

Министерство образования Республики Беларусь
Белорусский национальный технический университет
Факультет транспортных коммуникаций
Кафедра «Автомобильные дороги»

***ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ***

«НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ»

для студентов специальности 1 - 70 03 01
«Автомобильные дороги»

Составитель: доцент Бондаренко С.Н.

Минск БНТУ 2021

Перечень материалов

1. Теоретический раздел:
- «Нормирование точности и технические измерения» – конспект лекций;
2. Практический раздел:
- «Нормирование точности и технические измерения» – практические задания;
3. Контроль знаний: - «Нормирование точности и технические измерения» – перечень вопросов, выносимых на экзамен.
4. Вспомогательный раздел: - «Нормирование точности и технические измерения» – учебная программа для учреждения высшего образования.

УМК по дисциплине «Нормирование точности и технические измерения» разработан на кафедре «Автомобильные дороги» для студентов специальности 1 - 70 03 01.

Цель УМК - повышение эффективности образовательного процесса, а также обеспечение дополнительных возможностей самостоятельного изучения дисциплины, в том числе и путём передачи изучаемого материала в электронном виде.

Структура УМК содержит теоретический раздел, практический и вспомогательный разделы, а также раздел по контролю знаний студентов.

Теоретический раздел содержит необходимые для изучения дисциплины учебные материалы, а также включает конспект лекций, в котором последовательно излагаются базовые положения и основные разделы изучаемой дисциплины.

Практический раздел состоит из примерного перечня тем практических занятий по дисциплине, содержит методические указания по подготовке и проведению практических занятий и включает ряд дополнительных вопросов практического характера по методическому обеспечению технических измерений для самостоятельного изучения дисциплины.

Раздел по контролю знаний содержит материалы текущей и итоговой аттестации, которые позволяют оценить уровень соответствия результатов обучения студентов требованиям образовательного стандарта специальности 1 - 70 03 01 «Автомобильные дороги». В раздел входит перечень контрольных работ и вопросы для подготовки студентов к экзамену.

Вспомогательный раздел содержит учебную программу по дисциплине «Нормирование точности и технические измерения», а также информационно-методическую часть, включающую перечень основной и рекомендованной дополнительной литературы для изучения дисциплины.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Введение

Метрология и стандартизация: основные положения. Цели и задачи нормирования точности. Особенности проведения технических измерений в дорожном строительстве.

Раздел I. Метрология, как наука об измерениях

Тема 1.1. Метрология как наука об измерениях, методах и средствах обеспечения единства измерений и способах достижения требуемой точности. Системы метрологического обеспечения производства и научных исследований; системы и элементы систем технического нормирования и стандартизации изделий и процессов; системы менеджмента качества и их элементы; системы оценки соответствия изделий, персонала, процессов и производств – общие представления для использования в дорожном строительстве.

ВВЕДЕНИЕ

Самое краткое и конкретное определение метрологии - наука об измерениях. В повседневной жизни мы постоянно сталкиваемся с измерениями расстояний, масс, времени, температуры, давления. В современной промышленности ежедневно выполняются миллиарды измерений, причём доля затрат на выполнение этих измерений составляет в среднем 10-15% от общих трудозатрат. О роли измерений в научных исследованиях в своё время очень конкретно высказался Д.И. Менделеев: *«Наука начинается... с тех пор, как начинают измерять; точная наука немислима без меры»*. Более полное определение метрологии – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности. Метрологию обычно представляют как науку и область деятельности, включающую три взаимосвязанных раздела - теоретический, законодательный и прикладной. К основным разделам метрологии относятся: общая теория измерений, единицы физических величин и их системы, методы и средства измерений физических величин, методы оценки точности измерений, методы эталонирования.

Необычайно широк спектр значений измеряемых величин. Например, расстояния (в метрах) измеряют в диапазоне от 10^{-10} до 10^{17} , температуру (в Кельвинах) - от 0,5 до 10^6 , силу электрического тока (в амперах) - от 10^{-16} до 10^4 , мощность (в ваттах) - от 10^{-15} до 10^9 .

В настоящее время, с использованием уникальных технических решений, достигнута высочайшая точность измерительных систем. Лучшие национальные эталоны позволяют измерять интервалы времени с погрешностью, не превышающей 10^{-16} с. Это означает, что погрешность всего в одну секунду «реализуется» не ранее чем через 300 миллионов лет! Такой уровень точности диктуется практическими потребностями современной цивилизации, в первую очередь задачами развития космической и оборонной техники. Для того, чтобы обеспечить определение координат подвижного объекта (корабля, самолета, автомобиля, человека) в любом географическом районе Земли с погрешностью не более 20-30 метров, на борту спутников навигационных космических систем (ГЛОНАСС в России, NAVSTAR-SP5 в США) установлены квантовые стандарты частоты с погрешностью 10^{-13} сек. Причиной отклонения головной части ракеты на 100 м и более может оказаться ошибка в измерениях температуры топлива всего на 1°C .

Метрология как область практической деятельности по своей социальной значимости соизмерима с системами связи, транспорта, здравоохранения, торговли, обороны государства. Закон «Об обеспечении единства измерений» направлен «на защиту прав и законных интересов граждан, установленного правопорядка и экономики от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений». Применение приборов, не прошедших поверку, или ошибочных методов измерений ведет к нарушению технологического процесса, браку продукции, потерям ресурсов, появлению предпосылок для аварийных ситуаций. Так, ава-

рия на Чернобыльской атомной электростанции в 1986 г. явилась следствием, в числе прочего, плохой организации измерений.

В различных странах были проведены исследования для определения экономической выгоды от затрат на метрологию, которые показывают, что выгода значительно превышает затраты. Например, по данным Национального института стандартов и технологий США, отношение затрат к выгоде за счет повышения точности измерений сопротивления кремния в полупроводниковом производстве составило 1:37, а сертификация стандартных образцов для различных сортов бензина, проведенная в соответствии с «Законом о чистом воздухе» и позволившая в несколько раз снизить неопределенность в измерениях, дала годовой экономический эффект около 40 млн. \$. Границы реального распространения метрологии определяются тем содержанием, которым наполняется термин «измерение», поскольку понятие измерения является фундаментальным для метрологии.

Реализация современных технологий невозможна без применения всего арсенала метрологии. Такие технологии, в том числе и технологии дорожного строительства, требуют получения и переработки огромного объема измерительной информации, без которой их внедрение не дает ожидаемого эффекта. Нормативные документы предлагают под качеством продукции понимать совокупность свойств, обеспечивающих пригодность этой продукции удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением. В дорожном строительстве качество продукции, как правило, отождествляется с качеством применяемых материалов и конструктивных элементов, а также законченных конструкций. Качество дорог комплексно охватывает все аспекты создания дорожно-строительной продукции и один из важнейших аспектов теснейшим образом связан с проведением самых различных измерений и обработкой этой измерительной информации. Для осуществления измерений широко применяется микропроцессорная техника и персональные компьютеры, а также интеллектуальные средства измерений. Возросшие требования к качеству измерения превратили его в сложную процедуру подготовки и проведения измерительного эксперимента, обработки и интерпретации полученной информации. В связи с большим разнообразием измерений, их классифицируют по областям измерений, т. е. совокупностям видов измерений, свойственных какой-либо области науки или техники и выделяющихся своей спецификой.

Принято различать следующие области и виды измерений:

1. Геометрические измерения (длина, угол, отклонения формы и расположения поверхностей, параметры шероховатости поверхности, координаты сложной поверхности).
2. Механические измерения (масса, сила, крутящий момент, напряжение и деформация, твердость, параметры движения) метрологии
3. Измерения расхода, вместимости, уровня, параметров потока.
4. Измерения давления и вакуума.
5. Физико-химические измерения (вязкость, плотность, влажность, концентрация компонентов, кондуктометрия, рН-метрия).
6. Температурные и теплофизические измерения.
7. Измерения времени и частоты.
8. Электрические и магнитные измерения на постоянном и переменном токе (сила тока, напряжение, энергия, мощность, сопротивление, проводимость, емкость, индуктивность, добротность, параметры электрических и магнитных полей, магнитные характеристики материалов).
9. Радиоэлектронные измерения (интенсивность, параметры формы и спектра сигналов, параметры трактов и антенн, измерения свойств веществ и материалов радиотехническими методами).
10. Виброакустические измерения (параметры вибрации, акустические измерения в газовой и жидкой среде и в твердых телах).

11. Оптические и оптико-физические измерения (сила света, освещенность, энергетические параметры излучения, характеристики лазерного излучения, оптические свойства и характеристики материалов).

12. Измерения параметров ионизирующих излучений и ядерных констант.

13. Биологические и биомедицинские измерения.

Границы реального распространения метрологии определяются тем содержанием, которым наполняется термин «измерение», поскольку понятие измерения является фундаментальным для метрологии.

МЕТРОЛОГИЯ: КРАТКАЯ ИСТОРИЯ

Метрология зародилась в глубокой древности, когда начали формироваться первые государства, стала развиваться торговля, появилась необходимость выполнять достаточно большие общественные работы. Исторические памятники называют её возраст: более 6 тыс. лет. На каждом этапе своего развития метрология решала собственные задачи, отражающие потребности общества. Вместе с этим менялось и само понятие метрологии. В дословном переводе с древнегреческого (от *metron* - мера и *logos* - учение) метрология - наука о мерах. Измерить величину - значит сравнить ее с мерой.

Многие века меры были в основном антропометрическими (связанными с размерами человеческого тела - пядь, фут, локоть, аршин, сажень) или обиходными (например, первоначально дюйм - длина трех ячменных зерен, приставленных одно к другому своими концами). Раздробленность территорий и народов обусловила огромное разнообразие однородных мер. Так, к концу XVIII в. в разных странах существовало (округленно) 280 различных футов (мера длины), 390 фунтов (мера веса, в современном понимании - мера массы). С развитием торговых и финансовых связей отсутствие единых мер стало вызывать существенные трудности.

Важным событием в развитии метрологии стало принятие Национальным собранием Франции в 1790 г. Декрета о реформе мер. В основу декрета легла предложенная группой академиков метрическая система мер. В качестве базовой была выбрана естественная мера длины, равная одной десятиллионной доле четверти парижского меридиана, которая получила название метра. Второй (производной) мерой системы был назван килограмм, равный массе одного кубического дециметра чистой воды при температуре 4 °С. Были изготовлены (1799) и сданы на хранение в Архив Французской республики платиновые эталоны этих мер, названные «метром Архива» и «килограммом Архива».

К настоящему времени к Метрической конвенции присоединились 48 государств, в которых сосредоточено более 95% мирового промышленного капитала. День подписания Метрической конвенции - 20 мая - предложено отмечать как Всемирный день метрологии.

Главный элемент системы измерений в любой стране - национальный метрологический институт (НМИ). В соответствии с Метрической конвенцией многие промышленные страны учредили или реорганизовали свои НМИ. Первыми среди них стали: Федеральный физико-технический институт РТВ Германии в 1887 г., Главная палата мер и весов России в 1893 г., Национальная физическая лаборатория NPL Великобритании в 1900 г., Национальное бюро стандартов NBS Соединенных Штатов Америки в 1901 г. (ныне - Национальный институт стандартов и технологий NIST). К концу XIX в. все страны, подписавшие Метрическую конвенцию, получили национальные эталоны метра и килограмма, изготовленные в 1889 г. по единой технологии из платино-иридиевого сплава с наивысшей возможной для того времени точностью. Те прототипы этих эталонов, которые оказались наиболее близкими по своим значениям к архивным эталонам 1799 г., получили статус международных эталонов и поступили в Международное бюро мер и весов (МБМВ).

Развитие метрологии в России получило серьезный импульс с назначением в 1892 г. управляющим Дело образцовых мер и весов крупнейшего российского ученого Менделеева. По его инициативе Депо было преобразовано в Главную палату мер и весов (1893), ставшую

одним из первых в мире национальных научных учреждений метрологического профиля. Под руководством Д.И. Менделеева была проведена работа по созданию комплекта российских эталонов и их международным сличениям, начала создаваться государственная метрологическая служба, реализована широкая программа научных исследований в области метрологии, проведена подготовка к внедрению в России метрической системы.

ЭЛЕМЕНТЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ПРОЦЕДУРЫ

Предметом метрологии является получение качественной или количественной информации о свойствах объектов окружающего мира путем измерения. Само измерение - сложная процедура, включающая целый ряд последовательных и взаимодействующих элементов. Совокупность и порядок следования элементов процедуры измерения конкретного свойства фиксируется в форме соответствующей методики выполнения измерений.

Начальным элементом всякого измерения является его задача (цель). Задача измерения в общем случае - это получение результата измерения требуемого качества, т. е. необходимой точности и достоверности. Формулирование конкретной измерительной задачи осуществляется с учетом априорной (полученной до проведения самого измерения) информации об измеряемом объекте и его свойствах. Анализ априорной информации позволяет заранее определить характеристики предстоящего измерения, в том числе достижимый уровень его точности.

Объект измерения - это реальный объект (тело, вещество, поле, явление, процесс, организм), обладающий некоторой суммой свойств и находящийся в многосторонних и сложных связях с другими объектами. Субъект измерения (человек, выполняющий измерение) принципиально не может охватить объект целиком, во всем многообразии его свойств и связей. Поэтому его взаимодействие с объектом измерения возможно только на основе модели объекта. Модель объекта измерения строится в соответствии с целью измерения на основе априорной информации об объекте и условиях измерения. Построение адекватной модели объекта измерения является сложной и неформализуемой задачей.

Субъект измерения осуществляет выбор принципа, метода и средства измерений. Принцип измерения - научно описанное явление (или эффект), положенное в основу метода измерения. Например, при эталонных измерениях электрического напряжения используется эффект Джозефсона, при измерении температуры - термоэлектрический эффект, при измерении скорости - эффект Доплера.

Метод измерения - логическая последовательность операций, описанная в общем виде и применяемая для сравнения конкретного проявления свойства объекта со шкалой измерений этого свойства. Методы измерений весьма разнообразны и могут быть классифицированы по различным признакам. Зачастую методу измерения дается собственное название не потому, что он существенно отличается от известных методов, а лишь для удобства его практического использования.

Например, методы непосредственной оценки, противопоставления, замещения, совпадения, дифференциальный, нулевой методы являются, по существу, разновидностями метода сравнения с мерой.

Метод измерения реализуется с помощью средств измерений. Средствами измерений называют объект, воспроизводящий и (или) хранящий какую-либо часть шкалы измерений (точку, участок) и предназначенный для выполнения измерений. Большинство средств измерений являются конструктивно законченными техническими устройствами. Каждое средство измерений имеет нормированные метрологические характеристики, которые оказывают влияние на качество результатов измерений.

Своеобразным средством измерений является человек, который использует свои органы чувств (осязание, обоняние, зрение, слух, вкус) при органолептических измерениях, интуицию - при эвристических измерениях, знания и навыки - при экспертных измерениях.

Важную роль в процессе измерения играют **условия измерения - совокупность влияющих величин, описывающих состояние окружающей среды и средства измерений**. К влияю-

щим относят величины, не измеряемые в конкретной процедуре измерения, но оказывающие влияние на его результаты (температура, давление, влажность, электрическое напряжение, частота питания в сети и др.). Отклонение от нормальных условий измерения приводит к изменению состояния объекта измерения и средства измерений, что может вызвать расширение интервала неопределенности (или появление дополнительной погрешности измерения).

Измерительный эксперимент является центральным элементом процедуры измерения. В узком смысле - это отдельное, однократное измерение, которое часто называют наблюдением. В общем случае измерительный эксперимент содержит ряд последовательных операций по взаимодействию средства измерений с измеряемым объектом, получению, преобразованию и индикации сигналов измерительной информации, регистрации результатов наблюдений.

Завершает процедуру измерения операция обработки экспериментальных данных, включающая проведение вычислений согласно принятому алгоритму, получение результата измерения, оценку его точности и достоверности, запись результата и его неопределенности (или погрешности) в соответствии с установленной формой представления [5, с.12-14].

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ МЕТРОЛОГИИ

Отечественные метрологи определяют сегодня метрологию как «науку об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства, а также способах достижения требуемой точности». Обычно метрологию представляют как науку и область деятельности, включающую три взаимосвязанных раздела - теоретический, законодательный и прикладной.

Теоретическая (фундаментальная) метрология изучает и разрабатывает ее научные основы. Предметами этого раздела являются: теория измерений, теория шкал измерений, проблемы установления систем единиц измерений, теория исходных средств измерений (эталонов) и передачи шкал и размеров единиц, вопросы использования в метрологии фундаментальных физических постоянных, теория точности измерений и др.

Законодательная метрология включает взаимосвязанные юридические и научно-технические вопросы, которые нуждаются в регламентации со стороны государства с целью обеспечения единства измерений. Ключевыми документами законодательной метрологии являются: Закон РФ «Об обеспечении единства измерений» и стандарты Государственной системы обеспечения единства измерений - ГСИ. Основными понятиями служат: «методика выполнения измерений»; «испытание, метрологическая аттестация, поверка и сертификация средств измерений»; «метрологический контроль и надзор».

Прикладная (практическая) метрология изучает и разрабатывает вопросы практического применения положений теоретической и законодательной метрологии. Предметом прикладной метрологии являются все виды работ, проводимых в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора.

В последние десятилетия метрология активно проникала в новые для себя области: испытания и контроль качества продукции, кибернетика и системотехника, здравоохранение и охрана окружающей среды, экономика, социология и психология, педагогика и спорт, дегустация (вин, парфюмерных веществ). На очереди измерения таких свойств, как блеск, глянец, запах, вкус и др. Стали измерять не только величины, включенные в международную систему единиц, но и те свойства, которые не описываются физическими законами. Более того, некоторые из измеряемых свойств не являются величинами, т. к. носят не количественный, а качественный характер. Появились новые измерительные процедуры (вплоть до «статистических» и «мягких» измерений), которые не укладываются в рамки традиционной («классической») метрологии. В практику измерений начинают входить такие понятия, как «нечеткая логика», «нейронные сети», «генетические алгоритмы». Все большую актуальность приобретает энтропийный подход к оценке точности результатов измерений. Многогранность метрологии определила ее особое место в системе наук. Главной особенностью метрологии, выделяющей ее среди других естественных наук, является большое ко-

личество принципиальных положений, установленных условно, по соглашению: выбор системы единиц, размеры основных единиц, методики выполнения измерений, нормальные условия проведения измерений, нормируемые метрологические характеристики средств измерений и др.[5, с. 18-19].

*****ДОПОЛНЕНИЕ

НОВЫЕ ЭТАЛОНЫ КИЛОГРАММА, КЕЛЬВИНА, АМПЕРА И МОЛЯ

22.01.2019

16 ноября в Версале на 26-й Генеральной конференции по мерам и весам принято решение о переходе на новые эталоны в рамках перехода к обновленной Международной системе единиц (SI).

Помимо килограмма, новое определение теперь получили еще три единицы:

- кельвин (единица термодинамической температуры),
- ампер (единица силы электрического тока)
- моль (единица измерения количества вещества).

На предыдущем этапе обновления системы SI были утверждены новые стандарты секунды (время), канделы (сила света) и метра (длина).

КИЛОГРАММ

Теперь килограмм будет определяться не весом эталона, а количеством электрической энергии, которое необходимо, чтобы сдвинуть с места объект весом в килограмм. Энергия, в свою очередь, будет рассчитываться на основе постоянной Планка.

Современное определение принято *III Генеральной конференцией* по мерам и весам (ГКМВ) в **1901** году и формулируется так: «Килограмм есть единица массы, равная массе международного прототипа килограмма».

При этом Международный прототип (эталон) килограмма хранится в Международном бюро мер и весов (расположено в городе Севр неподалёку от Парижа) и представляет собой цилиндр диаметром и высотой 39,17 мм из платиноиридиевого сплава (90% платины, 10% иридия).

Размер прототипа примерно соответствует размеру мяча для гольфа.

Проблема с эталоном килограмма состоит в том, что любые материалы могут терять атомы или, наоборот, пополняться атомами из окружающего пространства.

В частности, различные официальные копии эталонного килограмма, который хранится в Севре, отличаются по весу от официального эталона. Разница достигает 60 микрограмм.

Такие изменения произошли за более чем 100 лет с момента создания копий.

Эта проблема решается, если определить единицу измерения через другую физическую постоянную. Собственно, в новом определении килограмма так и сделано: здесь используется постоянная Планка.

Новое определение: 1 килограмм равен постоянной Планка, поделенной на $6,626070040 \times 10^{-34} \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$. Для выражения единицы требуется постоянная Планка.

КЕЛЬВИН

Современное определение: 1 кельвин равен $1/273,16$ части термодинамической температуры тройной точки воды. Начало шкалы (0 К) совпадает с абсолютным нулём.

Тройная точка воды - строго определённые значения температуры и давления, при которых вода может одновременно и равновесно существовать в виде трёх фаз - в твердом, жидком и газообразном состояниях.

Новое определение: 1 кельвин соответствует изменению тепловой энергии на $1,38064852 \times 10^{-23}$ джоулей. Для выражения единицы требуется постоянная Больцмана.

Измерять точную температуру можно с помощью измерения скорости звука в сфере, заполненной газом. Скорость звука пропорциональна скорости перемещения атомов.

МОЛЬ

Современное определение: моль есть количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг.

Новое определение: количество вещества системы, которая содержит $6,022140857 \times 10^{23}$ специфицированных структурных единиц. Для выражения единицы требуется постоянная Авогадро (число Авогадро).

Для эталона числа Авогадро — а через него и моля — учёные предлагают создать идеальную сферу из чистого кремния-28.

У этого вещества идеально точная кристаллическая решётка, так что количество атомов в сфере можно определить, если точно измерить диаметр сферы (с помощью лазерной системы).

В отличие от существующего куска платиново-иридевого сплава, скорость потери атомов кремния-28 точно предсказуема, что позволяет вносить коррективы в эталон.

АМПЕР

Современное определение: «Ампер есть сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 метр один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 метр силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ ньютона».

Новое определение: электрический ток, соответствующий потоку $1/1,6021766208 \times 10^{-19}$ элементарных электрических зарядов в секунду. Для выражения единицы требуется заряд электрона.

Метр с секундой ранее были определены через скорость света (свет проходит точно 299 792 458 метров за секунду) и излучение охлажденного атома цезия (строго 9 192 631 770 периодов излучения за секунду).

Самая значительная реформа в международной системе единиц (СИ) и переход на новые эталоны состоится в день празднования Дня метрологии, 20 мая 2019 года.

И тогда придётся принимать новые ГОСТы, а также внести исправления в учебники физики в школе и вузах.

ПОНЯТИЕ ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ

Метрология - наука об измерениях, о методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Под единством измерений понимают такое их состояние, при котором результаты измерений выражены в узаконенных единицах величин, и погрешности измерений не выходят за установленные границы с заданной вероятностью.

Метрология изучает широкий круг вопросов, связанных как с теоретическими проблемами (теоретическая метрология), так и с задачами практики (практическая метрология). К основным разделам метрологии относятся: общая теория измерений, единицы физических

величин и их системы, методы и средства измерений физических величин, методы оценки точности измерений, методы эталонирования. На основании теоретических положений метрологии обоснованы и стандартизированы практические рекомендации, регламентирующие все стороны измерений (законодательная метрология).

Измерениями называют совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, которые обеспечивают нахождение соотношения измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины. Таким образом, измерение можно определить как экспериментальное нахождение отношения измеряемой физической величины к другой однородной величине, принятой за единицу. Физической величиной называют свойство, общее в качественном отношении для многих объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого. Например, физическими величинами являются длина, электрический ток, напряжение, индуктивность. Количественное содержание физической величины, характеризующее конкретный объект, называют размером физической величины (размером величины). Оценка физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц называют значением физической величины.

Для обозначения частных особенностей физических величин применяют термин параметр. Например, конденсатор характеризуют емкостью, а его параметрами можно считать тангенс угла потерь, температурный коэффициент емкости, индуктивность вводов. Иногда параметром называют измеряемую физическую величину - амплитуду, фазу, частоту.

Различают истинное, действительное и измеренное значения физической величины. Истинное значение идеальным образом отражает в количественном и качественном отношениях соответствующие свойства объекта, и его стараются найти при измерениях. Однако из-за неизбежных погрешностей измерений истинное значение получить не удастся. На практике вместо истинного значения экспериментально определяют действительное значение, настолько приближающееся к истинному значению, что может быть использовано вместо него. Измеренное значение получают по данным эксперимента.

Средства измерений. Применяемое при измерениях техническое средство, имеющее нормированные метрологические характеристики (характеристики, влияющие на точность измерений), воспроизводящее или хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени, называют средством измерений (СИ). К средствам измерений относят эталоны физических величин, меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи, измерительно-вычислительные комплексы (ИВК), компьютерно-измерительные системы (КИС) и измерительные информационные системы (ИИС).

Измерительный преобразователь - структурный элемент более сложных средств измерений, имеющий самостоятельные метрологические характеристики. Различают первичные, передающие, промежуточные и масштабные преобразователи. Первичные преобразователи называют датчиками.

На основе нескольких измерительных преобразователей создают измерительные приборы и меры. Измерительный прибор предназначен для образования выходного сигнала в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Измерительные приборы делят на аналоговые и цифровые. Показание аналогового прибора является непрерывной функцией измеряемой величины. К аналоговым относят, например, приборы со стрелочными указателями. Цифровые приборы вырабатывают дискретный сигнал измерительной информации в цифровой форме.

Мера служит для воспроизведения физической величины заданного размера. Так, мерами являются образцовая катушка индуктивности или образцовый конденсатор переменной емкости.

Измерительно-вычислительные комплексы представляют собой совокупность средств измерений и компьютера, объединенных с помощью устройств сопряжения и предназначен-

ных для измерений, научных исследований и расчетов. Такие же функции выполняют КИС, построенные на основе компьютеров, дополненных измерительными модулями.

Измерительные информационные системы - совокупность функционально объединенных измерительных, вычислительных и других вспомогательных технических средств, предназначенных для получения измерительной информации, ее преобразования и обработки в целях представления в удобном потребителю виде либо автоматического осуществления контроля, диагностики или идентификации. В настоящее время получают распространение приборы, состоящие из персонального компьютера, дополненного платой сбора данных, содержащей аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) и образцовые меры. Плата обеспечивает преобразование аналогового измерительного сигнала в цифровой, функции его обработки выполняет компьютер. Для наглядного отображения информации и удобства управления процессом измерений на экране монитора воспроизводят лицевую панель измерительного прибора со всеми элементами настройки, управление которыми производят с клавиатуры компьютера или «мышью». Такие приборы называются виртуальными.

Классификация измерений. По способу получения результата измерения подразделяют на прямые, косвенные, совместные и совокупные.

Прямыми называются измерения, при которых искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных. К ним, например, относится измерение напряжения с помощью вольтметра или измерение интервала времени с помощью измерителя временных интервалов.

При косвенных измерениях искомое значение Y величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами X_1, X_2, \dots, X_n , измеряемыми посредством прямых измерений: $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$.

Например, к косвенным относится измерение рассеиваемой на резисторе мощности $P = I^2 R$ по результатам прямых измерений напряжения U и сопротивления резистора R . Совместные измерения состоят в одновременном измерении двух или нескольких неоднородных величин для нахождения зависимости между ними. Примером совместных измерений может служить получение зависимости сопротивления резистора от его температуры.

Совокупными называют производимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомое значение находят из решения системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин. Измерения, связанные с обработкой измерительной информации, такие как косвенные, совместные и совокупные, часто выполняют с помощью средств измерений, сопряженных со средствами вычислительной техники, например ИВК или КИС. В этом случае процессы получения экспериментальных данных и их обработка автоматизированы, на отсчетном устройстве индицируется результат расчетов.

Погрешности измерений. Значение измеряемой величины наблюдатель оценивает по показанию СИ, которое считывают с показывающего (отсчетного) устройства. В цифровых приборах это цифровое табло (дисплей). В приборах со стрелочным указателем показание отсчитывают по ближайшей к стрелке отметке шкалы, иногда учитывают и доли деления, применяя интерполяцию на глаз.

По показанию определяют результат измерений - значение физической величины, полученное путем ее измерения и представленное именованным или именованным числом. Если измерения произведены один раз (однократно) и их не требуется корректировать, то показание часто принимают за результат измерений.

В общем случае результат может отличаться от показания. Это имеет место при проведении многократных измерений, когда результат измерений получают, например, как среднеарифметическое результатов отдельных измерений. Совместно с результатом измерений в случае необходимости приводят и данные, характеризующие условия проведения эксперимента, а также погрешности.

Отклонение результата измерений X от истинного значения **X** измеряемой величины называется абсолютной погрешностью результата измерений или абсолютной погрешностью измерений

$$\Delta = X - X \quad (1.1).$$

Это соотношение является исходным для теоретического анализа погрешностей. На практике же из-за невозможности определить истинное значение вместо него берут *действительное значение* измеряемой величины, например, среднеарифметическое результатов многократных измерений. Погрешность измерений иногда удобно характеризовать ее относительным значением. Поскольку абсолютная погрешность мала по сравнению с результатом измерений, то можно считать $X \sim \bar{X}$. Относительную погрешность чаще всего выражают в процентах, иногда в децибелах. Измерения можно характеризовать их точностью - близостью результата измерения к истинному значению. **Точность измерений** является качественной величиной: чем выше точность, тем с меньшей погрешностью проведены измерения. Понятие точности используется для сравнительной качественной характеристики различных измерений или СИ. В литературе иногда встречается и количественное определение точности как обратной величины модуля относительной погрешности. Так, если $\delta = 10^{-3}$, то точность равна 10^3 . Чем выше точность, тем с меньшей погрешностью произведено измерение. По точности измерения подразделяются на лабораторные и технические. Лабораторные (метрологические, эталонные) измерения преимущественно проводят при научных исследованиях и принимают меры повышения точности, например, посредством многократных измерений. Погрешности измерений находят в ходе самого эксперимента или при обработке его результатов. Лабораторные измерения обычно проводит персонал высокой квалификации.

Технические измерения осуществляют в заданных условиях по определенной методике выполнения измерений. Методику заранее разрабатывают, причем в ней нормируют (задают) погрешности. В ходе самих измерений никаких исследований погрешностей не проводят, ее оценивают по паспортным данным средств измерений. Нормированные таким способом погрешности справедливы для любого случайным образом выбранного экземпляра средств измерений данного типа. Технические измерения являются массовыми, их часто проводит персонал средней квалификации. Погрешность технических измерений в зависимости от характеристик применяемых средств измерений и методики измерений меняется в широких пределах. С наименьшей относительной погрешностью 10^{-6} ... 10^{-9} могут быть измерены временные параметры сигнала, например частота или временные интервалы. Погрешность измерений на СВЧ может достигать 10...20 % [7, с.8- 9].

Виды измерений

Существует несколько видов измерений. При их классификации обычно исходят из характера зависимости измеряемой величины от времени, вида уравнения измерений, условий, определяющих точность результата измерений и способов выражения этих результатов.

1) По характеру зависимости измеряемой величины от времени

а) статические - имеют место, когда измеряемая величина практически постоянна (измерения размеров тела, постоянного давления);

б) динамические, связанные с величинами, которые в процессе измерений претерпевают те или иные изменения (измерения пульсирующих давлений, вибраций).

2) По способу получения результатов

а) Прямые измерения — измерения, при которых искомое значение физической величины находят непосредственно из опытных данных путем ее непосредственного сравнения с мерой. (измерение давления, температуры и др.).

б) Косвенные измерения — измерения, при которых искомую величину определяют на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям, т.е. измеряют не собственно определяемую величину, а другие, функционально с ней связанные. Значение измеряемой величины находят через преобразование или

через установленную формулу (определение объема тела по прямым измерениям его геометрических размеров, нахождение удельного электрического сопротивления проводника по его сопротивлению, длине и площади поперечного сечения).

в) Совокупные измерения — это производимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, характеризующих Данный предмет или изделие, при которых искомую определяют решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин (определение массы отдельных гирь набора (или прогнозирование погоды на основе замеров силы ветра, влажности воздуха, фронтов и т.п).

г) Совместные измерения — это производимые одновременно измерения двух или нескольких неоднородных физических величин для нахождения зависимостей между ними (измерение электрического сопротивления при определенных температурных параметрах и температурных коэффициентов измерительного резистора по данным прямых измерений его сопротивления при различных температурах).

3) По условиям, определяющим точность результата

а) Измерения максимальной возможной точности, достижимой при существующем уровне техники.

К ним относятся в первую очередь эталонные измерения, связанные с максимально возможной точностью воспроизведения установленных единиц физических величин, и, кроме того, измерения физических констант, прежде всего универсальных (например, абсолютного значения ускорения свободного падения и др.). К этому же классу относятся и некоторые специальные измерения, требующие высокой точности.

б) Контрольно-поверочные измерения, погрешность которых с определенной вероятностью не должна превышать некоторого заданного значения.

К ним относятся измерения, выполняемые лабораториями государственного надзора за внедрением и соблюдением стандартов и состоянием измерительной техники и заводскими измерительными лабораториями, которые гарантируют погрешность результата с определенной вероятностью, не превышающей некоторого заранее заданного значения.

в) Технические измерения, в которых погрешность результата определяется характеристиками средств измерений.

Примерами технических измерений являются измерения, выполняемые в процессе производства на машиностроительных предприятиях, на щитах распределительных устройств электрических станций и др.

4) По способу выражения результатов измерений

а) Абсолютными называются измерения, которые основаны на прямых измерениях одной или нескольких основных величин или на использовании значений физических констант (определение длины в метрах, силы электрического тока в амперах, ускорения свободного падения в метрах на секунду в квадрате).

б) Относительными называются измерения отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную (измерение относительной влажности воздуха, определяемой как отношение количества водяных паров в 1 м³ воздуха к количеству водяных паров, которое насыщает 1 м³ воздуха при данной температуре).

5) По характеру изменения измеряемой величины измерения

а) Статические — применяют для измерения случайных процессов, а затем для определения среднестатистической величины;

б) Постоянные - используют для контроля непрерывных процессов.

б) По количеству измерительной информации измерения

а) Однократные измерения - это одно измерение одной величины, т.е. число измерений равно числу измеряемых величин. Практическое применение такого вида измерений всегда сопряжено с большими погрешностями.

б) *Многokратные измерения* - характеризуются превышением числа измерений количества измеряемых величин. Преимущество многократных измерений — значительное снижение влияний случайных факторов на погрешность измерения.

Основными характеристиками измерений являются: - принцип измерений, метод измерений, погрешность, точность, правильность и достоверность измерений.

Погрешность измерений — отклонение результата измерений от истинного значения измеряемой величины. Погрешность вызывается воздействием множества факторов, таких как: характер измеряемой величины, качество применяемых средств измерений, метод измерений, условия измерения (температура, влажность, давление и т.п.), индивидуальные особенности лица, выполняющего измерения, и др. Под влиянием этих факторов результат измерений будет отличаться от истинного значения измеряемой величины.

Точность измерений - качественная характеристика измерений, отражающая близость их результатов к истинному значению измеряемой величины.

Количественно точность можно выразить величиной «класс точности». Это характеристика, зависящая от способа выражения пределов допускаемых погрешностей средств измерений. Введение класса точности преследовало цель классификации средств измерений по точности. В настоящее время, когда схемы и конструкции средств измерений усложнились, а области применения средств измерений весьма расширились, на погрешность измерений стали существенно влиять и другие факторы: изменения внешних условий и характер изменения измеряемых величин во времени. Погрешность измерительных приборов перестала быть основной составляющей погрешности измерений, и класс точности не позволяет в полной мере решать практические задачи, перечисленные выше. Область практического применения характеристики «класс точности» ограничена только такими средствами измерений, которые предназначены для измерения статических величин. В международной практике «класс точности» устанавливается только для небольшой части приборов.

Правильность измерений - качество измерений, отражающее близость к нулю систематических погрешностей в их результатах (т.е. таких погрешностей, которые остаются постоянными или закономерно изменяются при повторных измерениях одной и той же величины). Правильность измерений зависит, в частности, от того, насколько действительный размер единицы, в которой выполнено измерение, отличается от ее истинного размера (по определению), т.е. от того, в какой степени были правильны (верны) средства измерений, использованные для данного вида измерений.

Достоверность характеризует доверие к результатам измерений и делит их на две категории: достоверные и недостоверные, в зависимости от того, известны или неизвестны вероятностные характеристики их отклонений от истинных значений соответствующих величин. Поэтому такие вероятности следует рассматривать в качестве критериев достоверности контроля, чтобы в границах допуска правильно охарактеризовать параметры качества и безопасности.

Наличие погрешности ограничивает достоверность измерений, т.е. вносит ограничение в число достоверных значащих цифр числового значения измеряемой величины и определяет точность измерений. Характеристики погрешности измерений должны выбираться при контроле образцов продукции в соответствии с требованиями достоверности контроля.

Принцип измерений - физическое явление или совокупность физических явлений, положенных в основу измерений (измерение массы тела при помощи взвешивания с использованием силы тяжести, пропорциональной массе, измерение температуры с использованием термоэлектрического эффекта).

Метод измерений - совокупность приемов использования принципов и средств измерений. Средствами измерений являются используемые технические средства, имеющие нормированные метрологические свойства.

Различают *методы непосредственной оценки* и *методы сравнения*.

При измерении *методом непосредственной оценки* искомое значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству средства измерения, которое проградуировано в соответствующих единицах.

Метод сравнения с мерой - метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой (например, сравнение массы на рычажных весах). Отличительной чертой методов сравнения является непосредственное участие меры в процедуре измерения, в то время как в методе непосредственной оценки мера в явном виде при измерении не присутствует, а ее размеры перенесены на отсчетное устройство (шкалу) средства измерения заранее, при его градуировке. Обязательным в методе сравнения является наличие сравнивающего устройства.

Метод сравнения с мерой имеет несколько разновидностей: нулевой метод, дифференциальный метод, метод замещения и метод совпадений.

Нулевой метод (или метод полного уравнивания) - метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и встречного воздействия меры на сравнивающее устройство сводят к нулю.

Например. Измерение массы на равноплечих весах, когда воздействие на весы массы m_x полностью уравнивается массой гирь m_0 (рисунок 2).

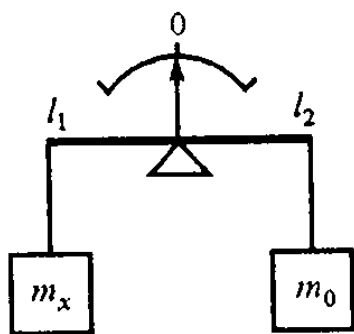


Рисунок 2 – Метод полного уравнивания

При *дифференциальном методе* полное уравнивание не производят, а разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, отсчитывается по шкале прибора.

Например. Измерение массы на равноплечих весах, когда воздействие массы m_x на весы частично уравнивается массой гирь m_0 , а разность масс отсчитывается по шкале весов, градуированной в единицах массы (рисунок 3).

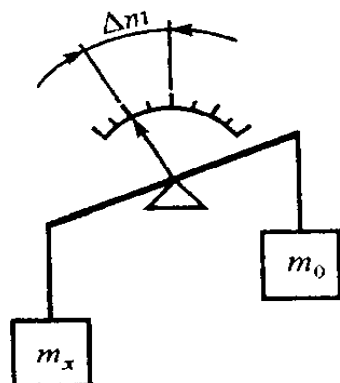


Рисунок 3 – Дифференциальный метод

В этом случае значение измеряемой величины $m_x = m_0 + \Delta m$, где Δm — показания весов

Метод замещения — метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой.

Например. Взвешивание на пружинных весах. Измерение производят в два приема. Вначале на чашу весов помещают взвешиваемую массу и отмечают положение указателя весов;

затем массу m_x замещают массой гирь m_0 , подбирая ее так, чтобы указатель весов установился точно в том же положении, что и в первом случае. При этом ясно, что $m_x = m_0$, (рисунок 4).

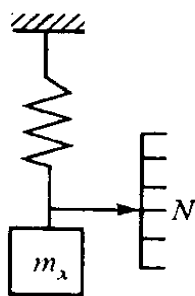


Рисунок 4 – Метод замещения

В *методе совпадений* разность между измеряемой величиной и величиной воспроизводимой мерой измеряют, используя совпадения отметок шкал или периодических сигналов.

Например. Измерение числа оборотов вала с помощью стробоскопа - вал периодически освещается вспышками света, и частоту вспышек подбирают так, чтобы метка, нанесенная на вал, казалась наблюдателю неподвижной. Метод совпадений, использующий совпадения основной и нониусной отметок шкал, реализуется в штангенприборах, применяемых для измерения линейных размеров.

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ. ВИДЫ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

К средствам измерений относятся: меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи, измерительные установки и измерительные системы.

Мера - это средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера. К мерам относят гири, концевые меры длины, нормальные элементы. Меры, воспроизводящие физическую величину одного размера (например, гиря, плоскопараллельная концевая мера длины), называются однозначными. Меры, воспроизводящие ряд одноименных величин различного размера (например, линейка с миллиметровыми делениями), называются многозначными.

Широкое применение находят наборы и магазины мер. Указанное на мере (или приписанное мере) значение величины является номинальным значением меры. Разность между номинальным и действительным значениями меры называется погрешностью меры, которая является метрологической характеристикой меры.

Особую категорию средств измерений составляют стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Например, образцы свойств: образец твердости, образец цвета и др., и образцы состава: чистые металлы, образцы марки стали, газовые смеси и др.

Стандартный образец - средство измерений в виде вещества (материала), состав и свойства которого установлены при метрологической аттестации. В последние годы стандартные образцы нашли широкое применение в метрологической деятельности и в практике измерений.

Измерительный прибор - средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Измерительные приборы по способу получения результата измерений подразделяют на показывающие (аналоговые и цифровые) и регистрирующие (самопишущие и печатающие). Для измерительных приборов обязательно должны быть нормированы:

- цена деления шкалы, пределы шкалы аналоговых приборов;
- выходной код, число его разрядов, номинальная цена единицы наименьшего разряда кода для цифровых приборов. Кроме этих нормируются и другие характеристики, оказывающие влияние на результат измерения

Измерительный преобразователь - средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки или хранения. В отличие от измерительного прибора сигнал на выходе измерительного преобразователя не может восприниматься наблюдателем. Измеряемая величина, поступающая на измерительный преобразователь, называется входной, преобразованная - выходной. Соотношение, устанавливающее связь между входной и выходной величинами, называется функцией преобразования измерительного преобразователя и является для него основной метрологической характеристикой. Функция преобразования может быть выражена формулой, графиком, таблицей.

Для категории средств измерений, охватывающей измерительные приборы и измерительные преобразователи, применяют термин "измерительное устройство".

Измерительная установка - совокупность функционально объединенных средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств, предназначенных для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем, и расположенных в одном месте.

Измерительная система - совокупность средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связей, предназначенных для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки передачи и (или) использования в автоматических системах управления.

По метрологическому назначению средства измерений подразделяют на два вида:

1) **Эталоны** – предназначены для воспроизведения, хранения и передачи размеров единиц рабочим средствам измерений. Государственные и рабочие эталоны хранят и применяют Государственные научные метрологические центры. Эталоны (бывшие образцовые средства измерений) предназначены только для передачи размеров единиц, их хранят и применяют органы государственной метрологической службы и метрологические службы юридических лиц. Поэтому увязка рабочих средств измерений с Государственным эталоном является исключительно метрологической задачей и выполняют эту задачу аттестованные в установленном порядке специалисты

2) **Рабочее средство измерений (РСИ)** – предназначено для получения результатов измерений при решении различных производственных задач.

Эталон – это высокоточная мера, предназначенная для воспроизведения и хранения единицы величины с целью передачи ее размера другим средствам измерений. От эталона единица величины передается разрядным эталонам, а от них рабочим средствам измерений.

Эталоны классифицируют на первичные, вторичные и рабочие:

Первичный эталон – это эталон, воспроизводящий единицу физической величины с наивысшей точностью, возможной в данной области измерений на современном уровне научно-технических достижений. Первый эталон может быть национальным и международным.

Вторичный эталон – (эталон-копия) могут утверждаться либо Госстандартом РФ, либо государственными научными метрологическими центрами.

Рабочие эталоны – воспринимают размер единицы от вторичных эталонов и в свою очередь служат для передачи размера рабочим средствам измерений. Рабочие эталоны подразделяются по разрядам (1, 2, 3, иногда - 4).

Рисунок 5 – Система передачи размера единицы величины

С помощью РСИ выполняются измерения при контроле качества продукции, осуществляется получение информации, необходимой для управления технологическими процессами, контролируются характеристики инструмента и состояние оборудования

Для обеспечения правильной передачи размера единиц физических величин во всех звеньях метрологической цепи принят определенный порядок, который устанавливается в виде поверочных схем.

Поверка средств измерений - совокупность операций, выполняемых органами Государственной метрологической службы (другими уполномоченными на то органами, организациями) с целью определения и подтверждения соответствия средства измерений установленным техническим требованиям. Поверка средства измерений заключается в определении погрешностей средства измерений и в установлении его пригодности к применению. Проведение поверки позволяет установить, находятся ли метрологические характеристики средств измерений в заданных пределах.

Процедура поверки средств измерений регламентируется различными документами (государственными стандартами, инструкциями, методическими указаниями и др.), соблюдение требований которых обязательно

Калибровка средств измерений - совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений характеристик и (или) пригодности к применению средств измерений, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору.

Соподчинение Государственного эталона, вторичных, а также системы разрядных эталонов и рабочих средств измерений установлено государственной поверочной схемой.

Поверочная схема - утвержденный в установленном порядке документ, устанавливающий средства, методы и точность передачи размеров единиц от государственного эталона рабочим средствам измерений. Поверочные схемы разделяют на государственные и локальные, Государственные поверочные схемы регламентируются государственными стандартами и распространяются на все средства измерений данного вида. Локальные поверочные схемы предназначены для метрологических служб Государственных органов управления и юридических лиц. Все локальные схемы должны соответствовать требованиям соподчиненности, которая определена государственной поверочной схемой. Поверочные схемы состоят из чертежа и текстовой части. Результатом поверки является:

– подтверждение пригодности СИ к применению. В этом случае на него и техническую документацию наносится оттиск поверительного клейма и выдается «Свидетельство о поверке». Поверительное клеймо – знак установленной формы, наносимый на СИ, признанные в результате их поверки годными к применению.

– признание СИ непригодным к использованию. В этом случае оттиск поверительного клейма и «Свидетельство о поверке» аннулируются, и выписывается «Свидетельство о непригодности».

Метрологические свойства средств измерений – это свойства, влияющие на результат измерений и его погрешность. Показатели метрологических свойств являются их количественной характеристикой и называются метрологическими характеристиками

По метрологическим характеристикам средств измерений решается ряд задач, важных для обеспечения единства измерений:

- определение погрешности результата измерений (одной из составляющих погрешности измерений является погрешность средств измерений),

- выбор средств измерений по точности по известным условиям их применения и требуемой точности измерений (эта задача является обратной по отношению к задаче определения погрешности измерений);

- сравнение средств измерений различных типов с учетом условий их применения;

- замена одного средства измерений на другое - аналогичное;

оценка погрешности сложных измерительных систем и др.

Все метрологические свойства средств измерений можно разделить на две группы:

- Свойства, определяющие область применения средств измерений;

- Свойства, определяющие качество измерения.

Метрологические характеристики, определяющие свойства первой группы:

1 диапазон измерений – область значений величины, в пределах которых нормированы допускаемые пределы погрешности. (Значения величин ограничивающих диапазон называются нижним и верхним пределом измерений).

2 порог чувствительности – наименьшее изменение измеряемой величины, которое вызывает заметное изменение выходного сигнала. Например: если порог чувствительности весов 10г., то заметное перемещение стрелки произойдет при изменении массы на 10г.

Метрологические характеристики, определяющие свойства второй группы: точность, достоверность, правильность.

Метрологические характеристики, устанавливаемые Нормативными Документами, называют нормируемыми метрологическими характеристиками.

Номенклатура нормируемых метрологических характеристик средств измерений определяется назначением, условиями эксплуатации и другими факторами. У средств измерений используемых для высокоточных измерений, нормируется до десятка и более метрологических характеристик.

В повседневной производственной практике широко пользуются обобщенной характеристикой:

Класс точности средств измерений – обобщенная характеристика, выражаемая пределами допускаемых погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность.

Класс точности не является непосредственной оценкой точности измерений, выполняемых этим СИ, поскольку погрешность зависит еще от ряда факторов: метода измерений, условий измерений и т.д. Класс точности лишь позволяет судить о том, в каких пределах находится погрешность СИ данного типа.

Классы точности конкретного типа средств измерений устанавливают в НД (Обозначение классов точности наносится на шкалы, щитки или корпуса приборов. Обозначаются условными знаками, буквами или цифрами).

Выбор измерительных средств

1. Измерительные средства выбираются с учетом формы конструктивного элемента. Учитывается необходимость соблюдения требуемой точности измерения: допускаемая погрешность измерения конструктивного элемента должна быть больше погрешности инструмента. $[x]_{\text{изм.}} > X_{\text{инстр.}}$

2. Учёт факторов, влияющих на результат измерения (влияющие факторы):

- объект измерения;
- субъект измерения;
- метод измерения;
- средство измерения;
- условия измерения.

Объект измерения должен быть всесторонне изучен и тщательно подготовлен к проведению измерения.

Субъект (оператор) привносит в результат измерения элемент субъективизма, который должен быть сведен к минимуму. Это зависит от квалификации оператора, санитарно-гигиенических условий труда, его психофизиологического состояния, учета эргономических требований при взаимодействии оператора и средства измерения. Санитарно-гигиенические условия включают такие факторы, как освещение, уровень шума, чистота воздуха, микроклимат.

Часто измерение одной и той же величины постоянного размера разными методами дает различные результаты, причем каждый из них имеет свои недостатки и достоинства.

Влияние средства измерения на измеряемую величину во многих случаях проявляется как возмущающий фактор.

Условия измерения как влияющий на результат фактор включают температуру окружающей среды, влажность, атмосферное давление, напряжение в сети и др.

Рассмотрев факторы, влияющие на результаты измерений можно сделать следующие выводы: при подготовке к измерениям они должны по возможности исключаться, в процессе измерения компенсироваться, а после измерения учитываться.

Средства измерений классифицируют по принципам действия, построения и виду измеряемой величины. Важное значение имеют их метрологические характеристики.

Электромеханические и электронные приборы. Используемые при электро- радиоизмерениях приборы по принципу действия можно разделить на электромеханические и электронные. К электромеханическим относят приборы, основанные на взаимодействии полей, чаще всего магнитных. Электромеханические приборы применяют в основном для измерений в цепях постоянного тока и токов промышленной частоты, обычно с погрешностью 1...4%. Существуют и более точные электромеханические приборы, обеспечивающие погрешность 0,1 ...0,2 %. Достижение такой точности связано со значительным удорожанием приборов.

Электромеханические приборы магнитоэлектрической системы используются в измерительной практике как составная часть тестеров для измерений напряжения, тока и сопротивления на постоянном токе или на низких частотах.

При радиотехнических измерениях применяют электронные приборы, построенные на основе активных элементов: транзисторов, диодов и интегральных микросхем. В аналоговых электронных приборах в качестве показывающего устройства часто используют магнитоэлектрические приборы или электронно-лучевые трубки (ЭЛТ), а в цифровых - различные цифровые показывающие устройства. Измерительные приборы прямого преобразования и сравнения. Измерительные приборы характеризуют функцией преобразования - зависимостью выходного сигнала U от входного X , т.е. $U = f(X)$ в статическом режиме при неизменном во времени измерительном сигнале. В литературе функцию преобразования часто называют градуировочной характеристикой. По принципу построения различают измерительные приборы прямого преобразования и средства сравнения. Приборы прямого преобразования реализуют метод непосредственной оценки измеряемой величины. Они состоят из последовательно соединенных измерительных преобразователей. Для описания линейных преобразователей удобно пользоваться коэффициентом передачи. Общий коэффициент передачи прибора прямого преобразования.

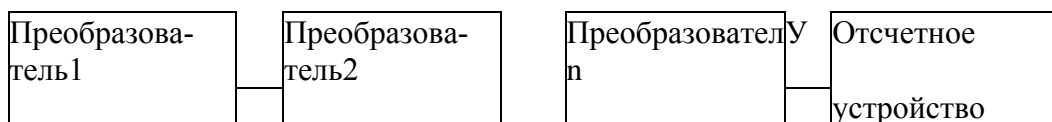


Рис. 1.1. Структурная схема прибора прямого преобразования

Средства измерений сравнения реализуют метод сравнения измеряемой величины с величиной, воспроизводимой мерой. Их строят по структурной схеме, показанной на рис. 1.2. Цепь прямого преобразования, состоящая из последовательно включенных измерительных преобразователей, охвачена отрицательной связью. Обратную связь реализует преобразователь обратной связи, управляющий мерой. Сравнивающее устройство обычно производит вычитание сигнала обратной связи x_0 с из входного сигнала x , так что выходной сигнал средства измерений

$$y = K_n(x - x_0). \quad (1.2)$$

Средства измерений сравнения могут быть реализованы с полным и неполным уравновешиванием. При полном уравновешивании $x = x_0$ и, следовательно, $y = x/K_0$, а коэффициент передачи - $K = 1/K_0$. (1.3)

Коэффициент передачи такого средства измерений полностью определяется коэффициентом обратной связи K_0 и не зависит от коэффициента передачи цепи прямого преобразования. Метод измерений, при котором $x = x_0$, называют нулевым.

Если уравновешивание неполное, то реализуется дифференциальный метод, при котором измеряется разность $x - x_0$. При этом выходной сигнал получают из совместного решения уравнений (1.3) и (1.4):

$$У - K_n X / (1 + K_n K_{oc}). (1.4)$$

Обычно $K_n K_{oc} > 1$, поэтому $у \sim x / K_{oc}$, и K а $1 / K_{oc}$. Следовательно, коэффициент передачи прибора сравнения практически не зависит от коэффициента передачи цепи прямого преобразования, а определяется цепью обратного преобразования. Метод замещения основан на сравнении измеряемой величины с мерой известной величины.

Средства измерений чаще всего имеют комбинированную структуру и содержат несколько внутренних цепей обратной связи, а также преобразователи, не охваченные обратной связью.

Система обозначений средств измерений. Электронные радиоизмерительные средства измерений обозначают несколькими символами. Первый символ - буква русского алфавита - характеризует измеряемый параметр или назначение средства измерений. Так, буквой В обозначают вольтметры, буквой Ч - частотомеры, С - осциллографы, Ф - фазометры, М - ваттметры, Г - генераторы.

Второй символ в обозначении прибора - цифра - конкретизирует назначение прибора. В каждой подгруппе приборы подразделяют на несколько видов в зависимости от выполняемой функции. Например, в подгруппе В различают: В1 - установки или приборы для проверки вольтметров; В2 - вольтметры постоянного тока; В3 - вольтметры переменного тока; В4 - импульсные вольтметры.

Третий символ указывает номер модели. В комбинированных приборах после буквы, обозначающей основной измеряемый параметр, добавляют букву К. Если прибор подвергся модификации, то после номера модели добавляют букву А, а если модификаций было две, то добавляют букву Б.

Принятая классификация не распространяется на некоторые электроизмерительные приборы и эталонными средствами измерений. Так, вольтметры, частотомеры и другие измерительные приборы в этом случае обозначают буквами Р, Ф или Щ и несколькими цифрами, от двух до четырех. Одной и той же буквой могут обозначаться приборы разного назначения, например Ф4327 - анализатор спектра, Ф200 - цифровой вольтметр, Ф4206 - цифровой омметр, Ф5034 - частотомер [7, с.10- 11].

Тема 1.2. Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Нормативные документы Госстандарта. Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» от 5 сентября 1995 г. № 3848-ХІІ. Основные положения СТБ 8000 – 2000. ТКП 8.000-2012.

Обеспечение единства измерений: единство измерений, воспроизведение основных физических величин, передача информации о размерах единиц.

С 27 ноября 2020 г. вступила в силу новая редакция Закона Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» (Закон «Об изменении Закона Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» от 11 ноября 2019 г. № 254-3).

Сфера законодательной метрологии (СЗМ) в контексте нового закона не претерпела больших изменений. Государство оставляет за собой контроль выполнения принципов единства измерений в жизненно важных для страны и потребителей сферах деятельности. Сфера законодательной метрологии – обязательный элемент метрологической инфраструктуры, рекомендуемый международными организациями, в частности Международной организацией законодательной метрологии, членом которой Беларусь является с 1993 г.

Новая редакция закона вводит несколько элементов добровольного характера – проведение метрологических аудитов, сличение результатов измерений и др. Это будет востребовано промышленными предприятиями, индивидуальными предпринимателями, другими субъектами экономики и поможет им улучшить метрологическое обеспечение производственной деятельности.

В новой редакции закона существенно увеличен объем понятийного аппарата; включены новые термины и определения. В документ включены новые статьи: «Функции нацио-

нального метрологического института», «Стандартные образцы», «Сличение результатов измерений» и некоторые другие.

Правила организации и функционирования системы обеспечения единства измерений Республики Беларусь.

Сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется на измерения, для которых, установлены обязательные требования которые выполняются при:

- 1) осуществлении деятельности в области здравоохранения;
- 2) осуществлении ветеринарной деятельности;
- 3) осуществлении деятельности в области охраны окружающей среды;
- 4) осуществлении деятельности по обеспечению безопасности при ЧС;
- 5) выполнении работ по обеспечению безопасных условий и охраны труда;
- 6) осуществлении производственного контроля за соблюдением установленных законодательством требований промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта;
- 7) осуществлении торговли, товарообменных операций, работ по расфасовке товаров;
- 8) выполнении государственных учетных операций;
- 9) оказании услуг почтовой связи и оказанных услуг электросвязи с учетом их объема;
- 10) осуществлении деятельности в области обороны и безопасности государства;
- 11) осуществлении геодезической и картографической деятельности;
- 12) осуществлении деятельности в области гидрометеорологии;
- 13) проведении банковских, налоговых и таможенных операций;
- 14) выполнении работ по оценке соответствия промышленной продукции и продукции других видов, а также иных объектов установленным законодательством Российской Федерации обязательным требованиям;
- 15) проведении официальных спортивных соревнований, обеспечении подготовки спортсменов высокого класса;
- 16) выполнении поручений суда, органов прокуратуры, государственных органов исполнительной власти;
- 17) осуществлении мероприятий государственного контроля (надзора)

К сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений относятся также измерения, предусмотренные законодательством о техническом регулировании.

Сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется также на единицы величин, эталоны единиц величин, стандартные образцы и средства измерений, к которым установлены обязательные требования.

Обязательные требования к измерениям, эталонам единиц величин, стандартным образцам и средствам измерений устанавливаются законодательством об обеспечении единства измерений и законодательством о техническом регулировании. Обязательные требования к единицам величин, выполнению работ и (или) оказанию услуг по обеспечению единства измерений устанавливаются законодательством об обеспечении единства измерений.

Особенности обеспечения единства измерений при осуществлении деятельности в области обороны и безопасности государства устанавливаются Правительством РБ

МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА

Для решения основной задачи метрологии - обеспечения единства измерений - существует метрологическая служба. Ее организационная структура включает в себя сеть научно-исследовательских метрологических институтов, промышленных предприятий и центров стандартизации и метрологии, рассредоточенных по территории страны для метрологического обслуживания измерительной техники без массовых дальних перевозок.

Меры обеспечения единства измерений. Для обеспечения единства измерений реализуют следующие научно-технические, методические и административные мероприятия:

1. использование законодательно установленной системы единиц физических величин, разрешенных для применения. Она основана на системе единиц СИ, дополненной некоторыми другими единицами;
2. разработка и применение эталонов единиц физических величин, воспроизводящих единицы в соответствии с их определением. Парк эталонов составляет материальную основу обеспечения единства измерений и повышения их точности;
3. использование только аттестованных данных о физических константах и физико-химических свойствах материалов и веществ;
4. государственные испытания при разработке, выпуске и импорте приборов. К обращению в стране допускаются только приборы при условии удовлетворения ими определенных метрологических требований;
5. периодическая поверка находящихся в обращении средств измерений. Изъятие из обращения неисправных приборов;
6. измерения и поверка приборов строго в соответствии с аттестованными методами измерений и поверки. Погрешность измерений должна быть известна;
7. метрологический надзор и контроль над состоянием и применением средств измерений.

Нормативно-правовой основой метрологического обеспечения научной и производственной деятельности является Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Она представляет собой совокупность нормативно-технических документов, регламентирующих номенклатуру единиц физических величин, методы воспроизведения заданного размера физических величин, их передачу рабочим средствам измерений, метрологические характеристики средств измерений, оформление и представление средств измерений. Основными документами являются государственные стандарты. Более низкий статус имеют руководящие документы, рекомендации, правила и технические условия.

Система единиц. В нашей стране, как и в большинстве стран мира, принята Международная система единиц СИ. Основными единицами системы являются метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, кандела, моль, а дополнительными - радиан,стерадиан. Производные единицы - вольт, ватт, джоуль и другие - образуют из основных и дополнительных на основе зависимостей, связывающих эти параметры. Например, количество электричества определяют произведением тока на время. Допускаются к использованию и широко распространены также некоторые другие единицы, которые оказались удобными в некоторых областях или сохранились в силу традиций. К таким единицам относятся единицы плоского угла (градус, минута, секунда), единица давления (мм рт. ст.).

Эталоны единиц физических величин. Для обеспечения единства измерений следует иметь средства измерений, воспроизводящие и хранящие размеры единиц физических величин, а также передавать эти единицы рабочим средствам измерений. Воспроизведение физических величин с высшей точностью осуществляют с помощью эталонов единиц физических величин, обеспечивающих единообразие мер и единство измерений.

В зависимости от их назначения различают несколько видов эталонов. Первичным называют эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы физической величины с наивысшей в стране точностью. Специальные эталоны воспроизводят единицу в особых условиях, в которых первичный эталон неработоспособен. Например, первичный эталон воспроизводит единицу ЭДС и напряжения на постоянном токе. Эталоны ЭДС и напряжения для диапазонов частот 20 Гц ... 30 МГц и 30 МГц ... 3 ГГц являются специальными. Эталоны, воспроизводящие единицу одной и той же физической величины в разных диапазонах частот, значительно отличаются по своей структуре и могут строиться на различных принципах измерений.

Первичные или специальные эталоны, официально утвержденные в качестве исходных для страны, называют государственными.

Прикладная метрологическая деятельность осуществляется обычно с помощью вторичных эталонов, эталонов-свидетелей, эталонов сравнения и рабочих эталонов.

Эталон-свидетель служит для проверки сохранности государственного эталона или его замены в случае порчи или утраты. Эталон сравнения предназначен для передачи воспроизводимого первичным эталоном размера при сличении (сравнении) эталонов, которые не могут быть сличены друг с другом из-за невозможности их перевозки. [7, с.11- 12]. Рабочий эталон предназначен для передачи размера физической единицы рабочим средствам измерений. В литературе встречается и устаревшее название рабочих эталонов - образцовые средства измерений.

Возрастающие требования к точности измерений в различных областях народного хозяйства стимулируют создание новых специальных эталонов и увеличение точности уже существующих. При разработке эталонов стремятся использовать стабильные физические явления и процессы, воспроизведение которых обеспечивается фундаментальными законами физики и мало зависит от конкретных особенностей построения эталонов. Примером такого подхода является утвержденный в 1983 г. Государственный первичный эталон времени и частоты, основанный на резонансном поглощении электромагнитной волны атомами цезия. Эталоны различных физических величин стараются строить так, чтобы они образовывали взаимосвязанную систему. Такие связи устанавливаются за счет использования первичных эталонов основных физических величин. Например, специальные эталоны мощности электромагнитных колебаний на СВЧ и мощности в оптическом диапазоне связаны между собой, так как их аттестуют по напряжению и сопротивлению на постоянном токе. Эталоны одной и той же физической величины для разных диапазонов частот сличают на перекрывающихся границах рабочих диапазонов.

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ, ПОВЕРКА И РЕВИЗИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Важнейшими мерами по обеспечению определенного метрологического уровня разрабатываемых, выпускаемых и находящихся в эксплуатации средств измерений являются испытания, поверка и ревизия.

Государственные испытания. Государственным испытаниям подвергают образцы средств измерений, предназначенных к серийному производству, а также ввозу из-за границы. В ходе испытаний устанавливают соответствие реальных метрологических характеристик средств измерений техническим нормам и современному уровню развития измерительной техники.

Существуют приемочные и контрольные испытания. Государственным приемочным испытаниям подвергают опытные образцы средств измерений нового типа, предназначенных для серийного производства, а также образцы средств измерений, ввозимых из-за границы. Положительные результаты приемочных испытаний служат основанием для выдачи разрешения на серийное производство средств измерений, а для импортируемых средств измерений - на ввоз партии.

Цель контрольных испытаний заключается в проверке соответствия характеристик уже выпускаемых или импортируемых средств измерений требованиям нормативно-технической документации. Контрольные испытания проводят по истечении срока действия разрешения на серийное производство средств измерений, при внесении изменений в конструкцию и технологию производства средств измерений, влияющих на метрологические характеристики. По результатам контрольных испытаний принимают решение о продолжении выпуска, об устранении обнаруженных недостатков или о запрещении выпуска.

Поверка и ее виды. Поверкой средств измерений называют установление органами государственной метрологической службы пригодности СИ к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным обязательным требованиям. По результатам поверки делают вывод о пригодности или непригодности средств измерений к эксплуатации.

Различают государственную и ведомственную поверку. Государственной поверке подлежат рабочие эталоны, средства измерений, используемые при проведении государственных ис-

пытаний, а также средства измерений, используемые при учете материальных ценностей, топливно-энергетических ресурсов, в торговле и медицине. Конкретная номенклатура средств измерений, подлежащих государственной поверке, утверждается Госстандартом.

Ведомственную поверку проходят все находящиеся в эксплуатации средства измерений, не подлежащие государственной поверке. Не подвергаются поверке средства измерений, используемые в учебных целях, а также применяемые как индикаторы для установления не количественных соотношений, а только факта изменения значения физической величины.

Поверку средств измерений проводят при их выпуске, после ремонта, при вводе в эксплуатацию после длительного срока хранения, при проведении инспекции или экспертизы.

Для поддержания средств измерений в исправном состоянии важнейшее значение имеет периодическая поверка. Эксплуатационные свойства средств измерений зависят от их надежности - способности сохранять свои характеристики в заданных пределах в течение определенного интервала времени. Надежность характеризуют вероятностью безотказной работы средств измерений. Отказы в радиоизмерительной аппаратуре проявляются в частичной или полной потере свойств прибора и по характеру проявления делятся на явные и скрытые.

Явные отказы обычно возникают внезапно, и их сразу же обнаруживает оператор. Прибор снимают с эксплуатации и ремонтируют. Скрытые отказы проявляются в постепенном ухудшении метрологических характеристик прибора. Оператор этого не замечает, и с момента появления скрытого отказа эксплуатируется неисправный прибор. Поэтому скрытые отказы наиболее опасны. [7, с.15- 18].

КВАЛИМЕТРИЯ

Квалиметрия - научная дисциплина, в рамках которой изучаются методология и проблематика комплексного количественного оценивания качества объектов любой природы (одушевленных или неодушевленных; предметов или процессов; продуктов труда или продуктов природы) имеющих материальный или духовный характер, имеющих искусственное или естественное происхождение.

Объект квалиметрии - любой предмет или процесс:

- Одушевленный (например, специалист) или неодушевленный (например, автомашина);
- Продукт труда (например, бетон для дорожного покрытия) или продукт природы (например, природный рельеф местности на трассе будущей автодороги);
- Материальный (например, цех по ремонту техники) или идеальный (например, рекламный телевизионный ролик);
- Естественный (например, горный ландшафт) или искусственный (например, комплекс сооружений);
- Продукция (например, одежда) или услуга (например, эксплуатация и ремонт электрооборудования).

Термин квалиметрия был предложен в 1968 году группой советских научных работников (экономистов и инженеров) во главе с Азгальдовым Г. Г., выявивших методологическую общность способов количественного оценивания качества совершенно разных объектов (которыми они занимались). Одновременно была осознана необходимость теоретического обобщения этих способов в рамках самостоятельной научной дисциплины.

О названии научной дисциплины квалиметрия. Корень «метро» - общеупотребительный в международном научном лексиконе. Что же касается корня «квали», то производные от него как в русском языке (квалификация, квалифицировать и т. д.), так и в языках большинства стран мира (на которых печатается подавляющая доля научно-технической литературы), означает «качество». Например, в английском - quality («квалити»), в испанском - cualidad («квалидад»), во французском - qualite («калите»), в итальянском - qualita («квалита»), в голландском - kwaliteit («квалитайт»), в немецком - qualitat («квалитет»).

Таким образом, термин квалиметрия очень удобен: он лаконичен и достаточно точно передает содержание понятия «измерение качества»; составные его части понятны для людей, говорящих на разных языках; характер термина позволяет легко образовывать любые нужные производные слова: например, учёный, исследователь, занимающийся квалиметрией, - квалиметролог; подход к изучению какого-то объекта, с точки зрения измерения, оценивания его качества, - квалиметрический подход и т. д.

Конечной целью квалиметрии является разработка и совершенствование методик, с помощью которых качество конкретного оцениваемого объекта может быть выражено одним числом, характеризующим степень удовлетворения данным объектом общественной или личной потребности.

*******Методы квалиметрии в дорожном строительстве**

Принятая номенклатура показателей качества дорожно-строительной продукции позволяет судить о продукции только с качественной стороны. Для разработки принципов управления качеством *необходимо иметь количественную оценку качества продукции.*

Методы количественной оценки качества продукции рассматриваются в квалиметрии. Теоретические основы квалиметрии были разработаны в СССР в 60^х годах прошлого столетия. Квалиметрия включает в себя два понятия – измерение показателей и оценку качества. Методы квалиметрии должны найти самое широкое применение в дорожном строительстве. Основной целью при этом является количественная оценка и, прежде всего, оценка комплексная, различных процессов дорожно-строительного производства. Такая оценка необходима: при оценке проектно-сметной документации; при оценке качества сырья, материалов и изделий (прежде всего, на промышленных предприятиях стройиндустрии); в процессе

производства строительного-монтажных работ; (в конечном итоге) на стадии эксплуатации дорог.

Квалиметрическую оценку в дорожном строительстве должен осуществлять инженерно-технический персонал при проведении входного, операционного и приёмочного контроля, технического надзора, специального инспекторского контроля, а также при выполнении геодезических работ и лабораторно-полевых испытаний.

Глубокое (и всестороннее) изучение (а также их разработка и внедрение) принципов и методов измерения показателей и оценки качества позволяет обеспечить необходимую высокую эффективность дорожного строительства.

Рассматриваются семь принципов и методов количественной оценки качества дорожно-строительной продукции.

1. Качество любой дорожно-строительной продукции характеризуется многообразием (совокупностью) свойств, отображаемых системой дифференциальных показателей. Для продукции первого класса система показателей менее сложная, для продукции второго класса – система более сложная.

2. Качество продукции, как более сложное свойство, представляет собой иерархическую совокупность простых свойств. Соподчиняемость менее простых свойств (показателей) более сложным характеризуется иерархическим законом, определяющим модель качества продукции.

Сложное свойство качества на самом низком нулевом уровне характеризуется совокупностью свойств, расположенных на более высоких уровнях и, следовательно, представляет собой показатель. Обобщённое свойство на нулевом уровне можно характеризовать наиболее существенными составными частями (также обобщёнными) $1^{го}$ (первого) уровня. В свою очередь, каждое свойство первого уровня характеризуется совокупностью свойств второго уровня и так далее. Таким образом, свойство $i^{го}$ уровня качества продукции определяется свойствами более высокого $(i + 1)^{го}$ уровня.

Это понятие можно пояснить на примере строительства дорожных покрытий из битума. Одним из простейших свойств качества асфальтобетонного покрытия $n^{го}$ уровня служит мазут – сырьё для битума. Это означает, что свойства (качество) битума определяются свойствами мазута, а свойства асфальтобетонного покрытия определяются свойствами смеси. Наоборот, требования к свойствам смеси определяются качеством покрытия; требования к битумам вытекают из качества асфальтобетонной смеси и т.д. Таким образом, второй принцип необходимо дополнить следующим исходным положением – оценка свойств на некотором $i^{м}$ уровне обуславливаются требованиями свойств $(i-1)$ уровня.

3. На каждом уровне любое свойство продукции количественно оценивается единичным (дифференциальным) показателем качества

$$K_i = \frac{P_{ia}}{P_{ib}} \quad \text{или} \quad K_i = \frac{P_{ib}}{P_{ia}},$$

где P_{ia} – абсолютное значение показателя; P_{ib} – базовое значение показателя, принятого в настоящее время за эталон....

... K_i вычисляется по формуле, при которой его увеличение соответствует улучшению качества продукции. Величина K_i представляет собой относительную характеристику или уровень качества. Уровень качества определяется значением эталонного показателя, который в зависимости от общественных потребностей в продукции может принимать различное значение, обоснованное технико-экономическими расчётами. Так, например, по мере возрастания объёмов перевозок на дорогах, при увеличении возможных скоростей, улучшения технического оснащения дорог I категории K_{ib} соответственно возрастала и принималась равной 5000, 6000, 7000 и далее авт./сутки. В настоящее время - более 7000 транспортных единиц в сутки. Таким образом, в зависимости от принимаемого значения базового показателя, качество продукции на каждом уровне модели может принимать различное относи-

тельное значение независимо от его абсолютной величины. В этой связи большое значение имеет установление не только абсолютных, но и базовых показателей.

4. Каждое свойство на любом уровне модели качества обуславливается изменчивостью различных процессов и явлений и имеет стохастическую природу. Поэтому измерение абсолютных значений показателей и оценка их уровня должна базироваться на статистико-вероятностном принципе.

(Стохастичность (др. греч *Στόχος* - цель, предположение) означает случайность. Случайный (стохастический) процесс - это процесс, поведение которого не является детерминированным, и последующее состояние такой системы описывается как величинами, которые могут быть предсказаны, так и случайными).

5. При анализе (оценке) обобщённого свойства на данном уровне необходимо учитывать значимость (весомость) каждого простого свойства. Значимость указывает на влияние данного дифференциального свойства на формирование комплексного свойства и выражается в процентном отношении.

Таким образом, комплексное свойство продукции данного уровня представляет собой сумму простых свойств с учётом их значимости

$$K_k = \sum_{i=1}^n K_i m_i$$

где K_i дифференциальный относительный показатель свойства с коэффициентом значимости m_i .

Как видно из приведенной выше формулы каждое свойство качества характеризуется двумя показателями – уровнем качества и коэффициентом m_i .

6. Свойства каждого уровня оказывают взаимное влияние друг на друга, а обобщённые свойства одного уровня влияют на обобщённые свойства другого уровня. Следовательно, между комплексным показателем качества продукции и i -м свойством p -го уровня имеется определённая количественная зависимость.

7. Значимость свойств на любом уровне или в группе данного уровня подчиняется зависимости

$$\sum_{i=1}^n m_i = q = \text{const}$$

где q – постоянная величина, которая принимается равной 1 при дробных значениях m_i и равной 100 при представлении m_i в процентах.

Имея в виду эту связь можно определить влияние любого свойства последнего уровня на комплексный показатель качества (на нулевом уровне).

$$K_{in} = K_{i1} K_{i2} K_{i3} \dots K_{in}$$

Аналогично такую качественную оценку можно дать для любого уровня. Так при n -уровневой модели качества, при необходимости выявить влияние i -го свойства на комплексный показатель имеем

$$K_{ip} = K_{i1} K_{i2} \dots K_{ip}$$

В дорожном строительстве для оценки качества нужно применять комплексную оценку.

Такую оценку с учётом приведенных квалиметрических принципов необходимо проводить по методике, принятой для установления номенклатуры показателей для дорожно-строительной продукции:

- 1) определить объект и цель оценки;
- 2) установить номенклатуру показателей качества по видам и группам. Анализируя их, отобрать наиболее существенные показатели;
- 3) назначить число уровней и составить модель качества оцениваемой продукции; K_{ip}
- 4) выбрать метод и вычислить абсолютные показатели качества K_{ia} продукции;
- 5) установить базовые показатели качества K_{ib} продукции;
- 6) вычислить дифференциальные показатели качества на каждом уровне модели K_i ;

- 7) выбрать методы и установить коэффициенты значимости **m**;
- 8) определить уровень качества продукции;
- 9) принять решение по управлению качеством продукции.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Стандартизация возникла в глубокой древности. К ее первым проявлениям можно отнести письменность, летоисчисление, системы счета, денежные единицы, единицы мер и весов.

С развитием человеческого общества непрерывно совершенствовалась трудовая деятельность людей. Люди стремились отбирать и фиксировать наиболее удачные результаты трудовой деятельности с целью их повторного использования.

Стандартизация — установление и применение правил с целью упорядочения деятельности при участии всех заинтересованных сторон. Стандартизация должна обеспечить возможно полное удовлетворение интересов производителя и потребителя, повышение производительности труда, экономное расходование материалов, энергии, рабочего времени и гарантировать безопасность при производстве и эксплуатации.

Действующая система стандартизации позволяет разрабатывать и поддерживать в актуальном состоянии:

- единый технический язык;
- унифицированные ряды важнейших технических характеристик продукции (допуски и посадки, напряжения, частоты и др.);
- типоразмерные ряды и типовые конструкции изделий общемашиностроительного применения (подшипники, крепеж, режущий инструмент и др.);
- систему классификаторов технико-экономической информации;

- достоверные справочные данные о свойствах материалов и веществ.

+ *Объектами стандартизации* могут быть продукция, услуги и процессы, имеющие перспективу многократного воспроизведения и (или) использования (рисунок 1)

Непосредственным результатом стандартизации является, прежде всего, нормативный документ (НД). Применение НД - способ упорядочения в определенной области, поэтому нормативный документ - это *средство стандартизации*.

Стандарты устанавливаются на: материальные предметы, включая продукцию, эталоны, образцовые по составу или свойствам вещества; на нормы, правила и требования к объектам организационного, методического и общетехнического характера.

В зависимости от формы руководства стандартизацией и сферы действия стандартов **различают государственную, национальную и международную стандартизацию.**

Государственная стандартизация - форма развития и проведения стандартизации, осуществляемая под руководством государственных органов по единым государственным планам стандартизации.

Национальная стандартизация проводится в масштабе государства без государственной формы руководства.

Международная стандартизация проводится специальными международными организациями или группой государств с целью облегчения взаимной торговли, научных, технических и культурных связей.

Наряду со стандартизацией, осуществляемой в масштабах государства, широко используются:

- *отраслевая стандартизация*, осуществляемая в отдельных отраслях промышленности с целью обеспечения единства технических требований и норм к продукции отрасли и создания условий для кооперации и специализации в этой отрасли (под *отраслью* понимается совокупность предприятий и организаций независимо от их территориального расположения и ведомственной принадлежности, разрабатывающих и изготавливающих определенные виды продукции);

- *республиканская стандартизация*, проводимая в республике в целях установления требований и норм на продукцию, не охваченную государственной или отраслевой стандартизацией;

- *местная стандартизация*, проводимая на предприятиях (в объединениях) и устанавливающая требования, нормы и правила, применяемые только на данном предприятии.

Устанавливаемые при стандартизации нормы оформляются в виде нормативно-технической документации по стандартизации - стандартов и технических условий.

Стандарт - это нормативно-технический документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации и утвержденный компетентным органом. Стандарт может быть разработан как на предметы (продукцию, сырье, образцы веществ), так и на нормы, правила, требования к объектам организационно-методического и общетехнического характера труда, порядок разработки документов, нормы безопасности, системы управления качеством и др.

Технические условия (ТУ) - нормативно-технический документ по стандартизации, устанавливающий комплекс требований к конкретным типам, маркам, артикулам продукции. Технические условия являются неотъемлемой частью комплекта технической документации на продукцию, на которую они распространяются.

Организационные, методические и практические основы стандартизации во всех звеньях экономики страны определяются Государственной системой стандартизации.

Целью принятия **технических регламентов (ТР)** является установление обязательных требований к объектам технического регулирования, обеспечивающих безопасность жизни и здоровья людей, представителей флоры и фауны, окружающей среды, а также имущества субъектов (юридических и физических лиц). Такие требования содержат совокупность физико-химических показателей и норм технического характера, специфика которых определяется особенностями продукции или процесса.

Другая цель ТР - предупреждение действий, вводящих в заблуждение потребителя, - достигается включением в ТР мер, обеспечивающих предоставление актуальной и достоверной информации, в частности правил подтверждения соответствия продукции установленным требованиям, содержания маркировки и др.

Технический регламент – документ, который является носителем обязательных требований. В ТР могут включаться требования, обеспечивающие не только безопасность, но и единство измерений, терминов, упаковки и маркировки, правила идентификации объекта и оценки соответствия.

На смену государственной системе обеспечения единства измерений пришла система государственного технического регулирования, основы которой установлены Законом «О техническом регулировании».

Измерение является важнейшим понятием в метрологии. Это организованное действие человека, выполняемое для количественного познания свойств физического объекта с помощью определения опытным путем значения какой-либо физической величины.

Тема 1.7. Взаимозаменяемость изделий, материалов, полуфабрикатов, сборочных единиц и конструктивных элементов автомобильной дороги, деталей дорожных машин и механизмов

Автомобильная дорога состоит из основных элементов: земляного полотна, дорожной одежды, искусственных сооружений и обстановки дороги.

Межгосударственный стандарт «Дороги автомобильные общего пользования» геометрические элементы (ГОСТ 33475-2015. МКС 93.080.01 Технические требования) устанавливает требования к геометрическим элементам плана, продольного и поперечного профиля автомобильных дорог и предназначен для использования при разработке проектной доку-

ментации строительства новых, а также реконструкции и капитального ремонта существующих автомобильных дорог общего пользования, расположенных вне пределов населенного пункта.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ НОРМ ТОЧНОСТИ

Основные понятия о взаимозаменяемости и точности изделий

Взаимозаменяемостью изделий - дорожных машин, механизмов, приборов, агрегатов, их частей или других видов продукции (сырья, материалов, полуфабрикатов) называют их свойство равноценно заменять при использовании любой из множества экземпляров изделий, их частей или иной продукции другим однотипным экземпляром

Взаимозаменяемость деталей, сборочных единиц, агрегатов (крепежных деталей, конструктивных элементов) позволяет изготавливать их в одних цехах (на одних предприятиях), а собирать - в (на) других, что способствует специализации предприятий на производстве однотипной продукции, возможности организации поточного производства и его автоматизации, а следовательно, удешевлению готовых изделий. Кроме того, взаимозаменяемость обеспечивает упрощение процессов сборки и ремонта изделий: появляется возможность выполнения сборочных операций рабочими низкой квалификации, а ремонт изделий часто сводится к простой замене вышедших из строя деталей, сборочных единиц, агрегатов другими взаимозаменяемыми экземплярами.

Различают взаимозаменяемость полную, неполную и групповую

Полная взаимозаменяемость - взаимозаменяемость, при которой сборку изделий производят путем механического соединения деталей или сборочных единиц без их выбора, подбора или изменения значений каких-либо параметров. При этом требуемая точность обеспечивается у всех собираемых изделий.

Неполная взаимозаменяемость - взаимозаменяемость, при которой сборку изделий производят, как и в первом случае, путем механического соединения деталей или сборочных единиц без их выбора, подбора или изменения значений каких-либо параметров. При этом требуемая точность изделий обеспечивается с некоторым, заранее обусловленным риском (предусматривается риск изготовления бракованного изделия). Риск выхода параметров изделий за пределы допускаемых значений, как правило, невелик (часто 0,27%). Однако при этом допуски параметров деталей и сборочных единиц, составляющих изделие, могут быть существенно увеличены, а тем самым уменьшены затраты на их изготовление.

Изготовить абсолютно одинаковые детали или детали без погрешностей принципиально невозможно. Для того чтобы, несмотря на наличие погрешностей, изделие все же выполняло свое функциональное (служебное) назначение, необходимо нормировать погрешности деталей, т.е. нормировать точность деталей, составляющих сборочные единицы и изделие в целом. В свою очередь взаимозаменяемость изделий как внутренняя, так и внешняя не может быть обеспечена без стандартизации норм точности.

Допуски.

Допуск – это отклонение числовой характеристики какого либо нормируемого параметра от его номинального (расчётного) значения в соответствии с классом точности. Допуск задают на геометрические размеры деталей и изделий, на механические, физико-химические параметры, свойства и другие величины (например, прочность, твёрдость, химический состав). Допуски указывают в стандартах, технических требованиях, чертежах изделий в виде

двух предельных значений (наибольшего и наименьшего) между которыми находится действительный размер, т.е. размер, определяемый измерением. Вместо предельных в технической документации обычно указывают *номинальный размер*, полученный при расчётах данного показателя (изделия) и два предельных отклонения, верхнее и нижнее, равные соответственно, алгебраической разности наибольшего и наименьшего предельных размеров и номинального размера. Например, при определении стандартной консистенции гипсового теста (ГОСТ 23789-79) диаметр расплыва теста должен быть (180 ± 5) мм; отклонение размеров железобетонных многопустотных панелей для перекрытий не должно превышать по толщине и ширине ± 5 мм.

СИСТЕМА ДОПУСКОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Допуски в строительстве - наибольшие допустимые отклонения размеров сборных строит, конструкций, устанавливаемые в зависимости от требований к точности и взаимозаменяемости их элементов.

В массовом индустриальном строительстве необходимо обеспечить беспрепятственную сборку конструкций из большого числа отд. элементов. Для этого однотипные элементы сборных конструкций должны быть взаимозаменяемыми, т. е. обладать свойством занимать при сборке проектное положение без доводки или подгонки по месту. Взаимозаменяемость элементов при монтаже может быть достигнута путем координации взаимосвязанных размерных отклонений, сопутствующих технологическим процессам изготовительных, разбивочных и установочных работ. При этом решающее значение имеет точность размеров не одного элемента, а партии элементов. Эта точность может быть оценена макс, и минимальными предельными размерами однотипных элементов.

Закономерность распределения случайных погрешностей, сопутствующих технологическим процессам индустриального строительства, для практических расчетов может считаться близкой к закону нормального распределения, графическим выражением которого является кривая Гаусса. Текущая абсцисса x данного распределения соответствует численным значениям кривой и характеризует смещение центра группировки наиболее часто встречающихся отклонений (типичного отклонения) от нулевой линии (начала координат).

Допуск A осн. проектного размера, представляющий разность между предельными размерами, будет равен 6σ . В зависимости от избранного положения нулевой линии (величины осн. проектного размера) отклонения могут быть положит, или отрицат., симметричными или асимметричными, а допуск всегда положителен.

чениям величин размерных отклонений; теоретическая ордината y - частоте распределения, т. е. количеству отклонений данной величины.

Различают производственные и конструкционные допуски. Производственные допуски устанавливаются на основе статистического анализа действительной точности технологических процессов производства. Такой метод установления допусков называется технологическим. Конструкционные допуски устанавливаются расчетом точности на основании предъявляемых к конструкции проектных требований с учетом технологических возможностей предполагаемой производственной базы и служат основанием для определения точности проектируемых технологических процессов. Такой метод установления допусков называется принудительным.

В СССР была введена единая система строительных допусков (Строительные Нормы и Правила часть I, раздел А, Глава 4, система допусков. основные положения СНИП I-A.4-62). Классификация точности изготовительных, разбивочных и установочных работ построена на принципе группировки погрешностей отдельных производственных процессов в классы точности.

При изготовлении сборных конструкций имеют место погрешности линейных размеров, конфигурации (формы) и состояния поверхностей элементов.

При изготовлении элементов сборных конструкций наблюдаются дефекты, искажающие их конфигурацию (форму): овальность, перекося, коробление, клиновидность, волнистость и др. Установление нормативов точности для каждого вида дефектов в отдельности усложнило бы систему допусков. Существует правило, по которому искаженный объем изделия с учетом всех дефектов его конфигурации (формы) не должен выходить за границы допускаемых предельных объемов. Границы предельных объемов определяются допусками линейных размеров элементов.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящая глава содержит основные требования по обеспечению точности сборных конструкций и взаимозаменяемости их элементов. Требования главы распространяются на проектирование, изготовление и монтаж сборных конструкций зданий и сооружений. Примечание. Для строительных изделий и материалов, выпускаемых по государственным стандартам, нормативы точности принимаются по этим государственным стандартам впрямь до их пересмотра и уточнения в соответствии с требованиями настоящей главы.

1.2. Точность конструкции определяется степенью приближения натуральных размеров и положения конструкции к основным проектным. Величины допускаемых погрешностей устанавливаются исходя из предельных размеров конструкций и предельных положений элементов конструкции в узлах сопряжений. Разность между наибольшими и наименьшими предельными размерами (или положениями) является допуском размера (положения). Примечание. Терминология по системе допусков приведена в 5-м разделе настоящей главы.

1.3. Суммарный допуск конструкции (конструкционный допуск) включает в себя изготовительные допуски, определяющие допустимую величину погрешности при изготовлении элементов конструкции, и монтажные допуски (разбивочные и установочные), определяющие допускаемую неточность сборки элементов конструкции. Величина каждого допуска представляет собой сумму положительного и отрицательного допускаемых отклонений натурального (фактического) размера или положения от основного проектного. Необходимая точность конструкции обеспечивается изготовлением и монтажом ее элементов в пределах установленных допусков и допускаемых отклонений. Величины допусков и допускаемых отклонений устанавливаются при проектировании конструкции с учетом" требований соответствующих глав СНиП.

1.4. Назначаемые допуски и допускаемые отклонения должны обеспечивать индустриальный метод монтажа конструкции без дополнительной обработки и пригонки с обеспечением прочностных, изоляционных (термоизоляционных, звукоизоляционных, гидроизоляционных, пароизоляционных и т. д.) и эстетических качеств, когда эти качества связаны с геометрической точностью. Допуски должны обеспечивать взаимозаменяемость однотипных элементов конструкций.

2. СИСТЕМА ДОПУСКОВ

2.1. Система допусков построена на принципе группировки погрешностей отдельных производственных процессов в классы точности. Назначение класса точности производится на основе расчета точности конструкции в зависимости от вида и назначения этой конструкции с учетом технологии производства. 2.2. Изготовительные допуски линейных размеров сборных элементов в зависимости от установленного класса точности изготовления должны устанавливаться в пределах величин, приведенных в таблице 1.

Соблюдение допусков размеров бетонных и железобетонных изделий должно обеспечиваться качеством формовочного оборудования и соответствующей организацией производства на предприятии-изготовителе.

Для элементов конструкций с основными свободными размерами допуски размеров разрешается назначать по более низким классам точности с учетом технико-экономических обоснований

По величине допусков размеров элемента устанавливаются допускаемые отклонения от основных размеров элемента.

Допуски на шероховатость поверхности устанавливаются по классам шероховатости в зависимости от необходимой степени заводской законченности элементов и конструктивных требований.

Раздел II. Система управления качеством продукции в дорожном строительстве

Тема 2.1. Принципы управления качеством продукции

Три уровня управления качеством. Основные функции системы управления качеством в дорожном строительстве.

Тема 2.2. Комплексная система управления качеством продукции в дорожном строительстве (КСУ КП)

Тема 2.3. Структура комплексной системы обеспечения качества дорожных работ.

Принципы управления качеством дорожно–строительной продукции

Управление включает три основные функции: планирование, контроль и регулирование.

Планирование устанавливает новые параметры элементов т.е задаёт программу действий всей системы. Контроль позволяет собирать информацию и обеспечивать анализ состояния элементов системы, составлять представление об уровне параметров в любой период времени и соответствии системы установленной программе. Регулирование обеспечивает поддержание параметров на необходимом уровне функционирования системы в данный период. В связи с возможным изменением внешних условий программы периодически корректируются, что обуславливает необходимость изменения параметров элементов и системы в целом. Система дорожно-строительного производства базируется на законе системной иерархии, т.е. строгой соподчинённости одних элементов другим, определённой взаимосвязи элементов и подсистем различного уровня. Система управления качеством представляет собой совокупность технических, организационных, экономических, социальных, юридических, административных и других воздействий на производственные процессы и отношения, обеспечивающих достижение запланированного уровня качества дорожно-строительной продукции.

Таким образом, важнейшими принципами системы управления качеством является **комплексность**, заключающаяся в том, что КСУКП в едином комплексе рассматривает процессы управления качеством на всех стадиях создания и эксплуатации – проектирование, строительство и эксплуатация. **Системность**, при которой КСУКП рассматривается как система более крупной системы организации управления производством. Она также выражается в системном подходе в организации различных элементов – коллективов, предприятий, средств производства, материальных средств, потоков информации. **Динамичность** - непрерывный анализ изменения параметров подсистем и элементов, их корректировка. Опти-

мизация, сводящаяся к установлению оптимального уровня качества продукции как в различных элементах, так и для продукции в целом. **Иерархичность**, заключающаяся в строгом подчинении элементов низших рангов высшим подсистемам. **Квалиметрия** (дать ссылку) заключающаяся в систематическом измерении и количественной оценке качества продукции на всех стадиях её производства.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Согласно ГОСТ 15467-70 под качеством продукции понимается совокупность свойств, обуславливающих пригодность продукции удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением. отождествлять качество продукции в дорожном строительстве только с качеством применяемых материалов или законченных конструктивных элементов не совсем корректно, т.к. такой подход не всегда способствует решению поставленной проблемы повышения качества дорожной продукции и не соответствует требованиям стандарта. Конечной продукцией в дорожном строительстве является дорога, предназначенная для удовлетворения грузовых и пассажирских перевозок в соответствии с условиями, задаваемыми заданными показателями скоростей, нагрузок и интенсивностью движения по данной дороге. Однако качество дороги недостаточно характеризовать только соответствием выше установленным требованиям. При оценке уровня качества необходимо учитывать также стоимость и длительность эксплуатации (время эффективного использования дороги), затраты на содержание и ремонт, а также предъявляемые к ней социальные и общественные требования.

В конечном итоге более полное определение качества дорог включает всю совокупность свойств, которые определяют возможность оптимального функционирования системы водитель – автомобиль – дорога – среда, которые включают в себя 12 связей (подсистем). Такое определение качества, основанное на системном принципе, всесторонне учитывает различные функции дороги и даёт возможность оценить не только техническое состояние собственно дороги, но и условия взаимодействия дороги с транспортным средством, водителя со средой через автомобиль и др.

Качество дорог, таким образом, комплексно охватывает все аспекты создания дорожно-строительной продукции и представляет собой важнейшую проблему дорожного строительства. Эта проблема имеет комплексный характер – она имеет научный, технический, экономический и социальный аспекты. Эффективное решение проблемы возможно путём улучшения научно-исследовательских, проектно-исследовательских работ, совершенствования технологии, организации и культуры производства; применения новых материалов, конструктивных решений, современных и эффективных методов контроля и испытания сырья, материалов, изделий и готовой продукции, улучшения условий эксплуатации дорог.

Необходимо учитывать, что изготовления дорожно-строительной продукции отличается от выпуска изделий в конвейерном производстве на стационарных предприятиях т.к. имеет ряд существенных особенностей – в строительстве дорог принимают участие различные организации (проектные, строительно-монтажные, снабженческие, производящие полуфабрикаты, поставляющие сырьё и комплектующие и др.), которые разобщены ведомственно и территориально. Поэтому проблема качества решается на локальном, а на более высоком «интегральном» уровне производства продукции, требующее более гибкого уровня управления и организации оперативного взаимодействия между различными ведомствами, организациями и структурными подразделениями.

Дорожно-строительную продукцию разделяют на два класса: первый – продукция на стадии производства (сырьё, материалы, расходные изделия) и продукция на стадии использования (эксплуатации) – это дорога в целом и её различные элементы. Эта классификация позволяет разработать требования и оценить качество на различных этапах производства дорожной продукции.

Установление номенклатуры показателей качества дорожно-строительной продукции – одна из основных задач управления качеством.

Качество будущей дороги формируется уже на первой стадии изысканий и проектирования. В техническом задании устанавливаются общие требования к будущей дороге, категорию, стадии разработки проектной документации и др. При разработке проекта закладываются основные показатели качества дороги с учётом особенностей её строительства и эксплуатации. На этой первой стадии качество формируется следующими основными компонентами: качеством изысканий и планирования, использованием законченных НИР и успешных предыдущих наработок и разработок (как своих, так и других известных разработок мирового уровня) и использованием надёжных баз данных, качеством нормативной документации, современных средств проектирования, наличием всесторонне аргументированных технико-экономических обоснований, квалификацией и качеством труда персонала, контролем качества проектировочных работ.

Согласно ГОСТ 15467-79 **уровнем качества продукции** называется относительная характеристика качества продукции, основанная на сравнении совокупности показателей ее качества с соответствующей совокупностью базовых показателей. **Базовые значения показателей качества продукции** - это показатели качества эталонного или базового образца. Отсюда ясно, что выбор базовых образцов - важнейший элемент оценки уровня качества продукции. Согласно ГОСТ 2.116 - 84 **базовым** называется образец продукции, соответствующий передовым научно-техническим достижениям в установленном периоде, как в нашей стране, так и в других промышленно развитых странах.

Установлению базовых образцов предшествует определение цели оценки, в зависимости от которой применяются разные группы базовых образцов.

При оценке уровня качества *разрабатываемой* продукции за **базовые принимают перспективные образцы**, характеризующиеся прогнозируемой совокупностью реально достижимых показателей качества в будущем периоде. Это может быть гипотетическое изделие, в котором при его разработке получили бы техническое воплощение на современном этапе развития все известные достижения науки и техники. Таким образом, результат сравнения параметров гипотетического и разрабатываемого изделий характеризует степень реализованности параметров гипотетического образца в разрабатываемом изделии.

При оценке *выпускаемой* продукции за базовый образец принимают продукцию, показатели качества которой соответствуют мировому уровню или лучшим отечественным образцам.

Выбор базовых образцов производится соответствующими отраслевыми НИИ, центральными и головными КБ, головными и базовыми организациями по стандартизации.

Уровень качества продукции, оцениваемый по совокупности показателей, в которую не входят экономические, называется **техническим уровнем** качества продукции. Когда учитываются и экономические показатели, то говорят о **технико-экономическом уровне** качества продукции.

Для оценки уровня качества продукции используются следующие методы: *дифференциальный, комплексный и смешанный*.

Дифференциальный метод оценки уровня качества состоит в сравнении единичных показателей качества оцениваемой продукции (изделия) с соответствующими единичными показателями качества базового образца. При этом для каждого из показателей рассчитываются относительные показатели качества:

$$K_i = \frac{P_i}{P_{i0}} \quad (3.1)$$

или

$$K_i = \frac{P_{i0}}{P_i} \quad (3.2)$$

где P_i -значение i -го показателя качества оцениваемой продукции; P_{i0} - значение i -го показателя качества базового образца.

Формула (3.1) используется, когда увеличение абсолютного значения показателя качества соответствует улучшению качества продукции (например, производительность, чувствительность, точность, срок службы, коэффициент полезного действия и др.).

Формула (3.2) используется тогда, когда улучшению качества продукции соответствует уменьшение абсолютного значения показателя качества (например, масса, расход топлива, потребляемая электрическая мощность, содержание вредных примесей, трудоемкость обслуживания и др.).

Если оцениваемая продукция имеет все относительные показатели качества $K_i \geq 1$, то ее уровень качества выше или равен базовому; если все $K_i < 1$, то ниже.

Возможны случаи, когда часть значений $K_i \geq 1$, часть $K_i < 1$. При этом необходимо все показатели разделить на две группы. В первую группу должны войти показатели, отражающие наиболее существенные свойства продукции, во вторую - второстепенные показатели.

Если относительные показатели первой группы и большая часть относительных показателей второй группы больше или равны единице, то уровень качества оцениваемой продукции не ниже базового.

Если для первой группы часть значений $K_i \ll 1$, то необходимо провести комплексную оценку уровня качества.

Ограничение для применения дифференциального метода оценки уровня качества состоит в трудности принятия решения по значениям многих единичных показателей качества.

Комплексный метод оценки уровня качества предусматривает использование комплексного (обобщенного) показателя качества.

При этом методе уровень качества определяется отношением обобщенного показателя качества оцениваемой продукции Q_{oc} к обобщенному показателю качества базового образца $Q_{баз}$, т.е.

$$K = \frac{Q_{oc}}{Q_{баз}} \quad (3.3)$$

Вся сложность комплексной оценки заключается в объективном нахождении обобщенного показателя.

Существуют различные варианты метода.

1. Когда можно выделить главный показатель, характеризующий основное назначение изделия или продукта, и установить функциональную зависимость этого главного показателя от остальных единичных показателей:

$$Q = f(n, P_i, Y_i) \quad (3.4)$$

где n -число единичных показателей; P_i - i -й единичный показатель; Y_i -коэффициент при i -м единичном показателе.

Вид зависимости может определяться любым из возможных методов, в т.ч. и экспертным.

Главным показателем может быть, например, производительность машин, ресурс, удельная себестоимость и др.

В качестве обобщенного может использоваться интегральный показатель качества, показывающий величину полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции, приходящегося на каждый рубль суммарных затрат на ее создание и эксплуатацию или потребление.

2. В тех случаях, когда невозможно построить функциональную зависимость, исходя из основного назначения продукции, применяют взвешенные среднеарифметические показатели. При этом обобщенный показатель вычисляется по формуле:

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot P_i}{n} \quad (3.5)$$

где m_i -коэффициент весомости i -го показателя.

При этом должно соблюдаться условие

$$\sum_{i=1}^n m_i = 1 \quad (3.6)$$

Коэффициенты весомости m_i устанавливаются отраслевыми НИИ на определенный период времени экспертным методом путем опроса определенного числа экспертов, которыми, исходя из условий эксплуатации изделия, назначаются баллы значимости каждого параметра P_i . На основании балльной оценки значимости параметров определяются коэффициенты m_i .

Дифференциальный и комплексный методы оценки уровня качества продукции не всегда решают поставленные задачи. При оценке сложной продукции, имеющей широкую номенклатуру показателей качества, с помощью дифференциального метода практически невозможно сделать обобщающий вывод, а использование только одного комплексного метода не позволяет объективно учесть все значимые свойства оцениваемой продукции.

В этих случаях оценку уровня качества производят **смешанным методом**, использующим единичные и комплексные показатели качества. При этом методе единичные показатели качества объединяются в группы (например, показатели назначения, эргономические, эстетические) и для каждой группы определяют комплексный показатель. При этом отдельные, наиболее важные показатели не объединяют в группы, а используют как единичные. С помощью полученной совокупности комплексных и единичных показателей оценивают уровень качества продукции дифференциальным методом.

Система контроля качества дорожного строительства

Организация дорожного строительства предусматривает систему контроля качества дорожного строительства. Под качеством продукции понимают совокупность свойств, определяющих пригодность продукции удовлетворять определенные потребности общества в соответствии с ее назначением. Продукцией дорожного строительства является автомобильная дорога, предназначенная для грузовых и пассажирских перевозок с заданной скоростью при минимальных дорожно-транспортных затратах.

Качество производственных работ определяется:

- качеством проектной документации;
- качеством применяемых строительных материалов, полуфабрикатов и изделий;
- эффективностью использования потенциальных возможностей средств механизации и автоматизации технологических процессов;
- соблюдением требований норм и технических условий при строительстве автомобильных дорог;
- уровнем квалификации, навыков и знаний инженерно-технических работников и рабочих.

Точное соблюдение правил производства работ и заданного технологического процесса может быть обеспечено производственной дисциплиной всех участников строительства и организацией строго технического контроля. **Технический контроль** - это совокупность методических указаний по определению показателей качества используемых материалов, технологических процессов и готовой продукции и сопоставление их с требованиями проекта, норм, технических условий и стандартов. Технический контроль позволяет управлять качеством строительства.

Подрядная организация в процессе строительства осуществляет:

выходной контроль сырья, полуфабрикатов, изделий, поступающих от поставщиков или предприятий вспомогательного производства (АБЗ, карьеры и др.);

операционный контроль технологических операций во время их выполнения и после их завершения;

приемочный контроль отдельных элементов дорог, продукции дорожных производственных предприятий.

Ведущую роль в организации контроля качества работ должны играть главные инженеры строительных управлений. Начальники участков обязаны непосредственно организовывать операционный контроль и другие виды контроля. Контрольные функции прораба и мастера должны быть четко разграничены схемами операционного контроля качества по каждому виду работ. Законченные работы должны предъявляться для проверки качества до начала выполнения следующих работ.

Эффективность контроля повышается при использовании статистических методов контроля качества, в основу которых положены методы теории вероятностей и математической статистики. Они позволяют объективно оценить изменчивость контролируемых показателей качества. По результатам статистической обработки данных выборочных испытаний оказывают воздействия на технологический процесс (корректируют параметры технологического процесса, устраняют систематические ошибки измерительных приборов и оборудования, ошибки технического персонала и т. п.).

Практика дорожного строительства показала, что принципиальное решение проблемы обеспечения качества должно базироваться на территориальной комплексной системе управления качеством работ (ТКСУКР). Под системой управления понимают совокупность технических, организационных, социальных, правовых и других воздействий на производственные процессы, обеспечивающие оптимальный уровень качества продукции и максимальную эффективность производства.

ТКСУКР включает в себя:

инструкцию по проведению проверок качества;

регламент независимого контроля качества;

методику применения административно-финансовых санкций за нарушение качества.

При выборе стратегии управления качеством подрядная организация руководствуется проектно-сметной документацией и проектом производства работ (ППР). ППР обеспечивает целенаправленность всех организационных, технических и технологических решений на достижение конечного результата: ввода в эксплуатацию объекта строительства с требуемым качеством, в установленные сроки, с минимальной себестоимостью.

Система ТКСУКР охватывает все технологические операции и позволяет с помощью обратной связи управлять качеством реализации проекта строительства участникам инвестиционного процесса (рис. 7.1). При этом подрядчик обязан:

беспрепятственно допускать экспертов и сотрудников испытательной лаборатории на объекты контроля (при наличии у них соответствующего задания заказчика);



Рис. 7.1. Структурная схема взаимодействия участников инвестиционного процесса при управлении качеством дорожных работ

предоставлять необходимую для контроля техническую документацию по объекту (проектно-сметную документацию, журнал производства работ, журналы операционного и лабораторного контроля, акты на скрытые работы);

- оказывать содействие при обследовании и взятии проб (обеспечивать внутриобъектным транспортом, предоставлять информацию об объекте, исходных материалах, конструкциях и т. д.);

- незамедлительно ликвидировать все исправимые нарушения, сообщать об этом заказчику;

- ликвидировать последствия взятия проб;

- допускать экспертов и испытательную передвижную лабораторию на производственные предприятия (АБЗ, промбазы).

Качество выполненных работ оценивают в соответствии с Правилами приемки работ при строительстве автомобильных дорог.

Качество выполнения отдельных видов работ оценивают баллами:

«отлично», если работы выполнены с особой тщательностью и техническими показателями, превосходящими нормативные показатели;

«хорошо», если работы выполнены в полном соответствии с проектом и нормативными показателями;

«удовлетворительно», если работы выполнены с малозначительными отклонениями от технической документации, согласованными проектной организацией и заказчиком, но не снижающими показателей надежности, прочности, устойчивости и эксплуатационных качеств или при соблюдении условий, соответствующих установленным правилам приемки для удовлетворительной оценки качества работ.

Качество работ, не удовлетворяющее требованиям перечисленных оценок, является *неудовлетворительным*. Такие работы не принимаются приемочной комиссией и подлежат переделке.

Управление качеством при строительстве дорог

На современном этапе развития народного хозяйства повышение качества продукции становится одной из важнейших задач капитального строительства. С позиций системного подхода под качеством дорожной продукции подразумевают совокупность свойств, определяющих функционирование такой сложной системы, как водитель — автомобиль — дорога — среда. Важное место в этой системе занимает ее составляющая — дорога. Общую оценку качества строительства городских дорожных объектов и сооружений дает государственная приемочная комиссия исходя из совокупности оценок качества проекта, материалов, конструкций, изделий и дорожно-строительных работ. При этом качество проекта должно определяться в зависимости от эффективности принятых инженерно-технических, экономических и архитектурно-планировочных решений. Качество же выполнения строительно-монтажных работ и применяемых при этом материальных ресурсов оценивается в соответствии с отраслевыми правилами и инструкциями. При оценке качества работ проверяют соблюдение геометрических, физико-механических и других параметров, предусмотренных проектом, а также требований инструктивно-нормативных документов. В городских условиях особое значение придается соблюдению эстетических и санитарно-гигиенических требований.

Качество отдельных видов работ и технологических операций в соответствии с «Правилами приемки и оценки качества работ при строительстве и ремонте городских дорог» оценивается по пятибалльной шкале. С оценкой отлично (5 баллов) принимают работы, выполненные с особой тщательностью, мастерством и техническими показателями, превосходящими показатели, требуемые нормативными документами и стандартами, или при улучшении предусмотренных проектом эксплуатационных показателей без увеличения сметной стоимости соответствующих видов работ.

Выполнение работ в полном соответствии с проектными и нормативными требованиями получает оценку хорошо (4 балла). Если же при выполнении работ были допущены откло-

нения, не снижающие, однако, технико-эксплуатационных и эстетических показателей проекта, то по согласованию с проектной организацией и заказчиком эти работы могут быть приняты с оценкой удовлетворительно (3 балла).

Качество конструктивных элементов дороги определяют как сумму оценок качества отдельных работ и технологических операций с учетом принятых коэффициентов их весомости.

По этой же формуле может быть рассчитан показатель качества всей построенной дороги. Разработаны коэффициенты весомости отдельных работ и конструктивных элементов для условий городского дорожного строительства. Принято, что в среднем коэффициент весомости равен: для покрытий и оснований - 0,25, земляного полотна - 0,2, тротуаров и водосточков - 0,15.

Значение показателя от 4,51 до 5 соответствует оценке отлично; от 3,51 до 4,5 - хорошо и от 3 до 3,5 - удовлетворительно.

Полученные за определенный промежуток времени показатели качества служат основой для установления уровня качества, достигнутого дорожной организацией.

Учитывая важность проблемы качества и ее многогранность, в СССР была **создана система управления качеством на трех основных уровнях**: государственном, ведомственном и производственном.

Общая государственная политика по вопросам качества в строительстве осуществляется Госстроем СССР, его республиканскими органами, Госстандартом СССР и Госархстройконтролем. На ведомственном уровне управлением качества занимаются отраслевые министерства и ведомства. Каждое ведомство создает свою систему, обеспечивающую проведение единой технической политики во всех подразделениях и организациях отрасли. Замыкающим является производственный уровень, на котором обеспечивается контроль управления качеством непосредственно в строительных организациях, выполняющих строительномонтажные работы.

В решении проблемы научно обоснованной оценки качества продукции большую роль играет метрологическое обеспечение процессов контроля, на основе которого выявляется соответствие строительной продукции установленным стандартам и техническим условиям. Основными задачами метрологии являются: обеспечение надзора за всеми средствами измерений; обеспечение единообразия и достоверности измерений; внедрение в производство современных средств и методов измерения; организация правильного выбора, назначения и применения средств измерений. *В СССР ответственность за состояние метрологии и измерительной техники возложена на Госстандарт СССР, который выполнял эту работу совместно с министерствами и ведомствами.*

Важное место в этой системе занимает разработка стандартов - ГОСТов, ОСТов, в которых в соответствии с все возрастающими потребностями устанавливаются новые требования к качеству строительной продукции и ее составных элементов. В строительстве наряду со стандартами действуют общесоюзные строительные Нормы и правила (СНиП), общегосударственные (СН) и ведомственные (ВСН) строительные нормы, технические правила (ТП) и условия (ТУ), отраслевые рекомендаций, указания, инструкции и т. п. Перечисленные документы служат основой для разработки производственных стандартов предприятий (СТП). Стандарты предприятий должны регламентировать все этапы и функции управления качеством продукции: проверку проектно-сметной документации; подготовку строительства; производства строительномонтажных работ; приготовление материалов, изделий и конструкций; техническое обслуживание машин и т. д.

В результате разработки отдельных стандартов на уровне предприятий должна быть создана **комплексная система управления качеством (КСУК)** дорожно-строительных работ. Комплексная система должна обеспечивать необходимый уровень качества и непрерывное совершенствование всех составных элементов строительства на каждом конкретном предприятии (рис. 2.5). Создавать КСУК на предприятии целесообразно поэтапно.

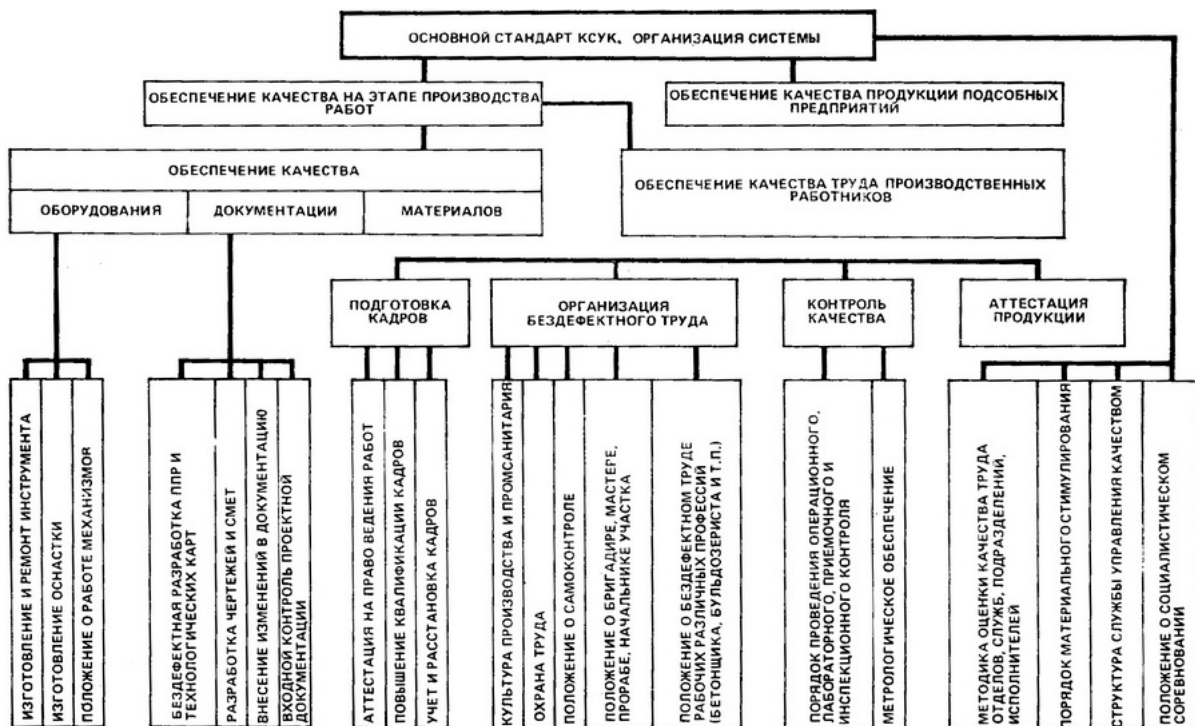


Рис. 2.5. Ориентировочный состав стандартов предприятия в КСУК

Ответственность за состояние дел по управлению и контролю качества в дорожной организации возлагается на главного инженера и руководителя предприятия.

Эффективное управление качеством предусматривает проведение систематического и все-стороннего контроля, осуществляемого на всех этапах строительства государственными и ведомственными органами, а также непосредственными участниками строительного производства и проектными организациями (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Схема организации контроля качества дорожно-строительной продукции

Государственный надзор обеспечивает качество проектно-сметной документации, качество строительно-монтажных работ, соблюдение требований СНиП и стандартов. Кроме указанных органов, контроль и надзор осуществляют различные функциональные службы: санитарный надзор, пожарный надзор, газовый надзор, лесная охрана, охрана атмосферного воздуха и водных ресурсов, геодезический и геологический надзор, служба государственного контроля за использованием земель, энергонадзор, охрана памятников культуры и т. д.

Ведомственный контроль в дорожном строительстве состоит из производственного контроля и технического надзора. Производственный контроль подразделяется на входной,

операционный и приемочный. Основная задача входного контроля - проверка проектов и смет, а также качества поступающих материальных ресурсов. При обнаружении несоответствия или отклонений от требуемого уровня качества составляют «Акт о ненадлежащем качестве продукции, некомплектности и нарушении правил маркировки и упаковки продукции». Входной контроль осуществляют прорабы, мастера и бригадиры с привлечением работников дорожных лабораторий.

Особое значение в строительстве придается операционному контролю, в результате которого оценивается качество дорожно-строительных работ сразу же после их выполнения. Операционный контроль предназначен для своевременного обнаружения и исправления дефектов или строительного брака. Данный контроль выполняется под руководством мастеров и прорабов непосредственными исполнителями работ. В необходимых случаях к проведению операционного контроля привлекаются работники дорожно-строительных лабораторий и геодезических служб. Основные рабочие документы при операционном контроле — технологические карты и схемы операционного контроля качества работ, разрабатываемые в составе проектной документации.

Приемочный контроль заключается в проверке соответствия выполненных работ или изготовленной дорожной продукции (всей дороги или ее отдельных конструктивных элементов) требованиям проектов, СНиП, ТУ и других нормативных документов. Основная цель этого контроля - предупреждение появления недоброкачественной готовой продукции. Учитывая его важность, контроль производят на всех этапах выполнения строительно-монтажных работ: мастера и прорабы - при текущей приемке законченных бригадами работ; представители заказчика - при промежуточной приемке у прорабов работ, скрывааемых последующими работами и конструкциями; ведомственные комиссии - при приемке от дорожно-строительных организаций законченных этапов работ или отдельных конструктивных элементов для оплаты этих работ заказчиком.

Важное место в производственном контроле дорожного строительства принадлежит лабораториям. В их функции входит: непрерывный и своевременный контроль качества применяемых материалов, конструкций и полуфабрикатов; надзор за соблюдением требований СНиП, ТУ и других нормативных документов при производстве работ; разработка рекомендаций по применению местных дорожно-строительных материалов и побочных продуктов промышленных предприятий. Технический надзор предназначен для проверки соблюдения строителями государственных стандартов, СНиПов, а также для получения информации о качестве и состоянии строительства на дорожных объектах. Надзор осуществляют периодически инспекционные органы, представители заказчика, проектные организации, обеспечивающие авторский надзор, а также служба управления качеством и общественные организации. По результатам проверок в дорожных организациях разрабатывают технические, экономические и организационные мероприятия по устранению недостатков и повышению качества строительства.

Для поощрения деятельности, направленной на улучшение качества строительной продукции, в дорожных организациях используют самые разнообразные методы морального и материального поощрения. Как показала практика, наиболее эффективные результаты дает сочетание материального стимулирования с моральным поощрением трудящихся. Среди мер морального воздействия можно выделить награждение рабочих и инженерно-технических работников почетными знаками и вымпелами, объявление им благодарностей, присвоения звания «Победитель социалистического соревнования», «Ударник коммунистического труда» и т. п.

Материальное стимулирование высокого качества строительства предусматривает повышение размера премий при своевременном или досрочном выполнении строительно-монтажных работ, экономном расходовании материалов, снижении нормативной трудоемкости строительства.

Системы управления качеством на предприятиях появились в связи с развитием деятельности по управлению качеством продукции. Ужесточающаяся конкуренция и осознание роли

качества как основы конкурентоспособности вынуждали предприятия перейти от отдельных разрозненных элементов управления качеством к их объединению в единую, комплексную систему управления - с учётом всех факторов, влияющих на качество. В результате система качества получила статус одной из систем управления предприятием, наряду с системами управления персоналом, производством, снабжением и другими. Внедрение системы качества позволяет организовать и проводить плановую, регулярную работу по качеству. При наличии необходимой материальной базы, современной технологии и квалифицированного, заинтересованного персонала, это повышает стабильность качества всей выпускаемой продукции, а не только отдельных образцов для выставок и презентаций. Такая система служит дополнительной гарантией качества для заказчиков, многие из которых практикуют проверку систем качества у потенциальных поставщиков, результаты которой могут влиять на заключение контрактов. Распространение подобных взаимоотношений поставщиков с заказчиками в мировой торговле привело к появлению серии международных стандартов ИСО 9000 на системы качества, а затем - к возникновению и развитию сертификации этих систем независимыми органами.

Определения[

В стандарте ИСО 8402-86 *система качества* (англ. *quality system*) была определена как «совокупность организационной структуры, ответственности, процедур, процессов и ресурсов, обеспечивающая осуществление общего руководства качеством». Аналогичное определение системы качества было дано и в следующей версии этого же стандарта

В стандарте ИСО 9000:2005 «система менеджмента качества - это система менеджмента для руководства и управления организацией применительно к качеству». Дополнительно в определении даны ссылки на входящие термины: «система менеджмента - это система для разработки политики и целей и достижения этих целей», и «система - это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов».

Раздел III. Обеспечение качества дорожной продукции

Тема 3.1. Всеобщее руководство качеством в строительстве (основные положения СНБ 1.01. 04 – 99)

Тема 3.2. Определение качества дорожно-строительной продукции

Тема 3.3. Производственный контроль

Основные положения всеобщего руководства качеством в строительстве РБ устанавливают основные нормативные документы в системе технического нормирования и стандартизации: стандарты (СТБ) и межгосударственные стандарты, СТБ EN в области промышленного и гражданского строительства, строительные нормы Беларуси - СНБ, Технические кодексы установившейся практики (ТКП) и другие нормативные документы РБ в строительстве. Условия хозяйствования при рыночной экономике диктуют необходимость реформирования строительного комплекса с целью повышения качества и конкурентоспособности выпускаемой им строительной продукции. Одной из задач указанного реформирования является создание национального комплекса нормативно-технических документов в строительстве. В СССР действовало большое количество нормативных документов, их видов, уровней утверждения и ве-

домственной подчиненности. В области строительства действовали и еще продолжают действовать СНиПы, ГОСТы, СН, ВСН, РСН, ТУ, РСТ, ОНТП, различные инструкции, указания, положения и т.д., а также целый ряд ГОСТов Госстандарта бывшего СССР на продукцию нефтехимии, машиностроения, деревообработки, которая используется в строительстве. Кроме того, в действующей системе строительные нормы и ГОСТы даже одного технического направления находятся в разных группах, разрабатывались и совершенствовались различными институтами и порой плохо увязываются, а то и противоречат друг другу. В целях исключения указанных недостатков в Программе создания национальной нормативно-технической базы в строительстве заложена новая структура построения НТД, состоящая из 36 блоков, охватывающих все направления технического нормирования и стандартизации в строительстве. В зависимости от конкретного технического направления в состав блока включены как строительные нормы и пособия к ним, так и стандарты, обслуживающие это направление и содержащие требования к тем или иным строительным конструкциям, изделиям и материалам, правилам приемки и методам контроля. Такой подход позволил закрепить за каждым блоком Технические комитеты, состоящие из ведущих специалистов республики по данному направлению, и комплексно подходить к вопросам совершенствования нормативно-технических документов этого блока. Входящие в национальный комплекс межгосударственные строительные нормы и строительные нормы Республики Беларусь содержат только обязательные требования, обеспечивающие безопасность для жизни и здоровья людей, устойчивость и долговечность конструкций, зданий и сооружений и их пожарную безопасность, защиту окружающей среды, экономию ресурсов и ряд других потребительских показателей строительной продукции и являются обязательными для всех участников инвестиционного процесса. Пособия содержат правила, способы и технологии достижения обязательных требований. ГОСТы и СТБ содержат как обязательные, так и рекомендуемые требования к строительным материалам, изделиям и конструкциям, правилам приемки и методам контроля. Обязательность требований устанавливается в стандартах номенклатуры показателей качества.

Такое разграничение обязательных и рекомендательных требований позволяет освободить исполнителя от мелочной опеки и зарегламентированности, более рационально решать поставленные перед ним задачи, исходя из конкретных условий.

Действующая нормативно-техническая документация в своем комплексе обеспечивает безопасность строительной продукции для жизни и здоровья людей в процессе ее производства и эксплуатации; надежность и качество строительных конструкций и оснований, систем инженерного оборудования зданий и сооружений; рациональное использование природных, материальных и топливно-энергетических ресурсов.

Государственные нормативно-технические документы разрабатываются по тем техническим направлениям, которые обеспечивают национальные традиции или учитывают климатические и геологические особенности республики, а также по которым необходимо срочное вмешательство государства с целью повышения качества работ и услуг.

Включение в национальный комплекс межгосударственных нормативно-технических документов связано, в первую очередь, с необходимостью избежания технических барьеров в торговле строительной продукцией и обмене услугами между странами СНГ.

Повышение качества и конкурентоспособности, снижение энерго- и ресурсоемкости строительных материалов, изделий и конструкций, производимых предприятиями как строительной, так и других отраслей и выведение их на уровень лучших отечественных и зарубежных аналогов осуществляется путем введения более высоких требований в разрабатываемые нормативно-технические документы. Ужесточение качественных показателей производится на основе результатов НИР, передового отечественного и зарубежного опыта, путем гармонизации разрабатываемых нормативно-технических документов с нормами промышленно развитых стран. Особое внимание при разработке нормативно-технической документации уделяется вопросам повышения физико-механических, теплотехнических и качественных характеристик строительных материалов, изделий и конструкций. Разрабатываемые нормативно-технические документы

по своим техническим требованиям в обязательном порядке гармонизируются с требованиями действующих нормативных документов технически развитых зарубежных стран. Это позволяет повысить конкурентоспособность отечественной продукции на рынках дальнего и ближнего зарубежья.

Нормативно-техническая документация разрабатывается в основном Техническими комитетами по нормированию и стандартизации, созданными при Государственном предприятии "Стройтехнорм", куда входят ведущие ученые и высококвалифицированные специалисты учебных, научно-исследовательских, проектных и строительных организаций республики и Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации при Межправительственном Совете по сотрудничеству в строительной деятельности.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Классификация показателей качества дорожно-строительной продукции

В дорожно-строительном производстве конечной продукцией является дорога с комплексом различных вспомогательных сооружений и устройств /10/. В рамках общего понятия качества продукции, под качеством дороги следует понимать совокупность свойств, обуславливающих ее пригодность удовлетворять потребности народного хозяйства в грузовых и пассажирских перевозках с заданными скоростями, нагрузками и интенсивностью движения. Вместе с тем, наиболее важным аспектом качества дороги является учет высокой стоимости и длительности ее использования. Таким образом, если исходить из общественных потребностей, к дорогам предъявляются следующие требования: провозная и пропускная способность, удобство использования дороги, обеспечение нормального психологического восприятия пассажирами и работоспособности водителя, приемлемое восприятие передаваемой информации, возможность эффективного функционирования и ремонта с минимальными затратами, обеспечение эстетического и духовного восприятия человеком, проезжающим по дороге.

Следовательно, исходя из этих потребностей, можно констатировать, что *качество дороги - это совокупность свойств, которые определяют рациональное функционирование системы: водитель - автомобиль - дорога - среда (ВАДС)*. Определение качества дороги строится на системном принципе, когда система ВАДС включает около дюжины связей (подсистем), что позволяет всесторонне ее характеризовать. Качество дорог - это комплексная, научная, техническая, экономическая и социальная проблема. Выпуск дорожно-строительной продукции, в отличие от изготовления изделий на стационарных конвейерах, имеет существенную специфику, поскольку в строительстве дорог участвуют различные проектно-изыскательские, производственные, снабженческие, строительно-монтажные, субподрядные, эксплуатационные и другие организации, которые разобщены территориально и административно. Поэтому проблема обеспечения качества дорог представляет единую цепочку, имеющую связи, начиная от отдельных локальных организационно-технических мер по обеспечению качества, до непрерывно действующих мероприятий по управлению качеством в рамках крупных строительных организаций и в целом министерства, занимающегося строительством и эксплуатацией дорог.

Известно, что в промышленности продукцию **классифицируют на пять следующих групп**: сырье и природное топливо; материалы и продукты; расходуемые изделия; неремонтируемые изделия; ремонтируемые изделия, которые в свою очередь характеризуются 13 - стандартизированными показателями качества, включающими:

классификационные; функциональной пригодности; надежности (безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости); эргономичности; эстетичности; технологичности (в производстве, в применении); ресурсопотребления; безопасности; экологичности.

Дорожно-строительную продукцию относят к группе ремонтируемых изделий (продукции). Кроме того, ее **разделяют на два класса** первый - продукция на стадии производства, характеризующаяся необратимыми процессами и второй - на стадии использования (эксплуатации).

К дорожно-строительной продукции **первого класса** (на стадии производства или расходуемой при использовании) относят, например, бутовый камень, который затем перерабатывают на щебень, т.е. происходит необратимый процесс. Кроме того, эту продукцию разделяют на отдельные подгруппы: сырье (песок, глина, супесь, гравийно-песчаная смесь, камень и т. п.); материалы (металл, дерево, щебень, минеральный порошок, битум, цемент, различные добавки и т.п.); расходные изделия (железобетонные плиты, балки, бортовые камни, звенья сборных водопропускных труб, конструктивные элементы оголовков, элементы устройств нижнего бьефа и т. д. К дорожно-строительной продукции на стадии использования или эксплуатации (**второго класса**) относят: непосредственно дорогу, различные ее элементы (мосты, дорожные водопропускные сооружения, эксплуатационные здания, сооружения обстановки пути, знаки, указатели, элементы разметки и т. п.) Этот класс дорожно-строительной продукции используется до физического (технического) или морального износа.

Качество дорожно-строительных работ на различных стадиях может характеризоваться **различной номенклатурой показателей**. Поэтому в рамках системы управления качеством одним из важнейших аспектов является **выбор номенклатуры показателей качества**, которая зависит от назначения продукции, стадии разработки и целей управления.

На первой стадии (изыскания), когда проводятся топографические, геологические, гидрологические и другие исследования, важными факторами являются такие параметры качества, как: уровень квалификации специалистов-изыскателей, применяемая аппаратура, приборы и оборудование для натурных и лабораторных исследований, уровень применяемых методик обработки полученных экспериментальных данных, глубина проработки изысканий и др.

На второй стадии (проектирование) формируются основные требования к качеству будущего объекта с учетом назначения, категории дороги, стадии разработки проектной документации, особенностей производства работ и ее эксплуатации. В этот период проводятся дополнительные изыскательские работы и непосредственно проектные. В некоторых случаях стадии изысканий и проектирования объединены в одну стадию, однако, это не значит, что необходимые требования к качеству одних и других работ снижаются. На стадии проектирования качество дороги оценивают главным образом по экономическим соображениям. Здесь необходим комплекс показателей качества, позволяющих учитывать: технологичность конструкции, уровень механизации вообще и комплексной механизации, прочность и долговечность покрытия и одежд, уровень индустриализации сборных фрагментов, унификации элементов конструкций, применения типовых проектов и т. д.

На данной стадии качество дороги будет зависеть от: качества планирования работ, завершения изысканий; уровня осуществления вариантности в процессе проектирования; степени использования завершенных научно-исследовательских работ; качества проведения методов лабораторного проектирования; качества используемой нормативной документации по проектированию; качества специалистов-проектировщиков; средства проектирования; глубины технико-экономических обоснований; качества труда; системы контроля качества и др.

На третьей стадии (строительство) требуется реализовать запланированные показатели объекта и его элементов. Здесь учитывают такие элементы качества, как: уровень качества проектной и нормативной документации по строительству; применение типовых проектов отдельных вспомогательных сооружений и унифицированных их конструктивных элементов; качество материалов и изделий; уровень применяемых технологий; механизацию и организацию производства работ; качество выполнения отдельных видов работ; уровень системы качества и контроля качества работ.

На четвертой стадии (эксплуатации) в значительном объеме проявляются элементы качества, которые были заложены на первых трех стадиях, т. е. на стадии изыскания, проектирования и строительства, так как эксплуатационники пользуются готовой продукцией определенного качества. На стадии эксплуатации качество дорог и вспомогательных сооружений находится в динамике, причем до выполнения капитальных ремонтно-восстановительных работ - в сторону ухудшения. Несомненно степень снижения качества дорог зависит в значительной мере от уровня качества работ, выполняемых службой эксплуатации, а также от режима движения, от

нагрузок, климатических условий и многого другого. На данной стадии качество дорог определяется уровнем качества выполнения эксплуатационных работ, в том числе от: качества построенной дороги; уровня разработки нормативной документации по эксплуатации дороги; качества наблюдения за состоянием дорожных покрытий; проведения своевременного обследования общего состояния водопропускных дорожных сооружений и их нижних бьефов; качества измерения эксплуатационных показателей дороги; качества производства текущих ремонтно-восстановительных работ; качества капитальных ремонтов; качеством труда.

Таким образом, на каждом этапе создания продукции проявляются свойства рассматриваемой стадии, которые не только отличаются по существу, но и имеют взаимную связь. Качество дороги, как и другого строительного объекта или иной продукции, следует рассматривать на различных уровнях иерархической совокупности свойств, направленных на удовлетворение определенных производственных народно-хозяйственных, и общественных требований. В рассматриваемом случае иерархическая совокупность свойств направлена на удовлетворение требований системы ВАДС (водитель - автомобиль - дорога - среда): изыскания - проектирование - строительство - эксплуатация.

Как показано выше, каждой стадии свойственны определенный перечень показателей качества продукции. Поэтому целесообразно привести классификацию показателей качества дорожно-строительной продукции /10/. В зависимости от различных признаков показатели качества дорожно-строительной продукции классифицируют следующим образом:

по числу применяемых показателей - на единичные (дифференциальные), комплексные и интегральные;

в зависимости от стадии создания продукции - на изыскательскую, проектную, строительную и эксплуатационную;

по совокупности близких свойств - на целевые, технические, экономические, стандартизации, эргономические и эстетические;

по уровню представления - на абсолютные и относительные;

по значимости - на основные и дополнительные.

Приведем краткие пояснения основных показателей качества, согласно существующей классификации /10/.

Единичным или дифференциальным является показатель, который характеризует лишь одно свойство продукции. Например, коэффициент уплотнения грунта, коэффициент фильтрации, модуль упругости дорожной одежды, температура горячей асфальтобетонной смеси.

Комплексный показатель характеризует несколько свойств качества продукции и представляет собой обобщенное значение всего комплекса показателей качества. Как правило, он учитывает все показатели качества данной продукции на рассматриваемой стадии ее производства. В процессе определения комплексного показателя учитывается степень влияния различных свойств и их весовое значение. Учет одним показателем целой гаммы свойств является очень удобным в практическом применении. Однако комплексный показатель имеет и недостаток - в ряде случаев он не позволяет учесть тонкости отдельных свойств, а также завуалирует или сглаживает недостатки некоторых показателей.

Интегральный показатель качества является также комплексным показателем, однако он представляет собой отношение суммарного, полезного эффекта от эксплуатации к суммарным затратам на эксплуатацию продукции. Его применяют преимущественно при оценке качества дорожно-строительной продукции второго класса: дорог, водопропускных сооружений, обстановки пути и т. п. Применительно к оценке качества дороги интегральный показатель может представлять собой как отношение срока службы дороги к суммарным затратам на строительство и эксплуатацию за этот период.

Вместе с тем специалисты отмечают, что в ряде случаев получение интегрального показателя затруднено, так как определение суммарного фактического эффекта для дороги в процессе ее эксплуатации довольно сложно. Определение фактических сроков службы дорог, одежд, по-

крытий, сооружений с учетом комплексного влияния всех факторов также весьма сложная задача. Имеются и определенные сложности при прогнозе эксплуатационных расходов.

Имеются стандарты для определения комплексных и интегральных разработок.

Далее рассмотрим блок показателей /10/, применительно к нормативно-технической документации: назначение (целевые), надежности, технологические, эргономические, технико-экономические, эксплуатационные.

Показатели назначения характеризуют общее назначение продукции, ее принадлежность и способность удовлетворять основные требования к ней. При выборе этих показателей необходимо учитывать не только назначение продукции, но и ее использование или эксплуатацию. Зачастую их применяют при общей оценке качества продукции или, например, при оптимизации процесса управления.

Для дорожно-строительной продукции первого класса (сырье, материалы, изделия) к показателям назначения относят: физические (плотность, пористость, вязкость, размер фракционный состав, истираемость и т.д.); физико-механические (модуль упругости, угол внутреннего трения, сцепление, прочность при сжатии, растяжение при изгибе, коэффициент вязкости, коэффициент фильтрации др.); тепловлажностные (температура, морозостойкость, водонасыщение, теплоемкость, температуропроводность и влажностопроводность, влажность, скорость остывания смеси и др.).

Для дорожно-строительной продукции второго класса (дорога, сооружения и ее элементы) к показателям назначения относят: категорию дороги, интенсивность движения, грузонапряженность, пропускная способность, расчетный расход воды для водопропускного сооружения и др.

Показатели надежности: безотказность, ремонтпригодность, долговечность и сохраняемость. Отсюда следует, что надежность - это комплексный показатель, который учитывают на всех стадиях создания дороги.

Показатель безотказности - это свойство продукции быть работоспособной продукции в течение определенного времени (или наработки). Безотказность характеризуют:

вероятностью безотказной работы, т. е. вероятностью того, что в пределах определенного времени или во время наработки не возникнет отказ и не нарушится работоспособность;

средней наработкой до отказа, что выражается математическим ожиданием времени или объема работы продукции (строительного объекта) до первого отказа;

интенсивностью отказов или плотностью вероятности возникновения отказа невозстанавливаемого объекта (вычисляется для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента отказ не возник);

параметром потока отказов или плотностью вероятности возникновения отказа восстанавливаемого объекта (вычисляется для рассматриваемого момента времени);

наработкой на отказ, значение которого определяется как отношение наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки). Все эти показатели применимы для дорожно-строительной продукции. Для продукции второго класса наиболее важным показателем является коэффициент безотказной работы, в виде следующего соотношения

$$K_{\text{Б}} = \frac{M}{M_0},$$

(4.1)

где M - число объектов, которые безотказно работали до некоторого времени t ;

M_0 - общее число работоспособных объектов, на начальный период времени t_0 .

Например, из 100 км асфальтобетонного покрытия за 10 лет потребовали среднего ремонта 20 км. Следовательно, вероятность безотказной работы была $80/100 = 0,8$.

Среднюю наработку до отказа можно определить по следующей формуле, которая справедлива для экспоненциального закона распределения, справедливого в рамках задач, решаемых в теории надежности

сертификация стандартизация продукция экспертный

$$T_0 = \frac{\sum t_i + T(N-r)}{r}$$

, (4.2)

где t_i - наработка i -го объекта до отказа; N - общее число испытательных объектов; r - число отказов за время испытаний.

Показатель ремонтпригодности - это свойство объекта быть способным к обнаружению причин возникновения и предупреждению и устранению отказов или повреждений, путем проведения обслуживания и ремонта. Данный показатель регламентирует условия ремонта продукции (объекта) и применяется для дорожно-строительной продукции второго класса.

Ремонтпригодность, применительно к дорогам, оценивают следующими показателями:

- вероятностью ремонта в заданное время;
- средним временем восстановления;
- интенсивностью восстановления;
- средней трудоемкостью технического обслуживания ремонтов;
- стоимостью обслуживания и ремонтов.

Показатель долговечности свойство продукции функционировать до наступления предельного состояния при определенной системе технического обслуживания и выполнения ремонтов.

Применительно к дорожно-строительной продукции, к показателям долговечности относят:

срок службы - продолжительность времени с момента сдачи дороги в эксплуатацию до первого среднего или капитального ремонта, когда невозможна нормальная эксплуатация дороги, т.е. до наступления предельного состояния;

средний ресурс времени между ремонтами;

средний срок службы - математическое ожидание срока службы;

средний срок службы между ремонтами;

гамма - процентный срок службы - это продолжительность эксплуатации продукции, в течение которой она не достигает предельного состояния с принятой вероятностью -процентов.

Показатель сохраняемости является одним из показателей надежности. Существует понятие - срок сохраняемости, что представляет собой продолжительность хранения (и транспортирования) продукции в заданных условиях, в течение и после которой сохраняются значения установленных показателей.

Технологические показатели характеризуют степень технологичности продукции. В области дорожно-строительной продукции к ним относят /10/: коэффициенты механизации, технологической оснащенности, коэффициент удельной трудоемкости, использования новых эффективных материалов, применения сборных конструкций.

Коэффициент механизации - отношение объема механизированных работ (VM) к общему объему работ (VO), т.е.

$$K_{\text{Мех}} = VM/VO.$$

Коэффициент технологической оснащенности - отношение количества операций, выполняемых с помощью дорожных машин, механизмов, оборудования, технологической оснастки, к общему количеству операций данного процесса, т.е.

$$K_{\text{Осн}} = nM/nO$$

Коэффициент удельной трудоемкости - отношение затраченного механизированного (ручного) труда (времени) к единицы основного показателя продукции, $K_{\text{Тр}} = T/n_i$.

Коэффициент использования новых эффективных материалов - отношение объема рациональных материалов (QM) к общему объему используемых материалов (QO), т.е. $K_{\text{РМ}} = QM/QO$.

Коэффициент применения сборных конструкций - отношение количества сборных изделий (nCB) к общему числу изделий (nO), т.е. $K_{\text{СБ}} = nCB/nO$

Эргономические показатели качества продукции представляют собой качества, характеризующие соответствие продукции требованиям системы водитель - внешняя среда - дорога. Эти показатели отражают влияние действия внешней среды на работающего человека и эксплуатиру-

емую машину, механизм, устройство. Поэтому возникает необходимость комплексной оценки дорожно-строительной продукции.

К эргономическим относят следующие показатели: гигиенические, антропометрические, психофизиологические, психологические. При этом перечисленные показатели представляют: гигиенические - освещенность, температура, влажность, запыленность, излучение, токсичность, шум, вибрации;

антропометрические - продукцию, которая непосредственно контактирует с человеком, например, органы управления;

психофизиологические - соответствие параметров элементов автомобиля (кабины) возможностям водителя его физиологическим данным (силовым, зрительным, слуховым, возможности переработки информации).

Эстетические показатели характеризуют: выразительность, оригинальность, стиль, целостность и соответствие продукции среде.

Показатели стандартизации характеризуют степень применения количества типоразмеров изделий, используемых в процессе проектирования и строительства дорог. Этот показатель свидетельствует об уровне стандартизации, унификации и взаимозаменяемости элементов продукции. Его зачастую выражают коэффициентом применяемости по типоразмерам в следующем виде:

$K_{пр} = (N_o - N_{ор}) / N_o$, (4.3), где N_o - общее количество типоразмеров и может быть представлено в виде; $N_o = N_{ст} + N_{ун} + N_{ор}$. (4.4) и где, в свою очередь, $N_{ст}$ - количество стандартизированных, $N_{ун}$ - унифицированных и $N_{ор}$ - оригинальных составных частей сооружения (дороги),

К технико-экономическим показателям относят: коэффициент экономической эффективности, трудоемкости, производительного труда. приведенные затраты, рентабельность, прибыль, фондотдачу и др. Их применяют как для самостоятельной оценки операций при производстве продукции, так и при комплексной или интегральной оценке окончательной продукции (дороги).

К эксплуатационным показателям относят: срок службы дороги (одежды или покрытий), интенсивность движения и пропускную способность, прочность одежды, ровность и шероховатость покрытий, работоспособность одежд или покрытий, коэффициент экономической эффективности эксплуатации, эксплуатационные затраты.

Вышеприведенные показатели качества приведены в большей степени применительно к дорожно-строительной продукции, как наиболее отражающей типичную ситуацию в области строительства и эксплуатации природоохранных, водохозяйственных сооружений и сооружений по защите окружающей среды. В других случаях эти показатели могут быть дополнены или изменены в зависимости от общественных потребностей и назначения продукции.

Процесс выбора перечня (номенклатуры) показателей является важным моментом в процессе проектирования системы управления качеством продукции. В зависимости от номенклатуры показателей проводится тот или иной объем измерений, определение соответствующих параметров, работ по оценке и контролю. Увеличение количества определяемых параметров приводит к росту объема работ, а недостаточное количество измеренных параметров влечет снижение качества продукции. Поэтому рекомендуется принимать минимальное, но достаточное количество видов (назначения, надежности, эргономичности, экономические и др.) и групп показателей (например, для вида: надежность - безотказность, ремонтпригодность, долговечность, сохраняемость).

Далее приведена номенклатура и группы показателей для различных стадий первого и второго классов дорожно-строительной продукции, большинство из которых являются стандартизированными. Предлагаемая номенклатура показателей дорожно-строительной продукции, принятая для различных стадий ее создания.

Показатели назначения: плотность слоев, водонасыщение, морозостойкость, толщина слоев, плотность грунта, отметки по оси покрытия, обочины и откосы полотна.

Показатели надёжности: безотказность, ремонтпригодность долговечность, сохраняемость.

Технологические показатели: механизация, технологическая оснащенность, трудоемкость, применение новых материалов, применение сборных материалов и конструкций.

Эргономические показатели: гигиенические, антропометрические, психофизиологические

Показатели стандартизации: Показатели стандартизации и унификации характеризуют насыщенность изделия стандартами, унифицированными и оригинальными составными частями, каковыми являются входящие в него детали, узлы, агрегаты, комплекты и комплексы. К данной группе относятся коэффициент применяемости, коэффициент повторяемости, коэффициент унификации изделия или группы изделий....

Технико-экономические показатели: - это система измерителей, характеризующая материально-производственную базу и комплексность использования ресурсов

Позволяют проводить сравнение технического и организационного уровня предприятий; выявлять резервы; улучшать разработку текущих и перспективных планов; планировать и анализировать организацию производства, уровень техники, качества продукции, использование основных и оборотных фондов, трудовых ресурсов; разрабатывать техпромфинплан предприятия; устанавливать технико-экономические нормы и нормативы. Также учитываются и **некоторые другие показатели**

Выбор номенклатуры показателей производят в следующей последовательности:

Назначают объект оценки качества и стадию создания продукции.

Для соответствующих стадий создания продукции устанавливают свои свойства, которые в наибольшей степени удовлетворяют сформированным потребностям общества.

Для принятых свойств устанавливают виды показателей. При этом в любом случае должны иметь место показатели назначения.

Устанавливают группу показателей и выделяют наиболее существенные.

На основе тщательного анализа оцениваемой продукции устанавливают единичные (дифференциальные) показатели.

Если имеются несколько существенных показателей, то устанавливают комплексные или интегральные показатели.

После создания квалиметрической модели качества дороги необходимо установить значения показателей качества дорожно-строительной продукции. Для этой цели применяют следующие методы: экспериментальный, расчетный, комбинированный, социологический и экспертный.

Среди этих методов основным считают экспериментальный метод, так как в этом случае результаты оценки качества получаются наиболее надежными.

Известно, что достоверность экспериментального метода зависит от точности средств и количества измерений. Применительно к средствам измерений, прошедших государственную или ведомственную проверку, достоверность показателей зависит от количества измерений и способа их обработки. Зачастую количество отбираемых проб и методику обработки их задают в инструкциях и стандартах предприятий. Показатель качества можно принять с помощью среднего арифметического значения результатов измерений по общему числу отобранных проб.

Расчетный метод основан на использовании расчетных зависимостей для определения искомых показателей. Этот метод менее точный. Но он позволяет сократить время и трудоемкость по установлению показателей.

Комбинированный метод основан на экспериментальном определении одной из характеристик, по которой расчетным путем вычисляют искомый показатель. Данный метод также менее точный по сравнению с экспериментальным, так как в этом случае ошибка увеличивается за счет применения погрешности косвенного расчета.

Социологический метод базируется на определении результатов показателей, полученных на основе массового опроса, например анкетным способом, потребителей продукции. Полученные таким способом данные обрабатывают статистическим способом.

Экспертный метод основан на результатах анализа мнений высококвалифицированных специалистов-экспертов.

Существует мнение, что, при определении качества дорожно-строительной продукции, среди этих методов предпочтение следует отдавать экспериментальному, когда речь идет о таких технических показателях, как: плотность слоев, водонасыщение, морозостойкость, толщины слоев,

плотность грунта и т.п. Затем рекомендуется использовать комбинированный или расчетный метод. Из сказанного можно полагать, что экспертный и социологический методы стоят на последнем месте. В действительности это не всегда так. Так, например, определение таких показателей, как: эстетических, гигиенических, эргономических, соответствия дороги ее возможностям, и других, адекватных им, невозможно без использования экспертных методов. Однако, если рассматривать отдельные виды широкого спектра существующей продукции, то в ряде случаев качество продукции возможно определить только с помощью экспертных методов; например для продукции парфюмерии, в большинстве случаев пищевой продукции, одежды, обуви, когда на одно из первых мест качества продукции выходит дизайн и т.д.

для определения единичных (дифференциальных) показателей качества продукции необходимо знать базовые показатели. При сравнительных оценках за базовый показатель качества принимают исходный (эталонный показатель). Достоверность значений базового показателя РИБ существенно влияет на параметры статистического регулирования качества выпускаемой продукции. За базовые образцы может приниматься существующая выпускаемая продукция или перспективная продукция, планируемая к выпуску в ближайшее время.

Существует несколько эталонов базовых образцов продукции, достигнутых в настоящее время :

высший мировой;

средний мировой;

высший национальный;

средний национальный;

оптимальный уровень качества, экономически рациональный в настоящее время;

перспективный национальный или мировой уровень качества продукции;

эталон, базирующийся на существующих стандартах.

Первые четыре эталона, как правило, применяются с целью оценки качества продукции, которая будет выпускаться в перспективе. В то же время уровень качества в перспективе зачастую является эталоном для продукции, намечаемой к освоению в ближайшее время.

Считают, что базовый образец - это такой, который выражает четко выраженную представительность на общем фоне, но имеет аналогичный комплекс особенностей, присущих для этого вида продукции. В большинстве случаев за базовый образец принимают стандарты.

Применительно к дорожно-строительной продукции 1-го и 2-го классов оценку дают по базовым образцам, заложенным в СНиПе, инструкциях, указаниях или стандартах предприятий. Эти нормативные документы содержат допускаемые значения показателей качества, которые и представляют собой базовые показатели качества продукции.

Оценка качества проектной документации

Рассматриваемый метод основан на дефектном принципе. В самом начале условно проектно-сметная документация оценивается высшей оценкой, в соответствии с принятой шкалой, например, 5. Затем по мере дефектов в проектно-сметной документации, максимальный оценочный балл снижается.

Рассматриваемый метод основан на дефектном принципе. В самом начале условно проектно-сметная документация оценивается высшей оценкой, в соответствии с принятой шкалой, например, 5. Затем по мере дефектов в проектно-сметной документации, максимальный оценочный балл снижается.

Таким образом, оценку дают по зависимости 5.1

$$K_K = 5 - \sum_{i=1}^6 D_i, \quad (5.1)$$

$$K_v = 5 - 1,4 = 3,6$$

где D_i - коэффициент дефектности проекта; 5 - максимальный возможный оценочный балл.

Если в проекте практически отсутствуют дефекты, то ему дается наивысший балл.

Значение коэффициента $D_1 = 0,3 \dots 0,50$ назначается:

при недостаточно полном технико-экономическом обосновании строительства, реконструкции или капитального ремонта объекта,
при неглубоком анализе основных технико-экономических показателей,
при поверхностном обосновании срока окупаемости капиталовложений,
когда в проекте недостаточно обоснованы расчеты по исходным данным, но существенно не влияющие на конечный результат,
когда в проекте отсутствуют данные о сравнении технико-экономических показателей с удельными капиталовложениями или проектами-аналогами данного типа дорог, производственных и искусственных сооружений и др.

Значение коэффициента D2 = 0,2...0,4 назначается: при случае, когда не полностью учтены местные климатические, грунтовые и гидрогеологические условия, рельеф местности, местные дорожно-строительные материалы, когда имеет место недостаточная глубина проработки решений для сложных участков дороги, при условии, если ограничено количество рассмотренных вариантов дорожных одежд, что не позволяет судить о качестве покрытия, при условии, если ограничено количество рассмотренных вариантов трассирования дорог, что не позволяет определенно судить о качестве проекта, при условии, если ограничено количество рассмотренных вариантов устройства моста, что не позволяет всесторонне судить о качестве проекта.

Значение коэффициента D3 = 0,3...0,5 назначается при условии, если: недостаточно внедрены прогрессивные законченные научно-исследовательские и конструктивные разработки, не использованы прогрессивные рациональные конструкции земляного полотна, дорожных одежд, мостов, плохо или совсем не используются местные слабопрочные, слабодоустойчивые и морозоустойчивые материалы, которые могут быть применены после соответствующих химико-технологических преобразований или конструктивных решений, не внедряется прогрессивная технология строительства полотна, одежд, искусственных сооружений, не применяются изобретения и передовые достижения в строительстве дорог и сооружений.

Значение коэффициента D4 = 0,1...0,2 назначается при условии, если: не достаточно полно разработаны вопросы организации и производства работ по строительству объекта.

Значение коэффициента D5 = 0,1...0,2 назначается при низком качестве работ, когда: в проекте неполно разработаны вопросы охраны окружающей среды, эстетики и безопасности движения.

Значение коэффициента D6 = 0,1...0,2 назначается при низком качестве проекта в части: недоброкачественное оформление графического материала, недостаточная техническая грамотность и слабая редакция текста пояснительной записки, неряшливое выполнение чертежей.

Методически вопрос оценки качества проектно-сметной документации решается с помощью экспертной комиссии, которая устанавливает значения дефектов и параметра D_i . После чего по формуле (5.1) определяется комплексный показатель КК.

Комплексная оценка качества устанавливается по следующим критериям: КК. 4,6 - «отлично»; КК. = 3,6...4,6 - «хорошо»; КК. 3,6 - «удовлетворительно».

Для получения оценки «отлично», кроме КК. 4: необходимо уложиться в объемы и стоимости строительно-монтажных работ, установленные при согласовании проекта; необходимо, чтобы принятые в проекте решения не должны ухудшать технико-экономические показатели объекта по сравнению с аналогами; планируемые работы должны иметь реальные сроки их выполнения. Если проект дорабатывался дважды, то его оценка не может быть больше, чем «удовлетворительно». Причем нельзя считать за доработку, при условии: если на это требуется более 10 дней работы; возникновения существенных замечаний в процессе установления дефектов, перечисленных под шифром D5, даже при условии удовлетворительной оценки проекта в целом; установления неправильной категории дороги, мощности предприятия или сметной стоимости объекта; неправильного проведения инженерно-геологических изысканий и др.

$КК = 5 - 1,4 = 3,6$ (5.2)

Вывод: так как $КК = 3,6$, следовательно, оценка качества проектной документации - «хорошо».

Определение статистических характеристик для дифференциальных параметров

Определение статистических характеристик

Как правило, дифференциальные параметры качества не могут быть определены по одному или двум измерениям. Для более обоснованных характеристик параметров качества требуется выполнять большое количество измерений, позволяющих оценить статистические характеристики погрешности

Среднее арифметическое значение погрешности вычисляют по зависимости:

(6.1)

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \quad \bar{\varepsilon} = \frac{50}{25} = 2$$

Среднее квадратичное отклонение погрешности измерения параметра составит:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\varepsilon - \varepsilon_i)^2}{n-1}} \quad (6.2)$$

$$\sigma = \frac{225+10+0+4+0+6+1+6+9+225+144+25+4+4+1+6+3+25+49+64+81+4+1+25+1+1+49+36+0}{24} = 6,2$$

Если количество измерений не большое ($n < 20$), то стандарт можно определить по приближенной формуле:

$$\sigma = \frac{\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}}{b} \quad (6.3)$$

где b - коэффициент, принимаемый в зависимости от количества его измерений.

Зависимость параметра «b» от количества его измерений.

N	b	N	b	N	b	N	b	N	b
2	1,13	6	2,53	10	3,08	14	3,41	18	3,63
3	1,69	7	2,70	11	3,17	15	3,47	19	3,69
4	2,06	8	2,85	12	3,26	16	3,53	20	3,78
5	2,33	9	2,97	13	3,34	17	3,59		

Размах погрешности измерения:

$$R = \varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min} \quad (6.4)$$

Коэффициент однородности:

$$K_o = 1 - \frac{\sigma}{\varepsilon} t \quad (6.5)$$

$$K_o = 1 - \frac{6,2}{2} \cdot 1,96 = -5,07$$

Доверительный интервал

$$\mu = \bar{\varepsilon} \pm \frac{\sigma_o t}{\sqrt{n}}$$

(6.6)

$$\mu = 2 + \frac{6,2 * 1,96}{\sqrt{25}} = 4,43 \quad \mu = 2 - \frac{6,2 * 1,96}{\sqrt{25}} = -0,43$$

где σ - среднее значение среднеарифметического отклонения ; если имеется несколько рядов измерений; \max и \min - наибольшее и наименьшее значения погрешностей (отклонений измеряемого параметра); t -коэффициент, учитывающий вероятность, который определяется по следующей таблице:

Таблица. Зависимость коэффициента t от вероятности.

P(t)	0,90	0,95	0,988	0,9977
t	1,65	1,96	2,50	3,00

Значение доверительного интервала представляет собой интервал значений i , в который попадает истинное значение i с заданной вероятностью.

В то же время, доверительная вероятность представляет собой вероятность попадания на кривой распределения истинного значения, рассматриваемой величины, в доверительный интервал. Поэтому, чем меньше величина Δ , тем выше доверительная вероятность и однородность значений i , т.е. фактическое значение показателя ближе к проектной величине.

Абсолютное значение измеряемого параметра равно:

$$P_d = P + \epsilon + t\sigma. \quad (6.7)$$

Определение минимального количества измерений

Известно, что в условиях определения качества работ, достоверность полученных измерений исследуемого параметра тем выше, чем больше число выполненных измерений N . Однако при малом количестве измерений возникают сравнительно большие погрешности, а при большом - увеличивается трудоемкость работ. Поэтому требуется знать необходимое минимальное значение количества измерений, которое можно определить по зависимости:

$$N_{\min} = \frac{\sigma^2 t^2}{\Delta^2}, \quad (6.8)$$

$$N_{\min} = \frac{(6,2)^2 * (1,6)^2}{(0,15)^2} = 6560,4$$

где σ - коэффициент, характеризующий точность прибора и оборудования, применяемых для измерения. Применительно к рассматриваемым условиям значение этого параметра можно принять следующим образом:

- 1 мм - при измерении ровности рейкой-шаблоном или высотных отметок продольного профиля;
- 3 мм - при измерении линейного размера с помощью рулетки, например, ширины земляного полотна;
- 2 мм - при измерении размеров и глубины кюветов и канав;
- 5...10 см/км - при измерении ровности покрытий прибором толчкомером;
- 0,02 - для коэффициента сцепления;
- 25 кг/см² при измерении модуля упругости;
- 1% - для влажности грунта;
- 0,01...0,02 г/см³ - при измерении плотности грунта.

Таким образом, при определении значения N_{\min} в начале для определения исследуемого параметра выполняют 25...30 измерений, а затем определяют стандартное отклонение и снова определяют N_{\min} .

Раздел IV. Оценка качества дорожно- строительных работ

Тема 4.1. Оценка качества отдельных видов работ

Тема 4.2. Государственная система стандартизации Республики Беларусь

Тема 4.4. Основные понятия о сертификации

Операционный контроль, приемочный контроль, порядок приемки отдельных видов работ и оформления приёмочной документации.

Стандартизация - деятельность, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области посредством установления положений для всеобщего и многократного использования в отношении реально существующих или потенциальных задач.

Формирование Государственной системы стандартизации Республики Беларусь было начато в 1992 году с учетом опыта государственной стандартизации бывшего СССР и проходило в условиях переходного периода к рыночным отношениям, повышения самостоятельности предприятий, свободы выбора организационных форм и методов хозяйствования. Деятельность по стандартизации в Беларуси базируется на легитимной основе. Законодательную и нормативно-правовую основу проведения работ по стандартизации в Республике Беларусь составляют:

- ~ Законы Республики Беларусь "О стандартизации", "О защите прав потребителей";
- ~ стандарты Государственной системы стандартизации Республики Беларусь;
- ~ межгосударственное Соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации от 13 марта 1992 года;
- ~ основополагающие государственные стандарты и другие документы, в том числе документы межгосударственной системы стандартизации.

Принятая в Республике Беларусь система стандартизации была построена с учетом того, что в республике еще не получило развитие техническое законодательство, устанавливающее требования к группам продукции и услуг.

Политика в области стандартизации определяется органами государственного управления, которые также осуществляют надзор за выполнением требований стандартов.

Результатом деятельности стандартизации является принятие стандартов, применение которых носит добровольный характер. При этом обязательность применения стандартов определяется законодательными актами. К их числу относятся такие документы как технические регламенты, содержащие технические нормы и принимаемые органами государственного управления.

основным стратегическим направлениям развития стандартизации отнесены:

- ~ анализ потребностей в стандартах в различных секторах экономики;
- ~ определение приоритетных направлений;
- ~ приоритетное применение международных стандартов;
- ~ более эффективное удовлетворение потребителей;
- ~ расширение связей с ведущими промышленными предприятиями;
- ~ развитие стандартизации в сфере услуг;
- ~ расширение применения информационных технологий.

Цели развития стандартизации заключаются в следующем:

- ~ содействие ликвидации технических барьеров в торговле;
- ~ гармонизация методов и практики стандартизации с принятыми в мировом сообществе;
- ~ реализация скоординированной со странами СНГ политики по обеспечению разработки, принятия и применения межгосударственных стандартов.
- ~ переход на единые с Российской Федерацией стандарты;
- ~ обеспечение безопасности для жизни, здоровья и имущества людей, животных, растений, охраны окружающей среды;
- ~ создание условий для рационального использования всех видов ресурсов, соответствия объектов стандартизации своему назначению.

Основной задачей является создание системы технического нормирования и стандартизации, базирующейся на Соглашении Всемирной торговой организации по техническим барьерам в торговле.

Основные принципы стандартизации, обеспечивающие достижение установленных целей и задач ее развития в республике, определены с учетом принципов, провозглашенных международными и региональными организациями по стандартизации, а также национальными органами по стандартизации промышленно развитых стран.

Основные методы стандартизации.

Развитие стандартизации должно основываться на совершенствовании научно-методических основ стандартизации таких, как:

- ~ системный подход;
- ~ программно-целевой метод;
- ~ управление многообразием.

Системный подход является методологическим средством исследования взаимоувязанного множества объектов стандартизации на основании причинно-следственных отношений, обратных связей и целенаправленного развития.

Программно-целевой метод заключается в разработке и практической реализации комплексных целевых программ по наиболее важным научно-техническим, экономическим и социальным проблемам.

Управление многообразием представляет собой научно-технический метод отбора, регламентации и создания оптимальной номенклатуры продукции и процессов. Управление многообразием является наиболее эффективным методом стандартизации. Элементы этого метода - систематизация, селекция, сокращение, типизация, унификация и агрегатирование являются основой для проведения работ по стандартизации на предприятии.

Развитие работ предусматривается на следующих уровнях стандартизации:

- а) международном;
- б) региональном;
- в) национальном:
 - 1) государственном;
 - 2) отраслевом;
 - 3) предприятия.

К нормативным документам по стандартизации в зависимости от уровня стандартизации относятся документы следующих категорий:

- ~ на государственном уровне - государственные стандарты;
- ~ на отраслевом уровне - руководящие документы отраслей;
- ~ на уровне предприятий - технические условия, стандарты предприятий.

Приоритетные направления стандартизации.

Приоритетные направления стандартизации определяются необходимостью нормативного обеспечения безопасности и качества продукции, работ и услуг и их развитие должно базироваться на научном потенциале отраслей экономики республики.

Проводимые работы по стандартизации на государственном уровне должны быть направлены как на создание нормативного обеспечения для отраслей, в которых отсутствуют государственные стандарты, так и обновление нормативного обеспечения в тех отраслях, где стандартизация традиционно развита. В тоже время, необходимо учитывать приоритетные направления стандартизации, определенные международными и региональными организациями по стандартизации на основе достигнутого уровня развития науки и технологий, потребностей международного рынка. При этом основные усилия должны быть сконцентрированы на эффективном применении международных (региональных) стандартов, что позволит не заниматься разработкой новых документов и экономить материальные ресурсы.

СЕРТИФИКАЦИЯ История сертификации

Термин «сертификация» стал известен сравнительно недавно. Однако, сертификация как процедура применяется давно и термин «сертификат» известен с XIX в. Имеются сведения о том, что производители товаров издавна гарантировали качество своих изделий, в том числе письменно, т. е. снабжали их (по современной терминологии) «заявлениями о соответствии». Диапазон таких заявлений был весьма широк и он охватывал даже произ-

ведения искусства. Сохранились свидетельства о том, что знаменитые художники Возрождения гарантировали сохранность своих картин в течение 300 лет. И что самое интересное, такие гарантии в большинстве случаев оказались реальными.

Основные понятия сертификации

Сертификация в переводе с латыни означает «сделано верно». Для того чтобы убедиться, что продукт «сделан верно», надо знать, каким требованиям он должен соответствовать и каким образом возможно получить достоверные доказательства этого соответствия. Установление соответствия заданным требованиям сопряжено с испытанием.

Испытание - техническая операция, заключающаяся в определении одной или нескольких характеристик данной продукции в соответствии с установленной процедурой, по принятым правилам. Испытания осуществляются в испытательных лабораториях, причем это название употребляют по отношению как к юридическому, так и к техническому органу.

Систематическую проверку степени соответствия заданным требованиям принято называть оценкой соответствия. Более частным понятием оценки соответствия считают контроль, который рассматривают как оценку соответствия путем измерения конкретных характеристик продукта.

В оценке соответствия наиболее достоверными считаются результаты испытаний «третьей стороной».

Третья сторона – лицо или орган, признанные независимыми от участвующих сторон в рассматриваемом вопросе.

Участвующие стороны представляют, как правило, интересы поставщиков (первая сторона) и покупателей (вторая сторона).

С оценкой соответствия связаны проверка соответствия, надзор за соответствием, обеспечение соответствия.

Проверка соответствия – подтверждение соответствия продукции (процесса, услуги) установленным требованиям посредством изучения доказательств.

Применительно к продукции это может быть:

Заявление поставщика о соответствии, т.е. его письменная гарантия в том, что продукция соответствует заданным требованиям. Термин «заявление поставщика о соответствии» означает, что поставщик (изготовитель) под свою личную ответственность сообщает о том, что его продукция отвечает требованиям конкретного нормативного документа и является доказательством осознанной ответственности. Заявление изготовителя называют также заявлением-декларацией. Декларация о соответствии имеет юридическую силу наравне с сертификатом.

Сертификация – процедура, посредством которой третья сторона дает письменную гарантию, что продукция, процесс, услуга соответствуют заданным требованиям. Такое подтверждение соответствия является независимым и считается основным достоверным способом доказательства соответствия продукции заданным требованиям.

Надзор за соответствием – это повторная оценка с целью убедиться в том, что продукция (процесс, услуга) продолжает соответствовать установленным требованиям.

Процедуры, правила, испытания и другие действия, которые можно рассматривать как составляющие самого процесса сертификации, могут быть различными в зависимости от ряда факторов. Среди них законодательство, особенности объекта сертификации и др. Другими словами, доказательство соответствия производится по той или иной системе сертификации.

Система сертификации – совокупность участников сертификации, осуществляющих сертификацию по своим собственным правилам, касающихся как процедуры, так и управления.

Систему сертификации (в общем виде) составляют:

- центральный орган, который управляет системой, проводит надзор за ее деятельностью и может передавать право на проведение сертификации другим органам;
- правила и порядок проведения сертификации;
- нормативные документы, на соответствие которым осуществляется сертификация;
- процедуры (схемы) сертификации;
- порядок инспекционного контроля.

Системы сертификации формируются на национальном, региональном и международном уровнях.

Системы сертификации создаются специально уполномоченными на это органами исполнительной власти: Госстандартом, Минстройархитектуры, Министерством здравоохранения и др. Любая система сертификации использует стандарты, на соответствие требованиям которых проводятся испытания. Информация о соответствии стандартам необходима покупателю, конечному потребителю, инспектирующим и контролирующим органам, страховым компаниям, правительственным органам и др. для самых различных ситуаций, связанных с продуктом. В системах сертификации третьей стороной применяются два способа указания соответствия стандартам: сертификат соответствия и знак соответствия, которые и являются способами информирования всех заинтересованных сторон о сертифицированном товаре.

Сертификат соответствия - документ, выданный по правилам системы сертификации для подтверждения соответствия сертифицированной продукции установленным требованиям (конкретному стандарту или другому нормативному документу).

Знак соответствия – зарегистрированный в установленном порядке знак, которым по правилам данной системы сертификации подтверждается соответствие маркированной им продукции установленным требованиям.

К объектам сертификации относятся продукция, услуги, работы, системы качества, персонал, рабочие места и т. п.

В целях обеспечения безопасности товаров (работ и услуг) Закон «О защите прав потребителей» предусматривает сертификацию. Обязательная сертификация вводится именно этим законом. Сертификация подтверждает соответствие качества товара обязательным требованиям государственных стандартов.

Цели сертификации. Сертификация направлена на достижение следующих целей:

- 1) содействие потребителям в компетентном выборе продукции (услуги);
- 2) защита потребителя от недобросовестности изготовителя (продавца, исполнителя);
- 3) контроль безопасности продукции (услуги, работы) для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества;
- 4) подтверждение показателей качества продукции (услуги, работы), заявленных изготовителем (исполнителем);
- 5) создание условий для деятельности организаций и предпринимателей на едином товарном рынке, а также для участия в международном экономическом, научно-техническом сотрудничестве и международной торговле.

Схемы сертификации - определенная совокупность действий, официально принимаемая в качестве доказательства соответствия продукции заданным требованиям. Схемы сертификации продукции в качестве способов доказательства используют:

- испытание,
- проверку производства,
- инспекционный контроль,
- рассмотрение декларации о соответствии (с прилагаемыми документами).

Один или совокупность нескольких способов доказательства определяют содержание схемы. Критерии выбора схем: 1. производство продукции. 2. требования к качеству. В схемах сертификации могут быть использованы документальные доказательства соответствия, полученные заявителем вне рамок данной сертификации. Они могут служить основанием для сокращения объема проверок при сертификации. В зависимости от видов

сертифицируемой продукции могут использоваться следующие дополнительные документы: санитарно-эпидемиологическое заключение; сертификат качества земельного участка, выданного агрохимической службой; ветеринарное свидетельство; сертификаты (декларации о соответствии) поставщиков комплектующих изделий и материалов, тары, упаковочных материалов. При наличии у изготовителя сертификата на систему качества ему достаточно представить на конкретную продукцию декларацию о соответствии

Раздел V. Методы и средства оценки, технический контроль свойств строительных материалов и параметров технологических процессов

Тема 5.1. Строительные материалы для возведения и ремонта зданий, автомобильных дорог и сооружений дорожной инфраструктуры

Тема 5.2. Классификация свойств дорожных строительных материалов по группам

Тема 5.3. Средства и методы технических измерений свойств строительных материалов и параметров технологических процессов в дорожном строительстве.

Тема 5.4. Технический контроль в дорожном строительстве

Свойство как характеристика строительных материалов. *Качество* как совокупность свойств материала, обуславливающих его способность удовлетворять определённым требованиям в соответствии с его назначением в дорожном строительстве. Физические, химические и механические свойства строительных материалов. Гидрофизические и теплофизические характеристики, технологические и эксплуатационные свойства строительных материалов. Общие вопросы организации испытаний дорожных строительных материалов. Приборы, устройства, установки, приспособления, меры, лабораторное и другое измерительное оборудование для контроля свойств дорожных строительных материалов; характеристика используемой измерительной техники. Средства технического контроля. Классификация видов технического контроля по видам, по месту в производственном процессе, по признакам: объект контроля, этапы процесса производства, периодичность контроля и другие аналогичные признаки.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Для обеспечения высокого технического уровня современных автомобильных дорог, в соответствии с требованиями мировых стандартов, определяющее значение имеет качество выполнения дорожно-строительных и ремонтных работ.

Высокий технический уровень современных автомобильных дорог обеспечивается соответствующим качеством проектной документации (проектирования), качеством выполнения дорожно-строительных работ и качеством ремонтных мероприятий.

Технический уровень автомобильных дорог зависит от качества используемых материалов (как сырьевых, так и полученных в процессе переработки природного и техногенного сырья), от совершенства и эффективности технологических процессов в производстве и применения современных средств механизации и автоматизации.

Высокий уровень качества дорожно-строительной продукции реализуется в процессе последовательного выполнения требований технических условий, норм и правил, которые заложены в проектных решениях. Существенное влияние на обеспечение высокого качества продукции в

процессе производства оказывает квалификация, опыт, навыки и знания инженерно-технического персонала и рабочих.

Под качеством строительства понимается соответствие качества построенных автомобильных дорог и дорожных сооружений проектным решениям и нормативам. Качество является комплексной проблемой, зависящей от всех участников процесса строительства: от государственных органов, заказчиков, проектных и строительно-монтажных организаций, от заводов-изготовителей, от транспортных предприятий и организаций, участвующих в эксплуатации дорожно-строительных объектов и должно формироваться на всех стадиях дорожного строительства: от проектирования, производства (строительно-монтажные процессы) в процессе ввода в эксплуатацию после ввода объекта в эксплуатацию.

Качеством строительных работ во многом определяется стоимость строительства, данным фактором определяются, например такие критерии как износостойкость и долговечность объектов дорожного строительства. Как правило, упущения в качестве оборачиваются удорожанием строительства, более значительным расходам по эксплуатации объекта, ухудшению условий комфортности помещения, а также возможности различных аварийных ситуаций.

Контроль за качеством строительства должен быть оперативным и многоступенчатым, осуществляться строительными лабораториями, ИТР строительной организации, застройщиком, авторами проектной документации, специальными государственными контролирующими организациями. Кроме того, рабочими осуществляется общественный контроль при передаче конструкций в работу. Контроль качества строительных работ приводит к критериям соответствия качества дорожного сооружения и предполагает проверку требованиям проектным решениям, стандартам и техническим условиям, закрепленным законодательством по строительству

Мощным и эффективным средством обеспечения качества дорожно-строительной продукции является контроль качества строительных работ, измерения при контроле строительно-монтажных работ, а также испытания строительных конструкций, материалов и изделий. Технический контроль применяется для целенаправленного управления качеством, однако, существующие в настоящее время формы и методы испытаний и контроля в дорожном строительстве не обеспечивают во многих случаях необходимого воздействия на управление качеством материалов и технологических процессов. Часто применяемые методы в ответственных случаях позволяют получить лишь качественную информацию о той продукции, которая уже произведена и, соответственно, не поддается исправлению. Это приводит к сокращению долговечности дорожных сооружений.

Эффективность технического контроля в дорожном строительстве можно существенно увеличить, если в основу системы контроля качества заложить методы теории вероятностей и математической статистики. Система управления качеством дорожно-строительной продукции, разработанная на вероятностно-статистической основе, показала свою высокую эффективность в реальном дорожном производстве.

Сущность статистических методов контроля качества заключается в организации управления технологическими процессами дорожного строительства путём **проведения выборочных испытаний** материалов, технологических операций и изготавливаемой целевой продукции в процессе строительства автомобильной дороги. Результаты испытаний малых выборок дают основание своевременного вмешательства в ход технологического процесса. Управление технологическим процессом может осуществляться также косвенно, на основе выборочных испытаний готовой продукции. По результатам статистической обработки данных о качестве изготавливаемой продукции разрабатываются правила воздействия на технологический процесс. К ним относятся корректировка параметров технологического процесса устране-

ния систематических ошибок, выявление необходимости своевременного ремонта технологического оборудования, выявление и предупреждение о недостаточной квалификации технического и обслуживающего персонала и т.п.

Статистические методы могут быть применены в текущем и приёмочном контроле качества. Эффективность этих методов контроля можно существенно повысить. Перспективность применения статистических методов дополнительно заключается ещё и в том, что может быть установлена прямая и обратная связь между проектированием и изготовлением, а также между текущим и приёмочным контролем.

Статистические методы способствуют целенаправленному упорядочению показателей качества и данных, полученных при измерениях. При помощи полученных статистических параметров можно охватить и обработать большой массив данных и на их основе дать более объективную оценку дорожно-строительной продукции. Успешное использование статистических методов в первую очередь обуславливается также и тем, что сопоставление показателей качества с эксплуатационными показателями готовых дорожных сооружений (например, земляного полотна, дорожной одежды) дают возможность сделать заключение о пригодности и совместимости различных материалов, составов, смесей и различных методов строительства.

Применение статистических методов для контроля качества продукции дорожной отрасли в условиях всё возрастающих возможностей использования вычислительной техники и современных компьютерных технологий для проведения испытаний, технических измерений и обработки полученных данных открывают широкие перспективы повышения качества дорожного строительства.

Оценка качества железобетонных конструкций

При контроле качества проверяют: • соответствие формы и геометрических размеров (длины, ширины, высоты, прямолинейности плоскостей и рёбер, углов) требованиям технических условий; • соответствие лицевой поверхности требованиям технических условий (отсутствие трещин, раковин, сколов, наплывов, борозд, инородных пятен, выцветов); • размеры и правильность расположения отверстий, ниш, борозд, четвертей; • правильность расположения закладных деталей, электрических, санитарно-технических и других проводок. **Требования точности к качеству изготовления должны быть обеспечены метрологически.** В зависимости от вида зданий и сооружений отдельные требования, например, к качеству поверхности, могут быть по согласованию с заказчиком смягчены. Другие требования: прочность и жёсткость конструкций, класс бетона по прочности на сжатие, марка бетона по морозостойкости, соответствие армирования рабочим чертежам являются обязательными.

Контроль толщины защитного слоя и расположения арматуры

Толщину защитного слоя бетона измеряют электромагнитными приборами ИЗС-10Н, ИЗС-1, ИЗС-2, ИЗС-3, ИЗС-7, электромагнитными искателями арматуры ИА-4, ИА-15М. В заводских условиях контроль правильности армирования и толщины защитного слоя бетона проводят путём просвечивания ионизирующими излучателями и магнитными приборами (гамма-аппараты «бетон», РИД-21М, РИД-22, рентгеновские аппараты РУП-120-5-1 и др.). Для контроля выбирают места, наиболее полно характеризующие положения в опасных сечениях. При отсутствии приборов контроль качества осуществляют путём вскрытия арматуры. Борозды вырубают по всей ширине сечения. Контроль толщины конструкций В Московском НПО «Спектр» разработан прибор для оперативного измерения толщины бетонных и железобетонных конструкций

при одностороннем доступе. Работа прибора основана на принципе ультразвуковой эхоимпульсной локации. На встроенном дисплее в виде развёртки отображены формы применяемых эхосигналов и в цифровом виде - результаты измерений толщины конструкции или глубины залегания дефектов. Диапазон измеряемых толщин 70...400 мм. В приборе применены преобразователи новой конструкции. Проводится автоматическая калибровка по скорости звука и обработка сигналов по специальным алгоритмам с помощью встроенной ЭВМ. Автодемпфированные преобразователи позволили существенно ослабить влияние помех структурной реверберации и поверхностных волн на достоверность обнаружения доменных поверхностей и дефектов конструкций. Контроль натяжения арматуры В практике применяют механические, гравитационные и электромеханические способы натяжения арматуры. Усилие натяжения определяют по величине усилия поперечной оттяжки и по частоте собственных колебаний. Метод поперечной оттяжки заключается в определении усилия, необходимого для перемещения участка стержня на заданную величину. Применяют механические (ПРД-У) и электромеханические (ПНП) приборы. Контроль расположения арматуры Наиболее простой, но трудоёмкий метод - это вскрытие арматуры при пробивке в конструкции борозд, перпендикулярно направленной к рабочей арматуре. Ширина борозд до 3 см. Арматуру очищают от раствора и замеряют диаметр между витками, толщину защитного слоя, расстояние между соседними стержнями. Магнитный метод. Основан на изменении магнитного поля, образуемого магнитами, при приближении к арматуре. Приборы (измерители защитного слоя - ИЗО) состоят из корпуса и выносного преобразователя, создающего магнитное поле. Изменение поля регистрируется на табло прибора. Преобразователь устанавливают на поверхности конструкции и перемещают по ней, следя за стрелкой прибора. При появлении арматуры стрелка отклоняется от первоначального положения. Для построения тарировочной кривой изготавливают сетку и набор пластин из немагнитного материала толщиной от 5 до 60 мм. Поочередно устанавливают пластины разной толщины на стержень, кладут выносной трещинообразователь на пластины и снимают отчёты по прибору. По этим данным строят графики в координатах «косвенный показатель-толщина защитного слоя». Магнитный метод применяют для определения положения арматуры и толщины защитного слоя при относительно простых схемах армирования. Радиографический метод (ГОСТ 17625-83). Сущность метода заключается в следующем. Конструкцию подвергают радиационному излучению. Проникающая радиация при взаимодействии с материалом частично поглощается или рассеивается. С противоположной стороны конструкции от излучателя устанавливают кассету с рентгеновской плёнкой. Для повышения чёткости изображения между поверхностью конструкции и рентгеновской плёнкой устанавливают усиливающий свинцовый экран. В качестве источников излучения используют гамма-аппараты, рентгеновские аппараты и малогабаритные бетатроны. Контроль плотности и влажности. Радиоизотопный метод определения плотности (ГОСТ 17623-78) основан на тех же физических явлениях, что и радиографический, но степень ослабления потока гамма излучения регистрируется не на рентгеновской плёнке, а на гамма-плотномере. Поток гамма-излучения, пройдя через бетон, преобразуется в электрический сигнал, поступающий в отсчётное устройство. Регистрируется количество импульсов в секунду. Источник излучения и детектор располагают на одной поверхности (поверхностное распределение излучения) или на противоположных сторонах конструкции (сквозное прозвучивание). Плотность бетона определяют по градуировочной зависимости, прилагаемой к прибору. Дизелькометрический метод измерения влажности (ГОСТ 21718-76) основан на том, что проницаемость бетона зависит от влажности. Сопоставляют ёмкость конденсатора, в поле которого находится бетон или воздух. Приборы градуируют на кубиках с ребром 100 мм, изготовленных из того же бетона, что и контролируемая конструкция. Образцы увлажняют. Электронным вла-

гомером измеряют влажность из сопоставления массы увлажнённых и высушенных образцов. Строят градуировочную зависимость «показатель прибора - влажность бетона». Контроль качества изготовления металлических конструкций В зависимости от требований к сварным соединениям и категории их ответственности устанавливается определенная система организации контроля продукции на предприятии. В основу этой системы положена классификация видов технического контроля по отдельным признакам. По стадиям технологического процесса контроль разделяют на: • входной (предварительный); • операционный (текущий); • окончательный (готовой продукции). К входному контролю предъявляют основной и сварочный материалы (присадочную проволоку, флюсы, газы, электроды), полуфабрикаты и комплектующие. Под термином предварительный контроль понимают не только проверку материала, но и работоспособности сварочного оборудования и квалификации исполнителей работ. Операционному контролю подвергают технологические процессы по отдельным операциям маршрутной технологии после ее завершения или во время исполнения. По объему контролируемой продукции: • сплошной; • выборочный. Сплошной контроль выполняют для ответственных сварных конструкций. Выборочный - при контроле изделий крупносерийного и массового производства. По месту проведения контроля: • стационарный; • подвижный (скользящий). Стационарный контроль производится на специальном оборудованном контрольном пункте или в специальном помещении (например, рентгеноконтроль выполняют в изолированных боксах). Подвижный контроль производится непосредственно на рабочем месте (например, ультразвуковой контроль) По характеру контроля: • инспекционный; • летучий. Под инспекционным контролем понимают выборочный контроль продукции специальными лицами (инспекторами) для дополнительной проверки качества проконтролированной продукции. Летучий контроль выполняется с произвольной периодичностью, носит инспекционный характер и выполняется работниками ОТК. При этом контролируется соблюдение технологических процессов (контроль технологической дисциплины), например, последовательность выполнения швов, соблюдение правил хранения и условий транспортировки изделий на соответствие требованиям технической документации. При проверке соблюдения технологического процесса особое внимание уделяется рациональной организации рабочих мест, которая предполагает наличие необходимой технологической документации, оснастки и контрольно-измерительных приборов и инструмента и их состояния, соблюдения правил и норм техники безопасности, состояние рабочего места и соответствие его требованиям технологической документации. Такую проверку часто называют контролем производственной дисциплины. По цели контроля: • приемочный; • статистический. Приемочный контроль имеет отбраковочный характер и проводится с целью отделения годной продукции от брака. Статистический контроль используется в крупносерийном и массовом производстве в системе управления качеством продукции. Статистический контроль является средством профилактического воздействия на ход технологического процесса с целью его корректировки и исключения появления брака.

По возможности использования проконтролированной продукции:

- разрушающий; • неразрушающий.

Разрушающий контроль применяют для получения контролируемых количественных показателей продукции. В некоторых случаях контроль проводят с частичным нарушением целостности материала изделия, т.е. путем испытаний без разрушения изделия.

Неразрушающий контроль не оказывает влияния на целостность продукции и косвенно характеризует ее качество. По средствам контроля и получения информации: • визуальный; • ин-

струментальный. Визуальному контролю подвергают 100% изделий. Инструментальный контроль является более совершенным, т. к. осуществляется с помощью разнообразных технических средств контроля.

Технические средства контроля можно разделить на следующие группы: По характеру измерения контролируемого параметра: • контрольно-измерительные инструменты и приборы; • контрольно-сортирующие устройства. Контрольно-измерительные средства являются основными средствами контроля. Контрольно-сортирующие средства предназначены для сортировки объектов контроля по двум группам: годен, негоден; либо по нескольким группам, исходя, например, из геометрических размеров. По степени воздействия на ход технологического процесса: • средства пассивного контроля; • средства активного контроля. Средства пассивного контроля относятся к обычным контрольно-измерительным средствам, фиксирующим полученный результат или контрольно-сортирующим устройствам. Средства активного контроля встраиваются в технологическое оборудование и используются для непосредственного управления технологическими процессами. При достижении предельных значений контролируемых параметров эти устройства автоматически управляют режимом работы оборудования, обеспечивают заданную точность, и обладают значительно большей эффективностью предупреждения брака. По степени автоматизации: • ручные; • механизированные; • автоматические. Средства ручного контроля используют там, где применение механизированных автоматических контрольных устройств затруднено или практически невозможно. Эффективность использования автоматических контролирующих устройств обусловлено возможностью получения документа или протоколирования результатов контроля. При использовании механизированных средств контроля протоколирование результатов контроля осуществляет контролер.

Виды технического контроля качества продукции Своевременное предупреждение возможного нарушения требований к качеству является обязательной предпосылкой обеспечения заданного уровня качества продукции при минимальных затратах на ее производство. Эта задача решается на предприятиях с помощью технического контроля. Техническим контролем называется проверка соблюдения технических требований, предъявляемых к качеству продукции на всех стадиях ее изготовления, а также производственных условий и факторов, обеспечивающих требуемое качество.

Объектами технического контроля являются материалы и полуфабрикаты, поступающие на предприятие со стороны, продукция предприятия, как в готовом виде, так и на всех стадиях ее производства, технологические процессы, орудия труда, технологическая дисциплина и общая культура производства. Технический контроль призван обеспечивать выпуск продукции, соответствующей требованиям конструкторско-технологической документации, способствовать изготовлению продукции с наименьшими затратами времени и средств, предоставлять исходные данные и материалы, которые могут быть использованы в целях разработки мероприятий по повышению качества продукции и сокращению издержек.

По этапам производственного процесса различают следующие виды контроля:

- входной контроль, осуществляемый перед началом обработки с целью предупреждения дефектов и брака, обусловленного недоброкачеством поступающих материалов, полуфабрикатов и своевременного изъятия дефектных заготовок и изделий из производства;

- операционный контроль, проводимый в процессе обработки изделий с целью проверки качества выполнения операций, своевременного выявления и изъятия брака, устранения дефектов.. Этот контроль осуществляет исполнитель операции (рабочий, бригадир, испытатель) контролер, мастер ОТК (БЦК). В некоторых случаях операционный контроль может выполнять представитель заказчика;

- **приемочный контроль**, выполняемый по окончании процесса изготовления изделий, деталей, сборочных единиц с целью определения соответствия качества требованиям, установленным в нормативно-технической документации. Контролируются также упаковка, комплектность и др. Этому контролю подвергается вся продукция, законченная обработкой в данном цехе перед поступлением ее в следующий цех или непосредственно на склад.

Приемочный контроль предупреждает отправку недоброкачественной продукции потребителю. Он выполняется контролером, мастером ОТК, а в некоторых случаях – представителем заказчика. В зависимости от вида продукции при этом контроле возможно проведение соответствующих испытаний. По полноте охвата изготовленной продукции контролем выделяют: - сплошной контроль – проверка каждого изделия в изготовленной партии. Обычно такой контроль необходим при разнородности исходных материалов и заготовок и при неустойчивости технологического процесса.

Сплошной контроль часто осуществляется после операций, имеющих решающее значение для качества готовых изделий, однородность которых в производстве недостаточно обеспечена, при проверке наиболее дорогих изделий; - выборочный контроль, при котором контролируется лишь часть изготовленных изделий. Применяется при больших количествах одинаковых изделий и при устойчивом технологическом процессе. Выборочный контроль существенно снижает трудоемкость контроля при устойчивом технологическом процессе, при неустойчивом же процессе выборочный контроль будет приводить к выводу о необходимости сплошной сортировке засоренной браком партии продукции. По степени связи с объектами контроля во времени различают: - летучий контроль, выполняемый непосредственно на месте изготовления, ремонта, хранения продукции в случайные неопределенные моменты времени (внезапно) с целью своевременного выявления нарушения технических требований и дефектов продукции, а также предупреждения подобных нарушений. Его осуществляют только выборочно для малосистемных изделий и процессов; - непрерывный контроль для проверки технологических процессов в случаях их нестабильности и необходимости постоянного обеспечения определенных количественных характеристик. Осуществляется, как правило, автоматическими и полуавтоматическими средствами контроля; - периодический контроль, применяемый для проверки качества изделий и технологических процессов при установившемся производстве и стабильных технологических процессах.

По используемым средствам контроля различают: - измерительный контроль, применяемый для оценки значений контрольных параметров изделия: по точному значению (используются инструменты и приборы шкальные, стрелочные и т.п.) и по допустимому диапазону значений параметра (применяются шаблоны, калибры и т.п.); - регистрационный контроль, осуществляемый для оценки объекта контроля на основании результатов подсчета (регистрация определенных качественных признаков, событий, изделий); - контроль по контрольному образцу – сравнение признаков контролируемого изделия с признаками контролируемого образца.

Применяют при оценке контролируемых характеристик и параметров изделия, когда их измерение невозможно или экономически нецелесообразно; - органолептический контроль, осуществляемый посредством только органов чувств без определения численных значений контролируемого объекта; - визуальный контроль – вариант органолептического, осуществляется только органами зрения (глазной контроль).

Особый вид контроля – контроль инспекционный, который представляет собой повторную проверку продукции, уже принятой ОТК, или проверку соблюдения правил выполнения контроля. Такой контроль выполняется специальной комиссией, он может быть осуществлен в каждом цехе по распоряжению начальника ОТК завода. Инспекционный контроль дисциплинирует персонал, побуждает его внимательно относиться к своим обязанностям.

Совокупность видов, средств контроля, методов выполнения контрольных операций и исполнителей, взаимодействующих с объектом контроля, составляет систему контроля.

В системе управления качеством продукции статистические методы контроля являются наиболее прогрессивными. Они основаны на применении методов математической статистики к систематическому контролю за качеством продукции и состоянием технологического процесса с целью поддержания его устойчивости и обеспечения заданного уровня качества изготавливаемой продукции. Статистические методы контроля производства и качества продукции имеют ряд преимуществ перед другими методами: - являются профилактическими; - позволяют во многих случаях обосновано перейти к выборочному контролю и тем самым снизить трудоемкость контрольной работы; - создают условия для наглядного изображения динамики качества продукции и настроенности процесса, что позволяет своевременно принимать меры к предупреждению брака не только контролером и работником ОТК, но и персоналом цеха – рабочими, бригадирами, наладчиками, технологами.

Статистические методы управления качеством (ГОСТ 23853-79) включают: - выборочный статистический приемочный контроль качества готовой продукции; - статистический анализ точности технологических процессов; - текущий контроль с целью регулирования и поддержания процесса в состоянии, обеспечивающем заданные качественные параметры. Статистический приемочный контроль – это выборочный контроль качества продукции, при котором для обоснования плана контроля используются методы математической статистики. План контроля – это совокупность правил, по которым производится выборка из партий изготовленных изделий или деталей и на основании их качества делается заключение о качестве всей партии продукции. Методы статистического приемочного контроля применяются для входного контроля материалов, сырья и комплектующих изделий, при операционном контроле, при контроле готовой продукции. Часто сплошной контроль или разбраковка всех изделий невозможны в силу неэкономичности проверки больших партий продукции или неизбежного разрушения изделий при контроле (например, испытание электрических лампочек на долговечность). Сущность приемочного статистического контроля заключается в отборе и проверке выборки из предъявленной на контроль партии продукции. На основе оценки качества выбранных экземпляров делается заключение о качестве всей партии продукции. На практике используются методы однократной, двукратной выборки и последовательного анализа. При методе однократной выборки заключение о качестве продукции делается на основе контроля одной выборки. Он наиболее прост и удобен. Из партии продукции объема N отбирается выборка объемом n случайным образом. Качество каждого экземпляра продукции проверяется с помощью соответствующих тех-

нических средств контроля. Существуют две разновидности однократного статистического контроля: статистический приемочный контроль по количественному признаку и статистический приемочный контроль по альтернативному признаку. Решение о качестве партии продукции, определяемом при статистическом приемочном контроле по количественному признаку, принимают по следующему правилу: если количество дефектных экземпляров a , обнаруженных в выборке n , меньше или равно приемочному их числу c , данная партия продукции принимается. В случае, если $a > c$, партия N бракуется. Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку применяется в случае, когда приемка партии продукции при наличии дефектных изделий в выборке является недопустимой ($c=0$) по экономическим или иным соображениям. В этом случае используется правило: если в выборке не обнаружено ни одного дефектного изделия, партия N принимается; при наличии, хотя бы одного дефектного изделия партия бракуется. В зависимости от варианта браковки партия N возвращается поставщику или проводится сплошной контроль всех изделий в партии. Важнейшими параметрами однократного статистического приемочного контроля являются объем выборки n и приемочное число c . Эти параметры определяются с учетом требований, предъявляемых к качеству контролируемой продукции, а также риска поставщика и потребителя. Риск поставщика, как и риск потребителя, устанавливается в процентах (0,05% или 0,1%). Риск поставщика – вероятность забраковывания партий продукции, обладающей допустимым уровнем дефектности. И наоборот, риск потребителя – это вероятность приемки партии продукции, обладающей браковочным уровнем дефектности. Преимущество двукратного контроля партии изделий по сравнению с одноступенчатым заключается в том, что при прочих равных условиях проверке подвергается меньше изделий (на 20–30%). Последовательный контроль (последовательный анализ) не определяет заранее количество изделий, по которым будет сделан вывод о качестве продукции. Отбор образцов производится небольшими группами последовательно вплоть до получения убедительных результатов, по которым принимается решение. Многоступенчатый контроль и последовательный анализ требуют высокой квалификации контролера, поэтому, хотя и существуют специальные таблицы контроля, они не нашли достаточного распространения. Статистический приемочный контроль используется в условиях устойчивых технологических процессов в массовом и крупносерийном производстве. По сравнению со сплошным контролем он сокращает количество контролируемых объектов, однако трудоемкость каждой контрольной операции возрастает из-за использования измерительной аппаратуры (а не простых контрольных инструментов в виде скоб и калибров), определяющей значение контролируемого параметра. В условиях серийного и массового производства должны широко использоваться методы непрерывного контроля за ходом технологического процесса и статистического регулирования его качества. Усложнение оборудования и технологических систем, переход на безлюдную технологию предъявляет особые высокие требования к системе управления качеством технологического процесса. Нормальное функционирование автоматических линий и гибких переналаживаемых систем требует получения постоянной информации не только о контроле качества продукции на выходе системы, но и о работоспособности технологических систем, включающих оборудование, оснастку, инструмент, заготовку и исполнителя – рабочего, оператора или наладчика, поэтому трудоемкость контрольных операций в автоматическом и гибком автоматизированном производстве достигает 50% и более в общих трудовых затратах, связанных с изготовлением продукции. В связи с этим совершенствование существующих и создание новых систем управления качеством технологических процессов идет путем автоматизации контроля, использования новых средств контроля, в том числе акустических, магнитных, оптических, радиационных и др. Совершенствование системы управления качеством продукции должно создавать такие экономические и

организационные условия, которые стимулировали бы качественный, производительный труд, инициативу исполнителей. Плохая работа должна непосредственно сказываться на материальном вознаграждении, на служебном положении и на авторитете работника. Контроль качества бетонных и железобетонных конструкций. Качество бетонных и железобетонных конструкций определяется как совокупная характеристика качества используемых материальных элементов и соблюдения регламентирующих положений технологии на всех стадиях комплексного процесса. Для этого необходим контроль на следующих стадиях: - при приемке и хранении всех исходных материалов (цемента, песка, щебня, гравия, арматурной стали, лесоматериалов и др.); - при изготовлении и монтаже арматурных элементов и конструкций; - при изготовлении и установке элементов опалубки; - при подготовке основания и опалубки к укладке бетонной смеси; - при приготовлении и транспортировке бетонной смеси; - при укладке бетонной смеси; - при уходе за бетоном в процессе его твердения. На стадии приготовления бетонной смеси проверяют качество составляющих бетон материалов, арматуры и условий их хранения, точность дозирования материалов, продолжительность перемешивания, подвижность и плотность смеси, работу дозирующих устройств и бетоносмесительных установок. Качество бетонной смеси контролируется на всех стадиях - при изготовлении, транспортировании и укладке. При транспортировке бетонной смеси следят за тем, чтобы она не начала схватываться, не распадалась на составляющие, не теряла подвижности из-за потерь воды, цемента или схватывания. В процессе опалубливания контролируют правильность установки опалубки, креплений, а также плотность стыков в щитах и сопряжениях, взаимное положение опалубочных форм и арматуры (для получения заданной толщины защитного слоя). Правильность положения опалубки в пространстве проверяют привязкой к разбивочным осям и нивелировкой, а размеры - обычными измерениями. Допускаемые отклонения в положении и размерах опалубки приведены в СИиПе. В процессе армирования конструкций контроль осуществляется при приемке арматуры (наличие заводских марок и бирок, качество арматурной стали); при складировании и транспортировке (правильность складирования по маркам, сортам, размерам, сохранность при перевозках); при изготовлении арматурных элементов и конструкций (правильность формы и размеров, качество сварки, соблюдение технологии сварки). Перед укладкой бетонной смеси контролируют готовность конструкций и опалубки к бетонированию, чистоту рабочей поверхности опалубки и качество ее смазки. На месте укладки следует обращать внимание на высоту сбрасывания смеси, направление укладки бетонной смеси по высоте и поверхности конструкции, продолжительность вибрирования и равномерность уплотнения, не допуская расслоения смеси и образования раковин, пустот. Контролируется правильность ухода за бетоном, соблюдение сроков и последовательности распалубливания, частичного и полного загрузки конструкций, качества выполненных конструкций и принятия мер по устранению дефектов. Процесс виброуплотнения контролируют визуально, по степени осадки смеси, прекращению выхода из нее пузырьков воздуха и появлению цементного молока на поверхности. Окончательная оценка качества бетона может быть получена лишь на основании испытания его прочности на сжатие до разрушения образцов-кубиков, изготавливаемых из бетона одновременно с его укладкой и выдерживаемых в тех же условиях, в которых твердеет бетон бетонируемых блоков. Для испытания на сжатие готовят образцы в виде кубиков с шиной ребра 150 мм. Наряду со стандартными лабораторными методами оценки прочности бетона на образцах, применяют косвенные неразрушающие методы оценки прочности непосредственно в сооружениях. Такими методами, широко применяемыми в строительстве, являются механический, основанный на использовании зависимости между прочностью бетона на сжатие и его поверхностной твердостью, и ультразвуковой им-

пульсный, основанный на измерении скорости распространения в бетоне продольных ультразвуковых волн и степени их затухания.

При механическом методе контроля прочности бетона используют эталонный молоток Кашкарова. Для определения прочности бетона на сжатие молоток устанавливают шариком на бетон и слесарным молотком наносят удар по корпусу эталонного молотка. При этом шарик нижней частью вдавливаются в бетон, а верхней - в эталонный стальной стержень, оставляя и на бетоне и на стержне отпечатки. После измерения диаметров этих отпечатков находят их отношения и при помощи тарировочных кривых определяют прочность поверхностных слоев бетона на сжатие. При ультразвуковом импульсном методе используют специальные ультразвуковые приборы, с помощью которых определяют скорость прохождения ультразвука через бетон конструкции. По градуировочным кривым скорости прохождения ультразвука и прочности бетона при сжатии определяют прочность бетона при сжатии в конструкции. В зимних условиях помимо общих изложенных выше требований осуществляют дополнительный контроль. • В процессе приготовления бетонной смеси контролируют не реже чем через каждые 2 ч: отсутствие льда, снега и смерзшихся комьев в неотогреваемых заполнителях, подаваемых в бетоносмеситель, при приготовлении бетонной смеси с противоморозными добавками; температуру воды и заполнителей перед загрузкой в бетоносмеситель; • концентрацию раствора солей; • температуру смеси на выходе из бетоносмесителя. При транспортировании бетонной смеси один раз в смену проверяют выполнение мероприятий по укрытию, утеплению и обогреву транспортной и приемной тары. При предварительном электронагреве смеси перед укладкой ее в конструкцию контролируют температуру каждой разогреваемой порции. Перед укладкой бетонной смеси проверяют отсутствие снега и наледи на поверхности основания, стыкуемых элементов, арматуры и опалубки, следят за соответствием теплоизоляции опалубки требованиям технологической карты. При укладке смеси контролируют ее температуру во время выгрузки из транспортных средств и температуру уложенной бетонной смеси. Проверяют соответствие гидроизоляции и теплоизоляции неопалубленных поверхностей требованиям технологических карт. Но более важными представляются обязательно контролируемые параметры и условия: температура бетонной смеси при укладке в опалубку и средняя температура в период выдерживания, время остывания бетонной смеси до 0 °С. Результаты контроля качества бетонных и железобетонных работ заносят в соответствующие акты, журналы, паспорта конструкций по форме, установленной для данного строительства. Приемку бетонных конструкций производят лишь после приобретения бетоном проектной прочности, определяемой испытанием опытных образцов, и до производства затирки бетонных поверхностей. При приемке необходимо проверять качество конструкции, наличие и правильность установки закладных деталей, разбивки отверстий, проемов и каналов, убедиться в том, что отклонения в размерах конструкции не превышают допустимые. На все операции по контролю качества выполнения технологических процессов и качества материалов составляют акты проверок (испытаний), которые предъявляют комиссии, принимающей объект. В ходе производства работ оформляют актами приемку основания, блока перед укладкой бетонной смеси и заполняют журналы работ контроля температур по установленной форме.

ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Перечень тем практических занятий

1. Оценка точности результатов измерений при определении свойств дорожно-строительных материалов.
2. Структура средств измерений свойств дорожно-строительных материалов.
3. Средства и методы измерений общего назначения. Инструменты для измерения линейных размеров в дорожном строительстве.
4. Исследование неопределенности измерительной информации.
5. Поверка технологического и испытательного оборудования, свойств дорожно-строительных материалов при производстве дорожно-строительных работ и материалов.
6. Определение необходимого числа испытаний при контроле качества дорожно-строительной продукции.
7. Оценка качества дорожно-строительных материалов и изделий и представляемая документация.
8. Оценка качества строительно-монтажных работ и представляемая документация.
9. Оценка качества конструктивных слоев дорожной одежды и представляемая документация.
10. Порядок приемки в эксплуатацию законченных объектов дорожного строительства и ремонта и оформляемая при этом документация.
11. Оценка точности результатов измерений при определении свойств дорожно-строительных материалов.
12. Структура средств измерений свойств дорожно-строительных материалов.
13. Средства и методы измерений общего назначения. Инструменты для измерения линейных размеров в дорожном строительстве.
14. Исследование неопределенности измерительной информации.
15. Поверка технологического и испытательного оборудования, свойств дорожно-строительных материалов при производстве дорожно-строительных работ и материалов.
16. Определение необходимого числа испытаний при контроле качества дорожно-строительной продукции.
17. Оценка качества дорожно-строительных материалов и изделий и представляемая документация.
18. Оценка качества строительно-монтажных работ и представляемая документация.
19. Оценка качества конструктивных слоев дорожной одежды и представляемая документация.
20. Порядок приемки в эксплуатацию законченных объектов дорожного строительства и ремонта и оформляемая при этом документация.

Рекомендуемые названия практических работ

Структура средств измерений

Виды и методы измерений

Исследование неопределенности измерительной информации

Функциональный анализ методик выполнения измерений

Экспериментальные методы выявления и оценки погрешностей

Основные метрологические характеристики средств измерений

технический контроль качества при приёмке работ

Определение минимального количества измерений

Методические указания по подготовке и проведению и оформлению практических занятий на примере практической работы *ВИДЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ*.

Цели и задачи работы

Цель работы: изучение видов и методов измерений физических величин.

Задачи:

1. Выполнить прямые и косвенные измерения заданных физических величин с использованием метода непосредственной оценки и разных вариантов метода сравнения с мерой.
2. Проанализировать проведенные измерения. Классифицировать использованные виды и методы измерений и зафиксировать результаты измерений и их анализа.

Материальное обеспечение работы

Объекты измерений: детали типа тел вращения, призм, резисторы, источники постоянного тока, др.

Измеряемые параметры: линейные размеры, объем, масса, сила, электрическое сопротивление, напряжение, сила тока, температура.

Средства измерений:

Меры длины, угла, объема и массы (линейка измерительная, набор плоскопараллельных концов мер длины, транспортир, сосуды измерительные, набор разновесов).

Накладные и станковые приборы для измерений длины (штангенциркуль, микрометр гладкий, микрометр рычажный или скоба рычажная, измерительные головки со штативом или стойкой и др.).

Весы для измерения массы взвешиванием, динамометр.

Мультиметр (авометр) для измерений электрических величин.

Термометр или другое средство измерения температуры.

Средства измерения времени (секундомер, часы, часы-будильник и др.).

Порядок выполнения работы

Задание

1. Измерить (определить) плотность материала призматической и/или цилиндрической детали.
 - 1.1. Измерить размеры призматической детали (длину l , ширину b , высоту h) пластины и (или) длину и диаметр цилиндрической детали (l, d).
 - 1.2. Измерить (определить) площади поверхностей и объем V детали.
 - 1.3. Измерить массу M детали.
 - Рассчитать плотность ρ материала детали.
 2. Измерить электрическое сопротивление резистора R .
 3. Измерить электрическое напряжение U , силу тока I источника постоянного тока.
- При необходимости измерить другие физические величины (температуру, силу, скорость...).
4. Проанализировать использованные методики измерений и оформить результаты работы.

Выполнение измерений

Каждая из предложенных физических величин может быть измерена с использованием одной или нескольких отличающихся методик выполнения измерений (МВИ). Различия могут заключаться в применении разных средств измерений и/или разных методов и видов измерений. Например, измерение объема детали можно выполнить как прямое (по вытесняемому объему жидкости в измерительном сосуде), либо как косвенное (измерение линейных величин и расчет с использованием известных геометрических зависимостей). Для прямых измерений можно использовать методы сравнения с мерой либо непосредственной оценки.

При прямых измерениях с использованием одной МВИ допускается выполнение многократных измерений (измерений с многократными наблюдениями) с фиксацией всех результатов. При многократных измерениях следует обратить внимание на необходимость повторных наблюдений **одной и той же** физической величины, например, толщину пластины или диаметр цилиндра следует измерять **в одном** выбранном сечении. Как правило, в данной работе осуществляют не более пяти наблюдений, причем для расчетов результата косвенного измерения используют среднее арифметическое значение результатов прямых измерений.

Оформление работы и анализ результатов

Результаты работы оформляют с использованием таблиц (рекомендуемые формы таблиц 2.1...2.4 даны с примерами заполнения), схем (примеры оформления на рисунке 2.1) и текстовых описаний. При отсутствии данных в клетке таблицы ставят прочерк, а при отсутствии оцениваемого элемента записывают «нет», «отсутствует» и т.д. При необходимости приводят схемы измерений, а для идентификации измеряемой физической величины – эскиз объекта с указанием контрольных точек (контрольных сечений).

Результаты измерений в отчете приводят **без описания погрешностей**, указывая все значащие цифры, получаемые при отсчете, например:

$b = 43,20$ мм (измерение штангенциркулем с ценой деления нониуса 0,05 мм);

$b = 0,08$ мм (снятие отсчета с показывающего устройства индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм при округлении до целого деления) или $b = 0,082$ мм (при снятии отсчета с интерполированием доли деления на глаз).

Среднее значение, полученное расчетом, округляют, причем оставляют цифру младшего разряда, соответствующую наименьшему разряду результата прямых измерений или на разряд меньше. Результаты косвенных измерений округляют, оставляя цифру, соответствующую наименьшему разряду входящих в расчетную формулу результатов прямых измерений или на

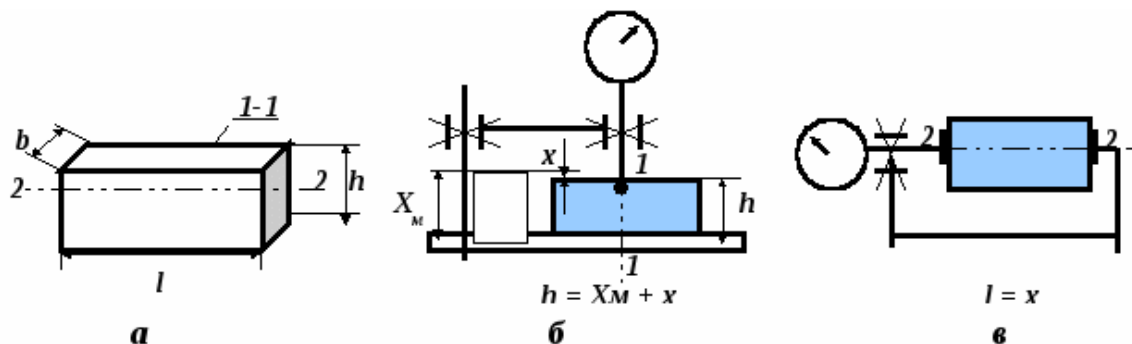


Рисунок 2.1 – Эскиз объекта измерений и схемы измерений:

- а** – измеряемая деталь (прямоугольный параллелепипед) с указанием контрольных сечений;
- б** – измерение высоты h детали в сечении **1-1** измерительной головкой (указывается тип) на стойке (указывается тип) с настройкой по концевым мерам длины кл. 3; **в** – измерение длины l детали в сечении **2-2** индикаторной скобой

разряд меньше.

h

Таблица 2.1 – Результаты прямых измерений

Средство измерений, измеряемый параметр, ница ФВ	Результаты измерений параметра					
	1	2	3	4	5	Среднее

1.1 Штангенциркуль, ширина детали b , мм	2,2	2,1	2,3	–	–	2,2
.....
.....
1.4 Омметр, сопротивление резистора R , Ом	125	125	–	–	–	125
.....
.....

Таблица 2.2 – Результаты косвенных измерений

Измеряемая (рассчитываемая) величина ФВ	Расчетная зависимость	Обозначения величин и результаты прямых измерений*, единицы				Значение измеренной величины ФВ, единицы
		<i>b</i>	<i>h</i>	<i>l</i>	<i>R</i>	
2.1 Площадь торца детали	$S = b \cdot h$	<i>b</i> = 2,2 мм	<i>h</i> = 8,6 мм	–	–	18,9 мм ²
2.2 Объем детали	$V = b \cdot h \cdot l$	<i>b</i> = 2,2 мм	<i>h</i> = 8,6 мм	<i>l</i> = 25,2 мм	–	476,78 мм ³
2.3 Плотность материала	$\rho = M/V$

*Результаты прямых измерений величин с многократными наблюдениями ($n \leq 5$) представлены средними значениями из таблицы 2.1 с использованием тех же обозначений величин.

Таблица 2.3 – Характеристики видов измерений

Измеряемые параметры и средства измерений (№№ из таблиц 2.1 и 2.2)	Виды измерений				
	по видам Ф	прямые/ косвенные	совоку совмес	абс/ отн	однократн/ многократн
1.1 Ширина детали b , штангенциркуль	линейные	прямые	нет	абс	многократные
1.4 Сопротивление резистора R , омметр	электрические	прямые	нет	абс	многократные
.....
2.1 Площадь торца призматической детали	геометрические	косвенные	совоку	нет	с прямыми многократными

Таблица 2.4 – Характеристики методов прямых измерений

Измеряемые параметры и средства измерений (№№ из таблицы 2.1)	Метод измерений
1.1 Ширина детали b , штангенциркуль	Метод непосредственной оценки, контактный
.....
1.X Диаметр детали d , скоба рычажная	Метод сравнения с мерой, дифференциальный, реальный как метод замещения, контактный

Общие положения

Измерение физической величины – совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины.

Здесь и далее курсивом выделены определения из РМГ 29 – 99 «Государственная система обеспечения единства измерений. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Метрология. Основные термины и определения».

Измерительное преобразование всегда осуществляется с использованием определенного физического закона или эффекта, который рассматривают как принцип измерения. **Принцип измерений** – физическое явление или эффект, положенное в основу измерений. Например, при измерении температуры с помощью термометра используют термоэлектрический эффект, измерение массы взвешиванием на пружинных весах основано на принципе пропорциональной деформации упругого элемента под действием приложенной нагрузки. Поскольку принципы измерений связаны с измерительными преобразованиями, то можно говорить о средствах измерений, построенных на механических, оптических, электрических, магнитных и других (в том числе комбинированных) принципах преобразования измерительной информации.

Область измерений – совокупность измерений физических величин, свойственных какой-либо области науки или техники и выделяющихся своей спецификой. В соответствии с определением можно выделить ряд областей, например, измерения механические, электрические, магнитные, акустические, измерения ионизирующих излучений и др.

Вид измерений – часть области измерений, имеющая свои особенности и отличающаяся однородностью измеряемых величин. Так измерения электрического сопротивления или напряжения относятся к области электрических измерений. **Подвид измерений** – часть вида измерений, выделяющаяся особенностями измерений однородной величины (по диапазону, по размеру величины и др.). Примеры подвидов измерений длины: измерения больших длин, имеющих порядок десятков, сотен, тысяч километров.

Более широкая трактовка видов измерений позволяет отнести к ним измерения, характеризующиеся следующими альтернативными парами терминов:

- *прямые и косвенные измерения,*
- *совокупные и совместные измерения,*
- *абсолютные и относительные измерения,*
- *однократные и многократные измерения,*
- *статические и динамические измерения,*
- *равноточные и неравноточные измерения.*

Прямые и косвенные измерения различают в зависимости от способа получения результата измерений. **Прямое измерение** – измерение, при котором искомое значение физической величины получают непосредственно. Примеры: измерение длины детали штангенциркулем, измерение силы электрического тока амперметром. Поскольку при прямых измерениях искомое значение величины определяют непосредственно по устройству отображения измерительной информации применяемого средства измерений, формально (без учета погрешности) они могут быть описаны выражением

$$Q = x, \quad (2.1)$$

где Q – измеряемая величина,

x – результат измерения.

Косвенное измерение – определение искомого значения физической величины на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной. При косвенных измерениях значение измеряемой величины рассчитывают на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям. Формальная запись такого измерения

$$Q = F(x, y, z, \dots), \quad (2.2)$$

где x, y, z, \dots – результаты прямых измерений.

Принципиальной особенностью косвенных измерений является необходимость обработки (преобразования) результатов **вне прибора** (на бумаге, с помощью калькулятора или компьютера), в противоположность прямым измерениям, при которых прибор выдает готовый результат. Классические примеры косвенных измерений – нахождение по измеренным длинам сторон прямоугольного треугольника значений его углов и площади. Один из часто встречающихся случаев косвенных измерений – определение плотности материала твердого тела. Например, плотность ρ тела цилиндрической формы определяют по результатам прямых измерений массы m , высоты h и диаметра цилиндра d , связанных с плотностью уравнением

$$\rho = 4m/\pi d^2 h.$$

Прямые и косвенные измерения характеризуют измерения некоторой конкретной одиночной физической величины. Измерение любого **множества** физических величин классифицируется в соответствии с однородностью (или неоднородностью) измеряемых величин. На этом и построено различие совокупных и совместных измерений.

Совокупные измерения – проводимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомые значения величин определяют путем решения системы уравнений, получаемых при измерениях этих величин в различных сочетаниях. Пример – определение значений массы отдельных гирь набора по известному значению массы одной из гирь и по результатам измерений (сравнений) масс различных сочетаний гирь. Вторая часть определения, подкрепленная примером, фактически выходит за рамки собственно измерений и относится к задаче исследований точности мер. Если ограничиться первой частью определения, то к совокупным можно отнести, например, измерения ряда геометрических параметров деталей (длин L_1, L_2, L_3, \dots) на специальных измерительных установках.

Совместные измерения – проводимые одновременно измерения двух или нескольких неоднородных величин для определения зависимости между ними. Пример: одновременные измерения длин и температур для нахождения температурного коэффициента линейного расширения. По аналогии с предыдущим определением в более узкой трактовке совместные измерения подразумевают измерение нескольких неоднородных величин (X, Y, Z и т.д.). Пример таких измерений – комплексные измерения электрических, силовых и термодинамических параметров электродвигателя, а также измерения параметров движения и состояния транспортного средства (скорость, температура двигателя, запас горючего и др.).

Для отображения результатов, получаемых при измерениях, могут быть использованы разные оценочные шкалы, в том числе градуированные в единицах измеряемой физической величины, либо в некоторых относительных единицах, в том числе и в неименованных. В соответствии с этим принято различать **абсолютные и относительные** измерения.

Абсолютное измерение – измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант.

Примечание. Понятие «абсолютное измерение» применяется как противоположное понятию «относительное измерение» и рассматривается как измерение величины в ее единицах.

Относительное измерение – измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерение изменения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную. Пример – измерение активности радионуклида в источнике по отношению к активности радионуклида в однотипном источнике, аттестованном в качестве эталонной меры активности.

По числу повторных измерений одной и той же величины различают **однократные и многократные** измерения.

Однократное измерение – измерение, выполненное один раз.

Многократное измерение – измерение физической величины одного и того же размера, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом измерений, т.е. состоящее из ряда однократных измерений.

Фактически многократные измерения («измерения с многократными наблюдениями») проводят для страховки от грубых погрешностей или для последующей математической обработки результатов (расчет средних значений, статистическая оценка отклонений и др.). В зависимости от поставленной цели число наблюдений при многократных измерениях может колебаться в широких пределах (от двух до ста и более наблюдений).

Статическое измерение – измерение физической величины, принимаемой в соответствии с конкретной измерительной задачей за неизменную на протяжении времени измерения. **Динамическое измерение** – измерение изменяющейся по размеру физической величины.

Широко используются также понятия измерений в статическом и динамическом режимах. При измерении в **динамическом режиме** запаздывание преобразования входного сигнала измерительной информации, поступающего от объекта измерения, может привести к появлению дополнительных динамических погрешностей. При измерении в **статическом** (или квазистатическом) **режиме** скорость преобразования сигнала в измерительной цепи настолько высока (например, по отношению к скорости изменения входного сигнала), что результаты фиксируются без динамических искажений.

По реализованной точности и по степени рассеяния результатов при многократном повторении измерений одной и той же величины различают равноточные и неравноточные, а также равно-рассеянные и неравно-рассеянные измерения.

Равноточные измерения – ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности средствами измерений в одних и тех же условиях с одинаковой тщательностью. **Неравноточные измерения** – ряд измерений какой-либо величины, выполненных различающимися по точности средствами измерений и (или) в разных условиях. Кроме того, измерения в двух сериях могут быть **равнорассеянными** или **неравнорассеянными**.

Фактически оценки равноточности и равнорассеянности результатов измерений зависят от выбранных критериев расхождения мер точности или оценок рассеяния. **Равноточными** называют серии измерений 1 и 2, для которых однотипные оценки погрешностей (например, Δ_i) можно считать практически одинаковыми

$$(\Delta_1 \approx \Delta_2),$$

а к **неравноточным** относят измерения с различающимися погрешностями

$$(\Delta_1 \neq \Delta_2).$$

Измерения в двух сериях в зависимости от совпадения или различия однотипных оценок случайных составляющих погрешностей измерений сравниваемых серий 1 и 2 считаются **равнорассеянными** ($\Delta_1 \approx \Delta_2$), или при $\Delta_1 \neq \Delta_2$ **неравнорассеянными**.

Допустимые расхождения оценок устанавливают в зависимости от задачи измерения.

В зависимости от планируемой точности измерения делят на **технические** и **метрологические**. Общность строго метрологического подхода к этим видам измерений состоит в том, что при любых измерениях **определяют значения реализуемых погрешностей** (например, используя оценки σ , или Δ), без чего невозможна оценка достоверности результатов.

К техническим следует относить те измерения, которые выполняют с **заранее установленной точностью**. Погрешность технического измерения Δ не должна превышать заранее заданного допустимого значения $[\Delta]$:

$$\Delta \leq [\Delta]. \quad (2.3)$$

При разработке и воспроизведении единиц с помощью эталонов, при выполнении некоторых исследований измерения выполняют с максимально достижимой точностью. Такие измерения с минимальной погрешностью Δ (при имеющихся ограничениях) называют **метрологическими** и формально описывают выражением

$$\Delta \rightarrow 0.$$

В тех случаях, когда цель измерений состоит в приблизительной оценке неизвестной физической величины, а точность результата не имеет принципиального значения прибегают к **ориентировочным измерениям**, погрешность которых может колебаться в достаточно широких пределах. В этом случае за допустимую погрешность $[\Delta]$ принимают значение погрешности Δ , реализуемой в процессе измерений,

$$[\Delta] = \Delta.$$

Метод измерений – прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений. Метод измерений обычно обусловлен устройством средств измерений.

В соответствии с определением можно акцентировать принципы («фотоэлектрический метод угловых измерений»), средства («метод измерения длины лазерным интерферометром»), приемы использования средств измерений («метод полного уравнивания», «контактный метод»). Слишком широкий набор оснований классификации делает несопоставимыми описания измерений, относящиеся к разным классификационным группам.

Более узкими являются приведенные в нормативном документе частные понятия методов, которые определяют разновидности методов измерений, хотя не покрывают всех возможных вариантов. В частности НД содержит определения терминов: метод непосредственной оценки; метод сравнения с мерой; нулевой метод; дифференциальный метод; метод измерений замещением; метод измерений дополнением; контактный метод измерений; бесконтактный метод измерений.

Анализ классификации методов измерений в узком смысле позволяет выяснить основные признаки, определяющие различия между методом **непосредственной оценки** и методом **сравнения с мерой**. Принципиальные различия заключаются в том, что метод сравнения с мерой предусматривает обязательное использование **овеществленной меры**, а метод непосредственной оценки реализуют с помощью приборов без дополнительного применения мер в явном виде. Меры (концевые меры длины, гири,...), которые воспроизводят с определенной точностью

физическую величину выбранного размера, применяют для того, чтобы уменьшить осуществляемое прибором измерительное преобразование.

Метод непосредственной оценки – метод измерений, при котором значение величины определяют непосредственно по показывающему средству измерений.

Суть метода непосредственной оценки, как любого метода измерения состоит в сравнении измеряемой величины с мерой, принятой за единицу, но в этом случае мера «заложена» в измерительный прибор **опосредованно**. Прибор осуществляет преобразование входного сигнала измерительной информации, соответствующего **всей** измеряемой величине, после чего и происходит оценка ее значения.

Формальное выражение для описания метода непосредственной оценки может быть представлено в следующей форме:

$$Q = x, (2.4)$$

где Q – измеряемая величина,

x – показания средства измерения.

Метод сравнения с мерой – метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

Примерами этого метода являются измерение массы на рычажных весах с использованием гирь (мер массы), измерение напряжения постоянного тока прибором-компаратором, путем сравнения с известной ЭДС нормального элемента. Формально метод сравнения с мерой может быть описан следующим выражением:

$$Q = x + X_m, (2.5)$$

где Q – измеряемая величина,

x – показания средства измерения.

X_m – величина, воспроизводимая мерой.

Разновидностями метода сравнения с мерой являются:

- **дифференциальный и нулевой методы измерений,**
- **метод совпадений,**
- **метод измерений замещением и метод противопоставления,**
- **метод измерений дополнением.**

Отличия между дифференциальным и нулевыми методами заключаются в степени приближения размера, воспроизводимого мерой, к измеряемой величине.

Нулевой метод измерений – метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор сравнения доводят до нуля ($x \approx 0$ в выражении (2.5), из чего следует, что $Q \approx X_m$). Пример – измерение массы взвешиванием на равноплечих рычажных весах с полным уравновешиванием чашек.

Дифференциальный метод измерений – метод измерений, при котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, и при котором измеряется разность между этими двумя величинами. Пример – измерение длины детали на станковом приборе с измерительной головкой при настройке по блоку концевых мер.

Дифференциальный метод характерен тем, что на измерительный прибор воздействует значимая разность измеряемой величины и известной величины, воспроизводимой мерой, что формально соответствует показаниям прибора, отличным от нуля или $x \neq 0$ в выражении (2.5).

Метод совпадений – метод сравнения с мерой, в котором значение измеряемой величины оценивают, используя совпадение ее с величиной, воспроизводимой мерой (т.е. с фиксированной отметкой на шкале физической величины). Определение отсутствует в РМГ 29, но метод часто встречается в метрологической литературе. Для оценки совпадения используют прибор сравнения (компаратор) или органолептику, фиксируя появление определенного физического эффекта (стробоскопический эффект, совпадение резонансных частот, другие эффекты).

В зависимости от одновременности или неодновременности воздействия на прибор сравнения объекта измерения и меры различают **метод измерений замещением** и **метод противопоставления**.

Метод измерений замещением (метод замещения) метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины. Пример – взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашку весов (метод Борда).

В другой интерпретации рассматривают альтернативную пару: методы **замещения** и **противопоставления**. В таком случае метод замещения – метод сравнения с мерой, в котором известную величину, воспроизводимую мерой, после настройки прибора замещают измеряемой величиной, то есть эти величины воздействуют на прибор **последовательно**. Пример реализации такого метода – измерение длины станковым прибором при настройке по блоку концевых мер.

Метод противопоставления – метод сравнения с мерой, в котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, **одновременно** воздействуют на прибор сравнения, с помощью которого устанавливается соотношение между этими величинами (и это определение отсутствует в РМГ 29). Такой метод реализуется при измерении массы на рычажных весах с использованием гирь.

Метод измерений дополнением (метод дополнения) – метод сравнения с мерой, в котором значение измеряемой величины дополняется мерой этой же величины с таким расчетом, чтобы на прибор сравнения воздействовала их сумма, равная заранее заданному значению. Метод дополнения может быть реализован как при замещении, так и при противопоставлении измеряемой величины и меры. Пример применения такого метода – взвешивание на двухчашечных

весах, при котором на чашку с измеряемым грузом помещают «дополнительные» меры массы для того, чтобы уравновесить перевешивающую чашку с «избыточной» массой гирь.

Контактный метод измерений – метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерения. Примеры: измерение диаметра вала индикаторной скобой, измерение температуры тела термометром.

Бесконтактный метод измерений – метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент средства измерений не приводится в контакт с объектом измерения. Примерами могут быть измерение температуры в доменной печи пирометром и измерение расстояния до объекта радиолокатором.

Для оценки **метода измерений** предлагается ответить на следующие вопросы:

- применяется ли мера для воспроизведения физической величины в явном виде?
- измеряются ли значения отклонений величины от известного значения меры?

Отрицательный ответ на первый вопрос означает, что мы имеем дело с методом непосредственной оценки, а положительный позволяет утверждать, что применяется метод сравнения с мерой. Если при этом значение разности измеряемой величины и меры доводится до нуля, реализуется нулевой метод измерений (иногда называемый методом полного уравновешивания), а если разность этих значений алгебраически суммируется со значением меры – дифференциальный метод.

При измерении методом замещения мера и измеряемый объект последовательно воздействуют на вход средства измерений (СИ), «замещая» друг друга. Например, индикаторный нутромер настраивают по мере (аттестованному кольцу или блоку плоскопараллельных концевых мер длины с боковиками), после чего мера убирается и замещается контролируемой деталью.

Некоторые приборы (весы, измерительные мосты и др.) обеспечивают возможность одновременного воздействия на них меры и измеряемой физической величины. С помощью таких приборов реализуется метод противопоставления.

Примеры **кратких характеристик** методик выполнения измерений:

- измерение диаметра цилиндрической поверхности детали штангенциркулем в одном сечении – прямое абсолютное однократное (при повторении многократное) статическое измерение, выполняемое методом непосредственной оценки;
- нахождение значения угла прямоугольного треугольника по результатам измерений его сторон – косвенное измерение плоского угла, при котором осуществляются прямые измерения длин. Методы прямых измерений зависят от конкретной выбранной реализации;
- определение плотности материала по результатам измерений размеров (длин) образца и его массы – косвенное измерение искомой величины, требующее совместных измерений равноименных величин (длины и массы) и совокупных измерений нескольких одноименных физических величин (длин). Вычисляемый объем в этом случае также можно рассматривать как результат косвенного измерения.

РАЗДЕЛ ПО КОНТРОЛЮ ЗНАНИЙ

Средства диагностики результатов учебной деятельности

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале в соответствии с критериями, утвержденными Министерством образования Республики Беларусь.

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время практических занятий;
- проведение текущих контрольных работ (заданий) по отдельным темам;
- защита выполненных на практических занятиях индивидуальных заданий;
- защита выполненных в рамках самостоятельной работы индивидуальных заданий;
- собеседование при проведении индивидуальных и групповых консультаций;
- выступление студента на конференции по подготовленному реферату;
- сдача экзамена.

ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ для самостоятельного изучения дисциплины

1. Средства метрологического обеспечения технических измерений в дорожном строительстве
2. Показатели качества при измерениях в дорожном строительстве
3. Методы и средства контроля качества дорожных одежд
4. Задачи технических измерений для обеспечения качества дорожной продукции
5. Методы и средства оценки свойств дорожных строительных материалов
6. Методы и средства контроля параметров технологических процессов в дорожном строительстве
7. Методы планирования уровня качества дорожно-строительной продукции
8. Интеллектуальные технологии в управлении качеством дорожной продукции
9. Методы комплексной оценки качества продукции в дорожном строительстве
10. Теоретические предпосылки обеспечения качества в дорожном строительстве
11. Статистические методы контроля и обеспечения качества
12. Техническое и организационное обеспечение качества дорожной продукции

Перечень вопросов выносимых на экзамен по дисциплине «Нормирование точности и технические измерения» для студентов 4 курса дневной формы обучения

1. Понятие о метрологии: метрология как наука об измерениях и средствах обеспечения их качества и точности.
2. Измерение, как основополагающее понятие метрологии. Объекты измерения в метрологии.
3. Метрологическое подтверждение пригодности методик выполнения измерений.
4. Система физических величин, единицы физических величин и способы их оценки.
5. Истинное и действительное значение физической величины.
6. Технические измерения, методы и средства их реализации.
7. Средства измерений: меры и измерительные приборы.

8. Основные метрологические показатели средств измерений (измерительных приборов): диапазон измерений, цена делений шкалы, диапазоны и пределы значений измеряемой величины, допускаемая величина погрешности и т.д.
9. Математическая обработка результатов технических измерений.
10. Виды технических измерений при лабораторных испытаниях дорожной продукции и материалов.
11. Единство измерений как способ решения основных проблем метрологии. Государственная система и условия обеспечения единства измерений.
12. Правовые основы метрологического обеспечения. Законодательство Республики Беларусь об обеспечении единства измерений
13. Точность и достоверность измерений. Точность результата и средства измерения. Истинное и действительное значение измеряемой величины.
14. Основные причины, влияющие на точность технических измерений. Пути повышения точности технических измерений.
15. Правильность, сходимость, воспроизводимость и точность, как характеристики результатов технических измерений (испытаний).
16. Погрешность измерения как характеристика точности технического измерения. Аддитивная и мультипликативная погрешность.
17. Погрешности измерения их виды и причины их возникновения. Общепринятые классификации погрешностей измерений согласно типовым признакам и влияющим величинам; абсолютная, относительная и допускаемая погрешность измерения.
18. Методическая погрешность при технических измерениях: причины возникновения.
19. Критерий выбора конкретных средств технических измерений по величине погрешности, допускаемой стандартом или установленной техническими условиями.
20. Классификация технических измерений по характеристике точности, по числу наблюдений, по режиму работы средств измерений, по способу применения меры.
21. Классификация технических измерений по метрологическому назначению, по выражению результата измерения, по способу обработки экспериментальных данных.
22. Классификация средств технических измерений по видам измерений: для измерений геометрических, механических, электрических величин; для физико-химических, акустических, оптических, температурных и теплофизических измерений и т.п.
23. Допуски и проблема взаимозаменяемости в строительстве. Номинальное значение параметра (геометрический размер, величины механических, физико-химических и других показателей) и предельные допустимые отклонения от этих значений.
24. Стандартизация и техническое нормирование. Цели и сущность стандартизации.
25. Стандарты и технические регламенты. Подразделение стандартов по уровню согласования, утверждения и применения.
26. Ранговые уровни нормативной документации в системе стандартизации РБ (ГОСТ, СТБ, Международный, Межгосударственный (региональный), отраслевой стандарт, ТУ и т.п.).
27. Содержание стандарта как нормативного правового документа.
28. Измерения, относящиеся к сфере законодательной метрологии.
29. Технические измерения. Методики выполнения измерений. Требования к методикам выполнения измерений.
30. Требования нормативных документов РБ к техническим кодексам, техническим условиям и техническим регламентам (разработка и содержание).
31. Основные принципы обеспечения единства измерений (положения Закона Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений от 5 сентября 1995 г. № 3848-ХП»). Международное сотрудничество в области обеспечения единства измерений
32. Органы, осуществляющие государственное регулирование и управление в области обеспечения единства измерений в Республике Беларусь: полномочия Государственного комитета по стандартизации в области обеспечения единства измерений.

33. Государственный реестр национальных эталонов единиц величин Республики Беларусь, как совокупность сведений о национальных эталонах единиц величин.
34. Государственный реестр средств измерений Республики Беларусь, как совокупность сведений о средствах измерений и выданных сертификатах.
35. Основные положения Закона Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации от 5 января 2004 г. № 262-3»
36. Основные положения Технического кодекса установившейся практики ТКП 45-1.01-4-2005 «Система технического нормирования и стандартизации Республики Беларусь».
37. Цель и основные принципы технического нормирования и стандартизации в Республике Беларусь.
38. Полномочия Президента Республики Беларусь в области технического нормирования и стандартизации.
39. Полномочия Совета Министров в области технического нормирования и стандартизации.
40. Полномочия Министерства архитектуры и строительства в области технического нормирования и стандартизации.
41. Полномочия Государственного комитета по стандартизации в области технического нормирования и стандартизации
42. Субъекты технического нормирования и стандартизации в Республике Беларусь.
43. Виды технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации Р Б.
Требования по процедуре разработки и по содержанию.
44. Органы, осуществляющие государственное регулирование и управление в области технического нормирования и стандартизации.
45. Технические комитеты по стандартизации. Возможности их создания в Республике Беларусь для участия в процессе стандартизации заинтересованных субъектов технического нормирования и стандартизации.
46. Применение в Республике Беларусь международных, межгосударственных (региональных) стандартов и государственных стандартов.
47. Порядок разработки и утверждения технических регламентов и взаимосвязанных с ними государственных стандартов Республики Беларусь.
48. Требования, предъявляемые к техническим регламентам.
49. Практика применения технических регламентов в РБ.
Условия обязательной ссылки на государственный стандарт.
50. Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ 1500-2004 техническое нормирование и стандартизация
51. Строительные нормы Республики Беларусь (СНБ 1.01. 04-99).
«Всеобщее руководство качеством в строительстве». Основные положения.
52. Использование государственных стандартов для разработки технических нормативных документов (технических кодексов и технических регламентов).
53. Стандартизация и контроль качества дорожной продукции.
54. Государственный метрологический надзор. Метрологический контроль средств технических измерений.
55. Комплексная система управления качеством в дорожном строительстве. Структура и содержание.
56. Системы, подсистемы и элементы, составляющие комплексную систему управления качеством. Функции этих составляющих.
57. Калибровка средств измерения. Порядок проведения и оформление результатов калибровки.
58. Методика проведения измерений. Метрологическое подтверждение пригодности методик выполнения измерений.
59. Принципы управления качеством продукции в дорожном строительстве.

60. Метрологический контроль. Метрологическая аттестация и поверка средств измерений.
61. Номенклатура показателей качества дорожно-строительной продукции первого класса (сырье, материалы, изделия и др.). Показатели назначения.
62. Номенклатура показателей качества дорожно-строительной продукции второго класса (продукция на стадии использования). Показатели надёжности.
63. Номенклатура показателей качества дорожно-строительной продукции на стадии изысканий и проектирования дороги. Техничко-экономические показатели. Показатели стандартизации.
64. Номенклатура показателей качества дорожно-строительной продукции на стадии строительства дороги. Технологические показатели.
65. Номенклатура показателей качества дорожно-строительной продукции на стадии эксплуатации (использования) дороги. Эксплуатационные показатели.
66. Методы квалиметрии в дорожном строительстве. Количественная оценка качества продукции.
67. Принципы построения моделей качества дорожно-строительной продукции.
68. Методы экспертной оценки качества дорожно-строительной продукции.
69. Методы комплексной оценки качества дорожно-строительной продукции.
70. Аттестация продукции дорожного строительства. Основные принципы и задачи.
71. Установление базовых показателей качества продукции. Эталонный (исходный) показатель качества. Определение коэффициентов значимости.
72. Классификация дорожно-строительной продукции в зависимости от стадии готовности (*производство и использование*) стр.38
73. Системный подход в обеспечении качества дорожной продукции. Основной принцип системного подхода.
74. Комплексная система управления качеством в дорожном строительстве. Структура и содержание.
75. Основные элементы системы обеспечения качества в дорожном строительстве.
76. Виды и методы контроля качества продукции на предприятии.
77. Классификация показателей качества дорожно-строительной продукции.
78. Техническое и организационное обеспечение качества дорожной продукции.
79. Роль технологического оборудования в обеспечении качества продукции.
80. Ритмичность производства и однородность продукции. Их роль в обеспечении качества. Обеспечение стабильности качества продукции.
81. Статистические методы контроля и обеспечения качества дорожной продукции: роль технического контроля, контроль качества технологического процесса по модели двух его состояний. Наладка технологического процесса.
82. Техническое и организационное обеспечение качества продукции. Основные направления развития технологического оборудования.
83. Значение технологических процессов в обеспечении качества дорожной продукции. Технологическая наследственность и её влияние на обеспечение качества продукции.
84. Методы и средства определения физических характеристик строительных материалов обусловленных их макроструктурой: плотность, пористость, дисперсность
85. Методы и средства определения истираемости и износа дорожных строительных материалов.
86. Использование измерительных инструментов и средств измерения общего назначения при определении характеристик строительных материалов обусловленных их макроструктурой.
87. Методы и средства определения водопоглощения, влажности и влагоотдачи, гигроскопичности, водопроницаемости, водостойкости дорожных строительных материалов.

88. Методы и средства определения физических и физико-химических характеристик материалов обусловленных их микроструктурой (текстура, дефекты, шероховатость и т.п.).
89. Методы и средства определения наноструктурных (на атомно-молекулярном уровне) характеристик внутреннего строения материалов.
90. Методы и средства определения морозостойкости дорожно-строительных материалов.

Перечень вопросов для текущего контроля знаний
студентов 4 курса дневной формы обучения

1. Назвать наиболее универсальные способы описания случайных величин.
2. Как формируется закон распределения плотности вероятностей случайной величины?
3. Определить условие нормирования дифференциального закона распределения случайной величины.
4. Определить вероятность P попадания случайной величины x в интервал от $1x$ до $2x$ при известном дифференциальном законе распределения $f(x)$.
5. Привести график интегральной функции распределения и её основные свойства.
6. Пояснить способы для нахождения центра распределения случайной величины.
7. Как наличие промахов влияет на нахождение центра распределения случайной величины.
8. Что характеризует дисперсия случайной величины?
9. Дать определение математического ожидания случайной величины.
10. Что означает утверждение, что доверительному интервалу $\pm 3\sigma$ соответствует доверительная вероятность $P = 0,997$?
11. В чем заключается недостаток оценивания случайных погрешностей доверительным интервалом?
12. Дать определение понятию грубая погрешность. Назвать причины её возникновения.
13. Назвать критерии выявления грубых погрешностей
14. Определить суть понятия «единство измерений». Какие задачи метрологии охватывает понятие «единство измерений»?
15. Какими документами регламентируется деятельность по обеспечению единства измерений?
16. Что является технической основой обеспечения единства измерений?
17. Какими признаками должен обладать эталон? Пояснить содержание этих признаков.
18. Перечислить основные виды эталонов. В чем состоит их различие?
19. Какие эталоны являются высшим звеном эталонной базы страны?
20. Дать описание современного эталона единицы длины – метр.
21. Что представляет собой эталон единицы массы – килограмм?
22. Назвать основные виды и методы измерений.
23. Условия возможности проведения прямых измерений?
24. Приведите примеры прямых, косвенных, совокупных и совместных измерений.
25. Описать нулевой и дифференциальный методы измерения. В чём их отличие? В чем заключается преимущество нулевого метода перед дифференциальным?
26. Указать, какой метод измерения позволяет получить результат высокой точности при использовании относительно грубых средств измерения
27. Дать определение понятия «средство измерений» и определить, в чем заключается метрологическая сущность этого понятия.
28. Объяснить, что такое элементарные средства измерений и привести их примеры.
29. Чем отличается средство измерения от измерительного преобразователя.
30. Определить отличия и сходства между измерительным преобразователем, устройством сравнения и мерой.
31. Из каких блоков состоит обобщенная структурная схема средства измерения.

32. Проведите классификацию средств измерений по роли, выполняемой в системе обеспечения единства измерений и по уровню автоматизации.
33. Как называются характеристики свойств средств измерений, оказывающие влияние на результат измерения и его погрешности?
34. Перечислите основные группы нормируемых метрологических характеристик средств измерений
35. Поясните, что такое класс точности средства измерений. Является ли класс точности непосредственной оценкой точности измерений, выполняемых этим средством?
36. Что такое динамический диапазон измерения?
37. Может ли средство измерения иметь несколько классов точности?
38. Пояснить, чем отличаются понятия метрологическая исправность и метрологическая надежность средства измерений?
39. Дать определение и назвать основные показатели стабильности, безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости средств измерений.
40. Дать определение термину «стандартизация». Назвать общие цели стандартизации.
41. Какие можно выделить уровни стандартизации? При стандартизации на каком уровне участие открыто для любой страны?
42. Какой уровень стандартизации используется в одном государстве?
43. Назвать три вида стандартизации. Является ли типизация разновидностью стандартизации?
44. Перечислить разновидности нормативных документов по стандартизации. Является ли ТУ нормативным документом по стандартизации?
45. Как называется стандарт конкретной отрасли?
46. Как называется международная организация по стандартизации? Является ли МЭК (IEC) организацией по стандартизации?
47. Назвать основные задачи государственного надзора в области стандартизации.
48. Дать определение термину «сертификации».
49. Назвать цели сертификации.
50. Может ли средство измерений являться объектом сертификации?
51. Является ли добровольная сертификация составной частью обязательной?
52. Как называется документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, стандартов?
53. Что такое знак соответствия. Что понимается под термином аккредитация?
54. Как называется наука, которая занимается количественной оценкой качества различных предметов и процессов по результатам проведенных измерений?
55. Дать определение термина квалиметрия и назвать из каких частей формируется её структура.
56. Дать определение качеству. Что отражают эргономические показатели качества?
57. Какие показатели качества определяет надежность?
58. Назвать объективные методы определения качества.
59. В какую группу методов определения качества входит экспертный метод?
60. Назвать метод определения качества, основанный на получении информации расчетом.
61. На чем основан социологический метод определения качества? Дать определение понятия «эксперт»

Контрольные вопросы

1. Назвать наиболее универсальные способы описания случайных величин.
2. Как формируется закон распределения плотности вероятностей случайной величины?
3. Определить условие нормирования дифференциального закона распределения случайной величины.
4. Определить вероятность P попадания случайной величины x в интервал от $1x$ до $2x$ при известном дифференциальном законе распределения $f(x)$.

5. Привести график интегральной функции распределения и её основные свойства.
6. Пояснить способы для нахождения центра распределения случайной величины.
7. Как наличие промахов влияет на нахождение центра распределения случайной величины.
8. Что характеризует дисперсия случайной величины?
9. Дать определение математического ожидания случайной величины.
10. Что означает утверждение, что доверительному интервалу $\pm 3\sigma$ соответствует доверительная вероятность $P = 0,997$?
11. В чем заключается недостаток оценивания случайных погрешностей доверительным интервалом?
12. Дать определение понятию грубая погрешность. Назвать причины её возникновения.
13. Назвать критерии выявления грубых погрешностей
14. Определить суть понятия «единство измерений». Какие задачи метрологии охватывает понятие «единство измерений»?
15. Какими документами регламентируется деятельность по обеспечению единства измерений?
16. Что является технической основой обеспечения единства измерений?
17. Какими признаками должен обладать эталон? Пояснить содержание этих признаков.
18. Перечислить основные виды эталонов. В чем состоит их различие?
19. Какие эталоны являются высшим звеном эталонной базы страны?
20. Дать описание современного эталона единицы длины – метр.
21. Что представляет собой эталон единицы массы – килограмм?
22. Назвать основные виды и методы измерений.
23. Условия возможности проведения прямых измерений?
24. Приведите примеры прямых, косвенных, совокупных и совместных измерений.
25. Описать нулевой и дифференциальный методы измерения. В чём их отличие? В чем заключается преимущество нулевого метода перед дифференциальным?
26. Указать, какой метод измерения позволяет получить результат высокой точности при использовании относительно грубых средств измерения
27. Дать определение понятия «средство измерений» и определить, в чем заключается метрологическая сущность этого понятия.
28. Объяснить, что такое элементарные средства измерений и привести их примеры.
29. Чем отличается средство измерения от измерительного преобразователя.
30. Определить отличия и сходства между измерительным преобразователем, устройством сравнения и мерой.
31. Из каких блоков состоит обобщенная структурная схема средства измерения.
32. Проведите классификацию средств измерений по роли, выполняемой в системе обеспечения единства измерений и по уровню автоматизации.
33. Как называются характеристики свойств средств измерений, оказывающие влияние на результат измерения и его погрешности?
34. Перечислите основные группы нормируемых метрологических характеристик средств измерений
35. Поясните, что такое класс точности средства измерений. Является ли класс точности непосредственной оценкой точности измерений, выполняемых этим средством?
36. Что такое динамический диапазон измерения?
37. Может ли средство измерения иметь несколько классов точности?
38. Пояснить, чем отличаются понятия метрологическая исправность и метрологическая надежность средства измерений?
39. Дать определение и назвать основные показатели стабильности, безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости средств измерений.
40. Дать определение термину «стандартизация». Назвать общие цели стандартизации.
41. Какие можно выделить уровни стандартизации? При стандартизации на каком уровне участие открыто для любой страны?

42. Какой уровень стандартизации используется в одном государстве?
43. Назвать три вида стандартизации. Является ли типизация разновидностью стандартизации?
44. Перечислить разновидности нормативных документов по стандартизации. Является ли ТУ нормативным документом по стандартизации?
45. Как называется стандарт конкретной отрасли?
46. Как называется международная организация по стандартизации? Является ли МЭК (IEC) организацией по стандартизации?
47. Назвать основные задачи государственного надзора в области стандартизации.
48. Дать определение термину «сертификации».
49. Назвать цели сертификации.
50. Может ли средство измерений являться объектом сертификации?
51. Является ли добровольная сертификация составной частью обязательной?
52. Как называется документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, стандартов?
53. Что такое знак соответствия. Что понимается под термином аккредитация?
54. Как называется наука, которая занимается количественной оценкой качества различных предметов и процессов по результатам проведенных измерений?
55. Дать определение термина квалиметрия и назвать из каких частей формируется её структура
56. Дать определение качеству. Что отражают эргономические показатели качества?
57. Какие показатели качества определяет надежность?
58. Назвать объективные методы определения качества.
59. В какую группу методов определения качества входит экспертный метод?
60. Назвать метод определения качества, основанный на получении информации расчетом.
61. На чем основан социологический метод определения качества? Дать определение понятия «эксперт»

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ РАЗДЕЛУ

Основная литература

1. Сиденко, В.М., Рокас, С.Ю. Управление качеством в дорожном строительстве – М.: Транспорт, 1981. – 252 с.
2. Таратаковский, Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений / Д.Ф. Таратаковский, А.С. Ястребов – М.: Высшая школа, 2001. – 114 с.
3. Рокас, С.Ю. Статистический контроль качества в дорожном строительстве / С.Ю. Рокас – М.: Транспорт, 1977. – 152 с.
4. Диагностика и управление качеством автомобильных дорог: Учебное пособие / И.И. Леонович, С.В. Богданович, В.В. Голубев и др. Под ред. И.И. Леоновича. Мн.: БНТУ, 2002. – 357 с.
5. Соломахо, В.Л., Цитович, Б.В., Леонович, С.Н., Станкевич, М.В. Метрология и контроль качества в строительстве – Минск: БНТУ 2009.– 194 с.
6. Коротков В. П., Тайц Б. А. «Основы метрологии и теории точности измерительных устройств». М.: Изд-во стандартов, 1978. 351 с.
7. А. И. Якушев, Л. Н. Воронцов, Н. М. Федотов. «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения»: - 6-е изд., перераб. и дополн. - М.: Машиностроение, 1986. - 352 с., ил.
8. Метрология. Основные понятия и математические модели: Учебное пособие для вузов/ Н.Г. Назаров.-М.: Высш. шк., 2002.-348с.:
9. Сергеев А.Г., Крохин В. В. Метрология: Учебн.пособие для вузов.- М.: Логос, 2000.- 408с.: ил.
10. Метрология, стандартизация, сертификация: Учебн. пособие/ А.Д. Никифоров, Т.А. Бакиев,-М.: Высш. школа, 2002.- 422с.: ил.
11. Стандартизация, метрология, сертификация: Учебник.-6-е изд., перераб, и доп.-М. : Юрайт-Издат., 2006.-350с.-(Основы наук).
12. Сиденко, В.М., Рокас, С.Ю. Управление качеством в дорожном строительстве – М.: Транспорт, 1981. – 252 с.
13. Таратаковский, Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений / Д.Ф. Таратаковский, А.С. Ястребов – М.: Высшая школа, 2001. – 114 с.
14. Рокас, С.Ю. Статистический контроль качества в дорожном строительстве / С.Ю. Рокас – М.: Транспорт, 1977. – 152 с.
15. Диагностика и управление качеством автомобильных дорог: Учебное пособие / И.И. Леонович, С.В. Богданович, В.В. Голубев и др. Под ред. И.И. Леоновича. Мн.: БНТУ, 2002. – 357 с.
16. Соломахо, В.Л., Цитович, Б.В., Леонович, С.Н., Станкевич, М.В. Метрология и контроль качества в строительстве – Минск: БНТУ 2009.– 194 с.

Дополнительная литература

1. Шишкин, И.Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством /И.Ф. Шишкин. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 148 с.
2. Леонович, И.И., Стрижевский,В.А, Шумчик, К.Ф. Испытания дорожно-строительных материалов - Минск: Вышэйшая школа, 1991. – 233 с.
3. Закон Республики Беларусь 5 января 2004 г. № 262-З О техническом нормировании и стандартизации.

4. СНБ 1.01.04-99 Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Всеобщее руководство качеством в строительстве. Основные положения. – 11с.
5. Практикум по метрологии, стандартизации и сертификации: учебное пособие / А.С. Спиридонова, Н.М. Наталинова; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. - 131 с.
6. Метрология. Лабораторный практикум: учебно-методическое пособие для студентов приборостроительного факультета / Б.В. Цитович. – Мн.: БНТУ, 2006. – 153 с.
7. Н.С. Виноградова, А.А. Курганский. Метрология, стандартизация и сертификация Лабораторный практикум. - Екатеринбург Издательство Уральского университета, 2017.— 132 с.
8. Марусина М.Я., Ткалич В.Л., Воронцов Е.А., Скалецкая Н.Д. «Основы метрологии, стандартизации и сертификации». Учебное пособие. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 164 с.

Ссылки

<https://studfile.net/preview/2180135/page:9/> Основные понятия и определения в области стандартизации

Белорусский национальный технический университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
Белорусского национального
технического университета

_____ О.К. Гусев

24.05. 2018

Регистрационный № УД - ФТК-23 /уч.

НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Учебная программа учреждения высшего образования

по учебной дисциплине для специальности

1-70 03 01 «Автомобильные дороги»

2018 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-70 03 01-2013

СОСТАВИТЕЛЬ

С.Н. Бондаренко, доцент кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» Белорусского национального технического университета, кандидат химических наук, доцент;

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.П. Подшивалов, профессор кафедры «Физика» Белорусского национального технического университета, доктор технических наук, профессор;

Д.В. Семененко, Начальник бюро научно-исследовательских работ филиала «Научно-технический центр» ОАО «НПО Центр», кандидат технических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Строительство и эксплуатация дорог» Белорусского национального технического университета

(протокол № 1 от 01 сентября 2017 г.)

Заведующий кафедрой _____ С.Е. Кравченко

Методической комиссией факультета транспортных коммуникаций Белорусского национального технического университета

(протокол № 3 от 14.11, 2017 г.)

протокол № 1 от 27.02, 2018 г.)

Председатель методической _____ В.П. Подшивалов
комиссии

Научно-методическим советом Белорусского национального технического университета (протокол № 4 секции № 1 от 18.04 2018 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа учреждения высшего образования по дисциплине «Нормирование точности и технические измерения» разработана для специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги».

Целью изучения учебной дисциплины является получение знаний в области нормирования точности, а также теоретические основы и практические подходы для проведения технических измерений, необходимых при строительстве автомобильных дорог с учетом требований действующих нормативных документов и правовых актов.

Основными задачами преподавания учебной дисциплины являются:

- выработка у студентов теоретически обоснованных и профессионально ориентированных подходов к решению общих проблем нормирования точности и проведения конкретных видов технических измерений для обеспечения необходимого в дорожном строительстве качества целевой продукции, материалов и выполняемых работ, а также формирование понимания конкретных задач и вариантов решений по практическому обеспечению контроля качества на различных уровнях управления (госнадзор, ведомственный и производственный контроль);

- приобретение необходимых знаний для обоснованного формирования критериев выбора требований к точности измеряемых параметров и показателей, а также для понимания сущности и задач стандартизации этих требований для обеспечения качества дорожного строительства;

- формирование критериев и практических подходов для организации и проведении контроля качества дорожно-строительной продукции в производственных условиях.

- прочное овладение студентами комплексом знаний о принципах, лежащих в основе технических измерений, методах и средствах этих измерений, а также усвоение принципов, обеспечивающих обоснованный выбор и правильное применение измерительных приборов, оборудования, приспособлений и средств технических измерений и контроля качества при выполнении необходимых на стадии проектирования, строительства, эксплуатации и ремонта автомобильных дорог.

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких естественнонаучных и специальных дисциплин как: «Математика», «Физика», «Физико-химические основы технологии строительных материалов», «Строительные материалы и изделия», «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна», «Соппротивление материалов и теория упругости», «Отраслевая экология».

Знания и навыки, полученные студентами при изучении данной учебной дисциплины, необходимы также для более глубокого освоения специальных дисциплин и дисциплин специализаций, связанных с обеспечением качества дорожно-строительных работ и используемых для этого материалов.

В результате изучения учебной дисциплины «Нормирование точности и технические измерения» студент должен:

знать:

- методы обеспечения взаимозаменяемости на этапах жизненного цикла изделия;
- методы нормирования точности параметров;
- основные принципы построения систем допусков и посадок, базовые стандарты основных норм взаимозаменяемости, охватывающие системы допусков и посадок для типовых видов соединений деталей машин и приборов;
- теоретические основы измерительного контроля параметров.

уметь:

- пользоваться стандартами основных норм взаимозаменяемости;
- обозначать требования к точности параметров на чертежах, читать и расшифровывать условные обозначения;
- осуществлять измерительный контроль параметров калибрами и основными универсальными средствами измерений;
- представлять результаты измерений с указанием погрешностей и неопределенности;

владеть:

- методологией обеспечения взаимозаменяемости узлов технических систем;
- методами использования нормирования точности при изготовлении деталей и узлов;
- приемами использования измерительного оборудования и инструментов;

приобрести навыки:

- проведения простейших технических измерений с использованием традиционного для дорожно-строительной отрасли измерительного оборудования, а также опыт последующей обработки и оценки достоверности полученных результатов;
- самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности знания и навыки для оценки и обеспечения необходимого уровня качества продукции и внедрения на предприятиях эффективных систем контроля качества дорожно-строительных работ;
- организации и проведения качественной и количественной оценки, а также экспертной оценки качества материалов, дорожных работ и целевой продукции;
- участвовать в разработке проектов и оформлять законченные проектные работы для объектов дорожного строительства с учетом технических, технологических, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров;
- участия в организационных мероприятиях по обеспечению эффективного контроля качества дорожно-строительных материалов и технологических процессов их подготовки и использования.

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечить формирование следующих компетенций:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.
- СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- СЛК-4. Уметь работать в команде.
- ПК-30. Анализировать и оценивать собранные данные.
- ПК-31. Готовить доклады, материалы к презентациям и представлять их.
- ПК-41. Работать с научной, технической и патентной литературой.

Согласно учебным планам на изучение учебной дисциплины отведено:

- для очной формы получения высшего образования всего 120 ч., из них аудиторных - 50 часов;
- для заочной формы получения высшего образования всего 120 ч., из них аудиторных - 14 часов.

Распределение аудиторных часов по курсам, семестрам и видам занятий приведено ниже.

Таблица 1.

Очная форма получения высшего образования					
Курс	Семестр	Лекции, ч.	Лабораторные занятия, ч.	Практические занятия, ч.	Форма текущей аттестации
4	7	34	-	16	экзамен

Таблица 2.

Заочная форма получения высшего образования					
Курс	Семестр	Лекции, ч.	Лабораторные занятия, ч.	Практические занятия, ч.	Форма текущей аттестации
4	7	8		6	экзамен

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение

Метрология и стандартизация: основные положения. Закон Республики Беларусь о техническом нормировании и стандартизации. СТБ 1500 - 2004: цели и задачи технического нормирования и стандартизации. Цели и задачи нормирования точности. Особенности проведения технических измерений в дорожном строительстве.

Раздел I. МЕТРОЛОГИЯ, КАК НАУКА ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ

Тема 1.1. Метрология как наука об измерениях, методах и средствах обеспечения единства измерений и способах достижения требуемой точности

Системы метрологического обеспечения производства и научных исследований; системы и элементы систем технического нормирования и стандартизации изделий и процессов; системы менеджмента качества и их элементы; системы оценки соответствия изделий, персонала, процессов и производств – общие представления.

Тема 1.2. Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь.

Обеспечение единства измерений: единство измерений, воспроизведение основных физических величин, передача информации о размерах единиц. Нормативные документы Госстандарта Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений». Основные положения СТБ 8000 – 2000. ТКП 8.000-2012. Правила организации и функционирования системы обеспечения единства измерений Республики Беларусь.

Тема 1.3. Объекты измерений и их характеристика.

Измеряемые величины, качественная и количественная характеристика измеряемых величин, единицы измерений. Понятие о квалиметрии. Показатели измерений качества.

Тема 1.4. Допуски и технические измерения при проектировании, проведении дорожно-строительных работ и эксплуатации автомобильных дорог

Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве (ГОСТ 21780- 2006). Методические принципы расчета точности. Контроль точности (ГОСТ 23616-79). Общие правила контроля точности. Порядок расчета точности. Сплошной и выборочный контроль точности. Требования к методам и средствам, применяемым для проведения контроля точности.

Тема 1.5. Средства измерений в метрологии

Метрологическая надежность средств измерений, основной постулат теории измерений. Разновидности измерений, метрологические характеристики средств измерений: классы точности средств измерений. Правила выполнения технических измерений.

Тема 1.6. Стандартизация: основные термины и определения.

Роль стандартизации в повышении эффективности общественного производства. Цели и задачи стандартизации в строительстве. Правовые основы стандартизации. Государственная система стандартизации Республики Беларусь. Категории и виды нормативных документов по стандартизации (ГОСТы, СТБ, ТКП и др.). Категории и виды стандартов, стандарт как нормативно-технологический документ и как эталон для сравнения.

Тема 1.7. Взаимозаменяемость изделий, материалов, полуфабрикатов, сборочных единиц и конструктивных элементов автомобильной дороги, деталей дорожных машин и механизмов

Принципы взаимозаменяемости сырья, материалов, полуфабрикатов, изделий, элементов конструкций, деталей.

Раздел II. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Тема 2.1. Принципы управления качеством продукции

Три уровня управления качеством. Основные функции системы управления качеством в дорожном строительстве.

Тема 2.2. Комплексная система управления качеством продукции в дорожном строительстве (КСУ КП)

Содержание и структура КСУ КП: системы, подсистемы и элементы. Единая система технологического обеспечения качества продукции. Принципы реализации метода бездефектного изготовления продукции. Количественная оценка дефектов дорожных работ и элементов дорог.

Тема 2.3. Структура комплексной системы обеспечения качества дорожных работ.

Внешний контроль качества дорожно-строительной продукции (инспекторский надзор департамента «Белавтодор», технический надзор заказчика, технический надзор РУП «БелдорИТЦ»). Внутренний контроль качества дорожно-строительной продукции (производственный контроль, служба контроля качества строительно-монтажных работ подразделений, испытательные подразделения, комиссии по качеству, дни качества, штабы по качеству).

Раздел III. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОЙ ПРОДУКЦИИ

Тема 3.1. Всеобщее руководство качеством в строительстве (основные положения СНБ 1.01. 04 – 99)

Основные элементы организации системы качества в строительстве дорог. Система качества в строительной организации.

Тема 3.2. Определение качества дорожно-строительной продукции

Роль нормирование точности и технических измерений в обеспечении качества строительной продукции. Физико-механические показатели дорожно-строительной продукции. Установление номенклатуры показателей качества дорожно-строительной продукции.

Тема 3.3. Производственный контроль

Входной контроль, операционный контроль, приемочный контроль. Методы определения качества дорожно-строительной продукции.

Раздел IV. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Тема 4.1. Оценка качества отдельных видов работ

Операционный контроль, приемочный контроль, порядок приемки отдельных видов работ и оформления приёмочной документации.

Тема 4.2. Государственная система стандартизации Республики Беларусь

Категории и виды нормативных документов по стандартизации (ГОСТы, СТБ, ТКП и др.).

Тема 4.3. Системы качества

Системы качества в проектных, строительномонтажных организациях и в организациях промышленности строительных материалов и строительной индустрии. Роль режимов эксплуатации в поддержании качества продукции дорожного строительства.

Тема 4.4. Основные понятия о сертификации

Функции сертификации, ее социально - экономическая роль и эффективность. Обязательная и добровольная сертификация. Сертификация и конкурентоспособность продукции. Национальная система сертификации Республики Беларусь.

Раздел V. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОЦЕНКИ , ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Тема 5.1. Строительные материалы для возведения и ремонта зданий, автомобильных дорог и сооружений дорожной инфраструктуры

Свойство как характеристика строительных материалов. *Качество* как совокупность свойств материала, обуславливающих его способность удовлетворять определённым требованиям в соответствии с его назначением в дорожном строительстве.

Тема 5.2. Классификация свойств дорожных строительных материалов по группам

Физические, химические и механические свойства строительных материалов. Гидрофизические и теплофизические характеристики, технологические и эксплуатационные свойства строительных материалов.

Тема 5.3. Средства и методы технических измерений свойств строительных материалов и параметров технологических процессов в дорожном строительстве.

Общие вопросы организации испытаний дорожных строительных материалов. Приборы, устройства, установки, приспособления, меры, лабораторное и другое измерительное оборудование для контроля свойств дорожных строительных материалов; характеристика используемой измерительной техники. Средства технического контроля

Тема 5.4. Технический контроль в дорожном строительстве

Классификация видов технического контроля по видам, по месту в производственном процессе, по признакам: объект контроля, этапы процесса производства, периодичность контроля и другие аналогичные признаки.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
очная форма получения высшего образования

Номер раздела, темы,	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Формы контроля знаний
		лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Семинарские занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	
	Семестр 7							
	Введение	1	2					
1.	МЕТРОЛОГИЯ, КАК НАУКА ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ							
1.1.	Метрология как наука об измерениях, методах и средствах обеспечения единства измерений и способах достижения требуемой точности	2					реферат	
1.2.	Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь.	1	2					
1.3.	Объекты измерений и их характеристика	2	2					
1.4.	Допуски и технические измерения при проектировании, проведении дорожно-строительных работ и эксплуатации автомобильных дорог.	2						
1.5.	Средства измерений в метрологии	1						
1.6.	Стандартизация: основные термины и определения	2						
1.7.	Взаимозаменяемость изделий, материалов, полуфабрикатов, сборочных единиц и конструктивных элементов автомобильной дороги, деталей дорожных машин и механизмов	1						
2.	СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ			4				
2.1.	Принципы управления качеством продукции	2						
2.2.	Комплексная система управления качеством продукции в дорожном строительстве (КСУ КП)							
2.3.	Структура комплексной системы обеспечения качества дорожных работ							
3.	ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОЙ ПРОДУКЦИИ						реферат	
3.1.	Всеобщее руководство качеством в строительстве							

3.2.	Определение качества дорожно-строительной продукции							Контрольная работа	
3.3.	Производственный контроль								
4.	ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ								
4.1.	Оценка качества отдельных видов работ								
4.2.	Государственная система стандартизации Республики Беларусь.	18	16						
4.3.	Системы качества								
4.4.	Основные понятия о сертификации								
5.	МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОЦЕНКИ И ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ								
5.1.	Классификация технических свойств строительных материалов								
5.2.	Средства и методы технических измерений и контроля материалов и параметров технологических процессов в дорожном строительстве								
5.3.	Технический контроль в дорожном строительстве								
	Итого за семестр	34	16					экзамен	
	Всего аудиторных часов	50							

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
заочная форма получения высшего образования¹

Номер раздела, темы,	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Формы контроля знаний
		лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Семинарские занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	
	Семестр 7							
	Введение	1	2					
1.	МЕТРОЛОГИЯ, КАК НАУКА ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ							
1.1.	Метрология как наука об измерениях, методах и средствах обеспечения единства измерений и способах достижения требуемой точности	2					реферат	
1.2.	Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь.	1	2					
1.3.	Объекты измерений и их характеристика	2	2					
1.4.	Допуски и технические измерения при проектировании, проведении дорожно-строительных работ и эксплуатации автомобильных дорог.	2						
1.5.	Средства измерений в метрологии	1						
1.6.	Стандартизация: основные термины и определения	2						
1.7.	Взаимозаменяемость изделий, материалов, полуфабрикатов, сборочных единиц и конструктивных элементов автомобильной дороги, деталей дорожных машин и механизмов	1						
2.	СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ			4				
2.1.	Принципы управления качеством продукции	2						
2.2.	Комплексная система управления качеством продукции в дорожном строительстве (КСУ КП)							
2.3.	Структура комплексной системы обеспечения качества дорожных работ							
3.	ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОЙ ПРОДУКЦИИ						реферат	
3.1.	Всеобщее руководство качеством в строительстве							

3.2.	Определение качества дорожно-строительной продукции							Контрольная работа
3.3.	Производственный контроль							
4.	ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ							
4.1.	Оценка качества отдельных видов работ							
4.2.	Государственная система стандартизации Республики Беларусь.	18	16					
4.3.	Системы качества							
4.4.	Основные понятия о сертификации							
5.	МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОЦЕНКИ И ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ							
5.1.	Классификация технических свойств строительных материалов							
5.2.	Средства и методы технических измерений и контроля материалов и параметров технологических процессов в дорожном строительстве							
5.3.	Технический контроль в дорожном строительстве							
	Итого за семестр	8	6					экзамен
	Всего аудиторных часов	14						

¹ Темы учебного материала, не указанные в Учебно-методической карте, отводятся на самостоятельное изучение студентом.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Сиденко, В.М., Рокас, С.Ю. Управление качеством в дорожном строительстве – М.: Транспорт, 1981. – 252 с.
2. Таратаковский, Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений / Д.Ф. Таратаковский, А.С. Ястребов – М.: Высшая школа, 2001. – 114 с.
3. Рокас, С.Ю. Статистический контроль качества в дорожном строительстве / С.Ю. Рокас – М.: Транспорт, 1977. – 152 с.
4. Диагностика и управление качеством автомобильных дорог: Учебное пособие / И.И. Леонович, С.В. Богданович, В.В. Голубев и др. Под ред. И.И. Леоновича. Мн.: БНТУ, 2002. – 357 с.
5. Соломахо, В.Л., Цитович, Б.В., Леонович, С.Н., Станкевич, М.В. Метрология и контроль качества в строительстве – Минск: БНТУ 2009.– 194 с.

Дополнительная литература

1. Шишкин, И.Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством /И.Ф. Шишкин. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 148 с.
2. Леонович, И.И., Стрижевский, В.А., Шумчик, К.Ф. Испытания дорожно-строительных материалов - Минск: Высшая школа, 1991. – 233 с.
3. Закон Республики Беларусь 5 января 2004 г. № 262-3 О техническом нормировании и стандартизации.
4. СНБ 1.01.04-99 Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Всеобщее руководство качеством в строительстве. Основные положения. – 11с.
5. Практикум по метрологии, стандартизации и сертификации: учебное пособие / А.С. Спиридонова, Н.М. Наталинова; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. - 131 с.
6. Метрология. Лабораторный практикум: учебно-методическое пособие для студентов приборостроительного факультета / Б.В. Цитович. – Мн.: БНТУ, 2006. – 153 с.
7. Н.С. Виноградова, А.А. Курганский. Метрология, стандартизация и сертификация Лабораторный практикум. - Екатеринбург Издательство Уральского университета, 2017.— 132 с.