

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Л.И. Медведева, А.А. Силаев

**АВТОРЕФЕРАТ ВЫПУСКНОЙ  
КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ  
МАГИСТРА: СТРУКТУРА, ОФОРМЛЕНИЕ,  
ПРИМЕРЫ**

*Электронное учебное пособие*



Волжский

2021

УДК 681.5(07)  
ББК 32.97я73  
М 42

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент кафедры «Энергетика» филиала ФГБОУ  
ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Волжском  
*Болдырев И.А.,*

канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Электроснабжение и энергетические  
системы» ФГБОУ ВО «Волгоградского государственного  
аграрного университета»  
*Капля Е.В.*

Издается по решению редакционно-издательского совета  
Волгоградского государственного технического университета

Медведева, Л.И.

Автореферат выпускной квалификационной работы магистра :  
структура, оформление, примеры [Электронный ресурс] : учебное  
пособие / Л.И. Медведева, А.А. Силаев ; Министерство науки и высшего  
образования Российской Федерации, ВПИ (филиал) ФГБОУ ВО  
ВолГТУ. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 244 КБ). – Волжский,  
2021. – Режим доступа: <http://lib.volpi.ru>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-9948-4062-7

Учебное пособие содержит теоретический материал, необходимый для  
выполнения автореферата и защиты выпускной квалификационной работы магистра.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению магистратуры  
15.04.04. «Автоматизация технологических процессов и производств» всех форм  
обучения и написавших итоговую аттестационную исследовательскую работу  
ВКРМ.

Ил. 26, табл.2, библиограф.: 9 назв.

ISBN 978-5-9948-4062-7

© Волгоградский государственный  
технический университет, 2021  
© Волжский политехнический  
институт, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
<b>Глава 1.</b> Характеристика основных элементов структуры автореферата	6
<b>Глава 2.</b> Примеры авторефератов выпускных квалификационных магистерских работ по специальности 15.04.04. «Автоматизация технологических процессов и производств»	31
Список использованной литературы	79
Приложение	80

## ВВЕДЕНИЕ

Автореферат магистерской выпускной квалификационной работы – это документ, в котором кратко изложены основные положения диссертационного исследования.

Автореферат диссертации выполняет следующие функции:

- информационную – информирует читателей о структуре диссертации, актуальности разрабатываемой тематики, объекте, цели и задачах исследования, личном вкладе автора в разработку проблемы исследования;
- индикативную – описывает разработанные автором методики;
- сигнальную – извещает о том, что диссертация подготовлена и поступила на кафедру, на базе которой будет проходить защита выпускной квалификационной работы магистра;
- ознакомительную – является источником для получения справочных данных о проведенном научном исследовании и полученных результатах;
- познавательную – дает представление о научном потенциале автора.

Важность автореферата как документа заключается в том, что по приводимым в нем данным судят об уровне диссертации и о научной квалификации ее автора, в том числе и о его способности оформить результаты своего научного труда. Основное назначение автореферата – служить способом информирования о полученных научных результатах. Поэтому чем лучше результаты представлены в автореферате, тем выше мнение и о диссертации в целом [1].

При подготовке автореферата нужно тщательно обдумать каждую фразу, так как число лиц, читающих автореферат, будет в несколько раз больше количества читателей диссертации, и просмотр диссертации будет весьма затруднен в связи с минимальным количеством ее копий и накладываемыми ограничениями. Ограниченный объем автореферата призван вместить самые необходимые сведения о работе и дать полное представление о ней; при этом он должен отвечать всем предъявляемым к научной работе требованиям. В автореферате не должно быть излишних подробностей, а также информации, которой нет в диссертации.

В структуре автореферата диссертации целесообразно выделить следующие разделы:

- 1) Общая характеристика работы. В этом разделе желательно отразить следующие позиции:
  - актуальность исследования;
  - степень разработанности проблемы;
  - цель и задачи исследования;
  - предмет и объект исследования;
  - методологическая, теоретическая и эмпирическая база исследования;

- основные положения, выносимые на защиту;
  - научная новизна результатов исследования;
  - теоретическая и практическая значимость;
  - апробация и реализация результатов исследования;
  - количество публикаций (с выделением публикаций по списку ВАК министерства науки и высшего образования Российской Федерации);
  - структура (оглавление) диссертации.
- 2) Основная часть автореферата. В этом разделе кратко излагаются результаты научного исследования, освещается содержание каждой из глав магистерской работы.
  - 3) Выводы и рекомендации (или заключение).
  - 4) Список работ, в которых опубликованы основные положения диссертации.  
Практические советы соискателю:
    - 1) Решение поставленных задач должно найти четкие ответы в выводах и рекомендациях.
    - 2) Всем выводам и рекомендациям должны предшествовать поставленные соискателем задачи.
    - 3) Элементы научной новизны следует отметить, прежде всего, в рамках выдвинутых на защиту положений.
    - 4) Список основных опубликованных автором работ должен отразить основные результаты исследования.

## Глава 1.

### Характеристика основных элементов структуры автореферата

#### 1.1. Актуальность исследования

Актуальность темы исследования является одним из основных требований, предъявляемых ко всем исследовательским работам, выполняемым в процессе обучения и дальнейшей профессиональной деятельности.

Актуальность темы означает, что поставленные в исследовании задачи и проблемы имеют существенное значение для соответствующей отрасли науки и/или практической деятельности и в настоящее время требуют скорейшего решения.

Обоснование актуальности темы излагается во введении работы и заключается в аргументации необходимости проведения исследования по выбранной тематике. При этом основное внимание уделяется нерешенным проблемам, малоизученным вопросам. К основным доводам, определяющим актуальность темы работы, можно отнести следующие:

- важность решения поставленных задач для соответствующей отрасли науки и/или практической деятельности;
- новые перспективы развития рассматриваемой отрасли науки;
- потребность в разработке рекомендаций по применению известных теоретических подходов для нужд практики;
- потребность в разработке рекомендаций по реализации ИТ-инноваций в практической деятельности предприятий и организаций;
- потребность в разработке рекомендаций по применению лучших мировых ИТ-практик в российских условиях;
- необходимость учета влияния изменений социально-экономических условий на поставленные задачи;
- потребность в обобщении российского и мирового опыта решения поставленных задач.

Чтобы правильно оценить актуальность исследования, автор проверяет, справедливы ли для выбранной темы следующие утверждения:

- вопрос изучен недостаточно глубоко, некоторые аспекты не раскрыты в трудах предшественников. Первостепенная задача науки – заполнение пробелов в знаниях. Поэтому магистр может заняться малоисследованной проблемой. Определить степень проработки вопроса помогут чтение литературы по выбранной теме и консультация с научным руководителем;
- исследователи, которые брались за ту же тематику, сталкивались с рядом трудностей. Противоречивые данные и гипотезы свидетельствуют о нехватке сведений и недосказанности выдвинутых предположений;

- предыдущие авторы задействовали приемы и инструменты, которые уже устарели. С течением времени появляются новые способы и приборы для получения и обработки информации. Эти методы применяют для решения старой проблемы;
- исследователи рассматривали другие объекты. Если раньше какие-либо подходы использовались, чтобы изучать одни объекты, то теперь разумно опробовать наработанные схемы на других;
- по выбранной теме выходят свежие публикации. Когда над проблемой напряженно работают специалисты, в периодике регулярно появляются новые статьи. Актуальность такого исследования высокая, так как нераскрытые вопросы требуют ответов;
- при рассмотрении вопроса теперь удастся получить новые сведения. К некоторым темам ученые возвращаются спустя годы, чтобы сравнить обновленные данные с собранными ранее. Так отслеживают изменения, чтобы затем сделать прогнозы на будущее путем экстраполяции;
- на проблему получится взглянуть под другим углом. Сравнив точки зрения разных исследователей, магистр предлагает свое решение, выдвигает новую гипотезу;
- результаты пойдут на пользу обществу. Некоторые темы напрямую связаны с положением отдельных социальных групп или всего населения страны. Поэтому итоги работы прямо или косвенно скажутся на жизни людей;
- исследование поспособствует развитию науки как таковой и ее отдельных направлений. Автор дополняет знания коллег, которые в дальнейшем будут опираться и ссылаться на написанный материал; результаты удастся применить на практике. Перспектива реализовать методики, описанные в работе, поднимает актуальность [2].

При обосновании актуальности рекомендуется придерживаться следующей последовательности действий.

На первом этапе следует проанализировать общее состояние дел в предметной области исследования. Привести факты или статистические данные, результаты известных научных или практических достижений, нормативные документы (если такие имеются) или другие доводы, которые подтверждают важность и необходимость проведения исследования по выбранной теме. Пояснить, что определяет своевременность исследования, т.е. почему данная тема должна быть исследована именно сейчас.

На втором этапе необходимо установить и описать существующее противоречие – выявить несогласованность, несоответствие между какими-либо противоположностями внутри единого объекта, несоответствие между желательным и действительным, несоответствие между известным и неизвестным. Таким образом, выявленное несоответствие между желательным и действительным обуславливает противоречие между

необходимостью удовлетворения требований и отсутствием нужных программных продуктов.

На третьем этапе, на основании установленного противоречия, необходимо сформулировать нерешенную или не в полной мере решенную проблему в теории и/или практике. В научном смысле проблема – это «возникающий в ходе изучения чего-либо вопрос или целостный комплекс вопросов, решение которых представляет практический или теоретический интерес». При обосновании актуальности (во введении письменной работы) выявленная проблема излагается на содержательном уровне в краткой форме. Её конкретная постановка приводится при изложении решения в основной части работы. Постановка проблемы определяет, что предстоит сделать.

На четвертом этапе нужно сделать выводы об актуальности темы исследования.

Актуальность темы предполагает её увязку со степенью изученности и научной разработанности [3].

Во время учебы в вузе студенты выбирают тематику магистерской работы из подготовленного списка. Поэтому, возможно, что интересные и обсуждаемые сейчас вопросы достанутся другим авторам. Кроме того, в некоторых отраслях науки осталось мало нерешенных проблем. Эти обстоятельства усложняют задачу, ведь неопытному исследователю в этом случае приходится доказывать комиссии, что неактуальную тему стоит изучать. Магистр может прибегнуть к нескольким способам:

- выявить значимость темы в сегодняшних обстоятельствах. Чтобы добавить исследованию новизны, надо понять, как изменились область исследования, общество, технологии;
- указать на недостаточно изученные аспекты проблемы. Если предшественники не занимались какими-либо сторонами вопроса, автору стоит сосредоточиться на выполнении этой задачи;
- привести противоречивые мнения специалистов, которые работали над темой раньше. Разные гипотезы свидетельствуют об отсутствии единого мнения среди ученых, а это говорит о том, что проблемы в изучаемой области еще остались;
- рассмотреть объект исследования под другим углом. Обдумать и предложить новый подход, о котором не задумывались другие специалисты.

Некоторые словесные обороты часто употребляются при обосновании актуальности работы. Среди них встречаются следующие:

- «Научная актуальность темы заключается (состоит) в ...»;
- «Целесообразность проведения исследований по выбранному вопросу обусловлена такими факторами, как...»;
- «Рассматриваемая проблема вызывает повышенный интерес по причине...»;
- «Дискуссии, которые ведутся по изучаемой теме, свидетельствуют о неполном раскрытии некоторых ее аспектов»;

- «Для общества важны результаты работы, которым найдется практическое применение».

Причины, по которым научный руководитель или аттестационная комиссия не допускает магистра к защите, часто связаны с некорректным обоснованием актуальности. Распространенные ошибки, которые допускают студенты, сводятся к следующим:

- отсутствию слова «актуальность» в тексте вступления;
- неправильному расположению блока с описанием целесообразности исследования (например, в середине или в конце второй части);
- недостаточному или избыточному объему текста, в котором объясняется актуальность. Стоит проверить, соблюдены ли стандарты, принятые в образовании и научном сообществе;
- наличию прямых заимствований из других работ. Такой подход снижает показатель уникальности;
- слабой аргументации. Доводы беспристрастного и добросовестного ученого опираются на доказанные научные факты и общепринятые гипотезы, а не на эмоции или суждения непрофессионалов;
- расхождению с содержанием основной части. Научный руководитель по ходу написания работы указывает магистру на неточности, предлагает использовать другие методы и даже переключить внимание на иные аспекты темы. Пишущий в таких обстоятельствах студент нередко забывает переписать актуальность во введении.

Полезные советы, которые помогут автору справиться с задачей формулировки актуальности для своей выпускной квалификационной работы:

- чаще перечитывать текст. Немалая часть опечаток и оплошностей допускается по невнимательности и в спешке;
- пробовать самостоятельно опровергнуть собственные доводы. Так получится обнаружить недостаточно весомые аргументы в пользу выбранной темы;
- избегать бесполезных вводных конструкций, оборотов, общих фраз. Они не несут смысловой нагрузки, засоряют текст и снижают уникальность;
- следить за появлением новых публикаций по теме. Магистерская работа должна согласовываться с последними сведениями, противоречия недопустимы [2].

## 1.2. Степень разработанности проблемы

Степень изученности и научной разработанности темы представляет собой краткий обзор и обобщенный анализ известных научных достижений в выбранной области. В нем приводятся все значимые публикации, имеющие отношение к теме исследования, отмечается, какие вопросы раскрыты на текущий момент по проблеме исследования и что осталось нераскрытым,

определяется общее направление собственного исследования автора работы. Основу обзора должны составлять статьи научных журналов и научные монографии, в том числе на иностранном языке. Учебники и учебные пособия следует использовать для определения основных терминов и понятий. Описание степени изученности и научной проработанности заканчивается результирующим выводом о том, что именно данная тема ещё не раскрыта или раскрыта частично и не получила должного освещения в специальной литературе, поэтому нуждается в дальнейшей разработке. Таким образом, определяется место собственного исследования в конкретной области знаний [3].

### 1.3. Цель и задачи исследования

Цель магистерского исследования – это ответ на вопрос, зачем проводится исследование, его направленность на конечный результат. Цель вытекает из поставленной проблемы, а проблема определяется темой диссертации. У научного исследования может быть только одна цель. Ею может быть описание нового явления, разработка нового метода, новой системы и т.д. Цель должна быть понятной, изложенной научным стилем. При формулировании цели обязательно указывается ее актуальность.

После формулирования цели ставятся задачи исследования. Задачи – это план реализации поставленной цели, пошаговые действия, которые необходимо выполнить, чтобы получить ответы на поставленные вопросы. План их реализации отражается в оглавлении диссертации, названиях ее подразделов. Поставленных задач может быть несколько, их число определяется трудоемкостью исследования.

Любая научная работа начинается с изучения литературы в исследуемой области. Изучение литературы помогает определиться, что уже сделано для решения этой проблемы, а что нуждается в дальнейшем развитии. Но для правильной постановки целей исследования этого недостаточно. Существует несколько способов определения цели магистерской работы:

- аргументированно показать, что проблема не была решена полностью в предыдущих исследованиях, и в качестве цели обозначить области, которые можно развить или усовершенствовать;
- доказать, что новые методы решения проблемы более эффективны предложенных ранее другими исследователями;
- можно составить цели исследования, изучая труды по смежной тематике, либо из обсуждений перспектив дальнейшего развития исследуемой проблемы в опубликованных работах. Такими обсуждениями заканчивается много научных трудов. Важно понимать, что уже полностью раскрыто и над чем еще можно поработать.

К числу чаще всего допускаемых ошибок при формулировке цели и задач исследования относятся:

- цель не связана непосредственно с темой и проблематикой, а задачи не соответствуют ожидаемой цели, дублируют ее описание;
- цель не отражает итога всего исследования, не понятен ожидаемый результат;
- практическая ценность результата исследования не имеет четкой формулировки [4].

#### 1.4. Предмет и объект исследования

Успешность написания научной работы зависит от правильного толкования основополагающей терминологии. Исследователь иногда испытывает некоторые затруднения в определении того, что же на самом деле выступает объектом изучения, а что является предметом.

В имеющихся словарях с легкостью найдется определение тому или иному термину. Но, когда необходимо самостоятельно выделить в теме исследования объект для изучения, автор теряется и сталкивается с трудностями.

Отделить объект исследования от предмета гораздо легче, так как это более широкое и многогранное понятие. Он имеет различные направления, стороны и свойства для отдельного изучения каждого из них.

Объект исследования – это термин, обозначающий существование в материальном мире явления, независимого от сознания человека, но деятельность которого направлена на его исследование и изучение. Объект является отдельной частью во всем научном познании. Тема научного проекта всегда тесно связана с объектом исследования.

Что такое «предмет исследования». Компетентность автора научной работы и его грамотность в изучаемом вопросе легко проверить по умению четко разграничивать между собой понятия объекта и предмета исследования. В пределах одной темы для изучения невозможно охватить объект в полном объеме, а доступно проанализировать только отдельно взятый аспект явления или его свойство.

Предмет исследования – это одна из множества сторон, часть или свойство явления, составной элемент изучаемого объекта. Автору работы важно разобраться и понять, что именно он изучает, какую конкретно характеристику. То есть ответить на вопрос: «Какой процесс, проблема, закономерность или явление всего объекта рассматривается в работе?» (рис. 1.1).

Где объект, а где предмет – на примерах. Пошагово процесс выглядит как: определение сферы, области для изучения (это и будет объектом), а затем выбирается только одно из направлений, исходя из поставленной цели в теме работы (то есть происходит выделение предмета).

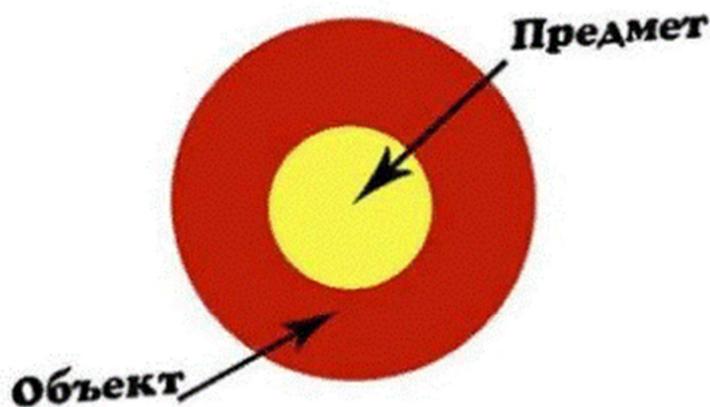


Рисунок 1.1. – Определение объекта и предмета исследований

Объект более широкое понятие, чем предмет. Для легкости восприятия терминов и безошибочного отделения одного от другого ниже представлены примеры объектов и предметов для исследований.

- 1) Объект в макроэкономике – это финансовая деятельность всей экономической системы. А предметами для изучения могут быть: взаимоотношения между отдельными хозяйствующими субъектами; выявление причин и закономерностей кризисов в отдельных отраслях; анализ темпов инфляции, безработицы и т.д.
- 2) Объект в анатомии – это строение и развитие организма человека. Предметы выделяют по виду исследования в той или иной подсистеме (сердечно-сосудистой, мышечной, нервной и других): особенности развития органов при внутриутробном развитии; формирование внешних форм и пропорций человека при недостатке витаминов; строение клеток органов и тканей и другие.
- 3) В психологии объектом принято считать носителей психики, то есть способности живого организма получать, анализировать поступающую информацию и формировать впоследствии поведение. К предметам, например, относятся такие явления, как: закономерность поведения в стрессовом состоянии; причины расстройств психики и отклонений в поведении; анализ ощущений в состоянии беспричинного счастья.
- 4) Объект в промышленности – автоматизация технологических процессов и производств, а предмет – система автоматизированного управления каким-либо технологическим процессом.

Отличия между объектом и предметом. Объект – это явление первичное, а предметы – его составные части (табл. 1).

Таблица 1

Объект исследования	Предметы исследований
Организм человека	Влияние на работу печени алкоголя, курения и токсикомании

	Строение органов малого таза
Народные куклы	Технологии пошива пышных платьев
	Особенности росписи кукольных лиц у народностей южных и северных регионов одной страны
Студенты	Успеваемость за первое полугодие
	Посещаемость занятий в начале учебного года
Образовательный процесс	Творческое развитие учеников младших классов
	Проблемы внедрения информационных средств и технологий

Если разграничение понятий по-прежнему вызывает затруднения, стоит ещё раз обратить внимание на формулировку тематики работы. Она включает в себя предмет исследования, а иногда и в точности его повторяет. Объект обозначается несколькими словами, но что изучается – в них не раскрывается [5].

### 1.5. Методологическая, теоретическая и эмпирическая база исследования

Методология – это логическая организация научной деятельности, состоящая в определении цели и предмета исследования, принципов, подходов и ориентиров в его проведении, выборе средств и методов, определяющих возможность получения достоверных и обоснованных результатов. Методологической базой исследования являются принципиальные подходы, методы, которые применялись для проведения диссертационного исследования. Метод – это «совокупность приемов и операций практического и теоретического освоения действительности». Применительно к диссертациям метод – способ построения системы научного знания.

В разделе, посвященном методологии, магистрант должен сообщить, какими методами познания он воспользовался в своей работе. Методологическое знание является многоуровневым, и это должно найти отражение в тексте.

Во-первых, могут быть указаны общенаучные и философские методы, примененные автором. К наиболее применимым из них являются: системный подход, органический подход, диалектический метод и др.

Во-вторых, методы фундаментальных наук: математические, экономические. Например, метод теории игр, комбинаторика, методы теории графов или метод балансов (отраслевого, регионального, материального, энергетического и др.). Дополнительно следует обратить внимание на

ставшие классическими методы логики: метод анализа, метод индукции, метод исследования причинно-следственных связей, метод выдвижения и проверки гипотез, метод дедуктивного вывода, метод эмпирического обобщения.

В-третьих, методы, принадлежащие к избранной сфере исследования: метод экспертных оценок, метод анкетирования, метод наименьших квадратов и т.п. Магистранту необходимо ориентироваться в таких дисциплинах, как «Математические основы теории управления», «Автоматизированные системы управления технологическими процессами», «Оперативное планирование и управление автоматизированным производством», «Технические средства автоматизации и управления» и т.п.

В начале исследования свод методов может быть намечен приблизительно, по ходу исследования он уточняется и дополняется, а по завершении исследования магистрантом пишется раздел «Методологическая основа исследования».

Теоретической базой исследования являются теоретические работы ученых и специалистов в изучаемой области. Теоретическая основа исследования – целостные и признанные теории, которые приводятся автором в полемике в обоснование своей работы. Значение этого раздела заключается в том, что автор показывает свою компетентность, готовность работать в научном сообществе, способность ориентироваться во множестве научных знаний разного уровня и разной направленности.

Теория – это высшая форма научного познания, дающая целостное представление о закономерностях и существенных связях определенной области действительности – объекта данной теории. Атрибуты теории: внутренняя целостность, логическая зависимость одних элементов от других, выводимость содержания из некоторой совокупности утверждений и понятий (аксиом, гипотез, допущений). Теория, чтобы быть точной, выдвигает требование единой логики и логико-методологических принципов всего исследования.

В условиях нестабильности научных школ, смены типов развития приходится говорить о парадигмах. Парадигма шире, чем теория. Это предтеоретическое утверждение, для которого могут быть временно не соблюдены строгие ограничения теории вследствие неполноты, несовершенства нашего знания. Парадигма – нечто общее между методом (*что* мы хотим увидеть и *как*) и теорией – логически целостной системой выводимых на основе формально-логического вывода утверждений. Парадигма актуализирует метатеоретические основания науки и тесно связана с авторской научной картиной мира как предметно-онтологической структурой.

При выполнении раздела «Теоретическая основа исследования» можно придерживаться следующих правил.

Во-первых, указать парадигму, контекст, в котором производится исследование. Как правило, парадигма или не может быть доказана, или

имеющиеся доказательства спорны, но парадигма желательна как формулировка позиции, авторского отношения.

Во-вторых, привести исторически первые теории, которые положили основу исследования заданной предметной области. Привести современные наиболее фундаментальные подходы и теории, признанные научным сообществом.

В-третьих, указать немногие теории и теоретические положения, выражающие наиболее существенные, ведущие закономерности в избранной предметной области.

В-четвертых, указать (по возможности) наиболее широкий спектр теорий и школ, современных автору, в которых рассматриваются различные, в том числе и частные, вопросы избранной предметной области.

Если в работе критикуются выводы какого-либо автора, то при изложении его позиции следует приводить цитаты, только при этом условии критика может быть объективной. При наличии различных подходов к решению изучаемой проблемы необходимо провести их сравнение, а также сопоставление с инструктивными материалами. Это касается в первую очередь экономических знаний. После этого можно приводить собственное авторское мнение по спорному вопросу или соглашаться с одной из уже имеющихся точек зрения, приводя соответствующие аргументы.

Эмпирическая база исследования – это та выборочная совокупность объекта исследования, которая была изучена в рамках данной диссертационной работы. Эмпирическая основа исследования – перечень объектов и областей, исследованных автором в контексте своей работы.

При выборе и описании эмпирической базы возникает иллюзия очевидности выбранных объектов: они эмпирически наблюдаемы. Кроме того, в науке существует опасность так называемого эмпиризма – когда все знание выводится только из эмпирического опыта. Эта опасность преодолевается дополнительной обработкой эмпирического материала и последующим переходом автора на более высокий теоретический уровень.

Чтобы обнаружить существенные закономерности в генеральной совокупности и корректно сформулировать системообразующие признаки и свойства избранного класса объектов, принципиально важно давать типологию и классификацию эмпирических объектов. Типология представляет собой обязательный элемент научного исследования. Правильно выполненные классификация и типология – это элементы систематизации знания.

Эмпирическое знание представляет собой начальную стадию изучения предмета и приобретает ценность в сочетании с теоретическим знанием: анализом, синтезом, выдвижением гипотез.

Методы эмпирического исследования: наблюдение, описание, измерение, эксперимент [6].

## 1.6. Основные положения, выносимые на защиту

Высшая аттестационная комиссия (ВАК) требует, чтобы в диссертационной работе, помимо прочих обязательных элементов, содержались положения, выносимые на защиту. Это тезисы, которые никем ранее не были выдвинуты, своеобразные результаты научной деятельности, выводы, которые показывают, насколько полезно проведенное исследование и какова его ценность. Можно сказать, что от того, как их сформулировать и написать, зависит успех защиты.

Они сформированы на основе:

- определения существующих проблем;
- последовательного анализа выдвинутых проблем;
- логического обобщения всех частей диссертации.

Не стоит путать их с выводами. Выводы обычно не применимы на практике и носят сугубо теоретический, а не прикладной характер. Тогда как положения должны обладать научной новизной и являться вкладом в науку автора диссертации. Они являются конкретными результатами, и условно можно сказать, что их формулировка – это и есть цель исследования.

Положения могут содержать следующие элементы:

- 1) авторские или уточненные автором определения;
- 2) научные выводы автора;
- 3) основополагающие принципы изученной темы;
- 4) классификации и характеристики определенных категорий;
- 5) перечни;
- 6) предложения;
- 7) пути совершенствования объекта изучения и т.д.

В перечень нужно включать только те пункты, в которых автор уверен на 100 процентов. Очень важно не повторять данные, которые уже были использованы в других кандидатских ранее, ведь каждая работа должна быть уникальна, а дублирование идей, взятых из других источников – это уже плагиат. Нужно защищать только свои труды. Желательно, чтобы каждый пункт был результатом какой-то определенной научной задачи или проблемы, поставленной автором. Это не касается только тех вопросов, которые относятся к истории объекта изучения или к опыту за рубежом. Их результатом могут быть лишь теоретические выводы и практические предложения, сформулированные для дальнейшего исследования.

Очень важный фактор при написании и защите диссертационной работы – достоверность положений, выносимых на защиту. Автор должен последовательно и аргументированно доказать, что они объективны, достоверны, а также подтверждаются на всех типах и классах предмета изучения в рамках конкретного объекта. То есть при любых схожих условиях могли бы быть получены аналогичные результаты. Не стоит защищать работу, в положениях которой автор не уверен. Самые распространенные

методы подтверждения достоверности – анализ, практические исследования и эксперименты.

Зачастую, особенно в области технических наук, эти положения формулируются не как теоремы, а как методы, алгоритмы, модели, технологии и т.п., что также допустимо. Плохо, если при этом указываются лишь их названия и достоинства типа: ”позволяющий улучшить ...”, “обладающий ...”, “обеспечивающий ...” и т.п. В чем суть предлагаемых методов, с чем сравнивается достигаемый положительный эффект – обычно не удается выяснить без прочтения диссертации и даже после ее прочтения. Подобные научные положения должны формулироваться так же точно и полно, как формула научного открытия или изобретения.

Основные требования к положениям, выносимым на защиту:

- 1) Выносимые на защиту научные результаты должны помещаться во введении к диссертации и в том же виде – в автореферате. В заключении организации, где выполнялась работа или к которой был прикреплен соискатель, следует конкретно и полно указывать предшествующие фундаментальные решения в той области, к которой относится защищаемая работа.
- 2) Формулировка выносимых на защиту научных результатов должна быть полной и конкретной, позволяющей судить, что именно предлагается соискателем. Рекомендуются, чтобы каждый такой научный результат начинался словами «установлено», «обнаружено», «доказано» и т.п. Не следует специально указывать на новизну или приоритетный характер этих результатов.
- 3) Именно выносимые на защиту научные результаты должны быть основным предметом анализа, включаемого в отзывы официальных оппонентов и ведущей организации, а также главным объектом научной дискуссии во время публичной защиты диссертации. Если все или некоторые из выносимых на защиту научных результатов не новы или новы лишь частично, если автором их не является соискатель, то это должно быть прямо отмечено в отзыве официального оппонента.

Положения сформулированы правильно, если специалист в данной области только по ним может составить предварительное представление о новизне, научной и практической ценности результатов, полученных в диссертации (табл. 2) [7]. Если этого сделать не удастся, то это признак того, что диссертация нуждается в доработке. В случае кандидатской диссертации это нередко говорит и о недостатках в работе научного руководителя.

Ниже представлены примеры фраз, с которых начинаются положения, выносимые на защиту:

- «Разработаны основные научные выводы»;
- «На защиту выносятся следующие результаты научной деятельности...»;
- «На защиту выносятся следующие новые идеи»;

- «На защиту выносятся следующие основные, содержащие элементы новизны, идеи»;
- «В ходе работы выявлены факторы, которые влияют на...»;
- «Выявлена взаимосвязь между основными элементами...».

Таблица 2

Примеры научных положений, выносимых на защиту

Направление диссертации	Положения, выносимые на защиту
<p>«Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами». Диссертация посвящена исследованию вопросов выбора оптимальных решений в научно-инновационной деятельности при осуществлении производственных процессов.</p>	<p>1. Метод автоматического построения информационной модели научных интересов участников научно-инновационной деятельности по данным, полученным из ИСУ университета и наукометрических БД. Наличие формализованной модели обеспечило возможность применения интеллектуальных методов и средств для анализа научных интересов участников научно-инновационной деятельности, являющихся пользователями ИСУ университета, а также поддерживать их в актуальном состоянии. Модель имеет онтологическое представление и средства для ее наполнения данными от множественных источников.</p> <p>2. Алгоритм многокритериального анализа соответствия индексируемых периодических изданий, научных мероприятий и конкурсов научным интересам участников научно-инновационной деятельности. Алгоритм позволил автоматизировать поиск периодических изданий, мероприятий и конкурсов для участников научно-инновационной деятельности. Поиск осуществляется в информационном пространстве ИСУ университета и наукометрических БД.</p> <p>3. Методика анализа и оценки связанности научных интересов участников научно-инновационной деятельности. Методика позволила обеспечить сотрудников и обучающихся информацией, необходимой для организации и развития взаимодействия между ними при реализации научно-исследовательской и научно-практической деятельности, а также реализовать интеллектуальный поиск в пространстве информационных моделей.</p>
«Элементы и устройства	1. Модифицированное позиционное

<p>вычислительной техники и систем управления». Диссертация посвящена исследованию вопросов совершенствования применения программно-аппаратных средств для подборки и изменения текстовых данных</p>	<p>представление текста, дополняющее классическое позиционное представление новыми элементами, обеспечивающее тем самым направленность поиска и исключающее ряд неперспективных операций.</p> <p>2. Способ для множественной подборки данных в модифицированном позиционном представлении текста, позволяющий вычислять сокращенный набор позиций возможных вхождений разбиением входной подстройки на собственные не пересекающиеся подстройки размером, ограниченным константой разработанного представления и получением набора с минимальным количеством элементов среди наборов позиций вхождений этих подстрок.</p> <p>3. Структурно-функциональная организация специализированного устройства для множественной подборки текстовых данных в хранилищах, отличающаяся в аппаратной реализации операций последовательного и межстрочного сдвига при строковом и матричном представлении обрабатываемых текстовых данных с возможностью временной буферизации граничных элементов строк, выходящих за пределы операционного блока устройства. Это позволяет ускоренно реализовывать шаги обработки текстовых данных при различных сочетаниях размеров подстроки и строки-модификатора, в том числе выполнять реверсивные межстрочные сдвиги.</p>
<p>«Системный анализ, управление и обработка информации».</p>	<p>1. Гиперграфовая модель архитектурно-зависимой декомпозиции, в рамках которой ставятся оптимизационные задачи распределения графа данных параллельной программы по процессорам высокопроизводительной вычислительной системы.</p> <p>2. Методология извлечения и представления данных предметной области (структуры вычислительной сети) в терминах модели АЗД.</p> <p>3. Многоуровневые методы решения оптимизационных задач АЗД, а также генетические алгоритмы решения квадратичной задачи о назначениях, точный и приближенный алгоритмы решения квадратичной задачи о</p>

	<p>назначениях, алгоритм ЛО полученного решения задачи АЗД, синтезированные в общий многоуровневый алгоритм поиска решений задачи.</p> <p>4. Программная библиотека разработанных алгоритмов решения задач АЗД, а также форматы представления исходных данных задачи.</p>
--	---

## 1.7. Научная новизна результатов исследования

Одной из составляющих магистерской работы служит научная новизна исследования, т.е. новая проблема, которая до этого не попадала в поле зрения либо ее основательно не изучали.

ВКРМ основывается на изучении авторефератов, монографий, литературы авторитетных авторов. Основываясь на них, докладчик формирует свои умозаключения. В этом случае работа служит показателем научной новизны.

Новаторство состоит из следующих этапов:

- в защищаемом проекте докладчик разбирает, делает детальный обзор гипотез в обозначенной проблеме;
- указывает на доказанные предположения;
- аргументирует необходимость использования нововведений или видоизмененных методов;
- предлагает новые постулаты.

В защищаемой работе магистранта должны быть сформулированы новаторские положения, в которых имеются исследовательские элементы, еще не полностью освещенные в научных изысканиях, для которых существует трудность в практическом применении. Актуальность выбранной тематики – одна из составляющих успеха.

По большому счету задача любой ВКРМ – открытие решений в промышленно-технической сфере с использованием новых или уже существующих методик, удовлетворяющих потребности общества.

Если все нужные условия научной новизны в диссертации соблюдены, то диссертационная разработка получит положительные отзывы.

При защите ВКР перед автором стоит задача аргументированно обосновать новшество своего исследования, его ценность как в теоретическом плане, так и в практическом применении в производственной сфере. Необходимо указать, чем отличается конкретная работа от других источников по взятой проблеме, сравнить существующие методы.

Исследовательская ценность работы зависит от документального подтверждения или документа об авторском свидетельстве, обретенные в ходе самостоятельных изысканий. Именно они способствуют благополучной защите квалификационной работы.

По правилам, магистерские диссертации содержат признаки научной новизны:

- если ранее объект не исследовался, то какова новизна в его применении;
- методика использования уже применялась, но должны быть найдены иные пути применения;
- применение нового методологического способа к объекту, который уже изучали;
- задача в какой-либо области уже решена, но как ее применить в новых условиях;
- новые выводы, сделанные на основе ранее отработанных методик, их применение в иных условиях;
- магистрант должен предложить усовершенствованные способы в отработке непростых задач, пути их устранения.

Методика исследований требует тщательной проработки, иначе ее неверный выбор приведет к невысокой оценке качества проделанного изыскания, снизит результативность работы. Процесс исследования подразделяют на следующие методы:

- 1) Общенаучные методы, в которых идет сравнение данных из многих материалов с другими основополагающими науками. Сюда включают анализ, синтез, дедукцию, аналогию и пр. Анализ в дипломном обзоре предполагает исследовать предмет или описываемое явление по совокупности их признаков и свойств для того, чтобы детализировать его более достоверно. Синтез соединяет разрозненные отличительные черты, особенности и признаки объекта в одно целое с тем, чтобы более подробно их изучить. При дедукции процесс о явлении или предмете строится, опираясь на большое количество мелких деталей. При аналогии судят об однотипности предметов и явлений по определенным качествам.
- 2) Специальные, которые применяются в конкретных сферах, например, моделирование. Согласно методу моделирования, предмет/явление, существующие на самом деле, магистрант переносит в специально созданную модель (подобие). Метод моделирования важен при проектировании новейших технологий.

Для того чтобы отработка выбранной темы стала более качественной, применяют комплекс методов, также приветствуется сочетание различных методик. В качестве примера можно привести совмещение тест-проверки и моделирования.

Результаты, основанные на синтезе нескольких методик, изучаются не по отдельности, а в общности, т.е. во взаимосвязи. Обработанные сведения должны соответствовать друг другу. В ходе деятельности получают промежуточные результаты. Автор должен их дополнить, связать воедино в логическую цепочку. Свое предположение он подводит к общему результату.

Магистрант должен понимать, с какой целью он выбирает тот или иной метод. При написании дипломного доклада недопустим неосознанный и случайный выбор методов.

Наглядная информация полученных результатов еще один из положительных моментов логически завершенной работы, влияющих на положительное заключение комиссии.

Диссертант на презентации должен не только показать высокие познания, но и оформить полученное исследование, проиллюстрировав его дополнительными материалами: графиками, диаграммами, таблицами, а также фото- и видеоматериалами, слайд-кадрами, смонтированными видеороликами. Наглядный материал выстраивают на интерактивных досках. Компьютерные возможности, используемые в работе, акцентируют внимание на терминах, определениях.

Слайды подойдут для того, чтобы лучше отобразить основные положения. Это могут быть таблицы, рисунки, формулы.

Все демонстрируемые материалы используют как наглядный аргумент. Они должны быть красочными и подтверждать основную мысль проделанной работы. Не рекомендуется воспроизводить несколько текстов на одном слайде либо на кадре видео просмотра.

Не забывайте, что наглядная презентация только дополняет основной научный труд.

Под научной значимостью понимается, в какие проблемы, направления вносятся изменения, как решить актуальные задачи в теоретическом материале и на практике. В дальнейшем выводы диссертационного исследования могут быть использованы в научных разработках.

Магистрант поднимает те проблемы, которые до этого не разбирались или изучены не в полном объеме. За основу работы берутся труды ученых и признанных специалистов. Недостаточно претенденту на степень магистра ограничиваться изложением одной точки зрения, пусть она и принадлежит большинству ученых. Необходимо указать многовариантность суждений по поводу исследуемой проблемы. В этом случае автор повысит качество своего доклада.

Квалификация автора будет оценена по достоинству, если он методологически обосновал востребованность работы на всех этапах своей исследовательской программы. Обработанные данные всесторонне и глубоко анализируются и найдут применение в принятой концепции.

Под этим понимается, что тема освещается под разными ракурсами, признанными в науке. Вдобавок автор приводит новые доказательства, полученные на основе своих данных, способы их применения в современных реалиях.

Значимым проект будет считаться в том случае, если автор сформулировал и научно доказал результативность своего исследования, а при применении его разработки будут достигнуты новые или улучшенные результаты.

Работа будет принята и оценена с точки зрения научной и практической новизны, если докладчик при ее написании обосновал и доказал, основываясь на теоретические выкладки, формулы и определения, что углубил понимание сущности обозначенной проблемы.

Во время защиты работы при формировании элементов новизны следует отталкиваться от следующего: что реально обнаружено и систематизировано во время изысканий.

В понятие «научная новизна» входит:

- новый предмет/явление исследования;
- использование уже проверенного метода по отношению к новому предмету изучения;
- на основе изученных научных положений устанавливаются новые показатели;
- в ходе исследования формируются ранее не употребленные или усовершенствованные практические и методические разработки по теме.

В теоретическом материале должно быть отражено, что полученные результаты/выводы имеют принципиальное отличие от уже существующих.

Примеры научной новизны в магистерской диссертации:

- 1) Пример разработки нового подхода. Предложен новый подход к представлению зависимостей между процедурами принятия решений по управлению производствами и процессом контроля загрязнения атмосферного воздуха промышленного региона, направленный на снижение валового выбросов в атмосферу с учетом вклада каждого из предприятий-источников загрязнения в валовых выбросах.
- 2) Пример разработки новой системы. Разработана интеллектуальная система снижения валового выброса, в которой применяются технологии искусственного интеллекта для вычисления долей изменения нагрузки предприятий в соответствии с их долями в валовых выбросах ЗВ в атмосферу в условиях неполной и нечеткой информации.
- 3) Пример разработки нового метода. Разработан комбинированный метод вычислений с использованием математического аппарата нечеткой логики и компьютерного моделирования физических сред, позволяющий определить вклад каждого источника выброса вредных веществ в суммарный выброс в атмосферном воздухе; разработан метод вычисления оптимальных соотношений, в соответствии с которым происходит изменение режимов работы предприятий с учетом их вкладов в валовых выбросах ЗВ в атмосферу в режиме реального времени.
- 4) Пример разработки новой методики. Разработана специальная методика создания системы управления предприятиями химического комплекса с организацией обратной связи через виртуальную частную сеть с защищенным удаленным доступом, которая может быть

рекомендована в качестве типовой структуры системы управления в любом промышленном регионе РФ [8].

## 1.8. Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость – это первая оцениваемая метрика, она содержит положения и наработки, применяемые в практической деятельности и разработанные автором. Данный тип вклада часто используется в экономике, психологии, педагогике, философии и многих других областях науки аналогичного характера.

Реализованная работа имеет несколько результатов, которые подтверждают значимость для развития науки.

- 1) Нахождение и определение необходимой для работы терминологии и определений (наиболее подходящим является использование таких слов, как «построено», «уточнено» и других).
- 2) Будущая модель должна иметь шаблон.
- 3) Необходимо предоставить созданные проекты, согласно теме проведенных исследований.
- 4) Соискатель ученой степени магистра должен аргументированно предоставить принципы проектирования технологий и методов, а также указать все их особенности.
- 5) Необходимо обоснованно использовать выделенные критерии в практической деятельности и предоставить результативность разработанных технологий и методов.

Представленные показатели являются обязательными для автореферата и введения. Автор научной работы должен привести результаты реализованных экспериментов, а также способы практической реализации. В зависимости от отрасли науки, соискатель имеет возможность ограничиться только рекомендациями по использованию разработанных технологий и методик [4].

Практическая значимость – критерий, показывающий реальную пользу от применения результатов исследования в практической деятельности, их прикладную ценность, определяющий место результатов исследования в жизни, его реальную пользу.

В этом разделе необходимо указать, как результаты могут быть применены на практике. Доказательство практической значимости труда приводится в заключении, где автор кратко излагает результаты работы, аргументируя тем самым собственные выводы.

Практическая значимость научного исследования доказывает его нужность и важность. Отражение данного критерия фактически дает ответ на вопрос: «Зачем (ради чего) велась столь кропотливая работа?».

Грамотная формулировка значимости проведенного исследования основывается на следующих принципах:

- адресованность – указание на целевую аудиторию, представители которой будут пользоваться результатами труда исследователя;
- доказательность – аргументация применимости результатов в реальных жизненных условиях;
- применимость – конкретизация сферы, в которой результаты будут иметь прикладной характер.

Авторам магистерской работы рекомендуется при подготовке формулировок точно придерживаться выбранной темы и поставленной цели исследования.

Практическая значимость подчеркивает прикладной характер полученных результатов, а также то, какие трансформации существующих процессов и явлений могут возникнуть в зонах их применимости. Для оценки практической ценности проведенного исследования важно проверить такие параметры, как:

- актуальность – существование насущной проблемы, которая не решается существующими способами;
- достоверность – результаты, которые получены в ходе исследования, могут быть воспроизведены;
- новизна – предложение новой методики или способа, которые ранее нигде не применялись.

При подведении итогов экспериментов необходимо различать научную новизну и научную значимость. Новизна подтверждается фактом представления публике ранее неизвестных открытий. Значимость подтверждает реальные сдвиги, которые произойдут при внедрении новых решений в ту или иную отрасль.

Следует отметить, что практическая значимость приемлема для работ прикладного (практического) характера. Аналитический и рекомендательный раздел присутствует во всех трудах: и теоретических, и практических. Теоретическая значимость показывает роль проведенных исследований в науке, а практическая – в реальной жизни.

Формулировать практическую значимость исследования следует, отталкиваясь от темы и необходимости решения конкретной проблемы. Грамотное отражение этого критерия проекта основывается на следующих принципах:

- 1) Конкретика. Автору следует точно определить роль своего «шедевра» в жизни и теории, кому пригодятся результаты исследования, чем они могут помочь, что улучшить;
- 2) Доказательность. Практическая значимость должна быть обоснована и аргументирована, поэтому исследователю предстоит лаконично, кратко и емко отразить практические наработки, к чему он пришел, тем самым продемонстрировав преимущества своей работы, ее особенности, отличия от других подобных исследований;

- 3) Место и способ применения. Данный элемент введения (и заключения) научной работы призван показать, в какой области и каким образом могут быть применены полученные результаты;
- 4) Подтверждение эффективности предлагаемых мер по решению проблемы. Здесь автору необходимо доказать оптимальность и эффективность разработанного плана мероприятий. Сделать это можно с помощью расчета отдельных показателей, сравнения ситуации «до» и «после», прогнозирования данных или приведения данных по апробации результатов.

Практическая значимость исследования подчеркивает ключевые постулаты работы:

- 1) Актуальность. Доказывая свою «правоту», автор опирается исключительно на реальные и свежие данные;
- 2) Обоснованность и достоверность. В этом случае практическая значимость демонстрирует необходимость перемен с учетом текущих факторов, условий, в которых находится проблема и объект исследования;
- 3) Подтверждение или опровержение гипотезы. Данный постулат отражается в заключении. Результаты исследования и их практическая значимость фактически выступают в качестве доказательной базы, которая подтверждает изначально выдвинутую гипотезу или опровергают ее;
- 4) Новизна. В ходе исследования автору необходимо разработать ранее никем не предлагаемый метод решения проблемы, который отражает новый подход к выявленному пробелу, подтверждая тем самым научную и практическую новизну проекта;
- 5) Необходимость перемен. Практическая значимость обуславливает необходимость разработки новых действий, которые могут оперативно решить поставленную проблему с учетом текущих обстоятельств и существующих инструментов.

Начинать формулировку практической значимости научного исследования следует с общепринятых клише:

«Практическая значимость работы заключается (состоит) в том, что...»;

«Результаты проведенного исследования призваны улучшить практические навыки или основы (указать то, что совершенствуется на практике, в жизни)...».

При формулировке практической значимости научного исследования, необходимо исходить из того, где могут быть применены итоги работы, на что они направлены. Например, полученные результаты способствуют созданию новой методики, формулировке наиболее эффективных рекомендаций, установлению обстоятельств или созданию специальных условий для реализации конкретного плана, создание новых программ, планов, изучению нового явления и пр.

К результатам практического использования относятся новые методы, способы, методики, которые могут быть применены в соответствующей отрасли, с указанием степени готовности к внедрению или масштабам использования.

Практическое использование результатов может быть подтверждено их включением в различные программы, правила, прогнозы развития, нормативные документы, руководства, положения, инструкции, методики и т.д. Документами, подтверждающими практическую значимость работы, могут быть акты внедрения, заключения и справки органов власти, хозяйствующих субъектов, а также утвержденные нормативные документы, рекомендации, методические указания, в которые включены результаты диссертационного исследования.

Практическим использованием результатов может являться их включение в учебно-методическую литературу (учебники, учебные и методические пособия и т. д.), что должно быть подтверждено справками от учебных и научных заведений.

Если не получается сформулировать теоретическую и практическую значимость своего исследования, следует проанализировать результаты с точки зрения эффективности. Есть 3 основных направления:

- экономическая эффективность. Данная оценка показывает, насколько результаты исследования дают возможность сэкономить финансовые, материальные или людские ресурсы.
- социальная эффективность. Данная оценка показывает, насколько были улучшены условия труда и/или жизни людей, насколько была усовершенствована охрана окружающей среды, образование и другие социальные факторы вследствие результатов исследования.
- научная эффективность. Данная оценка показывает, что исследование соискателя дало какие-то новые знания об обществе, новые мысли и выводы, благодаря которым стало возможным выявление новых законов, закономерностей, связей и фактов [7].

## 1.9. Доклад

Емкая, краткая и лаконичная речь на защите диссертации упрощает соискателю подачу основного материала научной работы перед участниками комиссии.

Речь выступления условно разделяется на три части – вступительная часть (введение), основная часть, заключение (завершающее слово).

Введение (вступление). Задача автора диссертации во введении – аргументированно отобразить актуальность выбранной темы работы. Исследователь дает характеристики рассматриваемому объекту/предмету научного труда, акцентируя внимание на использованную методологию при поиске решения поставленной проблемы. В заключение этой части, автор

четко формулирует научные положения, вынесенные на процедуру защиты, раскрывая их научную новизну.

Основная часть. В основной части выступления соискателем ученой степени кратко освещается анализ основных результатов проведенной теоретической/практической работы, его соответствие положениям, вынесенных на защиту. При выступлении автор делает акцент на основные результаты/выводы по каждой главе, сопровождая речь иллюстративными материалами.

Если магистерская диссертация написана по технической специальности, в качестве наглядного материала рекомендуется использовать графики, таблицы, схемы. Такой подход упрощает восприятие основного содержания научного труда.

Как доказать востребованность проделанной работы перед участниками комиссии?

Правильная расстановка акцентов с уклоном на практическое подтверждение научных положений, вынесенных на защиту.

Подбор вариантов смежных/перспективных тем выбранной отрасли знаний, в основе которых находятся результаты проведенных исследований.

Заключение. В заключительной части выступления автор подытоживает основные результаты проведенных экспериментов. Задача соискателя – подтвердить важность исследования в масштабах выбранной научной отрасли/смежных отраслей для Российской Федерации.

Для диссертантов, внедривших собственные разработки в развитие теории/практики выбранного объекта исследования, в конце выступления рекомендуется указать названия предприятий/организаций, где проходила апробация полученных результатов. Наличие педагогического опыта – весомый аргумент при защите кандидатской/докторской работы по юриспруденции или психологии.

При написании заключения в речи на защиту магистерской диссертации обязательно учитываются авторские свидетельства, запатентованные изобретения, статьи по направлению исследований в рецензируемых периодических изданиях РФ и за рубежом.

При выступлении с речью соискатель по умолчанию учитывает получение/знакомство с текстом разосланного автореферата всеми участниками комиссии в библиотеке по месторасположению диссертационного совета.

На чем сосредотачивается основной акцент во время доклада:

- на разработанных теоретических/прикладных положениях;
- на аргументации научной новизны;
- на сути методологии, использованной при работе над поиском решений поставленной проблемы;
- на значимости полученных результатов исследования для выбранной отрасли знаний.

Выступление с бумажкой – шпаргалкой не приветствуется, исключение – это дословное зачитывание основной цели, задач, научной гипотезы, положений, выносимых на защиту.

В речи рекомендуется употреблять только безличные формы глаголов, например, «получены данные», «проведены исследования» и т.д., с выдерживанием логических пауз между основными частями рассказа. Чтобы донести основную мысль слушателям, необходимо делать голосовые ударения на значимых моментах доклада, смотря при этом в глаза.

Автору не рекомендуется зачитывать часть содержимого автореферата слушателям, так как это займет лишнее время. Запрещается затягивать вступительную часть дольше, чем на пять минут – это утомляет слушателей, снижая общее впечатление о проделанной работе.

Как правильно распределить время выступления:

вступительная часть (до 3 минут) – освещается актуальность, гипотеза исследования, научные положения, выносимые на защиту, основная цель/задачи работы;

методология исследования (до 4 минут). Автор использует наглядные материалы (слайды, плакаты и т.д.);

результаты проведенных экспериментов (до 10 минут);

заключение, общие выводы (до 2 минут).

Как морально подготовиться к выступлению на защите диссертации. Для хорошего выступления перед участниками комиссии соискателю рекомендуется выполнить шесть основных действий.

Для хорошего выступления перед участниками комиссии соискателю рекомендуется выполнить шесть основных действий:

- 1) Подбирается элегантная деловая одежда. Защита диссертации – торжественное и ответственное событие, поэтому диссертант обязан заблаговременно подготовить деловую одежду. Не рекомендуется выбирать тесную обувь или костюм не по размеру – малейший дискомфорт причиняет неудобства, вызывает неприятные ощущения и может способствовать плохому выступлению перед собравшейся аудиторией.
- 2) Совершенствуются ораторские способности. Чтобы избежать нервного перенапряжения во время выступления, тщательно репетируется будущая речь в домашних условиях перед зеркалом или друзьями. Самое главное – соблюдение спокойствия, это поможет сохранять речь отчетливой при любой обстановке. Во время репетиции необходимо засекают время – такой подход хорошо организывает выступающего. Текст речи должен полностью отражать суть диссертационного исследования без «воды» и лишней информации не по теме работы.
- 3) Составляется список возможных вопросов. При написании речи соискатель составляет перечень возможных вопросов, которые могут быть заданы в ходе выступления, и заблаговременно готовит ответы на них.

- 4) Готовится раздаточный материал для участников заседания. Раздаточный (наглядный) материал, слайд-презентация помогут упростить визуализацию работы, проведенной соискателем ученой степени, и не запутают во время речи. Оптимальное количество страниц для размещения картинок, графиков, презентаций – не более 10 шт. При создании слайдов используется только иллюстративный материал без текстовых подписей, их рекомендуемое число – до 15 шт. (зависит от специфики темы/направления труда).
- 5) Прорабатывается вступительная/заключительная часть речи. Перед началом выступления автор обязан грамотно составить приветствие для аудитории слушателей и завершающую благодарность за уделенное время.
- 6) Проявляется интерес к особенностям выступления у других соискателей ученой степени. Для грамотного составления речи на защиту рекомендуется посетить несколько похожих мероприятий. Основная задача – обратить внимание на манеру поведения выступающих соискателей, членов комиссии, учесть перечень часто задаваемых вопросов и т.д. [9].

## Глава 2.

Примеры авторефератов выпускных квалификационных магистерских работ по специальности 15.04.04. «Автоматизация технологических процессов и производств»

2.1. Автореферат выпускной квалификационной работы магистра на тему «Разработка и исследование автоматизированной системы управления процессом гальванизации металлических деталей»

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Для защиты металлов от коррозии, декоративной отделки изделий, увеличения твердости и износостойкости поверхности, повышения электропроводящих и улучшения антифрикционных свойств применяются покрытия, получаемые преимущественно гальваническим методом. Необходимость проведения исследования на выбранную тему обусловлена наличием проблем, связанных с определением точных параметров тока в определённый момент времени и длительности всего процесса, для получения заданной толщины покрытия; контролем уровня электролита в ванне, для деталей разных габаритов; поддержкой температурного режима в соответствующем диапазоне, для конкретного электролита.

Отсутствие автоматизированных систем управления приводит к необходимости производить вручную настройки, совершать переключения по обратному току, а также выставлять его на необходимую величину. Для качественного покрытия необходимы точные параметры для каждой детали, отклонения от которых приведут к браку или низкому качеству покрытия. Если деталь является не типовой, то появляются сложности. Требуется решение проблемы определения необходимого тока и длительности процесса, позволяющего получить требуемую толщину покрытия по габаритным размерам детали.

Процесс гальванизации должен проходить при полном погружении детали в ванну. Проблемой является, если в ванне для гальванизации покрытие производится для деталей разного объёма, в такие моменты возможно вытеснение дорогостоящего электролита, его приходится сливать, а после доливать. Необходимость разработки контроля уровня электролита в ванне для деталей разных габаритов обусловлена отсутствием подобных разработок.

Резервы оборудования, применяемого в настоящее время для нанесения гальванических покрытий, практически исчерпаны как по увеличению производительности, так и по улучшению качественных показателей обрабатываемых изделий. Поэтому положительная динамика в этой области возможна только с оптимизацией и автоматизацией существующих процессов, модернизацией, а также использованием перспективного

оборудования, такого как программируемые источники реверсивного тока. В свою очередь, такое оборудование невозможно эффективно эксплуатировать без разработки методов, алгоритмов и систем управления.

Вышеперечисленное позволяет считать, что решение этих проблем делает задачу разработки автоматизированной системы управления процессом гальванизации металлических деталей актуальной.

**Объект и предмет исследования.** Объектом исследования является автоматизация технологических процессов в области нанесения гальванических покрытий. Предмет исследования – автоматизированная система управления технологическим процессом гальванизации металлических деталей.

**Целью работы** является повышение качества наносимого покрытия, сокращение количества операций и времени всего процесса.

**Задачи исследования:**

1. Провести обзор литературных источников, позволяющий получить информацию, необходимую для представления процесса;
2. Провести анализ существующих систем управления процессом гальванизации металлических деталей;
3. Разработать математическую модель, позволяющую определить величину тока и требуемый уровень электролита по параметрам формы деталей; получить зависимость толщины гальванического покрытия от времени; обеспечить поддержание постоянной температуры электролита;
4. Реализовать симуляцию технологического процесса, основанную на его описании и расчётных соотношениях.
5. Разработать алгоритмы автоматизации рассматриваемых систем управления.
6. Подобрать современное оборудование, способное автоматизировать процесс.

**Методы исследования.** В работе применены аналитические методы, методы математического моделирования, теории автоматического управления, численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных, дающие возможность оценивать надёжность работы системы, проводить сравнение различных вариантов АСУТП, находить оптимальные решения на самых ранних этапах проектирования.

**Практическая ценность.** Практическая значимость выполненной работы определяется тем, что предложенные методы и алгоритмы применимы на производственных участках, где используется процесс электролиза. Разработанная автоматизированная система управления программируемым стабилизированным источником питания сокращает количество операций, производимых человеком, улучшает качество наносимого покрытия и ускоряет время всего процесса электролиза. Применение разработанной модели процесса гальванизации в составе соответствующей системы управления позволяет компенсировать отсутствие

возможности оперативного измерения толщины гальванического покрытия для металлических деталей.

**Научная новизна работы.** Научная новизна исследования состоит в том, что разработаны методы и алгоритмы управления программируемым стабилизированным источником питания, позволяющие по параметрам формы деталей определять величину тока в определённых моментах времени, зависимость, толщины гальванического покрытия от длительности процесса; разработаны методы и алгоритмы управления контролем уровня электролита в ванне для деталей разных габаритов, основанные на определениях их объёма, позволяющих выставлять уровень таким образом, чтобы детали были полностью погружены.

**Положения, выносимые на защиту.** На защиту выносятся результаты, обладающие научной новизной, методы и алгоритмы:

1) автоматизированного управления программируемым стабилизированным источником питания по параметрам формы деталей, заданной толщине и справочным данным об электролите. Наличие формализованной модели обеспечивает возможность применения средств и алгоритмов для выставления необходимой величины тока в определённых моментах времени, зависимость, толщины гальванического покрытия от длительности процесса. Модель определяет необходимую величину тока в текущий момент времени, оперативно рассчитывает толщину гальванического покрытия и останавливает подачу тока при достижении заданной толщины;

2) автоматизированного управления контролем уровня электролита в ванне по массе и плотности материала деталей. Алгоритм позволит устанавливать уровень электролита таким образом, чтобы детали были полностью погружены; определять требуемый уровень электролита для различных деталей; рассчитывать компенсирующий объём, время включения насоса; выбирать нужный насос для подкачки или слива.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации докладывались на \_\_ научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ВПИ (филиал) ВолгГТУ.

**Публикации.** По материалам ВКРМ опубликованы \_\_ статьи, одна из которых в научном журнале, входящем в список изданий, индексируемых РИНЦ, две статьи в научном журнале, входящем в список изданий, индексируемых ВАК РФ.

**Структура и объём работы.** Выпускная квалификационная работа магистра состоит из введения, 3 глав, общих выводов, списка литературы, включающего \_\_ наименований, \_\_ приложений. Работа изложена на \_\_ страницах машинописного текста, содержит \_\_ рисунок и \_\_ таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи магистерской диссертации и изложены основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** проведен анализ технологического процесса гальванизации металлических деталей, приведены основные понятия и определения. Рассмотрена структура и принципы работы существующих систем управления процессом гальванизации металлических деталей. Проведен литературный обзор научно-технической литературы и патентов по теме проводимого исследования. Подобрано современное оборудование, способное автоматизировать процесс.

**Во второй главе** с использованием методов математического моделирования были определены: величины тока, по параметрам формы детали; зависимость толщины гальванического покрытия от времени, исходя из справочных данных о электролите и расчётному току; расчётные соотношения, позволяющие определять требуемый уровень электролита от объёма деталей и обеспечивать поддержание постоянной температуры электролита.

**Математическая модель автоматизированной системы управления процессом гальванизации в режиме с реверсом тока.** Для обеспечения требуемой толщины гальванического покрытия детали поставлена задача построения математической модели системы для расчета тока гальванизации и длительности процесса гальванизации. Расчёт требует ввода оператором площади детали и требуемой толщины покрытия. Значение силы тока, времени гальванизации, обеспечивающих получение необходимой толщины покрытия, определяются, исходя из площади деталей с помощью таблиц, площадь детали высчитывается по чертежу.

Модель автоматизированной системы управления процессом гальванизации деталей базируется на приведенных ниже расчётных соотношениях.

Толщина покрытия в точке с координатами  $(x, y, z)$  определяется по формуле, полученной из закона Фарадея:

$$\delta_{\text{общ}}(x, y, z) = \frac{\mathcal{E} \cdot i_k \cdot T_{\text{общ}} \cdot Vm}{\rho}, \quad (1.1)$$

где:  $\mathcal{E}$  - электрохимический эквивалент количества металла, выделяющегося за 1 ч,  $\frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}}$ ;

$i_k$  – катодная плотность тока,  $\frac{\text{А}}{\text{дм}^2}$ ;

$T_{\text{общ}}$  – общее время процесса гальванизации, с;

$Vm$  – выход по току;

$\rho$  – плотность осаждаемого металла,  $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

Тогда из формулы (1.1) толщина покрытия при «прямом» включения тока:

$$\delta_j^+(x, y, z) = \frac{\mathcal{E} \cdot i_k \cdot \tau_n \cdot Bm}{\rho}, \quad (1.2)$$

где:  $\tau_n$  – время включения «прямого» тока.

Аналогично вычисляется толщина покрытия при включении «обратного» тока:

$$\delta_j^-(x, y, z) = -\frac{\mathcal{E} \cdot i_a \cdot \tau_{об} \cdot Bm}{\rho}, \quad (1.3)$$

где:  $\tau_{об}$  – время включения «обратного» тока.

Математическая модель процесса нанесения гальванического покрытия с реверсом тока, исходя из (1.2) и (1.3), имеет следующий вид:

$$\delta(x, y, z) = \sum_{j=1}^N (\delta_j^+(x, y, z) + \delta_j^-(x, y, z)), \quad (1.4)$$

где:  $N$  – количество включений прямого и реверсивного тока.

Общее время процесса гальванизации определяется по формуле:

$$T_{общ} = \frac{\delta_{зад} \cdot \rho}{i_k \cdot \mathcal{E} \cdot Bm},$$

где:  $\delta_{зад}$  – толщина покрытия, мкм.

Для оценки равномерности гальванического покрытия используется критерий неравномерности, вычисляемый по следующей формуле:

$$R = \frac{1}{S_k \cdot S_k} \int \frac{\delta(x, y, z) - \delta_{\min}}{\delta_{\min}} dS_k,$$

где:  $\delta_{\min}$  – минимальная толщина покрытия,  $\delta_{\min} > \delta_{зад}$ ;

$\delta_{зад}$  – заданная толщина покрытия;

$\delta(x, y, z)$  – толщина покрытия в точке с координатами  $(x, y, z)$ ,  $\delta(x, y, z) > 0$ ;

$S_k$  – площадь поверхности катода,  $dm^2$ .

Рабочий ток вычисляется по формуле:

$$I_p = i_k \cdot S_k,$$

где:  $i_k$  – плотность тока на катоде;

$S_k$  – площадь поверхности катода.

Исходя из закона Ома в дифференциальной форме, плотность тока на катоде во время включения прямого тока гальванизации рассчитывается по формуле:

$$i_k(x, y, z) = -\chi grad \varphi_n(x, y, z)|_{S_k}, \quad (1.5)$$

где:  $\chi$  – удельная электропроводность электролита;

$\varphi_n$  – потенциал электрического поля при «прямом» включении тока.

Аналогично (1.5) для анодного тока:

$$i_a(x, y, z) = -\chi grad \varphi_{об}(x, y, z)|_{S_k},$$

где:  $\varphi_{об}$  – потенциал электрического поля при «обратном» включении тока.

Для нахождения  $\varphi_n(x, y, z)$  воспользуемся уравнением:

$$\frac{\partial^2 \varphi_n}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi_n}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi_n}{\partial z^2} = 0. \quad (1.6)$$

Аналогично (1.6) можно найти  $\varphi_{o\bar{o}}(x, y, z)$ :

$$\frac{\partial^2 \varphi_{o\bar{o}}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi_{o\bar{o}}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi_{o\bar{o}}}{\partial z^2} = 0.$$

В гальванической ванне во время периода включения прямого тока область распространения электрического поля, наводимого в электролите при прохождении тока, имеет следующие границы и краевые условия на них:

1) воздух, футерованные стенки и дно гальванической ванны, которые не проводят ток, т.к. являются изоляторами. На этих границах нормальная производная потенциала будет равна нулю:

$$\frac{\partial \varphi_n}{\partial n} |_{S_u} = 0,$$

где:  $S_u$  – площадь поверхности изолятора;

$n$  – нормаль к поверхности изолятора.

2) Граница электролит-анод:

$$\varphi_n + F_1(i_a) |_{S_a} = U_n,$$

где:  $F_1(i_a)$  – функция анодной поляризации;

$S_a$  – площадь поверхности анода;

$U_n$  – напряжение между анодом и катодом во время включения прямого тока.

3) Граница электролит-катод:

$$\varphi_n - F_2(i_k) |_{S_k} = 0,$$

где:  $F_2(i_k)$  – функция катодной поляризации;

$S_k$  – площадь поверхности катода.

Запишем аналогичные краевые условия для периода включения реверсивного тока.

1) Футерованные стенки ванны и границы электролит-воздух:

$$\frac{\partial \varphi_{o\bar{o}}}{\partial n} |_{S_u} = 0;$$

2) Граница электролит-анод:

$$\varphi_{o\bar{o}} + F_1(i_a) |_{S_k} = U_{o\bar{o}},$$

где:  $U_{o\bar{o}}$  – напряжение между анодом и катодом во время включения реверсивного тока.

3) Граница электролит-катод:

$$\varphi_{o\bar{o}} - F_2(i_k) |_{S_a} = 0.$$

Функции  $F1$ ,  $F2$  в общем случае нелинейные и определяются обработкой экспериментальных данных. Для многих электролитов уже построены графики функций  $F1$ ,  $F2$  и могут быть найдены в справочниках.

Изменение толщины покрытия за время полного  $j$ -го периода реверсивного тока равно:

$$\delta_j(x, y, z) = \delta_j^+(x, y, z) + \delta_j^-(x, y, z).$$

Таким образом, математическая модель процесса электрохимического нанесения гальванического покрытия с использованием реверсивного тока содержит уравнения, описывающие осаждение покрытия за время включения прямого тока и его растворение за время включения реверсивного тока.

Общее время нанесения покрытия  $T_{общ}$  также можно рассчитать по формуле:

$$T_{общ} = N(\tau_n + \tau_{об}). \quad (1.7)$$

Итоговая толщина покрытия в каждой точке детали зависит от общего количества  $N$  периодов включения прямого и реверсивного тока. Таким образом, для решения поставленной задачи необходимо определить значение  $N$ . Перепишем выражение (1.4) в следующем виде:

$$\delta(x, y, z) = (\delta_j^+(x, y, z) + \delta_j^-(x, y, z)) \cdot N.$$

Тогда значение  $N$ , при котором будет выполнено условие  $\delta_{\min} = \delta_{зад}$ , будет вычислено следующим образом:

$$N = \left\lceil \frac{\delta_{зад}}{\min_{(x,y,z)} (\delta^+(x, y, z) + \delta^-(x, y, z))} \right\rceil.$$

Подставив найденное значение  $N$  в формулу (1.7), будет найдено общее время нанесения покрытия, при котором выполняется условие  $\delta_{\min} = \delta_{зад}$ .

Приведенная расчётная модель по геометрическим параметрам детали и заданной величине толщины гальванического покрытия позволяет определить величину тока и длительность процесса гальванизации деталей.

**Математическая модель для достижения требуемого уровня электролита в ваннах гальванизации.** Для осуществления поставленной задачи необходимо найти объём детали, данный параметр позволит определить требуемый уровень электролита ванны. Расчётные данные позволяют поддерживать необходимый уровень.

Необходимо найти объём деталей. Так как известен материал деталей, которым является, как правило, медь, и их масса, то можно определить объём из формулы:

$$m = \rho \cdot V. \quad (1.8)$$

где:  $V$  – объём тела,  $м^3$ ;

$m$  – масса тела,  $кг$ ;

$\rho$  – плотность вещества,  $кг/м^3$ .

Путём преобразования формулы (1.8) получим необходимую величину, для нахождения требуемого уровня ванны, а именно объёма:

$$V_{дем} = \frac{m}{\rho}. \quad (1.9)$$

На контроллер подаётся сигнал с тензодатчика, находящегося на подвеске. Контроллер подставляет значение измеренной массы с учётом подвески в формулу и определяет объём детали.

Необходимый объём электролита в ванной определяется от объёма деталей (1.9):

$$V_{\text{зад}} = (V_{\text{эт}} - V_{\text{дет}}), \quad (1.10)$$

где:  $V_{\text{эт}}$  – эталонный объём,  $\text{м}^3$ ;

$V_{\text{дет}}$  – объём деталей,  $\text{м}^3$ .

Компенсирующий объём, который необходимо слить или долить, рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{ком}} = (V_{\text{эт}} - V_{\text{дет}}) - V_{\text{тек}}, \quad (1.11)$$

где:  $V_{\text{тек}}$  – текущий объём,  $\text{м}^3$ .

Тогда, исходя из (1.11), время включения двигателя для достижения необходимого объёма:

$$t_{\text{в}} = \frac{V_{\text{ком}}}{V_{\text{пр}}},$$

где:  $V_{\text{пр}}$  – объём, пропускаемый насосом в сек.,  $\text{м}^3$ ;

Выбор включаемого насоса происходит путём сравнения текущего объёма с заданным (1.10):

$V_{\text{тек}} < V_{\text{зад}}$ , включаем насос подкачки;

$V_{\text{тек}} > V_{\text{зад}}$ , включаем насос слива;

$V_{\text{тек}} = V_{\text{зад}}$ , отключаем оба насоса.

Уровень электролита является входным сигналом от уровнемера на контроллер. Так как известна его величина и внутренняя площадь ванны, можно контролировать текущий объём и задать эталонный (без деталей). Сравнивая текущий и заданный объём, контроллер выбирает какой насос включить, до достижения необходимого объёма электролита в ванной.

Расчётные соотношения позволяют определить объём детали. Однако материалом детали может быть не только медь, но и другие металлы и стали. Следовательно, в программе необходимо предусмотреть ввод оператором плотности детали. Если используются только несколько определённых видов материалов, то для удобства оператора можно вывести на дисплей их выбор по наименованию.

**Математическая модель для достижения требуемой температуры электролита в ваннах гальванизации.** Для осуществления поставленной задачи необходимо задать пределы открытия клапанов водяной бани и охлаждения.

Выбор клапана открытия подачи горячей воды с водяной бани выполняется при следующем условии:

$$t_{\text{тек}}^{\circ} < t_{\text{зад}}^{\circ},$$

где:  $t_{\text{тек}}$  – текущая температура, в данный момент,  $\text{C}^{\circ}$ ;

$t_{\text{зад}}$  – температура, требуемая технологическим процессом, в соответствующем диапазоне,  $\text{C}^{\circ}$ .

Выбор клапана открытия подачи охлаждённой воды выполняется при обратном условии:

$$t^o_{\text{мек}} > t^o_{\text{зад}}$$

Когда температура достигла заданного значения, оба клапана закрыты:

$$t^o_{\text{мек}} = t^o_{\text{зад}}$$

Расчётные соотношения позволяют поддерживать заданную температуру. Контроллер непрерывно поддерживает регулировку по заданным пределам, открывая необходимый клапан на протяжении всего времени.

**В третьей главе** рассматривается решение проблемы повышения качества наносимого покрытия, определения необходимого тока и длительности процесса, позволяющего получить требуемую толщину покрытия по габаритным размерам детали. Использование реверса по току позволяет улучшить качество наносимого покрытия, а также увеличить плотность тока, что в свою очередь ускорит процесс.

Для проведения эксперимента разработана симуляция процесса нанесения гальванического покрытия в виде блок-схемы, сконструированной в среде модельно-ориентированного проектирования систем автоматического управления SimInTech. Симуляция представляет собой синтез математической модели и технологического процесса, для расчёта взят стандартный электролит хрома.

В симуляции используется математическая модель для расчета тока и длительности процесса гальванизации, обеспечивающие требуемую толщину гальванического покрытия детали. Для расчёта требуется задать площадь детали и требуемую толщину покрытия.

Исходя из описания технологического процесса, в симуляции предусмотрено:

1) анодная активация (декапирование), цель которого удаление тончайших окисных плёнок, процесс происходит в самом начале, его длительность 1-2 минуты, а плотность тока  $25-40 \frac{\text{А}}{\text{дм}^2}$  ;

2) операция «толчка тока», в течение последующих 1-2 минут сила прямого тока должна быть плавно увеличена в 2-3 раза от номинальной величины, а затем ток плавно уменьшается до рабочего значения.

3) реализация циклических переключений прямого и обратного токов между анодом и катодом. Периодичность перемены полярности реверсивного тока составляет 5-10 раз в минуту, причем длительность катодного периода  $\tau_k$  по отношению к анодному  $\tau_a$  составляет для различных видов покрытий от 5:1 до 10:1, при этом величина анодного тока ниже в 5-10 раз.

Для приближения симуляции к реалиям предусматривается ограничение по возможности оборудования, т.е. по максимально возможному току ИПС. Если расчётный ток больше заданного предела плотность его уменьшается.

Базой для расчёта рабочего тока является формула:

$$I_p = i_k \cdot S_k,$$

где:  $i_k$  – плотность тока на катоде;

$S_k$  – площадь поверхности катода.

Так как вычисление плотности тока из уравнения Лапласа с краевыми условиями происходит с подходом для каждой отдельной детали индивидуально, его можно использовать при работе с типовыми деталями. Для деталей различных габаритов в симуляции выбран способ максимальной допустимой плотности, с применением реверса появляется возможность использовать плотность тока до 120—, данная величина значительно выше в сравнении использования прямого тока. Данный метод позволяет ускорить процесс нанесения покрытия.

Из симуляции получен график по току. Изображение графика по току в первые 500 секунд представлено на рисунке 2.1.1

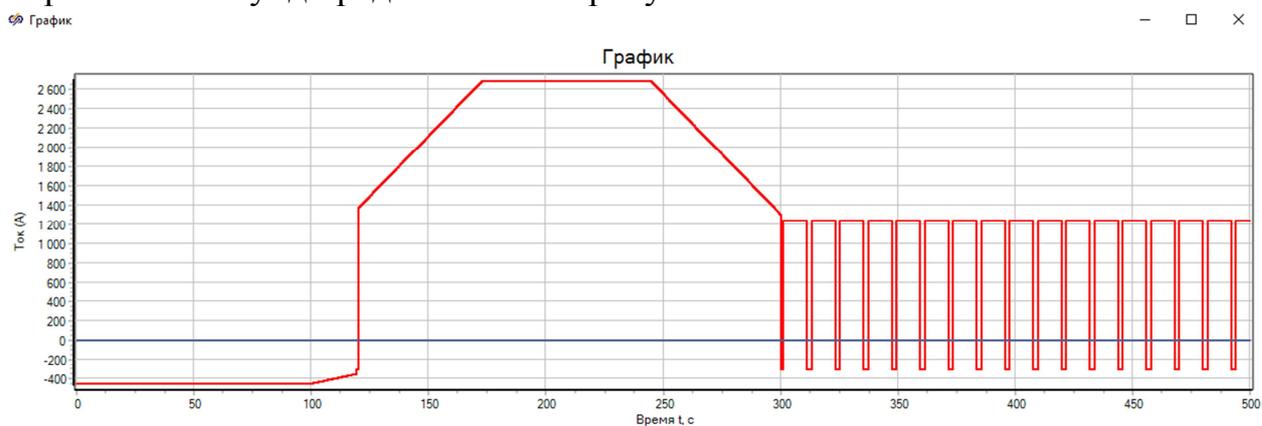


Рисунок 2.1.1. – График по току в первые 500 секунд

На графике веден процесс анодной активации (декапирования) в первые 120 секунд, а также плавное снижение его величины. В последующем промежутке времени 120-300 секунд отображён процесс «толчка тока» с его плавным увеличением и понижением. В момент времени от 300 – ∞ происходит процесс реверсирования тока.

Симуляция предусматривает отключение подачи тока при достижении заданной толщины детали. Момент отключения отображён на рисунке 2.1.2.

Для наглядности заданная толщина покрытия снижена со 120 мкм до 10 мкм.

При достижении 120 мкм отключение произошло на 6814 секунде, что не на много отличается от расчётного времени в 6657 секунды.

Симуляция также определяет прирост толщины покрытия за расчётное время по выставленным и определённым параметрам. Константы для электролита определены по справочнику, плотность тока выставляется в соответствии с расчётами, приведёнными ранее.

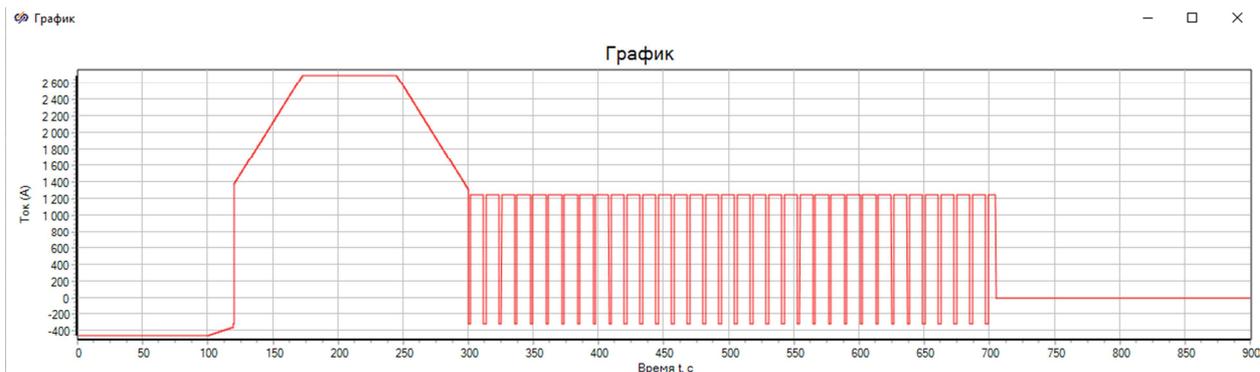


Рисунок 2.1.2. – Момент отключения подачи тока

Толщина покрытия при «прямом» включения тока:

$$\delta_j^+(x, y, z) = \frac{\mathcal{E} \cdot i_k \cdot \tau_n \cdot Vm}{\rho},$$

где:  $\mathcal{E}$  – электрохимический эквивалент количества металла, выделяющегося

за 1 ч,  $\frac{z}{A \cdot ч}$ ;

$i_k$  – катодная плотность тока,  $\frac{A}{\text{см}^2}$ ;

$\tau_n$  – время включения «прямого» тока, с;

$Vm$  – выход по току;

$\rho$  – плотность осаждаемого металла,  $\frac{z}{\text{см}^3}$ .

Аналогично вычисляется толщина покрытия при включении «обратного» тока:

$$\delta_j^-(x, y, z) = -\frac{\mathcal{E} \cdot i_a \cdot \tau_{об} \cdot Vm}{\rho},$$

где:  $\tau_{об}$  – время включения «обратного», с.

Итоговая толщина покрытия в каждой точке детали зависит от общего количества  $N$  периодов включения прямого и реверсивного тока. Таким образом, для решения поставленной задачи необходимо определить значение  $N$ .

Значение  $N$ , при котором будет выполнено условие  $\delta_{\min} = \delta_{зад}$ , будет вычислено следующим образом:

$$N = \left[ \frac{\delta_{зад}}{\min_{(x,y,z)} (\delta^+(x, y, z) + \delta^-(x, y, z))} \right].$$

Симуляция по выбранным параметрам определила, что число периодов  $N=565$ .

Тогда математическая модель процесса нанесения гальванического покрытия с реверсом тока имеет следующий вид:

$$\delta(x, y, z) = (\delta_j^+(x, y, z) + \delta_j^-(x, y, z)) \cdot N.$$

Общее время нанесения покрытия  $T_{общ}$  рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{общ}} = N(\tau_n + \tau_{\text{об}}).$$

График симуляции прироста толщины за расчётное время при заданной толщине 120 мкм представлен на рисунке 2.1.3.

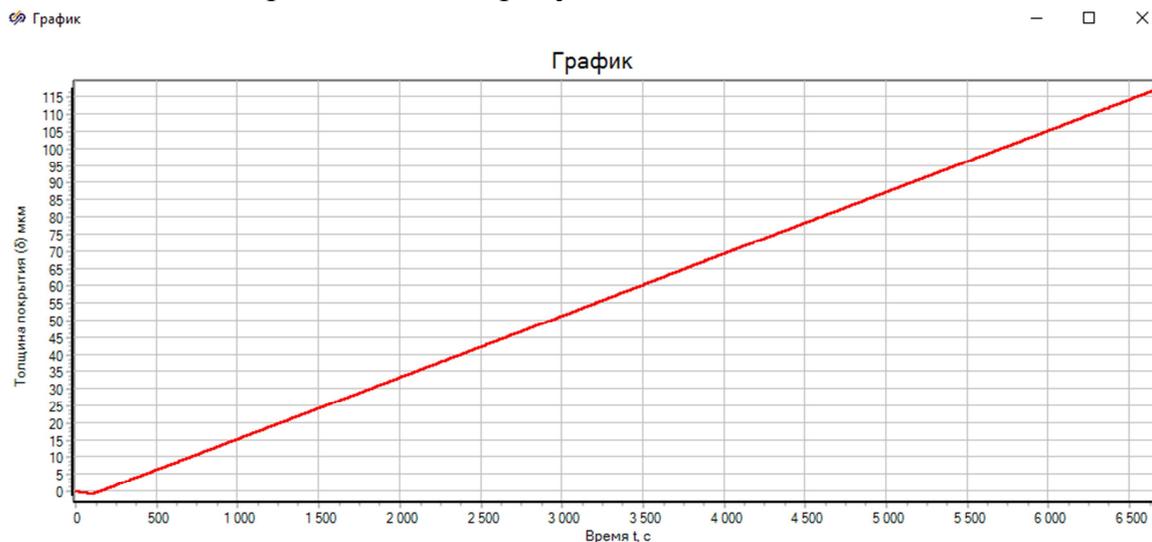


Рисунок 2.1.3. – Прирост толщины за расчётное время при заданной толщине 120 мкм

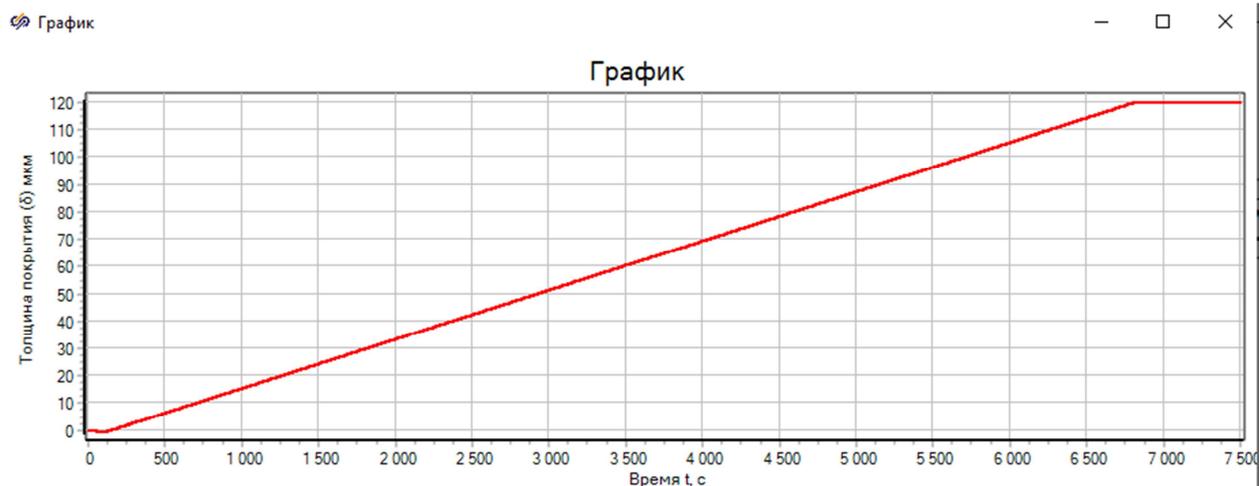


Рисунок 2.1.4. – Момент отключения тока при достижении заданной толщины

График показывает, что за расчётное время 6657 секунд прирост толщины составил 117 мкм. Полученное значение на 3 мкм меньше заданной. Однако симуляция предусматривает отключение тока по достижению заданной толщины. Момент отключения тока при достижении заданной толщины отображён на рисунке 2.1.4.

График показывает, что заданная толщина покрытия произошла на 6814 секунде, что на 157 секунд больше расчётного времени.

График толщины покрытия, исходя из симуляции, также показывает момент анодной активации (декапирования), цель которого удаление тончайших окисных пленок. «Толчок тока» на 120 сек, который повысил ток в два раза, практически не повлиял на прирост толщины. График представлен на рисунке 2.1.5.

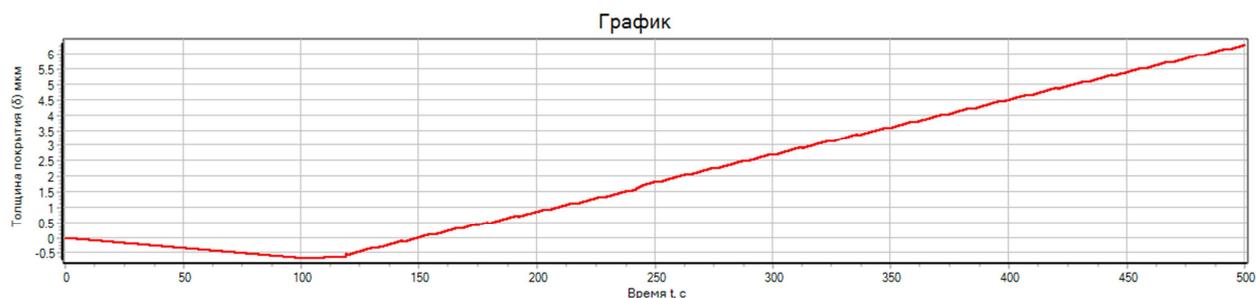


Рисунок 2.1.5. – Толщина покрытия при анодной активации (декапировании)

Для сравнения производится расчёт общего времени процесса при прямом токе, определяемое по формуле:

$$T_{\text{общ}} = \frac{\delta_{\text{зад}} \cdot \rho}{i_k \cdot \mathcal{E} \cdot \text{Вт}},$$

где:  $\delta_{\text{зад}}$  – толщина покрытия, мкм.

При тех же условиях, но с плотностью, допустимой для прямого тока, получим время:

$$T_{\text{общ}} = \frac{120 \cdot 7.19}{25 \cdot 0.324 \cdot 15} = 7.1 \text{ (часа)}$$

При реверсе заданная толщина покрытия образовалась на 6814 секунде (1.8 часа), в то время как при прямом токе время составило 25560 секунд (7.1 часа). Сокращение времени процесса нанесения гальванического покрытия составило 18746 секунд (5.2 часа).

Для расчёта равномерности гальванического покрытия используется критерий неравномерности, вычисляемый по формуле:

$$R = \frac{1}{S_k} \int_{S_k} \frac{\delta(x, y, z) - \delta_{\text{мин}}}{\delta_{\text{мин}}} dS_k,$$

где:  $\delta_{\text{мин}}$  – минимальная толщина покрытия,  $\delta_{\text{мин}} > \delta_{\text{зад}}$ ;

$\delta_{\text{зад}}$  – заданная толщина покрытия;

$\delta(x, y, z)$  – толщина покрытия в точке с координатами  $(x, y, z)$ ,  $\delta(x, y, z) > 0$ ;

$S_k$  – площадь поверхности катода,  $\text{дм}^2$ .

Критерий неравномерности, достигнутый при расчётном времени, составил 0.052, хороший показатель, однако с помощью ограничения по заданной толщине получен критерий равный 0.

**Разработка симуляции для достижения требуемого уровня электролита в ваннах гальванизации от объёма деталей.** Рассматривается проблема контроля требуемого уровня электролита для случая, когда в ванне производится гальванизация деталей разного объёма. Предположим, что сначала происходит гальванизация деталей малого объёма, и уровень электролита является достаточным для их полного погружения. После окончания процесса гальванизации детали изымаются, и поступает партия деталей большего объёма. В этот момент происходит вытеснение дорогостоящего электролита, его приходится сливать, а после доливать, если партия деталей снова будет малого объёма. Можно с помощью

работников гальванического участка вручную перелить электролит в другую ёмкость на время, пока он не понадобится снова. Ёмкость должна иметь высокие химически стойкие характеристики, а персоналу придётся определить объём. Благодаря контроллеру можно избежать ненужных затрат и нахождения человека вблизи химически агрессивной среды.

В связи с этим, автоматизация контроля уровня электролита в ванне для деталей разных габаритов требует построение расчётных соотношений, которые при определении массы детали позволяют рассчитать необходимый уровень электролита и совершить соответствующую коммутацию до достижения требуемого уровня с помощью контроллера.

Для реализации модели на практике в работе предлагается соответствующее оборудование.

Для проведения эксперимента по контролю уровня электролита от объёма детали разработана симуляция в виде блок-схемы, сконструированной в среде модельно-ориентированного проектирования систем автоматического управления SimInTech. Симуляция представляет собой математическую модель, которая при заданной текущей величине объёма ванны позволяет определить требуемый уровень и дать команды исполнительным механизмам для его достижения.

Для осуществления поставленной задачи необходимо найти объём детали, данный параметр позволит определить требуемый уровень электролита ванны. Расчётные данные позволяют поддерживать необходимый уровень.

Объём определяется по формуле:

$$V = \frac{m}{\rho},$$

где:  $V$  – объём тела,  $м^3$ ;

$m$  – масса тела,  $кг$ ;

$\rho$  – плотность вещества,  $кг/м^3$ .

Симуляция требует ввода плотности и массы, в реалии плотность, как правило, константа, так как работа происходит с одним и тем же металлом или сталью. Масса определяется с помощью тензодатчика.

На контроллер подаётся сигнал с тензодатчика, находящегося на подвеске. Контроллер подставляет значение измеренной массы с учётом подвески в формулу и определяет объём детали на выходе.

Необходимый объём электролита в ванной определяется от объёма деталей:

$$V_{зад} = (V_{эт} - V_{дет}),$$

где:  $V_{эт}$  – эталонный объём,  $м^3$ ;

$V_{дет}$  – объём деталей,  $м^3$ .

В симуляции данное значение составило  $4.16 м^3$ .

Компенсирующий объём, который необходимо слить или долить, рассчитывается по формуле:

$$V_{ком} = (V_{эт} - V_{дет}) - V_{тек},$$

где:  $V_{тек}$  – текущий объём,  $м^3$ .

Время включения двигателя для достижения необходимого объёма:

$$t_в = \frac{V_{КОМ}}{V_{пр}},$$

где:  $V_{пр}$  – объём, пропускаемый насосом в сек.,  $м^3$ ;

Выбор включаемого насоса происходит путём сравнения:

$V_{тек} < V_{зад}$  – включаем насос подкачки;

$V_{тек} > V_{зад}$  – включаем насос слива;

$V_{тек} = V_{зад}$  – отключаем оба насоса.

Уровень электролита является входным сигналом от уровнемера на контроллер, так как известна его величина и внутренняя площадь ванны, можно контролировать текущий объём и задать эталонный (без деталей). Сравнивая текущий и заданный объём, выбирает какой насос включить до достижения необходимого объёма электролита в ванне.

Расчётные соотношения позволяют определить объём детали. Однако детали могут быть не только медными, но и из других различных металлов и сталей. Программой необходимо предусмотреть ввод оператором плотности детали. Если материал детали имеет только несколько определённых видов, то для удобства можно вывести на дисплей выбор материала по наименованию.

В результате симуляции контроля требуемого уровня получены графики, на рисунке 2.1.6 отображён процесс слива (рис. 2.1.6, а) и процесс достижения требуемого уровня путём подкачки электролита (рис. 2.1.6, б).

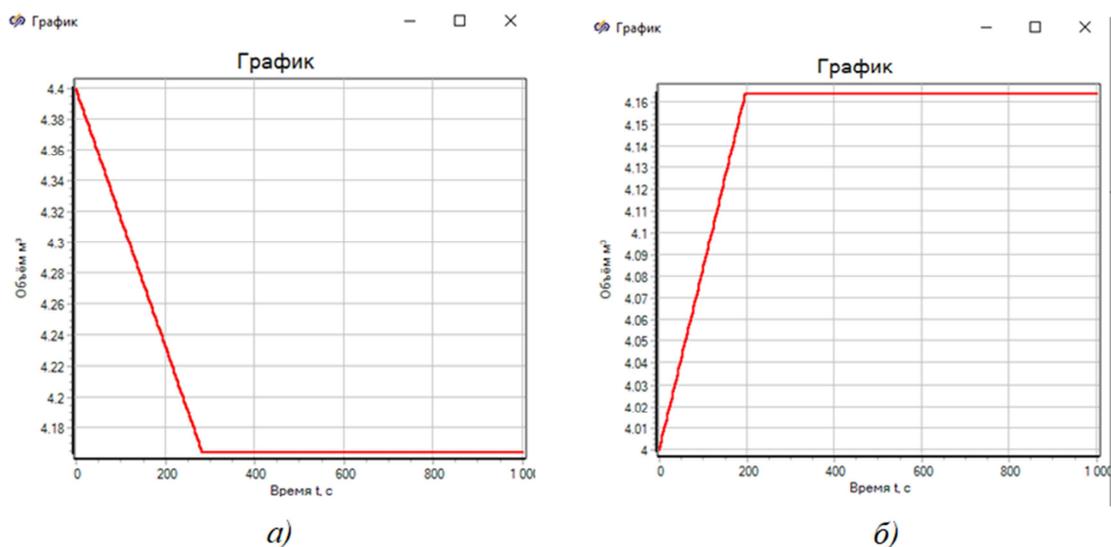


Рисунок 2.1.6. – Процесс слива электролита

**Разработка симуляции для поддержания требуемой температуры электролита в ваннах гальванизации.** Для проведения эксперимента по контролю температуры электролита разработана симуляция в виде блок-схемы, сконструированной в среде модельно-ориентированного

проектирования систем автоматического управления SimInTech. Симуляция представляет собой математическую модель, на которую воздействует естественное охлаждение. Модель, в свою очередь, поддерживает заданный температурный диапазон и подаёт команды на открытия клапанов горячей или охлаждённой воды.

Для осуществления поставленной задачи необходимо задать пределы открытия клапанов с водяной бани и охлаждения. Выбор открываемого клапана происходит путём сравнения.

Выбор клапана открытия подачи горячей воды с водяной бани выполняется при следующем условии:

$$t^o_{тек} < t^o_{зад},$$

где:  $t_{тек}$  – текущая температура, в данный момент, С°;

$t_{зад}$  – температура, требуемая технологическим процессом, в соответствующем диапазоне, С°.

Выбор клапана открытия подачи охлаждённой воды выполняется при обратном условии:

$$t^o_{тек} > t^o_{зад}$$

Когда температура достигла заданного значения, оба клапана закрываются:

$$t^o_{тек} = t^o_{зад}$$

Расчётные соотношения позволяют поддерживать заданную температуру. Контроллер непрерывно поддерживает регулировку по заданным пределам, открывая необходимый клапан на протяжении всего времени.

В результате симуляции получен график поддержания температуры в заданном диапазоне, изображённый на рисунке 2.1.7.

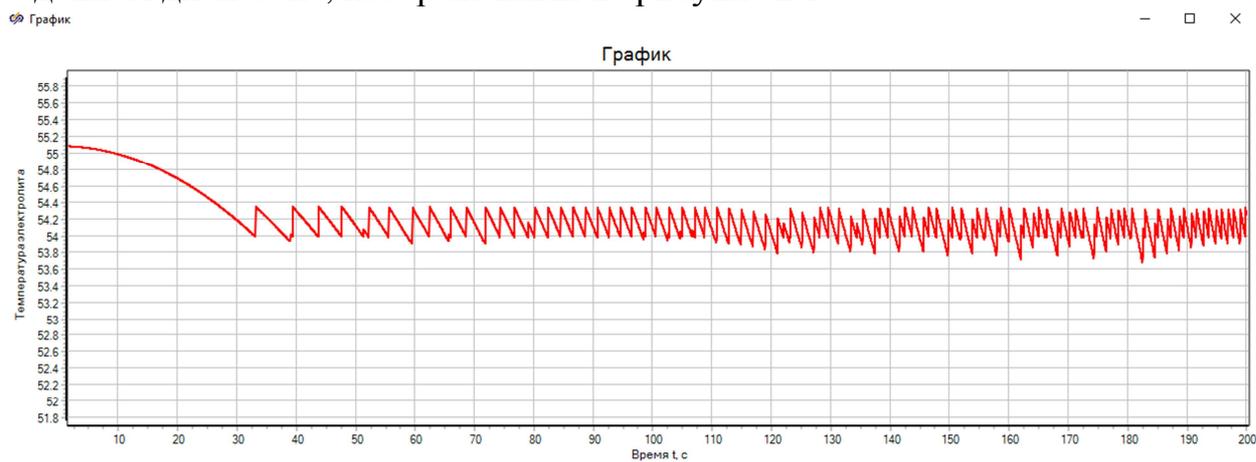


Рисунок 2.1.7. – Поддержание температуры электролита

**Выбор оборудования для автоматизированной системы управления процессом гальванизации, описание алгоритмов.** Систему автоматизированного управления процессом гальванизации металлических деталей предлагается реализовать с помощью контроллера SIMATIC S7-1200

CPU 1211C. Данный контроллер подходит для решения поставленных задач, также потребуются его комплектующие элементы:

1. Коммуникационная плата CB 1241 RS-485;
2. Коммутационный модуль RS-422 CM 1241;
3. SM 1223: модули ввода-вывода дискретных сигналов;
4. SM 1234: модуль ввода-вывода аналоговых сигналов.

Контроллер позволяет работать с протоколами ModBus, что является необходимым для управления ИПС. Программирование CPU 1211C осуществляется с помощью специальной программы от производителя, TIA Portal, для этого контроллера подойдёт 13-ая версия.

Подобранные исполнительные механизмы и датчики соответствуют условиям агрессивной среды участка гальваники.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

- Проведён обзор литературных источников, позволивший описать технологический процесс нанесения гальванического покрытия;
- Описаны существующие системы управления процессом гальванизации металлических деталей;
- Подобрано современное оборудование, способное автоматизировать процесс;
- Построена математическая модель, позволяющая по параметрам формы деталей определить величину тока и требуемый уровень электролита; получить зависимость толщины гальванического покрытия от времени; обеспечить поддержание постоянной температуры электролита;
- Реализована симуляция технологического процесса, основанная на его описании и расчётных соотношениях, а также разработана симуляция поддержания требуемого уровня электролита;
- Разработаны алгоритмы автоматизации рассматриваемых систем управления.

Повышение качества наносимого покрытия может быть теперь достигнуто применением реверса и выставления расчётной величины тока в определённый момент времени, эту возможность показала симуляция. Сокращение количества операций достигается за счёт автоматического регулирования, поддержания требуемого уровня, исключением операции ручного подключения проводов к катодной и анодной штанге, автоматического позиционирования. Время всего процесса сокращается в первую очередь за счёт увеличения плотности тока, это становится возможным с применением реверса.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ:

- 1.

- 2.
- 3.
4. ...

2.2. Автореферат выпускной квалификационной работы магистра на тему «Разработка автоматизированного стенда испытания гидрозащиты для установки электроцентробежных насосов»

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** В настоящее время все большее распространение в нефтепромышленности получают установки электроцентробежных насосов (УЭЦН), благодаря их универсальности и надежности. Однако они требуют большого внимания в обслуживании и тестировании. Существующие стенды не способны обеспечить надлежащий уровень в тестировании комплектующих для УЭЦН, поэтому в этой сфере необходимы исследования и разработки.

**Объектом исследования** в данной работе является стенд испытания гидрозащит для УЭЦН. В данной работе будут изучены существующие стенды испытания, будут выявлены их недостатки. На основе этих недостатков будут поставлены задачи, после чего будет разработана система управления, способная решить эти задачи и устранить недостатки существующих стендов.

**Целью работы** является разработка системы управления стенда испытания гидрозащит.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) произвести анализ научно-технической литературы;
- 2) исследовать процесс испытания гидрозащит;
- 3) разработать алгоритм испытания гидрозащит;
- 4) подобрать средства автоматизации для реализации алгоритма;
- 5) провести испытания нового алгоритма;
- 6) провести анализ результатов испытаний.

**Методы исследования:** построение алгоритмов испытания и их реализация в среде CoDeSys и TraceMode с последующей отладкой на гидрозащите ПБ 92 и испытательном стенде М.СТ.И 002.

**Новизна работы:** разработан новый метод испытания клапанов, основанный на дифференциальном методе измерения.

**Практическая ценность.** Разработан алгоритм системы управления стендом тестирования гидрозащит, подобраны экономически выгодные средства автоматизации. Новая система имеет хорошие показатели надежности и функциональности.

**Апробация работы.** Основные положения работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях: Международной научно-

практической конференции: «Проблемы и приоритеты развития науки в XXI веке» – Смоленск, 2017.;

**Публикации.** По материалам выпускной квалификационной работы бакалавра опубликованы \_\_ печатные работы, в том числе: \_\_ статья в научном журнале, входящем в список изданий, рекомендуемых ВАК РФ; \_\_ работы в сборниках трудов республиканских и региональных конференций.

**Структура и объем работы.** Выпускная квалификационная работа бакалавра состоит из введения, трех глав, общих выводов, списка литературы, включающего \_\_ наименований, \_\_ приложения. Работа изложена на \_\_ страницах машинописного текста, содержит \_\_ рисунков.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность выбранной темы, дана общая характеристика работы, сформулированы цели и задачи исследований.

**В первой главе** проведен обзор отраслевых особенностей использования установок электроцентробежных насосов (УЭЦН) в нефтедобывающей промышленности, определены критерии необходимости исследований в сфере обслуживания комплектующих для УЭЦН. Рассмотрено устройство УЭЦН и гидрозащит. Кроме того, произведен обзор существующих стендов испытания гидрозащит, определены их слабые стороны, требующие доработок и принципиально новых решений.

**Во второй главе** представлено исследование программных комплексов CoDeSys и TraceMode, позволивших реализовать поставленные задачи, исследован процесс испытания гидрозащит, на основании которого разработан алгоритм испытания гидрозащит. Кроме того, детально рассмотрен сам процесс испытания гидрозащит.

На данный момент наиболее сложным является испытание гидрозащит в виду большого количества функций, которые они выполняют.

Основные направления при испытании гидрозащит:

1. Испытания клапанов гидрозащиты на давление открытие и закрытие, а также герметичность.
2. Испытание торцевых уплотнений на герметичность.
3. Измерение момента, требующегося для поворота вала и вращения в целом.
4. Измерение температуры и вибрации в ходе обкатки гидрозащиты.

Испытание гидрозащиты можно разделить на три основных этапа: прокачка, проверка клапанов и торцевых уплотнений, обкатка. Рассмотрим каждый этап подробнее.

Прокачка гидрозащиты является подготовительным этапом для проверки клапанов. В ходе него гидрозащиту заполняют маслом. Цель этого заполнения – не оставить в полостях воздуха, который негативно скажется на результатах испытания. Гидрозащиту наполняют снизу вверх полость за полостью.

После того как гидрозащита заполнена маслом, и в ней не осталось воздуха, можно переходить к проверке клапанов. Клапана проверяются плавным повышением давления в предклапанных полостях. После открытия клапана масло сбрасывается до тех пор, пока он не закроется. При закрытии клапана давление стабилизируется. После зафиксированного закрытия клапан проверяется в течение нескольких минут на герметичность. Клапан считается герметичным, если в течение определенного промежутка времени давление в полости не падает. Заключительной частью проверки клапана является проверка торцевых уплотнений и окончательная проверка клапана на герметичность поворотом вала на несколько оборотов. Условие проверки при этом сохраняется – давление не должно упасть. Кроме проверки самих клапанов, во второй этап также входит и опрессовка гидрозащиты. Она заключается в повышении давления масла гидрозащиты до определенной величины и проведении испытания герметичности клапана. Испытание считается пройденным, если давление открытия не превысило паспортное, а давление закрытия не упало ниже предельно допустимого значения.

Существует также альтернативный метод испытания сжатым воздухом, но в виду того, что в скважине гидрозащита будет наполнена маслом, этот метод не получил большого распространения.

На третьем этапе к гидрозащите подключают привод для проверки на вибрационную и температурную устойчивость. Вал гидрозащиты вращается приводом с частотой до 3000 об./мин., а с корпуса снимаются значения температуры и вибрации, а также крутящего момента, который создается при вращении вала. В ходе испытания на вал гидрозащиты ступенчато подают осевую нагрузку, имитирующую давление ЭЦН. Испытание считается пройденным, если измеряемые значения не превысили предельно допустимые.

Все испытания должны быть отражены в протоколе.

Данные испытания можно производить как на испытательном стенде, так и полностью вручную. У последнего способа существует ряд недостатков, в виду которых данный метод не используется в последние годы.

Правильность испытания зависит исключительно от самого испытателя и требует от него высокой квалификации и честности. Кроме того, проверку осевой нагрузкой в данном случае провести невозможно, да и показания температуры и вибрации при обкатке не будут должным образом зарегистрированы.

На данный момент существуют следующие требования для испытания гидрозащит. Испытания клапанов и обкатка должны отображаться на графиках с указанием предельно допустимых значений. Все измеряемые системой значения должны заноситься в таблицу с указанием времени измерений.

Все табличные значения и графики должны отображаться на протоколе испытания. В конце протокола должно быть заключение о годности

гидрозащиты с указанием причины отбраковки. Кроме данных, относящихся непосредственно к испытанию, должна быть информация об испытателе, стенде, на котором проводили испытание, предприятии, дате и времени проверки.

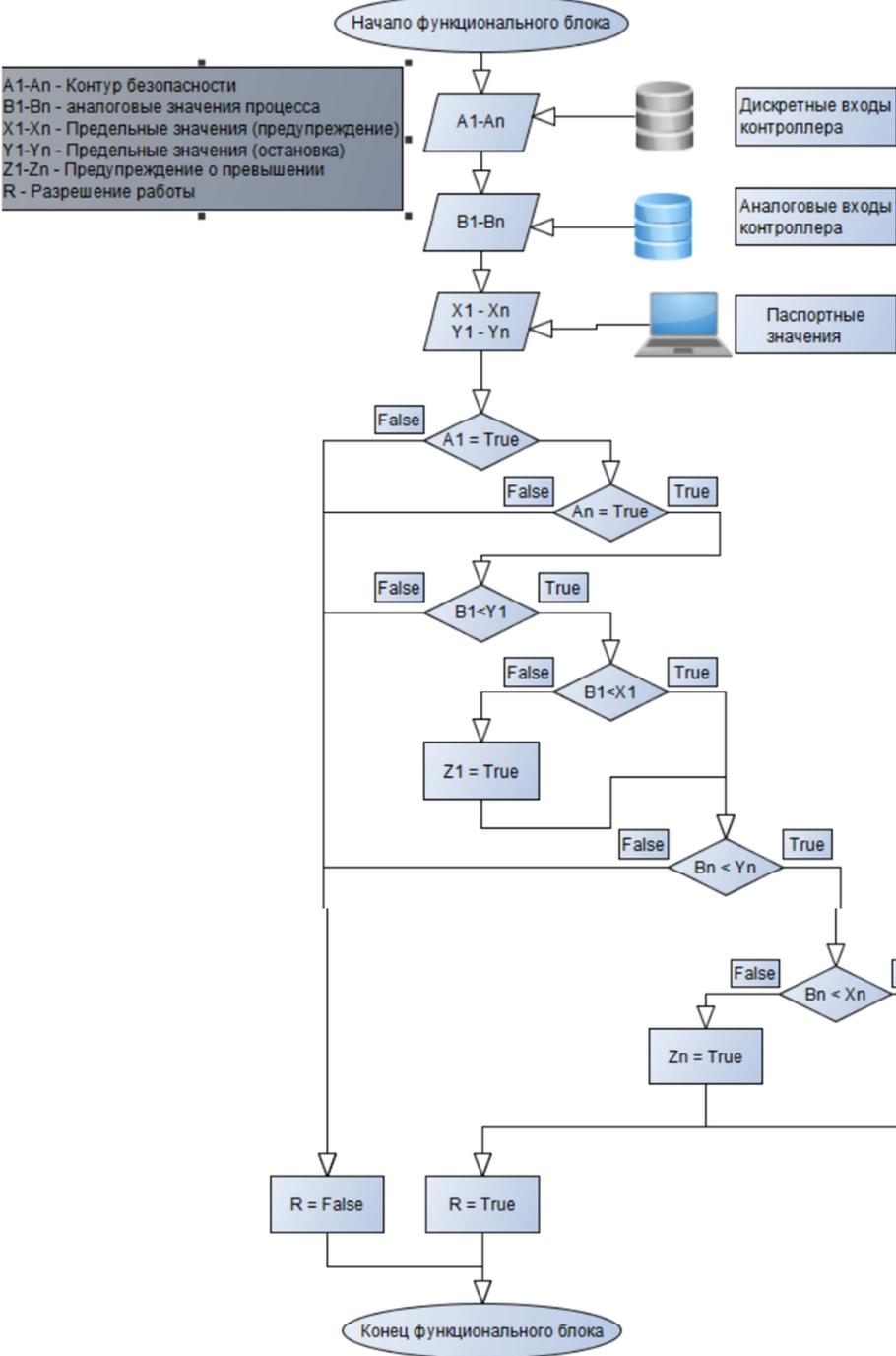


Рисунок 2.2.1. – Алгоритм предупреждения аварийных состояний

Наиболее важной задачей является доработка алгоритма тестирования клапанов, так как на данный момент результаты испытания зачастую являются ложными.

Доработки также должны коснуться и автоматизированного рабочего места оператора путем разделения прав доступа, изменения формы хранения результатов испытаний и информации.

На заключительном этапе необходимо предложить форму реализации проекта и подобрать средства автоматизации.

Алгоритм должен обеспечивать ручной и автоматический режимы работы установки. В автоматическом режиме будет предоставлена возможность выбора одного из трех испытаний: испытание клапанов, испытание обкаткой и полное испытание. Ручной режим необходим для прокачки гидрозащиты оператором.

В программе должна быть предусмотрена система предупреждения и индикации аварийных состояний, разрешений на запуск, основанная на контуре безопасности и предельных состояний системы (рис. 2.2.1).

Контур безопасности должен включать в себя кнопку аварийной остановки, готовность к работе частотных преобразователей, реле контроля тока и напряжения. Предельные состояния – значения давления, температуры, момента и вибрации, превышения которых недопустимы при испытании для стенда. Для контроля и предупреждения аварийных состояний предлагается три уровня предельных состояний. Первый – паспортные предельные значения для самой гидрозащиты, при которых она считается негодной; второй – предупреждение и третий – полная остановка испытания.

Алгоритм испытания клапанов заключается в фиксировании давления открытия и закрытия клапана дифференциальным методом, а также анализ давления в полости при проверке герметичности клапанов, торцевых уплотнений (рис. 2.2.2). Испытание считается пройденным, если давление открытия было ниже, давление закрытия выше допустимого, после закрытия клапана давление в полости упало менее чем на 5 % от давления закрытия. Для проверки торцевых уплотнений и клапанов на герметичность, вал гидрозащиты кратковременно приводится в движение приводом.

Дифференциальный метод заключается в анализе разницы между показаниями двух датчиков давления, установленных после клапана подачи масла и перед испытываемым клапаном в самой гидрозащите. Если разница оказалось больше паспортного значения, клапан считается открытым, и закрывается клапан подачи масла. Если после закрытия клапана подачи не произошел резкий сброс давления в гидрозащите, это означает, что клапан не открывался, и измерение открытия произведено ошибочно. Проверка на падение давления внутри полости после закрытия клапана подачи является второй частью анализа предполагаемого открытия клапана гидрозащиты.

Алгоритм испытания клапанов заключается в фиксировании давления открытия и закрытия клапана дифференциальным методом, а также анализ давления в полости при проверке герметичности клапанов, торцевых уплотнений (рис. 2.2.2). Испытание считается пройденным, если давление открытия было ниже, давление закрытия выше допустимого, после закрытия

клапана давление в полости упало менее чем на 5 % от давления закрытия. Для проверки торцевых уплотнений и клапанов на герметичность вал гидрозащиты кратковременно приводится в движение приводом.

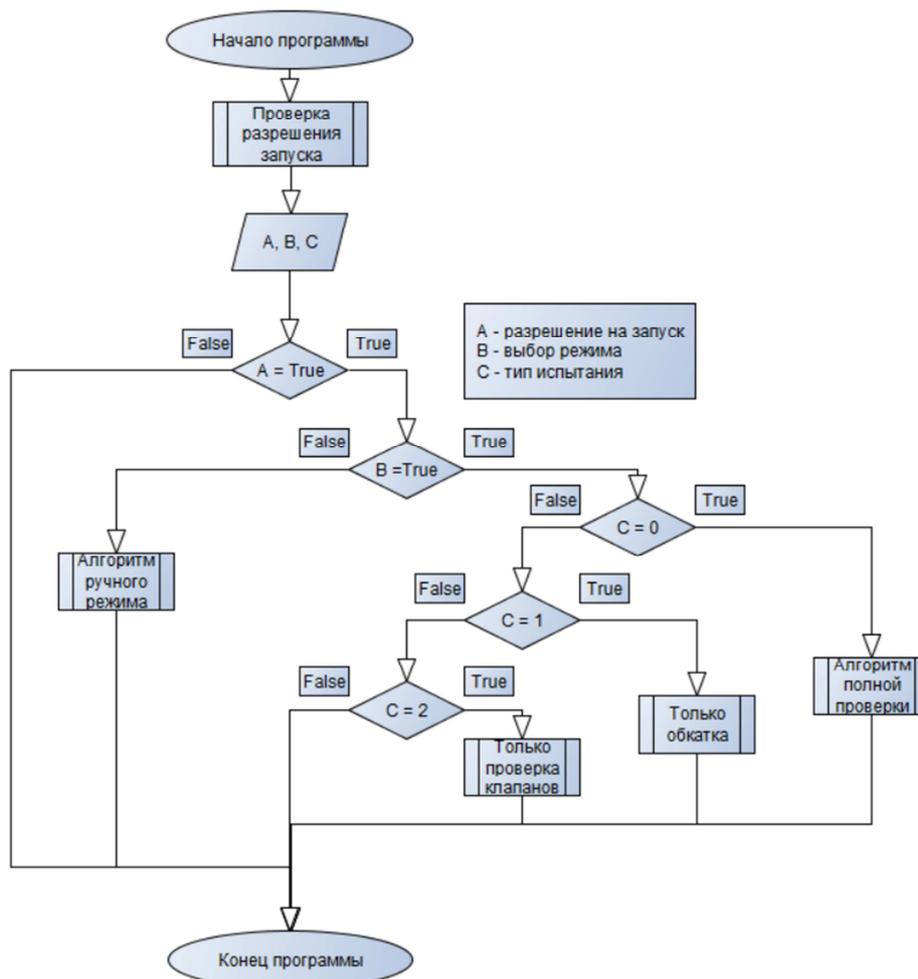


Рисунок 2.2.2. – Общий алгоритм испытания клапанов

Дифференциальный метод заключается в анализе разницы между показаниями двух датчиков давления, установленных после клапана подачи масла и перед испытываемым клапаном в самой гидрозащите. Если разница оказалась больше паспортного значения, клапан считается открытым, и закрывается клапан подачи масла. Если после закрытия клапана подачи не произошел резкий сброс давления в гидрозащите, это означает, что клапан не открывался, и измерение открытия произведено ошибочно. Проверка на падение давления внутри полости после закрытия клапана подачи является второй частью анализа предполагаемого открытия клапана гидрозащиты.

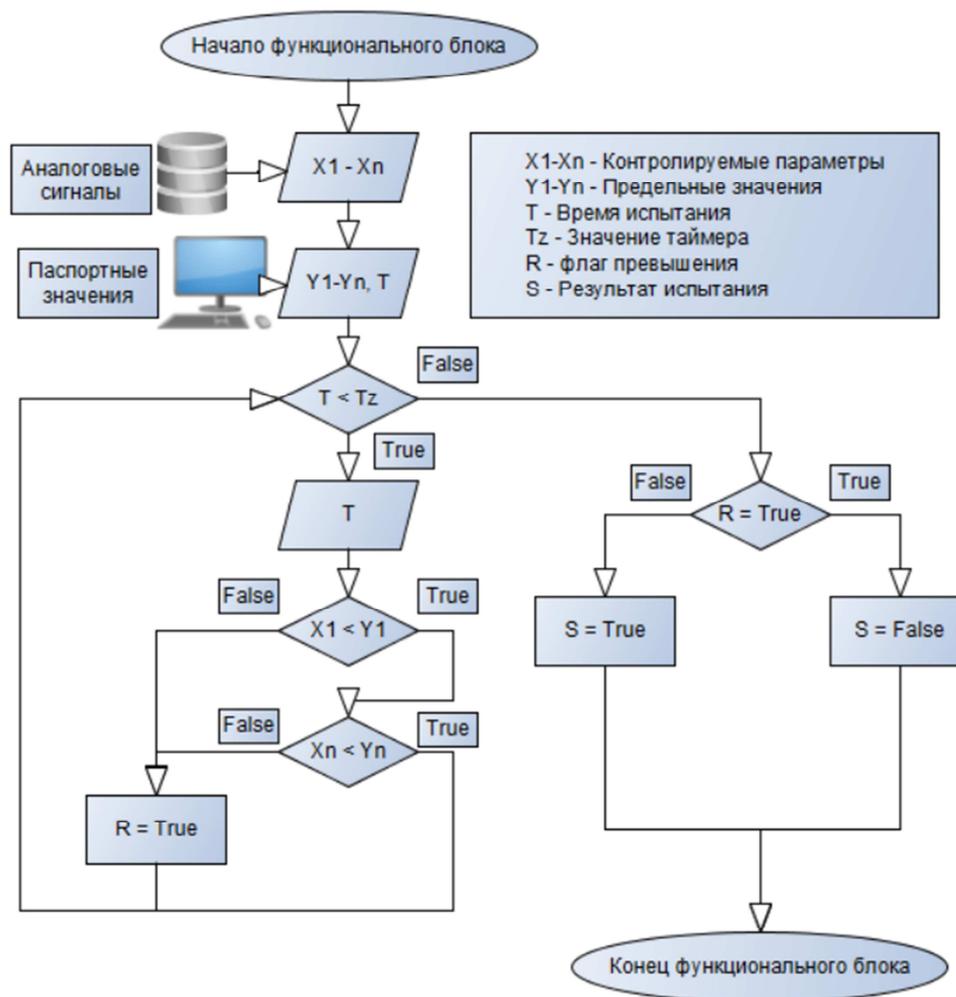


Рисунок 2.2.3. – Алгоритм обкатки гидрозащиты

Алгоритм обкатки заключается во вращении вала гидрозащиты со ступенчатой подачей на него осевой нагрузки на определенном интервале времени (рис. 2.2.3). Во время обкатки фиксируются температура корпуса протектора в местах торцевых уплотнений и основания, а также момент, затрачиваемый на вращение вала. Гидрозащита считается испытанной, если эти значения за время испытания не превысили допустимые.

**В третьей главе** подобраны средства автоматизации, позволившие реализовать разработанные алгоритмы, а также построена функциональная схема.

В структурной схеме (рис. 2.2.4) отображаются средства автоматизации системы с обозначением связей между приборами. Самым верхним уровнем является автоматизированное рабочее место (АРМ) для оператора. АРМ в данном случае представляет собой персональный компьютер, на котором установлены SCADA-система, база данных гидрозащит и протоколов испытаний, три архива для хранения трендов. База данных реализована в Microsoft Access. В ней хранятся данные на каждую гидрозащиту, настройки процесса, данные о готовых протоколах испытания. Все переменные процесса сохраняются в три внутренних архива TraceMode. Величина одного

архива для стабильной работы, не должна превышать 1 Гб, поэтому необходимо предусматривать создание копий архивов.

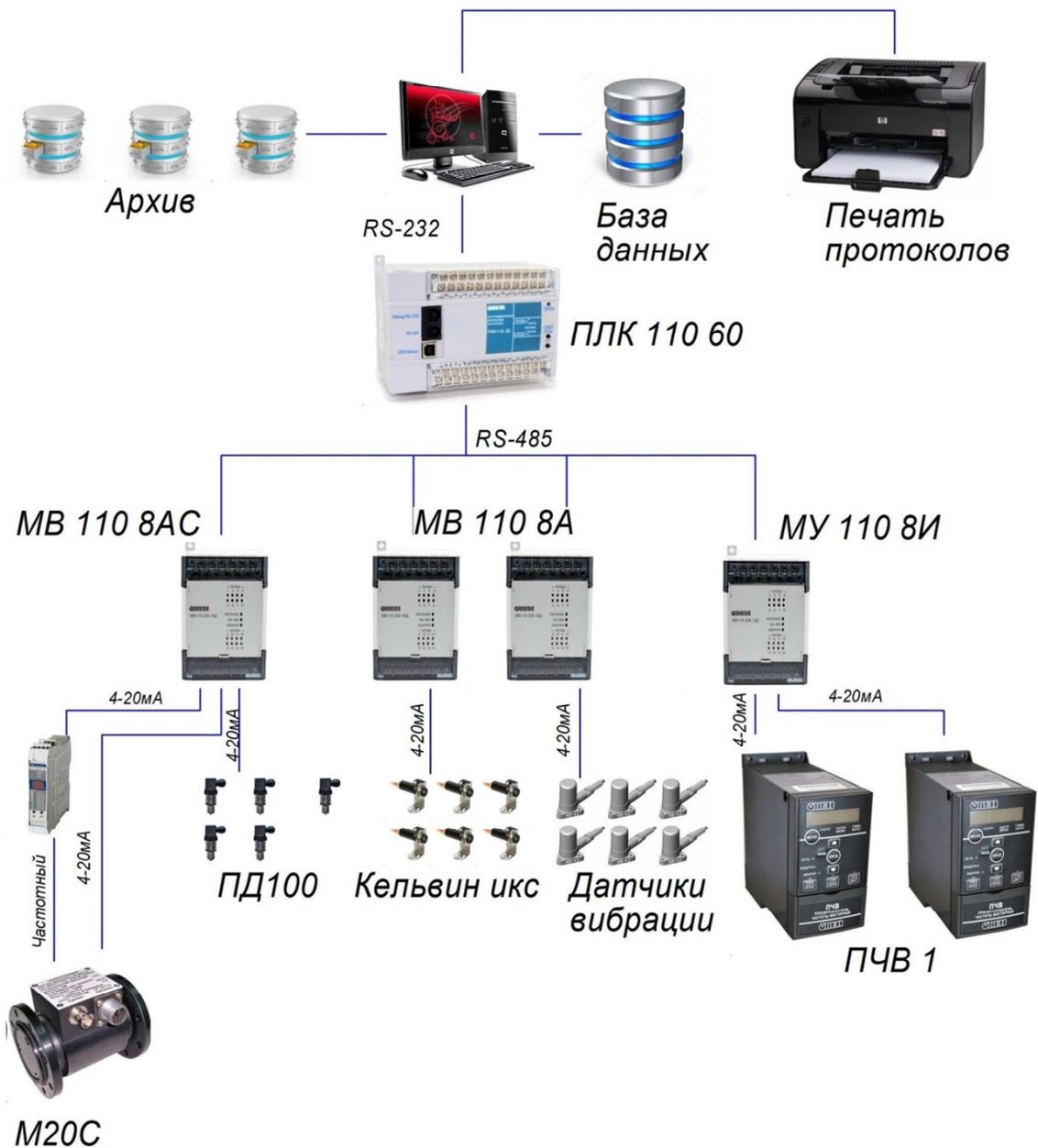


Рисунок 2.2.4. – Структурная схема автоматизации

Верхний уровень автоматизации представлен программным комплексом класса SCADA HMI – TraceMode.

SCADA-система должна давать возможность оператору осуществлять поиск по базе данных. Поиск необходим при выборе гидрозащиты для испытания и при выборе протокола испытания, который отправляется на печать. Поиск должен производиться по нескольким параметра – для выбора гидрозащит: тип и группа испытываемой гидрозащиты, ее производитель, тип масла для испытаний; для печати протокола: тип и группа, дата проведения, результат испытаний, имя испытателя.

При подборе средств автоматизации, упор ставился на баланс между ценой и функциональностью.

В качестве верхнего уровня автоматизации наилучшим образом подходит исполнительная система TraceMode DOC MRV+, которая содержит на борту сервер документирования, сервер SQL для обмена с базой данных и три внутренних архива для хранения трендов.

В качестве контроллера наиболее подойдет продукт OWEN ПЛК 110 60.

Компания OWEN профилируется на мелкой и средней автоматике, и на данном рынке она получила широкое распространение. Недостатки контроллеров данной компании исходят из их низкой стоимости. Основным недостатком я нахожу использование устаревшего ModBus протокола и отсутствие внутренней шины. Протокол делает невозможным установку данных контроллеров для управления большими системами, особенно если они требуют высокой скорости обмена данными. Кроме того, потребители оборудования компании OWEN выступают не только покупателями, но и подопытными, так как нередко новая продукция выходит «сырая», и недочеты исправляются, основываясь на жалобах клиентов. Хотя к данному недостатку можно отнестись снисходительно в виду того, что компания моложе многих конкурентов. Небольшим недостатком можно считать слабую визуализацию. Самым неприятным, с моей точки зрения, недостатком контроллера Owen является отсутствие возможности выгружать проект из контроллера в каком-либо виде. В этом случае при выходе контроллера из строя и отсутствия исходного проекта систему автоматизации придется разрабатывать с самого начала.

К достоинствам в первую очередь можно отнести низкую стоимость оборудования, которая на порядок ниже конкурентов. Широкий выбор языков программирования позволяет даже неопытному программисту писать относительно сложные алгоритмы. Также клиентов компании подкупает бесплатное программное обеспечение и техническая поддержка.

Если подытожить, то преимущества перевесили недостатки, и выбор пал именно на контроллер ПЛК 110 60.

Модули аналогового ввода необходимо установить двух типов: МВ 110 8А, для датчиков подключения датчиков температуры вибрации, для потенциометра ручного задания мощности насосов и МВ 110 8АС, который является скоростной модификацией для подключения датчиков давления.

Модуль аналогового вывода – МУ 110 8И.

В качестве датчика температуры наиболее подходит инфракрасный стационарный датчик КЕЛЬВИН ИКС 4-20 с интерфейсом «Токовая петля 4-20мА». Его преимущества – установка на корпус гидрозащиты вместе с датчиком вибрации при помощи магнита, питание от тока интерфейса, малая погрешность измерения, а также компактность.

Датчик частоты и момента – самая дорогая составляющая в данной системе автоматизации. Кроме того, выбор между производителями крайне

невелик. Самым дешевым производителем, имеющим сертификат на территории России, оказалась белорусская фирма – ООО «Тилком». Для нашего процесса наиболее подходит датчик крутящего момента цифрового типа М20С. Сигнал тензорезисторов преобразуется в цифровой код и передается в декодер, установленный в шкафу управления. Декодер по двум каналам передает значения частоты и момента на модуль аналогового ввода. Значение момента передается при помощи унифицированного сигнала 4-20 мА, а вот значение частоты остается частотным. Так как модули аналогового ввода МВ 110 8А не поддерживают датчики с частотным выходом, есть необходимость установки вторичного преобразователя частоты в унифицированный сигнал 4-20 мА – НПСИ-ЧВ.

Завершительным этапом разработки автоматизированного стенда испытания, является тестирование стенда, проверка качества выполняемых функций.

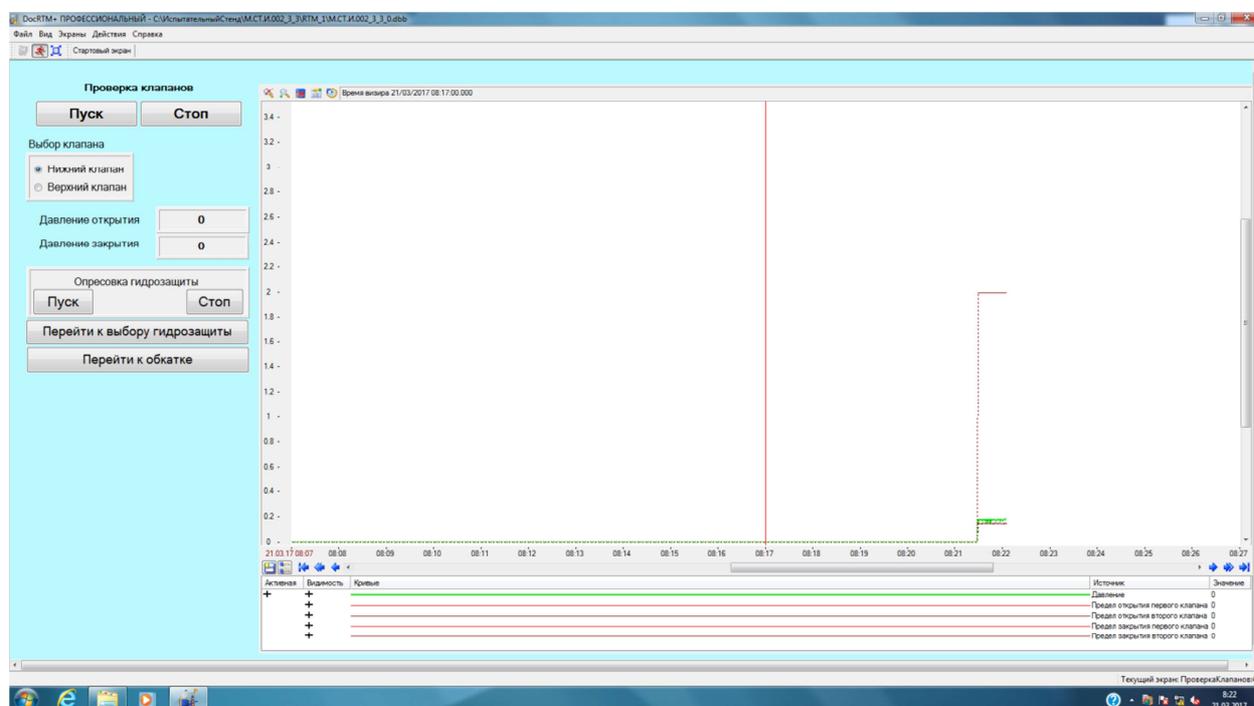


Рисунок 2.2.5. – Экран проверки клапанов

Для испытания была выбрана гидрозакщита 1ПБ-92 производителя «Борец».

Данная гидрозакщита является двухсекционной и способна принимать на себя осевую нагрузку.

В ходе испытания были определены значения открытия и закрытия верхнего и нижнего клапана, проведена опрессовка как гидрозакщиты целиком, так и клапанов по отдельности. Далее была проведена обкатка гидрозакщиты. Подробно рассмотрим этапы тестирования.

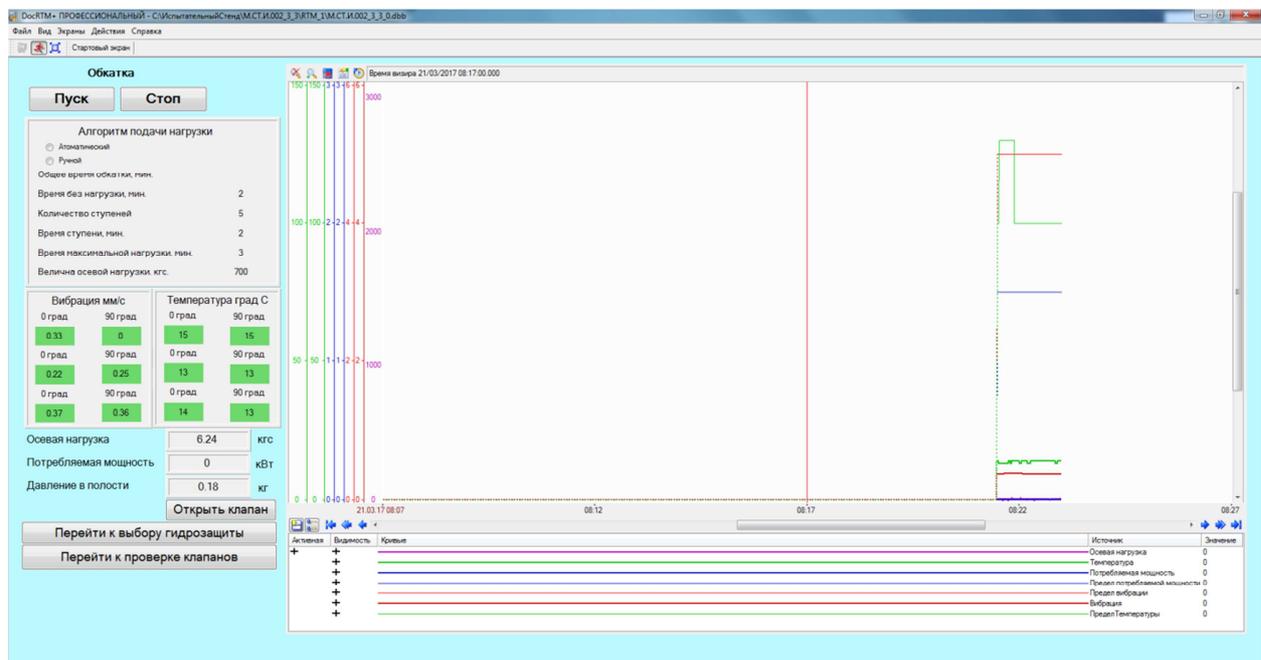


Рисунок 2.2.6. – Экран обкатки

При испытании клапанов (рис. 2.2.5) программой были точно установлены моменты открытия и закрытия как верхнего, так и нижнего клапанов, были проверены торцевые уплотнения на герметичность. График открытия и закрытия клапанов уложились между предельно-допустимыми линиями. Испытания клапанов гидрозашитой были пройдены без нареканий.

После проверки клапанов была проведена обкатка гидрозашиты (рис. 2.2.6). Согласно алгоритму, обкатка производилась вначале без осевой нагрузки, после чего она была ступенчато подана на вал гидрозашиты.

Значения температуры, вибрации и момента, затрачиваемого на вращение, не превысили предельно допустимые значения, поэтому гидрозашита признана программой годной.

По результатам испытания гидрозашита признана годной к эксплуатации, на протоколе отображается информация об испытателе, месте проведения испытания, а также о стенде, на котором оно было проведено. Кроме того, в документе указывается дата испытания и уникальный номер протокола, генерируемый контроллером.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Проведен анализ научной литературы по УЭЦН;
2. Исследован процесс испытания гидрозашит;
3. Разработаны алгоритмы управления процессом испытания как для уровня контроллера, так и для уровня автоматизированного рабочего места;
4. Построена структурная схема и подобраны средства автоматизации;
5. Проведена отладка алгоритма на существующем оборудовании.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ

1. ...
2. ...
3. ...

2.3. Автореферат выпускной квалификационной работы магистра на тему «Разработка и исследование автоматизированной системы управления беспилотным гелиокатамараном в рыбоводных хозяйствах»

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Автоматизация производства на основе микроэлектронной техники для развития и совершенствования существующих и создающихся технологических производств является одним из важных направлений современного производства.

В век активной автоматизации всего мира рыбоводные хозяйства все еще полагаются на работу человека, что несет в себе определенные сложности. Например, такую работу, как подкормка рыбы и введение удобрений и медицинских препаратов в водоемы, осуществляет человек. К сожалению, невозможно узнать равномерно ли по водоему работник распределил корм, весь ли корм использован.

Также очень мало освещены практические разработки рыбоводной техники, что определяет необходимость проведения исследований в данной области.

**Объект и предмет исследования.** Объектом данного исследования является рыбоводное хозяйство, а предметом исследования - гелиокатамаран, призванный автоматизировать технологические операции на рыбоводных хозяйствах.

**Научная новизна.** Научная новизна исследования состоит в том, что разработан автоматизированный катамаран, который на основе информации о состоянии водоема осуществляет оптимальное дозирование корма для кормления рыбы.

**Практическая значимость.** Практическая значимость проведенного исследования состоит в применении разработанного автоматизированного катамарана, который позволит повысить производительность кормления, что положительно будет влиять на эффективность производства рыбоводных хозяйств.

### **Положения на защиту:**

- Опытный образец гелиокатамарана;
- Алгоритм управления гелиокатамарана;
- Алгоритм внесения подкормки в водоем.

### **Цель работы:**

Повышение эффективности кормления в рыбоводных хозяйствах за счёт применения разработанного автоматизированного катамарана, позволяющего оптимально вносить кормовые добавки.

### **Задачи:**

- Провести анализ научно-технической литературы и патентов, связанных с темой работы;
- Разработать программы управления движения и дозации гелиокатамарана в аппаратно-программном средстве Arduino;
- Спроектировать и собрать опытный образец гелиокатамарана, с использованием современных систем автоматики и робототехники.

### **Апробация работы**

Основные положения работы докладывались и обсуждались:

- 
- 
- 

### **Публикации**

По материалам ВКРМ опубликованы:

- 
- 
- 

**Структура и объём работы.** Выпускная квалификационная работа магистра состоит из введения, трех глав, общих выводов, списка литературы, включающего \_\_ наименований, \_\_ приложения.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы ВКРМ, дана общая характеристика работы, сформулированы цели и задачи исследований.

**В первой главе** приведена общая информация об исследуемом объекте. В результате написания выпускной квалификационной работы магистра разработана модель-прототип автоматизированного катамарана, снабженная кормораздатчиком, который вносит корм и витамины в рыбоводном хозяйстве. На нем установлены датчики контроля уровня растворённого кислорода в воде, температуры воды и воздуха. Катамаран работает с использованием возобновляемых источников энергии (рис. 2.3.1).

Для отработки конструктивных и технологических решений действующей модели автономного катамарана-кормораздатчика, оснащенного электрическими двигателями постоянного тока, питание электродвигателей осуществляется от тяговых аккумуляторных батарей глубокого разряда. Заряд аккумуляторных батарей производится от фотоэлектрических преобразователей с помощью контроллера заряда (рис. 2.3.2).

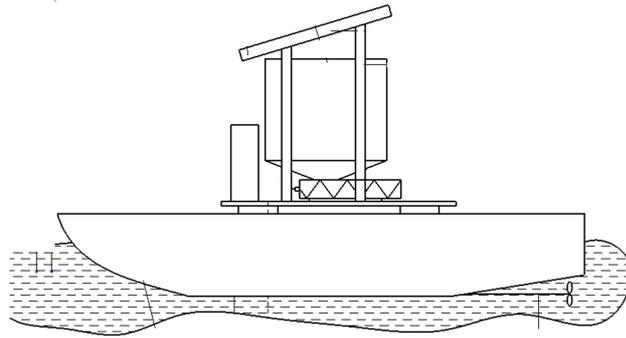


Рисунок 2.3.1. – Автоматический гелиокатамаран

Управление движением реализуется двумя способами:

- Дистанционное в ручном режиме.
- Автоматическое с помощью программного управления.

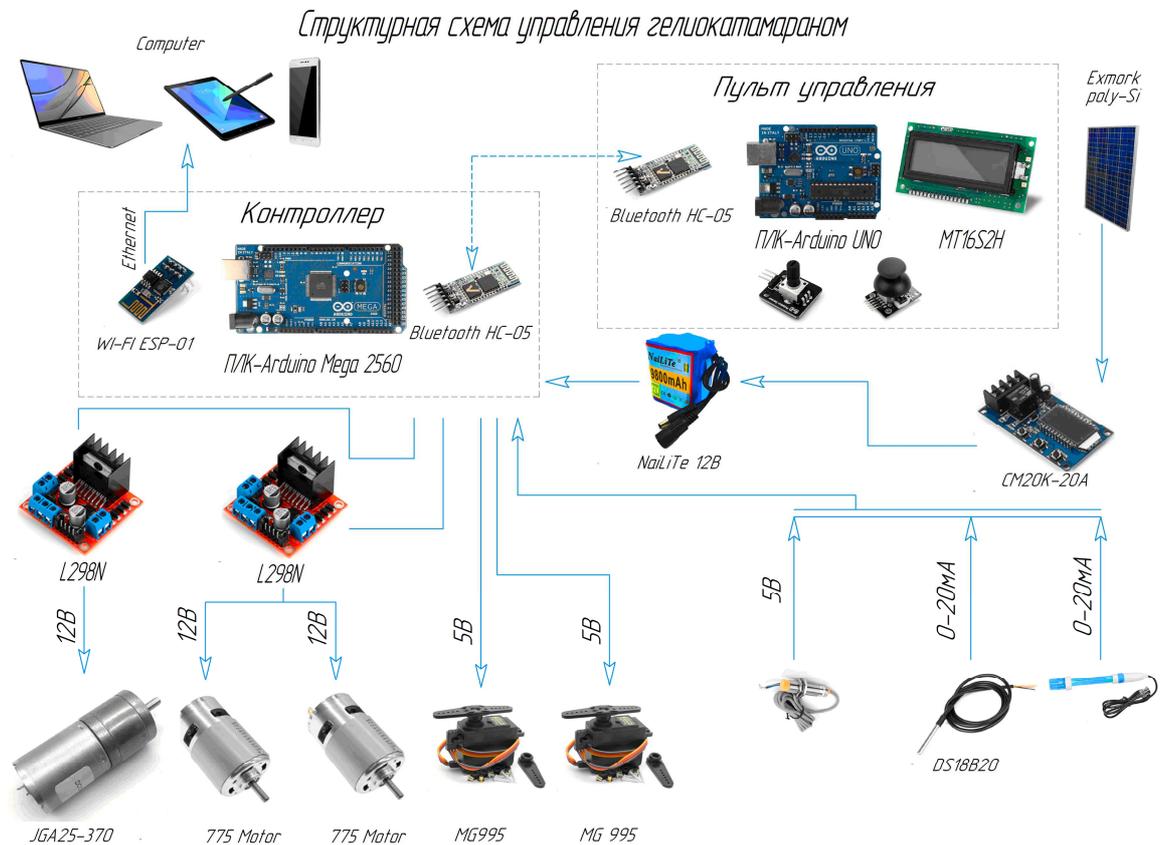


Рисунок 2.3.2. – Схема подключения датчиков и исполнительных механизмов

Также на катамаране устанавливаются датчики контроля состояния параметров воды (температуры, кислорода, pH). Информация с датчиков передается по беспроводному каналу связи в диспетчерскую. В зависимости от показаний датчиков формируется программа и карты кормления, что обеспечивает рациональное использование кормов. Бункер-накопитель кормораздатчика оснащается весовым устройством, и таким образом

формируется информация о том, сколько корма было израсходовано и в какое время.

Кормление рыбы – один из важных способов интенсификации прудового рыбоводства и основной метод получения прироста рыбы в хозяйствах индустриального типа (форелевых, садковых, бассейновых и т. д.). Эффективность кормления рыбы зависит от состава и качества используемых кормов, экологических условий водоема и техники кормления.

Существуют два способа кормления рыбы: ручная раздача и само кормление рыбы из кормораздатчиков.

Ручной способ раздачи корма в бассейнах и небольших прудах дает хорошие экономические результаты, так как рыбовод имеет возможность наблюдать за поеданием корма рыбой и своевременно прекратить раздачу.

Но ручная раздача корма требует значительных затрат ручного труда, что не всегда приемлемо. Например, при кормлении молоди требуется практически непрерывная раздача корма в течение суток. Кормление рыбы в садках в ненастную погоду также проблематично. Эти проблемы снимаются при автоматической раздаче корма специальными кормораздающими аппаратами, управляемыми командными устройствами.

Главное назначение кормораздатчика – донести без потерь необходимый вид корма в нужное место водоема в достаточном количестве. Так как кормовые запросы рыб разнообразны: молодь питается чаще и более мелким кормом, товарная рыба питается реже и более крупным кормом, то и конструкции кормораздатчиков разнообразны.

Существуют несколько типов плавучих кормораздатчиков:

- автоматические кормушки понтонного типа (рис. 2.3.3);
- плавучий кормораздатчик (рис. 2.3.4).



Рисунок 2.3.3. – Автоматическая кормушка понтонного типа

Принцип работы автоматических кормушек на понтоне таков: их располагают по периметру водоема. Корм для рыб поступает в воду через заданный промежуток времени (устанавливается контроллером). Электронный контроллер после введения нужных потребителю настроек будет работать в автоматическом режиме, поддерживать заданный режим кормления. Контроллер открывает шибер, и подкормка высыпается в воду. Кормораздатчик состоит из понтона, в качестве которого используется круг, закрепленный на якоре, канатах или жесткой сцепке, и бункера, в который загружается корм.

Конструкция и принцип работы довольно простой, но основной минус кормораздатчика понтонного в том, что надо постоянно подплывать либо же буксировать их к пирсу, чтобы снова наполнить кормом, и отбуксировать обратно. Кроме того, понтонные кормораздатчики обычно располагают по периметру водоема и сыпают корм в одну точку. Для более плодотворного развода рыб рекомендуется равномерное распределение корма по водоему. В нашем случае рыба не съест его весь в одном месте, и всыпанный корм закиснет.

Плавающий кормораздатчик – вид кормораздатчика, который самостоятельно перемещается по водоему. Принцип работы заключается в следующем: оператор загружает корм в бункер, садится на катамаран и сам вручную им управляет. По ходу плавания высыпает корм либо в определенной точке, либо равномерно распределяет по водоёму.

Плавающий кормораздатчик состоит из катамарана, на котором смонтированы бункер, силовая установка с двигателем. Устройство кормления крепится специальным кронштейном над бассейном или водоёмом. Выдача комбикорма – с помощью трех шиберов. Двигается с помощью силовой установки с дизельным стационарным двигателем, движитель – гребное колесо.



Рисунок 2.3.4. – Плавающий кормораздатчик

Также рассмотрены существующие системы управления в области

проводимого исследования. В частности, производится анализ имеющихся плавательных средств, работающих от солнечной энергии.

1. Итальянская компания GardaSolar разработала новую модель лодки GS4, работающей за счет энергии солнца. Благодаря новой фотогальванической установке в соединении с сильной батареей, пассажиры GS4 теперь имеют возможность совершать более длительные водные прогулки. Длина GS4 – 4 м, грузоподъемность – 400 кг, максимальная скорость – 5 узлов, вес лодки – 250 кг. На такой лодке четыре пассажира могут путешествовать в течение целого дня благодаря 1000-ваттному мотору, батарее в 5 кВт·час и солнечным элементам мощностью в 250 Вт.

2. Первый катамаран на российских солнечных элементах построен в Санкт-Петербурге компанией АНО «Национальный центр инженерных конкурсов и соревнований» специально для экспедиции «Эковолна». Крыша уникального катамарана обшита полугибкими солнечными модулями суммарной мощностью 9 кВт. Специальные солнечные модули разработаны и спроектированы учеными Научно-технического центра тонкопленочных технологий в энергетике. Основой для модулей стали гетероструктурные солнечные элементы, которые произвел завод «Хевел» в Новочебоксарске.

Корпус судна произведен в Санкт-Петербурге: материал – стеклопалстик, длина – 11,6 м, ширина – 6,4 м, высота борта – 2 м, высота надводного борта – 1,3 м, пассажироместимость – 12 человек, спальных мест – 8. Энергетическая установка судна российского производства. Солнечные панели произведены компанией «Хевел» (Новочебоксарск), аккумуляторы – компанией «Лиотех» (Новосибирск), электроника – «Микроарт» (Москва). Установленная мощность – 11 кВт, емкость литий-ионных аккумуляторов – 70 кВт, два двигателя мощностью по 4 кВт/ч каждый, максимальная скорость – 15 км/ч, рабочая скорость 10 км/ч

3. Патент RU 129 266 U1 «Мобильная система акустического мониторинга рыбопродуктивных водоемов». Изобретение относится к рыбному хозяйству и предназначено для обнаружения, подсчета и оценки распределения запасов водных биоресурсов в рыбопродуктивных водоемах. Преимущественная область использования - рыболовство, рыбопродуктивное.

**Во второй главе** описан алгоритма управления катамараном. Катамаран должен будет работать в двух режимах управления автономном (автоматическом) или ручном.

В автоматическом режиме катамаран должен осуществлять передвижение по водоему с последующим внесением корма рыбам. Он должен осуществлять возврат обратно на станцию, если закончилась программа кормления или корм. Передвижение осуществляется за счет ориентирования по координатам GPS. Катамаран, двигаясь по воде, снимает текущие показатели качества воды в пруду: температуру воды, растворенный кислород, рН воды. На основе этих показаний оператор может вносить изменения в программу кормления. По этой программе гелиокатамаран автоматически вносит определённую дозировку корма для





Рисунок 2.3.6. – Прототип гелиокатамарана

Основная надстройка, которая выполняет функцию ребер жесткости и скрепляет между собой поплавки и конструкция для установки бункера и солнечных панелей были выполнены из металлического профиля и листа жести. Сами поплавки, на которых катамаран держится на воде, были специально напечатаны на 3Д-принтере, бункер-дозатор и шнек также были созданы с помощью аддитивных технологий. Нос поплавка имеет угловатую форму для понижения гидродинамического сопротивления воды.

Катамаран прошел ходовые испытания на воде. В ходе испытаний было успешно протестировано АСУ модели, взаимодействие двигателей, плавность хода и реализация поворотных маневров. Мотор-редуктор вращает шнек со скоростью 8 об/мин, что позволяет равномерно распределять корм из бункера-дозатора.

Мотор-редуктор имеет два режима работы.

При запуске первого режима снимаются показания воды. Если они входят в благоприятные условия, рН воды равно от 6 до 7 и температуры воды 26-27<sup>0</sup> С, то мотор-редуктор приводит в действие шнек и работает постоянно, пока не придет сигнал с емкостного датчика о минимальном уровне корма в бункере (индуктивный или ультразвуковой датчик на базе Arduino). Если условия не входят в благоприятный диапазон, шаговый двигатель останавливается.

Второй режим. Работа мотора-редуктора по таймеру. Устанавливается время работы, с периодами отключения. Данный режим также зависит от благоприятных показаний pH и температуры и ориентируется на датчик уровня корма в бункере.

Пока на данном этапе реализации проекта был установлен только температурный датчик и pH-метр, который снимал показания воды в ходе испытаний. Планируется установка дополнительно датчика растворенного кислорода.

Использование на катамаране солнечных панелей, аккумулятора, двигателей постоянного тока позволит достичь ряд достоинств, а именно абсолютная бесшумность и отсутствие вредных выбросов в окружающую среду по сравнению с двигателями внутреннего сгорания, что позволяет использовать судно для исследовательских целей в охраняемых водоемах.

В качестве энергетической установки выбрана следующая схема (рис. 2.3.7).



Рисунок 2.3.7. – Энергетическая установка

Используются двигатели постоянного тока, питающиеся от установленного в корпус катамарана аккумулятора. Аккумулятор в свою очередь заряжается от энергии, вырабатываемой солнечными панелями.

Установлена поликристаллическая солнечная панель мощностью по 50Вт, необслуживаемый аккумулятор емкостью 10000А·ч, два электродвигателя мощностью более 30 Вт каждый.

Основным микропроцессорным элементом, который управляет всей системой является Arduino (рис. 2.3.8).

Arduino представляет собой готовую аппаратно-программную платформу, главными компонентами которой являются небольшая плата-контроллер ввода/вывода и среда разработки на основе Processing/Wiring.

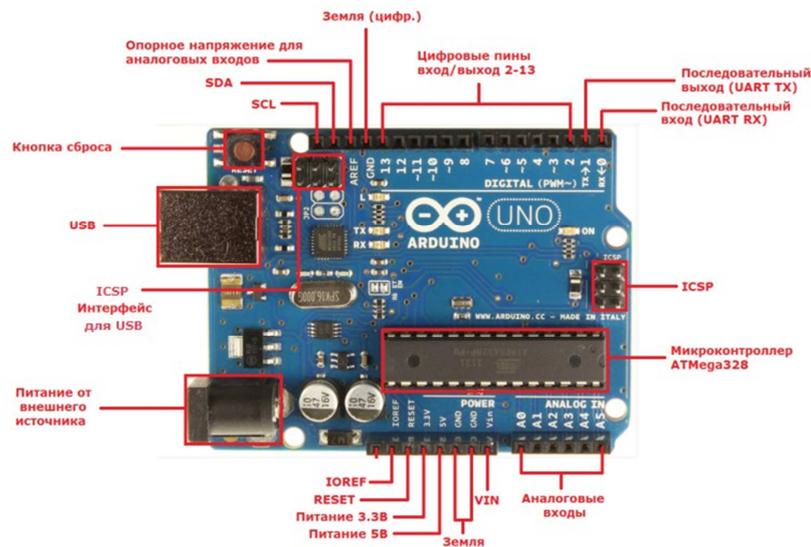


Рисунок 2.3.8. – Плата Arduino UNO R3

Для программирования используется язык C++, который дополнен множеством библиотек, что упрощает работу с устройством.

В большинстве устройств Arduino используются микроконтроллеры Atmel AVR ATmega328, ATmega168, ATmega2560, ATmega32U4, ATTiny85 с частотой тактирования 16 или 8 МГц. Есть также платы на процессоре ARM Cortex M.

Для подключения любых электронных компонентов (светодиоды, моторы, датчики и т.д.) к плате контроллера используются порты ввода/вывода. Их также называют пинами. Это цифровые, аналоговые или цифро-аналоговые интерфейсы, имеющие свою собственную функцию.

Как следует из названия, на цифровых пинах у нас цифровой сигнал. Они могут выдавать только два значения: логический ноль (0, LOW) и логическую единицу (1, HIGH).

Аналоговые – похожи на цифровые, с той разницей, что их основная цель – подключение аналоговых датчиков.

Для того чтобы использовать (передавать сигнал) через эти порты, нам следует в своей программе инициализировать их, используя функцию pinMode (<номер пина>, <режим: INPUT/OUTPUT>), где номер пина – это номер разъема, указанный на плате Arduino. Режим INPUT требуется для чтения данных, OUTPUT – для передачи. В случае, когда мы используем такие пины без предварительного указания pinMode, полученные значения могут быть ошибочными.

Цифро-аналоговые порты (или ШИМ – входы/выходы с функцией широтноимпульсной модуляции) – более «умный» интерфейс. Они всегда готовы к приему/передаче данных и не требуют предварительной инициализации. Главным их достоинством является возможность передавать значения в диапазоне от 0 до 255, что позволяет гораздо более точно вмешиваться в работу подключенных элементов. Такие порты обозначены на плате (и в документации) как PWM или знаком «~» (тильда).

Цифровые и аналоговые пины – порты коммутации (подключения). ШИМ – порты управления. При необходимости изменять параметры работы радиоэлемента следует подключать его к ШИМ. Если достаточно просто включать/выключать элемент схемы – можно использовать любой порт Arduino.

Другим и последним важным критерием портов платы Arduino, является их физическая составляющая. Следует помнить, что каждый пин имеет напряжение на выходе 5В, может дать максимальное количество тока 0.02А.

Практически Arduino предоставляет огромные возможности для создания любых устройств, можно подключать датчики, замки, моторы, дисплеи, роутеры. Можно расширять изделие дополнительными платами – шилдами, например для работы с GPS, для соединения по локальной сети или интернету, для bluetooth, Wi-Fi и т.д.

Приводится перечень используемых средств автоматизации с описательной частью и указанием их основных технических характеристик.

1. ArduinoUno
2. ArduinoMega 2560
3. Драйвер L298N
4. Датчик кислотности жидкости (рН-метр) для Arduino
5. DS18B20 Герметичный датчик температуры
6. Модуль Wi-Fi ESP8266 (ESP-01)
7. Bluetooth модуль HC-05
8. Обзор 2-х канального модуля реле
9. XY-L30A Универсальный контроллер заряда аккумуляторных батарей
10. Двигатель с редуктором JGA25-370
11. 775 двигатель постоянного тока
12. Солнечная панель Eхто

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Спроектирован и собран опытный образец гелиокатамарана, с использованием современных систем автоматики и робототехники.
2. Разработка программы управления движением и дозации гелиокатамарана в аппаратно-программном средстве Arduino.

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

- 1.
2. ...

2.4. Автореферат выпускной квалификационной работы магистра на тему: «Разработка и исследование автоматизированной системы управления станцией дозации вязких компонентов»

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В настоящее время в России наблюдается рост производства композитной арматуры. При этом рынок специализированного оборудования в нашей стране для данной отрасли развит слабо. Одним из узких мест данного специализированного оборудования является станция дозации вязких компонентов, где происходит смешивание трех компонентов смола, изо-метилтетрагидрофталевый ангидрид (ИЗО) и эпоксиангидридные связующие (Алкофен) в требуемом соотношении.

Данные компоненты поставляются на заводы по производству композитной арматуры в 200 литровых бочках. При этом, для того, чтобы произвести дозацию этих компонентов в требуемом соотношении, данные компоненты необходимо извлечь из бочки и передать на весовую станцию. Существующие решения предлагают использовать насосное оборудование. Данное решение обладает следующими недостатками: увеличение себестоимости станции, при низких температурах вязкость компонентов в бочках понижается и насос неспособен извлечь продукт. Следовательно, для этого необходимо в период низких температур осуществлять подогрев бочек до температуры, при которой вязкость компонента снизится до рабочих значений насоса. При этом ресурс насоса из-за непостоянства вязкости будет снижен и будет требовать повышенного внимания со стороны обслуживающего персонала, что приведет к увеличению себестоимости работ.

Другим недостатком существующих решений можно назвать отсутствие комплексного подхода к станции дозации, где помимо подогрева бочек, извлечение компонента из бочки и транспортировка на весовую станцию необходимо обеспечить непрерывную, 24 часа в сутки, работу станции.

В связи с этим, **целью работы** является повышение качества приготовления эпоксидной смолы за счет совершенствования станции дозации требуемых компонентов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Предложить технологию извлечения компонентов из бочек;
2. Спроектировать автоматизированную систему управления;
3. Разработать для ПЛК программу управления станцией дозации;
4. Провести пуско-наладочные работы.

**Практическая ценность:** снижение издержек производства за счет повышения производительности, стабильности выполнения рецепта, сокращение брака и, как следствие, повышение конкурентоспособности

предприятия за счет.

### Апробация работы

Основные положения работы докладывались и обсуждались на \_\_ международных научно-практических конференциях.

**Публикации.** По материалам диссертации опубликована \_\_ статей в научном журнале, входящем в список изданий, рекомендуемых ВАК РФ.

**Структура и объем работы.** Выпускная квалификационная работа магистра состоит из введения, \_\_ глав, общих выводов, списка литературы, включающего \_\_ наименования, \_\_ приложений. Работа изложена на \_\_ страницах машинописного текста, содержит \_\_ рисунка, \_\_ таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, дана общая характеристика работы, сформулированы цели и задачи исследований.

**В первой главе** приводится литературный обзор по теме диссертации. Рассмотрены структура и принципы работы извлечения вязких компонентов из бочек. Определяются основные показатели качества процесса дозации.

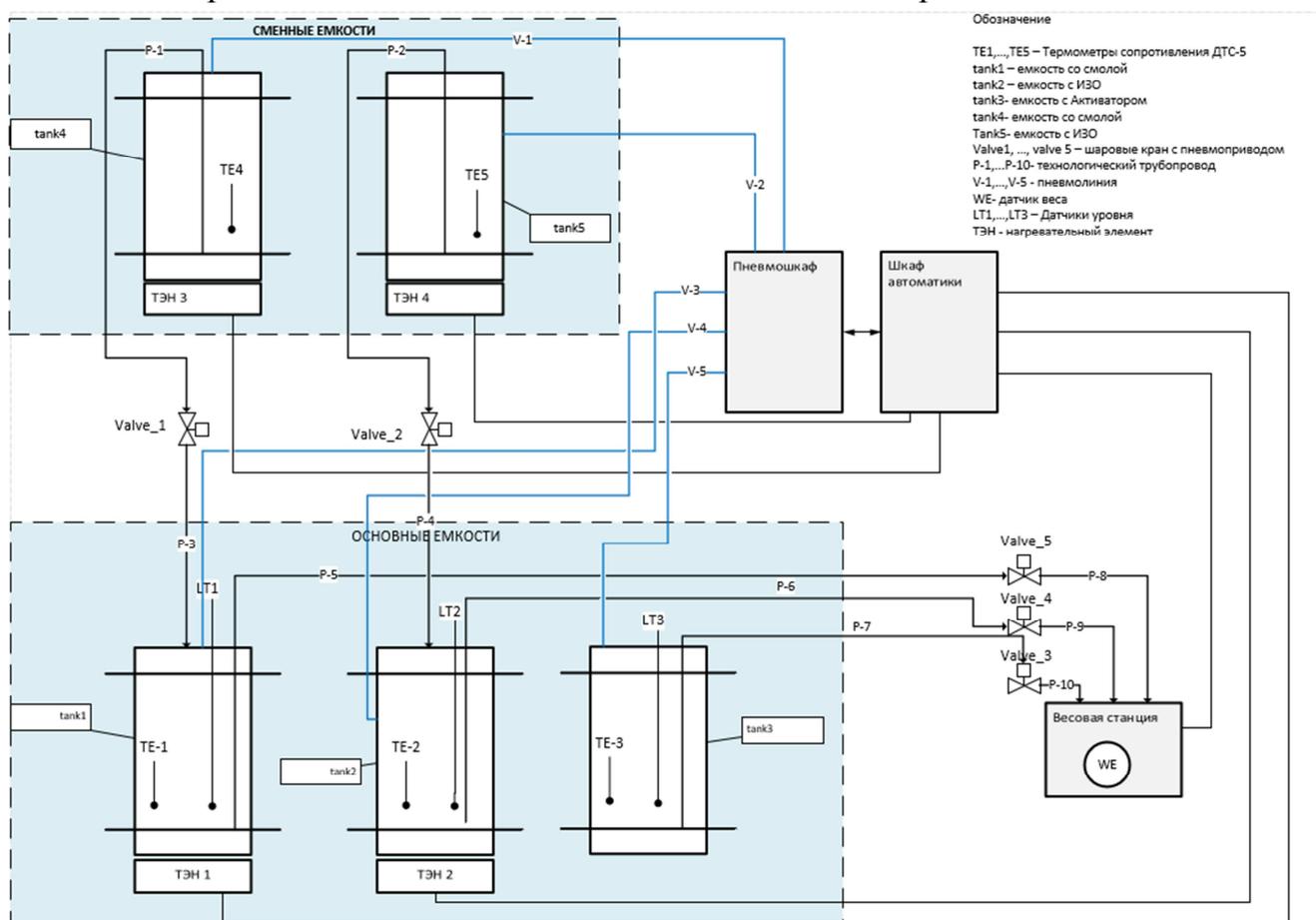


Рисунок 2.4.1. - Технологическая схема автоматизации

На основании проведенных исследований предложена следующая технологическая схема дозации вязких компонентов на весовую станцию.

Станция дозации состоит из двух групп емкостей: сменные емкости и основные емкости (рис. 2.4.1).

В группу сменных емкостей входят бочка со смолой (tank4) и ИЗО (tank5). Назначение: восполнять уровень смолы и ИЗО в бочках (tank1) и (tank2) основной группы по мере их расходования. После того как сменные бочки стали пустыми их заменяют на новые.

Группа основных емкостей состоит из бочки со смолой (tank1) и ИЗО (tank2), алкофен (tank3). Назначение: транспортирование подогретых компонентов смолы, изо и алкофена по трубопроводам на весовую ячейку. Бочка с алкофеном (tank3) не требует средств автоматизации. Алкофен в бочке (tank\_3) восполняется периодически рабочими, которые заливают компонент через горловину бочки.

Особенность данной установки является отсутствие насосов для транспортировки компонентов по трубопроводам из стационарных бочек на весовую станцию дозации и из сменных бочек в стационарные. Транспортирование компонентов осуществляется за счет создания избыточного давления в данных емкостях (максимальное избыточное давление 1,5 бар).

В емкостях поддерживается заданная температура смолы и ИЗО за счет донных подогревателей. Подогрев необходим для снижения вязкости смол.

Основные емкости содержат емкостные датчики уровня (LT1, LT2, LT3). Назначение: контроль и регулирование уровня компонента в соответствующих емкостях. По мере расхода компонента уровень в соответствующей емкости уменьшается, и по достижении заданного уровня подается сигнал управления на перекачивание компонента из сменной бочки в основную. Кроме того, в режиме наполнения основных емкостей из сменных датчики уровня используются для определения наличия компонента в сменных бочках.

Управление станцией дозации реализована в двух шкафах: шкаф пневматики и шкаф электроавтоматики. Пневмошкаф содержит блок подготовки воздуха с регулятором давления, пневмораспределителями 3/2 в количестве 5 штук и 5/2 в количестве 5 штук, регуляторы давления для каждой бочки – 5 шт. (на схеме не показано), клапаны сброса давления в бочке – 5 шт. (на схеме не показано). Управляющие сигналы на соленоиды пневмораспределителей приходят со шкафа электроавтоматики.

Пневмораспределители 3/2 предназначены для сброса и создания избыточного давления в емкостях.

Пневмораспределители 5/2 предназначены для управления шаровыми кранами с пневмоприводом Valve\_1, ..., Valve\_5.

Шкаф автоматики содержит слаботочные и силовые цепи. Слаботочные цепи состоят из программируемого логического контроллера фирмы ОВЕН, а также вспомогательных модулей. Основное назначение шкафа автоматики выработка управляющих сигналов на сигнализацию, управление силовыми цепями.

Основой силовых цепей является твердотельные реле, предназначенные для управления донными подогревателями.

Весовая станция содержит: одноточечный тензодатчик, предназначенный для регистрации веса дозируемых компонентов, системы управления миксером, систему перемещения весовой ячейки.

Принцип работы станции дозирования заключается в следующем.

Оператор на весовой станции размещает ведро на весовой ячейке. По нажатию оператором кнопки выбора рецепта и кнопки старт при условии, что все необходимые компоненты в основных бочках имеются в необходимом количестве и температура компонентов соответствует заданной (определяется при пуско-наладке), открываются пневмораспределители на пневмолиниях V-3, V-4, V-5, весовая ячейка задвигается и устанавливается в позицию дозирования компонентов. Миксер опускается в ведро. В бочках tank1, tank2, tank3 создается избыточное давление (значение определяется при пуско-наладке и, как правило, зависит от заданной температуры в бочке), открывается клапан Valve\_5. ИЗО из бочки tank1 вытесняется и по трубопроводу P-5 транспортируется на весовую станцию. ИЗО регистрируется датчиком WE. Когда достигается необходимый вес, клапан Valve\_5 закрывается, открывается клапан Valve\_4, при этом на весовую станцию транспортируется алкофен из tank2. После регистрации требуемого веса «Активатор» клапан Valve\_4 закрывается и включается миксер для смешивания ИЗО и алкофена.

После смешивания миксер выключается и открывается Valve\_3, при этом на весовую станцию транспортируется компонент «Смола».

После фиксации требуемого веса «Смола» клапан Valve\_3 закрывается, миксер включается и смешивает компоненты в течение некоторого времени. Затем миксер поднимается, и выдвигается весовая ячейка в позицию выгрузки готового продукта. Весовая станция переходит в режим ожидания выбора рецепта и нажатия кнопки старт.

По мере расхода компонентов из основных емкостей уровень в бочках уменьшается.

Для восполнения уровня в автоматическом режиме необходимо снижение уровня в основных бочках до заданных оператором значений. Если это произошло и оператор не выбрал рецепт, станция переходит в режим наполнения основных емкостей.

При этом давление в основных емкостях сбрасывается при помощи пневмораспределителей на пневмолиниях V-3, V-4, V-5, а пневмораспределители на линиях V-2, V-3 открываются, и создается избыточное давление в сменных бочках. Затем шаровые краны Valve\_1, Valve\_2 открываются и компоненты из емкости tank4 и tank5 перекачиваются в емкости tank1, tank2. По достижению требуемого уровня, фиксируемого емкостными датчиками LT1, LT2, шаровые краны закрываются. После окончания наполнения система управления переходит в режим ожидания. При наполнении основных бочек алгоритм в контроллере регистрирует

скорость изменения уровня в наполняемых бочках. Если скорость наполнения равна нулю в течение 40 секунд, то это означает, что в сменных бочках нет компонента и требуются новые сменные бочки, при этом оператору сообщается об этом системой сигнализации шкафа электроавтоматики. После замены сменных бочек система управления переходит в режим ожидания действия оператора.

На основе литературного анализа сформулированы цель и основные задачи работы.

**Во второй главе** описаны технические средства автоматизации, выбранные для разработки автоматизированной системы управления станцией дозацией вязких компонентов.

Управление установкой осуществляется при помощи программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК110. Данный ПЛК программируется с помощью системы программирования Codesys, согласно международному стандарту МЭК 61131-3. Также в состав ПЛК входят следующие модули ввода-вывода: модуль аналогового ввода сигналов тензодатчиков (с интерфейсом RS-485) MB110, модуль аналогового ввода с универсальными входами (с интерфейсом RS-485) MB110, модуль дискретного вывода (с интерфейсом RS-485) МУ110. Для взаимодействия с оператором использована панель оператора фирмы Weintek MT8071iE.

На основании выбранного оборудования составлена принципиальная электрическая схема, пневматическая принципиальная схема.

**Третья глава** посвящена разработке алгоритмов управления для системы.

В качестве подхода к разработке алгоритмов управления по результатам анализа методов составления дискретных программ нами было принято решение использовать автоматный подход.

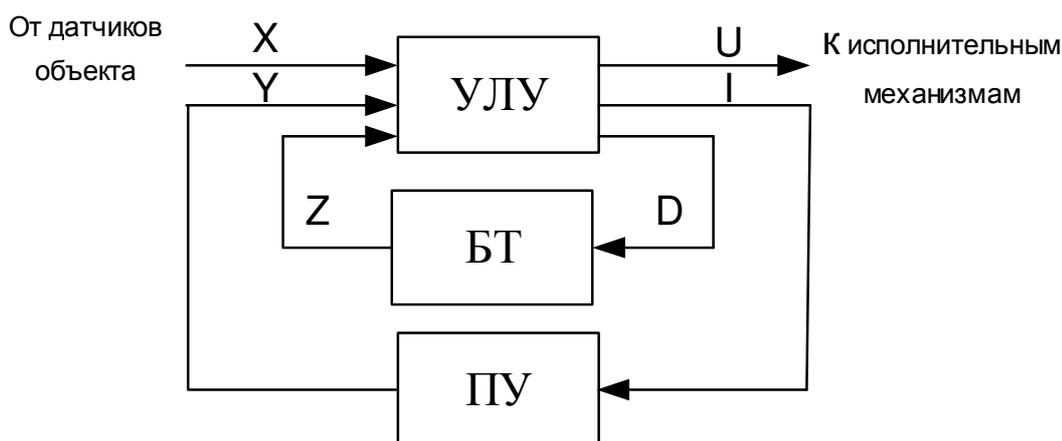


Рисунок 2.4.2. – Структура автоматной модели программы управления

Автоматная модель программы управления состоит из трех основных блоков (рис. 2.4.2): устройства логического управления (УЛУ), блока

таймеров (БТ) и пульта управления (ПУ). Автоматная модель программы управления также содержит:  $X$  – множества сигналов от датчиков,  $U$  – множество управляющих сигналов, идущих от УЛУ к исполнительным механизмам (ИМ), а также внутренние связи:  $Y$  – множество сигналов от кнопок и ключей ручного управления;  $I$  – множество сигналов, поступающих на пульт управления от УЛУ;  $D$  – множество сигналов, управляющих таймерами в блоке БТ;  $Z$  – множество сигналов из блока таймеров, свидетельствующих об окончании требуемых выдержек времени.

При разработке программ основываясь на автоматной модели необходимо выполнить три этапа: 1 – формализовать данные об объекте управления в виде графа переходов; 2 – произвести синтез управляющей системы; 3 – реализовать программу на языке программирования.

Рассмотрим каждый из этапов.

Этап первый – формализация данных об объекте.

На данном этапе составляется граф переходов на основании словесной формулировки алгоритмов управления, а также введения обозначения сигналов в следующей последовательности:

1. Определяется начальное состояние объекта, из которого начинается процесс управления, и для него вводится начальное состояние на графе переходов. Для этого состояния определяются значения всех выходных сигналов УЛУ, а также соответствующие им состояния исполнительных механизмов объекта и элементов на пульте управления (ПУ).

2. Определяется очередность состояний объекта и необходимое для этого изменение состояний исполнительных механизмов. Каждый переход из начального состояния в последующие изображается направленной линией, связывающей изображение этих состояний. Над стрелкой указывается логическое условие, при выполнении которого осуществляется данный переход (рис. 2.4.3). Если из данного состояния возможны несколько переходов, то все они изображаются направленными переходами с соответствующими условиями переходов, при этом все условия должны быть взаимоисключающими, иначе это будет противоречить требованию однозначности алгоритма.

3. Чтобы избежать избыточного числа состояний на графе переходов, каждое новое состояние вводится только тогда, когда аналогичного состояния на графе не вводилось. Аналогичными или идентичными состояниями графа переходов называют состояния, в которых формируются одинаковые выходные сигналы для исполнительных механизмов и ПУ.

4. Построение графа переходов продолжается до тех пор, пока все последовательности состояний не образуют замкнутые циклы или подграфы. Наличие или появление тупиковых состояний, из которых нет переходов в другие состояния, свидетельствует, как правило, либо об ошибках построения графа переходов, либо о неполноте или ошибочности исходных данных, приведенных в словесной формулировке алгоритма. В этом случае

необходимо доопределить и замкнуть граф соответствующим переходом (рис. 2.4.3).

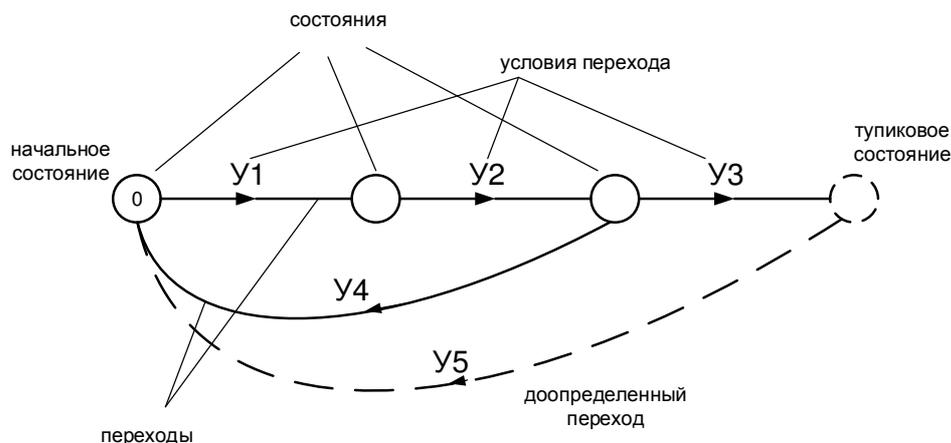


Рисунок 2.4.3. – Основные компоненты графа переходов

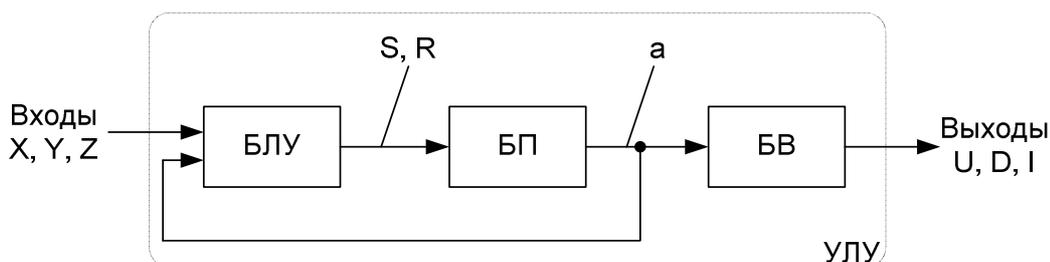


Рисунок 2.4.4. – Структурная схема УЛУ с позиционной структурой

На втором этапе производим логический синтез управляющего логического устройства, структура которого состоит из следующих элементов (рис. 2.4.4):

- БЛУ – блок логических условий переключения элементов памяти в БП, формирующий включающие S и выключающие R сигналы;
- БП – блок памяти, содержащий RS-триггеры, формирующие на своих прямых выходах сигналы "a";
- БВ – блок выходов, формирующий выходные сигналы управляющего логического устройства и поступающие на объект U, блок таймеров D и пульта управления I.

Синтез выполняется на основе составленного графа переходов в следующей последовательности:

1. Синтез блока БП. Количество элементов памяти БП выбирается равным числу состояний на графе переходов.

2. Синтез блока БЛУ. Под синтезом данного блока понимается составление структурных формул для включающих  $S_i$  и выключающих  $R_i$  сигналов каждого элемента памяти в БП. При этом под включающим

сигналом понимается дискретный сигнал, приводящий триггеры в единичное состояние, а под выключающим сигналом понимается дискретный сигнал, приводящий триггеры в нулевое состояние. Каждый включающий сигнал  $S_i$  формируется при одновременном выполнении следующих условий:

- БП находится в правильном предшествующем состоянии, чему соответствует включённое состояние только одного из триггеров БП;
- выключены все триггеры возможных предшествующих состояний данного состояния;
- выполнены условия перехода в последующие состояния.

Все три условия объединяются логической операцией «И»:

$$S_i = \text{условие1} \& \text{условие2} \& \text{условие3}.$$

Если включающих сигналов несколько, то все они объединяются логической операцией «ИЛИ».

Выключающий сигнал  $R_i$  формируется при следующем условии: при переходе БП в каждое последующее состояние все триггеры предшествующих состояний выключаются. Если выключающих сигналов несколько, то все они объединяются логической операцией «ИЛИ».

3. Синтез блока выходов.

БВ построен на базе RS-триггеров. Для этого на графе переходов находят состояния, в которых данный выходной сигнал совершает переход из 0 в 1. Выходами элементов памяти этих состояний формируют включающий сигнал  $S_i$ . Аналогично записывают выключающий сигнал  $R_i$  при переходе 1 в 0. Если таких состояний несколько, то все они объединяются логической операцией «ИЛИ».

4. Составление функциональной схемы УЛУ или программы в виде совокупности всех трёх блоков.

На третьем этапе на основе полученных логических уравнений составляется программа на языке программирования контроллера.

Таким образом, применяя автоматную модель программирования, можно получить программный код, который однозначно реализует систему управления, не содержит противоречия в логики и может легко модифицироваться в ходе появления дополнительных функций.

**Четвертая глава** посвящена реализации системы управления станцией дозации вязких компонентов. Приведены алгоритмы в виде автоматных моделей. Программный код по полученным моделям выполнен на языке LD стандарта МЭК61131-3, листинг которого приведен в приложениях. Также в данном разделе приведены скриншоты экранов панели оператора.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Предложена технология извлечения компонентов из бочек, основанная на вытеснении компонента сжатым воздухом;
2. Разработан проект автоматизированной системы управления станции дозации, выполненный в современной системе AutoCADElectric;

3. Разработана для ПЛК программа управления станцией дозации, основанная на автоматном подходе к программированию;
4. Проведены пуско-наладочные работы.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

1. ...
2. ...
3. ...

## Список использованной литературы

1. Тырыгина, Г.А.. Магистерская диссертация: подготовка и защита: электронное учебно-методическое пособие / Г.А. Тырыгина. – Тольяти: Изд-во ТГУ, 2015.
2. Контент Онлайн. Что такое актуальность темы и как ее определить [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://content-online.ru> свободный – (дата обращения 21.03.2021).
3. НОУ ИНТУИТ. Методологический аппарат научного исследования [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://intuit.ru> свободный – (дата обращения 11.04.2021).
4. Dissertatus. Цели и задачи диссертации [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://www.dissertatus.ru> свободный – (дата обращения 10.02.2021).
5. Научные статьи. РУ. Объект и предмет исследования [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://nauchniestati.ru> свободный – (дата обращения 10.06.2021).
6. Сайт для аспирантов. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://www.аспирантура.рф> свободный – (дата обращения 20.06.2021).
7. Основы научных исследований: учеб.пособие / [А. А. Бубенчиков и др.]; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2019.
8. Спроси.xyz. Научная новизна исследования [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://sprosi.xyz> свободный – (дата обращения 29.05.2021).
9. ДИССЕРТАЦИЯ от профессоров и докторов наук. Составляем речь для грамотной защиты диссертации. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://dissertatsija.com> свободный – (дата обращения 29.02.2021).

ПРИЛОЖЕНИЕ

На правах рукописи

Иванов Иван Иванович

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ  
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ГАЛЬВАНИЗАЦИИ  
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Автореферат

выпускной квалификационной

работы магистра

Волжский, 2021 г.

Работа выполнена на кафедре «Автоматика, электроника и вычислительная техника» Волжского политехнического института (филиал) федерального бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»

Научный руководитель доцент, к.т.н Петров П.П.

Электронное учебное издание

Людмила Ивановна **Медведева**  
Алексей Александрович **Силаев**

**АВТОРЕФЕРАТ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ  
МАГИСТРА: СТРУКТУРА, ОФОРМЛЕНИЕ, ПРИМЕРЫ**

*Учебное пособие*

*Электронное издание сетевого распространения*

Редактор Матвеева Н.И.

Темплан 2021 г. Поз. № 27.

Подписано к использованию 26.07.2021. Формат 60x84 1/16.

Гарнитура Times. Усл. печ. л. 5,1.

Волгоградский государственный технический университет.  
400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, корп. 1.

ВПИ (филиал) ВолгГТУ.  
404121, г. Волжский, ул. Энгельса, 42а.