

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Лысьвенский филиал  
федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**Кафедра Общенаучных дисциплин**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ПРИБОРЫ»**

основной профессиональной образовательной программы

подготовки бакалавров по направлению

«13.03.02 Электроэнергетика и электротехника»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
по выполнению курсовой работы**

Лысьва 2021 г.

Разработчик-составитель канд. физ-мат. наук., доцент Н.М. Кулмурзаев

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры  
Общенаучных дисциплин «30» августа 2021 г., протокол № 1.

## Содержание

1. Общие положения .....	4
2. Примерная тематика курсовых работ.....	5
3. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы .....	5
Список рекомендуемой литературы.....	15
Приложение А – Образец титульного листа курсовой работы .....	15

## 1. Общие положения

Курсовая работа – одна из важнейших форм самостоятельной работы студентов, способствующая углубленному изучению курса «Технические измерения и приборы», позволяющая исследовать приобретенные знания, совершенствовать навыки литературного изложения своих мыслей с использованием общенаучной терминологии.

В ходе подготовки и написания курсовой работы студенты приобретают навыки самостоятельного изучения определенной проблемы и умения самостоятельно делать обобщения.

Работа студентов над курсовой работой проходит следующие этапы:

- выбор темы исследования;
- составление библиографии по рассматриваемой проблеме;
- изучение учебной и специальной литературы, нормативных актов, статистических данных, общественно-политической практики;
- составление плана работы;
- написание текста работы и ее оформление с последующим представлением для рецензирования на кафедре.

### Требования к результатам работы

После изучения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты:

Знать:

- современные информационные технологии, сетевые компьютерные технологии, математические пакеты в электротехнике;
- основы электроники, схемы, состав оборудования, режим работы электротехнических и электроэнергетических установок различного назначения.

Уметь:

- применять современные программно-вычислительные комплексы для исследования процессов и режимов работы объектов профессиональной деятельности;
- проектировать схемы, электротехнические и электроэнергетические установки.

Владеть навыками:

- математического моделирования при анализе и расчёте объектов профессиональной деятельности;
- расчёта схем и режимов работы электронных и электротехнических установок

### 1.1 Выбор темы курсовой работы

Студент знакомится с тематикой курсовых работ, содержащейся в данных методических рекомендациях, и выбирает заинтересовавшую его тему. При выборе темы рекомендуется исходить из интереса к той или иной проблеме, уже

накопленного жизненного опыта. Необходимо также учитывать, что узкая, специальная тема потребует глубокого научного исследования проблемы, анализа источников различного вида.

При этом работа над одной темой нескольких обучаемых не допускается.

С разрешения руководства кафедры студент может выбрать тему, которая не значится в указанном перечне.

Сведения об избранной теме подаются на кафедру в установленные сроки.

Если в отведенный период времени обучаемым тема не избрана, она может быть определена преподавателем, ведущим занятие.

## **2. Примерная тематика курсовых работ**

1. Приборы для измерения температуры.
2. Приборы для измерения давления.
3. Принцип работы пирометры излучения.
4. Измерение переменных и постоянных напряжений электронным вольтметром.
5. Изучение принципа действия электронно-лучевого осциллографа.
6. Измерение частоты переменного тока и коэффициента мощности с помощью электронного осциллографа и частотомера.
7. Измерение температуры бесконтактным методом.
8. Методы и средства измерения переменных токов.
9. Принцип работы приборы электродинамической системы.
10. Принцип работы приборы Ферродинамические приборы
11. Автоматические измерительные приборы с дифференциально трансформаторными и ферро-динамическими преобразователями.
12. Принцип работы термоэлектрические преобразователи.
13. Тензорезистивные манометры. Схемы их подключения.
14. Выбор средств измерения температуры на узле учета нефти.
15. Методы и приборы для измерения вязкости веществ.
16. Принцип работы биполярного транзистора.
17. Принцип работы полярного транзистора.
18. Бесконтактные методы и приборы для измерения расхода веществ (электромагнитные, ультразвуковые).
19. Выбор средства измерения давления на входе установки осушки газа.
20. Методы и приборы для измерения физических свойств веществ. Плотномеры.
21. Выбор средства измерения уровня в электродегидраторе на установке подготовки нефти.

22. Пирометры излучения.
23. Выбор средства измерения давления перегретого пара котельного агрегата.
24. Термоэлектрические преобразователи.
25. Выбор средства измерения температуры верха ректификационной колонны.
26. Принцип работы магнитоэлектрические приборы.
27. Преобразователь э.д.с. термопары и сопротивления термометра в ток.
28. Выбор средства измерения давления верха ректификационной колонны.
29. Принцип работы Пьезоэлектрические датчики.
30. Исследование датчиков углового перемещения.
31. Исследование датчиков частоты вращения.
32. Выбор средства измерения давления перед низкотемпературным сепаратором.
33. Одинарный индуктивный датчики.
34. Выбор средства измерения и сигнализации температуры в дренажной емкости.
35. Принцип работы магнитоэлектрические приборы.
36. Индукционные преобразователи.
37. Выбор средства измерения давления в барабане котла.
38. Измерение мощностей и энергии.
39. Выбор средства измерения температуры в низкотемпературном сепараторе.
40. Классификация и принципы построения цифровые измерительные приборы (ЦИП).
41. Цифровые измерительные приборы основных видов и назначений.
42. Выбор средства измерения температуры пара для испарителя.
43. Измерительные мосты постоянного и переменного токов.
44. Цифровые измерительные приборы (ЦИП).
45. Выбор средства измерения и сигнализации температуры в дренажной емкости.
46. Измерения и регистрация изменяющихся во времени электрических величин. Электронно-лучевой осциллограф.
47. Метод измерения индуктивности, добротности, емкости и тангенса угла потерь.

### **3. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы**

#### **3.1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

В настоящее время чрезвычайно расширяется ассортимент измерительных средств общего и специального назначения (датчиков, приборов и измерительных систем), устройство и применение которых осваивается студентами в курсе «Технические измерения и приборы».

При курсовом проектировании *студент должен:*

- развить навыки самостоятельной творческой работы;
- использовать элементы научно-исследовательского подхода при решении инженерных задач.

Выполнение курсового проекта должно способствовать закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых студентами в процессе изучения настоящего курса: знаний принципа действия; устройства основных узлов и приборов в целом; особенности характеристик и прикладные вопросы используемых измерительных устройств; общие соображения по выбору конкретных средств измерения (СИ), имея в виду их особенности, качество, возможность сочетания и обслуживания с другими устройствами для измерений и автоматизации; эксплуатационные характеристики при использовании СИ; правила приемки и поверки СИ. Кроме того, в процессе работы усваиваются навыки применения этих знаний к комплексным разработкам конкретных инженерных проблем, подготавливая тем самым студентов к выполнению дипломного проектирования и к текущей самостоятельной работе на производстве. Все это преследует цель – развитие способностей к самостоятельному инженерному творчеству.

Наряду с этим выполнение курсового проекта должно научить студентов пользоваться всякого рода справочной литературой, каталогами и типовыми проектными разработками отечественных и зарубежных фирм. В ходе курсового проектирования студентам необходимо освоить практику проведения расчетов, применяемых для конкретных СИ, при оценке

погрешностей результатов измерений в реальных условиях эксплуатации, а также научиться технически грамотно составлять пояснительные записки, включая составление спецификации по контрольно-измерительной аппаратуре при разработке принципиальных схем технологического контроля, измерения и автоматизации для рассматриваемого технологического процесса и обоснование выбора конкретных элементов и комплектов измерительной техники для систем контроля и управления.

### 3.2 ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Так как от правильного определения тематики курсовых проектов зависят научность, современность и реальность разрабатываемого проекта, то ее выбору должно уделяться большое внимание. Последнее тем более справедливо, что задание на курсовое проектирование обязательно должно быть индивидуальным и согласованно с интересами, способностями и направлением работы каждого студента без снижения требований.

### 3.3 СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из *графической части* и *пояснительной записки* к ней.

***Графическая часть включает в себя:***

- функциональную схему автоматизации (в части выбора средств измерения) технологического участка на одном листе формата А4;
- принципиальную механическую или электрическую схему выделенного из схемы измерительного устройства на одном листе формата А4;
- установочный чертеж выделенного из схемы измерительного датчика или прибора или монтажный чертеж установки прибора на щите на 1 листе формата А4.

***Требования к оформлению графической части***

Графическая часть должна быть выполнена в соответствии с требованиями стандартов на обозначения основных величин и условное изображение приборов в схемах автоматизации производственных процессов.

***Пояснительная записка содержит:***

- титульный лист (Приложение 1);
- задание на разработку проекта, подписанное руководителем проектирования и студентом, выполняющим проект (Приложение 2);
- *первую часть*, посвященную краткому описанию технологических процессов, их характеристик и параметров, а также особенности эксплуатационных характеристик используемого оборудования для выбранного участка (цеха) производства, подробной



спецификации на измерительные устройства, используемые в схеме управления или контроля с подробным описанием обоснования выбора основных 5-6 измерительных комплектов;

- *вторую часть*, состоящую из расчета метрологических характеристик (мх) измерительного канала информационно-измерительной системы для определения одного из выбранных СИ;
- *третью часть*, - реферат, содержащий описание СИ ( принцип действия, устройство, характеристики, область и особенности применения);
- библиографический список;
- содержание.

### ***Требования к оформлению пояснительной записки***

Пояснительная записка должна быть напечатана и изложена технически грамотно, четко и сжато. Решения, приводимые в ней, должны иметь обоснования путем сравнения имеющихся и возможных вариантов и выбором лучших из них под углом зрения метрологического обеспечения систем контроля, измерения и управления, унификации, простоты, дешевизны, а также удобства эксплуатации, ремонта и обеспечения техники безопасности в работе. Расчеты должны сопровождаться необходимыми схемами, графиками и эскизами. Располагать расчеты в записке следует в той последовательности, в которой они выполнялись. Все расчетные формулы, приведенные в записке, следует вначале написать в буквенном выражении, а затем в том же порядке, в каком даны буквы, в формулы подставить их численные значения и полученные результаты. Входящие в формулы буквенные обозначения, за исключением общепринятых, должны иметь пояснения. Во всех расчетах должна применяться Международная система единиц. Приводимые расчеты должны быть обоснованы ссылкой на соответствующую литературу и источники, список которых помещается в конце пояснительной записки.

## **3.4 УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Первая часть курсового проекта включает в себя:

- ***краткое описание технологического процесса***; при

этом необходимо:

- дать краткое описание места данного технологического процесса в общем процессе выработки продукции;
- по возможности привести стехиометрические уравнения реакций, происходящие в данном аппарате, реакторе, цехе и дать краткое описание технологического

процесса;

- привести технологический регламент работы оборудования данного участка производства;
- дать краткую техническую характеристику каждой единице оборудования, принадлежащей рассматриваемому объекту, аппарату, цеху;
- указать особое условие эксплуатации СИ с указанием температуры, статического давления, специфические характеристики измеряемой среды, агрессивность окружающей среды и ее параметры;

**- выбор параметров, подлежащих контролю и управлению;**

при этом необходимо, помимо перечня параметров, определить погрешности, допускаемые при контроле или измерении того или иного технологического параметра, руководствуясь основными условиями ведения технологического процесса и постановкой измерительной задачи.

**- таблица контролируемых параметров;**

в таблице необходимо указать специфические характеристики измеряемой среды и условия работы СИ, а также средние (номинальные) значения измеряемого параметра и необходимую погрешность измерения параметра в абсолютных или относительных значениях.

Форма таблицы представлена табл. 1. В таблицу заносятся все параметры, подлежащие контролю или измерению. Условия работы СИ и места их установки уточняются во время ознакомительной практики, либо используются литературные данные;

Таблица 1

Контролируемые параметры технологического процесса

Измеряемый параметр		особенности измеряемого параметра, характеристика измеряемой среды	характеристика окружающей среды	требования к погрешности	примечание
наименование	пределы измерения				
1	2	3	4	5	6

**- обоснование выбора измерительных комплектов;**

подробное обоснование выбора измерительного комплекта должно производиться в соответствии с:

- постановкой измерительной задачи, при этом указывается, какой технологический параметр, где и в каких эксплуатационных условиях, при каких дополнительных требованиях должен быть измерен с заданными метрологическими характеристиками, удовлетворяющими требованиями технологического контроля производственного процесса;
- перечислением возможных вариантов принципиального решения измерительной задачи, при этом необходимо перечислить все измерительные устройства, которые могут решать поставленную задачу с точки зрения принципа действия;
- выбором вариантов измерительных комплектов, реализующих метрологические требования: здесь проводится расчет основных метрологических характеристик измерительных комплектов для измерения данного информативного параметра в соответствии с имеющимися метрологическими характеристиками датчиков и приборов и правилами их нормирования и суммирования;
- выбором окончательного варианта измерительного комплекта, \_ при выборе окончательного варианта измерительной аппаратуры, если сравнение по метрологическим характеристикам равнозначно, должно отдаваться предпочтение:

а) современным средствам измерения;

б) комплектам ГСП, унифицированным по принципу действия с остальной аппаратурой, используемой на производстве;

в) наиболее простым, надежным и дешевым средствами измерения из сравниваемых вариантов;

**- заполнение спецификации на контрольно-измерительные приборы;** порядок заполнения спецификации желателен следующий:

- 1) температура;
- 2) давление;
- 3) расход;
- 4) уровень;
- 5) физико-химические свойства;
- б) специальные приборы.

После заполнения спецификации на функциональную схему автоматизации проставляются номера измерительных комплектов согласно номерам позиций спецификации.

Форма спецификации должна соответствовать табл. 2.

Таблица 2

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка	Завод-изготовитель	Количество

### 3.5 Подготовка к защите курсовой работы и ее защита.

В случае признания курсовой работы неудовлетворительной надо написать новую курсовую работу по данной теме с учетом всех замечаний преподавателя. При выполнении работы повторно следует приложить рецензию на первую работу.

В отзыве указываются как положительные стороны работы, так и ее недостатки, содержатся рекомендации для подготовки к защите.

Получив рецензию, студент должен:

- на вопросы, которые были освещены неправильно, - сформулировать правильные ответы;
- на неосвещенные вопросы дать ответы;
- исправить недостатки научно-технического аппарата (правильно составить список использованной литературы, оформить сноски и т.п.).

Защита работы проводится в срок, определяемый кафедрой. Как правило, ее принимает преподаватель.

Студент на защите должен быть готов:

- кратко изложить основное содержание работы, аргументировано обосновать свои выводы;
- дать пояснения по существу критических замечаний по работе;
- ответить на дополнительные и уточняющие содержание работы вопросы преподавателя и других присутствующих на защите лиц.

По результатам защиты выставляется дифференцированная оценка – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно». Оценка зависит от качества курсовой работы – полноты и правильности освещения вопросов темы, степени использования литературных источников, обобщения практики, соблюдения требований к научно-техническому аппарату, а также от активности самого студента на защите.

Студент, не защитивший курсовую работу в установленный срок, не допускается к сдаче экзамена.

### **Основные этапы работы студента над курсовой работой**

Этап	Содержание	Сроки
1.	Ознакомление с примерным списком тем и научным руководителем	Первое практическое занятие в семестре, в котором предусмотрено написание курсовой работы
2.	Выбор темы, подбор литературы и согласование с научным руководителем	В течение 3-х недель с начала занятий в семестре
3.	Работа над текстом курсовой работой	4-6 недель.
4.	Оформление курсовой работы и передача готовой курсовой работы научному руководителю для проверки	Не позднее 6-ти недель до начала сессии.
5.	Проверка курсовой работы	1-2 недели после сдачи работы научному руководителю
6.	Возврат проверенной курсовой работы студенту. Доработка курсовой работы в случае необходимости и подготовка к защите курсовой работы.	1-2 недели после сдачи работы научному руководителю
7.	Защита курсовой работы	Не позднее 4-х недель до начала сессии

**Описание критериев и показателей оценивания компетенций и описание шкал оценивания при использовании различных видов оценочных средств для курсовой работы**

<b>№ п/п</b>	<b>Оценка</b>	<b>Шкала</b>
1	Отлично	Работа носит самостоятельный характер, содержит реальные выводы и предложения, вытекающие из проделанного анализа, соответствует требованиям настоящих Методических указаний, а ее автор продемонстрировал в ходе защиты работы свободное владение материалом, дал аргументированные, полные и четкие ответы на вопросы научного руководителя.
2	Хорошо	Работа соответствует требованиям настоящих Методических указаний, содержит выводы и предложения, вытекающие из проделанного анализа, а ее автор продемонстрировал владение материалом работы, ответил на вопросы научного руководителя, но имеет отдельные мелкие недочеты по тем или иным аспектам.
3	Удовлетворительно	Работа в целом соответствует установленным требованиям, содержит общие выводы и предложения, однако ее автор продемонстрировал в процессе защиты слабое владение материалом работы, затруднялся в ответах на вопросы.
4	Неудовлетворительно	Представленная работа в основном соответствует требованиям, но студент не владеет материалом, не ориентируется в теме, не может ответить на вопросы.

## Список рекомендуемой литературы

### Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Тартаковский, Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учеб. для вузов / Д.Ф. Тартаковский. - М. : Высшая школа, 2002. - 205 с. : ил.	12
2	Никифоров, А.Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения : учеб. пособие для вузов / А.Д. Никифоров. - М. : Высшая школа, 2000. - 510 с.	92
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Эрастов, В.Е. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. пособие / В.Е. Эрастов. - М. : ФОРУМ, 2008. - 208 с.	6
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Электрооборудование: эксплуатация и ремонт / Учредитель ООО «ИЕДЕПЕНДЕНТ МАСС МЕДИА» - Архив номеров 2018-2019 г.	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используются	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используются	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используются	

### Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность ЭБС (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
<i>Основная</i>	Друзьякин, И. Г. Технические измерения и приборы : учебное пособие / И. Г. Друзьякин, А. Н. Лыков. — Пермь : ПНИПУ, 2008. — 412 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/160380">https://e.lanbook.com/book/160380</a>	<i>сеть Интернет/ авторизованный</i>

<i>основная</i>	Смирнов, Ю. А. Контроль и метрологическое обеспечение средств и систем автоматизации. Технические измерения и приборы : учебное пособие / Ю. А. Смирнов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 252 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/131021">https://e.lanbook.com/book/131021</a>	<i>сеть Интернет/ авторизованный</i>
<i>основная</i>	Ким, К. К. Средства электрических измерений и их поверка : учебное пособие для вузов / К. К. Ким, Г. Н. Анисимов, А. И. Чураков. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 316 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/163397">https://e.lanbook.com/book/163397</a>	<i>сеть Интернет/ авторизованный</i>
<i>дополнительная</i>	Анискевич, Ю. В. Приборы и методы измерения теплотехнических величин : учебное пособие / Ю. В. Анискевич. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2012. — 117 с.		<i>сеть Интернет/ авторизованный</i>
<i>дополнительная</i>	Третьяк, Л. Н. Основы теории и практики обработки экспериментальных данных : учебное пособие / Л. Н. Третьяк, А. Л. Воробьев. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 216 с.		<i>сеть Интернет/ авторизованный</i>
<i>дополнительная</i>	Шинкоренко, Е. В. Технические измерения и приборы. Часть I : учебное пособие / Е. В. Шинкоренко. — Новосибирск : Новосибирский		<i>сеть Интернет/ авторизованный</i>



	государственный технический университет, 2009. — 68 с.		
<i>Периодические издания</i>	Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления [Текст]: научный рецензируемый журнал. Архив номеров 2010-2020 гг.	<a href="http://vestnik.pstu.ru/elinf/about/inf/">http://vestnik.pstu.ru/elinf/about/inf/</a>	<i>сеть Интернет/ авторизованный</i>
<i>Методические указания для студентов по освоению дисциплины</i>	Технические измерения и приборы : методические указания / составители И. В. Елисеев [и др.]. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2018. — 48 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/108132">https://e.lanbook.com/book/108132</a>	<i>сеть Интернет/ авторизованный</i>
<i>Методические указания для студентов по освоению дисциплины</i>	Метрология и электрические измерения : учебное пособие / А. Л. Каштанов, А. А. Комяков, А. А. Кузнецов [и др.]. — Омск : ОмГУПС, [б. г.]. — Часть 1 : Виды измерений. Обработка результатов наблюдений — 2014. — 68 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/129169">https://e.lanbook.com/book/129169</a>	<i>сеть Интернет/ авторизованный</i>
<i>Методические указания для студентов по освоению дисциплины</i>	Метрология и электрические измерения : учебное пособие / А. Л. Каштанов, А. А. Комяков, А. А. Кузнецов [и др.]. — Омск : ОмГУПС, [б. г.]. — Часть 2 : Методы и средства электрических измерений — 2014. — 86 с.		<i>сеть Интернет/ авторизованный</i>
<i>Методические указания для студентов по освоению дисциплины</i>			<i>локальная сеть/свободный</i>
<i>Методические указания для студентов по освоению дисциплины</i>			<i>локальная сеть/свободный</i>

<i>освоению дисциплины</i>			
<i>Учебно- методическое обеспечение самостоятельной работы студента</i>			<i>локальная сеть/свободный</i>

## Приложение А – Образец титульного листа курсовой работы

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Лысьвенский филиал  
федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Направление:

### КУРСОВАЯ РАБОТА

По дисциплине «\_\_\_\_\_»-»

На тему: « \_\_\_\_\_ »

Выполнил:

студент группы \_\_\_\_\_

И.О.Фамилия \_\_\_\_\_

*(Подпись)*

Руководитель:

\_\_\_\_\_

*(Подпись)*

Курсовая работа допущена к защите «\_\_\_»\_\_\_\_\_20\_\_ г. \_\_\_\_\_

Курсовая работа защищена \_\_\_\_\_ «\_\_\_»\_\_\_\_\_20\_\_ г. \_\_\_\_\_

Лысьва 20\_\_ г.

## Образец выполнения курсовой работы

## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПЕРВОЙ ОБЩЕЙ ЧАСТИ

## КУРСОВОГО ПРОЕКТА

*Описание технологического процесса на примере процесс  
сульфатной варки*

Варка сульфатной целлюлозы осуществляется периодическим способом в вертикальных стационарных котлах клепаной или сварной конструкции, стальной корпус которых изнутри защищен кислотоупорной футеровкой.

Котел загружают щепой из бункера, заливают варочным раствором и герметически закрывают. Затем содержимое котла нагревают паром до температуры 105-110°C (заварка) и выдерживают при этой температуре для завершения пропитки щепы кислотой. Далее нагрев продолжают до конечной температуры варки – до 128-155°C. Различают прямой и непрямой нагрев варочного котла. При прямом нагреве пар поступает непосредственно в котел и там конденсируется, при непрямом нагреве пар поступает в установленный рядом с котлом поверхностный подогреватель, через который непрерывно прогоняется циркуляционным насосом варочная жидкость. В последнем случае конденсат пара не смешивается с раствором. Рабочее давление в котле может составлять от 0,6 до 1 МПа.

В зависимости от условий продолжительность варки колеблется в широких пределах – примерно от 5 до 12 ч. В процессе варки из котла периодически производят сдувки, т.е. удаляют из верхней части котла водяной пар и сернистый газ в систему регенерации, где они смешиваются с сырой щелочью, образуя варочные щелока.

Ход варки контролируется варщиком по показанию приборов и по результатам анализа варочной жидкости. В конце варки иногда отбирают из котла пробы сваренной массы. Отработанная варочная жидкость носит название черного сульфатного щелока.

По окончании варки котел опоражнивают в сцезу или приемный резервуар способом выдувки или вымывки. При выдувке давление в котле снижают до 0,15-0,25 МПа, открывают шабер на выдувном трубопроводе и целлюлозная масса остаточным давлением выдувается вместе со щелоком в выдувной резервуар. Продолжительность выдувки 10-20 минут. При вымывке давление в котле снижают до 0,25-0,35 МПа и предварительно отбирают из котла сульфатный щелок, направляемый на регенерацию, то есть

восстановление. В котел, заполняя его до верху, подают воду или слабый оборотный щелок и еще некоторое время продолжают отбор крепкого щелока под гидравлическим давлением, затем выпускают массу с оставшимся слабым щелоком из котла в вымывной резервуар. Продолжительность всех операций при вымывке составляет 1,5-2 ч.

### ***Выбор и анализ параметров, подлежащих контролю и управлению***

Функциональная схема контроля, измерения и автоматизации процесса варки сульфатной целлюлозы приведена на рис. 1.

В процессе варки целлюлозы в котле наиболее важной величиной является **температура варочной жидкости**, так как она непосредственно влияет на пропитку древесины щелоком, время варки, выход и качество целлюлозы. Чрезмерная температура снижает потенциальный выход котла за счет физического и химического разрушения целлюлозы и ее частичного разложения на растворимые продукты, которые в дальнейшем удаляются из массы в процессе промывки. В это же время для обеспечения приемлемого качества целлюлозы температура в варочном котле должна быть достаточно высокой. Измерение температуры должно производиться с минимальной погрешностью дистанционно.

**Давление газа**, выделяющегося из щелока в процессе варки, непосредственно связано с крепостью щелока и скоростью проникновения последнего в щепу. Это давление должно быть достаточно высоким, чтобы обеспечить максимальную производительность котла, а для равномерной пропитки и получения продукции с минимальным содержанием серы

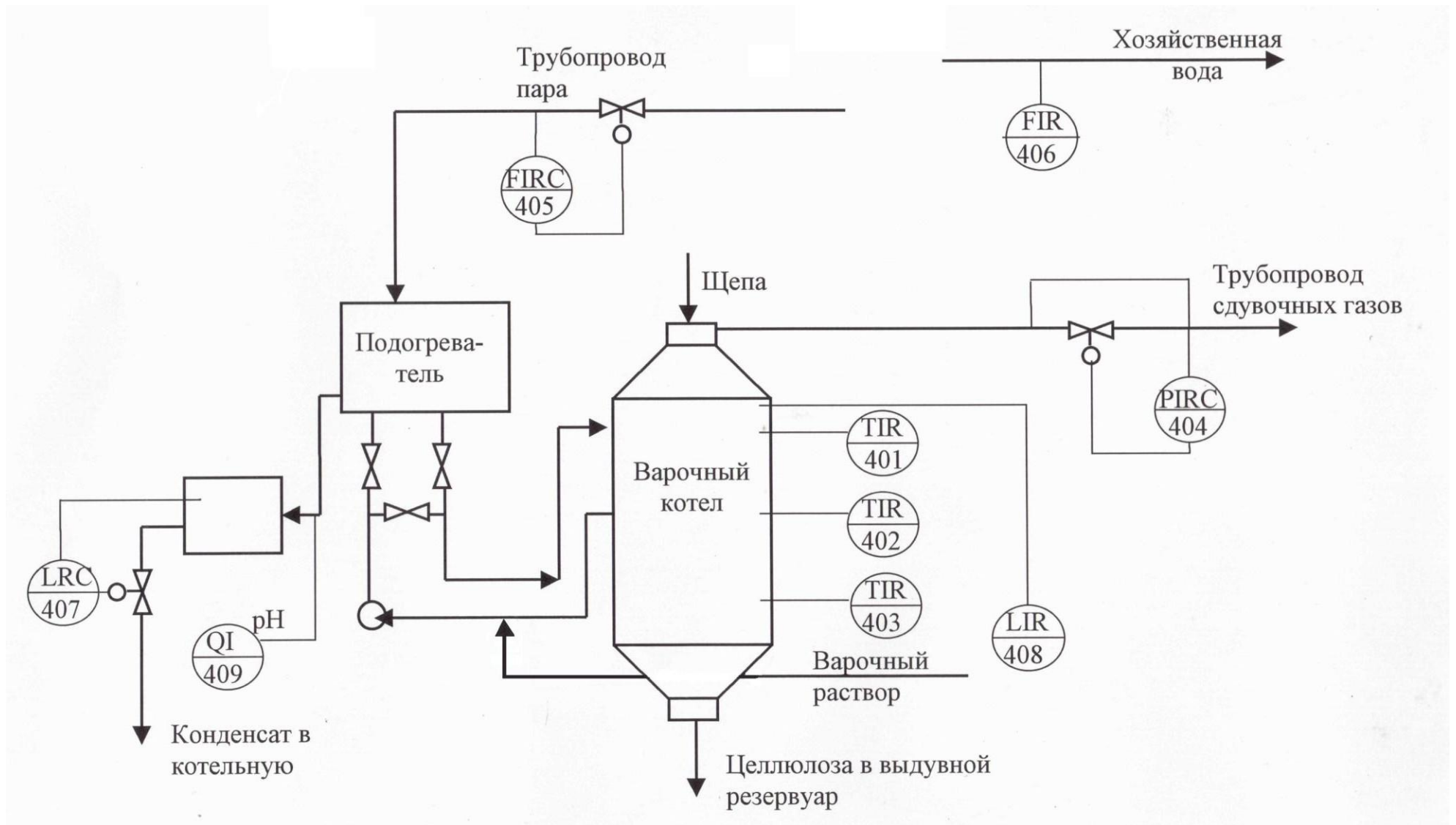


Рис. 1 Функциональная схема автоматизации процесса варки сульфатной целлюлозы

указанное давление необходимо стабилизировать с помощью системы автоматического управления. Управление предельным давлением сдувок имеет важное значение на протяжении всего варочного процесса, но особенно его значение возрастает во время заключительного периода сдувок газа в конце варки.

Необходимо осуществлять контроль **уровня щелока** в котле, он должен быть достаточным, чтобы накрывать щепу в начале варки, в то же время над щелоком должно оставаться некоторое пространство в верхней части варочного котла, позволяющее обеспечить максимальное извлечение газа и предотвратить «сырую» варку. Уровень в котле должен измеряться уровнемером с дистанционным представлением результатов измерений.

В подогревателе на линии конденсата пара необходимо контролировать **уровень конденсата и возможность попадания в конденсат варочной жидкости** в случае течи трубок. Для этого следует предусмотреть установку рН-метра с сигнальным устройством. Кроме того, важными контролируемыми параметрами являются температура, давление и расход пара, требуемого для нагревания содержимого варочного котла, а также температура, давление и расход хозяйственной воды.

#### ***Таблица контролируемых параметров***

Все описанные в п. 5.2. контролируемые параметры заносятся в таблицу, указываются специфические характеристики измеряемой среды, номинальные значения измеряемого параметра и необходимую погрешность измерения.

#### ***Обоснование выбора измерительных комплексов***

Рассмотрим пример обоснования выбора измерительных комплексов при измерении температуры в варочном котле.

Таблица 3

## Контролируемые параметры процесса варки сульфатной целлюлозы

Измеряемый параметр		Место измерения параметра	Характеристика среды	Абсолютная погрешность	Примечание
наименование параметра	пределы измерения				
Температура варочной жидкости	0-200 °С	3 зоны варочного котла	Среда агрессивная, загазованная, T=200 °С	$\Delta \leq \pm 1^{\circ}\text{C}$	$\delta = \frac{1 * 100}{200} \pm 0,5\%$
Уровень варочной жидкости	13-18 мм	Варочный котел	Среда агрессивная, загазованная, T=200 °С	$\Delta = \pm 0,20\text{м}$	$\delta = \frac{0,2 * 100}{200} \pm 1\%$
Давление сдувочных газов	0-1 МПа	Трубопровод сдувочных газов	Среда агрессивная, загазованная, T=200 °С	$\Delta = \pm 0,05$ МПа $\pm 0,01\text{МПа}$ $\pm 0,02\text{МПа}$	$\delta = \frac{0,05 * 100}{1} \pm 5\%$
Уровень конденсата	0-5 м	Подогреватель	Среда неагрессивная p=0,5 МПа T=200 °С	$\Delta = \pm 0,05\text{м}$	$\delta = \frac{0,05 * 100}{5} \pm 1\%$
pH	0-7 pH	Паропроводник подачи пара в подогреватель	-----	$\Delta = \pm 0,05\text{pH}$	$\delta = \frac{0,05 * 100}{7} \pm 0,9\%$
Температура пара	180 °С	---	---	$\Delta = \pm 1^{\circ}\text{C}$	$\delta = \frac{1 * 100}{180} \pm 0,5\%$
Давление пара	10 кг/см <sup>2</sup>	---	P=1 МПа	$\Delta = \pm 1$ кг/см <sup>2</sup>	$\delta = \frac{0,1 * 100}{10} \pm 1\%$
Расход пара	0-200 м <sup>3</sup> /ч	---	Среда неагрессивная p=0,5 МПа T=200 °С	$\Delta = \pm 1\text{м}^3/\text{ч}$	$\delta = \frac{10 * 100}{200} \pm 0,5\%$
Температура воды	40 °С	Трубопровод хозяйственной воды	P=5 кг/см <sup>2</sup>	$\Delta = \pm 1^{\circ}\text{C}$	$\delta = \frac{1 * 100}{40} \pm 2,5\%$

1. Сформулируем измерительную задачу: требуется измерить температуру от 80 до 200°С в варочном котле при значительном давлении P=1,0 МПа. Требование к погрешности измерения температуры самые жесткие, т.е.

следует выбирать наиболее точные и быстродействующие средства измерения. Измеряемую величину следует определять с помощью показывающего прибора, регистрировать дистанционно и предусмотреть унифицированный выходной сигнал для использования в системе управления.

2. Перечислим средства измерения, которые могут определять указанную температуру дистанционно (по принципу действия) и контактно (иначе говоря, с наибольшей



чувствительностью).

К ним относятся:

- манометрические термометры (дистанция до 60 м);
- термометры электрического сопротивления (ТЭС) (проводниковые и полупроводниковые с измерительными унифицирующими преобразователями (для унификации измерительного сигнала) и приборами (для регистрации);
- термоэлектрические термометры с измерительными унифицирующими преобразователями (для унификации измерительного сигнала) и приборами (для регистрации).

Манометрический термометр характеризуется по точности приведенной погрешностью  $\gamma = \pm(1,5-2,5)\%$ , что не соответствует заданным требованиям, не говоря о динамических характеристиках.

Термоэлектрические термометры стандартные из благородных материалов имеют, как правило, погрешность невоспроизводимости  $\Delta = \pm 0,01 \text{ мВ}$ , а при температуре, равной  $200^\circ\text{C}$ , развивают ЭДС равную  $E = 1,436 \text{ мВ}$ . Тогда относительная погрешность измерения составит:

$$\delta = \pm \frac{\Delta \cdot 100}{X} = \pm \frac{\Delta \cdot 100}{E} = \pm \frac{0,01 \cdot 100}{1,436} = \pm 0,7 \%$$

или по абсолютной величине температуры:

$$\Delta = \pm \frac{\delta \cdot T}{100} = \pm \frac{0,7 \cdot 200}{100} = \pm 1,4^\circ\text{C},$$

что не соответствует заданным требованиям к измерениям температуры.

Стандартные термоэлектрические термометры из неблагородных металлов оцениваются погрешностью невоспроизводимости около

$\Delta = \pm 0,2 \text{ мВ}$ . Тогда относительная погрешность измерения заданной температуры для наиболее чувствительной термопары типа К (никель-хром/никель-алюминий) при

Составит  $E_{(200^\circ\text{C})} = 14,66 \text{ мВ}$

а абсолютная погрешность равна:

$$\Delta = \frac{\delta \cdot T}{100} \pm \frac{1,36 \cdot 200}{100} = \pm 2,73^\circ\text{C}.$$

Сделаем вывод о непригодности термоэлектрических термометров для решения поставленной задачи, т.е. для измерения низких температур с малыми погрешностями.

ТЭС из платины (как наиболее стабильные и точные) выпускаются с допуском отклонением номинального значения сопротивления

$\Delta R \cdot 100 / R_0 = \pm 0,06\%$  (группа А) и поэтому являются датчиками температуры с

наименьшей погрешностью в диапазоне измеряемых температур от  $-260$  до  $+1100^\circ\text{C}$ .

Выбор номинального значения сопротивления термопреобразователей при  $0^\circ\text{C}$ , т.е.  $R_0$  в пределах от 1 до 2000 Ом должен учитывать то обстоятельство, что чем больше  $R_0$ , тем больше абсолютная чувствительность ТЭС, которая в первом приближении:

$$S_{abc} = R_0 \cdot \alpha,$$

где  $\alpha$ - температурный коэффициент электрического сопротивления материала ТЭС, в данном случае платины.

Предпочтительные значения  $R_0$  следует выбирать: 100, 200, 500 или 1000 Ом с учетом незначительной массы провода при разумном его диаметре для исключения большой инерционности и обрывов провода соответственно.

Тогда выберем  $R_0=500$  Ом. Погрешности измерения ТЭС можно определить из следующих соображений, выбрав соответствующую марку платинного датчика, а именно, ТСПУ 015, который используется для измерения температур в диапазоне  $0-200^\circ\text{C}$ . Он имеет следующие метрологические характеристики: основная приведенная погрешность

$\gamma_0 = \pm 0,5\%$ , дополнительная погрешность от изменения напряжения питания

$\gamma_0 = \pm 0,1\%$ ; в диапазоне изменения температуры окружающей среды  $T_{\text{ср}}=(-50\div+70)^\circ\text{C}$

дополнительная температурная погрешность составляет

$$\Delta\gamma_T = \frac{\pm 0,2\%}{\pm 10^\circ\text{C}};$$

дополнительная погрешность от изменения сопротивления нагрузки  $\gamma_{R_{\text{наг}}} = \pm 0,1\%$ ; инерционность – 15с; допусковое давление среды

$P_{cp} \leq 16$  МПа (что соответствует требованиям измерительной задачи) Тогда

основная абсолютная погрешность составит:

$$\Delta_0 = \frac{\gamma_0 \cdot T_{max}}{100\%} = \frac{\pm 0,5\% \cdot 200^0 C}{100\%} = \pm 1^0 C$$

Дополнительная погрешность при изменении температуры внешней среды от  $T_n = (20 \pm 5)^0 C$  до  $T_{cp} = 40^0 C$  (температуры окружающей среды) составит:

$$\gamma_{T_{доп}} = \gamma_T \cdot (T_{cp} - T_{nmax}) = \gamma_T \cdot (40 - 25)^0 C = \pm \frac{0,2\%}{10^0 C} \cdot 15^0 C = \pm 0,3\%$$

Суммарная дополнительная погрешность ТЭС с учетом всех внешних влияющих факторов будет равна:

$$\gamma_{допТЭС} = \left( \sum_{i=1}^3 \gamma_i^2 \right)^{1/2} = (\gamma_n^2 + \gamma_{T_{доп}}^2 + \gamma_{R_{ннн}}^2)^{1/2} = \pm (0,1^2 + 0,3^2 + 0,1^2)^{1/2} \cong \pm 0,3\%$$

абсолютной форме:

$$\Delta_{допТЭС} = \frac{\gamma_{допТЭС} \cdot T_{max}}{100\%} = \pm \frac{0,3 \cdot 200}{100} = \pm 0,6^0 C$$

Тогда полная погрешность ТСА  $\Delta_p$  в реальных условиях эксплуатации составит:

$$\Delta_p = \Delta_0 + \Delta_{допТЭС} = \pm (1 + 0,6)^0 C = \pm 1,6^0 C.$$

Для работы в комплексе с ТЭС используются (если необходимо устанавливать показывающие и (или) регистрирующие приборы):

-логометры магнитоэлектрической системы;

-неуравновешанные мосты постоянного и переменного тока с указателями неравновесия в виде логометров, милливольтметров или миллиамперметров (обычно магнитоэлектрической системы с выпрямителями, если используется мост переменного тока);

-пирометрические магнитоэлектрические узкопрофильные милливольтметры со встроенными предварительными преобразователями мостового типа, например, из серии АСК типов МВУ6 (последние со встроенными сигнализаторами, позиционными регуляторами и выходными преобразователями);

-миллиамперметры магнитоэлектрической системы в комплекте с блоками унифицированных стандартных преобразователей, имеющих выходной стандартный сигнал постоянного тока 4-20мА;

-автоматические электронные уравновешенные мосты постоянного тока, например, приборы типа КМС (самопишущие) и КПМ (показывающие).

Алгебраическая сумма абсолютных погрешностей датчика и моста дает максимально возможную абсолютную погрешность выбранного комплекта.

Геометрическая сумма абсолютных погрешностей как независимых случайных величин дает значение абсолютной погрешности выбранного комплекта для определения температуры:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{\delta}^2 + \Delta_M^2} = \sqrt{1,6^2 + 0,5^2} = \sqrt{2,56 + 0,25} = \pm \sqrt{0,25} = \pm 0,5^{\circ}C$$

Таким образом, из возможных вариантов следует остановиться на измерительном комплекте платинового ТЭС, класса точности А и КСМ-4 класса точности 0,25 со временем установления показаний 20 с и со встроенными преобразователями унифицированных сигналов с  $I_{\text{вых}}=4-20\text{мА}$  для использования в системе управления.

При выборе конкретных типов КСМ-4 и ТЭС следует учитывать условия работы в варочном цехе при изменении температуры варочного щелока (агрессивного вещества) в трубопроводе с учетом рабочего статистического давления  $P=1\text{МПа}$ .

Правила установки датчика температуры должны соответствовать следующим основным положениям, вытекающим из анализа погрешностей измерения температур датчиками через потери тепла:

- датчики температур следует погружать как можно глубже в измеряемую среду;
- датчик устанавливают в месте наибольшей скорости движения среды и против направления ее движения;
- трубопровод или объект исследования в месте установки датчика тщательно теплоизолирован, защищая головку датчика от воздействия температуры окружающей среды.

После выбора средств измерений их заносят в спецификацию как показано в примере табл. 4.

Таблица 4

## Спецификация на СИ для варочного котла

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка	Завод – изготовитель	Количество
	Приборы и средства автоматизации			
TIR-401	Контроль температуры в верхней зоне варочного котла	ТСПУ 015	СКБ Термоприбор, Москва	1
	Температура 80-155°C			
РС-404	Регулирование давления сдувок в трубопроводе сдувочных газов. Давление 1 МПа			
РЕ-404-1	Отбор импульсов давления с разделительным устройством			1
РЕ-404-2	Измерительный преобразователь разности давлений. Выход 4...20мА. Приведенная погрешность $\gamma=\pm 0,5\%$	Метран 100Д	Теплоприбор, г. Челябинск	1
ФС-405	Регулирование расхода пара в трубопроводе. Расход 200 м <sup>3</sup> /ч			
FE-405-1	Сужающее устройство.	ДК-10-200	Теплоприбор, г. Челябинск	1
FT-405-2	Измерительный преобразователь разности давлений. Выход 4...20мА. Приведенная погрешность $\gamma=\pm 0,5\%$	Метран 100 ДД		1

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка	Завод – изготовитель	Количество
FIR-406	Контроль расхода хоз. воды F=180-200 м <sup>3</sup> /ч			
FIR-406-1	Сужающее устройство	ДК-10-200		1
FT-406-2	Измерит. преобразователь разности давлений. Выход 4...20мА. Привед. погрешность $\gamma=\pm 0,5\%$	Метран 100 ДД	Теплоприбор, г. Челябинск	1
LRC-407	Регулирование уровня конденсата в подогревателе. Уровень 5м.			
LE-407-1	Отбор импульсов давления: разделительное устройство	Метран 100 ДД	Теплоприбор, г. Челябинск	1
LT-407-2	Измерит. преобразователь разности давлений. Выход 4...20мА. Привед. погрешность $\gamma=\pm 0,5\%$	Метран 100 ДД	Теплоприбор, г. Челябинск	1
LIR-408	Контроль уровня варочной жидкости в варочном котле. Уровень 13-18м			
LE-408-1	Отбор импульсов давления: разделительное устройство	Метран 100 ДД	Теплоприбор, г. Челябинск	1
LT-408-2	Измерит. преобразователь разности давлений. Выход 4...20мА. Привед. погрешность $\gamma=\pm 0,5\%$	Метран 100 ДД	Теплоприбор, г. Челябинск	1
QIR-409	Контроль pH конденсата в подогревателе. pH=7			
QE-409-1	Стеклянный электрод; хлорсеребряный электрод	«Атлант» Мод. 2101	ООО «Артеко», Москва	1

## ПРИМЕР ОРИЕНТИРОВОЧНОГО РАСЧЕТА МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА

### ПО МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЕГО ЭЛЕМЕНТОВ

Ориентировочный расчет метрологических характеристик измерительного канала необходимый для основания выбора средств измерения, составляющих измерительный канал при их проектировании.

Так как при проектировании неизвестны условия эксплуатации, а также подробные характеристики средств измерения (СИ), то ориентировочный расчет метрологических характеристик (МХ) измерительного канала (ИК) ведется с рядом допущений:

1. СИ, входящие в состав ИК, являются линейными либо линеаризуемыми средствами автоматизации, так как, как правило, при контроле и управлении технологических параметров измерения осуществляется в незначительном диапазоне изменения физической величины, т.е. это допущение реализуется.

2. Погрешности СИ и результирующие погрешности каналов ИК представляют величины второго порядка малости по сравнению с параметрами соответствующих номинальных статических характеристик преобразования средств измерения в ИК.

3. Отклонения значений метрологических характеристик ИК, вызванные изменением погрешности под действием изменения внешних влияющих величин (ВВВ) в статических и динамических режимах малы по сравнению с самими номинальными значениями характеристик СИ.

4. Погрешности СИ ИК независимы друг от друга, т.е. коэффициенты их корреляции можно считать близкие к значениям, характеризующим независимые величины ( $\rho=0\div 0,7$ ).

5. Оценки пределов допускаемых погрешностей назначают по ГОСТ 8.401-80 для всех СИ ИК. Сопротивление отдельных элементов канала согласованы между собой. Взаимное влияние между ИК не учитывается.

Поскольку сделанные допущения не всегда справедливы, то конкретные значения погрешности ИК в реальных условиях эксплуатации определяются практикой, а именно в период опытно-промышленной эксплуатации каналов после их монтажа и отладки, проводится поверка или калибровка ИК.

Структура измерительного канала представлена на рис. 2.





Д – датчик  
 УП – унифицирующий преобразователь  
 ДЛС – дистанционная линия связи  
 МП – масштабирующий преобразователь  
 АЦП – аналого-цифровой преобразователь  
 ПР – процессор  
 Д – дисплей

Рис. 2. Структура измерительного канала

Для примера расчета МХ ИК рассмотрим канал измерения температуры в варочном котле, конкретная структура которого приведена на рис. 3.

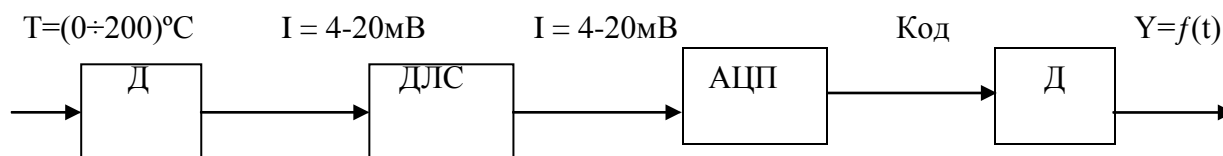


Рис. 3. Структурная схема канала измерения температуры в варочном

### Исходные данные

1. ДТ – ТЭС тип ТСПУ 014. Предел измерения температуры (0-200)°С. Погрешности датчика: основная –  $\gamma_u = \pm 0,5\%$  /R0=500 Ом/; дополнительные: по напряжению  $\gamma_u = \pm 0,1\%$ ; по температуре для интервала температур  $T_{окр.ср} = (-50 \div +70)^\circ\text{C}$   $\gamma_T = \pm 0,2\% / \pm 10^\circ\text{C}$ ; по изменению нагрузки следующего преобразователя  $\gamma_{R \text{ нагр}} = \pm 0,1\%$ .

2. ДЛС – витая пара. Погрешность для условий варочного цеха по экспериментальным данным составляет  $\gamma_p = \pm 0,5\%$ .

3. АЦП – аналого-цифровой преобразователь с линейно-изменяющимся напряжением. Погрешность основная относительная 02/01. Дополнительная погрешность из-за изменения температуры  $T_{окр.ср} = (15 \div 40)^\circ\text{C}$  составит

$$\Delta\gamma_T = \frac{\pm 0,1\%}{\pm 10^\circ\text{C}}, \text{ дополнительная погрешность от изменения напряжения питания}$$

$\Delta\gamma_u = \pm 0,1\%$ .

4. Контроллер типа Simatik S7-300 или Simatik S7-700. Погрешность представления температуры  $\delta = \pm 0,05\%$ .

Вычисления при  $X = T_{\max}$

1. Как показано выше, для ТСПУ 014 полная погрешность ТЭС в реальных условиях эксплуатации на варочном котле составит

$$\Delta_p^1 = \pm 1,6^\circ\text{C},$$

или в приведенной форме

$$\gamma_p^1 = \frac{\pm \Delta_p^1 \cdot 100\%}{T_n (= T_{\max})} = \frac{\pm 1,6^\circ\text{C} \cdot 100}{200^\circ\text{C}} = \pm 0,8\%.$$

2. Для ДЛС приведенная погрешность

$$\gamma_p^2 = \pm 0,5\%$$

3. Для АЦП основная относительная погрешность составит

$$\delta = \pm \left[ c + d \left| \frac{X_k}{X} - 1 \right| \right]$$

или  $\delta^3 = \pm \left[ 0,2 + 0,1 \left| \frac{200}{200} - 1 \right| \right] = \pm 0,2\%$ , где  $c = \pm 0,2\%$ ,  $d = 0,1\%$ ,  $X_k = T_{\max} = 200^\circ\text{C}$ , и в

приведенной форме, так как  $\delta = \frac{\pm \Delta^3 \cdot 100}{X}$  и  $X = T_{\max}$  по условию расчета, то

$$\gamma^3 = \frac{\pm \Delta^3 \cdot 100}{T_{\max}} = \delta^3 = \pm 0,2\%.$$

4. Контроллер имеет приведенную погрешность представления

$$\delta^4 = \gamma^4 = \pm 0,05.$$

Тогда результирующие погрешности ИК составят

$$\gamma_{\text{РИК}} \Big|_{\min} = \pm \left[ (\delta^1)^2 + (\delta^2)^2 + (\delta^3)^2 + (\delta^4)^2 \right]^{1/2} = \pm [0,8^2 + 0,5^2 + 0,2^2 + 0,05^2]^{1/2},$$

$$\gamma_{\text{РИК}} \Big|_{\max} = \pm (\delta + \delta + \delta + \delta) = \pm (0,8 + 0,5 + 0,2 + 0,05) = \pm 1,55\%$$

Следовательно, погрешность ИК лежит в интервале

$$\gamma_{\text{РИК}} \Big|_{\min} < \gamma_{\text{РИК}} < \gamma_{\text{РИК}} \Big|_{\max} = 1 < \gamma_{\text{РИК}} < \pm 1,55\%.$$

Это следует подтвердить при метрологической аттестации и поверке ИК при опытно-промышленной эксплуатации канала ИИС.

## Содержание

### Задание на курсовой проект

#### Часть 1

1. Описание технологического процесса и оборудования
2. Требование к средствам измерения технологических параметров
3. Обоснование выбора каждого средства измерения для T, P, F, L, Q
4. Спецификация КТС для контроля и измерения
5. Схемы контроля и измерения

#### Часть 2

6. Расчет метрологических характеристик измерительного канала информационно-измерительной системы для определения ...

#### Часть 3

7. Реферат: Устройство и характеристики средства измерения для измерения ...
8. Библиографический список

### Библиографический список

1. Дятлова Е.П., Сафонова М.Р. Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами ЦБП. □ СПб.: СПбГТУ РП, 2006. — 51с.
2. Ким К.К. Электрические измерения неэлектрических величин [Электрон. ресурс]: учеб. пособие –М.: УМЦ ЖДТ, 2014. □ 136 с. — (–КнигаФонд||. Режим доступа: <http://www.knigafund/books/173450>)
3. Латышенко К.П. Технические измерения и приборы. Часть I [Электронный ресурс]: учеб. пособие □ Саратов: Вузовское образование, 2013. □ 480 с. ЭБС «IPRbooks». — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20403>
4. Латышенко К.П. Технические измерения и приборы. Часть II [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Саратов: Вузовское образование, 2013. — 515 с. ЭБС «IPRbooks» — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20404>

### СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и задачи курсового проектирования.....	
2. Тематика курсового проекта .....	
3. Содержание курсового проекта .....	
4. Указания по выполнению курсового проекта.....	
5. Пример выполнения первой общей части курсового проекта .....	
Описание технологического процесса на примере процесса сульфатной варки.....	
Выбор и анализ параметров, подлежащих контролю и управлению.....	
Таблица контролируемых параметров .....	

Обоснование выбора измерительных комплексов .....	..
6. Пример ориентировочного расчета метрологических характеристик измерительного канала по метрологическим характеристикам его элементов.....	.....
Приложения .....	.....
Приложение 1 .....	.....
Приложение 2 .....	.....
Библиографический список.....	.....