

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Наименование образовательной программы: Вычислительно-измерительные системы

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.12
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	8 семестр - 12 часов;
Практические занятия	8 семестр - 12 часов;
Лабораторные работы	8 семестр - 12 часов;
Консультации	8 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	8 семестр - 69,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Перекрестный опрос Лабораторная работа Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	8 семестр - 0,5 часа;

Москва 2019

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Глушнев В.Д.
	Идентификатор	R12c6ffb5-GlushnevVD-6e9a8b47

(подпись)

В.Д. Глушнев

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Серов Н.А.
	Идентификатор	R708da564-SerovNA-06ab7859

(подпись)

Н.А. Серов

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Желбаков И.Н.
	Идентификатор	R839a3a63-ZhelbakovIN-f73624c

(подпись)

И.Н. Желбаков

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение основных методов измерения расхода жидкости и газа, принципов действия и метрологических моделей наиболее распространенных расходомеров

Задачи дисциплины

- •изучение физических явлений и законов, лежащих в основе принципов действия расходомеров.;
- •построение метрологических моделей расходомеров жидкости и газа;
- •овладение методикой анализа метрологических и эксплуатационных характеристик современных средств измерения расхода;
- овладение основами метрологического обеспечения расходомеров и счетчиков количества: эталоны, методы и методики испытаний и поверки.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен обосновывать принимаемые проектные решения, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности	ИД-1 _{ПК-1} Демонстрирует знание методов анализа и синтеза линейных и нелинейных электрических, электронных, цифровых систем	знать: - •основы схемотехники аналоговых измерительных устройств в современных расходомерах жидкости и газа; - •принципы построения структурных, функциональных и принципиальных схем аналоговых измерительных устройств для реализации измерительных процедур в средствах измерения расхода. уметь: - •проводить анализ и синтез линейных и нелинейных электрических и электронных схем в средствах измерения расхода; - определять алгоритмы обработки измерительной информации от первичных преобразователей расхода, обеспечивающие повышенную надежность и точность измерения расхода.
ПК-4 Способен анализировать состояние средств измерений в организации, внедрение в процессы производства необходимых средств измерений и стандартных образцов и методик измерений	ИД-2 _{ПК-4} Проводит калибровочные процедуры измерительных систем	знать: - основные методы поверки расходомеров и счетчиков жидкости, эталоны используемые при поверке; - •особенности применяемых технических решений и их влияние на метрологические характеристики расходомеров. уметь: - анализировать результаты экспериментальной проверки

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		метрологических характеристик расходомеров и определять их пригодность к эксплуатации; - •оценивать достоинства и недостатки различных типов расходомеров и применяемых в них технических решений.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Вычислительно-измерительные системы (далее – ОПОП), направления подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Основы механики жидкостей (в объеме общего курса физики) и теоретические основы электротехники
- знать Теоретические основы информационно-измерительной техники, метрологии, стандартизации и сертификации
- знать Основы электроники, схемотехники, основы микропроцессорных систем и цифровой обработки сигналов.
- уметь Анализировать и рассчитывать погрешности измерительных преобразователей
- уметь производить синтез аналоговых и цифровых схем, реализующих основные алгоритм обработки сигналов

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа						СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Основные понятия и определения в расходомерии	12	8	2	2	2	-	-	-	-	-	6	-	<p>Подготовка расчетных заданий: При турбулентном течении жидкости в трубопроводе диаметром 100 мм максимальная скорость в центре трубопровода равняется 2м/с. Используя степенной закон для поля скоростей в трубопроводе, при коэффициенте гидравлического сопротивления (лямбда) трубопровода, равного 0,025, рассчитать расход жидкости и выразить его в (м3/с) и в (м3/ч).</p> <p>Подготовка расчетных заданий: 1. При ламинарном течении жидкости в трубопроводе диаметром 20 мм максимальная скорость в центре трубопровода равняется 2м/с. Рассчитать расход и выразить его в (м3/с) и в (м3/ч).</p> <p>Изучение материалов литературных источников: [3], стр. 7-43</p>
1.1	Основные понятия: расход и количество жидкости (газа), массовый и объемный расходы, расходомеры, счетчики количества и преобразователи расхода	6		1	1	1	-	-	-	-	-	3	-	
1.2	Метрологические и эксплуатационные характеристик расходомеров	6		1	1	1	-	-	-	-	-	3	-	
2	Гидродинамические методы измерения расхода	12		2	2	2	-	-	-	-	-	6	-	
2.1	Анализ гидродинамических методов измерения расхода	12		2	2	2	-	-	-	-	-	6	-	

													диаметр проточной части турбинного счетчика 45 мм, диаметр обтекателя и ступицы турбинки 25 мм; расход 20 м ³ /час; средний радиус турбинки (радиус лопасти в точке средней скорости потока) 23 мм и угол скольжения лопасти в этой точке φ=60 град. Определить скорость вращения турбинки (обороты/сек). <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 10 - 14, стр. 230 -242
3	Электромагнитный метод измерения расхода	12	2	2	2	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Рассчитать погрешность электромагнитного расходомера за счет паразитного шунтирования электродов отложениями на внутренней футеровки проточной части ЭМР для следующих исходных данных: номинальное сопротивление электрического канала расходомера R ₀ =25 кОм; паразитное сопротивление шунтирования равно 1 МОм (номинальное сопротивление между электродами (при отсутствии жидкости) - 100 МОм.
3.1	Физические основы электромагнитного метода измерения расхода	6	1	1	1	-	-	-	-	-	3	-	Определить напряжение на электродах идеального ЭМР (трубопровод прямоугольно-го сечения и постоянная по сечению величина магнитной индукции) при расходе 0,1м ³ /с, сечении трубопровода 100х100мм, и величине магнитной индукции 1Тл.
3.2	Анализ конструкции ЭМ расходомеров; источники погрешности измерения и способы их устранения.	6	1	1	1	-	-	-	-	-	3	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Определить напряжение на электродах идеального ЭМР (трубопровод прямоугольно-го сечения и постоянная по сечению величина магнитной индукции) при расходе 0,1м ³ /с, сечении трубопровода 100х100мм, и величине магнитной индукции 1Тл. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 408 - 411
4	Метрологическое обеспечение измерения расхода в трубах большого диаметра	12	2	2	2	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Подготовка к практическому занятию 1 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 7 - 9

4.1	Метрологическое обеспечение расходомеров и счетчиков количества. Проблемы измерения расхода жидкости в трубопроводах большого диаметра	12	2	2	2	-	-	-	-	-	6	-	
5	Ультразвуковой метод измерения расхода	24	4	4	4	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Подготовка к практическому занятию №3 <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Подготовка к практическому занятию №2 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 441 - 447
5.1	Разновидности ультразвуковых методов измерения расхода. Время-импульсные ультразвуковые расходомеры.	12	2	2	2	-	-	-	-	-	6	-	
5.2	Пьезоэлектрические преобразователи УЗР и методы высокоточного измерения времени распространения ультразвуковых сигналов	12	2	2	2	-	-	-	-	-	6	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	108.0	12	12	12	-	2	-	-	0.5	36	33.5	
	Итого за семестр	108.0	12	12	12	2	-	-	-	0.5	69.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основные понятия и определения в расходомерии

1.1. Основные понятия: расход и количество жидкости (газа), массовый и объемный расходы, расходомеры, счетчики количества и преобразователи расхода

Основные законы движения жидкости и газа в трубопроводах, неравномерное поле скоростей в сечении трубопровода, расход как поток вектора скорости. Мгновенный и средний расходы..

1.2. Метрологические и эксплуатационные характеристик расходомеров

Функция преобразования, калибровочная функция, функция влияния и погрешности измерения. Диапазон измерения по расходу, потери давления и характеристики надежности. Особенности метрологических характеристик для расходомеров газа.

2. Гидродинамические методы измерения расхода

2.1. Анализ гидродинамических методов измерения расхода

Теорема Бернулли, Принцип действия расходомеров переменного перепада давления, переменного уровня и обтекания. Функции преобразования, анализ погрешностей. Турбулентные вихри, частота Струхала, вихревые расходомеры. Турбинные преобразователи и тахометрические расходомеры. Кориолисовы вибрационные расходомеры – как наиболее точные массовые расходомеры. Принципы действия, функции преобразования, анализ погрешностей.

3. Электромагнитный метод измерения расхода

3.1. Физические основы электромагнитного метода измерения расхода

Сила Лоренца и принцип действия электромагнитных расходомеров. Уравнения электродинамики для описания процесса преобразования расхода в разность потенциалов. Функция преобразования для ЭМ расходомеров с прямоугольным каналом и широкими электродами. Эквивалентная электрическая схема измерительного канала. Понятие весовой функции. Оптимальные магнитные системы..

3.2. Анализ конструкции ЭМ расходомеров; источники погрешности измерения и способы их устранения.

Измерительные цепи вторичного преобразователя ЭМ расходомера, эквивалентные схемы первичного преобразователя и входных цепей вторичного измерительного преобразователя (ВП). Анализ электрических помех, действующих на входные цепи ВП. Анализ погрешностей ЭМ расходомеров. Влияние профиля скоростей на погрешность измерения..

4. Метрологическое обеспечение измерения расхода в трубах большого диаметра

4.1. Метрологическое обеспечение расходомеров и счетчиков количества. Проблемы измерения расхода жидкости в трубопроводах большого диаметра

Эталоны расхода и объема жидкости в потоке. Профили скоростей для ламинарного и турбулентного течений жидкости. Влияние на профиль скоростей местных гидравлических сопротивлений. Метод площадь-скорость. ГОСТ 8.439-81. Современные измерители скорости и расходомеры, реализующие метод площадь-скорость..

5. Ультразвуковой метод измерения расхода

5.1. Разновидности ультразвуковых методов измерения расхода. Время-импульсные ультразвуковые расходомеры.

УЗР - как измерительные преобразователи параметрического типа. Основные понятия из акустики, волновое уравнение, волновое распространение звука, принцип действия, функция преобразования и функция влияния для время-импульсных УЗР..

5.2. Пьезоэлектрические преобразователи УЗР и методы высокоточного измерения времени распространения ультразвуковых сигналов

Конструкция пьезоэлектрических преобразователей УЗР. Схемные решения приемно-излучающего тракта УЗР.. Проблемы высокоточного измерения разности времен распространения. Современные схемные решения измерителей интервалов времени с высокой разрешающей способностью..

3.3. Темы практических занятий

1. Исследование метрологического обеспечения измерений расхода жидкости и газа (4 часа).

3.4. Темы лабораторных работ

1. №1. Экспериментальное определение метрологических характеристик счетчиков воды на поверочной установке (4 часа);
2. № 2 Конструкция и принцип действия первичных ультразвуковых преобразователей, исследование характеристик пьезоэлектрических преобразователей;
3. № 3 Исследование работы ультразвуковых расходомеров время-импульсного типа. (4 часа).

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПП)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Основные понятия и определения в расходометрии"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные понятия и определения в расходометрии"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Основные понятия и определения в расходометрии"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основные понятия и определения в расходометрии"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)					Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	
Знать:							
•принципы построения структурных, функциональных и принципиальных схем аналоговых измерительных устройств для реализации измерительных процедур в средствах измерения расхода	ИД-1ПК-1		+	+			Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №2 Контрольная работа/Подготовка к контрольной работе № 1
•основы схемотехники аналоговых измерительных устройств в современных расходомерах жидкости и газа	ИД-1ПК-1	+					Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1 Перекрестный опрос/Тест №1
•особенности применяемых технических решений и их влияние на метрологические характеристики расходомеров	ИД-2ПК-4					+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №3
основные методы поверки расходомеров и счетчиков жидкости, эталоны используемые при поверке	ИД-2ПК-4			+	+		Контрольная работа/Контрольная работа №2
Уметь:							
определять алгоритмы обработки измерительной информации от первичных преобразователей расхода, обеспечивающие повышенную надежность и точность измерения расхода	ИД-1ПК-1		+	+			Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №2 Контрольная работа/Подготовка к контрольной работе № 1
•проводить анализ и синтез линейных и нелинейных электрических и электронных схем в средствах измерения расхода	ИД-1ПК-1	+					Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1 Перекрестный опрос/Тест №1
•оценивать достоинства и недостатки различных типов расходомеров и применяемых в них технических решений	ИД-2ПК-4					+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №3
анализировать результаты экспериментальной проверки метрологических характеристик расходомеров и определять их	ИД-2ПК-4			+	+		Контрольная работа/Контрольная работа №2

пригодность к эксплуатации							
----------------------------	--	--	--	--	--	--	--

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Защита лабораторной работы №1 (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы №2 (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы №3 (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №2 (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Подготовка к контрольной работе № 1 (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Тест №1 (Перекрестный опрос)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №8)

Оценка определяется на основании семестровой и экзаменационной составляющих. Вес средней семестровой оценки 40%. Вес экзаменационной составляющей 60%

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Кремлевский, П. П. Расходомеры и счетчики количества / П. П. Кремлевский . – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, 1975 . – 776 с.;
2. Кремлевский, П. П. Расходомеры и счетчики количества веществ: Кн.1. Расходомеры переменного перепада давления, расходомеры переменного уровня, тахометрические расходомеры и счетчики : Справочник / П. П. Кремлевский ; Общ. ред. Е. А. Шорников . – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Политехника, 2002 . – 409 с. - ISBN 5-7325-0410-9 .;
3. В. И. Волхонов, Е. И. Шклярова- "Метрология, стандартизация и сертификация", Издательство: "Альтаир|МГАВТ", Москва, 2011 - (246 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=430004>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;

5. Scilab.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" -

http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red

2. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>

3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-530г, Учебно-исследовательская лаборатория «Лаборатория автоматизации процессов измерения и управления при проведении лабораторных исследований»	
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-530г, Учебно-исследовательская лаборатория «Лаборатория автоматизации процессов измерения и управления при проведении лабораторных исследований»	
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-621/1, Учебная лаборатория специальных курсов	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-621/1, Учебная лаборатория специальных курсов	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-621/3, Кабинет сотрудников каф. "ИИТ"	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-403, Склад	стол для работы с документами, шкаф, шкаф для документов

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Измерение расхода жидкостей и газов

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест №1 (Перекрестный опрос)
 КМ-2 Защита лабораторной работы №1 (Лабораторная работа)
 КМ-3 Подготовка к контрольной работе № 1 (Контрольная работа)
 КМ-4 Защита лабораторной работы №2 (Лабораторная работа)
 КМ-5 Контрольная работа №2 (Контрольная работа)
 КМ-6 Защита лабораторной работы №3 (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	4	8	8	12	12
1	Основные понятия и определения в расходомерии							
1.1	Основные понятия: расход и количество жидкости (газа), массовый и объемный расходы, расходомеры, счетчики количества и преобразователи расхода		+	+				
1.2	Метрологические и эксплуатационные характеристик расходомеров		+	+				
2	Гидродинамические методы измерения расхода							
2.1	Анализ гидродинамических методов измерения расхода				+	+		
3	Электромагнитный метод измерения расхода							
3.1	Физические основы электромагнитного метода измерения расхода				+	+		
3.2	Анализ конструкции ЭМ расходомеров; источники погрешности измерения и способы их устранения.						+	
4	Метрологическое обеспечение измерения расхода в трубах большого диаметра							
4.1	Метрологическое обеспечение расходомеров и счетчиков количества. Проблемы измерения расхода жидкости в трубопроводах большого диаметра						+	
5	Ультразвуковой метод измерения расхода							
5.1	Разновидности ультразвуковых методов измерения расхода. Время-импульсные							+

	ультразвуковые расходомеры.						
5.2	Пьезоэлектрические преобразователи УЗР и методы высокоточного измерения времени распространения ультразвуковых сигналов						+
Вес КМ, %:		10	20	15	20	15	20