

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

В. И. Капля

НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА МАГИСТРА

Электронное учебно-методическое пособие



Волгоград
2017

УДК 681.3(07)
ББК 74.026.65я73
К 203

Рецензенты:

Зав. кафедрой “Автоматизация технологических процессов
и производств” филиала ФГБОУ ВО «Национальный
исследовательский университет «МЭИ» в г. Волжском,
канд. тех. наук, доцент *И. А. Болдырев*

ООО СИНЕРГИЯ,
инженер первой категории,
канд. тех. наук *С. А. Браганец*

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Капля, В. И.

Научно-исследовательская работа магистра [Электронный ресурс]:
учебно-методическое пособие / В. И. Капля ; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. –
Электрон. текстовые дан. (1 файл: 785 КБ). – Волгоград, 2017. - Режим
доступа: <http://lib.volpi.ru>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-9948-2758-1

Содержит сведения о порядке и методике выполнения научно-
исследовательской работы магистрантами. Изложение материала структурировано
в соответствии с видами и этапами выполнения научных исследований.

Рекомендуется для использования в учебном процессе по техническим
специальностям, в том числе по направлению магистратуры 15.04.04
“Автоматизация технологических процессов и производств” для студентов
дневной и заочной форм обучения.

Ил. 23, библиограф.: 35 назв.

ISBN 978-5-9948-2758-1

© Волгоградский государственный
технический университет, 2017
© Волжский политехнический
институт, 2017

Содержание

Введение.....	5
1. Выбор и формулировка темы исследований	6
2. Разработка структуры и плана НИРМ.....	9
3. Поиск и анализ литературы (начальный этап и периодическая работа)	11
4. Оперативная коррекция структуры и плана НИРМ.....	13
5. Разработка структурной модели исследуемых объектов и процессов	15
6. Разработка математической модели исследуемых объектов и процессов	18
7. Разработка макета исследуемых объектов и процессов.....	26
8. Модельные эксперименты.....	31
9. Натурные и лабораторные эксперименты	37
10. Обработка результатов экспериментальных исследований.....	39
10.1. Аппроксимация экспериментальных зависимостей.....	40
10.2. Определение и проверка закона распределения случайной величины.....	42
10.3. Активная идентификация передаточной характеристики	46
10.4. Пассивная идентификация передаточной характеристики.....	47
11. Публикационная деятельность	52
12. Составление отчета о НИРМ.....	57
13. Методика оценивания НИРМ	60
14. Методика работы магистранта.....	62
Приложение 1. Инструкция по регистрации в российской базе цитирования научных публикаций РИНЦ.....	72
Приложение 2 Титульный лист отчета о НИРМ.....	76
Приложение 3 Список журналов для группы 05.13.00.....	77
Список литературы	79

Введение

Научно-исследовательская работа является основополагающим видом деятельности специалистов в части развития своей отрасли производства. Присутствие научно-исследовательской компоненты и уровень ее обеспеченности оборудованием и квалифицированными кадрами служит залогом поступательного развития любого вида производства [1-5].

Навыки и опыт научно-исследовательской деятельности приобретаются на протяжении длительного времени и требуют постоянных усилий в избранной области деятельности. Область знаний должна постоянно совершенствоваться и расширяться, так как современная техника и технологии интегрируются в различных областях науки.

Специалист в области автоматизации должен иметь глубокие знания не только по своему направлению деятельности, но и по тем направлениям, которые связаны с автоматизируемыми процессами и производствами.

Научно-исследовательская работа требует творческой инициативы и заинтересованности от специалистов и студентов, которые осуществляют исследования, опираясь на науку. Они должны понимать научные положения в своей области и уметь их применять [6,7].

Современные научные исследования опираются на принципы коллективной работы, так как планирование и системное изложение результатов поисковых работ требуют критического обсуждения и рассмотрения с разных точек зрения. Выступления на конференциях и публикации, посвященные достигнутым результатам, служат эффективным средством научного общения.

1. Выбор и формулировка темы исследований

Выбор темы исследований осуществляется на основе научно-технических понятий, соответствующих направлению магистратуры. Образовательный стандарт по направлению магистратуры содержит главные понятия и его требования необходимо учитывать при выборе темы и при ее реализации в ВКР. Тематика по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств» является обширной и охватывает практически все отрасли промышленности, поэтому при формулировании темы необходимо учесть ее отраслевую направленность.

Формулировка темы НИР может отображать следующие особенности планируемых работ:

- Практическую или теоретическую ориентацию основного объема работы.
- Название автоматизируемого объекта или процесса.
- Ключевое средство или метод автоматизации.
- Целевую направленность проводимой работы.

Примеры тем НИРМ и их описание:

Пример 1: *«Исследование и разработка автоматической системы управления звеном манипулятора на основе трехосного датчика ускорений»*. Слова «исследование и разработка» указывают на наличие в работе теоретических и практических разделов. Объектом исследований согласно теме является автоматическая система управления звеном манипулятора. Присутствие в названии слова «звено» указывает на локальный характер системы, то есть она должна быть частью более сложной системы управления всем манипулятором. В качестве ключевого средства автоматизации указан трехосный датчик ускорений.

Пример 2: *«Исследование автоматизированной системы управления манипулятором с трехосными датчиками ускорений на основе уравнений Калмана-Мэджвика»*. В данном варианте названия подразумевается теоретическая направленность работы с использованием указанного математического метода. Результатом исследований должны являться аналитические соотношения, позволяющие оценивать параметры системы.

Пример 3: *«Разработка автоматизированной системы управления звеном манипулятора на основе трехосного датчика ускорений GY-521»*. В данном варианте названия подразумевается, что работа ориентирована в основном на проектирование системы с конкретным видом датчика. Результатом работы должны являться проектные документы на автоматизированную систему управления манипулятором.

Пример 4: *«Моделирование автоматической системы управления манипулятором на основе трехосного датчика ускорений с целью оценки точности позиционирования в рабочей зоне»*. В данном варианте названия подразумевается, что должны быть разработаны алгоритмы моделирования системы, создан план имитационного моделирования, описаны результаты моделирования на ЭВМ и приведены результаты статистической оценки параметров системы.

Содержание НИР должно соответствовать теме, но при этом следует учитывать, что в технике теоретические и практические направления работ неразрывно связаны и взаимно дополняют друг друга. Этот факт проявляется в НИРМ в том, что в каждой работе должны присутствовать и теоретические и практические разделы, а направленность может проявляться в соотношении их числа и объемов [8-12].

Тема исследований магистранта должна соответствовать теме выпускной квалификационной работы (ВКР). Магистрант должен тщательно обсудить тему своих исследований с руководителем ВКР и

составить план предстоящих исследований. Цели и задачи НИРМ должны формулироваться одновременно с темой и предопределять структуру работы в целом.

В процессе выполнения НИРМ целесообразно постоянно пополнять ключевые понятия темы с целью обеспечения достаточной полноты и актуальности проводимых исследований.

Следует избегать коренного изменения темы, так как такое решение приводит к потере всего ранее затраченного времени и сил. Кроме того, изменение темы не гарантирует успеха проводимой работы по измененной теме. Часто причиной смены темы является нахождение источника информации по новой теме, позволяющего легко выполнить существующие требования к НИРМ и к выпускной работе. Однако, подобная информация может быть следствием ее широкой распространенности и простоты решаемой задачи, что может создать неразрешимые проблемы при обосновании научной новизны и актуальности проделанной работы. Преодоление трудностей при получении новых научных результатов является необходимым условием для получения интересных и актуальных результатов в науке и технике, а так же для развития творческих способностей личности студента, приобретения опыта и навыков по выбранной специальности.

2. Разработка структуры и плана НИРМ

Структура и план работы магистранта позволяют организовать исследовательскую работу и достичь качественного, творческого результата в выбранной профессиональной области. Инициатива магистранта и продуманная помощь руководителя на этапе разработки структуры и плана НИРМ закладывают основу активной и самостоятельной работы студента на всех последующих этапах выполнения НИРМ.

Структура и план НИРМ являются близкими понятиями: структура позволяет определить взаимосвязанные элементы исследования, а план – задает последовательность их выполнения. Некоторые разделы плана отражают подготовительные работы, а некоторые могут выполняться на протяжении всего исследования. Наиболее сложные и проблематичные задачи разделов могут потребовать коррекции и дополнительной проработки ранее выполненных разделов.

НИРМ может иметь следующие разделы:

- Аналитический обзор отечественной и иностранной литературы в части технических и периодических изданий, включая патенты.
- Описание автоматизируемого объекта или технологического процесса.
- Основные математические соотношения, необходимые для автоматического формирования управляющих сигналов.
- Алгоритмы автоматического управления для контроллеров и ЭВМ, являющихся элементами автоматической системы управления технологическими процессами (АСУТП).
- Математическая модель АСУТП.
- Аналитическое и численное исследование АСУТП с целью оптимизации процесса управления.

- Макетирование АСУТП и ее элементов – разработка схем и алгоритмов АСУ и их практическая полная или частичная реализация.
- Планирование и проведение модельных или натуральных экспериментов.
- Статистическая обработка результатов экспериментов.
- Формулирование выводов по проделанной работе и рекомендаций по дальнейшему использованию полученных результатов.

Каждый из перечисленных разделов должен иметь обоснованные логические и методические связи с предыдущими и последующими разделами работы. В зависимости от направленности НИРМ (теоретическая или практическая) некоторые из перечисленных разделов могут отсутствовать в работе.

Разделы НИР должны иметь подразделы в соответствии с его содержанием, что позволяет структурировать получаемую информацию.

В конце каждого раздела (этапа) желательно формулировать выводы о результатах своего исследования в соответствии с поставленными задачами и темой работы. В конце работы промежуточные выводы необходимо обобщить и сформулировать заключение о степени выполнения всех задач НИРМ.

Отчеты о НИРМ могут содержать приложения, в которые рекомендуется выносить привлеченные справочные данные, промежуточные доказательства теоретических исследований и графические материалы, разработанные в процессе проектирования элементов системы. Целью создания приложения является освобождение основного текста работы от объемной вспомогательной информации. Основная часть работы должна содержать ссылки на приводимые приложения.

3. Поиск и анализ литературы (начальный этап и периодическая работа)

На протяжении всего периода выполнения НИРМ должен проводиться поиск литературы: на начальном этапе осуществляется поиск в основном учебной литературы, а на последующих этапах – обзор иностранной литературы и периодических изданий. Каждый раздел НИРМ должен иметь свой список литературы, так как достоверные ссылки на подходящую по содержанию литературу позволяют качественно обосновать методику проводимых исследований и исключить возможные претензии по плагиату.

Виды источников научно-технической информации:

- Учебники и учебные пособия.
- Научные монографии.
- Периодические научно-технические издания: журналы, сборники статей и тезисов.
- Описание патентов.
- Стандарты по АСУТП.
- Техническая документация АСУТП и компонентов АСУТП.

Электронные средства поиска научно-технической информации являются эффективным инструментом современных исследователей. Однако, использование электронных средств поиска требует удачного выбора ключевых слов поиска и их сочетаний. Квалифицированную помощь магистранту в начальном выборе ключевых слов должен оказывать научный руководитель.

Сокращение времени на поиск с помощью электронных средств можно достичь использованием ключевых словосочетаний: чем точнее и длиннее словосочетание, тем меньше ложных ответов на электронный

запрос. Поиск по фамилии автора – это тоже продуктивный вариант построения запроса.

Поиск книг и статей на иностранных языках должен базироваться на переведенных ключевых словах и словосочетаниях. Неоднозначность перевода технических терминов представляет собой одну из проблем в поиске. Следует пользоваться специализированными отраслевыми словарями по автоматике и смежным отраслям при формировании списка ключевых слов и терминов. Перебор всех вариантов перевода ключевых слов трудоемок, но на первом этапе работы он является единственным средством найти нужную информацию.

Энциклопедии, содержащие статьи об элементах исследуемой системы, могут содержать выверенные термины и их переводы, которые следует использовать при написании статей и отчетов о НИРМ по выбранной теме. Поиск информации в энциклопедиях наиболее применим на первом этапе НИРМ. Найденные подходящие по теме статьи на русском или английском языках могут оказаться ценным источником ссылок на литературу (книги и другие статьи), так как в конце статьи обычно находится тематический список литературы, на которую имеются ссылки в тексте статьи. Лексика найденных подходящих статей на русском и английском языках должна быть основой при пополнении и коррекции списка ключевых слов и терминов. Не следует активно использовать реферативные источники, так как они не являются научно значимыми и могут содержать недостоверную информацию.

Анализ литературных источников – это систематизация содержащейся в ней информации с целью определения физических принципов, аналитических и логических соотношений, соответствующих теме исследований магистранта. Кроме того, в процессе анализа литературы необходимо определить современный уровень развития в исследуемой области знаний.

4. Оперативная коррекция структуры и плана НИРМ

Процесс выполнения НИРМ направлен на самостоятельное и углубленное изучение магистрантом отдельных вопросов и целых дисциплин, не входящих в общую программу обучения рассматриваемого направления. Предусмотреть различные варианты и спланировать работу такого рода можно, но возникают ситуации, когда стремление соблюсти планы может оказаться контрпродуктивным. Оперативная коррекция структуры или плана НИРМ может помочь преодолеть возникшие объективные проблемы на основе учета реального положения дел.

Типичные причины коррекции плана НИРМ:

- а) трудности в создании математической модели;
- б) проблемы с созданием экспериментальной установки;
- с) получение новых неизвестных результатов.

Математическую модель можно составить и алгоритмизировать для любой системы, но провести аналитические исследования математической модели с целью получения заданного результата удастся не всегда (вариант - а). Поэтому, если работа ориентирована на теоретическое исследование и модель системы оказалась проблемной, то целесообразно переориентировать работу в направлении иных математических подходов или в направлении практических исследований.

Создание экспериментальной установки задача не менее трудная, чем теоретические исследования, поэтому при возникновении проблем с экспериментами (вариант - б) следует повторно оценить стоящие задачи и переориентировать их с учетом достигнутых результатов: изменить состав экспериментальной установки или условия проведения экспериментов.

Естественной ситуацией является получение новой информации, которая не была ранее известна ни магистранту, ни руководителю и которая требует корректировки ранее составленной структуры и плана

НИРМ (вариант - с). Игнорировать такую информацию недопустимо и следует ее учесть путем внесения изменений в процесс НИРМ. Если новая информация получена самостоятельно, то результат исследования необходимо оформить либо в форме патента, либо в форме научной статьи.

Возможны более сложные ситуации, например, успешная разработка экспериментальной установки, оснащенной современными средствами измерения и регистрации информации, открывает возможность получения оригинальной экспериментальной информации. Аналитическая обработка полученной информации позволяет построить математические модели элементов исследуемой системы и всей системы в целом. В случае расхождения прогнозируемых результатов и фактически полученных, возникает необходимость выяснить причины несоответствия. Поиск причин потребует модернизации экспериментальной установки и повторного проведения экспериментов и повторных аналитических исследований полученных результатов. Естественно, что после успешного установления причин расхождения прогноза и эксперимента, проделанную работу необходимо причислить к результатам исследований и включить в план и отчет о НИРМ.

5. Разработка структурной модели исследуемых объектов и процессов

Исследование объектов и процессов АСУТП в большинстве случаев требует создания структурной модели, которая позволяет разбить объект на систему взаимосвязанных элементов (агрегатов) или представить технологический процесс в виде последовательности этапов технологических операций [13]. Структурная модель позволяет составить однозначное описание АСУТП и четко определить те функции, которые система должна выполнить автоматически и те ситуации, при которых система должна формировать сообщения операторам АСУТП.

В качестве примера рассмотрим структурную схему и описание автоматической системы осушения проб воздуха на основе модуля элементов Пельтье для газоанализатора. Возможная структурная схема системы осушения приведена на рис.5.1, а пример описания её сущности приведен ниже и выделен курсивом.

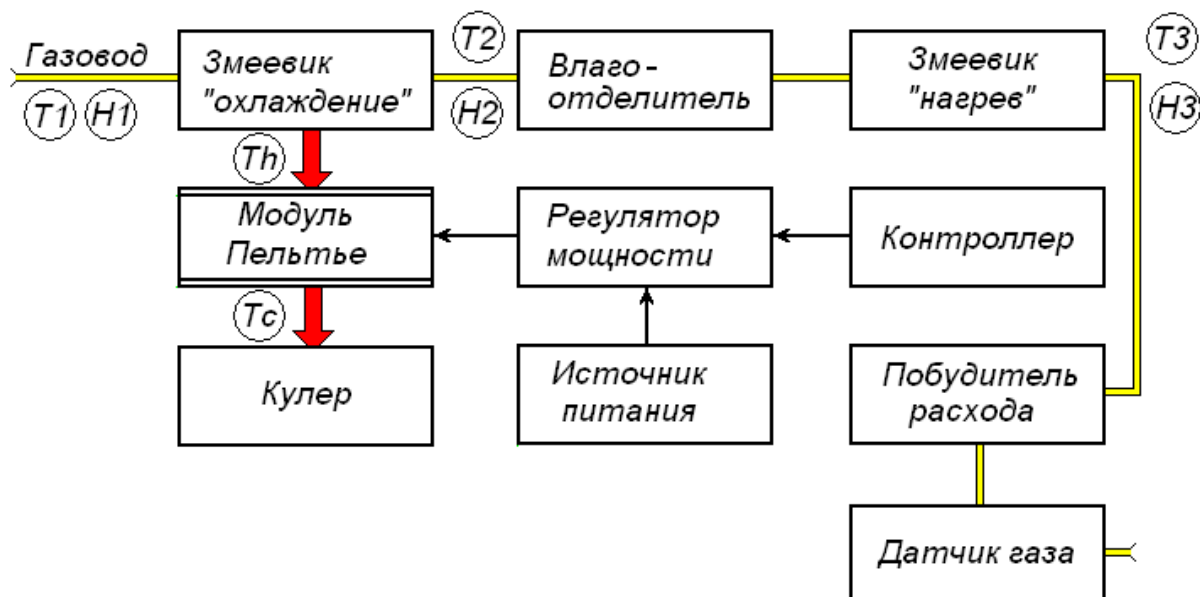


Рис.5.1. Структура автоматической системы осушения проб воздуха на основе элемента Пельтье для газоанализатора (линии подключения датчиков температуры T1-T3, Th, Tc и влажности H1-H3 к контроллеру не показаны)

Назначение системы состоит в обеспечении процесса подачи к датчику газа проб воздуха с заданной температурой и влажностью. Автоматизируемый процесс придания пробам воздуха требуемых параметров состоит из следующих этапов:

- Пробы воздуха, содержащие газовую примесь, поступают по газопроводу первоначально в **змеевик**, выполняющий функцию теплообменника, где **охлаждаются** до температуры T_2 . Охлаждение осуществляется термоэлектрическим модулем с элементами Пельтье. Модуль создает перепад температур между охлаждаемой и нагреваемой поверхностью, равный $\Delta T = T_h - T_c$. Теплота, отобранная у проб воздуха, рассеивается с нагреваемой стороны модуля Пельтье радиатором с кулером.
- Пробы воздуха при охлаждении теряют влагу в виде конденсата, который с помощью **влагоотделителя** удаляется из потока в газопроводе.
- Осушенные пробы воздуха поступают во **второй змеевик-теплообменник**, в котором осуществляется нагрев проб до заданной температуры T_3 и относительной влажности H_3 .
- **Побудитель расхода воздуха** представляет собой воздушный насос, который должен создавать определенное разрежение в газопроводе для забора проб и продвижения их по газопроводу с заданной скоростью.
- Поток осушенных и прогретых до заданной температуры и относительной влажности проб поступает в камеру **датчика газа**, который измеряет концентрацию заданной газовой примеси.

Контроллер периодически получает информацию от датчиков температуры и влажности, на основании которой формирует управляющие сигналы для регулятора мощности, поступающей на элементы модуля Пельтье, то есть выполняет функции автоматического управления в соответствии с заложенными в нем алгоритмами.

Первичными параметрами для управления являются значения температуры на входе и выходе первого змеевика-теплообменника, а также температура на нагреваемой и охлаждаемой поверхности модуля Пельтье. Измерение величин влажности в трех точках газопровода не участвует в алгоритме управления, а проводится с целью контроля качества работы системы для осушения проб воздуха.

В приведенном примере технологическая модель работы системы и процесс разделяются на взаимосвязанные специализированные элементы по этапам функционирования, что позволяет определять функции элементов системы до уровня, обеспечивающего управляемость, и координировать их действия. Технологическая модель при построении может опираться на следующие элементы процесса:

- компоненты продукта процесса;
- функциональные элементы деятельности;
- этапы выполнения процесса;
- элементы организационной структуры.

Как правило, в практике используется сочетание этих подходов. Осуществляется моделирование технологического процесса, которое направлено на создание оптимального производства продукта и его организации в единую структуру процесса. Структура процесса отображает взаимосвязь структуры продукта на верхнем уровне и подструктур, отображающих содержание последовательность и взаимозависимость работ по созданию элементов продукта на нижних уровнях процесса производства.

6. Разработка математической модели исследуемых объектов и процессов

Необходимость в получении математической модели исследуемых объектов и процессов обусловлена потребностью в аналитических исследованиях АСУТП, которые должны предварять физическую реализацию системы [14-17]. Математические модели используются для создания законов управления техническими объектами и технологическими процессами, то есть являются алгоритмической основой АСУТП. Выделяют три этапа математического моделирования:

- построение (формализация) описания исследуемого объекта,
- анализ (исследование) соотношений математической модели и
- синтез решения инженерной задачи.

Разработка математической модели требует от магистранта хорошей математической подготовки и глубокого знания физических процессов, которые лежат в основе управляемых систем. Реализация математической модели в виде алгоритмов и программ управления может быть осуществлена только тем, кто хорошо владеет навыками программирования ЭВМ и цифровых контроллеров.

Анализ соотношений математической модели проводится с целью определения свойств объекта, например его устойчивости на заданные возмущения внешних и внутренних факторов.

Синтез решения инженерной задачи состоит в нахождении оптимальных значений для параметров объекта с целью достижения его эффективной эксплуатации.

Этап формализации исследуемого объекта заключается в выборе и реализации способа описания объекта. Если объект хорошо изучен, то можно найти для него подходящие шаблоны математических моделей. Если объект обладает принципиально новыми свойствами, то его модель

строят на основе физических законов, которые обычно описываются дифференциальными уравнениями.

Математическая модель является средством описания технологического процесса, объекта управления и законов управления, которое должен найти или создать разработчик автоматизированной системы управления, то есть магистрант. Создание математического описания технологического процесса и объекта управления – это задача технолога, а не специалиста в области автоматизации. Однако технологии обычно присуща констатация последовательности этапов процесса и условий, в которых они должны осуществляться, а математическое описание может быть вторичным и необязательным для технолога. Поэтому, специалисту по автоматизации необходимо разбираться в технологии автоматизируемого процесса и приходится самостоятельно разрабатывать математическую модель системы и её элементов.

Математическая модель объекта управления номинально представляет собой табличное или аналитическое соотношение между входным управляющим воздействием и реакцией (состоянием) объекта на полученное воздействие – передаточная функция. В большинстве случаев следует заменить табличные значения аналитическими соотношениями, путем применения аппроксимации подходящим сочетанием известных функций: полиномов, экспонент или тригонометрических функций.

Математическое описание технологического процесса (математическая модель) основывается на его структуре; то есть необходимо установить аналитические соотношения между параметрами процесса на последовательности его этапов. Законы и алгоритмы автоматического управления и регулирования производственными объектами и технологическим процессом базируются на причинно-следственных связях между элементами объектов и внешними

воздействиями. Основные субъекты математических моделей автоматизированных систем управления:

- входное (управляющее) воздействие;
- возмущающее (случайное) воздействие;
- выходной сигнал (реакция системы);
- уравнения связи выходного сигнала с входными и возмущающими воздействиями.

Одним из эффективных инструментов моделирования является *агрегирование (декомпозиция)* – разбиение исследуемого объекта на относительно независимые элементы (агрегаты), совместное состояние которых определяется уравнениями связи их входов и выходов. Математическая модель системы в этом случае выражается через математические модели её элементов и математические модели их взаимодействия (связи).

Динамические модели для исследуемых систем формулируются в большинстве случаев в виде систем дифференциальных уравнений, содержащих производные функций по времени. Физической причиной применения динамических моделей является инерционность элементов, входящих в состав системы.

Системы, которые описываются линейными дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами, можно охарактеризовать передаточными функциями, связывающими входные воздействия и выходные сигналы системы. Многие модели реальных объектов таким свойством не обладают, поэтому они заменяются линеаризованными моделями. Линеаризация математических моделей позволяет упрощать математические соотношения и открывает возможность применять эффективные математические методы анализа систем и синтеза решений задач по обеспечению требуемых режимов работы исследуемых систем. Линеаризованные математические модели позволяют эффективно

использовать методы гармонического анализа, преобразования Лапласа и Фурье. Базовым соотношением для осуществления линеаризации аналитических соотношений является разложение в ряд Тейлора.

Наиболее удобной формой математической модели исследуемого объекта является *модель в переменных состояниях*, которая должна иметь вид системы дифференциальных уравнений первого порядка. Переменные состояния имеют в своем составе кроме входных и выходных сигналов так же внутренние переменные системы, что обеспечивает эффективное применение численных методов решения, анализа и синтеза задач оптимального управления.

Состояние системы в момент времени t_0 – это информация, которая вместе со всеми входными переменными однозначно определяет поведение системы при $t \geq t_0$. Стандартна форма уравнений состояния линейной стационарной непрерывной системы имеет вид:

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= A \cdot x(t) + B \cdot u(t), \\ y(t) &= C \cdot x(t) + D \cdot u(t),\end{aligned}$$

где вектор $\dot{x}(t)$ – производная по времени вектора $x(t)$;

$x(t)$ – вектор состояния размерности $(n \times 1)$, компонентами которого являются переменные состояния системы n -го порядка;

A – матрица коэффициентов системы $(n \times n)$;

B – матрица входа $(n \times r)$;

$u(t)$ – вектор входа размерности $(r \times 1)$, компонентами которого являются входные переменные системы;

$y(t)$ – вектор выхода размерности $(p \times 1)$, компонентами которого являются выходные переменные системы;

C – матрица выхода $(p \times n)$;

D – матрица обхода $(p \times r)$, определяющая прямую зависимость выхода системы от входа.

Первое уравнение системы – матричное дифференциальное уравнение первого порядка, связывающее состояние системы $x(t)$ с входным сигналом $u(t)$. Решением системы является состояние системы $x(t)$. Второе уравнение позволяет определить выходной сигнал системы по величине состояния $x(t)$ и входного сигнала $y(t)$. Если матрица D отлична от нуля, то это означает, что часть входного сигнала без задержки попадает на выход системы. Рассмотренная модель является многомерной, если у неё есть несколько входных и несколько выходных сигналов.

Техническая необходимость и многозначность решений инженерных задач обуславливает необходимость применения критериев оптимальности, то есть правил, требующих обеспечения предельных значений одного или более параметров системы.

В качестве примера, рассмотрим последовательность построения математической модели для проточного охладителя проб воздуха на основе термоэлектрического модуля Пельтье, которая строится на основе учета теплового баланса в камере охлаждения. Управление осуществляется по каналу электрической мощности подводимой к модулю Пельтье. В математических соотношениях модели используются следующие обозначения:

$q_e(t)$ – тепловой поток, создаваемый охладителем;

$q_a(t)$ – тепловой поток, отдаваемый воздухом внутри теплообменника;

$q_i(t)$ – тепловой поток поступающего воздуха;

$q_o(t)$ – тепловой поток выходящего из теплообменника воздуха;

$q_s(t)$ – тепловой поток через стенки теплообменника.

T, T_i, T_n – величины температуры внутри теплообменника, поступающего воздуха и внешней среды соответственно.

В соответствии с законом сохранения энергии, количество тепла, поступающего в теплообменник от модуля Пельтье с воздушной пробой,

должно равняться количеству тепла, уходящему из теплообменника, плюс количество тепла, накопленного воздухом в теплообменнике. Формула баланса теплоты имеет вид [15]:

$$q_e(t) + q_i(t) = q_a(t) + q_o(t) + q_s(t). \quad (6.1)$$

Тепловой поток, отдаваемый воздухом внутри теплообменника, определяется следующим образом:

$$q_a(t) = C \frac{dT}{dt},$$

где C – теплоемкость воздуха, являющаяся параметром системы. Расход воздуха V на входе и на выходе теплообменника считается одинаковым. Тепловой поток поступающего воздуха $q_i(t)$ и тепловой поток выходящего из теплообменника воздуха $q_o(t)$ вычисляются по удельной теплоемкости воздуха H :

$$q_i(t) = VHT_i, \quad q_o(t) = VHT.$$

Тепловой поток через стенки теплообменника $q_s(t)$ вычисляется по величине теплового сопротивления R стенок теплообменника:

$$q_s(t) = \frac{T - T_n}{R}.$$

С учетом приведенных выше соотношений формула (6.1) для баланса теплоты в теплообменнике приобретает следующий вид:

$$q_e(t) + VHT_i = C \frac{dT}{dt} + VHT + \frac{T - T_n}{R}. \quad (6.2)$$

Получено дифференциальное уравнение первого порядка, в котором независимыми переменными являются $q_e(t)$, T_i и T_n . Величина $q_e(t)$ служит регулирующим фактором, значение которого зависит от параметров модуля Пельтье и подводимой к нему электрической мощности. Величины T_i и T_n являются возмущающими факторами, влияние которых на температуру выходящего из теплообменника воздуха

T должна компенсировать система управления теплообменником, то есть система управления модулем Пельтье.

Регулируемой выходной величиной является температура T . Расход воздуха V считается постоянной величиной. Применим к полученному дифференциальному уравнению (6.2) преобразование Лапласа и выразим выходную величину:

$$T(s) = \frac{Q_e(s)}{Cs + VH + (1/R)} + \frac{VHT_i(s)}{Cs + VH + (1/R)} + \frac{(1/R)T_n(s)}{Cs + VH + (1/R)}. \quad (6.3)$$

Если не учитывать возмущающие воздействия в формуле (6.3), то передаточная функция охлаждающего теплообменника на основе модуля Пельтье имеет вид:

$$W(s) = \frac{T(s)}{Q_e(s)} = \frac{k_i}{\tau \cdot s + 1}.$$

Полученная передаточная характеристика соответствует аperiodическому звену первого порядка, что соответствует простейшим типовым решениям для теплообменников.

Структурная схема модели теплообменника с учетом возмущающих факторов представлена на рис.6.1. Схема соответствует уравнению (6.3).

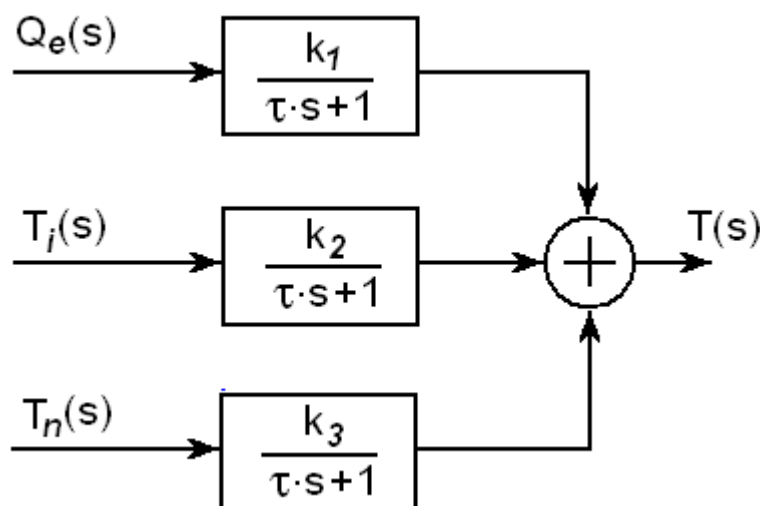


Рис.6.1. Структурная схема модели теплообменника с учетом возмущающих факторов

Параметры апериодических звеньев на схеме (рис.6.1) вычисляются в соответствии с формулой (6.3) и имеют следующие значения:

$$\tau = \frac{RC}{VHR + 1}, k_1 = \frac{R}{VHR + 1}, k_2 = \frac{VHR}{VHR + 1}, k_3 = \frac{1}{VHR + 1}.$$

В полученной математической модели управляющим фактором является мощность термоэлектрического модуля Пельтье, однако, физическое управление модулем осуществляется регулированием подводимого тока. Модуль Пельтье выполняет функцию теплового насоса: поглощает тепло на одной своей поверхности и выделяет её на другой своей поверхности. Количество перекачиваемого тепла зависит от тока нелинейно: $q_e = \eta \cdot I^2$. Учесть данный факт можно введением дополнительного звена на рис.6.1, который будет учитывать нелинейную характеристику термоэлектрического модуля Пельтье и позволит использовать в качестве управляющего фактора величину электрического тока, подводимого к модулю.

7. Разработка макета исследуемых объектов и процессов

Натурное исследование объектов и процессов АСУТП считается наиболее достоверной и объективной формой научно-технических и научно-прикладных исследований. Макетирование может осуществляться в производственных или лабораторных условиях. Создание полнофункционального макета является сложной и затратной задачей, поэтому в большинстве случаев для магистрантов достаточно создать макет небольшого элемента АСУТП.

Разработка макета имеет следующие этапы:

- Формулировка задач макетирования.
- Разработка структуры и схем макета.
- Выбор комплектующих макета и средств из монтажа.
- Выбор средств измерения и автоматической регистрации данных.
- Разработка программного обеспечения макета.
- Сборка макета и подключение средств измерения и регистрации.
- Настройка и испытание макета.

Работы по созданию макета исследуемых объектов и процессов требуют учета и соблюдения требований техники безопасности принятых в лаборатории и специфичных для исследуемых объектов и процессов. В производственных условиях макетирование должно проводиться с разрешения и при участии заинтересованных специалистов промышленности.

Типичной задачей макетирования может служить получение экспериментальных данных об элементах исследуемой системы для наполнения ими теоретической модели реальными параметрами. Кроме того, макетирование может быть направлено на проверку каких-либо

зависимостей, которые были получены в процессе теоретических исследований.

Структура макета должна в основном соответствовать структуре исследуемой системы, дополненной элементами для обеспечения реализации запланированных видов экспериментов, проведения и регистрации необходимых измерений. Во многих случаях система измерений макета должна быть автоматизирована, так как большинство современных АСУТП имеют высокое быстродействие и сложную структуру, оперативное ручное описание которой невозможно. Если исследуемая система автономна и мобильна, то мобильной и оснащенной системой связи должна быть и система измерений.

Комплектующие элементы макета должны быть в основном идентичны комплектующим элементам исследуемой системы. Однако, если комплектующие элементы имеют высокую стоимость, то их можно заменить на более доступные в случае исследования принципов функционирования системы, а не её эксплуатационных свойств.

Средства измерений и автоматической регистрации данных, входящие в состав макета исследуемой системы целесообразно выбирать с учетом планируемых условий работы макета. Кроме того, одни и те же средства измерений можно переориентировать в процессе выполнения последовательности исследований с различными элементами макета.

Программное обеспечение макета неизбежно является более сложным по структуре и функциональным возможностям, чем программное обеспечение исследуемой системы, так как оно должно совмещать в себе и функции системы и функции управления системой измерений и регистрации данных в макете. Целесообразно максимально разделять модули программного обеспечения исследуемой системы и модули программного обеспечения функционала макета, что бы обеспечить возможность штатного функционирования реальной системы.

Сборка макета и подключение средств измерения и регистрации должны предваряться разработкой функциональных, монтажных и электрических схем, которые целесообразно включить в отчет о НИРМ. Документирование процесса разработки макета является эффективным средством его настройки и поиска причин возможных ошибок.

Настройка и испытание макета должны быть ориентированы на подготовку к проведению натурных исследований, то есть на обеспечение реализации плана исследований в полном объеме.

Пример функциональной схемы макета автоматической системы для осушивания проб приведен на рис.7.1. В схеме предусмотрено использование микроконтроллера в качестве логического управляющего элемента исследуемой системы и в качестве устройства управления измерениями, накопления и визуализации результатов измерений.

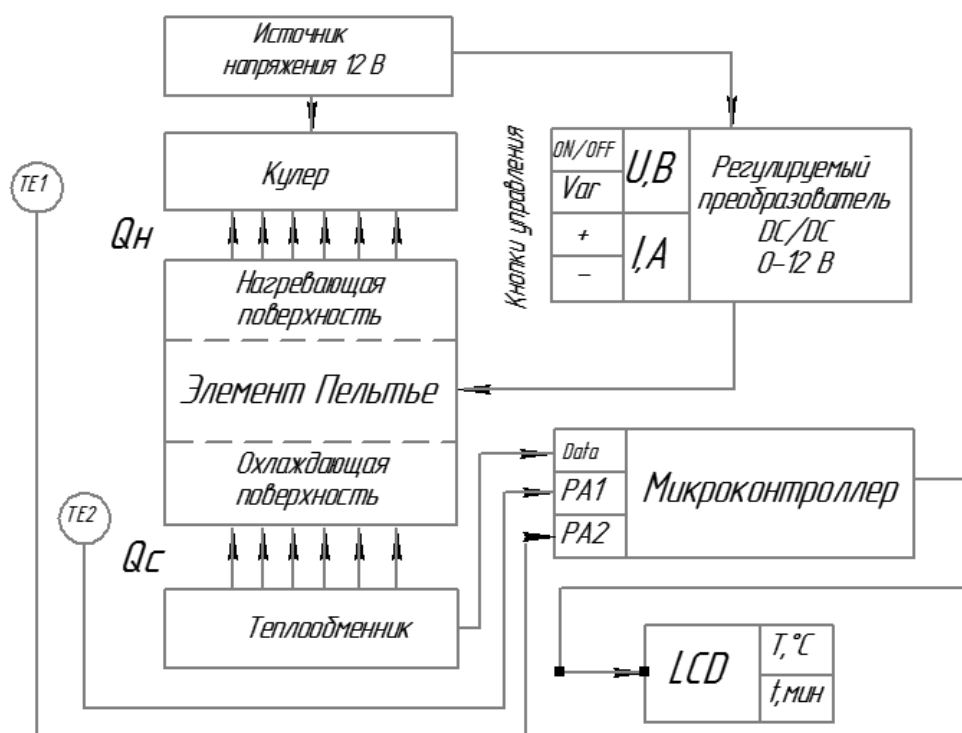


Рис.7.1. Функциональная схема макета автоматической системы для осушивания проб воздуха

Оперативное отображение параметров состояния элементов для макета исследуемой системы на дисплее макета следует считать

объективно необходимыми. В приведенном примере наличие дисплея повышает уровень автономности макета и сокращает время его настройки, так как результаты измерений можно сразу вывести на экран макета без обращения к ЭВМ. Включение дисплея в состав макета требует дополнительных ресурсов, приводит к усложнению программного обеспечения макета, но это окупается исключением задачи разработки программного обеспечения для ЭВМ, которое должно осуществлять обмен оперативной информацией между контроллером и ЭВМ.

Включение в состав макета *графического дисплея* следует считать целесообразным, если существует необходимость оперативного отображения измерительной информации в виде графиков. Кроме того, наличие графического дисплея в составе макета позволяет реализовать преимущества *графического меню* для конфигурирования опций макета: задание периода опроса датчиков, изменение настроек управления элементами макета. Подключение к макету нескольких кнопок позволит исследователю управлять макетом, имеющим графическое меню.

Накопление большого объема информации может быть реализовано путем подключения к контроллеру макета слота с *SD картой*. Если программное обеспечение контроллера дополнить файловой операционной системой, то записанная на макете информация, в процессе исследований, может быть прочитана и обработана стандартными программными средствами ЭВМ: текстовыми, математическими и графическими программами. Считывание информации с *SD карты* осуществляется с помощью специального считывателя, имеющего *USB интерфейс*.

Удаленное управление макета на дистанции до 5 метров может быть организовано с помощью создания инфракрасного или радиочастотного канала управления. В настоящее время доступны для использования модули приемопередатчиков и соответствующее пультовое оборудование, которое может подключаться к контроллерам. Необходимость в

применении таких технологий возникает при макетировании подвижных или опасных для здоровья систем и процессов.

Управление макета на больших расстояниях можно обеспечить подключением модемов GSM или WiFi, которые осуществляют связь с помощью различных протоколов, в том числе Ethernet. Расширенная модулями управления и связи схема макета приведена на рис.7.2.

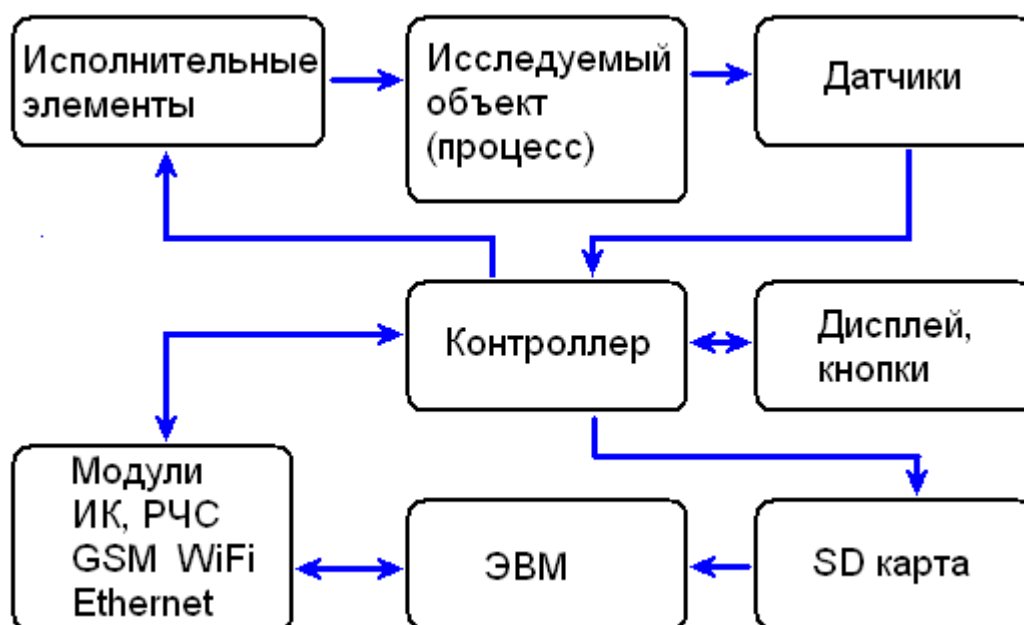


Рис.7.2 Расширенная схема макета исследуемой системы

Оснащение макета исследуемой системы графическим дисплеем, кнопками, накопителем информации на SD карте, инфракрасным или радиочастотным каналом управления – являются современными технологиями, позволяющими повысить оперативность и качество результатов исследований на макете. Перечисленные выше модули и технологии обеспечены библиотеками программного обеспечения для большинства современных контроллеров.

8. Модельные эксперименты

Модельные (имитационные) эксперименты проводятся на ЭВМ. Основой модельных экспериментов является разработанная на предыдущих этапах математическая модель АСУТП [18-20]. Подготовка к данному виду экспериментов состоит в разработке вычислительных алгоритмов и программ, соответствующих математической модели.

Модельное программное обеспечение может иметь следующие модули:

- Модуль ввода исходных данных модели.
- Модуль генерации случайных факторов.
- Модуль вычисления состояния элементов моделируемой системы.
- Модуль визуализации процесса вычислений.
- Модуль визуализации результатов моделирования.

Использование существующего специального программного обеспечения для моделирования АСУТП для решения задач НИРМ является положительным моментом в научно-технических исследованиях, позволяющим экономить временные и материальные ресурсы. Недостатком специального программного обеспечения для моделирования во многих случаях является высокая стоимость данных программных продуктов, необходимость обучения для работы с ними, недостаточная универсальность для решения исследовательских задач.

Достаточно качественные результаты моделирования могут быть получены путем использования свободно распространяемых средств моделирования и проектирования АСУТП. К таким программным средам следует отнести российскую программу SimInTech и французскую программу “Scilab & Xcos”. Моделирование электрических процессов и электронных устройств можно осуществить в среде LTspice.

Перспективным отечественным средством для проведения модельных экспериментов в сфере автоматизации технологических процессов и производств является программа SimInTech (Simulation In Technic) — среда динамического моделирования технических систем, предназначенная для расчётной проверки работы системы управления сложными техническими объектами. SimInTech позволяет моделировать технологические процессы, включая моделирование системы управления.

Функциональные возможности среды SimInTech могут расширяться подключаемыми модулями, которые позволяют создавать модели на базе специализированных расчётных кодов и интегрировать их в комплексные модели и проекты.

Основные направления использования среды SimInTech:

- моделирование нестационарных процессов в физике, в электротехнике, в динамике машин и механизмов, в астрономии и т. д., а также решение нестационарных краевых задач (теплопроводность, гидродинамика и др.);
- обеспечение функционирования компьютерных моделирующих комплексов, в том числе и в системах удаленного доступа к технологическим и информационным ресурсам;
- использование в качестве САПР при групповой разработке и сопровождении жизненного цикла изделия (проекта) при модельно-ориентированном подходе к проектированию.

Среда SimInTech позволяет детально исследовать нестационарные процессы в ядерных и тепловых энергоустановках, в системах автоматического управления, в следящих приводах и роботах, и в любых технических системах, описание динамики которых может быть представлено в виде системы дифференциально-алгебраических уравнений и/или реализовано методами структурного моделирования. Основными направлениями использования SimInTech являются создание моделей,

проектирование алгоритмов управления, их отладка на модели объекта, генерация исходного кода на языке Си для программируемых контроллеров.

Пример модели системы осушивания проб воздуха, структура которой была рассмотрена в разделе 5, приведен на рис.8.1. Модель создана средствами среды моделирования “Scilab&Xcos”, которая позволяет создавать модели, структура которых имеет классический вид.

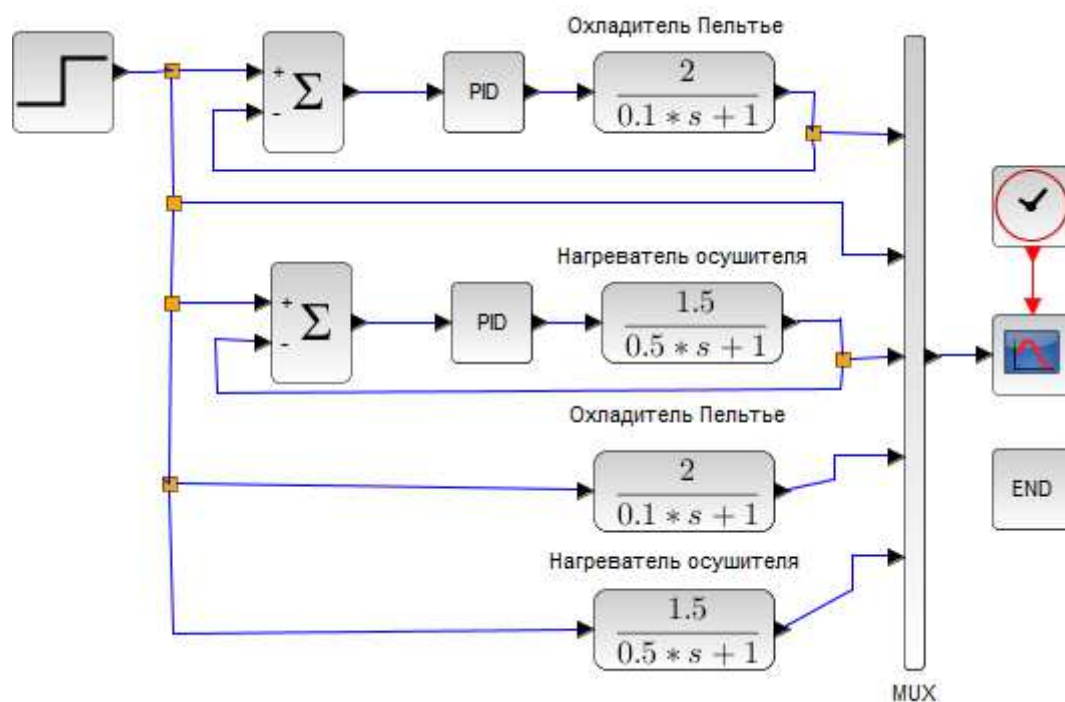


Рис.8.1. Модель регулирования температуры на выходе охладителя и на выходе нагревателя осушителя проб воздуха

Передаточные функции охладителя и нагревателя осушителя проб воздуха заданы в простейшем виде, как апериодические звенья первого порядка. Модель позволяет параллельно формировать выходные сигналы охладителя и нагревателя в контуре регулирования и без контура регулирования, что соответствует четырем уровням схемы на рис.8.1.

Параметры ПИД-регуляторов были подобраны по соответствующим передаточным функциям объектов регулирования с учетом необходимости

получения наглядных графиков выходных сигналов. Значения параметров ПИД регуляторов приведены на рис.8.2.

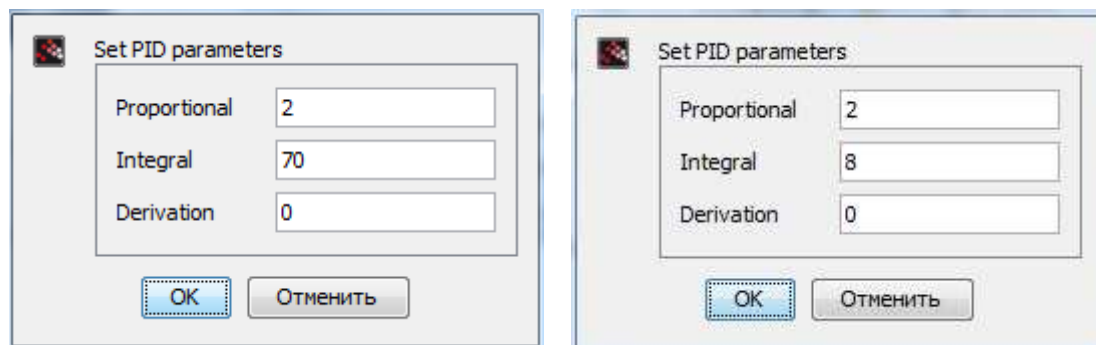


Рис.8.2. Настройки ПИД-регуляторов охладителя и нагревателя

Результаты моделирования представлены в виде графиков температуры на выходе охладителя на модуле Пельтье и выходе нагревателя осушителя проб воздуха на рис.8.3. Графики по оси ординат представлены в нормированном виде относительно рабочей точки. Входное воздействие на оба контура регулирования на рисунке изображено в виде единичного скачка.

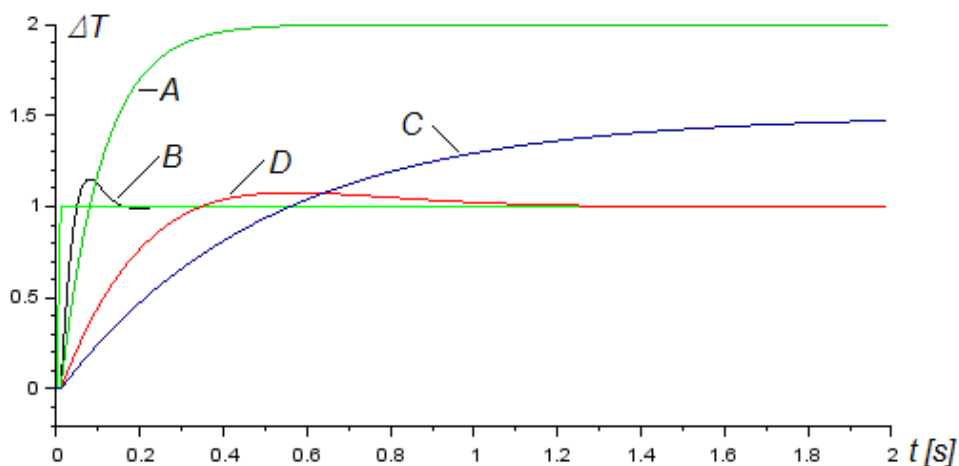


Рис.8.3. Графики температуры на выходе охладителя и на выходе нагревателя осушителя проб воздуха

Графики А и С соответствуют выходным сигналам охладителя и нагревателя без регулирования. Графики В и D соответствуют выходным сигналам охладителя и нагревателя с ПИД регуляторами. Полученные

результаты моделирования позволяют оценить качество регулирования элементов системы для осушения проб воздуха в части уровня перерегулирования и быстродействия. Расчет коэффициентов ПИД регуляторов по различным критериям и методикам позволяет выбрать наиболее подходящие для решения задачи осушения проб воздуха.

Возможности среды моделирования “Scilab&Xcos” для исследования независимых контуров регулирования при вариации параметров ПИД регуляторов показаны на рис.8.4 и рис.8.5.

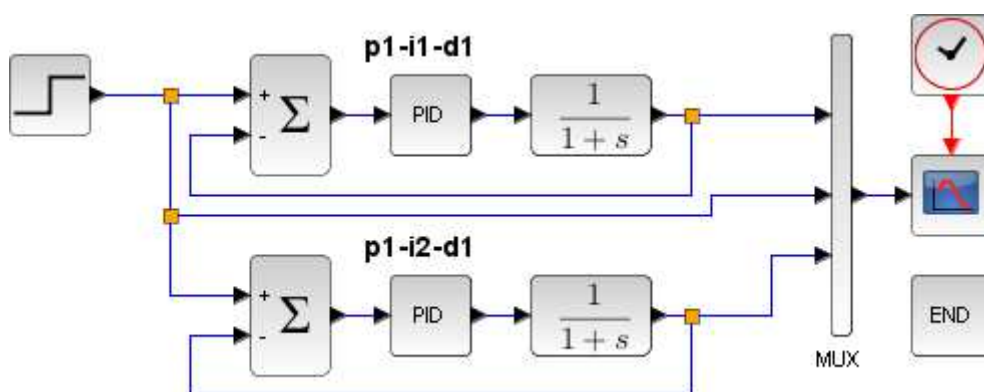


Рис.8.4. Модель двух независимых контуров регулирования

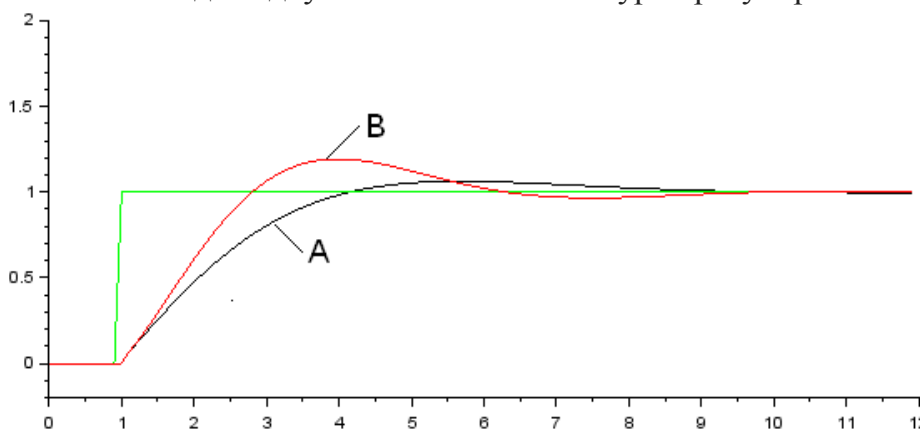


Рис.8.5. Графики выходных сигналов двух контуров регулирования:
 А – реакция контура с интегральным коэффициентом равным 1,
 В – реакция контура с интегральным коэффициентом равным 2

Второй контур регулирования отличается от первого увеличенным в 2 раза коэффициентом интегральной части регулятора. Графики позволяют наглядно показать, что увеличение интегрального коэффициента уменьшило время реакции регулятора, но при этом увеличилась величина перерегулирования выходной величины.

Каскадное включение двух контуров регулирования показано на рис.8.6. Сигнал рассогласования верхнего на схеме контура поступает на вход нижнего контура с отрицательным знаком.

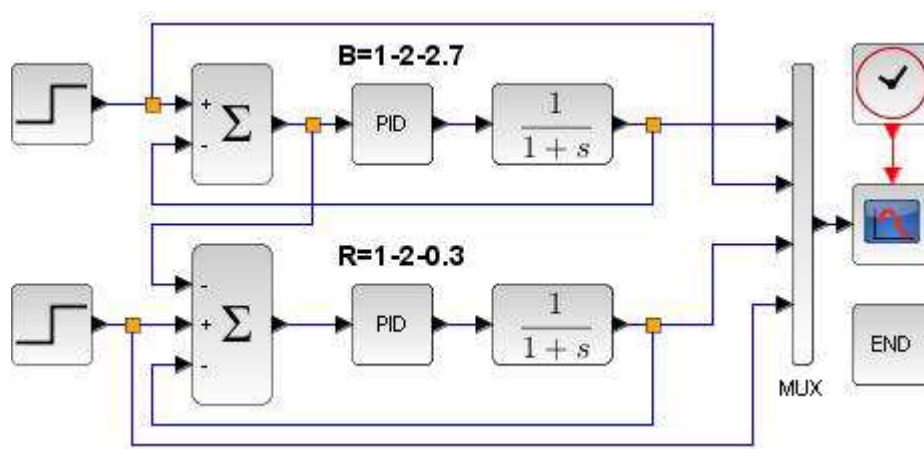


Рис.8.6. Модель двух контуров регулирования с каскадным включением

Импульсы входных сигналов приходят в разное время: сигнал верхнего контура опережает сигнал нижнего на 6 секунд. Задержка сигналов позволяет наглядно показать влияние первого сигнала через каскадную связь на выходной сигнал нижнего контура.

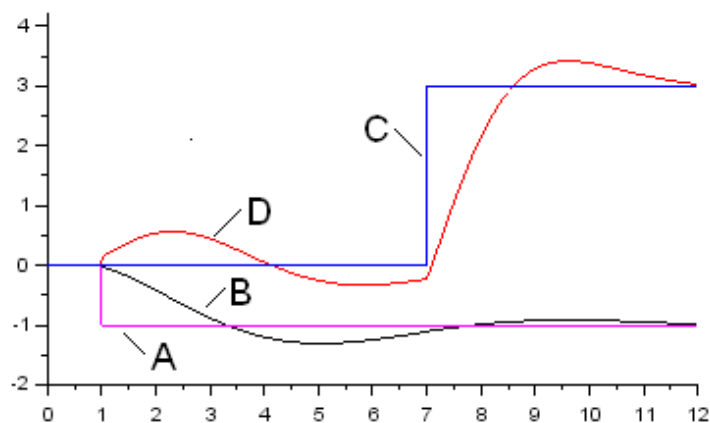


Рис.8.7. Графики выходных сигналов двух контуров регулирования:

- A – входной сигнал верхнего контура регулирования,
- B – реакция верхнего контура регулирования,
- C – входной сигнал нижнего контура регулирования,
- D – реакция нижнего контура регулирования

Входной сигнал верхнего контура имеет отрицательный знак, так как он управляет охладителем, а положительный входной сигнал нижнего контура поступает на нагреватель.

9. *Натурные и лабораторные эксперименты*

Необходимость в проведении натурных и лабораторных экспериментов возникает в случае проблематичности построения математической модели или при необходимости устранить неопределенность числовых параметров математической модели [21-23]. Натурные и лабораторные эксперименты должны проводиться в производственных условиях или в лабораториях. Если эксперименты проводятся в лабораторных условиях, то для их проведения необходимо разработать макет исследуемого объекта или процесса. Независимо от условий и места проведения натурных и лабораторных экспериментов объект исследований должен быть оснащен измерительными приборами, средствами регистрации и управления ходом экспериментов.

Целью натурных и лабораторных экспериментов является получение характеристик, связывающих величины управляющих сигналов (факторов) и параметры состояния системы. В случае большой размерности параметров состояния системы требуется большое количество циклов натурных экспериментов, результаты которых необходимо регистрировать с помощью специальной измерительной аппаратуры.

Натурные и лабораторные эксперименты должны проводиться по предварительно разработанному плану, который должен определять перечень варьируемых факторов, диапазон их изменения, набор сочетаний значений факторов, количество параллельных опытов (повторение экспериментов с фиксированными сочетаниями факторов). План должен обеспечить получение достоверных сведений об объекте исследований при минимальных экономических и временных затратах на проведение и обработку результатов экспериментов.

Конкретные действия исследователя в процессе проведения экспериментов должны быть тщательно продуманы и оформлены в виде

методик проведения различных видов и этапов экспериментальных исследований. Качественные методики проведения экспериментов позволяют рационально организовать процесс исследований на макете или реальном объекте, сократить объем излишних операций и исключить случаи случайного пропуска необходимых операций.

Техническое обеспечение эксперимента должно позволять воздействовать на систему не только управляющими органами, но и создавать управляемые и контролируемые возмущающие воздействия, так как автоматическая система управления должна формировать и отрабатывать команды управления и, наравне с этим, она должна компенсировать возмущения. Обычно, возмущения носят циклический или случайный характер, что существенно влияет на особенности функционирования автоматической (или автоматизированной) системы управления. Полностью исключить случайные воздействия невозможно и не нужно, но иметь возможность генерировать такие воздействия целесообразно, так как она позволяет повысить качество проводимых исследований и сократить сроки их проведения.

Случайные воздействия на исследуемую систему в процессе экспериментов могут задаваться на экстремальных уровнях с целью исследования причин возникновения аварийных ситуаций для их своевременной идентификации и последующей нейтрализации на алгоритмическом и аппаратном уровне.

Внешние условия проведения натуральных экспериментов должны учитываться в процессе проведения натуральных экспериментов. Параметры внешних условий, которые оказывают существенное влияние на исследуемую систему, должны быть внесены в список учитываемых факторов и в процессе натуральных экспериментов их значения должны регистрироваться системой измерений.

10. Обработка результатов экспериментальных исследований

Результаты экспериментальных исследований должны обрабатываться с учетом видов, параметров и целей проводимых измерений с учетом существующих нормативных требований и известных методик [24-30].

Экспериментальные исследования необходимо проводить по специальному плану, который предусматривает формирование различных сочетаний управляющих сигналов и регистрацию параметров состояния исследуемой системы или процесса. План проведения экспериментов должен составляться как для модельных экспериментов, так и для натуральных экспериментов.

Результаты экспериментов сводятся в таблицы, структура которых соответствует плану. Полученные данные должны обрабатываться с привлечением статистических методов обработки измерительной информации с целью обеспечения снижения влияния на результат случайных факторов.

Экспериментатор (магистрант) должен задать величину *доверительной вероятности* для интервальной оценки достоверности полученных результатов, так как данные измерений подвержены воздействию случайных не учитываемых факторов. Рекомендуемый диапазон доверительной вероятности 0.90-0.98.

Обработка экспериментальных данных может проводиться с помощью специальных программ обработки статистической информации или с помощью программ общей математической обработки. Одним из обобщающих параметров достоверности полученных результатов считается выполнимость критерия адекватности полученных результатов и экспериментальных данных.

Типичные цели обработки экспериментальных данных:

- получение формул, аппроксимирующих исследуемые зависимости с заданной точностью;
- получение или проверка закона распределения случайной величины в соответствии с выбранным критерием согласия;
- определение коэффициентов регрессионной модели исследуемой системы;
- проведение дисперсионного анализа качества функционирования элементов из состава исследуемой системы;
- активная и пассивная идентификация параметров систем.

Преобразование экспериментальных зависимостей величин в аналитические соотношения путем аппроксимации позволяет представить исследуемую информацию в компактном виде, который обеспечивает дальнейшее использование экспериментальных данных в алгоритмах управления системой или процессом. Базисными функциями для аппроксимации могут часто служить: степенная функция (многочлены), экспоненциальная функция, тригонометрические функции.

10.1. Аппроксимация экспериментальных зависимостей

Множество конкретных результатов измерений, при осуществлении аппроксимации функциональной зависимости $y = f(x)$, называют узловыми точками и обозначают:

$$\{(x_i, y_i)\}_{i=0, \overline{N-1}},$$

где N - число замеров, (x_i, y_i) – значение i – того замера.

Существует два вида аппроксимации: *интерполяционная* аппроксимация и *регрессионная* аппроксимация. Интерполяция подразумевает построение аппроксимирующей функции, которая

обеспечивает точное соответствие экспериментальных данных и значений аппроксимирующей функции во всех узловых точках: $y_i = f(x_i)$. При обработке экспериментальных данных интерполяция используется в редких случаях, так как объем измерений большой и в результатах измерений содержится шумовые и помеховые сигналы, что приводит к сложному и физически противоречивому виду аппроксимирующей функции.

Регрессионная аппроксимация всегда может быть задана на основе требуемой, физически не противоречивой функции, так как алгоритмы определения её параметров не ограничены условием точного соответствия узловым точкам. Регрессионная аппроксимация допускает рассогласование (несоответствие) между значениями аппроксимирующей функции и узловыми точками: $\varepsilon_i = y_i - f(x_i)$. На рис.10.1 приведен пример экспериментальных данных (узловых точек) и регрессионной аппроксимирующей функцией, полученных в результате экспериментальных исследований по определению зависимости разности температур между поглощающей и излучающей теплоту поверхностью модуля Пельтье от величины подводимого электрического тока.

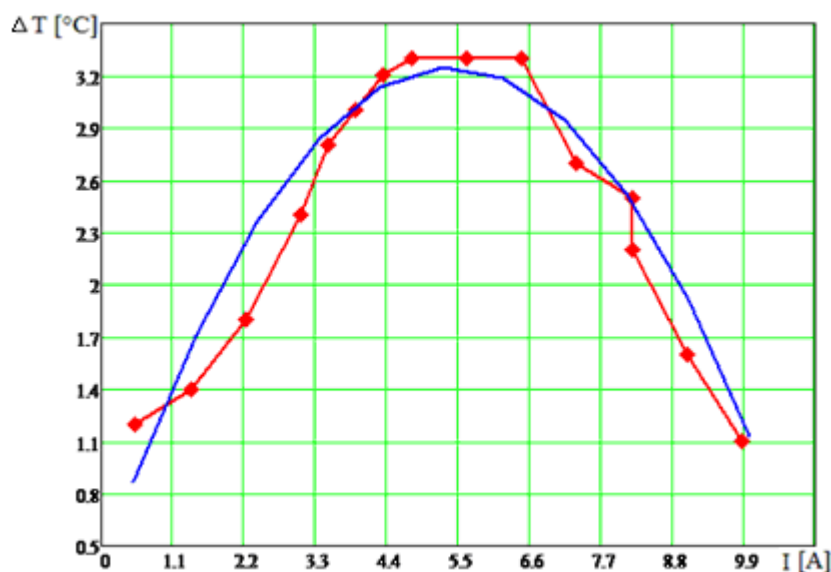


Рис.10.1. Графики узловых точек и регрессионной аппроксимирующей функцией

Аппроксимирующая функция на рис.10.1 представляет собой полином третьей степени, что соответствует математической модели тепловых потоков через модуль Пельтье. Большое рассогласование между экспериментальными точками и аппроксимирующей функцией объясняется несовершенством макета в части термоизоляции. Повысить достоверность результата аппроксимации можно путем проведения некоторого числа параллельных опытов и усреднением экспериментальной зависимости.

Оценка точности для всего участка аппроксимации проводится на основе интегральной величины: *меры близости*, способы вычисления которой зависят от характера решаемой задачи. Наиболее часто используется средняя квадратичная мера близости:

$$\mu = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=0}^{N-1} |f(x_i) - y_i|^2.$$

Коэффициенты полинома определяются *методом наименьших квадратов*, то есть на основе критерия минимума средней квадратичной меры близости.

10.2. Определение и проверка закона распределения случайной величины

Случайные экспериментальные факторы могут быть исследованы и описаны как случайные величины с определенным законом распределения. Вид закона распределения определяется исходя из физических условий проявления случайной величины и внешнего вида гистограммы.

Критерии, основанные на сравнении теоретической и эмпирической функций распределения вероятностей, являются достаточно эффективной статистикой для проверки гипотез о виде закона распределения

вероятностей случайной величины. Одним из основных критериев согласия подобного вида является критерий Колмогорова-Смирнова [30]. Основное преимущество критерия Колмогорова заключено в том, что он не требует группирования данных в виде гистограммы (с неизбежной потерей информации), а дает возможность рассматривать индивидуальные наблюдаемые значения. Этот критерий можно успешно применять для малых выборок. Эмпирическая функция распределения случайной величины x_j , соответствующая порядковой статистике $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$ имеет вид:

$$F_n(x) = \begin{cases} 0, & x < x_1; \\ i/n, & x_i < x < x_{i+1}, \quad 1 \leq i \leq n-1; \\ 1, & x \geq x_n. \end{cases}$$

Пример сопоставления эмпирической и гипотетической функций распределения приведен на рис.10.2.

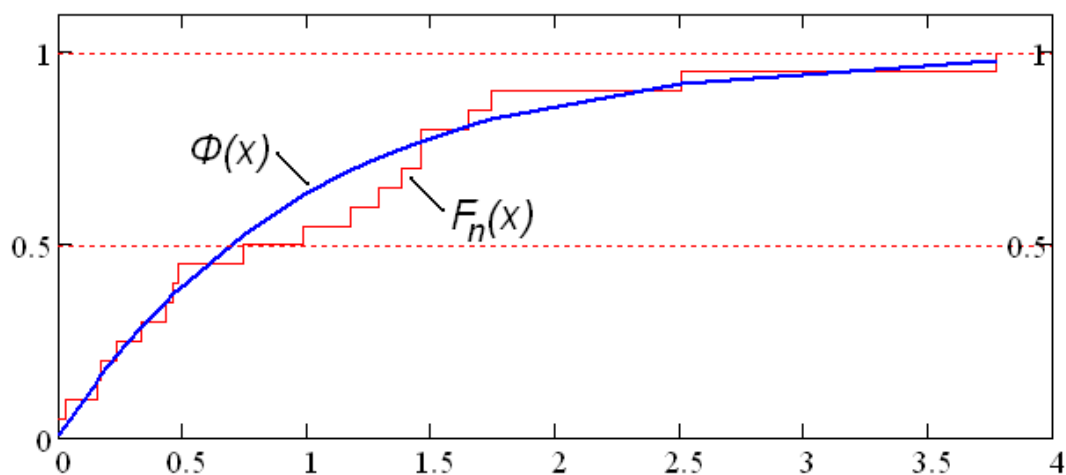


Рис.10.2. Эмпирическая и гипотетическая функции распределения

Проверка гипотезы основана на рассмотрении величины расстояния между эмпирической $F_n(x)$ и теоретической $\Phi(x)$ функциями распределения случайной величины:

$$D_n = \sup_{|x| < \infty} |F_n(x) - \Phi(x)|;$$

$$D_n^+ = \sup_{|x| < \infty} (F_n(x) - \Phi(x)); \quad D_n^- = - \inf_{|x| < \infty} (F_n(x) - \Phi(x)),$$

где \sup , \inf — точные верхняя и нижняя границы соответствующих разностей. В качестве функции статистики используется следующая величина:

$$\sqrt{n} \cdot D_n.$$

Предельное распределение указанной статистики определяется по следующей формуле:

$$P(\sqrt{n} \cdot D_n < z) \rightarrow K(z),$$

где $K(z) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} (-1)^m \cdot \exp(-2 \cdot m^2 \cdot z^2)$ - распределение Колмогорова.

Гипотеза о согласии эмпирического и гипотетического распределений считается подтвержденной, если выполняется неравенство:

$$|F_n(x) - \Phi(x)| \leq \frac{z_\alpha}{\sqrt{n}},$$

где α - уровень значимости критерия, z_α - квантиль распределения Колмогорова, то есть решение уравнения: $K(z) = 1 - \alpha$. Известно [30] выражение для приближенного вычисления критического значения статистики $D_n(\alpha, n)$ при малой выборке $n \geq 10$:

$$D_n(\alpha) = \left\{ \frac{1}{2n} \left(y - \frac{2y^2 - 4y - 1}{18n} \right) \right\}^{\frac{1}{2}} - \frac{1}{6n},$$

где $y = -\ln(\alpha/2)$.

Гипотеза считается подтвержденной, если $D_n \leq D_n(\alpha)$. Критерий Колмогорова-Смирнова может быть распространен и на цензурированные выборки случайных величин, но вычисление квантилей осуществляется по более сложным формулам.

Пример: проверка гипотезы о соответствии результатов эксперимента распределению Вейбула.

Результаты экспериментов (объем выборки равен 20) и гипотетическая функция распределения Вейбула приведены на рис.10.2. Уровень значимости гипотезы назначен равным $\alpha = 0.1$. Критическое значение статистики, вычисленное по приведенной выше формуле, равно $D_n(0.1, 20) = 0.265$. Значение статистики, вычисленное по экспериментальным данным, составляет $D_n = 0.093$. Гипотеза о том, что экспериментальные данные соответствуют распределению Вейбула, должна быть принята, так как $D_n = 0.093 < D_n(0.1, 20) = 0.265$.

Следует заметить, что критерий Колмогорова не требует точечных оценок параметров гипотетического распределения для проверки гипотезы о законе распределения, что позволяет считать данный критерий эффективным и статистически мощным.

Функция распределения Вейбула в двухпараметрической форме имеет вид:

$$F(x) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta\right\}$$

Особенность распределения Вейбулла — чрезвычайно богатое разнообразие форм кривых распределения — обуславливает его широкое распространение в практике. Параметры двухпараметрического закона распределения Вейбулла определяют путем решения системы уравнений:

$$\begin{cases} n\alpha^\beta - \sum_{i=1}^n x_i^\beta = 0 \\ \frac{n}{\beta} + \sum_{i=1}^n \ln x_i - \frac{1}{\alpha^\beta} \sum_{i=1}^n x_i^\beta \ln x_i = 0 \end{cases}$$

Решение приведенной системы уравнений дает следующие параметры распределения Вейбулла: $\alpha = 0.56$ и $\beta = 1.43$.

10.3. Активная идентификация передаточной характеристики

Аппроксимация реакции системы на ступенчатое или импульсное входное воздействие лежит в основе активного метода определения передаточной характеристики исследуемого объекта. В случае исследования реакции объекта на входное воздействие в виде ступенчатого сигнала выходной сигнал представляет собой разгонную характеристику. Кривую разгона желательно снимать:

- в окрестности рабочей точки процесса;
- как при положительных, так и отрицательных скачках управляющего сигнала, что позволяет судить об асимметрии, наиболее часто проявляющейся в тепловых объектах управления;
- несколько раз, с последующим наложением (усреднением), с целью снижения эффекта зашумленности выходного сигнала;
- на наиболее стабильных режимах процесса, когда действие внешних случайных возмущений маловероятно;
- так, чтобы амплитуда тестирующего входного сигнала была, с одной стороны, достаточно большой, чтобы кривая разгона четко выделялась на фоне шумов, и, с другой стороны, достаточно малой, чтобы не нарушать нормального хода технологического процесса.

Предварительное определение вида передаточной функции, соответствующей выбираемой модели объекта, может быть сделано по внешнему виду разгонной характеристики. Таким образом, задается параметрическая функция от времени, параметры которой определяются по экспериментальным данным путем использования метода наименьших квадратов. Качество аппроксимации оценивают величиной среднеквадратического отклонения аппроксимирующей функции от экспериментальной функции. На рис.10.3 приведен пример результатов

аппроксимации экспериментальных данных для получения аналитического выражения для разгонной характеристики.

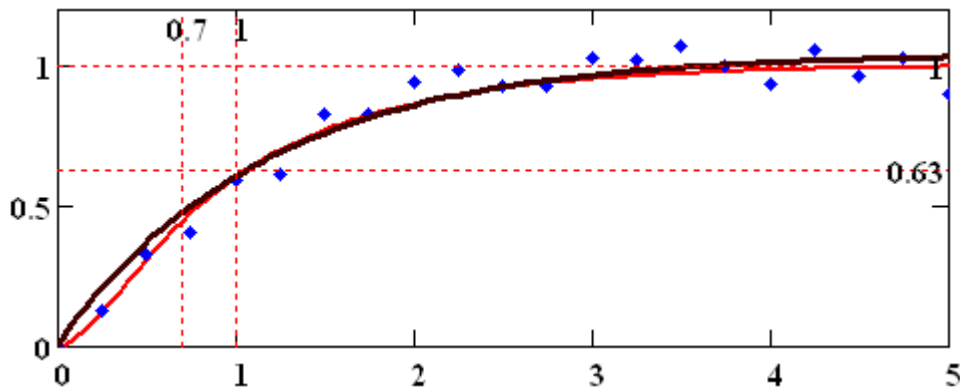


Рис.10.3. Графики узловых точек и восстановленных разгонных характеристик

В приведенном примере рассмотрено два вида передаточной функции: апериодическое звено первого порядка и апериодическое звено второго порядка. Разница между полученными результатами не превосходит 11% от максимального значения функций, при амплитуде помехового сигнала $\pm 20\%$. Среднеквадратическое отклонение для модели апериодического звена первого порядка составляет 0.064, а второго – 0.52, то есть согласно результатам эксперимента модель апериодического звена второго порядка является более согласованной с экспериментальными данными.

10.4. Пассивная идентификация передаточной характеристики

В пассивных методах идентификации фиксируются параметры естественной вариации состояния объекта в процессе его нормального функционирования. Полученные реализации массивов данных входных и выходных сигналов обрабатываются статистическими методами, что позволяет получить параметры передаточной функции объекта.

Недостатками этих методов являются, возможно, малая точность получаемого математического описания (т.к. отклонения от нормального режима работы малы) и необходимость накопления больших массивов данных с целью повышения точности, а также, если эксперимент проводится на объекте, охваченном системой регулирования, то учет эффекта корреляции входного и выходного сигнала.

Алгоритм идентификации передаточной характеристики:

- вычислить спектры сигналов на входе и выходе идентифицируемой системы;
- выбрать вид гипотетической передаточной характеристики и определить по ней амплитудно-частотную характеристику (АЧХ);
- сформировать систему уравнений для параметров передаточной характеристики на основе соотношений, связывающих спектры выходного и входного сигналов с учетом АЧХ идентифицируемой системы;
- вычислить параметры передаточной характеристики путем решения полученной системы уравнений.

Пример набора экспериментальных данных, содержащего результаты синхронных измерений на входе и выходе идентифицируемой системы, приведен на рис.10.4.

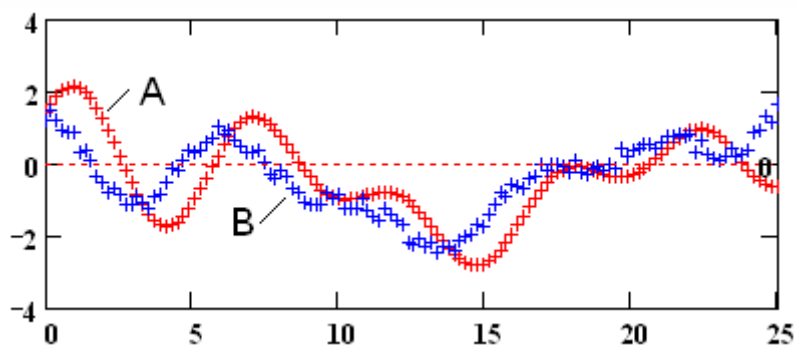


Рис.10.4. Графики входных (A) и выходных (B) сигналов идентифицируемой системы

Вычисление спектров проводится на основе дискретного преобразования Фурье, если измерение и регистрация входных и выходных сигналов осуществлялись с постоянным периодом. В противном случае результаты измерений необходимо привести к формату периодических измерений с помощью экстраполяции имеющихся данных. Если количество измерений составляет 1000 и более замеров, то следует использовать быстрое преобразование Фурье. Спектры сигналов выражаются в формате комплексных чисел, то есть в виде модуля и фазы гармоник. Результат вычисления спектров представлен на рис.10.5.

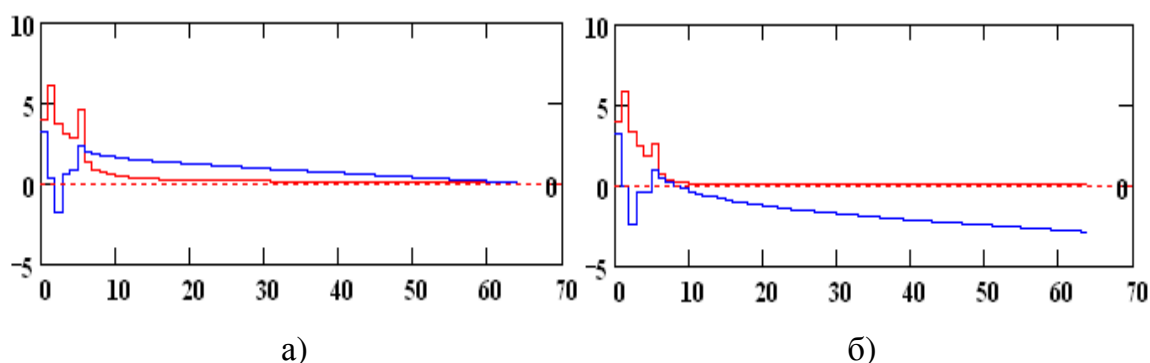


Рис.10.5. Графики спектров (амплитуд и фаз)
а) входного сигнала и б) выходного сигнала

Система нелинейных уравнений для параметров передаточной характеристики, полученная на основе связи спектров выходного и входного сигналов с учетом АЧХ идентифицируемой системы, для гипотетической передаточной характеристики объекта второго порядка (апериодического или колебательного) имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n (WR(\omega_i, T3, T4, k) \cdot AR(\omega_i) - WI(\omega_i, T3, T4, k) \cdot AI(\omega_i) - QR(\omega_i))^2 = 0 \\ \sum_{i=1}^n (WR(\omega_i, T3, T4, k) \cdot AI(\omega_i) - WR(\omega_i, T3, T4, k) \cdot AR(\omega_i) - QI(\omega_i))^2 = 0 \end{cases},$$

где $T3, T4, k$ – искомые параметры системы, $WR(\cdot), WI(\cdot)$ – действительная и мнимая части гипотетической АЧХ, $AR(\cdot), AI(\cdot)$ – действительная и

мнимая части спектра входного сигнала, $QR(\cdot), QI(\cdot)$ – действительная и мнимая части выходного сигнала.

Приведенная выше система нелинейных уравнений может быть решена одним из известных методов решения систем нелинейных уравнений, например методом Ньютона или методом Левенберга-Маркварда. Решение системы нелинейных уравнений для примера зарегистрированных экспериментальных входных и выходных сигналов (рис.10.3) дает следующие значения параметров для апериодического объекта второго порядка: $T3 = 1.60, T4 = 5.64, k = 1.01$.

Проверить качество идентификации для параметров исследуемого объекта можно путем восстановления выходного сигнала, подав на вход объекта с вычисленными параметрами исходный входной сигнал. В качестве оцениваемой величины естественно использовать величину рассогласованности исходного и восстановленного выходных сигналов. Графические результаты проверки качества идентификации для параметров исследуемого объекта представлены на рис.10.6.

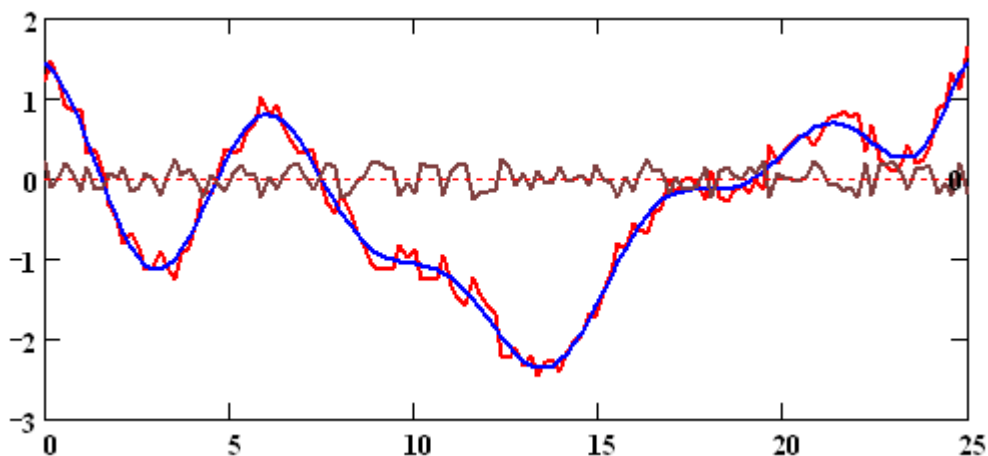


Рис.10.6. Графики исходного выходного сигнала, восстановленного выходного сигнала и разностного сигнала

В качестве численной оценки качества идентификации для параметров исследуемого объекта бала вычислена величина максимального рассогласования исходного и восстановленного выходных

сигналов, которая составила 0.27 в масштабе оси ординат. Среднеквадратическое отклонение исходного и восстановленного выходных сигналов равно 0.14, что соответствует усредненной оценке расхождения этих сигналов.

Приведенные выше примеры являются демонстрацией возможных вариантов практического применения статистических методов для обработки результатов экспериментальных исследований. Полученные, но не обработанные результаты экспериментов не могут обеспечить полноту и завершенность проводимых исследований. Только экспериментальные исследования могут достоверно подтвердить или опровергнуть предлагаемые технические решения и результаты теоретических исследований о свойствах и параметрах АСУТП.

Обработка результатов экспериментальных исследований позволяет получить объективные и достоверные данные для принятия решения о проводимых разработках в области автоматизации технологических процессов и производств. Чем полнее и многостороннее исследование свойств автоматизируемых объектов и систем автоматизации, тем эффективнее их можно спроектировать и настроить.

Методология обработки экспериментальных данных весьма обширна, поэтому магистрант должен подобрать, адаптировать и применить наиболее подходящие алгоритм и методику обработки для своих экспериментальных данных.

11. Публикационная деятельность

В процессе выполнения НИРМ магистрант должен осуществлять публикационную деятельность:

- Составлять тезисы докладов по результатам проведенной исследовательской работы и выступать с докладами на проводимых конференциях, в которых есть секции по тематикам АСУТП.
- Писать статьи по результатам проведенной исследовательской работы и направлять их для публикации в научно-технические журналы, имеющие рубрики по тематикам АСУТП.
- Подавать заявки на изобретения или полезные модели.
- Регистрировать авторское право на разработанные программные продукты.

Публикации могут выполняться с участием руководителя или полностью самостоятельно. Для ведения учета своих публикаций магистрант должен зарегистрироваться в российской базе цитирования научных публикаций РИНЦ (<https://elibrary.ru/defaultx.asp>). Порядок и пример заполнения регистрационной формы приведен в Приложении 1.

Доклады, тезисы и статьи имеют одинаковые структурные элементы: название, постановка решаемой задачи, раздел с описанием предлагаемого решения, численные или экспериментальные данные, список литературы. Не следует повторять названия своих публикаций: каждая публикация должна иметь индивидуальное название, указывающее особенность её содержания.

Графические иллюстрации следует составлять самостоятельно, так как заимствование чужих рисунков и графиков, даже при наличии ссылки

на источник заимствования, снижает качество публикации до уровня реферата.

Список журналов, имеющих разделы для группы научных специальностей 05.13.00 – «Информатика, вычислительная техника и управление», входящих в список ВАК для изданий, рекомендованных для публикаций соискателям ученых степеней и званий, приведен в Приложении 3. Выборка из списка журналов, наиболее соответствующих направлению магистратуры 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»:

Автоматизация в промышленности

Автоматизация процессов управления

Автоматизация. Современные технологии

Мехатроника, автоматизация, управление

Проблемы машиностроения и автоматизации

Современные технологии. Системный анализ. Моделирование

Проблемы теории и практики управления

Промышленные АСУ и контроллеры

Релейная защита и автоматизация

Автоматика, связь, информатика

Кибернетика и программирование

Управление большими системами

Инженерный вестник Дона

Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика

Робототехника и техническая кибернетика

Вестник кибернетики

Подача заявки на изобретение (патент) или программный продукт является одной из форм научных публикаций [31]. Нормативные документы для оформления заявки на изобретение размещены на сайте Роспатента: http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru/. Этот сайт является официальным и содержит полную информацию для изобретателей.

Патент – это охраняемый документ, который удостоверяет исключительное право на авторство и приоритет изобретения, полезной модели или промышленного образца. Под изобретением понимается техническое решение в любой области, относящееся, в частности, к устройству или способу, то есть процессу осуществления действий над материальным объектом с помощью материальных средств, или применению уже известного изделия или процесса по новому назначению. При подаче заявки на патент и за его выдачу взимается пошлина. За поддержание патента в силе взимается ежегодная (или один раз в несколько лет) пошлина. В большинстве стран мира ведение зарубежными заявителями дел по получению и поддержанию в силе патента осуществляется через национальных патентных поверенных.

Объекты изобретений:

устройство – это конструкция или изделие (деталь, узел или совокупность взаимосвязанных деталей и узлов);

способ – это процесс выполнения действий над материальными объектами и с помощью материальных объектов;

вещество – индивидуальное химическое соединение, композиция ингредиентов или результат ядерных превращений;

штамм – наследственно однородные культуры микроорганизмов или клеток растений и животных;

применение перечисленных объектов по новому назначению – использование по такому назначению, для реализации которого они ранее не использовались.

Порядок и стадии оформления заявки на получение патента на изобретение (полезную модель) изложены на странице сайта Роспатента:
http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru/regions/mpp/mp_z.

Для обоснования новизны патентуемых технических решений необходимо проводить *патентный поиск*, который представляет собой один из важных инструментов анализа технических решений, который также непосредственно связан с разработкой новых изделий и технологий.

Информационно-поисковая система Роспатента обеспечивает доступ к следующим базам данных по объектам интеллектуальной собственности, зарегистрированным в России:

- перспективные изобретения,
- изобретения на русском и английском языках,
- полезные модели,
- программы для ЭВМ,
- зарегистрированные базы данных,
- топологии интегральных микросхем,
- изобретения, полезные модели, промышленные образцы и товарные знаки.

Электронные адреса баз описаний изобретений для проведения патентного поиска:

<http://worldwide.espacenet.com/>; <http://ep.espacenet.com/> - патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.

<http://www.uspto.gov/> - Ведомство патентов и торговых марок США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. по настоящее время.

<http://pctgazette.wipo.int> – Patent Cooperation Treaty (PCT) System (содержит патенты с 1997 - по настоящее время), возможность бесплатного поиска и просмотра титульной страницы, сайт принадлежит Всемирной Организации Интеллектуальной Собственности (WIPO)

<http://metalab.unc.edu/patents/intropat.html> - STO's Internet Patent Search System (с 1790 - по настоящее время, возможность бесплатного поиска) База данных поддерживается системой Source Translation & Optimization (STO), которая может быть использована для поиска по базам данных патентов и торговых марок США по всем годам с использованием классификационных классов USPTO или по номеру патента. Возможен просмотр рефератов патентов, опубликованных в период 1981-1989.

<http://gb.espacenet.com/>, <http://www.ipo.gov.uk> - База данных патентов Великобритании (с 1996 - по настоящее время), бесплатный поиск и просмотр рефератов, сайт Патентного Бюро Великобритании). Содержит библиографические данные и иллюстрации патентов Великобритании, опубликованных Патентным Бюро, начиная с 5 июня 1996 года. В БД включены также национальные патенты государств - членов Европейского Патентного Бюро; Европейские патенты, мировые патенты (БД PCT), Японские патенты и патенты из других стран мира.

12. Составление отчета о НИРМ

Качество работы магистранта над НИРМ оценивается поэтапно в конце каждого семестра обучения. Каждый этап работы оценивается на зачете: магистрант представляет письменный отчет и отвечает на вопросы по теме выполняемой НИРМ и о результатах своей публикационной деятельности.

Структура отчета:

- Титульный лист.
- Содержание отчета.
- Разделы отчета по теме НИРМ.
- Заключение.
- Список литературы.
- Приложения.

Отчет выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ [32-33], которые предъявляются к отчетам о НИР.

Содержание разделов должны содержать информацию о проделанной магистрантом работе: обзор литературы, математические модели элементов исследуемой системы, алгоритмы программного обеспечения с описанием их модулей, схемы и фотографии макета, таблицы и графики результатов экспериментов, результаты статистической обработки экспериментов. В отчет целесообразно включать материалы публикаций магистранта.

Темы НИРМ можно классифицировать по виду научно-технических исследований на следующие группы:

- Теоретическое исследование вопросов оптимального и адаптивного управления.

- Алгоритмизация законов управления с учетом их практического приложения.
- Проектная разработка АСУТП конкретных технологических процессов.
- Экспериментальное исследование элементов АСУТП.

Приведенная классификация позволяет установить, что и содержание отчетов о НИРМ должно иметь принципиальные отличия в соответствии с видом проводимых исследований. С учетом приведенной классификации можно определить примерное содержание отчетов для трех этапов выполнения НИРМ. Ниже приведены примеры возможного содержания отчетов для аналитических и экспериментальных видов исследований.

Отчеты по исследованиям теоретической направленности:

Примерная тематика разделов отчета первого этапа по исследованиям теоретической направленности:

- Аналитический обзор учебной и научно-технической литературы.
- Описание структуры исследуемого объекта или процесса.
- Математические модели элементов исследуемого объекта или процесса.

Примерная тематика разделов отчета второго этапа по исследованиям теоретической направленности:

- Аналитический обзор периодических изданий и патентов на русском языке.
- Аналитическое или численное исследование математической модели исследуемого объекта или процесса.
- Разработка или поиск программного обеспечения для реализации модельных экспериментов.
- Тезисы выступления магистранта на конференции.

Примерная тематика разделов отчета третьего этапа по исследованиям теоретической направленности:

- Аналитический обзор периодических изданий и патентов на иностранных языках..
- Планирование и проведение модельных экспериментов.
- Статистический анализ результатов моделирования.
- Текст статьи магистранта в научно-техническом журнале.

Отчеты по исследованиям **экспериментальной** направленности:

Примерная тематика разделов отчета первого этапа по исследованиям экспериментальной направленности:

- Аналитический обзор учебной и научно-технической литературы.
- Описание структуры исследуемого объекта или процесса.
- Математические модели элементов исследуемого объекта или процесса.

Примерная тематика разделов отчета второго этапа по исследованиям экспериментальной направленности:

- Аналитический обзор периодических изданий и патентов на русском языке.
- Разработка структуры макета элемента АСУПТ.
- Разработка или поиск программного обеспечения для реализации экспериментов с макетом.
- Тезисы выступления магистранта на конференции.

Примерная тематика разделов отчета третьего этапа по исследованиям экспериментальной направленности:

- Аналитический обзор периодических изданий и патентов на иностранных языках..
- Планирование и проведение экспериментов с макетом.
- Статистический анализ результатов натурного моделирования.
- Текст статьи магистранта в научно-техническом журнале.

Содержание отчетов должно согласовываться с руководителем ВКР.

13. Методика оценивания НИРМ

Оценка НИРМ должна осуществляться на основе рассмотрения качества проводимых исследований, творческого подхода в решении стоящих задач и публикационной активности магистранта. Состав и уровень требований должен соответствовать трем этапам (семестрам) разработки НИРМ. Необходимо учитывать индивидуальные особенности проделанной магистрантом работы в части порядка выполнения разделов работы. Начиная с первого этапа отчеты по НИРМ должны иметь четкую структуру, хорошее оформление и аргументированное изложение [34-35].

Полученные магистрантом теоретические результаты должны быть представлены формулами с расшифровкой всех переменных и со ссылками на источники исходных положений и заимствования. Результаты моделирования и экспериментальных исследований следует выделять в специальные разделы отчета, в которых нужно приводить полученные данные и результаты их обработки. Расчеты, графики и схемы должны выполняться самостоятельно с использованием соответствующего лицензионного или открытого программного обеспечения.

Публикации магистра должны подтверждаться прилагаемыми к отчету распечатками и ссылками на место издания. Если магистрант принимал участие в выставках или конкурсах, то необходимо указать в отчете название и место проведения мероприятия. В случае получения магистрантом поощрения на конкурсе или выставке необходимо приложить к отчету копию свидетельства о поощрении.

Оценка в интервале 90-100 баллов выставляется магистранту, если он представил отчет, содержание и качество выполнения которого полностью соответствуют плану НИРМ, теоретическая практическая части выполнены структурно взаимосвязано, все исходные положения имеют литературные ссылки. Магистрант должен свободно ориентироваться в

представленном материале и отвечать на все поставленные вопросы. Кроме того, должны быть представлены рукописи тезисов и статей, выполненных с участием магистра.

Оценка в интервале 76-89 баллов выставляется магистранту, если он представил отчет, содержание и качество выполнения которого в основном соответствуют плану НИРМ, теоретическая практическая части выполнены структурно взаимосвязано, большинство исходные положения имеют литературные ссылки. Магистрант должен хорошо ориентироваться в представленном материале и отвечать на большинство поставленных вопросов. Кроме того, должны быть представлены рукописи тезисов и статей, выполненных с участием магистранта.

Оценка в интервале 61-75 баллов выставляется магистранту, если он представил отчет, содержание и качество выполнения которого в основном соответствуют плану НИРМ, теоретическая практическая части выполнены структурно взаимосвязано, большинство исходные положения имеют литературные ссылки. Магистрант должен удовлетворительно ориентироваться в представленном материале и отвечать на большинство поставленных вопросов. Кроме того, должны быть представлены рукописи тезисов, выполненных с участием магистранта.

Магистрант не допускается к зачету, если он не представил письменного отчета, в основном соответствующего плану НИРМ. Зачет не выставляется так же и в том случае, если магистрант не ориентируется в представленном материале и не может ответить на большинство поставленных вопросов.

14. Методика работы магистранта

Данный раздел пособия опирается на работу В.Н. Гришанова [7], в которой в ясной для понимания студентом форме изложена методика самостоятельной работы студента при выполнении НИРМ.

Общий подход к выполнению НИРМ

Работа с научным руководителем на начальном этапе должна быть максимально активной и направленной на решение нескольких начальных задач, содержание которых может включать чтение нескольких статей по теме начатой НИР, возможно, на английском языке. Затем магистрант и руководитель должны сформулировать основную задачу, которая в перспективе должна перерасти в тему выпускной работы.

Получив очередное задание, не стесняйтесь обратиться за дополнительными разъяснениями к руководителю. Гораздо хуже, если вы, закопавшись, надолго пропадёте, так ничего и не сделав.

Другая распространённая ошибка – откладывать научную работу на потом. Обычно руководитель рассчитывает, что ваша работа вольётся в общее исследование и ожидает определённых результатов к определённым срокам. Если вы справляетесь с первой задачей быстро, то получите усложнение, потом следующее, и к концу учёбы набегает ощутимые результаты. Если же студент вспоминает про НИР в конце семестра (года, последнего курса) и начинает решать поставленную изначально простую задачу, то и работа получается слишком простая и никому не нужная. Практически невозможно за пару недель сделать нечто стоящего. Неудивительно, если такая работа будет оценена не выше тройки.

НИР надо заниматься регулярно. Хорошие идеи появляются в результате многократных совместных обсуждений, причём не сразу.

Необходимо время, чтобы разобраться в причинах неудач первых экспериментов, придумать лучший алгоритм или что-то улучшить в его структуре. Поэтому хорошую научную работу объективно можно сделать только за 2-3 семестра.

Ваш руководитель имеет право быть занятым, не находить времени прочитать присланный вами материал в течение целой недели (двух, трех,...), очередной раз переносить встречу еще на неделю позже, и оказывать прочие знаки невнимания. Это нормально. Израсходуйте образовавшееся время на то, чтобы самостоятельно понять, что делать дальше или заняться самообразованием. Никто не даст студенту тему, по которой в мире нет ни одной публикации. Не забывайте про поиск в Yandex или Google или других поисковых системах. Есть сайты научных конференций на страницах, которых можно найти темы близкие к выбранной теме. Название теории, или алгоритма, или формулы, которые вы обсуждали с руководителем – это уже **ключевые слова для поиска**. Сегодня в Интернете легко можно найти даже то, чего ещё не знает ваш руководитель. Найдите самые последние работы по вашей теме – это лёгкий способ показать вашу заинтересованность и обратить на себя внимание.

Резюмируем:

1. Работайте постоянно.
2. Руководитель не обязан направлять каждый ваш шаг.
3. Инициатива не наказуема.
4. Вы имеете право на ошибку.
5. Системность в работе – залог высокого качества результата вашей научной работы.

Изучение литературы

Любое исследование базируется на каких-то уже известных результатах, и вы обязаны не просто с ними ознакомиться, а внимательно их проработать, постаравшись понять в них всё.

Важное правило: как только вы прочитали статью, обязательно напишите по ней реферат. Сделайте это сразу, потом будет труднее всё вспомнить и систематизировать. Записанные рефераты позже послужат основой для обзорных параграфов отчёта, статьи, диссертации. Обобщить и упростить сущность статьи можно путем поиска структуры результатов статьи и представления их в виде рисунка или диаграммы.

Реферат – это немного больше, чем просто аннотация, взятая из самой статьи. Аннотация всего лишь говорит, о чём статья, и называет главный результат. В реферате необходимо перечислить все основные идеи и результаты исследований, описанные в статье. Это тренировка умения отличать важное от второстепенного. В реферате может присутствовать критический разбор статьи. Авторы, как правило, не акцентируют внимание на недостатках или ограничениях предлагаемых ими подходов, но при этом могут честно сообщать о них где-то в середине статьи. Могут существовать более поздние улучшающие результаты, о них важно упомянуть и дать ссылку – чтобы читатель случайно не подумал, что данная статья является «последним словом» в данной области науки. Если реферат пишется «для себя», то есть как часть будущей статьи или отчёта, то в нём обычно делается упор на те идеи и результаты, которые имеют прямое отношение к вашей работе; особенно, если некоторые из них вам удалось улучшить. Если реферат пишется «для сообщества», то он должен содержать основные идеи без технических подробностей и быть полезен не только автору реферата, но и другим читателям.

Есть распространённая ошибка, которую допускают не слишком старательные студенты. Прочитав одну статью, освоив один метод, они поддаются иллюзии, будто этим проблема исчерпана и ничего лучшего на эту тему в мире не придумано. Помните: научное сообщество настолько огромно, что даже в узкоспециальных областях написано больше, чем вы успеете за всю жизнь прочитать.

С другой стороны, не надо фанатизма – если вы прочтёте несколько сотен статей, которые есть по вашей теме, то, скорее всего, парализуете вашу фантазию. Вам начнёт казаться, что ничего нового тут изобрести невозможно. Слишком много знать – тоже вредно.

Наилучший результат достигается, когда периоды собственного творчества чередуются с периодами глубокого изучения темы.

Если у вас есть гипотеза, но вы не знаете, как её доказать, попробуйте сначала убедиться экспериментально, что она верна. Уверенность исследователя в справедливости результата придаёт силы при поиске строгих доказательств. Подумайте над тем, какие промежуточные результаты, и в какой форме было бы интересно изобразить графически. Глядя на графики, часто удаётся заметить нечто такое, о чём раньше вы даже и не задумывались. Изобретайте различные способы визуализации одних и тех же данных, «покрутите» вашу задачу с разных сторон. Случается, что именно эти, казалось бы, бесполезные упражнения, как раз и приводят к наиболее важным открытиям.

В то же время, избегайте бесцельных экспериментов, это слишком расточительно по времени. Любой эксперимент начинайте с конца, т.е. с той интерпретации (красивой фразы), которую вам хотелось бы написать последней в отчёте о данном эксперименте. Подумайте, как поставить эксперимент, который самым наглядным образом подтверждал бы эту фразу. Разумеется, результат может оказаться и отрицательным, и вообще никаким. Умение сходу планировать удачный эксперимент приходит

только с опытом. Наличие цели – необходимое, но недостаточное условие успеха.

Стадия осмысления результатов — самое важное в эксперименте. Задавайте себе больше вопросов:

- Что можно сказать об исходных гипотезах?
- Чем то, что получилось, хорошо, а чем плохо?
- Где и как всё это можно применить?
- Все ли интересные случаи проверены?
- Как насчёт крайних случаев и «пограничных» ситуаций (там всегда скапливаются сюрпризы)?

Практика показывает, что более половины студентов, получив первые результаты на модельных данных, склонны на этом успокоиться («пожелание шефа выполнено – я молодец») и затем годами (!) смотреть на один и тот же (не очень удачный) график. В то же время, генерация ещё десятка экспериментов при радикально разных условиях способна дать богатую пищу для размышлений и с самого начала повернуть исследование в правильное русло.

Документирование

Почему-то мало кто любит сразу документировать свой код, записывать основные идеи прочитанных статей и оформлять свои результаты немедленно после их получения.

Есть два разумных довода в пользу того, чтобы делать это сразу.

Во-первых, пока вы помните все детали, сумеете сделать это лучше. Записать рано или поздно придётся, но потом времени будет потрачено больше, и качество документа окажется ниже.

Во-вторых, словесное формулирование приводит мысли в порядок и магическим образом повышает эффективность следующего этапа работы.

Итак, если вы прочитали хорошую статью, запишите основные идеи в виде реферата. Если вы закончили эксперимент, запишите условия эксперимента и выводы к каждому графику.

Но с другой стороны, повторное чтение ранее найденных статей спустя относительно длительный период может принести новое понимание идей, заложенных в этих статьях. Повторное преодоление трудных моментов в статье иногда позволяет найти новые продолжения идей, содержащихся в статье.

Текущие отчёты

Хороший студент периодически (например, раз в две недели) отправляет научному руководителю краткий отчёт следующего содержания:

- что нового удалось узнать из литературы;
- что сделано за этот период;
- что из этого является результатом, о котором можно написать в тексте статьи или диссертации;
- что не понятно, какие проблемы возникли;
- какие есть идеи их решения, включая возможность изменения постановки всей задачи или её частей;
- план работ на следующий период (например, две недели).

Эта работа прививает привычку структурировать своё мышление, а вечно занятому научному руководителю экономит время. Даже если Ваш научный руководитель не просил присылать ему такие отчёты, всё равно присылайте! Зарекомендуете себя с самой лучшей стороны. Нормальный руководитель обязательно рано или поздно прочтет ваши отчеты и пришлет вам свою оценку ваших трудов и советы по дальнейшей работе.

Семестровые отчёты

Каждый семестр ваша индивидуальная научная работа должна продвигаться еще немного или далеко вперед. ***Результат работы должен быть материален; это может быть программа, отчет, выполненные эксперименты.*** Просто прийти в конце семестра и изложить ваши новые идеи – не достаточно, даже если они кажутся вам гениальными.

Многие кафедры и преподаватели требуют от студентов отчета по НИР в конце каждого семестра, в письменной форме. Не следует относиться к этой деятельности как к пустой формальности. В идеальном случае – если вы не будете менять тему исследования – эти отчеты, обрастая подробностями, постепенно перерастут в выпускную работу. Отчет о научной работе (technical report) пишется в форме научной статьи. Требования к научному содержанию отчетов будут возрастать от семестра к семестру, а требования к форме – оставаться неизменными.

Есть ещё один веский довод в пользу серьёзного отношения к отчётам. В наше время обмен профессиональной информацией между людьми происходит преимущественно в электронном виде – отчеты, статьи, презентации, форумы. Всеми этими жанрами информационного обмена вам надо научиться владеть. Из них отчеты и статьи наиболее весомы и требуют от автора наибольшей точности изложения.

Ваш первый семестровый отчёт имеет право выглядеть скромно. Вполне достаточно, если он будет содержать только постановку задачи, рефераты прочитанных вами статей и/или результаты ваших первых экспериментов.

Постановка задачи

Попробуйте сначала написать неформальным языком задачи своих исследований, как вы их понимаете, почему они актуальны (то есть какую пользу и кому может принести их решение), какие в них есть открытые проблемы. Очень важно научиться рассказывать о задаче. Возьмите за образец описания, которые вы прочитали в статьях или в Интернете. Затем сформулируйте задачу формально, введите необходимые обозначения.

Конспекты

Если вы поработали с литературой, отчёт должен содержать конспекты (краткие пересказы) прочитанных вами статей. Конспекты должны подчёркивать связь этих статей с вашей задачей. Очень важно сделать вывод, мотивирующий вашу работу, например, если вы обнаружили, что все известные работы имеют общий недостаток, то ваше исследование следует направить на решения выявленной проблемы.

Эксперименты

Если вы проделали один или несколько экспериментов, отчёт должен содержать описание условий и результатов каждого эксперимента. Условия должны быть описаны исчерпывающим образом, то есть так, чтобы ваш эксперимент мог быть воспроизведен другим исследователем. В то же время, программистские и прочие технические подробности описывать не надо. Результаты представляются в виде таблиц или графиков. На каждом графике должны быть подписаны оси и легенда (легенда не нужна, если на графике только одна кривая). Под графиком должно быть написано, при каких условиях эксперимента он получен. В

основном тексте должны быть приведены интерпретации полученных результатов и выводы. Если сделать это неаккуратно, то в результатах вашего эксперимента не разберётся даже ваш руководитель, не говоря уже о посторонних.

Эксперименты могут быть численными и натурными. Численные эксперименты должны сопровождаться и иллюстрироваться алгоритмами, а натурные – схемами, чертежами и фотографиями экспериментальных установок.

Алгоритм НИР

Всё сказанное выше можно резюмировать в виде ***Алгоритма НИР***. Он состоит в том, чтобы ***итеративно повторять определённые виды работ*** из следующего перечня:

- погружение в современную (в основном англоязычную) научную литературу;
- решение простых частных задач, даже если они на первый взгляд бесполезны;
- чередование теоретических исследований с экспериментами;
- чередование попыток решить задачу с попытками изменить её постановку;
- чередование попыток решить задачу с лаконичной записью лучшего из решений;
- чередование самостоятельных размышлений с семинарами и обсуждениями.

Порядок этих работ не важен и выбирается по ситуации, но ни одна из них не должна систематически пропускаться – в этом суть алгоритма, и только в этом случае он гарантирует успешное продвижение.

Перспективы

Определитесь как можно раньше со своей будущей профессией. Если Вы собираетесь остаться в аспирантуре (не важно – совмещая это с работой на производстве или нет), то вам необходимо иметь публикации и участвовать в конференциях уже к моменту поступления в аспирантуру. Это дополнительная нагрузка по сравнению с рядовым написанием выпускной работы. Да и сама работа в таком случае должна иметь уровень заметно выше среднего.

Существуют и общечеловеческие мотивы творческого отношения к своей работе (и учебе): рутинное отношение к своей работе делает её утомительной и безрадостной, создает негативное настроение и апатию, как для самого человека, так и для его окружающих. Желание выполнять свою работу качественно, улучшать и совершенствовать объект и условия своей профессиональной деятельности, преодолевать технические и организационные трудности, искать нестандартные, оригинальные решения – замечательный инструмент активной и интересной жизни.

Приложение 1. Инструкция по регистрации в российской базе цитирования научных публикаций РИНЦ

Вход в раздел регистрации пользователей системы РИНЦ находится на главной странице российской электронной библиотеки: <https://elibrary.ru/defaultx.asp>. В левой стороне страницы находится кнопка «Регистрация», которая выделена на рис.П1.1.

Число наименований журналов:	60894
- из них российских журналов:	15157
- из них выходящих в настоящее время:	12998
Число журналов, индексируемых в РИНЦ:	5781
Число журналов с полными текстами:	10598
- из них в открытом доступе:	5436
- из них российских журналов:	5761
- из них российских журналов в открытом доступе:	4947
<hr/>	
Общее число выпусков журналов:	1664626
Общее число книг и статей в сборниках:	3765939
- из них с полными текстами:	852658

Рис.П1.1. Фрагмент главной страницы системы РИНЦ

После нажатия кнопки «Регистрация» открывается страница с полями, в которые пользователь должен занести свои персональные данные. Инструкция по заполнению полей формы может быть вызвана кнопкой «Правила заполнения регистрационной анкеты», которая находится на левой стороне страницы (рис.П1.2).

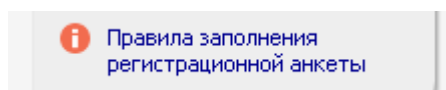


Рис.П1.2. Фрагмент главной страницы системы РИНЦ

Пример заполнения полей формы для магистрантов ВПИ приведен на рис.П1.3. Следует иметь в виду, что поля организации необходимо вводить из списка, который вызывается нажатием кнопок «Выбрать».

Адрес электронной почты должен быть реальным, так как по этому адресу придет письмо со ссылкой для подтверждения правильности данных пользователя и завершения регистрации.

The screenshot shows a registration form with the following fields and values:

- Фамилия: * Ахтубов
- Имя: * Антон
- Отчество: * Анатольевич
- Пол: * мужской
- Дата рождения: * 5 мая 2005
- Организация: * ? Волгоградский государственный технический университет (button: Выбрать)
- Подразделение организации: * ? Кафедра "Автоматика, электроника и вычислительная техника" (button: Выбрать)
- Должность: * ? магистрант
- Город: * ? Волжский
- Страна: * Российская Федерация
- Имя пользователя: * ? axtubov_vpi
- Пароль: * ? *****
- E-mail: * ? axtubov_5@yandex.ru
- Дополнительный E-mail: ?

Рис.П1.3. Пример заполнения полей формы регистрации пользователя

Рекомендуется начинать регистрацию организации с выбора города, что ограничит список организаций локализацией указанного города, как показано на рис.П1.4.

The screenshot shows a search interface for organizations. The "Город:" dropdown menu is highlighted with a red box and shows "Волгоград (73)". Below the search bar is a "Поиск" button. The results section is titled "СПИСОК ОРГАНИЗАЦИЙ" and lists three organizations:

- Агентство инвестиций и развития Волгоградской области
Волгоград
- Администрация Волгоградской области
Волгоград
- Академия бизнеса и управления собственностью
Волгоград

Рис.П1.3. Пример указания города при выборе организации

Подразделение организации (выпускающая кафедра) выбирается из списка, согласно рис.П1.4.

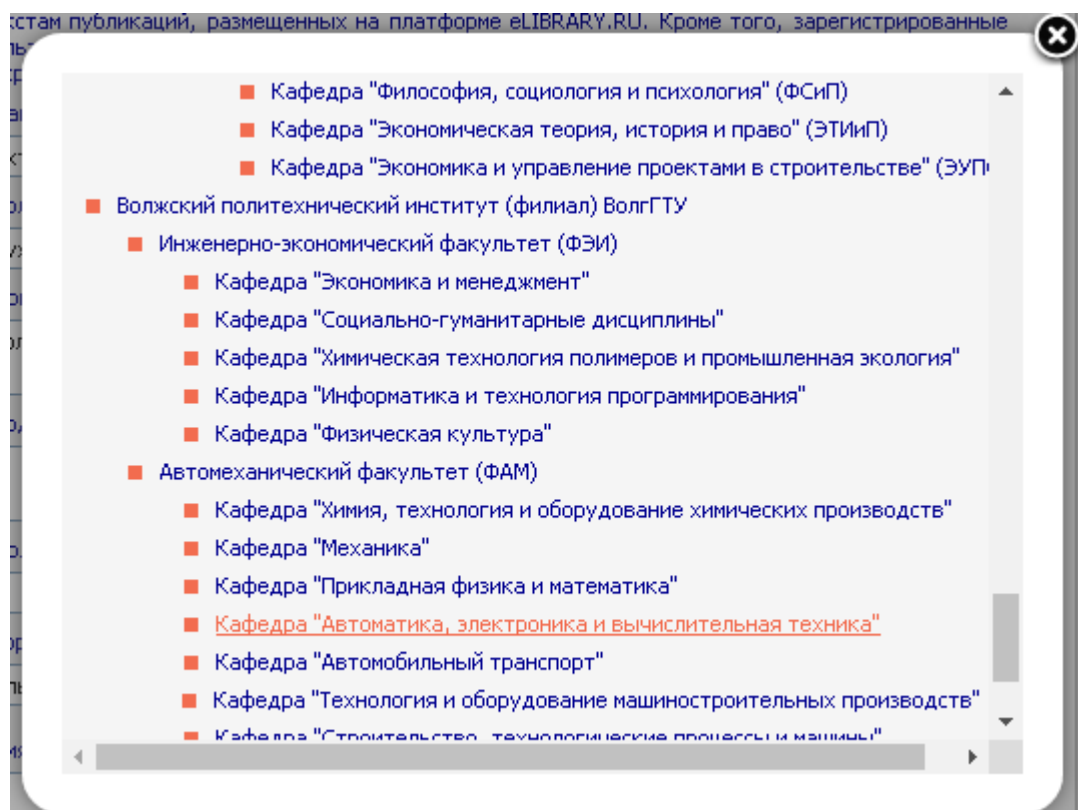


Рис.П1.4. Пример указания подразделения организации

Поля **«Имя пользователя»** и **«Пароль»** необходимо хорошо **запомнить**, так как они необходимы для Ваших последующих обращений к системе в качестве зарегистрированного пользователя.

A screenshot of a registration form. The form has several fields: 'Должность: * ?' with a dropdown menu showing 'магистрант'; 'Город:' and 'Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ'; 'Имя пользователя: * ?' with a text input field containing 'axtubov_vpi' (highlighted with a red box); 'Пароль: * ?' with a text input field; and 'Дополнительный E-mail:' with a text input field. A blue callout box with a white background and a blue border points to the 'Имя пользователя' field, containing the text 'Укажите имя пользователя, под которым Вы будете входить в библиотеку'. There is also a red arrow pointing from the callout box to the 'Имя пользователя' field.

Рис.П1.5. Пример указания имени пользователя

При заполнении регистрационной анкеты необходимо обратить внимание на следующие моменты.

Если Вы работаете или работали раньше в нескольких организациях и указывали эти организации в своих публикациях – заполните поле с дополнительным списком Ваших организаций в конце регистрационной анкеты. Если Вы сменили основное место работы, не забывайте включить предыдущую организацию в этот дополнительный список.

Если при заполнении регистрационной анкеты система обнаруживает, что Вы уже были зарегистрированы ранее, однако Вы не можете вспомнить Ваше имя пользователя и/или пароль, нужно попробовать воспользоваться процедурой восстановления доступа. При этом на адрес электронной почты, указанный Вами при регистрации, будет отправлено письмо с Вашими регистрационными данными. Если этот адрес уже не доступен, для восстановления доступа нужно обращаться в [службу поддержки РИНЦ](#).

Приложение 2. Титульный лист отчета о НИРМ

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

Автомеханический факультет
Кафедра «ВАЭ и ВТ»

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

в ___ семестре 20___ учебного года

на тему: _____

Научный руководитель

_____ Фамилия И.О.
«___» _____ 20___ г.

Исполнитель

магистрант группы _____
_____ Фамилия И.О.
«___» _____ 20___ г.

г. Волжский 20___

Приложение 3. Список журналов для группы 05.13.00

Список журналов, имеющих разделы для группы научных специальностей 05.13.00 – «Информатика, вычислительная техника и управление», входящих в список ВАК для изданий, рекомендованных для публикаций соискателям ученых степеней и званий.

1. Автоматизация в промышленности
2. Автоматизация процессов управления
3. Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности
4. Автоматизация. Современные технологии
5. Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика
6. Информатика и системы управления
7. Информационно- измерительные и управляющие системы
8. Искусственный интеллект и принятие решений
9. Мехатроника, автоматизация, управление
10. Научное приборостроение
11. Нейрокомпьютеры: разработка, применение
12. Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса
13. Приборы
14. Проблемы машиностроения и автоматизации
15. Программные продукты и системы
16. Программная инженерия
17. Проектирование и технология электронных средств
18. Системы управления и информационные технологии
19. Системы. Методы. Технологии
20. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки»
21. Современные наукоемкие технологии
22. Современные технологии. Системный анализ. Моделирование
23. Фундаментальные исследования
24. Цифровая обработка сигналов
25. Электроника и электрооборудование транспорта
26. Электротехнические и информационные комплексы и системы
27. Инженерная физика

28. Математическое моделирование и численные методы
29. Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе
30. Моделирование и анализ информационных систем
31. Морские интеллектуальные технологии
32. Проблемы теории и практики управления
33. Промышленные АСУ и контроллеры
34. Релейная защита и автоматизация
35. Специальная техника
36. Технология машиностроения
37. Физические основы приборостроения
38. Автоматика, связь, информатика
39. Интеллектуальные системы. Теория и приложения
40. Кибернетика и программирование
41. Управление большими системами
42. Электротехнические системы и комплексы
43. Дифференциальные уравнения и процессы управления
44. Инженерный вестник Дона
45. Научный журнал «Моделирование, оптимизация и информационные технологии»
46. Электронные информационные системы
47. Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика
48. Программные системы: теория и приложения
49. Математика и математическое моделирование
50. Робототехника и техническая кибернетика/ Robotics and Technical Cybernetics
51. Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы
52. Вестник кибернетики
53. Техника машиностроения
54. Системы контроля окружающей среды

Список литературы

1. Новиков А. М., Новиков Д. А. Методология научного исследования/ М.: ЛиброКОМ. – 2010. – 280 с.
2. Канке В. А. Методология научного познания: учебник для магистров. — Москва: Омега-Л, 2013. — 255 с.
3. Овчаров О.А. Методология научного исследования: учебное пособие. — Москва: ИНФРА-М, 2014. — 304 с.
4. Мокий М. С, Никифоров А. Л., Мокий В. С. Методология научных исследований. М.: ЮРАЙТ.-2014. – 256 с.
5. Лудченко А. А. Основы научных исследований. К.: Знания. – 2001. – 113 с.
6. Пойлов В. З. Основы научных и инженерных исследований: учебное пособие. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. - 343 с.
7. Гришанов В.Н. Научно-исследовательская работа магистра [Электронный ресурс] : электрон. метод. Указания/. – Электрон. текстовые и граф. данные (0,23 Мб). – Самара: Изд-во СГАУ, 2015
8. Файзрахманов Р.А. Автоматизация научных исследований: учебное пособие / — Пермь: Изд-во ПГТУ, 2011. — 161 с.
9. Раскатов Е. Ю. Основы научных исследований и моделирования металлургических машин. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 468 с.
10. Цаплин А.И. Основы научных исследований в технологии машиностроения: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 228 с.
11. Черныш А.Я. Основы научных исследований: учебник. М.: Изд-во Российской таможенной академии, 2011. – 226 с.
12. Берёзкин Ю. М. Методология научных исследований (деятельностный подход): курс лекций. – Иркутск: Изд-во БГУ, 2016. – 196 с.
13. Медведев, В.А. Конструирование и технология производства электронных устройств: учеб. пособие. В.А. Медведев. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. – 70 с
14. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Элементы математического моделирования в программных средах MATLAB 5 и Scilab. – СПб.: Наука, 2001. – 286 с.
15. Филипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. – 616 с.
16. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.1. Линейные системы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 288 с.
17. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 464 с.
18. Андриевский А.Б. и др. Решение инженерных задач в среде Scilab. Учебное пособие.— СПб.: НИУ ИТМО, 2013. — 97 с.

19. Бухмиров В.В. Теплообмен: ФГБОУВПО – Иваново, 2014. – 360 с.
20. Капля, В. И. и др. Моделирование систем: учеб. пособие. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2010. – 80 с.
21. Тюрин, О. Г. Управление потенциально опасными технологиями Пластик Энтерпрайз
22. Медунецкий В.М., Силаева К.В. Методология научных исследований. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 55 с.
23. Городецкий В.И. и др. Элементы теории испытаний и контроля технических систем 1978 – 191с
24. ГОСТ Р 8.736-2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения
25. ГОСТ Р 50779.21-2004 Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение.
26. Эрастов В.Е. Метрология, стандартизация и сертификация. М.: Форум, 2008. – 208с.
27. Капля, В. И. и др. Техника эксперимента. Основы научных экспериментов: учеб. пособие. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2012. – 118 с.
28. Монахов О.И., Пушкарев С.В. Идентификация объекта управления по выборочным реализациям входного и выходного сигналов: Методические указания. - М.: МИИТ. 2000. - 18 с.
29. Монахов О.И. Идентификация объекта управления по выборочным реализациям.2000.18с.
30. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 816 с.
31. Медунецкий В.М. Основные требования к оформлению заявочных материалов на изобретения. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 55 с.
32. ГОСТ Р 7.0.11-2011 “Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления”.
33. ГОСТ 7.32-2001 “Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления”.
34. Организация и проведение научно-исследовательской работы магистрантов [электронный ресурс]: электрон. метод. указ. / сост. Н.Н. Османкин, Е.З. Глазунова. – Самара: изд-во СГАУ, 2012.
35. Ревко-Линардато, П.С. Методы научных исследований: учеб. пособие – Таганрог: изд-во ТТИ ЮФУ, 2012. – 55 с.

Электронное учебное издание

Виктор Иванович **Капля**

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА МАГИСТРА

Учебно-методическое пособие

Электронное издание сетевого распространения

Редактор Н.И. Матвеева

Темплан 2017 г. Поз. № 41

Подписано к использованию 15.12.2017 г. Формат 60×84 1/16. Гарнитура Times. Усл.
печ. л. 5,0.

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

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