

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических
процессов и производств»
Направленность (профиль) программы «Автоматизация технологических
процессов и производств в энергетике»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о. заведующий кафедрой

А. А. Остапенко _____

«_____» _____ 2016 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Механизация и автоматизация лабораторной биогазовой установки
циклического действия (комплексная выпускная квалификационная работа)

Исполнитель

студент группы 241 об

(подпись, дата)

А.И.Коженков

Руководитель

Ст. преподаватель

(подпись, дата)

В.Л.Русинов

Нормоконтроль

(подпись, дата)

Н. С. Бодруг

Благовещенск 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заведующего кафедрой

_____ А. А. Остапенко

(подпись)

«_____» _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

К _____ выпускной _____ квалификационной _____ работе студента Коженкова Александра Игоревича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Механизация и автоматизация лабораторной биогазовой установки циклического действия (комплексная выпускная квалификационная работа).

(утверждена приказом от 07.12.2015г. № 2530-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы: 14 июня 2016 года.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: 1) ФГОС направления подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизации технологических процессов и производств; 2) Учебный план направления подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизации технологических процессов и производств.

4. Содержание выпускной квалификационной работы:

1) Постановка задачи;

2) Механическая реализация биогазовой установки;

3) Использование биогаза

4) Безопасность

5. Перечень материалов приложения:

Лист 1: Вид обций Ферментатор и механизация перемешивания;

Лист 2: Механическое оборудование ферментатора;

Лист 3: Схема мешалки пневматической;

Лист 4: Схема мешалки механической;

Лист 5: Электрическое оборудование биогазовой установки;

Лист 6: Схема работы частей биогазовой установки;

6. Дата выдачи задания 7 декабря 2015 года.

Руководитель выпускной квалификационной работы: Русинов Владислав Леонидович, ст. преподаватель

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата):

(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 83 с., 5 частей, 26 рисунков, 3 таблицы, 21 источник.

БИОГАЗОВАЯ УСТАНОВКА, ТРМ, ПРОПЕЛЛЕРНАЯ МЕШАЛКА, ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ, ТЕРМОПАРА, ВЫГРУЗОЧНОЕ УСТРОЙСТВО, ФЕРМЕНТАТОР, ФЕКАЛЬНЫЙ НАСОС.

Аэробная переработка органических отходов, навоз, жидкие органические удобрения, влажная органическая биомасса, аэробный биореактор, метановое брожение, интенсификация процесса, сбраживание биомассы.

В выпускной квалификационной работе представлен процесс переработки жидких органических отходов, например навоза, птичьего помета и т.п., в биогаз и жидкие органические удобрения. Полностью изучен процесс получения конечного продукта с минимальным образованием отходов данного производства. Представлена подробная схема установки.

Работа состоит из следующих разделов: аналитическая и технологическая части, а так же включен раздел, который посвящен безопасности жизнедеятельности.

В аналитическом разделе представлен анализ собранных данных с различных журнальных статей, а так же информации взятой с сети Интернет по теме: анаэробная переработка органических отходов для получения жидких удобрений и биогаза.

Во второй, технологической части, рассматривается подробный процесс производства продукта по стадиям, предоставляются все плюсы и минусы данной установки, так же доказательства эффективности и экономичности процесса.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1. Постановка задачи	7
1.1 Принцип работы биогазовой установки	7
2. Механическая реализация биогазовой установки	9
2.1 Тип строения ферментатора	9
2.2 Строительные материалы для ферментатора	9
2.3 Теплоизоляция	10
2.4 Внешняя обшивка и защита от неблагоприятных условиях	11
2.5 Покраска, нанесение защитных слоев	11
2.6 Подача субстрата в ферментатор	11
2.7 Трубопроводы, арматура	13
2.8 Насосы	14
2.9 Смесительная техника	18
2.9.1 Пневматическая мешалка	20
2.9.1.1 Компрессор	21
2.9.1.2 Фильтр	22
2.9.1.3 Ресивер	23
2.9.1.4 Реле давления	24
2.9.1.5 Регулятор давления	26
2.9.2 Механическая мешалка	27
2.9.2.1 Двигатель механической мешалки	27
2.9.2.2 Вертикальная X – образная мешалка с ножами	28
2.10 Отопительные устройства	29
2.11 Оборудование для управления и контроля	30
2.12 Контроль и профилактические работы	31
4. Использование биогаза	40
4.1 Свойства биогаза	40

4.2 Использование биогаза	41
5.Безопасность	46
5.1 Электробезопасность	46
5.2 Чрезвычайные ситуации текущая обстановка	50
5.3 Безопасность рабочего места	52
Заключение	54
Библиографический список	55
Приложение А Техническое задание	57
Приложение Б Тепловой расчет ферментатора	68

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы значительно возросла заинтересованность к процессам производства биогаза – это проявляется не только в возрастающем количестве планирующихся и строящихся биогазовых установок, но и в заинтересованности все большего числа фермеров, коммунальных хозяйств, предприятий, политиков и частных хозяйств, которые внимательно наблюдают за развитием этого сектора. Энергетическая отрасль уже также не относится с такой осторожностью к децентрализации производства благодаря строительству биогазовых установок. Для пищевой промышленности, гастрономии, больших ресторанов, учреждений общественного питания и предприятий по переработке пищевых отходов технология производства биогаза предоставляет шанс дешевой утилизации органических отходов и остатков продуктов питания в биогазовых установках с пользой для сельского хозяйства.

Биогаз возникает в следствии разлагания органической субстанции (в дальнейшем сокращенно - органика) бактериями. Разные группы бактерий разлагают органические субстраты, состоящие преимущественно из воды, белка, жира, углеводов и минеральных веществ на их первичные составляющие – углекислый газ, минералы и воду. Как продукт обмена веществ при этом образовывается смесь газов, получившая название биогаз. Горючий метан (CH_4) составляет от 5 до 85% и является основным компонентом биогаза, а значит и основным энергосодержащим компонентом. Такой естественный процесс разложения возможен лишь в анаэробных условиях, то есть только при отсутствии проникновения кислорода. Этот процесс разложения называют также гниением - его можно наблюдать в болтах, озерах, трясинах и т.д. Если в такой среде присутствует кислород, то органику разлагают другие бактерии; в таком случае процесс будет называться компостированием.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.

1.1 Принцип работы биогазовой установки

Биогаз – общее название горючей газовой смеси, получаемой при разложении органических веществ в результате анаэробного микробиологического процесса (метанового брожения).

Для эффективного производства биогаза из органического сырья создаются комфортные условия для жизнедеятельности нескольких видов бактерий при отсутствии доступа кислорода. Принципиальная схема процесса образования биогаза представлена ниже:

В зависимости от вида органического сырья состав биогаза может меняться, но, в общем случае, в его состав входят метан (CH_4), углекислый газ (CO_2), небольшое количество сероводорода (H_2S), аммиака (NH_3) и водорода (H_2).

Так как биогаз на 2/3 состоит из метана – горючего газа, составляющего основу природного газа, его энергетическая ценность (удельная теплота сгорания) составляет 60-70% энергетической ценности природного газа, или порядка 7000 ккал на м^3 . 1м^3 биогаза также эквивалентен 1,5 – 2,2 кВтч электроэнергии и 2,8 – 4,1 кВтч тепла или 1 л дизельного топлива.

Большое разнообразие разных методов добычи биогаза можно свести к нескольким вариантам с точки зрения технических характеристик процесса. Принципиальное различие в методах работы разных установок состоит в способе подачи (методы порционной подачи/проточный), по типу смешивания (полное смешивание или пробочное проталкивание), одно- или многоступенчатая система и/ либо по консистенции субстрата (твердое сырье или метод переработки в текучем- /мокроем виде).

В проектируемой установке, будем использовать метод порционной подачи, с полным смешиванием. Субстрат используется только в мокром виде с добавлением воды. Для метода порционной подачи характерно

наполнение бродильной камеры за один прием. Порция проходит брожение до конца заданного для этого времени, на протяжении которого субстрат не добавляют и не вынимают. Производство газа начинается после наполнения, достигает максимальной производительности, после чего начинает падать. Под конец, по истечению заданного времени брожения, бродильная камера опустошается также за один прием. При этом часть бродильного шлама возвращают обратно чтобы привить «разработанные» бактерии.

Для метода порционной подачи характерны:

- кроме жидких субстратов можно также перерабатывать твердые субстраты с высоким содержанием сухого вещества;
- профилактические осмотры и ремонт ферментатора можно проводить после каждого цикла;
- необходимо иметь массу для прививания, которая в отдельных случаях может достигать больших порций;
- неравномерная выработка газа, если не использовать последовательно несколько резервуаров;
- надежный гигиенизирующий эффект.

Данный метод выбран как наиболее простой в исполнении, не требующий больших затрат, но в тоже время эффект от порционной подачи несколько ниже, нежели от проточной. Технология, основанная на порционном принципе, всегда используется в тех случаях, если есть необходимость проанализировать субстрат или смесь субстратов в отношении их поведения в ферментаторе, либо выхода газа.

2. МЕХАНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

В этом разделе дипломного проектирования более подробно будут рассмотрены приборы необходимые для воплощение в жизнь стенда, с целью создания четкого понимания принципа работы данных устройств и их технических возможностях.

2.1 Тип строения ферментатора

Ферментатор в виде вертикального строения из соображений статике преимущественно имеет круглую форму поперечного сечения. По сравнению с горизонтальным вариантом он имеет преимущество более компактных размеров, более выгодное соотношение площади поверхности к объему, что уменьшает затраты материалов и теплотери. По мере возрастания высоты строений и вместе с тем тенденции к расслоению бродильного субстрата, смешивающая техника должна обеспечивать достаточное вертикальное перемешивание.

Характеристики ферментатора: Диаметр 800мм, Высота 1210мм, Полный объём 500литров.

Размещение фермантатора наземное, будем экономить на земляных работах, и использовать материалы для внешней теплоизоляции.

2.2 Строительные материалы для ферментатора.

Ферментатор состоит из следующих элементов:

- корпус резервуара;
- зимняя изоляция;
- внешняя облицовка для наземных резервуаров;
- внутреннее покрытие или многослойные покрытия;
- измерительные приборы, предохранитель высокого-низкого давления.

Корпус резервуара, как правило, изготавливают либо из бетона, либо из стали, так как объём нашего ферментатора сравнительно малый, то будем

использовать для изготовления сталь. Преимущество железа является то, что резервуар и оснащение можно частично подготовить заранее, что сократит нам время строительства.

Резервуар будет внешне заизолирован, оснащён выгрузочным устройством, и одним люком для загрузки субстрата, чистке и ремонтно-профилактических работ.

Для изготовления резервуара используется эмалированное, оцинкованное строительное железо. Оболочка ферментатора устанавливается на фундамент из бетона. Материал оболочки подается в виде сваренных листов железа, свернутых в рулон. Толщина железа 3-4мм. Резервуар устанавливается на фундамент, который имеет деревянную опору, она не только фиксирует резервуар, но и служит термической заслонкой между резервуаром и фундаментом. Горловина для выхода газа, расположена рядом с люком для загрузки субстрата.

2.3 Теплоизоляция

Теплоизоляция ферментатора для наших широт является неременной составляющей. При этом, ферментатор можно изолировать как снаружи, так и изнутри. Преимущества и недостатки показано в таблице 1. Материалы, которые для этого наиболее подходят, будут названы далее.

Теплоизоляция ферментатора внешняя или внутренняя?		
	Преимущества	Недостатки
Внутренняя изоляция	Можно проложить по завершению строительства либо закладывается в обшивку (при покрытии) Для построенных резервуаром является единственным решением	Изоляционный материал должен быть устойчивым к субстрату, бактериям и кислотам. Устойчивым к механическим повреждениям и всплыванию
Внешняя изоляция	Возможность использования всего объема ферментатора Механические устойчивые поверхности Небольшая разница в растягивании (стена/перекрытие) Возможность контролировать бетонные поверхности	Большая разница в растягивании между стеной и перекрытием. Изоляция должна быть устойчива к давлению и особенно хорошо защищена. Расширения под воздействием тепла из забетонированных греющих змеевиков должны проверяться на статику.

Рисунок 1 – Теплоизоляция ферментатора

Минеральная вата (стекло-, минеральная и шлаковата) все еще является наиболее часто используемым изоляционным материалом. Это связано с низкой стоимостью и устойчивостью к высоким температурам. Строительно-биологические аспекты, которые выступают не в пользу минеральных волокон при строительстве жилых зданий, для биогазовых установок имеют меньшее значение. Если работать с этим материалом (в маске защиты дыхательных путей) согласно правил и накрывать оболочкой, то вред для здоровья будет минимизирован.

2.4 Внешняя обшивка и защита от неблагоприятных условий

Так как ферментатор будет установлен в помещении, то внешняя изоляция не должна быть слишком громоздкой, толстой и дорогой. Поэтому достаточным будет обшить ферментатор оцинкованной листовой жестию. В свою очередь она не так сильно дорога + придаст ферментатору какой-никакой завершенный внешний вид.

2.5 Покраска, нанесение защитных слоёв

Практический опыт показывает, что в защите от коррозии биогазового ферментатора, изготовленных из соответствующей жести (толщина > 2 мм) нет необходимости там, где происходит контакт лишь с навозом, коррозия происходит лишь в зоне воздействия кислот и выделения газа. Но пока коррозия поглотит наш 4мм резервуар, пройдут десятки лет.

2.6 Подача субстрата в ферментатор

Для подачи твердых веществ существует много систем и продуктов, выпускаемых промышленностью, позволяющих дозировать вес и подачу через заданные интервалы.

Для подачи твердых веществ существует три возможности:

- Резервуар предварительного хранения;
- Непрямая подача в ферментатор;
- Прямая подача в ферментатор.

При этом варианты подачи существенно различаются между собой по мощности и специфической производительности транспортера, по

потреблению электроэнергии и стоимости. Какая техника для подачи подходит лучше всего, зависит не только от субстрата и его количества, стоимости, расположения установки и т. д., но и от намерений и рабочего времени руководителя предприятия.

В нашем случае необходима подача субстрата из резервуара предварительного хранения.

Именно такой тип подачи будет наиболее оптимален, так как ферментатор относительно не большого объёма, следовательно, и резервуар будет меньшего объёма, что как минимум экономит деньги на строительство. Для передачи из резервуара в ферментатор будем использовать фекальный насос погружного типа.

Резервуар берет на себя функцию места временного содержания, но также для смешивания, измельчения и разбавления ферментационных веществ или твердого навоза. Резервуар предварительного хранения должен иметь целый ряд качеств – быть непроницаемым для гноя, газонепроницаемым, как правило, не требуется. Проникновение воздуха вовнутрь лишь ускорит начало первой окислительной фазы процесса разложения. Резервуары предварительного хранения преимущественно строят погруженными в грунт, для строительства применяют шахтные кольца. Цилиндрическая форма облегчает процессы смешивания. Забор для откачивания производится не со дна, а приблизительно на расстоянии 50 см от него, это позволяет свободно осажать твердые вещества. Во многих случаях рекомендуем также осадок из ферментатора сливать в этот резервуар, откуда их можно будет удалить или растворить большим количеством воды для вывоза на поля.

Резервуар предварительного хранения используется там, где работают с жидким гноем или количество подмешиваемого твердого вещества небольшое. Если происходит ферментация большого количества твердого вещества, то в резервуар предварительного хранения следует добавлять дополнительное (большее) количество жидкого вещества, с целью получения

пригодной для прокачивания массы. В противном случае возрастают затраты на прокачивание и перемешивание, а также переработку этой массы.

Такой способ работы с твердим навозом имеет некоторые преимущества, такие как возможность точного дозирования и возможность предварительного согревания субстрата с минимальными потерями на это. Чем выше процент содержания сухого вещества в субстрате, тем больше рабочего времени необходимо будет потратить на его переработку в резервуаре предварительного хранения

2.7 Трубопроводы, арматура

Среди трубопроводов следует различать питающие трубы, по которым субстрат транспортируется под давлением (напр. из резервуара предварительного хранения в ферментатор) и перепускные трубы, по которым транспортировка происходит, как правило, благодаря естественному уклону (напр. из ферментатора в резервуар предварительного хранения).

Напорный трубопровод должен иметь 100 мм, лучше и 120 мм в диаметре, а для транспортировок на дальние расстояния и 150 мм, чтобы избежать закупорки и большие потери давления. Для жидких субстратов скорость протекания должна быть около 1 м/с. Если скорость протекания существенно ниже, то возникает опасность закупорки из-за осадков в трубе. Напорные трубопроводы выполняются преимущественно в виде железных труб со сварными или фланцевыми соединениями. При использовании труб из искусственных материалов, необходимо учитывать соответствующую толщину стенок, способную выдерживать давление насоса.

Все трубопроводы должны находиться в защищенной от морозов зоне, а в случае протекания теплого субстрата, должны также иметь теплоизоляцию. Небольшой уклон 1-2% в сторону слива позволит сток в случае остановки насоса, уменьшит опасность образования наслоений (осаждение твердых компонентов субстрата) в трубе. При прокладывании трубопроводов в насыпном грунте, его следует перед прокладыванием

хорошо уплотнить, в противном случае возникнет опасность проломов в трубе из-за просадок. Вследствие прокладки труб следует проконтролировать чтобы субстрат не вытекал из ферментатора. Поэтому для наземных ферментаторов свежий субстрат подают сверху.

2.8 Насосы

Центробежные насосы широко представлены в оборудовании по работе с навозом. Они просто устроены и относительно устойчивы в работе и могут использоваться при работе с субстратами с содержанием сухого вещества менее 8%. Максимально достижимое давление находится в пределах 4-20 бар. Количество нагнетаемого материала варьируется между 2 и 6 м³/мин, при потреблении энергии 3-15 кВт. Режущие насосы – особая форма центробежных насосов – имеют на рабочем колесе каленые режущие края и противорежущую пластину на корпусе. Таким образом, можно измельчать вещества, содержащиеся в навозе длинные волокна как то солома и остатки корма. Эти насосы погружают в жидкую среду, поэтому не возникает проблем с всасыванием.

Роторные насосы приобретают в последние годы все большую популярность. Они оснащены двумя движущимися в противоположном направлении роторами в овальном корпусе. Максимальное давление находится в пределах 2-10 бар, а подача насоса в пределах 0,5-4 м³/мин., приводная мощность 7,5 -55 кВт. По сравнению с эксцентриковыми шнековыми насосами с такой же мощностью потребления, эти насосы позволяют прокачивать большее количество твердых инородных тел и веществ, содержащих волокна. По этой причине они все чаще и используются на установках, работающих с повышением количеством волокнистого материала, энергетическими культурами растений либо разжиженным и измельченным твердым навозом в качестве субстрата.

В нашей установке, нам каким-то образом необходимо загрузить 2/3 от ёмкости ферментатора. Получается примерно 350литров. Цифра довольно не малая, и ручным трудом сложно выполняемая. Поэтому есть решение, нам

необходимо использовать фекальный насос. Критерии для выбора насоса достаточно просты, он должен иметь режущие ножи для измельчения субстрата и порубки каких-либо волокон. Также он должен доставить субстрат на высоту около 2 метров. Для таких целей, мы выбрали такой фекальный насос ESPA VIGICOR 150 MA.

Погружной одноступенчатый фекальный насос ESPA VIGICOR 150 MA с вертикальным нагнетательным патрубком и режущим механизмом предназначен для перекачивания бытовых, сточных и смешанных вод с фекалиями с содержанием органических и длинноволоконистых включений, а также отдельных фрагментов таких материалов как: ткань, целлюлоза, пластик и т.п.

Режущий механизм фекального насоса ESPA VIGICOR 150 MA расположен в нижней части. Области применения фекального насоса ESPA VIGICOR 150 MA.

Фекальный насос ESPA VIGICOR 150 MA применяется для отвода канализации и стоков с длинноволоконистыми включениями; откачки продовольственных, пищевых и сельскохозяйственных отходов; отвода сточных жидкостей от умывальников, стиральных машин и моечного оборудования; работы в септиках и небольших очистных сооружениях; откачки промышленных стоков.

Таблица 1 – Технические характеристики фекального насоса

Расход, м ³ /час	3
Напор, м	16
Мощность, кВт	1,2
Сила тока, А	5.4
Напряжение, V	220
Количество оборотов в минуту	2900
Максимальная температура перекачиваемой жидкости, оС	35

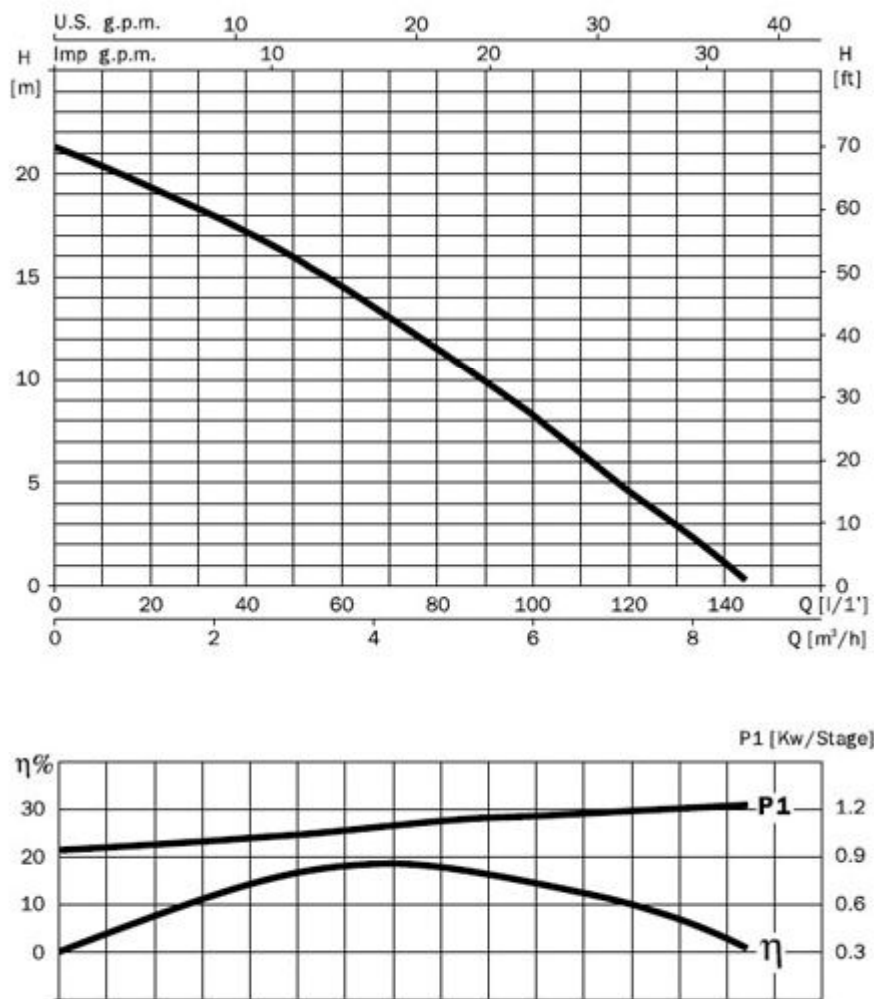


Рисунок 2 – Особенности фекального насоса ESPA VIGICOR 150 MA

Благодаря измельчающему механизму из высокопрочной стали, фекальный насос ESPA VIGICOR 150 MA может работать со сточными водами, с фекалиями, органическими и длинноволокнистыми включениями без какой-либо опасности засорения рабочего колеса насоса и отводящего трубопровода. Большая высота напора и малый диаметр патрубка позволяют осуществлять отвод канализации на большие расстояния и снизить затраты на монтаж трубопровода.

Преимущества фекального насоса ESPA VIGICOR 150 MA:

1. Бесшумная работа
2. Высокая надежность
3. Тепловая защита двигателя

4. Длительный срок службы
5. Отличное качество используемых материалов
6. Экономичность в работе
7. Не требует обслуживания
8. Работа в автоматическом режиме при помощи поплавкового выключателя (для моделей с буквой А)
9. Высококачественный измельчающий механизм
10. Небольшой диаметр патрубка

Далее рассмотрим конструкцию фекального насоса ESPA VIGICOR 150 MA. Погружной центробежный одноступенчатый насос с горизонтальным напорным патрубком с внутренней резьбой. Измельчающий механизм, расположенный на входе в насос, предотвращает доступ крупных и длинноволокнистых включений в гидравлическую часть. Рабочее колесо смонтировано непосредственно на удлиненный вал мотора. Сочетание износостойких материалов, обладающих малым коэффициентом трения, гарантирует герметичность торцевого уплотнения вала и позволяет использовать насос без обслуживания. Самосмазывающиеся подшипники снимают напряжения с вала и обеспечивают бесшумную работу. Охлаждение происходит за счет температуры перекачиваемой жидкости. Стандартное исполнение со встроенной тепловой защитой, автоматическим перезапуском. Насос снабжен кабелем 10м с вилкой.

Основные характеристики двигателя фекального насоса ESPA VIGICOR 150 MA:

1. Тип двигателя: асинхронный, двухполюсный;
2. Вид защиты: IP 68;
3. Класс изоляции: F;
4. Допустимые перепады напряжения: $\pm 10\%$;
5. Режим работы: продолжительный;
6. Имеет встроенную тепловую защиту.

Основные характеристики материалов фекального насоса ESPA VIGICOR 150MA:

1. Корпус мотора: нержавеющая сталь AISI 304
2. Измельчающий механизм: из стали F-520
3. Рабочее колесо: армированный Noryl
4. Опоры насоса: нержавеющая сталь AISI 304
5. Корпус гидравлической части и напорный патрубок: чугун
6. Уплотнение вала: торцевое графито-стеатитовое
7. Уплотнительные кольца: NBR

Дополнительная информация о фекальном насосе ESPA VIGICOR 150 MA представлена в таблице 2.

Таблица 2 –Дополнительная информация о фекальном насосе

Глубина погружения	8 метров
Номинальная мощность	900Вт
Тип насадки	Режущая
Диаметр разъёма соединения	1,25
Тип установки насоса	Вертикальный
Вес	15,5кг
Качество воды	Низкое (грязная вода)
Тип пуска двигателя	Плавный
Защита от перегрева	Есть
Тип фильтра	Всасывающий

2.9 Смесительная техника

Как правило, субстрат в резервуаре перемешивают по несколько раз в день с целью достижения таких эффектов:

- Перемешивания свежего субстрата с перегноем с целью переселения и размножения в новом материале активных бактерий;

- Распределение тепла с целью удержания насколько возможно равномерного распределения температуры в ферментаторе;
- Избежание образования или разрушение образовавшейся корки, или осадка;
- Улучшение обмена веществ у бактерий через выведение пузырьков биогаза и подачу новых питательных веществ.

Перемешивание происходит механическим путем благодаря установленным в ферментаторе мешалкам, гидравлическим путем через насосы, установленные внешне или путем использования выработанного собственного давления газа или пневматическим путем через закачивание биогаза.

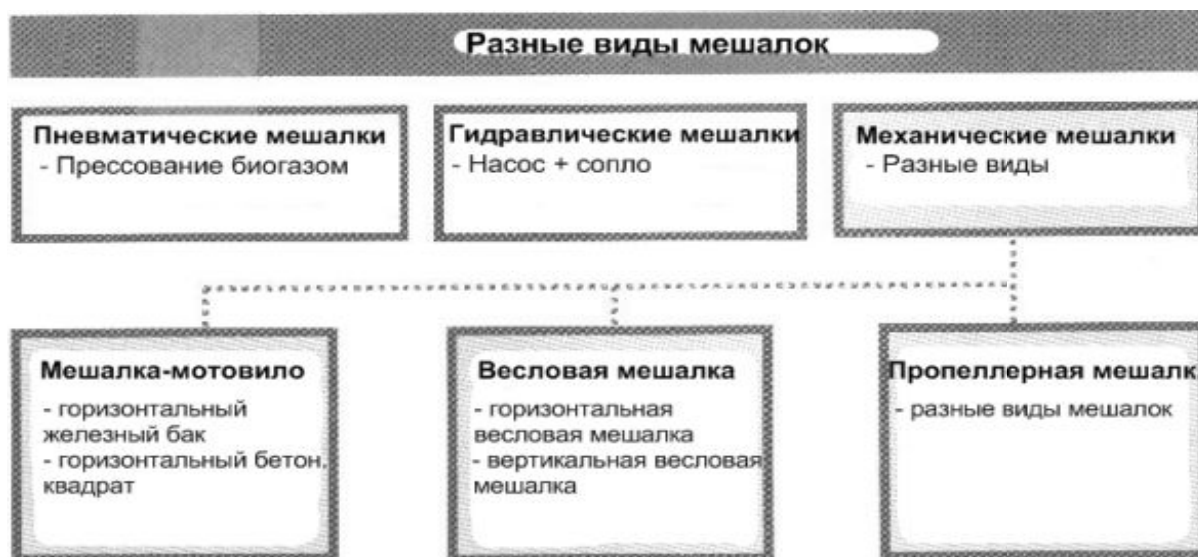


Рисунок 3 –Разновидности мешалок

В нашем случае целесообразно использовать пропеллерную мешалку. Для вертикального ферментатора она вполне работоспособна. Перемешивающее устройство состоит: привод (мотор-редуктор), вал, лопасти, устройство для крепления мешалки на емкости. В качестве привода перемешивающего устройства используется мотор – редуктор, состоящий из электродвигателя (общепромышленного, взрывозащищенного и влагозащитного) и редуктора различных типов, и компоновок, отечественного или иностранного производства.

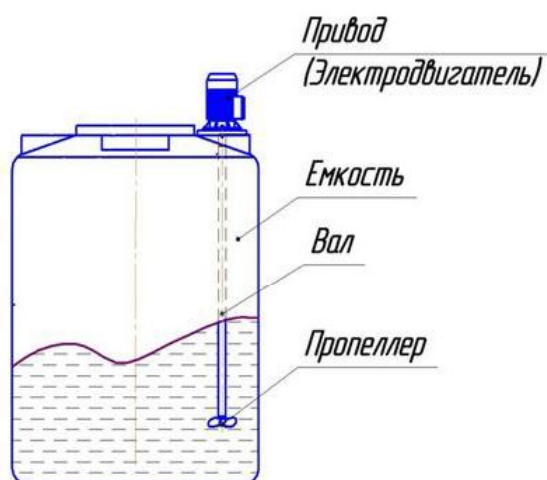


Рисунок 4 – Пропеллерная мешалка

Данная мешалка нам не подходит, так как в нашей установке не используются вязкие составы субстрата. Могу добавить, что также такой мешалки в сборе слишком велика. В своей установке, мы будем использовать мешалки 2 типов, а именно пневматического и механического действия.

2.9.1 Пневматическая мешалка

Пневматическая мешалка осуществляет перемешивание субстрата пузырьками газа. Пузырьки газа, которые будут подниматься, будут создавать вертикальное движение в субстрате. Тем самым, обеспечив необходимое перемешивание субстрата. Для реализации пневматической мешалки нам понадобится компрессор 12V, фильтр, регулятор давления, ресивер 5литров, электрические составляющие, соединительные шланги и запорная арматура.

Процесс работы пневматической мешалки выглядит следующим образом. Входной штуцер компрессора для накачки воздуха соединён с верхней частью ферментатора, где он берёт воздух для создания давления в ресивере. После полной накачки ресивера, автоматика отключает питание компрессора. В ресивере создаётся давление равное 5атм. Далее, посредством редуктора это давление на выходе из ресивера значительно уменьшается и составляет 0.1 атм. Такое давление позволит пузырькам воздуха протолкнуть субстрат и подняться вверх ферментатора.

Ниже, представлено всё оборудование, которое потребуется для сборки пневматической мешалки.

2.9.1.1 Компрессор

В такой установке необходим достаточно выносливый компрессор, чтобы мог работать непрерывно минимум 20 минут, накачивать ресивер объёмом 5 литров. Так как нам не нужна высокая производительность, остановимся на компрессорах с производительностью до 50 литров в минуту. А именно компрессоры для накачки шин автомобиля. С давних времён себя очень хорошо зарекомендовали компрессоры марки Berkut. Славятся они своей надёжностью и простотой конструкции, поэтому возьмём самый слабый из их линейки, BerkutR15. Компрессор поршневого типа, не требующей какой-либо дополнительной смазки. Есть вариации 12В и 220В, так как биогазовая установка у нас стационарная, будет удобнее взять 220В. Данный компрессор оснащён автоматической системой от перегрева, пыленепроницаемым корпусом. Но, нам необходимо будет его доработать, путём установки 2 штуцеров к поршневой группе. Задача не сложная и легко выполняемая при наличии определённых способностей. Устанавливаем 2 штуцера на вход и выход для более удобной работы с компрессором. Некоторые технические характеристики компрессора представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики компрессора BerkutR15

Напряжение питания	12 В/220 В
Максимальный ток потребления	14,5 А
Максимальное давление	10 атм (кг/см ²)
Время непрерывной работы	30 мин
Максимальная производительность	40 л/мин
Диапазон рабочих температур	-30 °С +80 °С
Уровень шума	65 дБ
Плавкий защитный предохранитель	15 А
Размеры устройства	167x93x157 мм
Масса	2,1 кг



Рисунок 5 –КомпрессораBerkutR15

Для защиты нашего компрессора от лишней влаги, которая может попасть в поршневую группу, необходимо использовать фильтр.

2.9.1.2 Фильтр

Так как компрессор будет иметь забор воздуха из ферментатора, мы предостережёмся и установим фильтр тонкой очистки. Он поможет нам избавиться от возможных песчинок или влаги. Фильтр имеет прозрачное стекло, в котором мы сможем наблюдать наличие посторонних предметов в воздушной магистрали. Также, оснащён сливным устройством, для слива накопившегося конденсата. Сразу установлены резьбовые фитинги, что упрощает монтаж фильтра.



Рисунок 6 –Фильтр тонкой очистки

2.9.1.3 Ресивер

Ни одна качественная пневмосистема не обходится без ресивера. В нашей установке используется ресивер, объём которого составляет 5 литров. Такой литраж выбран не случайно. Для нашего ферментатора он имеет не слишком малый запас воздуха, но и для компрессора он не слишком огромен.



Рисунок 7 – Ресивер

Да, мы взяли готовое исполнение. Такие вещи должны быть изготовлены строго по стандартам. Сам ресивер необходимо оснастить дополнительным оборудованием, клапаном аварийного сброса давления, и реле давления.

2.9.1.4 Реле давления

Реле давления нам необходимо по одной простой причине, компрессор должен «видеть» сколько ему ещё качать, либо когда пора включаться. Иными словами реле давления разрешает работу компрессора. Ведь, если ресивер будет слишком полон, велика вероятность выхода из строя пневматической системы перемешивания, что никак не удовлетворяет нашим условиям. Реле давления имеет возможность регулирования заданных параметров. В нашем случае они таковы: включение компрессора если в ресивере менее 1 атмосферы, а выключение компрессора при 6 атмосферах. Такая настройка позволит избежать чрезмерного включения компрессора, так как разница между нижним и высшим пределом достаточно велика. Для наших задач успешно подойдёт реле давления марки РДК – 1Т10К – 2



Рисунок 8 – Реле давления РДК – 1Т10К – 2

Реле давления серии РДК снабжены:

–Разгрузочным клапаном. Он подключается в магистраль подачи воздуха между головкой компрессора и обратным клапаном ресивера. При

остановке электродвигателя компрессора разгрузочный клапан открывается и сбрасывает давление из головки компрессора и магистрали воздуха до обратного клапана (разгружает компрессор). После включения и разгона электродвигателя обратный клапан запирается нагнетаемым давлением, обеспечивая таким образом легкий (разгруженный) запуск компрессора из выключенного состояния.

–Механическим выключателем. Он имеет два положения: «ON» и «OFF». В положении «ON» компрессор работает в автоматическом режиме включаясь и выключаясь по верхнему и нижнему порогу срабатывания. В положении «OFF» питание с электродвигателя отключено принудительно и компрессор не включится при любом значении давления в ресивере. Также, во избежание каких-либо проблем, мы перестраховемся и дополнительно установим в ресивер клапан аварийного сброса давления.

–Клапаном аварийного сброса давления. Клапан применяется для автоматического сброса давления в системах сжатого воздуха при выходе из строя прессостата, либо ручного сброса давления. Марка клапана С – 20, производство Россия.



Рисунок 9 – Клапан аварийного сброса

2.9.1.5 Регулятор давления.

Его мы установим непосредственно перед входом в ферментатор. Задача регулятора давления понизить давление выхода из ресивера до 0,1 атмосферы.



Рисунок 10 – Регулятор давления

Данный регулятор, к сожалению, не имеет названия, так как произведён в Китае. Однако неплохо себя зарекомендовал на рынке товаров. Диапазон регулирования от 0 до 12 бар. Имеется встроенный манометр аналогового типа, с высоким классом точности. Что можно добавить в завершении, вся пневматическая система собирается на импортных шлангах высокого давления. Это позволит избежать каких-либо потерь воздуха в системе, не приведёт к преждевременному выходу из строя и значительно увеличит время работы пневматической системы перемешивания. Ниже приведён конечный вид пневматической мешалки, подключенной к ферментатору.

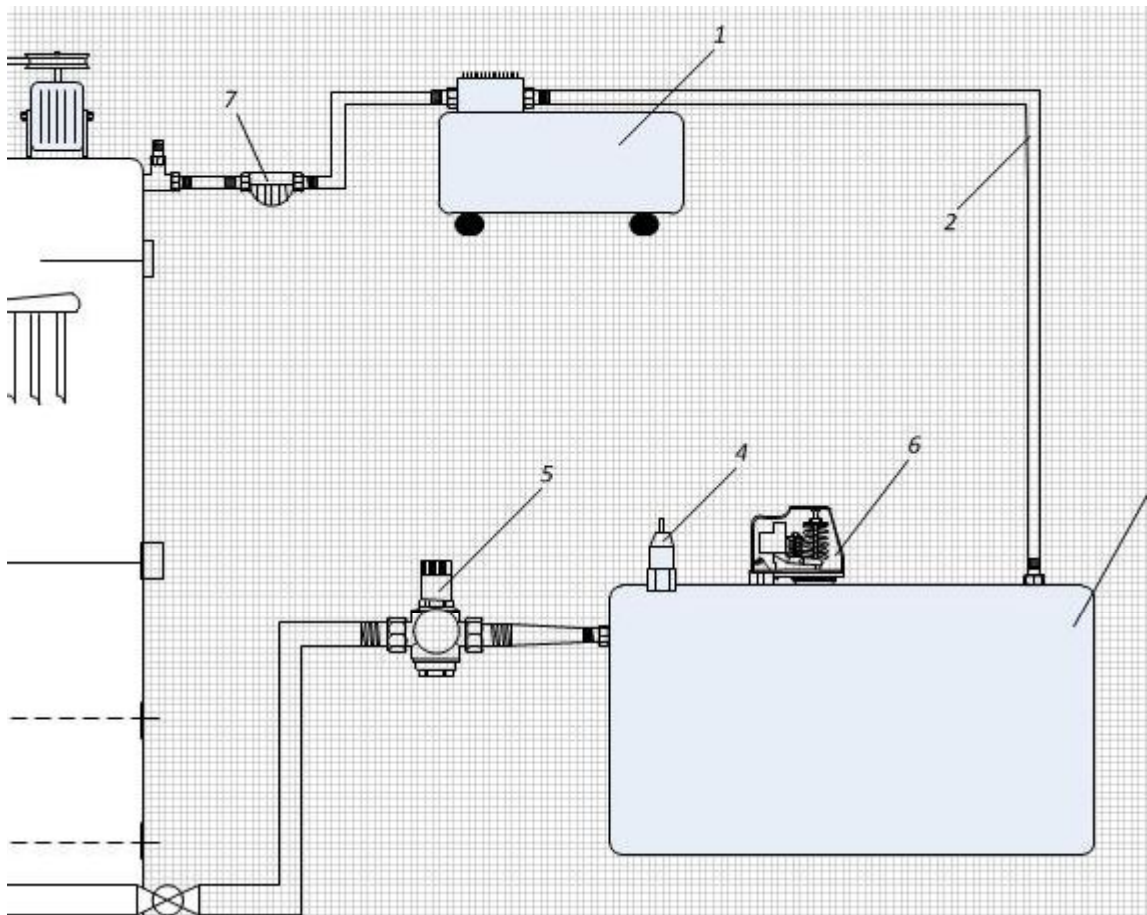


Рисунок 11 –Пневматическая мешалка

2.9.2Механическая мешалка

Механическая мешалка нам необходима лишь для одной цели – разбить корку в процессе брожения. Механическая мешалка состоит из двигателя мощностью 0,20 кВт и частотой вращения вала 800 об/мин, 2 шкивам ручейного типа, ремнём, вертикальной X-образной мешалкой с разбивочными прутками. Также, для герметичной установки в ферментатор, используется готовый комплект болванок с упорным подшипником качения для установки вала с X-образной мешалкой с разбивочными прутками в ферментатор.

2.9.2.1 Двигатель механической мешалки

Двигатель позаимствовали со старой стиральной машины с гордым названием «Малютка». Сам двигатель достаточно в хорошем состоянии, что говорит о его качестве. Имеет следующие характеристики: 220В,0,20 кВт и частотой вращения вала 800 об/мин. Такой тихоходный двигатель выбран не

случайно, для разбивания корки на поверхности субстрата, нам необходимо бережно её разрезать. Поэтому частота вращения ножей должна быть предельно малой.



Рисунок 12 – Двигатель механической мешалки

2.9.2.2 Вертикальная X – образная мешалка с ножами

Для разбивания корки нам достаточно лишь придать ей какое-либо движение. Перемешивание должно быть мягким и бережным, но в тоже время эффективным. Поэтому мы изобрели вот такую конструкцию с ножами – вилами. Они постоянно находятся на поверхности субстрата, и с легкостью разбивают поверхностную корку. Все габаритные размеры представлены на рисунке.

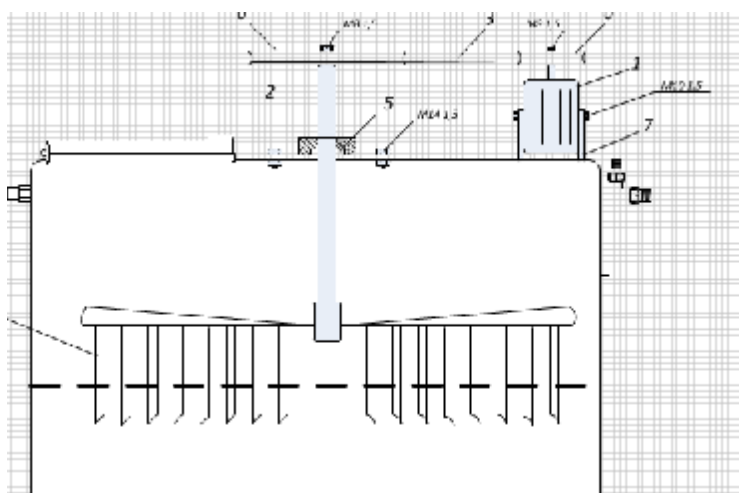


Рисунок 13 – Вертикальная X – образная мешалка с ножами

Всё незащищённое железо, которое подвергнется ржавчине, обработано битумным лаком. Габаритные размеры вертикальной X – образной мешалки с ножами представлен на рисунке 3.

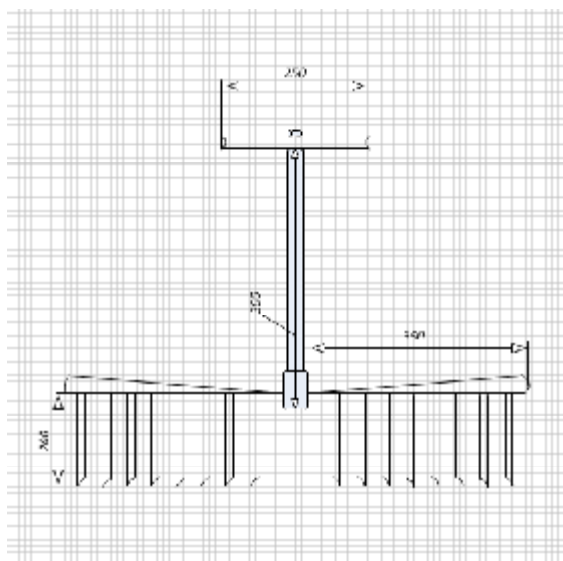


Рисунок 14 – Габаритные размеры

Вращение мешалки осуществляется путём вращения двигателя, установленного на одном уровне с мешалкой. Передаче же самого вращательного момента, осуществляется посредством шкивов ручейкового типа и самого ручейкового ремня.

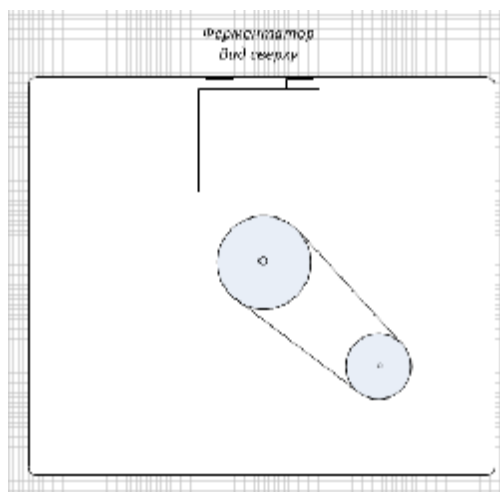


Рисунок 15 – Ручейковый ремень

2.10 Отопительные устройства

Мощные биогазовые установки, работающие в наших климатических условиях должны обогреваться с тем, чтобы выдерживать необходимые температурные режимы и выровнять внешние теплопотери. Для нашей

установки будем использовать внутренний теплообменник, то есть расположенный в ферментаторе. Расчет подогревателя произведем далее.

2.11 Оборудование для управления и контроля

Возможности по управлению и автоматизации биогазовых установок не имеют границ. В зависимости от размеров установки существует даже градация по требованиям к автоматизации. Определяющим для уровня автоматизации будет однако являться наличие свободного времени, которое можно уделять обслуживанию установки:

- Автоматическая регулярная подача субстрата в ферментатор. Это необходимо для обеспечения стабильной работы процесса с биологической точки зрения и постоянной выработки газа;
- Автоматическое включение-выключение мешалок. Регулярное перемешивание особенно важно для густых субстратов, которые на сегодняшний день используются все чаще;
- Обогрев резервуара ферментатора.

После проведенного анализа рынка компонентов систем автоматики для создания биогазовой установки были выбраны средства автоматизации ОВЕ

2.12. Контроль и профилактические осмотры

Биогазовые установки требуют постоянного контроля. К ежедневной работе относится обход установки и проверка возможных повреждений; в частности к этому относятся:

- Запись показаний газомера и рабочих часов двигателя;
- Контроль уровня масла в двигателе;
- Проверка помещения возле распределителя на предмет свечения аварийных ламп;
- Контроль поломки электрических приводных аппаратов, потребление электроэнергии мешалками и насосами;
- Проверка давления воды в системе отопления;
- Контроль температуры брожения;
- Подобрать интервалы перемешивания таким образом, чтобы не образовывались плавающие корки или осадочных наслоений;
- Убедиться, что выдерживаются все процессуально-технические требования к перемещению потока навоза-субстрата, убедиться в исправности притока-оттока;
- Проверить подключения мембраны (напр. газгольдера) на предмет утечки газа.

Еженедельный контроль должен в себя включать:

- Уровень наполнения в погружных сосудах предохранителя чрезмерно высокого-низкого давления и сепараторах конденсата;
- Проверку мешалку, понаблюдать, нет ли вибрации;
- Визуальная проверка двигателя и трубопроводов;
- Проверку магнитного клапана на функциональность и загрязненность;
- Проверку промежуточную камеру самозапорного клапана для газа на непроницаемость.

3. ПОДБОР СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

3.1 Выбор контрольно-измерительных приборов

После проведенного анализа рынка компонентов систем автоматики для создания биогазовой установки были выбраны средства автоматизации фирмы ОВЕН. Основу блока управления составляют контроллеры ОВЕН ТРМ210 и ПР114. Данные контроллеры оснащены всем необходимым для автоматизированного управления лабораторной установкой, а также что не мало важно обладают привлекательной ценой. Наличие дисплея, интегрированного в корпус данных контроллеров позволит осуществлять контроль параметров непосредственно на нижнем уровне автоматизации.

Применение ТРМ210 и ПР114 позволяет увеличивать производительность установки и при необходимости интегрировать блок управления АСУ верхнего уровня.

ОВЕН ТРМ-210 – ПИД-регулятор температуры, давления или других физических величин, предназначен для точного поддержания заданных параметров в различных технологических процессах. Используется в составе сложного технологического оборудования: экструдеров, термопласт автоматов, печей, упаковочного, полиграфического, вакуум-формовочного оборудования и т.п. (цена колеблется от 5т.р. до 6.5т.р.).



Рисунок 16 – Измеритель ПИД-регулятор ОВЕН ТРМ210 в щитовом корпусе Щ2

Прибор включает в себя (рисунок 5):

- универсальный вход для подключения первичных преобразователей (датчиков);
- дополнительный вход для дистанционного управления процессом регулирования;
- блок обработки данных, предназначенный для цифровой фильтрации, коррекции, регистрации и регулирования входной величины и включающий в себя устройства сигнализации;
- два выходных устройства (ВУ), которые в зависимости от модификации прибора могут быть ключевого или аналогового типа;
- два цифровых индикатора для отображения регулируемой величины и ее уставки.

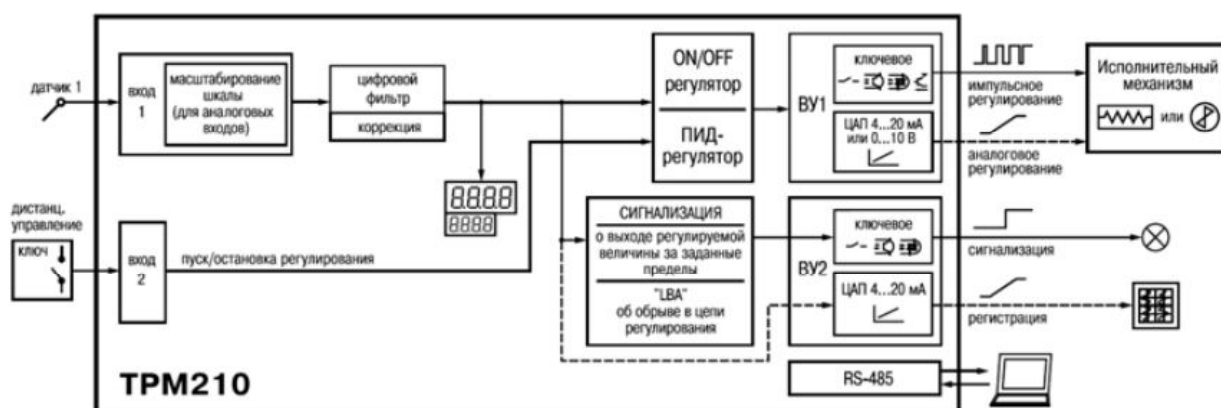


Рисунок 17 – Структурная схема TPM210

Подключение разных типов датчиков показано на рисунке 18:

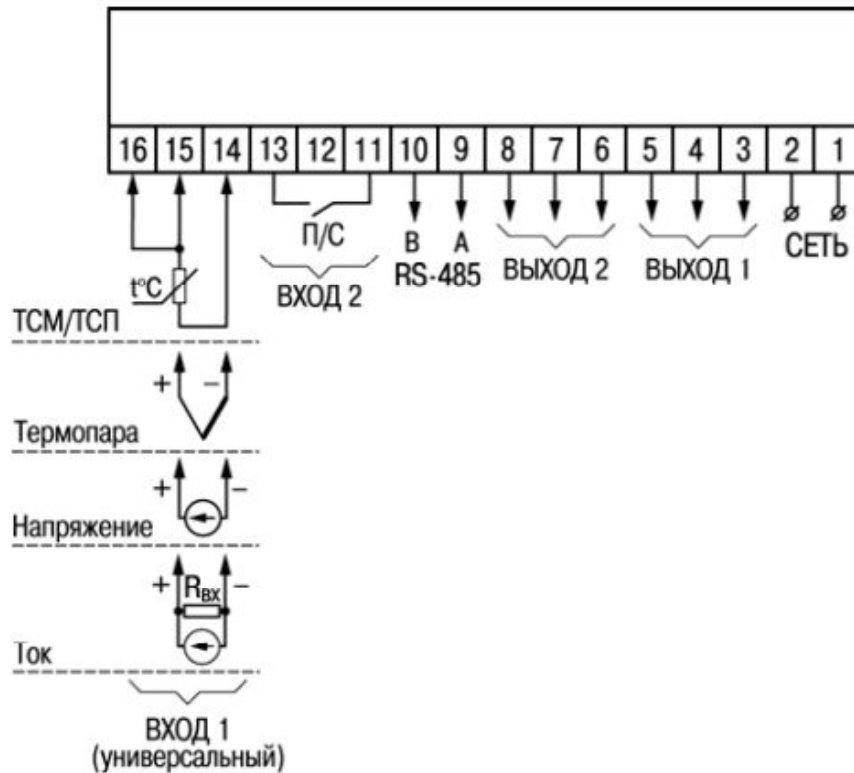


Рисунок18 – Общая схема подключения TRM210-N2

ОВЕН ПР 114 – это свободно программируемые устройства, которые не содержат в своей памяти заранее написанной программы. Алгоритм работы программируемого реле формируется непосредственно пользователем, что делает прибор универсальным и дает возможность широко использовать его в различных областях промышленности, сельском хозяйстве, ЖКХ и на транспорте (цена до бт.р.).



Рисунок 19 – Программируемое реле ПР114

Прибор ПР114 предназначен для построения простых автоматизированных систем управления, а также для замены релейных систем защиты и контроля.

Область применения:

- управление наружным и внутренним освещением, освещением витрин;
- управление технологическим оборудованием (насосами, вентиляторами, компрессорами, прессами);
- конвейерные системы;
- управление подъемниками и т. д.

Логика работы прибора ПР114 определяется пользователем в процессе программирования с помощью среды «OWENLogic».

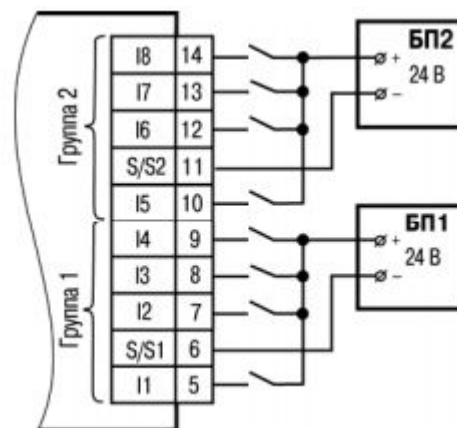


Рисунок 20 – Схема подключения к ПР114 дискретных датчиков с выходом типа «сухой контакт»

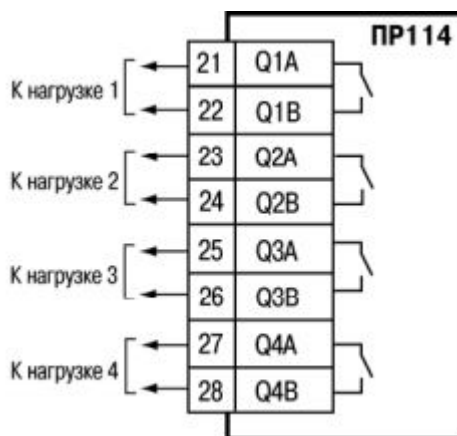


Рисунок 21 – Схема подключения нагрузки к ВЭ типа Р

Электромагнитное реле предназначено для коммутации силовых цепей напряжением не более 250 В переменного тока и рабочим током не более 10 А.

Кроме выше сказанных контроллеров в системе управления используются следующие компоненты ОВЕН:

–АС4 предназначен для взаимного преобразования сигналов интерфейсов USB и RS-485. Позволяет подключать к промышленной информационной сети RS-485 персональный компьютер, имеющий USB-порт.



Рисунок 22 – Автоматический преобразователь интерфейсов
USB/RS-485 OVEN AC4

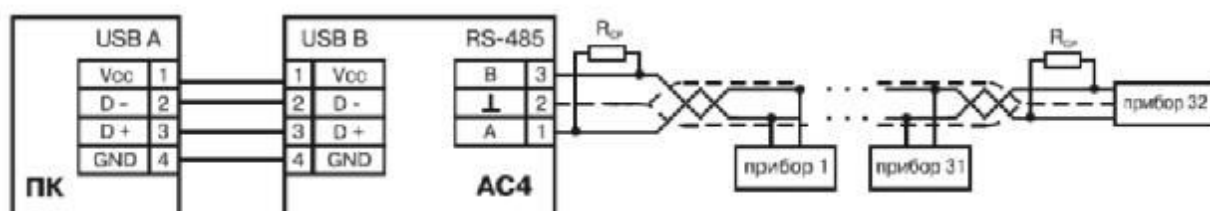


Рисунок 23 – Схема подключения прибора AC4

–ПД100-ДИ0.06-811-2.5-представляют собой преобразователи давления с открытым измерительным кремниевым кристаллом сенсора и кабельным вводом стандарта EN175301-803 (DIN43650 A).

Данная модель измеряет низкие (от 200 Па) давления неагрессивных газов, в том числе метана.



Рисунок 24 –Преобразователь общепромышленный
ОВЕН ПД100-ДИ0.06-811-2.5

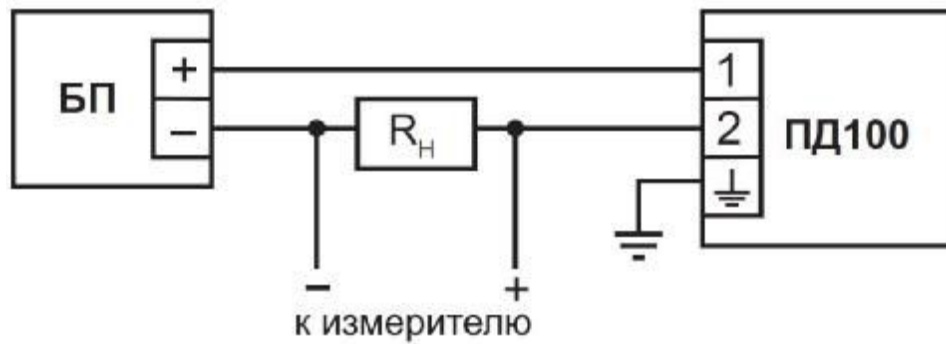


Рисунок 25 –Преобразователь общепромышленный
ОВЕН ПД100-ДИ0.06-811-2.5

На основе поступившего сигнала, ТРМ210 формирует управляющие сигнал на исполнительный механизм (ТЭН). Температура измеряется с помощью термопары ТСМ 100. С помощью ТЭНа осуществляется нагрев загруженного субстрата до требуемой температуры (40-42 °С).

Также для равномерного нагрева субстрата и поддержания температуры в реакторе спроектирована система перемешивания субстрата с помощью мешалки так и при помощи циркуляции газа вырабатываемого в реакторе, работа циркуляционного насоса и двигателем мешалки управляет программируемое реле ПР114.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГАЗА

4.1 Свойства биогаза

Биогаз является ценным энергоносителем, а значит, что его можно применять с различными целями и с высокой эффективностью, в первую очередь для выработки электроэнергии, приготовления пищи, отопления и обогрева подачи горячей воды, для сушки, охлаждения и работы инфракрасных лучей. Теплота сгорания в зависимости от содержания метана пребывает в пределах 5-7 кВт*ч/м³ биогаза, в среднем около 6,0 кВт*ч/м

Биогаз имеет существенно более низкую, обусловленную объемом теплоту сгорания по сравнению с природным газом, пропаном и метаном, но в два раза выше, чем водород. При плотности 1,2 кг/м³ он несколько легче воздуха. Это очень важно, поскольку, поэтому вытекающий биогаз собирается не возле дна или в углублениях как тяжелый пропан. При вылетании вверх он быстро смешивается с воздухом, от чего уменьшается вероятность возгорания и взрыва. Но этот факт не должен быть причиной легкомысленного обращения с биогазом! Температура возгорания в 700 °С достаточно высока – это также является преимуществом с точки зрения безопасности эксплуатации. Максимальная скорость воспламенения в воздухе 0,25 м/с, тем самым биогаз демонстрирует очень хорошее поведение при пожаре. В силу присутствия балластного СО₂, биогаз имеет очень узкие пределы зажигания, а это значит, что он горит лишь, когда частица газа в смеси газ-воздух составляет 6-12%. По сравнению с этим пропан и водород имеют существенно более широкие пределы воспламенения, из чего вытекает гораздо более высокий риск опасности. Теоретическая потребность в воздухе для полного сгорания (стехиометрическое соотношение) пребывает в пределах 5,7 м³ воздуха на м³ биогаза. На практике, однако, требуется избыток воздуха в 20-30%, поскольку идеального смешивания газа и воздуха в горелке или двигателе достичь едва ли удастся.

Вопреки ожиданиям, биогаз не является легковоспламеняемым или взрывным. Биогаз сам по себе, как и другие горючие газы, не загорается, лишь в тех случаях, когда есть смесь из газа и воздуха в пределах воспламенения, иными словами, когда есть соответствующее соотношение из газа и воздуха. Когда пытались непосредственно в газгольдере с биогазом зажечь спичку, то она всегда сразу же гасла из-за отсутствия воздуха или даже вообще не загоралась, это исключает пожар или взрыв. Однако следует проявлять большую осторожность, когда биогаз вытекает через отверстие и может образоваться горючая смесь газ-воздух. Эта опасность с одной стороны состоит существует в закрытых помещениях, а с другой стороны в непосредственной близости от места вытекания, до тех пор, пока газ имеет достаточно времени чтобы смешаться с воздухом. Поэтому для проведения так называемой пробы на поджог биогаз можно выпускать из крана или шланга и поджигать его сразу же после вытекания. Опасности что пламя через шланг или кран попадет в газгольдер не существует, пока газ будет вытекать. Если посмотреть внимательнее, то можно увидеть, что светло голубое пламя начинается лишь за несколько сантиметров за отверстием вытекания, где может образовываться необходимая смесь газа с воздухом.

4.2 Использование биогаза

В первую очередь необходимо стремиться использовать содержащуюся в биогазе энергию настолько эффективно, насколько это возможно, а особенно его способность производить высокие температуры и энергию. Для превращения в тепло с низкой температурой, применять биогаз неэффективно, поскольку его можно получать и от коллектора солнечных батарей или от тепла работы двигателя. Исключительно с целью термоэффекта при помощи горелки Бунзена или паяльной горелки, то есть например приготовление пищи на биогазе или применение для инфракрасного излучателя в отделении для выращивания молодняка сельскохозяйственных животных в нашей стране едва практикуется – несмотря на полное сгорание с небольшим выбросом вредных веществ.

Приготовление пищи на биогазе получило распространение преимущественно в развивающихся странах (Китай, Индия, Непал и т.д), в первую очередь из-за возрастающего сокращения горючей древесины. При использовании для инфракрасных излучателей колебания в качестве газа приводили к постоянным угасаниям пламени и к техническим проблемам по причине коррозии вызванной сероводородом.

При отоплении биогазом различают отопительные котлы с атмосферными горелками небольшой мощности от 10 до 30 кВт, а также паяльные горелки для большей мощности. Отопительные котлы рассчитаны на работу одного буферного накопителя, дающего тепло для дома, ферментатора, промышленного водоснабжения и по возможности для сушки соломы и зерна. Дешевой альтернативой котлу является перколятор (газовая колонка), работающий на одной атмосферной горелке и применяемый в первую очередь для обогрева промышленного водоснабжения.

Производительность пребывает в пределах 5-30 кВт. Для всех обогревательных устройств обязательно устанавливать предохранители (предохранитель от возгорания, реле контроля пламени), которые бы предотвращали вытекание несожженного биогаза. Для применяемых сегодня преимущественно пленочных газгольдеров небольшого давления хоть и достаточно для работы самовсасывающих газовых и дизельных двигателей, но его недостаточно для котлов и перколяторов. В таких случаях требуется компрессор с регулятором давления. Для этого преимущественно используют кольцевые компрессоры с боковым каналом, которые работают тихо и с малым износом. Будь то насос с боковым каналом, центрифужный, ротационно-поршневой, винтовой или жидкостно-кольцевой, их применение будет зависеть от количества газа и его качества, а также от необходимой разницы в давлении. Согласно техническим нормам для защиты от взрывов, компрессоры для уплотнения газа должны быть либо газонепроницаемы или находиться в капсуле под давлением. Охлаждение при помощи биогаза Тепло требуется в первую очередь в зимний период. Чтобы использовать избыток

тепла также в летнее время, предлагаем использовать генераторы, вырабатывающие электроэнергию-тепло-холод. В них тепловая энергия в так называемых адсорбирующих установках трансформируется в холод и может потом применяться с целью охлаждения напр. в больших холодильных установках. К сожалению, только их коэффициент полезного действия очень мал. Такая форма использования почти не распространена.

Далее рассмотрим подачу в сети общего пользования. Подача биогаза в сети общественного пользования открывает для производства биогаза новые перспективы. Это бы позволило использовать газ там, где он фактически нужен. Таким образом, можно уменьшить большие потери из-за отсутствия использования избытка тепла двигателя и существенно улучшить общие показатели эффективности производства энергии. Директива ЕС создала правовые условия для открытости газотранспортных сетей общественного пользования для поступления в них биогаза и газа из биомассы. Однако, как и в случае с электроэнергией, существуют препятствия на национальном уровне, касающиеся транспортировки и потребления биогаза. Из этого следует, что биогаз должен содержать высокое количество метана и низкое количество сероводорода, чтобы приблизиться к характеристикам природного газа. Для этого необходимо проводить его очистку и сушку, также следует довести его до существующего в газосети давления. Первый шаг по очистке газа включает первичное фильтрование, после этого следует очистка от серы в отдельном устройстве, а третий шаг (если удаление углекислого газа происходит сухим способом) будет включать обезвоживание и в конце концов очистку от углекислого газа.

Для очистки от углекислого газа или обогащения метана в биогазе можно применить следующие методы:

1. Промывание под давлением;
2. Метод PSA (Pressure Swing Adsorption);
3. Метод разделения мембраной;
4. Разжижение газа.

Метод промывания под давлением базируется на разнице в растворимости углекислого газа и метана в воде. Углекислый газ под давлением всегда больше растворяется, чем метан и тем самым может быть отсепарирован. Это так называемое мокрое промывание газа является на сегодняшний день наиболее распространенным методом по очистке биогаза в Европе. Лишь в Швеции около 80% биогаза очищают при помощи этой технологии. При использовании метода переменного давления речь идет о «абсорбировании» или так называемом «сухом методе» отделения углекислого газа. Биогаз при помощи компрессора (около 8-10 бар) прессуют в адсорбирующий резервуар. В нем углекислый газ остается на активированном угле или сите (молекулярные сита на основе углерода) и таким образом отделяется. Еще одним вариантом является сепарация отдельных составляющих газа при помощи мембраны (метод разделения мембраной).

Разная пропускная способность материала мембраны позволяет сепарировать как углекислый газ и диоксид серы вместе, но также и выборочно отдельно. Если применять разжижение газа, этот метод еще называется сепарация биогаза при низких температурах, то используют разницу в температурах кипения для разных компонентов газа, чтобы разделить их как при дистилляции. Преимуществом разжижения газа является высокая степень очистки обогащенного газа. Этот метод был впервые испытан на биогазовой установке в Анкламе. Дополнительно для подачи в общественную систему газопроводов, в зависимости от каждого отдельного метода очистки, применяют также другие технические средства:

1. Подводящая линия для биогаза к линии газопровода общественного пользования;
2. Компрессорная установка;
3. Выверенный газомер;
4. Выверенный прибор измерения качества;

5. По возможности смесители газа, позволяющие напр. подмешивать высококалорийных газов (пропана, бутана).

Рентабельность очистки газа до качества природного газа оправдывает себя лишь при большом расходе топлива. Считается, что система очистки оправдывает себя для установок, производящих газа от 250 м³/час. До настоящего времени собрано мало практического опыта. В Австрии первая установка подает с 2005 г. очищенный газ в общественные газовые сети.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ

5.1 Электробезопасность

Электробезопасность - это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту человека от вредного и опасного воздействия на организм электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Для обеспечения максимальной защиты человека, работающего на оборудовании, от поражения электрическим током необходимо выполнение ряда правил в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования»:

- заземление и зануление металлических конструкций;
- применение безопасного напряжения;
- недоступность токоведущих частей;
- расчет изоляции проводов по высшему напряжению;
- цветная изоляция монтажных проводов;
- исключение произвольного включения элементов электрической схемы;
- применение индивидуальных средств защиты и др.

Электрическая изоляция — это слой диэлектрика или конструкция, выполненная из диэлектрика, которым покрывается поверхность токоведущих частей, или которыми токоведущие части отделяются друг от друга. Изоляция предотвращает протекание через нее токов благодаря большому сопротивлению. С целью обеспечения надежной работы изоляции осуществляются профилактические мероприятия.

Блокировкой называется автоматическое устройство, при помощи которого предотвращают неправильные, опасные для человека действия. Рабочими элементами блокировки могут быть механические устройства, защелки, фигурные вырезы (механическая блокировка), блок-контакты,

которые воздействуют на разрыв электрической цепи (электрическая блокировка), а также электромагнитные блокировки.

Малые напряжения. При работе с переносными электроинструментами, а также с ручными переносными светильниками при повреждении изоляции и при появлении напряжения на корпусе появляется опасность поражения током. В таких случаях применяются малые напряжения не выше 42 В. При напряжении до 42 В ток, который проходит через тело человека, безопасен. Малые напряжения применяют для питания местного освещения на станках, переносных светильниках, электроинструментах. Во время работы в особо опасных помещениях для питания переносных электрических светильников используют напряжение не выше 12 В. Источниками малого напряжения являются понижающие трансформаторы, аккумуляторы, преобразователи частот, батареи гальванических элементов. В нашем случае все напряжение, которое подается на лицевую сторону стенда, не превышает 24 В, что является безопасным для жизни человека, который занимается рабочей деятельностью за данным оборудованием.

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или с ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Назначение защитного заземления – устранение опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения на конструктивных частях электрооборудования, то есть при замыкании на корпус. Принцип действия защитного заземления – снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленного замыканием на корпус. Это достигается снижением потенциала заземленного оборудования, а также выравниванием потенциалов за счет поднимания потенциала основы, на которой стоит человек, к потенциалу, близкому по значению к потенциалу заземленного оборудования.

Область применения защитного заземления – сети с напряжением до 1000 В с любым режимом нейтрали.

Заземлитель – это совокупность объединенных проводников, которые находятся в контакте с землей или с ее эквивалентом. Различают заземлители искусственные, предназначенные исключительно для заземления, и естественные металлические предметы, которые находятся в земле.

В качестве искусственных заземлителей применяют вертикальные и горизонтальные электроды. В качестве вертикальных электродов используют стальные трубы диаметром 3-5 см и стальные уголки размером от 40x40 до 60x60 мм длиной 2,5-3 м. Можно также использовать стальной кругляк диаметром 10-12 мм. Для соединения вертикальных электродов используют ленточную сталь сечением не менее 4x12 мм и сталь круглого сечения диаметром не менее 6 мм. Для установки вертикальных заземлителей предварительно роют траншею глубиной 0,7-0,8 м, потом при помощи механизмов забивают трубы или уголки.

Защитное отключение – это быстродействующая защита, которая обеспечивает автоматическое отключение электроустановки при возникновении опасности поражения током.

Обеспечение безопасной эксплуатации электроустановок достигается путем обязательного выполнения всеми потребителями электроэнергии независимо от их ведомственной принадлежности, правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.

Работы в действующих электроустановках с учетом мероприятий безопасности разделяются на выполняемые: со снятием напряжения, без снятия напряжения на токоведущих частях и вблизи них, без снятия напряжения на удалении от токоведущих частей, которые находятся под напряжением. К работам, выполняемым со снятием напряжения, относят работы, которые выполняются в электроустановках, в которых со всех токоведущих частей снято напряжение и вход в помещение соседней электроустановки, которая находится под напряжением, закрыт. К работам,

выполняемым без снятия напряжения на токоведущих частях и вблизи них, относятся работы, которые проводятся непосредственно на этих частях.

Работой без снятия напряжения на удалении от токоведущих частей, которые находятся под напряжением, считается работа, при которой исключается случайное приближение работающих людей и используемого ими ремонтного оборудования и инструмента к токоведущим частям на расстояние меньше установленного и не требуется применение технических или организационных мероприятий (непрерывного надзора) для предотвращения такого приближения. При выполнении работ со снятием напряжения и без снятия напряжения на токоведущих частях и вблизи них должны выполняться организационные и технические мероприятия.

К организационным мероприятиям относятся:

- оформление работы по наряду-допуску, распоряжению или по перечню работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- допуск к работе;
- надзор во время работы;
- оформление перерыва во время работы;
- переводы на другое рабочее место.

К установке допускаются люди имеющие первую группу допуска.

В зависимости от категории помещения необходимо применять определенные защитные меры, обеспечивающие достаточную электробезопасность при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте. В помещениях с повышенной опасностью электроприборы, переносные светильники должны быть выполнены с двойной изоляцией или напряжение питания не должно превышать 42 В.

Во время работы оператору запрещается:

- касаться одновременно экрана монитора и клавиатуры; прикасаться к задней панели системного блока при включенном питании;
- переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;

- загромождать верхние панели устройств посторонними предметами;
- производить отключение питания во время выполнения активной задачи;
- производить частые переключения питания;
- допускать попадание влаги на поверхность системного блока, монитора, рабочую поверхность клавиатуры, дисковода, принтера и других устройств;
- производить самостоятельно вскрытие и ремонт оборудования.

Оператору запрещается приступать к работе при обнаружении любой неисправности оборудования до ее устранения. Средства защиты от статического электричества приведены в ГОСТ 12.4.124–83 «Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования»

Основные мероприятия, применяемые для защиты от статического электричества производственного происхождения, включают методы, исключающие или уменьшающие интенсивность генерации зарядов, и методы, устраняющие образующиеся заряды. Интенсивность генерации зарядов можно уменьшить соответствующим подбором пар трения или смешиванием материалов таким образом, что в результате трения один из смешанных материалов наводит заряд одного знака, а другой – другого. В настоящее время создан комбинированный материал из нейлона и дакрона, обеспечивающий защиту от статического электричества по этому принципу.

В соответствии с п.3.7 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

5.2 Чрезвычайные ситуации

Чрезвычайная ситуация (ЧС) — это обстановка, сложившаяся на определенной территории или акватории в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью

людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

В нашем случае в качестве ЧС рассматривается возникновение пожара.

Под пожаром обычно понимают неконтролируемый процесс горения, сопровождающийся уничтожением материальных ценностей и создающий опасность для жизни людей. Пожар может принимать различные формы, однако все они, в конечном счете, сводятся к химической реакции между горючими веществами и кислородом воздуха (или иным видом окислительных сред), возникающей при наличии инициатора горения или в условиях самовоспламенения.

Анализ пожарной опасности заключается в определении наличия горючих веществ и возможных источников зажигания, вероятных путей распространения пожара, необходимых средств технической и конструктивной защиты, а также систем сигнализации и пожаротушения, имеющих параметры инерционности срабатывания соответствующие динамике развития пожара на предприятии.

Противопожарные мероприятия предотвращения пожара разрабатываются исходя из требований об исключении источника зажигания и (или) горючего вещества из системы, приводящей к пожару. Если источник зажигания и горючее вещество не могут быть изолированы по условиям технологического процесса производства, объект обеспечивается надежной системой противопожарной защиты.

Мероприятия по предотвращению пожара:

1. предотвращение образования горючей среды;
2. предотвращение образования в горючей среде источников зажигания;
3. ограничение массы и объема горючих веществ;
4. мероприятия противопожарной защиты.
5. требования к путям эвакуации.

Эвакуация людей — вынужденный процесс движения людей из зоны, где имеется возможность воздействия на них опасных факторов пожара.

Эвакуационный выход — выход, ведущий в безопасную при пожаре зону.

Путь эвакуации — безопасный при эвакуации людей путь, ведущий к эвакуационному выходу.

Требования СНиП 2.01.02-85* «Противопожарные нормы»:

Эвакуационные пути должны обеспечить безопасную эвакуацию всех людей, находящихся в помещениях зданий, через эвакуационные выходы. Выходы наружу допускается предусматривать через тамбуры. Из зданий, с каждого этажа и из помещения следует предусматривать не менее двух эвакуационных выходов, за исключением случаев, указанных в СНиП части 2.

Ширина путей эвакуации составляет 2 м, дверей 1,2 м. Высота прохода на путях эвакуации 2,2 м. В общих коридорах отсутствуют встроенные шкафы, что соответствует требованиям СНиП 2.01.02-85* .

Высота дверей в свету на путях эвакуации составляет 2,2 м. Высота дверей и проходов, ведущих в помещения без постоянного пребывания в них людей (подвальные этажи) составляет 2м.

Наружные эвакуационные двери здания не имеют запоров, которые не могут быть открыты изнутри без ключа.

Двери лестничных клеток, ведущие в общие коридоры, также не имеют запоров, препятствующих их открыванию без ключа. Ширина марша лестницы составляет 1,8 м. Ширина лестничных площадок также составляет 1,8 м. Световые проемы лестничных клеток имеют открывающиеся фрамугу площадью 1,4м. Такие фрамуги находятся на каждом этаже.

5.3 Безопасность рабочего места

Так же немаловажным является организация рабочего места пользователя ПЭВМ. Необходимо обеспечить соответствие конструкции всех элементов рабочего места и их взаимного расположения эргономическим

требованиям с учетом характера выполняемой пользователем деятельности, комплексности технических средств, форм организации труда и основного рабочего положения пользователя.

Расстояния между рабочими столами с видеомониторами должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов не менее 1,2 м.

Конструкция рабочего стула должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития усталости.

Для снижения нагрузки на глаза, дисплей должен быть расположен так, что его верхний край находится на уровне глаз на расстоянии около 50 см, что укладывается в допустимые рамки от 60-70 см. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 10-30 см от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

Рабочие кресла имеют регулируемую высоту и угол наклона спинки. Правильная посадка при работе с компьютером показана на рисунке 22.

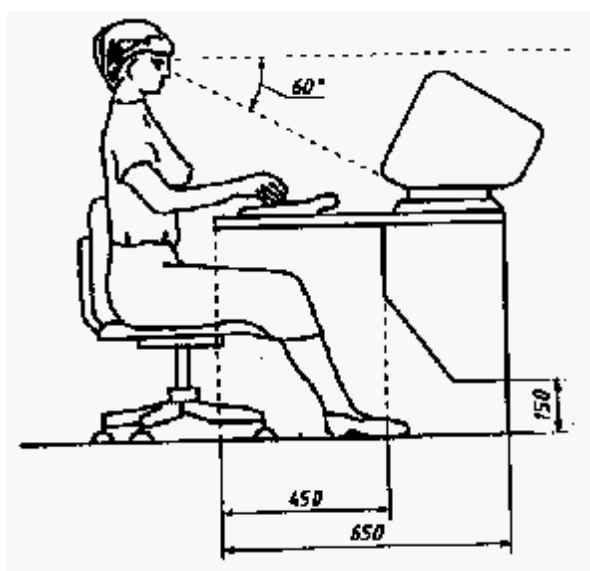


Рисунок 26 – Правильная посадка при работе с компьютером

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте решалась задача механизации и автоматизации лабораторной биогазовой установки циклического действия.

Для решения поставленной задачи был спроектирован ферментатор, для него было подобрано все оборудование для нашей задачи и климатических условий. Разработана принципиальная электрическая схема.

Таким образом, была разработана лабораторная биогазовая установка циклического действия.

Проектирование электронно-управляемого биогазового устройства для систем газового снабжения позволило сделать следующие выводы:

1. При выполнении выпускной квалификационной работы приведены общие сведения о биогазовых устройствах для систем газового снабжения. Проведен обзор конструкций существующих биогазовых установок.

2. Проанализированы преимущества и недостатки биогазовых устройств для систем газового снабжения.

3. Произведён расчет конструктивно-технологических параметров биогазовых устройств.

4. Изучены режимы работы биогазовых устройств.

5. Выбор и проектирование электронно-управляемой биогазовой установки было выполнено из анализа существующих видов и расчёта показателей и энергетической эффективности биогазовых установок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. VoigasPraxis. BarbaraEder. HeinzSchulz.2006.переводнарус. “Биогазовые установки. Практическое пособие”
2. В.Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер. Биогаз. Теория и практика.
3. Юкельсон И.И. Технология основного органического синтеза И.И. Юкельсон.
4. Манаков М.Н. Теоретические основы технологии микробиологических производств.
5. Агрохимия. - 2-е изд., под ред. Смирнов П.М., Муравин Э.А.
6. Егорова Т.А. Основы биотехнологии: Учебное пособие.
7. Вассер С.Р., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Органические удобрения.
8. Безруких П.П., Стребков Д.С. Состояние, перспективы и проблемы развития возобновляемых источников энергии // Малая энергетика, 2005, №1-2 (2-3).
9. Альтернативная энергетика. Биогаз. // <http://mediana.nm.ru/biogaz.htm>
10. Мариненко Е.Е. Основы получения и использования биотоплива для решения вопросов энергосбережения и охраны окружающей среды в жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве: Учебное пособие. – Волгоград: ВолгГАСА, 2003. - 100 с.
11. Стребков Д.С., Ковалев А.А. Биогазовые установки для обработки отходов животноводства. // Техника и оборудование для села – 2006. - №11. – С.28-30
12. Биоэнергетика: мировой опыт и прогноз развития Научный аналитический обзор. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. - 204 с.
13. Чернышев А.А., Ковалёв Д.А. Линия по производству (удобрений из навоза. Каталог «Энергосбережение»,2003
14. Биогазовые установки: Основы биогазовой технологии. // http://zorgbiogas.ru/biblioteka/biogaz_book/osnovy-biogazovoj-tehnologii.

15. Борисова С., Темнова Е., Трошкова А., Щеклеин С.Е. Возможности гидроэнергетического потенциала Свердловской области для развития малой гидроэнергетики региона. Энерго - и ресурсосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Изд. УГТУ, 2001.
16. Установки по получению биогаза из биоотходов. // <http://www.aditi.su/bio.htm>.
17. Зингер Н.М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем. М.: Энергоатомиздат, 1986.
18. Михеев М. А. Основы теплопередачи. М.: Энергия 1977 г.
19. Богословский В. Н. Отопление: Учеб.для вузов.- М.: Стройиздат 1991г.
20. Николаев А. А. Справочник проектировщика М.: Стройиздат 1965 г.
21. Веревкин С.И., Корчагин В.А. Газгольдеры, М.: Издательство литературы по строительству, 1966

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Техническое задание

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1) Настоящее ТЗ распространяется на разработку Экспериментальной биогазовой установки и системы управления.

2) Заказчик: ФГБОУ ВПО Амурский государственный университет (АмГУ)

Исполнитель: Коженков А. И., Гусенков В. С.

3) Система разрабатывается на основании следующих документов:

-ФГОС направления подготовки бакалавров 15.03.04 АТПиП

-Учебный план направления подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизации технологических процессов и производств

4.) Плановый срок начала работ по созданию экспериментальной биогазовой установки и системы управления 15 августа 2015 года.

Плановый срок окончания работ по созданию экспериментальной биогазовой установки и системы управления 14 июня 2016 г.

2 НАЗНАЧЕНИЕ И ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ

2.1 Экспериментальная биогазовая установка и система управления предназначена для:

-для проведения экспериментов (отладки производственного процесса);

-для выработки био-удобрения (в виде побочного продукта);

-для выработки биогаза (с целью использования его в дальнейшем).

2.2 Цели создания системы.

- Разработка прототипа для последующего воплощения в промышленных масштабах

- Получение навыков построения систем управления данного класса;

- Совершенствование лабораторной базы кафедры.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

3.1 Состав технологического оборудования

Объектом автоматизации является герметичный резервуар для био-топлива в него также установлено термосопротивление для измерения температуры био-топлива, а также ТЭН для поддержания необходимой температуры. Для контроля процесса производства биогаза применен измеритель-регулятор ТРМ-201, к которому подключается ЛАТР (для контролирования мощности ТЭНа) и преобразователь АС-4 который в свою очередь подключен к ПК на котором ведется учет и архивация данных снятых с ТРМ-201 и термосопротивления.

3.2 Характеристика био-топлива

Давление испытания – 1 МПа.

Объем метантенка биогазовой установки, необходимый для сбраживания навоза, полученного от одного животного (температура сбраживания +37⁰С)

Вид животных	Необходимый объем метантенка, м ³	
	Низкая эффективность сбраживания	Высокая эффективность сбраживания
КРС		
Телята до 1-го года	0,75	0,45
Телята молодняк от 1 до 2 лет	1,75	1,05
Телки старше 2-х лет, быки на откорме, коровы	2,5	1,5
Волы, племенные* быки	3	1,8
Свиньи		
Поросята до 12 кг	0,03	0,02
Поросята от 12 кг до 20 кг	0,05	0,03
Поросята от 20 кг до 45 кг	0,15	0,09
Свиньи молодняк от 45 до 60 кг (свиньи на откорме)	0,4	0,24
Племенные* свиньи более 90 кг	0,83	0,5
Овцы		
Овцы до 1 года (ягнята)	0,13	0,08
Овцы старше 1 года	0,25	0,15
Лошади		
Жеребята и лошади до 3 лет	1,75	1,05

4 ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ

4.1 Требования к системе в целом

Согласно стандарту, работа биогазовой установки должна быть организована так, чтобы выполнялись требования охраны окружающей среды и здоровья персонала. Сырье для установок – отходы животноводства и растениеводства, осадки сточных и промышленных вод – не должны загрязнять водные ресурсы. Следует исключить хранение отходов под открытым небом, уменьшая тем самым выбросы в атмосферу метана (парниковый газ) и загрязнение воздуха азотистыми соединениями, имеющими неприятный запах.

Необходимо соблюдать предохранительные меры для предотвращения заражения обслуживающего персонала биогазовых комплексов патогенной микрофлорой, содержащейся в осадках сточных вод и отходах сельскохозяйственного производства.

Также биогазовая установка должна соответствовать нормативным документам, а именно: ГОСТ Р 53790-2010 - Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Общие технические требования к биогазовым установкам

4.1.1. Требования к структуре и функционированию системы

1) требования к способам и средствам связи для информационного обмена между компонентами системы;

Для информационного обмена между ТРМ-201 и ПК используется цифровой интерфейс RS – 485

2) требования к режимам функционирования системы;

Для АС определены следующие режимы функционирования:

- Нормальный режим функционирования;
- Аварийный режим функционирования.

Основным режимом функционирования АС является нормальный режим.

В нормальном режиме функционирования системы:

- программное обеспечение и технические средства системы обеспечивают возможность функционирования в течении всего периода эксплуатации.

- исправно работает оборудование, составляющее комплекс технических средств;

- исправно функционирует системное, базовое и прикладное программное обеспечение системы.

Для обеспечения нормального режима функционирования системы необходимо выполнять требования и выдерживать условия эксплуатации программного обеспечения и комплекса технических средств системы, указанные в соответствующих технических документах.

Аварийный режим функционирования системы характеризуется отказом одного или нескольких компонент программного или технического обеспечения.

В случае перехода системы в аварийный режим необходимо:

- сообщить об аварии, подачей звукового сигнала.

После этого необходимо выполнить комплекс мероприятий по устранению причины перехода системы в аварийный режим.

3) Требования по диагностированию системы;

АС должна предоставлять инструменты диагностирования основных процессов системы мониторинга процесса выполнения программы. Компоненты должны предоставлять удобный интерфейс для возможности просмотра диагностических событий, мониторинга процесса выполнения программ. При возникновении аварийных ситуаций, либо ошибок в программном обеспечении, диагностические инструменты должны позволять сохранять полный набор информации, необходимой разработчику для идентификации проблемы (снимки экранов, текущее состояние памяти, файловой системы).

4) перспективы развития, модернизации системы.

АС должна реализовывать возможность дальнейшей модернизации как программного обеспечения, так комплекса технических средств, таких как ускорения цикла производства биогаза и более экономичного производства отходов.

Также необходимо предусмотреть возможность увеличения производительности системы путем её масштабирования.

4.1.2 Требования к численности и квалификации персонала системы

Для плановой диагностики АС требуется один человек.

4.1.3 Требования к надежности

Система должна сохранять работоспособность и обеспечивать восстановление своих функций при возникновении следующих внештатных ситуаций:

- при сбоях в системе электроснабжения аппаратной части;
- при ошибках в работе аппаратных средств;
- при ошибках, связанных с программным обеспечением.

4.1.4 Требования к безопасности

Факторы, оказывающие вредные воздействия на здоровье со стороны всех элементов системы не должны превышать действующих норм (СанПиН 2.2.2./2.4.1340-03 от 03.06.2003 г.).

Все внешние элементы технических средств системы, находящиеся под напряжением, должны иметь защиту от случайного прикосновения, а сами технические средства иметь защитное заземление в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 и ПУЭ.

Система электропитания должна обеспечивать защитное отключение при перегрузках и коротких замыканиях в цепях нагрузки, а также аварийное ручное отключение.

Общие требования пожарной безопасности должны соответствовать нормам на бытовое электрооборудование. В случае возгорания не должно выделяться ядовитых газов и дымов. После снятия электропитания должно быть допустимо применение любых средств пожаротушения.

4.1.5 Требования к эргономике и технической эстетике

Взаимодействие пользователей с прикладным программным обеспечением, входящим в состав системы должно осуществляться посредством визуального графического интерфейса. Интерфейс системы должен быть понятным и удобным, не должен быть перегружен графическими элементами и должен обеспечивать быстрое отображение экранных форм. Навигационные элементы должны быть выполнены в удобной для пользователя форме. Средства редактирования информации должны удовлетворять принятым соглашениям в части использования функциональных клавиш, режимов работы, поиска, использования оконной системы. Ввод-вывод данных системы, прием управляющих команд и отображение результатов их исполнения должны выполняться в интерактивном режиме. Интерфейс должен соответствовать современным эргономическим требованиям и обеспечивать удобный доступ к основным функциям и операциям системы.

Все надписи экранных форм, а также сообщения, выдаваемые пользователю должны быть на русском языке.

Система должна обеспечивать корректную обработку аварийных ситуаций (либо блокировку), вызванных неверными действиями пользователей, неверным форматом или недопустимыми значениями входных данных. В указанных случаях система должна выдавать пользователю соответствующие сообщения. На экран визуализации должны отображаться:

- температура установленная в ТРМ-201 (уставка);
- реальная температура биомассы в резервуаре;
- график включения подогрева в резервуаре;
- органы управления (включение и отключение установки)

4.1.6 Требования к эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению компонентов системы

Для нормальной эксплуатации разрабатываемой системы должно быть обеспечено бесперебойное питание. При эксплуатации система должна быть обеспечена соответствующая стандартам хранения и эксплуатации. Периодическое техническое обслуживание используемых технических средств должно проводиться в соответствии с требованиями технической документации изготовителей, но не реже одного раза в год.

В процессе проведения периодического технического обслуживания должны проводиться внешний и внутренний осмотр и чистка технических средств, обеззараживание резервуаров, проверка контактных соединений, проверка параметров настроек работоспособности технических средств и тестирование их взаимодействия. На основании результатов тестирования технических средств должны проводиться анализ причин возникновения обнаруженных дефектов и приниматься меры по их ликвидации.

Восстановление работоспособности технических средств должно проводиться в соответствии с инструкциями разработчика и поставщика технических средств и документами по восстановлению работоспособности технических средств и завершаться проведением их тестирования. Размещение оборудования, технических средств должно соответствовать требованиям техники безопасности, санитарным нормам и требованиям пожарной безопасности.

Все пользователи системы должны соблюдать правила эксплуатации электронной вычислительной техники.

4.1.7 Требования по сохранности информации при авариях

Программное обеспечение АС должно восстанавливать свое функционирование при корректном перезапуске аппаратных средств.

4.1.8 Требования к защите от влияния внешних воздействий

Защита от влияния внешних воздействий должна обеспечиваться средствами программно - технического комплекса.

4.1.9 Требования к патентной чистоте

Установка системы в целом, как и установка отдельных частей системы не должна предъявлять дополнительных требований к покупке лицензий на программное обеспечение сторонних производителей.

4.1.10 Дополнительные требования

Дополнительные требования не предъявляются.

4.2 Требования к видам обеспечения

4.2.1 Требования к математическому обеспечению системы

Математические методы и алгоритмы, а также программное обеспечение, используемые при разработке АС должны быть максимально оптимизированными и понятными для разработчиков.

4.2.2 Требования к информационному обеспечению системы

Состав, структура и способы организации данных в системе должны быть определены на этапе технического проектирования.

Технические средства, обеспечивающие хранение информации, должны использовать современные технологии, позволяющие обеспечить повышенную надежность хранения данных и оперативную замену оборудования.

4.2.3 Требования к лингвистическому обеспечению системы

Все прикладное программное обеспечение системы для организации взаимодействия с пользователем должно использовать русский язык.

4.2.4 Требования к программному обеспечению системы

При проектировании и разработке системы необходимо максимально эффективным образом использовать программное обеспечение.

4.2.5 Требования к техническому обеспечению

Техническое обеспечение системы должно максимально и наиболее эффективным образом использовать существующие технические средства.

4.2.6 Требования к метрологическому обеспечению

Разрабатываемая АС должна обеспечивать следующие требования: поддержание необходимой температуры сбраживания био-топлива 38⁰С, а также поддержание консистенции внутри реервуара.

4.2.7 Требования к организационному обеспечению

Организационное обеспечение системы должно быть достаточным для эффективного выполнения возложенных на него обязанностей при осуществлении автоматизированных и связанных с ними неавтоматизированных функций системы.

5 СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ

Перечень документов, по ГОСТ 34.201-89, предъявляемых по окончании соответствующих стадий и этапов работ:

Этап	Содержание работ	Результаты работ
1	Разработка технического обеспечения	Создание чертежа общего вида, принципиальной схемы и схемы автоматизации
2	Разработка ПО	Описание алгоритма, программного обеспечения, написание руководства пользователя, составление перечня входных сигналов и данных
3	Определение потребностей в материалах и оборудовании	Составление ведомости оборудования и материалов и локальный сметный расчет

6 ПОРЯДОК КОНТРОЛЯ И ПРИЕМКИ СИСТЕМЫ

6.1 Виды, состав, объем и методы испытаний системы

Виды, состав, объем, и методы испытаний системы должны быть изложены в программе и методике испытаний АС, разрабатываемой в составе рабочей документации.

6.2 Общие требования к приемке работ по стадиям

Все создаваемые в рамках настоящей работы программные изделия передаются заказчику, как в виде готовых модулей, так и в виде исходных

кодов, представляемых в электронной форме на стандартном машинном носителе.

6.3 Статус приемочной комиссии

Статус приемочной комиссии определяется заказчиком до проведения испытаний.

7 ТРЕБОВАНИЯ К СОСТАВУ И СОДЕРЖАНИЮ РАБОТ ПО ПОДГОТОВКЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ К ВВОДУ СИСТЕМЫ В ДЕЙСТВИЕ

В ходе выполнения проекта на объекте автоматизации требуется выполнить работы по подготовке к вводу системы в действие. При подготовке к вводу в эксплуатацию АС заказчик должен обеспечить выполнение следующих работ:

- Обеспечить соответствие помещений и рабочих мест пользователей системы в соответствии с требованиями;
- Обеспечить выполнение требований, предъявляемых к программно-техническим средствам, на которых должно быть развернуто программное обеспечение АС;
- Совместно с исполнителем подготовить план развертывания системы на технических средствах заказчика;
- Провести опытную эксплуатацию АС.

Требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу системы в действие, включая перечень основных мероприятий и их исполнителей должны быть уточнены на стадии подготовки рабочей документации и по результатам опытной эксплуатации.

8 ТРЕБОВАНИЯ К ДОКУМЕНТИРОВАНИЮ

Состав документов АС включает:

-Техническая часть:

1.) Чертеж общего вида

2.) Схема автоматизации

3.) Схема принципиальная

-Программная часть:

1.) Перечень входных сигналов и данных

2.) Описание алгоритма

3.) Описание программного обеспечения

4.) Руководство пользователя

-Экономическая часть:

1.) Ведомость оборудования и материалов

2.) Локальный сметный расчет

9 ИСТОЧНИКИ РАЗРАБОТКИ

Учебники, учебные пособия, и другие материалы:

- Руководство по эксплуатации ТРМ-201;

- ГОСТ 34.201-89 Виды, комплектность, обозначения документов при создании АС.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Тепловой расчет ферментатора

Для того чтобы регулировать температуру в ферментаторе, необходимо получить уравнение теплового баланса, далее получить коэффициенты теплоотдачи, теплоемкость воздуха, необходимые в динамической модели. Из статической модели будет рассчитана необходимая мощность подогревателя.

Уравнение теплового баланса:

$$\frac{dQ_B}{d\tau} = \frac{dQ_\Sigma}{d\tau} - \frac{dQ_T}{d\tau} \quad (1)$$

где $\frac{dQ_B}{d\tau}$ - приращение количества теплоты воздуха в единицу времени,

$\frac{dQ_\Sigma}{d\tau}$ - приращение количества теплоты, выделяемое подогревателем и субстратом в единицу времени,

$\frac{dQ_T}{d\tau}$ - приращение количества теплоты, отдаваемое ферментатором в окружающую среду в единицу времени.

Приращение количества теплоты, выделяемое подогревателем и субстратом в единицу времени обозначим как P_Σ , тогда уравнение (1) выглядит так:

$$\frac{dQ_B}{d\tau} = P_\Sigma - \frac{dQ_T}{d\tau} \quad (2)$$

Далее, по формуле Ньютона:

$$dQ_B = C_\Sigma \cdot dT \quad (3)$$

Тогда уравнение (2) примет вид:

$$\frac{C_\Sigma \cdot dT}{d\tau} = P_\Sigma - \frac{dQ_T}{d\tau} \quad (4)$$

В статической модели температура воздуха не меняется, $dT=0$, поэтому можно записать:

$$0 = P_{\Sigma} - \frac{dQ_T}{d\tau} \quad (5)$$

где $q_T = \frac{dQ_T}{d\tau}$ - мощность теплопередачи через ограждение ферментатора.

Статическая модель ферментатора:

Рассмотрим уравнение (5) подробнее:

$$P_p = q_T - q_k \quad (6)$$

где q_k - мощность теплоотдачи субстрата,

P_p - мощность подогревателя.

Из этого уравнения и будет рассчитана необходимая мощность ТЭНа.

Определение количества тепла, отданное ферментатором:

Полная теплопроводность здания рассчитывается:

$$q_T = q_{ст} + q_{п} + q_{пол} \quad (7)$$

где $q_{ст}$ - мощность теплоотдачи боковых стен,

$q_{п}$ - мощность теплоотдачи потолка,

$q_{пол}$ - мощность теплоотдачи пола.

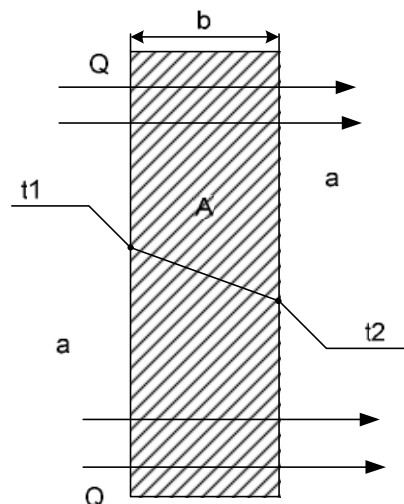


Рисунок 1 – Теплопроводность через стену

Уравнение теплопроводности при конвективном теплообмене:

$$q = k \cdot (t_B - t_H) \cdot F \quad (8)$$

где $t_B = 45 \text{ } ^\circ\text{C}$ - температура внутри ферментатора,

$t_H = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$ - температура снаружи,

F - площадь поверхности теплообмена.

$$F = 4 \cdot L \cdot H + 2 \cdot W \cdot H = 4 \cdot 0.8 \cdot 1.21 + 2 \cdot 0.8 \cdot 0.8 = 5.152 \text{ м}^2 \quad (9)$$

k - коэффициент теплопередачи, определяющийся как [17, с. 33]:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_H} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B}} \quad (10)$$

где α_H - коэффициент теплоотдачи наружной стены с наружным воздухом,

α_B - коэффициент теплоотдачи внутренней стены с водой ферментатора,

δ_i - толщина i -ого слоя стены,

λ_i - коэффициент теплопроводности i -ого слоя стены.

Термическое сопротивление стены:

$$R = \frac{1}{k} \quad (11)$$

Расчет теплопроводности для боковых стен:

Стены сделаны из листовой стали $\lambda_i = 58,1 \text{ Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$ [12, с. 291] и толщиной $\delta = 0,003 \text{ м}$.

Коэффициент теплоотдачи наружной стены с воздухом находится как:

$$\alpha_H = \alpha_{HL} + \alpha_{HK} \quad (12)$$

где α_{HL} - коэффициент теплоотдачи излучением наружной стены с наружным воздухом,

α_{HK} - коэффициент теплоотдачи конвекцией наружной стены с наружным воздухом.

По формуле Франка, α_{HB} рассчитывается как [17, с. 38]:

$$\alpha_{HK} = 6,31 \cdot v^{0,656} + 3,25 \cdot e^{-1,91 \cdot v} \quad (13)$$

где $e = 2,718$ - основание натуральных логарифмов,

$v = 0,2$ м/с - средняя скорость ветра в помещении

$$\alpha_{HB} = 6,31 \cdot 0,2^{0,656} + 3,25 \cdot 2,718^{-1,91 \cdot 0,2} = 4,41 \text{ ккал} / \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{K} = 5,13 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{K}$$

Коэффициент теплоотдачи рассчитывается как:

$$\alpha_{HI} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0}} \cdot \frac{\left[\frac{\tau_H' + 273}{100}\right]^4 - \left[\frac{t_H + 273}{100}\right]^4}{\tau_H' - t_H} \quad (14)$$

где C_1 и C_2 - коэффициент излучения поверхности,

$C_0 = 4,96$ - коэффициент излучения абсолютно черного тела [15, с. 301],

τ_H' - температура наружной поверхности ограждения,

t_H - температура наружного воздуха [15, с. 301].

Задаемся температурой наружной поверхности на 10% ниже температуры наружного воздуха [17, с.39]:

$$\tau_H' = t_H - \frac{t_H - 257K}{10} \quad (15)$$

$$t_H = 288 K$$

$$\tau_H' = 284 K$$

Коэффициент излучения окружающей среды принимается равным коэффициенту излучения абсолютно чёрного тела $C_2 = 4,96$.

Коэффициент излучения для стали равен $C_1 = 3,4$ [17, с.301]. Тогда коэффициент теплоотдачи равен (14):

$$\alpha_{HI} = \frac{1}{\frac{1}{3,4} + \frac{1}{4,96} - \frac{1}{4,96}} \cdot \frac{\left[\frac{284}{100}\right]^4 - \left[\frac{288}{100}\right]^4}{284 - 288} = 3,23 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{K}$$

Коэффициент теплоотдачи наружной стены с воздухом (12):

$$\alpha_H = 3.23 + 5.13 = 8.36 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

Теперь необходимо рассчитать коэффициент теплоотдачи внутренней стены с воздухом. Коэффициент находится как [17, с. 30]:

$$\alpha_B = \alpha_{БЛ} + \alpha_{БК} \quad (16)$$

Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{БК}$, рассчитаем по формуле предложенной В.Н. Богословским:

$$\alpha_{БК} = 1,43 \cdot \sqrt[3]{(t_B - \tau_B')} \quad (17)$$

Предварительно задаёмся температурой внутренней поверхности стены незначительно ниже температуры субстрата в ферментаторе:

$$\tau_B' = t_B - \frac{t_B - 257 \text{ К}}{2} \quad (18)$$

$$t_B = 318 \text{ К}$$

$$\tau_B' = 287.5 \text{ К}$$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией равен (17):

$$\alpha_{БК} = 1,43 \cdot \sqrt[3]{318 - 287.5} = 4.47 \text{ ккал} / \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{К} = 5.2 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

Температура субстрата принимается равной температуре воздуха $t_B = t_K$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией равен (14):

$$\alpha_{БЛ} = \frac{1}{\frac{1}{3,4} - \frac{1}{4,96}} \cdot \frac{[\frac{318}{100}]^4 - [\frac{287.5}{100}]^4}{318 - 287.5} = 0.1 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

Коэффициент внутренней теплоотдачи равен (16):

$$\alpha_B = 0.1 + 5.2 = 5.3 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

Коэффициент теплопередачи стен равен (10):

$$k_{СТ} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_H} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B}} = \frac{1}{\frac{1}{3.23} + \frac{0,003}{58.1} + \frac{1}{5.3}} = 2.04 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

Полное сопротивление боковых стен (11):

$$R_{CT} = \frac{1}{2.08} = 0,49 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Температура наружной поверхности стены зависит от солнечной радиации, [17, с. 134]:

$$t_{HЭ} = t_H + \frac{p \cdot Q_{рад}}{\alpha_H} \quad (19)$$

где $Q_{рад}$ - количество солнечной радиации, падающей на поверхность,

α_H - коэффициент теплоотдачи наружной стены,

p - коэффициент поглощения тепла солнечной радиации.

Количество солнечной радиации, падающей на поверхность, определяется из таблицы [17, с.131] в зависимости от географической широты расположения овощехранилища (для Амурской области эта величина в среднем 50 градусов):

$$Q_{рад} = Q_{Юг} + Q_{Горизонт} + Q_{Восток} + Q_{Запад} \quad (20)$$

Так как ферментатор будет всегда находиться в помещении, тогда примем:

$$Q_{рад} = 0 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

Коэффициент поглощения тепла солнечной радиации, определяется из таблицы [17, с.131], материал – стены бетонные неокрашенные $p = 0,65$.

По формуле (19) получим:

$$t_{HЭ} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

Теплоотдача боковых стен по формуле (9)

$$q_{CT} = k_{CT} \cdot (t_B - t_{HЭ}) \cdot F_{CT} = 2.08 \cdot (45 - 15) \cdot 3.872 = 241.61 \text{ Вт}$$

Расчет теплопроводности для потолка:

Потолок сделан из стали $\lambda_1 = 58.1 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$ и толщиной $\delta = 0,003 \text{ м}$

$$F_{II} = L \cdot W = 0.8 \cdot 0.8 = 0.64 \text{ м}^2 \quad (21)$$

Сопротивление теплоотдачи потолка:

$$R_{HI} = \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8.36} = 0,12 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} \quad (22)$$

Сопротивления тепловосприятия потолка:

$$R_{BI} = \frac{1}{1,3 \cdot \alpha_{BK} + \alpha_{BI}} = \frac{1}{1,3 \cdot 5.2 + 0.35} = 0,14 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} \quad (23)$$

Термическое сопротивление потолка:

$$R_{TI} = \frac{\delta_{ПОЛ}}{\lambda_{ПОЛ}} = \frac{0,003}{58.1} = 0,0000516 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} \quad (24)$$

Общее сопротивление теплопередачи и коэффициент теплопередачи потолка:

$$R_{II} = R_{HI} + R_{TI} + R_{BI} = 0,12 + 0,14 + 0,0000516 = 0,26 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} \quad (25)$$

Коэффициент теплопередачи потолка равен (11):

$$k_{II} = \frac{1}{R_{II}} = \frac{1}{0,26} = 3.85 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

Теплоотдача потолка по формуле (9):

$$q_{II} = k_{II} \cdot (t_B - t_{HЭ}) \cdot F_{II} = 3.85 \cdot (45 - 15) \cdot 0.64 = 73.92 \text{ Вт}$$

Расчет теплопроводности для пола:

Пол сделан из листовой стали $\lambda_1 = 58.1 \text{ Вт} / \text{м} \cdot ^\circ\text{С}$ и толщиной $\delta_1 = 0.003 \text{ м}$

$$F_{ПОЛ} = L \cdot W = 0.8 \cdot 0.8 = 0.64 \text{ м}^2$$

Предварительно задаёмся температурой пола незначительно ниже температуры воздуха в помещении:

$$\tau_{ПОЛ} = t_B - \frac{t_B - 273\text{К}}{2} \quad (26)$$

$$t_B = 318 \text{ К}$$

$$\tau_{ПОЛ} = 313 \text{ К}$$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией равен (17):

$$\alpha_{ПОЛ,К} = 1,43 \cdot \sqrt[3]{318 - 313} = 2.45 \text{ ккал} / \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{К} = 2,85 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

Сопротивление теплоотдачи пола (22):

$$R_{в.пол} = \frac{1}{\alpha_{пол.к}} = \frac{1}{2,85} = 0,35 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Термическое сопротивление пола (24):

$$R_{т.пол} = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,003}{58,1} = 0,0000516 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Общее сопротивление теплопередачи и коэффициент теплопередачи пола (25):

$$R_{о.пол} = R_{в.пол} + R_{т.пол} = 0,35 + 0,0000516 = 0,35 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Коэффициент теплопередачи пола равен (11):

$$k_{о.пол} = \frac{1}{R_{о.пол}} = \frac{1}{0,35} = 2,86 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

Температуру грунта примем:

$$t_{г} = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Теплоотдача пола по формуле (9):

$$q_{пол} = k_{о.пол} \cdot (\tau_{пол} - t_{г}) \cdot F_{пол} = 2,86 \cdot (40 - 5) \cdot 0,64 = 64 \text{ Вт}$$

Полная теплопроводность здания (7):

$$q_{т} = q_{ст} + q_{п} + q_{пол} = 241,61 + 73,92 + 64 = 379,53 \text{ Вт}$$

Теплоотдача стен и потолка здания:

$$k_{с} = k_{ст} \cdot F_{ст} + k_{п} \cdot F_{п} = 2,08 \cdot 3,872 + 3,85 \cdot 0,64 + 2,86 \cdot 0,64 = 12,37 \text{ Вт} / \text{К} \quad (27)$$

Из уравнения (6) для выбора воздушного калорифера, получаем следующую мощность:

$$P_{р} = q_{т} - q_{к} = 379,53 - 0 = 379,53 \text{ Вт}$$

Динамическая модель ферметатора:

Из уравнения (4), подставляя $\frac{dQ_{т}}{d\tau} = k_{с} \cdot (T_{в}(t) - T_{а}(t))$ и расписывая

$P_{\Sigma} = P_{р} + q_{к}$. Дифференциальное уравнение овощехранилища примет вид:

$$C_{в} \cdot \frac{d}{dt} \cdot T_{в}(t) + k_{с} \cdot (T_{в}(t) - T_{а}(t)) = P_{р} \quad (29)$$

где C_B - теплоемкость воды в ферментаторе;
 $T_B = 45 \text{ } ^\circ\text{C}$ - температура воды в ферментаторе;
 k_C - коэффициент теплоотдачи здания;
 $T_A = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ - температура воздуха снаружи;
 $P_p = 500 \text{ Вт}$ - мощность подогревателя;

Необходимо рассчитать недостающие коэффициенты.

Предварительно зададимся температурой картофеля на один градус ниже температуры воздуха:

$$t_K = 317.15 \text{ К}$$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией равен (17):

$$\alpha_{KK} = 1,43 \cdot \sqrt[3]{318 - 317} = 1,43 \text{ ккал} / \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{К} = 1,663 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

Температура картофеля принимается равной температуре воздуха

$$t_B = t_K$$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией равен (14):

$$\alpha_{KI} = \frac{1}{\frac{1}{3,4} - \frac{1}{4,96}} \cdot \frac{\left[\frac{318}{100}\right]^4 - \left[\frac{317}{100}\right]^4}{318 - 317} = 1,3913 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

Коэффициент внутренней теплоотдачи равен (12):

$$\alpha_K = 1,663 + 1,3913 = 3,054 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

Расчет теплоемкости здания:

Теплоемкость здания равна теплоемкости воды:

$$C_{зд} = C_B \tag{31}$$

Теплоемкость рассчитывается как [15, с. 68]:

$$C = c \cdot \rho \cdot V \tag{32}$$

Теплоемкость воды:

$$c_B = 4,180 \text{ кДж} / \text{кг} \cdot \text{К} - \text{массовая теплоемкость [15, с.301],}$$

$\rho_B = 1000 \text{ кг} / \text{м}^3$ - плотность воды [15, с. 301].

$$V_B = V \quad (33)$$

Объем находится как:

$$V = L \cdot W \cdot H \quad (34)$$

Размеры здания:

$L = 0,8 \text{ м}$ - длина здания,

$W = 0,8 \text{ м}$ - ширина здания,

$H = 1,210 \text{ м}$ - высота здания.

Полный объем здания равен по формуле (34):

$$V = L \cdot W \cdot H = 0.8 \cdot 0.8 \cdot 1.21 = 0.77 \text{ м}^3$$

По формуле (33) объем воды равен:

$$V_B = 0.77 \text{ м}^3$$

Тогда теплоемкость воды по формуле (32):

$$C_B = 4.180 \cdot 1000 \cdot 0.77 = 3218,6 \text{ КДж} / \text{К}$$

Полная теплоемкость ферментатора по формуле (31):

$$C_{зд} = 3218 \text{ КДж} / \text{К}$$

Преобразуем уравнение (29):

$$\frac{d}{dt} \cdot T_B(t) + T_B(t) \cdot \frac{k_C}{C_B} = \frac{P_P + k_C \cdot T_A(t)}{C_B} \quad (35)$$

В операторной форме это уравнение примет вид:

$$p + \frac{k_C}{C_B} = \frac{P_P + k_C \cdot T_A(p)}{C_B} \quad (36)$$

Таким образом, передаточная функция разомкнутой системы примет вид:

$$W_{раз}(p) = \frac{P_P + k_C \cdot T_A(p)}{C_B} \cdot \frac{C_B}{p + \frac{k_C}{C_B}} \quad (37)$$

$$W_{раз}(p) = \frac{0.00019}{p + 0.0000038}$$

Получаем апериодическое звено первого порядка. Передаточная функция замкнутой системы равна:

$$W_{зам}(p) = \frac{W_{раз}(p)}{1 + W_{раз}(p)} \quad (38)$$

$$W_{зам}(p) = \frac{0.00019}{p + 0.0001938}$$

Переходная характеристика замкнутой системы представлена на рисунке 10.

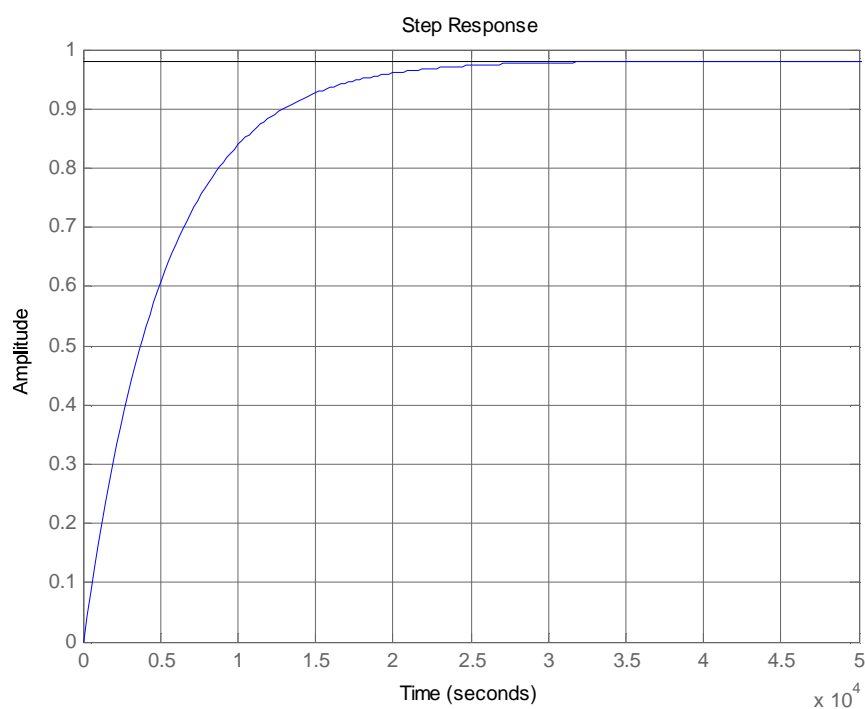


Рисунок 2 – Переходная характеристика

Расчет производился в программе MatlabR2013a, Приложение А.

Произведем расчет ПИД регулятора в подпрограмме PIDTuning. Находится в вкладке APPS - PIDTuning. Для этого в Import вводим передаточную функцию замкнутой системы, а также устанавливаем минимальное время установившегося процесса, окно программы представлено на рисунке 11.

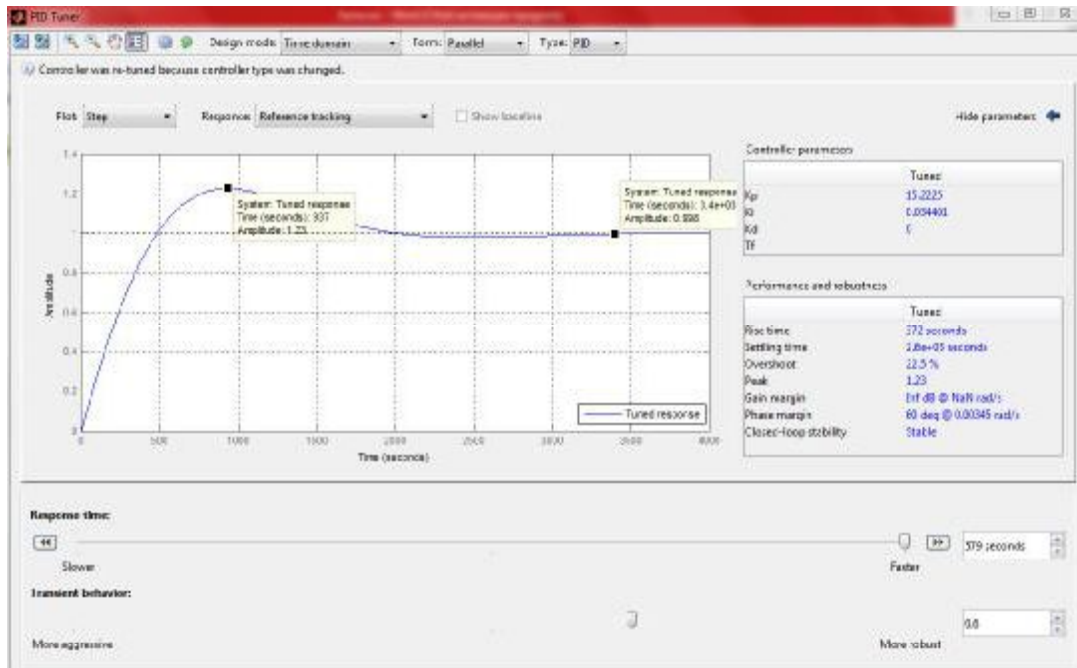


Рисунок 3 – Расчет ПИД регулятора

Получаем следующие коэффициенты: $K_p = 15.2225$ - пропорциональности,

$K_i = 0,034401$ - интегрирования, получаем ПИ регулятор. Время установившегося процесса 2600 часов, перерегулирование равно 22,5 %, что в пределах нормы (ниже 30 %)

Также рассмотрим П регулятор.

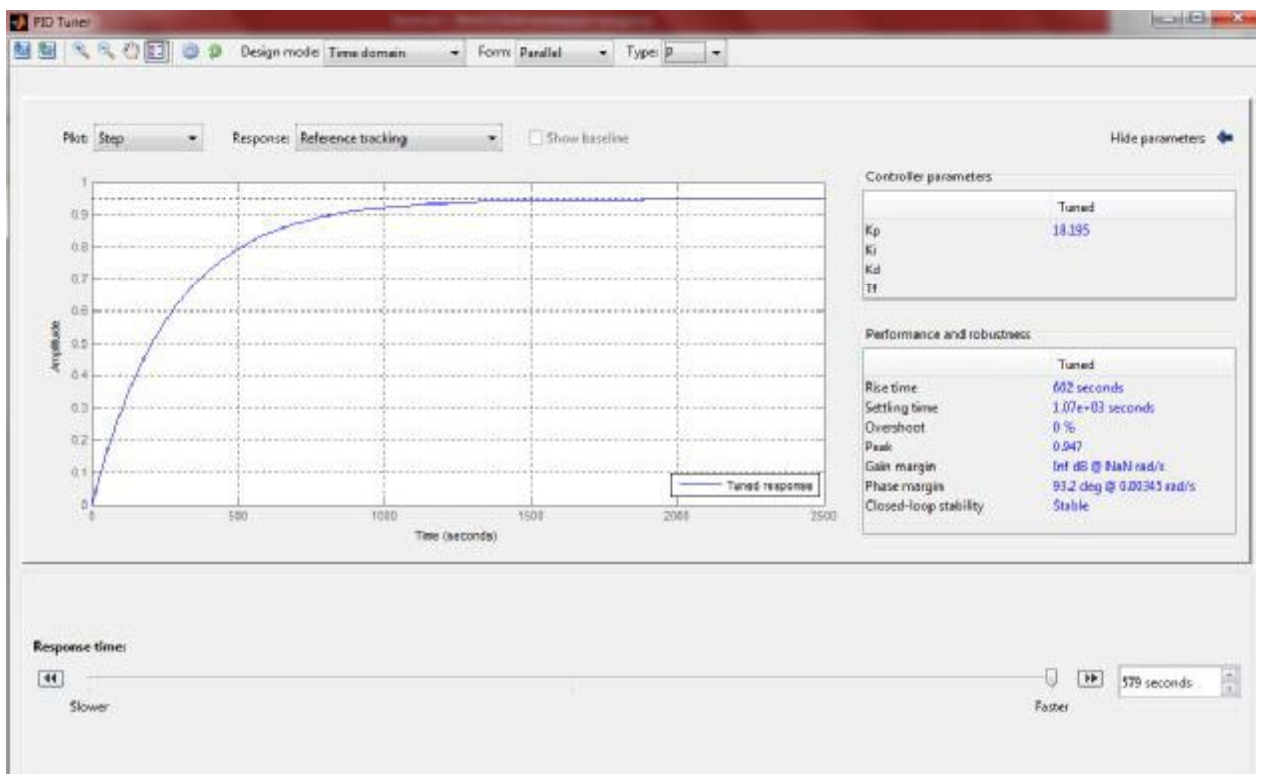


Рисунок 4 – Расчет П регулятора

Время установившегося процесса с П - регулятором 1070 ч.

Так как время установившегося процесса слишком велико увеличим мощность подогревателя.

$$C_B \cdot \frac{d}{dt} \cdot T_B(t) + k_C \cdot (T_B(t) - T_A(t)) = P_p \quad (29)$$

где C_B - теплоемкость воды в ферментаторе;

$T_B = 45 \text{ } ^\circ\text{C}$ - температура воды в ферментаторе;

k_C - коэффициент теплоотдачи здания;

$T_A = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ - температура воздуха снаружи;

$P_p = 5000 \text{ Вт}$ - мощность подогревателя;

Таким образом, передаточная функция разомкнутой системы примет вид:

$$W_{раз}(p) = \frac{P_p + k_C \cdot T_A(p)}{C_B \cdot \left(p + \frac{k_C}{C_B} \right)} \quad (37)$$

$$W_{раз}(p) = \frac{0.0016}{p + 0.0000038}$$

Получаем апериодическое звено первого порядка. Передаточная функция замкнутой системы равна:

$$W_{зам}(p) = \frac{W_{раз}(p)}{1 + W_{раз}(p)} \quad (38)$$

$$W_{зам}(p) = \frac{0.0016}{p + 0.001604}$$

Переходная характеристика замкнутой системы представлена на рисунке 10.

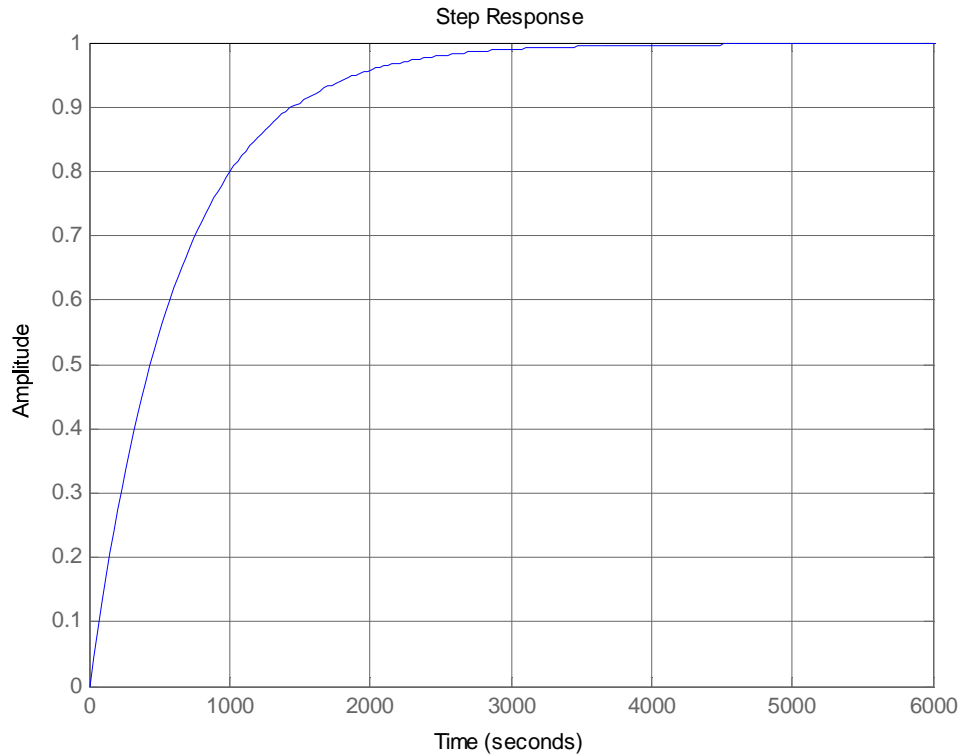


Рисунок 5 – Переходная характеристика

Расчет производился в программе MatlabR2013a, Приложение А.

Произведем расчет ПИД регулятора в подпрограмме PIDTuning. Находится в вкладке APPS - PIDTuning. Для этого в Import вводим передаточную функцию замкнутой системы, а также устанавливаем минимальное время установившегося процесса, окно программы представлено на рисунке 11.

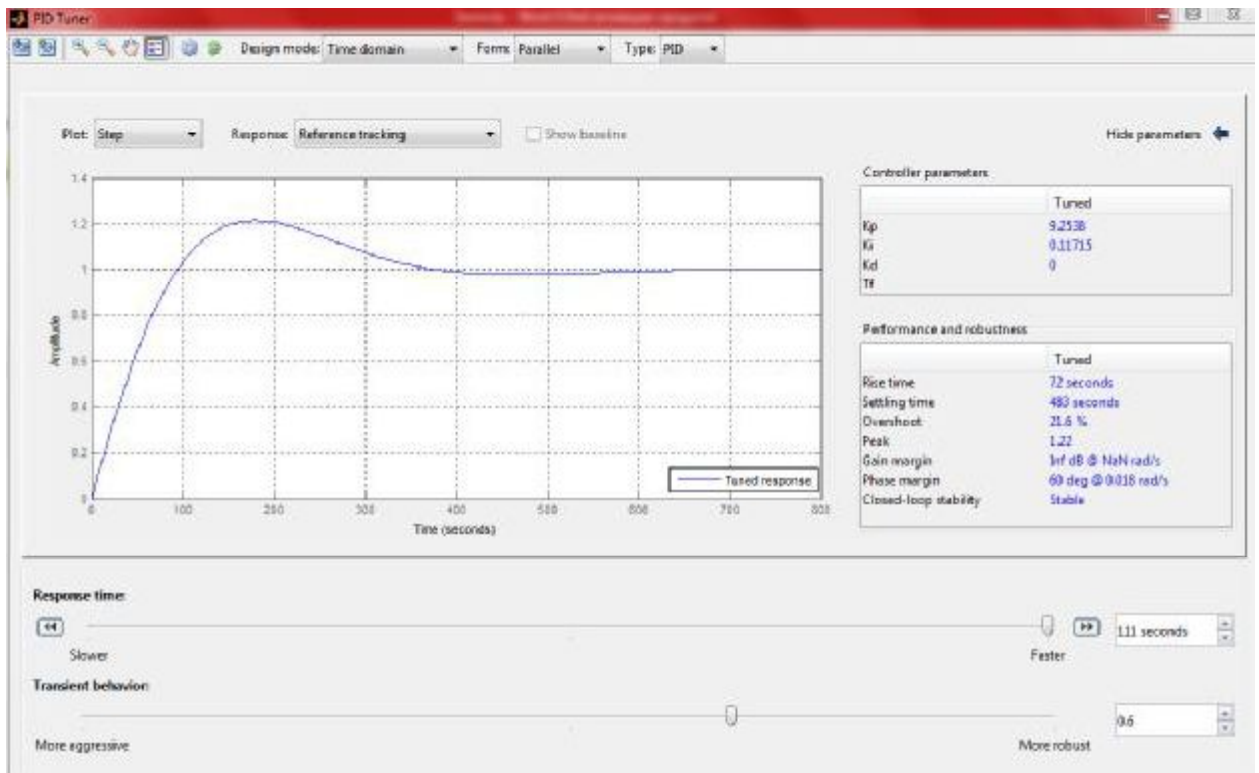


Рисунок 6 – Расчет ПИД регулятора

Получаем следующие коэффициенты: $K_p = 9.2538$ - пропорциональности,

$K_i = 0,11715$ - интегрирования, получаем ПИ регулятор. Время установившегося процесса 483 ч, перерегулирование равно 21,6 %, что в пределах нормы (ниже 30 %)

Также рассмотрим П регулятор.

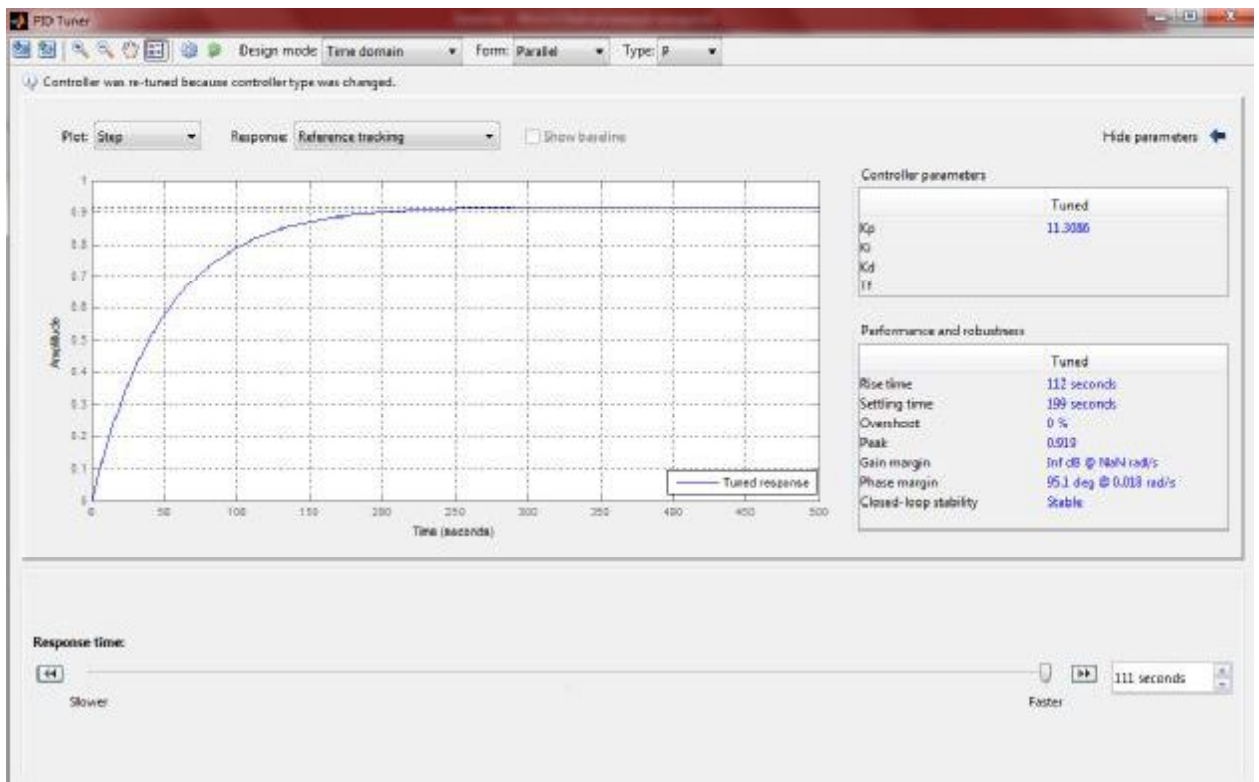


Рисунок 7 – Расчет П регулятора

Время установившегося процесса с П - регулятором 199 ч. Так как П регулятор быстрее достигает единичного значения, выбор остается на нем.

Построим модель системы в Simulink, рисунок 13.

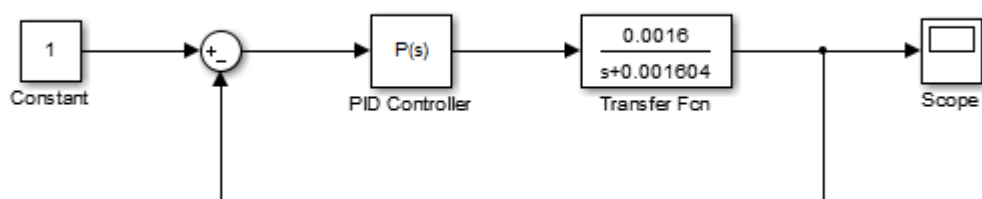
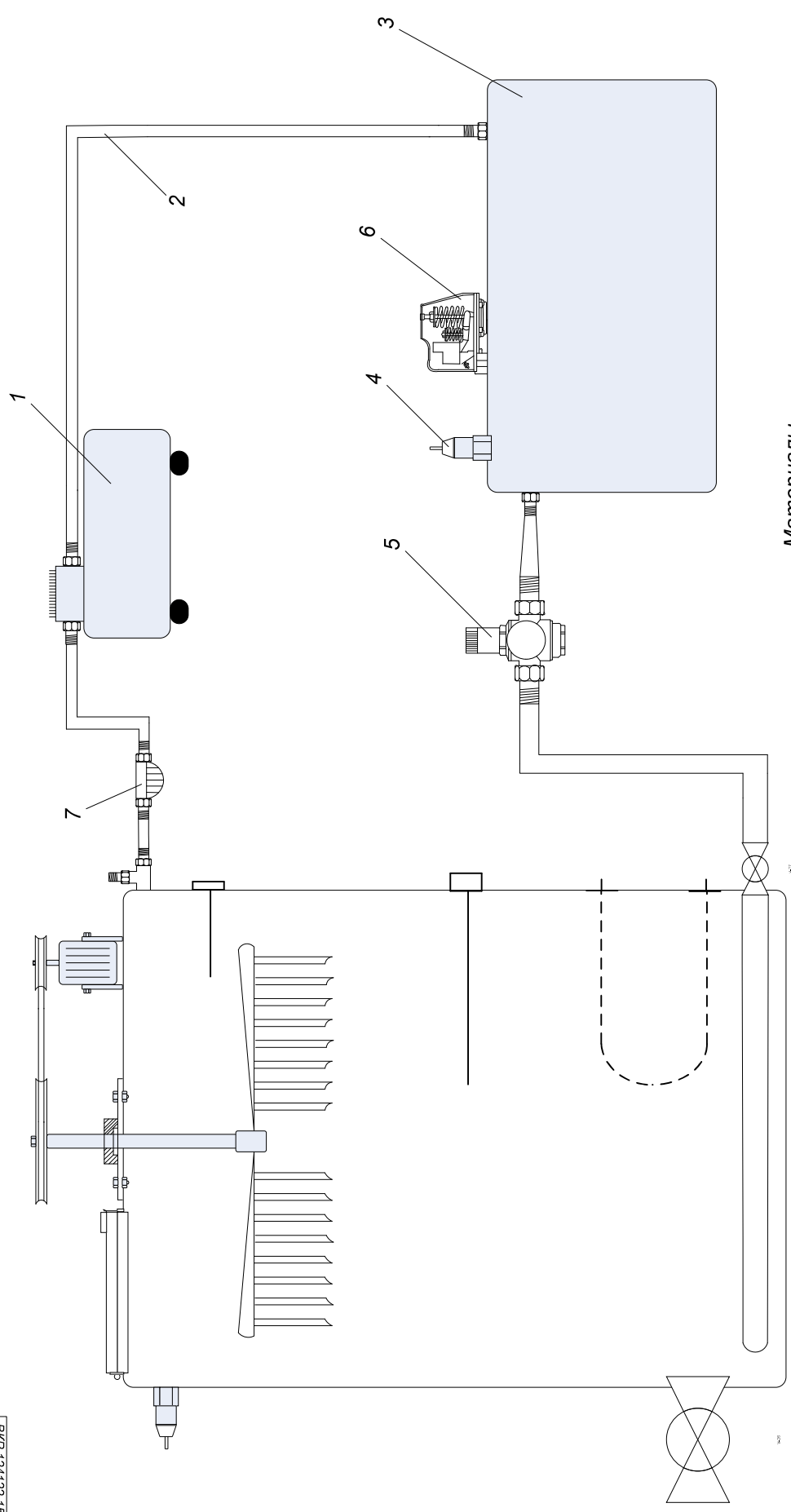


Рисунок 8 – Simulink модели



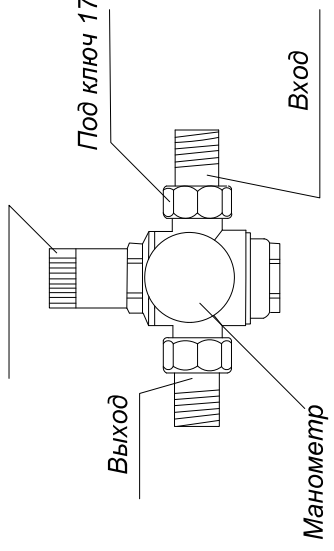
Материалы

Корпус: Цинковый сплав с металлическими резьбовыми вставками.
Манометр встроен в корпус регулятора

Характеристики

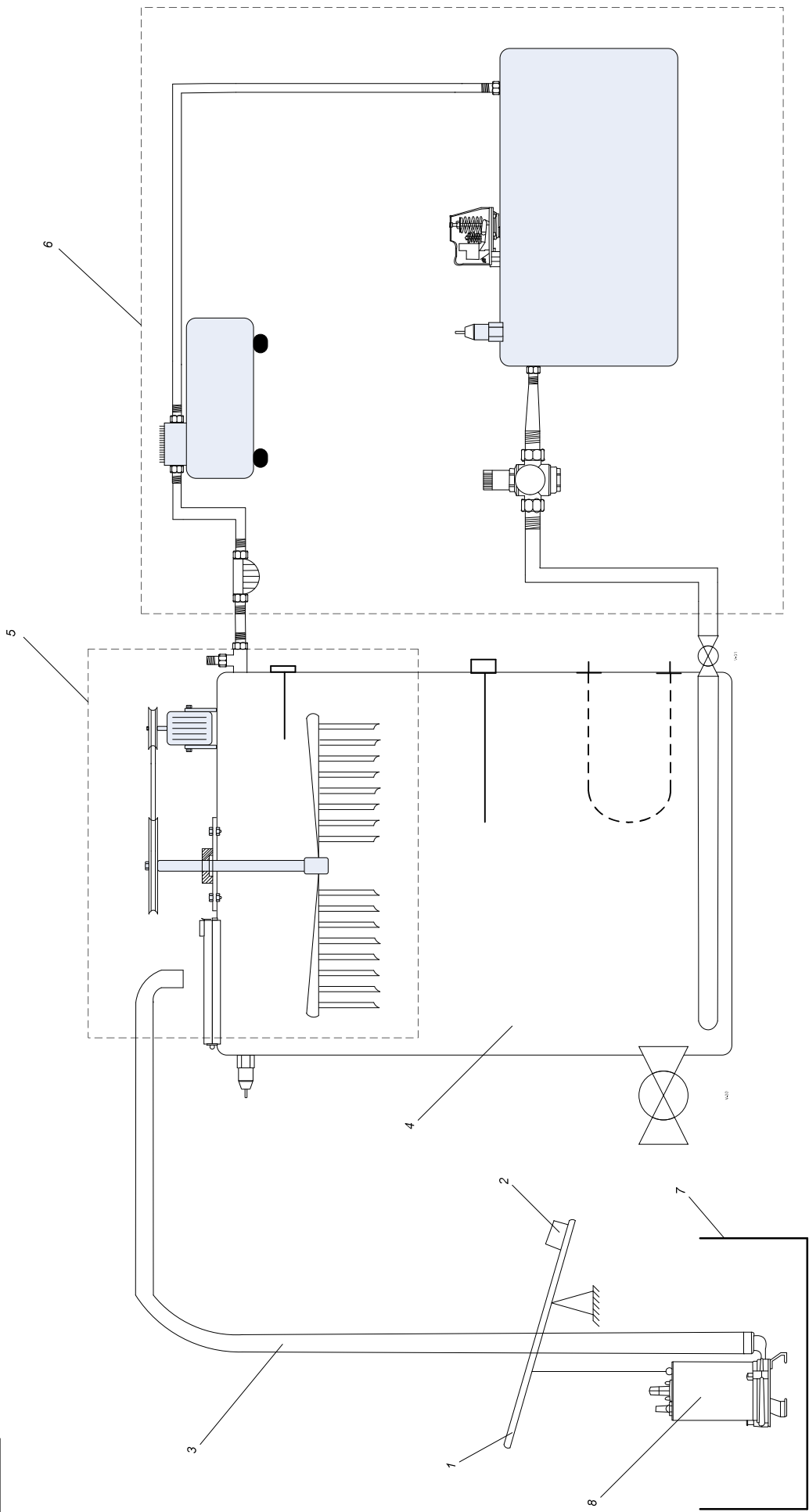
Рабочее давление: 0,1-10бар
Максимальное давление: 15бар
Рабочая температура: 5-60°C

Ручка регулировки давления



№	Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
1		Компрессор поршневой	1	
2		Магистраль воздушная	1	
3		Ресивер	1	
4		Клапан аварийного сброса давления	1	
5		Регулятор давления	1	
6		Реле давления	1	
7		Фильтр тонкой очистки	1	

ВКР-124122.15.03.04 СМ			
Лист №	Листов	Лист	Листов
1	1	1	1
Схема мешалки пневматической			
Материалы и комплектующие			
используемые в данной работе			
Лист №			
Листов			
АМГУ 241-06			



№ позиции	Наименование	Кол.	Примечание
1	Рукоять положения насоса	1	
2	Протливоес	1	
3	Труба сферрированная	1	
4	Ферментатор	1	
5	Мешалка механическая	1	
6	Мешалка пневматическая	1	
7	Ванна снелшавная субстрата с едой	1	
8	Насос фекальный	1	

ВКР 124122.15.03.04.СР		Листы	Листов	Максимум
Схема работ				
частей				
биологической				
станции				
очистки				
вспомогательных				
устройств				
и оборудования				
внутренней				
коммуникаций				
(включая работы)				
по				
объекту				
№				
АМУ 241-06				