

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»

В.И. Логанина, И.Н. Максимова

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ  
КАЧЕСТВА СОСТАВА И СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ,  
МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ  
Практикум**

Рекомендовано Редсоветом университета  
в качестве учебного пособия для студентов,  
обучающихся по направлению 221700.68 «Стандартизация и метрология»

Пенза 2013

УДК 658.562.2/.4:006.91(075.8)

ББК 30.3-7:30.10я73

Л69

Рецензенты: кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии строительных материалов и деревообработки» С.Н. Кислицына (ПГУАС);  
заместитель директора по качеству ООО «Строительные материалы», кандидат технических наук В.Ю. Нестеров

**Логанина В.И.**

Л69 Метрологическое обеспечение контроля качества состава и свойств веществ, материалов и изделий. Практикум: учебное пособие / В.И. Логанина, И.Н. Максимова. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 200 с.

Рассматриваются вопросы метрологического обеспечения и аттестации средств измерений, методики выполнения измерений.

Подготовлено на кафедре «Стандартизация, сертификация и аудит качества» в соответствии с программой курса «Метрологическое обеспечение контроля качества состава и свойств веществ, материалов и изделий» и предназначено для студентов, обучающихся по направлению 221700.68 «Стандартизация и метрология».

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2013

© Логанина В.И., Максимова И.Н., 2013

## О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	5
Практическое занятие № 1 ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ВЕЛИЧИН В РОССИИ .....	7
Практическое занятие 2 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	45
Практическое занятие 3 ПРЯМЫЕ ОДНОКРАТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ. ОЦЕНИВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТА ИЗМЕРЕНИЙ.....	64
Практическое занятие 4 ПРЯМЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ С МНОГОКРАТНЫМИ НАБЛЮДЕНИЯМИ. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ .....	74
Практическое занятие 5 МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ.....	82
Практическое занятие 6 МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ.....	97
Практическое занятие 7 МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА НОРМАТИВНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ .....	117
Практическое занятие 8 ТОЧНОСТЬ (ПРАВИЛЬНОСТЬ И ПРЕЦИЗИОННОСТЬ) МЕТОДОВ И РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ .....	144
Практическое занятие 9 КЛАССЫ ТОЧНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ .....	176
Практическое занятие 10 МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ (МВИ).....	186

## ПРЕДИСЛОВИЕ

На сегодняшний день в России проблема управления качеством становится всё более актуальной. Проблема качества является отражением требований научно-технического прогресса, охватывая все стадии деятельности от проектирования до утилизации.

В условиях рынка, интеграции производства и обслуживания в рамках международных сообществ качество выполняемых работ и услуг влияет на конкурентоспособность и становится ключевой проблемой экономического развития. Особое место в реализации подобных задач занимает метрологическое обеспечение контроля качества состава и свойств веществ, материалов и изделий. Для обеспечения эффективной работы предприятий и высокого уровня качества продукции и услуг необходимо соответствующее метрологическое обеспечение, включение этой деятельности в системы качества.

Учебное пособие написано в соответствии с программой обучения по дисциплине «Метрологическое обеспечение контроля качества состава и свойств веществ, материалов и изделий». В учебном пособии изложены основы метрологического обеспечения, которые необходимо знать специалистам, выполняющим измерения или связанным с измерительной информацией. В конце каждого занятия приведены контрольные вопросы.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению 221700.68 «Стандартизация и метрология».

## ВВЕДЕНИЕ

*Наука начинается тогда, когда начинают измерять.  
Дмитрий Иванович Менделеев*

Метрология представляет собой науку об измерениях, обеспечивающую единство ее средств и методов и позволяющую найти способы для достижения желаемой точности. В современном мире, где господствуют все новые и новые технологии, наука, техника изменяются и, в частности, расширяются диапазоны измерений, появляются новые величины измерения.

Требования, предъявляемые к точным измерениям, неуклонно растут. В постоянно меняющихся условиях необходим фундамент, включающий в себя научные знания и статьи законов и обеспечивающий на практике отличное качество измерения. Все это поможет избавиться от проблем, возникающих в области измерений. Метрология отвечает всем этим требованиям. Метрология и измерение проникли во все отрасли жизни человека в наши дни. Объектом измерений становится даже ребенок, который только появился на свет. В родильном зале обязательны измерения массы, длины и температуры тела новорожденного.

Быт и повседневная жизнь также заставляют нас использовать различные виды измерений для проведения необходимых оценок. Это температура воздуха или затраченное время, мы всегда стараемся оценить рациональность и эффективность практически всей нашей жизни. Любой завод, предприятие, организация обращаются к измерениям.

К примеру, инженеры, работающие над обеспечением метрологии, обязаны знать все об измерительной технике, о ее возможностях – это позволит решать задачи по разработке различных деталей и узлов; контроль производства каких-либо товаров требует неукоснительного соблюдения всех основ измерения. Ни одна отрасль и ни один специалист не могут обойтись без знаний, которые предлагает метрология.

Существует несколько направлений развития метрологии. Если в XX веке под этой наукой понималось описание различных мер, применяющихся по всему миру, то в наши дни появилось такое понятие, как производственное метрологическое обеспечение, имеющее более емкое и практическое смысловое значение, что расширило границы деятельности метрологии. Установка и использование основ науки и организации, норм и правил, средств техники, которые используются для обеспечения единой и желаемой точности осуществляемых измерений, входят в понятие «метрологическое обеспечение».

Существует и другое определение метрологического обеспечения, описанное в справочнике «Основные термины в области метрологии». Там под

ним понимается разработка и использование норм и правил в метрологии, направленных на создание единых эталонов, правильных средств для измерений и их правильный выбор. Все это должно осуществляться с помощью служб, задействованных в метрологии, обеспечивающих высокое качество измерений на любом предприятии или организации.

Данное понятие охватывает очень широкий круг вопросов, начиная от вопросов о реализации различных видов измерений, заканчивая проблемами единства измерения. Поэтому понятие метрологического обеспечения используется в отношении испытаний, измерений и контроля за определенными процессами в общем. Также разрешено использовать такое понятие как метрологическое обеспечение в технологическом производстве.

Основными составляющими обеспечения в метрологии являются такие понятия, как нормативно-правовые базы в метрологии, службы и организации метрологии, и фундамент метрологического обеспечения.

Часть обеспечения в метрологии, связанная с метрологической деятельностью на предприятии, является интересной для предприятий промышленности, людей, которые разрабатывают и используют средства измерения. Поэтому широко применяются такие обозначения, как «метрологическое обеспечение производства» и «метрологическое обеспечение предприятия».

Обеспечение метрологии в производстве включает в себя ряд признаков. Во-первых, осуществляется анализ состояния измерения. Во-вторых, производится установление определенной номенклатуры использования различных средств для измерения и использование их с предельной точностью. Все средства измерения обязательно подвергаются калибровке и проверке. Для более эффективного и точного использования средств измерений выполняется разработка методов измерений. Также важным моментом является осуществление экспертизы документов в технике и конструировании. Специальные нормативные документы регламентируют проведение измерений. Эти нормативные документы могут быть как государственными, так и отраслевыми, и фирменными. В заключении, конечно же, производится метрологический надзор.

# Практическое занятие № 1

## ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ВЕЛИЧИН В РОССИИ

Цель работы – ознакомить студентов с развитием системы единиц измерения России.

### Общие сведения

Издавна русский народ обладал сложившейся системой единиц веса, ценности и мер, отчасти самостоятельной, отчасти заимствованную из Византии вместе с христианством и с Запада через торговые связи Новгорода, Пскова и Смоленска. Для поддержания единства установленных мер в древней Руси служили так называемые образцовые меры (эталоны), которыми обычно распоряжались князья. Они предоставляли их для единовременного пользования в торговле, строительстве и др. К таким мерам относится, в частности, «золотой пояс» великого князя Киевского (1073-1076 гг.) Святослава Ярославича, упоминаемый в одном из списков «Патерика Киевского Печерского монастыря», равный 108 см.

Об этом поясе сказано: «Се мера и основание», т.е. он выделялся в качестве своего рода эталона. Из того же источника видно, что для непосредственных измерений применяли в качестве рабочих деревянные меры, считавшиеся как бы священными, так как они соответствовали длине золотого пояса – «аще бо и древо бяше существом видимо, но Божию силою одеано есть».

В грамоте 1134-1135 гг. князя Всеволода Мстиславича упоминается «локоть Иваньский» – мера, переданная им в распоряжение епископа и купеческой корпорации при церкви Иоанна Предтечи в Новгороде. Как свидетельствуют летописные источники, меры длины, веса и объема изготовлялись в достаточном количестве. Это подтверждают и многочисленные археологические находки древних гирь, мер длины. Хранились эти меры в церковных храмах. На духовенство был возложен также надзор за мерами и весами. А чтобы предотвратить неправильные измерения и различные обманы, были установлены строгие наказания для непосредственных виновников порчи средств измерений, особенно злонамеренной («казнити близко смерти»), иногда даже с конфискацией имущества.

Для большей гарантии правильности взвешиваний были выделены особые, более или менее знающие свое дело «весцы», или «пудовщики». Устанавливались определенные правила выполнения взвешиваний. Весовщики должны были, например, не касаться руками весов и гирь в момент определения равновесия.

По указу 1556 г. изготовлялись образцовые гири и различные меры, которые, будучи заклеяны казенным пятном, хранились в таможах. В 1653 г. указывалось «хлебным мерам и всяким весам и сажням и аршинам на Москве и в городах быти равным, и учинити вес против фунтов, а хлебные меры учинить в одно кружало с железными обручами и мерить всякий хлеб верхом».

В старину вес делился на несколько родов, из которых главными были: серебряный (взвешивалось серебро вообще), монетный (серебро, назначенное в передел) и торговый. Единицами и орудиями веса были: золотник (не ранее 1228-1230 гг.), капь (с XII в.), гривна (1230 г.), гривенка, пуд (с XII в.), скалви (весы из двух тарелок, привешенных к рычагу со стрелой, - 1330 г.), колокола (род гирь), почка (4-4 1/16 доли; она служила и единицею ценностей; вышла из употребления при Петре Вел.), фунт, ансырь или «анцырь», безмен, берковец, четверть воцаная, контарь и батман (с XV в.).

Отношение между ними в начале XVII в. указано в «Торговой книге»: «...берковец 10 пуд., четверть воцаная 12 пуд., ансырь весит пол три (две целых и половина третьей) гривенки малых и 8 золотников, а всего в ансыре 128 золотников, а нынешний ансырь весит фунт в 96 золотников, в гривенке малой скаловой 48 золотников, в фунте одна большая гривенка и две малых, в золотнике 25 почек, безмен весит полтретья фунта, 5 малых гривенок, 240 золотников; в пуде безменов 16, гривенок больших фунтовых 40». Меры продольные были: верста (от 500 до 1000 саж.), сажень (с XI в.), локоть, аршин, вершок, пядь (мерная и великая) и выпрежай (в двинских областях – расстояние от места отправления до места остановки). Десятина в Московской Руси была повсеместною поземельною мерою в государственных и владельческих землях; в крестьянских ее заменяли четверти, или чети, которые были вдвое меньше ее и делились на третники, полтретьники, осмины, полосмины, четверики и полчетверики.

Были и местные меры: в Новгороде Великом – коробья (1 кор. = 2 четверг, пашни), в Двинском краю – веревки. Для сбора с крестьян оброков и государственных повинностей единицами служили выть (поземельная и подворная; чаще встречаются деления ее: четверти, четверуха и осмины, осминники, осмаки) и соха (также подворная и поземельная), новгородские соха, сошка и обжа, вологодский плуг (XVI и XVII вв.), финский лук.

Меры веса широко использовались как во внутренней, так и во внешней торговле, на производстве, при распределении продукции, ее перевозках, в аптекарском деле и в домашнем хозяйстве. Причем величина этих измерений колебалась от берковца до золотника и грана. Отсюда и широкий спектр весоизмерительных приборов, которые использовались в различных сферах хозяйственной деятельности. Даже частным лицам разрешалось иметь для своих нужд весы для взвешивания до 10 пудов (с соответствующим набором гирь).



Чтобы определить вес какого-либо продукта, товара, еще в XI-XII вв. употребляли различные весы с равноплечным и неравноплечным коромыслом. Для больших грузов это обычно были неравноплечные весы значительной грузоподъемности, из которых особенное распространение получил пуд (нудный ремень), представлявший собой разновидность большого безмена. Для точного взвешивания мелких грузов (золота, серебра, монет) применялись равноплечные весы (двухчашечные). Для большой точности взвешиваний в XVI в., как правило, использовались терези (коромысловые равноплечные весы). Контари (весы с неподвижной точкой опоры и одной подвижной гирей) широко применяли при взвешивании больших грузов, особенно тогда, когда особой точности не требовалось, например, при загрузке речных судов, подвод и саней.

Новоторговый устав 1667 года, предусматривавший в необходимых случаях употребление контарей, в то же время запрещал использование их при купле и продаже: «На соляных и на рыбных судах и на паузках быть контарям. Для извозчиков и для всякой сметы без них быть невозможно, а в продаже на те контари ничего не весить».

Для определения веса небольших грузов обычно употреблялись безмены. Особенно они были распространены в домашнем обиходе. Новоторговым уставом разрешалось пользование безменами при взвешивании до трех пудов (для личных нужд, но не для продажи).

На гостиных дворах, в таможенных, при воеводских избах и пр. были устроены важни, т.е. помещения с весоизмерительными приборами и надлежащим набором гирь. Например, относительно важни Псковской таможи известно, что в ней в последней четверти XVI в. имелись терези и трое контарей («два контаря весчих больших, чем соль весят, да контарь меньший»), а также разные гири медные, железные и каменные с железными кольцами в общем на 79 пудов.

Но, естественно, так была оснащена важня крупного существовавшего уже сотни лет города, который издавна вел большую внешнюю и внутреннюю торговлю. Новые же места оснащали весовым оборудованием постепенно, так что первоначально там, как правило, взвешивались лишь сравнительно небольшие грузы.

Вместе с тем в то время, особенно в торговле продовольствием, широко применялись и оценки «на глаз». Это поражало приезжавших в Москву иностранцев, и они давали этому свое объяснение. Так, еще в середине XV в. венецианский путешественник дипломат Барбаро писал о Москве: «Изобилие в хлебе и мясе так здесь велико, что говядину продают не на вес, а по глазомеру».

К глазомерным оценкам прибегали даже официальные лица, например, когда дело касалось перевозимой на речных судах соли или для того, чтобы ускорить передвижение товаров.

Однако в любом случае взвешивание товара все же проводилось: «По указу великих государей... ведено соль весить и мерять в Астрахани таможенному ларшенному целовальнику, а у соляных озер весить и мерять для мотчанья (т. е. во избежание задержки) не велено».

До XVI в. господствовала (особенно в вост. Руси) одна система меры сыпучих тел – система кади, бочки или окова. В Новгороде Великом с XV и XVI вв. была своя система – *коробья*, имевшая большое значение для древнерусской истории: в ней и ее подразделения дошли до нас главные данные, касающиеся быта русских землевладельцев и крестьян в конце XV в. Подразделения ее: четверти (четки) и четверники, полукоробья, полчетки, полчетверники.

Коробья были собственно мерою для зерновых хлебов. Для соли, иногда и для ржи, начиная с XVI в. делаются известными еще рогозина или рогожа, мех, пошев и бекаръ (мелкая новгородская единица для соли). В Двинской земле обычною мерою для хлеба и соли был пуз, равный в XVII в. 1/4 четверти или 1/2 московским пудам, а в Псковской – зобница, делившаяся на два позобенья и на четыре четвертки.

В Московской Руси господствующею единицею меры сыпучих тел была четверть (с половины XVI в.), но только как счетная единица; действительною основною единицею служила осмина, которая и была всюду рассылаема московским правительством. Подразделения четверти: третник, полтретник, осмина, пол-осмина, четверик, пол-четверик и т.д. В начале XVII в. эта система четверти под влиянием голода, постигшего тогда Московское государство, стала уступать новой единице – четверику, который в 1680 г. был признан образцовой мерой. Меры жидких тел в княжеском периоде истории Руси известны очень мало. В источниках упоминаются только бочки (без подразделения и указания вместимости); по данным царского периода, эти бочки делились на насадки и ведра (в Новгороде), на ведра и корцы (в Пскове), полуведра, братины, кружки (меры вина); для других жидкостей были ушаты, ведра, стопы, стаканы и чарки.

К области древней русской метрологии относятся и упоминаемые в актах счетные единицы, так называемые мануфактурные (десяток, косяк, половинка, портище, конец, копа, сугреб, связка, полица, крица, кистка и др.), сельскохозяйственные (колода, посмо, остромок, облук и мн. др.) и солеварные, получившие начало на соляных заводах (црен, сугреб, варица и др.).

С Петра I, объявившего основною единицею русских мер аршин, надзор за правильностью торговых мер и весов возлагался на бурмистров, ратуши, магистраты, воевод и особенно – на чинов полиции. При учреждении министерств заведывание этим делом вверено Министерству финансов по Департаменту торговли и мануфактур.

Система мер и весов, единообразная для всего государства, введена только в 1845 г. на основании положения, изданного 11 октября 1835 г. Одновременно с изданием этого положения особою комиссией изготовлены были из платины прототипы сажени и фунта.

Прототип фунта сделан был согласно с выведенным результатом, что российский, или английский кубический дюйм воды при температуре в 13 и  $\frac{1}{3}$  Реомюра в безвоздушном пространстве весит 368,361 доли, а объем российского фунта той же воды равен 25,019 английского кубического дюйма; фунт этот признан был совершенно равным золоченому фунту Санкт-Петербургского монетного двора, сделанному в 1747 г. и служившему с того времени основанием российской монетной системы.

В 1874 г. в ведении Департамента торговли и мануфактур учреждено было Депо образцовых мер и весов, в 1893 г. замененное Главною палатою мер и весов, которая изготовила новые прототипы аршина и фунта и выработала ряд мер к обеспечению правильности торговых мер и весов. Результатом ее работ явилось Положение о мерах и весах от 4 июня 1899 г., которым, между прочим, впервые установлено законное отношение основных единиц русских мер – аршина и фунта – к метрическим мерам и созданы специальные местные органы для выверки и периодической поверки обращающихся в торговле и промышленности мер и весов.

Согласно Положению от 4 июня 1899 г. основною единицею российских мер веса (массы) служит фунт, равняющийся 0,40951241 части международного килограмма, или 409,51241 грамма. Российский фунт содержит 96 золотников, или 32 лота, золотник – 96 долей; сорок фунтов составляют пуд.

Законные торговые гири должны иметь вес: 3, 2 и 1 пуд, 20, 10, 5, 3, 2 и 1 фунт, а для подразделений фунта: 48, 24, 12, 6, 3, 2 и 1 золотник и 48, 24, 12, 6, 3, 2 и 1 долю.

Допускаемые погрешности не должны превосходить: для пудовых гирь – трех золотников на каждый пуд; для фунтовых гирь – 10 долей на каждый фунт; для гирь менее фунта – 1 доли на каждый золотник. При взвешивании в торговле и промышленности не допускается сочетание гирь фунтовых для получения пудового, золотниковых – для получения фунтового и долевых – для получения золотникового веса.

К применению в торговле и промышленности допускаются только клейменные гири установленной формы из чугуна, железа и стали или из сплавов меди с оловом (бронзы) и с цинком (латуни) или же из стекла.

На каждой гире должен быть означен вес ее. Весы, применяемые в торговле и промышленности, должны быть снабжены клеймами, и иметь равноплечные коромысла из железа или стали или из сплавов меди (бронзы и латуни) или алюминия. На коромысле должна быть явственно обозначена наибольшая нагрузка, для которой весы предназначаются.

Максимальная погрешность, допускаемая для весов, в два раза менее, чем для гирь, соответствующих их наибольшей нагрузке. Из безменов допускаются к клеймению и к употреблению разновесами только неравноплечные рычаги с перемещающейся гирей. Пружинные весы запрещены.

Единицею мер сыпучих тел является гарнец, который вмещает 8 фунтов (по весу в безвоздушном пространстве) перегнанной и затем совершенно очищенной воды при температуре в  $16 \frac{1}{3}$  по стоградусному международному водородному термометру. Восемь гарнцев составляют четверик (меру), а восемь четвериков – четверть.

К употреблению в торговле допускаются лишь клейменные меры емкостью в четверть, осьмину (половина четверти), полуосьмину (два четверика), четверик, гарнец и полугарнец. Меры эти должны представлять внутри или форму прямых цилиндров с диаметром, равным их высоте, или форму кубическую; они выделываются из жестких металлических листов или из дерева, но деревянные должны быть снабжены сверху и с боков плотно охватывающими их металлическими обручами, причем поверительные клейма налагаются как на верхний обруч, так и внутри меры, на дне ее; снаружи меры должна быть означена емкость ее.

Единицею мер объема жидкостей служит ведро, вмещающее 30 фунтов воды, взвешенной при тех же условиях, какие установлены для определения единицы мер сыпучих тел. Подразделения ведра: штоф или кружка, составляющая  $\frac{1}{10}$  ведра; полуштоф или водочная или пивная бутылка =  $\frac{1}{20}$  ведра; винная бутылка =  $\frac{1}{16}$  ведра; чарка =  $\frac{1}{100}$  ведра; шкалик (получарка) =  $\frac{1}{200}$  ведра.

К клеймению и употреблению в торговле допускаются лишь следующие меры: ведро,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{16}$ ,  $\frac{1}{20}$ ,  $\frac{1}{32}$ ,  $\frac{1}{40}$ ,  $\frac{1}{100}$  и  $\frac{1}{200}$  ведра. Погрешность, допускаемая для мер питейных и сыпучих тел, не должна превышать их вместимости.

Законные меры объема жидкостей должны быть изготовлены из металла или стекла и представлять в горизонтальном сечении круглую форму. Металлические питейные меры должны суживаться кверху; стеклянные должны быть с узким горлом и чертою, означающей объем жидкости. На наружной стороне каждой меры указывается вместимость ее и помещается поверительное клеймо.

Основною единицею линейных мер является аршин, равняющийся 28 английским дюймам, или 0,711200 части международного метра, или 71,12 сантиметра. Российский аршин содержит 16 вершков, или 28 дюймов; дюйм – 10 линий или 100 точек. Три аршина составляют сажень, или 7 футов; пятьсот сажен составляют одну версту.

К применению в торговле и промышленности допускаются линейные меры в форме прямоугольных жестких брусков, металлические или деревянные, снабженные металлическими наконечниками, длиною в одну

сажень, один аршин и один фут; на этих мерах могут быть нанесены подразделения как законные (аршин, фут, дюйм, линия, точка, а равно подразделения сажени по десятичной системе), так и другие, принятые в промышленности, но правительственной выверке подлежат лишь деления, установленные законом.

Допускаемая погрешность не должна превосходить: для линейных мер деревянных – одной линии на каждый аршин всей длины меры; для линейных мер металлических – 5 точек на каждый аршин всей длины; для подразделений, нарезанных на линейных мерах, – в два раза более, чем для всей длины линейной меры.

Для измерения земли могут применяться клейменные металлические ленты и мерные цепи длиной в 5 и 10 сажень с подразделениями, приготовленные из железа, стали или медных сплавов и выделанные из круглой проволоки диаметром не менее  $\frac{1}{4}$  дюйма, с кольцами на каждом конце, центр которых означает длину цепи, и с подвесами – для обозначения подразделений.

Погрешность, допускаемая для землемерных цепей и стальных землемерных лент, не должна превосходить 5 линий на каждую сажень длины, а для подразделений допускается погрешность в два раза больше.

Другие мерные металлические ленты, равно как складные линейные меры, допускаются к клеймению, но применяемы могут быть только для учета при постройках на заводах и фабриках; употребление таких мер при продаже товаров на базарах, в лавках и т.п. запрещено. Для измерения площадей служат квадраты или произведения двух линейных мер; для измерения поверхности земли применяется десятина, равняющаяся 2400 кв. сажений.

Для измерения объемов тел служат кубы или произведения трех линейных мер. Лесные материалы и изделия могут быть приготовляемы для заграничного отпуска теми иностранными мерами, какие приняты в лесной торговле. Наконец, Положением от 4 июня 1899 г. разрешено во всякого рода сделках и договорах по взаимному соглашению контрагентов применять в России и метрические меры; равным образом и правительственным, и общественным учреждениям предоставлено внести метрические меры в свои сметы и вообще во весь свой хозяйственный обиход.

Употребление метрических мер получило в России значительное распространение, особенно в сфере крупной промышленности и внешней торговли. Так, например, изданный постоянной совещательной конторой железозаводчиков «нормальный сортамент» установлен не в дюймах, а в миллиметрах; по распоряжению правительства аптеки перешли от нюрнбергского фунта на килограммы.

Общее заведование мерами и весами в России возлагалось на Министерство финансов по Департаменту торговли и мануфактур, при котором состоит в Санкт-Петербурге Главная палата мер и весов.

К числу важнейших функций палаты принадлежат: испытание и выверка специальных измерительных приборов, служащих для определения температуры, силы света, а также пурок, манометров, динамометров, водомеров, камертонов и т.п., за исключением специальных приборов, служащих для учета акциза; хранение прототипов фунта и аршина и их основных копий, а также их сличение. Прототип фунта (образцовый фунт), согласованный с платиновым образцом 1835 г., изготовлен из иридной платины. Прототип аршина (образцовый нарезной аршин) изготовлен из того же материала.

Образцовые фунт и аршин хранятся в Главной палате мер и весов и применяются для сличения лишь под личным наблюдением управляющего палатой. Кроме того, имеются по две основные копии фунта и аршина, изготовленные из иридной платины одновременно с прототипами и носящие: одни – знаки короны и 1894 г., а другие – государственного герба и 1897 г.

Копии с обозначением короны хранятся замурованными, в железном ящике, в стене здания Правительства Сената в Санкт-Петербурге; копии с обозначением государственного герба сохраняются в Главной палате мер и весов и служат для главнейших поверок. Наконец, особые основные копии фунта и аршина, со знаками герба Московской губернии, должны храниться в железном ящике под стеклом, за печатями Главной палаты, в Московской Оружейной палате. Основные копии с обозначением короны и государственного герба через каждые 10 лет (от 1900 г.) в мае месяце сличаются в Главной палате мер и весов с прототипами.

Через каждые 25 лет в Главной палате производится сличение прототипов с точными вновь сличенными копиями международных килограмма и метра и с хранящимися в Москве копиями прототипов.

Местными органами для выверки и клеймения торговых мер и весов являются «поверочные палатки», учреждаемые в различных местностях Империи при правительственных, земских, городских и железнодорожных управлениях, учено-технических обществах и музеях, учебных заведениях и т.п. установлениях.

Поверочные палатки состоят из доверителей, назначаемых Департаментом торговли и мануфактур из лиц, выдержавших при Главной палате мер и весов особые испытания в знании метрологических приемов.

Одним из важнейших нововведений Положения от 4 июня 1899 г. является правило, в силу которого торговые меры и весы подлежат через каждые три года повторительной поверке и новому клеймению, для чего

поверители и другие чины финансового ведомства командировются в населенные места приписанного к поверочной палатке района.

Наряду с этим усилен надзор за правильностью применяемых в торговле и промышленности мер и весов. Местные органы промыслового надзора при посещении торгово-промышленных заведений проверяют наличие клейм и время клеймения мер и весов, находящихся в этих заведениях. Губернаторам, казенным палатам и городским думам предоставлено назначать внезапные ревизии мер и весов в торгово-промышленных заведениях.

Управляющему Главною палатою мер и весов, помимо ревизования поверочных палаток, поставлено в обязанность лично или через своего помощника и старших и младших инспекторов Главной палаты производить внезапные ревизии мер и весов, применяемых в казенных учреждениях, на почтовых и железнодорожных станциях, заводах, фабриках и в торговых и промышленных заведениях. Ревизия мер и весов и составление приглашаемыми в случае надобности чинами полиции протоколов для привлечения к судебной ответственности лиц, у которых найдены незаконные меры и весы, не должны препятствовать производству торговли или работе в промышленных заведениях. Положение о мерах и весах от 4 июня 1899 г. вступает в силу с 1 января 1900 г. по мере открытия поверочных палаток, их предполагается открыть в течение 1900-1901 гг. десять.

Рядом с общими русскими мерами в народном обиходе, особенно на окраинах, донныне сохраняются различные старинные меры местного происхождения...

Однако началом узаконивания отечественной системы единиц величин стало введение в 1845 году Положения о мерах и весах. Первая часть Положения «О коренных основаниях российской метрической системы и принятых по сему предмету распорядительных мерах» устанавливала в качестве образцов русских мер изготовленные к тому времени платиновую сажень и платиновый фунт.

На основании этих образцов было изготовлено «полное собрание образцов российских мер длины, емкости, жидких и сыпучих тел и веса», предназначенных «для всегдашней поверки». Копии этих образцов были разосланы во все губернии и области, где они должны были храниться в ведении казенных палат и экспедиций, в денежных кладовых.

Для хранения эталонов и поверки по ним используемых мер было учреждено Депо образцовых мер и весов, помещение для которого было построено в 1841 году в Петропавловской крепости. В 1879 году для него было сооружено новое здание (входящее ныне в комплекс Всероссийского научно-исследовательского института метрологии имени Д.И. Менделеева).

В 1892 году Депо образцовых мер и весов возглавил Д.И. Менделеев, а в 1893 году он преобразовал его в Главную палату мер и весов. Палата стала первым в России научно-исследовательским метрологическим учреждением.

В июне 1899 года в России был принят подготовленный ученым закон о мерах и весах, положивший начало организации разветвленной государственной поверочной службы. В соответствии с ним была введена новая система российских мер и весов. Основными единицами в ней являлись: единица массы – фунт; единица длины – аршин; единица времени – сутки.

Устанавливалось также соотношение между аршином и метром, фунтом и килограммом. В различных местностях были учреждены поверочные палатки для поверки и клеймения применяемых в торговле и промышленности мер и весов.

Узаконила метрическую систему мер в качестве единой и общеобязательной советская власть своим декретом от 14 сентября 1918 года. 6 июня 1924 года было утверждено Положение о мерах и весах СССР. Положение исходило из Международной метрической системы мер с ее основными единицами: метр – единица длины, килограмм – единица массы, а также вводило и третью единицу – сутки, равные 24 часам по среднему солнечному времени, – единицу времени.

Нынешняя отечественная система измерений является составной частью международной. Выпуск качественной конкурентоспособной продукции невозможен без строго контроля ее характеристик на всех этапах производства.

Кроме того, при продажах требуется подтверждать соответствие показателей качества, заявленных изготовителем. Для этого используют единообразные методы и средства измерений, обеспечивающие идентичность результатов контроля.

Такой подход к проведению измерений и называется обеспечением их единства. Без точных гирь и весов, к примеру, невозможны торговля и перевозки. Производство и строительство невозможны без стандартизации и унификации комплектующих деталей и материалов.

Единство измерений обеспечивает также надежность функционирования сложных производственно-технологических систем в энергетике, на транспорте, в средствах связи. Так, только при производстве и испытаниях атомной подводной лодки используется свыше 90 специальных эталонов.

На 18.06.2012 года в России насчитывается 150 государственных первичных эталонов. Это уникальные меры, обладающие наивысшей достижимой на сегодня точностью. Кроме того, в стране имеется около 1 миллиарда единиц средств измерений, подлежащих периодической поверке. В этих целях была создана солидная база копий первичных государственных



эталонов – вторичных эталонов. Такая организация эталонной базы позволяет обеспечивать своевременную поверку всего множества рабочих средств измерений, их международное единство, которое Россия поддерживает уже более сотни лет.

## 1. Меры длины

Как только человек стал заниматься регулярной хозяйственной деятельностью, сеять хлеб, строить себе жилища, мастерить орудия труда, изготавливать на обмен какие-то изделия, он непроизвольно начал обращаться к мерам длины: шагами или ступнями обмерял земельный участок, ладонями или пальцами определял необходимую толщину или длину строительного материала. То есть наши предки делали то, что мы делаем сейчас, когда под рукой не оказывается необходимого мерительного инструмента. Вместе с тем каждый народ использовал в этих целях и свои собственные, присущие только ему способы измерения, которые впоследствии совершенствовались и с развитием производства, торговли признавались на государственном уровне едиными для употребления в хозяйственной жизни мерами.

Большинство наименований древних мер длины, использовавшихся в нашей стране, являются исконно русскими. Довольно часто они совпадают с названиями орудий труда (коса, весло, топорище), конкретных действий, направленных на достижение определённых результатов (перестрел, гон, верста), а также с названиями частей человеческого тела, их движений. Это наиболее удобные измерители в любом трудовом процессе (локоть, ладонь, палец, пядь, стопа, шаг и т.п.). Отсюда такая широкая, полная разнообразия и хозяйственного смысла палитра русских линейных мер.

**Аршин.** Аршин как мера длины появляется в русских литературных источниках с середины XVI в. Его название иногда связывают с персидским словом «араш» – локоть (длина всей вытянутой руки от плечевого сустава до концевой фаланги среднего пальца). Так, в одном из древних описаний Храма на скале в Иерусалиме сказано, что длина одной из восьми его сторон была равна 33 арашам. Храм сохранился до наших дней. Известно, что длина его стены равна 20,4 метра. Получается, что араш был равен почти 62 сантиметрам.

Иногда считают, что название это происходит от турецкого агат – долгий локоть – меры, применявшейся при измерении шелковых тканей.

Аршин упоминается в русских грамотах 1565, 1584, 1587 гг. Очень долго никто не знал, чему же в точности должен быть равен этот аршин и с чем его надо сравнивать. Поэтому каждый человек, продавая или покупая что-нибудь, остерегался пользоваться чужим, незнакомым ему аршином, а всячески рекомендовал свою меру. Некоторые купцы, нередко ловко под-

менявшие аршины, когда переходили от покупки к продаже и обратно, имели тайный запас их – и подлиннее, и покороче.

В течение многих столетий величина аршина неоднократно менялась. Однако решающую роль в истории мер длины, и в частности аршина, сыграл Указ Павла I от 29 апреля 1797 г. «Об учреждении повсеместно в Российской империи верных весов, питейных и хлебных мер». Эти меры были определены в соответствии с английским дюймом, к которому впоследствии были «привязаны» и остальные меры. Данную работу по поручению Министерства внутренних дел, в ведение которого перешли метрологические вопросы, выполнил в начале XIX в. придворный часовой мастер англичанин Гайнам. В частности, к 1807 г. Гайнам изготовил три эталона аршина для хранения в Петербурге: хрустальный, стальной и медный. Основанием для определения их величины послужили, как уже говорилось, английские меры – в аршине 28 английских дюймов.

Эталоны были утверждены Александром I и переданы на хранение в Министерство внутренних дел. Для отправки в каждую губернию Гайнам сделал 52 медных четырехгранных аршина. Затем предстояло перейти к изготовлению «обыкновенных», или «общенародных», аршинов, предназначенных для общего употребления. Для этих целей в 1811 г. в Петербурге была учреждена специальная казенная фабрика. Но работа эта затянулась.

В феврале 1824 г. вышел Указ Сената, который устанавливал окончательный срок замены старых аршинов новыми во всех губерниях, исключая Сибирь, к октябрю 1824 г., и запрещал производство и продажу других аршинов, кроме изготовленных Петербургской фабрикой.

Аршин в соответствии с Законом 1899 г. стал основной единицей линейных мер в дореволюционной России.

Аршин равнялся 16 вершкам – 71,12 см, 0,7112 м.

**Верста.** Верста – старейшая русская мера длины. В качестве путевой меры вдоль оживленных трасс обычно ставились верстовые столбы. По ним можно было «верстать», «зачислять» преодоленное расстояние. Царь Алексей Михайлович, царствовавший с 1645 по 1676 г., повелел расставить вдоль дороги от Москвы (Калужской заставы) до своего летнего дворца в селе Коломенском столбы на расстоянии 700 саженей друг от друга. Столбы эти были высокие – в 2 сажени (1 сажень = 3 аршина. 2,133 м). Отсюда «коломенская верста» – «верзила» – ироничное название очень высокого человека.

Часть ученых считает, что верста связана также со словом «вертеть». Это расстояние от одного поворота плуга до другого во время пахоты. Фактически оно равнялось длине борозды. Верста упоминается еще в летописях 1097 г. Как мера длины претерпела значительную эволюцию. Верста в 500 саженей считалась путевой, а версту в 1000 саженей широко употребляли в качестве межевой меры.

Интересно, что в 80-е годы XVIII в. верстовые столбы разместили вдоль всей громадной дороги от Москвы до Тобольска.

**Вершок.** Самая малая мера длины русской обиходной системы. Встречается в текстах начиная с XVI в. Наименование «вершок» происходит от слова «верх» (верх перста, т.е. пальца). Как говорилось во вступительной статье, с вершком связана одна из загадок русского счета. Часто в художественной литературе можно было прочесть о высоких людях, что они росту... в несколько вершков?!

Все дело в том, что в старину рост человека определялся сверх как бы обязательных для нормального человека двух аршин. Все эти вершки нужно было прибавлять к 1 м 42 см. Тогда всё становится на своё место...

Вершок равен 1/16 аршина, 4, 445 см. Одна верста путевая равна 500 саженям, 1500 аршинам, 1,067 км.

**Волок.** Под волоком понимают «дневной переход охотника на лыжах», расстояние между двумя деревнями, перегон на гужевой дороге. Эта мера обычно использовалась в северных областях и в Сибири. Восходит к первичному значению слова «волок» – пространство между двумя реками, где нужно перетаскивать лодки и груз волоком.

Волок приблизительно равен 30-40 км.

**Гак.** Довольно приблизительная единица измерения. Ею фактически можно обозначать самые разные расстояния. В одном гаке может быть от пяти до ста километров. В некоторых русских исторических памятниках XVI-XVII вв. под словом «гак» подразумевался железный крюк, на котором взвешивалась пойманная рыба. Вес этого крюка являлся своеобразной добавкой, своего рода излишком к чистому весу рыбы.

Затем слово это начинает употребляться более широко, обозначая не только излишек веса, но и излишек расстояния и времени. Поэтому иногда делается вывод, что гак – это просто крюк, который приходится давать, если нет прямого пути. Можно сказать, что гак это своего рода память о тех «крюках», которые приходилось делать нашим предкам, если не было нормальной дороги.

Есть и другие объяснения происхождения этого слова.

**Гон.** Этой мерой обычно определялось расстояние, которое лошадь в сохе проходит без передышки, а также длина пашенной полосы или протяженность покоса, проходимые пахарем или косцом без отдыха. Гон, перегон или упряжка – расстояние, которое может пройти лошадь без дополнительного кормления. В некоторых местностях гонами называли станции, где содержались почтовые земские лошади. В ходу было и понятие «гона» – путь в одну версту. В русском языке встречаются и другие толкования слова «гон».

**Длань** (ладонь). Мера длины для обозначения размера, равного ширине ладони.

**Дюйм.** Дюйм – от нидерландского duim – большой палец. Эта мера введена в России Петром I в самом начале XVIII века. Сегодня под дюймом чаще всего понимают английский дюйм, равный 2,54 см.

Обычно считается, что дюйм изначально был определен как длина верхней фаланги большого пальца. Согласно другим версиям, дюйм составлял 1/36 часть ярда, который в свою очередь был установлен как расстояние между кончиком носа и большим пальцем вытянутой вперед руки короля Англии Генриха I (иногда считают, что длиной в ярд был его меч). Еще одно предание связывает определение дюйма с длиной трех ячменных зерен.

В России наиболее известны английский дюйм и французский дюйм. Первый чаще применяется в науке и технике, второй – в типографике (графическое оформление печатного текста посредством набора и верстки).

После перехода на метрическую систему дюймы как таковые оказались забытыми и применялись ограниченно. В последние годы дюймы стали в русском языке применяться чаще. В частности, в них выражается размер различных компьютерных деталей, узлов и принадлежностей.

**Лапоть.** Лапоть – линейная мера, равная длине ступни. Лапоть также относится к мерам длины, связанным с антропометрическими измерителями (размах рук, ширина ладони или кулака, толщина пальца и т.д.). Представляет собой линейную меру, равную длине ступни. В народной практике она применялась при измерении небольших расстояний, прежде всего при разделе земли, покосов, при посадке растений. Да и сейчас на садовых участках небольшие грядки под овощи нередко определяются дачниками именно таким способом – ступнёй.

**Линия.** Единица измерения малых длин, широко применявшаяся во многих странах до введения в них метрической системы мер. Так, в России линия равнялась 1/10 дюйма, 2,54 мм. Для сравнения: в других странах, к примеру в Великобритании, она составляла 1/12 дюйма, 2,1167 мм; Нидерландах – 2,144 мм. В России такая малая мера находила довольно широкое применение. Ломоносов М.В., например, выражал размеры не только в линиях, но даже в ее долях в научно-исследовательских работах: «диаметр одного шара был 18 линий, полости –  $5 \frac{2}{3}$  линии, толщина ледяной корки – 1 линия; диаметр второго – 17 линий, полости –  $\frac{1}{2}$  линии, толщина ледяной корки –  $\frac{3}{4}$  линии».

Применение линии в производстве способствовало повышению точности измерений. Например, в часовой промышленности многих стран до сих пор применяется швейцарская линия, равная 2,0833 мм.

От линии произошло название «трехлинейная винтовка». Это была винтовка калибра 7,62 мм ( $2,54 \times 3 = 7,62$ ). Обычно ее называют «трехлинейка».

**Локоть.** Это расстояние от локтевого сустава до конца вытянутого среднего пальца. Локоть принадлежит к числу древнейших мер длины,

применявшихся во многих странах. Имел несколько значений – неполный локоть, двухладонный локоть, большой локоть. Размер локтя колебался от 38 до 46 см. Некоторые основания для определения такого размера содержатся в «Житии и хождении игумена Даниила». Описывая святыни Палестины, игумен останавливается, в частности, на Гробе Господнем, и называет его размеры в локтях. Указание на локоть как меру длины в Древнерусском государстве имеется в «Русской правде». Например, ст. 91 Троицкого списка указывает, что мостник (лицо, занимающееся постройкой мостов) получает плату за свою работу от 10 локтей, т.е. оплата производилась сдельно, в зависимости от длины моста, которая измерялась локтями.

Эта мера широко использовалась в торговле, особенно в розничной торговле холстом, полотном, иноземными сукнами. Длина древнерусского локтя равнялась примерно 10 вершкам, или 46 см.

**Миля.** Заимствована из западноевропейских путевых мер, очень разных по содержанию, имеющих, однако, одно и то же название, восходящее к римской мере (*milia passuum* – тысяча двойных римских шагов). Использовалась как единица измерения больших расстояний. У нас весьма употребительно такое выражение: «Хозяйство развивается семимильными шагами».

В странах с неметрической системой миля употребляется до сих пор. Так, в Великобритании лондонская или обыкновенная миля = 5000 футов, 1,524 км. Старинная русская миля равна семи верстам, или 7,468 км. Морская миля – условная путевая мера для измерения морских расстояний, равная средней длине одной минуты дуги земного меридиана – 1852 км.

**Ноготь.** Эта единица измерения использовалась для определения незначительных расстояний и величин. Выражения «с ноготь», «на ноготь» употребляются в переносном значении как «очень маленький», «незначительный». Интересно, что у рыбаков на Волхове и Ильмене понятие «ноготь» применялось для измерения ячеек сети.

**Поприще.** Считается, что это синоним старинной версты. О том, что они находятся почти в равном соотношении, свидетельствует сравнение параллельных летописных сообщений. Но есть и другие толкования этого понятия. В Ипатьевской летописи сообщается, что в 1167 г. смоляне начали встречать князя Ростислава за 300 поприщ от города, а в Воскресенском списке той же летописи – за 300 верст. Для ускорения описей земли Ермолай-Еразм (идеолог реформ царя Иоанна Васильевича, священник московской дворцовой церкви Спаса на Бору) предложил пользоваться не четвертью, а гораздо более крупной единицей – «четверогранным поприщем», под которым подразумевалась квадратная площадь как со стороны в 1000-саженную версту, так и меньшая в 3 и 3 1/3 раза.

**Пядь.** Простота и удобство способа измерения пяденью (так иногда называли пядь) – растянутой кистью руки, было причиной широкого рас-

пространения этой меры в быту у разных народов. Описывая камень, в котором был укреплен крест в Иерусалиме, игумен Даниил говорит: «А посреди того камня, на самом верху, высечена скважина локтя два глубиной, в ширину меньше пяди, круглая...».

Это слово у наших предков означало «кисть руки» и, по-видимому, произошло от общего корня со словом «пять». В пользу такого предположения свидетельствует слово «пятерня» – наименование кисти руки, исходившее из наличия на ней пяти пальцев. Пядь упоминается в описаниях путешествий XII-XVI вв. Значение ее (180-190 мм) было определено по этим источникам.

Различают пядь малую – равна расстоянию от конца большого пальца до конца указательного (составляет около 18 см) и пядь великую (большую) – расстояние от конца большого пальца до конца среднего или мизинца (22-23 см). Есть и такое понятие, как «пядень с кувырком». С прибавкой двух суставов указательного пальца она составляет 5 вершков.

В народе пядь употребляли для приближенного определения небольших длин. В частности, для измерения толщины снежного покрова и даже для определения размера икон (отсюда название иконы – «пядница», т.е. величиной в одну пядь).

Пядь составляет примерно 1/4 аршина, 18-19 см.

**Сажень.** Происходит от старославянского слова «сягать» (от которого получили начало сохранившиеся до настоящего времени производные – «досыгать», «досыгаемый»). Эта мера длины упоминается еще в «Слове о зачале Киево-Печерского монастыря» летописца Нестора, где в записи от 1017 г. сообщается, что инок Илларион «ископа себе печерку малу дву сажень». Существовали саженные «линейки», мерные веревки, длина которых была кратна сажени.

Как мера длины сажень широко использовалась практически во всех хозяйственных сферах. Широкое применение получила преимущественно при измерении расстояний и в строительстве. Так, у игумена Даниила в описании его хождения в Палестину читаем: «От тоя церкви до гроба Лазарева сажень 12». Сажень приблизительно равна размаху рук взрослого мужчины.

Саженей в практической русской метрологии было много. К примеру, была сажень казенная (217,6 см), народная (176), малая (142,4), греческая (230,4), церковная (186,4), великая (244), царская (197,4 см). В источниках встречаются также маховая сажень в 176 см и косая сажень. Косой стала называться сажень в 248 см. В XIV-XV вв. осуществился переход через сажень в 180 см к сажени в 216 см. В 1833 г. под руководством академика Купфера были изготовлены прототипы (эталон) сажени – платиновая и железная. Первая получила название платиновой сажени Купфера, или

главной государственной образцовой сажени, вторая – железной сажени Комиссии 1833 г. Образцы были узаконены в 1835 г.

Одна сажень равна трем аршинам – 2,133 м, сажень морская – 1,83 м.

**Стадий.** Одна из самых древних единиц. Обозначала путь, который, идя спокойным шагом, можно преодолеть, пока солнце, начиная от нижней кромки своего диска, окончательно не скроется за горизонтом. Конечно, это не постоянная величина, так как шаги у людей разные. Например, римский стадий колебался от 185 до 195 метров, греческий олимпийский стадий равнялся приблизительно 178 метрам.

Вавилонский стадий, откуда он родом (Древний Вавилон), определялся как длина в 190,8-194,4 метра.

**Фут.** Старая русская мера длины. Русский фут равен английскому футу,  $1/7$  сажени, 12 дюймам, 0,3048 м. Эта единица произошла от естественной меры – длины человеческой стопы (англ. foot – стопа). В ряде стран фут имеет своё измерение. Так, в Аргентине он равен 0,2889 м, в Бельгии – 0,3248 м, в Голландии – 0,28316 м, в Парагвае – 0,2887 м и т.д. Футом называлась также линейка с обозначенной выше длиной и нанесенными на ней дюймовыми делениями.

Всем хорошо известно выражение: «Семь футов под килем». Это пожелание счастливого плавания, успеха в делах.

Равняется 12 дюймам, 0,3048 м.

**Четверть.** Четвертая доля чего-то: десятины, рубля, версты, пуда. Как мера длины широкое распространение получила в XVI–XVII вв. Аршинная четверть (около 18 см) сохранялась в сельской местности вплоть до Октябрьской революции 1917 г. Равнялась  $1/4$  сажени, затем  $1/4$  аршина, 4 вершкам, 18 см.

**Шаг.** Одна из древнейших мер длины в различных странах. Определяется как расстояние между стопами ног при движении. В России шаг считался в аршинах.

В некоторых местностях крестьяне считали его в  $1/4$  аршина, по два шага на маховую сажень. Расстояние, измеренное шагами, называлось шагомерным. Как мера длины шаг используется и в настоящее время. Есть даже специальный прибор – шагомер. Средняя длина человеческого шага составляет приблизительно 71 см (1 аршин).

Очень часто понятие «шаг» используется в литературе как относительная мера каких-то жизненных достижений или предостережений от чего-то.

#### Меры длины

1 аршин = 28 дюймам = 16 вершкам = 711,2 мм

1 верста = 500 сажням = 1500 аршинам = 3500 футам = 1066,8 м

1 вершок =  $1/4$  дюйма = 44,45 мм

1 дюйм = 10 линиям = 100 точкам = 25,4 мм  
1 линия = 10 точкам = 2,54 мм  
1 локоть (XVI-XVII вв.) = примерно 10 вершкам – 46 см  
1 миля = 7 верстам = 7.468 км  
1 сажень = 3 аршинам = 7 футам = 2,1336 м  
Косая сажень = 2,48 м  
Маховая сажень = 1,76 м  
1 пядь (XIV-XV в.) = 18-19 см  
1 точка = 0,254 мм  
1 четверть (аршина) (XVI-XVII вв.) = 4 вершкам = 18 см (заменила пядь)  
1 фут = 12 дюймам = 304,8 мм

Основные линейные единицы в метрической системе

1 аршин = 0,7112 м  
1 верста = 1,0668 км  
1 вершок = 0,0445 м  
1 дюйм = 25,4 мм  
1 сажень = 2,1336 м  
1 фут = 0,3048 м

## 2. Меры площади

Меры площади в основном применялись для сугубо практических целей – определения размеров земельных участков, податного обложения. В Киевской Руси, например, меры площади появились как чисто условные единицы для сбора податей: дом (семья), дым, рало, соха, обжа. Они характеризовали рабочую силу или сельскохозяйственный инвентарь. Это были меры, в основе которых лежали трудовые возможности.

В разных регионах были и свои меры определения размеров земельной площади, в частности посева, урожайной площади, площади обрабатываемой земли.

При изучении мер площади (поверхности) в Московском государстве встречаемся с так называемым сошным письмом, т.е. переписью населения и его земельных угодий. Когда появилось сошное письмо, точно неизвестно. Его происхождение иногда связывают с теми переписями населения, которые производились монголами во время их владычества для выяснения количества налогообеспособного населения.

Более точные сведения о системе сошного письма имеются в «Книге сошного письма 7137 (1629) года», которая стала важным источником древнерусских поземельных мер. Это было своего рода руководство для писцов, отправляемых для составления писцовых книг – древнерусских кадастров.



Писцы должны были знать существующие поземельные меры и уметь ими пользоваться на практике. Чтобы упростить определение площади земель разного качества в крупных объектах измерения, писцам-землемерам предлагалось иметь три веревки: «Надобно и веревщику держать три верви вытных: одна на добрую землю, одна на среднюю, а третья на худую землю: и, по земле смотря, какова земля, такова и вервь мерити».

**Выть.** Выть – земельная мера, ориентировочно равная 19 десятинам 2010 сажням. Во 2-й половины XVI в. выть не имела определённого размера. Затем широкое распространение получила выть в 12, 14 и 16 четвертей. Как отмечается в «Книге сошного письма», в выть полагается включать «12 четвертей доброй земли в поле, 14 четвертей средней и 16 четвертей худой».

В. Даль определяет выть как новгородскую меру в 19 десятин 2010 сажней.

Выть и соху как крупные меры земельных площадей употребляли землемеры при составлении сошного письма для нужд финансовых и военно-учетных органов (учет земельных площадей, наделение земель, обложение налогами, определение размеров воинской повинности). При этом выть употребляли преимущественно для определения площадей «черных» земель, т.е. земель государственных, «черносошных» крестьян.

Фактически эта мера имела переменное и местное значение. Так, выть в некоторых местностях Архангельской губернии означала количество собираемого сена. В Шенкурском уезде, например, это 44 копны сена, а в Запечерском – 7 возов сена каждый пудов по 20. И таких примеров можно привести достаточно много.

С переходом к подушной подати в 1-й четверти XVIII в. выть была заменена новой окладной единицей – тяглом.

**Десятина.** Наиболее крупная и самая распространенная русская мера площади земельных угодий. Известна с XIV века. В «Книге сошного письма» дается следующее определение десятины: «В десятине 80 сажень длинник, поперечник 30 сажень, а дробных (т.е. квадратных) в десятине 2400». Десятина в 2400 кв. сажень (30 x 80) называлась казенной. Встречалась десятина и в 2500 кв. сажень, длина и ширина которой была по 50 сажень.

Иногда упоминается круглая десятина, стороны которой были по 55 сажень, а площадь составляла 3025 кв. сажень. В «Книге сошного письма» о круглой десятине говорится: «Десятина в длину 80 сажень, а поперег 30 сажень, итого 110 сажень, и ты раздели надвое пополам по 55 сажень, длиннику и поперег равно, и то станет круглая десятина». Была также десятина хозяйственная косая, равная 3200 кв. сажням (40 x 80). Казенная десятина в переводе на метрическую систему равнялась 10 925 кв. метрам, или 1,0925 гектарам. С 1927 г. применение десятины было прекращено.

**Копна.** С помощью этой меры оценивали площадь сенокосных участков. Обычно считалось, что с десятины собирается 10 копен сена. Определение размера копны встречается в источниках очень редко. Так, 28 ноября 1644 г. Федор Петрович Строганов в своей челобитной о вызове к суду приказчиков Чусовской вотчины его двоюродного брата Дмитрия Андреевича, вспоминая о разделе земли между своим отцом и дядей, писал: «И по разделу досталось отцу моему Петру и мне... сена ставить на Симакину лугу по вся годы по сту копен. А копнам мера – вверх через копну 2 сажени с аршином, а кругом 3 сажени».

**Обжа.** Через обжу определялась площадь обрабатываемой земли – сколько человек с лошадей вспашет за день. Это была также фискальная единица, употреблявшаяся в основном в Новгороде. «Трудовой» характер мер обжи и сохи, их соотношение видны из ответа новгородцев на запрос Ивана III в 1478 г.: «Три обжи – соха, а обжа – 1 человек на 1 лошади орет (т.е. пашет); а менее кто на 3 лошадях и сам третий орет, ино то соха».

Соответствующие меры по определению площадей для налогообложения издавна применялись также и в других государствах. Величина обжи могла быть разной. Со второй половины XVIII века под ней, как правило, понималась земельная площадь от 5 десятин и более.

**Осьмина.** Происхождение названия связано с мерой сыпучих тел. Осьмина делилась на 2 полосьмины, или на 4 четверика. В полосьмине соответственно было 2 четверика. Вообще-то осьмина – это осьмая (восьмая) часть чего-то. К примеру, три осьмых, пять осьмых, три доли, пять долей из осьми равных.

Осьмуха, осьмушка – осьмая доля какой-то меры, будь-то меры веса или объема.

**Соха.** Под единицей измерения «соха» понималась площадь земли, которую вспахивают за один световой день три человека на трех лошадях. В XVII в. смысл этой меры изменился. Под ней стали иметь в виду единицу обложения. В соху полагалось определенное количество четвертей земли в зависимости от её принадлежности. В Московском государстве различались три основные категории земель: во-первых, частновладельческие служилые земли, т.е. земли, принадлежавшие служилым людям, – вотчины и поместья; во-вторых, частновладельческие земли, принадлежавшие духовным лицам и церкви, – земли монастырские, принадлежавшие отдельным архиерейским кафедрам, патриарху; и, наконец, в-третьих, – земли дворцовые и черные.

Каждая из этих категорий земель имела свой размер сохи. Земля по своему качеству разделялась на «добрую», «среднюю» и «худую». Для служилых земель в соху полагалось 800 четвертей доброй (т.е. хорошей, плодородной) земли в поле. В трех полях это составляло 2400 четвертей, или 1200 десятин. Средней земли в соху полагалось на служилых землях

1000 четвертей в поле, худой – по 1200 четвертей в поле. В трех полях средней земли считалось 3000 и худой 3600 четвертей, или 1500 и 1800 десятин. Для земель монастырских, церковных, архиерейских и т.д. в соху в одном поле полагалось 600 четвертей доброй земли, 700 средней, 800 худой и 900 добре худой. «Книга сошного письма 7137 года» о последнем виде земель говорит: «...а которая земля добре худа, бесплодна – 900 четвертей».

**Четверть.** Предположительно, четверть как земельная мера получила свое наименование оттого, что на такую земельную площадь высевалась четверть (мера объема) ржи.

Четверть, или четь, равнялась половине десятины. Ее площадь была 1200 или 1600 кв. сажень, в зависимости от того, как определялась площадь десятины – в 2400 или в 3200 кв. сажень, но в десятине всегда считалось 2 четверти.

Со временем четверть стала одной из доминирующих мер для пахотных земель. Благодаря конкретному содержанию земельные меры обрели вещественное, объемное значение. Они были освобождены от таких недостатков «сохи» или «обжи», как неодинаковая продолжительность светлого времени суток, работоспособность лошадей и пр. Хотя эти меры были неопределенными в геометрическом смысле и зависели во многом от качества земли и других факторов, но они были более удобными для земледельцев, так как уже имели конкретное содержание. Появилась и возможность объективнее и точнее определить размер податного обложения. Именно в четвертях исчислялось жалованье служилым людям.

#### Меры площади

Аршин квадратный = 256 кв. вершкам = 784 кв. дюймам = 0,5058 м<sup>2</sup>

1 верста квадратная = 250 тыс. кв. саженьям = 1,138 км<sup>2</sup>

1 вершок квадратный = 19,758 см<sup>2</sup>

1 десятина казенная = 2400 кв. саженьям = 10925,4 м<sup>2</sup> = 1,0925 га

1 десятина хозяйственная = 3200 кв. саженьям = 14 567 м<sup>2</sup> = 1,457 га

1 дюйм квадратный = 6,45 см<sup>2</sup>

Копна (площадь луга, с которой скашивали сено на 1 копну) в XVII в. = 0,1 десятины

1 сажень квадратная = 4,55 м<sup>2</sup>

Соха (площадь вспашки за 1 световой день 3 крестьянами на 3 лошадях) в XVII в. = 800 четвертям

1 фут квадратный = 0,093 м<sup>2</sup>

Четверть (площадь, на которой высевали четверть ржи) = 1/2 десятины = около 0,56 га

### 3. Меры веса

С развитием обмена, торговли, расширением хозяйственных связей у людей возникла надобность в точных измерениях количеств различной сельскохозяйственной продукции, продуктов питания, строительных материалов, драгоценных металлов и т.д. Конечно, сыпучие тела и жидкости проще всего было отмерять, наполняя ими сосуды определенной емкости. Но такой способ явно непригоден для твердых веществ. Естественно, возникла мысль о каком-то эквиваленте измерения по тяжести, весу. Таким своеобразным эквивалентом сыпучих и жидких тел служат меры веса. Через «тяжесть», вес они точно определяют любые объемы товаров, продуктов, необходимых не только для производства, торговли, но и в быту. Для взвешивания и определения веса использовались различные весовые устройства.

Однако цельной картины о том, как появились и развивались первые весовые меры, мы все же не имеем. В истории нашего государства мы встречаемся с этими мерами, уже узаконенными первыми юридическими документами. Причем древнерусский закон требует неукоснительного соблюдения точности веса. Весовые эталоны в древности хранились в церквях, в божницах, а духовенству еще святой князь Владимир предписывал заведование этими эталонами «без пакости, ни умалити, ни умножати, за все то дати ему ответ в день суда великого, яко же и о душах человеческих».

**Ансырь** – так называлась одна из единиц древнего русского веса. Первоначальное объяснение этой единицы находится в Торговой книге конца XVI-начала XVII в., а также в «Счетных мудростях», «Арифметике» Магницкого Л.Ф. В этих и других подобных источниках ансырь приравнивается к  $1 \frac{1}{3}$  фунта или 128 золотникам. Слово «ансырь» или «анцырь» взято скорее всего с немецкого *ganzer* (от *Hanz*) – цельный, полный, неповрежденный. По нынешним меркам он составлял первоначально 0,546 кг. В последний раз ансырь упоминается в нижегородской таможенной книге 20-х годов XVIII в.

**Батман.** Местная мера. Использовалась в некоторых случаях для взвешивания меда, например, в Нижнем Новгороде, Казани. Был батман крымский и закавказский, бухарский и оренбургский, тверской, саратовский и тамбовский. Закавказский батман, к примеру, равнялся 26 пудам, крымский капустный 18 фунтам, бухарский и оренбургский 8 пудам, тверской 1 пуду, тамбовский, как почти по всей Волге, – 10 фунтам.

В некоторых местах батман был косвенной мерой измерения поверхности, означая пространство, на котором можно высеять батман пшеницы.

**Безмен.** Этот термин встречается в «Торговой книге». Упоминается довольно редко. В «Книге расходной Туринского острога» 1622-1623 гг.

отмечается: «Куплено сала говяжья на свечи в съезжую избу семь безмен». Один безмен равнялся примерно 2,5 фунта, 1,025 кг.

Безменом называется также весоизмерительный прибор. Обычно это металлический или деревянный стержень длиной около 60 см с грузом на одном конце и крючком, чашей на цепочках – на другом. На стержне точками или насечками отмечается тот или иной заранее отградуированный вес. Деревянные безмены вырезали из березы, металлические – ковали деревенские кузнецы.

Самый старый из сохранившихся безменов в России – XI века, сделан из дерева, длиной около 41 см. Утолщенный конец безмена был заполнен оловянно-свинцовой смесью и служил противовесом. Безменом широко пользуются и сейчас, особенно в розничной торговле сельскохозяйственными продуктами на стихийных рынках, базарах.

Безменником на Руси называли скупщика льна, масла, разъезжающего по селениям.

**Берковец.** Некоторые авторы связывают это название с городом Бирки (Швеция), где в X в. велась оживленная торговля с Востоком и Западом. Эта мера веса впервые упоминается в уставной грамоте, данной в 1134-1135 гг. князем Всеволодом Мстиславичем новгородскому купеческому обществу. В ней же впервые упоминается и пуд.

Берковец употребляли в оптовой торговле в основном для взвешивания воска, который продавался крупными кусками (появилось даже выражение «берковеск вощаный»), а также иногда меда, соли и пр. Мера применялась вплоть до введения метрической системы мер. Один берковец равен 400 гривнам, 400 фунтам, 12800 лотам, 10 пудам, 163,804 кг.

**Восьмерик.** Вес, мера или предмет, содержащие в себе восемь каких-нибудь единиц, например: веревка, сплетенная из восьми прядей, куль, вмещающий восемь пудов, пачка в восемь стеариновых свечей и весом в один фунт.

Восьмерик – это также бревенчатый восьмигранный сруб. Такое сооружение распространено главным образом в церковных зданиях – деревянных (Кижский погост, например) и каменных (церковь в с. Городне Московской области, 2-я половина XVI в.). Часто восьмерик ставился на четырехугольном основании (так называемый восьмерик на четверике).

**Вощаная четверть.** В XVII в. иногда использовалась как мера веса определенных товаров, как правило, связанных с воском (отсюда и название). Вощаная четверть (при взвешивании воска) равнялась 12 пудам.

В те давние годы основная масса помещичьих и крестьянских хозяйств носила натуральный характер (обеспечивали сами себя). Затем постепенно развиваются новые хозяйства, которые стали заниматься производством всевозможной продукции для обмена на нужные им товары. Соответственно получили большее распространение и другие меры веса.

**Гран.** От латинского слова «гранум» – зерно, крупинка. В русской системе мер использовался как единица веса (массы) для лекарств и драгоценных камней, жемчужин. Широко применялся в русском аптекарском деле.

Довольно часто слово «гран» отождествляют со словом «гранить» – огранить драгоценные камни. Грановитая палата в Москве одета граненым камнем. Но это уже другое смысловое значение. Что касается псковского рубля (1434 г.), очевидно, в полтине было 117 денег, следовательно, в рубле 234 деньги; древнейшие же псковские деньги весили 13 гран (Д. Прозоровский).

**Гривна.** Происхождение слова «гривна» еще недостаточно выяснено. Одни считают, что гривна – это цена коня (от слова «грива»), другие, – что это шейное украшение – ожерелье, сделанное из монет, или металлический шейный обруч. Слово употребляется для обозначения как весовой, так и денежной единицы. Встречается в «Русской правде». Считается, что гривна была наиболее распространенной мерой веса в розничной торговле и ремеслах. Подобно пуду ее применяли также при взвешивании металлов, в частности золота и серебра. Об этом упоминается, к примеру, в договоре Смоленска с Ригою и Готландом от 1229 г.

Весовая гривна равнялась первоначально 1 фунту серебра – 96 золотникам, так называемая большая гривна. Малая гривна равнялась 48 золотникам.

В Уставной грамоте новгородского князя Всеволода Мстиславича в 1134-1135 гг. упоминается гривенка, равная, как считается, половине гривны, – 204,8 г. Такая гривна была положена в основу чеканки русских монет.

Первая весовая единица, упоминаемая в наших Летописях прежде всех других (907 г.), – это гривна... В Пскове употреблялась рублевая гривенка, коею взвешивались темьян и перец, следовательно, она была не только марочной, но и торговой весовой единицей. «Бысть (1463 г.) темьян дорог, по 60 денег «рублевая гривенка» (Д. Прозоровский).

**Доля.** Единица старой русской системы мер веса. Составляла 1/96 золотника. Деление на 96 частей связано с применявшейся в древности шестиричной системой исчисления, повлиявшей также на единицы длины, времени и некоторые другие единицы измерения. Применялась в практике монетных дворов. В бытовом смысле под долей нередко понимается «участок, пай, надел, жребий, судьба, рок...».

Дольник (дольщик) – пайщик, участник в обороте, дележе. Долить – делить на части.

**Золотник.** Первоначально это слово означало золотую монету, и именно в этом значении встречается оно в договоре 911 г. Киевского князя Олега с Византией. В чисто метрологическом смысле золотник употребляется лишь в договоре, заключенном в 1229 г. Смоленским князем

Мстиславом Ригой и Готландом. В золотниках измеряли количество чистого серебра или золота в монетах (т.н. золотниковая система проб).

Например, вещь 84-й пробы, изготовленная из серебра, содержит 84 золотника, или  $84 \times 4,3 = 361,2$  г чистого серебра в фунте сплава. Золотниковая система определения содержания драгоценных металлов просуществовала в нашей стране до 1927 г. В настоящее время пробы в России выражаются в метрической системе.

Старинная русская поговорка «Мал золотник, да дорог» напоминает о том, сколь важными могут оказаться с виду малозначащие вещи. Золотниками мерили отнюдь не простые изделия, и наказание за обвес или подделку драгоценностей из золота и серебра было суровым. Так что изначально золотники во всех значениях этого слова были дорогими – ведь надо было добиться, прежде всего, точности и одинаковости массы самих золотников. По сути же это был один из первых эталонов веса в российской истории.

**Капь.** Мера, известная с XII в., в частности, по договору Новгорода с немецкими городами и Готландом. Из этого источника следует, что капь равна 4 пудам, или 65,52 кг. Иногда капь называлась вошаным пудом, так как в основном употреблялась при торговле воском. Капью также у наших предков, древних славян, назывались идола – объемные изваяния богов и предков. От «капи» происходит название места языческих ритуалов, а именно капище. Впоследствии на месте древних капищ стали строить христианские храмы.

**Карат.** Единица веса драгоценных камней, в том числе бриллиантов, алмазов, а также золота, которую используют ювелиры всех стран, в том числе и России. Метрический карат, установленный 4-й Генеральной конференцией по мерам и весам (Париж, 1907 г.) и принятый в нашей стране с 1922 г., равен 200 мг. Один карат равен 0,0156 лота, 0,04688 золотника, 0,00049 фунта, 2 граммам, 200 мг.

*Это интересно:*

Английский карат – 205 мг.

Арабский карат (кират) – устаревшая мера веса в мусульманских странах, приблизительно равная 224 мг. Канонический кират, который чаще использовался в Ираке, был всегда равен 1/20 мискаля и состоял из 5 (канонических) или чаще из 3 хабб. Соответственно, кират весил 1/14 весового дирхама в 3,125 г, т.е. 0,2232. В Малой Азии, Египте, Сирии и Мекке 1 кират всегда был равен 1/24 мискаля – 1/16 дирхама = 4 хаббам. Соответственно в Малой Азии кират = 0,2004 г, а в Египте, Сирии и Мекке – 0,195 г.

**Контарь.** Как полагают одни авторы, данная мера татарского происхождения. Другие считают, что эта единица заимствована из Византии – из византийского кентинара. В Уставе ратных, пушечных и других дел можно

прочитать: «Контарь (центнер). Два с половиною пуда», т.е. данная мера составляла 100 фунтов.

**Контарь** – это и несоизмерительное устройство. Так, в начале XVIII в. в Астрахани существовал таможенный контарь, позволявший взвешивать грузы весом до 20-30 пудов. Был также коммерц-контарь – взвешивал до 30 пудов различных товаров. Контарями назывались и большие гири, которые употреблялись для взвешивания, в частности соли, на таможнях.

**Копейка.** Традиционно считается, что свое название копейка получила в честь всадника с копьем, изображенного на лицевой стороне монеты. В XVI в. эти монеты считались точным и общедоступным весовым эталоном из-за того, что способ производства серебряных копеечных заготовок, остававшийся неизменным до начала XVIII в., обеспечивал устойчивый средний вес выпускавшихся в обращение монет. Вес копейки составлял приблизительно 0,68 г.

Копейка использовалась в качестве мелких разновесов в торговле пряностями и другими особо редкими на местном рынке товарами. Но все же, в основном, она считается единицей денежного счёта, что и отражают толковые словари.

**Ласт.** Как самую крупную меру веса его применяли еще в XIV в. и даже ранее. Тогда он имел и другие значения. В летописных источниках можно прочитать: «В ласту приходит 90 пудов московских, а в ином меньше, а наперед того в ласту приходило до 100 пудов и по 20» (т.е. 120 пудов). Ласт употреблялся сравнительно редко. Постепенно он был вытеснен пудом.

**Литра.** Древнерусская мера веса, равная 327,4 г. Это эквивалент римской либры, византийской литры. Литра известна на Руси с X в. Одна литра примера равна 327 г.

Эта мера упоминается в договорах Олега (911 г.) и Игоря (945 г.) с греками. В литрах серебра определяли меру наказания за отдельные преступления: «Ежели кто ударит кого мечом или прибует каким-либо другим орудием, то за сие ударение или побои по закону русскому заплатит 5 литр серебра. Ежели учинивший сие не будет иметь достатка, – да отдает столько, сколько может, да снимет с себя и ту самую одежду, в которой он ходит...».

**Лот.** Считается, что это немецкая, а, возможно, даже и голландская мера веса, вошедшая во второй половине XVIII в. в систему русских весовых единиц. К XIX столетию лот применялся достаточно редко, обычно для взвешивания цветочных семян и духов. У слова «лот» есть также и другое значение: Лот – библейский персонаж, племянник Авраама, с которым Авраам делил все радости и невзгоды страннической жизни.

**Почка.** Упоминается в Новгородских летописях. Использовалась при взвешивании благородных металлов и драгоценных камней.



Эту меру упоминает Афанасий Никитин в своем «Хождении за три моря», которое он совершил, как полагают, в 1466-1472 гг.: «В Цейлоне рождаются обезьяны, рубины и кристаллы. В Каликуте рождаются перец, мускатный орех, гвоздика, фуфал и цветы муската. В Гуджарате рождается краска да лак, а в Камбае – сердолик. В Райчуре же рождается алмаз, старой и новой копи; почку алмаза продают по 5 рублей, а очень хорошего – по 10 рублей; почка же нового алмаза – только 5 кеней, черноватого цвета – от 4 до 6 кеней, а белый алмаз – 1 деньга». 1/25 золотника в переводе на современный вес равняется 0,17 г.

Почка употреблялась главным образом при определении веса монет во время их чеканки.

**Пуд.** Одна из самых давних и распространенных русских мер веса. По предположениям ученых, слово «пуд» происходит от латинского слова *pondus* (вес, тяжесть). В качестве весовой меры упоминается в первой Новгородской летописи за 1170 г.: «Купляху... мед по 10 кун пуд».

При Иване Грозном предписывалось взвешивать товар только у пудовщиков, а Новгородский устав разрешал иметь в домах лишь «малые» весы, которые поднимают только до десяти пудов, при этом уточнялось: «...однако на этих малых весах никому ничего не продавать, не покупать». Один пуд равен 1280 лотам, 3840 золотникам, 40 фунтам, 16,38 кг.

**Талант.** Единица веса, использовавшаяся в античные времена в Европе, Средней Азии и Северной Африке. Талант был наивысшей весовой единицей в таблице греческих мер (собственно, это слово означало «весы», затем «груз»). Как определенная весовая единица талант упоминается уже у Гомера, причем везде взвешиваемым предметом является золото.

По выводам метрологов, вес таланта равнялся весу тяжелого золотого вавилонского шекеля (сигля, сикля), а именно – 16,8 кг. Гомеровские таланты производились в форме продолговатых круглых брусков, похожих на древнейшие монеты. Кроме того, в гомеровское время были в обращении полуталанты весом в 8,4 кг. Помимо гомеровского маловесного таланта, в ту же эпоху был известен талант, соответствовавший 3 золотым статерам или 6 аттическим золотым драхмам и весивший 26,2 кг. Количественное определение таланта было весьма различно, тем более, что он употреблялся и как весовая, и как денежная единица.

Прототипом греческих талантов был вавилонский талант, имевший форму бронзового льва на подставке.

**Фунт.** В связи с развитием внешнеэкономических связей, торговли в русском языке появилось слово «фунт» (польск. *funt*, нем. *pfund*, лат. *pondus* – вес, тяжесть, гиря). Эталоном фунта служил прототип, хранимый в Главной палате мер и весов. Со временем фунт смог вытеснить в торговле сходную с ним по весу русскую гривну. Он был весьма распространен

в быту, мелкой розничной торговле, где фактически стал основной весовой мерой.

Эволюция русских весовых мер  
Древняя Русь: IX–XI века

Берковец = 10 пудам  
Гривна = 96 золотникам = 409,5 г  
Гривенка = 1/2 гривны  
Золотник = 4,27 г  
Пуд = 16,38 кг

Эпоха раздробленности: XII–XIV века

Капь = 4 пудам = 65,52 кг  
Пирог = 1/4 почки = 0,04 г  
Почка = 0,17 г = 1/25 золотника  
Пуд = 16,38 кг

Московское царство: XV–XVIII века

Ансырь = 0,546 кг  
Безмен = 1/16 пуда = 1,025 кг  
Берковец = 10 пудам  
Контарь = 2,5 пуда = 40,95 кг  
Ласт = 72 пудам  
Полугривенка малая = 24 золотникам  
Пуд = 16 безменам = 3840 золотникам  
Четверть вощаная = 12 пудам

Российская империя: XVIII – XIX века

Золотник = 96 долям  
Доля = 1/96 золотника  
Пуд = 40 фунтам  
Фунт = 409,512 г = 32 лотам = 96 золотникам  
Берковец = 10 пудам  
Лот = 3 золотникам

XX–XXI столетия

1 грамм = массе 1 см<sup>3</sup> химически чистой дистиллированной воды при температуре её наибольшей плотности (около 4 °C) с точностью до 0,2 %.

Декаграмм = 10 граммам  
Килограмм = 1000 граммам  
Сантиграмм = 10 миллиграммам  
Дециграмм = 10 сантиграммам  
Гектограмм = 10 декаграммам

Основные единицы веса в метрической системе мер

1 берковец = 10 пудам – 163,804 кг

1 гривна – 96 золотникам = 409,5 г (с XVI в. название, но не сама мера вытесняется фунтом)

1 доля = 0,0444 г

1 золотник = 96 долям – 4,27 г

Контарь = 100 фунтам = 40,95 кг (с XVIII в. называется «центнер» – стофунтовик)

1 ласт (XVI–XVII вв.) = 72 пудам = около 1179 кг

1 лот = 3 золотникам = 12,8 г

1 почка = 4 пирогам = 171 мг

1 пуд = 40 фунтам = 16,38 кг

1 фунт = 32 лотам = 96 золотникам = 409,5 г

*Это интересно:*

В некоторых местностях России применялись и такие весовые единицы измерения:

**Четверик.** Старая русская мера или предмет, содержащие в себе четыре какие-нибудь единицы, например куль, вмещающий четыре пуда, пачка в четыре стеариновые свечи и весом в один фунт.

**Пятерик.** Мера или предмет, содержащие в себе пять каких-нибудь единиц, например куль, вмещающий пять пудов.

**Шестерик.** Мера или предмет, содержащие в себе шесть каких-нибудь единиц, например куль, вмещающий шесть пудов, пачка в шесть стеариновых свечей и весом в один фунт, нить из шести прядей.

**Семерик.** Мера или предмет, содержащие в себе семь каких-нибудь единиц, например веревка, сплетенная из семи прядей, куль весом в семь пудов и т.п.

**Девятерик.** Вес, мера или предмет, содержащие в себе какие-нибудь девять единиц, например куль муки весом в девять пудов.

**Цыбик.** Пакет, ящик с чаем (весом от 40 до 80 фунтов).

**Цевка.** Единица веса мануфактурного производства. Ее вес зависел от количества нитей, поэтому не всегда был одинаков. Считалось, что в цевке 6 золотников.

**Шекель.** Древнейшая мера веса золота и серебра (так называемая библейская единица веса). В русскоязычных источниках встречается упоминание «сикль» («сикл»). Например, 10 сиклей серебра. В разные эпохи шекель составлял от 9 до 17 г. Слово «шекель» означало «взвешивать». Упоминание о шекеле как мере веса восходит ко второму тысячелетию до н.э. Шекель серебра был стандартной денежной единицей. Его как меру веса использовали многие народы.

Тридцать сребренников, за которые, согласно Евангелию, Иуда Искариот предал Иисуса Христа, были 30 тирскими шекелями.

## 4. Меры объема сыпучих тел

Меры объема, как известно, подразделяются на меры сыпучих тел и меры жидких тел. Но поначалу такого чёткого раздела между ними в силу объективных причин и, прежде всего, неразвитости хозяйственных связей, не было. Долгое время используемые меры объема были соизмеримы с частями человеческого тела: охапка, ладонь, горсть, щепотка.

Отчасти эти меры измерения сохранились и до сегодняшнего дня. Но используются они в основном в быту. Мы зачастую берем щепотку соли, чтобы посолить салат или тарелку супа. А в большую кастрюлю уже положим горсточку её. И каждый понимает, что щепотка по объему куда меньше горсти.

Трудности в определении меры объема появились сразу же: охапка ребенка и взрослого мужчины, к примеру, разные. Поэтому уже в древние времена пытались уменьшить расплывчатость в измерениях.

Источники свидетельствуют, что при расчетах обычно использовали размеры тела взрослого мужчины ростом 170 см. Однако обобщенные понятия о мерах объёма формировались очень медленно.

Первичными мерами объема сыпучих и жидких тел в Древней Руси были обычные для хозяйственной практики сосуды, кувшины, другие емкости, которые после определённой «стандартизации» стали употреблять при торговле в качестве мерила количества зерна, вина и т. д.

Для сыпучих тел меры объема были весьма разнообразны. А поскольку они часто использовались в целях налогового обложения, то за такую единицу чаще всего брали тару: мешок, куль, ящик, воз, нагруженную ладью...

Основной областью использования мер объема являлось сельское хозяйство, продукция которого (рожь, овес, ячмень и пр.) стала значительно расти в связи с развитием крупного крепостного землевладения, освоением новых земель, увеличением поступления сельскохозяйственной продукции на рынок. Свою роль сыграло и введение системы обложения товаров пошлинами, размер которых зависел от количества, объема продаваемой продукции.

Общерусские меры объема, однако, имели неодинаковую величину по регионам. К примеру, новгородская четверть была на 2 пуда больше московской. Это в определенной степени было выгодно создаваемому и укрепляющемуся централизованному государству для сбора налогов с окраин, но вместе с тем побуждало к ускорению перехода к единым мерам. Были и так называемые плавающие единицы объема, величина которых менялась в зависимости от конкретных исторических обстоятельств. Но уже в XVI в. наметилась тенденция к замене мер объема для сыпучих тел мерами веса. Так в каких же основных мерах были представлены сыпучие тела?

**Гарнец.** Мера емкости, прежде всего, хлеба. Происходит от глагола «горнуть» – загребать. Когда говорят «гарнцевый», имеется в виду «мерой в гарнец». Гарнцем называлась и посуда, которая изготовлялась из дерева или железа. В некоторых местностях в ходу было слово «гарник» или «гарныш», что означало горшочек, кашничек.

Синоним гарнца – малый четверик. К XVI в. на Руси на основе четверика сложилась стройная система определения объема сыпучих тел. Составляет  $1/8$  четверика,  $1/64$  четверти, 0,00327 куб.м, 3,28 л.

**Зобница.** Плетюшка, кошель, кузовок, лукошко плетеное или лубочное, берестяное разных размеров. Считается, что это псковская хлебная мера. Одна зобница по разным оценкам в среднем равна 4 четверикам.

**Кадь.** Основная, первая общерусская мера сыпучих тел. Это чан, обручная посуда (иногда ее называли бочкой) с одним дном весьма большого размера для хлеба, крупы или муки.

В качестве меры объема сыпучих тел упоминается еще в «Русской Правде» Ярослава Мудрого. О распространенности кади свидетельствует, в частности, тот факт, что именно она фигурирует у игумена Даниила в характеристике урожайности земли в Палестине, где «родятся изрядно пшеница и ячмень, ведь, одну кадь посеяв, берут девяносто кадей, а другой раз сто кадей за одну кадь...»

**Корзина.** Мерой сыпучих тел были и корзины различных объемов. Как ёмкость для хранения, а главное, как средство для переноски и перевозки, корзина, по своей легкости и в то же время вместимости, прочности, во многих отношениях незаменима. Корзины достаточно широко используют и сейчас в торговле и домашнем хозяйстве.

**Коробья.** Чисто новгородская мера сыпучих тел – овса, хлеба. Это гнутая, а иногда и плетеная укладка разного вида: сундук, тележный лубяной кузов или ящик. Разновидностью коробьи является кузов. Он обшит на основе короба. Кузов бывает тележным и каретным. Одна коробья (короб) в среднем вмещает 16 четвериков, около 420 л.

**Куль.** Большой рогожный мешок для упаковки грузов. Русская мера сыпучих тел, вмещавшая примерно до 9 пудов разных сыпучих.

Считается, что выражение «куль» в определённой степени соответствовало старинному слову «мех». Словом «куль» называли вместителища, сделанные из кожи животных шерстью наружу. Впоследствии им стали называть подобные емкости, сделанные из тканевых материалов.

Предполагается также, что слово «куль» из Литвы, где в XVI в. оно означало меру зернового хлеба.

**Осьмина.** Одна из основных мер сыпучих тел. Получила широкое распространение, так как была практична в расчетах в силу меньшего, чем у четверти, объема.

Был и образец этой меры – мерная осьмина и при ней железное гребло. Хлеб насыпался с верхом, а затем греблом равнялся с краями. В одном из документов говорилось: «Применять клейменные копии московских мер: внутри на дне и по сторонам и по краям заорлить (заклеймить) во многих местах...».

Образцы осьмины изготавливались из меди и рассылались на места в качестве контрольных мер. Осьмина равнялась половине четверти, 4 четверикам или 104,96 л.

**Пуз.** Известна как мера сыпучих тел (в основном хлебная) в Двинских владениях Новгорода. Это была, возможно, первая клейменная таможенными властями мера сыпучих тел. В древности пуз был мерой жита, а также и соляной мерой. Один пуз ржи равен  $2\frac{1}{4}$  пуда. Один пуз соли –  $4\frac{1}{2}$  пуда.

**Четверик.** Четверик стали широко применять в XVII в., в частности, из-за удобства его размера для мелкой торговли. Сохранилось сообщение летописца о причинах распространения четверика. Как видно из «Хронографа» 1601 г., из-за голода в начале XVII в. возросли требования на малые меры: «От того времени начали на Москве и во всех городах русских всякое жито четвериками покупать..., теми же четвериками торговати и мерити навыкоша».

В Новгороде Великом четверик известен с XV в. как единица хлебной меры, равная  $\frac{1}{4}$  осьмины,  $\frac{1}{8}$  четверти. Существует и «малый» четверик, составляющий  $\frac{1}{3}$  обыкновенного четверика, или  $\frac{1}{12}$  осьмины.

Такое разнообразие единиц измерения, неупорядоченное порой даже в рамках одной единицы, затрудняло развитие торговли, всей хозяйственной деятельности как внутри страны, так и за ее пределами. Для России поворотным в совершенствовании мер сыпучих тел стал XVIII в. Именно в это время впервые была введена кубическая единица измерения.

В основу её была положена единица длины. По поручению Комиссии о весах и мерах в 1736 г. в московской большой таможене был измерен объем древнего хлебного четверика.

**Четверть.** К XVI в., ко времени укрепления Московского государства, единой мерой сыпучих признается московская четверть, которая становится и счетной единицей.

Но наряду с московской ещё долго официально признавались и местные четверти: поморская, новгородская и псковская. Так, 2 новгородские четверти равнялись 3 московским. Постепенно все местные особенности мер объёма преодолелись в пользу единых московских. Свидетельством тому жалобы царю новгородских стрельцов в 1672 г., которые требовали выдачи хлебного жалованья по московской таможенной мере. Одна московская четверть равнялась двум осьминам, 8 четверикам, 209,9 л. Первоначально четверть вмещала 4 пуда ржи.

С переходом к 8-ми пудовой, весьма объемной четверти, наметилась тенденция дальнейшего деления этой меры. Указом 1679 г. предписывалось «изготовить осьмин, четвериков и гребл сколько потребно, и именовать эти меры новыми». Тогда же появилось различие одноименных мер в зависимости от их места в народном хозяйстве (торговые, таможенные и т.п.). Так, московская хозяйственная практика XVII в. различала казенную приемочную и раздаточную (отдаточную) меру.

Приемочная – по ней измерялся хлеб, поступающий в казну; раздаточная мера использовалась для выдачи хлебного жалования служащим. В хозяйственной деятельности стали широко применяться введенные царской грамотой заорлённые образцы мер.

#### Древнерусские меры объема сыпучих тел (л)

- Гарнец – 3,25 л
- Кадь, оков, бочка – 839,69л
- Осьмина – 104,96 л
- Пол-окова, короб – 419,84 л
- Пол-осьмины – 52,48 л
- Пол-малый четверик – 1,64 л
- Пол-пол-малый четверик – 0,82 л
- Пол-пол-пол-малый четверик – 0,41 л
- Четверик – 26,24 л
- Четверть, четь – 209,92 л

В XIX в. в торговых расчетах были приняты следующие нормативы

- 1 четверть пшеницы = 9,5 пуда
- 1 четверть ячменя = 7,25 пуда
- 1 четверть овса = 6 пудам
- 1 куль = 8 -10 четверикам
- 1 куль ржаной муки = 7,5 пуда брутто или 7,25 нетто
- 1 куль ржи = 9 пудам брутто
- 1 куль ячменя = 6,5 пуда
- 1 куль овса = 5,5 – 6 пудам

## 5. Меры жидких тел

Меры объема для жидких тел, применяемые в России, были достаточно разнообразны. Это объяснялось тем, что они употреблялись для измерения жидкостей разного назначения: спиртные напитки, растительные масла, уксус, молоко, керосин и др. Кроме того, иностранные вина поступали в Россию в таре, которая была одновременно и их мерой (анкеры, полуанкеры, полуведра, четвертные, штофы, бутылки, полубутылки, четверти бутылок).

Для слабоалкогольных напитков отечественного производства (вино, пиво и мед) применялись: ведра, полуведра, кружки, полукружки, четверики, винные чарки. Для измерения водки использовались фунтовики, полуфунтовики и водочные чарки.

Меры объема можно разделить на две группы: постоянные меры и мелкие, размеры которых менялись в зависимости от стоимости напитков в данный момент. Основной мерой для всех жидкостей являлось ведро. При приеме вина от подрядчика часто употреблялись более крупные единицы измерения: мерник – мера в 40 ведер и десятя – в 10 ведер, но количество его всегда выражалось в ведрах.

В указе Петра I от 28 января 1716 г. упоминаются разрешенные к применению винные меры – кубы и казаны, однако предписывается «оныя осмотра измерять их верно в осьмивершковое ведро... сколько в котором кубе или казане будет ведр, таким числом и клеймо положить».

**Бочка.** Русская старинная мера объема жидкостей, равная 40 ведрам (491,98 л). В ходу была также польская бочка – 8 ведер и почти 14 чарок. Рижская бочка: винная –  $12 \frac{5}{8}$  ведра, пивная – 10 ведер. Бочка как мера жидкостей сравнительно мало встречается в документах XVI-XVII вв. Ее применяли преимущественно в торговле с иностранцами, которым воспрещалось вести розничную торговлю вином на малые меры под угрозой конфискации напитков.

Большие деревянные или металлические бочки часто называли чанами.

**Братина.** Шарообразный или в виде горшочка (серебряный или золотой, медный или деревянный) сосуд для питья. Иногда с откидной крышкой. Братины большого размера употреблялись на пирах как круговые чаши. Сосуд был предназначен, судя по названию, для совместного братского питья. Маленькие братины назывались «братинками» и употреблялись прямо для питья из них, тогда как из больших пили, черпая из сосудов ковшами, черпальцами. Золотые и серебряные братины часто украшались драгоценными камнями и использовались для даров как весьма ценные подарки.

Братины имеют разную величину. В среднем малые братины вмещают в себя приблизительно  $1 \frac{1}{2}$  кружки.

**Бутылка.** Весьма распространенная мера жидких тел. По наружному виду и вместимости различают столовые или простые бутылки, рейнские, шампанские, мадерные...

Оригинальные образцы бутылок со всех уголков России можно увидеть в музее русской водки в Угличе. Интересные экспонаты бутылок представлены и в уникальном музее в Таллине (Эстония). Здесь собраны экспонаты, произведенные мастерами-бутылочниками с древнейших времен и до наших дней.

Одна бутылка водочная равна  $\frac{1}{20}$  ведра, пяти чаркам, 0,6 л. Одна бутылка винная равна  $\frac{1}{16}$  ведра, шести чаркам, 0,77 л.



**Ведро.** Как считают, ведро было основной и очень удобной мерой жидкости. Именно от его деления произошли более мелкие единицы: братины, стопы, кружки, кувшины, чарки, ковши; а от сложения – более крупные – бочки, насадки. Упоминание о ведре встречается в рассказе преподобного Нестора о набеге печенегов в 997 г. на Белгород. Белгородцы, дабы показать врагам, что осада не вызовет голод, демонстрировали им, черпая из колодцев болтушку для киселя и сладкую сыть ведрами, что они получают еду прямо из земли.

Из «Русской правды» известно, что как мера ведро использовалось еще в XI в.: «вирнику взяти... 7 ведер солоду на неделю». Ведро делили на 2 полуведра, или на 4 четверти ведра, или на 8 полчетвертей. Широкое распространение ведро получило в виде «питейных мер» для вина, пива, меда, преимущественно в государственной торговле вином. Вино, поступавшее на государственные «отдаточные дворы», отмеряли при отправке на «кружечные дворы» ведрами, а при продаже на этих дворах – кружками, штофами и пр.

Есть свидетельства о том что в Пскове в XIV-XV в.в. ведро являлось мерой питейного меда, а в XVI в. – ещё церковного вина. В 1656 г. ведро стали делить на чарки. В нем считалось около 100 чарок. Как казенная мера жидкости ведро равнялось 1/40 бочки, 10 кружкам (10 штофам) или 16 винным бутылкам, 12,3 литра.

**Ковш.** С 1660 г. ведро, помимо деления на чарки, стали делить еще и на ковши.

Известно, что ковш был меньше кружки и был практически равен чарке. Ковш употреблялся для измерения масла и других сгущенных припасов. Были ковши: большой, малый, выносной, питейный. Малый ковш практически равен чарке, емкость которой составляла приблизительно 0,123 л.

**Корчага.** Это большой глиняный или чугунный горшок. В X-XI вв. составляла от 1 1/2 до 1 3/4 ведра. С XVII в. известна еще под именем «насадка». Корчага бывает пивная, бражная. Уменьшительное – корчажка. Емкость ее составляла приблизительно полтора ведра.

**Кружка.** Питейный сосуд более стакана, большой стакан с ручкой, иногда с носком и крышкой. Тех, кто делал кружки, раньше называли кружечниками. Слово «кружка» часто используется в стихах известных русских поэтов. Кружка вмещала в себя десятую часть ведра, две бутылки.

**Кубок.** Питейный стакан, рюмка, чаша, стопа, полуштоф всякой величины и вида. Кубки были весом от полфунта до пяти фунтов в зависимости от их предназначения и знатности домохозяев. Известен громадный кубок царя Ивана Васильевича Грозного, хранящийся в Оружейной палате, весом в один пуд восемь фунтов, в сажень вышиною.

**Чарка.** Очень распространенное среди наших людей понятие. Ведь водку на Руси, как правило, пили чарками. Десять чарок были равны стопе,

которую в XVIII в. заменил штоф. Одна чарка равнялась 1/100 ведра, 1/10 штофа, 0,123 л.

**Четверть.** Как мера объема жидких тел равнялась 1/4 ведра. Известна с XVI-XVII в.в. Объем четверти определялся в 3,075 л. Использовалась при продаже, главным образом, винно-водочной продукции, делилась на 2,5 штофа, 5 водочных или 4 винные бутылки. Четверть как удобная для ведения домашнего хозяйства емкость до сих пор широко используется в деревенском быту, на дачных участках для хранения вина, соков, других напитков, изготовленных своими силами

**Штоф.** Мера вина, равнявшаяся приблизительно 1/10 ведра, 1,2 литра. Это также ёмкость в две водочные бутылки. Например, осьмериковый штоф содержит две бутылки и 16 чарок, десятириковый – 12 чарок. Штофом называется и просто стеклянная посуда в эту меру. Обычно она четырехугольная с коротким горлом.

### Бытовые русские мерные сосуды

Жбан. Сосуд в виде кувшина с крышкой.

*«Как бражки жбан, так всяк себе пан».*

Калишка. Стопка водки.

Куфа. Большая бочка, кадь, чан.

*«Немцы в домах своих могут держать вино русское... а продавать единственно чужеземные вина в куфах или в бочках, но не ведрами и не в стопу».*

Кухоль. Глиняный кувшин.

Лагуна. Бочонок для кваса и пива.

Корец. Ковш.

*«...Я нашел его в широких новых сенях: он умывался. Перед ним стояла кухарка с корцом воды». Г. Успенский. «Разоренье»*

Стакан. Стеклянный цилиндрический сосуд без ручки, служащий для питья, мерою около трети бутылки.

Чаша. Старинный сосуд для питья в форме полушария.

### Единицы объёма (вместимости) для жидкостей

I бочка – 40 ведрам = 491,986 л

Братина = в среднем 1 1/2 кружки

I бутылка (водочная) = 5 чаркам = 0,615л

I бутылка (винная) = 1/16 ведра = 12,5 шкалика = 0,769л

I ведро – 4 четвертям = 100 чаркам = 10 штофам = 12,3 л

I штоф (кружка) = 2 бутылкам (водочным) = 1,23 л

I чарка – 1/100 ведра = 2 шкалика = 0,123 л

I четверть = 2,5 штофа – 5 бутылкам (водочным) = 3,07 л

Шкалик (осьмушка, косушка) – 1/200 ведра – 1/20 штофа = 0,0615л

### Меры объема кубические

- 1 куб. аршин = 4096 куб. вершкам – 21 952 куб. дюймам = 0,360 м<sup>3</sup>  
1 куб. верста = 1,214 км<sup>3</sup>  
1 куб. вершок – 87,83 см<sup>3</sup>  
1 куб. сажень – 27 куб. аршинам – 343 куб. футам = 9,713 м<sup>3</sup>  
1 куб. фут = 1728 куб. дюймам = 0,0283 м<sup>3</sup>

### Торговые мерные единицы на Руси

#### Счет товаров

Традиционный счет товара – поштучный. Поштучно приобретались изделия из дерева и железа, предметы одежды и некоторые виды продовольствия. Широко был распространен счет товаров парами: пара коней, пара перчаток, сапог. Даже молоко в Москве продавалось парами – по два кувшинчика. Парой платья называлась полная верхняя одежда: фрак или сюртук с брюками.

#### Продажи дров

При заготовке и при продаже дрова измеряли погонными саженьями. Это – поленница дров длиной и вышиной в сажень. Обычно в вышину поленницу укладывали в 0,5 сажени и в длину – в 2 сажени. Длина поленьев, заготавливаемых для соляных промыслов, считалась обычно в аршин или четыре с половиной аршина; для комнатных печей дрова заготавливались длиной в три четверти аршина.

#### Строительный материал

Бревна, тес, драницы приобретались поштучно, хотя счет их достигал иногда нескольких тысяч. Например, Пыскорский монастырь Соликамского уезда в 1689-1690 гг. закупал строительные материалы, и, по данным монастырских приходно-расходных книг, было тогда им закуплено «3000 оследед (бревен) сосновых добрых семерики», т.е. имевших диаметр в верхнем отрубе 7 вершков.

#### Рыба

Рыба, поступавшая с побережья Белого моря и Ледовитого океана, учитывалась по-разному: сырые треска, палтус, семга продавались поштучно. Сушеные треска и палтус – на вес. Соленая рыба – бочками разной вместимости.

#### Железо и сталь

Железо и сталь, которая называлась уклад, продавались на вес. Полуфабрикаты: «крицы», «связки», «доски», «полицы» – продавались поштучно, причем вес отдельной штуки достаточно трудно установить. Так, вес «крицы» (железного полуфабриката) равнялся 24-36 фунтам каждая.

#### Меха

Соболь продавался «сороками», а беличий мех – тысячами.

#### Торговля тканями

Иностранные ткани продавались кипами, поставами, косяками, половинками. Что касается размеров этих единиц измерения, то трудно восста-

новить их точное значение. В некоторых источниках половинка имеет размер 17-20 аршин, а в некоторых и более, до 40 аршин.

Размер кип еще труднее точно определить. Предположительно в кипе 14 половинок. Постав – это отрезок ткани в том виде, в каком он снят со стана. Такое определение постава не предполагает его постоянной, раз и навсегда установленной длины. Встречались поставки сукон различной длины. В целом размер постава мог быть от 20 до 40 аршин.

Шелковые ткани в оптовой продаже измерялись косяками и аршинами. Косяк, как постав и половинка, представлял собой кусок ткани разной длины. Но в среднем длина косяка была 100 аршин.

#### **Мыло**

При торговле мылом и канатами употребляли также счет косяками.

#### **Торговля хмелем**

При продаже хмеля использовали счет кипами. Кипа хмеля не имела постоянного весового содержания. Ее вес мог колебаться от 2 до 20 и более пудов.

#### **Бумага**

Бумага продавалась и покупалась стопами и дестями. 1 стопа равнялась 20 дестям. 1 десть приблизительно равнялась 24 листам.

#### **Столовые приборы**

Обычно считались в России дюжинами, и эта система счета столовых принадлежностей сохраняется у нас и по сей день: в магазине мы не встретим сервиз на 10 персон, но на 12 или (что встречается чаще) на 6, т.е. на полдюжины.

### **Вопросы для контроля знаний студентов**

1. Перечислите старинные меры измерения объема сыпучих тел.
2. Перечислите старинные меры измерения объема жидких тел.
3. Перечислите старинные меры измерения веса.
4. Перечислите старинные меры измерения площади.
5. Что такое «аршин»?
6. Чему равна десятина?
7. Чему равен объем штофа?
8. Для измерения чего служит талант?
9. Гак – это единица измерения ...?
10. Чему равна пядь?
11. Для измерения чего служит фут?
12. Для измерения чего служит соха?

### **Задание для студентов**

1. Перевести 10 аршин в размерность сажень.
2. Перевести 3 сажени в метры.
3. Перевести 3 мили в метры.
4. Перевести 5 пинтов в литры.

## Практическое занятие 2

### ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

### МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Цель работы – ознакомить студентов с правилами государственного метрологического контроля и надзора

#### Общие сведения

Метрологическое обеспечение (МО) представляет собой установление и использование научных и организационных основ, а также ряда технических средств, норм и правил, нужных для соблюдения принципа единства и требуемой точности измерений. Смысл понятия «метрологическое обеспечение» расшифровывается по отношению к измерениям (испытанию, контролю) в целом. Однако данный термин применим и в виде понятия «метрологическое обеспечение технологического процесса (производства, организации)», которое подразумевает МО измерений (испытаний или контроля) в данном процессе, производстве, организации. Объектом МО можно считать все стадии жизненного цикла (ЖЦ) изделия (продукции) или услуги, где жизненный цикл воспринимается как некая совокупность последовательных взаимосвязанных процессов создания и изменения состояния продукции от формулирования исходных требований к ней до окончания эксплуатации или потребления. Нередко на этапе разработки продукции для достижения высокого качества изделия производится выбор контролируемых параметров, норм точности, допусков, средств измерения, контроля и испытания. А в процессе разработки МО желательно использовать системный подход, при котором указанное обеспечение рассматривается как некая совокупность взаимосвязанных процессов, объединенных одной целью. Этой целью является достижение требуемого качества измерений. В научной литературе выделяют, как правило, целый ряд подобных процессов:

1) установление номенклатуры измеряемых параметров, а также наиболее подходящих норм точности при контроле качества продукции и управлении процессами;

2) технико-экономическое обоснование и выбор СИ, испытаний и контроля и установление их рациональной номенклатуры;

3) стандартизация, унификация и агрегатирование используемой контрольно-измерительной техники;

4) разработка, внедрение и аттестация современных методик выполнения измерения, испытаний и контроля (МВИ);

5) поверка, метрологическая аттестация и калибровка контрольно-измерительного оборудования (КИО), а также испытательного оборудования, применяемого на предприятии;

6) контроль за производством, состоянием, применением и ремонтом КИО, а также за точным следованием правил метрологии и норм на предприятии;

7) участие в процессе создания и внедрения стандартов предприятия;

8) внедрение международных, государственных, отраслевых стандартов, а также иных нормативных документов Росстандарта (Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии);

9) проведение метрологической экспертизы проектов конструкторской, технологической и нормативной документации;

10) проведение анализа состояния измерений, разработка на его основе и проведение различных мероприятий по улучшению МО;

11) подготовка работников соответствующих служб и подразделений предприятия к выполнению контрольно-измерительных операций.

Организация и проведение всех мероприятий МО является прерогативой метрологических служб. Основу метрологического обеспечения составляют научная, организационная, нормативная и техническая составляющие. К организационным службам метрологического обеспечения относят Государственную метрологическую службу и Ведомственную метрологическую службу.

Государственная метрологическая служба (ГМС) несет ответственность за обеспечение метрологических измерений в России на межотраслевом уровне, а также проводит контрольные и надзорные мероприятия в области метрологии. В состав ГМС входят:

1) государственные научные метрологические центры (ГНМЦ), метрологические научно-исследовательские институты, отвечающие согласно законодательной базе за вопросы применения, хранения и создания государственных эталонов и разработку нормативных актов по вопросам поддержания единства измерений в закреплённом виде измерений;

2) органы ГМС на территории республик, входящих в состав РФ, органы автономных областей, органы автономных округов, областей, краев, городов Москвы и Санкт-Петербурга.

Основная деятельность органов ГМС направлена на обеспечение единства измерений в стране. Она включает создание государственных и вторичных эталонов, разработку систем передачи размеров единиц ФВ рабочим СИ, государственный надзор за состоянием, применением, производством, ремонтом СИ, метрологическую экспертизу документации и важнейших видов продукции, методическое руководство МС юридических лиц. Руководство ГМС осуществляет Росстандарт.

Сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется на измерения, к которым в следующих целях: установление правовых основ обеспечения единства измерений в Российской Федерации; защита прав и законных интересов граждан, общества и государства от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений; обеспечение потребности граждан, общества и государства в получении объективных, достоверных и сопоставимых результатов измерений, используемых в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, животного и растительного мира, обеспечения обороны и безопасности государства, в том числе экономической безопасности; содействие развитию экономики Российской Федерации и научно-техническому прогрессу, – установлены обязательные требования и 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 чрезвычайных ситуациях;
- 5) выполнении работ по обеспечению безопасных условий и охраны труда;
- 6) осуществлении производственного контроля за соблюдением установленных законодательством Российской Федерации требований промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта;
- 7) осуществлении торговли и товарообменных операций, выполнении работ по расфасовке товаров;
- 8) выполнении государственных учетных операций;
- 9) оказании услуг почтовой связи и учете объема оказанных услуг электросвязи операторами связи;
- 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 Российской Федерации о техническом регулировании.

Другим важнейшим разделом МО являются его научные и методические основы. Так, основным компонентом данных основ становятся Государственные научные метрологические центры (ГНМЦ), которые создаются из состава находящихся в ведении Росстандарта предприятий и организаций или их структурных подразделений, выполняющих различные операции по вопросам создания, хранения, улучшения, применения и хранения государственных эталонов единиц величин, а, кроме того, разрабатывающих нормативные правила для целей обеспечения единства измерений, имея в своем составе высококвалифицированные кадры. Присвоение какому-либо предприятию статуса ГНМЦ, как правило, не влияет на форму его собственности и организационно-правовые формы, а означает лишь причисление их к группе объектов, обладающих особыми формами господдержки. Основными функциями ГНМЦ являются следующие:

- 1) создание, совершенствование, применение и хранение государственных эталонов единиц величин;
- 2) проведение прикладных и фундаментальных научно-исследовательских и конструкторских разработок в сфере метрологии, в число которых можно включить и создание различных опытно-экспериментальных установок, исходных мер и шкал для обеспечения единства измерений;
- 3) передача от государственных эталонов исходных данных о размерах единиц величин;
- 4) проведение государственных испытаний средств измерений;
- 5) разработка оборудования, требующегося для ГМС;
- 6) разработка и совершенствование нормативных, организационных, экономических и научных основ деятельности, направленной на обеспечение единства измерений в зависимости от специализации;
- 7) взаимодействие с метрологической службой федеральных органов исполнительной власти, организаций и предприятий, обладающих статусом юридического лица;
- 8) обеспечение информацией по поводу единства измерений предприятий и организаций;
- 9) организация различных мероприятий, связанных с деятельностью ГСВЧ, ГСССД и ГССО;
- 10) проведение экспертизы разделов МО федеральных и иных программ;
- 11) организация метрологической экспертизы и измерений по просьбе ряда государственных органов: суда, арбитража, прокуратуры или федеральных органов исполнительной власти;
- 12) подготовка и переподготовка высококвалифицированных кадров;



13) участие в сопоставлении госэталонов с эталонами национальными, наличествующими в ряде зарубежных государств, а также участие в разработке международных норм и правил.

Важным компонентом основы МО являются, как было сказано выше, методические инструкции и руководящие документы, под которыми подразумеваются нормативные документы методического содержания, разрабатываются организациями, подведомственными Росстандарту. Так, в сфере научных и методических основ метрологического обеспечения Росстандарт организует:

1) проведение научно-исследовательских мероприятий и опытно-конструкторских работ в закрепленных областях деятельности, а также устанавливает правила проведения работ по метрологии, стандартизации, аккредитации и сертификации, а также по госконтролю и надзору в подведомственных областях, осуществляет методическое руководство этими работами;

2) осуществляет методическое руководство обучением в областях метрологии, сертификации и стандартизации, устанавливает требования к степени квалификации и компетентности персонала. Организует подготовку, переподготовку и повышение квалификации специалистов.

## 1. Организационная основа метрологического обеспечения

**Метрологическая служба** – совокупность субъектов деятельности и видов работ, направленная на обеспечение единства измерений. В настоящее время метрологическая служба России состоит из Государственной метрологической службы, а также из метрологических служб органов Государственного управления и юридических лиц.

**Государственная метрологическая служба включает:**

– государственные научные метрологические центры (ГНМЦ);  
– органы Государственной метрологической службы на территориях республик в составе Российской Федерации, автономной области, автономных округов, областей, городов Москвы и Санкт-Петербурга.

В состав Государственной метрологической службы входит ряд метрологических научно-исследовательских институтов: Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ВНИИМС, г.Москва), НПО «ВНИИ метрологии имени Д.И.Менделеева» (ВНИИМ, г.С-Петербург), НПО «ВНИИ физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ, Московская область), Сибирский государственный научно-исследовательский институт метрологии (СНИИМ, г.Новосибирск), Уральский научно-исследовательский институт метрологии (УНИИМ, г.Екатеринбург), Всероссийский научно-исследовательский институт расходометрии (ВНИИР, г.Казань), Восточно-сибирский научно-

исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений (ВС ВНИИФТРИ, г.Иркутск).

Государственные научные метрологические центры несут ответственность за создание, совершенствование, хранение и применение государственных эталонов, а также за разработку нормативных документов по обеспечению единства измерений. Научные центры являются хранителями государственных эталонов, проводят исследования в области теории измерений, принципов и методов высокоточных измерений, разработки научно-методических основ совершенствования Российской системы измерений.

Органами Государственной метрологической службы являются центры стандартизации, метрологии и сертификации – ЦСМиС (их более 100), расположенные по всей территории России. В Москве расположен Российский центр испытаний и сертификации (РОСТЕСТ-Москва), в Санкт-Петербурге (Тест-С-Петербург). Органы Государственной службы проводят работы по поверке и калибровке средств измерений, осуществляют Государственный метрологический контроль и надзор за обеспечением единства измерений.

Государственные органы управления Российской Федерации, а также предприятия, организации, учреждения, являющиеся юридическими лицами, создают в необходимых случаях в установленном порядке метрологические службы для выполнения работ по обеспечению единства и требуемой точности измерений и для осуществления метрологического контроля и надзора.

Права и обязанности метрологических служб определяются положениями о них, утверждаемыми руководителями государственных органов управления Российской Федерации или юридических лиц.

Обеспечением единства измерений заняты и другие Государственные службы: Государственная служба времени и частоты и определения параметров Земли (ГСВЧ), Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов (ГССО), Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов (ГСССД). Росстандарт осуществляет руководство этими службами и координацию их деятельностью.

ГСВЧ обеспечивает межрегиональную и межотраслевую координацию работ по обеспечению единства измерений времени, частоты и определения параметров вращения Земли; обеспечивает воспроизведение, хранение и передачу размеров единиц времени и частоты, шкал атомного, всемирного и координированного времени, координат полюсов Земли.

ГССО организует создание и использование стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов (металлов и сплавов, медицинских препаратов, минерального сырья, почв и др.). Служба также обеспечивает разработку средств сопоставления характеристик стандартных образцов с

характеристиками веществ и материалов, которые производятся промышленными, сельскохозяйственными и другими предприятиями для их идентификации или контроля.

ГСССД занимается созданием достоверных характеристик физических констант, свойств веществ и материалов, минерального сырья и др., периодически публикуя справочные данные.

## 2. Планирование работ по метрологическому обеспечению

Задания по решению задач метрологического обеспечения должны включаться в план предприятия по метрологическому обеспечению или в разделы планов стандартизации, организационно-технических мероприятий, повышения качества продукции и эффективности производства и других планов. Формирование плана предприятия (раздела плана) по метрологическому обеспечению проводится на основе:

- заданий программ метрологического обеспечения отрасли и планов отраслевой стандартизации;
- результатов анализа состояния измерений в отрасли и на предприятии;
- результатов ведомственного контроля за метрологическим обеспечением;
- предложений подразделений предприятия.

Задания по разработке стандартов предприятий и других НТД предприятия в области метрологического обеспечения включаются отделом стандартизации по согласованию с отделом главного метролога в план стандартизации на предприятии на основе обобщенных предложений, поступающих от подразделений предприятия.

Порядок планирования работ по поверке средств измерений, в том числе нестандартизованных, измерительных средств неразрушающего контроля, контрольно-поверочной аппаратуры первой категории, применяемых на предприятии, должен быть определен стандартом предприятия, устанавливающим требования к организации и проведению работ по поверке. Планирование работ, имеющих отраслевой характер, осуществляется путем включения заданий в соответствующие отраслевые планы развития метрологического обеспечения.

Обобщенные отделом главного метролога предложения по разработке отраслевых и государственных стандартов в области метрологического обеспечения направляются отделом стандартизации предприятия для включения их в планы государственной и отраслевой стандартизации в порядке, установленном ГОСТ 1.0–2004.

Предложения подразделений предприятия по проведению НИР и ОКР, разработке и изготовлению нестандартизованных средств измерений, про-

ведению других работ в области метрологического обеспечения обобщаются отделом главного метролога и направляются в головные и базовые организации метрологической службы для включения в отраслевые и межотраслевые программы метрологического обеспечения.

Контроль за планированием и выполнением заданий планов по метрологическому обеспечению возлагается на отдел главного метролога предприятия. Контроль за состоянием и применением средств измерений осуществляется отделом главного метролога путем контроля:

- наличия и правильности учета средств измерений;
- исправности средств измерений и своевременности их поверки;
- соответствия условий применения средств измерений нормированным для них условиям эксплуатации;
- соблюдения лицами, применяющими средства измерений, правил их эксплуатации и технического обслуживания;
- соответствия условий хранения средств измерений требованиям их исправности.

В подразделениях ответственность за состояние и применение средств измерений возлагается на руководителя подразделения и назначенных им лиц.

### 3. Метрологический надзор

Функции по государственному метрологическому контролю и надзору осуществляет Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт).

Государственный метрологический контроль и надзор осуществляются Государственной метрологической службой Росстандарта. Государственный метрологический контроль включает:

- утверждение типа средств измерений;
- поверку средств измерений, в том числе эталонов;

Государственный метрологический надзор осуществляется:

- за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами единиц величин, соблюдением метрологических правил и норм;
- за количеством товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций;
- за количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже.

Метрологический контроль и надзор осуществляются также метрологическими службами юридических лиц путем:

- калибровки средств измерений;
- надзора за состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами единиц величин,

применяемыми для калибровки средств измерений, соблюдением метрологических правил и норм, нормативных документов по обеспечению единства измерений;

– выдачи обязательных предписаний, направленных на предотвращение, прекращение или устранение нарушений метрологических правил и норм;

– проверки своевременности представления средств измерений на испытания в целях утверждения типа средств измерений, а также на поверку и калибровку.

Нормативными актами республик в составе Российской Федерации, автономных областей, автономных округов, краев, областей, городов Москвы и Санкт-Петербурга государственный метрологический контроль и надзор могут быть распространены и на другие сферы деятельности.

При осуществлении надзора органами надзора проверяется:

а) соответствие используемых единиц величин единицам величин, допущенным к применению в Российской Федерации;

б) соблюдение обязательных требований к измерениям, осуществляемым в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений;

в) соответствие средств измерений, стандартных образцов и эталонов единиц величин обязательным требованиям в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений;

г) наличие и соблюдение аттестованных методик (методов) измерений;

д) соблюдение юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем, осуществляющими выпуск из производства предназначенных для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений эталонов единиц величин, стандартных образцов и средств измерений, а также их ввоз на территорию Российской Федерации и продажу, установленного порядка уведомления о такой деятельности.

В процессе документальной проверки при осуществлении надзора проверяются используемые при осуществлении деятельности юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями документы, связанные с исполнением ими обязательных требований в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений и предписаний органов надзора, в том числе документы, содержащие следующие сведения:

а) выполняемые измерения, относящиеся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, и соблюдение установленных обязательных требований к ним;

б) наличие и соблюдение аттестованных методик (методов) измерений, применяемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, включая сведения, подтверждающие аттестацию методик (методов) измерений;

в) применяемые в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений средства измерений, включая информацию об утверждении типа средств измерений, сведения о поверке средств измерений, о соблюдении обязательных требований к средствам измерений, а также требований к составным частям, программному обеспечению и условиям эксплуатации;

г) применяемые в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений стандартные образцы, включая информацию об утверждении типа стандартных образцов, сроках их годности;

д) применяемые в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений эталоны единиц величин, включая информацию об их утверждении, аттестации, состоянии, применении (в том числе об условиях применения и содержания), а также прослеживаемость эталонов единиц величин к государственным первичным эталонам единиц величин;

е) выполнение работ и (или) оказание услуг в области обеспечения единства измерений в соответствии с аттестатом и областью аккредитации юридического лица или индивидуального предпринимателя на данные работы и (или) услуги.

В процессе выездной проверки проводятся следующие мероприятия по контролю:

а) проверка соответствия измерений, средств измерений (составных частей, программного обеспечения), единиц величин, стандартных образцов, а также эталонов единиц величин обязательным требованиям в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений;

б) проверка наличия у юридического лица или индивидуального предпринимателя эксплуатационной документации для каждого средства измерений, стандартного образца, эталона единицы величины;

в) проверка применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений поверенных средств измерений утвержденного типа, стандартных образцов утвержденного типа, утвержденных и аттестованных эталонов единиц величин;

г) проверка наличия аттестованных методик (методов) измерений и правильности их применения;

д) определение целевого использования средств измерений, стандартных образцов, эталонов единиц величин, методик (методов) измерений, применяемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений;

е) проверка наличия и сохранности в местах, предусмотренных конструкциями средств измерений, средств ограничения доступа (пломб) к составным частям средств измерений (включая программное обеспечение), а также их достаточности для предотвращения несанкционированных на-

строек и вмешательства, которые могут повлиять на значения метрологических характеристик и результаты измерений;

ж) проверка соблюдения правил применения и написания единиц величин, допущенных к применению в Российской Федерации.

По результатам проверки должностными лицами органа надзора составляется акт проверки по установленной форме.

Органы надзора при выявлении нарушений обязаны принять меры, предусмотренные Федеральными законами «Об обеспечении единства измерений» и «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля».

Органы надзора по запросу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии представляют результаты надзора.

В сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора средства измерений подвергаются обязательным испытаниям с последующим утверждением типа средств измерений. Решение об утверждении типа средств измерений принимается Росстандартом и удостоверяется сертификатом об утверждении типа средств измерений. Срок действия этого сертификата устанавливается при его выдаче Росстандартом.

Утвержденный тип средств измерений вносится в Государственный реестр средств измерений, который ведет Росстандарт.

Испытания средств измерений для целей утверждения их типа проводятся государственными научными метрологическими центрами Росстандарта России, аккредитованными им в качестве государственных центров испытаний средств измерений.

Решением Росстандарта в качестве государственных центров испытаний средств измерений могут быть аккредитованы и другие специализированные организации.

Для проведения испытаний образцы средств измерений с соответствующими нормативными и эксплуатационными документами должны быть представлены в установленном Росстандартом порядке. Соответствие средств измерений утвержденному типу на территории Российской Федерации контролируется органами Государственной метрологической службы по месту расположения изготовителей или пользователей.

На средство измерений утвержденного типа и на эксплуатационные документы, сопровождающие каждый экземпляр, наносится знак утверждения типа средств измерений, имеющий установленную форму. Информация об утверждении типа средств измерений и решение о его отмене публикуется в официальных изданиях Росстандарта.

Средства измерений, подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору, подвергаются поверке органами Государственной метрологической службы при выпуске из производства или ремонта,

при ввозе по импорту и эксплуатации. Допускаются продажа и выдача напрокат только поверенных средств измерений. Перечни групп средств измерений, подлежащих поверке, утверждаются Росстандартом.

По решению Росстандарта право поверки средств измерений может быть предоставлено аккредитованным метрологическим службам юридических лиц. Деятельность этих метрологических служб осуществляется в соответствии с действующим законодательством и нормативными документами по обеспечению единства измерений. Порядок аккредитации определяется Правительством Российской Федерации.

Поверочная деятельность, осуществляемая аккредитованными метрологическими службами юридических лиц, контролируется органами Государственной метрологической службы по месту расположения этих юридических лиц.

Поверка средств измерений осуществляется физическим лицом, аттестованным в качестве поверителя органом Государственной метрологической службы. Ответственность за ненадлежащее выполнение поверочных работ и несоблюдение требований соответствующих нормативных документов несет соответствующий орган Государственной метрологической службы или юридическое лицо, метрологической службой которого выполнены поверочные работы.

В сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора юридические и физические лица, выпускающие средства измерения из производства или ремонта, ввозящие средства измерений и использующие их в целях эксплуатации, проката или продажи, обязаны своевременно представлять средства измерений на поверку.

Положительные результаты поверки средств измерений удостоверяются поверительным клеймом или свидетельством о поверке.

Форма поверительного клейма и свидетельства о поверке, порядок нанесения поверительного клейма устанавливаются Госстандартом России.

При выполнении поверочных работ на территории отдельного региона с выездом на место эксплуатации средств измерений орган исполнительной власти этого региона обязан оказывать поверителям содействие, в том числе:

- предоставлять им соответствующие помещения;
- обеспечивать их вспомогательным персоналом и транспортом;
- извещать всех владельцев и пользователей средств измерений о времени поверки.

Государственный метрологический надзор за количеством товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций, осуществляется в целях определения массы, объема, расхода или других величин, характеризующих количество этих товаров.



Государственный метрологический надзор за количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже осуществляется в случаях, когда содержимое упаковки не может быть изменено без ее вскрытия или деформации, а масса, объем, длина, площадь или иные величины, указывающие количество содержащегося в упаковке товара, обозначены на упаковке.

Государственный метрологический контроль и надзор осуществляют должностные лица Росстандарта – главные государственные инспекторы и государственные инспекторы по обеспечению единства измерений Российской Федерации, республик в составе Российской Федерации, автономной области, автономных округов, краев, областей, городов Москвы и Санкт-Петербурга (далее – государственные инспекторы).

Осуществление государственного метрологического контроля и надзора может быть возложено на государственных инспекторов по надзору за государственными стандартами, действующих в соответствии с законодательством Российской Федерации и прошедших аттестацию в качестве государственных инспекторов по обеспечению единства измерений.

Государственные инспекторы, осуществляющие поверку средств измерений, подлежат аттестации в качестве поверителей. Государственные инспекторы, осуществляющие на соответствующей территории государственный метрологический контроль и надзор, вправе беспрепятственно, при предъявлении служебного удостоверения:

- посещать объекты, где эксплуатируются, производятся, ремонтируются, продаются, содержатся или хранятся средства измерений независимо от подчиненности и форм собственности этих объектов;

- проверять соответствие используемых единиц величин допущенным к применению;

- поверять средства измерений, проверять их состояние и условия применения, а также соответствие утвержденному типу средств измерений;

- проверять применение аттестованных методик выполнения измерений, состояние эталонов, применяемых для поверки средств измерений;

- проверять количество товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций;

- отбирать образцы продукции и товаров, а также фасованные товары в упаковках любого вида для осуществления надзора;

- использовать технические средства и привлекать персонал объекта, подвергаемого государственному метрологическому контролю и надзору.

При выявлении нарушений метрологических правил и норм государственный инспектор имеет право:

- запрещать применение и выпуск средств измерений неутвержденных типов или не соответствующих утвержденному типу, а также неповеренных;

- гасить поверительные клейма или аннулировать свидетельство о поверке в случаях, когда средство измерений дает неправильные показания или просрочен межповерочный интервал;
- при необходимости изымать средство измерений из эксплуатации;
- давать обязательные предписания и устанавливать сроки устранения нарушений метрологических правил и норм;
- составлять протоколы о нарушении метрологических правил и норм.

## Определения основных терминов, используемых в документах и работах по метрологическому обеспечению

Аттестация испытательного оборудования: определение нормированных точностных характеристик испытательного оборудования, их соответствия требованиям нормативных документов и установление пригодности этого оборудования к эксплуатации.

**Аттестация МВИ** – процедура установления и подтверждения соответствия МВИ предъявляемым к ней метрологическим требованиям. Основное требование к МВИ – это требование к погрешности измерений.

Аккредитация на право поверки средств измерений – официальное признание уполномоченным на то государственным органом полномочий на выполнение поверочных работ.

Арбитражная методика измерений: методика измерений, применяемая при возникновении разногласий относительно результатов измерений, полученных с использованием нескольких аттестованных методик измерений одной и той же величины в одних и тех же условиях, установленная компетентным федеральным органом исполнительной власти или соглашением заинтересованных сторон.

Аттестация методик измерений – исследование и подтверждение соответствия методик измерений установленным метрологическим требованиям к измерениям.

**Воспроизводимость** результатов измерений – степень близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в условиях воспроизводимости – одним и тем же методом на идентичных объектах, в разных лабораториях, разными операторами, с использованием различного оборудования.

**ГСИ** – государственная система обеспечения единства измерений.

**Государственный эталон** единицы величины – эталон единицы величины, признанный решением уполномоченного на то государственного органа в качестве исходного на территории Российской Федерации.

**Измерение** – нахождение значения величины опытным путем с помощью технических средств. Процедура измерения состоит из совокуп-

ности операций, заключающихся в сравнении измеряемой величины с ее единицей с целью получения значения этой величины.

**Единство измерений** – состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах величин и погрешности измерений не выходят за установленные границы с заданной вероятностью.

**Испытательная организация** – организация, на которую в установленном порядке возложено проведение испытаний определенных видов продукции или проведение определенных видов испытаний.

**Испытательное подразделение** – подразделение организации (предприятия), на которое руководством последней возложено проведение испытаний для своих нужд.

**Испытательное оборудование** – средство испытаний, представляющее собой техническое устройство для воспроизведения условий испытаний.

**Калибровка средств измерений** – совокупность операций, выполняемых с целью установления и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и (или) пригодности к применению средства измерений, не подлежащего государственному метрологическому контролю и надзору.

**Метод измерений** – прием или совокупность приемов сравнения измеряемой величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.

В основу любого метода измерений положен определенный принцип измерений – физическое явление или эффект. Например, использование силы тяжести при измерениях массы взвешиванием.

**Лицензия** на изготовление (ремонт, продажу, прокат) средств измерений – документ, удостоверяющий право заниматься указанными видами деятельности, выдаваемый юридическим и физическим лицам органом Государственной метрологической службы.

**Математическое ожидание** (общее среднее значение) заданной совокупности результатов измерений в условиях отсутствия необходимых эталонов, обеспечивающих воспроизведение, хранение и передачу соответствующих значений измеряемых величин (истинных или действительных значений измеряемых величин, выраженных в узаконенных единицах

**Метрологическая экспертиза** – анализ и оценка выбора метода и средств измерений, операций и правил проведения измерений и обработки их результатов с целью установления соответствия предъявляемым метрологическим требованиям.

**Метрологическая служба** – совокупность субъектов деятельности и видов работ, направленных на обеспечение единства измерений.

**Метрологический контроль и надзор** – деятельность, осуществляемая органом Государственной метрологической службы (государственный метрологический контроль и надзор) или метрологической службой

юридического лица в целях проверки соблюдения установленных метрологических правил и норм.

**Методика выполнения измерений (МВИ)** – совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с установленной погрешностью (неопределенностью).

Получение результатов измерений с известной погрешностью является важнейшим условием обеспечения единства измерений.

**Неопределенность измерений** – параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые можно приписать измеряемой величине.

**Нормативные документы по обеспечению единства измерений** – государственные стандарты, применяемые в установленном порядке международные (региональные) стандарты, правила, положения, инструкции и рекомендации.

**Проверка 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.

**Показатель точности измерений** – установленная характеристика точности любого результата измерений, полученного при соблюдении требований и правил данной методики измерений.

В качестве показателя точности методики измерений могут быть использованы характеристики погрешности измерений, показатели неопределенности измерений, показатели точности.

**Повторяемость (сходимость) результатов измерений** – степень близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в условиях повторяемости – одним и тем же методом на идентичных объектах, в одной и той же лаборатории, одним и тем же оператором, с использованием одного и того же оборудования, в пределах короткого промежутка времени.

**Предел повторяемости** – значение, которое с доверительной вероятностью 95 % не превышает абсолютной величиной разности между результатами двух измерений, полученными в условиях повторяемости.

**Предел воспроизводимости** – значение, которое с доверительной вероятностью 95 % не превышает абсолютной величиной разности между результатами двух измерений, полученными в условиях воспроизводимости.

**Приписанная характеристика погрешности измерений** – установленная характеристика погрешности любого результата совокупности измерений, полученного при соблюдении требований и правил данной МВИ.

В ГОСТ Р ИСО 5725-1 – ГОСТ Р ИСО 5725-6 содержатся процедуры установления приписанных характеристик составляющих погрешности (случайной и систематической) МВИ и результатов измерений. Приписанные (установленные) характеристики составляющих погрешности представляются в документах на МВИ с указанием совокупности условий, для которых эти характеристики приняты. Суммарную погрешность измерений в этих случаях при необходимости устанавливают расчетным путем.

**Систематическая погрешность** – разность между математическим ожиданием результатов измерений и истинным (или в его отсутствие – принятым опорным) значением.

**Среднеквадратическое отклонение повторяемости** – среднеквадратическое отклонение результатов измерений, полученных в условиях повторяемости (является мерой рассеяния результатов измерений в условиях повторяемости).

**Сертификат об утверждении типа средств измерений** – документ, выдаваемый уполномоченным на то государственным органом, удостоверяющий, что данный тип средств измерений утвержден в порядке, предусмотренном действующим законодательством, и соответствует установленным требованиям.

**Сертификат о калибровке** – документ, удостоверяющий факт и результаты калибровки средства измерений, который выдается организацией, осуществляющей калибровку.

**Средства измерений** – техническое устройство, предназначенное для измерений. Средство измерений хранит или воспроизводит единицу величины.

**Средство испытаний** – техническое устройство, вещество и (или) материал для проведения испытаний.

**Точность** – степень близости результата измерений к принятому опорному значению.

*Примечание.* Термин «точность», когда он относится к серии результатов измерений, включает сочетание случайных составляющих и общей систематической погрешности.

**Условия испытаний** – совокупность воздействующих факторов и (или) режимов функционирования объекта при испытаниях.

**Эталон единицы величины** – средство измерений, предназначенное для воспроизведения и хранения единицы величины с целью передачи ее размера другим средствам измерений данной величины.

## Список нормативной и справочной литературы

1. ГОСТ Р 51672–2000. Метрологическое обеспечение испытаний продукции для целей подтверждения соответствия.
2. ГОСТ Р 1.12-99. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Стандартизация и смежные виды деятельности. Термины и определения.
3. ГОСТ 15309-98. Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения.
4. Международный стандарт ИСО 5725 (части 1 – 6), ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 – ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 под общим заголовком «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений».
5. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2000. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
6. ГОСТ Р 8.000-2000. Государственная система обеспечения единства измерений. Основные положения.
7. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.
8. МИ 1317-2004. Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров.
9. РМН 29-99. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.
10. ГОСТ Р 8.568-97. Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения. (С Изменением № 1, 2002 год).
11. МИ 2304-94. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологический контроль и надзор, осуществляемые метрологическими службами юридических лиц.
12. ПР 50.2.009-94. Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений.
13. ГОСТ 8.417-2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин.
14. МИ 2267-2000. Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации.
15. ГОСТ Р 1.11-99. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Метрологическая экспертиза проектов государственных стандартов.

## Вопросы для контроля знаний студентов

1. Что изучает наука метрология?
2. Приведите определение понятия «единство измерений». Какие условия необходимы для обеспечения единства измерений?
3. Какое понятие шире: «единство измерений» или «метрологическое обеспечение»?
4. Перечислите основы метрологического обеспечения.
5. Перечислите основные этапы развития метрологии в России.
6. Что называют физической величиной? Какие требования предъявляют к измеряемым величинам?
7. Приведите определения понятия «истинное значение» и «действительное значение» величины. Почему нельзя при измерениях определить истинное значение?
8. Приведите определение понятия «измерение» и примеры различных видов измерений.
9. Какова структура Международной системы единиц (SI)? В каком году была принята SI (Международной организацией мер и весов)?
10. Что называют средством измерений? Приведите виды средств измерений и их особенности.
11. Для решения каких практических задач необходимы метрологические характеристики средств измерений?
12. Приведите определение метода измерений и перечислите виды методов измерений.
13. Что называют эталоном единиц физических величин? Приведите классификацию эталонов.
14. Что такое поверка средств измерений? Что такое калибровка средств измерений?
15. Что называют погрешностью измерений? Приведите классификацию погрешностей измерений.
16. Каковы источники возникновения погрешностей измерений?
17. Для каких целей необходимо создание метрологических служб?
18. Приведите структуру Государственной метрологической службы.
19. Какие задачи решает метрологическая служба юридических лиц?
20. Какие законодательные акты по вопросам метрологии приняты в России?
21. Перечислите основные объекты стандартизации в области метрологии.
22. Перечислите основные международные организации по метрологии.

### Практическое занятие 3

## ПРЯМЫЕ ОДНОКРАТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ.

## ОЦЕНИВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

## РЕЗУЛЬТАТА ИЗМЕРЕНИЙ

Цель работы – ознакомить студентов с оцениванием погрешности результатов измерений при однократных измерениях.

### Общие положения

За результат однократного измерения  $A$  принимают значение величины, полученное при измерении. На этапе перехода от погрешности к неопределенности целесообразно указывать характеристики и погрешности, и неопределенности результата измерения.

Составляющие погрешности результата измерения должны быть известны до проведения измерения. Предполагают, что известные систематические погрешности исключены (внесены поправки на все известные источники неопределенности, имеющие систематический характер).

Полагают, что распределение случайных погрешностей не противоречит нормальному распределению, а неисключенные систематические погрешности, представленные заданными границами  $\pm \Theta$ , распределены равномерно.

Неопределенность результата измерений понимают как неполное знание значения измеряемой величины, и для количественного выражения этой неполноты вводят распределение вероятностей возможных значений измеряемой величины – параметр, который количественно характеризует точность результата измерений. Полагают, что распределение вероятностей возможных значений измеряемой величины не противоречит нормальному распределению.

В целях количественного выражения неопределенности результата измерения, представленной в виде границ отклонения значения величины от ее оценки  $[- \Theta; + \Theta]$  (неполное знание о значении величины), полагают, что распределение возможных значений измеряемой величины в указанных границах не противоречит равномерному распределению.

Выполнение однократных измерений обосновывают следующими факторами:

- производственной необходимостью (разрушение образца, невозможность повторения измерения, экономическая целесообразность и т.д.);
- возможностью пренебрежения случайными погрешностями;
- случайные погрешности существенны, но доверительная граница погрешности результата измерения не превышает допустимой погрешности измерений;



– стандартная неопределенность, оцениваемая по типу А, существенна, но расширенная неопределенность не превышает заданного предела.

*Примечания:*

1 Случайные погрешности считают пренебрежимо малыми по сравнению с неисключенными систематическими, если

$$\Theta/S(\tilde{A}) > 8, \quad (1)$$

где  $\Theta$  – граница НСП результата измерения;

$S(\tilde{A})$  – СКО случайных погрешностей результата измерения.

2 Неопределенность, оцениваемую по типу А, считают пренебрежимо малой по сравнению с неопределенностью, оцениваемой по типу В, если выполняется условие

$$\frac{u_B \cdot \sqrt{3}}{u_A} > 8, \quad (2)$$

где  $u_A$  и  $u_B$  – стандартные неопределенности, оцениваемые по типам А и В соответственно.

При определении доверительных границ погрешности или расширенной неопределенности для уровня доверия  $P$  результата измерения принимают вероятность, равную 0,95.

В особых случаях, например при измерениях, которые нельзя повторить, допускается указывать доверительные границы или расширенную неопределенность для уровня доверия  $P$  и более высоких вероятностей.

При вычислениях следует пользоваться правилами округления в соответствии с МИ 1317. Доверительные границы погрешности (характеристики погрешности) и расширенная неопределенность (расширенная неопределенность для уровня доверия  $P$ ) результата измерения должны быть представлены не более чем двумя значащими цифрами.

## Термины, определения, обозначения и сокращения

На практическом занятии применяют следующие термины с соответствующими определениями:

**границы неисключенной систематической погрешности измерений** – границы интервала, внутри которого находится неисключенная систематическая погрешность измерений;

**однократное измерение** – измерение, выполненное один раз;

**неопределенность (измерений)** – параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине (по РМГ 43);

**стандартная неопределенность  $u$  (измерений)** – неопределенность результата измерений, выраженная в виде среднего квадратического отклонения (по РМГ 43);

*Примечания:*

1. **Стандартную неопределенность, оцениваемую по типу А,  $u_A$**  вычисляют по формуле

$$u_A = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (3)$$

где  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$  – среднее арифметическое экспериментальных данных, полученных при измерении (по РМГ 43).

2. **Стандартную неопределенность, оцениваемую по типу В,  $u_B$**  вычисляют по формуле

$$u_B = \Theta / \sqrt{3}, \quad (4)$$

где  $\Theta$  – неисключенная систематическая погрешность, заданная границами  $\pm\Theta$  (по РМГ 43).

**Суммарная стандартная неопределенность  $u_c$  (измерений)** – стандартная неопределенность результата измерений, равная положительному квадратному корню суммы дисперсий (по РМГ 43).

**Расширенная неопределенность  $U$  (измерений)** – границы интервала, в пределах которого находится большая часть распределения значений, которые могли бы быть приписаны измеряемой величине.

Использованы следующие сокращения:

– СИ – средство измерений;

– НСП – неисключенная систематическая погрешность;

– СКО – среднее квадратическое отклонение.

$\tilde{A}$  – результат однократного измерения;

$x_i$  –  $i$ -е экспериментальное данное, полученное при измерении;

$\bar{x}$  – среднее арифметическое значение экспериментальных данных;

$u$  – стандартная неопределенность измерений;

$u_A$  – стандартная неопределенность, оцениваемая по типу А;

$u_B$  – стандартная неопределенность, оцениваемая по типу В;

$u_c$  – суммарная стандартная неопределенность;

$U$  – расширенная неопределенность;

$U(P)$  – расширенная неопределенность для уровня доверия  $P$ ;

$k$  – поправочный коэффициент при суммировании НСП, определяемый принятой доверительной вероятностью  $P$  и числом  $m$  составляющих  $\Theta_j$ ;

$k_o$  – коэффициент охвата;

$K$  – коэффициент, используемый при суммировании систематической и случайной составляющих погрешности;

$S(\tilde{A})$  – СКО случайной погрешности результата измерений;

$S$  – СКО единичного измерения при многократных измерениях;

$\Delta(P)$  – доверительные границы суммарной погрешности результата измерений для доверительной вероятности  $P$ ;

$z_{P/2}$  – квантиль нормального распределения для доверительной вероятности  $P$ ;

$\Theta$  – границы неисключенной систематической погрешности;

$\Theta(P)$  – доверительные границы систематической погрешности измерения для доверительной вероятности  $P$ ;

$n$  – число экспериментальных данных;

$m$  – число суммируемых НСП;

$\varepsilon(P)$  – доверительные границы случайных погрешностей.

## 1. Составляющие погрешности и неопределенности результата измерения

Составляющими погрешности результата однократного измерения являются погрешности СИ, метода, оператора, а также погрешности, обусловленные изменением условий измерения.

Погрешность результата однократного измерения чаще всего представлена НСП и случайными погрешностями.

Неопределенность результата однократного измерения может быть представлена стандартными неопределенностями, оцениваемыми по типам  $A$  и  $B$ .

Характеристикой НСП могут быть:

– границы  $\pm\Theta$ ;

– доверительные границы  $\pm\Theta(P)$ .

Характеристикой случайных погрешностей могут быть:

– СКО  $S$ ;

– доверительные границы  $\pm e(P)$ .

Погрешность СИ определяют на основании их метрологических характеристик, которые должны быть указаны в нормативных и технических документах, и в соответствии с РД 50-453.

Погрешности метода и оператора должны быть определены при разработке и аттестации конкретной МВИ.

## 2. Оценивание неисключенной систематической погрешности и стандартной неопределенности, оцениваемой по типу $B$ , результата измерения

НСП результата измерения выражают границами этой погрешности, если среди составляющих погрешности результата измерения в наличии одна НСП.

При указанном выше условии стандартную неопределенность  $u_B$ , обусловленную неисключенной систематической погрешностью, заданной своими границами  $\pm\Theta$ , оценивают по формуле (4).

Доверительные границы НСП результата измерения вычисляют следующим образом.

При наличии нескольких НСП, заданных своими границами  $\pm\Theta_j$ , доверительную границу НСП результата измерения  $\Theta(P)$  (без учета знака) вычисляют по формуле

$$\Theta(P) = k \sqrt{\sum_{j=1}^m \Theta_j^2}, \quad (5)$$

где  $k$  – поправочный коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью и числом  $m$  составляющих  $\Theta_j$ .

При доверительной вероятности  $P = 0,95$  поправочный коэффициент  $k$  принимают равным 1,1.

При доверительной вероятности  $P = 0,99$  поправочный коэффициент  $k$  принимают равным 1,45, если число суммируемых составляющих  $m > 4$ . Если же число составляющих равно четырем ( $m = 4$ ), то поправочный коэффициент  $k \approx 1,4$ ; при  $m = 3$   $k \approx 1,3$ ; при  $m = 2$   $k \approx 1,2$ . Более точное значение  $k$  для доверительной вероятности  $P = 0,99$  при числе составляющих  $m \geq 4$  в зависимости от соотношения составляющих  $l$  определяют по графику  $[k = f(m, l)]$  в соответствии с требованиями ГОСТ 8.207.

*Примечание.* Погрешность, возникающая при использовании формулы (5) для суммирования НСП и при нахождении поправочного коэффициента  $k$  для доверительной вероятности  $P = 0,99$  по графику  $[k = f(m, l)]$ , не превышает 5 %.

При наличии нескольких НСП, заданных своими границами  $\pm\Theta_j$ , суммарную стандартную неопределенность, оцениваемую по типу В,  $u_{c,B}$  вычисляют по формуле

$$u_{c,B} = \sqrt{\sum_{j=1}^m \frac{\Theta_j^2}{3}}. \quad (6)$$

При наличии нескольких НСП, заданных доверительными границами  $\Theta_j(P_i)$ , рассчитанными по формуле (5), доверительную границу НСП результата однократного измерения вычисляют по формуле

$$\Theta(P) = k \sqrt{\sum_{j=1}^m \frac{\Theta_j^2(P_i)}{k_i^2}}. \quad (7)$$

При условии, указанном выше, суммарную стандартную неопределенность, оцениваемую по типу  $B$ , вычисляют по формуле

$$u_{c,B} = \sqrt{\sum_{j=1}^m \frac{\Theta_j^2(P_i)}{k_i^2 3}}, \quad (8)$$

где  $\Theta_j(P_i)$  – доверительная граница  $j$ -й НСП, соответствующая доверительной вероятности  $P_i$ ;

$k$  и  $k_i$  – коэффициенты, соответствующие доверительным вероятностям  $P$  и  $P_i$  (см. выше).

### 3. Оценивание случайной погрешности и стандартной неопределенности, оцениваемой по типу $A$ , результата измерения

Доверительные границы случайной погрешности и стандартную неопределенность, оцениваемую по типу  $A$ , результата измерения вычисляют следующим образом.

Если случайные погрешности представлены несколькими СКО  $S_i$ , то СКО результата однократного измерения  $S(\tilde{A})$  вычисляют по формуле

$$S(\tilde{A}) = \sqrt{\sum_{i=1}^m S_i^2}. \quad (9)$$

Если случайные погрешности представлены несколькими СКО  $S_i$ , стандартную неопределенность, оцениваемую по типу  $A$ , результата однократного измерения  $u_A$  вычисляют по формуле

$$u_A = \sqrt{\sum_{i=1}^m u_{i,A}^2}, \quad (10)$$

где  $m$  – число составляющих случайных погрешностей;

$$u_{i,A} = S_i.$$

Доверительную границу случайной погрешности результата измерения  $\varepsilon(P)$  вычисляют по формуле

$$\varepsilon(P) = Z_{P/2} S(\tilde{A}), \quad (11)$$

где  $Z_{P/2}$  – точка нормированной функции Лапласа, отвечающая вероятности  $P$ . При доверительной вероятности  $P = 0,95 Z_{0,95/2}$  принимают равным 2, при  $P = 0,99 Z_{0,99/2} = 2,6$ .

Если случайные погрешности представлены доверительными границами  $e_i(P)$ , соответствующими одной и той же вероятности, доверительную

границу случайной погрешности результата однократного измерения вычисляют по формуле

$$\varepsilon(P) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \varepsilon_i^2(P)}. \quad (12)$$

Если случайные погрешности представлены доверительными границами, соответствующими разным вероятностям, сначала определяют СКО результата измерения по формуле

$$S(\tilde{A}) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\varepsilon^2(P_i)}{Z_{P_i/2}^2}}, \quad (13)$$

а затем вычисляют доверительные границы случайной погрешности результата измерения по формуле (11).

#### 4. Оценивание погрешности и расширенной неопределенности результата измерения

Если погрешности метода и оператора пренебрежимо малы по сравнению с погрешностью используемых СИ (не превышают 15 % погрешности СИ), то за погрешность результата измерения принимают погрешность используемых СИ.

Если  $\frac{\Theta}{S(\tilde{A})} < 0,8$ , то НСП или стандартной неопределенностью, оцениваемой по типу В, пренебрегают и принимают в качестве погрешности или неопределенности результата измерения доверительные границы случайных погрешностей или расширенную неопределенность для уровня доверия  $P$ , вычисляемую по формуле  $U(P) = k_{0A} u_A$ .

Если  $\frac{\Theta}{S(\tilde{A})} > 8$ , то случайными погрешностями или стандартной неопределенностью, оцениваемой по типу А, пренебрегают и принимают в качестве погрешности или неопределенности результата измерения границы НСП или расширенную неопределенность для уровня доверия  $P$ , вычисляемую по формуле  $U(P) = k_{0B} u_B$ .

Если  $0,8 \leq \frac{\Theta}{S(\tilde{A})} \leq 8$ , то доверительную границу погрешности результата измерений  $\Delta(P)$  вычисляют по формуле

$$\Delta(P) = K[\Theta(P) + \varepsilon(P)], \quad (14)$$

где  $K$  – коэффициент, значение которого для доверительной вероятности 0,95 равно 0,76; для доверительной вероятности 0,99 – равно 0,83.

Расширенную неопределенность для уровня доверия  $P$  вычисляют по формуле

$$U(P) = k_o \sqrt{u_A^2 + u_B^2}, \quad (15)$$

где  $k_o$  – коэффициент охвата (коэффициент, используемый как множитель суммарной неопределенности для получения расширенной неопределенности). Значение коэффициента охвата для доверительной вероятности  $P = 0,95$  считают равным 2, для доверительной вероятности  $P = 0,99$  – равным 3.

## 5. Форма представления результата измерения

Форма представления результатов однократных измерений должна соответствовать МИ 1317.

При симметричной доверительной погрешности результат однократного измерения представляют в форме  $\tilde{A}; \pm \Delta(P); P$  или  $\tilde{A}; \pm \Delta(P)$ , или  $\tilde{A}; U(P)$ .

Значение результата измерения должно оканчиваться цифрами того же разряда, что и значение погрешности или расширенной неопределенности для уровня доверия.

### Пример

#### Расчет погрешности измерения напряжения показывающим прибором

Однократное измерение напряжения на участке электрической цепи сопротивлением  $R = 4$  Ом.

#### Априорные данные об исследуемом объекте

Участок электрической цепи представляет собой соединение нескольких резисторов, имеющих стабильное сопротивление. Ток в цепи – постоянный. Измерение выполняют в сухом отапливаемом помещении температурой до  $30$  °С при магнитном поле до  $400$  А/м. Предполагаемое падение напряжения на участке цепи, не превышающее  $1,5$  В, постоянно.

Для измерения выбирают вольтметр класса точности  $0,5$  по ГОСТ 8711 (приведенная погрешность  $0,5$  %) с верхним пределом диапазона измерений  $U_{пр} = 1,5$  В. Вольтметр имеет магнитный экран. Некоторый запас по точности средства измерений необходим из-за возможного наличия дополнительных погрешностей, погрешности метода и т.д.

Инструментальная составляющая погрешности определяется основной и дополнительной погрешностями.

Основная погрешность прибора указана в приведенной форме. Следовательно, предел допускаемой основной погрешности вольтметра

$$\Delta_o = \frac{1,5 \cdot 0,5}{100} = 0,0075 \hat{A}.$$

Дополнительная погрешность из-за влияния магнитного поля не превышает 1,5 % нормирующего значения прибора и равна  $\pm 0,0225$  В ( $0,015 \cdot 1,5$ ). Дополнительная температурная погрешность, обусловленная отклонением температуры от нормальной (20 °С) на 10 °С, не превышает 60 % предела допускаемой основной погрешности, эта дополнительная погрешность равна  $\pm 0,0045$  В ( $0,0075 \cdot 0,6$ ).

### Оценивание погрешности результата измерения

Погрешность метода определяется соотношением между сопротивлением участка цепи  $R$  и сопротивлением вольтметра  $R_V$ . Сопротивление вольтметра известно:  $R_V = 1000$  Ом. При подсоединении вольтметра к цепи исходное напряжение  $U_x$  изменяется на

$$U = U_x \frac{R}{R + R_V}.$$

Отсюда методическая погрешность  $\Delta_M$  в абсолютной форме

$$\Delta_M = -\frac{R}{R + R_V} U_x.$$

Методическая погрешность  $\delta_M$  в относительной форме

$$\delta_i = -\frac{100R}{R + R_V} = -\frac{100 \cdot 4}{100} = -0,4\%.$$

Оцененная методическая погрешность является систематической составляющей погрешности измерений и должна быть внесена в результат измерения в виде поправки  $\nabla = +0,004$  В. Тогда результат измерения  $\tilde{A}$  с учетом поправки на систематическую погрешность

$$\tilde{A} = 0,90 + 0,004 = 0,904 \text{ В.}$$

Находят границы погрешности результата измерения.

Поскольку основная погрешность применяемого средства измерений и его дополнительные погрешности заданы границами, следует рассматривать эти погрешности как неисключенные систематические. Воспользовавшись формулой (5), находят доверительную границу неисключенной систематической погрешности результата измерения при доверительной вероятности  $P = 0,95$ :

$$\Delta(0,95) = 1,1\sqrt{0,0075^2 + 0,0225^2 + 0,0045^2} = 0,02655 \text{ В.}$$

Результат измерения следует представить в форме

$$\tilde{A} = 0,904 \text{ В; } \Delta(P) = \pm 0,027 \text{ В; } P = 0,95 \text{ или } (0,904 \pm 0,027) \text{ В; } P = 0,95.$$



## Список нормативной и справочной литературы

1. ГОСТ 8.207-76. Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.

2. ГОСТ 8711-93 (МЭК 51-2-84). Приборы аналоговые показывающие электроизмерительные прямого действия и вспомогательные части к ним. Часть 2. Особые требования к амперметрам и вольтметрам.

3. ГОСТ Р 8.563-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений.

4. РМГ 43-2001. Государственная система обеспечения единства измерений. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений».

5. РД 50-453-84. Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета.

6. МИ 1317-2004. Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров.

## Вопросы для контроля знаний студентов

1. Что такое суммарная стандартная неопределенность?
2. Как вычисляют расширенную неопределенность для уровня доверия  $P$ ?
3. Что является составляющими погрешности результата однократного измерения?
4. Как оценивается неисключенная систематическая погрешность?
5. Как вычисляют суммарную стандартную неопределенность, оцениваемую по типу  $B$ ?

## Задания для студентов

По заданию преподавателя рассчитать погрешности измерения показывающим прибором.

## Практическое занятие 4 ПРЯМЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ С МНОГОКРАТНЫМИ НАБЛЮДЕНИЯМИ. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

**Цель работы** – ознакомить студентов с методами обработки результатов наблюдений.

### Общие положения

При статистической обработке группы результатов наблюдений следует выполнить следующие операции:

исключить известные систематические погрешности из результатов наблюдений;

вычислить среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений, принимаемое за результат измерения;

вычислить оценку среднего квадратического отклонения результата наблюдения;

вычислить оценку среднего квадратического отклонения результата измерения;

проверить гипотезу о том, что результаты наблюдений принадлежат нормальному распределению;

вычислить доверительные границы случайной погрешности (случайной составляющей погрешности) результата измерения;

вычислить границы неисключенной систематической погрешности (неисключенных остатков систематической погрешности) результата измерения;

вычислить доверительные границы погрешности результата измерения.

Проверку гипотезы о том, что результаты наблюдений принадлежат нормальному распределению, следует проводить с уровнем значимости  $q$  от 10 до 2 %. Конкретные значения уровней значимости должны быть указаны в конкретной методике выполнения измерений.

Для определения доверительных границ погрешности результата измерения доверительную вероятность  $P$  принимают равной 0,95.

В тех случаях, когда измерение нельзя повторить, помимо границ, соответствующих доверительной вероятности  $P = 0,95$ , допускается указывать границы для доверительной вероятности  $P = 0,99$ .

В особых случаях, например при измерениях, результаты которых имеют значение для здоровья людей, допускается вместо  $P = 0,99$  принимать более высокую доверительную вероятность.

## Термины и определения

**Неисправленный результат наблюдения** – результат наблюдения до введения поправок с целью устранения систематических погрешностей.

**Исправленный результат наблюдения** – результат наблюдения, получаемый после внесения поправок в неисправленный результат наблюдения.

**Неисправленный результат измерения** – среднее арифметическое результатов наблюдений до введения поправок с целью устранения систематических погрешностей.

**Исправленный результат измерений** – результат измерения, получаемый после внесения поправок в неисправленный результат измерения.

**Группа результатов наблюдений** – совокупность результатов наблюдений, полученная при условиях, которые в соответствии с целью измерения необходимы для получения результата измерения с заданной точностью.

**Исключенная систематическая погрешность результата измерения** – систематическая погрешность, которая остается неустранимой из результата измерения.

### 1. Результат измерения и оценка его среднего квадратического отклонения

Способы обнаружения грубых погрешностей должны быть указаны в методике выполнения измерений.

Если результаты наблюдений можно считать принадлежащими к нормальному распределению, грубые погрешности исключают в соответствии с указаниями НТД.

За результат измерения принимают среднее арифметическое результатов наблюдений, в которые предварительно введены поправки для исключения систематических погрешностей.

Если во всех результатах наблюдений содержится постоянная систематическая погрешность, допускается исключать ее после вычисления среднего арифметического неисправленных результатов наблюдений.

Среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  результата наблюдения оценивают согласно НТД.

Среднее квадратическое отклонение  $\sigma(\tilde{A})$  результата измерения оценивают по формуле

$$S(\tilde{A}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{A})^2}{n(n-1)}},$$

где  $x_i$  –  $i$ -й результат наблюдения;

$\tilde{A}$  – результат измерения (среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений);

$n$  – число результатов наблюдений;

$S(\tilde{A})$  – оценка среднего квадратического отклонения результата измерения.

## 2. Доверительные границы случайной погрешности результата измерения

Доверительные границы случайной погрешности результата измерения в соответствии с настоящим стандартом устанавливают для результатов наблюдений, принадлежащих нормальному распределению.

Если это условие не выполняется, методы вычисления доверительных границ случайной погрешности должны быть указаны в методике выполнения конкретных измерений.

При числе результатов наблюдений  $n > 50$  для проверки принадлежности их к нормальному распределению по НТД предпочтительным является один из критериев:  $\chi^2$  Пирсона или  $\omega^2$  Мизеса-Смирнова.

При числе результатов наблюдений  $50 > n > 15$  для проверки принадлежности их к нормальному распределению предпочтительным является составной критерий, вычисляемый следующим образом.

При числе результатов наблюдений  $n < 50$  нормальность их распределения проверяют при помощи составного критерия.

**Критерий 1.** Вычисляют отношение  $\tilde{d}$

$$\tilde{d} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \tilde{A}|}{nS^*},$$

где  $S^*$  – смещенная оценка среднего квадратического отклонения, вычисляемая по формуле

$$S_* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{A})^2}{n}}.$$

Результаты наблюдений группы можно считать распределенными нормально, если

$$d_{1-q_1/2} < \tilde{d} < d_{q_1/2},$$

где  $d_{1-q_1/2}$  и  $d_{q_1/2}$  – квантили распределения, получаемые из табл. 1 по  $n$ ,  $q_1/2$  и  $(1 - q_1/2)$ , причем  $q_1$  – заранее выбранный уровень значимости критерия.

Т а б л и ц а 1

Статистика  $d$

$n$	$q_1/2 \cdot 100\%$		$(1-q_1/2) \cdot 100\%$	
	1 %	5 %	95 %	99 %
16	0,9137	0,8884	0,7236	0,6829
21	0,9001	0,8768	0,7304	0,6950
26	0,8901	0,8686	0,7360	0,7040
31	0,8826	0,8625	0,7404	0,7110
36	0,8769	0,8578	0,7440	0,7167
41	0,8722	0,8540	0,7470	0,7216
46	0,8682	0,8508	0,7496	0,7256
51	0,8648	0,8481	0,7518	0,7291

**Критерий 2.** Можно считать, что результаты наблюдений принадлежат нормальному распределению, если не более  $m$  разностей  $|x_i - \tilde{A}|$  превзошли значение  $z_{p/2} \cdot S$ , где  $S$  – оценка среднего квадратического отклонения, вычисляемая по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{A})^2}{n-1}},$$

где  $z_{p/2}$  – верхний квантиль распределения нормированной функции Лапласа, отвечающий вероятности  $P/2$ .

Значения  $P$  определяются из табл. 2 по выбранному уровню значимости  $q_2$  и числу результатов наблюдений  $n$ .

Т а б л и ц а 2

Значения  $P$  для вычисления

$n$	$m$	$q_2 \cdot 100\%$		
		1 %	2 %	5 %
10	1	0,98	0,98	0,96
11-14	1	0,99	0,98	0,97
15-20	1	0,99	0,99	0,98
21-22	2	0,98	0,97	0,96
23	2	0,98	0,98	0,96
24-27	2	0,98	0,98	0,97
28-32	2	0,99	0,98	0,97
33-35	2	0,99	0,98	0,98
36-49	2	0,99	0,99	0,98

При уровне значимости, отличном от предусмотренных в табл. 2, значение  $P$  находят путем линейной интерполяции.

В случае, если при проверке нормальности распределения результатов наблюдений группы для критерия 1 выбран уровень значимости  $q_1$ , а для критерия 2 –  $q_2$ , то результирующий уровень значимости составного критерия  $q \leq q_1 + q_2$ .

В случае, если хотя бы один из критериев не соблюдается, то считают, что распределение результатов наблюдений группы не соответствует нормальному.

При числе результатов наблюдений  $n \leq 15$  принадлежность их к нормальному распределению не проверяют. При этом нахождение доверительных границ случайной погрешности результата измерения по настоящей методике возможно в том случае, если заранее известно, что результаты наблюдений принадлежат нормальному распределению.

Доверительные границы  $\varepsilon$  (без учета знака) случайной погрешности результата измерения находят по формуле

$$\varepsilon = t \cdot S(\tilde{A}),$$

где  $t$  – коэффициент Стьюдента, который в зависимости от доверительной вероятности  $P$  и числа результатов наблюдений  $n$  находят по табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Значения коэффициента  $t$  для случайной величины, имеющей распределение Стьюдента с  $n-1$  степенями свободы

$n-1$	$P=0,95$	$P=0,99$	$n-1$	$P=0,95$	$P=0,99$
3	3,182	5,841	16	2,120	2,921
4	2,776	4,604	18	2,101	2,878
5	2,571	4,032	20	2,086	2,845
6	2,447	3,707	22	2,074	2,819
7	2,365	3,499	24	2,064	2,797
8	2,306	3,355	26	2,056	2,779
9	2,262	3,250	28	2,048	2,763
10	2,228	3,169	30	2,043	2,750
12	2,179	3,055	$\infty$	1,960	2,576
14	2,145	2,977			

### 3. Доверительные границы неисключенной систематической погрешности результата измерения

Неисключенная систематическая погрешность результата образуется из составляющих, в качестве которых могут быть неисключенные систематические погрешности: метода; средств измерений; вызванные другими источниками.

В качестве границ составляющих неисключенной систематической погрешности принимают, например, пределы допускаемых основных и дополнительных погрешностей средств измерений, если случайные составляющие погрешности пренебрежимо малы.

При суммировании составляющих неисключенной систематической погрешности результата измерения неисключенные систематические погрешности средств измерения каждого типа и погрешности поправок рассматривают как случайные величины. При отсутствии данных о виде распределения случайных величин их распределения принимают за равномерные.

Границы неисключенной систематической погрешности  $\Theta$  результата измерения вычисляют путем построения композиции неисключенных систематических погрешностей средств измерений, метода и погрешностей, вызванных другими источниками. При равномерном распределении неисключенных систематических погрешностей эти границы (без учета знака) можно вычислить по формуле

$$\Theta = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \Theta_i^2},$$

где  $\Theta_i$  – граница  $i$ -й неисключенной систематической погрешности;

$k$  – коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью. Коэффициент  $k$  принимают равным 1,1 при доверительной вероятности  $P = 0,95$ .

При доверительной вероятности  $P = 0,99$  коэффициент  $k$  принимают равным 1,4, если число суммируемых неисключенных систематических погрешностей более четырех ( $m > 4$ ). Если же число суммируемых погрешностей равно четырем или менее четырех ( $m \leq 4$ ), то коэффициент  $k$  определяют по графику зависимости (рис. 1).

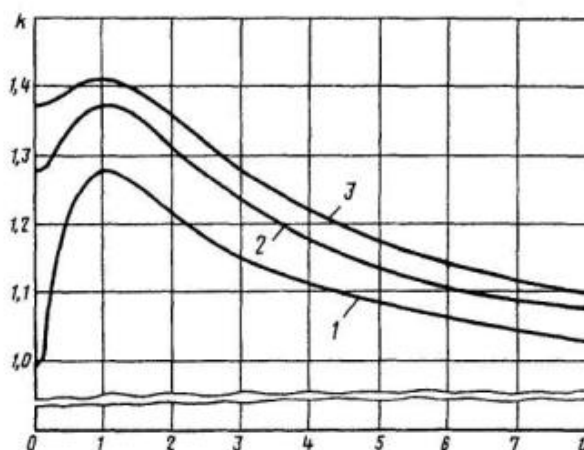


Рис. 1. График зависимости  $k = f(m, l)$ :

$m$  – число суммируемых погрешностей;  $l = \frac{\Theta_1}{\Theta_2}$ ; кривая 1 –  $m = 2$ ; кривая 2 –

$m = 3$ ; кривая 3 –  $m = 4$

При трех или четырех слагаемых в качестве  $\Theta_1$  принимают составляющую, по числовому значению наиболее отличающуюся от других, в качестве  $\Theta_2$  следует принять ближайшую к  $\Theta_1$  составляющую.

Доверительную вероятность для вычисления границ неисключенной систематической погрешности принимают той же, что при вычислении доверительных границ случайной погрешности результата измерения.

#### 4. Граница погрешности результата измерения

В случае, если  $\frac{\Theta}{S(\tilde{A})} < 0,8$ , то неисключенными систематическими

погрешностями по сравнению со случайными пренебрегают и принимают, что граница погрешности результата  $\Delta = \varepsilon$ .

Если  $\frac{\Theta}{S(\tilde{A})} > 8$ , то случайной погрешностью по сравнению с система-

тическими пренебрегают и принимают, что граница погрешности результата  $\Delta = \Theta$ . Погрешность, возникающая из-за пренебрежения одной из составляющих погрешности результата измерения при выполнении указанных неравенств, не превышает 15 %. В случае, если вышеуказанные неравенства не выполняются, границу погрешности результата измерения находят путем построения композиции распределений случайных и неисключенных систематических погрешностей, рассматриваемых как случайные величины в соответствии с п. 3. Если доверительные границы случайных погрешностей найдены в соответствии с п. 2, допускается границы погрешности результата измерения  $\Delta$  (без учета знака) вычислить по формуле

$$\Delta = KS_{\Sigma},$$

где  $K$  – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей;

$S_{\Sigma}$  – оценка суммарного среднего квадратического отклонения результата измерения.

Оценку суммарного среднего квадратического отклонения результата измерения вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\Theta_i^2}{3} + S^2(\tilde{A})}.$$

Коэффициент  $K$  вычисляют по эмпирической формуле

$$K = \frac{\varepsilon + \Theta}{S^2(\tilde{A}) + \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\Theta_i^2}{3}}}.$$



## 5. Форма записи результатов измерений

Результаты измерения оформляют по МИ 1317-2004.

При симметричной доверительной погрешности результаты измерений представляют в форме

$$\tilde{A} \pm \Delta, P,$$

где  $\tilde{A}$  – результат измерения.

Числовое значение результата измерения должно оканчиваться цифрой того же разряда, что и значение погрешности  $\Delta$ .

При отсутствии данных о виде функций распределений составляющих погрешности результата и необходимости дальнейшей обработки результатов или анализа погрешностей результаты измерений представляют в форме

$$\tilde{A}; S(\tilde{A}), n; \Theta.$$

В случае если границы неисключенной систематической погрешности вычислены в соответствии с п. 3, следует дополнительно указывать доверительную вероятность  $P$ . Оценка  $S(\tilde{A})$  и  $\Theta$  могут быть выражены в абсолютной и относительной формах.

### Вопросы для контроля знаний студентов

1. Что такое неисправленный результат ?
2. Что такое исправленный результат наблюдения ?
3. Какие операции следует выполнить при статистической обработке группы результатов наблюдений?
4. По какой формуле вычисляют среднее квадратическое отклонение  $\sigma(\tilde{A})$  результата измерения ?
6. Как вычисляют границы неисключенной систематической погрешности  $\Theta$  результата измерения ?

### Задания для студентов

1. По заданию преподавателя вычислить границы неисключенной систематической погрешности

## Практическое занятие 5

# МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель занятия – ознакомить студентов с правилами разработки и аттестации методик измерений.

### Общие положения

Требования к методикам (методам) измерений в Российской Федерации установлены Федеральным законом № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», в соответствии с которым аттестации подлежат методики (методы) измерений, используемые в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.

Методики измерений разрабатывают и применяют с целью обеспечить выполнение измерений с требуемой точностью.

Методика испытаний является основным документом, определяющим качество испытаний, и соблюдение ее должно гарантировать достижение установленных в НД на методику показателей точности и достоверности результатов испытаний. Поэтому, как и для методик выполнения измерений, содержанию методик испытаний, порядку их разработки и аттестации уделяется много внимания.

По ГОСТ Р 1.12 методика испытаний – «подробное описание практических действий, используемых при проведении испытаний по определенному методу. Метод испытаний: Установленная техническая процедура проведения испытаний».

Методика испытаний может включать в себя в качестве составной части методику (методики) выполнения измерений, аттестованную (аттестованные) в соответствии с ГОСТ Р 8.563 или содержать ссылки на МВИ, регламентированные в государственных стандартах. При испытаниях для целей подтверждения соответствия в основном применяют методики испытаний, включающие в себя в качестве составной части аттестованную или стандартизованную МВИ.

Разработка методики испытаний должна основываться на отечественном и зарубежном опыте и, по возможности, должна быть гармонизирована с международными требованиями.

### 1. Разработка методик измерений

Разработку методик измерений осуществляют на основе исходных данных, которые могут быть приведены в техническом задании, технических условиях и других документах.

К исходным данным относится следующее:

- область применения (объект измерений, в том числе наименование продукции и контролируемых параметров, а также область использования – для одного предприятия, для сети лабораторий и т.п.);

- если методика измерений может быть использована для оценки соответствия требованиям, установленным техническим регламентом, то в документе на методику измерений указывают наименование технического регламента, номер пункта, устанавливающего требования (при необходимости и наименование национального стандарта или свода правил), а также указывают, войдет ли документ, в котором изложена методика измерений, в перечень национальных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений [либо в состав правил и методов исследований (испытаний) и измерений], в том числе, правил отбора образцов, необходимых для применения и исполнения технического регламента и осуществления оценки соответствия;

- наименование измеряемой величины в единицах величин, допущенных к применению в Российской Федерации;

- требования к показателям точности измерений;

- требования к условиям выполнения измерений;

- характеристики объекта измерений, если они могут влиять на точность измерений (выходное сопротивление, жесткость в месте контакта с датчиком, состав пробы и т.п.);

- при необходимости другие требования к методике измерений.

Требования к точности измерений приводят путем задания показателей точности и ссылки на документы, в которых эти значения установлены.

При описании требований к выражению погрешности и неопределенности измерений, выполненных с использованием теории шкал, применяют положения рекомендаций с учетом особенностей конкретных шкал измерений.

Методики измерений должны обеспечивать требуемую точность оценки показателей, подлежащих допусковому контролю, с учетом допусков на эти показатели, установленных в документах по стандартизации или других нормативных документах, а также допустимых характеристик достоверности контроля и характера распределения контролируемых показателей.

Условия измерений задают в виде номинальных значений с допускаемыми отклонениями и (или) границ диапазонов возможных значений влияющих величин. При необходимости указывают предельные скорости изменений или другие характеристики влияющих величин, а также ограничения на продолжительность измерений, число параллельных определений и т.п. данные. Если измерения предполагают выполнять с использованием измерительных систем, для которых средства измерений, входящие в

состав измерительных каналов, пространственно удалены друг от друга, то условия измерений указывают для мест расположения всех средств измерений, входящих в измерительную систему.

Разработка методик измерений, как правило, включает в себя следующее:

- формулирование измерительной задачи и описание измеряемой величины; предварительный отбор возможных методов решения измерительной задачи;

- выбор метода и средств измерений (в том числе стандартных образцов), вспомогательных устройств, материалов и реактивов;

- установление последовательности и содержания операций при подготовке и выполнении измерений, включая требования по обеспечению безопасности труда и экологической безопасности и требования к квалификации операторов;

- организацию и проведение теоретических и экспериментальных исследований по оценке показателей точности разработанной методики измерений; экспериментальное опробование методик измерений; анализ соответствия показателей точности исходным требованиям;

- обработку промежуточных результатов измерений и вычисление окончательных результатов, полученных с помощью данной методики измерений;

- разработку процедур и установление нормативов контроля точности получаемых результатов измерений;

- разработку проекта документа на методику измерений;

- аттестацию методик измерений;

- утверждение и регистрацию документа на методику измерений, оформление свидетельства об аттестации;

- передачу сведений об аттестованных методиках измерений в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Методы и средства измерений выбирают в соответствии с документами, относящимися к выбору методов и средств измерений данного вида, а при отсутствии таких документов – в соответствии с общими рекомендациями.

Если методика измерений предназначена для использования в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, то средства измерений, стандартные образцы, испытательное оборудование должны быть метрологически обеспечены в системе измерений Российской Федерации.

Требования к точности измерений устанавливаются с учетом всех составляющих погрешности (методической, инструментальной, вносимой оператором, возникающей при отборе и приготовлении пробы).

Показатели точности измерений должны соответствовать исходным данным на разработку методики измерений. Планирование экспериментов по оценке характеристик погрешности методик измерений состава и свойств веществ и материалов и выбор способов экспериментальной оценки этих характеристик проводят в соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725-1 – ГОСТ Р ИСО 5725-6.

В документе, регламентирующем методику измерений, указывают:

- наименование методики измерений;
- назначение методики измерений;
- область применения;
- условия выполнения измерений;
- метод (методы) измерений;
- допускаемую и (или) приписанную неопределенность измерений или норму погрешности и (или) приписанные характеристики погрешности измерений;
- применяемые средства измерений, стандартные образцы, их метрологические характеристики и сведения об утверждении их типов.
- операции при подготовке к выполнению измерений, в том числе по отбору проб;
- операции при выполнении измерений;
- операции обработки результатов измерений;
- требования к оформлению результатов измерений;
- процедуры и периодичность контроля точности получаемых результатов измерений;
- требования к квалификации операторов;
- требования к обеспечению безопасности выполняемых работ;
- требования к обеспечению экологической безопасности;
- другие требования и операции (при необходимости).

В документах на методики измерений, в которых предусмотрено использование конкретных экземпляров средств измерений и других технических средств, дополнительно указывают заводские (инвентарные и т.п.) номера экземпляров средств измерений и других технических средств.

В документе на методики измерений могут быть даны ссылки на официально опубликованные документы, содержащие требования или сведения, необходимые для реализации методики.

## **2. Построение и изложение документов на методики измерений**

Наименование документа на методики измерений должно соответствовать требованиям национальной системы стандартизации. Допускается отражать в наименовании специфику измерений величины.

Документ на методику измерений должен включать в себя вводную часть и следующие разделы:

- требования к показателям точности измерений;
- требования к средствам измерений, вспомогательным устройствам, материалам, реактивам;
- метод (методы) измерений;
- требования безопасности, охраны окружающей среды;
- требования к квалификации операторов;
- требования к условиям измерений;
- подготовка к выполнению измерений, в том числе требования к отбору проб;
- порядок выполнения измерений;
- обработка результатов измерений;
- оформление результатов измерений;
- контроль точности результатов измерений.

Допускается исключать или объединять указанные разделы или изменять их наименования, а также вводить дополнительные разделы с учетом специфики измерений.

Вводная часть устанавливает назначение и область применения документа на методику измерений.

Вводную часть излагают в следующей редакции: «Настоящий документ (указывают вид разрабатываемого документа) устанавливает методику измерений (указывают наименование измеряемой величины, при необходимости ее специфику и специфику измерений)». Далее приводят диапазоны измерений и область использования методики измерений.

Если методика измерений может быть использована для оценки соответствия требованиям, установленным техническим регламентом, то в документе на методику измерений указывают наименование технического регламента, номер пункта, устанавливающего требования (если необходимо, то и наименование стандарта или свода правил), а также указывают, входит ли она в перечень национальных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения технического регламента и осуществления оценки соответствия.

При ссылке на конкретную продукцию во вводной части указывают обозначение нормативного документа, распространяющегося на эту продукцию.

Раздел «Требования к показателям точности измерений» содержит числовые значения показателей точности измерений и ссылку на документ, в котором они приведены. При указании приписанных характеристик погрешности измерений вместо «Пределы допускаемой погрешности...» излагают «Пределы погрешности...», вместо «Погрешность измерений

должна соответствовать требованиям, указанным в...» излагают «Погрешность измерений соответствует характеристикам, приведенным в...».

Если предполагается существенная случайная составляющая погрешности измерений, то вместо «пределов» указывают «границы», которые сопровождаются значением вероятности (например,  $P = 0,95$ ).

Показатели правильности и прецизионности измерений выражают согласно ГОСТ Р ИСО 5725-1 – ГОСТ Р ИСО 5725-5. Показатель воспроизводимости измерений сопровождается информацией о межлабораторном эксперименте, на основе которого было установлено значение показателя.

Требования к показателям точности измерений одной и той же величины могут быть различными для разных диапазонов измерений, разной продукции, разных условий измерений. В этом случае, а также для нескольких измеряемых величин требования к показателям точности измерений приводят в форме таблиц, графиков или уравнений.

Раздел «Требования к средствам измерений, вспомогательным устройствам, материалам, реактивам» содержит перечень всех средств измерений, вспомогательных устройств, материалов, реактивов, применяемых при выполнении измерений. В разделе приводят метрологические характеристики средств измерений и стандартных образцов, технические характеристики вспомогательных устройств и качественные характеристики материалов и реактивов с обозначением документов, в соответствии с которыми их выпускают (для методик измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений указывают типы средств измерений и стандартных образцов).

Метрологические, технические и другие характеристики при большом объеме могут быть приведены в приложении.

В приложении могут быть приведены чертежи, технические характеристики и описания средств измерений и вспомогательных устройств разового изготовления.

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «При выполнении измерений применяют следующие средства измерений, вспомогательные устройства, материалы и реактивы:...» или «При выполнении измерений применяют средства измерений, вспомогательные устройства, материалы и реактивы, приведенные в табл.4...»

Т а б л и ц а 4

Порядковый номер и наименование средств измерений, вспомогательных устройств, материалов и реактивов	Обозначение и наименование документов, в соответствии с которыми выпускают средства измерений, вспомогательные устройства, материалы и реактивы	Метрологические, технические характеристики или ссылка на чертеж. Требования к качеству реактивов
--	---	---

В разделе допускается указывать на возможность применения других средств измерений, вспомогательных устройств, материалов и реактивов с аналогичными или лучшими метрологическими и техническими характеристиками.

Раздел «Метод (методы) измерений» содержит описание приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с принципом, положенным в основу метода.

Если для измерений одной величины применяют несколько методов или документ устанавливает методики измерений двух и более величин, то описание каждого метода приводят в отдельном подразделе.

Первый пункт раздела (подраздела) излагают следующим образом: «Измерения (приводят наименование измеряемой величины) выполняют методом (приводят описание метода)».

Раздел «Требования безопасности, охраны окружающей среды» содержит требования, выполнение которых обеспечивает при выполнении измерений безопасность труда, соблюдение норм производственной санитарии и охрану окружающей среды. При наличии нормативных документов, регламентирующих требования безопасности, производственной санитарии и охраны окружающей среды, в разделе приводят ссылку на эти документы.

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «При выполнении измерений (приводят наименование измеряемой величины) соблюдают следующие требования: (перечисляют требования безопасности, производственной санитарии, охраны окружающей среды)».

Раздел «Требования к квалификации операторов» содержит сведения об уровне квалификации (профессии, образовании, практическом опыте и др.) лиц, допускаемых к выполнению измерений. Этот раздел включают в документ на методику измерений при использовании сложных неавтоматизированных методов измерений и процедур обработки их результатов. Первый пункт раздела излагают следующим образом: «К выполнению измерений и (или) обработке их результатов допускают лиц (приводят сведения об уровне квалификации)».

Раздел «Требования к условиям измерений» содержит перечень влияющих величин, их номинальных значений и (или) границ диапазонов возможных значений, а также другие характеристики влияющих величин, требования к объекту измерений. К числу влияющих величин относят параметры сред (образцов), напряжение и частоту тока питания, внутренние импедансы объектов измерений и другие характеристики.

Допускается перечни влияющих величин приводить в форме таблицы.

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «При выполнении измерений соблюдают следующие условия:...» или «При выполнении измерений соблюдают условия, приведенные в табл. 5».



Т а б л и ц а 5

Наименование измеряемой величины	Наименование влияющей величины	Номинальное значение	Предельные отклонения
----------------------------------	--------------------------------	----------------------	-----------------------

Раздел «Подготовка к выполнению измерений» содержит описание подготовительных работ, которые проводят перед выполнением непосредственно измерений. К этим работам относят предварительное определение значений влияющих величин, сборку схем (для этого в разделе или приложении приводят схемы), подготовку и проверку режимов работы средств измерений и других технических средств (установка нуля, выдержка во включенном состоянии, тестирование и т.п.), подготовку проб к измерениям.

Если при выполнении количественного химического анализа предусматривается установление градуировочной характеристики, то в разделе приводят способы ее установления и контроля, а также порядок изготовления и применения образцов для градуировки.

Если порядок подготовительных работ установлен в документах на средства измерений и другие технические средства, то в разделе приводят ссылки на эти документы.

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «При подготовке к выполнению измерений проводят следующие работы: (приводят перечень и описание подготовительных работ)».

Раздел «Порядок выполнения измерений» содержит перечень, объем, последовательность операций, периодичность и число измерений, описание операций, критерии приемлемости результатов промежуточных измерений, требования к представлению промежуточных и конечных результатов (число значащих цифр и др.).

Если порядок выполнения операций установлен в документах на применяемые средства измерений и другие технические средства, то в разделе приводят ссылки на эти документы.

Если для измерений одной величины применяют несколько методов или документ устанавливает методику измерений двух и более величин, то описание каждой операции приводят в отдельном подразделе.

В разделе (подразделе) приводят требование обязательной регистрации результатов промежуточных измерений и значений влияющих величин. При необходимости указывают формы регистрации промежуточных результатов измерений и значений влияющих величин.

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «При выполнении измерений (приводят наименование измеряемой величины) выполняют следующие операции: (приводят описания операций)».

Раздел «Обработка результатов измерений» содержит описание способов обработки и получения результатов измерений. Если способы обработки результатов измерений установлены в других документах, в разделе приводят ссылки на эти документы.

В разделе при необходимости указывают данные, требуемые для получения результатов измерений (константы, таблицы, графики, уравнения и т.п.). При большом объеме данных их приводят в приложении. Приводят требование обязательной регистрации обработки результатов промежуточных измерений с указанием, при необходимости, формы такой регистрации (в электронном виде или на бумажном носителе). Первый пункт раздела излагают следующим образом: «Обработку результатов измерений выполняют способом (приводят описание способа)».

Раздел «Оформление результатов измерений» содержит требования к форме представления результатов измерений. В разделе могут быть приведены указания по округлению результатов измерений. Формы представления результатов измерений в документе на методику измерений должны соответствовать формам представления результатов измерений, приведенным в свидетельстве об аттестации.

Раздел «Контроль точности результатов измерений» содержит указания о контролируемых параметрах, средствах, процедурах, нормативах контроля, а также указания (рекомендации) по периодичности контроля. Отдельные процедуры, например приготовление образцов для контроля точности, могут быть описаны в приложении к документу на методику измерений.

### 3. Аттестация методик измерений

Методики измерений, применяемые в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, подлежат аттестации в обязательном порядке.

Критерии аттестации методик измерений:

- полнота изложения требований и операций в документе на методики измерений;
- наличие и обоснованность показателей точности;
- соответствие требованиям нормативных правовых документов в области обеспечения единства измерений.

Аттестацию методик измерений, применяемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, проводят аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели, в том числе государственные научные метрологические институты и государственные региональные центры метрологии.

Аттестация методик измерений включает в себя метрологическую экспертизу комплекта документов, а также теоретические и экспериментальные исследования, подтверждающие соответствие аттестуемой методики измерений требованиям нормативных правовых документов в области обеспечения единства измерений.

При аттестации методик измерений проводят исследование и подтверждение соответствия:

- методик измерений – их целевому назначению, т.е. соответствие предлагаемой методики свойствам объекта измерений и характеру измеряемых величин;

- условий выполнения измерений – требованиям к применению данной методики измерений;

- показателей точности результатов измерений и способов обеспечения достоверности измерений – установленным метрологическим требованиям;

- используемых в составе методики измерений средств измерений, стандартных образцов – условиям обеспечения прослеживаемости результатов измерений к государственным первичным эталонам единиц величин, а в случае отсутствия соответствующих государственных первичных эталонов единиц величин – к национальным эталонам единиц величин иностранных государств;

- записи результатов измерений – требованиям к единицам величин, допущенным к применению в Российской Федерации;

- форм представления результатов измерений – метрологическим требованиям.

На аттестацию методик измерений представляют следующие документы:

- исходные данные на разработку методик измерений;

- проект документа, регламентирующий методику измерений;

- программу и результаты оценивания показателей точности методики, включая материалы теоретических и экспериментальных исследований методики измерений.

При положительных результатах аттестации:

- оформляют заключение о соответствии методики измерений установленным метрологическим требованиям с приложением результатов теоретических и экспериментальных исследований;

- оформляют свидетельство об аттестации;

- утверждают документ, регламентирующий методику измерений.

При отрицательных результатах аттестующая организация оформляет заключение о несоответствии методики измерений требованиям технического задания на разработку данной методики измерений или нормативных правовых документов в области обеспечения единства измерений.

Свидетельство об аттестации методики измерений подписывает руководитель юридического лица или индивидуальный предприниматель, аттестовавший методику измерений, и заверяет печатью с указанием даты. Свидетельство об аттестации подлежит регистрации юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем, его выдавшим.

Свидетельство об аттестации методики (метода) измерений должно содержать следующую информацию:

- наименование и адрес юридического лица или индивидуального предпринимателя, аттестовавшего методику измерений;

- наименование документа: «Свидетельство об аттестации методики (метода) измерений»;

- регистрационный номер свидетельства, состоящий из порядкового номера аттестованной методики измерений, номера аттестата аккредитации юридического лица или индивидуального предпринимателя и года утверждения;

- наименование и назначение методики измерений, включая указание измеряемой величины, и, при необходимости, наименование объекта измерений и его дополнительных параметров, а также реализуемого способа измерений;

- наименование и адрес разработчика методики измерений;

- обозначение и наименование документа, содержащего методику измерений, год его утверждения и число страниц;

- обозначение и наименование нормативного правового документа, на соответствие требованиям которого аттестована методика измерений (при наличии соответствующего нормативного правового документа);

- указание способа подтверждения соответствия методики измерений установленным требованиям (теоретические или экспериментальные исследования);

- вывод о том, что в результате аттестации методики измерений установлено, что методика измерений соответствует предъявляемым к ней требованиям.

К свидетельству может быть приложен бюджет неопределенности измерений или структура образования суммарной погрешности измерений с оценкой вклада каждой из составляющих погрешности.

Документ, регламентирующий методику измерений, утверждает, после ее аттестации, технический руководитель организации-разработчика, про-ставляют дату утверждения, подпись руководителя заверяют печатью. В методику измерений вносят дату регистрации и номер свидетельства об аттестации. Страницы документа должны быть идентифицированы. После утверждения дубликат документа направляют в аттестующую организацию. Изменения к методикам измерений должны быть оформлены в соот-

ветствии с требованиями стандарта к разработке и аттестации методик измерений.

Методики измерений регистрируют в едином реестре методик измерений. Сведения об аттестованных методиках измерений разработчик передает в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

В методику измерений могут быть внесены изменения. Изменения вносит разработчик. Методики измерений с внесенными в них изменениями представляют на аттестацию.

#### 4. Стандартизация методик измерений

Национальные стандарты и другие документы в области стандартизации, включающие в себя правила и методы исследований (испытаний) и измерений, а также правила отбора проб образцов для применения технических регламентов, должны содержать только аттестованные методики измерений.

Разработку стандартов, в которых излагают методики измерений, выполняют в соответствии с ГОСТ 1.5.

В области применения стандартов на методы контроля (испытаний, определений, измерений, анализа) указывают технический регламент, правила и методы исследований (испытаний) и измерений, а также правила отбора проб образцов для применения технических регламентов, стандарт или другой нормативный документ, в котором установлены требования к показателям, контролируемым по стандартизуемой методике измерений, и соответствующие этим требованиям диапазоны измерений контролируемых показателей (изменяемых характеристик).

В стандарте на методы контроля (испытаний, определений, измерений, анализа) одного и того же показателя могут быть предусмотрены две или более альтернативные методики измерений, при этом одна из них должна быть определена разработчиком стандарта в качестве арбитражной. В данном случае, в целях подтверждения возможности использования для определения этого показателя нескольких альтернативных методик измерений, в ходе разработки стандарта должны быть выполнены процедуры оценивания и сопоставления показателей точности этих методик измерений. Для них должны быть установлены нормы допускаемых смещений (систематических отклонений) результатов измерений контролируемого показателя, полученных по каждой из альтернативных методик измерений, от результатов измерений этого же показателя по арбитражной методике.

Показатели воспроизводимости измерений устанавливают в стандартах на основе результатов межлабораторных экспериментов, проведенных в соот-

ветствии с ГОСТ Р ИСО 5725-2, ГОСТ Р ИСО 5725-3, ГОСТ Р ИСО 5725-5 и ГОСТ Р ИСО 5725-6.

Пояснительная записка к комплекту документов, представляемых для утверждения стандарта, в котором регламентированы методики измерений, должна содержать выводы по результатам проведенных исследований при аттестации методики измерений, позволяющие оценить соответствие методики измерений установленным метрологическим требованиям.

## 5. Метрологический надзор за аттестованными методиками измерений

За наличием и соблюдением аттестованных методик измерений осуществляется государственный метрологический надзор. Метрологические службы юридических лиц и индивидуальные предприниматели осуществляют метрологический надзор за наличием и соблюдением аттестованных методик измерений, применяемых при реализации своей деятельности. При осуществлении государственного метрологического надзора либо метрологического надзора, выполняемого метрологическими службами юридических лиц либо индивидуальными предпринимателями, проверяют:

- наличие перечня всех методик измерений, применяемых юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем при реализации своей деятельности, в том числе стандартизованных, с выделением методик измерений, применяемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений;

- наличие документов, регламентирующих методики измерений, со свидетельствами об аттестации (в соответствии с перечнем);

- наличие информации о передаче сведений об аттестованных методиках измерений в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений;

- соответствие применяемых средств измерений и других технических средств, условий измерений, порядка подготовки и выполнения измерений, обработки и оформления результатов измерений, – указанным в документе, регламентирующем методику измерений;

- соблюдение требований к процедуре контроля показателей точности результатов измерений по методике измерений;

- соответствие квалификации операторов, выполняющих измерения, требованиям, установленным в документе на методику измерений;

- соблюдение требований по обеспечению безопасности труда и экологической безопасности, регламентированных методикой измерений.

## Список нормативной и справочной литературы

1. Федеральный закон от 26 июня 2008 г. №102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».
2. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. РМГ 29-99. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.
3. Рекомендации по метрологии. МИ 1317-2004. Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты измерений и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров.
4. Рекомендации по метрологии. МИ 2174-91. Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения.
5. Рекомендации по метрологии. МИ 2891-04. Государственная система обеспечения единства измерений. Общие требования к программному обеспечению средств измерений.
6. Рекомендации по метрологии. МИ 1967-89. Государственная система обеспечения единства измерений. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения.
7. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. РМГ 61-2010. Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки.
8. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. РМГ 62-2003. Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации.
9. Руководящий документ. РД 50-453–84. Методические указания. Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета.

## Вопросы для контроля знаний студентов

1. Кем должны быть утверждены типы средств измерений, применяемых при проведении испытаний для целей обязательной сертификации?
2. В каких единицах величин должны быть выражены результаты измерений при испытаниях?
3. Что должны содержать документы, в которых регламентированы методики испытаний?
4. Где фиксируют результаты испытаний?

5. Какие органы осуществляют государственный метрологический надзор за состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами единиц величин, соблюдением метрологических правил и норм при выполнении испытаний?

6. Дайте определение в соответствии с ГОСТ Р 1.12 понятия «методика испытаний».

7. Какие этапы содержит процесс разработки методики испытаний?

8. Кто выполняет разработку методик испытаний?

9. Кем подписывается разработанный документ на методику испытаний?

### Задание для студентов

По заданию преподавателя разработать стандарт на методику испытаний.



## Практическое занятие 6

# МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

Цель занятия – ознакомить студентов с основными понятиями метрологического обеспечения при испытаниях.

### Общие положения

Большая роль при подтверждении соответствия принадлежит метрологическому обеспечению испытаний, т.к. получение достоверной информации о значениях показателей качества и безопасности объектов, соответствии их параметров, установленных в результате испытаний, требованиям нормативной документации во многом определяется соответствием характеристик применяемых средств и методов испытаний, в том числе метрологических характеристик средств измерений и методик выполнения измерений, требованиям к параметрам испытываемого объекта, предъявляемым в нормативной документации.

Основные положения метрологического обеспечения испытаний продукции для целей подтверждения соответствия продукции и процессов установленным требованиям изложены в ГОСТ Р 51672–2000.

### 1. Цели и задачи метрологического обеспечения испытаний

Основная цель метрологического обеспечения испытаний – получение достоверной измерительной информации о значениях показателей качества и безопасности продукции.

Основные задачи метрологического обеспечения испытаний:

- создание необходимых условий для получения достоверной информации о значениях показателей качества и безопасности продукции при испытаниях;
- разработка методик испытаний, обеспечивающих получение результатов испытаний с погрешностью и воспроизводимостью, не выходящих за пределы установленных норм;
- разработка программ испытаний, обеспечивающих получение достоверной информации о значениях показателей качества и безопасности продукции и их соответствии установленным требованиям;
- проведение метрологической экспертизы программ и методик испытаний;
- обеспечение поверки средств измерений, используемых в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора и применяемых для контроля параметров испытываемой продукции, характе-

ристик условий испытаний, условий и параметров безопасности труда и состояния окружающей среды;

- обеспечение аттестации испытательного оборудования в соответствии с ГОСТ Р 8.568;

- обеспечение калибровки средств измерений, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору;

- обеспечение аттестации методик выполнения измерений в соответствии с ГОСТ Р 8.563 и методик испытаний;

- подготовка персонала испытательных подразделений к выполнению измерений и испытаний, техническому обслуживанию и аттестации испытательного оборудования.

## 2. Основные требования к метрологическому обеспечению испытаний

На предприятиях, где проводят испытания для целей обязательной сертификации и в других сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, должна быть создана метрологическая служба или иная организационная структура по обеспечению единства измерений.

Типы средств измерений, применяемых при проведении испытаний для целей обязательной сертификации, должны быть утверждены Росстандартом (официальная аббревиатура Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии). Экземпляры средств измерений, используемые при проведении испытаний для целей обязательной сертификации, в том числе при контроле характеристик испытываемой продукции, характеристик условий испытаний, контроле параметров опасных и вредных производственных факторов и состояния окружающей среды и при подтверждении соответствия принятием декларации о соответствии, должны быть поверены.

Экземпляры средств измерений, используемые при проведении испытаний для целей добровольной сертификации, в сферах, на которые не распространяются государственный метрологический контроль и надзор, сертифицируют и калибруют.

Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов, используемые при проведении испытаний для целей обязательной сертификации, должны быть утвержденных типов в соответствии с ГОСТ 8.315.

Испытательное оборудование должно быть аттестовано в соответствии с ГОСТ Р 8.568 с учетом требований нормативных документов на методы испытаний. Технологическое, лабораторное, вспомогательное и т.п. оборудование, не относящееся к испытательному, подвергают периодической проверке технического состояния в соответствии с указаниями, содержа-

щимися в инструкциях по эксплуатации этого оборудования или в паспортах на них.

Методики выполнения измерений, применяемые при испытаниях для целей подтверждения соответствия, должны быть аттестованы или стандартизованы в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.563. Результаты измерений при испытаниях должны быть выражены в единицах величин, допущенных к применению в Российской Федерации (ГОСТ 8.417).

Характеристики и параметры продукции, поставляемой на экспорт, в том числе средств измерений, могут быть выражены в единицах, установленных заказчиком, или в условных единицах, установленных в стандартах и других нормативных документах для определенных групп однородной продукции. Результаты испытаний выражают в соответствующих единицах.

Методики испытаний разрабатывают на основе положений нормативных документов Государственной системы обеспечения единства измерений и нормативных документов на продукцию и методы ее испытаний, при этом должны быть выполнены следующие требования:

- установлены нормы показателей точности и воспроизводимости результатов испытаний (в том числе межлабораторной воспроизводимости);

- предусмотрены процедуры оценивания характеристик погрешности и воспроизводимости результатов испытаний;

- при оценивании погрешности результатов испытаний учтены погрешность измерений параметров продукции и влияние на эти параметры отклонений фактических условий испытаний от условий испытаний, установленных в нормативном документе на методы испытаний продукции;

- проведены измерения для контроля условий безопасности труда и состояния окружающей среды.

Методика испытаний может включать в себя в качестве составной части методику (методики) выполнения измерений, аттестованную (аттестованные) в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.563 или содержать ссылки на методики выполнения измерений, регламентированные в государственных стандартах.

Методики испытаний, применяемые для целей подтверждения соответствия, должны соответствовать требованиям Правил подтверждения соответствия продукции конкретных видов.

Документы, в которых регламентированы методики испытаний, должны содержать:

- перечень параметров продукции, подвергаемой испытаниям, и характеристик условий испытаний с указанием номинальных значений и диапазонов изменений;

– значения характеристик погрешности результатов измерений и испытаний параметров продукции и характеристик условий испытаний, описанные данной методикой;

– нормативы и процедуры оценивания воспроизводимости результатов испытаний (или ссылки на нормативный документ, регламентирующий эти процедуры для всех видов испытаний однородного вида продукции);

– методики выполнения измерений параметров продукции и характеристик условий испытаний, если они включены в качестве составной части в методику испытаний;

– требования к эталонам, средствам измерений, испытательному и вспомогательному оборудованию (либо указание их типов и характеристик), материалам и реактивам;

– операции подготовки, проведения испытаний, включая порядок отбора, подготовки и хранения образцов (проб) для испытаний, алгоритмы обработки данных испытаний и вычислений результатов измерений при испытаниях;

– требования к оформлению результатов испытаний;

– требования к квалификации персонала, проводящего испытания;

– требования к обеспечению безопасности выполняемых работ;

– требования к обеспечению экологической безопасности.

Проекты нормативных документов, регламентирующих методики испытаний продукции, должны быть подвергнуты метрологической экспертизе. Проекты государственных стандартов, регламентирующих методики испытаний продукции, следует подвергать метрологической экспертизе в соответствии с требованиями ГОСТ Р 1.11.

Документ, регламентирующий программу испытаний, должен содержать:

– перечень параметров продукции, подвергаемой испытаниям, и характеристик условий испытаний с указанием номинальных значений и диапазонов изменений;

– перечень документов, на соответствие требованиям которых проводятся испытания;

– перечень документов, регламентирующих методики испытаний, последовательность и объем проводимых экспериментов;

– порядок, условия, место и сроки проведения испытаний;

– требования к характеристикам погрешности и воспроизводимости результатов измерений и испытаний;

– перечень эталонов, средств измерений, испытательного и вспомогательного оборудования с указанием их типов и характеристик, материалов и реактивов;

– методику и порядок отбора, подготовки и хранения образцов (проб) для испытаний или ссылки на государственные стандарты, регламен-

тирующие методику и порядок отбора, подготовки и хранения образцов (проб) для испытаний;

- алгоритмы обработки данных испытаний и вычислений результатов измерений при испытаниях;

- требования к оформлению результатов испытаний.

Результаты испытаний фиксируют в протоколе, в котором в числе прочих сведений должны быть указаны:

- наименование объекта испытаний, контролируемые при испытаниях характеристики свойств и параметров объекта;

- наименование и обозначение документа, регламентирующего методику испытаний;

- характеристики условий испытаний и внешних воздействующих факторов;

- результаты измерений (испытаний) характеристик свойств и/или параметров объекта, характеристики погрешности полученных результатов, а также воспроизводимость результатов испытаний (если испытания объекта проводились и в условиях воспроизводимости);

- наименования, типы или основные характеристики эталонов и средств измерений, использованных при испытаниях;

- реквизиты испытательного подразделения.

В соответствии с задачами метрологического обеспечения испытаний метрологические службы юридических лиц или иные организационные структуры по обеспечению единства измерений должны выполнять следующие функции:

- организацию и проведение совместно со специалистами других технических служб предприятия систематического анализа состояния измерений, контроля и испытаний в испытательных подразделениях и , а также оценки состояния измерений в испытательных лабораториях;

- подготовку мероприятий по совершенствованию метрологического обеспечения испытаний для целей оценки соответствия и иных испытаний, участие в их реализации и контроль всего комплекса мер по их своевременной реализации;

- своевременное введение нормативных документов (государственных стандартов, правил по метрологии, рекомендаций по метрологии) Государственной системы обеспечения единства измерений;

- участие в подготовке к аккредитации испытательных подразделений;

- участие в подготовке к сертификации систем качества и производств;

- выполнение работ по аттестации методик выполнения измерений (при наличии аккредитации на право аттестации методик выполнения измерений) и участие в работах по унификации и стандартизации методик выполнения измерений;

– участие в аттестации испытательного оборудования, разработке программ и методик аттестации испытательного оборудования;

– проведение метрологической экспертизы программ и методик испытаний;

– проведение метрологической экспертизы технических заданий, конструкторской и технологической документации, проектов нормативных документов, регламентирующих требования к испытаниям;

– своевременное представление применяемых в испытательных подразделениях средств измерений на поверку, организацию работ по калибровке средств измерений;

– выполнение особо точных измерений для целей метрологического обеспечения испытаний (по заказам испытательных подразделений);

– разработку и внедрение документов, регламентирующих вопросы метрологического обеспечения испытаний на предприятии (в организации), участие совместно со специалистами других технических служб в работах по актуализации нормативной базы по метрологическому обеспечению испытаний;

– метрологический надзор за состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами, применяемыми для калибровки средств измерений, за соблюдением метрологических правил и норм, нормативных документов по обеспечению единства измерений при осуществлении испытаний.

Государственный метрологический надзор за состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами единиц величин, соблюдением метрологических правил и норм при выполнении испытаний в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора осуществляют органы Государственной метрологической службы Госстандарта России.

Исходя из целей и задач метрологического обеспечения испытаний, в ГОСТ Р 51672 установлены требования к метрологическому обеспечению испытаний, которые сводятся к следующему.

1. Типы средств измерений, применяемые при проведении испытаний для целей обязательной сертификации, и в других сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, должны быть утверждены Росстандартом России .

2. Экземпляры средств измерений, используемые при проведении испытаний для целей обязательной сертификации, в том числе при контроле характеристик испытываемой продукции, характеристик условий испытаний, контроле параметров опасных и вредных производственных факторов и состояния окружающей среды и при подтверждении соответствия принятием декларации о соответствии, должны быть поверены.

3. Экземпляры средств измерений, используемые при проведении испытаний для целей добровольной сертификации, в сферах, на которые не распространяется государственный метрологический контроль и надзор, сертифицируют и калибруют.

4. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов, используемые при проведении испытаний для целей обязательной сертификации и при подтверждении соответствия принятием декларации о соответствии, должны быть утвержденных типов по ГОСТ 8.315-97.

5. Испытательное оборудование должно быть аттестовано в соответствии с ГОСТ Р 8.568-97 с учетом требований нормативных документов на методы испытаний.

6. Технологическое, лабораторное, вспомогательное и т.п. оборудование, не относящееся к испытательному, подвергают периодической проверке технического состояния в соответствии с указаниями, содержащимися в инструкциях по эксплуатации этого оборудования или в паспортах на них.

7. Методики выполнения измерений, применяемые при испытаниях для целей подтверждения соответствия, в том числе являющиеся составной частью методик испытаний, должны быть аттестованы или стандартизованы.

8. Результаты измерений при испытаниях должны быть выражены в единицах величин, допущенных к применению в Российской Федерации.

Характеристики и параметры продукции, поставляемой на экспорт, в том числе средств измерений, могут быть выражены в единицах, установленных заказчиком в соответствии со статьей 6 Закона РФ «Об обеспечении единства измерений», или в условных единицах, установленных в стандартах и других нормативных документах для определенных групп однородной продукции. Результаты испытаний выражают в соответствующих единицах .

9. Методики испытаний разрабатывают на основе положений нормативных документов ГСИ и нормативных документов на продукцию и методы ее испытаний.

10. Методики испытаний, применяемые для целей подтверждения соответствия, должны соответствовать требованиям Правил подтверждения соответствия продукции конкретных видов.

11. Проекты нормативных документов, регламентирующих методики испытаний продукции, должны подвергаться метрологической экспертизе в порядке, установленном на предприятиях и в организациях, проводящих испытания продукции.

12. Проекты государственных стандартов, регламентирующих методики испытаний продукции, должны подвергаться метрологической экспертизе в соответствии с требованиями ГОСТ Р 1.11-99.

13. Программа испытаний должна регламентироваться документом,.

14. Данные испытаний фиксируют в протоколе, который должен содержать дату проведения испытания, его продолжительность, должности и фамилии сотрудников, проводивших испытания; наименование и шифр документа на методику испытаний. Данные испытаний фиксируют в той форме и в той последовательности, в которой они были получены. Предварительная группировка, округление данных и исключение отдельных значений не допускаются.

Обработку данных испытаний для получения на их основе результатов испытаний выполняют в соответствии с нормативными документами на продукцию и методы ее испытаний. Если необходимые алгоритмы обработки данных испытаний не регламентированы в нормативных документах на методы испытаний, то они должны устанавливаться в документах, регламентирующих методики испытаний или программе испытаний.

При необходимости проводят предварительную обработку данных испытаний для выявления выбросов, проверку однородности и независимости данных и вида распределения. Обработка данных испытаний продукции для целей подтверждения соответствия требованиям, установленным в нормативной документации на продукцию, должна обеспечивать определение соответствия характеристик продукции (результатов испытаний) с указанием вероятностей ошибок при принятии решения о соответствии или несоответствии испытываемой продукции указанным требованиям. Значения вероятностей меньше или больше 0,95 указывают обязательно, а вероятность, равную 0,95 в отдельных нормативных документах на методы испытаний не указывают.

15. Окончательные результаты испытаний должны фиксироваться в протоколе. Для выражения приписанных (фактических) значений показателей точности результатов испытаний, а также для выражения статистических оценок этих показателей могут быть использованы характеристики погрешности. В качестве показателей точности результатов испытаний могут быть использованы и характеристики неопределенности.

### 3. Аттестация испытательного оборудования

Основная цель аттестации испытательного оборудования – подтверждение возможности воспроизведения условий испытаний в пределах допускаемых отклонений и установление пригодности использования испытательного оборудования в соответствии с его назначением.

Аттестация испытательного оборудования проводится в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.568-97. Испытательное оборудование подвергают:

– первичной аттестации – при вводе в эксплуатацию в данном испытательном подразделении;



– периодической аттестации – в процессе эксплуатации – через интервалы времени, установленные в эксплуатационной документации на испытательное оборудование или при его первичной аттестации (для различных частей испытательного оборудования эти интервалы могут быть различными);

– повторной (внеочередной) аттестации – в случае ремонта или модернизации испытательного оборудования, проведения работ с фундаментом, на котором оно установлено, перемещения испытательного оборудования, в том числе в другое испытательное подразделение, или других причин, которые могут вызвать изменения характеристик воспроизведения условий испытаний.

Первичную аттестацию испытательного оборудования проводят в соответствии с действующими нормативными документами на методики аттестации определенного вида испытательного оборудования и (или) по программам и методикам аттестации конкретного оборудования. Первичная аттестация испытательного оборудования заключается в экспертизе эксплуатационной и проектной документации (при наличии последней), на основании которой выполнена установка испытательного оборудования, экспериментальном определении его технических характеристик и подтверждении пригодности использования испытательного оборудования.

Первичную аттестацию испытательного оборудования проводят в соответствии с действующими нормативными документами на методики аттестации определенного вида испытательного оборудования и (или) по программам и методикам аттестации конкретного оборудования.

Технические характеристики испытательного оборудования, подлежащие определению или контролю при первичной аттестации, выбирают из числа нормированных технических характеристик, установленных в технической документации и определяющих возможность воспроизведения условий испытаний в заданных диапазонах с допускаемыми отклонениями в течение установленного интервала времени.

Испытательные подразделения представляют испытательное оборудование на первичную аттестацию с технической документацией и техническими средствами, необходимыми для его нормального функционирования и для проведения первичной аттестации. В состав представляемой технической документации должны входить:

– эксплуатационные документы по ГОСТ 2.601, включая формуляр при его наличии (для импортного оборудования – эксплуатационные документы фирмы-изготовителя, переведенные на русский язык);

– программа и методика первичной аттестации испытательного оборудования;

– методика периодической аттестации испытательного оборудования в процессе эксплуатации, если она не изложена в эксплуатационных документах.

Программа и методика первичной аттестации испытательного оборудования могут быть разработаны подразделением, проводящим испытания.

Первичную аттестацию испытательного оборудования проводит комиссия, назначаемая руководителем предприятия (организации) по согласованию с ГНМЦ и (или) органом государственной метрологической службы, если их представители должны участвовать в работе комиссии. В состав комиссии по проведению первичной аттестации испытательного оборудования руководитель предприятия (организации) включает представителей подразделения, которое проводит испытания продукции, и метрологической службы предприятия (организации), а также представителя Заказчика на предприятии в случае использования испытательного оборудования для испытаний продукции, поставляемой для нужд сферы обороны и безопасности.

В процессе первичной аттестации устанавливают:

– возможность воспроизведения внешних воздействующих факторов и (или) режимов функционирования объекта испытаний, установленных в документах на методики испытаний продукции конкретных видов;

– отклонения характеристик условий испытаний от нормированных значений;

– обеспечение безопасности персонала и отсутствие вредного воздействия на окружающую среду;

– перечень характеристик испытательного оборудования, которые проверяют при периодической аттестации оборудования, методы, средства и периодичность ее проведения.

Протокол первичной аттестации испытательного оборудования подписывают председатель и члены комиссии, проводившие первичную аттестацию. Содержание протокола приведено ниже.

#### ПРОТОКОЛ ПЕРВИЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Протокол первичной аттестации испытательного оборудования содержит следующие данные:

– Состав комиссии с указанием фамилии, должности, наименования предприятия (организации).

– Основные сведения об испытательном оборудовании (наименование, тип, заводской (инвентарный) номер, наименование завода-изготовителя).

– Проверяемые характеристики испытательного оборудования.

– Условия проведения первичной аттестации: температура, влажность, освещенность и т.п.

Документы, используемые для первичной аттестации: программа и методика аттестации, стандарты, технические условия, эксплуатационные документы и т.п.

Характеристики средств измерений, используемых для проведения первичной аттестации испытательного оборудования:

- наименование;
- тип;
- заводской (инвентарный) номер;
- завод-изготовитель;
- сведения о поверке (калибровке).

Результаты первичной аттестации.

– Внешний осмотр (комплектность, отсутствие повреждений, функционирование узлов, агрегатов, наличие действующих документов на методики поверки (калибровки) встроенных или входящих в комплект средств измерений);

– Значения характеристик испытательного оборудования, полученные при первичной аттестации.

Заключение комиссии о соответствии испытательного оборудования требованиям нормативных документов на испытательное оборудование и на методики испытаний продукции конкретных видов и возможности использования испытательного оборудования для их испытаний.

Рекомендации комиссии.

Перечень нормированных характеристик, которые определяют при периодической аттестации испытательного оборудования в процессе его эксплуатации.

Периодичность периодической аттестации испытательного оборудования в процессе его эксплуатации.

Дополнительные рекомендации комиссии (при необходимости).

При положительных результатах первичной аттестации на основании протокола первичной аттестации оформляют аттестат по форме, приведенной ниже.

#### ФОРМА АТТЕСТАТА

АТТЕСТАТ № \_\_\_\_\_

Дата выдачи \_\_\_\_\_

Удостоверяется, что \_\_\_\_\_  
(наименование и обозначение испытательного

\_\_\_\_\_ ,  
оборудования, заводской или инвентарный номер)  
принадлежащее \_\_\_\_\_  
(наименование предприятия (организации),

\_\_\_\_\_ ,  
подразделения, центра)  
по результатам первичной аттестации, протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ ,  
признано пригодным для использования при испытаниях \_\_\_\_\_  
(наименование продукции)

по \_\_\_\_\_  
(наименование и обозначение документов на

---

методики испытаний (при необходимости))  
Периодичность периодической аттестации \_\_\_\_\_ (месяцев, лет)  
Аттестат выдан \_\_\_\_\_  
(наименование предприятия (организации), выдавшего аттестат)

Руководитель предприятия  
(организации), выдавшего  
аттестат

(печать)

Личная  
подпись

Расшифровка  
подписи

Аттестат подписывает руководитель предприятия (организации), в подразделении которого проводилась первичная аттестация испытательного оборудования.

Отрицательные результаты первичной аттестации указывают в протоколе. Сведения о выданном аттестате (номер и дата выдачи), полученные значения характеристик испытательного оборудования, а также срок последующей периодической аттестации испытательного оборудования и периодичность ее проведения в процессе эксплуатации вносят в формуляр или специально заведенный журнал.

Периодическую аттестацию испытательного оборудования в процессе его эксплуатации проводят сотрудники подразделения, в котором установлено оборудование, уполномоченные руководителем подразделения для выполнения этой работы, и представители метрологической службы предприятия.

Периодическую аттестацию испытательного оборудования в процессе его эксплуатации проводят в объеме, необходимом для подтверждения соответствия характеристик испытательного оборудования требованиям нормативных документов на методики испытаний и эксплуатационных документов на оборудование и пригодности его к дальнейшему использованию.

Номенклатуру проверяемых характеристик испытательного оборудования и объем операций при его периодической аттестации устанавливают при первичной аттестации оборудования, исходя из нормированных технических характеристик оборудования и тех характеристик конкретной продукции, которые определяют при испытаниях.

Периодическую аттестацию испытательного оборудования в процессе его эксплуатации проводят сотрудники подразделения, в котором установлено оборудование, уполномоченные руководителем подразделения для выполнения этой работы, и представители метрологической службы предприятия.

Результаты периодической аттестации испытательного оборудования оформляют протоколом, содержание которого приведено ниже. Протокол с

результатами периодической аттестации подписывают лица, ее проводившие. Утверждает протокол руководитель предприятия (организации).

#### ПРОТОКОЛ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ (ПОВТОРНОЙ) АТТЕСТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Протокол периодической (повторной) аттестации испытательного оборудования содержит следующие данные:

– Основные сведения об испытательном оборудовании (наименование, тип, заводской (инвентарный) номер, наименование завода-изготовителя).

– Проверяемые характеристики испытательного оборудования.

– Условия проведения периодической (повторной) аттестации: температура, влажность, освещенность и т.п.

Результаты периодической (повторной) аттестации.

– Внешний осмотр (отсутствие повреждений, функционирование узлов, агрегатов, наличие эксплуатационных документов на испытательное оборудование и документов, подтверждающих сведения о поверке (калибровке) встроенных или входящих в комплект средств измерений).

– Характеристики средств измерений, используемых для проведения периодической (повторной) аттестации испытательного оборудования (наименование, тип, заводской (инвентарный) номер, наименование завода-изготовителя), и сведения об их поверке (калибровке).

– Значения характеристик испытательного оборудования, полученные при предыдущей аттестации.

– Значения характеристик испытательного оборудования, полученные при периодической (повторной) аттестации.

Заключение о соответствии испытательного оборудования требованиям нормативных и эксплуатационных документов на испытательное оборудование и на методики испытаний продукции конкретных видов.

При положительных результатах периодической аттестации в паспорте (формуляре) делают соответствующую отметку, а на испытательное оборудование прикрепляют бирку с указанием даты проведенной аттестации и срока последующей периодической аттестации.

При отрицательных результатах периодической аттестации в протоколе указывают мероприятия, необходимые для доведения технических характеристик испытательного оборудования до требуемых значений.

Протокол с результатами периодической аттестации подписывают лица, ее проводившие. Протокол утверждается руководителем предприятия (организации). Повторную (внеочередную) аттестацию испытательного оборудования после ремонта или модернизации осуществляют в порядке, установленном для первичной аттестации. Транспортируемое в процессе использования испытательное оборудование подлежит первичной аттестации только при вводе его в эксплуатацию. После перемещения стационарного испытательного оборудования оно должно подвергаться повтор-

ной аттестации. Возможность использования испытательного оборудования в более широком диапазоне внешних воздействий, а также при изменении фундамента и увеличении мощности привода подъемного механизма может быть установлена по результатам повторной аттестации.

Описание методики и программы аттестации испытательного оборудования может быть изложено в стандарте организации (СТО). Стандарт предприятия вида «Методика и программа аттестации испытательного оборудования» содержит вводную часть и следующие разделы: общие положения, операции аттестации, средства аттестации, требования безопасности, подготовка к аттестации, проведение аттестации, обработка результатов, оформление результатов аттестации (для конкретного испытательного оборудования).

Раздел «Общие положения» содержит цели, задачи и особенности аттестации конкретного испытательного оборудования, применяемого в соответствии с эксплуатационными документами предприятия-изготовителя, включая формуляр (при его наличии). В этом разделе приводится также перечень нормированных технических характеристик испытательного оборудования, подлежащих определению или контролю при первичной аттестации. Технические характеристики выбирают из числа нормированных в технической документации и определяющих возможность воспроизведения условий испытаний в заданных диапазонах с допускаемыми отклонениями в течение установленного интервала времени.

Раздел «Операции аттестации» содержит перечень операций, проводимых при аттестации и периодичность проведения аттестации. Операции аттестации указывают в той последовательности, в которой их наиболее целесообразно проводить. В первом пункте этого раздела указывают «При проведении аттестации должны выполняться операции, указанные в таблице».

Рекомендуемая форма таблицы приведена ниже (табл. 6).

Т а б л и ц а 6 – (Форма)

Наименование операции аттестации	Номера пунктов документа (эксплуатационной или технической документации)	Обязательность проведения операций при аттестации		
		первичной	периодической	повторной (внеочередной)
1	2	3	4	5

В графе 1 табл.6 указывают операции по проверке соответствия оборудования технической или эксплуатационной документации, включая проверку его пригодности к эксплуатации, а также операции по определению точностных характеристик оборудования, установленных в документах на оборудование или в нормативных документах на методы испытаний продукции. В графе 2 указывают номера пунктов соответ-

ствующей документации (в таблице указывается ее наименование и условное обозначение), на соответствие которым проводится данная операция аттестации. В графах 3, 4, 5 табл.6 обязательность проведения операций может устанавливаться словами «да», «нет».

Номенклатуру проверяемых характеристик испытательного оборудования и объем операций при его периодической аттестации устанавливаются при первичной аттестации с учетом тех характеристик конкретной продукции, которые определяют при испытаниях.

Номенклатура проверяемых характеристик испытательного оборудования и объем операций при его повторной (внеочередной) аттестации устанавливается, исходя из тех нормированных технических характеристик, которые могли существенно измениться.

Раздел «Средства аттестации» содержит требования к средствам измерений (диапазонам измерений, пределам допускаемых погрешностей, динамическим характеристикам, габаритным размерам), а также к стандартным образцам состава и свойств веществ и материалов, вспомогательным средствам, материалам и энергоносителям, необходимым для проведения аттестации.

Требования к пределам допускаемых погрешностей средств измерений должны обеспечивать необходимый запас по точности (не менее 2,5) по отношению к допускаемым отклонениям аттестуемых характеристик испытательного оборудования от нормированных значений этих характеристик, установленных в нормативной и (или) эксплуатационной документации на оборудование и (или) в нормативных документах на методы испытаний продукции.

В этом разделе СТО должны быть представлены перечни средств измерений поверяемых (утвержденных типов) или калибруемых, стандартных образцов, вспомогательных средств, материалов, энергоносителей, применяемых при аттестации испытательного оборудования.

Перечень средств измерений и стандартных образцов, применяемых при аттестации оборудования, может быть представлен в форме таблицы (табл. 7).

Т а б л и ц а 7 – (Форма)

Перечень средств измерений, применяемых для аттестации

(указывается конкретный вид оборудования)

Наименование, тип средства измерений	Диапазон измерения. Метрологические характеристики (указываются в соответствии с НД на СИ – см. графу 5)	Назначение при аттестации	Необходимое количество средств измерений для проведения аттестации	НД на средства измерений. НД на методику поверки или калибровки средств измерений
1	2	3	4	5

По аналогичной форме может быть представлен перечень вспомогательного оборудования.

К числу вспомогательных средств относятся устройства, необходимые для выполнения процедуры аттестации, например, источники стабилизированного напряжения для питания средств измерений, устройства для подключения энергоносителей (сжатого воздуха и т.п.), приспособления для закрепления преобразователей в установленных точках и т.д.

Раздел «Условия аттестации» содержит характеристики условий, которые должны соблюдаться при проведении экспериментальных работ, выполняемых при аттестации (номинальные значения и допускаемые отклонения температуры, влажности и давления окружающего воздуха для эксплуатации оборудования и средств измерений, частоты и напряжения питания, предельно допускаемые значения параметров вибраций, тряски, магнитных и электрических полей, соответствующие установленным в нормативной и (или) эксплуатационной документации на испытательное оборудование и применяемые для аттестации средства измерений).

Раздел «Требования безопасности» содержит требования, обеспечивающие выполнение условий техники безопасности и производственной санитарии при проведении аттестации.

Раздел «Подготовка к аттестации» содержит описание подготовительных работ, которые должны проводиться перед проведением экспериментальных работ, выполняемых при аттестации. К подготовительным работам относятся подготовка и настройка аттестуемого испытательного оборудования, подготовка к работе средств измерений, проверка правильности монтажа вспомогательного оборудования, устройств и приспособлений, необходимых для проведения аттестации, и другие подготовительные работы, которые определяются программой аттестации.

Раздел «Проведение аттестации» содержит подразделы «Внешний осмотр», «Опробование», «Экспериментальное определение технических характеристик».

Подраздел «Внешний осмотр» содержит описание последовательно выполняемых проверок испытательного оборудования, которые проводятся визуально.

Подраздел «Опробование» содержит описание, методы и способы выполнения операций, которые необходимо провести, в том числе с использованием средств измерений и вспомогательного оборудования, для проверки функционирования аттестуемого испытательного оборудования, его составных частей и их взаимодействия, а также для проверки пригодности оборудования к эксплуатации. К операциям опробования отно-



ся проверка работоспособности органов управления и регулирования оборудования, настройки средств измерений, проверка перемещения, фиксации или взаимодействия элементов, проверка правильности и надежности заземления, проверка сопротивления изоляции частей оборудования и т.п.

Подраздел «Экспериментальное определение технических характеристик» содержит методики выполнения экспериментальных операций, детальное описание выполнения операций, необходимых для определения нормированных в документации технических характеристик, конкретные средства измерений и другие технические средства, которые используются для этих целей, формы и порядок записи данных.

Раздел «Обработка результатов» содержит алгоритмы и методы обработки результатов наблюдений и преобразования данных к виду, позволяющему сделать заключение о значениях характеристик испытательного оборудования, полученных при проведении аттестации.

Раздел «Оформление результатов аттестации» содержит требования:

- к оформлению протокола первичной аттестации и при положительных результатах аттестации – к оформлению аттестата;
- к оформлению протокола периодической аттестации;
- к оформлению протокола повторной (внеочередной) аттестации.

Примеры функционального использования лабораторного оборудования при проведении испытаний представлены в табл. 8.

## Список нормативной и справочной литературы

1. ПР 50.2.008-94. Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок аккредитации головных и базовых организаций метрологической службы государственных органов управления Российской Федерации и объединений юридических лиц.

2. МИ 2647-2001. Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок аккредитации организаций на право аттестации испытательного оборудования, применяемого в интересах обороны и безопасности.

Таблица 8

## Примеры функционального использования лабораторного оборудования при проведении испытаний

Наименование лабораторного оборудования	Назначение оборудования при испытаниях продукции	НД на метод испытаний (метод анализа)	Подлежит в эксплуатации	
			аттестации по ГОСТ Р 8.568	проверке технического состояния в соответствии с эксплуатационной документацией
1	2	3	4	5
Муфельная печь	Определение содержания золы в целлюлозе Прокаливание речного песка при 500 °С в течение 5 ч при подготовке к испытанию	ГОСТ 18461 ГОСТ 29188.4	Да Нет	Да Да
Сушильный шкаф	Высушивание пробы продукта до постоянного веса при заданной с нормированной погрешностью температуре для определения содержания воды и летучих веществ или сухого вещества (сухого остатка) Сушка промытой лабораторной посуды в сушильном шкафу при подготовке к испытанию Создание и поддержание температуры с нормированной погрешностью в рабочей зоне для высушивания навесок зерна до постоянного веса (определение влажности зерна гравиметрическим методом) Предварительное подсушивание навесок зерна на воздухе или в сушильном шкафу, термостате при температуре не более 50 °С для дальнейшего определения содержания белка методом количественного химического анализа	ГОСТ 29188.4 ПНДФ 14.1:2.114-97  ГОСТ 2084 п. 4.5.2.1  ГОСТ 13586.5  ГОСТ 10846-91	Да  Нет  Да  Нет	Да  Да  Да  Да

Окончание табл. 8

1	2	3	4	5
Термостат электрический	<p>Приготовление испытуемого раствора (растворение порошков) при нагревании в термостате</p> <p>Обеспечение достижения и поддержания с нормированной погрешностью стабильной температуры, необходимой для роста бактериальной флоры на питательных средах</p>	<p>ГОСТ 22567.1</p> <p>ПНДФ 14.1.2:3:4.123-97</p>	<p>Нет</p> <p>Да</p>	<p>Да</p> <p>Да</p>
Морозильная камера	<p>Обеспечение достижения и поддержания заданной температуры с нормированной погрешностью при определении морозостойкости бетонов</p>	<p>ГОСТ 10060.1</p> <p>ГОСТ 10060.2</p> <p>ГОСТ 10060.4</p>	<p>Да</p>	<p>Да</p>
Термостат водяной циркуляционный	<p>Выдерживание пробирок с пробами при заданной температуре в термостате в течение заданного времени перед дальнейшим испытанием</p>	<p>ГОСТ 29188.3</p>	<p>Нет</p>	<p>Да</p>
Центрифуга лабораторная	<p>Визуальное определение коллоидной стабильности эмульсии (наличие или отсутствие расслоения после центрифугирования)</p>	<p>ГОСТ 29188.3</p>	<p>Нет</p>	<p>Да</p>

## Вопросы для контроля знаний студентов

1. Перечислите основные задачи метрологического обеспечения испытаний
2. В чем заключается основная цель метрологического обеспечения испытаний?
3. Кто проводит периодическую аттестацию испытательного оборудования в процессе его эксплуатации?
4. Какие виды аттестации испытательного оборудования Вы знаете?
5. Какие разделы содержит стандарт предприятия вида «Методика и программа аттестации испытательного оборудования»?
6. Что должен содержать документ, регламентирующий программу испытаний?
7. Какие данные должен содержать протокол первичной аттестации испытательного оборудования?
8. Какова цель аттестации испытательного оборудования?
9. В каких единицах величин должны быть выражены результаты измерений при испытаниях?

## Задания для студентов

Провести периодическую аттестацию испытательного оборудования по заданию преподавателя.

## Практическое занятие 7

# МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА НОРМАТИВНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Цель работы – ознакомить студентов с содержанием метрологической экспертизы нормативной и технической документации

### Общие положения

Метрологическую экспертизу проектов межгосударственных и национальных стандартов проводят в соответствии с ПМГ 92-2009 «Правила по межгосударственной стандартизации. Метрологическая экспертиза проектов межгосударственных и национальных стандартов».

Метрологическую экспертизу проектов межгосударственных и национальных стандартов проводят в целях соблюдения положений национального законодательства в области обеспечения единства измерений, требований нормативных документов по межгосударственной стандартизации, иных нормативных документов системы обеспечения единства измерений, метрологических требований, норм и правил к стандартизуемым объектам.

Метрологической экспертизе подлежат проекты межгосударственных и национальных стандартов на продукцию и услуги, на работы (процессы), на методы контроля (испытаний, измерений, анализа), а также другие проекты национальных и межгосударственных стандартов, которые устанавливают:

- требования к характеристикам точности измерений, достоверности измерительного контроля;
- требования к методикам выполнения измерений, средствам измерений, стандартным образцам состава и свойств веществ и материалов, аттестованным смесям;
- методики выполнения измерений, анализа, испытаний и измерительного контроля;
- данные о свойствах веществ и материалов, в том числе стандартные справочные данные;
- применение стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов;
- методики поверки (калибровки) средств измерений

## 1. Основные задачи и содержание метрологической экспертизы нормативной документации

В зависимости от вида и содержания разрабатываемого проекта стандарта при проведении метрологической экспертизы выполняют анализ и проводят оценивание:

- рациональности выбора номенклатуры измеряемых параметров;
- оптимальности требований к характеристикам точности измерений;
- полноты и правильности требований к метрологическим характеристикам средств измерений;
- соответствия характеристик точности измерений заданным требованиям;
- контролепригодности изделия (технической системы);
- возможности эффективного метрологического обслуживания средств измерений (в том числе поверки, калибровки, контроля работоспособности, ремонта);
- рациональности выбранных средств и методик выполнения измерений, в том числе их соответствия требованиям, предъявляемым к средствам и методикам выполнения измерений, применяемым в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора;
- соответствия алгоритма обработки результатов измерений поставленной измерительной задаче;
- правильности использования терминов в области метрологии, наименований измеряемых величин и обозначения их единиц.

## 2. Организация работ по проведению метрологической экспертизы

Метрологическую экспертизу проектов межгосударственных и национальных стандартов организуют технические комитеты (ТК), а также другие уполномоченные органы, в соответствии с национальным законодательством, рассматривающие и направляющие проект стандарта для принятия в установленном порядке.

ТК, иные уполномоченные органы в соответствии с национальным законодательством определяют организацию (эксперта), которой (которому) должен быть направлен на метрологическую экспертизу проект стандарта в соответствии с заданиями программ межгосударственной (национальной) стандартизации. При необходимости проект стандарта направляют на метрологическую экспертизу в несколько организаций (нескольким экспертам). При ТК может быть создана рабочая группа экспертов.

Предпочтительно направлять на метрологическую экспертизу первую редакцию проекта стандарта. При необходимости на метрологическую экспертизу могут быть направлены вторая и последующие редакции.

Метрологическую экспертизу проектов стандартов, устанавливающих методики выполнения измерений, которые применяют в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, осуществляют национальные метрологические институты и аккредитованные метрологические службы организаций и предприятий, в области аккредитации которых предусмотрено проведение аттестации методик соответствующего вида измерений и назначения.

Проекты стандартов системы обеспечения единства измерений, разрабатываемые национальными метрологическими институтами, на метрологическую экспертизу не направляют.

Организациями, выполняющими метрологическую экспертизу проектов стандартов, могут быть государственные научные метрологические центры, аккредитованные головные и базовые организации метрологической службы, а также иные уполномоченные в соответствии с национальным законодательством организации, компетентность которых в данной области деятельности может быть официально подтверждена.

Эксперты, осуществляющие метрологическую экспертизу проектов стандартов, могут быть членами ТК и специалистами вышеуказанных организаций.

При проведении метрологической экспертизы эксперты должны руководствоваться национальными законодательными актами, нормативными документами по межгосударственной стандартизации, стандартами системы обеспечения единства измерений, правилами и рекомендациями по метрологии, другими нормативными документами, в которых установлены требования к метрологическому обеспечению объектов стандартизации.

Результаты метрологической экспертизы излагают в экспертном заключении на проект стандарта.

В пояснительной записке к окончательной редакции проекта стандарта должны быть указаны сведения об учете замечаний по результатам метрологической экспертизы.

ТК, иные уполномоченные органы в соответствии с национальным законодательством при рассмотрении окончательной редакции проекта стандарта оценивают полноту устранения замечаний, изложенных в экспертном заключении по результатам метрологической экспертизы, и принимают решение о направлении проекта стандарта для его принятия или на дополнительную метрологическую экспертизу.

ТК или уполномоченный в соответствии с национальным законодательством орган в тексте пояснительной записки, прилагаемой к проекту стандарта, направляемого для принятия, отражает, в какой мере результаты

метрологической экспертизы учтены при подготовке окончательной редакции документа.

Затраты на метрологическую экспертизу могут быть включены в затраты на разработку стандарта.

### 3. Анализ и оценка рациональности положений проектов стандартов

Измеряемые (контролируемые) параметры определяются нормативными документами на продукцию, технологию и т.п. При этом эксперт руководствуется следующими общими положениями:

- для деталей, узлов и составных частей изделий должен быть обеспечен контроль размерной и функциональной взаимозаменяемости;
- для готовой продукции должен быть обеспечен контроль основных показателей качества и количества продукции;
- для технологического оборудования, систем контроля и управления должны быть осуществлены измерения параметров, определяющих оптимальность режима относительно производительности и экономичности реализуемого процесса и качества полученного изделия, продукции, полуфабриката и т.п.; контроль безопасности выполнения работ; контроль экологической безопасности.

При анализе параметров, подвергаемых измерениям и измерительному контролю, необходимо учитывать следующее:

- часть технических характеристик готовых деталей, узлов, изделий зависит от предыдущих этапов технологического процесса либо оборудования и инструмента, поэтому необходимо распределить контролируемые параметры по этим этапам и объектам;
- значения параметров в технологическом процессе связаны между собой, и эти связи используют для сокращения номенклатуры контролируемых параметров, а для наиболее важных параметров – для повышения точности измерений и надежности систем измерений;
- избыточность измеряемых параметров во избежание неоправданных затрат на измерения и метрологическое обслуживание средств измерений.

Недостаточная точность измерений может быть источником неблагоприятных последствий (экономические потери, повышение вероятности травматизма, загрязнение окружающей среды и т.п.). Оптимальной (в экономическом отношении и для задач, не связанных с негативными социальными последствиями, например, такими, как причинение ущерба здоровью работников) считают точность измерений, при которой сумма потерь от недостаточной точности результатов измерений и расходов на измерения будет минимальной.



В первом приближении допускается считать, что потери пропорциональны квадрату количественной характеристики точности измерений, а расходы на измерения обратно пропорциональны этой характеристике.

Если другие данные о зависимости потерь из-за недостаточной точности измерений и данные о зависимости расходов на проведение измерений от характеристик точности собственно измерений отсутствуют, то оптимальная, например, погрешность измерения в условиях допущенных предположений выражается зависимостью

$$D_{\text{опт}} = 0,8D \frac{P}{\Pi}, \quad (1)$$

где  $D_{\text{опт}}$  – предел оптимальной относительной погрешности измерений;

$D$  – предел относительной погрешности измерений, для которого известны потери  $\Pi$  и расходы на измерения  $P$ .

Потери  $\Pi$  и расходы  $P$  могут быть определены весьма приближенно.

Погрешность считают близкой к оптимальной при выполнении условия

$$0,5D_{\text{опт}} < D < (1,5 - 2,5)D_{\text{опт}}. \quad (2)$$

Если недостаточная точность измерений не может вызвать заметных потерь или других неблагоприятных последствий, пределы допускаемых значений, например, погрешности измерений могут составлять 0,2–0,3 границы симметричного допуска (для несимметричного допуска – размера поля допуска) на измеряемый параметр, а для параметров, не относящихся к наиболее важным, это соотношение может быть увеличено до 0,5.

При использовании косвенных методов измерений точность средств измерений только частично характеризует точность результата измерений. В таких случаях необходимы сведения о методической составляющей погрешности измерений для правильного оценивания требований к характеристикам точности средств измерений.

При измерениях средних значений необходимо учесть, что погрешность оценки средних значений, полученных в результате  $n$ -кратных измерений, практически в  $\sqrt{n}$  раз меньше погрешности однократных измерений (как правило, обусловленной погрешностью средства измерений) в том случае, если такая погрешность определена как среднее квадратическое отклонение.

Пределы допускаемых значений показателей точности средств измерений, установленные в проектах стандартов, следует указывать для предполагаемых условий эксплуатации средства измерений (рабочий диапазон измеряемой величины, пределы возможных значений внешних влияющих величин и другие характеристики, от которых может зависеть точность результата измерений).

Если показатели точности измерений указаны в проектах стандартов или известны из других документов, то их сравнивают с заданными требованиями к показателям точности измерений. Если такие требования отсутствуют, границы погрешности сравнивают с допуском на измеряемый параметр.

Если показатели точности измерений не указаны в проектах стандартов или в других документах, то эксперт должен оценить расчетным способом границы количественных показателей точности.

Под контролепригодностью изделия (технической системы) понимают возможность проведения контроля его параметров в процессе монтажа, наладки, испытаний, эксплуатации (обслуживания) и ремонта. Основное внимание уделяют практическим возможностям по осуществлению измерительного контроля параметров, определяющих работоспособность изделия.

При экспертизе проектов стандартов на измерительные системы оценивают наличие и характеристики устройств и подсистем самоконтроля и диагностики.

При оценивании возможности эффективного метрологического обслуживания средств измерений (в том числе поверки, калибровки, контроля работоспособности, ремонта) руководствуются методами и средствами поверки, установленными в документах системы обеспечения единства измерений. Для измерительных систем и сложных технических систем указывают требования и (или) методы диагностики неисправностей или контроля работоспособности в процессе эксплуатации.

При оценивании рациональности выбранных средств и методик выполнения измерений, в том числе их соответствия требованиям, предъявляемым к средствам и методикам выполнения измерений, применяемым в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, проверяют:

- возможность использования средств измерений утвержденных типов, применяемых в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора;
- возможность использования средств измерений в заданных условиях;
- трудоемкость и стоимость измерительных операций и метрологического обслуживания средств измерений;
- целесообразность использования статистических методов контроля;
- удовлетворение требований техники безопасности и охраны окружающей среды.

При оценивании рациональности указанных в проекте стандарта методик выполнения измерений предпочтение следует отдавать стандартизованным методикам. Методики выполнения измерений, используемые в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора,

должны быть аттестованы в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.563. Полноту изложения методик выполнения измерений оценивают в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.563.

При экспертизе оценивается также соответствие алгоритма обработки результатов измерений измерительной задаче, контроль правильности использования терминов в области метрологии, наименований измеряемых величин и обозначения их единиц, термины в области метрологии и единицы измеряемых величин.

#### 4. Метрологическая экспертиза технической документации

*Метрологическая экспертиза технической документации* – это анализ и оценка технических решений в части метрологического обеспечения (технических решений по выбору измеряемых параметров, установлению требований к точности измерений, выбору методов и средств измерений, их метрологическому обслуживанию).

Метрологическая экспертиза – часть комплекса работ по метрологическому обеспечению и может являться частью технической экспертизы конструкторской, технологической и проектной документации.

При метрологической экспертизе выявляются ошибочные или недостаточно обоснованные решения, вырабатываются наиболее рациональные решения по конкретным вопросам метрологического обеспечения.

Метрологическая экспертиза включает метрологический контроль технической документации. Метрологический контроль – это проверка технической документации на соответствие конкретным метрологическим требованиям, регламентированным в стандартах и других нормативных документах. Например, проверка наименований и обозначений, указанных в технической документации единиц величин на соответствие требованиям стандарта ГОСТ 8.417-2002 или проверка использованных метрологических терминов на соответствие требованиям рекомендаций РМГ 29-99 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения. Замечания и предложения при метрологическом контроле имеют обязательный характер.

В перечень документации, подвергаемой метрологической экспертизе, в первую очередь включают документацию на продукцию и услуги, которые попадают в сферу распространения государственного метрологического контроля и надзора.

Вопросы метрологической экспертизы технической документации изложены в МИ 2267-2000 ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации, и освещают определение, цели, задачи, организацию работ, основные виды технической документации, подвер-

гаемой метрологической экспертизе, оформление и реализацию результатов метрологической экспертизы технической документации.

Метрологическая экспертиза способствует решению технико-экономических задач при разработке технической документации.

Метрологическую экспертизу можно не проводить, если в процессе разработки технической документации осуществлялась метрологическая проработка силами привлекаемых специалистов метрологической службы.

Метрологический контроль может осуществляться в рамках нормоконтроля силами специально подготовленных в области метрологии нормоконтролеров. Решения экспертов при метрологическом контроле имеют обязательный характер.

Общая цель метрологической экспертизы – обеспечение эффективности метрологического обеспечения, выполнение общих и конкретных требований к метрологическому обеспечению наиболее рациональными методами и средствами.

Конкретные цели метрологической экспертизы определяются назначением и содержанием технической документации.

Например, конкретной целью метрологической экспертизы чертежей простейших деталей может быть обеспечение достоверности измерительного контроля с оптимальными значениями вероятностей брака контроля 1-го и 2-го рода.

При организации метрологической экспертизы на предприятии осуществляются следующие мероприятия:

- определение подразделения, силами специалистов которого должна проводиться метрологическая экспертиза;
- разработка нормативного документа, устанавливающего конкретный порядок проведения метрологической экспертизы на предприятии;
- планирование метрологической экспертизы;
- назначение экспертов;
- подготовка и повышение квалификации экспертов;
- формирование комплекса нормативных и методических документов, справочных материалов, необходимых при проведении метрологической экспертизы.

Типичные формы организации метрологической экспертизы:

- силами экспертов-метрологов в метрологической службе предприятия (эта форма организации метрологической экспертизы предпочтительна при сравнительно небольших объемах разрабатываемой технической документации);
- силами специально подготовленных экспертов из числа разработчиков документации в конструкторских, технологических, проектных и других подразделениях предприятия (эта форма предпочтительна при больших объемах разрабатываемой технической документации);

– силами специально создаваемой комиссии либо группы специалистов при приемке технических (эскизных, рабочих) проектов сложных изделий или технологических объектов, систем управления, а также на других этапах разработки технической документации;

– силами группы или отдельных специалистов, привлекаемых к проведению метрологической экспертизы по договору.

Организация метрологической экспертизы проектов государственных стандартов возлагается на межгосударственные технические комитеты (МТК) или технические комитеты (ТК) и их подкомитеты (МПК или ПК) в соответствии с ГОСТ Р 1.11-99 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Метрологическая экспертиза проектов государственных стандартов», введенного в действие с 01.01.2000 г.

Проекты государственных стандартов, в которых излагаются методики выполнения измерений, предназначенных для применения в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, должны подвергаться метрологической экспертизе в государственных научных метрологических центрах (метрологических НИИ). Данная экспертиза не проводится, если государственный научный метрологический центр ранее аттестовал стандартизуемую методику выполнения измерений.

Проекты государственных стандартов ГСИ, разрабатываемые государственными научными метрологическими центрами (метрологическими НИИ Госстандарта), на метрологическую экспертизу не направляют.

Нормативный документ, определяющий конкретный порядок проведения метрологической экспертизы на предприятии, должен устанавливать:

– номенклатуру продукции (виды объектов), документация на которую должна подвергаться метрологической экспертизе;

– конкретные виды технической документации и этапы ее разработки, на которых документация должна подвергаться метрологической экспертизе, и порядок представления документации на метрологическую экспертизу;

– подразделения или лица, проводящие метрологическую экспертизу;

– порядок рассмотрения разногласий, возникающих при проведении метрологической экспертизы;

– оформление результатов метрологической экспертизы;

– права и обязанности экспертов;

– планирование метрологической экспертизы;

– порядок проведения внеплановой метрологической экспертизы.

В перечень документации, подвергаемой метрологической экспертизе, в первую очередь включается документация на продукцию (виды объектов), которая попадает в сферу распространения государственного метрологического контроля и надзора.

В нормативном документе, устанавливающем порядок и методику проведения метрологической экспертизы, не следует указывать требования к метрологическому обеспечению и метрологические требования к технической документации. Такие требования должны излагаться в других документах.

#### *Подготовка, повышение квалификации экспертов*

Прежде всего, эксперт должен четко представлять свои функции. Эксперт не должен заменять конструктора, технолога, проектанта при разработке технической документации, ответственность за качество которой несет исключительно разработчик. Эксперт несет ответственность за правильность и объективность заключений по результатам метрологической экспертизы.

Эксперт должен хорошо представлять задачи метрологической экспертизы, обладать навыками их решения, уметь выделить приоритетные вопросы при рассмотрении конкретной документации.

Эксперты-метрологи должны хорошо представлять содержание различных видов конструкторских и технологических документов на конкретную продукцию, состав и содержание проектной документации (особенно в части требований к точности измерений, методикам контроля и испытаний продукции и ее составных частей, применяемым средствам измерений).

Эксперты из числа разработчиков документации должны хорошо знать основные метрологические правила, ориентироваться в метрологических нормативных и методических документах, относящихся к разрабатываемым объектам.

Метрологическая служба предприятия должна заботиться о систематическом повышении квалификации экспертов.

Комплекс НТД, методических документов и справочных материалов, необходимых при проведении метрологической экспертизы, должен включать основополагающие стандарты Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ), стандарты ГСИ и других систем, относящиеся к разрабатываемой документации, стандарты на методы контроля и испытаний, а также справочные материалы, относящиеся к разрабатываемой продукции (объектам), каталоги и другие информационные материалы на средства измерений, которые могут использоваться при разработке, производстве и применении продукции (объектов разработки).

Исходная информация о метрологических нормативных и методических документах содержится в следующих источниках:

- указатель нормативно-технических документов в области метрологии;
- указатель государственных стандартов. Изд-во стандартов;
- указатель состава комплектов средств поверки. ВНИИМС;
- ведомственные справочные материалы.

### *Использование вычислительной техники при проведении метрологической экспертизы*

Использование вычислительной техники значительно повышает эффективность метрологической экспертизы.

В настоящее время разработаны и нашли применение программные средства для ПЭВМ в области метрологического обеспечения, которые могут использоваться при метрологической экспертизе. В их числе следующие.

Автоматизированные базы данных (разработаны ВНИИМС):

- о технических характеристиках средств измерений, прошедших госиспытания и допущенных к обращению;
- о поверочных и ремонтных работах, проводимых государственными и ведомственными метрологическими службами;
- о нормативно-технической и справочной документации в области метрологии;
- об эталонах и установках высшей точности;
- об образцовых средствах измерений и поверочных устройствах;
- электронные каталоги выпускаемых приборов.

Автоматизированные системы расчета погрешности измерений, включающие базы данных обо всех метрологических характеристиках широко применяемых типов средств измерений (разработаны ВНИИМС). В таких системах помимо результатов расчета суммарной погрешности измерений могут выдаваться значения составляющих погрешности, что даст возможность принять рациональные решения при выборе средств измерений и условий их эксплуатации, сделать объективные оценки по этим вопросам.

Автоматизированные системы оценки технического уровня средств измерений (разработаны ВНИИМС). Эти системы способствуют рациональному решению вопросов при разработке средств измерений, необходимости таких разработок.

### *Планирование метрологической экспертизы технической документации*

Важным организационным вопросом в проведении метрологической экспертизы является планирование этой работы.

Две целесообразные формы планирования метрологической экспертизы:

- указание метрологической экспертизы (как этапа) в планах разработки, постановки на производство, технологической подготовки и т.п. планах;
- самостоятельный план метрологической экспертизы, либо соответствующий раздел в плане работ по метрологическому обеспечению.

В плане целесообразно указывать:

- обозначение и наименование документа (комплекта документации), его вид (оригинал, подлинник, копия и т.п.);
- этап разработки документа;

– подразделение-разработчик документа и сроки представления на метрологическую экспертизу. (Если документация разработана сторонней организацией, то указывается подразделение, отвечающее за представление документации на экспертизу);

– подразделение, проводящее метрологическую экспертизу и срок ее проведения.

Самостоятельный план метрологической экспертизы составляется метрологической службой, согласовывается с разработчиком документации и утверждается главным инженером (техническим руководителем) предприятия.

#### *Основные задачи метрологической экспертизы технической документации*

Эксперт должен иметь в виду два исходных вопроса метрологического обеспечения любого объекта: что измерять и с какой точностью. От правильного, рационального решения этих вопросов во многом зависит эффективность метрологического обеспечения. Метрологическая экспертиза должна в максимальной степени способствовать рациональному решению этих вопросов. К этим двум приоритетным вопросам можно добавить еще два важных компонента метрологического обеспечения: средства и методики выполнения измерений.

#### *Оценивание рациональности номенклатуры измеряемых параметров*

Измеряемые (контролируемые) параметры часто определяются исходными нормативными или другими документами на продукцию, технологию, системы управления или другие разрабатываемые объекты.

Например, в стандарте на конкретную продукцию устанавливаются характеристики продукции, а в разделе методов контроля указываются контролируемые параметры. Если таких исходных требований нет, то эксперт при анализе номенклатуры контролируемых параметров руководствуется следующими общими положениями:

– для деталей, узлов и составных частей изделий их контроль должен обеспечить размерную и функциональную взаимозаменяемость;

– для готовой продукции (в случае отсутствия требований к контролю в соответствующих нормативных или других исходных документах) необходимо обеспечить контроль основных характеристик, определяющих качество продукции, а в непрерывных производствах также количество продукции;

– для технологического оборудования, систем контроля и управления технологическими процессами необходимо осуществлять измерения параметров, определяющих безопасность, оптимальность режима по производительности и экономичности, экологическую защиту от вредных выбросов.

При анализе параметров, подвергаемых измерению и измерительному контролю, необходимо также принимать во внимание следующие соображения.



Многие технические характеристики деталей, узлов, составных частей изделий определяются предыдущими этапами технологических процессов, оборудованием, инструментом. Так размеры штампованных деталей определяются инструментом, поэтому их «поголовный» контроль нерационален.

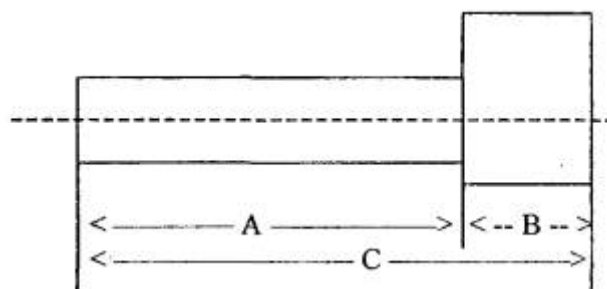
Надо также принимать во внимание взаимосвязь параметров в технологическом процессе. Для параметров, не относящихся к наиболее важным, такая взаимосвязь может быть использована для сокращения числа измеряемых параметров. Для наиболее важных параметров эта взаимосвязь может быть использована в целях повышения точности измерений и надежности измерительных систем (по аналогии с дублированием измерительных каналов).

При анализе номенклатуры измеряемых параметров необходимо обращать внимание на четкость указаний об измеряемой величине. Неопределенность трактовки подлежащей измерению величины может привести к большим неучтенным погрешностям измерений. Необходимо выявлять избыточность измеряемых параметров, которая может привести к неоправданным затратам на измерения и метрологическое обслуживание средств измерений.

В некоторых случаях в документации можно встретить использование средств измерений и измерительных каналов АСУТП для целей фиксации состояния процесса или технологического оборудования (наличие или отсутствие напряжения питания, давления в питающей сети и т.п.). Средства измерений в этих случаях служат индикаторами и могут быть заменены соответствующими сигнализаторами или подобными устройствами, а измерения таких параметров могут не производиться.

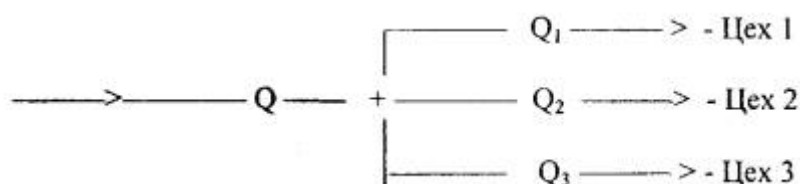
*Примеры оценивания рациональности измеряемых параметров*

а) Измерение линейных размеров при контроле детали:



При измерениях размеров  $A$  и  $B$  размер  $C$  может не измеряться. Измерение размера  $C$  оправдано при необходимости контроля правильности измерений размеров  $A$  и  $B$ .

б) Измерения расхода газа на предприятии:



При измерениях расходов газа всеми потребителями на предприятии (расходы  $Q_1, Q_2, Q_3$ ) измерение общего расхода  $Q$  может не производиться. Он определяется суммой  $Q_1 + Q_2 + Q_3$ . Если расходомеры одинакового класса точности, то эта сумма расходов определяется более точно, чем результаты измерений расхода  $Q$  на «входе» предприятия.

Общий расход газа, поступающего на предприятие, может быть определен путем вычислений полусуммы  $0,5(Q + Q_1 + Q_2 + Q_3)$ . Этот результат получается более точным по сравнению с точностью измерений  $Q$  на «входе» предприятия или суммы  $Q_1 + Q_2 + Q_3$ .

Такие соображения должны быть приняты во внимание при метрологической экспертизе проекта системы измерений расхода газа на предприятии.

#### *Оценивание оптимальности требований к точности измерений*

Если в исходных документах (ТЗ, стандарты и т.п.) не заданы требования к точности измерений, то эксперт может руководствоваться следующими положениями.

Погрешность измерений, как правило, является источником неблагоприятных последствий (экономические потери, повышение вероятности травматизма, загрязнений окружающей среды и т.п.). Повышение точности измерений снижает размеры таких неблагоприятных последствий. Однако, уменьшение погрешности измерений связано с существенными дополнительными затратами.

В первом приближении можно считать, что потери пропорциональны квадрату погрешности измерений, а затраты на измерения обратно пропорциональны погрешности измерений.

Оптимальной в экономическом смысле считается погрешность измерений, при которой сумма потерь от погрешности и затрат на измерения будет минимальной. Оптимальная погрешность во многих случаях выражается следующей зависимостью:

$$\delta_{\text{опт}} = 0,8\delta\sqrt{\frac{3}{\Pi}},$$

где  $\delta_{\text{опт}}$  – граница оптимальной относительной погрешности измерений;

$\delta$  – граница относительной погрешности измерений, для которой известны потери  $\Pi$  и затраты на измерения  $З$ .

Так как обычно потери  $\Pi$  и затраты  $З$  могут быть определены лишь весьма приближенно, то точное значение  $\delta_{\text{опт}}$  найти практически невозможно. Поэтому погрешность может считаться практически близкой к оптимальной, если выполняется следующее условие:

$$0,5\delta_{\text{опт}} < \delta < (1,5 - 2,5)\delta_{\text{опт}},$$

где  $\delta_{\text{опт}}$  – приближенное значение границы оптимальной относительной погрешности измерений, вычисленное по приближенным значениям  $\Pi$  и  $З$ .

Таким образом, при решении вопроса об оптимальности требований к точности измерений разработчик и эксперт должны иметь хотя бы ориентировочное представление о размерах возможных потерь из-за погрешности измерений и о затратах на измерения с данной погрешностью.

При анализе требований к точности измерений наиболее важных параметров крупных технологических установок или других объектов, где погрешность измерений может приводить к значительным потерям, целесообразно руководствоваться положениями МИ 2232-2000 ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации.

Когда погрешность измерений не может вызывать заметных потерь или других неблагоприятных последствий, пределы допускаемых значений погрешности измерений могут составлять 0,2-0,3 границы симметричного допуска на измеряемый параметр, а для параметров, не относящихся к наиболее важным, это соотношение может быть 0,5. При несимметричных границах и одностороннем допуске могут использоваться те же значения для соотношения пределов допускаемых значений погрешности измерений и размера поля допуска.

*Оценивание полноты и правильности требований к точности средств измерений*

Погрешность прямых измерений параметра практически равна погрешности средств измерений в рабочих условиях.

При косвенных измерениях погрешность средств измерений составляет часть погрешности измерений. В таких случаях необходимо представление о методической составляющей погрешности измерений. Типичные источники методических погрешностей приведены в МИ 1967-89 ГСИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения.

Погрешность измерений средних значений (по  $n$  точкам измерений) практически в  $\sqrt{n}$  раз меньше погрешности измерений в одной точке. Погрешность измерений средних значений (в одной точке) за некоторый интервал времени также меньше погрешности измерений текущих значений за счет фильтрации высокочастотных случайных составляющих погрешности средств измерений.

Как уже указывалось выше, чем точнее средство измерений, тем выше затраты на измерения, в том числе затраты на метрологическое обслуживание этих средств. Поэтому чрезмерный запас по точности средств измерений экономически не оправдан.

При анализе полноты требований к точности средств измерений необходимо иметь в виду, что пределы допускаемых значений погрешности средств измерений должны сопровождаться указанием условий

эксплуатации средств измерений, включая рабочий диапазон измеряемой величины и пределы возможных значений внешних влияющих величин, которые характерны для данных средств измерений.

*Оценивание соответствия точности измерений заданным требованиям*

Если погрешность измерений указана в документации, то при метрологической экспертизе она сравнивается с заданными требованиями.

Если такие требования отсутствуют, тогда приходится границы погрешности измерений сравнивать с допуском на измеряемый параметр. Выше уже приводились практически приемлемые соотношения границы погрешности измерений и границы поля допуска на измеряемый параметр (0,2-0,3 для наиболее важных параметров и до 0,5 для остальных).

Если погрешность измерений в документации (в отчете, материалах метрологической аттестации и т.п.) не указана, то эксперт должен, хотя бы приближенно, оценить расчетным способом эту погрешность. Методические рекомендации по оцениванию погрешности измерений приведены в МИ 2232-2000 ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации. Если имеют место прямые измерения и достаточная исходная информация, то можно использовать РД 50-453-84 Методические указания. Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета.

Эти же нормативно-технические документы (НТД) могут быть использованы при анализе объективности расчетных или экспериментальных оценок погрешности измерений, приведенных в отчетах, материалах метрологической аттестации и т.п. документации.

При этом анализе необходимо иметь в виду четыре группы факторов, влияющих на погрешность измерений:

- метрологические характеристики средств измерений;
- условия измерений (внешние влияющие величины);
- процедуры подготовки и выполнения измерительных операций, алгоритм обработки результатов наблюдений;
- свойства объекта измерений (адекватность измеряемой величины определяемой характеристике объекта, обмен энергией между объектом и средством измерений и т.п.).

*Оценивание контролепригодности конструкции (измерительных систем)*

Под контролепригодностью конструкции изделия (системы) понимают возможность контроля необходимых параметров в процессе изготовления, испытаний, эксплуатации и ремонта изделий.

При метрологической экспертизе основное внимание уделяется анализу практических возможностей измерительного контроля необходи-

мых параметров, определяющих работоспособность изделия в указанных условиях. Обращается внимание на точность таких измерений, особенно в условиях эксплуатации и ремонта.

При метрологической экспертизе документации на измерительные системы необходимо оценить эффективность устройств и подсистем самоконтроля, в том числе подсистем контроля достоверности измерительной информации, поступающей от датчиков.

*Оценивание возможности эффективного метрологического обслуживания выбранных средств измерений*

При оценивании возможности эффективного метрологического обслуживания выбранных средств измерений руководствуются методами и средствами поверки, приведенными в документах ГСИ. На подавляющее число типов средств измерений соответствующие документы приведены в «Указателе НТД в области метрологии», средства поверки (калибровки) приведены в «Указателе состава комплектов средств поверки» (Изд. ВНИИМС).

В ряде случаев средства измерений (датчики и др.) недоступны в условиях эксплуатации, либо для этих условий отсутствуют эталоны.

Контроль метрологической исправности в таких случаях может осуществляться в соответствии с рекомендациями МИ 2233-2000 ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Основные положения (раздел 4).

*Оценивание рациональности выбранных средств и методик выполнения измерений*

Анализ рациональности выбранных средств измерений во многом облегчается, если имеются соответствующие документы по выбору средств измерений для конкретных задач, например, ГОСТ 8.051-81 Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм.

Во многих случаях такие документы отсутствуют. Эксперт должен проанализировать рациональность выбранных средств измерений не только в части точности измерений в условиях их эксплуатации, но и по следующим характеристикам:

- возможность использования средств измерений в заданных условиях;
- трудоемкость и себестоимость измерительных операций;
- целесообразность использования статистических методов контроля;
- соответствие производительности (инерционности) средств измерений производительности технологического оборудования, потребностям систем управления в темпе поступления измерительной информации;
- удовлетворение требований техники безопасности;
- трудоемкость и себестоимость метрологического обслуживания.

При анализе указанных в документации методик выполнения измерений предпочтение должно быть отдано стандартизованным и аттестованным методикам. Эксперт может рекомендовать стандартизацию методик выполнения измерений при наличии соответствующих предпосылок к этому.

Необходимо оценить полноту изложенных методик, т.к. неопределенность в изложении некоторых операций, их последовательности и процедуры вычислений может приводить к значительной погрешности измерений.

При анализе соответствия погрешности измерений заданным значениям необходимо обращать внимание на возможность возникновения методических погрешностей.

Общие рекомендации по содержанию и изложению методик выполнения измерений приведены в ГОСТ Р 8.563-2009 ГСИ. Методики выполнения измерений; общие рекомендации по выбору средств и методов измерений в МИ 1967-89 ГСИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения.

*Примеры оценивания рациональности выбранных средств измерений*

а) Измерение длины детали с заданной погрешностью измерений не более 25 мкм.

Для этих условий могут быть использованы следующие средства измерений:

- микрометр гладкий с отсчетом 0,01 мм при настройке на 0 по установочной мере;
- скоба индикаторная с ценой деления 0,01 мм;
- индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм класса точности 1.

Наиболее простое средство измерений – микрометр. Однако, при больших партиях контролируемых деталей применение индикатора предпочтительно, т.к. при этом обеспечивается меньшая трудоемкость измерений.

б) Измерение абсолютного давления насыщенного пара в конденсаторе турбины. Указанный параметр является одним из наиболее важных для управления турбиной и функционирования АСУТП.

Для измерительного канала этого параметра могут быть применены следующие типы датчиков:

- термометр сопротивления (используется функциональная связь абсолютного давления насыщенного пара с температурой);
- датчик избыточного давления, например типа Сапфир-22ДИ, и барометр (для периодического ввода значений давления воздуха, окружающего датчик);
- датчик абсолютного давления, например типа Сапфир-22ДА.

Измерение температуры в точке установки термометра сопротивления выполняется достаточно точно. Инструментальная погрешность измери-

тельного канала меньше инструментальных погрешностей измерительных каналов с другими типами датчиков. Однако, из-за неравномерности температурного поля в конденсаторе турбины измерение этим способом абсолютного давления пара сопровождается существенной методической составляющей погрешности.

При измерениях с помощью датчика избыточного давления также имеет место методическая составляющая погрешности из-за неравномерности поля давления в конденсаторе турбины (хотя эта неравномерность значительно меньше неравномерности поля температуры). Кроме того, имеет место методическая составляющая погрешности из-за дискретного ввода значений атмосферного давления воздуха.

При использовании датчика абсолютного давления методические погрешности значительно меньше и обеспечивается наибольшая точность измерений. Затраты на измерения, включая затраты на метрологическое обслуживание средств измерений, с помощью измерительного канала с датчиком абсолютного давления мало отличаются от затрат при других вариантах измерительных каналов. Поэтому применение датчика абсолютного давления предпочтительно.

*Анализ использования вычислительной техники в измерительных операциях*

Вычислительная техника находит все большее применение в измерительных операциях. Часто средства вычислительной техники встраиваются в измерительные системы; измерительные каналы АСУТП обычно в своем составе содержат те или иные компоненты ЭВМ. В таких случаях среди объектов анализа при метрологической экспертизе должен быть алгоритм вычислений.

Часто алгоритм вычислений не в полной мере соответствует функции, связывающей измеряемую величину с результатами прямых измерений (со значениями величины на входе средств измерений). Обычно это несоответствие вызвано возможностями вычислительной техники и вынужденными упрощениями алгоритма вычислений (линеаризацией функций, их дискретным представлением и т.п.). Задача эксперта оценить существенность методической составляющей погрешности измерений из-за несовершенства алгоритма.

*Контроль метрологических терминов, наименований измеряемых величин и обозначений их единиц*

Правильное использование терминологии – залог предотвращения типичных ошибок и неоднозначности в содержании технической документации. Применяемые в технической документации метрологические термины должны соответствовать рекомендациям РМГ 29-99. При метрологической экспертизе особое внимание необходимо обратить на термино-

логию в документации, используемой в различных отраслях (технические условия, эксплуатационные документы и т.п.).

Наименования измеряемых величин могут быть самыми различными. Однако в документации должны быть приведены те или иные сведения, позволяющие судить о физической величине, подвергаемой измерениям с помощью средств измерений, «привязанных» к определенной поверочной схеме. Это необходимо для объективной оценки выбранных методов и средств измерений, возможности их метрологического обслуживания.

Единицы измеряемых величин должны соответствовать ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин.

*Основные виды технической документации, подвергаемой метрологической экспертизе*

Приведем основные задачи метрологической экспертизы, соответствующие основным видам технической документации.

В нормативных документах, устанавливающих порядок проведения метрологической экспертизы на конкретных предприятиях, в дополнение к приведенным могут быть указаны другие виды документов.

В технической документации всех видов проверяется правильность метрологических терминов, обозначения единиц физических величин.

*Технические задания (ТЗ)*

В этом документе при метрологической экспертизе анализируются исходные данные для решения вопросов метрологического обеспечения в процессе разработки конструкции, технологии, систем управления и других объектов, для которых составлены ТЗ.

Два противоречивых требования встают перед экспертом. С одной стороны, нерационально требовать в ТЗ развернутых указаний и требований к метрологическому обеспечению разрабатываемого объекта. Это может существенно ограничивать разработчика в выборе рациональных методов и средств метрологического обеспечения в процессе разработки.

С другой стороны, в ТЗ должны быть такие исходные данные, которые позволяли бы на ранних стадиях разработки решать вопросы метрологического обеспечения, не откладывая их на конечные стадии, когда не остается времени и средств на существенные метрологические проработки.

Эксперт должен уметь найти разумный компромисс в этих противоречивых требованиях.

Если в ТЗ указаны номенклатура измеряемых параметров, требования к точности их измерений, то эксперт должен оценить оптимальность этих требований и возможность их обеспечения.

Метрологическая экспертиза ТЗ на разработку средств измерений должна включать оценку целесообразности, обоснованности разработки. Особенно это касается средств измерений ограниченного применения.



Эксперт должен оценить возможность поверки (калибровки) имеющимися методами и средствами. При их отсутствии в ТЗ должны быть указания о разработке соответствующих методов и средств поверки (калибровки) разрабатываемых средств измерений.

Если предполагается использование разрабатываемых средств измерений в сферах, в которых осуществляется государственный метрологический контроль и надзор, то в ТЗ должны быть указания о необходимости проведения испытаний и утверждения типа средства измерений.

В ТЗ на разработку ИИС, ИВК, АСУТП необходимо проверить наличие и полноту требований к погрешности измерительных каналов. Под измерительным каналом следует понимать всю совокупность технических средств, используемых для измерений параметра от точки «отбора» информации о параметре до шкалы, табло, экрана дисплея, диаграммы регистрирующего прибора или распечатки на бланке. При этом должны быть заданы условия эксплуатации основных компонентов измерительных каналов (датчиков, преобразователей, компонентов устройств связи с объектом, вычислительной техники).

Вместо требований к погрешности измерительных каналов могут быть заданы требования к погрешности измерений. Такое требование предпочтительно при возможности появления методических составляющих погрешности измерений.

Если при разработке конструкции, технологии, систем управления или другого объекта предполагается разработка методик выполнения измерений, то в ТЗ целесообразны указания о необходимости их метрологической аттестации, а при широкой сфере применения методик их стандартизации.

Аналогичный анализ выполняется при метрологической экспертизе технического предложения, а также заявки на разработку средств измерений, ИИС и АСУТП.

*Отчеты о НИР, пояснительные записки к техническому (эскизному) проекту, протоколы испытаний*

В отчете о НИР основными объектами анализа при метрологической экспертизе являются измеряемые величины, методики измерений (включая процедуры обработки результатов измерений), используемые средства измерений, погрешность измерений. В отчетах о НИР, связанных с разработкой средств измерений, ИИС и АСУТП, кроме перечисленных объектов, необходимо проанализировать возможности поверки (калибровки) средств измерений и измерительных каналов, эффективность встроенных подсистем контроля работоспособности измерительных каналов и контроля достоверности поступающей от датчиков измерительной информации. При этом оценивается, насколько используется информационная избыточность, возникающая за счет связей между измеряемыми параметрами и многократных измерений.

Аналогичный анализ выполняется при проведении метрологической экспертизы пояснительных записок к техническим (эскизным) проектам.

В протоколе испытаний обычно не излагаются методики измерений и не приводятся характеристики погрешности измерений. В таких случаях в протоколе должны быть даны ссылки на соответствующие нормативные или методические документы.

#### *Технические условия (ТУ), проекты стандартов*

При метрологической экспертизе этих документов решаются практически все задачи метрологической экспертизы, так как в ТУ и многих стандартах излагаются метрологические требования, методы и средства метрологического обеспечения. ТУ и стандарты в наибольшей степени связаны с исходными НТД; эта связь и согласованность также должны быть в поле зрения эксперта. Анализу подвергаются следующие разделы: «Технические требования», «Методы контроля и испытаний», а также приложение (при его наличии) «Перечень необходимого оборудования, материалов и реактивов».

В ТУ и проектах стандартов на средства измерений анализируются также методы и средства их контроля при выпуске, согласованность этих методов и средств с методами и средствами поверки, регламентированными в документах ГСИ.

#### *Эксплуатационные и ремонтные документы*

В этих документах основные объекты анализа при метрологической экспертизе – точность и трудоемкость методик измерений и средств измерений, применяемых при контроле и наладке изделий, систем управления, продукции и т.п. Необходимо учитывать существенное отличие условий измерений в эксплуатации и при ремонтных операциях от условий, в которых создается продукция.

Может оказаться, что методы и средства измерений, которые обычно излагаются в технических условиях, не могут быть использованы в условиях эксплуатации и ремонта.

#### *Программы и методики испытаний*

При метрологической экспертизе этих документов основное внимание уделяется методикам измерений (включая обработку результатов измерений), средствам измерений и другим техническим средствам, используемым при измерениях, погрешности измерений. При испытаниях в лабораторных (нормальных) условиях методы и средства измерений аналогичны указанным в технических условиях. Но если испытания проводятся в эксплуатационных условиях, то методы и средства измерений должны соответствовать этим условиям (в первую очередь, по точности измерений).

Необходимо также обращать внимание на возможность появления субъективной составляющей погрешности измерений, вносимой испытателем (оператором), и составляющей погрешности результата испытаний из-за неточности воспроизведения режима (условий) испытаний.

Если такие погрешности возможны, то в методике должны быть предусмотрены меры, их ограничивающие.

#### *Технологические инструкции, технологические регламенты*

В технологических инструкциях могут излагаться методики измерительного контроля, измерений в составе операций регулировки или наладки изделий, либо делаться ссылки на соответствующие документы. В технологических регламентах обычно указываются параметры, подвергаемые измерительному контролю, номинальные значения и границы диапазонов изменений этих параметров (или допускаемые отклонения от номинальных значений), типы, классы точности и пределы измерений применяемых средств измерений. В ряде случаев указываются пределы допускаемых погрешностей измерений.

Основные объекты анализа при метрологической экспертизе указанных документов – рациональность номенклатуры измеряемых параметров, выбранных средств и методик измерений, оптимальность требований к точности измерений, соответствие фактической точности измерений требуемой (при отсутствии требований к точности измерений – соответствие допускаемым отклонениям измеряемых параметров от номинальных значений).

#### *Технологические карты различных видов*

В этих документах, как правило, не приводят подробные изложения вопросов метрологического обеспечения. Поэтому сфера метрологической экспертизы значительно уже, чем в других приведенных в настоящем разделе видах документации, хотя количество технологических карт в производстве весьма велико.

В отраслях машиностроения важную роль играют измерения линейно-угловых величин. Специфическим объектом анализа при метрологической экспертизе технологических карт и инструкций в этих отраслях являются базы, от которых производятся измерения размеров или которые влияют на точность измерений.

#### *Проектная документация*

В проектной документации концентрируются практически все основные вопросы метрологического обеспечения. Поэтому метрологическая экспертиза проектной документации должна включать все перечисленные выше задачи. Объем проектной документации часто очень велик и эксперты должны хорошо ориентироваться в разделах (томах) этой документации.

В ряде отраслей вопросы метрологического обеспечения излагаются в специальном разделе проекта, что, по мнению некоторых метрологов, облегчает проведение метрологической экспертизы. Однако такой вариант изложения проекта может создавать определенные трудности при метрологической экспертизе, т.к. изложение метрологических вопросов «оторвано» от объектов метрологического обеспечения.

При метрологической экспертизе проектной документации АСУТП необходимо обратить внимание на наличие и оптимальность требований к точности измерений или измерительных каналов, на объективность оценок точности и их соответствие требованиям, на рациональность подсистемы контроля работоспособности измерительных каналов и контроля достоверности поступающей от датчиков измерительной информации, на использование информационной избыточности в целях повышения надежности и точности информационной подсистемы АСУТП.

В табл.9 приводятся виды технической документации и соответствующие объекты анализа при метрологической экспертизе (отмечены +).

Т а б л и ц а 9

Виды технической документации и соответствующие объекты анализа при метрологической экспертизе (отмечены +)

Объекты анализа при метрологической экспертизе	ВИДЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ								
	Технические задания, предложения (заявки)	Отчеты о НИР, пояснительные записки к техническим и эскизным проектам	Протоколы испытаний	Технические условия, проекты стандартов	Эксплуатационные и ремонтные документы	Программы и методики испытаний	Технологические инструкции и регламенты	Технологические карты	Проектные документы
Рациональность номенклатуры измеряемых параметров		+		+	+	+	+	+	+
Оптимальность требований к точности измерений	+	+		+	+	+	+	+	+
Объективность и полнота требований к точности средств измерений	+	+		+	+	+	+	+	+
Соответствие фактической точности измерений требуемой		+	+	+	+	+	+	+	+
Контролепригодность конструкции (схемы)		+			+				+
Возможность эффективного метрологического обслуживания средств измерений	+	+		+	+		+		+
Рациональность выбранных методик и средств измерений		+	+	+	+	+	+	+	+
Применение вычислительной техники		+		+		+	+		+
Метрологические термины, наименования измеряемых величин и обозначение их единиц	+	+	+	+	+	+	+	+	+

### *Оформление и реализация результатов метрологической экспертизы*

Наиболее простой формой фиксации результатов метрологической экспертизы могут быть замечания эксперта в виде пометок на полях документа. После учета разработчиком таких замечаний эксперт визирует оригиналы или подлинники документов.

Другая типичная форма – экспертное заключение. Оно составляется в следующих характерных случаях:

- оформление результатов метрологической экспертизы документации, поступившей от других организаций;

- оформление результатов метрологической экспертизы комплектов документов большого объема, или при проведении метрологической экспертизы специально назначенной комиссией;

- оформление результатов метрологической экспертизы, после которой необходимо вносить изменения в действующую документацию или разрабатывать мероприятия по повышению эффективности метрологического обеспечения.

Экспертное заключение утверждается техническим руководителем либо главным метрологом предприятия.

В ряде отраслей результаты метрологической экспертизы излагаются в списках (журналах) замечаний.

Учет документации, прошедшей метрологическую экспертизу, целесообразно осуществлять в специальном журнале.

Необходимо иметь в виду, что за качество документации отвечает ее разработчик, и он принимает решения по замечаниям эксперта. В случаях существенных разногласий между экспертом и разработчиком окончательное решение принимает технический руководитель предприятия.

Эксперт несет ответственность за правильность сделанных замечаний и предложений. В ряде отраслевых документов по проведению метрологической экспертизы некорректно указывается, что эксперт наравне с разработчиком несет ответственность за качество документации.

Замечания экспертов, которые приняты разработчиком документации, служат одной из предпосылок совершенствования метрологического обеспечения. В этих случаях разрабатывается план мероприятий.

Экспертам-метрологам целесообразно систематически (ежегодно или чаще) обобщать результаты метрологической экспертизы, выявляя характерные ошибки и недостатки в документации и намечая меры по их предотвращению. Среди таких мер могут быть предложения по обучению разработчиков по тем или иным вопросам метрологического обеспечения, корректировке или разработке нормативных и методических документов, используемых разработчиками. Могут быть предложены меры и по совершенствованию самой процедуры метрологической экспертизы.

Целесообразно также оценивать экономический эффект от проведения метрологической экспертизы.

#### *Требования к экспертам*

Эксперт несет ответственность за правильность и объективность заключений по результатам метрологической экспертизы. Эксперт должен хорошо представлять содержание различных видов конструкторских и технологических документов на конкретную продукцию, состав и содержание проектной документации (особенно в части методик контроля и испытаний продукции и ее составных частей); хорошо представлять объект и задачи метрологической экспертизы, обладать навыками их решения.

Эксперт должен иметь ввиду два исходных вопроса метрологического обеспечения любого объекта: что измерять, и с какой точностью. От рационального решения этих вопросов во многом зависит эффективность метрологического обеспечения. К этим двум приоритетным вопросам можно добавить еще два: средства и методики выполнения измерений.

Метрологическая служба предприятия должна заботиться о систематическом повышении квалификации экспертов.

Использование вычислительной техники значительно повышает эффективность метрологической экспертизы. В настоящее время разработаны и нашли применение следующие программные средства для персональных ЭВМ в области метрологического обеспечения, которые могут использоваться при метрологической экспертизе.

#### Автоматизированные базы данных:

- о технических характеристиках средств измерений, прошедших испытания, внесенных в госреестр и допущенных к обращению;
- о поверочных и ремонтных работах, проводимых государственными метрологическими службами и метрологическими службами юридических лиц;
- о нормативных и справочных документах в области метрологии;
- об эталонах и установках высшей точности;
- об образцовых средствах измерений и поверочных устройствах;
- электронные каталоги выпускаемых приборов.

Компьютерные системы расчета погрешности измерений, включающие базы данных обо всех метрологических характеристиках широко применяемых типов средств измерений. В таких системах помимо результатов расчета суммарной погрешности измерений могут выдаваться значения составляющих погрешности.

При проведении метрологической экспертизы технической документации целесообразно использовать рекомендации МИ 2267.

## Список нормативной и справочной литературы

1. Рекомендации по метрологии МИ 2179-91. Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оптимизация точности измерений по экономическому критерию.

2. Рекомендации по метрологии МИ 1967-89. Государственная система обеспечения единства измерений. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения.

3. Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 62-2003 Государственная система обеспечения единства измерений. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации.

4. Руководящий документ РД 50-453-84 Методические указания. Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета.

## Вопросы для контроля знаний студентов

1. Назовите основные задачи и содержание метрологической экспертизы проектов стандартов

2. Кто организуют метрологическую экспертизу проектов межгосударственных и национальных стандартов?

3. Какие организации могут выполнять метрологическую экспертизу проектов стандартов?

4. Как измеряются потери в зависимости от точности измерений?

5. Как измеряются расходы на проведение измерений в зависимости от характеристик точности собственно измерений?

## Задание для студентов

Провести метрологическую экспертизу разрабатываемых проектов СТО.

## Практическое занятие 8

# ТОЧНОСТЬ (ПРАВИЛЬНОСТЬ И ПРЕЦИЗИОННОСТЬ) МЕТОДОВ И РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель работы – ознакомить студентов с основными положениями ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений.

### Общие положения

Стандарты серии ИСО 5725 могут применяться для оценки точности выполнения измерений различных физических величин, характеризующих измеряемые свойства того или иного объекта, в соответствии со стандартизированной процедурой.

При этом следует иметь в виду, что область применения ИСО 5725 – точность стандартизованных методов измерений, в том числе предназначенных для целей испытаний продукции, позволяющих количественно оценить характеристики свойств (показателей качества и безопасности) объекта испытаний (продукции). Именно поэтому во всех частях стандарта результаты измерений характеристик образцов, взятых в качестве выборки из партии изделий (или проб, отобранных из партии материала), являются основой для получения результатов испытаний всей партии (объекта испытаний). Когда объектом испытаний является конкретный образец (*test specimen, sample*), результаты измерений и испытаний могут совпадать. Такой подход имеет место в примерах по определению показателей точности стандартного (стандартизованного) метода измерений, содержащихся в ИСО 5725.

Следует отметить, что в отечественной метрологии точность (*accuracy*) и погрешность (*error*) результатов измерений, как правило, определяются сравнением результата измерений с истинным или действительным (условно истинным) значением измеряемой физической величины (являющимися фактически эталонными значениями измеряемых величин, выраженными в узаконенных единицах).

В условиях отсутствия необходимых эталонов, обеспечивающих воспроизведение, хранение и передачу соответствующих значений единиц величин, необходимых для оценки погрешности (точности) результатов измерений, и в отечественной, и в международной практике за действительное значение зачастую принимают общее среднее значение (математическое ожидание) установленной (заданной) совокупности результатов измерений. В ИСО 5725 эта ситуация отражена в термине «принятое опорное значение» и рекомендуется ГОСТ Р ИСО 5725-1 для использования в этих случаях и в отечественной практике.



Термины «правильность» (trueness) и «прецизионность» (precision) в отечественных нормативных документах по метрологии до настоящего времени не использовались. При этом «правильность» – степень близости результата измерений к истинному или условно истинному (действительному) значению измеряемой величины или в случае отсутствия эталона измеряемой величины – степень близости среднего значения, полученного на основании большой серии результатов измерений (или результатов испытаний) к принятому опорному значению. Показателем правильности обычно является значение систематической погрешности.

В свою очередь «прецизионность» – степень близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в конкретных установленных условиях. Эта характеристика зависит только от случайных факторов и не связана с истинным или условно истинным значением измеряемой величины. Мера прецизионности обычно вычисляется как стандартное (среднеквадратическое) отклонение результатов измерений, выполненных в определенных условиях. Количественные значения мер прецизионности существенно зависят от заданных условий. Экстремальные показатели прецизионности – повторяемость, сходимость (repeatability) и воспроизводимость (reproducibility) регламентируют и в отечественных нормативных документах, в том числе в большинстве государственных стандартов на методы контроля (испытаний, измерений, анализа). (См. пункты 3.12-3.20 ГОСТ Р ИСО 5725-1).

ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 состоит из следующих частей под общим заголовком «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений»:

Часть 1. Основные положения и определения.

Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений.

Часть 3. Промежуточные показатели прецизионности стандартного метода измерений.

Часть 4. Основные методы определения правильности стандартного метода измерений.

Часть 5. Альтернативные методы определения прецизионности стандартного метода измерений.

Часть 6. Использование значений точности на практике.

В ИСО 5725 для описания точности метода измерений используют два термина: «правильность» и «прецизионность». Термин «правильность» характеризует степень близости среднего арифметического значения большого числа результатов измерений к истинному или принятому опорному значению, термин «прецизионность» – степень близости результатов измерений друг к другу.

Необходимость рассмотрения «прецизионности» возникает из-за того, что измерения, выполняемые на предположительно идентичных материалах при предположительно идентичных обстоятельствах, не дают, как правило, идентичных результатов. Это объясняется неизбежными случайными погрешностями, присущими каждой измерительной процедуре, а факторы, оказывающие влияние на результат измерения, не поддаются полному контролю. При практической интерпретации результатов измерений эта изменчивость должна учитываться. Например, нельзя установить фактическое различие между полученным результатом измерений и какой-либо точной величиной, если она лежит в области неизбежных случайных погрешностей измерительной процедуры. Аналогичным образом, сопоставление результатов испытаний двух существенно различающихся партий материала не выявит какого-либо существенного отличия в качестве, если расхождение между результатами лежит в вышеупомянутой области.

На изменчивость результатов измерений, выполненных по одному методу, помимо различий между предположительно идентичными образцами, могут влиять многие различные факторы, в том числе:

- а) оператор;
- б) используемое оборудование;
- в) калибровка оборудования;
- г) параметры окружающей среды (температура, влажность, загрязнение воздуха и т.д.);
- д) интервал времени между измерениями.

Различия между результатами измерений, выполняемых разными операторами и/или с использованием различного оборудования, как правило, будут больше, чем между результатами измерений, выполняемых в течение короткого интервала времени одним оператором с использованием одного и того же оборудования.

Прецизионность является общим термином для выражения изменчивости повторяющихся измерений. Два условия прецизионности, называемые условиями повторяемости и воспроизводимости, были признаны необходимыми и, во многих практических случаях, полезными для представления изменчивости метода измерений. В условиях повторяемости (сходимости) факторы а–д, перечисленные выше, считают постоянными, и они не влияют на изменчивость, в то время как в условиях воспроизводимости все эти факторы переменны и влияют на изменчивость результатов испытаний. Таким образом, повторяемость и воспроизводимость представляют собой два крайних случая прецизионности, где первый характеризует минимальную, а второй – максимальную изменчивость результатов. Прочие промежуточные условия между этими двумя экстремальными условиями прецизионности допустимы, когда один или несколько факторов а–д могут изменяться и использоваться при определенных обстоятель-

ствах. Прецизионность, как правило, выражают в терминах стандартных отклонений.

Правильность метода измерений имеет смысл в случаях, когда можно прямо или косвенно представить истинное значение измеряемой величины. Хотя для некоторых методов измерений истинное значение не может быть известно точно, существует возможность располагать принятым опорным значением измеряемой величины, например, когда имеются в распоряжении соответствующие стандартные образцы или когда принятое опорное значение может быть установлено посредством ссылки на другой метод измерений, или путем приготовления известного образца. При этом правильность того или иного метода измерений может быть исследована посредством сопоставления принятого опорного значения с уровнем результатов, полученных этим методом. Правильность, как правило, выражают в терминах систематической погрешности (смещение). Например, при химическом анализе систематическая погрешность проявляется в случаях, когда метод измерений не позволяет полностью выделить элемент или когда наличие одного элемента мешает определению другого.

Общий термин «точность» используют в ИСО 5725 в отношении обоих терминов – «правильность» и «прецизионность». Одно время термин «точность» использовался, распространяясь лишь на одну составляющую, именуемую теперь правильностью, однако стало очевидным, что он выражает суммарное отклонение результата от эталонного (опорного) значения, вызванное как случайными, так и систематическими причинами.

## Основные определения

*Наблюдаемое значение (observed value)* – значение характеристики, полученное в результате единичного наблюдения (ИСО 3534-1).

*Результат измерений (test result)* – значение характеристики, полученное выполнением регламентированного метода измерений.

В нормативном документе на метод измерений должно регламентироваться, сколько (одно или несколько) единичных наблюдений должно быть выполнено, способы их усреднения (среднее арифметическое значение результатов многократных наблюдений, медиана или стандартное отклонение) и способы представления в качестве результата измерений. Может потребоваться введение стандартных поправок (например, таких как приведение объема газа к нормальной температуре и давлению). Таким образом, результат измерений (испытаний) может быть представлен как результат, рассчитанный из нескольких наблюдаемых значений. В простейшем случае результат измерений (испытаний) является собственно наблюдаемым значением (ИСО 3534-1).

*Уровень испытаний в эксперименте по оценке прецизионности (level of the test in a precision experiment)* – общее среднее значение результатов испытаний, полученных от всех лабораторий для одного конкретного испытуемого материала или образца.

В отечественных документах используется термин «общее среднее значение результатов испытаний конкретного образца».

*Базовый элемент (ячейка) в эксперименте по оценке прецизионности (cell in a precision experiment)* – совокупность результатов испытаний на одном уровне, полученных одной лабораторией.

В отечественных документах используется термин «общее среднее значение совокупности результатов испытаний, полученных одной лабораторией на одном и том же образце в ходе проведения эксперимента».

*Принятое опорное значение (accepted reference value)* – значение, которое служит в качестве согласованного для сравнения и получено как:

а) теоретическое или установленное значение, базирующееся на научных принципах;

б) приписанное или аттестованное значение, базирующееся на экспериментальных работах какой-либо национальной или международной организации;

в) согласованное или аттестованное значение, базирующееся на совместных экспериментальных работах под руководством научной или инженерной группы;

г) математическое ожидание измеряемой характеристики, то есть среднее значение заданной совокупности результатов измерений – лишь в случае, когда а), б) и в) недоступны.

В отечественной метрологии погрешность (the error) результатов измерений, как правило, определяется сравнением результата измерений с истинным или действительным значением измеряемой физической величины (являющимися фактически эталонными значениями измеряемых величин, выраженными в узаконенных единицах).

Согласно РМГ 29-99, *истинное значение физической величины (true value of a quantity)* – значение, которое идеальным образом характеризует в качественном и количественном отношении соответствующую физическую величину; согласно РМГ 29, *действительное значение физической величины (conventional true value)* – значение величины, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него.

В условиях отсутствия необходимых эталонов, обеспечивающих воспроизведение, хранение и передачу соответствующих значений величин, необходимых для определения погрешности (точности) результатов измерений и в отечественной, и в международной практике за действительное значение зачастую принимают общее среднее значение (математическое

ожидание) заданной совокупности результатов измерений, выражаемое в отдельных случаях в условных единицах. Эта ситуация и отражена в термине «принятое опорное значение»

*Точность (accuracy)* – степень близости результата измерений к принятому опорному значению.

Термин «точность», когда он относится к серии результатов измерений (испытаний), включает сочетание случайных составляющих и общей систематической погрешности.

*Правильность (trueness)* – степень близости среднего значения, полученного на основании большой серии результатов измерений (или результатов испытаний), к принятому опорному значению.

Показателем правильности обычно является значение систематической погрешности. Правильность понимают иногда как «точность среднего значения». Термин «правильность» в отечественных нормативных документах до настоящего времени не применялся. В рамках обеспечения единства измерений термин «правильность (trueness)» – степень близости результата измерений к истинному (действительному) значению измеряемой величины или в случае отсутствия эталона измеряемой величины – степень близости среднего значения, полученного на основании большой серии результатов измерений (или результатов испытаний), к принятому опорному значению.

*Систематическая погрешность (bias)* – разность между математическим ожиданием результатов измерений и истинным (или в его отсутствие – принятым опорным) значением.

Определение термина «bias», содержащееся в ГОСТ Р ИСО 5725-1 соответствует понятию «систематическая погрешность (systematic error)», приведенному в Международном словаре терминов в метрологии (VIM). Термин «bias (of a measuring instrument)» в VIM определен как «смещение (неправильность средства измерений) – систематическая погрешность в показании средства измерений».

В качестве составляющих систематической погрешности измерений выделяют неисключенную систематическую погрешность (НСП), составляющую систематической погрешности измерений, обусловленную несовершенством реализации принятого принципа измерений, погрешностью градуировки применяемого средства измерений и др.

Если математическое ожидание систематической погрешности известно и постоянно, то в результат измерений вносят соответствующую поправку. Знак поправки противоположен знаку погрешности.

Когда систематическая погрешность пропорциональна значению измеряемой величины, то с целью исключения влияния систематической погрешности используют поправочный множитель (числовой коэффициент –

correction factor), на который умножают неисправленный результат измерений.

*Систематическая погрешность лаборатории при реализации конкретного метода измерений (конкретной МВИ) (laboratory bias)* – разность между математическим ожиданием результатов измерений (или результатов испытаний) в отдельной лаборатории и истинным (или в его отсутствие – принятым опорным) значением измеряемой характеристики.

Термин в отечественных документах до настоящего времени не применялся. Вместе с тем значение систематической погрешности лаборатории при реализации конкретной МВИ и стабильность этого значения в течение определенного периода времени в международной практике являются одним из основных показателей компетентности испытательных лабораторий, которым руководствуются заказчики и органы по аккредитации при подтверждении или признании компетентности испытательной лаборатории в соответствии с требованиями ИСО/МЭК 17025-99, а также при формировании сети лабораторий высокого рейтинга.

*Систематическая погрешность метода измерений (bias of the measurement method)* – разность между математическим ожиданием результатов измерений, полученных во всех лабораториях, применяющих данный метод, и истинным (или в его отсутствие принятым опорным значением) измеряемой характеристики.

Систематическую погрешность метода измерений оценивают отклонением среднего значения результатов измерений, полученных от большого числа различных лабораторий, применяющих один и тот же метод. Систематическая погрешность метода измерений может зависеть от значения измеряемой характеристики, то есть может быть различной на разных уровнях.

*Лабораторная составляющая систематической погрешности (laboratory component of bias)* – разность между систематической погрешностью лаборатории при реализации конкретного метода измерений (конкретной МВИ) и систематической погрешностью метода измерений (МВИ).

Лабораторная составляющая систематической погрешности при реализации конкретного метода измерений (МВИ) является специфической для данной лаборатории и условий выполнения измерений в пределах лаборатории, и ее значение также может зависеть от значения измеряемой величины.

Лабораторная составляющая систематической погрешности при реализации конкретного метода измерений (МВИ) относится к общему среднему результату измерений, но не к истинному или опорному значению измеряемой величины.

*Прецизионность (precision)* – степень близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в конкретных регламентированных условиях.

Прецизионность зависит только от случайных погрешностей и не имеет отношения к истинному или установленному значению измеряемой величины. Мету прецизионности обычно выражают в терминах неточности и вычисляют как стандартное отклонение результатов измерений. Меньшая прецизионность соответствует большему стандартному отклонению.

«Независимые результаты измерений (или испытаний)» – результаты, полученные способом, на который не оказывает влияния никакой предшествующий результат, полученный при испытаниях того же самого или подобного объекта. Количественные значения мер прецизионности существенно зависят от регламентированных условий. Крайними случаями совокупностей таких условий являются условия повторяемости и условия воспроизводимости.

*Повторяемость (repeatability)* – прецизионность в условиях повторяемости.

В отечественных нормативных документах наряду с термином «повторяемость» используют термин «сходимость», содержащийся также в РМГ 29-99 и VIM.

*Условия повторяемости (сходимости) (repeatability conditions)* – условия, при которых независимые результаты измерений (или испытаний) получаются одним и тем же методом на идентичных объектах испытаний, в одной и той же лаборатории, одним и тем же оператором, с использованием одного и того же оборудования, в пределах короткого промежутка времени.

*Стандартное (среднеквадратическое) отклонение повторяемости (сходимости) (repeatability standard deviation)* – стандартное (среднеквадратическое) отклонение результатов измерений (или испытаний), полученных в условиях повторяемости (сходимости).

Эта норма является мерой рассеяния результатов измерений в условиях повторяемости. Подобным образом можно было бы ввести и использовать понятия «дисперсии повторяемости» и «коэффициента вариации повторяемости» в качестве характеристик рассеяния результатов измерений в условиях повторяемости.

*Предел повторяемости (сходимости) (repeatability limit)* – значение, которое с доверительной вероятностью 95 % не превышает абсолютной величиной разности между результатами двух измерений (или испытаний), полученными в условиях повторяемости (сходимости).

*Воспроизводимость (reproducibility)* – прецизионность в условиях воспроизводимости.

Условия воспроизводимости (*reproducibility conditions*) – условия, при которых результаты измерений (или испытаний) получают одним и тем же

методом, на идентичных объектах испытаний, в разных лабораториях, разными операторами, с использованием различного оборудования.

В отечественных государственных стандартах и других нормативных документах на методы испытаний продукции, в том числе для целей подтверждения соответствия (обязательной сертификации), условия воспроизводимости соответствуют установленным в ГОСТ Р ИСО 5725-1. Именно таким понятием воспроизводимости результатов измерений оперируют при возникновении спорных ситуаций между лабораториями поставщика и покупателя при контроле качества и (или) безопасности продукции.

*Стандартное (среднеквадратическое) отклонение воспроизводимости (reproducibility standard deviation)* – стандартное (среднеквадратическое) отклонение результатов измерений (или испытаний), полученных в условиях воспроизводимости.

Эта норма является мерой рассеяния результатов измерений (или испытаний) в условиях воспроизводимости. Подобным образом можно было бы ввести и использовать понятия «дисперсии воспроизводимости» и «коэффициента вариации воспроизводимости», в качестве характеристик рассеяния результатов измерений (или) испытаний в условиях воспроизводимости.

*Предел воспроизводимости (reproducibility limit)* – значение, которое с доверительной вероятностью 95 % не превышает абсолютной величиной разности между результатами двух измерений (или испытаний), полученными в условиях воспроизводимости.

*Выброс (outlier)* – элемент совокупности значений, который несовместим с остальными элементами данной совокупности.

*Совместный оценочный эксперимент (collaborative assessment experiment)* – межлабораторный эксперимент, в котором показатели работы каждой лаборатории оценивают в условиях применения одного и того же стандартного метода измерений на идентичном материале.

## 1. Практическое применение определений, используемых при регламентации экспериментов по оценке точности

*Стандартный метод измерений.* Чтобы измерения выполнялись одинаковым образом, метод измерений должен быть стандартизован. Все измерения должны выполняться согласно данному стандартному методу. Это означает, что должен быть письменный документ, устанавливающий во всех подробностях, как должно выполняться измерение, и предпочтительно включающий в себя описание процедур получения и подготовки образцов для выполнения измерений. В отечественных документах обычно применяется термин «стандартизованный».



Наличие документированного (стандартизованного) метода измерений предполагает существование организации, несущей ответственность за его разработку.

*Эксперимент по оценке точности.* Показатели точности (правильности и прецизионности) должны определяться на основании серии результатов измерений, представленных участвующими в эксперименте лабораториями. Эксперимент организуется специально образованным советом экспертов, который проводит его по специальным правилам.

Такого рода межлабораторный эксперимент носит название «эксперимент по оценке точности». Подобный эксперимент может также называться «экспериментом по оценке прецизионности» или «экспериментом по оценке правильности» в соответствии с его ограниченной целью. Если целью является определение правильности, то эксперимент по оценке прецизионности должен быть либо завершен ранее, либо они должны проводиться одновременно.

Оценки точности, получаемые на основании такого эксперимента, должны всегда рассматриваться как достоверные только для измерений, выполненных в соответствии со стандартизованным методом.

Эксперимент по оценке точности часто можно рассматривать в качестве практической проверки адекватности стандартного метода измерений. Одной из основных целей стандартизации является устранение различий между пользователями (лабораториями), насколько это возможно, и определение по данным, полученным в результате эксперимента, степени достижения этой цели. С другой стороны, явные различия во внутрилабораторных стандартных отклонениях или в средних значениях по лабораториям могут указывать на недостаточную детализацию стандартного метода измерений и на необходимость его совершенствования. Если это так, об этом следует сообщать в орган, ответственный за стандартизацию, для принятия необходимых мер.

*Идентичные объекты испытаний.* В эксперименте по оценке точности пробы определенного материала или образцы определенной продукции рассылают из центрального пункта определенному числу лабораторий, расположенных в разных местах, разных странах или даже на разных континентах. Определение условий повторяемости (сходимости), устанавливающее, что измерения в этих лабораториях должны проводиться на идентичных объектах, относится к моменту, когда эти измерения фактически осуществляются. Для достижения этого должны быть выполнены следующие условия:

- а) образцы должны быть идентичными при их рассылке в лаборатории;
- б) они должны оставаться идентичными во время транспортирования и на протяжении любых интервалов времени, которые могут предшествовать периоду фактического выполнения измерений.

При организации экспериментов по оценке точности оба условия должны тщательно соблюдаться.

*Короткие интервалы времени.* Согласно определению условий повторяемости (сходимости) измерения для определения повторяемости должны быть выполнены при неизменных рабочих условиях, т.е. в течение периода выполнения измерений, факторы (оператор; используемое оборудование; калибровка оборудования; параметры окружающей среды (температура, влажность, загрязнение воздуха и т.д.); интервал времени между измерениями) должны оставаться постоянными. В частности, оборудование не должно подвергаться перекалибровке в промежутке времени между измерениями, если только это не является обязательной частью каждого измерения. На практике измерения в условиях повторяемости должны проводиться в течение как можно менее продолжительного периода времени, чтобы свести к минимуму изменения данных факторов, таких как условия окружающей среды, которым не может быть всегда гарантировано постоянство.

Существует, однако, обстоятельство, которое может увеличить интервал времени между измерениями, и оно заключается в том, что результаты измерений предположительно должны быть независимыми. Если имеется опасение, что предшествующие результаты могут повлиять на последующие результаты измерений (и тем самым снизить оценку дисперсии повторяемости), может оказаться необходимым предоставление отдельных образцов, зашифрованных таким образом, чтобы оператор не знал, какие из них предположительно идентичны. Должны быть даны инструкции относительно порядка, в котором данные образцы должны подвергаться измерениям, и, предварительно в данный порядок должен быть внесен элемент случайности таким образом, чтобы все «идентичные» образцы не подвергались измерениям вместе. Могут иметь место случаи, когда в паузе между повторяющимися измерениями короткоживущий объект может быть подвержен изменениям, тогда вся серия измерений должна быть полностью завершена в течение короткого интервала времени. В поисках компромисса предпочтение должно отдаваться здравому смыслу.

*Участвующие лаборатории.* Основное исходное предположение, лежащее в основе ИСО 5725, заключается в том, что для стандартного метода измерений повторяемость (сходимость), по крайней мере приблизительно, одинакова для всех лабораторий, применяющих этот метод, так что допустимо установить одно общее среднее стандартное отклонение повторяемости (сходимости), которое будет применимо для любой лаборатории. Тем не менее, любая лаборатория, выполняя серию измерений в условиях повторяемости (сходимости), может получить оценку своего собственного стандартного отклонения повторяемости для метода измерений и сопо-

ставить ее с общепринятой стандартной величиной. Такая процедура рассматривается в ГОСТ Р ИСО 5725-6.

Величины, определенные в «Основных определениях», теоретически применимы ко всем лабораториям, которые могут выполнить измерения данным методом. На практике лаборатории определяются на основании выборки из этой совокупности лабораторий. Соблюдение данных там инструкций относительно количества лабораторий, которые должны входить в выборку, и количества измерений, которые они выполняют, должно привести к удовлетворительным результирующим оценкам правильности и прецизионности. Если, однако, в какой-то момент станет очевидно, что участвующие лаборатории не были или больше не являются действительно представительными по отношению ко всем лабораториям, использующим данный стандартный метод измерений, тогда измерения необходимо повторить.

*Условия наблюдений.* Внутрिलाбораторные факторы, влияющие на изменчивость получаемых результатов, могут быть представлены как «время», «оператор» и «оборудование», когда наблюдения в различные моменты времени учитывают влияние изменения условий окружающей среды и перекалибровки оборудования между наблюдениями. В условиях повторяемости наблюдения осуществляются при неизменности всех внутрिलाбораторных факторов. В условиях воспроизводимости эти факторы, наоборот, изменчивы, и, кроме того, поскольку наблюдения выполняются в различных лабораториях, проявляются дополнительные эффекты, являющиеся следствием различия между лабораториями (в административном управлении), материально-техническом обеспечении, проверке стабильности наблюдений и т.д.

При определенных обстоятельствах может оказаться полезным рассмотрение промежуточных условий прецизионности, при которых наблюдения осуществляются в одной и той же лаборатории, но при этом один или больше факторов – «время», «оператор» или «оборудование» – могут меняться. При установлении прецизионности метода измерений очень важно точно определить соответствующие условия наблюдения, т.е. должны ли быть три вышеупомянутых фактора неизменными или нет.

Кроме того, масштаб изменчивости, вызванной тем или иным фактором, будет зависеть от метода измерений. Например, в случае количественного химического анализа преобладающее влияние могут иметь факторы «оператор» и «время»; таким же образом в случае микроанализа могут доминировать факторы «оборудование» и «условия окружающей среды», а при измерениях физических свойств – «оборудование» и «калибровка».

### 3. Статистическая модель

*Исходная модель.* С целью оценки точности (правильности и прецизионности) метода измерений целесообразно предположить, что каждый результат измерений  $y$  представляет собой сумму трех составляющих

$$y = m + b + e, \quad (1)$$

где (для конкретного исследуемого материала):

$m$  – общее среднее значение (математическое ожидание);

$B$  – лабораторная составляющая систематической погрешности в условиях повторяемости;

$e$  – случайная составляющая погрешности каждого результата измерений в условиях повторяемости.

Общее среднее значение  $m$  представляет собой уровень испытаний, например, образцы химической продукции различной чистоты либо разных других материалов (например, сталь различных марок) будут соответствовать различным уровням. В технике очень часто уровень испытаний определяется исключительно методом измерений, и такое понятие, как независимое истинное значение не применяют. Тем не менее, в некоторых случаях понятие истинного значения  $\mu$  испытываемой характеристики может оказаться подходящим, как например, истинная концентрация титруемого раствора. Уровень  $m$  не всегда равняется истинному значению  $\mu$ .

Когда исследуют расхождения между результатами измерений, полученными одним и тем же методом, систематическая погрешность метода не будет оказывать никакого влияния, и ею можно пренебречь. Однако при сопоставлении результатов измерений со значением, установленным в контракте или стандарте со ссылкой на истинное значение ( $\mu$ ), а не на «уровень испытаний» ( $m$ ), либо при сопоставлении результатов, полученных с использованием различных методов измерений, систематическую погрешность метода, естественно, необходимо учитывать. Если истинное значение существует, и имеется в наличии пригодный стандартный образец, систематическая погрешность метода измерений должна определяться согласно указаниям ГОСТ Р ИСО 5725-4.

Составляющая  $B$  считается постоянной в течение выполнения любых серий измерений в условиях повторяемости, но она будет различной по величине для измерений, выполняемых в других условиях. Если результаты измерений в одних и тех же двух лабораториях постоянно сопоставляются, то для них необходимо определить их относительную систематическую погрешность (смещение): либо исходя из их индивидуальных значений систематической погрешности, определенных в ходе эксперимента по оценке точности, либо посредством выполнения специальных исследований собственно между лабораториями. Однако чтобы сделать

общее утверждение относительно различия между двумя произвольными лабораториями, либо при сопоставлении двух лабораторий, в которых не были определены их собственные систематические погрешности, то должно рассматриваться общее распределение лабораторных составляющих систематической погрешности. Это стало аргументом в пользу введения понятия воспроизводимости. Процедуры, представленные в ГОСТ Р ИСО 5725-2, разрабатывались в предположении, что распределение лабораторных составляющих систематической погрешности является приблизительно нормальным, но на практике их применяют для большинства распределений, при условии, что последние являются унимодальными.

Дисперсия  $B$  называется межлабораторной и выражается следующим образом:

$$\text{var}(B) = \sigma_L^2, \quad (2)$$

где  $\sigma_L^2$  включает в себя изменчивость результатов, полученных разными операторами и на разном оборудовании.

В основном эксперименте по оценке прецизионности, описанном в ГОСТ Р ИСО 5725-2, данные составляющие не разделяют. В ГОСТ Р ИСО 5725-3 представлены методы оценки значений некоторых случайных составляющих  $B$ .

Вообще говоря,  $B$  может рассматриваться в качестве суммы как случайных, так и систематических составляющих. Здесь не ставится задача дать исчерпывающий перечень факторов, вносящих свой вклад в  $B$ , но можно отметить, что в их состав входят различные климатические условия, различия в аппаратуре в пределах допусков, назначенных изготовителем, и даже различия в процедурах обучения операторов в разных местах.

Составляющая  $e$  представляет собой случайную погрешность, имеющую место в каждом результате измерений, а процедуры, представленные в ИСО 5725, были разработаны в предположении, что распределение этой составляющей погрешности является приближенно нормальным. Однако на практике эти процедуры применимы для большинства распределений при условии, что распределения являются унимодальными.

В пределах одной лаборатории дисперсия в условиях повторяемости носит название внутрिलाбораторной дисперсии и выражается следующим образом:

$$\text{var}(e) = \sigma_W^2. \quad (3)$$

Можно ожидать, что  $\sigma_W^2$  будет иметь различные значения в разных лабораториях вследствие различий, например, в квалификации операторов, однако в стандарте подразумевается, что для стандартизованного соответствующим образом метода измерений такие различия между лаборато-

риями будут невелики и что оправдано установление общего значения внутрिलाбораторной дисперсии для всех лабораторий, использующих данный метод. Это общее значение, которое оценивают средним арифметическим внутрिलाбораторных дисперсий, носит название дисперсии повторяемости и его обозначают следующим образом:

$$\sigma_r^2 = \overline{\text{var}(e)} = \overline{\sigma_W^2}. \quad (4)$$

Данное среднее арифметическое берут по всем лабораториям, принимающим участие в эксперименте по оценке точности, которые остаются после исключения выбросов из числа всех дисперсий.

Для модели (1) дисперсию повторяемости определяют непосредственно как дисперсию составляющей погрешности  $e$ , а дисперсия воспроизводимости зависит от суммы дисперсии повторяемости (сходимости) и межлабораторной дисперсии.

В качестве мер прецизионности используют две величины:

– стандартное отклонение повторяемости

$$\sigma_r = \sqrt{\text{var}(e)}; \quad (5)$$

– стандартное отклонение воспроизводимости

$$\sigma_R = \sqrt{\sigma_L^2 + \sigma_r^2}. \quad (6)$$

### 3. Постановка эксперимента по оценке точности

*Планирование эксперимента по оценке точности.*

Эксперимент по оценке прецизионности и/или правильности стандартного метода измерений должен планировать совет экспертов, хорошо знакомых с методом измерений и его применением. По крайней мере, один член совета экспертов должен иметь опыт в области статистических методов подготовки и анализа экспериментов.

При планировании эксперимента должны рассматриваться следующие вопросы.

а) Существует ли для данного метода измерений удовлетворяющий соответствующим требованиям эталон?

б) Сколько лабораторий должно быть вовлечено в совместный эксперимент?

в) Каким образом должны отбираться лаборатории и каким требованиям они должны удовлетворять?

г) Каков диапазон уровней, с которыми придется столкнуться на практике?

- д) Сколько уровней должно быть использовано в эксперименте?
- е) Какие материалы являются подходящими для представления данных уровней и каким образом они должны быть подготовлены?
- ж) Какое число параллельных определений должно быть назначено?
- з) Какие временные рамки должны быть установлены для завершения всех измерений?
- и) Является ли исходная модель подходящей, или должен быть рассмотрен видоизмененный вариант?
- к) Нужны ли особые меры предосторожности для обеспечения уверенности в том, что во всех лабораториях измерениям подвергаются идентичные материалы, находящиеся в одном и том же состоянии?

*Стандартный метод измерений.*

Исследуемый метод измерений должен быть стандартизован. Он также должен быть устойчивым (робастным), другими словами, небольшие отклонения в процедуре не должны быть причиной непредвиденно больших изменений результатов. Если такое может произойти, то должны быть приняты адекватные меры предосторожности или предупреждения. Желательно также, чтобы в процессе разработки стандартного метода измерений были приложены все усилия для устранения или уменьшения систематической погрешности.

Для определения правильности и прецизионности как устоявшихся, так и стандартизованных в последнее время методов измерений могут использоваться схожие экспериментальные процедуры. В последнем случае полученные результаты должны восприниматься в качестве предварительных оценок, так как правильность и прецизионность могут меняться по мере приобретения лабораториями опыта.

Документ, в котором излагается метод измерений, должен быть изложен ясно, подробно и полно. Все существенные операции, имеющие отношение к окружающим условиям выполнения процедур, реактивам и аппаратуре, предварительной проверке оборудования, а также к подготовке образцов для испытаний, должны быть включены в этот документ, возможно, посредством ссылок на другие письменно оформленные процедуры, доступные для операторов. Способ вычисления и представления результата испытаний должен быть точно определен, включая число значащих цифр, которое должно заноситься в протокол.

Со статистической точки зрения лаборатории, участвующие в любом эксперименте, по оценке точности, должны быть выбраны наугад из числа всех лабораторий, применяющих данный метод измерений. Добровольно вызвавшиеся лаборатории могут не быть представительной выборкой и всей совокупности лабораторий. Однако на формирование представительства лабораторий могут влиять другие практические соображения,

такие например, чтобы участвующие в эксперименте лаборатории находились на разных континентах или в разных климатических зонах.

Участвующие в эксперименте лаборатории не должны быть из числа тех, которые уже приобрели особый опыт применения метода в ходе его стандартизации. Также они не должны включать специализированные «опорные» (референтные) лаборатории, чтобы продемонстрировать ту точность, которую можно достичь при реализации метода высококвалифицированным персоналом.

Количество лабораторий, принимающих участие в совместном межлабораторном эксперименте, и количество результатов измерений, требуемых от каждой лаборатории на каждом уровне, являются взаимозависимыми характеристиками.

Величины, представленные символом  $\sigma$  в формулах (2)-(6), являются истинными стандартными отклонениями, значение которых неизвестно; конечная цель эксперимента по оценке прецизионности – оценить эти значения. Когда необходимо дать оценку ( $s$ ) истинного стандартного отклонения ( $\sigma$ ), можно поставить задачу определения диапазона вокруг  $\sigma$ , в пределах которого ожидается нахождение оценки ( $s$ ). Это хорошо известная статистическая проблема, решаемая путем использования  $\chi^2$  – распределения и количества результатов, на которых основывалась оценка  $s$ . Анализ обычно основывается на соотношении

$$P \left[ -A < \frac{s - \sigma}{\sigma} < +A \right] = P, \quad (7)$$

означающем, что оценки стандартных отклонений ( $s$ ) могут ожидать в пределах  $\pm A\sigma$  от истинного стандартного отклонения ( $\sigma$ ) с определенной вероятностью  $P$ .  $A$  часто выражают в процентах.

Для единичного уровня неопределенность в стандартном отклонении повторяемости будет зависеть от количества лабораторий ( $p$ ) и количества результатов измерений в каждой лаборатории ( $n$ ). В отношении стандартного отклонения воспроизводимости, определяемого по двум стандартным отклонениям (см. равенство (6)), зависимость является более сложной. Нужен дополнительный показатель  $\gamma$ , представляющий отношение стандартных отклонений воспроизводимости и повторяемости:

$$\gamma = \sigma_R / \sigma_r. \quad (8)$$

Для вероятности  $P$ , равной 95 %, были получены приближенные выражения для коэффициента  $A$ , представленные ниже. Эти выражения дают ориентиры для планирования необходимого количества лабораторий и результатов испытаний, требующихся от каждой лаборатории на каждом уровне, и выглядят следующим образом:



– для повторяемости

$$A = A_r = 1,96 \sqrt{\frac{1}{2p(n-1)}}; \quad (9)$$

– для воспроизводимости

$$A = A_R = 1,96 \sqrt{\frac{p \left[ 1 + n(\gamma^2 - 1) \right]^2 + (n-1)(p-1)}{2\gamma^4 n^2 (p-1) p}}. \quad (10)$$

Можно предположить, что дисперсия выборки, характеризующейся  $\nu$  степенями свободы и математическим ожиданием  $\sigma^2$ , имеет приближенно нормальное распределение с дисперсией  $2\sigma^4/\nu$ . Выражения (9) и (10) были получены путем применения данного предположения к дисперсиям оценок  $\sigma_r$  и  $\sigma_R$ . Адекватность аппроксимации была проверена точным вычислением.

Значение  $\gamma$  неизвестно, однако в наличии часто имеются предварительные оценки внутрилабораторных стандартных отклонений и стандартных межлабораторных отклонений, полученные в процессе стандартизации метода измерений. Точные значения неопределенности оценок стандартных отклонений повторяемости и воспроизводимости при разном количестве лабораторий ( $p$ ) и разном числе результатов из расчета на каждую лабораторию ( $n$ ) представлены в табл. 10, а также построены в форме графиков на рис.2-3.

Т а б л и ц а 1 0

Значения неопределенности оценок стандартных отклонений  
повторяемости и воспроизводимости

Количество лабораторий $p$	$A_r$			$A_R$								
	$n=2$	$n=3$	$n=4$	$\gamma=1$			$\gamma=2$			$\gamma=5$		
				$n=2$	$n=3$	$n=4$	$n=2$	$n=3$	$n=4$	$n=2$	$n=3$	$n=4$
5	0,62	0,44	0,36	0,46	0,37	0,32	0,61	0,58	0,57	0,68	0,67	0,67
10	0,44	0,31	0,25	0,32	0,26	0,22	0,41	0,39	0,38	0,45	0,45	0,45
15	0,36	0,25	0,21	0,26	0,21	0,18	0,33	0,31	0,30	0,36	0,36	0,36
20	0,31	0,22	0,18	0,22	0,18	0,16	0,28	0,27	0,26	0,31	0,31	0,31
25	0,28	0,20	0,16	0,20	0,16	0,14	0,25	0,24	0,23	0,28	0,28	0,27
30	0,25	0,18	0,15	0,18	0,15	0,13	0,23	0,22	0,21	0,25	0,25	0,25
35	0,23	0,17	0,14	0,17	0,14	0,12	0,21	0,20	0,19	0,23	0,23	0,23
40	0,22	0,16	0,13	0,16	0,13	0,11	0,20	0,19	0,18	0,22	0,22	0,22

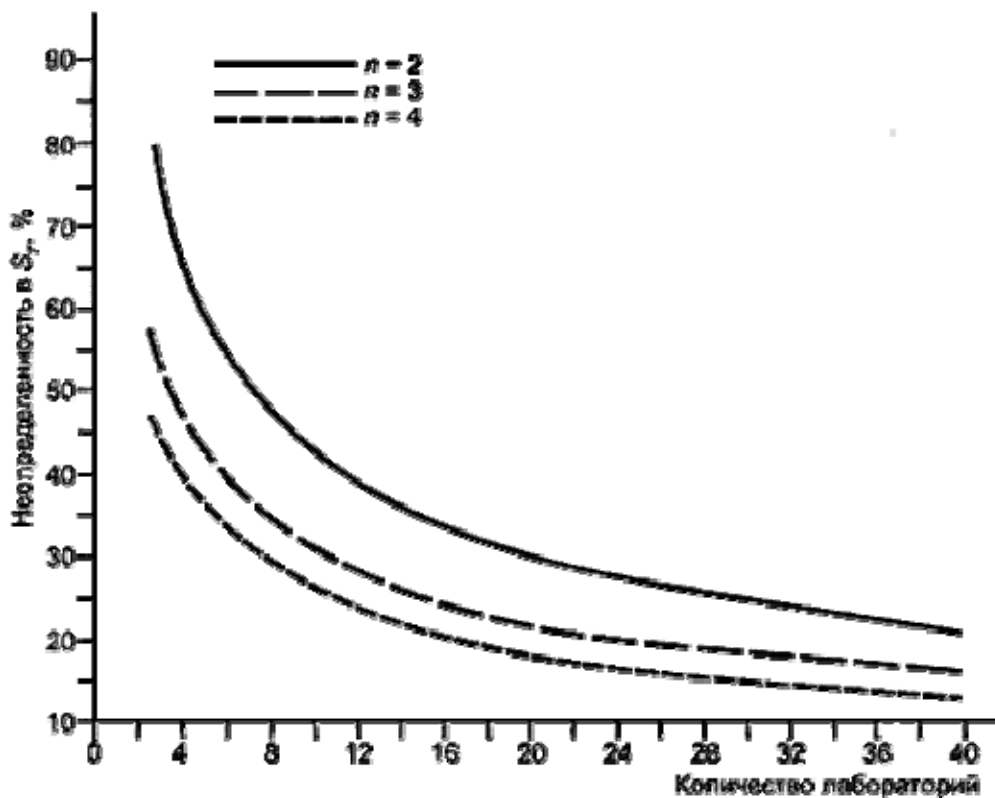


Рис.2. Ожидаемая величина, на которую  $s_r$  может отличаться от истинного значения на уровне вероятности 95 %

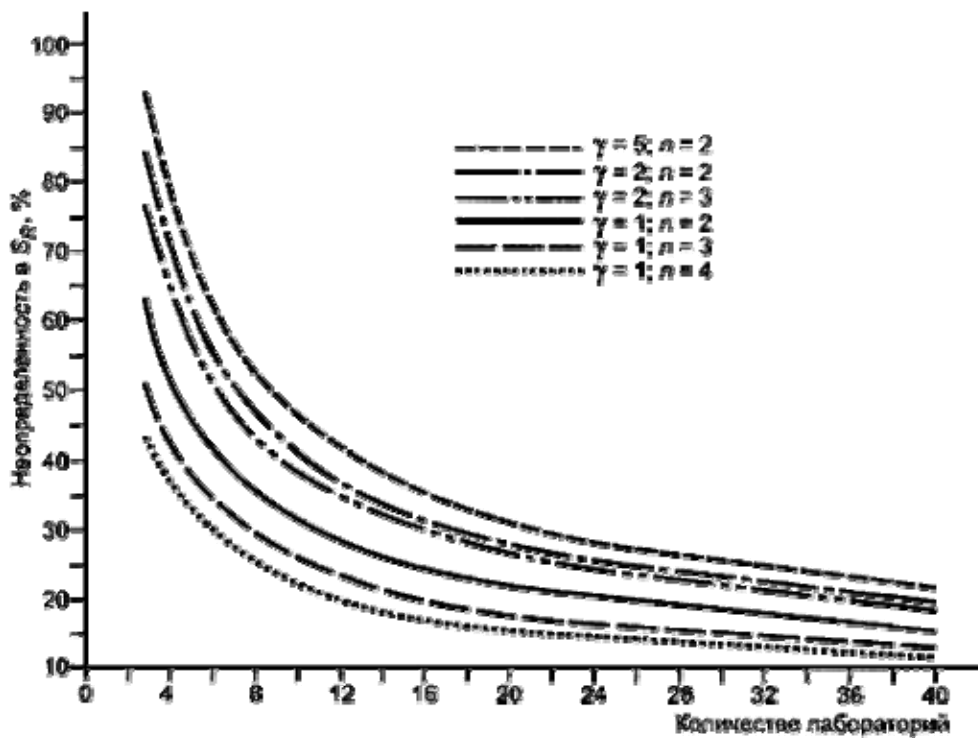


Рис.3. Ожидаемая величина, на которую  $s_R$  может отличаться от истинного значения на уровне вероятности 95 %

Количество лабораторий, необходимое для оценки систематической погрешности.

Систематическая погрешность метода измерений  $\delta$  может быть оценена как разность

$$\hat{\delta} = \bar{y} - \mu, \quad (11)$$

где  $\bar{y}$  – общее среднее значение всех результатов измерений, полученных всеми лабораториями на одном из уровней эксперимента;  
 $\mu$  – принятое опорное значение измеряемой характеристики.

Неопределенность этой оценки может быть выражена уравнением

$$P[\delta - A\sigma_R < \hat{\delta} < \delta + A\sigma_R] = 0,95, \quad (12)$$

которое означает, что оценка будет находиться в пределах  $A\sigma_R$  от истинного значения систематической погрешности метода измерений с вероятностью 0,95. При этом, используя величину  $\gamma$  (см. уравнение (8)), получим

$$A = 1,96 \sqrt{\frac{n(\gamma^2 - 1) + 1}{\gamma^2 pn}}. \quad (13)$$

Значения  $A$  представлены в табл. 11.

Т а б л и ц а 11

Значения  $A$ -неопределенности оценки систематической погрешности метода измерений

Количество лабораторий	Значение $A$								
	$\gamma=1$			$\gamma=2$			$\gamma=5$		
	$n=2$	$n=3$	$n=4$	$n=2$	$n=3$	$n=4$	$n=2$	$n=3$	$n=4$
5	0,62	0,51	0,44	0,82	0,80	0,79	0,87	0,86	0,86
10	0,44	0,36	0,31	0,58	0,57	0,56	0,61	0,61	0,61
15	0,36	0,29	0,25	0,47	0,46	0,46	0,50	0,50	0,50
20	0,31	0,25	0,22	0,41	0,40	0,40	0,43	0,43	0,43
25	0,28	0,23	0,20	0,37	0,36	0,35	0,39	0,39	0,39
30	0,25	0,21	0,18	0,33	0,33	0,32	0,35	0,35	0,35
35	0,23	0,19	0,17	0,31	0,30	0,30	0,33	0,33	0,33
40	0,22	0,18	0,15	0,29	0,28	0,28	0,31	0,31	0,31

Систематическая погрешность лаборатории  $\Delta$  во время проведения эксперимента может быть оценена по формуле

$$\hat{\Delta} = \bar{y} - \mu, \quad (14)$$

где  $\bar{y}$  – среднее арифметическое значение всех результатов, полученных лабораторией на отдельном уровне эксперимента;  
 $\mu$  – принятое опорное значение измеряемой характеристики.

Неопределенность этой оценки может быть выражена соотношением

$$P\left[\Delta - A_W\sigma_r < \hat{\Delta} < \Delta + A_W\sigma_r\right] = 0,95, \quad (15)$$

которое означает, что оценка будет находиться в пределах  $A_W\sigma_r$  от истинного значения систематической погрешности лаборатории с вероятностью 0,95. При этом внутрिलाбораторная неопределенность равна

$$A_W = \frac{1,96}{\sqrt{n}}. \quad (16)$$

Значения  $A_W$  представлены в табл.12.

Т а б л и ц а 1 2

Значения  $A_W$ -неопределенности оценки систематической погрешности лаборатории при реализации данного метода измерений

Количество результатов испытаний $n$	Значение $A_W$
5	0,88
10	0,62
15	0,51
20	0,44
25	0,39
30	0,36
35	0,33
40	0,31

Выбор количества лабораторий должен быть компромиссом между наличием ресурсов и желанием уменьшить неопределенность оценок до достаточного уровня. Из рис. 2 и 3 видно, что оценки стандартных отклонений повторяемости (сходимости) и воспроизводимости могут существенно отличаться от своих истинных значений в том случае, если в эксперименте по оценке прецизионности принимает участие только небольшое количество ( $p \approx 5$ ) лабораторий, и при  $p > 20$  увеличение количества лабораторий на две или три приводит лишь к небольшому снижению неопределенностей оценок. Обычно значение  $p$  выбирают между 8 и 15 ( $8 \leq p \leq 15$ ). Когда  $\sigma_L$  больше  $\sigma_r$  (то есть  $\gamma$  больше 2), как в наиболее часто встречающемся случае, за счет получения более чем двух ( $n=2$ ) результатов измерений в каждой лаборатории и на каждом уровне, снижение неопределенности очень мало.

*Отбор материалов, предназначенных для эксперимента по оценке точности.*

Материалы, предназначенные для использования в эксперименте по определению точности метода измерений, должны в полной мере представлять те из них, к которым этот метод применяют на практике. Как

правило, достаточно широкий диапазон уровней для адекватного установления значения точности обычно обеспечивают пять различных материалов. Меньшее количество могло бы быть использовано при первом изучении недавно разработанного метода измерений, когда еще нет уверенности, что не потребуется его модифицировать по результатам дальнейших экспериментов.

Если измерения должны выполняться на дискретных объектах, не меняющихся в результате измерений, они могли бы, в принципе, проводиться с использованием одного и того же набора образцов объектов в различных лабораториях. Это, однако, может потребовать циркулирования одного и того же набора объектов по многим лабораториям, часто расположенным далеко друг от друга, в разных странах или на разных континентах, со значительным риском потери или повреждений объектов во время транспортирования. Если в разных лабораториях предусматривается использовать различные объекты, они должны быть выбраны таким образом, чтобы предполагались идентичными для практических целей.

При выборе материала для представления различных уровней необходимо принимать во внимание, должен ли материал быть специально гомогенизирован перед подготовкой проб к отправке или же влияние гетерогенности материала должно быть учтено в значениях точности.

В случаях, когда измерения должны выполняться на твердых материалах, которые не могут быть гомогенизированы (таких как металлы, резина или текстильные изделия), а также когда измерения не могут быть повторены на том же самом испытуемом образце, неоднородность исследуемого материала будет источником существенной составляющей прецизионности измерений, и понятие идентичного материала в этом случае вряд ли применимо. Эксперименты по оценке прецизионности по-прежнему могут проводиться, однако значения прецизионности могут быть действительны только для конкретного используемого образца материала и должны быть приписаны именно как таковые. Более универсальное использование определяемой прецизионности возможно лишь в случае, если есть возможность продемонстрировать, что нет существенных различий между образцами материалов, выпущенных в разное время или разными производителями. Это может потребовать проведения более сложного эксперимента по сравнению с рассмотренным в ИСО 5725.

Обычно в случаях, когда измерения связаны с разрушением объекта, составляющая изменчивости результатов измерений, являющаяся следствием различий между образцами, на которых выполнялись измерения, должна быть пренебрежимо мала в сравнении с изменчивостью собственно метода измерений или же должна составлять ее неотъемлемую часть и, таким образом, представлять собой составляющую прецизионности.

В случаях, когда материалы, подвергаемые измерениям, могут изменяться во времени, полный цикл выполнения эксперимента должен устанавливаться с учетом этого обстоятельства. В некоторых случаях было бы уместно устанавливать периоды времени, в течение которых должны быть выполнены измерения на тех или иных образцах.

Установление значений прецизионности для метода измерений предполагает, что прецизионность либо не зависит от испытываемого материала, либо зависит от материала определенным образом. Некоторые методы измерений позволяют оценить прецизионность лишь для испытываемого материала одного или более классов (марок). Такого рода данные будут лишь очень грубым приближением к значению прецизионности для материала других марок. Гораздо чаще прецизионность тесно связана с уровнем испытаний, и ее определение в таком случае включает установление соотношения между прецизионностью и уровнем. Поэтому при опубликовании значений прецизионности стандартного метода измерений рекомендуется указывать четкую спецификацию материала, используемого в эксперименте по оценке прецизионности, и всю номенклатуру материалов, к которым могут быть применимы эти значения прецизионности.

Для оценки правильности по меньшей мере один из используемых материалов должен иметь принятое опорное значение измеряемой характеристики. Если есть зависимость правильности от уровня, материалы с известными опорными значениями измеряемой характеристики понадобятся на нескольких уровнях.

#### *Использование данных о точности.*

Когда целью эксперимента по оценке прецизионности является получение оценок стандартных отклонений повторяемости и воспроизводимости, должна применяться исходная модель (1). Когда же целью является получение оценок промежуточных показателей прецизионности, должны применяться альтернативные модели и методы, представленные в ГОСТ Р ИСО 5725-3.

Когда определяется систематическая погрешность метода измерений, ее значение всегда должно представляться вместе с описанием опорного значения, относительно которого она определялась. В случаях, когда систематическая погрешность меняется в зависимости от уровня, информацию следует представить в виде таблицы, в которой указывают уровень, установленную систематическую погрешность и опорное значение, использованное при этих испытаниях.

Когда для оценки правильности или прецизионности метода измерений осуществляют межлабораторный эксперимент, каждая принимавшая в нем участие лаборатория должна быть проинформирована о ее лабораторной составляющей систематической погрешности по отношению к общему среднему значению, которое было определено по результатам эксперимента. Данная информация может иметь ценность в будущем при проведении

аналогичных экспериментов, однако она не должна использоваться в калибровочных целях.

Значения стандартных отклонений повторяемости и воспроизводимости для любого стандартного метода измерений должны определяться согласно положениям, изложенным в ГОСТ Р ИСО 5725-2 – ГОСТ Р ИСО 5725-4, и должны публиковаться в качестве части стандартного метода измерений в разделе, озаглавленном «Прецизионность». В данном разделе могут быть также представлены пределы повторяемости и воспроизводимости ( $r$  и  $R$ ). Если прецизионность не зависит от уровня, в каждом случае могут быть приведены единственные средние значения. Если прецизионность зависит от уровня, информация должна быть оформлена в виде таблицы (подобной табл. 13), а также может быть выражена математической зависимостью. Значения промежуточных показателей прецизионности представляют в аналогичной форме.

Т а б л и ц а 13

Пример способа представления стандартных отклонений показателей прецизионности

Диапазон изменения измеряемой величины или уровень	Стандартное отклонение повторяемости $s_r$	Стандартное отклонение воспроизводимости $s_R$
От ..... до .....		
От ..... до .....		
От ..... до .....		

В разделе «Прецизионность» должны быть также приведены определения условий повторяемости и воспроизводимости. Когда приводят значения промежуточных показателей прецизионности, необходимо указать, какой (или какие два) из факторов (время, операторы, оборудование) являлись изменяющимися. Когда приводят пределы повторяемости и воспроизводимости, должно быть добавлено некое утверждение, связывающее их с расхождением между результатами двух измерений и 95 %-м уровнем вероятности. Предлагаемые формулировки выглядят следующим образом.

Расхождение между результатами двух измерений, полученными на идентичном испытуемом материале одним оператором с использованием одного и того же оборудования в пределах кратчайшего из возможных интервалов времени, будет превышать предел повторяемости ( $r$ ) в среднем не чаще одного раза на 20 случаев при нормальном и правильном использовании метода.

Результаты измерений на идентичном испытуемом материале, полученные двумя лабораториями, будут различаться с превышением предела воспроизводимости ( $R$ ) в среднем не чаще одного раза на 20 случаев при нормальном и правильном использовании метода.

Необходимо обеспечить, чтобы определение результата измерений не вызывало сомнений: либо посредством упоминания пунктов стандарта на метод измерений, в соответствии с которыми выполнялись измерения, чтобы получить этот результат измерений, либо другим способом.

Обычно в конце раздела «Прецизионность» добавляют краткое упоминание об эксперименте по оценке точности. Предлагаемая формулировка выглядит следующим образом.

Данные по оценке точности были получены из эксперимента, организованного и проанализированного в соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725 (указывают часть и год утверждения стандарта) и проведенного с участием ( $p$ ) лабораторий и ( $q$ ) уровней. Данные из (...) лабораторий содержат выбросы. Выбросы не были включены в расчет стандартных отклонений повторяемости и воспроизводимости.

Необходимо также добавить описание материалов, использованных в эксперименте по оценке точности, особенно в случаях, когда правильность или прецизионность зависит от природы материалов (их однородности, стабильности свойств и т.д.).

#### *Практические применения значений правильности и прецизионности.*

В технических условиях на продукцию может содержаться требование повторения измерений в условиях повторяемости. В этих обстоятельствах для проверки приемлемости результатов измерений и для того, чтобы решить, какое действие необходимо предпринять в том случае, если они неприемлемы, может быть использовано стандартное отклонение повторяемости. В случае, когда один и тот же материал подвергают измерениям и поставщик, и покупатель и их результаты различаются между собой, стандартные отклонения повторяемости (сходимости) и воспроизводимости могут быть использованы для принятия решения о том, что эти расхождения находятся в пределах ожидаемого значения для данного метода измерений.

#### *Стабильность результатов измерений в пределах лаборатории.*

Выполняя регулярные измерения на стандартных образцах, лаборатория может проверить стабильность своих результатов и получить таким образом доказательство для подтверждения своей компетентности в отношении как систематической погрешности, так и повторяемости результатов своих измерений.

#### *Оценка деятельности лаборатории.*

Практику аккредитации лабораторий применяют все чаще. Знание правильности и прецизионности метода измерений позволяет оценить систематическую погрешность и повторяемость результатов лаборатории, претендующей быть признанной компетентной (лаборатории-кандидата), либо посредством использования стандартных образцов, либо на основании межлабораторного эксперимента.



### *Сопоставление альтернативных методов измерений.*

Два метода измерений могут быть пригодными для определения одной и той же измеряемой характеристики, один из которых проще и дешевле другого, но реже применяемый. С целью оправдания использования более дешевого метода для некоторой ограниченной номенклатуры испытуемых материалов могут быть использованы значения правильности и прецизионности.

## Пример статистического анализа экспериментов по оценке прецизионности

### *Точка размягчения смолы (несколько уровней с недостающими данными)*

Метод измерений – определение точки размягчения смолы при помощи кольца и шарика (стандартные методы испытаний дегтя и аналогичных продуктов).

Материал был отобран из промышленных партий смолы, собран и подготовлен согласно указаниям, приведенным в части «Пробы» раздела «Смолы». При определении точки размягчения смолы измерения температуры производились в градусах Цельсия. В эксперименте участвовало 16 лабораторий. С целью охватить стандартный набор технических смол, предполагалось произвести измерения на четырех образцах (уровнях), имеющих точки размягчения вблизи 87,5, 92,5, 97,5 и 102,5 °С. Однако для уровня 2 был выбран не соответствующий требованиям материал со средней температурой размягчения около 96 °С, который скорее соответствовал уровню 3. Лаборатория №5 вначале неправильно провела анализ пробы для уровня 2 (эта проба измерялась первой), в результате чего у нее осталось недостаточно материала для выполнения еще одного измерения на этом уровне. Лаборатория №8 обнаружила, что у нее вообще нет образца для уровня 1 (она располагала двумя образцами для уровня 4).

Исходные данные представлены в градусах Цельсия в табл. 14, выполненной по форме А рис.3 (см. 7.2.8).

Т а б л и ц а 14

Исходные данные. Точка размягчения смолы, °С

Номер лаборатории <i>i</i>	Уровень <i>j</i>			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
1	91,0	97,0	96,5	104,0
	89,6	97,2	97,0	104,0
2	89,7	98,5	97,2	102,6
	89,8	97,2	97,0	103,6
3	88,0	97,8	94,2	103,0
	87,5	94,5	95,8	99,5

## Окончание табл. 14

1	2	3	4	5
4	89,2	96,8	96,0	102,5
	88,5	97,5	98,0	103,5
5	89,0	97,2	98,2	101,0
	90,0	-	98,5	100,2
6	88,5	97,8	99,5	102,2
	90,5	97,2	103,2	102,0
7	88,9	96,6	98,2	102,8
	88,2	97,5	99,0	102,2
8	-	96,0	98,4	102,6
	-	97,5	97,4	103,9
9	90,1	95,5	98,2	102,8
	88,4	96,8	96,7	102,0
10	86,0	95,2	94,8	99,8
	85,8	95,0	93,0	100,8
11	87,6	93,2	93,6	98,2
	84,4	93,4	93,9	97,8
12	88,2	95,8	95,8	101,7
	87,4	95,4	95,4	101,2
13	91,0	98,2	98,0	104,5
	90,4	99,5	97,0	105,6
14	87,5	97,0	97,1	105,2
	87,8	95,5	96,6	101,8
15	87,5	95,0	97,8	101,5
	87,6	95,2	99,2	100,9
16	88,8	95,0	97,2	99,5
	85,0	93,2	97,8	99,8

Примечание. Очевидных квазивыбросов или статистических выбросов нет.

Средние значения для базовых элементов представлены в градусах Цельсия в табл. 15.

Таблица 15

Средние значения для базовых элементов. Точка размягчения смолы, °С

Номер лаборатории <i>i</i>	Уровень <i>j</i>			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
1	90,30	97,10	96,75	104,00
2	89,75	97,85	97,10	103,10
3	87,75	96,15	95,00	101,25
4	88,85	97,15	97,00	103,00
5	89,50	-	98,35	100,60
6	89,50	97,50	101,35	102,10
7	88,55	97,05	98,60	102,50
8	-	96,75	97,90	103,25
9	89,25	96,15	97,45	102,40
10	85,90	95,10	93,90	100,30

Окончание табл. 15

1	2	3	4	5
11	86,00	93,30	93,75	98,00
12	87,80	95,60	95,60	101,45
13	90,70	98,85	97,50	105,05
14	87,65	96,25	96,85	103,50
15	87,55	95,10	98,50	101,20
16	86,90	94,10	97,50	99,65

Примечание. Результат для  $i=5, j=2$  был исключен (см. 7.4.3).

Графическое изображение этих данных представлено на рис. 4.

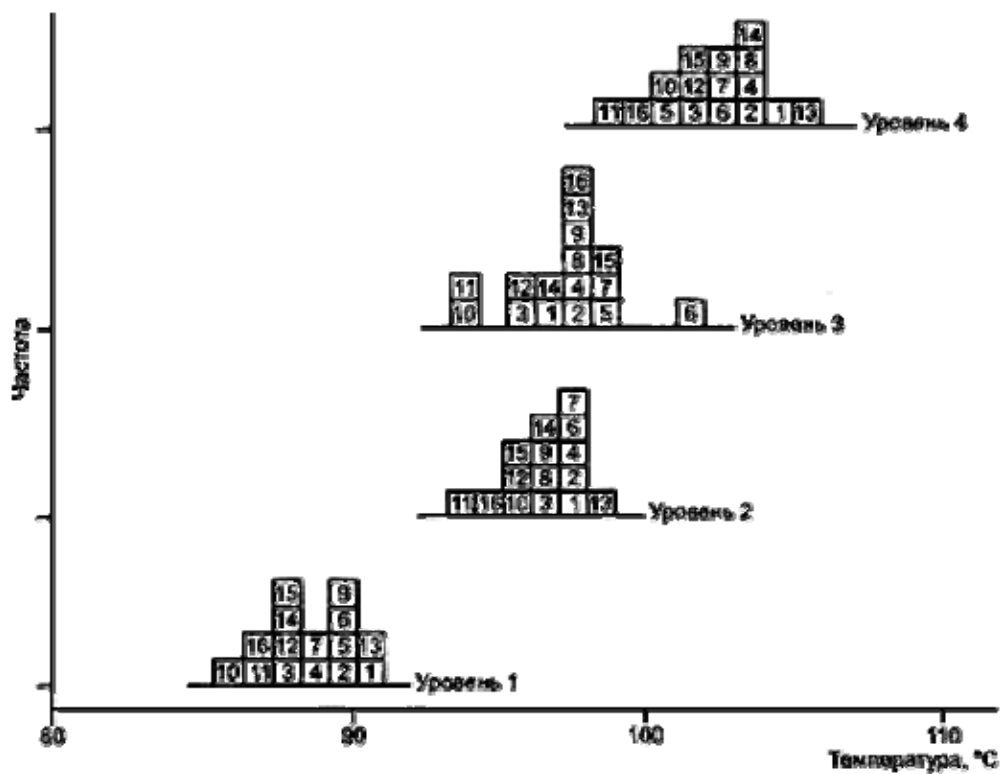


Рис. 4. Точка размягчения смолы. Средние значения в базовых элементах

**Абсолютные расхождения в базовых элементах.** В данном примере в каждом базовом элементе имеются два результата измерений, и для характеристики их различий могут быть использованы абсолютные расхождения, представленные в табл.16.

Таблица 16

Абсолютные расхождения в базовых элементах. Точка размягчения смолы, °С

Номер лаборатории $i$	Уровень $j$			
	1	2	3	4
1	1,4	0,2	0,5	0,0
2	0,1	1,3	0,2	1,0
3	0,5	3,3	1,6	3,5
4	0,7	0,7	2,0	1,0
5	1,0	-	0,3	0,8
6	2,0	0,6	3,7	0,2
7	0,7	0,9	0,8	0,6
8	-	1,5	1,0	1,3
9	1,7	1,3	1,5	0,8
10	0,2	0,2	1,8	1,0
11	3,2	0,2	0,3	0,4
12	0,8	0,4	0,4	0,5
13	0,6	1,3	1,0	1,1
14	0,3	1,5	0,5	3,4
15	0,1	0,2	1,4	0,6
16	3,8	1,8	0,6	0,3

Графическое изображение этих данных представлено на рис. 5.

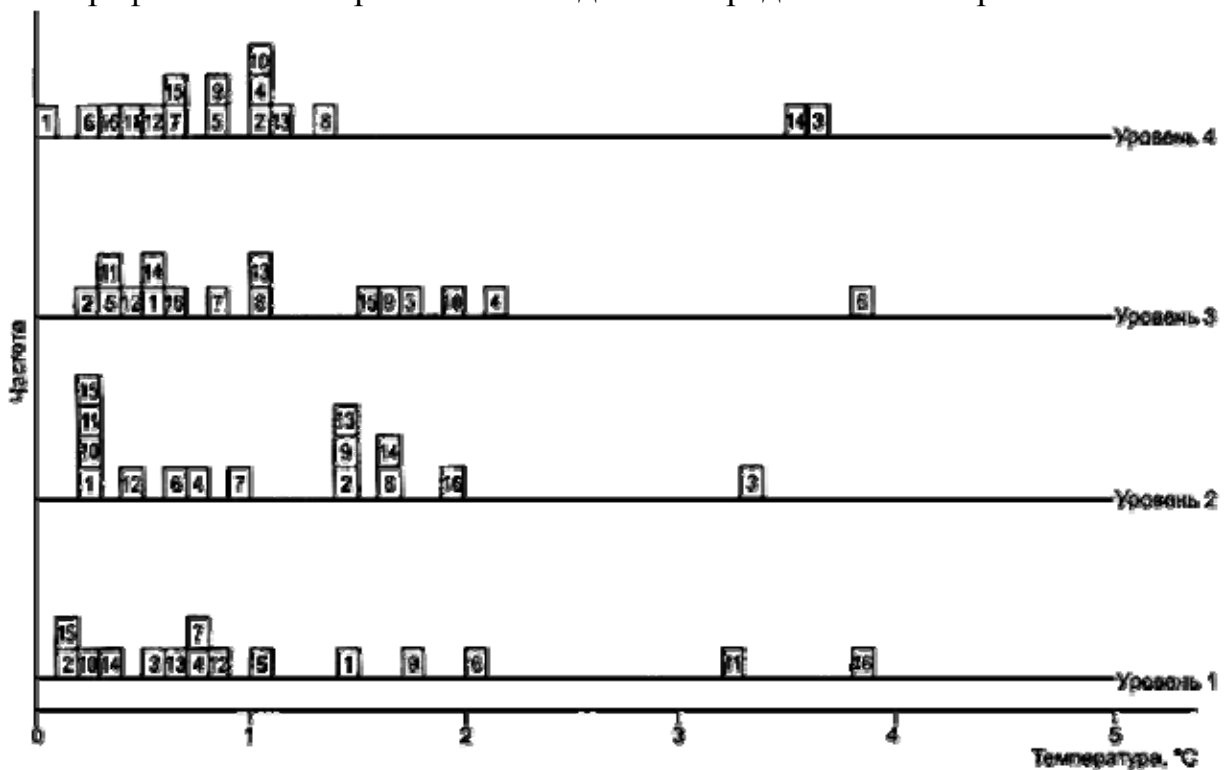


Рис.5. Точка размягчения смолы. Абсолютные расхождения в базовых элементах

**Проверка на совместимость и наличие выбросов.** Применение критерия Кохрена дает значения статистики  $C$ , представленные в табл. 17.

Таблица 17

## Значения статистики Кохрена С

Уровень $j$	1	2	3	4
$C$	0,391 (15)	0,424 (15)	0,434 (16)	0,380 (16)

Примечание. В скобках приведено количество лабораторий.

Критические значения (на уровне 5 %-й значимости) при  $n=2$  составляют 0,471 для  $p=15$ , и 0,452 – для  $p=16$ . Никаких квазिवыбросов не отмечено.

При применении к средним значениям в базовых элементах критериев Граббса не было обнаружено ни единичных, ни двойных квазिवыбросов или выбросов (табл. 18).

Таблица 18

## Применение критерия Граббса для анализа средних значений в базовых элементах

Уровень $n$	Одиночный нижний	Одиночный верхний	Двойной нижний	Двойной верхний	Значения
1; 15	1,69	1,56	0,546	0,662	Значения статистики Граббса
2; 15	2,04	1,77	0,478	0,646	
3; 16	1,76	2,27	0,548	0,566	
4; 16	2,22	1,74	0,500	0,672	
Квазिवыбросы $n=15$	2,549	2,549	0,336 7	0,336 7	Критические значения Граббса
$n=16$	2,585	2,585	0,360 3	0,360 3	
Выбросы $n=15$	2,806	2,806	0,253 0	0,253 0	
$n=16$	2,852	2,652	0,276 7	0,276 7	

**Расчет  $\hat{m}_j$ ,  $s_{rj}$  и  $S_{Rj}$ .**

Для уровня 1, используемого в качестве примера, и  $n=2$  расчеты выглядят следующим образом (с целью облегчения арифметических действий из всех данных вычтено 80,00).

Количество лабораторий  $p=15$ .

Количество параллельных определений  $n=2$ .

$$T_1 = \sum \bar{y}_i = 125,950 0.$$

$$T_2 = \sum (\bar{y}_i)^2 = 1087,977 5.$$

$$T_3 = \sum (y_{i1} - y_{i2})^2 = 36,910 0.$$

$$s_r^2 = \frac{T_3}{2p} = 1,230 3.$$

$$s_L^2 = \left[ \frac{pT_2 - T_1^2}{p(p-1)} \right] - \frac{s_r^2}{2} = 1,5575.$$

$$s_R^2 = s_L^2 + s_r^2 = 2,7878.$$

$$\hat{m} = \frac{T_1}{p} (\text{плюс } 80,00) = 88,3966.$$

$$s_r = 1,1092.$$

$$s_R = 1,6697.$$

Значения для всех четырех уровней (образцов) представлены в табл.19.

Т а б л и ц а 19

Расчетные значения  $\hat{m}_j$ ,  $s_{rj}$  и  $s_{Rj}$ . для точки размягчения смолы

Уровень $j$	$p_i$	$\hat{m}_j, ^\circ\text{C}$	$s_{rj}$	$s_{Rj}$
1	15	88,40	1,109	1,670
2	15	96,27	0,925	1,597
3	16	97,07	0,993	2,010
4	16	101,96	1,004	1,915

### Зависимость прецизионности от $m$

При рассмотрении табл.19 не обнаружено какой-либо явной зависимости. Изменения по диапазону значений  $m$ , если таковые вообще имеются, слишком малы, чтобы считать их существенными. Более того, ввиду малого диапазона значений  $m$  и характера измерений, наличие зависимости от  $m$  едва ли можно ожидать. Представляется оправданным вывод, что прецизионность в данном диапазоне, который был выбран как охватывающий материал стандартного типа, не зависит от  $m$ ; поэтому в качестве окончательных значений для стандартных отклонений повторяемости и воспроизводимости могут приниматься средние значения по уровням.

### Выводы

Для практического применения данного метода измерений значения прецизионности могут считаться не зависящими от уровня материала (от значения измеряемой величины) и составляют:

- стандартное отклонение повторяемости  $s_r = 1,0 ^\circ\text{C}$
- стандартное отклонение воспроизводимости  $s_R = 1,8 ^\circ\text{C}$ .

### Список нормативной и справочной литературы

1. ISO 3534-1:1993. Statistics-Vocabulary and symbols – Part 1: Statistical methods. Terms and definitions.
2. МИ 1317-2004. Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров.

3. РМГ 29-99. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.

4. Международный словарь терминов в метрологии VIM (Русско-англо-французско-немецко-испанский Словарь основных и общих терминов в метрологии, ИПК Издательство стандартов, 1998 г.).

5. МИ 2552-99. Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Применение Руководства по выражению неопределенности измерений.

6. ГОСТ Р 8.563-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений.

7. ГОСТ Р ИСО 5725-2-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений.

8. ГОСТ Р ИСО 5725-3-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 3. Промежуточные показатели прецизионности стандартного метода измерений.

9. ГОСТ Р ИСО 5725-4-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 4. Основные методы определения правильности стандартного метода измерений.

10. ГОСТ Р ИСО 5725-5-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 5. Альтернативные методы определения прецизионности стандартного метода измерений.

11. ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике.

12. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2000. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.

13. ГОСТ Р 51672-2000. Метрологическое обеспечение испытаний продукции для целей подтверждения соответствия. Основные положения.

### Вопросы для контроля знаний студентов

1. Что характеризует термин «правильность»?
2. Что характеризует термин «прецизионность»?
3. Какой метод измерений называется стандартным?
4. Что такое повторяемость?
5. Как определяется межлабораторная дисперсия?
6. Как определяется лабораторная дисперсия?
7. Как планируется эксперимент по оценке по оценке точности?

### Задание для студентов

По заданию преподавателя оценить лабораторную дисперсию

## Практическое занятие 9

### КЛАССЫ ТОЧНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель работы – ознакомить студентов с общими положениями деления средств измерений на классы точности, способами нормирования и формами выражения метрологических характеристик, обозначением классов точности.

#### Общие положения

Общие положения деления средств измерений на классы точности, способы нормирования и формы выражения метрологических характеристик, обозначение классов точности установлены в ГОСТ 8.401-80 «Классы точности средств измерений».

Классы точности устанавливаются в стандартах или технических условиях, содержащих технические требования к средствам измерений, подразделяемым по точности. Необходимость подразделения средств измерений по точности определяют при разработке этой документации.

Классы точности средств измерений конкретного вида должны быть установлены в стандартах общих технических требований (технических требований) или общих технических условий (технических условий).

Классы точности средств измерений конкретного типа следует выбирать из ряда классов точности для средств измерений конкретного вида, регламентированного в стандартах, и устанавливать в стандартах технических требований (условий) или в технической документации, утвержденной в установленном порядке.

В стандартах или технических условиях, устанавливающих класс точности средств измерений конкретного типа, необходимо давать ссылку на стандарт, которым установлен ряд классов точности на средства измерений данного вида.

Для каждого класса точности в стандартах на средства измерений конкретного вида устанавливают конкретные требования к метрологическим характеристикам, в совокупности отражающие уровень точности средств измерений этого класса. Для мало изменяющихся метрологических характеристик допускается устанавливать требования, единые для двух и более классов точности.

Независимо от классов точности нормируют метрологические характеристики, требования к которым целесообразно устанавливать едиными для средств измерений всех классов точности, например входные или выходные сопротивления.



Совокупности нормируемых метрологических характеристик должны быть составлены из характеристик, предусмотренных ГОСТ 8.009-84. Допускается включать дополнительные характеристики.

Средствам измерений с двумя или более диапазонами измерений одной и той же физической величины допускается присваивать два или более класса точности.

*Пример.* Электроизмерительному прибору, предназначенному для измерений силы постоянного тока в диапазонах 0-10, 0-20 и 0-50 А, могут быть для отдельных диапазонов присвоены различные классы точности.

Средствам измерений, предназначенным для измерений двух или более физических величин, допускается присваивать различные классы точности для каждой измеряемой величины.

*Пример.* Электроизмерительному прибору, предназначенному для измерений электрического напряжения и сопротивления, могут быть присвоены два класса точности: один как вольтметру, другой – как омметру.

С целью ограничения номенклатуры средств измерений по точности для средств измерений конкретного вида следует устанавливать ограниченное число классов точности, определяемое технико-экономическими обоснованиями.

Средства измерений должны удовлетворять требованиям к метрологическим характеристикам, установленным для присвоенного им класса точности как при выпуске их из производства, так и в процессе эксплуатации.

Классы точности цифровых измерительных приборов со встроенными вычислительными устройствами для дополнительной обработки результатов измерений следует устанавливать без учета режима обработки.

Классы точности следует присваивать средствам измерений при их разработке с учетом результатов государственных приемочных испытаний. Если в стандарте или технических условиях, регламентирующих технические требования к средствам измерений конкретного типа, установлено несколько классов точности, то допускается присваивать класс точности при выпуске из производства, а также понижать класс точности по результатам поверки в порядке, предусмотренном документацией, регламентирующей поверку средств измерений. При этом класс точности набора мер определяется классом точности меры с наибольшей погрешностью.

*Пример.* Класс точности для концевых мер длины может быть присвоен при выпуске мер из производства или изменен в процессе эксплуатации, если в результате последней отклонение длины меры от номинального значения превысило предел допускаемых отклонений для класса точности, присвоенного ранее.

## 1. Способы нормирования и выражения метрологических характеристик

Требования необходимо устанавливать к каждой нормируемой характеристике отдельно.

Пределы допускаемых основной и дополнительных погрешностей следует выражать в форме приведенных, относительных или абсолютных погрешностей в зависимости от характера измерения погрешностей в пределах диапазона измерений, а также от условий применения и назначения средств измерений конкретного вида.

### *Формы выражения пределов допускаемых погрешностей*

Пределы допускаемых погрешностей выражают в зависимости от характера изменения (в пределах диапазона изменений входного (выходного) сигнала) границ; абсолютных погрешностей средств измерений конкретного вида, которые оценивают на основании принципа действия, свойств средств измерений, а также их назначения:

– в форме приведенных погрешностей – если указанные границы можно полагать практически неизменными. Например, пределы допускаемых погрешностей показывающих амперметров выражают в форме приведенных погрешностей, так как границы погрешностей средств измерений данного вида практически неизменны в пределах диапазона измерений;

– в форме относительных погрешностей – если указанные границы нельзя полагать постоянными.

Пределы допускаемых погрешностей выражают в форме абсолютных погрешностей (т.е. в единицах измеряемой величины или в делениях шкалы средств измерений), если погрешность результатов измерений в данной области измерений принято выражать в единицах измеряемой величины или в делениях шкалы. Например, пределы допускаемых погрешностей мер массы (длины) выражают в форме абсолютных погрешностей, так как погрешности результатов измерений массы (длины) принято выражать в единицах массы (длины).

### *Способы установления пределов допускаемых погрешностей*

Пределы допускаемых погрешностей, выраженные в форме абсолютных (относительных) погрешностей, устанавливают одним из следующих способов в зависимости от характера изменения (в пределах диапазона измерений входного (выходного) сигнала) границ погрешностей средств измерений конкретного вида:

– по формуле (1) – если границы абсолютных погрешностей можно полагать практически неизменными;

– по формуле (4) настоящего стандарта – если границы относительных погрешностей можно полагать практически неизменными;

– по формулам (2) или (5) – если границы абсолютных погрешностей можно полагать изменяющимися практически линейно;

– в виде функции, графика или таблицы – если границы погрешностей необходимо принять изменяющимися нелинейно.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности допускается выражать в форме, отличной от формы выражения пределов допускаемой основной погрешности.

Выражение пределов допускаемой погрешности в форме приведенных и относительных погрешностей является предпочтительным, так как они позволяют выражать пределы допускаемой погрешности числом, которое остается одним и тем же (числами, которые остаются одними и теми же) для средств измерений одного уровня точности, но с различными верхними пределами измерений.

Пределы допускаемой основной погрешности устанавливаются в последовательности, приведенной ниже.

Пределы *допускаемой абсолютной основной погрешности* устанавливаются по формуле

$$\Delta = \pm a \quad (1)$$

или

$$\Delta = \pm(a + bx), \quad (2)$$

где  $\Delta$  – пределы допускаемой абсолютной основной погрешности, выраженной в единицах измеряемой величины на входе (выходе) или условно в делениях шкалы;

$x$  – значение измеряемой величины на входе (выходе) средств измерений или число делений, отсчитанных по шкале;

$a, b$  – положительные числа, не зависящие от  $x$ .

Пределы *допускаемой приведенной основной погрешности* следует устанавливать по формуле

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} = \pm p, \quad (3)$$

где  $\gamma$  – пределы допускаемой приведенной основной погрешности, %;

$\Delta$  – пределы допускаемой абсолютной основной погрешности, устанавливаемые по формуле (1);

$X_N$  – нормирующее значение, выраженное в тех же единицах, что и  $\Delta$ ;

$p$  – отвлеченное положительное число, выбираемое из ряда  $1 \cdot 10^n$ ;  $1,5 \cdot 10^n$ ;  $(1,6 \cdot 10^n)$ ;  $2 \cdot 10^n$ ;  $2,5 \cdot 10^n$ ;  $(3 \cdot 10^n)$ ;  $4 \cdot 10^n$ ;  $5 \cdot 10^n$ ;  $6 \cdot 10^n$ ; ( $n = 1, 0, -1, -2$ , и т.д.). Значения, указанные в скобках, не устанавливают для вновь разрабатываемых средств измерений. При одном и том же показателе степени  $n$  допускается устанавливать не более пяти различных пределов допускаемой основной погрешности для средств измерений конкретного вида.

Нормирующее значение  $X_N$  для средств измерений с равномерной, практически равномерной или степенной шкалой, а также для измерительных преобразователей, если нулевое значение входного (выходного) сигнала находится на краю или вне диапазона измерений, следует устанавливать равным большему из пределов измерений или равным большему из модулей пределов измерений, если нулевое значение находится внутри диапазона измерений.

Для электроизмерительных приборов с равномерной, практически равномерной или степенной шкалой и нулевой отметкой внутри диапазона измерений нормирующее значение допускается устанавливать равным сумме модулей пределов измерений.

Для средств измерений физической величины, для которых принята шкала с условным нулем, нормирующее значение устанавливают равным модулю разности пределов измерений.

*Пример.* Для милливольтметра термоэлектрического термометра с пределами измерений 200 и 600 °С нормирующее значение  $X_N = 400$  °С.

Для средств измерений с установленным номинальным значением нормирующее значение устанавливают равным этому номинальному значению.

*Пример.* Для частотомеров с диапазоном измерений 45-55 Гц и номинальной частотой 50 Гц нормирующее значение  $X_N = 50$  Гц.

Для измерительных приборов с существенно неравномерной шкалой нормирующее значение устанавливают равным всей длине шкалы или ее части, соответствующей диапазону измерений. В этом случае пределы абсолютной погрешности выражают, как и длину шкалы, в единицах длины.

Пределы допустимой относительной основной погрешности устанавливают по формуле

$$\delta = \frac{\Delta}{x} = \pm q, \quad (4)$$

если  $\Delta$  установлено по формуле (1) или по формуле

$$\delta = \frac{\Delta}{x} = \pm \left[ c + d \left( \frac{X_K}{x} \right) - 1 \right], \quad (5)$$

где  $\delta$  – пределы допустимой относительной основной погрешности, %;

$\Delta, x$  – см. формулу (2);

$q$  – отвлеченное положительное число, выбираемое из ряда:  $1 \cdot 10^n$ ;  $1,5 \cdot 10^n$ ;  $(1,6 \cdot 10^n)$ ;  $2 \cdot 10^n$ ;  $2,5 \cdot 10^n$ ;  $(3 \cdot 10^n)$ ;  $4 \cdot 10^n$ ;  $5 \cdot 10^n$ ;  $6 \cdot 10^n$ ; ( $n = 1, 0, -1, -2$ , и т.д.);

$X_K$  – больший (по модулю) из пределов измерений;

$c, d$  – положительные числа, выбираемые из ряда, приведенного в формуле (3)

$$c = b + d; d = \frac{a}{|X_k|};$$

здесь  $a, b$  – положительные числа, не зависящие от  $x$ .

В обоснованных случаях пределы допускаемой относительной основной погрешности устанавливаются по более сложной формуле или в виде графика либо таблицы.

В стандартах или технических условиях на средства измерений должно быть установлено минимальное значение  $x$ , равное  $x_0$ , начиная от которого применим принятый способ выражения пределов допускаемой относительной погрешности.

Соотношение между числами  $c$  и  $d$  следует устанавливать в стандартах на средства измерений конкретного вида.

Пределы *допускаемых дополнительных погрешностей* устанавливают:

– в виде постоянного значения для всей рабочей области влияющей величины или в виде постоянных значений по интервалам рабочей области влияющей величины;

– путем указания отношения предела допускаемой дополнительной погрешности, соответствующего регламентированному интервалу влияющей величины, к этому интервалу;

– путем указания зависимости предела допускаемой дополнительной погрешности от влияющей величины (предельной функции влияния);

– путем указания функциональной зависимости пределов допускаемых отклонений от номинальной функции влияния.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности, как правило, устанавливают в виде дольного (кратного) значения предела допускаемой основной погрешности.

Для различных условий эксплуатации средств измерений в рамках одного и того же класса точности допускается устанавливать различные рабочие области влияющих величин.

Предел допускаемой вариации выходного сигнала следует устанавливать в виде дольного (кратного) значения предела допускаемой основной погрешности или в делениях шкалы. Пределы допускаемой нестабильности, как правило, устанавливают в виде доли предела допускаемой основной погрешности.

Другие способы выражения метрологических характеристик должны быть приведены в стандартах, устанавливающих классы точности средств измерений конкретного вида.

Пределы допускаемых погрешностей должны быть выражены не более чем двумя значащими цифрами, причем погрешность округления при вычислении пределов должна быть не более 5 %.

## 2. Обозначение классов точности

### *Обозначение классов средств измерений в документации*

Для средств измерений, пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме абсолютных погрешностей или относительных погрешностей, классы точности следует обозначать в документации прописными буквами латинского алфавита или римскими цифрами.

В необходимых случаях к обозначению класса точности буквами латинского алфавита допускается добавлять индексы в виде арабской цифры. Классам точности, которым соответствуют меньшие пределы допускаемых погрешностей, должны соответствовать буквы, находящиеся ближе к началу алфавита, или цифры, означающие меньшие числа.

Для средств измерений, пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме приведенной погрешности или относительной погрешности в соответствии с формулой (4), классы точности в документации следует обозначать числами, которые равны этим пределам, выраженным в процентах. Причем, обозначение класса точности в соответствии с этим пунктом дает непосредственное указание на предел допускаемой основной погрешности.

Для средств измерений, пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме относительных погрешностей в соответствии с формулой (5), классы точности в документации следует обозначать числами  $c$  и  $d$ , разделяя их косой чертой (табл.20).

Для средств измерений, определяющей характеристикой классов точности которых является нестабильность, обозначения классов точности в документации следует устанавливать по аналогии с обозначением классов средств измерений в документации.



*Пример.* Для мер электродвижущей силы (нормальных элементов) устанавливают классы точности, определяемые пределами допускаемого изменения их э.д.с. в течение года, выраженными в процентах (нормальные элементы класса точности 0,001).

### *Обозначение классов точности на средствах измерений*

На циферблаты, щитки и корпуса средств измерений должны быть нанесены условные обозначения классов точности, включающие числа, прописные буквы латинского алфавита или римские цифры с добавлением знаков, указанных в табл.20.

Таблица 20

## Правила построения и примеры обозначения классов точности в документации и на средствах измерений

Форма выражения погрешности	Пределы допускаемой основной погрешности	Пределы допускаемой основной погрешности, %	Обозначение класса точности на средстве измерений	
			Класс точности в документации	Класс точности на средстве измерений
Приведенная	По формуле (3): – если нормирующее значение выражено в единицах величин на входе (выходе) средств измерений; – если нормирующее значение принято равным длине шкалы или ее части	$\gamma = \pm 1,5$	Класс точности 1,5	1,5
		$\gamma = \pm 0,5$	Класс точности 0,5	0,5 
Относительная	По формуле (4) По формуле (5)	$\delta = \pm 0,5$	Класс точности 0,5	 0,5
		$\delta = \pm \left[ 0,02 + 0,01 \left( \frac{X_k}{x} \right) - 1 \right]$	Класс точности 0,02/0,01	0,02/0,01
Абсолютная	По формуле (1) или (2)		Класс точности М	М
Относительная			Класс точности С	С

При указании классов точности на измерительных приборах с существенно неравномерной шкалой допускается для информации дополнительно указывать пределы допускаемой основной относительной погрешности для части шкалы, лежащей в пределах, отмеченных специальными знаками (например, точками или треугольниками). К значению предела допускаемой относительной погрешности в этом случае добавляют знак процента и помещают в кружок, например  $\textcircled{10\%}$ . Этот знак не является обозначением класса точности.

Обозначение класса точности допускается не наносить на высокоточные меры, а также на средства измерений, для которых действующими стандартами установлены особые внешние признаки, зависящие от класса точности, например параллелепипедная и шестигранная форма гирь общего назначения.

За исключением технически обоснованных случаев вместе с условным обозначением класса точности на циферблат, щиток или корпус средств измерений должно быть нанесено обозначение стандарта или технических условий, устанавливающих технические требования к этим средствам измерений.

На средства измерений, для одного и того же класса точности которых в зависимости от условий эксплуатации установлены различные рабочие области влияющих величин, следует наносить обозначения условий их эксплуатации, предусмотренные в стандартах или технических условиях на эти средства измерений.

Правила построения и примеры обозначения классов точности в документации и на средствах измерений приведены в табл.20.

*Примеры составления совокупности нормируемых метрологических характеристик, требования к которым устанавливают в зависимости от классов точности средств измерений*

Нормируют следующие метрологические характеристики:

А) для вольтметров по ГОСТ 8711-93:

- предел допускаемой основной погрешности и соответствующие нормальные условия;
- пределы допускаемых дополнительных погрешностей и соответствующие рабочие области влияющих величин;
- пределы допускаемой вариации показаний, невозвращение указателя к нулевой отметке;

Б) для мер электродвижущей силы (нормальных элементов) по ГОСТ 19542-93:

- пределы допускаемой нестабильности э.д.с. в течение года или трех дней;



– сопротивление изоляции между электрической цепью нормального элемента и его корпусом;

В) для плоскопараллельных концевых мер длины по ГОСТ 9038-90:

– пределы допускаемых отклонений от номинальной длины и плоскопараллельности, притираемость;

– пределы допускаемого изменения длины в течение года.

#### *Пояснения терминов, используемых в настоящем практическом занятии*

Практически равномерная шкала – шкала, длина делений которой отличается друг от друга не более чем на 30 % и имеет постоянную цену делений.

Существенно неравномерная шкала – шкала с сужающимися делениями, для которой значение выходного сигнала, соответствующее полусумме верхнего и нижнего пределов диапазона изменений входного (выходного) сигнала, находится в интервале между 65 и 100 % длины шкалы, соответствующей диапазону изменений входного (выходного) сигнала.

Степенная шкала – шкала с расширяющимися или сужающимися делениями, отличная от шкал, указанных выше.

### **Вопросы для контроля знаний студентов**

1. Что называют классом точности средства измерения?
2. Как обозначают в нормативно-технической документации класс точности средства измерения?
3. Как обозначают класс точности на средстве измерения?
4. Каким образом нормируют пределы допускаемых дополнительных погрешностей?
5. В какой форме выражают пределы допускаемых погрешностей?
6. Средствам измерений с несколькими диапазонами измерений одной и той же физической величины присваивают ...

### **Задания для студентов**

По заданию преподавателя оценить класс точности средства измерения.

## Практическое занятие 10 МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ (МВИ)

Цель занятия – ознакомить студентов с разработкой, аттестацией, стандартизацией МВИ, метрологическим надзором за аттестованными МВИ.

### Общие положения

Методики выполнения измерений (МВИ) являются важным средством метрологического обеспечения. МВИ объединяют основные компоненты системы обеспечения единства измерений (измеряемую величину, единицы величин, метод измерений, метрологические характеристики средств измерений, форму представления результатов измерений и погрешности измерений, а также использование результатов измерений и др.). Общие положения и требования к разработке, аттестации, стандартизации и метрологическому надзору за МВИ установлены в стандарте.

Одно из главных требований стандарта ГОСТ Р 8.563 – МВИ, применяемые в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, а также для контроля состояния сложных технических систем по стандарту ГОСТ Р 22.2.04, должны быть аттестованы.

Если погрешность измерений в виде требований или приписанных характеристик не изложена в документе на МВИ, то такие МВИ не могут быть аттестованы в соответствии со стандартом.

В МВИ, используемых в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, а также для контроля состояния сложных технических систем, применяют средства измерений, типы которых утверждены. Для этих целей может быть использован Государственный реестр средств измерений, который находится во ВНИИМС, а сведения об утвержденных типах стандартных образцов – имеются в Уральском научно-исследовательском институте метрологии (УНИИМ).

Проекты государственных стандартов, в которых излагаются МВИ, предназначенные для применения в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, должны подвергаться метрологической экспертизе в государственных научных метрологических центрах.

Документы на МВИ, предназначенные для применения в Вооруженных Силах Российской Федерации и других войсках, подлежат метрологической экспертизе в 32 ГНИИ Минобороны России (ныне – в Федеральном бюджетном учреждении «Главный научный метрологический центр Министерства обороны Российской Федерации» (ФБУ «ГНМЦ Минобороны России»)).

Документы на МВИ, не используемые в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, подвергаются метрологической экспертизе в порядке, установленном на предприятии.

При проведении метрологической экспертизы документов на МВИ целесообразно использовать МИ 2267-2002 ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации.

МВИ разрабатывают и применяют с целью обеспечения выполнения измерений с погрешностью, не превышающей нормы погрешности или приписанной характеристики погрешности (неопределенности).

МВИ в зависимости от сложности и области применения излагают в:

- отдельном документе (стандарте, инструкции, рекомендации и т.п.);
- разделе или части документа (разделе стандарта, технических условий, конструкторского или технологического документа и т.п.).

МВИ, аттестованные и регламентированные документами (в том числе государственными стандартами), применяемые в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, подлежат регистрации в Федеральном реестре методик выполнения измерений, применяемых в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, являющемся частью информационных ресурсов Федерального фонда государственных стандартов, общероссийских классификаторов технико-экономической информации, международных (региональных) стандартов, правил, норм и рекомендаций по стандартизации, национальных стандартов зарубежных стран.

## 1. Разработка МВИ

Разработку МВИ осуществляют на основе исходных данных, которые включают: назначение МВИ, требования к точности измерений, условия выполнения измерений (номинальные значения влияющих факторов и допустимые отклонения от них, например температуры окружающей среды, влажности воздуха и т.д.) и другие требования к МВИ.

Исходные данные излагают в техническом задании, технических условиях, отчетах о научно-исследовательской работе и др. документах.

Документ на МВИ должен содержать вводную часть и следующие разделы:

- требования к погрешности измерений или приписанные характеристики погрешности измерений;
- средства измерений, вспомогательные устройства, материалы, растворы;
- метод (методы) измерений;
- требования безопасности, охраны окружающей среды;
- требования к квалификации операторов;

- условия измерений;
- подготовка к выполнению измерений;
- выполнение измерений;
- обработка (вычисление) результатов измерений;
- контроль погрешности результатов измерений;
- оформление результатов измерений.

Допускается исключать или объединять указанные разделы или изменять их наименования, а также включать дополнительные разделы с учетом специфики измерений.

Вводная часть устанавливает назначение и область применения документа на МВИ. Вводную часть излагают в следующей редакции: «Настоящий документ (указывают конкретно вид документа на МВИ) устанавливает методику выполнения измерений (далее – наименование измеряемой величины, в необходимых случаях с указанием ее специфики и специфики измерений)».

При ссылке на конкретную продукцию в вводной части указывают обозначение нормативного документа, распространяющегося на эту продукцию, например: «Настоящий документ (указывают конкретный вид документа на МВИ) устанавливает методики выполнения измерений при определении характеристик....»

Раздел «Требования к погрешности измерений» или «Характеристики погрешности измерений» содержит числовые значения требуемых или приписанных характеристик погрешности измерений или ссылку на документ, в котором они приводятся.

Первый пункт раздела излагают в редакции: «Пределы допускаемой относительной погрешности измерений по данной методике  $\pm 1,5\%$ » или «Погрешность измерений должна соответствовать требованиям, указанным в ...» (ссылка на нормативный документ).

При указании приписанных характеристик погрешности измерений вместо «Пределы допускаемой погрешности ...» излагают «Пределы погрешности ...», вместо «Погрешность измерений должна соответствовать требованиям, указанным в ...» излагают «Погрешность измерений соответствует характеристикам, приведенным в ...».

Если предполагается существенная случайная составляющая погрешности измерений, то вместо «пределов» указываются «границы», которые сопровождаются значением вероятности (например,  $P=0,95$ ).

Раздел «Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы, растворы» содержит перечень средств измерений и других технических средств, применяемых при выполнении измерений.

В перечне этих средств наряду с наименованием указывают обозначения государственных стандартов (стандартов других категорий) или технических условий, обозначения типов (моделей) средств измерений, их

метрологические характеристики (класс точности, пределы допускаемых погрешностей, пределы измерений и др.). При большом объеме метрологических характеристик они могут приводиться в приложении.

В приложении могут приводиться чертежи, технические характеристики и описания средств измерений и других технических средств разового изготовления.

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «При выполнении измерений применяют следующие средства измерений и другие технические средства: (далее – перечень)» или «При выполнении измерений применяют средства измерений и другие технические средства, приведенные в табл. 21.

Т а б л и ц а 2 1

Порядковый номер и наименование средства измерений, технического средства	Обозначение стандарта, ТУ и типа средства измерений либо его метрологические характеристики, или ссылка на чертеж или приложение	Наименование измеряемой величины
---	--	----------------------------------

Раздел «Метод измерений» содержит описание приемов сравнения измеряемой величины с единицей в соответствии с принципом, положенным в основу метода. Если для измерений одной величины применяют несколько методов или документ устанавливает МВИ двух и более величин, то описание каждого метода выделяют в отдельный подраздел.

Первый пункт раздела (подраздела) излагают следующим образом: «Измерения (далее – наименование измеряемой величины) выполняют методом (далее следует описание принципа метода)».

Раздел «Требования безопасности, охраны окружающей среды» содержит требования, выполнение которых обеспечивает при выполнении измерений безопасность труда, нормы производственной санитарии и охрану окружающей среды.

При наличии нормативных документов, регламентирующих требования безопасности, производственной санитарии и охраны окружающей среды, в разделе приводят ссылку на эти документы.

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «При выполнении измерений (далее – наименование измеряемой величины) соблюдают следующие требования: (далее перечисляют требования безопасности, производственной санитарии, охраны окружающей среды)».

Раздел «Требования к квалификации операторов» содержит сведения об уровне квалификации (профессии, образовании, практическом опыте и др.) лиц, допускаемых к выполнению измерений. Этот раздел включают в

документ на МВИ при использовании сложных неавтоматизированных методов измерений и процедур обработки их результатов.

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «К выполнению измерений и (или) обработке их результатов допускают лиц (далее – сведения об уровне квалификации)».

Раздел «Условия измерений» содержит перечень влияющих величин, их номинальных значений и (или) границ диапазонов возможных значений, а также другие характеристики влияющих величин, требования к объекту измерений. К числу влияющих величин относят параметры сред (образцов), напряжение и частоту тока питания, внутренние импедансы объектов измерений и другие характеристики.

Допускается перечни влияющих величин приводить в виде таблицы.

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «При выполнении измерений соблюдают следующие условия: (далее – перечень)» или «При выполнении измерений соблюдают условия, приведенные в табл. 22.

Т а б л и ц а 2 2

Наименование измеряемой величины	Наименование влияющей величины	Номинальное значение	Предельные отклонения
----------------------------------	--------------------------------	----------------------	-----------------------

Раздел «Подготовка к выполнению измерений» содержит описания подготовительных работ, которые проводят перед выполнением непосредственно измерений. К этим работам относят предварительное определение значений влияющих величин, сборку схем (для этого в разделе или приложении приводят схемы), подготовку и проверку режимов работы средств измерений и других технических средств (установка нуля, выдержка во включенном состоянии, тестирование и т.п.), подготовку проб к измерениям.

Если при выполнении количественного химического анализа предусматривается установление градуировочной характеристики, то в разделе приводят способы ее установления и контроля, а также порядок применения образцов для градуировки, приготовления образцов при необходимости.

Если порядок подготовительных работ установлен в документах на средства измерений и другие технические средства, то в разделе приводят ссылки на эти документы.

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «При подготовке к выполнению измерений проводят следующие работы: (далее – перечень и описания подготовительных работ)».

Раздел «Выполнение измерений» содержит перечень, объем, последовательность операций, периодичность и число измерений, описания операций, требования к представлению промежуточных и конечных результатов (число значащих цифр и др.).

Для методик количественного химического анализа (МКХА) в разделе приводят также требования к массе и числу навесок пробы, а при необходимости указания о проведении «контрольного (холостого) опыта» и описание операций по устранению влияния мешающих компонентов пробы.

Если порядок выполнения операций установлен в документах на применяемые средства измерений и другие технические средства, то в разделе приводят ссылки на эти документы.

Если для измерений одной величины применяют несколько методов или документ устанавливает МВИ двух и более величин, то описание каждой операций выделяют в отдельный подраздел.

В разделе (подразделе) указывают требования о необходимости регистрации результатов промежуточных измерений и значений влияющих величин. При необходимости указывают формы регистрации промежуточных результатов измерений и значений влияющих величин.

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «При выполнении измерений (далее – наименование измеряемой величины) выполняют следующие операции: (далее – описания операций)».

Раздел «Обработка (вычисление) результатов измерений» содержит описания способов обработки и получения результатов измерений. Если способы обработки результатов измерений установлены в других документах, в разделе приводят ссылки на эти документы, например: «Обработка результатов измерений» (далее – наименование измеряемой величины) – по ГОСТ 8.207.

Если для измерений одной величины применяют несколько методов или документ устанавливает МВИ двух и более величин, то описание каждого способа обработки выделяют в отдельный подраздел.

В разделе при необходимости приводят данные, требуемые для получения результатов измерений (константы, таблицы, графики, уравнения и т.п.). При большом объеме данных их указывают в приложении.

В разделе указывают требования о необходимости регистрации обработки результатов промежуточных измерений и при необходимости указывают форму такой регистрации (на магнитной ленте, распечатке принтера и т.п.).

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «Обработку результатов измерений (далее – наименование измеряемой величины) выполняют способом: (далее – описание способа)».

Раздел «Контроль погрешности результатов измерений» содержит указания о нормативах, методах, средствах и плане (периодичности) проведения контроля погрешности результатов измерений, выполняемых по данной МВИ.

Раздел «Оформление результатов измерений» содержит требования к форме, в которой приводят полученные результаты измерений. В разделе

указывают вид носителя полученной измерительной информации (документ, магнитная лента, лента самопишущего прибора и т.п.). При необходимости приводят сведения о применяемых средствах измерений и других технических средствах, дате и времени получения результата измерений.

Документ или запись удостоверяет лицо, проводившее измерения, а при необходимости – руководитель организации (предприятия), подпись которого заверяют печатью организации (предприятия).

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «Результаты измерений оформляют протоколом, форма которого приведена в приложении (номер приложения)» или «Результаты измерений оформляют записью в журнале по указанной ниже форме (далее – таблица, график или другая форма представления результатов измерений)» или «Результаты измерений хранят (далее – указание о способах хранения на машинных носителях)».

Документы на МВИ, не используемые в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, подвергают метрологической экспертизе в порядке, установленном в отрасли или на предприятии. Документы на МВИ, применяемые в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, подвергают метрологической экспертизе в государственных научных метрологических центрах (ГНМЦ) или в организациях, метрологические службы которых аккредитованы на право проведения аттестации МВИ и метрологической экспертизы документов на МВИ, применяемых в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора (в соответствии с областью аккредитации).

Метрологическую экспертизу документов на МВИ не проводят, если аттестация МВИ выполнена одним из государственных научных метрологических центров. При проведении метрологической экспертизы документов на МВИ используют рекомендации ГОСТ Р 1.11.

## 2. Аттестация МВИ

Аттестации подлежат МВИ, используемые в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора, а также для контроля состояния сложных технических систем в соответствии с ГОСТ 22.2.04.

МВИ, используемые вне сфер распространения государственного метрологического контроля и надзора, аттестуют в порядке, установленном в ведомстве или на предприятии.

Основная цель аттестации МВИ – подтверждение возможности выполнения измерений в соответствии с процедурой, регламентированной в документе на МВИ, с характеристиками погрешности (неопределенностью) измерений, не превышающими указанных в документе на МВИ.



Аттестацию МВИ осуществляют метрологические службы и иные организационные структуры по обеспечению единства измерений предприятий (организаций), разрабатывающих или применяющих МВИ.

Метрологическая служба (организационная структура) предприятия (организации), осуществляющая аттестацию МВИ, применяемую в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора, должна быть аккредитована на право выполнения аттестации МВИ.

Аттестацию МВИ могут осуществлять метрологические службы других предприятий (организаций), аккредитованные на право проведения аттестации МВИ, а также государственные научные метрологические центры, органы Государственной метрологической службы.

Аттестацию МВИ осуществляют на основе результатов метрологической экспертизы материалов разработки МВИ, включающих материалы теоретического и (или) экспериментального исследования МВИ, и документа (раздела, части документа), регламентирующего МВИ.

На аттестацию МВИ представляют следующие документы:

- исходные требования на разработку МВИ;
- документ (проект документа), регламентирующий МВИ;
- программу и результаты экспериментального или расчетного оценивания характеристик погрешности МВИ.

При проведении метрологической экспертизы материалов теоретического и (или) экспериментального исследования МВИ и способов экспериментальной оценки характеристик погрешности и (или) характеристик составляющих погрешности МВИ подвергают анализу соответствие документу способов представления характеристик погрешности, соответствие способов представления неопределенности, а для МВИ состава и свойств веществ и материалов – их соответствие также основным положениям ГОСТ Р ИСО 5725-1 – ГОСТ Р ИСО 5725-4; в части предложенных процедур контроля точности получаемых результатов измерений анализируется и отмечается в экспертном заключении использование процедур по ГОСТ Р ИСО 5725-6.

При положительных результатах аттестации:

- документ, регламентирующий МВИ, утверждают в установленном порядке;

- в документе, регламентирующем МВИ (кроме государственного стандарта), указывается «МВИ аттестована» с обозначением предприятия (организации), метрологическая служба которого осуществляла аттестацию, либо государственного научного метрологического центра или органа Государственной метрологической службы, выполнившего аттестацию МВИ;

- для МВИ, применяемой в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора, а также для контроля состояния сложных технических систем в соответствии с ГОСТ 22.2.04 (кроме МВИ,

регламентированных в государственных стандартах), оформляют свидетельство об аттестации МВИ; для других МВИ свидетельство об аттестации оформляют по требованию заказчика. Форма свидетельства об аттестации МВИ приведена ниже.

Порядок регистрации свидетельств об аттестации МВИ устанавливают организации (предприятия), осуществляющие аттестацию МВИ. Свидетельство об аттестации МВИ, на котором отсутствует регистрационный номер и дата выдачи, признается надзорными органами недействительным.

### **Форма свидетельства об аттестации МВИ**

\_\_\_\_\_  
 Наименование организации (предприятия), проводившей аттестацию МВИ

**С В И Д Е Т Е Л Ь С Т В О**  
 об аттестации МВИ № \_\_\_\_\_

Методика выполнения измерений \_\_\_\_\_  
наименование измеряемой величины;

\_\_\_\_\_ при необходимости указывают объект и метод измерений

разработанная \_\_\_\_\_  
наименование организации (предприятия), разработавшей МВИ

и регламентированная в \_\_\_\_\_  
обозначение и наименование документа

аттестована в соответствии с ГОСТ Р 8.563.

Аттестация осуществлена по результатам \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ вид работ: метрологическая экспертиза материалов по разработке МВИ, теоретическое или экспериментальное исследование МВИ, другие виды работ

В результате аттестации МВИ установлено, что МВИ соответствует предъявляемым к ней метрологическим требованиям и обладает следующими основными метрологическими характеристиками:

\_\_\_\_\_ диапазон измерений, характеристики погрешности измерений (неопределенность измерений) и (или) характеристики составляющих погрешности (при необходимости – нормативы контроля)

Руководитель организации (предприятия) \_\_\_\_\_  
личная подпись расшифровка подписи

дата выдачи печать

### 3. Стандартизация МВИ

Разработку стандартов, в которых излагаются МВИ, выполняют в соответствии с положениями ГОСТ Р 1.2 и ГОСТ Р 1.5. Содержание стандартов на методы контроля, регламентирующих МВИ, должно соответствовать требованиям ГОСТ Р 1.5.

В соответствии с ГОСТ Р 1.5 стандарты на методы контроля, регламентирующие МВИ, должны включать следующие разделы: область применения; нормативные ссылки; отбор проб и подготовка образцов; метод измерений (сущность метода); средства измерений, вспомогательное оборудование, материалы; подготовка к выполнению измерений; выполнение измерений; обработка результатов измерений; правила оформления результатов измерений; нормы погрешности измерений и (или) приписанная характеристика погрешности (неопределенность) измерений, показателей повторяемости и воспроизводимости результатов измерений; контроль точности получаемых результатов измерений; требования к квалификации персонала; требования безопасности. В области применения стандартов на методы контроля следует указывать стандарт или другой нормативный документ (например, СанПиН), в котором установлены требования к показателям, контролируемым по стандартизуемой МВИ, и соответствующие этим требованиям диапазоны измерений контролируемых показателей (измеряемых характеристик).

По решению разработчика стандарта в разделе «Контроль точности получаемых результатов измерений» могут быть указаны только контролируемые показатели точности, нормативы и периодичность их контроля; процедуры контроля точности с учетом ГОСТ Р ИСО 5725-6 могут быть изложены в приложении к стандарту.

Документированные процедуры контроля точности результатов выполняемых измерений (испытаний, анализа) с учетом конкретных условий их выполнения являются неотъемлемой частью Руководства по качеству (ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025) в подразделениях организаций (предприятий), применяющих стандарты, регламентирующие МВИ.

При применении стандартов, регламентирующих МВИ состава и свойств веществ и материалов, в Руководствах по качеству (в разделах «Контроль точности результатов измерений») документируют в числе прочих процедуры определения систематической погрешности лаборатории при реализации конкретной стандартизованной МВИ (ГОСТ Р ИСО 5725-1) и алгоритмы контроля стабильности значения этой погрешности и результатов измерений в течение определенного периода времени в условиях изменяющихся факторов «время-оператор» (с учетом ГОСТ Р ИСО 5725-4 и ГОСТ Р ИСО 5725-6).

МВИ, регламентированные в государственных стандартах, должны обеспечивать требуемую точность измерений (анализа) контролируемых показателей с учетом допусков на эти показатели, установленных в стандартах на технические требования или других нормативных документах. Отношение границы погрешности измерений по МВИ к допуску на контролируемый показатель должно быть, как правило, не более 0,3; в обоснованных случаях 0,4-0,5.

При отсутствии в стандартах на технические требования или других нормативных документах указаний о допусках на контролируемые показатели требования к погрешности стандартизуемой МВИ могут быть установлены исходя из возможности различить при контроле единицу в последней значащей цифре нормы на контролируемый показатель.

Если в стандарте на методы контроля (испытаний, измерений, анализа) одного показателя предусматривают две или более альтернативные МВИ, одна из которых определена разработчиком стандарта в качестве арбитражной (ГОСТ Р 1.5), в целях подтверждения возможности стандартизации для определения этого показателя предложенных альтернативных МВИ в ходе разработки стандарта должны быть выполнены процедуры оценивания и сопоставления показателей точности этих МВИ с учетом требований ГОСТ Р ИСО 5725-6 и установлены нормы допускаемых смещений (систематических отклонений) результатов измерений контролируемого показателя, полученных по альтернативной МВИ, от результатов измерений этого же показателя по стандартизованной (арбитражной) МВИ.

Проекты государственных стандартов, в которых излагаются МВИ, предназначенные для применения в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, должны подвергаться метрологической экспертизе в государственных научных метрологических центрах (ГНМЦ) в соответствии с ГОСТ Р 1.11. Данная экспертиза не проводится, если ГНМЦ ранее аттестовал стандартизуемую МВИ.

На метрологическую экспертизу в ГНМЦ представляют проект государственного стандарта и по запросу ГНМЦ материалы разработки и исследований либо аттестации МВИ (отчеты, протоколы), в которых должны быть приведены сведения, по которым устанавливалось соответствие погрешности измерений заданным требованиям, либо определялись приписанные характеристики погрешности измерений и другие характеристики, влияющие на погрешность измерений.

Указанные сведения должны быть изложены в пояснительной записке к проекту стандарта с приложением результатов апробации МВИ в ходе ее разработки и проведения экспериментов по оценке характеристик погрешности (неопределенности) измерений или характеристик составляющих погрешности.

В пояснительной записке к комплекту документов, представляемых в Госстандарт России для утверждения государственного стандарта, в котором регламентированы МВИ, должны указываться выводы по результатам проведенных исследований, аттестации или экспертизы МВИ, позволяющие установить соответствие МВИ предъявляемым требованиям, в том числе погрешности измерений. НИИ Госстандарта России, подготавливающий проект стандарта к утверждению, осуществляет контроль наличия материалов, подтверждающих соответствие погрешности измерений и других характеристик заданным требованиям или приписанным значениям.

#### 4. Метрологический надзор за аттестованными МВИ

Аттестованные МВИ, применяемые в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора, подлежат государственному метрологическому надзору. Метрологический надзор за аттестованными МВИ осуществляют метрологические службы юридических лиц, применяющих МВИ.

При осуществлении государственного метрологического надзора, выполняемого органами Государственной метрологической службы, либо метрологического надзора, выполняемого метрологическими службами юридических лиц, проверяют:

- наличие документа, регламентирующего МВИ, с отметкой или свидетельством об аттестации;
- наличие регистрационного кода МВИ по Федеральному реестру методик выполнения измерений, применяемых в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, на документе, регламентирующем МВИ, применяемую в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора;
- соответствие применяемых средств измерений и других технических средств, условий измерений, порядка подготовки и выполнения измерений, обработки и оформления результатов измерений – указанным в документе, регламентирующем МВИ;
- соблюдение требований к процедуре контроля погрешности результатов измерений по МВИ, если такая процедура регламентирована;
- соответствие квалификации операторов, выполняющих измерения, регламентированной в документе МВИ;
- соблюдение требований по обеспечению безопасности труда и экологической безопасности при выполнении измерений.

При осуществлении государственного метрологического надзора проверяют наличие перечней документов на МВИ, а также в период внедрения стандарта наличие планов (графиков) отмены и пересмотра документов на МВИ.

## Список нормативной и справочной литературы

1. МИ 1317-2004. Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты измерений и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров.
2. РМГ 29-99. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.
3. Международный словарь терминов в метрологии VIM (русско-англо-французско-немецко-испанский словарь основных и общих терминов в метрологии, ИПК Издательство стандартов, 1998).
4. РМГ 43-2001. Государственная система обеспечения единства измерений. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений».
5. МИ 1967-89. Государственная система обеспечения единства измерений. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения.
6. ПР 50.2.009-94. Правила по метрологии. Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений.
7. МИ 2334-2002. Рекомендация по метрологии. Государственная система обеспечения единства измерений. Смеси аттестованные. Общие требования к разработке.
8. РД 50-453-84. Методические указания. Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета.
9. МИ 2267-2000. Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации.
10. МИ 2608-2000. Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Содержание и оформление технической документации на отраслевые стандартные образцы и стандартные образцы предприятий. Общие требования.
11. ПР 50.2.013-97. Правила по метрологии. Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право аттестации методик выполнения измерений и проведения метрологической экспертизы документов.
12. ПР 50.2.002-94. Правила по метрологии. Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением

средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм

13. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2009. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.

### Вопросы для контроля знаний студентов

1. С какой целью разрабатывают и применяют МВИ?
2. Как осуществляется метрологический надзор за аттестованными МВИ?
3. Какие службы могут осуществлять аттестацию МВИ?
4. Какие разделы содержат стандарты на методы контроля, регламентирующие МВИ?
5. Какие этапы содержит процесс разработки МВИ?
6. Чему должно быть равно отношение границы погрешности измерений по МВИ к допуску на контролируемый показатель?
7. Какие пункты содержит форма свидетельства об аттестации МВИ?
8. Необходимо ли анализировать наименование измеряемой величины при проведении метрологической экспертизы документа на МВИ?
9. Кто проводит метрологическую экспертизу проекта государственного стандарта на МВИ, применяемую в сфере государственного метрологического контроля и надзора?
10. Какое основное требование к содержанию документа на МВИ?
11. Можно ли МВИ считать документом?
12. Нужно ли при метрологической экспертизе документа на МВИ предлагать средство измерений максимально высокой точности?
13. Кто устанавливает необходимость и порядок проведения метрологической экспертизы документов на МВИ, не используемых в сфере распространения государственного метрологического надзора?
14. Какая основная задача метрологической экспертизы документов на МВИ?
15. Все ли МВИ должны быть регламентированы в документах?

### Задания для студентов

По заданию преподавателя составить форму свидетельства об аттестации МВИ.

Учебное издание

Логанина Валентина Ивановна  
Максимова Ирина Николаевна

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА  
СОСТАВА И СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ, МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ  
ПРАКТИКУМ**

Учебное пособие

Редактор В.С. Кулакова  
Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 29.05.13. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 11,625. Уч.-изд.л. 12,5. Тираж 80 экз.  
Заказ №102



---

Издательство ПГУАС.  
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.