

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт политехнический

Кафедра промышленной энергетики

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИПТ

А.Н. Чадин

« 01 » 03 2017 г.



**МЕТРОЛОГИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ**

Учебный модуль по направлению подготовки

13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО

Начальник учебного отдела

О.Б. Широколобова

« 01 »

03

2017 г.

Разработал
профессор

И.В. Швецов

« 01 » 03 2017 г.

Принято на заседании кафедры
Протокол № 7 от 01. 03. 2017 г.
Заведующий кафедрой

И.В. Швецов

« 01 » 03 2017 г.

1. Цели и задачи учебного модуля

Цель учебного модуля - формирование компетенций, необходимых для выбора информационного и метрологического обеспечения систем технологического контроля, автоматизации и управления теплоэнергетического оборудования. Также - дать студентам представления, знания, умения и навыки в вопросах автоматизации теплоэнергоустановок и систем для дальнейшей их профессиональной деятельности. Задача учебного модуля – знакомство обучающихся с основополагающими знаниями в области анализа, построения альтернативных моделей и расчета характеристик восстанавливаемых и невозстанавливаемых систем, способов оптимального резервирования, расчета программного обеспечения автоматических и автоматизированных систем управления.

2. Место учебного модуля в структуре ОП направления подготовки

Изложение материала является базой и основных понятий направления «Теплоэнергетика и теплотехника». Индекс модуля БП20. Модуль базируется на следующих модулях: «Физика», «Теоретическая механика» и «Механика». Формируемые компетенции определяются Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». Знания, полученные в процессе изучения учебного модуля, используются студентами при изучении специальных курсов при подготовке специалистов теплоэнергетиков, при изучении безопасности производственных процессов, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Требования к результатам освоения учебного модуля

Процесс изучения учебного модуля направлен на формирование следующих компетенций:

- готовностью к участию в организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования (ПК-8).

Процесс изучения УМ направлен на формирование компетенций:

В результате освоения УМ студент должен знать, уметь и владеть:

Таблица 1

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ПК-8	базовый	теоретические основы метрологии, принципы действия и устройство типовых приборов для измерения электрических и неэлектрических величин; классификации средств измерения теплотехнических параметров по принципу действия и метрологическому назначению	участвовать в организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования	навыками проектирования элементов и объектов деятельности в целом с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость учебного модуля

В структуре УМ выделены учебные элементы модуля (УЭМ) в качестве самостоятельных разделов.

Таблица 2

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
		5	
Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕТ)	6	6	
Распределение трудоемкости	216	216	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ): 1) <i>УЭМ1 – Метрология и сертификация:</i> - лекции - практические занятия (семинары) - лабораторные работы - аудиторная СРС - внеаудиторная СРС	18 18 9 45	18 18 9 45	ПК-8
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ): 1) <i>УЭМ2 – Технические измерения и автоматизация тепловых процессов:</i> - лекции - практические занятия (семинары) - лабораторные работы - аудиторная СРС - внеаудиторная СРС	18 18 9 45	18 18 9 45	
Аттестация:			
- экзамен	36	36	

*) зачеты принимаются в часы аудиторной СРС.

В структуре УМ выделены учебные элементы модуля (УЭМ) в качестве самостоятельных разделов:

- *УЭМ1 – Метрология и сертификация*
- *УЭМ2 – Технические измерения и автоматизация тепловых процессов*

4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля УЭМ1 – Метрология и сертификация

- *УЭМ1 – Метрология и сертификация*

1. Теоретические основы метрологии. Количественные и качественные характеристики объектов измерений. Методы измерения погрешности измерения. Метрологические характеристики средств измерения.

2. Оценка систематических и случайных погрешностей. Алгоритмы обработки результатов многократных измерений. Метрологическое обеспечение. Научные, организационные и методические основы метрологического обеспечения.

3. Системы теплотехнического контроля. Измерение температуры. Температурные шкалы. Жидкостные, манометрические, термоэлектрические термометры.

4. Измерение давления. Жидкостные манометры. Манометры с упругими чувствительными элементами. Дифференциальные манометры.

5. Измерение уровня жидкостей и сыпучих тел. Измерение расхода жидкостей и газа. Измерение расхода по перепаду давления в сужающем устройстве. Скоростные расходомеры.

6. Автоматизированные системы контроля и управления сбором данных. Измерение количества тепла.

7. Правовые основы стандартизации. Закон РФ «О техническом регулировании». Документы по стандартизации. Цели, принципы и методы стандартизации. Государственная система стандартизации (ГСС). Международные организации по стандартизации (ИСО, МЭК и др.). Госконтроль за соблюдением государственных стандартов.

8. Подтверждение соответствия. Обязательная и добровольная сертификация. Цели и принципы сертификации. Термины и определения. Системы сертификации, органы по сертификации и испытательные лаборатории.

9. Участники сертификации. Порядок проведения работ по сертификации. Схемы сертификации. Сертификация услуг и систем качества.

• УЭМ2 – Технические измерения и автоматизация тепловых процессов

10. Назначение УЭМ2 и его место в системе подготовки инженера-теплоэнергетика. Связь с другими дисциплинами. Характеристика учебной литературы. Понятия: система, управление системой, управляемый объект, управляющая система, виды управления, регулирование, виды регулирования. Классификация автоматических систем регулирования (АСР).

11. Основные элементы АСР. Датчики физических величин. Исполнительные устройства. Усилители. Преобразователи. Вычислительные устройства. Статические и динамические характеристики элементов.

12. Математические модели АСР. Операционное исчисление. Передаточные функции. Типовые динамические звенья. Передаточные функции разомкнутой и замкнутой АСР. Структурные схемы АСР. Преобразования структурных схем. Переходные характеристики динамических систем. Частотные характеристики динамических систем. Модели в пространстве состояний. Понятия управляемости и наблюдаемости.

13. Показатели качества АСР. Показатели качества: время регулирования, перерегулирование, установившаяся ошибка. Статические и астатические АСР. Синтез регуляторов по заданным показателям качества. Основные законы регулирования. Типы регуляторов. Понятие устойчивости. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Логарифмический критерий устойчивости. Критерий Найквиста

14. АСР с цифровыми регуляторами. Решетчатые функции и Z - преобразование. Критерий устойчивости. Алгоритмы вычислительных устройств с цифровыми регуляторами. Синтез цифровых регуляторов.

15. Случайные воздействия в АСР. Характеристики случайных воздействий. Корреляционные функции и спектральные плотности случайных сигналов. Задачи исследования АСР при случайных воздействиях. Определение параметров АСР, оптимальных по минимуму среднеквадратичной ошибки.

16. АСР с добавочными информационными каналами. Каскадные схемы регулирования. АСР с компенсацией возмущений. АСР косвенного регулирования. Многосвязные АСР. Адаптивные АСР.

17. Автоматизированные системы управления тепловыми процессами (АСУТП). Особенности регулирования паровых котлов. Схемы регулирования тепловой нагрузки, процесса горения топлива, температуры пара. Примеры расчета оптимальных настроек регуляторов. Основные функции управления тепловыми процессами: регулирование, логическое управление, блокировки и защиты агрегатов, дистанционное управление, оптимизация режимов. Режимы работы АСУТП. Информационные функции. Иерархия задач управления.

18. Технические средства и обеспечивающие подсистемы АСУТП. Средства вычислительной техники, устройства ввода-вывода информации, средства отображения информации, локальные вычислительные сети. Информационное, математическое и программное обеспечение АСУТП.

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

4.3 Темы и содержание практических занятий

Таблица 4

Практические занятия (семинары)	Трудоемкость, АЧ
1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1. Обработка результатов многократных измерений	6
2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2. Контроль размеров деталей штангенинструментами.	6
3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3. Контроль размеров деталей микрометрическими инструментами.	6
4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4. Изучение, поверка и испытание механических и манометрических термометров.	6
5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5. Изучение, поверка и испытание жидкостно-стеклянных термометров	6
6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6. Изучение и поверка технических манометров.	6
Итого за 8 семестр:	36

4.4 Темы и содержание лабораторных занятий

Таблица 5

№ п/п	Темы лабораторных занятий	К-во час.
	<i>УЭМ1 – Метрология и сертификация</i>	
1.	Обработка результатов многократных измерений	2
2.	Изучение основ взаимозаменяемости. Определение размеров, отклонений допусков.	2
3.	Контроль размеров деталей штангенинструментами	2
4.	Контроль размеров деталей микрометрическими инструментами	2
	<i>УЭМ2 – Технические измерения и автоматизация тепловых процессов</i>	
5.	Определение систематических и случайных погрешностей измерения	2
6.	Изучение, поверка и испытание механических и манометрических термометров	2
7.	Изучение, поверка и испытание жидкостно-стеклянных термометров	2
8.	Поверка (градуировка) рабочих термоэлектрических преобразователей	2
9.	Изучение и поверка технических манометров	2
	Итого:	18

4.5 Самостоятельная работа студентов включает работу с интернет-источниками, предоставляющими свободный доступ к демо-версиям программных продуктов, проработку полученных на занятиях теоретических знаний с использованием дополнительной литературы и специализированных интернет-сайтов, анализ литературных и интернет-источников для выполнения контрольных работ и индивидуальных домашних заданий.

4.6 Организация изучения учебного модуля

Реализация данной модели предполагает использование следующих технологий стратегического уровня (задающих организационные формы взаимодействия субъектов образовательного процесса), осуществляемых с использованием определенных тактических процедур:

- лекционные (вводная лекция, информационная лекция, обзорная лекция, лекция-консультация, проблемная лекция);
- практические занятия (углубление знаний, полученных на теоретических занятиях, формирование практических навыков работы);
- самоуправления (самостоятельная работа студентов, самостоятельное изучение материала, написание реферата).

Рекомендуется использование информационных технологий при организации коммуникации со студентами для представления информации, выдачи рекомендаций и консультирования по оперативным вопросам (электронная почта), использование мультимедиа-средств при проведении лекционных и практических занятий.

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества усвоения курса используются следующие формы контроля:

- **текущий:** контроль выполнения практических аудиторных и домашних заданий, работы с литературой.
- **рубежный:** предполагает учет суммарных результатов по итогам текущего контроля за соответствующий период, систематичность работы и творческий рейтинг (участие в конференции, публикации, творческие идеи).
- **семестровый:** экзамен осуществляется посредством суммирования баллов за семестр.

Оценка качества освоения модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля.

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (Приложение Б).

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено Картой учебно-методического обеспечения (Приложение В)

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для обеспечения освоения дисциплины необходимо наличие учебной аудитории, учебной лаборатории, компьютерного класса, тренажеров. Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и с учетом рекомендаций ПроОП ВО по направлению подготовки 13.03.01 “Теплоэнергетика и теплотехника” и профилю “Промышленная теплоэнергетика”. Целью выполнения самостоятельной работы является ознакомление с учебной и нормативно - справочной литературой, дополнительное изучение некоторых тем курса лекций, в частности пакетов программ. Объектом работы являются учебники и учебные и справочные пособия, учебно-методические разработки кафедры, журнальные публикации и т. п. источники.

Педагогическими контрольными материалами являются вопросы к экзамену, которые приведены в приложении А. Приложения (обязательные):

- А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля
- Б – Технологическая карта учебного модуля
- В - Карта учебно-методического обеспечения УМ

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

Приложение А
(обязательное)

**Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля
«Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов»**

1. Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля

Образовательный процесс при изучении УМ строится на основе комбинации следующих образовательных технологий.

Интегральную модель образовательного процесса формируют технологии методологического уровня: модульно-рейтинговое обучение, контекстное обучение, технология поэтапного формирования умственных действий, технология развивающего обучения, элементы технологии развития критического мышления.

Реализация данной модели предполагает использование следующих технологий стратегического уровня (задающих организационные формы взаимодействия субъектов образовательного процесса), осуществляемых с использованием определенных тактических процедур:

- лекционные (вводная лекция, информационная лекция, обзорная лекция, лекция-консультация, проблемная лекция);
- практические (углубление знаний, полученных на теоретических занятиях, выполнение практических работ);
- активизации познавательной деятельности (приемы технологии развития критического мышления, работа с литературой);
- самоуправления (самостоятельная работа студентов, самостоятельное изучение материала).

• Перечень тем и вопросов к разделу УЭМ1 – Метрология и сертификация

- 1 Количественные и качественные характеристики объектов измерений.
- 2 Методы измерения погрешности измерения.
- 3 Метрологические характеристики средств измерения.
- 4 Алгоритмы обработки результатов многократных измерений.
- 5 Метрологическое обеспечение.
- 6 Научные, организационные и методические основы метрологического обеспечения.
- 7 Измерение температуры. Температурные шкалы.
- 8 Жидкостные, манометрические, термоэлектрические термометры.
- 9 Жидкостные манометры.
- 10 Манометры с упругими чувствительными элементами.
- 11 Дифференциальные манометры.
- 12 Измерение расхода жидкостей и газа.
- 13 Измерение расхода по перепаду давления в сужающем устройстве.
- 14 Скоростные расходомеры.
- 15 Измерение количества тепла.
- 16 Закон РФ «О техническом регулировании». Документы по стандартизации.
- 17 Цели, принципы и методы стандартизации.
- 18 Государственная система стандартизации (ГСС). Международные организации по стандартизации (ИСО, МЭК и др.).
- 19 Госконтроль за соблюдением государственных стандартов.
- 20 Обязательная и добровольная сертификация.
- 21 Цели и принципы сертификации. Термины и определения.

- 22 Системы сертификации, органы по сертификации и испытательные лаборатории.
- 23 Порядок проведения работ по сертификации.
- 24 Схемы сертификации.
- 25 Сертификация услуг и систем качества.

• ***УЭМ2 – Технические измерения и автоматизация тепловых процессов***

- 1 Связь с другими дисциплинами.
- 2 Понятия: система, управление системой, управляемый объект, управляющая система, виды управления, регулирование, виды регулирования.
- 3 Классификация автоматических систем регулирования (АСР).
- 4 Датчики физических величин.
- 5 Исполнительные устройства.
- 7 Усилители. Преобразователи.
- 8 Вычислительные устройства.
- 9 Статические и динамические характеристики элементов.
- 10 Операционное исчисление. Передаточные функции. Типовые динамические звенья.
- 11 Передаточные функции разомкнутой и замкнутой АСР. Структурные схемы АСР. Преобразования структурных схем.
- 12 Переходные характеристики динамических систем.
- 13 Частотные характеристики динамических систем. Модели в пространстве состояний. Понятия управляемости и наблюдаемости. Показатели качества: время регулирования, перерегулирование, установившаяся ошибка.
- 14 Статические и астатические АСР. Синтез регуляторов по заданным показателям качества.
- 15 Основные законы регулирования. Типы регуляторов.
- 16 Понятие устойчивости. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Логарифмический критерий устойчивости. Критерий Найквиста
- 17 Решетчатые функции и Z - преобразование. Критерий устойчивости. Алгоритмы вычислительных устройств с цифровыми регуляторами. Синтез цифровых регуляторов.
- 18 Характеристики случайных воздействий. Корреляционные функции и спектральные плотности случайных сигналов. Задачи исследования АСР при случайных воздействиях. Определение параметров АСР, оптимальных по минимуму среднеквадратичной ошибки.
- 19 Каскадные схемы регулирования. АСР с компенсацией возмущений. АСР косвенного регулирования. Многосвязные АСР. Адаптивные АСР.
- 20 Особенности регулирования паровых котлов. Схемы регулирования тепловой нагрузки, процесса горения топлива, температуры пара.
- 21 Примеры расчета оптимальных настроек регуляторов.
- 22 Основные функции управления тепловыми процессами: регулирование, логическое управление, блокировки и защиты агрегатов, дистанционное управление, оптимизация режимов.
- 23 Режимы работы АСУТП. Информационные функции. Иерархия задач управления.
- 24 Средства вычислительной техники, устройства ввода-вывода информации, средства отображения информации, локальные вычислительные сети.
- 25 Информационное, математическое и программное обеспечение АСУТП.

Пример экзаменационного билета

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

Кафедра промышленной энергетики

Экзаменационный билет № 1

**Модуль «Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация
тепловых процессов»**

Для направления подготовки 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

1. Алгоритмы обработки результатов многократных измерений.
2. Измерение температуры. Температурные шкалы.
3. Задача. На испытание поставлено $N = 400$ изделий. За время $t = 3000$ час отказало 200 изделий, т.е. $n(t) = 400 - 200 = 200$. За интервал времени $(t, t + \Delta t)$, где $\Delta t = 100$ час, отказало 100 изделий, т.е. $\Delta n(t) = 100$. Требуется определить $P^*(3000)$, $P^*(3100)$, $f^*(3000)$, $\lambda^*(3000)$.

Принято на заседании кафедры

промышленной энергетики Протокол № _____ от “_____” _____ 2017 г.

Заведующий кафедрой _____ (Ф. И. О.)

2. Методические рекомендации по практическим занятиям

Содержание дисциплины является достаточно разнородным и включает как общетеоретические и узкотехнологические вопросы. Предусмотрено изучение следующих вопросов. Законодательные и нормативные документы, касающиеся природопользования, нормирования и контроля выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду; организацию мероприятий по охране окружающей среды. В разделе Теоретические основы метрологии рассматриваются вопросы количественных и качественных характеристик объектов измерений. Методы измерения погрешности измерения. Метрологические характеристики средств измерения.

Все практические занятия делят на разделы, которые формируют представление по вопросам надежности в промышленности и закрепляют теоретический материал посредством решения задач. Решение задач направлено на закрепление теоретического материала. Задачи выдает преподаватель на практических занятиях в соответствии с графиком учебного процесса. Обсуждение основных вопросов дисциплины на практических занятиях позволит сформировать понимание проблем по вопросам надежности, а также наметить пути их решения. Данный вид работы необходим для овладения компетенциями, заданными в образовательном стандарте при подготовке специалиста высокого уровня.

Технологическая карта
учебного модуля «Метрология, сертификация, технические измерения и
автоматизация тепловых процессов»
семестр 5, ЗЕТ- 6, вид аттестации - зачет, акад.часов 216, баллов рейтинга 300

№ и наименование раздела учебного модуля	№ неде-ли сем.	Трудоемкость, ак.час					Форма текущего контроля успева. (в соотв. с паспортом ФОС)	Макси м. кол-во баллов рейти нга
		Аудиторные занятия				СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСР С			
УЭМ - <i>Метрология и сертификация</i>	5	18	27	9	9	45		250
разделы 1-9							Контр. работа 1 защита лаб.раб.	125
УЭМ - <i>Технические измерения и автоматизация тепловых процессов</i>	5	18	27	9	9	45		150
разделы 10-18		18	18	9	9	45	Контр. работа 2 защита лаб.раб.	125
экзамен								50
Итого:	5	36	36	18	18	90		300

(Трудоемкость разделов УМ не должна быть, как правило, меньше двух академических часов)

Критерии оценки качества освоения студентами дисциплины в соответствии с фондом оценочных средств (ФОС):

- оценка «удовлетворительно» – 150 – 209 баллов
- оценка «хорошо» – 210 – 269 баллов
- оценка «отлично» – 270 – 300 баллов

Приложение В
(обязательное)
Карта учебно-методического обеспечения

Модуля: Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов

Направление: 13.03.031 – Теплоэнергетика и теплотехника

Формы обучения: очная

Курс - 3, семестр - 5

Часов: всего - 216, лекций - 18, практ. зан. - 18, лаб. раб. - 18, СРС и виды индивидуальной работы (курсовая работа, КП) - 18

Обеспечивающая кафедра: Промышленная энергетика

Таблица 1- Обеспечение модуля учебными изданиями

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
1. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и сертификация. Учебник. 2-е изд.- М.: Юрайт- Издат. 2006, 315с.	14	
2. Делягин Г.Н., Лебедев В.И. Теплогенерирующие установки: Учебник для вузов.- М.: БАСТЕТ, 2010.- 622с.	5	
Учебно-методические издания		

Таблица 2 – Информационное обеспечение модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
1. Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов [электронный ресурс] Рабочая программа/ Авт/сост. И.В. Швецов НовГУ имени Я.Мудрого. – 2017 18с.	study/umk/university/r.1180151.ksort.spec_shifr/i.1180151/?showspec=130301.64.1	
2. Метрология в теплоэнергетике. Учебно-методическое пособие. /Сост. Фридлянд И.Г.; НовГУ – В. Новгород, 2007, - 151 с.	study/umk/university/r.1180151.ksort.spec_shifr/i.1180151/?showspec=130301.64.1	
3. Сборник задач по дисциплине «Метрология» для специальности «Промышленная теплоэнергетика» сост. Фридлянд И.Г.; НовГУ – В. Новгород 2003, – 50с.	study/umk/university/r.1180151.ksort.spec_shifr/i.1180151/?showspec=130301.64.1	

Таблица 3–Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
1 Приключения теплоты / К. С. Агеев, В. К. Агеева ; Благотвор. фонд "Дом Геолога". - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. : Фора-принт, 2011. - 54, [1] с. - Библиогр.: с. 54. - ISBN 978-5-903187-22-5 : 80.00.	Ф1-2	
2 Быстрицкий, Г. Ф. Основы энергетики : учеб. для вузов. - М. : Инфра-М, 2006. - 276,[2]с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.:с.272-273. - ISBN 5-16-002223-6 : (в пер.) : 103.00.	Ф1-2(18)	

Действительно для учебного года 2017 / 2018

Зав. кафедрой ПРЭН

подпись



И.В. Швецов

И.О.Фамилия

01 марта 2017 г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ:

201. Библ.мост

должность



Сектор учета

подпись

Калинина Н.А

расшифровка

ПРИМЕРНЫЕ ЗАДАЧИ

для текущего контроля знаний по дисциплине «Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов»

Решения тренировочных заданий.

Задача №1. Результаты измерений температуры являются случайными величинами с нормальным (гауссовым) распределением с известными математическим ожиданием $m_t = 27,1^\circ\text{C}$ и средним квадратическим отклонением (с.к.о.) $\sigma_t = 0,8^\circ\text{C}$.

Вычислить вероятность выполнения неравенства $t_1 \leq t \leq t_2$, где $t_1 = 26,5$; $t_2 = 27,6$.

$$\text{Решение. } P = \Phi\left(\frac{t_2 - m_t}{\sigma_t}\right) - \Phi\left(\frac{t_1 - m_t}{\sigma_t}\right),$$

где Φ – интеграл вероятности от функции в скобках, затабулирован и представлен в приложениях учебников по теории вероятностей и математической статистике, а также в учебниках по метрологии, например в [1].

Вычислим выражения в скобках после подстановки численных значений t_1, t_2, m_t, σ_t :

$$\left(\frac{t_2 - m_t}{\sigma_t}\right) = \frac{27,3 - 27,1}{0,8} = 0,25, \quad \left(\frac{t_1 - m_t}{\sigma_t}\right) = \frac{26,35 - 27,1}{0,8} = -0,75.$$

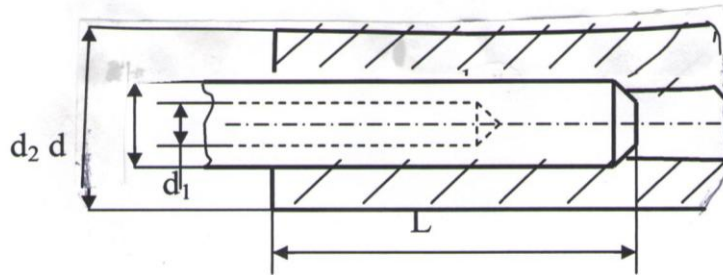
Воспользуемся известным соотношением

$\Phi(-z) = 1 - \Phi(z)$, поэтому искомая вероятность с использованием таблиц интеграла вероятностей получается следующим образом: $P = \Phi(0,25) - \Phi(-0,75) = 0,599 - (1 - 0,773) = 0,372$.

Задача №2. Расчёт и выбор посадки с натягом.

На основании расчёта выбрать посадку с натягом для втулки шкива, на который действует крутящий момент $M_{кр} = 4800 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Параметры соединения см. чертеж.

$d = 0,13 \text{ м}$; $L = 0,2 \text{ м}$; $\mu = 0,3$ - коэффициент Пуассона;
 $d_2 = 0,22 \text{ м}$; $d_1 = 0$, т.к. вал сплошной; $\sigma_T = 360 \text{ МПа}$;
 $M_{кр} = 4800 \text{ Н}\cdot\text{м}$; материал-сталь 45, $E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Па}$;
 $f = 0,08$ – коэффициент трения.



Сопрягаемые поверхности гладкие. Запрессовка механическая.

Решение. Определим минимальный необходимый натяг, обеспечивающий неподвижность соединения:

$$N_{\min}^{\text{расч}} = P_{\min} d \left(\frac{C_d}{E_d} + \frac{C_D}{E_D} \right),$$

где $P_{\min}$ – давление, на поверхности контакта вала и втулки, необходимое для обеспечения неподвижности соединения;

$$P_{\min} \geq \frac{2M_{\text{кр}}}{\pi d^2 l f} = \frac{2 \cdot 4800}{3,14 \cdot 0,013^2 \cdot 0,2 \cdot 0,08} = 11,31 \text{ МПа};$$

C_d и C_D – коэффициенты Ляме, определяющие жёсткость конструкции вал-втулка.

$$C_d = \frac{1 + (d_1/d)^2}{1 - (d_1/d)^2} - \mu_d, \text{ т.к. вал сплошной, } d_1=0 \text{ и,}$$

следовательно, $C_d = 1 - 0,3 = 0,7$;

$$C_D = \frac{1 + (d/d_2)^2}{1 - (d/d_2)^2} + \mu_D = \frac{1 + 0,59^2}{1 - 0,59^2} + 0,3 = 2,38$$

$$N_{\min}^{\text{расч.}} = 11,31 \cdot 10^6 \cdot 0,013 \left(\frac{0,7}{2,1 \cdot 10^{11}} + \frac{2,38}{2,1 \cdot 10^{11}} \right) = 2,7 \cdot 10^{-5} = 0,027 \text{ мм.}$$

Рассчитаем поправку на смятие микронеровностей сопрягаемых поверхностей по формуле

$$N_{\min F} = N_{\min}^{\text{расч}} + U,$$

где $N_{\min F}$ – минимальный функциональный натяг; U – величина смятия микронеровностей;

$$U = 1,2(R_{zd} + R_{zD}) = 1,2(0,0063 + 0,0063) = 0,015 \text{ мм,}$$

где R_{zd} , R_{zD} – параметр, характеризующий среднюю высоту наибольших неровностей поверхности вала и втулки соответственно.

Таким образом,

$$N_{\min} = 0,027 + 0,015 = 0,042 \text{ мм.}$$

Выбираем посадку по ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75) по условию $N_{\min} \geq N_{\min F}$ т.е. H7/s6. Согласно указанному стандарту для данной посадки имеем

$N_{\min} = 0,092 - 0,040 = 0,052 > 0,042$, что удовлетворяет обеспечения гарантированного натяга.

Проверка на неразрушаемость деталей соединения при запрессовке.

Проверяем по наибольшему натягу посадки Н7/с6- $N_{\max}=0,117$ мм. Условие неразрушаемости заключается в отсутствии пластической деформации контактных поверхностей сопрягаемых деталей.

Определим наибольшее удельное давление:

$$P_{\max} = \frac{N_{\max} - 1,2(R_{zd} + R_{zD})}{d \left(\frac{C_d}{E_d} + \frac{C_D}{E_D} \right)} = \frac{117 \cdot 10^{-6} - 1,2(6,3 \cdot 10^{-6} + 6,3 \cdot 10^{-6})}{0,13 \left(\frac{0,7}{2,1 \cdot 10^{11}} + \frac{4,18}{2,1 \cdot 10^{11}} \right)} = 33,8 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

т.е. $P_{\max} = 33,8$ МПа.

Тогда наибольшее напряжение на поверхности вала σ_d и σ_D будут равны:

$$\sigma_d = \frac{2P_{\max}}{1 - (d_1/d)^2}; \sigma_D = \frac{1 + (d/d_2)^2}{1 - (d/d_2)^2} \cdot P_{\max}.$$

$$\sigma_d = 2 \cdot P_{\max} = 67,6 \text{ МПа}; \sigma_D = 3,88 \cdot P_{\max} = 131,1 \text{ МПа}.$$

Оба эти значения не превышают прочностные характеристики принятого материала $\sigma_T = 360$ МПа, следовательно, посадка обеспечивает целостность соединения.

Лабораторные работы

N п/п	Темы лабораторных занятий	К-во час.
	<i>УЭМ1 – Метрология и сертификация</i>	
1.	Обработка результатов многократных измерений	2
2.	Изучение основ взаимозаменяемости. Определение размеров, отклонений допусков.	2
3.	Контроль размеров деталей штангенинструментами	2
4.	Контроль размеров деталей микрометрическими инструментами	2
	<i>УЭМ2 – Технические измерения и автоматизация тепловых процессов</i>	
5.	Определение систематических и случайных погрешностей измерения	2
6.	Изучение, поверка и испытание механических и манометрических термометров	2
7.	Изучение, поверка и испытание жидкостно-стеклянных термометров	2
8.	Поверка (градуировка) рабочих термоэлектрических преобразователей	2
9.	Изучение и поверка технических манометров	2
	Итого:	18

Материалы по лабораторным работам и практическим занятиям дополнительно представлены в литературе:

1. Метрология в теплоэнергетике. Учебно-методическое пособие. /Сост. Фридлянд И.Г.; НовГУ – В. Новгород, 2007, - 151 с.
2. Сборник задач по дисциплине «Метрология» для специальности «Промышленная теплоэнергетика» сост. Фридлянд И.Г.; НовГУ – В. Новгород 2003, – 50с.