

Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»

Факультет инженерных систем и экологии

Кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны  
водных ресурсов

СОГЛАСОВАНО

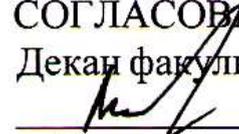
Заведующий кафедрой

 С. В. Андreyюк

«16» сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Декал факультета

 А. А. Волчек

«16» 12 2022 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
«МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»**

для специальности:

1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных  
ресурсов»

Составители: Е.С. Рыбак – старший преподаватель кафедры водоснабжения,  
водоотведения и охраны водных ресурсов БрГТУ.

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического  
совета университета 29.12.2022 г.,  
протокол № 3.

дет. N УМК 22/23-58

## ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ В КОМПЛЕКСЕ

Электронный учебно-методический комплекс содержит:

### 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Конспект лекций по дисциплине «МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»

### 2 ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по дисциплине «МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»

### 3 РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

3.1 Вопросы к зачету

### 4 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Учебная программа дисциплины «МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### **Цели ЭУМК**

- повышение эффективности образовательного процесса специальности 1- 70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»;
- внедрение перспективных технологий хранения и передачи информации в электронном виде.
- обеспечение открытости и доступности образовательных ресурсов путем размещения ЭУМК в локальной сети университета.

### **Структура ЭУМК**

содержит теоретический, практический, вспомогательный раздел и раздел по контролю знаний студентов.

### **Рекомендации по организации работы с ЭУМК:**

Необходим IBM PC-совместимый ПК стандартной конфигурации.

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Актуальность изучения дисциплины**

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» обеспечивает подготовку в области стандартизации, измерений, сертификации товаров, средств производства и услуг. Изучение вопросов стандартизации и сертификации – настоятельное требование времени, так как эти знания крайне необходимы в условиях рыночной экономики, подразумевающей наличие остроконкурентной среды производителей товаров и услуг.

Программа разработана на основе компетентностного подхода, требований к формированию компетенций сформулированных в образовательном стандарте ОСВО 1 – 70 04 03 – 2018 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов».

Дисциплина относится к циклу общепрофессиональных и специальных дисциплин, осваиваемых студентами специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов».

### **Цель и задачи дисциплины**

Целью дисциплины является формирование у студентов знаний, умений и навыков в области стандартизации, измерений, сертификации товаров, средств производства и услуг, управления качеством.

Задачами дисциплины являются:

- изучение нормативно-правовой базы сертификации и лицензирования;
- освоение порядка выполнения сертификации;
- изучение системы управления качеством и единства измерений.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- нормативно-правовую базу метрологии, стандартизации и сертификации;
- порядок проведения работ по стандартизации, сертификации работ и услуг;
- систему обеспечения единства измерений;
- систему технического нормирования и стандартизации;
- систему подтверждения соответствия.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) объединяет структурные элементы научно-методического обеспечения образования и представляет собой сборник материалов теоретического и практического характера для организации работы студентов специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» дневной и заочной, заочной, интегрированной с программами среднего специального образования, сокращенной форм получения образования по изучению дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация».

## **Структура электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»**

**Теоретический раздел** ЭУМК содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины в виде лекций.

**Практический раздел** ЭУМК содержит материалы для проведения лабораторных учебных занятий в виде методических указаний для выполнения лабораторных работ по дисциплине.

**Раздел контроля знаний** ЭУМК содержит материалы для итоговой аттестации (вопросы к зачету), позволяющие определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации образовательных программ высшего образования.

**Вспомогательный раздел** включает учебную программу учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация».

Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

- лекции проводятся с использованием представленного в ЭУМК материала;
- лабораторные занятия могут проводиться в лаборатории с использованием представленных в ЭУМК методических указаний;
- аттестация проводится в виде зачета, вопросы к которому приведены в разделе контроля знаний.

# 1 Теоретический раздел

[#СтруктураЭУМК](#)

## Конспект лекций по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»

Тема 1 Введение [6](#)

Тема 2 Средства измерений, их метрологические характеристики. Методы измерений [8](#)

Тема 3 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Эталоны и их роль в поддержании единства измерений. Погрешности измерений. [10](#)

Тема 4 Система государственных испытаний средств измерений. [11](#)

Государственная поверка. [11](#)

Тема 5 Основные единицы физических величин. [13](#)

Тема 6 Органы и службы стандартизации. Категории и виды стандартов. [14](#)

Тема 7 Последовательность разработки, утверждения и внедрения стандартов.

Государственный надзор за стандартами и средствами измерений [16](#)

Тема 8 Система предпочтительных чисел и параметрических рядов в практике стандартизации. Количественные методы оптимизации параметров объектов стандартизации. [18](#)

Тема 9 Правила нормирования параметров объектов стандартизации. Комплексная стандартизация. Унификация изделий. Ведущие международные организации по стандартизации. [20](#)

Тема 10 Единая система классификации и кодирования. Унифицированная система документации. [22](#)

Тема 11 Общие понятия о надежности систем теплогасоснабжения и вентиляции. [24](#)

Тема 12 Влияние отказов на показатель качества функционирования систем теплогасоснабжения и вентиляции. Анализ режима водопотребления населенных мест как случайного процесса. [25](#)

Тема 13 Случайные величины и законы их распределения. Простейшие случайные процессы. Процесс Пуассона. [27](#)

Тема 14 Показатели надежности основных элементов систем ТГВ из природных источников. Показатели, характеризующие свойства безотказности, долговечности, ремонтпригодности, комплексные показатели надежности. [29](#)

Тема 15 Использование принципов оптимального резервирования и методы оценки надежности резервированных систем. [30](#)

## Тема 1 Введение

[#ТеоретическийРаздел](#)

Метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Любая наука является состоявшейся, если она имеет свой объект, предмет и методы исследования.

Предметом метрологии является измерение свойств объектов (длины, массы, плотности и т.д.) и процессов (скорость протекания, интенсивность протекания и др.) с заданной точностью и достоверностью.

Объектом метрологии является физическая величина. Метрология изучает методы и средства измерения физических величин с максимальной степенью точности, ее задачи и цели вытекают из самого определения науки.

Основными задачами метрологии являются:

- установление единиц физических величин, государственных эталонов и образцовых средств измерений;
- разработка теории, методов и средств измерений и контроля;
- обеспечение единства измерений и единообразных средств измерений;
- разработка методов оценки погрешностей, состояния средств измерения и контроля;
- разработка методов передачи размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим средствам измерений.

В метрологии используются следующие понятия и их определения:

- физическая величина – это одно из свойств физического объекта, общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого физического объекта;
- единица физической величины – физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение равное единице, и которое применяется для количественного выражения однородных с ней физических величин;
- измерение физических величин – это количественная и качественная оценка физического объекта с помощью средств измерения;
- средство измерения – это техническое средство, имеющее нормированные метрологические характеристики. К ним относятся измерительный прибор, мера, измерительная система, измерительный преобразователь, совокупность измерительных систем;
- мера – это средство измерений, воспроизводящее физическую величину заданного размера;
- принцип измерений – совокупность физических явлений, на которых базируются измерения;
- метод измерений – совокупность приемов и принципов использования технических средств измерений;
- методика измерений – совокупность методов и правил, разработанных метрологическими научно-исследовательскими организациями, утвержденных в законодательном порядке;
- погрешность измерений – это незначительное различие между истинными значениями физической величины и значениями, полученными в результате измерения;
- основная единица измерения – единица измерения, имеющая эталон, который

официально утвержден;

– производная единица – единица измерения, связанная с основными единицами на основе математических моделей через энергетические соотношения, не имеющая эталона;

– точность измерений – это числовое значение физической величины, обратное погрешности, определяет классификацию образцовых средств измерений. По показателю точности измерений средства измерения можно разделить на наивысшие, высокие, средние, низкие.

Стандартизация – это деятельность направления на достижение оптимальной степени упорядочивания в определенной области по средствам установления положений для всеобщего и многократного использования при решении реально существующих или потенциальных задач.

Сертификация – процедура подтверждения соответствия результатов производственной деятельности, товаров, услуг нормативным требованиям на основании которой третья сторона удостоверяет документально, что данная продукция соответствует заданным требованиям.

## Тема 2 Средства измерений, их метрологические характеристики. Методы измерений

[#ТеоретическийРаздел](#)

Средство измерений – это техническое средство или комплекс средств, предназначенное для измерений. Оно имеет нормированные метрологические характеристики, воспроизводящие или хранящие единицу физической величины.

Средство измерений должно реализовывать одну из следующих функций:

- воспроизводить величину заданного размера;
- вырабатывать сигнал, несущий информацию о значении измеряемой

величины.

Такие сигналы могут либо непосредственно восприниматься органами чувств человека, либо проходить через вспомогательные (преобразующие приборы для этого).

Все средства измерений можно классифицировать по двум основным признакам:

1. По метрологическому назначению средства измерения делятся на:

а) Рабочие средства измерения – применяются для проведения технических измерений;

б) Эталоны.

2. По конструктивному исполнению средства измерения делятся на:

а) меры физической величины – это средства измерения, предназначенные для хранения и воспроизведения единицы физической величины;

б) измерительные приборы – это средство измерения, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в заданных пределах. Прибор, как правило, содержит устройство для преобразования измерительной величины, а также индикацию в наиболее доступной для восприятия форме;

в) измерительные преобразователи – это средства измерений, предназначенные для преобразования измерений физической величины в другую величину удобную для переработки, хранения и, при необходимости, дальнейшего преобразования;

г) измерительная установка – это комплекс функционально объединенных мер, измерительных преобразователей, измерительных приборов и других устройств, предназначенных для измерения одной или нескольких физических величин;

д) измерительная система – это совокупность функционально объединенных измерительных приборов, мер, измерительных преобразователей и других технических средств, размещенных в различных точках контролируемого пространства и предназначенных для измерения одной или нескольких физических величин.

Метрологическая характеристика – это характеристика одного из средств измерения влияющая на результат и его погрешность.

Наиболее часто встречающиеся метрологические характеристики средств измерений и контроля:

- цена деления шкалы прибора – это разность величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. Она всегда указывается на шкале прибора.

- длина деления шкалы прибора – это фактическое расстояние между осями (центрами) соседних отметок шкалы прибора.

- начальное и конечное значение шкалы – наименьшее и наибольшее значение измеряемой величины, которые могут быть отсчитаны по шкале данного средства измерения.

- диапазон показаний средства измерений – это область значений шкалы прибора, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы. Существуют средства измерения, начальное значение которых не равно нулю (например, микрометрический нутромер).

- измерительное усилие – это усилие, возникающее в зоне контакта измерительного наконечника прибора с измеряемой поверхностью.

- перепад измерительного усилия – разность измерительного усилия при двух положениях указателя в пределах диапазона показаний.

- чувствительность – это способность средства измерения реагировать на изменения измеряемой величины. Определяется как отношение изменения выходного сигнала средств измерения к вызывающему его изменению измеряемой величины.

- порог чувствительности средств измерения – то наименьшее значение изменения физической величины, с которого возможно начать измерение этой величины данным средством измерения.

- вариация показаний измерительного прибора – это разность показаний прибора в одной и той же точке диапазона показаний при плавном подходе к этой точке показывающего элемента (стрелки) со стороны больших и меньших значений измеряемой величины.

Метод измерений – это приём или совокупность приёмов сравнения измеряемой физической величины с её единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.

Методы измерений определяются видом измеряемых величин, их размерами, требуемой точностью результата, требуемой быстротой процесса измерения и прочими данными.

Наибольшее распространение, на практике, получили прямые измерения из-за их простоты и скорости исполнения.

Прямые измерения можно производить следующим методами, которые можно разделить на две основных группы:

1. Метод непосредственной оценки – значение величины определяют непосредственно по отсчётному устройству мерительного прибора (силу тока по амперметру, массы – по циферблатным весам и т.д.).

2. Метод сравнения с мерой – измеряемую величину сравнивают с величиной воспроизводимой мерой (измерение массы рычажными весами с уравниванием гирями).

### **Тема 3 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Эталоны и их роль в поддержании единства измерений. Погрешности измерений.**

[#ТеоретическийРаздел](#)

Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь – совокупность субъектов обеспечения единства измерений, законодательства об обеспечении единства измерений, Государственного информационного фонда по обеспечению единства измерений, мер по государственному регулированию в области обеспечения единства измерений, включая государственный метрологический надзор, а также работ по метрологической оценке.

Основной целью обеспечения единства измерений в Республике Беларусь является защита прав и законных интересов государства, юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и иных физических лиц от последствий неточных и неправильно выполненных измерений.

Для обеспечения единства измерений в Республике Беларусь Госстандартом создана государственная метрологическая служба.

Государственная метрологическая служба включает национальный метрологический институт и другие юридические лица (центры стандартизации, метрологии и сертификации), подчиненные Госстандарту и уполномоченные им на проведение испытаний в целях утверждения типа средства измерений или утверждения типа стандартного образца, работ по метрологической оценке в сфере законодательной метрологии.

В качестве национального метрологического института Госстандартом определено Республиканское унитарное предприятие «Белорусский государственный институт метрологии».

Национальные эталоны единиц величин образуют эталонную базу Республики Беларусь. Эталоны разрабатываются в рамках Государственной научно-технической программы «Национальные эталоны и высокотехнологичное исследовательское оборудование».

Эталоны физических величин – это средство измерения, предназначенное для воспроизведения и хранения физической величины с целью ее передачи другим средствам измерения данной величины.

Все эталоны делятся на два больших вида:

1 Государственный первичный эталон. Он утвержден в качестве исходного для всей страны.

2 Вторичные эталоны, которые делятся на четыре группы:

а) эталоны – свидетели. Они предназначены для замены государственного первичного эталона в случае его порчи или утраты.

б) эталоны – сравнения. Служат для сличения эталонов, которые по каким либо причинам не могут непосредственно сличаться друг с другом.

в) эталоны – копии. Используются для передачи размеров к рабочим эталонам.

г) рабочие эталоны. Применяются для контроля качества продукции, а также для поверки рабочих средств измерения.

## **Тема 4 Система государственных испытаний средств измерений. Государственная поверка.**

[#ТеоретическийРаздел](#)

Научно-исследовательский центр испытаний средств измерений и техники (НИЦИСИиТ БелГИМ) является аккредитованным испытательным центром юридического лица, входящего в государственную метрологическую службу – Белорусского государственного института метрологии.

Государственные испытания средств измерений проводят с целью утверждения типа (государственные приемочные испытания) и подтверждения соответствия выпускаемых средств измерений утвержденному типу (государственные контрольные испытания).

Государственным приемочным испытаниям подлежат:

- а) опытные образцы новых типов средств измерений;
- б) средства измерений, предназначенные для серийного выпуска в Республике Беларусь;
- в) средства измерений, изготавливаемые за пределами Республики Беларусь и ввозимые на территорию Республики Беларусь из-за границы партиями.

Поверка средств измерений - составная часть метрологического контроля, включающая выполнение работ, в ходе которых подтверждаются и определяется соответствие СИ требованиям законодательства РБ об обеспечении единства измерений.

Поверку СИ, предназначенных для применения в сфере законодательной метрологии, проводят юридические лица государственной метрологической службы (ГМС). По решению Госстандарта право поверки СИ, предназначенных для применения в сфере законодательной метрологии, может быть предоставлено аккредитованным поверочным лабораториям других юридических лиц. Деятельность этих лабораторий осуществляется в соответствии с действующим законодательством и ТНПА по обеспечению единства измерений, утверждаемым Госстандартом. Результатом поверки является подтверждение пригодности СИ к применению или признание СИ непригодным к применению. Поверка производится в соответствии с методикой поверки.

Виды поверок:

1. Первичная поверка (подлежат СИ утвержденных типов при выпуске из производства и при ввозе по импорту. Результаты первичной поверки заносятся в формуляр (паспорт) СИ);
2. Периодическая поверка (подлежат СИ, находящиеся в эксплуатации или на хранении, через установленные межповерочные интервалы. Периодичность поверки СИ, применяемых в сфере законодательной метрологии, устанавливает Госстандарт);
3. Внеочередная поверка (проводится до окончания срока действия периодической поверки в следующих случаях: после ремонта СИ; при необходимости подтверждения пригодности СИ к применению; при вводе СИ в эксплуатацию, отправке (продаже) потребителю, а также перед передачей в аренду, в том числе прокат СИ по истечении половины МПИ на них; при отсутствии доказательств прохождения поверки (повреждения поверительного клейма или пломбы, ограничивающие доступ к определенным частям СИ в целях предотвращения несанкционированной настройки и вмешательства, которые могут привести к искажению результатов измерений и (или) утери документов, подтверждающих

прохождение СИ первичной или периодической поверки);

4. Инспекционная поверка (проводят для выявления пригодности к применению СИ при осуществлении государственного метрологического надзора. Инспекционную поверку допускается проводить не в полном объеме, предусмотренном методикой поверки. Результаты инспекционной поверки отражают в акте проверки. Инспекционную поверку проводят в присутствии представителя проверяемого юридического или физического лица. Если в результате проведения инспекционной поверки выявлено несоответствие СИ установленным требованиям, то свидетельство о предыдущей поверке аннулируют и гасят поверительное клеймо);

5. Экспертная поверка (проводится при возникновении спорных вопросов по исправности СИ и пригодности их к применению. Экспертная поверка СИ, как правило, проводится поверителем государственной метрологической службы в объеме, установленном в методике поверки для периодической поверки).

## Тема 5 Основные единицы физических величин.

[#ТеоретическийРаздел](#)

В 1960 г. XI Генеральная конференция по мерам и весам принимает международную систему и присваивает ей наименование “Международная система единиц” (System International – SI, в русской транскрипции – СИ), в которой в качестве основных приняты единицы: метр, килограмм, секунда, Ампер, Кельвин, кандела. Позже в качестве основной в систему единиц была введена единица количества вещества – моль.

Физическая величина — одно из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

Качественная сторона понятия физическая величина определяет род величины (длина, масса), а количественная ее «размер» (длина, масса конкретного объекта). Размер физической величины существует объективно независимо от того знаем мы его или нет.

Различают семь основных физических величин, которые характеризуют фундаментальные свойства материального мира:

- длина;
- масса;
- время;
- сила электрического тока;
- термодинамическая температура;
- количество вещества;
- сила света.

Величины делятся на реальные и идеальные. Идеальные величины являются моделью реальных понятий и используются в основном в математике. Физические величины свойственны реальным объектам, явлениям и процессам. Реальные величины делятся на физические и нефизические. Нефизические величины используются в нефизических науках — экономике, философии, социологии и т.п.

Физические величины разумно разделить на измеряемые и оцениваемые.

Измеряемые физические величины могут быть выражены количественно в виде определенного числа установленных единиц измерения. Возможность введения и использования единиц измерения является отличительным признаком измеряемой физической величины.

Если для физической величины нельзя ввести единицу измерения, то она относится к оцениваемым. Величины оценивают и измеряют при помощи шкал.

## Тема 6 Органы и службы стандартизации. Категории и виды стандартов.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Государственная система стандартизации Республики Беларусь – совокупность государственных организационных структур, структур в отраслях народного хозяйства Беларуси, определенного порядка и правил их взаимодействия при выполнении работ по стандартизации. Она имеет следующую структуру:

1. Комитет по стандартизации, метрологии и сертификации (Белстандарт), в функции которого входят:
  - а) осуществление государственной политики в области стандартизации;
  - б) обеспечение функционирования и развития государственной системы стандартизации, в том числе обороны, установления в стандартах обязательных требований к продукции;
  - в) организация работ по гармонизации технических норм и требований стандартов Республики Беларусь с международными и межгосударственными стандартами;
  - г) организация разработки, экспертизы, утверждения и государственной регистрации нормативной документации по стандартизации, ее издание и обеспечение ею заинтересованных лиц;
  - д) осуществление государственного надзора за стандартами в объединениях, организациях, предприятиях и у граждан-предпринимателей;
  - ж) утверждение головных и базовых организаций по стандартизации, технических комитетов;
  - з) представление Республики Беларусь в международных организациях.
2. Министерство строительства и архитектуры. Оно осуществляет руководство деятельностью по стандартизации в области строительства и архитектуры.
3. Территориальные органы Белстандарта – центры стандартизации и метрологии, осуществляющие функции и права Белстандарта в пределах установленных для них полномочий.
4. Подразделения (службы) стандартизации в министерствах (ведомствах), создаваемые для организации и координации работ по стандартизации в соответствующих отраслях.
5. Головные организации по стандартизации, создаваемые для осуществления организационно-методического и научно-технического руководства работами в области стандартизации в пределах установленной для них специализации.
6. Базовые организации по стандартизации, создаваемые для научно-технического руководства работами по стандартизации по группам продукции и обеспечения технического единства по ним.
7. Республиканские технические комитеты по стандартизации (ТК), задача которых состоит в организации и осуществлении разработки, согласования и подготовки к утверждению госстандартов Республики Беларусь, других нормативных документов по стандартизации, а также проведении работ по международной и межгосударственной стандартизации по направлению деятельности соответствующего технического комитета.

Службы стандартизации предприятий, обеспечивающих выполнение работ по стандартизации и контролю за соблюдением требований стандартов на предприятиях.

Головные и базовые организации назначаются Белстандартом или Министерством строительства и архитектуры по представлению министерств из

организаций с высоким научно-техническим потенциалом в соответствующих областях науки и техники.

Технические комитеты создаются на базе предприятий, специализирующихся на определенных видах деятельности с привлечением на договорной основе полномочных представителей заинтересованных предприятий и организаций, органов стандартизации сертификации, общественных организаций, потребителей и экспертов.

В процессе стандартизации вырабатываются нормы, правила, требования, характеристики объекта стандартизации, которые оформляются в виде нормативного документа.

В зависимости от назначения и содержания ГСС РБ делит стандарты на следующие виды:

- стандарты основополагающие;
- стандарты на продукцию и услуги;
- стандарты на методы контроля (испытаний, измерений, анализа);
- стандарты на процессы.

Основополагающие стандарты подразделяются на организационно-методические и общетехнические.

## **Тема 7 Последовательность разработки, утверждения и внедрения стандартов. Государственный надзор за стандартами и средствами измерений**

[#ТеоретическийРаздел](#)

Государственные стандарты не являются объектом авторского права.

Порядок разработки, согласования, утверждения, государственной регистрации и обновления государственных стандартов устанавливается в соответствующих технических нормативных правовых актах.

Разработчиками государственных стандартов являются, как правило, технические комитеты (ТК) по стандартизации, предприятия и организации (разработчики, изготовители, потребители продукции) в соответствии с заданием плана государственной стандартизации.

План составляется на основании заявок, которые могут представлять в ТК предприятия, граждане, занимающиеся индивидуальной трудовой деятельностью, органы управления. В заявках должна быть обоснована необходимость работы над стандартом. С учетом поступивших предложений формируется полный объем работы на год.

При получении заказа организация-разработчик заключает договор на разработку с организацией-заказчиком, при необходимости определяет исполнителей, составляет техническое задание и представляет его на утверждение в организацию-заказчик. Техническое задание подлежит согласованию с Госстандартом, если он не является заказчиком.

Стадии разработки:

- подготовка к разработке стандарта;
- разработка проекта стандарта;
- направление на отзыв;
- разработка окончательной редакции проекта стандарта;
- утверждение и регистрация;
- информация;
- издание.

Организация-разработчик разрабатывает проект стандарта, пояснительную записку и план мероприятий по внедрению стандарта.

Проект стандарта вместе с пояснительной запиской направляется на отзыв в организации, указанные в техническом задании.

При наличии разногласий проводится согласительное совещание с приглашением представителей, сделавших замечания. Решения совещания оформляют протоколом.

Окончательную редакцию проекта согласовывают с организациями, указанными в техническом задании. В общем случае проект стандарта согласовывают с заказчиком, с профсоюзными органами и органами госнадзора (в пределах их компетенции).

Окончательная редакция проекта стандарта и сопроводительные документы направляются в Госстандарт на рассмотрение и проведение экспертизы. Госстандарт утверждает проект или принимает решение о возвращении на доработку.

Утвержденный Госстандартом Республики Беларусь государственный стандарт вводится в действие после его государственной регистрации. Срок введения в действие государственного стандарта - не ранее 60 календарных дней со дня официального опубликования информации о его государственной регистрации.

Право официального издания государственных стандартов принадлежит Госстандарту (Минстройархитектуры).

## Тема 8 Система предпочтительных чисел и параметрических рядов в практике стандартизации. Количественные методы оптимизации параметров объектов стандартизации.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Предпочтительным числам свойственны определенные математические закономерности. Наипростейшие ряды предпочтительных чисел строятся на основе арифметической прогрессии.

Ряды предпочтительных чисел, основанные на арифметической прогрессии используются, в параметрической стандартизации, редко (ГОСТ на размер обуви). Достоинства: простота. Недостаток: относительная неравномерность.

С древнейших времен для построения рядов предпочтительных чисел использовалась геометрическая прогрессия. Геометрическая прогрессия имеет ряд полезных свойств, используемых в стандартизации и являющихся ее достоинствами:

1. относительная разность между двумя любыми соседними членами ряда постоянна;
2. произведение или частное любых членов прогрессии является членом той же прогрессии;
3. целая положительная степень любого члена прогрессии является членом этой прогрессии.

Недостатком ее является то, что сумма и разность двух членов геометрической прогрессии в общем случае не является членом этой прогрессии. Члены геометрической прогрессии в десятичной системе не являются круглыми числами и при использовании их надо округлять. Исключение составляет прогрессия со знаменателем 10.

Ряды предпочтительных чисел, основанные на геометрической прогрессии, должны удовлетворять следующим требованиям:

- представлять собой рациональную систему градации отвечающую потребностям производства и эксплуатации;
- быть бесконечными как в сторону малых, так и в сторону больших значений, т.е. допускать неограниченное развитие параметров или размеров в направлении их увеличения или уменьшения;
- включать все десятичные значения любого члена и единицу;
- быть простыми и легко запоминающимися.

Ряды предпочтительных чисел строятся на основе геометрической прогрессии со знаменателем вида  $q = \sqrt[n]{10}$ , где  $n=5, 10, 20, 40, 80, 160$ .

Соответствующие им ряды обозначаются: R5, R10, R20, R40 – основные ряды; R80, R160 – дополнительные ряды.

Для использования на практике рекомендуют пользоваться основными рядами (желательно R5).

Обозначения рядов предпочтительных чисел.

R5, R10, R20, R40 являются рядами неограниченными никакими пределами.

Ряды с ограниченными пределами обозначаются:

R40 (75 ... 300) – это основной ряд R40, ограниченный сверху и снизу членами 75 и 300 и включающий оба эти члена.

R40 (75 ...) – это основной ряд R40, ограниченный снизу членом 75 включительно.

R40 (... 300) – это основной ряд R40, ограниченный сверху членом 300 включительно.

В стандартизации используются выборочные ряды. Они применяются в тех случаях, когда ни одна из градаций основных рядов не удовлетворяет поставленным требованиям. Обычно по выборочным рядам строят ряды параметров и размеров, являющихся функциями других параметров и размеров, для которых градации приняты по основным рядам. Выборочные ряды предпочтительных чисел получают отбором каждого 2, 3, 4 ... n члена ряда, начиная с любого члена ряда.

R20/3 (14 ... 40) - это выборочный ряд, составленный из каждого третьего члена основного ряда R20, ограниченного сверху и снизу членами 14 и 40 включительно.

## **Тема 9 Правила нормирования параметров объектов стандартизации. Комплексная стандартизация. Унификация изделий. Ведущие международные организации по стандартизации.**

[#ТеоретическийРаздел](#)

Комплексная стандартизация (КС) - это стандартизация, при которой осуществляется целенаправленное и планомерное установление и применение системы взаимосвязанных требований как к самому объекту КС в целом и его основным элементам, так и к материальным и нематериальным факторам, влияющим на объект, в целях обеспечения оптимального решения конкретной проблемы.

Сущность КС сводится к систематизации, оптимизации и увязке всех взаимодействующих факторов, обеспечивающих экономически оптимальный уровень качества.

Эффективным средством организации работ по комплексной стандартизации является разработка и реализация программ комплексной стандартизации, позволяющих организовать разработку комплекса взаимосвязанных стандартов и технических условий, координировать действия большого числа организаций-исполнителей.

Унификация – это выбор оптимального числа разновидностей продукции, процессов, услуг, значений их параметров и размеров. (ГОСТ).

Унификация – это форма стандартизации, заключающаяся в том, что две или несколько спецификаций объединяются в одну таким образом, чтобы получившиеся изделия были взаимозаменяемыми при использовании. (ИСО) Практически это означает, что унификация имеет целью сократить разнообразие изделий, машин, деталей, агрегатов по сравнению с разнообразием систем в которых они применяются.

Основными целями унификации являются:

1. сокращение сроков разработки, подготовки производства, изготовления продукции, проведения технического обслуживания и ремонта изделий;
2. создание условий при проектировании и производстве для обеспечения высокого качества изделий и взаимозаменяемости их составных частей в эксплуатации;
3. снижение затрат на проектирование и изготовление изделий.

Для достижения этих целей работы по унификации проводятся в следующих направлениях:

1. использование во вновь разработанных группах изделий близкого функционального назначения ранее спроектированных освоенных в производстве составных элементов;
2. разработка унифицированных элементов для применения во вновь разрабатываемых и модернизируемых изделиях;
3. разработка и выбор базовых конструкций;
4. разработка конструктивно унифицированных рядов и изделий;
5. ограничение номенклатуры разрешаемых к применению изделий и материалов.

Унификация бывает: типоразмерной, внутритиповой и межтиповой.

Типоразмерная унификация осуществляется в изделиях одинакового функционального назначения отличными друг от друга числовыми значениями главного параметра.

Внутри типовая унификация осуществляется в изделиях одного и того же функционального назначения, имеющего одинаковое значение главного параметра, но отличающаяся конструктивным исполнением отдельных составных частей.

Меж типовая унификация осуществляется в изделиях разного типа и различного конструктивного исполнения.

Работы по унификации могут проводиться на трех уровнях: заводском, отраслевом, межотраслевом.

К межотраслевой относят унификацию изделий и их элементов одинакового или близкого функционального назначения, изготавливаемых двумя или несколькими отраслями промышленности. К отраслевой и заводской унификации относят унификацию изделий изготавливаемых одной отраслью и одним предприятием.

Работы по унификации проводят в следующей последовательности:

1. определяют номенклатуру изделий подлежащих унификации; определяют вид и уровень унификации;
2. проводят сбор и анализ чертежей унифицируемых изделий, а также классификацию чертежей в соответствии с поставленной задачей;
3. разрабатывают новую конструкцию, либо выбирают одну из существующих в качестве унифицированной продукции, которая сможет заменить все ранее применявшиеся;
4. устанавливают оптимальное количество типоразмеров и разрабатывают стандарт на конструктивно унифицированный ряд изделий (результат унификации всегда заканчивается разработкой стандарта);
5. организуется специализированное производство.

## **Тема 10 Единая система классификации и кодирования. Унифицированная система документации.**

[#ТеоретическийРаздел](#)

### **Основные термины и определения**

Классификация (по СТБ 6.01.1-2001 «ЕСКК ТЭСИ. Основные положения») – разделение множества объектов на подмножества по их сходству или различию в соответствии с принятыми методами.

Система классификации – совокупность методов и правил классификации и ее результат.

Объектом классификации – элемент классифицируемого множества.

Классификационная группировка – подмножество объектов, полученное в результате классификации.

Признак классификации – свойство или характеристика объекта, по которому производится классификация.

Кодирование – образование и присвоение кода классификационной группировке или объекту классификации.

Система кодирования – совокупность методов и правил кодирования классификационных группировок и объектов классификации заданного множества.

Код – знак или совокупность знаков, принятых для обозначения классификационной группировки или объекта классификации. Разряд кода – позиция знака в коде.

### **Методы классификации и кодирования объектов**

Основными методами классификации объектов являются: - иерархический; - фасетный.

Иерархический метод классификации – метод классификации, при котором заданное множество последовательно делится на подчиненные подмножества.

Фасетный метод классификации – метод классификации, при котором заданное множество объектов последовательно делится на подмножества независимо, по различным признакам классификации.

Основными методами кодирования объектов являются: - последовательный; - параллельный; - порядковый; - серийно-порядковый.

Последовательный метод кодирования – метод кодирования, при котором код классификационной группировки и (или) объекта классификации включает код классификационной группировки, полученной на предыдущей ступени классификации при иерархическом методе классификации.

Ступенью классификации называется этап классификации при иерархическом методе, результатом которого является совокупность классификационных группировок.

Параллельный метод кодирования – метод кодирования, при котором признаки классификации при фасетном методе кодируются независимо друг от друга определенными разрядами или группой разрядов кодового обозначения.

Порядковый метод кодирования – метод кодирования, при котором код образуется из чисел натурального ряда.

Серийно-порядковый метод кодирования – метод кодирования, при котором код образуется из чисел натурального ряда с закреплением отдельных серий или диапазонов этих чисел за объектами классификации с одинаковыми признаками.

Единая система классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации Республики Беларусь (ЕСКК ТЭСИ)

В Республике Беларусь состав, содержание и проведение работ по классификации и кодированию устанавливаются Единой системой классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации Республики Беларусь (ЕСКК ТЭСИ).

Технико-экономическая информация – информация о технико-экономических показателях производственной и непроизводственной сферы деятельности.

Социальная информация – информация о социальных и демографических процессах (рождаемость, смертность, прирост, эмиграция и иммиграция населения, социальное обеспечение и обслуживание и т.д.).

Объектами классификации и кодирования являются технико-экономические и социальные объекты и их свойства, используемые при управлении экономикой.

Целью ЕСКК ТЭСИ является информационное обеспечение процессов управления экономикой на основе применения средств вычислительной техники.

Основными задачами ЕСКК ТЭСИ являются:

- создание условий для формирования единого информационного пространства на территории Республики Беларусь;
- обеспечение совместимости информационных систем и ресурсов;
- обеспечение межотраслевого обмена информационными ресурсами;
- обеспечение методического и организационного единства в области разработки, ведения и применения классификаторов;
- создание комплекса взаимоувязанных классификаторов и обеспечение их ведения;
- обеспечение условий для автоматизации процессов обработки информации; - гармонизация общегосударственных классификаторов с международными и региональными классификациями и стандартами.

## Тема 11 Общие понятия о надежности систем водоснабжения и водоотведения.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Надежность является одним из важнейших свойств, которым должны обладать системы водоснабжения и водоотведения.

Надежность систем ВиВ города — комплексная характеристика, функционально определяющая работоспособность всех конструктивных звеньев, входящих в его состав: трубопроводов, оборудования трубопроводов (запорная, предохранительная арматура и пр.), сооружений на сети.

В теории надежности используются следующие основные понятия:

Работоспособное состояние – состояние объекта при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

Неработоспособное состояние – состояние объекта при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующих способность выполнять заданные функции, не соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

Предельное состояние – состояние объекта, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно.

Повреждение – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта, при этом его работоспособное состояние может сохраняться. Отказы классифицируют:

- а.) по характеру проявления – внезапные и постепенные;
- б.) по стадиям эксплуатации объекта – приработочные и деградационные;
- в.) по причинам возникновения – конструктивные, производственные и эксплуатационные;
- г.) по последствиям – критические и не критические (существенные и несущественные).

Отказ – событие, которое заключается в нарушении работоспособного состояния объекта.

В теории надежности все объекты принято делить на два больших класса: восстанавливаемые и невосстанавливаемые.

В понятие надежности входит ряд свойств объекта: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки.

Долговечность – свойство объекта, заключающееся в его способности не достигать предельного состояния в течение некоторого времени при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Сохраняемость – свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способности объектов выполнять требуемые функции в течение и после хранения или транспортирования.

Ремонтпригодность – свойство объекта в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

## Тема 12 Влияние отказов на показатель качества функционирования систем водоснабжения.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Система водоснабжения подвержена влиянию случайных факторов, которые необходимо прогнозировать. Для расчета параметров системы необходимо знать возможные источники случайных воздействий, а также их количественные характеристики.

Случайные воздействия внешней среды (климата, времени года, метеорологических условий и т. д.), отклонения от нормального режима водопотребления внутри самой системы (включение непредвиденного количества пожарной техники, обусловленное ростом уровня пожарной опасности объектов; чрезмерное потребление воды на хозяйственно-питьевые нужды в результате улучшения уровня санитарно-технического обеспечения и др.) бывают настолько значительными, что могут привести к существенному изменению параметров работы системы. Поэтому оценке влияния указанных факторов необходимо уделять серьезное внимание при проектировании новых и реконструкции существующих систем.

Несмотря на это, влияние случайных факторов далеко не всегда учитывается, и фактические условия работы системы часто существенно отличаются от условий, на которые она была рассчитана при проектировании. Например, режим водопотребления при тушении пожаров зависит от большого числа причин, которые трудно учесть и фактические расходы воды могут существенно превысить нормативные. Следует также отметить, что потребление воды для тушения пожаров увеличивается из года в год.

Наряду с этим модернизируется техника для отбора воды на противопожарные нужды и увеличивается производительность пожарных автонасосов. В то же время не исключено, что параметры работы системы водоснабжения, определяющие характеристики ее функционирования в течение определенного срока службы, будут ниже характеристик функционирования новой пожарной техники. Это приведет к спаду функционирования системы водоснабжения.

Определение влияния отказов на качество бесперебойного водообеспечения является предметом исследования надежности систем водоснабжения.

При разработке критериев и норм надежности водообеспечения и выборе номенклатуры соответствующих параметров необходимо учитывать конструкции водопроводных сооружений системы на стадии проектирования, а также прогнозы развития пожарной техники. Вероятность нормального функционирования системы водоснабжения зависит не только от правильного определения продолжительности отбора воды, но и от расчета продолжительности восстановления израсходованного количества воды при пожаре. Для определения уровня качества работы системы необходимо иметь математическую модель для определения характеристик состояний системы в зависимости от ее параметров.

Состояние отказа характеризует частичную или полную утрату качества функционирования. Система водоснабжения может находиться в состоянии полного или частичного отказа.

Отказ — событие, при котором технологические показатели работы системы водоснабжения выходят за пределы сформулированного понятия работоспособности.

Полный отказ — отказ, в результате которого система становится неспособной выполнять заданные функции. Частичный отказ — отказ элементов системы, после которого система еще способна выполнять заданные функции.

К отказам относятся недопустимые отклонения параметров от требуемых значений водообеспечения, временные нарушения водообеспечения системой или выход системы из строя с полным прекращением подачи воды. Требуемое водообеспечение в данном случае представляет собой значение, минимизирующее приведенные капиталовложения, издержки эксплуатации и затраты на возмещение последствий от пожаров, вызванных нарушением бесперебойного водообеспечения за нормативный (заданный) срок службы системы. Видимо, оптимальному значению водообеспечения отвечает определенная вероятность или допустимый риск.

Состояние отказа для систем водоснабжения может быть сформулировано как:

- любой кратковременный перерыв в подаче воды для тушения пожара; нарушение режима водообеспечения, заданного нормами расхода и напора воды, подаваемой для противопожарных нужд;

- перерыв в водоснабжении хотя бы одного потребителя;

- перерыв в водоснабжении части потребителей;

- полное прекращение водоснабжения потребителей;

- перерыв в водоснабжении на время, превышающее регламентированное для данной группы потребителей, и др.

Система водоснабжения подвержена влиянию случайных факторов, которые необходимо прогнозировать. Для расчета параметров системы необходимо знать возможные источники случайных воздействий, а также их количественные характеристики. Случайные воздействия внешней среды (климата, времени года, метеорологических условий и т. д.), отклонения от нормального режима водопотребления внутри самой системы (включение непредвиденного количества пожарной техники, обусловленное ростом уровня пожарной опасности объектов; чрезмерное потребление воды на хозяйственно-питьевые нужды в результате улучшения уровня санитарно-технического обеспечения и др.) бывают настолько значительными, что могут привести к существенному изменению параметров работы системы. Поэтому оценке влияния указанных факторов необходимо уделять серьезное внимание при проектировании новых и реконструкции существующих систем.

Обеспечение надежности системы водоснабжения, как и других систем массового обслуживания, является одной из основных задач при их проектировании. Система должна быть запроектирована и построена так, чтобы в процессе эксплуатации она выполняла свои функции с заданной степенью бесперебойности. Поскольку функцией систем водоснабжения является подача потребителям воды в соответствии с заданным режимом потребления, то выполнению этих условий отвечает работоспособное состояние системы. Если в результате каких-либо причин снижается качество водообеспечения объекта ниже допустимого предела, то имеет место «отказ» системы.

Надежность систем подачи воды достигается структурным резервированием отдельных элементов системы, т. е. параллельным включением нескольких взаимозаменяемых элементов или путем «временного» резервирования.

## Тема 13 Случайные величины и законы их распределения. Простейшие случайные процессы. Процесс Пуассона.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Случайной величиной называется величина, которая в результате испытаний, проводимых в одних и тех же условиях, принимает различные, вообще говоря, значения, зависящие от не учитываемых случайных факторов. Примеры случайных величин: число выпавших очков на игральной кости, число дефектных изделий в партии, отклонение точки падения снаряда от цели, время безотказной работы устройства и т. п. Различают дискретные и непрерывные случайные величины.

Дискретной называется случайная величина, возможные значения которой образуют счетное множество, конечное или бесконечное (т.е. такое множество, элементы которого могут быть занумерованы).

Непрерывной называется случайная величина, возможные значения которой непрерывным образом заполняют некоторый конечный или бесконечный интервал числовой оси. Число значений непрерывной случайной величины всегда бесконечно.

Случайные величины будем обозначать заглавными буквами конца латинского алфавита:  $X, Y, \dots$ ; значения случайной величины – строчными буквами:  $x, y, \dots$ . Таким образом,  $X$  обозначает всю совокупность возможных значений случайной величины, а  $x$  – некоторое ее конкретное значение.

Простейшие случайные процессы.

Функцию, значение которой при каждом значении независимой переменной является случайной величиной, называют случайной функцией. Случайные функции, для которых независимой переменной является время  $t$ , называют случайными процессами или стохастическими процессами.

Случайный процесс  $X(t)$  не есть определенная кривая, он является множеством определенных кривых  $x_i(t)$ , где  $i, \dots, n$ , получаемых в результате отдельных опытов. Каждую кривую этого множества называют реализацией случайного процесса. Сказать заранее, по какой из реализаций пойдет процесс, невозможно.

Процесс Пуассона.

Процесс Пуассона описывает поток однородных событий, для которого число событий в интервале  $A$  не зависит от чисел событий в любых интервалах, не пересекающихся с  $A$ , и имеет экспоненциальное распределение с параметром  $\lambda(A)$ . В теории случайных процессов описывает количество наступивших случайных событий, происходящих с постоянной интенсивностью.

Различают два вида процессов Пуассона: простой (или просто: процесс Пуассона) и сложный (обобщенный).

Свойства простейшего потока:

1. Стационарность (вероятность появления  $k$  событий за время  $t$  зависит только от  $k$  и  $t$ );
2. Отсутствие последствий (вероятность появления  $k$  событий в течение промежутка времени  $(T, T+0)$  не зависит от того, сколько событий и как появлялось до момента  $T$ );
3. Ординарность (вероятность появления более одного события за малый промежуток времени есть бесконечно малая более высокого порядка).

Поток Пуассона служит для моделирования различных реальных потоков: несчастных случаев, потока заряженных частиц из космоса, отказов оборудования и других. Так же возможно применение для анализа финансовых механизмов, таких как

поток платежей и других реальных потоков. Для построения моделей различных систем обслуживания и анализа их пригодности.

Использование потоков Пуассона значительно упрощает решение задач систем массового обслуживания, связанных с расчетом их эффективности. Но необоснованная замена реального потока потоком Пуассона там, где это недопустимо, приводит к грубым просчетам.

## **Тема 14 Показатели надежности основных элементов систем водоснабжения из природных источников. Показатели, характеризующие свойства безотказности, долговечности, ремонтпригодности, комплексные показатели надежности.**

[#ТеоретическийРаздел](#)

Системы водоснабжения представляют собой комплекс сооружений, оборудования и трубопроводов, обеспечивающих забор воды из природного источника, очистку и обработку, транспортирование и подачу потребителям требуемых расходов, качества под необходимыми напорами.

Кроме того, система водоснабжения должна обладать определенной степенью надежности, т.е. Обеспечивать снабжение потребителей водой без снижения установленных показателей своей работы в отношении количества и качества подаваемой воды (перерывы в подаче воды, снижение подачи воды, ухудшение ее качества в недопустимых пределах).

Перечислим основные элементы систем водоснабжения и укажем их назначение:

- водозаборные сооружения, предназначенные для забора воды из природного источника и первичной очистки;
- водоподъемные сооружения, т.е. насосные станции, подающие под необходимым напором воду к местам очистки, хранения или потребления;
- сооружения для очистки и улучшения качества природной воды;
- водоводы и водопроводные сети, служащие для транспортирования и подачи воды потребителям;
- регулирующие и запасные емкости, предназначенные для сохранения и аккумуляции воды.

В системах обратного водоснабжения есть также сооружения для очистки и охлаждения отработанной воды. Кроме того, во всех системах поверхностного водоснабжения существуют сооружения для очистки сточных вод.

## **Тема 15 Использование принципов оптимального резервирования и методы оценки надежности резервированных систем.**

[#ТеоретическийРаздел](#)

Обеспечение надежности системы водоснабжения, как и других систем массового обслуживания, является одной из основных задач при их проектировании. Система должна быть запроектирована и построена так, чтобы в процессе эксплуатации она выполняла свои функции с заданной степенью бесперебойности. Поскольку функцией систем водоснабжения является подача потребителям воды в соответствии с заданным режимом потребления, то выполнению этих условий отвечает работоспособное состояние системы. Если в результате каких-либо причин снижается качество водообеспечения объекта ниже допустимого предела, то имеет место «отказ» системы. Надежность систем подачи воды достигается структурным резервированием отдельных элементов системы, т. е. параллельным включением нескольких взаимозаменяемых элементов или путем «временного» резервирования.

Структурное резервирование. Примером нерезервированной системы подачи воды является водопровод из нескольких  $n$  последовательно включенных элементов. Его работоспособное состояние обеспечивается только при исправности всех элементов; отказ любого элемента вызывает полный отказ всей системы.

Нерезервированной являются две линии, включенные параллельно между точкой подачи А и точкой отбора Б при условии, что для бесперебойной подачи воды необходима одновременная работа обеих линий. Предположим, что отказу системы отвечает снижение подачи воды более чем до 70%. По тракту 1 может быть подано 60%, по тракту 2 — 40% (или 50%) требуемого расхода воды. Подобная система не является резервированной, так как авария любого тракта приводит к снижению подачи более допустимого предела.

Надежность такой системы уменьшается с увеличением числа элементов и всегда меньше надежности каждого ее элемента.

Кольцевая водопроводная сеть является резервированной системой. Большинство точек отбора воды соединено с точками питания сети многими возможными путями, поэтому аварии отдельных участков сети не нарушают существенно процесса водообеспечения.

Следует отметить, что увеличение роста водопотребления населенных пунктов по сравнению с прогнозом водообеспечения вызывает необходимость развития системы водоснабжения путем реконструкции и модернизации водопроводных сооружений за счет увеличения числа водоводов, прокладки дополнительных магистралей сети, замены агрегатов на насосных станциях и установок на очистных сооружениях более мощными, а иногда строительства более совершенных источников и водозаборов.

Временное резервирование. Вторым способом увеличения надежности является использование резервных и аккумулирующих емкостей для хранения запасов воды в период ремонта отказавших элементов. Наиболее распространенным методом временного резервирования является устройство запасного резервуара в конечной точке водовода. Вместимость резервуара в этом случае должна быть достаточной для снабжения объекта на время ликвидации аварии водовода. В ряде случаев при резервуаре устраивают для этой цели насосную станцию.

Различают общее и отдельное резервирование. Общим называют метод повышения надежности, при котором резервируется объект (система) в целом, отдельным – метод резервирования отдельных элементов системы.

Различают элементы основные и резервные. Основной элемент необходим для выполнения объектом требуемых функций при отсутствии отказов его элементов. Резервный элемент предназначен для выполнения функции основного элемента в случае отказа последнего.

Основные виды резервирования:

- временное резервирование (резервирование с применением резервов времени);
- структурное резервирование (резервирование с применением резервных элементов структуры объекта);
- постоянное резервирование (резервирование без перестройки структуры объекта при возникновении отказа его элемента);
- динамическое резервирование (резервирование с перестройкой структуры объекта при возникновении отказа его элемента);
- резервирование замещением (динамическое резервирование, при котором функции основного элемента передаются резервному только после отказа основного элемента);
- скользящее резервирование (резервирование замещением, при котором группа основных элементов объекта резервируется одним или несколькими резервными элементами, каждый из которых может заменить любой отказавший основной элемент в данной группе);
- дублирование (резервирование с кратностью резерва один к одному).

## 2 Практический раздел

[#СтруктураЭУМК](#)

### Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»

*Лабораторная работа №1* **34**

*Лабораторная работа №2* **37**

*Лабораторная работа №3* **41**

*Лабораторная работа №4* **47**

*Лабораторная работа №5* **50**

*Лабораторная работа №6* **52**

*Лабораторная работа №7* **57**

*Лабораторная работа №8* **60**

*СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ* **65**

## ВВЕДЕНИЕ

[#ПрактическийРаздел](#)

В нашей жизни в связи с развитием науки, техники, разработкой новых технологий, эталонов и средств измерений, измерения охватывают более современные физические величины, расширяются диапазоны измерений. Постоянно растут требования к точности измерений.

В таких условиях, чтобы разобраться с вопросами и проблемами измерений, метрологического обеспечения и обеспечения единства измерений, нужен единый научный и законодательный фундамент, обеспечивающий в практической деятельности высокое качество измерений, независимо от того, где и с какой целью они проводятся. Таким фундаментом является метрология.

Метрология занимает особое место среди технических наук, т.к. метрология впитывает в себя самые последние научные достижения и это выражается в совершенстве ее эталонной базы и способов обработки результатов измерений. Метрология стала наукой, без знания которой не может обойтись ни один специалист любой отрасли.

# Лабораторная работа №1

[#ПрактическийРаздел](#)

Изучение стандарта УО БрГТУ 01-2002.

Цель: Ознакомиться со стандартом БрГТУ.

1. Основные требования к оформлению пояснительной записки.

1.1. Общие положения

Пояснительная записка является текстовым документом проекта (работы) и должна содержать исчерпывающие и систематизированные сведения об объекте проектирования или исследования, обеспечивать четкость и логическую последовательность изложения материала, конкретность, краткость и точность изложения результатов по завершению каждого этапа работы, обоснованность всех предложений и рекомендаций.

1.2 Структура

В состав пояснительной записки входят:

- титульный лист;
- задание на проектирование или исследование;
- реферат;
- содержание;
- основная часть, содержащая введение, материал по главам, разделам и подразделам (согласно заданию) и заключение;
- список используемой литературы;
- приложения.

1.3 Реферат

Очередность изложения:

Данные об объеме, количестве иллюстраций, таблиц, используемых источников, перечень ключевых слов (5...15 слов в именительном падеже через запятую).

Текст реферата (120...2000 знаков) должен содержать сведения об объекте проектирования, поставленные цели и задачи, методику исследований, полученные результаты и др. Например: Расчет конструкций одноэтажного промышленного здания: Пояснительная записка к курсовому проекту (работе) по дисциплине "Строительные конструкции": 70.02.01 / БрГТУ; Иванов А.В.; РП-2; Кафедра СК. – Брест, 2001. – 142 с.: 13 ил., 8 табл., 14 источн.

Ключевые слова: рама, стропильная ферма, колонна, фундамент, преднапряженная арматура.

Содержит результаты расчета и конструирования железобетонных конструкций одноэтажного промышленного здания. Расчет выполнен: по первой группе предельных состояний при проектировании колон, фундамента и сегментной фермы; по второй группе предельных состояний – для сегментной фермы.

1.4 Содержание

Содержание включает наименование всех глав, разделов, подразделов и пунктов с указанием номеров страниц, на которых размещается начало изложения материала. Введение, заключение, список литературных источников и приложения не нумеруются.

1.5 Основная часть текстового документа

Введение. Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, дается характеристика объекта и предмета исследования, определяются цели и задачи проектирования и их взаимосвязь. Объем введения 3...5 страниц машинописного

текста.

Главы, разделы и подразделы. Разделы имеют порядковую нумерацию в пределах текстового документа, а подразделы – в пределах раздела.

Например: 2.1 – первый подраздел второго раздела.

Заключение. Текст заключения должен содержать краткое и четкое изложение результатов работы, предложения по направлениям и путям решения поставленной проблемы. Объем заключения 3...5 страниц.

#### 1.6 Список использованных источников

Приводятся источники, которые были использованы в работе, на которые имеются ссылки по тексту, располагая их в порядке появления в текстовом документе. Например: Миронов С.А. Бетоны, твердеющие на морозе. – М.: Стройиздат, 1975. – 170 с.

#### 1.7 Приложения

Материал, размещаемый в приложении, излагается с учетом тех же требований, что и основной материал пояснительной записки, за исключением нумерации. Например: рис. А1. – первый рисунок приложения А; табл. В2. – вторая таблица приложения В; (Б7.) – седьмая формула приложения Б.

### 2. Требования по изложению основной части

#### 2.1 Оформление формул

Ссылки на формулы указывают порядковый номер формулы в скобках.

Например:

$$V = C\sqrt{RI}, \quad (2.1.)$$

где V – скорость течения воды, м/с;

C – скоростной коэффициент;

R – гидравлический радиус, м;

I – гидравлический уклон.

#### 2.2 Оформление таблиц

На все таблицы должна быть ссылка в тексте, при этом слово «Таблица» в тексте пишут полностью, если она не имеет номера, и сокращенно, если имеет номер (в табл. 1.2, см. табл. 1.2)

Например:

«Таблица 1.2»..., «Продолжение табл. 1.2», «в табл. 1.2; см. табл. 1.2»

#### 2.3 Оформление иллюстраций

Ссылки на иллюстрации указывают, приводя порядковый номер иллюстрации.

Например:

Рис.2.1 (Рисунок 1...)

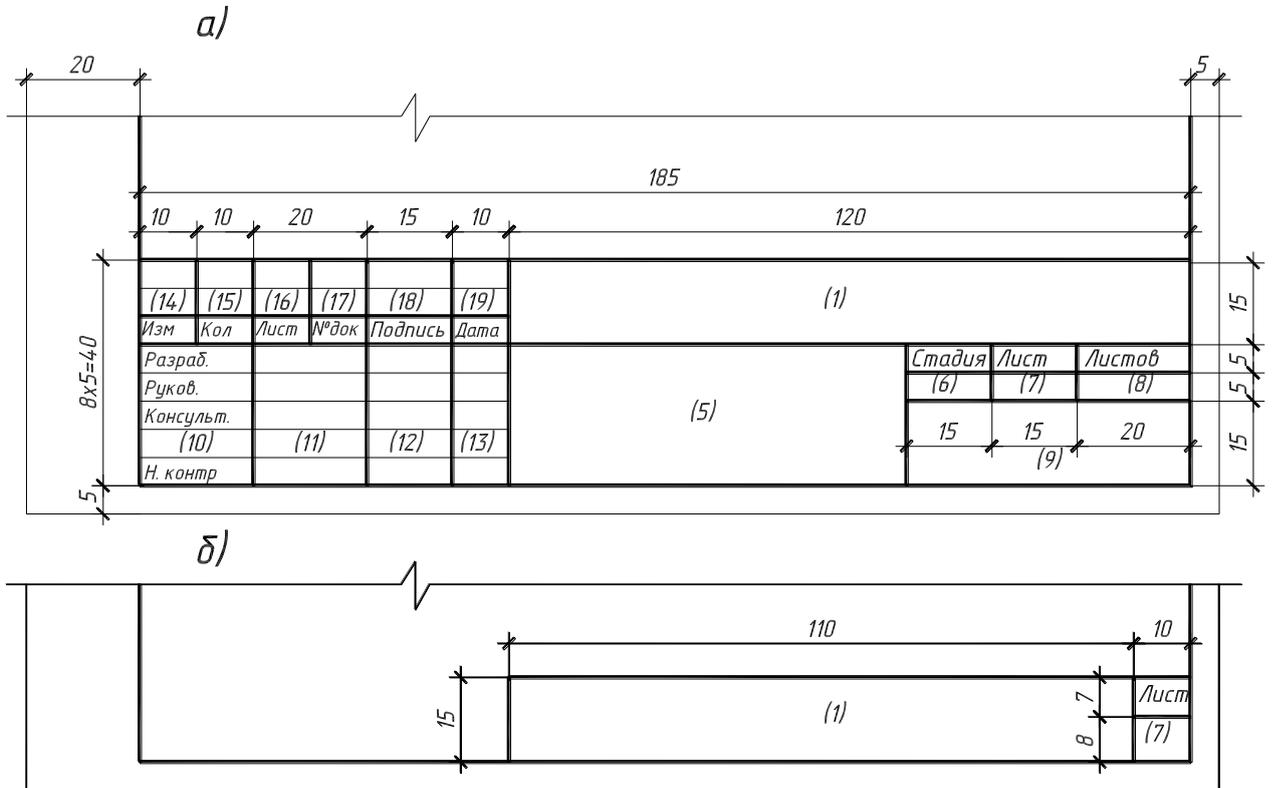
### 3. Масштабы

#### Таблица 1.1 Масштабы изображений

Масштабы уменьшения	Рекомендуемая область применения
1:2; 1:2.5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:50	Рабочие чертежи арматурных, закладных, соединительных деталей; чертежи узлов и деталей основного комплекта рабочих чертежей.

1:20; 1:50; 1:100; 1:25;1:40; 1:75	Виды, разрезы, сечения, схемы армирования железобетонных элементов, фрагменты планов, разрезы зданий и сооружений.
1:200; 1:400; 1:500; 1:800	Планы, разрезы зданий и сооружений, схемы расположения элементов сборных конструкций.

4. Основная надпись для текстовых документов



5. Требования по заполнению титульного листа см. приложение 1.

## Лабораторная работа №2

[#ПрактическийРаздел](#)

### Физические величины. Применение теории размерностей

Цель работы: 1. Научить студентов пользоваться международной системой физических единиц и приобрести практические навыки применения теории размерностей.

#### Общие сведения.

Общепринятые или установленные законодательным путём характеристики (меры) различных свойств, общих в качественном отношении для многих физических объектов (физических систем, их состояний и происходящих в них процессов), но в количественном отношении индивидуальных для каждого из них, называются физическими величинами.

Таким образом, под термином «физическая величина» понимают свойство, общее в качественном отношении многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

Количественным выражением этого свойства в объекте является размер физической величины, а числовой оценкой её размера — значение физической величины. Физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное единице, называют единицей физической величины.

В любой системе единиц существует лишь одна основная единица данной физической величины.

Международная система единиц (СИ) была принята в 1960г. на X I генеральной конференции по мерам и весам. В нашей стране данная система введена в действие с 1 января 1982г., в соответствии с ГОСТ 8.417 - 81 «ГСИ. Единицы физических величин».

В настоящее время она характеризуется как когерентная система единиц, состоящая из семи основных, двух дополнительных и ряда производных единиц, число которых не ограничено.

Основные и дополнительные единицы СИ приведены в табл. 1.

Производные единицы Международной системы единиц образуются из основных и дополнительных единиц СИ на основании законов, устанавливающих связь между физическими величинами, или уравнений по которым определяют физическую величину.

Единицы могут быть дольными и кратными от единиц СИ.

*Кратной единицей* называют единицу, которая в целое число раз больше системной или внесистемной единицы.

*Дольной единицей* называют единицу, которая в целое число раз меньше системной или внесистемной единицы.

Таблица 2.1.

Физическая величина		Единица СИ		
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение	
			международное	русское
Основные				
Длина	L	метр	m	м
Масса	M	килограмм	Kg	кг

Время	T	секунда	S	с
Сила электрического тока	I	ампер	A	А
Термодинамическая температура	Q	Кельвин	K	К
Количество вещества	N	моль	mol	моль
Сила света	J	кандела	cd	Кд
Дополнительные				
Плоский угол	-	радиан	rad	рад
Телесный угол	-	стерадиан	Sr	ср

Все приставки пишутся слитно с наименованием основной единицы, к которой они присоединяются (килограмм, миллиметр). Присоединение двух и более приставок не допускается.

Для образования наименьших кратных и дольных единиц физических величин используют приставки изложенные в табл. 2.

Качественной характеристикой измеряемых величин является их размерность. Она отражает её связь с основными величинами и зависит от выбора последних.

Размерность обозначается символом  $\dim$ , происходящим от слова dimension, которое в зависимости от контекста может переводится как размер, и как размерность.

Размерность основных физических величин обозначается соответствующими заглавными буквами. Для длины, массы, времени, например  $\dim l=L$ ;  $\dim m=M$ ;  $\dim t=T$ .

Таблица 2.2

Множитель	Приставка				
	Наименование	Происхождение		Обозначение	
		от какого слова	из какого языка	международное	рус
$1000000000000000000 = 10^{18}$	экса	шесть раз по $10^3$	греч.	Е	Э
$1000000000000000 = 10^{15}$	пета	пять раз по $10^3$	греч.	Р	П
$1000000000000 = 10^{12}$	тера	огромный	греч.	Т	Т
$1000000000 = 10^9$	гига	гигант	греч.	G	Г
$1000000 = 10^6$	мега	большой	греч.	M	М
$1000 = 10^3$	кило	тысяча	греч.	k	к
$100 = 10^2$	гекто	сто	греч.	h	г
$10 = 10^1$	дека	десять	греч.	da	да
$0,1 = 10^{-1}$	деци	десять	лат.	d	д
$0,01 = 10^{-2}$	санти	сто	лат.	c	с
$0,001 = 10^{-3}$	милли	тысяча	лат.	m	м
$0,000001 = 10^{-6}$	микро	малый	греч.	$\mu$	мк
$0,000000001 = 10^{-9}$	нано	карлик	лат.	n	н
$0,0000000000001 = 10^{-12}$	пико	пикколо	итал.	p	п
$0,0000000000000001 = 10^{-15}$	фемто	пятнадцать	дат.	f	ф
$0,000000000000000001 = 10^{-18}$	атто	восемнадцать	дат.	a	а

При определении размерности производных величин руководствуются следующими правилами:

1. Размерность левой и правой части не могут не совпадать так как сравниваться между собой могут только одинаковые свойства, объединяя левые и правые части уравнений, отсюда можно прийти к выводу, что алгебраически суммироваться могут только величины, имеющие одинаковые размерности.

2. Алгебра размерностей мультипликативна, т.е. состоит из одного единственного действия — умножения.

2.1. Размерность произведения нескольких величин равна произведению их размерностей. Так, если зависимость между значениями величин Q, A, B, C имеет вид  $Q = A \cdot B \cdot C$ , то

$$\dim Q = \dim A \cdot \dim B \cdot \dim C$$

2.2. Размерность частного при делении одной величины на другую равна отношению их размерностей,  $Q=A/B$ , то

$$\dim Q = \dim A / \dim B$$

2.3. Размерность любой величины, возведённой в некоторую степень, равна её размерности в той же степени, так, если

$$Q = A^n, \text{ то}$$

$$\dim Q = \prod_1^n \dim A = \dim^n A$$

Например, если скорость определять по формуле  $V=l/t$ , то

$$\dim V = \frac{\dim l}{\dim t} = \frac{L}{T} = LT^{-1}$$

Если сила по второму закону Ньютона  $F=m \cdot a$ , где  $a=V/t$  – ускорение тела, то

$$\dim F = \dim m \cdot \dim a = \frac{ML}{T^2} = LMT^{-2}$$

Таким образом, всегда можно выразить размерность производной физической величины за размерность основных физических величин с помощью степенного одночлена  $\dim Q = L^\alpha \cdot M^\beta \cdot T^\gamma$ , где  $L, M, T, \dots$  - размерности соответствующих основных физических величин;  $\alpha, \beta, \gamma,$  - показатели размерности. Каждый из показателей размерности может быть положительным или отрицательным целым или дробным числом, нулём. Если все показатели размерности равны нулю, то такая величина называется безразмерной. Теория размерностей повсеместно применяется для оперативной проверки правильности сложных формул. Если размерности правой и левой частей уравнений не совпадают, т.е. не выполняется правило 1, то в выводе формулы, следует искать ошибку.

#### Порядок выполнения работы.

Охарактеризовать общие правила конструирования систем единиц. Далее следует ознакомиться с основными и производными единицами системы СИ, с правилами написания обозначений единиц:

- обозначения единиц ставят после их числовых значений и помещают в строку с ними;

- в обозначениях единиц точку и знак сокращения не ставят;

- в буквенных обозначениях отношений единиц в качестве знака деления должна применяться только одна черта: косая или прямая. При применении косой черты обозначения единиц в числителе и знаменателе помещают в строку, произведение обозначений единиц в знаменателе заключают в скобки, например,  $Вт/(м^2 \cdot К)$ . Допускается вместо знака черты применять обозначения единиц в виде произведений единиц, возведенных в степени  $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ ;  $Вт \cdot м^{-2} \cdot К^{-1}$ .

Затем ознакомиться с принципом образования наименьших кратных и дольных единиц.

В конце занятия следует выполнить ряд заданий, представленных преподавателем по применению теории размерностей, ответить на вопросы, касающиеся данной темы. Оформить отчет.

Для проверки качества усвоения материала по теории размерностей рекомендуется выполнять следующие задания.

По определяющим уравнениям выразить размерности физических величин:

скорость	$V=l/t$
ускорение	$a=V/t$
сила	$F=m \cdot a$
плотность	$\rho = m \cdot V$
давление	$P=F/S$
работа	$A=F \cdot l$
мощность	$P=A/t$

По размерности физических величин определить основные формулы и обозначить единицы измерений:

кинематическая вязкость	$L^2 T^{-1}$
удельный вес	$L^3 M^{-1}$
динамическая вязкость	$L^{-1} M T^{-1}$
поверхностное натяжение	$M T^{-2}$
магнитная проводимость	$L^2 M T^{-2} I^{-2}$
удельное электрическое сопротивление	$L^3 M T^{-2} I^{-2}$

#### Контрольные вопросы

1. Каковы правила конструирования систем единиц?
2. Назовите основные и дополнительные единицы системы СИ?
3. Как образуются кратные и дольные единицы Международной системы единиц?
4. Что называют единицей физической величины?
5. Принципы образования производных единиц Международной системы?
6. Что такое физическая величины?
7. Что такое размер физической величины?

### **Лабораторная работа №3**

[#ПрактическийРаздел](#)

Выбор методов измерений и приборов. Подсчет ошибок измерений.

Цель работы: 1. На теоретическом уровне ознакомиться: 1) с видами и классификациями ошибок; 2) с основными показателями ошибок в классической теории ошибок – среднеквадратическое отклонение, эмпирический стандарт; 3) со способами определений необходимого количества измерений (при известной среднеквадратической ошибке и при неизвестной среднеквадратической ошибке); 4) со способами исключения грубых ошибок (при известной среднеквадратической ошибке и при неизвестной среднеквадратической ошибке); 5) с оценкой точности произведенных опытных измерений.

2. Для заданного ряда значений измеряемой величины (по заданию преподавателя) определить: 1) среднеквадратическое отклонение, эмпирический стандарт; 2) необходимое количество измерений (при известной среднеквадратической ошибке и при неизвестной среднеквадратической ошибке); 3)

исключить грубую ошибку (при известной среднеквадратической ошибке и при неизвестной среднеквадратической ошибке); 4) оценить точность произведенных опытных измерений.

Теоретические сведения.

1. Произвести измерение физической величины абсолютно точно невозможно:

- 1) нет приборов, дающих абсолютно точные значения измеряемых величин;
- 2) наши органы чувств несовершенны.

Следовательно, любые измерения сопровождаются теми или иными ошибками или погрешностями, которые, если не считать грубых промахов, бывают *систематическими* и *случайными*.

*Систематические* погрешности (ошибки) вызваны:

- 1) несовершенством, неисправностью или неправильной установкой измерительных приборов;
- 2) посторонним внешним воздействием (изменением температуры, атмосферного давления и т. п.);

Устранение систематических ошибок:

- 1) проверкой приборов, совершенствованием методов измерения;
- 2) внесением поправок в результате измерений.

*Случайные* ошибки возникают вследствие:

- 1) нечувствительности приборов;
- 2) неправильностью проведения отсчетов экспериментатором из-за несовершенства его органов чувств;

Исключить случайные ошибки невозможно, но их можно уменьшить:

- 1) применением более чувствительных приборов;
- 2) применением приборов с меньшей ценой деления шкалы и приборов, снабженных приспособлениями, увеличивающими точность отсчета показаний прибора;
- 3) применением приборов с зеркальной шкалой;
- 4) искусственным увеличением измеряемой величины;
- 5) увеличением количества измерений одних и тех же величин при одинаковых условиях проведения опыта;

Для уменьшения случайной ошибки измерений какой-либо величины нужно увеличивать число измерений этой величины.

Необходимое количество измерений  $n$  в каждом конкретном случае можно определить используя разделы математической статистики и теории вероятностей, причем чем больше будет произведено измерений, тем меньше будет отклоняться осредненный результат  $\bar{X}$  от истинного  $X$ , т. е.

$$\Delta X = |\bar{X} - X|_{n \rightarrow \infty} \rightarrow 0$$

Предположим, что произведено  $n$  измерений величины  $X$  и получены значения  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ . Наиболее вероятным значением величины  $X$ , т. е. наиболее близким к истинному, будет среднее арифметическое всех измеренных величин, а именно

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n X_i$$

Разности между каждым измерением и средним арифметическим всех измеренных величин представляет собой абсолютные ошибки отдельных измерений,

т. е.

$$\begin{aligned} X_1 - \bar{X} &= \pm \Delta X_1 \\ X_2 - \bar{X} &= \pm \Delta X_2 \\ &\dots \\ X_n - \bar{X} &= \pm \Delta X_n \end{aligned}$$

2. Основными показателями ошибок в классической теории ошибок являются среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  или эмпирический стандарт  $S$ .

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

3. При равноточных и независимых измерениях необходимое количество измерений можно определить в том случае, если требуется достигнуть точности  $\varepsilon$  и надежности  $P$  и известна средняя квадратическая ошибка измерений квадратического отклонения  $\sigma$  по формуле:

$$n \geq \left[ \frac{t(P)}{\varepsilon} \right]^2 \cdot \sigma^2$$

где  $t(P)$  – коэффициент Стьюдента, определяемый по таблице 1в зависимости от надежности  $P$ ;

Таблица 3.1

P	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
t(P)	1,960	2,054	2,170	2,326	2,576

$\varepsilon$  – точность измерений,  $\varepsilon > |X - \bar{X}|$ ,

где  $X$  – истинное значение измеряемой величины;

$\bar{X}$  – среднеарифметическое значение измеряемой величины;

$\sigma$  – средняя квадратическая ошибка измерений. Принимается в зависимости от класса точности прибора (1; 0,5). Например, если класс точности прибора 1, то это означает, что показания прибора правильны с точностью 1% от всей действующей шкалы.

Если средняя квадратическая ошибка измерений заранее неизвестна, то необходимое количество измерений можно определить в зависимости от надежности  $P$  и от отношения  $q = \frac{\varepsilon}{S}$  то можно принять  $\varepsilon = S \Rightarrow q = 1$ . В большинстве инженерных исследованиях  $P=0,95$ . Для определения  $n$  можно пользоваться таблицей 3.1.

Таблица 3.2

q	P	0,9	0,95	0,98	0,99	0,99
1,0		5	7	9	11	17
0,5		13	18	25	31	50

0,4	19	27	37	46	74
0,3	32	46	64	78	127
0,2	70	99	139	171	277
0,1	273	387	545	668	1029

#### 4. Исключение грубых ошибок.

При экспериментировании очень часто получают такие данные опытных измерений, достоверность которых вызывают сомнения. Исключение таких данных производится по определенным правилам.

1) В случае известного значения среднеквадратической ошибки  $\sigma$ .

Обозначаем «выскакивающее» значение через  $X_x$ , а все остальные через  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$

Подсчитаем среднее арифметическое значение (без  $X_x$ )

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \cdot (X_1 + X_2 + \dots + X_n)$$

и вычислим

$$t = \frac{|X_x - \bar{X}|}{\sigma \cdot \sqrt{\frac{n+1}{n}}}$$

Вероятность  $P$  того, что случайная ошибка выйдет за границы  $\pm t \cdot \sigma$  ( $t > 0$ ) можно определить по формуле

$$P = 1 - 2 \cdot \Phi(t)$$

где  $\Phi(t)$  – интеграл вероятности, определяется по таблице 3.3.

Таблица 3.3

t	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
$\Phi(t)$	0,4938	0,4953	0,4965	0,4974	0,4981

Если подсчитанная по заданному значению  $t$  вероятность окажется малой, то «выскакивающее» значение содержит грубую ошибку и его следует исключить. Какую вероятность считать малой зависит от того, какое явление исследуется и какую точность измерений возможно и целесообразно обеспечить. Обычно применяют один из трех уровней вероятностей 5% уровень (исключаются ошибки, вероятность появления которых меньше 0,05); 1% уровень (то же меньше 0,01); 0,1% уровень (то же меньше 0,001).

2) В случае неизвестного значения среднеквадратической ошибки  $\sigma$

Вычисляют эмпирический стандарт  $S$ .

Далее вычисляют  $t$  по формуле:

$$t = \frac{|X_x - \bar{X}|}{S}$$

Сравнивают полученное значение с критическим  $t_{кр}(P)$  из таблицы 3.4. Если при данном числе приемлемых результатов значение  $t$  оказывается между критическими значениями при надежности  $P_1$  и  $P_2$  с надежностью вывода, большей  $P_1$ , можно считать, что «выскакивающее» значение содержит грубую ошибку и его

следует исключить.

Заметим, что если надежность окажется недостаточной, то это свидетельствует не об отсутствии грубой ошибки, а лишь об отсутствии достаточных оснований для исключения «выскакивающего» значения.

Таблица 3.4

$n$	$P$	0,95	0,98	0,99	0,999
5		3,04	4,11	5,04	9,43
6		2,78	3,64	4,36	7,41
7		2,62	3,36	3,96	6,37
8		2,51	3,18	3,71	5,73
10		2,37	2,96	3,41	5,01
12		2,29	2,88	3,23	4,62
14		2,24	2,74	3,12	4,37
16		2,20	2,68	3,04	4,20
18		2,17	2,64	2,98	4,07
20		2,14	2,60	2,93	3,98

#### 5. Оценка точности произведенных опытных измерений.

Планируемая и произведенная точность опытных измерений могут не совпасть. При наличии опытного ряда измеренных величин всегда следует произвести оценку точности произведенных измерений. Эта точность выражается с помощью доверительных оценок. При определении доверительных оценок принято, что они имеют симметричный характер, т. е.

$$\bar{X} - \varepsilon < a < \bar{X} + \varepsilon \text{ или } |a - \bar{X}| < \varepsilon$$

Величина  $\varepsilon$  определяется по заданной доверительной вероятности (надежности оценки)  $P$ . Обычно надежность  $P$  задается в виде одного из трех уровней: 0,95, 0,99, 0,999

1) В случае известного значения среднеквадратической ошибки  $\sigma$ .

Доверительная оценка имеет вид

$$|a - \bar{X}| < t(P) \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

где значение  $t(P)$  определяется по заданной доверительной вероятности  $P$  по таблице 3.5

Таблица 3.5

$P$	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
$t(P)$	1,960	2,054	2,170	2,326	2,576

2) В случае неизвестного назначения среднеквадратической ошибки  $\sigma$ .

Вместо среднеквадратической ошибки используют эмпирический стандарт  $S$ . При этом доверительная оценка имеет вид

$$|a - \bar{X}| < t(P, K) \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$$

где  $t(P, K)$  – коэффициент Стьюдента, определяемый по таблице 6 в зависимости от  $K = n - 1$ .

Таблица 3.6

К = n-1	Доверительные уровни			К = n-1	Доверительные уровни		
	95%	99%	99,9%		95%	99%	99,9%
1	12,71	63,66	-	15	2,13	2,95	4,07
2	4,30	9,93	31,6	20	2,09	2,85	3,85
3	3,18	5,84	12,94	30	2,04	2,75	3,65
4	2,78	4,60	8,61	50	2,01	2,68	3,50
5	2,57	4,03	6,86	100	1,98	2,63	3,39
6	2,45	3,71	5,96	200	1,97	2,60	3,34
8	2,31	3,36	5,04	500	1,96	2,59	3,31
10	2,23	3,17	4,59	1000	1,96	2,58	3,29

## Лабораторная работа №4

[#ПрактическийРаздел](#)

### Предпочтительные числа. Ряды предпочтительных чисел.

Цель работы: 1. На теоретическом уровне ознакомиться с принципами построения системы предпочтительных чисел и стандартными рядами предпочтительных чисел; 2. Научится практически работать с рядами предпочтительных чисел.

#### Общие сведения.

В различных видах практической деятельности используются ряды чисел, характеризующие однородные величины (бумажные денежные знаки, масса штучных хлебобулочных изделий, масса фасованных продуктов питания и др.). должна быть общая основа всех рядов чисел, используемых в стандартизации. С этой целью разработана и применяется система предпочтительных чисел, на основе которой выбираются значения самых различных параметров.

#### Принципы построения системы предпочтительных чисел.

Ряды предпочтительных чисел должны:

- представлять рациональную систему градации, максимально соответствующую потребностям производства и эксплуатации;
- быть бесконечными как в сторону малых, так и больших величин, т.е. допускать неограниченное развитие параметров;
- включать все десятикратные значения любого числа ряда и единицу;
- быть простыми и легко запоминаемыми.

Основой построения рядов предпочтительных чисел являются арифметические и геометрические прогрессии.

Арифметическая прогрессия характерна тем, что разность значений двух соседних членов остается неизменной во всем диапазоне ряда, т.е.

$$N_n - N_{n-1} = d = const \text{ или } N_n = N_1 + d \cdot (n - 1),$$

где  $N_n$  и  $N_{n-1}$  – значение смежных чисел ряда ( $N_1$  – первое число);

$d$  – интервал (разность) значений двух соседних чисел;

$n$  – порядковый номер числа ряда.

*Достоинства ряда арифметической прогрессии:* прост, не требует округления чисел. *Недостаток ряда арифметической прогрессии:* относительная неравномерность, т.е. нецелесообразная разреженность значений в зоне малых величин и их сгущенность в зоне больших величин. Поэтому арифметические прогрессии в стандартизации применяются редко.

Ступенчато-арифметические ряды – ряды, в которых интервал значений является постоянным не для всего ряда, а лишь для определенной его части. При этом для малых типоразмеров интервал применяется меньшим, а для больших – большим.

Опыт стандартизации показал, что наиболее удобными являются ряды предпочтительных чисел, представляющие геометрическую прогрессию.

*Геометрические ряды* – ряды чисел с постоянным отношением двух смежных членов ряда; каждый член ряда является произведением предыдущего члена и постоянной для данного ряда величины, называемой знаменателем геометрической прогрессии.

$$N_n = C \cdot d^{n-1}$$

где  $C$  – любое число;

$d$  – знаменатель прогрессии;

$n$  – порядковый номер члена ряда.

*Задача № 1* Найти диаметры метрических резьб (по ГОСТ 8724-81) с применением ступенчато-арифметической прогрессии.

Решение.

Таблица 4.1

Диапазон номинальных размеров, мм	Разность между смежными размерами, мм	Диаметры метрических резьб, мм
1-1,1	0,1	
1,2-2,2	0,2	
2,5-6,0	0,5	
7-12	1	
12-24	2	
24-48	3	
48-80	4	
80-150	5	

*Задача № 2* Сделать сравнительный анализ использования арифметической и геометрической прогрессии для установления ряда диаметров круглого проката, состоящего из семи членов, при равномерно убывающемся значении диаметров, в интервале величин от 3,15 до 50 мм.

### **Стандартные ряды предпочтительных чисел.**

Многолетним международным опытом установлено, что для удовлетворения нужд промышленного производства достаточно положить в основу ряда предпочтительных чисел геометрической прогрессии со знаменателями, представленными в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Обозначение основного/вспомогательного ряда	Знаменатель ряда	
	Округление значения $Q_0$	Точное значение $Q_T$
R5	1,6	$\sqrt[5]{10}$
R10	1,25	$\sqrt[10]{10}$
R20	1,12	$\sqrt[20]{10}$
R40	1,06	$\sqrt[40]{10}$
R80	1,03	$\sqrt[80]{10}$
R160	1,015	$\sqrt[160]{10}$

Данные ряды регламентированы ГОСТ 8032-84 «Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел».

Число в условном обозначении ряда (R5, R40 и др.) представляет собой, следовательно, степень корня из 10 и в тоже время показывает число членов прогрессии в одном десятичном интервале.

Предпочтительные числа представляют собой округленные значения членов ряда данной прогрессии.

Члены прогрессии, расположенные в интервале от 1,00 до 10,00 составляют исходный ряд (см. табл. приложение 2).

Ряды предпочтительных чисел не ограничиваются в обоих направлениях, при

этом предпочтительные числа менее 1 и более 10 получают делением или умножением членов исходного ряда на число 10, 100, 1000 и тд.

При необходимости ограничения основных рядов в их обозначениях указываются предельные члены, которые всегда включаются в ограниченные ряды.

*Задача № 3* Написать ряды:

R5 (1,0... ..25,0)

R10 (0,125... ..1,25)

R40 (56,0... ..118)

Выборочные ряды предпочтительных чисел.

Выборочные ряды предпочтительных чисел получают отбором каждого 2, 3, 4,...n-ого члена основного или дополнительного ряда, начиная с любого члена ряда. Обозначение выборочного ряда состоит из обозначения исходного основного ряда, после которого ставится косая черта и число 2, 3, 4, ...n (R40/4, K 80/3). Если ряд ограничен, обозначение должно содержать члены, ограничивающие ряд; если ряд не ограничен, должен быть указан хотя бы один его член.

*Задача № 3* Написать ряд:

R5/2 (1,0 ... .. 100,0)

R10/3 (... ..80... ..)

R20/4 (40,0... ..)

Таблица 4.3 Предпочтительные выборочные ряды предпочтительных чисел.

Выборочные ряды	R 5/3	R 5/2	R 10/3	R 10/2	R 40/8	R 20/3	R 20/2	R 40/4	R 40/3	R 40/2	R 80/3
Округленное значение знаменателя ряда $Q_0$	4	2,5	2	1,6	1,6	1,4	1,25	1,25	1,18	1,12	1,09
Основные ряды, имеющие тот же знаменатель				R5	R5		R10	R10		R20	

Из выборочных рядов с одинаковым знаменателем предпочтение следует отдавать ряду, содержащему 1 или число, единственной значащей цифрой которого является 1 (например: 0,1; 0,01; 10; 100 и др.).

*Задача № 5* Выбрать соответствующий предпочтительный ряд при следующих исходных данных: параметр – масса; интервал градации 7,4 до 21 кг; плотность градации 7 ступеней в пределах интервала градации.

*Задача № 6* Выбрать соответствующий предпочтительный ряд при следующих исходных данных: параметр – диаметр; интервал градации 0,3 до 4,4 дм; плотность градации 9 ступеней в пределах интервала градации.

## Лабораторная работа №5

[#ПрактическийРаздел](#)

### Влияние отказов на показатели качества функционирования систем водоснабжения.

Цель работы: 1. На теоретическом уровне изучить определение и виды отказов в системах водоснабжения (классификация в зависимости от полноты и качества отказа, классификация в зависимости от отказов внешних систем), схему процесса функционирования системы водоснабжения и возможность её перехода из одного состояния в другое, виды нарушений нормального качества водообеспечения объекта в результате отказов в системах водоснабжения. 2. На практическом уровне изучить влияние отказов на показатели качества функционирования систем водоснабжения.

#### Общие сведения.

1. *Отказы системы водоснабжения* — события, заключающиеся в нарушении нормального выполнения ею функций водообеспечения снабжаемого объекта.

Нарушения могут состоять в:

- недопустимом снижении уровня водообеспечения;
- полном прекращении подачи воды потребителям (полный отказ);
- недопустимому ухудшению качества подаваемой воды;
- превышении фактической потребности воды над запланированной.

*Отказ природного источника* — представляет собой опасность для нарушения работы системы водоснабжения, использующей один источник, и может привести к полному отказу систем водоподачи.

*Отказ системы подачи электроэнергии* — нарушает работу насосных станций, может вызвать временный перерыв в подаче воды потребителям (должен быть предусмотрен резервный источник электропитания).

*Отказ по внутренним причинам* — в результате повреждения и аварий отдельных сооружений или элементов системы (наиболее частый вид отказа).

Все рассмотренные виды повреждений различных элементов системы водоснабжения вызывают снижение качества ее функционирования. Если эти снижения превосходят допустимые пределы снижения водообеспечения, то происходит отказ системы.

2. Факт отказа может быть установлен лишь в результате сравнения фактических показателей качества с нормативными. Характер процесса функционирования систем водоснабжения и возможность их переходов из одного состояния в другое различны для различных видов систем. В системах с детерминированным и управляемым процессом водопотребления фактический режим водопотребления при нормальной работе совпадает с запланированным. На рис. 5.1 показана схема такого процесса. Численные показатели функционирования системы заданы: прямая 1 — график подачи заданного (постоянного) расхода; прямая 2 — график фактической подачи воды системой водоснабжения (при её исправном состоянии); прямая 3 — предельно допустимый уровень временного снижения (по условиям технологического процесса); прямая 4 — полное прекращение подачи воды.

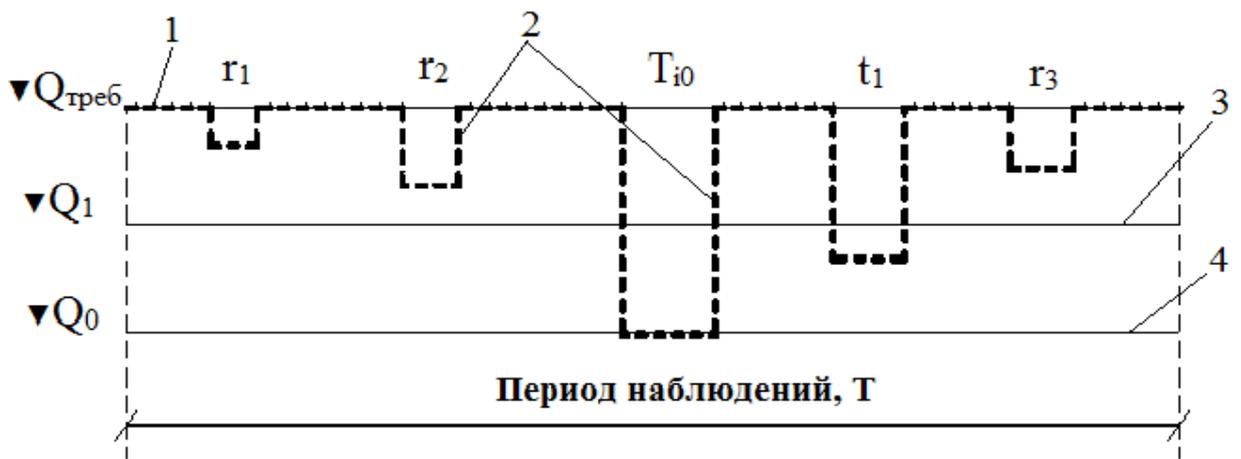


Рис.5.1

3. В результате отказов в системе водоснабжения могут происходить следующие виды нарушений нормального качества водообеспечения объекта:

а) *временное снижение подачи, не достигающее предельно допустимого уровня.* Пусть длительность этих периодов будет  $r_1, r_2, r_3$ ; для каждого периода глубина снижения  $h_i < h_{\text{норм}}$ .

б) *временное снижение подачи ниже предельно допустимого уровня, т.е. частичные отказы системы.* Длительность этих периодов будет  $t_1, t_2, \dots$  и т.д.; глубина снижения  $h_i > h_{\text{норм}}$ .

в) *перерывы подачи воды потребителям.* В качестве оценки функционирования в данном случае может использоваться критерий  $\Sigma T_{i0}$  (в год).

*Задача №1.* Изобразить математическую модель функционирования отдельного элемента системы водоснабжения (т. е. поток отказов), если известно, момент включения элемента в работу наступает через 6 ч. после наступления 1-го отказа; момент 2-го отказа произошел через 18 ч. после наступления 1-го отказа; длина отказа 5 часов; через 11 часов после 2-го отказа нарушилось нормальное функционирование элемента. Данную модель представить на графике подачи заданного расхода (прямая 1).

*Задача №2.* Изобразить предыдущую модель с условием, что временное снижение подачи (отказ №1) не достигло предельно допустимого уровня; отказ №2 происходит ниже допустимого уровня; отказ №3 представляет собой перерыв подачи воды.

*Задача №3.* Начертить схему функционирования элемента системы водоснабжения и определить продолжительность проведения наблюдений, если: наступление отказа №1 произошло через 48 ч после начала наблюдений, 2-го и 3-го отказов — через 24 ч после восстановления функционирования системы соответственно из-за 1-го и 2-го отказов. Период каждого отказа составляет соответственно 2, 4 и 1 ч. Окончание наблюдений наступило через 6 ч после восстановления функционирования системы из-за 3-го отказа. Отказ №1 — ниже предельно допустимого уровня, отказ №2 — полное прекращение подачи воды, отказ №3 — выше предельно допустимого уровня.  $Q_{\text{треб}} = 100\%$ ,  $Q_1 = 15\%$  от требуемого,  $Q_0 = 0$ .

## Лабораторная работа №6

[#ПрактическийРаздел](#)

Обработка статистических материалов по результатам наблюдений за функционированием элементов системы водоснабжения.

Цель работы: 1. На теоретическом уровне изучить понятие дискретной и непрерывной случайной величины, понятия : математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратическое значение, стандартное отклонение случайной величины.

### Общие сведения.

Случайные величины могут быть дискретными или непрерывными. Случайная величина  $\xi$  называется дискретной, если имеется конечное или счетное число значений  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , каждое из которых случайная величина  $\xi$  может принимать с соответствующими вероятностями их появления  $p_1, p_2, \dots, p_n$ , причем  $\sum p_k = 1$ . Выражение вида

$$\begin{pmatrix} x_1, x_2, \dots, x_n \dots \\ p_1, p_2, \dots, p_n \dots \end{pmatrix}$$

называется рядом распределения случайной величины  $\xi$ .

Математическое ожидание (среднее значение) случайной величины определяется по формуле

$$M\xi = \sum_k x_k p_k$$

Дисперсия случайной величины  $\xi$  определяется по формуле

$$D\xi = M(\xi - M\xi)^2 = M\xi^2 - (M\xi)^2$$

Дисперсия является мерой разброса возможных значений случайной величины.

Случайная величина  $\xi$  называется непрерывной, если она может принимать любые численные значения из некоторого интервала  $(A, B)$ , который может быть и бесконечным, с вероятностями

$$P_{(a,b)} = \int_a^b f(x) dx \quad A \leq a \leq b \leq B,$$

где  $f(x)$  — плотность вероятности,  $f(x) \geq 0$ .

Функция распределения случайной величины  $\xi$  определяется выражением

$$F(x) = \int_A^x f(x) dx$$

Среднее значение (математическое ожидание) случайной величины равно:

$$M\xi = \int_A^B x f(x) dx$$

Среднеквадратическое значение случайной величины (момент второго порядка)

$$M\xi^2 = \int_A^B x^2 f(x) dx$$

Для положительных случайных величин при  $A=0$  и  $B=\infty$  может быть приведена к виду

$$M\xi^2 = 2 \int_0^{\infty} x P(x) dx, \quad H(x) = 1 - F(x)$$

Положительный квадратный корень из дисперсии

$$\sigma_{\xi} = \sqrt{D\xi}$$

называют стандартным отклонением случайной величины  $\xi$ . Стандартное отклонение имеет ту же размерность, что и случайная величина.

Режим отбора воды потребителями из системы городского водопровода, т.е. колебание во времени суммарного расхода воды, зависит от разнообразных событий, и установление каких-либо численно выраженных причинных связей между этими событиями и количеством отбираемой воды в отдельные моменты времени не представляется возможным. Поэтому величины суммарных объемов расхода воды городом в отдельные периоды времени, и в частности в отдельные часы суток, могут рассматриваться как случайные величины. Процесс функционирования подобной системы массового обслуживания должен рассматриваться как случайный процесс.

Изучение и соответствующий анализ фактической работы действующих систем водоснабжения позволяет получить некоторые численно выраженные характеристики изменения во времени часовых объемов водопотребления для городов, различных по численности населения, климатической зоне, степени индустриализации и т. п. На основании собранных и обработанных статистических материалов можно получить некоторые закономерности изменения во времени объемов водопотребления, оценить численно вероятность появления их различных величин, а также повторяемость и длительность.

Полученное в результате наблюдений или опыта число аварий рассматриваемого элемента за определенный период времени есть случайная величина. При наблюдении изменений объемов водопотребления или расходов воды природного источника полученные численные значения их являются случайными величинами. Объем водопотребления, расход воды источника, уровень воды в реке суть непрерывные случайные величины. Число отказов (аварий) элементов систем водоснабжения является дискретной случайной величиной.

В качестве численного примера обработки статистических материалов рассмотрим построение графика функции распределения такой случайной величины, как число снижений (ниже допустимого) объема подачи воды некоторому потребителю, т. е. число отказов. Наблюдения велись в течение 20 лет. Результаты наблюдений приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Годы наблюдений	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й
Число отказов в год	1	2	5	3	2	1	0	2	1	0

Продолжение таблицы 6.1

Годы наблюдений	11-й	12-й	13-й	14-й	15-й	16-й	17-й	18-й	19-й	20-й
Число отказов в год	2	3	1	4	2	7	8	4	2	1

Эта первичная запись числа отказов позволяет для каждого такого значения вычислить соответствующую величину статистической вероятности ее появления.

Запись вычислений приведена в табл.6.2.

Таблица 6.2

Число отказов в год	Число лет, в которых наблюдалось данное число отказов	Статистическая вероятность $P_i = m_i/n$ появления отказов, %	Накопленная частота отказов, N
0	2	0,1	0,1
1	5	0,25	0,35
2	6	0,3	0,65
3	2	0,1	0,75
4	2	0,1	0,85
5	1	0,05	0,9
6	0	0	0,9
7	1	0,05	0,95
8	1	0,05	1

На рис. 6.1 показан график статистической функции

$$F^*(x) = \sum_k p^*(\xi = x_k) \text{ при } x_k < x$$

Ордината первой точки графика, соответствующая 0, будет 0,1; далее для каждого следующего значения абсциссы (в порядке возрастания) ордината графика будет равняться сумме предшествующих значений  $p^*$ ; при значении абсциссы, равном 8, произойдет последний скачок ординаты до значения 1.

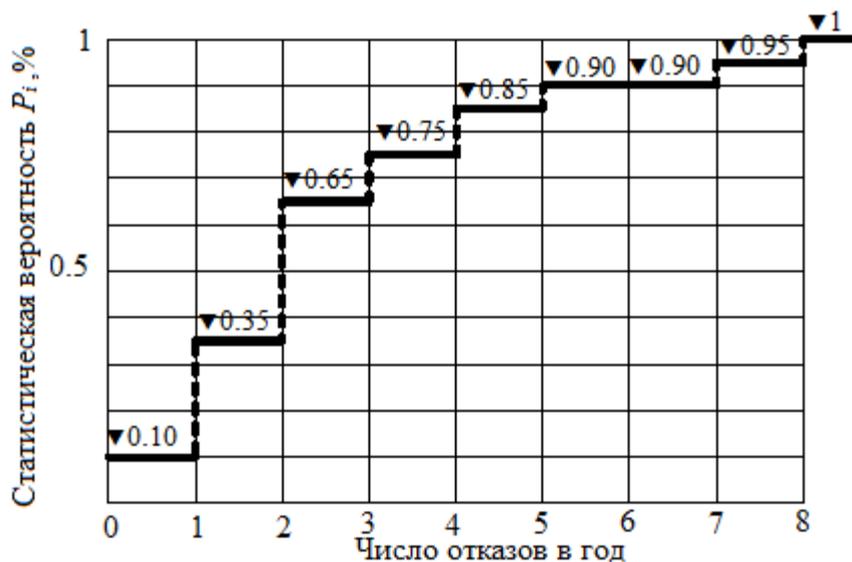


Рис. 6.1

При большом числе замеров случайных величин обработке полученных статистических материалов целесообразнее производить с построением гистограмм. Для этого всю массу замеренных значений наблюдаемой случайной величины разбивают на некоторые интервалы или разряды: от  $x_1$  до  $x_2$ , от  $x_2$  до  $x_3$  и т. д. Определяется число замеров, вошедших в каждый интервал, и для каждого интервала определяется частота  $m_i/n$ , где  $m_i$  — число значений наблюдаемой случайной величины, попадающих в каждый из интервалов,  $n$  — общее число замеров.

Рассмотрим в качестве примера обработку подобным образом замеренных

значений паводковых расходов воды в реке, используемой в качестве источника водоснабжения. Наблюдения проводились в течение 50 лет. Все замеренные величины расходов разбиты на семь интервалов (разрядов). Длина интервалов, т. е. в данном случае диапазон изменения величин замеренных расходов, принята одинаковой для всех интервалов, а именно  $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Число замеренных расходов в каждом интервале приведено в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Интервалы значений замеренных расходов, $\text{м}^3/\text{ч}$	Число замеренных расходов в интервале $m_i$	Частота появления отказов $p^*=m_i/n$	Ордината статистической кривой распределения
0-1000	4	0,08	0,08
1000-2000	16	0,32	0,4
2000-3000	18	0,36	0,76
3000-4000	6	0,12	0,88
4000-5000	4	0,08	0,96
5000-6000	1	0,02	0,98
6000-7000	1	0,02	1

Для построения гистограммы по оси абсцисс откладываются в масштабе последовательно длины всех интервалов рис. 6.2.

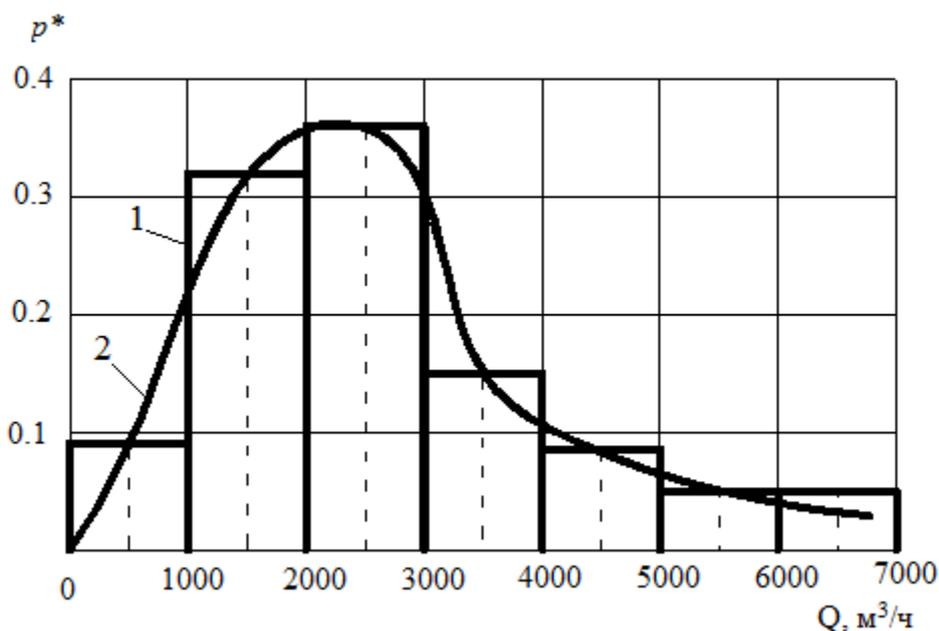


Рис. 6.2

На всех интервалах строятся прямоугольники высотой, равной соответствующим частотам появления отказов (здесь предполагается, что интервалы примерно равны). Полученный таким образом ступенчатый график 1 и есть гистограмма.

По тем же статистическим данным (табл. 6.3), использованным для получения гистограммы, может быть построена и функция распределения  $F^*(x)$ . Для этого путем последовательного суммирования величин частот от первого интервала до последнего получим ординаты искомого графика 1. Кривая 2 на рис. 6.2 аппроксимирует

ступенчатый график 1.

Рассмотренные графики статистических закономерностей, устанавливающих зависимость между отдельными значениями случайной величины и частотой (статистической вероятностью)  $m/n$  ее появления, выполняются на основе фактически проведенных замеров в определенной серии наблюдений или опытов. Соответствие получаемых таким образом законов распределения теоретическим в значительной степени зависит от длительности наблюдений, достоверности и точности исходных данных. Чем длиннее ряд проведенных наблюдений и чем выше их точность, тем ближе будут полученные статистические зависимости к тому объективному закону распределения, который существует для рассматриваемой категории случайных событий.

Задание 1. Указать процессы (явления) системы водоснабжения, которые можно рассматривать как случайные величины.

Задание 2. Построить график функции распределения величины числа отказов. Наблюдения велись в течение 15 лет. Результаты наблюдений:

Год наблюдений	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й	12-й	13-й	14-й	15-й
Число отказов	2	5	3	0	6	2	7	1	3	1	6	2	3	3	2

Задание 3. . Обработать данные значений паводковых расходов в реке, используемой в качестве источника водоснабжения. Обработку материалов произвести с построением гистограммы. Результаты измерений по интервалам расходов, м<sup>3</sup>/ч:

0-500	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	2500-3000	3000-3500
2	12	6	4	1	3	5

## Лабораторная работа №7

[#ПрактическийРаздел](#)

Определение показателей надежности простейших резервированных систем из восстанавливаемых элементов.

Цель работы: 1. На теоретическом уровне ознакомиться с понятиями резервированная и нерезервированная система, восстанавливаемый объект, с показателями надежности – интенсивность отказов, время безотказной работы, время восстановления; 2. Практически определить показатели надежности резервированных систем из восстанавливаемых элементов (по заданию преподавателя).

### Общие сведения.

В общем случае техническая система включает как основные элементы минимально необходимые для выполнения системой её функций, так и резервные, которые могут заменить любой из основных элементов в случае его отказа.

Если общее число элементов системы  $n$  и число основных элементов  $m$ , то могут рассматриваться следующие возможные типы их комбинаций:

- *нерезервированные системы*, в которых  $n=m$ , т.е. для их безотказной работы необходима одновременная работа всех элементов; отказ любого элемента вызывает отказ системы;

- *резервированные системы* – для безотказной работы системы достаточна работа одного из её элементов, т.е. система включает один основной элемент, остальные  $n-1$  элементов являются резервными.

В системах водоснабжения используется принцип облегченного резерва – применяется постоянная работа соответственно параллельно включенных элементов и предусматривается возможность форсирования их работы при отказе одного или нескольких элементов.

*Восстанавливаемый объект* – объект, работоспособность которого, в случае возникновения отказа, подлежит восстановлению в рассматриваемой ситуации. Процесс функционирования восстанавливаемого элемента представляет собой чередование периодов: исправной работы, отказа и восстановления, после чего наступает период исправной работы.

Рассмотрим резервированную систему, состоящую из  $n$  восстанавливаемых элементов ( $n>1$ ). Каждый элемент работает, затем отказывает, восстанавливается, включается в работу, снова отказывает и т.д. Пусть  $m$  – минимальное число элементов, отказ которых приводит к отказу системы ( $m\geq 1$ ). Примем, что отказы этих элементов образуют минимальное неисправное состояние системы. Таких состояний может быть несколько, например,  $s$  ( $s\geq 1$ ). Элементы, отказы которых образуют минимальное неисправное состояние, обозначим символами  $ij$ , где  $i=1,2,\dots,m$ ;  $j=1,2,\dots,s$ . Будем считать, что интенсивность отказов  $\lambda_{ij}$  таких элементов являются постоянными величинами.

*Интенсивность отказа элемента* ( $\lambda$ ) – среднее число отказов элемента в единицу времени (1/год, 1/час). *Время безотказной работы элемента* ( $t$ ) – величина обратная интенсивности отказа (год, час).

$$\lambda = \frac{1}{t}, [1/\text{год}, 1/\text{час}]$$

$$t = \frac{1}{\lambda}, [\text{год}, \text{час}]$$

Принимая продолжительность восстановления поврежденного элемента  $\eta$ , при расчетах используют *среднее время восстановления*  $t_g = M\eta$ .

Время ремонта значительно меньше времени безотказной работы  $t_b \ll t$ .

Интенсивность отказов резервированных систем, состоящих из восстанавливаемых элементов, определяется по формулам:

- при одной ремонтной бригаде

$$\Delta = m \cdot M\eta^{m-1} \cdot \sum_{j=1}^S \lambda_{1j} \cdot \lambda_{2j} \cdot \dots \cdot \lambda_{mj}$$

$$M\eta^2 = (M\eta)^2 + \frac{1}{\lambda^2}; \quad M\eta^3 = \frac{13}{8} \cdot (M\eta)^3$$

- при m-1 ремонтной бригаде

$$\Delta = m \cdot M\eta^{m-1} \cdot \sum_{j=1}^S \lambda_{1j} \cdot \lambda_{2j} \cdot \dots \cdot \lambda_{mj}$$

Задача.

Рассчитать показатели надежности – интенсивность отказов ( $\Delta$ ) и время безотказной работы (Т) – для отдельных простейших восстанавливаемых систем, у которых интенсивность отказов одного водовода постоянна и равна  $\lambda$  ( $\lambda=2$  1/год), время ремонта  $t_b=18$ ч.

*Задание №1.*

Вода подается объекту снабжения по системе из двух (n=2) параллельно уложенных водоводов одинаковой длины и диаметра (рис 7.1, а). при исправной работе оба водовода подают требуемое количество воды (работа в облегченном режиме). Отказ любого из водопроводов вызывает снижение подачи воды не ниже допустимого. Отказ системы (полное прекращение подачи воды) происходит только тогда, когда во время ремонта одного водовода отказывает второй водовод.

а)

б)



Рис.7.1

*Задание №2*

Три водовода работают одновременно (рис. 7.1, б). Предположим: 1. Отказ системы происходит тогда, когда во время ремонта одного водовода отказывают оба оставшихся; 2. Отказ системы происходит тогда, когда во время ремонта одного водовода отказывает любой из двух оставшихся. Улучшит ли показатель надежности наличие второй ремонтной бригады?

*Задание №3*

Два водовода с перемычкой (рис 7.2). Перемычки имеют весьма малую длину по сравнению с линиями водоводов и работают в относительно более благоприятных условиях. В связи с этим их надежность во много раз превышает надежность самих водоводов, и в расчетной схеме обычно вообще пренебрегают вероятностью отказа перемычки. Поэтому на расчетной схеме рассматриваемой системы, приведенной на рис. 7.2 б, перемычка заменена абсолютно надежным узлом А. Рассмотреть все возможные состояния этой системы. Сравнить полученные результаты с результатами расчета задания №1.

а)

б)

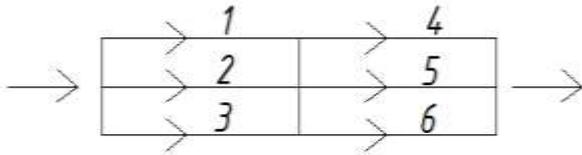


Рис.7.2

Задание №4

Три водовода с перемычкой (рис. 7.3). Рассмотреть все возможные состояния этой системы.

а)



б)

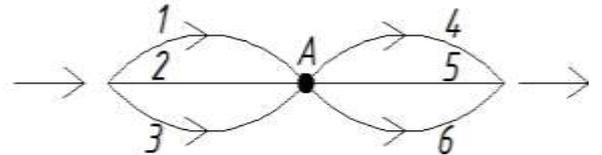


Рис.7.3

## Лабораторная работа №8

[#ПрактическийРаздел](#)

Методы оптимального резервирования системы водопроводов без перемычки.

Цель работы: 1. На теоретическом уровне ознакомиться с методами оптимального резервирования системы водоводов. 2. Практически найти оптимальный вариант резервированной системы водоводов для различных вариантов.

### Общие сведения.

При выборе и оценке возможных методов резервирования водоводов необходимо прежде всего чётко определить условия нормального уровня функционирования системы и допустимых пределов его снижения в аварийной ситуации, т. е. чётко определить состояние отказа. Для нормального функционирования системы водоводов необходима подача объекту расчетного расхода воды  $Q$ . В период аварийной ситуации система должна обеспечивать подачу воды не менее чем  $Q_{\alpha} = \alpha \cdot Q$ . Где  $\alpha$  устанавливается нормативными требованиями и может меняться в пределах от 0 до 1.

Основным типом структурного резервирования водоводов является использование группы параллельно уложенных линий водоводов, основных и резервных, рассчитанных для транспортирования заданных количеств воды. Оптимальное резервирование системы водоводов сводится фактически к нахождению такого числа основных и резервных элементов (линий), которые бы при минимальной стоимости системы выполняли заданные функции и одновременно обеспечивали её требуемую надежность.

Надежность системы возрастает при увеличении числа резервных линий  $n_p$ , или, при увеличении кратности резервирования  $K = n_p / n_0$ . В любой резервированной системе водоводов  $n = n_0 + n_p$ , где  $n$  - общее число линий водоводов,  $n_0$  - число основных линий водоводов. Если обозначить через  $m$  - минимальное число линий, отказ которых вызывает отказ системы, то получим  $n_p = m - 1$ .

Различают следующие возможные режимы работы резервных элементов:

- *ненагруженный резерв* - резервные элементы при обычной работе вообще не несут нагрузки;

- *нагруженный резерв* - резервные элементы работают в том же режиме, что и основные;

- *облегченный резерв* - резервные элементы находятся в облегченном режиме, по сравнению с основными.

Процесс сравнения вариантов может производиться путем определения и сравнения как стоимостных (экономических) так и показателей надежности всех целесообразных с инженерной точки зрения вариантов. Как стоимостные, так и надёжностные показатели системы трассы подачи воды зависят от допустимого изменения функций системы в результате возможных аварий, характеризуемых величиной  $\alpha = Q_{\alpha} / Q$ , видом используемого резерва, кратностью резервирования  $K$  и общим числом параллельных линий  $n$ .

### Задача.

Найти оптимальный вариант резервированной системы водоводов для различных вариантов при следующих исходных данных: укладка водоводов из стальных труб, длина трассы подачи 4800 м, расчётный расход  $Q = 600$  л/с, стоимость 1 м водовода: для  $d = 800$  мм - 58 руб.,  $d = 700$  мм - 47,8 руб.,  $d = 500$  мм - 36,4 руб.,  $d = 450$  мм - 32 руб.,  $d = 400$  мм - 27,4 руб. Интенсивность отказов для линий труб длиной 4,8

км: при  $d=400\div 500$  мм  $\lambda=2,4$  1/год, при  $d=600\div 800$  мм  $\lambda=2$  1/год. Время восстановления повреждённых линий:  $d=400\div 500$  мм  $t_B=18$  ч, или 0,002 года, при  $d=600\div 800$  мм  $t_B=20$  ч или 0,0023 года.

Вариант № 1. Используется принцип нагруженного резерва. Заданная суммарная расчетная производительность системы водоводов  $Q$  равномерно распределяется при их нормальной работе между всеми линиями системы ( $\alpha=0,5$ ).

Вариант № 2. Используется принцип облегченного резерва. Линии водоводов будут нести меньшую нагрузку (при нормальной работе), чем та расчетная нагрузка по которой определен их диаметр ( $\alpha=0,7\div 0,75$ ).

Вариант № 3. Используется принцип ненагруженного резерва ( $\alpha=1$ ).

Все варианты рассмотреть при общем числе водоводов  $n=2,3,4$ .

Расчётные данные сводятся в табличную форму.  $K = \frac{n_p}{n_0}$

Таблица 8.1 Расчётные данные.

№ варианта	Число линий				$\alpha$	$K = \frac{n_p}{n_0}$	d, мм	С, тыс. руб.	$\Delta$ , 1/год	Т, год
	$n_0$	$n_p$	n	m						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1а	1	1	2	2	0,5	1	500	350	0,023	43,5
1б	2	1	3	2	0,5	0,5	450	460	0,07	14
1в	2	2	4	3	0,5	1	400	526	0	$\infty$
2а	1	1	2	2	0,75	1	700	459	0,018	56
2б	2	1	3	2	0,75	0,5	500	524	0,07	14
2в	2	2	4	3	0,75	1	500	700	0	$\infty$
3а	1	1	2	2	1	1	800	557	0,018	56
3б	1	2	3	3	1	2	800	835	0	$\infty$
3в	1	3	4	4	1	3	800	1074	0	$\infty$
3г	2	1	3	2	1	0,5	500	524	0,07	14
3д	2	2	4	3	1	1	500	700	0	$\infty$

$$1а \Delta = 2 \cdot \lambda^2 t_B;$$

$$1б \Delta = 6 \cdot \lambda^2 t_B;$$

$$1в \Delta = 12 \cdot \lambda^3 t_B^2;$$

$$2а \Delta = 2 \cdot \lambda^2 t_B;$$

$$2б \Delta = 6 \cdot \lambda^2 t_B;$$

$$2в \Delta = 12 \cdot \lambda^3 t_B^2;$$

$$3а \Delta = 2 \cdot \lambda^2 t_B;$$

$$3б \Delta = 3 \cdot \lambda^3 t_B^2;$$

$$3в \Delta = 4 \cdot \lambda^4 t_B^3;$$

$$3г \Delta = 6 \cdot \lambda^2 t_B;$$

$$3д \Delta = 12 \cdot \lambda^3 t_B^2;$$

*Примечание:*

1. Диаметр трубопроводов принимается в зависимости от расхода по справочной литературе.

2. Строительная стоимость системы определяется по формуле:

$$C = C_1 \cdot L \cdot n, \text{ тыс. руб.}$$

где  $C_1$ - стоимость 1 м водовода, руб;

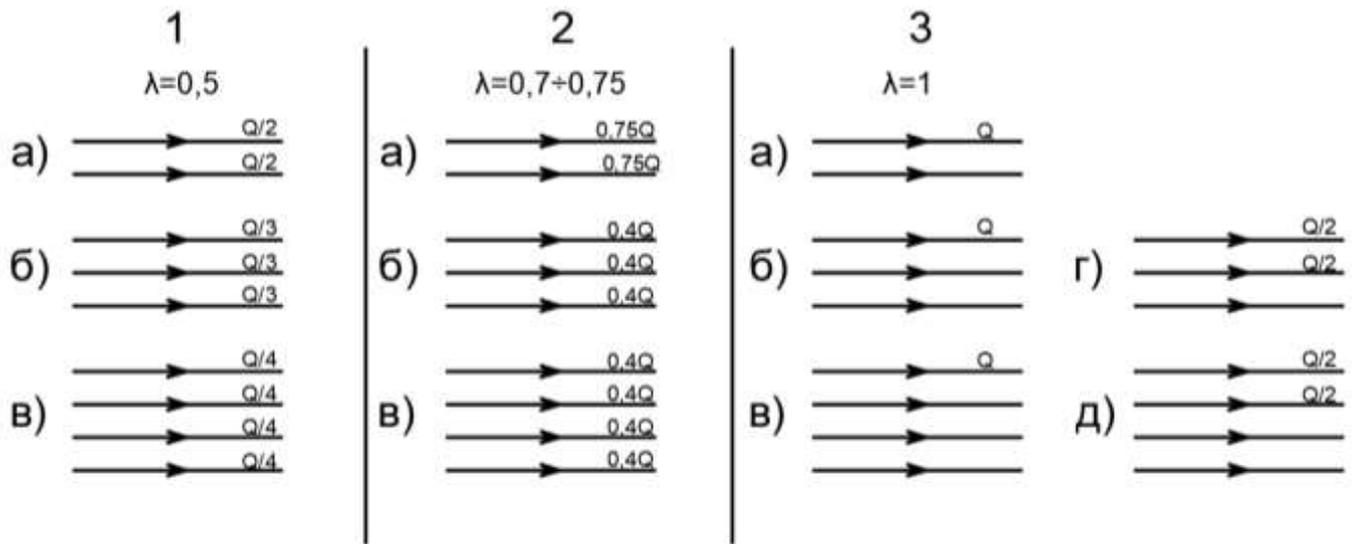
L- длина трассы подачи, м;

n- общее число линий водоводов.

3. Формулы для расчёта интенсивности отказов ( $\Delta$ , 1/год) и времени безотказной работы ( $T$ , год) приведены в предыдущей лабораторной работе.

$$\Delta = m \cdot t_B^{m-1} \cdot \sum_{j=1}^S \lambda_{1j} \cdot \lambda_{2j} \cdot \dots \cdot \lambda_{mj} \quad , 1/\text{год} \quad T = \frac{1}{\Delta}, \text{ год}$$

Выводы:



1. Чем больше  $\alpha$ , тем выше стоимость строительства, т.е. ненагруженный резерв является самым дорогим.

2. Чем больше линий, тем выше стоимость, но надёжность также выше.

3. Чем выше коэффициент резервирования, тем выше надёжность системы.

Требования к заполнению титульного листа

Министерство образования Республики Беларусь  
 Учреждение образования  
 "Брестский государственный технический университет"  
 Кафедра бухгалтерского учета, анализа и аудита

К ЗАЩИТЕ  
 Зав. кафедрой  
 \_\_\_\_\_ ( )  
 " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломной работе на тему  
 "Значение финансовых результатов в деятельности  
 коммерческого банка"  
 (на примере АКБ «Белбизнесбанк»)

шифр разработки (заполняется при необходимости)

Зав. кафедрой	_____	_____	_____
	(подпись)	(дата)	(Ф.И.О)
Руководитель	_____	_____	_____
	(подпись)	(дата)	(Ф.И.О)
Консультант	_____	_____	_____
	(подпись)	(дата)	(Ф.И.О)
Консультант	_____	_____	_____
	(подпись)	(дата)	(Ф.И.О)
Дипломник	_____	_____	_____
	(подпись)	(дата)	(Ф.И.О)

Брест 2002

Основные ряды предпочтительных чисел (члены рядов в интервале от 1 до 10)

R5	R10	R20	R40
1,0	1,0	1,0	1,0
			1,06
		1,12	1,12
			1,18
	1,25	1,25	1,25
			1,32
		1,40	1,40
			1,50
1,60	1,60	1,60	1,60
			1,70
		1,80	1,80
			1,90
	2,00	2,00	2,00
			2,12
		2,24	2,24
			2,36
2,50	2,50	2,50	2,50
			2,65
		2,80	2,80
			3,00
	3,15	3,15	3,15
			3,35
		3,55	3,55
			3,75
4,00	4,00	4,00	4,00
			4,25
		4,50	4,50
			4,75
	5,00	5,00	5,00
			5,30
		5,60	5,60
			6,00
6,30	6,30	6,30	6,30
			6,70
		7,10	7,10
			7,50
	8,00	8,00	8,00
			8,50
		9,00	9,00
			9,50
10,0	10,0	10,0	10,0

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

[#ПрактическийРаздел](#)

1. СТ БГТУ 01-2002. Оформление материалов курсовых, дипломных проектов и работ, отчетов по практике. Общие требования и правила оформления. – Брест. – УО БГТУ, 2002. – 47 с.
2. ГОСТ 8032-84. Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел. – Введ. 1984-08-09 – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 19 с.
3. СТБ 2255-2012. Основные требования к документации строительного проекта.
4. Метрология, стандартизация и сертификация. Радкевич Я.М., Схиладзе А.Г., Лактионов Б.И. – М.: Высшая школа, 2007 – 790 с.
5. Стандартизация, метрология и сертификация. Лифиц И.М. – М.: Юрайт, 2007 – 399 с.

### 3 Раздел контроля знаний

[#СтруктураЭУМК](#)

#### Перечень вопросов, выносимых на зачет по учебной дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»

1. Метрология. Основные задачи. История развития метрологии.
2. Основные задачи стандартизации и сертификации
3. Средства измерений, их метрологические характеристики. Методы измерений.
4. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).
5. Эталоны и их роль в поддержании единства измерений.
6. Погрешности измерений.
7. Система государственных испытаний средств измерений.
8. Государственная поверка.
9. Система предпочтительных чисел и параметрических рядов в практике стандартизации.
10. Количественные методы оптимизации параметров объектов стандартизации.
11. Органы и службы стандартизации. Категории и виды стандартов.
12. Основные единицы физических величин.
13. Последовательность разработки, утверждения и внедрения стандартов.
14. Государственный надзор за стандартами и средствами измерений.
15. Система предпочтительных чисел и параметрических рядов в практике стандартизации.
16. Количественные методы оптимизации параметров объектов стандартизации.
17. Правила нормирования параметров объектов стандартизации. Комплексная стандартизация.
18. Межотраслевые системы стандартизации.
19. Унификация изделий. Ведущие международные организации по стандартизации.
20. Единая система классификации и кодирования.
21. Унифицированная система документации.
22. Общие понятия о надежности систем водоснабжения и водоотведения.
23. Случайные величины и законы их распределения. Простейшие случайные процессы.
24. Процесс Пуассона.
25. Влияние отказов на показатель качества функционирования систем водоснабжения.
26. Анализ режима водопотребления населенных мест как случайного процесса.
27. Показатели надежности основных элементов систем водоснабжения из природных источников.
28. Показатели, характеризующие свойства безотказности, долговечности, ремонтпригодности, комплексные показатели надежности.
29. Использование принципов оптимального резервирования и методы оценки надежности резервированных систем.
30. Расчет оптимального резервирования системы водопроводов.
31. Показатели надежности основных элементов систем водоснабжения и водоотведения.
32. Принципы оптимального проектирования систем водопроводов с соединительными перемычками.

## 4 Вспомогательный раздел

[#СтруктураЭУМК](#)

**Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для специальности:**

**1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»**

1. *Пояснительная записка [70](#)*
2. *Содержание учебного материала [71](#)*
  - 2.1. *Лекционные занятия, их содержание [71](#)*
  - 2.2. *Лабораторные занятия, их содержание [72](#)*
  - 2.3. *Система контроля и оценка уровня знаний. самостоятельная работа студентов [72](#)*
  - 2.4. *Учебно-методическая карта учебной дисциплины [74](#)*
3. *Информационно-методическая часть [80](#)*
  - 3.1 *Основная литература [80](#)*
  - 3.2 *Дополнительная литература [80](#)*
  - 3.3 *Вопросы к зачету по дисциплине [82](#)*

Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор БрГТУ  
\_\_\_\_\_ М.В. Нерода  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.  
Регистрационный № УД- \_\_\_\_\_ /уч.

Метрология, стандартизация и сертификация

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной  
дисциплине для специальности:

1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»

2022 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-70 01 01-2019, утв. Постановлением Министерства образования Республики Беларусь № 188 от 24.12.2019 и учебного плана специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов», направления специальности».

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Е.С. Рыбак, старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

В.Г. Новосельцев, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции учреждения образования «Брестский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент;

С.А. Новик, главный специалист отдела комплексного проектирования № 2 УП «Институт Брестстройпроект».

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ канд. техн. наук, доцент С.Г. Белов,  
протокол №11 от 20.06.2022;

Методической комиссией факультета инженерных систем и экологии

Председатель методической комиссии \_\_\_\_\_ канд. техн. наук, доцент  
О.П. Мешик,  
протокол №\_\_ от \_\_\_\_ 2022;

Научно-методическим советом БрГТУ (протокол №\_\_ от \_\_\_\_\_ 2022).

## 1. Пояснительная записка

[#ВспомогательныйРаздел](#)

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» дает теоретические знания и практические навыки в области изучения основ метрологии, стандартизации, основ теории надежности систем водоснабжения и водоотведения. При изучении дисциплины раскрывается роль отдельных элементов системы, их взаимосвязь и взаимодействие. Это в целом определяет надежное функционирование систем водоснабжения и водоотведения. Изучение данной дисциплины позволит будущим специалистам обеспечить необходимый уровень проектирования технологических процессов путем использования принципов стандартизации и надежных средств технических измерений.

Основной целью изучения дисциплины являются развитие у студента научного мышления, формирование знаний о содержании, назначении, области использования отдельных элементов системы, их взаимосвязь и взаимодействие. Это определяет в целом надежное функционирование систем ВиВ. Изучение дисциплины позволит будущим инженерам специальности 1-70 04 03 обеспечить необходимый уровень проектирования технологических процессов путем использования принципов стандартизации и надежных средств технических измерений.

Задачи дисциплины:

изучить основные задачи научной метрологии, средства и методы измерений, научно-методическими основами стандартизации;

рассмотреть процессы нормального функционирования систем водоснабжения и водоотведения, отказных состояний этих систем, подсистем, сооружений и элементов;

знать комплекс мероприятий по обеспечению надежности рассматриваемых систем на стадии их проектирования и в процессе эксплуатации;

изучить методическую основу для дальнейшей непрерывной подготовки по вопросам стандартизации, метрологии и основам надежности при изучении других дисциплин и повышение знаний в практической инженерной и научной работе.

Для закрепления теоретического материала предусмотрено проведение лабораторных занятий по ключевым темам.

В соответствии с учебными планами на изучение учебной дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» отводится:

Курс	Се- местр	Общее количество часов по плану (з.е.)	Аудиторных часов			Форма текущей аттестаци и
			Лек- ции	Практи- ческие занятия	Лабораторные занятия	
<i>Дневная форма получения образования</i>						
3	5	88 (2 з.е.)	34	-	16	Зачет
<i>Заочная форма получения образования</i>						
3	6	88 (2 з.е.)	8	-	4	Зачет
<i>Заочная, интегрированная с программами среднего специального образования, сокращенная форма получения образования</i>						
3	5	88 (2 з.е.)	6	-	4	Зачет

## 2. Содержание учебного материала

[#ВспомогательныйРаздел](#)

### 2.1. Лекционные занятия, их содержание

#### 2.2.1 Метрология.

Введение. Основные задачи научной метрологии. Цели и задачи курса. Основные задачи метрологии, стандартизации и сертификации. Терминология.

#### 2.2.2 Система государственных испытаний средств измерений.

Средства измерений, их метрологические характеристики. Методы измерений. Государственная система обеспечения единства измерений. Эталоны и их роль в поддержании единства измерений. Погрешности измерений.

#### 2.2.3 Государственная система стандартизации.

Система государственных испытаний средств измерений. Государственная проверка. Государственная служба стандартных справочных данных (ГСССД). Основные единицы физических величин.

2.2.4 Научно-методические основы стандартизации. Межотраслевые системы стандартизации.

Государственная система стандартизации. Органы и службы стандартизации. Категории и виды стандартов. Последовательность разработки, утверждения и внедрения стандартов. Государственный надзор за стандартами и средствами измерений. Порядок проведения контроля за внедрением и соблюдением стандартов на предприятии. Система предпочтительных чисел и параметрических рядов в практике стандартизации. Количественные методы оптимизации параметров объектов стандартизации.

Методические основы стандартизации. Межотраслевые системы стандартизации. Единая система классификации и кодирования. Унифицированная система документации. Типизация технологических процессов. Стандартизация технологической документации. Правила нормирования параметров объектов стандартизации. Комплексная стандартизация. Унификация изделий. Ведущие

международные организации по стандартизации.

2.2.5 Общие понятия о надежности систем ВиВ. Анализ режимов водопотребления и водоотведения населенных мест как случайных процессов.

Общие понятия о надежности систем ВиВ. Системы ВиВ, характеристика их функций и основных состояний. Особенности режимов работы систем ВиВ и определение их расчетных параметров. Методы определения расчетных объемов и режимов водопотребления, предусматриваемые действующими нормативными документами. Основные понятия и определения надежности систем ВиВ (безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость). Влияние отказов на показатель качества функционирования систем водоснабжения.

Анализ режима водопотребления населенных мест как случайного процесса. Случайные величины и законы их распределения. Простейшие Показатели надежности основных элементов систем водоснабжения и природных источников. Показатели, характеризующие свойства безотказности, долговечности, ремонтпригодности, комплексные показатели надежности.

2.2.6 Показатели надежности основных элементов систем ВиВ.

Использование принципов оптимального резервирования и методы оценки надежности резервированных систем. Особенности структуры систем водоснабжения как объектов резервирования. Расчет оптимального резервирования системы водопроводов. Принципы оптимального проектирования систем водопроводов с соединительными перемычками.

## **2.2. Лабораторные занятия, их содержание**

2.2.1 Изучение стандарта УО БрГТУ 01-2002.

2.2.2 Физические величины. Применение теории размерностей.

2.2.3 Выбор методов измерений и приборов. Подсчет ошибок измерений.

2.2.4 Предпочтительные числа. Ряды предпочтительных чисел.

2.2.5 Влияние отказов на показатели качества функционирования систем водоснабжения.

2.2.6 Обработка статистических материалов по результатам наблюдений за функционированием элементов системы водоснабжения.

2.2.7 Определение показателей надежности простейших резервированных систем из восстанавливаемых элементов.

2.2.8 Методы оптимального резервирования системы водопроводов без перемычки.

## **2.3. Система контроля и оценка уровня знаний. самостоятельная работа студентов**

Система контроля включает следующие уровни: контроль выполнения лабораторных занятий. Самостоятельная работа студентов включает в себя подготовку к лекционным и лабораторным занятиям, сдачу зачета.

## Перечень вопросов, выносимых на самостоятельное обучение

1. Средства измерений, их метрологические характеристики. Методы измерений [3.1.2, 3.1.3, 3.2.2].
2. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Эталоны и их роль в поддержании единства измерений. Погрешности измерений [3.2.2, 3.2.3].
3. Система государственных испытаний средств измерений. Государственная поверка [3.1.2, 3.2.2].
4. Единицы физических величин [3.1.2, 3.2.2].
5. Органы и службы стандартизации [3.1.2].
6. Государственный надзор за стандартами и средствами измерений [3.1.2, 3.2.2].
7. Система предпочтительных чисел и параметрических рядов в практике стандартизации. Количественные методы оптимизации параметров объектов стандартизации [3.1.2, 3.1.7].
8. Ведущие международные организации по стандартизации [3.1.2, 3.2.3].
9. Единая система классификации и кодирования. Унифицированная система документации [3.1.2, 3.2.2, 3.2.3].
10. Понятия о надежности систем водоснабжения и водоотведения [3.1.1].
11. Влияние отказов на показатель качества функционирования систем водоснабжения. Анализ режима водопотребления населенных мест как случайного процесса [3.1.1].
12. Случайные величины и законы их распределения. Простейшие случайные процессы [3.1.2, 3.1.7].
13. Показатели надежности основных элементов систем водоснабжения из природных источников [3.1.1].
14. Использование принципов оптимального резервирования и методы оценки надежности резервированных систем [3.1.1].
15. Принципы оптимального проектирования систем водопроводов с соединительными перемычками [3.1.1].

## 2.4. Учебно-методическая карта учебной дисциплины

*Дневная форма получения образования*

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение. Основные задачи метрологии, стандартизации и сертификации	2	-					Зачет
2	Средства измерений, их метрологические характеристики. Методы измерений	2	-				2	
3	Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Эталоны и их роль в поддержании единства измерений. Погрешности измерений	2	-				2	
4	Система государственных испытаний средств измерений. Государственная поверка	2	-		2		2	
5	Основные единицы физических величин	2	-				2	
6	Органы и службы стандартизации. Категории и виды стандартов	2	-				4	
7	Последовательность разработки, утверждения и внедрения стандартов. Государственный надзор за стандартами и средствами измерений	2	-		2		4	
8	Система предпочтительных чисел и параметрических рядов в практике стандартизации. Количественные методы	2	-		2		2	

	оптимизации параметров объектов стандартизации						
9	Правила нормирования параметров объектов стандартизации. Комплексная стандартизация. Унификация изделий. Ведущие международные организации по стандартизации	2	-				2
10	Единая система классификации и кодирования. Унифицированная система документации	2	-				2
11	Общие понятия о надежности систем водоснабжения и водоотведения	2	-		2		2
12	Влияние отказов на показатель качества функционирования систем водоснабжения. Анализ режима водопотребления населенных мест как случайного процесса	2	-				4
13	Случайные величины и законы их распределения. Простейшие случайные процессы. Процесс Пуассона	2	-		2		2
14	Показатели надежности основных элементов систем водоснабжения из природных источников. Показатели, характеризующие свойства безотказности, долговечности, ремонтпригодности, комплексные показатели надежности	2	-		2		2
15	Использование принципов оптимального резервирования и методы оценки надежности резервированных систем	2	-		4		2

16	Расчет оптимального резервирования системы водопроводов. Показатели надежности основных элементов систем водоснабжения и водоотведения	4	-				4	
	Всего	34	-		16		38	Зачет

*Заочная форма получения образования*

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение. Основные задачи метрологии, стандартизации и сертификации	0,25	-				3	Зачет
2	Средства измерений, их метрологические характеристики. Методы измерений	1	-				6	
3	Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Эталоны и их роль в поддержании единства измерений. Погрешности измерений	0,25	-				4	
4	Система государственных испытаний средств измерений. Государственная поверка	0,25	-				4	
5	Основные единицы физических величин	0,25	-				4	
6	Органы и службы стандартизации. Категории и виды стандартов	0,25	-				6	
7	Последовательность разработки, утверждения и внедрения стандартов. Государственный надзор за	0,25	-				6	

	стандартами и средствами измерений						
8	Система предпочтительных чисел и параметрических рядов в практике стандартизации. Количественные методы оптимизации параметров объектов стандартизации	0,25	-				4
9	Правила нормирования параметров объектов стандартизации. Комплексная стандартизация. Унификация изделий. Ведущие международные организации по стандартизации	0,25	-				4
10	Единая система классификации и кодирования. Унифицированная система документации	0,25	-				4
11	Общие понятия о надежности систем водоснабжения и водоотведения	0,25	-				4
12	Влияние отказов на показатель качества функционирования систем водоснабжения. Анализ режима водопотребления населенных мест как случайного процесса	0,25	-				6
13	Случайные величины и законы их распределения. Простейшие случайные процессы. Процесс Пуассона	1	-		2		6
14	Показатели надежности основных элементов систем водоснабжения из природных источников. Показатели, характеризующие свойства безотказности, долговечности, ремонтпригодности, комплексные показатели	0,25	-				4

	надежности							
15	Использование принципов оптимального резервирования и методы оценки надежности резервированных систем	1	-				5	
16	Расчет оптимального резервирования системы водопроводов. Показатели надежности основных элементов систем водоснабжения и водоотведения	2	-		2		6	
	Всего	8	-		4		76	Зачет

*Заочная, интегрированная с программами среднего специального образования, сокращенная форма получения образования*

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение. Основные задачи метрологии, стандартизации и сертификации	0,25	-				3	Зачет
2	Средства измерений, их метрологические характеристики. Методы измерений	1	-				6	
3	Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Эталоны и их роль в поддержании единства измерений. Погрешности измерений	0,25	-				4	
4	Система государственных испытаний средств измерений. Государственная поверка	0,25	-				4	
5	Основные единицы	0,25	-				4	

	физических величин						
6	Органы и службы стандартизации. Категории и виды стандартов	0,25	-				6
7	Последовательность разработки, утверждения и внедрения стандартов. Государственный надзор за стандартами и средствами измерений	0,25	-				6
8	Система предпочтительных чисел и параметрических рядов в практике стандартизации. Количественные методы оптимизации параметров объектов стандартизации	0,25	-				4
9	Правила нормирования параметров объектов стандартизации. Комплексная стандартизация. Унификация изделий. Ведущие международные организации по стандартизации	0,25	-				4
10	Единая система классификации и кодирования. Унифицированная система документации	0,25	-				4
11	Общие понятия о надежности систем водоснабжения и водоотведения	0,25	-				4
12	Влияние отказов на показатель качества функционирования систем водоснабжения. Анализ режима водопотребления населенных мест как случайного процесса	0,25	-				6,5
13	Случайные величины и законы их распределения. Простейшие случайные процессы. Процесс Пуассона	1	-		2		6
14	Показатели надежности	0,25	-				4,5

	основных элементов систем водоснабжения из природных источников. Показатели, характеризующие свойства безотказности, долговечности, ремонтпригодности, комплексные показатели надежности							
15	Использование принципов оптимального резервирования и методы оценки надежности резервированных систем	1	-				5,5	
16	Расчет оптимального резервирования системы водопроводов. Показатели надежности основных элементов систем водоснабжения и водоотведения	2	-		2		6,5	
	Всего	6	-		4		78	Зачет

### 3. Информационно-методическая часть

[#ВспомогательныйРаздел](#)

#### 3.1 Основная литература

- 3.1.1. Сафронов М.А. Эксплуатация систем и сооружений водоснабжения и водоотведения: курс лекций./ М.А. Сафронов. – Пенза: ПГУАС, 2015.-128 с.
- 3.1.2. Крылова Г.Д. Основы Стандартизации, сертификации и метрологии: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 671с.
- 3.1.3. Метрология, стандартизация, сертификация и электро-измерительная техника: Учеб. пособие /К.К. Ким, Г.Н. Анисимов и др. – СПб.:Питер, 2006. – 368 с.
- 3.1.4. Афонский А.А. Измерительные приборы и массовые электронные измерения/А.А. Афонский – М., 2021.
- 3.1.5. СТАНДАРТ УНИВЕРСИТЕТА. Оформление материалов курсовых, дипломных проектов и работ, отчетов по практике. Общие требования и правила оформления. СТ БГТУ 01 – 2002. Брест 2002.
- 3.1.6. СТБ 2255-2012. Основные требования к документации строительного проекта.
- 3.1.7. ДСТУ 8940:68. Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел.

#### 3.2 Дополнительная литература

- 3.2.1. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов специальности 1-700403 – «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» / В.В. Мороз, Е.С. В. Рыбак, А.Г. Новосельцева, Д.Д. Сенчук. – Брест : БрГТУ, 2021. – 39 с.

- 3.2.2. Стандартизация, метрология и сертификация. Лифиц И.М. – М.: Юрайт, 2007 – 399 с.
- 3.2.3. Метрология, стандартизация и сертификация. Радкевич Я.М., Схиладзе А.Г., Лактионов Б.И. – М.: Высшая школа, 2007 – 790 с.

### 3.3 Вопросы к зачету по дисциплине

1. Метрология. Основные задачи. История развития метрологии.
2. Основные задачи стандартизации и сертификации
3. Средства измерений, их метрологические характеристики. Методы измерений.
4. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).
5. Эталоны и их роль в поддержании единства измерений.
6. Погрешности измерений.
7. Система государственных испытаний средств измерений.
8. Государственная поверка.
9. Система предпочтительных чисел и параметрических рядов в практике стандартизации.
10. Количественные методы оптимизации параметров объектов стандартизации.
11. Органы и службы стандартизации. Категории и виды стандартов.
12. Основные единицы физических величин.
13. Последовательность разработки, утверждения и внедрения стандартов.
14. Государственный надзор за стандартами и средствами измерений.
15. Система предпочтительных чисел и параметрических рядов в практике стандартизации.
16. Количественные методы оптимизации параметров объектов стандартизации.
17. Правила нормирования параметров объектов стандартизации. Комплексная стандартизация.
18. Межотраслевые системы стандартизации.
19. Унификация изделий. Ведущие международные организации по стандартизации.
20. Единая система классификации и кодирования.
21. Унифицированная система документации.
22. Общие понятия о надежности систем водоснабжения и водоотведения.
23. Случайные величины и законы их распределения. Простейшие случайные процессы.
24. Процесс Пуассона
25. Влияние отказов на показатель качества функционирования систем водоснабжения.
26. Анализ режима водопотребления населенных мест как случайного процесса.
27. Показатели надежности основных элементов систем водоснабжения из природных источников.
28. Показатели, характеризующие свойства безотказности, долговечности, ремонтпригодности, комплексные показатели надежности.
29. Использование принципов оптимального резервирования и методы оценки надежности резервированных систем.
30. Расчет оптимального резервирования системы водопроводов.
31. Показатели надежности основных элементов систем водоснабжения и водоотведения.
32. Принципы оптимального проектирования систем водопроводов с соединительными перемычками.