

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

Кафедра автоматизации производственных процессов

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ**  
Заведующий кафедрой  
А.В. Стариков  
« 14 » 06 2018 г.

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Анализ и разработка системы автоматического управления  
процессом электрохимической  
активации воды

15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Студент группы АП2-141-ОБ

  
(подпись)

В.В. Найденко

Руководитель,  
д.т.н., профессор

  
(подпись)

А.В. Стариков

Консультанты:  
- по экономике  
к.т.н., доцент кафедры менеджмента и  
экономики предпринимательства

  
(подпись)

Ю.Н. Попова

- по безопасности жизнедеятельности  
к.т.н., доцент кафедры безопасности  
жизнедеятельности и правовых  
отношений

  
(подпись)

А.А. Веневитин

Консультант по оформлению ВКР


  
(подпись)

С.И. Поляков

Воронеж 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

Кафедра автоматизации производственных процессов  
(название кафедры)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
  
(подпись) А.В. Стариков  
(инициалы и фамилия)  
03.06.2018  
(число, месяц, год)

## ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

Студенту Найденко Владиславу Витальевичу  
(фамилия и полные инициалы)  
группы АП2-141-ОБ

Анализ и разработка системы автоматического управления процессом  
электрохимической активации воды  
(тема)

15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств  
(код и наименование направления подготовки)

Тема утверждена распоряжением декана механического  
факультета № 20 от «28» февраля 2018 г.

Срок представления работы к защите «20» июня 2018 г.

Исходные данные для проектирования: материалы преддипломной  
практики; результаты научно-исследовательской работы; научно-техническая  
литература, периодические издания, патенты; информация в глобальной сети  
Интернет

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Перечень вопросов, подлежащих разработке: анализ существующих установок для электрохимической активации воды; объект автоматизации; разработка проектных решений по совершенствованию систем автоматизации; выбор комплекса технических средств автоматизации; безопасность использования проектной разработки; экономическая эффективность проектной разработки.

---

---

---

---

---

---

---

---

Перечень листов чертежей и плакатов графических документов формата А 1:  
цель и задачи ВКР; схема автоматизации установки для электрохимической активации воды; структурная схема АСР, АЧХ, ФЧХ, АФЧХ, динамическая характеристика; структурная схема укрупненного алгоритма проверки работоспособности установки для электрохимической активации воды; структурная схема укрупненного алгоритма работы установки для электрохимической активации воды; экономические результаты внедрения проектируемого мероприятия.

Руководитель, Д.Т.Н.  
(ученая степень, ученое звание)



(подпись)

А.В. Стариков  
(инициалы и фамилия)

Консультанты:

Расчет экономической эффективности  
(краткое наименование раздела)

Ю.Н. Попова  
(инициалы и фамилия)

Безопасность жизнедеятельности  
(краткое наименование раздела)

А.А. Веневитин  
(инициалы и фамилия)

(краткое наименование раздела)

(инициалы и фамилия)

Задание принял студент



(подпись)

05.06.2018  
(число, месяц, год)

В.В. Найденко  
(инициалы и фамилия)

## Содержание

<b>Введение</b> .....	3
<b>1 Понятие электрохимически активированной воды и области ее применения</b> .....	6
1.1 Электролиз и электрохимическая активация воды .....	6
1.2 Области применения активированной воды .....	10
1.3 Анализ существующих установок для электрохимической активации воды .....	13
<b>2 Совершенствование системы автоматического управления процессом электрохимической активации воды</b> .....	17
2.1 Анализ лабораторного образца системы автоматического управления процессом электрохимической активации воды .....	17
2.2 Разработка проекта установки для электрохимической активации воды.....	22
2.3 Выбор технических средств автоматизации системы автоматического управления процессом электрохимической активации воды.....	27
2.3.1 Материал корпуса .....	27
2.3.2 Электроды .....	28
2.3.3 Насос для подачи воды.....	29
2.3.4 Насосы для скачивания активированной воды .....	30
2.3.5 Насос для скачивания осадка .....	31
2.3.6 Датчик уровня.....	32
2.3.7 Ультразвуковой излучатель .....	33
2.3.8 pH датчики .....	34
2.3.9 Датчик температуры.....	37
2.3.10 Преобразователь тока .....	38
2.3.11 Сенсорный экран .....	39
2.3.12 Программируемый логический контроллер.....	43

2.3.13 Другие комплектующие .....	47
<b>3 Расчет режимов функционирования системы автоматического управления процессом электрохимической активации воды.....</b>	<b>47</b>
<b>4 Безопасность жизнедеятельности при эксплуатации системы автоматического управления процессом электрохимической активации воды.....</b>	<b>53</b>
4.1 Опасные и вредные факторы производства.....	53
4.2 Основные требования к электробезопасности при работе системы автоматического управления процессом электрохимической активации воды.....	54
<b>5 Расчет экономической эффективности внедрения результатов выпускной квалификационной работы .....</b>	<b>57</b>
5.1 Расчет дополнительных вложений, связанных с приобретением внедряемого оборудования.....	57
5.2 Расчет дополнительных затрат, связанных с содержанием и эксплуатацией внедряемого оборудования и устройств автоматизации .....	58
5.3 Расчет экономического результата от внедрения новой техники и устройств автоматизации.....	60
5.4 Годовой экономический эффект, полученный в результате внедрения проектных решений .....	61
5.5 Срок окупаемости дополнительных вложений .....	61
5.6 Выводы по результатам .....	62
<b>Заключение .....</b>	<b>63</b>
<b>Библиографический список.....</b>	<b>65</b>



## Введение

Электрохимическая активация – это технология получения метастабильных веществ униполярным (анодным или катодным) электрохимическим воздействием для последующего использования этих веществ в различных технологических процессах в период сохранения ими повышенной физико-химической и каталитической активности [15].

В результате электрохимической активации вода переходит в метастабильное (активированное) состояние, проявляя при этом в течение нескольких десятков часов повышенную реакционную способность в различных физико-химических процессах.

Электрохимическая активация позволяет направленно изменять состав растворенных газов, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства воды в пределах, намного больших, чем при эквивалентном химическом регулировании, позволяет синтезировать из воды и растворенных веществ химические реагенты (окислители или восстановители) в метастабильном состоянии. Это используется в процессах очистки и обеззараживания воды, а также для преобразования воды или разбавленных растворов электролитов в экологически чистые антимикробные, моющие, экстрагирующие и другие функционально полезные растворы, в том числе лечебные.

Вода, активированная у катода (католит), обладает повышенной активностью электронов и имеет ярко выраженные свойства восстановителя имеет рН более 8, является слабощелочным раствором и обладает качествами биостимулятора, также имеет антибактериальное действие дифференцированное, бактерицидный эффект проявляется относительно энтеробактерий, устойчивыми к нему являются энтерококки и стрептококки группы В, а в отношении грамотрицательных микроорганизмов – только бактериостатическое.

Соответственно, вода, активированная у анода (анолит), характеризуется пониженной активностью электронов и проявляет свойства окислителя имеет рН менее 6 является кислотным раствором, обладает бактерицидными свойствами, по параметрам острой токсичности при введении в желудок и нанесении на кожу относится к 4 классу малоопасных веществ по ГОСТ 12.1.007-76 и обладает в данном классе минимальной токсичностью.

Для электрохимической активации воды разработан ряд установок, которые используются во многих отраслях промышленности. Однако у них имеется ряд недостатков, существенно ограничивающих применение:

- закипание воды при длительном (более 15 мин.) электролизе;
- засорение проницаемой перегородки;
- покрытие катода трудно растворимыми солями, что приводит к уменьшению электропроводимости;
- значительный осадок карбонатов кальция и магния в виде хлопьев белого цвета;
- необходимость отстаивания воды с дальнейшей фильтрацией;
- частая замена фильтров.

С целью проверки возможности регулирования процесса электрохимической активации воды, а также отыскания способов и средств устранения перечисленных недостатков в студенческом конструкторском бюро (СКБ) «Автоматчик» на кафедре автоматизации производственных процессов ФГБОУ ВО ВГЛУ был разработан лабораторный образец установки, удовлетворяющий следующим требованиям:

- возможность регулирования тока электролиза и скорости скачивания для предотвращения закипания воды;
- возможность быстрой очистки проницаемой перегородки;
- возможность быстрой замены электродов;
- отсутствие ионов металлов в воде при электролизе;
- устранение трудно растворимых солей с поверхности катода;

- удаление осадка, возникающего при электролизе.

Разработанный образец установки для электрохимической активации воды отвечает основным предъявленным требованиям. Однако в процессе эксплуатации лабораторного образца установки были выявлены следующие недостатки:

- нестабильность выходного показателя рН воды, при изменении характеристик поступающей воды;
- необходимость удаления скопившейся пены в конце рабочего дня оператором вручную, а не в автоматическом режиме;
- использование жесткой логики и следовательно, эмпирический подбор времени электролиза и силы тока, при настройке работы установки.

Для устранения выявленных недостатков необходима разработка проекта новой установки для электрохимической активации воды. Конструкция установки для электрохимической активации воды и предъявляемые к ней требования будут различаться в зависимости от области ее применения. В данной выпускной квалификационной работе предполагается разработка установки для использования в АО «Питомнический комплекс Воронежской области».



# **1 Понятие электрохимически активированной воды и области ее применения**

## **1.1 Электролиз и электрохимическая активация воды**

Русский академик В.В. Петров в 1802 году (за 30 лет до открытия М. Фарадеем законов электролиза) с помощью созданной им высоковольтной гальванической батареи обнаружил, что выделение электролизных газов у электродов сопровождается подкислением воды у анода и подщелачиванием у катода. Разделив пространство между анодом и катодом пористой диафрагмой, В.В. Петров впервые получил воду, обогащенную продуктами преимущественно катодных или преимущественно анодных электрохимических реакций – католит и анолит, соответственно.

Практически все растворы электролитов, применяемых в процессах прикладной электрохимии, имеют высокую концентрацию и низкое удельное электрическое сопротивление, что связано с требованиями минимизации расхода электроэнергии на единицу получаемого продукта.

В связи с тем, что пресная вода или слабоминерализованные исходные растворы не находили практического применения в прикладной электрохимии в качестве растворов электролитов, то за более чем вековую историю ее развития сформировалось представление о том, что электролиз пресной воды невозможен в связи с малым количеством содержащихся в ней ионов.

В 1972 году советский инженер В.М. Бахир впервые обратил внимание на ранее неизвестный факт: анолит и католит, полученные в диафрагменном электрохимическом реакторе из слабоминерализованной воды, очень сильно отличаются по физико-химическим параметрам и реакционной способности от моделей католита и анолита, приготовленных путем растворения в воде химических реагентов, вид и количество которых определены в соответствии с законами классического электролиза. Дальнейшие исследования показали, что различия в свойствах только что полученных католита и анолита разбавленных

водно-солевых растворов от их химических моделей-аналогов (растворов стабильных щелочей или кислот) не являются постоянными, стабильными во времени. По прошествии некоторого времени (время релаксации) свойства и реакционная способность анолита и католита, самопроизвольно изменяясь, становятся равными соответствующим параметрам их химических моделей, т.е. в конечном итоге законы электролиза строго выполняются, но не сразу, а лишь по прошествии достаточно длительного времени – в общем случае от десятков минут до десятков и даже сотен часов.

Обнаруженные значительные различия в реакционной способности и физико-химических параметрах дали В.М. Бахиру основание назвать анолит и католит в период времени их релаксации активированными или, иначе, электрохимически активированными растворами (водой) [15].

Электрохимическая активация как физико-химический процесс – это совокупность осуществляемых в условиях минимального выделения тепла электрохимического и электрофизического воздействий на воду с содержащимися в ней ионами и молекулами растворенных веществ в области пространственного заряда у поверхности электрода (либо анода, либо катода) электрохимической системы при неравновесном переносе заряда через границу «электрод-электролит» электронами.

В результате электрохимической активации вода переходит в метастабильное (активированное) состояние, которое характеризуется аномальными значениями физико-химических параметров, в том числе окислительно-восстановительного потенциала, связанного с активностью электронов в воде, электропроводности, рН и других параметров и свойств. Самопроизвольно изменяясь во времени, возмущенные предшествующим внешним воздействием параметры и свойства воды, постепенно достигают равновесных значений в результате релаксации.

Процесс получения электрохимически активированных воды и растворов относится к крайне неравновесным и является объектом изучения интенсивно развивающейся новой области химии – синергетики в химических процессах и

химической технологии. Если в традиционной прикладной электрохимии основной задачей является отыскание параметров оптимального приближения электрохимического процесса к равновесным условиям, то для электрохимической активации важным является определение параметров оптимального удаления от условий равновесного протекания электрохимических реакций.

Электрохимическая активация как технология – это получение и последующее использование электрохимически активированной воды либо в процессах ее очистки от нежелательных компонентов, либо в различных технологических процессах в качестве реагента или реакционной среды с целью управления сложными физико-химическими реакциями, экономии энергии, времени и материалов, повышения качества конечного продукта, уменьшения образования отходов.

Необходимо отметить, что, как правило, продукты реакций, полученные с применением активированных растворов, не изменяют своих свойств и состояния во времени, т.е. не подвержены процессам релаксации. Например, если при взаимодействии воды с высоким содержанием ионов железа с активированным катодом в нерастворимые соединения переводится в три раза больше ионов железа, чем при взаимодействии той же воды с химической моделью катода, то результаты реакции необратимы в обоих случаях.

С начала 90-х годов лидером в области исследований ЭХА и разработке различных технологических процессов с использованием электрохимически активированных сред является ОАО «НПО ЭКРАН» и ВНИИИМТ МЗ РФ. Этой же проблемой в сотрудничестве с указанными организациями занимается ряд крупнейших научных учреждений России. К настоящему моменту исследования феномена и технологий ЭХА имеют обширную географию, включая США, Англию, Германию и ряд других стран.

Широкую известность в России и за рубежом получили установки СТЭЛ, которые обеспечивают экологически чистыми стерилизующими и дезинфицирующими растворами (анодом типа АНК) медицинские и детские

учреждения, предприятия коммунального хозяйства, пищевой промышленности, плавательные бассейны.

На рисунке 1.1 показаны сравнительные характеристики электрохимически активированного анолита, полученного в установках СТЭЛ и традиционных химических препаратов для дезинфекции и стерилизации [11].

Наименование, страна-производитель	Концентрация рабочего раствора, % (Затемнением показано соотношение концентраций)	Характеристика антимикробного действия					Аллергенность и токсичность: классы по ГОСТ 12.1.007-76 (Затемнением показаны относительные уровни токсичности)	Сочетание дезинфицирующих свойств и моющей способности	Привыкание (адаптация) микроорганизмов к	Стоимость одного литра рабочего раствора (Затемнением показано соотношение цен)
		Бактерии	Микобактерии	Вирусы	Грибы	Споры				
Анолит АНК (Россия)	0,01 – 0,05	+	+	+	+	+	IV	Да	Нет	
Гипохлорит натрия (Россия, США и др.)	0,1 – 0,5	+	+	+	+	–	IV	Нет	Да	
Пресепт (США)	0,5	+	+	+	–	–	III	Нет	Да	
Хлорамин (Россия)	1,0 – 3,0	+	+	+	+	–	IV	Нет	Да	
Хлоргексидина биглюконат (Россия)	0,5 – 4,0	+	+	+	–	–	IV	Нет	Да	
Лизоформин-специаль (Швейцария)	0,5 – 4,0	+	–	+	–	–	III	Нет	Да	
Виркон КРКА (Словения)	0,5 – 2,0	+	–	+	–	–	III	Нет	Да	
Лизетол-АФ (Германия)	2,0 – 5,0	+	+	+	+	–	III	Нет	Да	
Сайдекс (США)	2,0	+	+	+	+	–	III	Нет	Да	
Колд Спор (США)	2,0	+	+	+	+	–	IV	Нет	Да	
Деконекс 50ФФ (Швейцария)	0,5 – 4,0	+	+	+	–	–	III	Нет	Да	

Рисунок 1.1 – Сравнение характеристик анолита АНК и различных дезинфицирующих растворов

Одним из убедительных свидетельств преимущества электрохимически активированного анолита АНК перед традиционными растворами дезинфектантов являются результаты исследований, выполненных в мемориальном институте Battelle (США): установлено, что споры сибирской язвы погибают в анолите АНК в течение нескольких секунд, в то время как в растворе гипохлорита натрия с концентрацией действующего вещества в 12 раз большей, чем в анолите АНК, тот же результат достигается лишь через 30 минут.

## 1.2 Области применения активированной воды

К настоящему времени накоплен огромный опыт по применению активированной воды. Общий перечень областей, где активированная вода успешно применяется уже длительное время:

- транспорт;
- сельское хозяйство;
- лесное хозяйство;
- горнодобывающая промышленность;
- медицина;
- животноводство;
- птицеводство;
- пищевая промышленность;
- перерабатывающая промышленность;
- коммунальное хозяйство;
- водное хозяйство;
- бассейны и аквапарки;
- пчеловодство.

Практическое применение католита:

- предстерилизационная очистка изделий медицинского назначения;
- мойка оборудования в пищевой и фармацевтической промышленности;
- антиоксидантная защита при химическом и радиационном воздействиях на организм человека и животных;
- биостимуляция семян и саженцев перед посевом;
- выпаивание животных, добавление католита в корм с целью повышения резистентности и увеличение привесов;
- полив растений для стимуляции роста;

- аэрозольная обработка овощей и фруктов, с целью предотвращения усыхания, при складировании;
- флотация труднообогатимых оловянно-свинцовых руд [2];
- мойка загрязнённых товарных яиц в яйцескладах птицефабрик;
- дезинфекция горячим католитом перьевого и кожного покрова тушек птиц, неблагополучных по сальмонеллёзу и колибактериозу;
- лечение телят и поросят, больных инфекционной диареей и диспепсии (в комплексе с анолитом).

#### Практическое применение анолита:

- аэрозольная обработка овощей и фруктов, с целью предотвращения образования грибка, при складировании;
- для стерилизации изделий медицинского назначения;
- для дезинфекции медицинских отходов – изделий медицинского назначения однократного применения;
- для предотвращения или устранения плесени;
- для дезинфекции воздуха и устранения неприятных запахов способом распыления на различных объектах, систем вентиляции и кондиционирования воздуха;
- для дезинфекции помещений, оборудования, инструментов;
- для дезинфекции, чистки, мойки и дезодорирования мусороуборочного оборудования, мусоровозов, мусорных баков и мусоросборников, мусоропроводов;
- для гигиенической обработки рук персонала предприятий общественного питания, торговли, пищевой промышленности, медицинского, работников коммунальных объектов (в том числе гостиницы, общежития), работников биотехнологических, химико-фармацевтических, предприятий;
- обеззараживание воды в системе хозяйственно-питьевого водоснабжения [1];

- обеззараживание воды плавательных бассейнов и аквапарков;
- обеззараживание сточных вод на локальных очистных сооружениях [13];
- дезинфекция животноводческих помещений и оборудования в т.ч. в присутствии животных (птиц);
- дезинфекция инкубаторов и инкубационных яиц;
- консервирование зелёных кормов (силос, сенаж);
- выпаивание животных (птиц) с целью повышения резистентности и увеличение привесов;
- предпосевная обработка семян (обеззараживание);
- обработка зерно- и овощехранилищ;
- обработка плодов и овощей перед закладкой на хранение;
- обеззараживание и повышение качества кормов;
- приготовления сиропа для пчёл;
- приготовления лечебных растворов.

Область применения активированной воды довольно обширна, но ее внедрению препятствует метастабильность (неустойчивость) ее состояния. Католит при хранении в закрытой стеклянной посуде, в темном прохладном месте, сохраняет свои свойства в течение суток, постепенно их теряя. Анолит свои свойства сохраняет в течение недели, при хранении в закрытой стеклянной посуде в затемненном прохладном месте.

Максимальной эффективностью активированная вода обладает после ее получения, когда она находится в метастабильном состоянии. Поэтому целесообразно использовать установки для получения активированной воды, на предприятиях ее использующих.

Система автоматического управления процессом электрохимической активации воды, будет создаваться на базе ГБУ «Воронежского лесного селекционно-семеноводческого центра».



### 1.3 Анализ существующих установок для электрохимической активации воды

В настоящее время на рынке лидирующие позиции занимают электролизеры следующих фирм: ООО НПП «Изумруд»; ООО «Лаборатория электрохимических технологий».

Установка для электрохимической активации воды «Изумруд-250-9». Компания ООО НПП «Изумруд» создавалась как высокотехнологическая научно-производственная фирма. В настоящее время ее представители имеются в республике Саха (Якутия), Тюменской области, Кемеровской области, республике Беларусь, в Украине.

Принципиальная схема установки «Изумруд-250-9» представлена на рисунке 1.2.

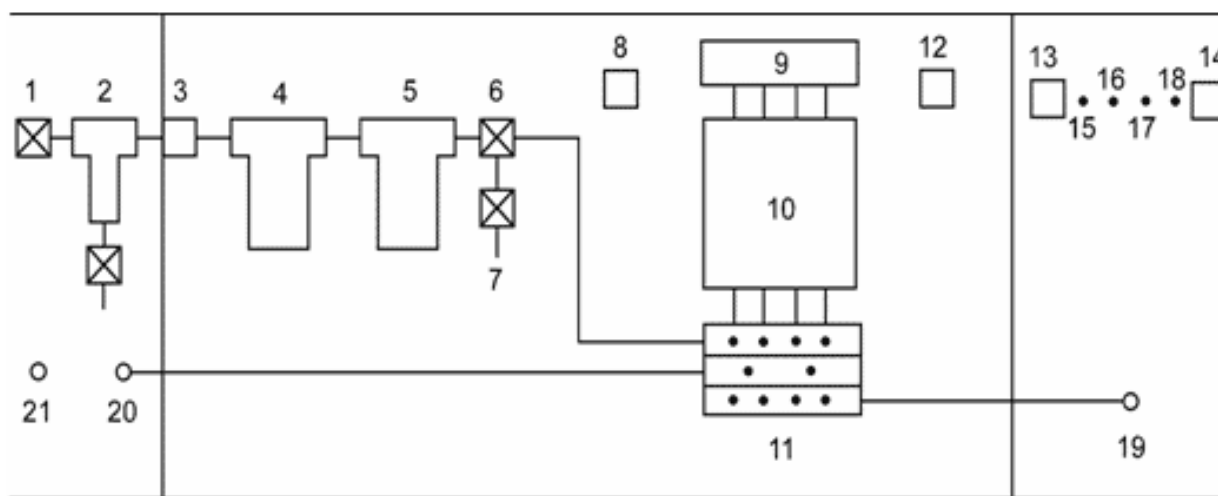


Рисунок 1.2 – Принципиальная схема «Изумруд-250-9»

На рисунке 1.2 использованы следующие обозначения:

1 – кран регулирования подачи входной воды; 2 – промывной фильтр грубой очистки с манометром; 3 – электромагнитный клапан подачи воды в установку; 4 – фильтр механической очистки; 5 – угольный фильтр тонкой очистки; 6 – кран подачи воды на блок проточных электрохимических модулей и переключения в режим промывки; 7 – кран для подачи раствора 7% соляной кислоты при промывке; 8 – датчик протока служащий для включения подачи

электропитания на блок реакторов при протоке воды через установку; 9 – блок питания установки; 10 – блок проточных электрохимических модулей; 11 – блок подачи и распределения воды к блоку электрохимических модулей; 12 – проходное реле; 13 – включатель/выключатель датчика протока; 14 – включатель/выключатель подачи электропитания к электромагнитному клапану подачи воды в установку и к блоку питания ; 15, 16, 17, 18 – световые индикаторы работы установки; 19 – шланг выхода чистой воды; 20 – шланг выхода дренажа; 21 – шнур подачи электропитания в установку.

Основной частью установки являются электрические модули, которые представляют собой блоки из гидравлически параллельно соединённых элементов, каждый из которых является самостоятельным проточным электрохимическим реактором. В состав конструкции установки входят: кран регулирования подачи входной воды (1), промывной фильтр грубой очистки с манометром (2) , электромагнитный клапан подачи воды в установку(3), фильтр механической очистки (4), угольный фильтр тонкой очистки (5), кран подачи воды на блок проточных электрохимических модулей и переключения в режим промывки (6), кран для подачи раствора 7% соляной кислоты при промывке (7), датчик протока служащий для включения подачи электропитания на блок реакторов при протоке воды через установку(8), блок питания установки (9), блок проточных электрохимических модулей (10), блок подачи и распределения воды к блоку электрохимических модулей (11), проходное реле (12), включатель/выключатель датчика протока (13), включатель/выключатель подачи электропитания к электромагнитному клапану подачи воды в установку и к блоку питания (14), световые индикаторы работы установки (15, 16, 17, 18), шланг выхода чистой воды (19), шланг выхода дренажа (20), шнур подачи электропитания в установку (21), четыре флотационных камеры расположенные в блоке проточных электрохимических модулей.

На передней панели корпуса блока преобразователя тока расположены световые индикаторы (15, 16, 17, 18), сигнализирующие о включении

преобразователя тока в электрическую сеть и о наличии напряжения на электродах электрохимических реакторов при протоке воды через установку.

Установка для электрохимической активации воды «СТЭЛ-250». Компания ЛЭТ основана в 1998 году как производственное предприятие по выпуску электролизного оборудования для нужд ЖКХ и медицинской сферы. Основные клиенты – предприятия ЖКХ, работающие в сфере водоснабжения и водоотведения, производственные предприятия, бассейны и аквапарки, лечебно-профилактические учреждения.

Основной частью установки является электрохимический реактор, который представляет собой блок гидравлически параллельно соединенных электролитических элементов ПЭМ-3, каждый из которых является самостоятельным проточным электрохимическим реактором. Блок реакторов компактно размещён в прямоугольном корпусе установки. Электропитание блока реакторов осуществляется при помощи, стабилизированного преобразователя тока. Преобразователь тока представляет собой импульсный, высокочастотный выпрямитель, снабжённый контрольным амперметром «А», вольтметром «V», тумблером включения и выключения «Вкл./Выкл.» и индикатором, сигнализирующим о наличии тока в цепи электрохимического реактора, расположенными на передней панели преобразователя тока. На переднюю панель установки выведены: вентиль «Католит», для регулирования объемного расхода католита, вентиль «Раствор NaCl» - для регулирования количества солевого раствора, добавляемого в протекающую через электрохимический реактор водопроводную воду и тумблер «Вкл./Выкл.» включения и выключения установки. Внутри корпуса установки расположен водоструйный насос Н, выполняющий роль дозатора солевого раствора.

Схема гидравлических соединений установки «СТЭЛ-250» представлена на рисунке 1.3.

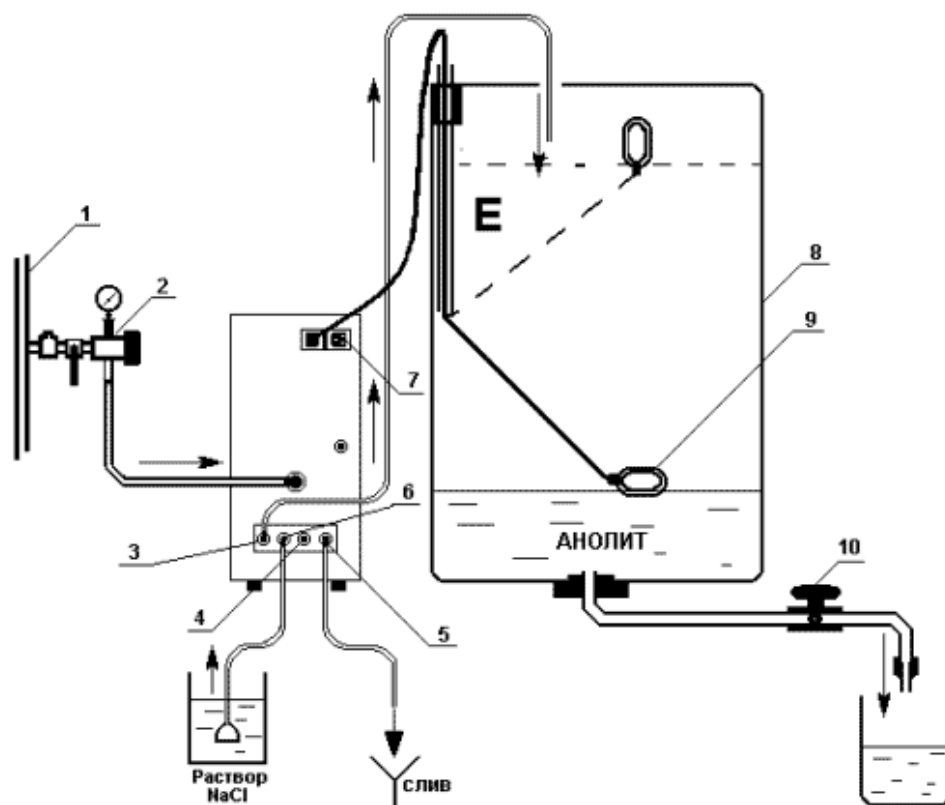


Рисунок 1.3 – Схема гидравлических соединений установки «СТЭЛ-250»

1 – напорная водопроводная линия; 2 – система подключения; 3 – выход анолита; 4 – вход раствора кислоты при промывке реактора; 5 – выход католита; 6 – вход раствора соли; 7 – гнездо для подключения электрического шнура от преобразователя тока; 8 – емкость-накопитель; 9 – поплавковый регулятор уровня; 10 – запорный кран слива из емкости-накопителя

Но данные установки имеют недостатки:

- использование жидкости для промывки (150 р./л.);
- использование только чистой водопроводной воды, при использовании загрязненной – выход из строя установки;
- частая замена фильтров;
- большая стоимость установки электрохимической активации воды.

В СКБ «Автоматчик» изготовлен лабораторный образец установки, лишенный вышеперечисленных недостатков. В течение 2 лет лабораторная установка работает в штатном режиме. Степень влияния неучтенных факторов минимальна.

## **2 Совершенствование системы автоматического управления процессом электрохимической активации воды**

### **2.1 Анализ лабораторного образца системы автоматического управления процессом электрохимической активации воды**

В качестве прототипа был использован проект установки для электрохимической активации воды, разработанный в СКБ «Автоматчик» на кафедре автоматизации производственных процессов. В соответствии с данным проектом был создан действующий лабораторный образец установки для получения электрохимически активированной воды с производительностью 10 л/ч (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Внешний вид лабораторного образца установки для электрохимической активации воды

В лабораторном образце был устранен ряд недостатков, присущих существующим установкам для электрохимической активации воды, за счет использования:

- блока регулирования, позволяющего регулировать ток электролиза и скорость скачивания для предотвращения закипания воды;
- легкоъемной перегородкой для быстрой ее замены;

- легкоъемных электродов;
- электродов из графита;
- ультразвукового излучателя для автоматической очистки катода;
- системы автоматического удаления осадка.

Схема конструкции разработанной установки для электрохимической активации воды показана на рисунке 2.2.

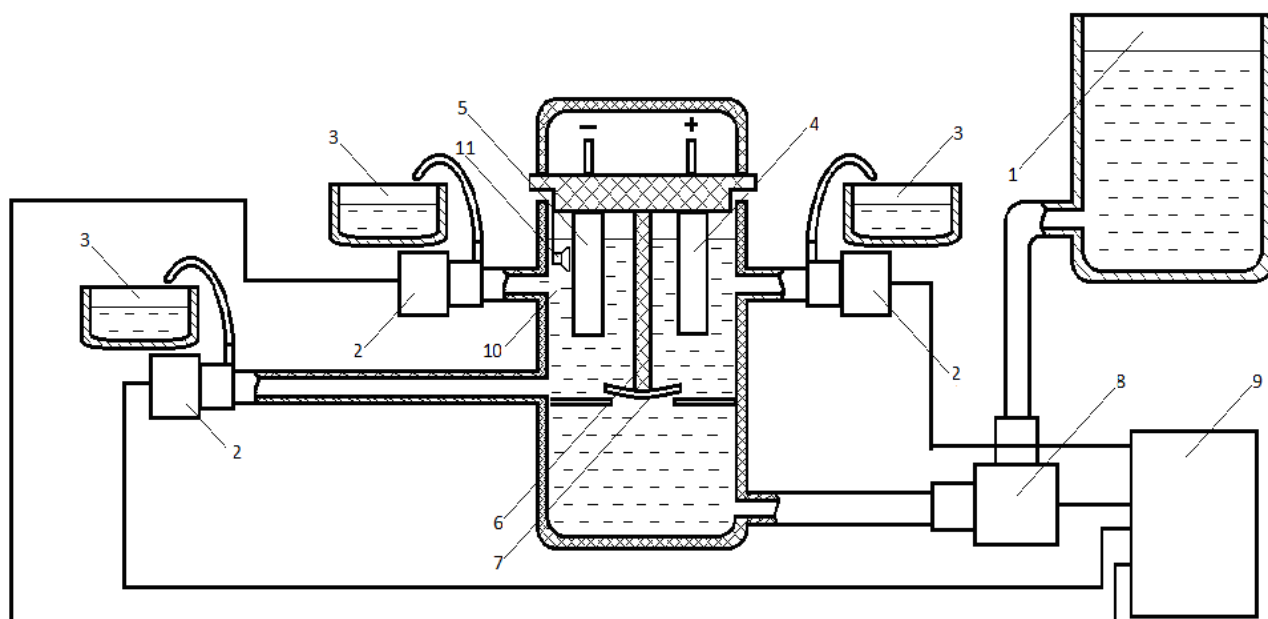


Рисунок 2.2 – Схема конструкции установки для электрохимической активации воды

Принцип работы и конструктивно-функциональные особенности разработанной установки описаны ниже [5].

Резервуар (емкость), в котором осуществляется процесс электролиза, состоит из двух частей. Верхняя часть резервуара (10) отделена от нижней гибким обратным клапаном (7). Гибкий клапан не позволяет воде, находящейся в разных частях резервуара, смешиваться. Кроме того, он препятствует попаданию осадка из верхней части резервуара в нижнюю часть. В то же время он не препятствует поступлению воды из нижней части резервуара в верхнюю при открытом электроклапане (8).

Анод (4) и катод (5) разделены с помощью легкоъемной проницаемой перегородки (6). Резервуар с исходной водой (1) соединен с нижней частью

резервуара (10) с помощью электроклапана (8). К емкостям (3) подсоединены два электронасоса (2), обеспечивающие скачивание щелочной (католита) и кислой (анолита) водой.

В работающей установке на анод и катод подается постоянное напряжение. Таймер в блоке регулирования (9) отсчитывает время, необходимое для электролиза воды, и при его истечении включает электронасосы (2). При этом уровень воды в верхней части резервуара (10) понижается. Когда он доходит до датчика уровня, последний формирует сигнал, поступающий в блок регулирования, который отключает насосы откачки (2) и подает команду на открытие электроклапана (8). Поскольку уровень воды, находящейся в резервуаре (1), выше, чем в резервуаре (10), вода под действием силы тяжести поступает в нижнюю часть резервуара (10).

Под давлением поступающей воды обратный клапан (7) открывается и вода перетекает в верхнюю часть резервуара (10). Когда уровень воды в резервуаре (10) достигнет первоначального, блок регулирования закрывает электроклапан. После этого и начнется новый цикл электрохимической активации воды.

В процессе электролиза вода разогревается и оказывается в верхней части резервуара (10), откуда и скачивается. Образующаяся при электролизе пена остается при скачивании выше отверстий и не попадает в резервуары с активированной водой. Осадок в виде нерастворимых в воде соединений, образующихся в районе катода, опускается вниз. Чтобы при пополнении водой резервуара (10) осадок не взбалтывался и не попадал в зону отбора активированной воды, предусмотрена изолирующая нижняя часть, отделенная гибким обратным клапаном (7). Для очистки анода предусмотрен ультразвуковой излучатель (11).

Блок регулирования (рисунок 2.3) позволяет поддерживать режим работы установки, чтобы исключить возможность закипания воды при длительном электролизе [10].



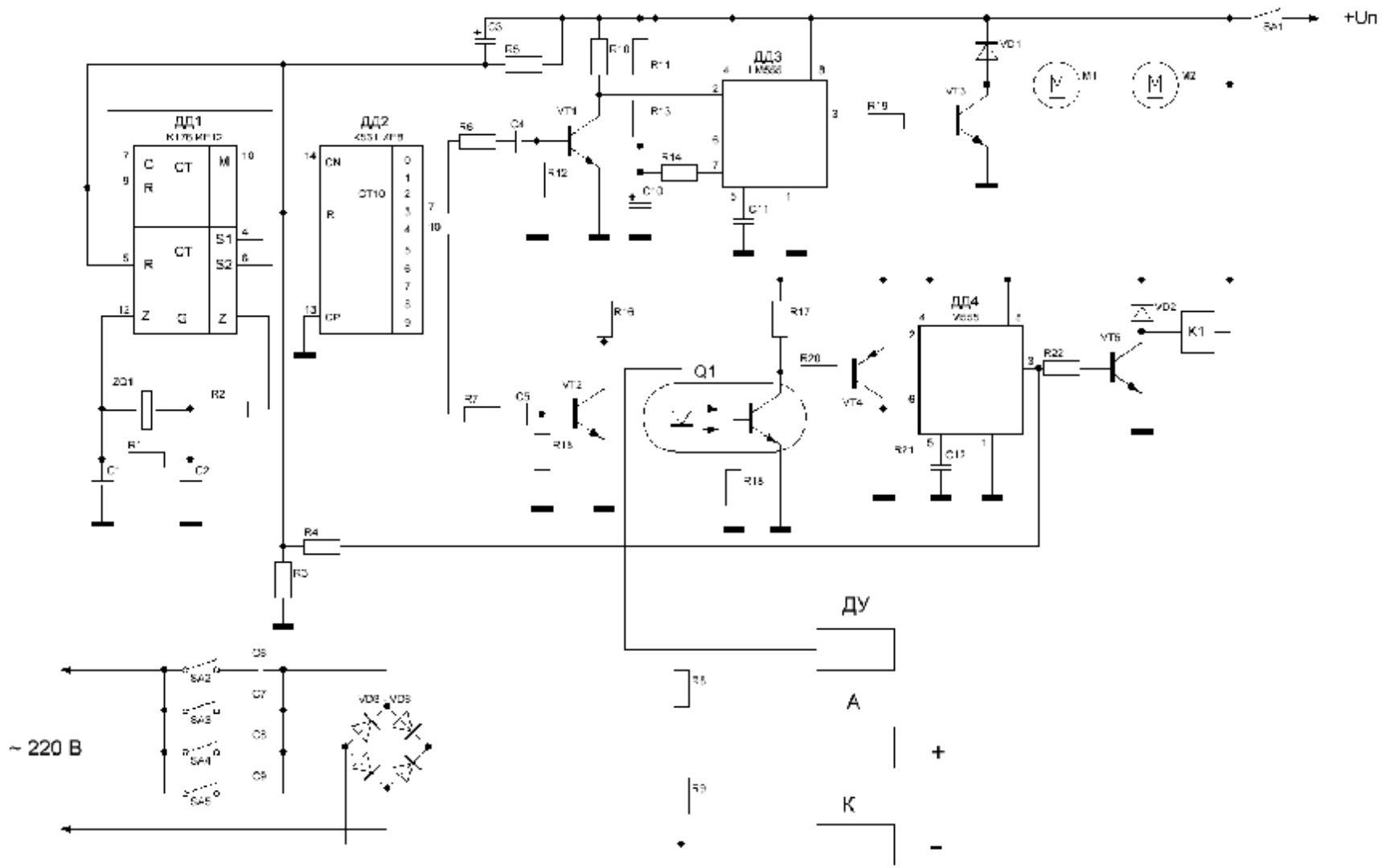


Рисунок 2.3 – Схема блока регулирования установки для электрохимической активации воды

На микросхеме ДД1 (ИМС К176ИЕ12) построен генератор, стабилизированный кварцевым резонатором на частоте  $f = 32768$  Гц. Внутренние счетчики этой микросхемы позволяют снимать с выходов импульсы разной частоты: 2 импульса в секунду, 1 импульс в секунду, 1 импульс в 30 секунд и 1 импульс в минуту. Так как время цикла работы установки 2-3 минуты, выбран выход, с которого на вход микросхемы ДД2 поступает 1 импульс в 30 секунд. Микросхема ДД2 (ИМС К176ИЕ8) – десятичный счетчик, поэтому каждые 30 секунд напряжение появляется на очередном выходе. При подаче напряжения на входы R микросхем ДД1 (ИМС К176ИЕ12) и ДД2 (ИМС К176ИЕ8) счетчики обнуляются, поэтому первое использованное устройство включится через 1,5 минуты после начала цикла. В нашем случае – это насосы М1, М2. Второе исполнительное устройство (электроклапан К1) включится через 2 минуты. Интегральные таймеры ДД3 (МС LM555), ДД4 (МС LM555) подключены по разным схемам. На ДД3 (МС LM555) построен одновибратор с возможностью регулирования выходного импульса с помощью резистора R11. ДД4 (МС LM555) используется, как триггер. Включение происходит управляющим сигналом, поступающим через оптопару Q1. Включение оптопары происходит при заполнении камеры водой до верхнего уровня и замыкании цепи: Электрод анода (А), контакт датчика (ДУ), светодиод (Q1), R8, R9, электрод катода (К). Открывшийся фототранзистор Q1 открывает транзистор VTU и на вход 6 подается  $U_p$ , что возвращает внутренний триггер микросхемы ДД4 (МС LM555) в исходное состояние. Микросхема LM555 имеет на выходе транзисторы выпускающие выходной ток до 200 мА, что позволяет непосредственно управлять мощными транзисторами VT3 и VT5. Если подключить к ним реле, то можно управлять с их помощью нагрузкой любой мощности. Добавляя цепи управления на LM555 и подключая их к соответствующим выходам ДД2 можно управлять большим количеством исполнительных устройств.

## 2.2 Разработка проекта установки для электрохимической активации ВОДЫ

Для решения выявленных недостатков предполагается оснастить установку для электрохимической активации воды датчиками и микроконтроллером. Такое оборудование позволит производить электролиз воды по задаваемому значению рН. Схема автоматизации управления установкой для электрохимической активации воды приведена на рисунке 2.4.

Предотвращение закипания будет достигаться с помощью понижения тока электролиза преобразователем тока (2) по сигналу микроконтроллера. Информацию о температуре воды микроконтроллер получает от датчика температуры (9).

Подъем и понижение уровня жидкости будет регулироваться с помощью насосов (3, 4, 10, 11, 12) по сигналу микроконтроллера. Информацию об уровне жидкости микроконтроллер получает от датчика уровня (6).

Электролиз жидкости будет производиться по задаваемому значению рН анолита или католита. Информацию о рН жидкости микроконтроллер получает от рН датчиков (7, 8), находящихся в рабочей области установки.

Ультразвуковой излучатель (1) будет работать во время цикла очистки, который задается во время включения установки. Планируется реализовать подъем (в течение рабочего цикла) и спуск (в течение цикла очистки) ультразвукового излучателя для предотвращения его контакта с жидкостью во время электролиза.

Рабочая зона установки конструктивно разделена на 2 части, сообщающихся с помощью обратного клапана. Данная особенность реализована для предотвращения «взбалтывания» осадка во время подачи воды.

В верхней части рабочей зоны происходит электролиз жидкости. Также имеются области скапливания осадка, очищаемые во время цикла очистки. Пена, образуемая во время электролиза, удаляется с помощью слива в специальный желоб во время цикла очистки. Нижняя часть рабочей зоны

служит для равномерной подачи жидкости в зону получения анолита и католита.

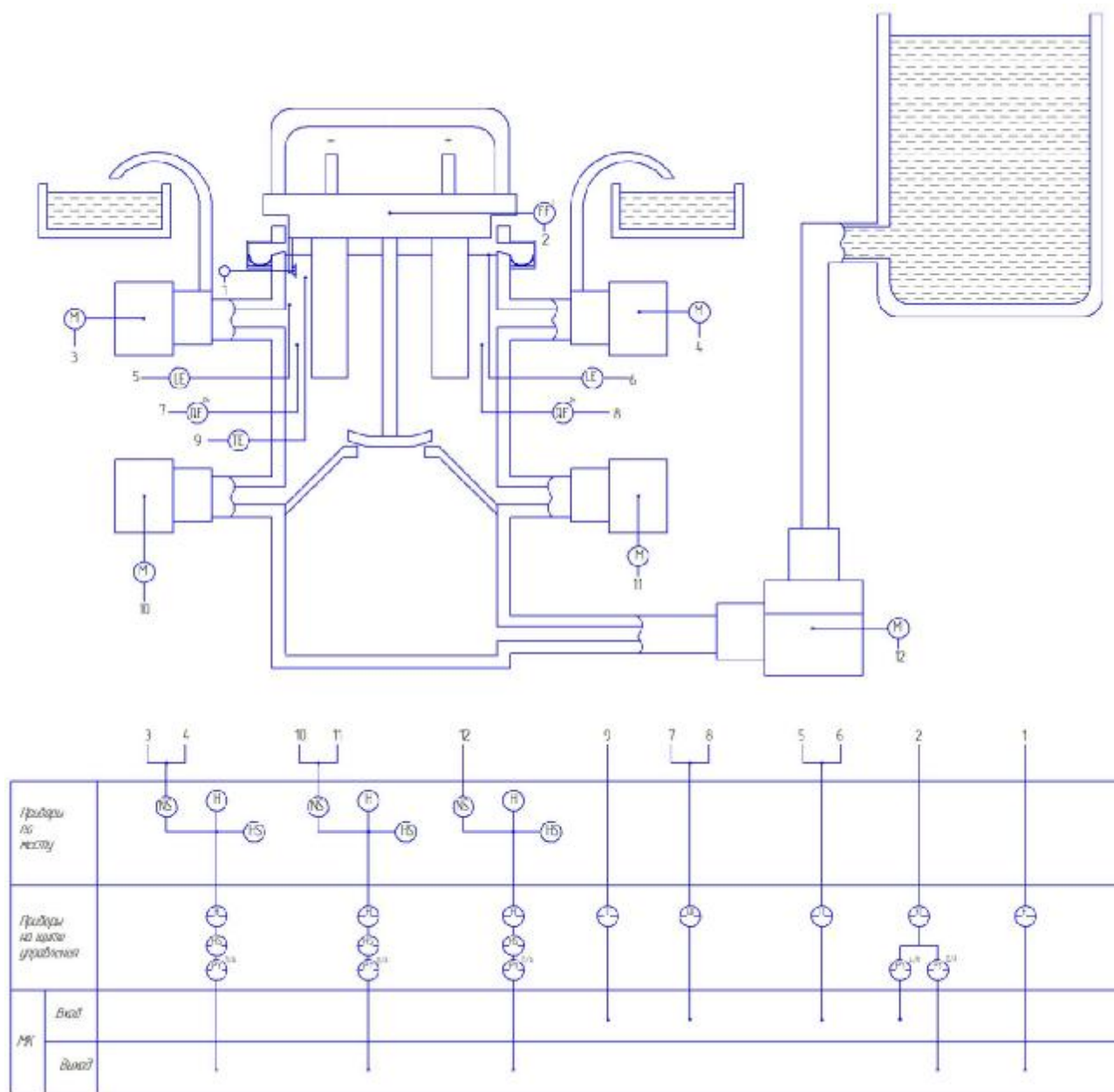


Рисунок 2.4 – Схема автоматизации установки для электрохимической активации воды

До начала работы установки для электрохимической активации воды реализована проверка работоспособности устройств, входящих в ее комплекс (рисунок 2.5). Целью проверки является превентивное выявление неисправности и повышение безопасности использования установки.

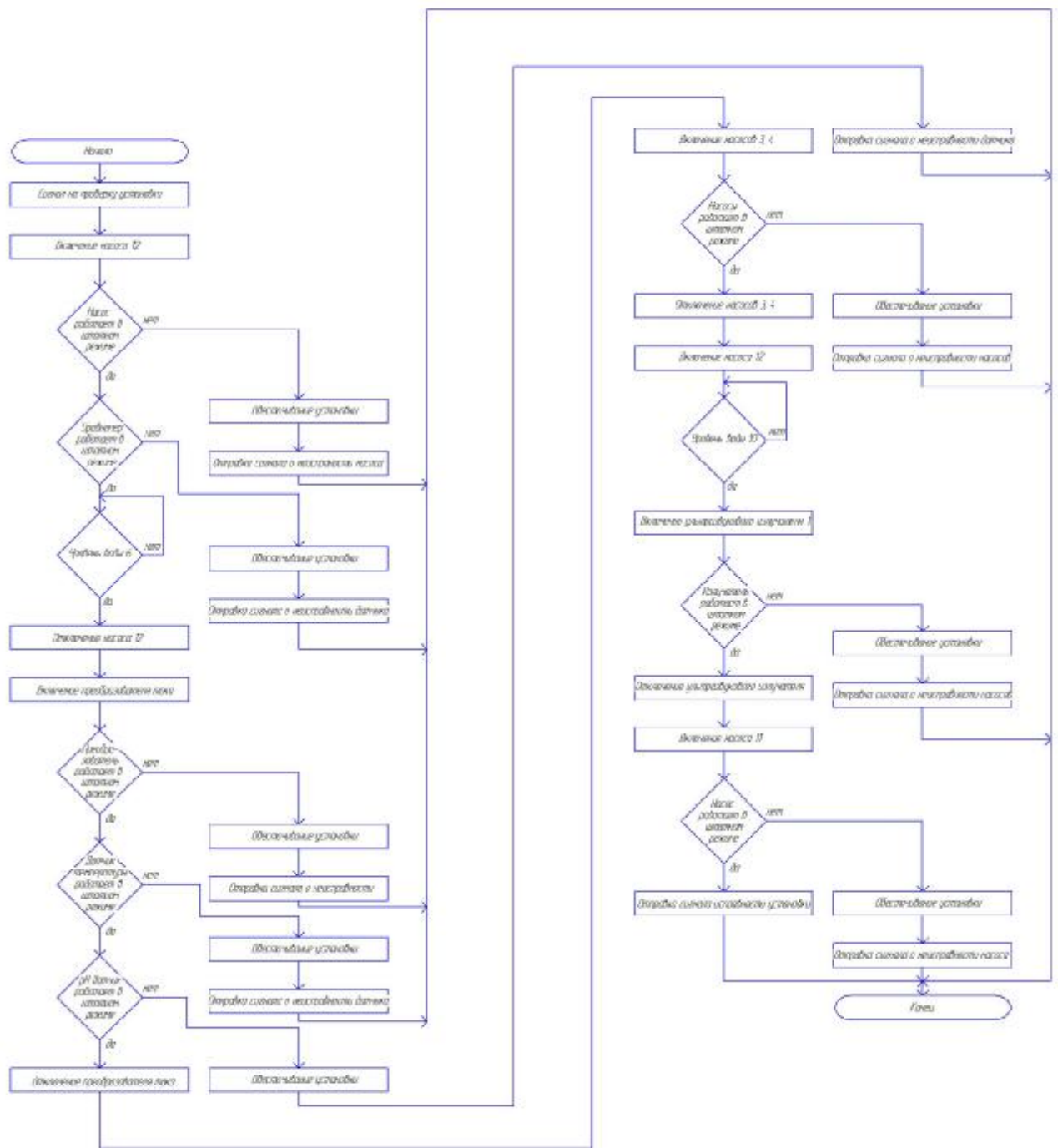


Рисунок 2.5 – Укрупненный алгоритм проверки работоспособности установки для электрохимической активации воды

Работа установки для электрохимической активации воды реализуется с помощью алгоритма представленного на рисунке 2.6.

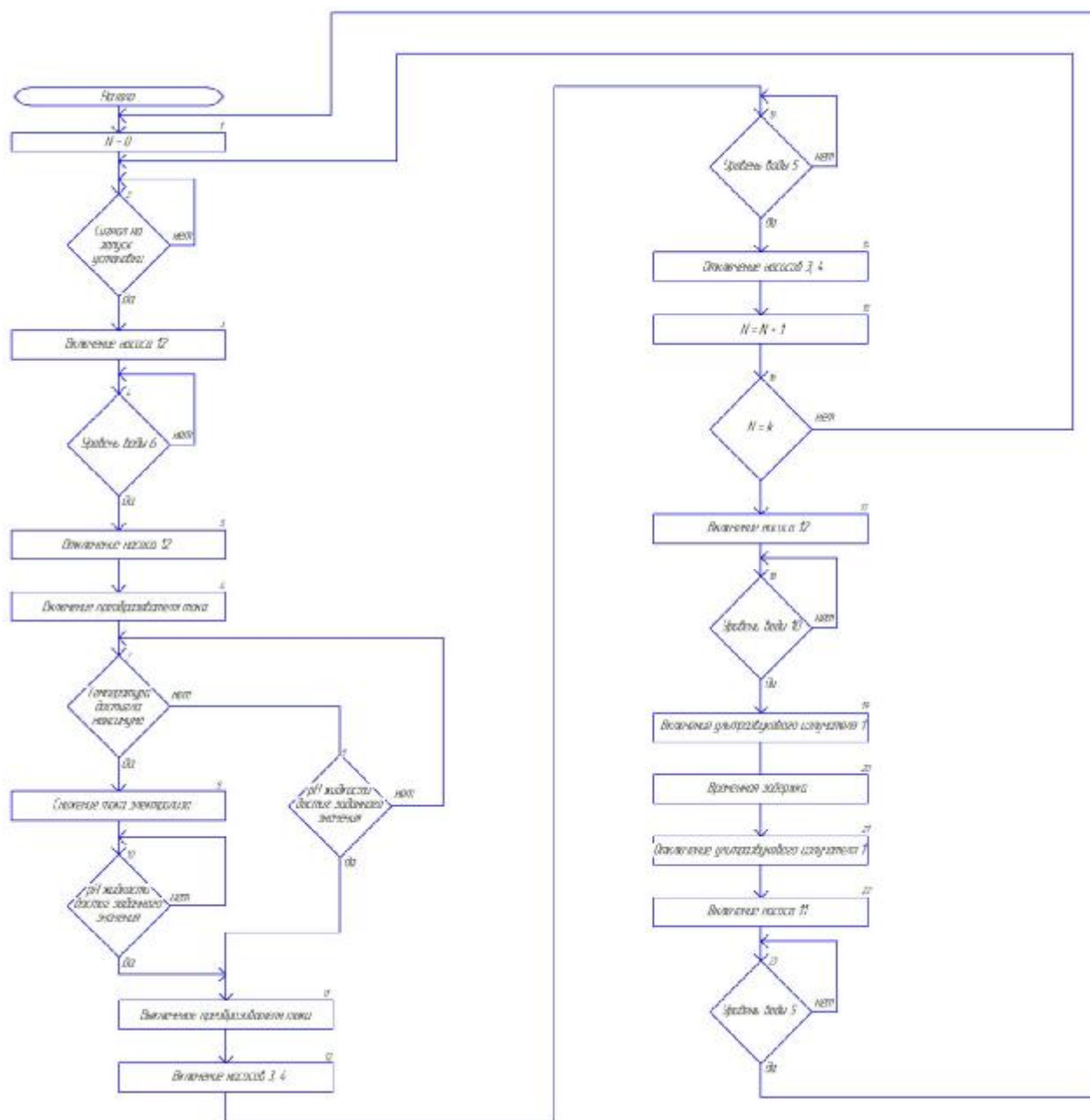


Рисунок 2.6 – Укрупненный алгоритм работы установки для электрохимической активации воды

Блок 1 алгоритма отвечает за обнуление рабочих циклов установки.

Блок 2 алгоритма отвечает за ожидание сигнала для начала цикла работы установки, при отсутствии сигнала работа установки для электрохимической активации воды не начнется.

Блок 3 алгоритма соответствует включению насоса 12, для наполнения рабочей области установки жидкостью.

Блок 4 алгоритма отвечает за наполнение рабочей области установки до уровня воды 6.

Блок 5 алгоритма реализует отключение насоса 12 по достижении жидкостью уровня 6.

Блок 6 алгоритма реализует включение преобразователя тока, для начала электролиза жидкости.

Блок 7 алгоритма реализует проверку жидкости по максимально допустимой температуре, если температура достигла максимальной то переход на блок 8, в ином случае на блок 9.

Блок 8 алгоритма реализует снижение тока электролиза с помощью преобразователя тока.

Блок 9 алгоритма реализует проверку жидкости по заданному значению рН, при достижении заданного рН реализуется переход на 11 блок, в ином случае на 7 блок.

Блок 10 алгоритма реализует проверку жидкости по заданному значению рН, при достижении заданного рН реализуется переход на 11 блок, в ином случае ожидание.

Блок 11 алгоритма реализует отключение преобразователя тока.

Блок 12 алгоритма соответствует включению насосов 3, 4, для скачивания активированной воды до уровня 5.

Блок 13 алгоритма отвечает за скачивание жидкости до уровня воды 5.

Блок 14 алгоритма реализует отключение насоса насосов 3, 4 по достижении жидкостью уровня 5.

Блок 15 алгоритма реализует добавление единицы к количеству рабочих циклов установки.

Блок 16 алгоритма реализует сопоставление пройденных рабочих циклов с заданным значением, при достижении заданного значения переход на блок 17, в ином случае на блок 2.

Блок 17 алгоритма реализует включение насоса 12, для наполнения рабочей области установки жидкостью.



Блок 18 алгоритма отвечает за наполнение рабочей области установки до уровня воды 10.

Блок 19 алгоритма реализует включение ультразвукового излучателя, для начала очистки катода.

Блок 20 алгоритма реализует временную задержку, для полноценной очистки катода ультразвуковым излучателем.

Блок 21 алгоритма реализует отключение ультразвукового излучателя по окончании временной задержки.

Блок 22 алгоритма реализует включение насоса 11, для скачивания скопившегося осадка до уровня воды 5.

Блок 23 алгоритма отвечает за скачивание осадка до уровня воды 5, по достижении уровня воды 5 реализуется переход на 1 блок.

### **2.3 Выбор технических средств автоматизации системы автоматического управления процессом электрохимической активации воды**

Установка для электрохимической активации воды условно состоит из блока автоматического управления и объекта управления.

Объект управления состоит из: корпуса, полупроницаемой перегородки, электродов, насосного оборудования, ультразвукового излучателя, сенсорного монитора.

Блок автоматического управления состоит из: программируемого логического контроллера, датчиков, преобразователя тока.

#### **2.3.1 Материал корпуса**

В качестве рабочей области установки для электролиза воды будет использована гальваническая ванна из полипропилена. резервуар из этого материала довольно легок но основное преимущество – пластик не вступает в химические реакции ни с одной кислотой или щелочью.

В производстве гальванических ванн вместо стали или титана все чаще используют полипропилен и полиэтилен. Это связано с их особыми химико-физическими свойствами, а именно:

1. Устойчивостью к высокой концентрации солей, щелочей и кислот даже при повышенной температуре.
2. Хорошей температурной устойчивостью (материал выдерживает температуру до 130° С).
3. Высокой износостойкостью (срок службы более 50 лет).
4. Повышенной ударопрочностью, низкой паро- и водопроницаемостью, что необходимо в условиях цеха.

В составе установки предполагается использовать гальваническую ванну со следующими параметрами: высота – 700 мм, радиус – 260 мм, толщина стенок – 5 мм, объем – 150 л.

### **2.3.2 Электроды**

При электролизе происходит окисление анода (он растворяется) и восстановление катода. Именно поэтому анод следует брать таким, чтобы его растворение не повлияло на химический процесс, протекающий в растворе или расплаве. Такой анод называют инертным электродом. В качестве инертного анода можно взять графит (углерод) или платину.

В качестве катода можно взять металлическую пластину (она не будет растворяться). Подойдёт медь, латунь, углерод (или графит), цинк, железо, алюминий. Но для стандартизации электроды лучше использовать одного типа.

Для установки выбраны электроды из графита размером 300\*100\*10 мм, такие геометрические параметры электродов увеличат площадь соприкосновения с жидкостью, позволят уменьшить сопротивление, которое приводит к нагреву жидкости.

### 2.3.3 Насос для подачи воды

Подачу в установку чистой воды для электролиза возможно организовать с помощью обратного клапана (от водопроводной сети) или с помощью насоса. Для стабилизации работы установки и вследствие колебаний давления водопроводной сети АО «Питомнического комплекса Воронежской области» было принято решение о применении насосного оборудования. На основании потребности установки в жидкости и экономической эффективности был выбран поверхностный насос Denzel GP1000X, параметры приведены в таблице 2.1 [7].

Таблица 2.1

Общие параметры насоса Denzel GP1000X

Тип	поверхностный насос
Модель	Denzel GP1000X
Назначение	чистая вода
Основные характеристики	
Потребляемая мощность (Вт)	1000 Вт
Механизм насоса	центробежный
Пропускная способность (м <sup>3</sup> /час)	3.5 м <sup>3</sup> /час
Производительность (л/мин)	58.3 л/мин
Глубина погружения (м)	нет
Подъем воды (м)	44 м
Материал корпуса	нержавеющая сталь, пластик
Ограничения	
Допустимая температура жидкости	55°C
Дополнительная информация	
Комплектация	гарантийный талон, руководство по эксплуатации
Дополнительно	степень защиты IPx4
Габариты и вес	
Вес (кг)	8.8 кг

В зависимости от того, как организован подвод воды, возможно использование обратного клапана. Но в данном случае выбран насос, так как он может обеспечить стабильную подачу и поддержание уровня жидкости в рабочей области установки.

### 2.3.4 Насосы для скачивания активированной воды

Активированная вода обладает кислотно-щелочной активностью, поэтому необходимо предусмотреть защиту для насоса, труб и резервуаров хранения активированной воды от химических воздействий. Агрегат электронасосный типа АХ 3/15 предназначены для перекачивания химически активных и нейтральных жидкостей плотностью, макс, 1850 кг/м<sup>3</sup> и содержащих твердые включения в количестве, макс, 1,5% по объему с размером частиц, макс, 1 мм, для которых скорость проникновения коррозии материала деталей проточной части, макс, 0,1 мм/год. Температура перекачиваемой жидкости от -40 до +130С [14].

Уплотнение вала насоса - двойное сальниковое или двойное торцовое.

Материал деталей проточной части насоса:

- хромоникелевая сталь 12Х18Н9ТЛ-«К»;
- хромоникельмолибденовая сталь 12Х18Н12МЗТЛ-«Е»;
- хромоникельмолибденомеднистая сталь 07ХН25МДТЛ-«И».

Таблица 2.2

Параметры электронасоса АХ 3/15

Типоразмер насоса	Подача		Напор, м	Частота вращения с <sup>-1</sup> (об/мин)	Допускаемый кавитационный запас м, не более	Мощность, потребляемая насосом, кВт
	м <sup>3</sup> /ч	л/с				
АХ3/15	3	0,83	15	48 (2900)	5	0,58

### 2.3.5 Насос для скачивания осадка

Насос для скачивания осадка возникающего в процессе электролиза должен удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать скачивание воды с взвесью осадка;
- поддерживать свою работу при температуре до 95 С;
- быть защищенным от кислотно-щелочных воздействий;
- обеспечивать высокую скорость скачивания.

Для скачивания осадка выбран насос Asquaer RGS-406PW, он обеспечивает все вышперечисленные требования, технические характеристики приведены в таблицу 2.3 [6].

Таблица 2.3

Технические характеристики Asquaer RGS-406PW

Материал корпуса	пластик
Максимальная производительность	9000 л/ч
Мощность	400 Вт
Допустимый диаметр твердых частиц	5 мм
Качество воды	загрязненная
Диаметр патрубка	1"
Использование	полупрофессиональное
Габариты прибора	210x170x330 мм
Вес нетто	5 кг
Страна производитель	Китай
Гарантия	12 мес.

### 2.3.6 Датчик уровня

Для устранения соприкосновения датчиков уровня с жидкостью выбраны бесконтактные датчики уровня, которые применяются там, где необходимо избежать пагубного влияния физико-химических свойств измеряемой жидкости. На процесс измерения и работоспособность датчика могут влиять:

- вязкие жидкости (сгущёнка, варенье, нефтепродукты, глицерин и др.);
- агрессивные жидкости (щёлочи, кислоты).

Именно бесконтактный тип датчиков рекомендован при контроле уровня агрессивных сред. Для обеспечения измерения уровня жидкости выбран рефлексный микроволновый уровнемер MicroTREK.

Преимущества волноводных микроволновых уровнемеров MicroTrek:

- низкая стоимость;
- стабильная работа в условиях постоянно и быстро изменяющегося уровня;
- давление, температура и диэлектрическая постоянная не влияют на точность;
- возможность использования для работы с материалами, обладающими низкой диэлектрической проницаемостью ( $\epsilon_r > 1,4$ );
- измерения уровня двух и более продуктов;
- высокая точность работы.

Волноводный микроволновый уровнемер MicroTrek предназначен для работы с жидкостями и сыпучими материалами, у которых относительная диэлектрическая постоянная  $\epsilon_r > 1,4$ . У воды диэлектрическая постоянная  $\epsilon_r = 80$  [9].

Технические данные уровнемера:

- питание прибора от блока питания: с напряжением 24 В постоянного тока;

- максимальная температура на фланце с установленным уровнемером: от -30°C до +200°C;
- температура в месте установки прибора с использованием обогреваемого термочехла: от -70°C до +60°C;
- максимальное избыточное давление в емкости с продуктом: от 0 до 40 бар;
- максимальное измерения уровня продукта зависит от используемого зонда: не более 24 м;
- аналоговый выходной сигнал: 4-20 мА (пассивный);
- исполнение прибора со степенью механической защиты: IP 65.

### 2.3.7 Ультразвуковой излучатель

Для очистки катода от осаждаемого осадка выбран ультразвуковой погружной излучатель ПСБ-300х150.150-35.

Основные виды загрязнений, которые удаляются в процессе ультразвуковой очистки, можно объединить в четыре группы [12]:

- твердые и жидкие пленки – разные масла, жиры, пасты и т.п.;
- твердые осадки – частички металла и абразива, пыль, нагар, водонерастворимые неорганические соединения (накипь, флюсы) и водорастворимые или частично растворимые органические соединения (соли, сахар, крахмал, белок и т.п.);
- продукты коррозии – ржавчина, окалина и т.д.;
- предохраняющие, консервирующие и защитные покрытия.

Таблица 2.4

Технические характеристики ультразвукового излучателя ПСБ-300х150.150-35

Габаритные размеры излучателя	300х150х90 мм
габаритные размеры генератора	210х265х145 мм

мощность генератора	150 Вт
рабочая частота	35 кГц
амплитудная модуляция	до 90%
параметры электрической сети	220В±5% 50-60 Гц
материал изготовления	нерж. сталь толщиной 2,0 мм
длина ВЧ-кабеля	3 м

### 2.3.8 pH датчики

Для измерения уровня pH выбраны датчики HI12300, основными их преимуществами являются:

- встроенный микрочип;
- электрод сравнения с двойным солевым мостиком;
- ПЭИ корпус;
- встроенный температурный датчик.

Встроенный микрочип хранит информацию о типе датчика, серийном номере и калибровке, включая дату, время, смещение, наклон, состояние электрода и использованные растворы для калибровки. Информация автоматически передается на прибор как только датчик подключается. Возможность передачи информации позволяет осуществлять замену «горячую» замену электрода (без отключения электропитания) без перекалибровки. Все измерения производятся в электроде и передаются в виде цифрового сигнала на прибор, такой подход позволяет устранить помехи. Электронные помехи могут генерироваться встроенным термодатчиком, а также при измерениях во влажной атмосфере [3].

Электрод сравнения с двумя солевыми мостиками имеет внешний отсек, окружающий электрод сравнения. В электролите внутреннего отсека, в котором расположена Ag/AgCl проволока электрода сравнения, присутствуют ионы



серебра; электролит отсека не содержит серебра. Устройство двойного солевого мостика позволяет добиться того, что ионы серебра из электрода не попадают в образец. Такая конструкция позволяет проводить измерения в тех случаях, когда присутствие ионов серебра в образце нежелательно, или серебро может образовать осадок на диафрагме.

Полиэфиримид (ПЭИ) подходит для широкого диапазона применений и первенствует в полевых измерениях, благодаря своей прочности. Защита вокруг сферической мембраны минимизирует риск поломки из за случайного удара или падения электрода. ПЭИ – высококачественный пластик, стойкий ко многим агрессивным химикатам.

Встроенный температурный датчик, находящийся в мембране рН электрода. Термистор предоставляет высокоточные данные о температуре и должен находиться как можно ближе к индикаторному электроду, чтобы компенсировать эффект, оказываемый температурой на измерение рН. Имея точные данные о температуре можно говорить корректной термокомпенсации.

Технологическая среда хлор-щелочного процесса для обычных датчиков рН слишком агрессивна. В этих условиях электроды подвергаются воздействию высоких температур, засоряются и отравляются разными веществами. При мембранном электролизе особенно жесткие условия возникают на аноде. Хлор диффундирует через диафрагму и нарушает систему сравнения. Это приводит к неверному измерению рН и сокращает срок эксплуатации датчика.

Добиться достоверных результатов измерения рН можно с помощью датчиков с двойной мембраной, которые разработаны специально для точного и длительного измерения в среде хлор-щелочного процесса. Основное отличие датчиков с двойной мембраной от обычных датчиков рН – система с натриевым электродом сравнения. В таких датчиках используется стеклянная мембрана, чувствительная к ионам натрия, которая способна заряжаться этими ионами в технологической среде. Концентрация натрия в солевом растворе используется в качестве точки сравнения. Система сравнения, чувствительная к ионам натрия рNa, герметично закрыта: диафрагмы нет, следовательно, никакие окислители

не могут проникнуть к электроду и нарушить систему сравнения. В мембранах таких датчиков используется стойкое к щелочам стекло. Применение системы с натриевым электродом сравнения позволяет успешно измерять рН в агрессивной среде хлор-щелочного процесса.

Таблица 2.5

Характеристики рН датчика HI12300

Материал корпуса	ПЭИ
Электрод сравнения	двойной
Электролит	гель
Диапазон	рН: от 0 до 13
Максимальное давление	2 бар
Форма мембраны	сферическая (диаметр: 7,5 мм)
Диаметр	12 мм
Длина корпуса / Общая длина	120 мм / 163,5 мм
Рекомендуемый диапазон применения	от -5 до 70° С (от 23 до 158° F)
Температурный датчик	да
согласующий контакт	нет
Усилитель	нет
Цифровой	да
Кабель	1 м
Разъем	3,5 мм

### 2.3.9 Датчик температуры

Для измерения температуры выбран инфракрасный датчик температуры TW2000 предназначенный для бесконтактного контроля температуры различных объектов.

Инфракрасные датчики из серии TW2000 имеют ряд особенностей, обеспечивающих многие преимущества перед другими видами устройств температурного контроля [4]:

- измерение температуры до 999,5°C с шагом в 0.5°C;
- дисплей для отображения результатов измерения;
- встроенная защита от ошибок при подключении, коротких замыканий и токовых перегрузок;
- высокая степень защиты от внешних загрязнений и воды;
- антибликовое покрытие линзы.

Благодаря универсальным техническим характеристикам датчик TW2000 с инфракрасным измерением температуры подходит для работы в условиях большинства современных производств. Наиболее важными рабочими параметрами устройства являются:

- диапазон измеряемой температуры — 0...999,5°C;
- дистанция измерения — до 5 метров;
- резьбовой корпус размером M30x1,5;
- рабочее напряжение — DC 18...32В;
- выходы — два выхода: 4-20мА и NO/NC программируемый;
- степень защиты — IP65.

Датчик способен проводить измерения в пределах 0...999,5°C при работе в диапазоне длин волн от 8 до 14 микрон. Параметры инфракрасного датчика TW2000 перечислены в таблице 2.6.

Характеристики датчика температуры TW2000

Диапазон измеряемых температур		0...999,5 °С
Рабочее напряжение		18...32В DC
Номинальный ток		150 мА
Настройка датчика		Кнопки для программирования
Тип выхода		Коммутационный или аналоговый
Разрешение измерения	Аналоговый выход	0,2К+0,03% установленного диапазона измерения
	Коммутационный	0,5К
Погрешность измерения		<±1%
Дистанция измерения		до 5м
Размер резьбового корпуса		M30x1,5
Подсоединение к оборудованию		Разъём M12
Материалы корпуса		нержавеющая сталь серии V2A (1.4305) (303S22), полиэстер
Температура эксплуатации		0...95 °С
Температура хранения		-20...100 °С
Степень защиты корпуса		IP 65

### 2.3.10 Преобразователь тока

Преобразователь тока ПТ-40/70 – предназначен для преобразования переменного напряжения сети в постоянное, регулируемое по величине эффективного значения.

Преобразователь обеспечивает стабилизацию заданного значения тока электролизера, быстродействующую защиту преобразователя в аварийных режимах, защиту от превышения напряжения на электролизере выше допустимого уровня.

По итогам применения преобразователя для электролизеров на объектах эксплуатации зафиксировано:

- более точная настройка параметров технологического процесса;
- значительная экономия потребляемой электроэнергии;
- сокращение времени цикла работы электролизера.

Таблица 2.7

Характеристики преобразователя тока ПТ-40/70

Параметры	ПТ-40/70
Номинальный выпрямленный ток, А	40
Номинальное выпрямленное напряжение питания, В	70
Номинальное напряжение питания, В	380
Диапазон регулирования выпрямленного тока, %	0-100
Охлаждение	Естественное
Габаритные размеры, мм	127 250 400
Масса, кг.	12

### 2.3.11 Сенсорный экран

Сенсорные экраны предназначены для оперативного взаимодействия пользователя с электронными устройствами. С их помощью можно вводить и просматривать информацию, задавать последовательность действий и получать результаты выполненных операций. В зависимости от сферы применения сенсорные экраны могут иметь различные размеры и отличаться технологически, но в основе их использования лежит один и тот же принцип – передача команд программному обеспечению при помощи прикосновений к поверхности экрана.

Сенсорные экраны делятся на:

- емкостные;

- проекционно-емкостные;
- инфракрасные;
- дисперсионные;
- резистивные.

Функционал сенсорного экрана емкостного типа заключается в физическом свойстве человека проводить электрический ток. Сам принцип работы емкостного сенсорного дисплея основывается на технологии нанесения специального электропроводного слоя на стекло. К каждому из углов экрана подключены провода, подающие на них слабый но постоянный электрический разряд переменного тока. При прикосновении человеческого пальца к экрану происходит утечка тока, которая регистрируется специальной электроникой, ответственной за управление устройством. Система вычисляет точку касания, после чего полученные данные передаются процессору. Далее происходит обработка информации и выполнение заданной команды.

Отличительными особенностями емкостных сенсорных экранов являются:

- надежность и долговечность использования благодаря прочности и износостойкости стеклянной поверхности;
- увеличенный рабочий ресурс, исчисляемый в многомиллионном количестве нажатий;
- устойчивость к различным загрязнениям, не проводящим электрический ток;
- поддержка мультитач (для проекционно-емкостной технологии).

К основному недостатку емкостных сенсорных экранов можно отнести возможность работы с монитором только голыми руками. Сенсор нечувствителен к манипуляциям, осуществляемым предметами, не проводящими электрический ток.

Конструктивно панели на базе поверхностно-емкостных пленок представляют собой сдвоенные пластины из стекла, между которыми

расположены электроды. Образованная электродами сетка принимает импульсы от контроллера и при приближении пальца к экрану создает эффект утечки тока через конденсатор большой емкости, в качестве которого выступает тело человека. Контроллер фиксирует величину падения напряжения и по ней определяет точку касания. К достоинствам экранов на основе проекционно-емкостных пленок относятся:

- высокий уровень светопропускания. Устройства отличаются высокой прозрачностью, а показатель светопропускания у них находится на уровне 90%;
- проекционно-емкостная технология позволяет использовать для защиты пленок стекло большой толщины без существенно ущерба для быстродействия и точности работы экранов;
- широкий температурный диапазон эксплуатации. Панели обладают стойкостью к воздействию температурных перепадов и отрицательным температурам, могут эксплуатироваться как в помещениях, так и на открытом воздухе;
- высокая точность фиксации области касания. Технология позволяет определять координаты точки касания с высокой точностью. С увеличением толщины защитного стекла для корректной работы устройств требуется более сильное нажатие, но это не доставляет пользователям явных неудобств;
- панели способны определять касания сразу в нескольких точках поверхности, благодаря чему становится возможным более широкий спектр манипуляций: масштабирование изображений, одновременное управление несколькими пользователями.

К особенностям экранов на основе проекционно-емкостных пленок относятся также сравнительно высокая производственная себестоимость и техническая сложность. Устройства отлично реагируют на точечные касания, но не всегда корректно функционируют при рисовании на экране или перемещении графических элементов.

Работа инфракрасных сенсорных экранов основана на прерывании инфракрасного светового сигнала, т. е. инфракрасной сетки, которая расположена перед экраном. Импульсы, посылаемые контроллером, попадают светодиоды, на основании чего создается сетка инфракрасных пучков света. Когда рука или же стилус воздействуют на сенсор (вводится в сетку), световой сигнал прерывается. Фототранзисторы обнаруживают отсутствие импульса, затем передают сигнал, определяющий координаты Y и X.

Инфракрасные рамки имеют ряд достоинств:

- скоростное срабатывание;
- реагирование на прикосновение любым предметом;
- низкое энергопотребление;
- безупречная работа (отсутствие «мертвых» зон, износоустойчивость);
- книжная, альбомная ориентация;
- качественная калибровка по четырем, восьми точкам, дрейф исключен;
- одновременная обработка до 40 касаний;
- длительный период эксплуатации;
- защищенный корпус от влаги, пыли (класс IP65).

Дисперсная сенсорная панель, служит для применения совместно с оконными стеклами или столешницами. Данная технология обеспечивает устойчивость панели к царапинам и загрязнениям.

Резистивный сенсорный экран состоит из двух слоев - стеклянной поверхности и чувствительной мембраны из пластика, которая имеет резистивное покрытие. Между двумя поверхностями расположены микроизоляторы. Чтобы воздействовать на дисплей, необходимо привести в соприкосновение стеклянную поверхность и мембрану. Для этого легкого касания недостаточно, необходим твердый предмет и сильное нажатие.

Одно из преимуществ резистивных сенсорных экранов - низкая цена, а также возможность использовать в самых сложных условиях. Если экран стал



грязным, он не потеряет своей чувствительности и будет отзываться на касания твердым предметом. Другие виды чувствительных экранов могут терять свои функции.

Выбран инфракрасный сенсорный экран CarrollTouch 8", так как он обладает следующими достоинствами:

- выдерживают суровые условия;
- настраиваются на изменение условий освещения, включая прямой солнечный свет;
- стабильные, не теряют калибровку;
- износостойчивые экраны, идеальны для использования в условиях цеха;
- защищены от загрязняющих веществ и влаги;
- возможен выбор интерфейса подключения;
- возможен выбор типа фильтра и подложки для защиты системы и оптимальной оптики.

Таблица 2.8

Общие параметры инфракрасного сенсорного экрана CarrollTouch 8"

Контроллер	RS232/USB
Точность определения координат	Стандартная девиация ошибки менее 2 мм.
Размер экрана,	8"
Производитель	Elo Touch Solutions
Гарантия, лет	5 лет
Температурный режим, °С	От -20 до 70

### 2.3.12 Программируемый логический контроллер

Для управления протекающими процессами в установке для электрохимической активации воды выбран программируемый логический контроллер ПЛК110-Х.60 с исполнительной средой MasterSCADA 4D. Он

предназначен для построения распределенных систем управления и диспетчеризации с использованием как проводных, так и беспроводных технологий:

- в системах HVAC;
- в сфере ЖКХ (ИТП, ЦТП);
- для управления климатическим оборудованием;
- для автоматизации торгового оборудования.

MasterSCADA 4D – кросс-платформенная SCADA-система, позволяющая создавать проекты автоматизации с использованием языков стандарта МЭК61131-3 с динамическим web-интерфейсом. Масштабируемая векторная графика дает возможность с равным успехом управлять технологическим процессом с компьютера, планшета или смартфона с любыми операционными системами [8].

Преимущества использования MasterSCADA 4D для программирования контроллера:

- web-визуализация;
- специализированные библиотеки;
- набор библиотечных алгоритмов;
- элементы визуализации, ранее доступные для отрисовки мнемосхем, теперь доступны для создания web-визуализации контроллера;
- объемные элементы мнемосхем;
- графический редактор;
- редакторы FBD/SFC/LD/ST;
- OPC UA на борту контроллера;
- поддерживается одновременная работа с несколькими контроллерами и другими устройствами системы в рамках одной среды;
- программирование, настройка обмена и создание визуализации происходит в одном инструменте.

Таблица 2.9

### Характеристики преобразователя тока ПТ-40/70

Параметр	ПЛК110-Х.60
<p>Напряжение питания:                      ПЛК110-24.Х.Х-Х                      ПЛК110-220.Х.Х-Х</p>	<p>от 9 до 30 В постоянного тока при <math>T &gt; -20\text{ }^{\circ}\text{C}</math>,                      от 9 до 26 В постоянного тока при <math>-40\text{ }^{\circ}\text{C} &gt; T &gt; -20\text{ }^{\circ}\text{C}</math> (номинальное напряжение 12 или 24 В);                      от 90 до 264 В переменного тока,                      либо постоянного тока (номинальное напряжение 120/230 В)</p>
<p>Потребляемая мощность,                      не более:                      ПЛК110-24.Х.Х-Х, Вт                      ПЛК110-220.Х.Х-Х, ВА</p>	<p>31                      45</p>
<p>Параметры встроенного                      источника питания:                      ПЛК110-24.Х.Х-Х, Вт                      ПЛК110-220.Х.Х-Х, Вт</p>	<p>Выходное напряжение равно входному напряжению на клеммах питания ПЛК, ток не более 630 мА;                      Выходное напряжение <math>24\text{ В} \pm 4\%</math>, ток не более 400 мА</p>
<p>Количество цифровых                      входов</p>	36
<p>Подключаемые входные                      устройства</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• коммутационные устройства (контакты кнопок, выключателей, герконов, реле и т.п.) – см. рисунок В.1;</li> <li>• трехпроводные датчики, имеющие на выходе транзистор n-p-n или ррр–типа с открытым коллектором;</li> <li>• дискретные сигналы с напряжением до 30 В.</li> </ul>
<p>Количество релейных                      дискретных выходных                      каналов</p>	24
<p>Количество дискретных                      транзисторных                      выходных каналов</p>	24
<p>Максимальный ток                      транзисторного выхода,                      мА, не более</p>	<p>400 (при напряжении не более 30 В постоянного тока – нагрузка для категории использования DC-13 по ГОСТ Р 50030.1–2000)</p>

Характеристики встроенного выходного защитного элемента подавления помех, возникающих из-за коммутации индуктивностей (TVS диод)	SMBJ40A (напряжение срабатывания от 44,4 В до 49,1 В)
<b>Интерфейсы связи</b>	
RS-485	2
RS-232	1
RS-232-Debug	1
Ethernet 100 Base-T	1
<b>Ресурсы и дополнительное оборудование</b>	
Центральный процессор	RISC-процессор Texas Instruments Sitara AM1808
Объем оперативной памяти (тип памяти)	128 (SDRAM)
Объем энергонезависимой памяти (тип памяти)	128 Мб доступно для хранения файлов и архивов
Объем Retain-памяти (тип памяти)	128 кб (MRAM)
Время выполнения пустого цикла	Установленное по умолчанию – 100 мс (настраивается в окне задачи – основная задача) ПО MasterScada 4D.
Дополнительное оборудование	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Часы реального времени с собственным батарейным питанием погрешность хода: при температуре +25 °С – не более 5 секунд в сутки; при температуре -40 °С – не более 20 секунд в сутки;</li> <li>• Встроенный источник выдачи звукового сигнала;</li> <li>• Трехпозиционный переключатель на передней панели контроллера.</li> </ul>

### **2.3.13 Другие комплектующие**

В качестве полупроницаемой перегородки в установке для электрохимической активации воды использована мембрана из кальки. Данный материал выдерживает высокие токи электролиза и большое количество циклов работы установки. Также он обладает низкой стоимостью и экологически чистый.

Трубы для передачи и резервуары для хранения анолита и католита должны быть выполнены из химически стойких материалов. для предотвращения химических реакций. Рекомендуется на предприятии использовать трубы из следующих материалов: полипропилен РРН, полиэтилен HDPE, поливинилиденфторид PVDF, этиленхлортрифторэтилен ECTFE, поливинилхлорид PVC (ПВХ). Использование современных материалов для труб взамен традиционных титановых и нержавеющей труб позволит снизить стоимость закупки и монтажа, также увеличить сроки эксплуатации.

Провода силовой и управляющей части должны поддерживать протекающие по ним токи без нагрева и иметь защиту от испарений активированной воды, рекомендуется использование проводов с фторопластовой изоляцией марок: МС, МСЭ и МСЭО.

## **3 Расчет режимов функционирования системы автоматического управления процессом электрохимической активации воды**

В качестве объекта оптимизации выбрана автоматическая система регулирования уровня жидкости в установке для электрохимической активации воды. Для математического моделирования динамики процесса будет использован аппарат передаточных функций отдельных звеньев системы.

Структурная схема контура регулирования уровня жидкости в установке для электрохимической активации воды представлена на рисунке 3.1.

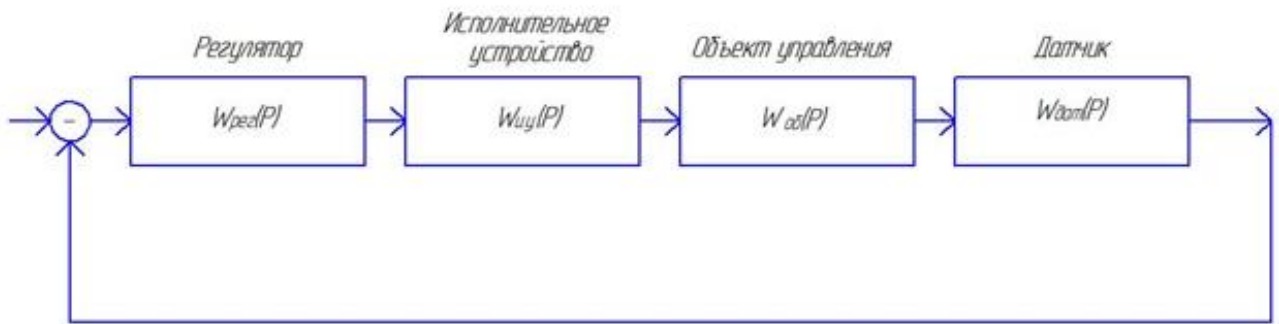


Рисунок 3.1 – Структурная схема АСР уровня жидкости

В данном случае роль объекта управления выполняет установка для электрохимической активации воды, представляющая собой апериодическое звено второго порядка с передаточной функцией (3.1):

$$W_{об}(P) = \frac{k}{(T1 \cdot P + 1) \cdot (T2 \cdot P + 1)}$$

где  $k$  – коэффициент усиления;

$T1$  – постоянная времени установки для электрохимической активации воды;

$T1$  – постоянная времени системы управления уровнем жидкости;

$P$  – оператор Лапласа.

В циклах автоматического управления параметрами электролиза установки для электрохимической активации воды необходимо точно реализовать кривые изменения температуры, рН и уровня жидкости. Энергетические потоки являются инерционными, что вызывает нежелательные длительные переходные процессы. для устранения этого недостатка, для максимального снижения инерционности в процессах управления, целесообразно использовать пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор (ПИД-регулятор).

Программируемый логический контроллер – реализует ПИД-закон регулирования, передаточная функция которого представлена формулой 3.2:

$$W_{рег}(P) = k_{рег} + \frac{k_{рег}}{T_{инт}} \cdot P + k_{рег} \cdot T_{диф} \cdot P$$

где  $k_{рег}$  – коэффициент усиления регулятора;

$T_{из}$  – время изодрома;

$T_{пр}$  – время предварения.

Исполнительный механизм – электродвигатель насоса системы управления уровнем жидкости, передаточная функция которого представляет собой апериодическое звено первого порядка (3.3):

$$W_{иу}(P) = \frac{k_{иу}}{T_{иу} \cdot P + 1}$$

где  $k_{иу}$  – коэффициент усиления исполнительного механизма;

$T_{иу}$  – постоянная времени исполнительного механизма.

Так как время переходного процесса исполнительного механизма во много раз меньше, чем объекта управления, то в рассматриваемой схеме примем  $T=0$ .

Датчик – уровнемер, представляющий апериодическое звено первого порядка с передаточной функцией (3.4):

$$W_{дат}(P) = \frac{k_{дат}}{T_{дат} \cdot P + 1}$$

где  $k_{дат}$  – коэффициент усиления датчика;

$T_{дат}$  – постоянная времени датчика.

Расчеты произведены в среде LabVIEW.

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) – среда прикладного графического программирования, используемая в качестве стандартного инструмента для проведения измерений, анализа их данных, последующего управления приборами и исследуемыми объектами.

Сфера применения LabVIEW непрерывно развивается. В образовании она включает лабораторные практикумы по электротехнике, механике, физике. В инженерной практике – объекты промышленности, транспорта, в том числе воздушного, подводного и надводного флотов, космические аппараты. В науке

– такие передовые центры как CERN (в Европе), Lawrence Livermore, Batelle, Sandia, Oak Ridge (США).

Для расчета был разработан виртуальный прибор, блок-диаграмма которого представлена на рисунке 3.2.

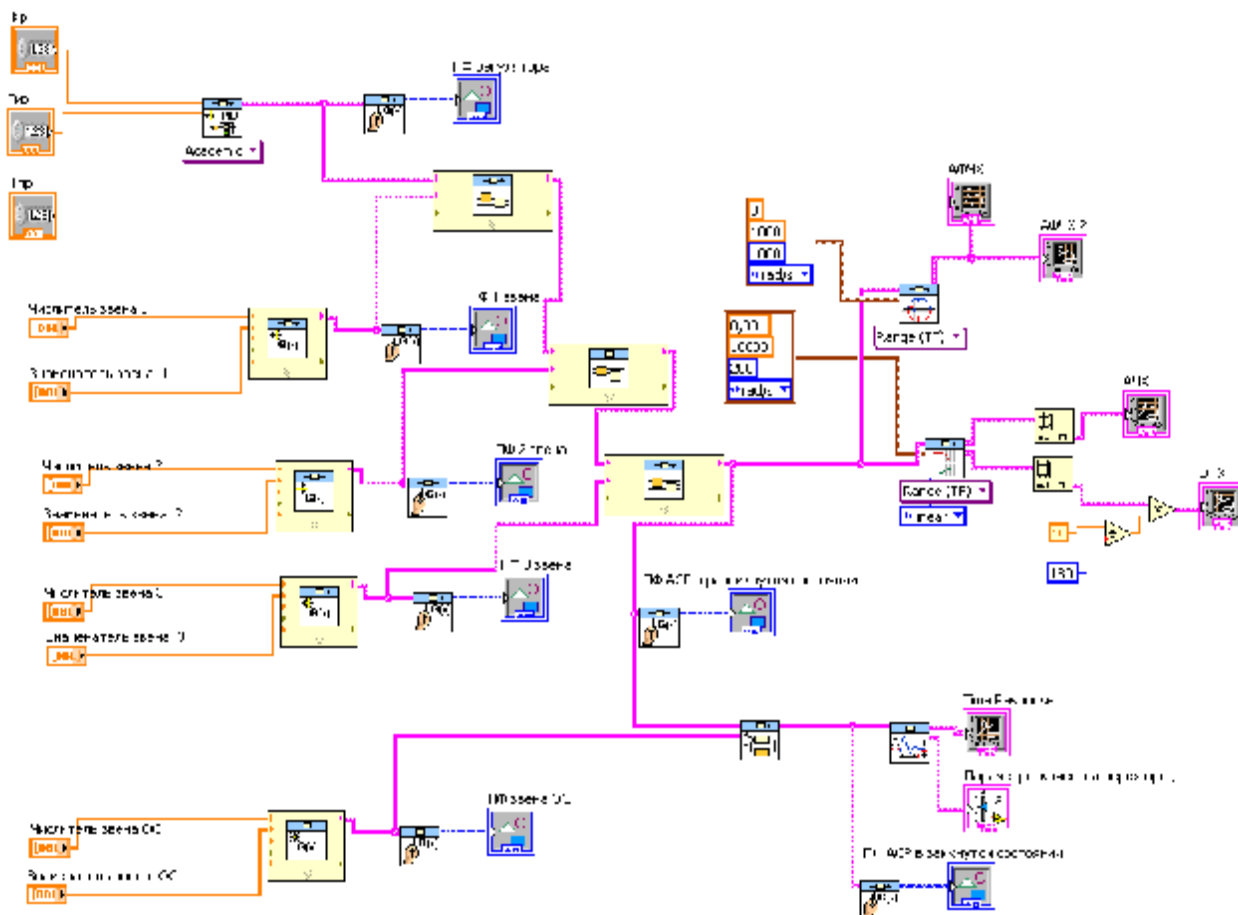


Рисунок 3.2 – Блочная программа виртуального прибора

На панели виртуального прибора возможна настройка передаточных функций АСР (рисунок 3.3). Результирующие данные выводятся на панели в виде графиков и таблиц.



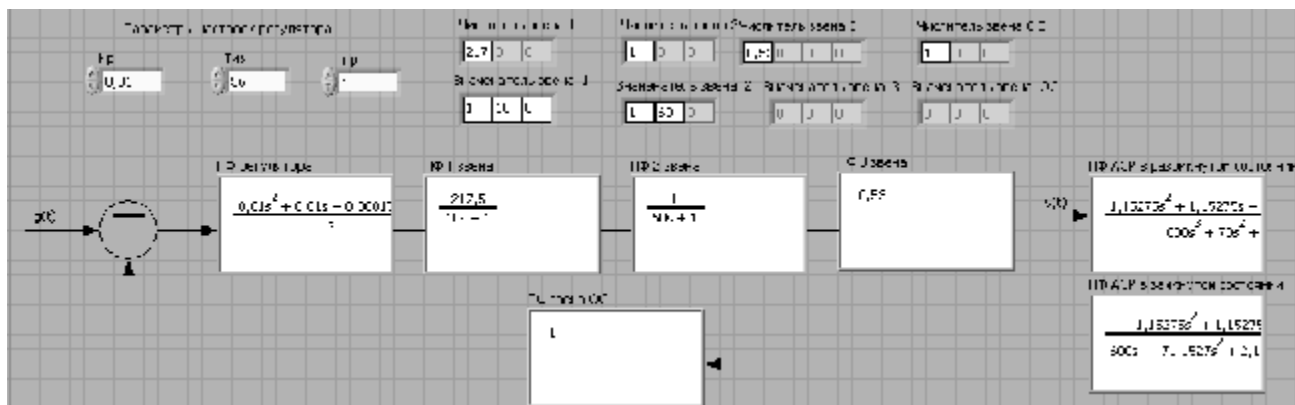


Рисунок 3.3 – Часть панели виртуального прибора

В ходе проведения расчета была произведена настройка регулятора путем изменения его параметров. Построена амплитудно-фазовая частотная характеристика АСР уровня жидкости.

На рисунке 3.4 представлена амплитудно-фазовая частотная характеристика АСР уровня жидкости в установке для электрохимической активации воды.

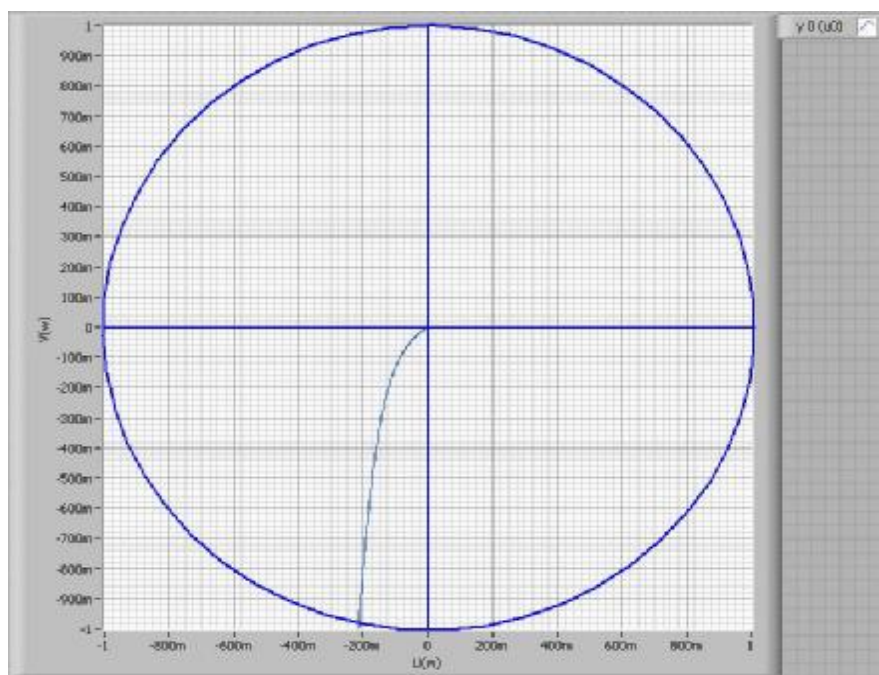


Рисунок 3.4 – Амплитудно-фазовая частотная характеристика АСР в разомкнутом состоянии

Данная АСР является устойчивой. Запас устойчивости по амплитуде равен 0,98, запас устойчивости по фазе равен 80°.

Динамическая характеристика АСР уровня жидкости показана на рисунке 3.5.

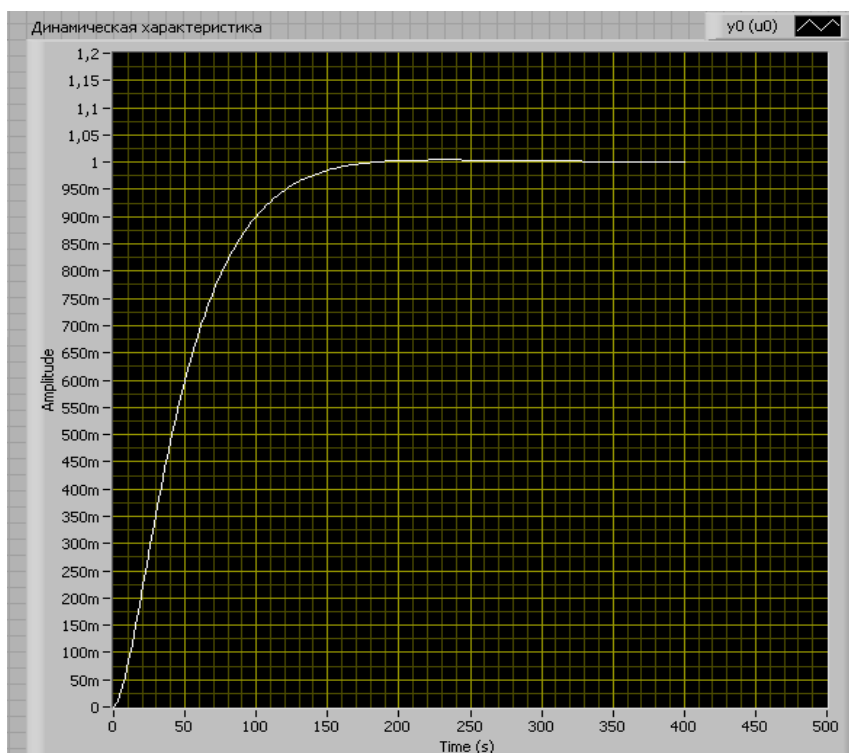


Рисунок 3.5 – Динамическая характеристика АСР уровня жидкости

Параметры качества переходного процесса АСР (рисунок 3.6) достигнуты путем изменения параметров регулятора. Цель оптимизации состояла в достижении минимального времени переходного процесса (время достижения установившегося процесса) при небольшом динамическом забросе.



Рисунок 3.6 – Параметры качества переходного процесса АСР

На рисунке 3.6 показаны следующие параметры качества переходного процесса:

- Rise Time – время нарастания;
- Peak Time – время достижения максимума функции;
- Setting Time – время достижения установившегося значения;
- Overshoot – динамический заброс;
- Steady-State Gain – установившееся значение;
- Peak value – максимальное значение.

В ходе проведения расчета была произведена приблизительная настройка регулятора путем изменения его параметров. Построена амплитудно-фазовая частотная характеристика АСР в разомкнутом состоянии, из которой следует, что система устойчива и имеет запасы устойчивости по амплитуде – 0.98, по фазе – 80°. Построена динамическая характеристика АСР уровня жидкости в установке для электрохимической активации воды, по которой определены параметры качества системы: время переходного процесса составляет 158 секунд, динамический заброс 0.42 %.

#### **4 Безопасность жизнедеятельности при эксплуатации системы автоматического управления процессом электрохимической активации воды**

##### **4.1 Опасные и вредные факторы производства**

В процессе промышленного производства активированной воды могут возникать опасные и вредные факторы. К вредным факторам можно отнести испарения получаемого в процессе электролиза анолита. Анолит является кислотным раствором по параметрам острой токсичности при введении в желудок и нанесении на кожу относится к 4 классу малоопасных веществ по ГОСТ 12.1.007-76. Вследствие этого, согласно ГОСТ 12.1.007-76, должны соблюдаться следующие требования безопасности:

- использование проводки защищенной от влияния анолита и влажности, например фторопластовой марок: МС, МСЭ и МСЭО;
- разработка нормативно-технических документов по безопасности труда при производстве, применении и хранении анолита;
- выполнение комплексов организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-биологических мероприятий;
- применение прогрессивной технологии исключаящей контакт человека с вредными веществами;
- выбор соответствующего производственного оборудования и коммуникаций, не допускающих выделения вредных веществ в воздух рабочей зоны в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации при нормальном ведении технологического процесса;
- применение средств индивидуальной защиты работающих;
- специальную подготовку и инструктаж обслуживающего персонала;
- проведение предварительных и периодических медицинских осмотров лиц, имеющих контакт с вредными веществами;
- разработку медицинских противопоказаний для работы с конкретными вредными веществами, инструкций по оказанию доврачебной и неотложной медицинской помощи пострадавшим при отравлении.

К опасным факторам можно отнести высокие токи электролиза, которые при нарушении техники безопасности могут привести к травмам или летальному исходу.

#### **4.2 Основные требования к электробезопасности при работе системы автоматического управления процессом электрохимической активации воды**

В процессе работы установки для электрохимической активации воды возникают высокие токи электролиза. Знание теоретических основ

электробезопасности и правил поведения во время штатных ситуаций, при эксплуатации поможет избежать электротравм.

Напряжение 220/380 Вольт является опасным, однако и более низкие напряжения могут представлять угрозу для человека. Поражающим фактором является электрический ток, который согласно закону Ома зависит, кроме всего прочего, от сопротивления (в данном случае - тела человека).

Сопротивление тела не постоянно, оно значительно снижается при повышенной влажности, изменении психоэмоционального состояния. Среднее значение сопротивления тела человека при проведении расчетов принимается за 1000 Ом, однако это достаточно условно.

В установках для электрохимической активации воды необходимо выполнить заземление, причем заземляющее устройство обязано иметь сопротивление значительно меньшее, чем у организма человека.

В электрооборудовании с изолированной нейтралью и классом не превышающим 1000 вольт, сопротивление цепи заземления не должно превышать 4 Ома, для установок с заземленной нейтралью: для 380 В — не более 4 Ом, и для 220 В — не более 8 Ом.

Также угрозой жизни человека может представлять шаговое напряжение – напряжение между точками на поверхности земли (или иного основания) в зоне растекания тока (например с заземлителя). Объем земли, через который проходит ток замыкания на землю, по мере удаления от заземлителя увеличивается, при этом происходит растекание тока в земле. Шаговое напряжение характеризуется разностью потенциалов между двумя точками. Если человек попал в зону шагового напряжения, то необходимо уменьшить расстояние между точками соприкосновения с землей, что снизит разность потенциалов. В местах заземления, где имеется вероятность появления человека необходимо разместить предупреждающие знаки.

Величина электрического тока более 10 мА, протекающего через тело человека представляет серьезную угрозу его здоровью и жизни. Время воздействия электрического тока тоже является величиной критичной.

Физиологическое воздействие тока на организм проявляется судорожным неконтролируемым сокращением мышц, в том числе – сердечной.

Степень опасности электрического тока определяет также «путь» его протекания через тело, называемый еще «петля тока». Наиболее опасным, с точки зрения электробезопасности, является ток, протекающий через все тело, поскольку в этом случае он непосредственно воздействует на сердце, например:

- рука – рука;
- рука (руки) – нога (ноги);
- голова – ноги.

Касание токопроводящих частей возможно в двух вариантах:

1. Двухполюсное, например, точка 1-фаза, точка 2- ноль или "земля", например батарея отопления, водопроводная труба,
2. Однополюсное – точка 1-фаза.

Первое наиболее опасно, так как силу тока определяет все действующее напряжение электрической сети.

Второй случай, хотя вызывает протекание тока через все тело, но ограничивается помимо сопротивления тела сопротивлением между точкой 3 и "землей" - 4. Но, если последнее невелико (влажный или металлический пол например), то опасность может быть смертельной.

Из сказанного вытекают правила, соблюдение которых избавит от многих опасностей, связанных с электричеством.

- недопустимо использование проводки, соединительных проводов с поврежденной изоляцией;
- необходимо использование дифференциального автомата или устройства защитного отключения;
- нельзя вместо штатных предохранителей использовать "жучки" и перемычки;

- арматуру розеток, выключателей, необходимо поддерживать в исправном состоянии, штатные крышки, заглушки должны быть в обязательном порядке установлены и закреплены;
- при проведении любых работ следует отключать напряжение на вводном электрощите, приняв меры, предотвращающие его случайное включение третьими лицами;
- перед работой с оголенными электронесущими частями проверить отсутствие на них напряжения;
- не допускать в помещениях с повышенной влажностью установку, эксплуатацию приборов, использующих для своей работы напряжение 220/380 Вольт;
- при работе с электроприборами избегать касания водопроводных труб, труб отопления, других изделий, которые могут иметь контакт с «землей». Использовать их в качестве заземлителей для электрооборудования категорически запрещено;
- использовать инструменты, измерительные приборы с изолированными, ручками, щупами.

Выполнение данных правил на предприятии позволит снизить риски появления электротравм, выхода из строя оборудования и наладить стабильную работу производственного процесса.

## **5 Расчет экономической эффективности внедрения результатов выпускной квалификационной работы**

### **5.1 Расчет дополнительных вложений, связанных с приобретением внедряемого оборудования**

В таблице 5.1 представлены затраты на внедряемое оборудование установки для электрохимической активации воды для АО «Питомнического комплекса Воронежской области».

## Дополнительные вложения

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Стоимость за ед., р.	Балансовая стоимость, р.
1	Гальваническая ванна	1	7500	7500
2	Электрод	2	2530	5060
3	Насос Denzel GP1000X	1	4550	4550
4	Насос AX 3/15	2	29915	59830
5	Насос Acquaer RGS-406PW	1	5600	5600
6	Уровнемер MicroTREK	1	12000	12000
7	Ультразвуковой излучатель ПСБ-300x150.150-35	1	22600	22600
8	РН датчики HI12300	2	10120	20240
9	Датчик температуры	1	8000	8000
10	Преобразователь тока ПТ-40/70	1	13000	13000
11	Инфракрасный сенсорный экран CarrollTouch 8"	1	3900	3900
12	ПЛК110-Х.60	1	22500	22500
13	Итого затрат по оборудованию	–	–	184780
	Затраты на доставку, монтаж, наладку (25%)	–	–	44195
	Итого затрат $V_{об.}^{доп.}$	–	–	230975

## 5.2 Расчет дополнительных затрат, связанных с содержанием и эксплуатацией внедряемого оборудования и устройств автоматизации

*Затраты на текущий ремонт* внедряемого оборудования определяются по следующей формуле:

$$Z_{т.р.} = \frac{V_{об.}^{доп.} \cdot H_{т.р.}}{100}, \quad (5.1)$$



где  $H_{т.р.}$  – норма затрат на текущий ремонт,  $H_{т.р.} = 15\%$ ;

$V_{об.}^{доп.}$  – стоимость внедряемого оборудования, р. (таблица 5.1).

$$Z_{т.р.} = \frac{230975 \cdot 15}{100}$$

$$Z_{т.р.} = 34647 \text{ р.}$$

*Амортизационные отчисления* определяются по следующей формуле:

$$A = \frac{H_a \cdot V_{об.}^{доп.}}{100}, \quad (5.2)$$

где  $H_a$  – норма амортизации, %.

Результаты расчета амортизационных отчислений сведены в таблицу 5.2

Таблица 5.2

Расчет амортизационных отчислений

№	Наименование оборудования	Балансовая стоимость, р.	Норма амортиз. %	Сумма амортиз. отчисл., р.
1	Гальваническая ванна	7500	8.3	623
2	Электрод	5060	8.3	420
3	Насос Denzel GP1000X	4550	8.3	378
4	Насос AX 3/15	59830	8.3	4966
5	Насос Acquaer RGS-406PW	5600	8.3	465
6	Уровнемер MicroTREK	12000	14.3	1716
7	Ультразвуковой излучатель ПСБ-300х150.150-35	22600	10	2260
8	РН датчики HI12300	20240	14.3	2895
9	Датчик температуры	8000	14.3	1144
10	Преобразователь тока ПТ-40/70	13000	10	1300
11	Инфракрасный сенсорный экран CarrollTouch 8"	3900	10	390
12	ПЛК110-X.60	22500	14.3	3218
	Итого	–	–	19775

**Затраты, связанные с использованием дополнительной электроэнергии** определяется по следующей формуле:

$$Z_{эл.} = M_n \cdot C_{кВт-ч} \cdot \Phi_{эф.}^{вр.} \cdot K_{исп.}^{об.}, \quad (5.3)$$

где  $M_n$  - потребляемая мощность внедряемого оборудования, кВт;

$C_{кВт-ч}$  - стоимость одного киловатт-часа электроэнергии, р.;

$\Phi_{эф.}^{вр.}$  - эффективный фонд рабочего времени в год, час;

$K_{исп.}^{об.}$  - коэффициент использования оборудования.

$M_n = 5$  кВт (из технических характеристик оборудования).

$C_{кВт-ч} = 3.4$  р.

$\Phi_{эф.}^{вр.} = 8760$  ч., так как разрабатываемые проектные решения

предназначены для получения электрохимически активированной воды в круглосуточном режиме без участия человека, то эффективный фонд рабочего времени рассчитывается как произведение числа суток в году на число часов в сутках.

$K_{исп.}^{об.} = 0.8$  (из диапазона возможных значений в 0.65..0.9).

$$Z_{эл.} = 5 \cdot 3.4 \cdot 8760 \cdot 0.8 = 119136 \text{ р.}$$

Таким образом, **сумма дополнительных затрат**, связанных с эксплуатацией и содержанием внедряемого оборудования и устройств автоматизации, составит:

$$Z_{сод.}^{дон.} = A + Z_{м.р.} + Z_{эл.} = 19775 + 34647 + 119136 = 173558 \text{ р.}$$

### 5.3 Расчет экономического результата от внедрения новой техники и устройств автоматизации

**Увеличение выпуска продукции** за счет снижения технологических потерь определяется по формуле:

$$\Delta_n = V \cdot k \cdot Ц, \quad (5.4)$$

где  $V$  – объём произведенной продукции до внедрения проектируемого мероприятия;  $V = 400000$  шт;

$k$  – снижение технологических потерь в результате проектных разработок, %;  $k = 20$  %;

$C$  – цена единицы произведенной продукции, р.;  $C = 7$  р.;

$$\mathcal{E}_n = 400000 \cdot 0.2 \cdot 7 = 560000 \text{ р.}$$

Таким образом, общий экономический результат от внедрения составит:

$$\mathcal{E}_{\text{общ.}} = 560000 \text{ р.}$$

#### **5.4 Годовой экономический эффект, полученный в результате внедрения проектных решений**

Годовой экономический эффект составит:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{общ.}} - \mathcal{E}_{\text{сод.}}^{\text{доп.}} = 560000 - 173558 = 386442 \text{ р.}$$

#### **5.5 Срок окупаемости дополнительных вложений**

Расчет срока окупаемости дополнительных вложений производится по формуле(5.5):

$$T = \frac{B_{\text{об.}}^{\text{доп.}}}{\mathcal{E}} (\text{год}),$$

Подставив данные, получим:

$$T = \frac{230975}{386442} = 7 \text{ месяцев}$$

Результаты экономических расчетов приведены в таблице 5.3.

## Экономические результаты внедрения проектируемого мероприятия

Показатели	Ед. изм.	Значение
1. Дополнительные вложения, связанные с приобретением внедряемого оборудования	Руб.	230975
2. Дополнительные затраты, связанные с содержанием и эксплуатацией внедряемого оборудования, в том числе:	Руб.	<b>173558</b>
амортизационные отчисления	Руб.	19975
затраты на текущий ремонт	Руб.	<b>34647</b>
дополнительное использование электроэнергии	Руб.	119136
3. Экономический результат, полученный после внедрения проектного мероприятия, за счет увеличения выпуска продукции	Руб.	<b>560000</b>
4. Годовой экономический эффект от внедрения проектного мероприятия	Руб.	386442
5. Срок окупаемости дополнительных вложений	Мес.	7

**5.6 Выводы по результатам**

В результате снижения технологических потерь за счет внедрения установки для электрохимической активации воды увеличится выпуск продукции на сумму 560000 рублей. Годовой экономический эффект составит 386442 рублей. Срок окупаемости дополнительных вложений – 7 месяцев.

Из произведенных расчетов следует, что внедрение установки для электрохимической активации воды в теплицы АО «Питомнический комплекс Воронежской области» экономически целесообразно.

## Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы были использованы результаты преддипломной практики в АО «Питомнический комплекс Воронежской области». В ходе анализа технологического процесса и используемого оборудования в питомническом комплексе намечены задачи по разработке проекта усовершенствованной установки для электрохимической активации воды.

Основная задача ВКР – анализ и совершенствование установки для электрохимической активации воды в автоматическом режиме для теплиц питомнического комплекса. Для ее решения разработана усовершенствованная конструкция как самой установки, так и блока автоматического управления.

Усовершенствованная конструкция установки предполагает использование материалов защищенных от протекания высокого тока электролиза. Конструкция установки оборудована датчиками температуры, показателя рН и уровня жидкости, что позволяет контролировать данные параметры жидкости. Включение в состав установки преобразователя тока позволяет гибко регулировать протекающие токи электролиза. Использование химически защищенных насосов позволяет проводить безопасное (не нарушающее свойства жидкости) скачивание активированной воды.

Блок управления разработан на базе программируемого логического контроллера (ПЛК)110-Х.60 с исполнительной средой MasterSCADA 4D. Данное решение позволяет осуществлять управление процессом электрохимической активации воды в автоматическом режиме. Для этого разработаны алгоритмы проверки работоспособности установки и управления установкой. Алгоритм проверки работоспособности реализует опрос основных устройств установки и отправку сигнала об их исправности или неисправности на пульт оператора. Алгоритм управления установкой позволяет производить активированную воду с минимальным разбросом рН показателя жидкости,

предотвращать закипание жидкости путем понижения тока электролиза и производить автоматическую очистку установки.

В ходе разработки установки для электрохимической активации воды был произведен анализ и выбор технических средств и средств автоматизации, выполнен расчет режима функционирования установки, а также расчет экономической эффективности внедрения установки для электрохимической активации воды в теплицах АО «Питомнический комплекс Воронежской области».

Основываясь на полученных результатах, можно сделать вывод, что предлагаемое решение поставленной задачи технически целесообразно и экономически эффективно.

## Библиографический список

1. Современная перспективная технология обеззараживания воды и стоков [Текст] // Е.Н. Аракчеев, В.Е. Брунман, М.В. Брунман, А.Н. Волков, В.А. Дьяченко, А.В. Кочетков, А.П. Петкова / Гигиена и санитария. – №94(4). – 2015. – С. 25-32.
2. Бадеников, А.В. Флотация оловянно-свинцовой руды на анолите и католите [Текст] // А.В. Бадеников. ГИАБ. – 2007. – 88 с.
3. Датчик pH HI12300 [Электронный ресурс]. – Режим доступа [www.hannarus.ru/catalog/ph-elektrody/hi12300-rn-elektrod-dlya-edge-dvoynaya-diafragma-korpus-plastik/#spec](http://www.hannarus.ru/catalog/ph-elektrody/hi12300-rn-elektrod-dlya-edge-dvoynaya-diafragma-korpus-plastik/#spec), загл. с экрана.
4. Инфракрасный датчик температуры TW2000 [Электронный ресурс]. – Режим доступа [rusautomation.ru/harakteristiki-tw2000](http://rusautomation.ru/harakteristiki-tw2000), загл. с экрана.
5. Найденко, В.В. Разработка установки для электрохимической активации воды с улучшенными эксплуатационными параметрами [Текст] // В.В. Найденко, Д.Е. Нырков / Сборник докладов «Инновационные технологии на базе фундаментальных научных разработок – прорыв в будущее». – Воронеж: Воронежский ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго РФ, 2015. – С. 244-246.
6. Насос Acquaer RGS-406PW [Электронный ресурс]. – Режим доступа [www.techport.ru/katalog/products/nasos-oborudovanie/drenazhnye-i-pogruzhnye-nasosy/drenazhnyu-nasos-acquaer-rgs-765246](http://www.techport.ru/katalog/products/nasos-oborudovanie/drenazhnye-i-pogruzhnye-nasosy/drenazhnyu-nasos-acquaer-rgs-765246), загл. с экрана.
7. Насоса Denzel GP1000X [Электронный ресурс]. – Режим доступа [technopoint.ru/product/nasos-denzel-gp1000h-sale/](http://technopoint.ru/product/nasos-denzel-gp1000h-sale/), загл. с экрана.
8. Программируемый логический контроллер ПЛК110-X.60 с исполнительной средой MasterSCADA 4D [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.owen.ru/catalog/97633842>, загл. с экрана.
9. Рефлексный микроволновый уровнемер MicroTREK [Электронный ресурс]. – Режим доступа [www.rospribor.com/catalog/daturc/urovnemer/microtrek/](http://www.rospribor.com/catalog/daturc/urovnemer/microtrek/), загл. с экрана.

10. Стариков, А.В. Экспериментальная установка для электрохимической активации воды с дополнительной функцией самоочистки // А.В. Стариков, В.В. Найденко, В.В. Шаляпин / Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика». – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», 2015. – С. 179-184.

11. Сущность технологии электрохимической активации [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.bakhir.ru/eca>, загл. с экрана.

12. Ультразвуковой погружной излучатель ПСБ-300x150.150-35 [Электронный ресурс]. – Режим доступа [www.psb-gals.ru/catalog/pui/psb-300x150.150-35.html](http://www.psb-gals.ru/catalog/pui/psb-300x150.150-35.html), загл. с экрана.

13. Оценка токсичности и эффективности электролизных и электрохимически активированных растворов для обеззараживания сточных вод // Т.А. Ширякова, И.И. Бурак, Е.В. Дроздова, А.В. Фираго, И.Э. Головнев, С.В. Григорьева / Научно-практический журнал «Вестник Витебского государственного медицинского университета». – 2015 г. – С. 103-109.

14. Электронасос АХ 3/15 [Электронный ресурс]. – Режим доступа [nhm66.ru/nasosyi\\_ah/nasosyi\\_ah\\_3\\_15](http://nhm66.ru/nasosyi_ah/nasosyi_ah_3_15), загл. с экрана.

15. Электрохимическая активация [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.bakhir.ru/eca/terms/eca/>, загл. с экрана.