима и регулярного перемешивания субстрата. Для этого служат система обогрева НТ и два типа перемешивающих устройств: среднеоборотные винтовые мешалки М3 (М4) и низкооборотные горизонтальные мешалки М5 (М6). Среднеоборотные мешалки М3 (М4) устанавливаются на дне резервуара и служат для предотвращения выпадения осадка. На поверхности субстрата образуются пузыри и корка, которые препятствуют выходу биогаза. Для этих недостатков в действие приводится горизонтальная мешалка М5 (М6). Лопастей этой мешалки имеют большую площадь и диаметр вращения, и поэтому поднимаются над уровнем субстрата, разрушая корку и пузыри. Также данная мешалка смешивает верхние и средние слои субстрата. В совокупности эти 2 типа мешалок позволяют равномерно распределить твердые составляющие биомассы по объему резервуара.

Для контроля и регулирования мощности обогрева, в биореакторе устанавливается система датчиков температур, которые подают данные на ПЛК.

После проведения основного этапа анаэробного сбраживания в биореакторе, отработанный субстрат перемещается в камеру дображивания 3 с помощью насоса Н4. В данном резервуаре производится длительное хранение субстрата до момента последующей выгрузки непосредственно в сельскохозяйственную технику или фасовка по небольшим тарам. В процессе хранения так

же выделяется биогаз, но в меньших объемах. Объем камеры дображивания существенно больше, чем у биореактора так как данный резервуар предназначен для аккумуляирования и длительного хранения удобрения. Для контроля уровня субстрата в биореакторе 2 и камере дображивания 3 устанавливаются ультразвуковые уровнемеры, подающие сигнал на ПЛК.

Биогаз, выделившийся из субстрата, скапливается в газгольдерах 4 и 5. Газгольдер представляет собой эластичный купол, который раздувается и позволяет накапливать большой объем биогаза для усреднения суточной выработки. В газгольдерах 4 и 5 устанавливаются системы датчиков давления. На основе показаний данных датчиков производится вывод биогаза из газгольдеров в когенерационную установку с помощью насоса Н2. В случае аварии и повышения давления в газгольдере выше значения 105 кПа, в действие приводится система стравливания биогаза, в состав которой входят насос Н3 и свеча зажигания. Биогаз экстренно выводится из системы и воспламеняется с помощью свечи зажигания.

По пути следования в когенерационную установку устанавливается фильтр, где производится очистка от излишков углекислого газа, сероводорода и аммиака. Очищенный газ с содержанием 95-99% метана попадает в когенерационную установку, где производится сжигание и генерация электроэнергии, излишки тепла отводятся с помощью теплоносителя и могут быть использованы для нужд предприятия [7].

Эксплуатация биогазовых установок организована в соответствии с требованиями охраны окружающей среды и здоровья персонала.

Взаимодействие оператора с оборудованием биогазовой установки будет осуществляться дистанционно через графический интерфейс, где также в реальном времени будут отображаться все параметры, характеризующие систему: давление, температура и уровень биомассы в резервуарах. На рис. 2 в нижней части изображен приблизительный интерфейс панели управления.

Алгоритм работы программы

Основой автоматизированного блока управления и контроля биогазовой установки является программируемый логический контроллер (ПЛК). К аналоговым каналам ввода подключаются измерительные датчики, с помощью которых происходит получение информации о состоянии системы, а к дискретным каналам вывода подключаются исполнительные механизмы (ИМ) – насосы, мешалки и отопительное оборудование. После этого в ПЛК загружается написанное программное обеспечение (ПО), которое позволяет централизованно хранить и обрабатывать информацию, поступающую с датчиков, а также производить управление ИМ как в ручном, так и в автоматическом режиме.

Прикладное ПО для ПЛК написано в среде программирования CoDeSys. Для возможности работы конфигурации, написанной в CoDeSys, необходимо встроенное в систему исполнения контроллера ПО, которое устанавливается в ПЛК производителем на этапе изготовления контроллера.

Необходимо отметить также, что в CoDeSys реализован ряд расширений спецификаций стандарта МЭК 61131-3, важным из которых является поддержка объектно-ориентированного программирования (ООП).

Для написания конфигурации в данной статье использовались языки ST, FBD и CFC.

Основная задача программы – это выполнение операций в ПЛК по следующему циклу:

- 1) опрос входов контроллера;
- 2) выполнение основной программы с использованием значений с опрошенных входов;
- 3) запись выходов контроллера;
- 4) повторение 1-го пункта.

Аварийные ситуации

Приоритет аварийного алгоритма выше других, он выполняется в любом случае, приостанавливая любой процесс, кроме ручных и естественных процессов, которые присутствуют в симуляции (естественные потери тепла, откачка субстрата из камеры дображивания, наполнение резервуара для подготовки сырья и др).

Опишем типы аварийных ситуаций, заложенных в систему автоматизации БГУ.

Авария 1: в случае понижения уровня L1 до отметки 1м и ниже- включается голубая сигнальная лампа и звуковое оповещение 1 типа.

Авария 2: в случае повышения уровня L1 до отметки 22м и выше- включается желтая сигнальная лампа и звуковое оповещение 2 типа.

Авария 3: в случае повышения уровня L2 выше отметки 22м – отключается насос 1, включается светло-зелёная сигнальная лампа и звуковое оповещение 3 типа.

Авария 4: в случае повышения уровня L2 выше отметки 24м – отключается насос 1, включается темно-зелёная сигнальная лампа и звуковое оповещение 4 типа.

Авария 5: в случае понижения уровня L3 до отметки 24м и выше – отключается насос 4, включается коричневая сигнальная лампа и звуковое оповещение 5 типа.

Авария 6: в случае повышения P1 или P2 выше значения 104000Па (до 105000Па) - включается оранжевая сигнальная лампа и звуковое оповещение 6 типа.

Авария 7: в случае повышения P1 или P2 выше значения 105000Па - включается насос 3 и активируется система стравливания биогаза, загорается красная сигнальная лампа и аварийное звуковое оповещение 7 типа.

Авария 8: в случае повышения T1 выше отметки 35°C – отключается отопление, включается розовая сигнальная лампа и аварийное звуковое оповещение 8 типа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный алгоритм автоматизации технологического процесса и управления БГУ позволяет осуществлять:

- автоматическое регулирование температуры в биореакторе,
- автоматический запуск электродвигателя перемешивающего устройства,
- автоматический пуск насосов,
- стравливание газа из биореактора в случае повышения давления выше установленных значений в газгольдере биореактора или камеры дображивания,
- контроль уровня биомассы,
- звуковую и световую сигнализацию.

Список литературы:

1. Иванова В.Р., Рудаков А.И., Семенов Д.Г., Денисова А.Р. Разработка алгоритма эффективного управления электротехнической системой биогазового оборудования. // Промышленная энергетика. 2020. №8 С 17-25
2. Рудаков, А.И. Переносная малогабаритная биогазовая установка./ А.И. Рудаков, З.З. Нуриев / Вестник Казанского ГАУ №4, Казань: изд-во Казанского ГАУ, 2012 с. 37- 40.
3. Гайфуллин И.Х. Биореактор с подогревом горячим воздухом / Б.Г. Зиганшин, А.И. Рудаков, Ю.Х. Шогенов // Сельский механизатор. 2017. № 6. С. 6-7.
4. Иванова В.Р., Иванов И.Ю., Семенов Д.Г. Разработка алгоритма эффективного управления технологическим процессом / Материалы II Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники», 2020. Т. 2. С. 344-350.
5. Гайфуллин И.Х. Актуальность применения биогазовых установок в России и за рубежом/ И.Х. Гайфуллин, Б.Г. Зиганшин, И.И. Кашапов, Ю.Х. Шогенов, А.И. Рудаков //Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 2-44. С. 71 - 74.
6. Зиганшин Б.Г., Гайфуллин И.Х., Рудаков А.И., Кашапов И.И. Расчет теплового баланса и обоснование параметров малогабаритной биогазовой установки с мезофильным сбраживанием субстрата. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11. № 3 (41). С. 63-67
7. Гусев А.С., Денисова А.Р. Преимущества использования когенераторных установок в виде Мини-ТЭЦ / Сборник материалов IV Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов. 2016. С. 64-65.
8. Гаврилов В.Н., Семенов А.В., Михайлов Б.В. Разработка установки для внесения жидких удобрений, на основе отходов биогазовой установки / Материалы Международной научно-практической конференции «Научно-образовательная среда как основа развития агропромышленного комплекса и социальной инфраструктуры села». 2016. С. 389-392.

9. Marinsek L.R., Novak N., Vodovnik M. The contribution of Slovenian biogas plants to the reduction of agricultural sector green house emissions / *Acta agriculturae Slovenica*. V. 106. № 1. 2015. Pp. 21-29.

10. Евстафьев Д.П. Повышение эффективности технологии анаэробной переработки биоотходов применением электротехнического устройства контроля pH. // Автореферат диссертации / Саратов. гос. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова. 2015. 22 с.