

**ПОСОБИЕ**  
**по изучению теоретического материала**  
**по дисциплине «Метрологическое обеспечение**  
**приборостроительного производства»**

**1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О МЕТРОЛОГИЧЕСКОМ**  
**ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОНЯТИЕ «МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ**  
**ОБЕСПЕЧЕНИЕ» И ЕГО СОДЕРЖАНИЕ**

Согласно ГОСТ 1.25-76 «Государственная система стандартизации. Метрологическое обеспечение. Основные положения»: «Метрологическое обеспечение – это установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений». Из определения следует, что метрологическое обеспечение включает комплекс действий, направленных на обеспечение единства измерений, при котором результаты измерений выражены в узаконенных единицах величин, а погрешность измерений определена с требуемой вероятностью.

В действиях, относящихся к метрологическому обеспечению, нет жёстко очерченного круга работ и строгих границ. Главное – все действия, которые направлены на возможность проведения измерений с требуемой точностью, т. е. с погрешностью, значением которой можно пренебречь, относятся к метрологическому обеспечению.

Все нормативные документы в виде Государственных и Межгосударственных стандартов (т. е. ГОСТ Р и ГОСТ) по метрологическому обеспечению имеют шифр ГСИ – Государственная система обеспечения единства измерений и выпускаются под серией «8», например ГОСТ 8.051-81.

Целью метрологического обеспечения производства в машиностроении является достижение единства измерений, т. е. получение объективной информации о точностных параметрах изготавливаемой продукции путём измерения или объектов производства или состояния точности технологического процесса. В отношении метрологического обеспечения на других производствах, где имеют место измерения, цели будут меняться, но непременным останется необходимость измерений с требуемой точностью.

Таким образом, основным в метрологическом обеспечении является обеспечение точности измерений, т. е. решение задач, относящихся к выявлению и оценке влияния различных факторов, определяющих погрешность измерений.

Основным и пока единственным в стране государственным документом, относящимся к метрологическому обеспечению, является Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» от 27 апреля 1993г.

В общем виде технические основы метрологического обеспечения включают в себя формулировки характера выполняемых работ. Приведём важнейшие из них:

### *1. Система государственных эталонов величин.*

В основе обеспечения единства измерений в стране является наличие единых значений физических величин. Надо иметь в виду, что значения единиц величин носят весьма условный характер. Просто люди договорились в определённое время, когда в этом возникла необходимость, принять метр за единицу длины, килограмм – за единицу массы и так в отношении других величин. О том, что эта договорённость между людьми ещё полностью не достигнута, говорит тот факт, что в мире широко используется метрическая (Международная система СИ) и дюймовая системы. В некоторых странах имеются свои системы единиц, отличающихся и от метрической и от дюймовой. Отсутствие единства в единицах измерений не очень удобно и для производства, и для торговли, и постепенно многие страны, в том числе США, Англия, Китай, переходят с дюймовой системы на метрическую.

Практически во всех странах есть государственные службы, которые создают государственные эталоны и следят за их сохранностью.

В соответствии с законом «Об обеспечении единства измерений» под эталоном единиц величин имеют в виду средства измерений, предназначенные для воспроизведения и хранения единицы величины (либо кратных, либо дольных значений единицы величины).

Это определение относится ко всем эталонам, используемым для указанных целей, а более конкретно – для поверки средств измерений, т. е. выявления погрешностей.

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

### *2. Система передачи размера от государственных эталонов рабочим средствам измерений.*

Эта система должна обеспечивать положение, при котором точное значение величины передается от эталона до рабочих средств измерений. Система эта является многоступенчатой и единой с тем, чтобы средства измерений имели одинаковую точность с определённой степенью приближения.

### *3. Система поверки и калибровки средств измерений.*

Средства измерений, находящиеся в эксплуатации, должны периодически поверяться с тем, чтобы убедиться, что погрешность их не стала больше, чем это может быть допущено.

### *4. Система государственных испытаний или аттестации средств измерений.*

Поскольку точность средств измерений влияет не только на качество выпускаемой продукции, но и на большие материальные потери и даже на здоровье и жизнь людей, необходимо допускать к применению только такие средства измерений, которые испытаны Государственной метрологической службой. Это относится к определённой группе средств измерений.

5. Система стандартных образцов состава и свойств веществ.

6. Система стандартных справочных данных, физических констант и свойств веществ и материалов.

В начале 80-х годов в связи с внедрением робототехники и гибких производственных систем (ГПС) возникла необходимость в их метрологическом обеспечении. Появилось понятие «**метрологическое обеспечение ГПС**». Его следует рассматривать как производное понятие. Метрологическое обеспечение ГПС имеет свою специфику, обусловленную автоматическими измерениями в динамическом режиме, совмещённостью средств измерений с ЭВМ, применением бесконтактных средств измерений и поверки, частыми переналадками ГПС, необходимостью контроля точностных характеристик неизмерительных средств (например, точности причаливания транспортной тележки, точности распознавания объектов и т. п.). Метрологическое обеспечение ГПС требует более высокой квалификации метрологов предприятий как создающих, так и эксплуатирующих ГПС.

**Научной основой** метрологического обеспечения являются метрология.

**Организационной основой** метрологического обеспечения являются метрологические службы.

**Техническими основами** метрологического обеспечения являются:

- система государственных эталонов единиц физических величин;
- система разработки, постановки на производство и выпуска в обращение рабочих средств измерений;
- система государственных испытаний и метрологической аттестации средств измерений;
- система государственной и ведомственной поверки средств измерений.

Общий комплекс работ по метрологическому обеспечению можно разделить на две части:

- метрологическое обеспечение подготовки производства;
- метрологическое обеспечение на этапе действующего производства.

Содержание работ по метрологическому обеспечению на этапе подготовки производства заключается в метрологической экспертизе и метрологическому контролю конструкторской и технологической документации.

Содержание работ по метрологическому обеспечению в процессе производства заключается в поверке средств измерений или их калибровке и в метрологическом контроле и надзоре с целью проверки соблюдения метрологических правил и норм.

Метрологическая экспертиза конструкторской и технологической документации – это анализ и оценка принятых технических решений по выбору параметров, подлежащих измерению, установлению норм точности и обеспечению методами и средствами измерений процессов разработки, изготовления, испытания, эксплуатации и ремонта изделий. Она прово-

дится с целью обеспечения эффективности измерений при контроле изделий в процессе их разработки, изготовления, эксплуатации и ремонта; осуществляется на различных стадиях разработки документации.

Основными задачами метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации являются:

- определение оптимальной номенклатуры измеряемых параметров;
- оценка контролепригодности конструкций изделия;
- установление соответствия показателей точности измерений требованиям эффективности и достоверности контроля и взаимозаменяемости;
- установления соответствия показателей точности измерений требованиям обеспечения оптимальных режимов технологических процессов;
- выявление возможности преимущественного применения автоматизированных средств измерений, оценка обеспечения применяемыми средствами измерений минимальных трудоёмкости и себестоимости контрольных операций при заданной точности;
- определение целесообразности обработки на ЭВМ результатов измерений.

Исходя из перечисленных задач на основе анализа и оценки уровня и оптимальности принятых технических решений, эксперт должен знать предложения по исправлению недостатков. Оформление результатов метрологической экспертизы проводится в соответствии с ГОСТ 2.104-68 и ГОСТ 3.1104-81.

Не следует смешивать метрологическую экспертизу и метрологический контроль. Метрологический контроль – это оценка принятых технических решений метрологических задач методом сравнения с конкретными требованиями к объекту экспертизы. Метрологический контроль осуществляют работники метрологических служб и специально подготовленные нормоконтролёры.

## **1.2. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

На определенном этапе своего развития измерения привели к возникновению метрологии (от греческих слов «метрон» – мера, «логос» – учение) – науки об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности (ГОСТ 16263-70). Таким образом, метрология – область знаний, относящихся к измерениям.

Метрология не занимается вскрытием новых закономерностей, связей, а использует приёмы и знания из разных наук – математики, физики, механики и т. д.

Метрология является научной основой метрологического обеспечения.

К основным проблемам метрологии относятся:

- общая теория измерений;
- единицы физических величин и их системы;

- методы и средства измерений;
- методы определения точности измерений;
- методы обеспечения единства измерений и единообразия средств измерений;
- эталоны и образцовые средства измерений;
- методы передачи размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим средствам измерений.

В настоящее время на базе главной палаты мер и весов в Санкт-Петербурге существует высшее научное учреждение страны – Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева (ВНИИМ). В лабораториях института разрабатываются и хранятся государственные эталоны единиц измерений, определяются физические константы и свойства веществ и материалов. Тематика работ института охватывает линейные, угловые, оптические и фотометрические, акустические, электрические и магнитные измерения массы, плотности, силы, давления, вязкости, твердости, скорости, ускорения и ряда других величин.

В 1955 г. под Москвой был создан второй метрологический центр страны – ныне Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ). Он разрабатывает эталоны и средства точных измерений в ряде важнейших областей науки и техники: радиоэлектроники, службе времени и частоты, акустики, атомной физике, физике низких температур и высоких давлений.

Третьим метрологическим центром России является Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ВНИИМС) – головная организация в области прикладной и законодательной метрологии. На него возложены координация и научно-методическое руководство метрологической службы страны. Кроме перечисленных существует ряд региональных метрологических институтов и центров.

К международным метрологическим организациям относится и Международная организация законодательной метрологии (МОЗМ), образованная в 1956 г. При МОЗМ в Париже работает Международное бюро законодательной метрологии. Его деятельностью руководит Международный комитет законодательной метрологии. Некоторые вопросы метрологии решает Международная организация по стандартизации (ИСО).

После революции метрология в России получила дальнейшее развитие. Характерной чертой этого развития стало тесное сближение метрологии с практикой. И всё же объектом метрологической деятельности ещё долгое время было только обеспечение единообразия средств измерений.

Сейчас границы применения метрологии значительно расширились. Она рассматривается как наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах обеспечения требуемой точности. Как видно из этого определения, понятие «метрология» базируется на двух по-

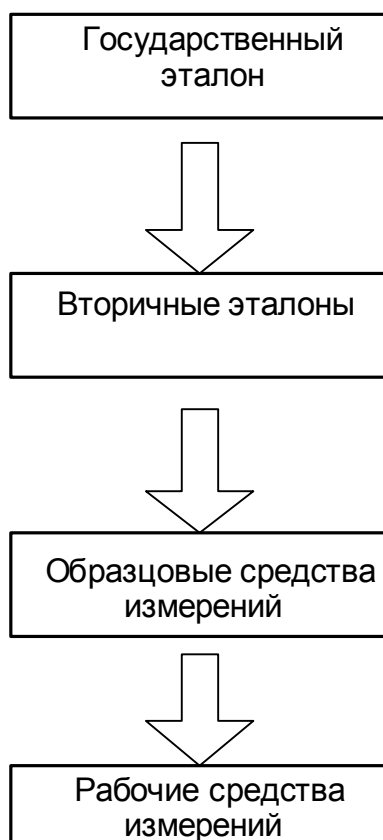
нениях – «измерение» и «обеспечение единства измерения». Определения этих понятий приведены во второй главе.

Потребность в обеспечении единства измерений при постоянно возрастающих требованиях к их точности продиктовано измерительной практикой. Именно в обеспечении единства заложен важнейший резерв качества измерений.

Выполнять измерения – это ещё не значит заниматься метрологией. Нельзя ставить знак равенства между измерениями и метрологией. Метрология как наука изучает измерения физических величин и образующие измерение элементы: средства измерений, физические величины и их единицы, методы и методики измерений, результаты измерений, погрешности средств измерений и погрешности результатов измерений. Практически все решаемые в рамках метрологии задачи направлены на обеспечение единства измерений при требуемой для производства точности. С этой целью разрабатываются и утверждаются единые для страны единицы физических величин, в соответствии с которыми градуируются средства измерений, создаются государственные эталоны для воспроизведения единиц конкретных физических величин и передачи их размера применяемым в стране средствам измерения этих величин. Градуировкой средств измерений в принятых (узаконенных) единицах, размеры которых соответствуют государственным эталонам, т. е. единому началу, закладываются основы единства измерений той или иной физической величины. Добиться единства размеров единиц – важнейшая задача метрологической службы. Наряду с эталонной базой страны, насчитывающей более 150 государственных эталонов и несколько сот вторичных эталонов, существует большой парк образцовых средств измерений, связанных с эталонами. По образцовым средствам измерений поверяются рабочие средства измерений. При поверке отбраковываются те средства измерений, характеристики которых перестали удовлетворять предъявляемым требованиям. В первую очередь это касается их погрешности. Чтобы быть уверенным в том, что применяемое средство измерений метрологически исправно, необходимо следить за своевременной его поверкой.

Передача размера единиц средствам измерений от государственного эталона или исходного образцового средства (если нет эталона) осуществляется на основании государственной поверочной схемы. Рабочие средства измерений подвергаются поверке в соответствии с требованиями поверочной схемы и правилами, излагаемыми в нормативно-технической документации. Государственную поверочную схему упрощённо можно рассматривать как пирамиду, в вершине которой находится государственный эталон (ГЭ), а в основании – рабочие средства измерений (РСИ) той или иной измеряемой физической величины (рис. 1.1). От одного исходного начала – государственного эталона единица распространяется при помощи вторичных эталонов и образцовых средств столько раз, сколько требуется для передачи её размера всем РСИ, использующимся на производстве.

Следовательно, государственные эталоны являются основой обеспечения единства измерений.



**Рис. 1.1.** Иерархия передачи размера единицы физической величины

Естественно, что повышение точности эталонов способствуют увеличению точности измерений. В связи с этим эталоны постоянно совершенствуются, разрабатываются новые методы воспроизведения единиц, проводится международное сличение эталонов.

Однако, для обеспечения единства измерений указанных мероприятий недостаточно. Часто, применяя одинаковые по размеру единицы и выполняя самые тщательные измерения в разных местах, не удаётся добиться их единства. Необходимы ещё и единая унифицированная методика измерений, устанавливающая единый метод их проведения, требования к условиям измерений и квалификации операторов, осуществляющих измерения, и др.

При соблюдении требований единства измерений одних и тех же размеров однородных физических величин погрешности результатов измерений не должны выходить за пределы установленных норм. Однако знание погрешностей ещё не даёт основания утверждать, что достигнуто единство измерений. Не установив пределов погрешностей измерений, вытекающего из конкретной измерительной задачи, нельзя правильно решить вопрос о выборе необходимых средств измерений, правильно оценить результаты измерений, выполненных в разных местах.

Чтобы понять важность обеспечения единства измерений, рассмотрим пример из повседневной жизни. Предположим, мы перестали слышать сигналы времени. Каждый начал жить по своим часам. Сразу же появится множество проблем, связанных с началом рабочего дня, с графиком движения различных видов транспорта, времени работы бытовых учреждений и магазинов. Пассажир придёт на вокзал, а ему скажут: ваш поезд уже ушёл. Несвоевременная поставка оборудования на стройки, сырья и комплектующих изделий на предприятия приведёт к нарушению ритма их работы. Без знания единого времени станет невозможным изучение звёзд и планет, пользование различными навигационными системами, системой спутниковой радиосвязи и т. д. Таким образом, нарушение единства измерений лишь одной физической величины вызовет дезорганизацию не только экономики, но и всей жизни. Необходимо отметить, что измерения лишь в том случае могут быть полезны, если их результатам можно доверять. Доверие же невозможно без соблюдения единства измерений той или иной конкретной физической величины.

Итак, достижение единства и требуемой точности измерений – важный фактор обеспечения высокого качества измерений, как в настоящее время, так и в будущем.

И всё же достижение единства измерений при требуемой их точности во многих случаях не обеспечивает необходимого качества измерений, например, при быстропротекающих процессах, в автоматических производствах, при большом числе измеряемых величин и т.д. Для этого нужны быстродействующие средства измерений. С внедрением сложных измерительных систем существенное значение приобретает квалификация оператора. Нередко причиной брака продукции становятся неверно назначенные средства измерений (в первую очередь по точности). Бывает и так, что средства измерения вовсе не назначаются там, где это необходимо, из-за их отсутствия. Как показывает анализ, если весь брак, причиной которого являются недостатки метрологической деятельности принять за 100%, то брак продукции вследствие неправильно выбранных или совсем не назначенных средств измерения составит 48,5%, из-за неумелого применения средств измерений, отсутствия метрологически аттестованных методик измерений и низкой квалификации операторов – 46%, 5,5% брака обуславливается неисправностью (технической или метрологической) средств измерений.

Организационной основой метрологического обеспечения являются метрологические службы.

### **1.3. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ СЛУЖБЫ**

Работы по метрологическому обеспечению проводят специальные или специализированные организации или подразделения на предприятиях, в организациях и учреждениях, которые называют метрологическими службами.



**Метрологическая служба** – совокупность субъектов деятельности и видов работ, направленных на обеспечение единства измерений. Метрологические службы разрабатывают нормы, правила, требования. С целью унификации метрологических норм и правил в конце шестидесятых годов была разработана Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ), охватывающая комплекс государственных стандартов.

Метрологические службы бывают государственные и службы юридических лиц.

#### **Государственная метрологическая служба.**

Основными задачами государственной метрологической службы являются организация и проведение работ по созданию и сохранению системы государственных эталонов величин, а также системы передачи точности эталонов до рабочих средств измерений. Наблюдение за единством средств измерений и осуществление связи их с эталонами существует с тех пор, как в государстве устанавливаются единые меры. Весь комплекс работ, связанный с поддержанием эталонов в рабочем состоянии и обеспечения единства измерений, должен быть заботой государства. Роль Государственной метрологической службы выполняет Комитет Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарт России). В 2005 году Госстандарту России исполнилось 80 лет.

#### **Метрологические службы юридических лиц.**

Многие годы эти метрологические службы назывались ведомственными, поскольку существовавшие ранее министерства и ведомства имели централизованные службы, осуществляющие в полной мере техническое содержание работ по метрологическому обеспечению. В настоящее время не на всех производствах имеются метрологические службы, поскольку в Законе «О единстве измерений», как и в ранее выпущенном постановлении Совета Министров указано, что эти службы «создаются в необходимых случаях». Поэтому работы по метрологическому обеспечению, если они и проводятся, то проводятся отдельными, не всегда связанными между собой подразделениями. Такое положение не способствует успешной работе, поскольку работа по метрологическому обеспечению непосредственно на предприятиях должна обладать определенным единством и только в едином комплексе приносит пользу.

Ниже перечислены основные виды работ по метрологическому обеспечению, которые должны проводиться непосредственно на предприятиях и в организациях.

##### *1. Проведение анализа состояния с измерениями.*

Постоянный анализ является основным видом работ, относящимся к метрологическому обеспечению, поскольку изготовитель должен всегда знать, с какой достоверностью выявляются значения параметров изготавливаемых им изделий. Работа эта многоплановая и разнообразная, а цель единая – обеспечить необходимую точность и производительность измерений.

В процессе анализа необходимо убедиться, что все нормируемые показатели точности могут быть измерены имеющимися на этом предприятии средствами измерений. Надо обратить внимание именно на то, что имеется возможность, а не обязательно в действительности измеряются. Большинство требований к точности изготавливаемых деталей может быть выполнено при так называемом технологическом обеспечении, т. е., если точность технологического процесса имеет запас по сравнению с нормируемой точностью. Естественно, если такой запас по какому-то параметру есть, то нет необходимости измерять по этому параметру все изготовленные детали. Но возможность измерять эти параметры у производства все равно должна быть, поскольку может возникнуть потребность в этих измерениях.

При анализе необходимо обращать внимание на достаточность и необходимость измеряемых параметров. Иногда можно встретиться с фактами, когда предъявляются требования в значительной мере дублирующие друг друга и еще хуже – жесткие требования, не характеризующие эксплуатационные свойства объекта измерений.

Аналізу должны подвергаться участки производства, где имеет место значительный объём измерительных операций, где измерения влияют на производительность изготовления или являются трудоёмкими. Во всех случаях необходимо выявлять возможность автоматизации процесса измерений, в том числе измерений в процессе обработки.

Важнейшим этапом анализа уровня метрологического обеспечения является оценка погрешности измерений. Необходимо, чтобы погрешность измерений находилась в допускаемых пределах и её влиянием на результаты можно было пренебречь. Возможные источники погрешности измерений рассмотрены в Главе 3.

*2. Проведение метрологической проработки и метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации.*

Целью проведения этой работы является обеспечение разработки документации, в которой все нормируемые показатели точности были бы контролепригодны на конкретном производстве, для которого эта документация разрабатывается.

*3. Проведение работ или участие в работах по выбору средств измерений и методик проведения измерений.*

Этот вид работ является одним из важнейших в метрологическом обеспечении. При этом выясняется, какими средствами и как необходимо измерять на всех этапах и операциях технологического процесса от получения заготовки до готового изделия. Для достижения поставленной цели необходима разработка систем измерений при изготовлении всех изделий.

*4. Обеспечение производства необходимыми средствами измерений.*

Это касается как средств измерений, выпускаемых специализированными производителями, так и специальных средств измерений, разрабатываемых на предприятии.

*5. Участие в работах по анализу точности технологического процесса.*

Проводимый технологической службой анализ касается, в частности, выявления причин появления брака. В эти работы включается надзор за точностным состоянием финишного оборудования.

*6. Участие в работах по сертификации продукции.*

При проведении работ по сертификации оценивается не только технический уровень и качество выпускаемой продукции, но и обеспеченность производства средствами измерений и условиями, позволяющими проводить измерения с требуемой точностью.

*7. Организация работ по поверке и калибровке средств измерений.*

Для большинства средств измерений характерны так называемые параметрические отказы, т. е. поломки, при которых прибор функционирует, выдаёт информацию, но эта информация имеет погрешность, выходящую за допускаемые пределы. Поэтому возникает необходимость регулярно проверять все средства измерений.

Наиболее правильным является поверка прибора непосредственно оператором, который пользуется этим средством измерений. В отношении сложных средств измерений такую поверку должны производить специалисты метрологической службы, которые подготовлены специально для такой работы.

Перечисленные виды работ, проводимые метрологической службой предприятий, организаций и учреждений, как правило, проводятся совместно с другими техническими службами. Необходимо добиваться положения, при котором работы, связанные со всеми видами измерений, в том числе не указанные в приведённом перечне, проводились непосредственно метрологической службой, либо с участием других технических служб.

Следует подчеркнуть, что в последние годы значительно расширились рамки деятельности метрологических служб. Наряду с основной деятельностью – обеспечением единства измерений, они занимаются метрологической подготовкой производства, созданием и метрологической аттестацией специальных средств измерений, метрологической экспертизой, конструкторской, технологической и другой документации и рядом других работ. Именно в связи с этим и возникло понятие «метрологическое обеспечение», которое включает не только обеспечение единства измерения, но обеспечение необходимыми средствами измерений. Не используя соответствующих средств измерений, нельзя ожидать высокого качества измерений, а, следовательно, и хорошего качества выпускаемой продукции.

Что такое качество измерений? Под качеством измерений следует понимать совокупность свойств состояния измерений, обуславливающих получение результатов измерений с требуемыми точностными характеристиками, в необходимом виде и в установленный срок.

К основным свойствам состояния измерений относятся:

- точность результатов измерений, характеризующая погрешностями средств и методов измерений;

- сходимость, отражающая близость друг к другу результатов повторных измерений, осуществляемых в одинаковых условиях;
- воспроизводимость, отражающая близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных местах;
- быстрота получения результатов (это свойство измерений зависит от рационально составленной методики измерений, уровня автоматизации измерений и обработки полученных данных);
- единство измерений (это свойство определяется равенством размеров единиц, хранимых различными средствами измерений в пределах установленной погрешности, применением узаконенных единиц физических величин, стандартизированных и аттестованных средств и методик измерений, уровнем их унификации).

Качество измерений не только зависит от средств измерений, но и эргономических показателей, характеризующих систему «человек – объект измерения – средство измерения», экологических показателей, характеризующих уровень вредных воздействий на окружающую среду при проведении измерений, безопасности обслуживающего персонала, осуществляющего измерения.

Все перечисленные выше свойства прямо или косвенно влияют на точность, своевременность и объём получаемой измерительной информации.

Только при наличии надёжных средств измерений, правильном их выборе и применении можно обеспечить высокое качество измерений. Удовлетворение потребностей предприятий и организаций в средствах измерений, обычно устанавливаемых на основании анализа состояния измерений на производстве, имеет важное значение.

На этапе перехода к рыночным отношениям весьма опасна недооценка роли метрологической службы в основном производстве. Эта служба не выдаёт конкретную продукцию, но без измерений невозможно эту продукцию выпускать. Однако на некоторых производствах появилась тенденция к сокращению метрологической службы. Она может создать большие трудности для производства, когда требования к качеству продукции будут, не просто декларированы, а определять успех производства на рынке сбыта продукции.

## **4. ВЫБОР СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ**

Выбор средств и методов измерений – один из главных вопросов метрологического обеспечения производства. Как указывал профессор Марков Н. Н.: «Только тогда можно сказать, что изделие сделано, если можно измерить его параметры с требуемой точностью». В машиностроении такими параметрами являются параметры, характеризующие его геометрическую точность.

При выборе методов и средств измерений необходимо пользоваться основным принципиальным положением, которое заключается в том, что измерение (контроль) является органической частью технологического процесса изготовления, и оно призвано обслуживать этот процесс, а назначение измерений в определении действительных значений, исходя из служебного назначения объекта и цели измерений.

При измерении на производстве могут преследоваться две цели:

- приемка готового изделия (детали, сборочной единицы и т. д.) и определения соответствия их предъявляемым эксплуатационным требованиям;
- определение значения нормируемых параметров для оценки точностного состояния производства или результатов различных исследований.

Эти цели и необходимо учитывать при решении вопросов о метрологическом обеспечении производства и, в частности, при выборе измерительных средств.

Особенность выбора методов и средств измерений зависит как от особенностей измеряемых параметров, так и от видов используемых средств измерений.

### **4.1. ВЫБОР УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

#### **4.1.1. Основные положения и порядок выбора средств измерений**

Универсальными называются средства, предназначенные для измерений длин и углов в определённом диапазоне размеров вне зависимости от конфигурации измеряемой детали.

Специальными называются средства, предназначенные для измерений специфических элементов деталей определённой формы (элементы резьбы, зубчатых колёс и т.д.) или специальных параметров вне зависимости от её геометрической формы (шероховатости, отклонения формы и т. д.).

Понятие «выбор» в данной работе отнесено к универсальным средствам измерений, поскольку именно в отношении этих средств сложилось положение, при котором эксплуатационные свойства многих из них перекрывают полностью или частично друг друга. Так, например, такие приборы как микрометры гладкие, рычажные, скобы во многих случаях могут заменять друг друга и по диапазону измерений и по точности.

Исторически сложились условия, при которых в промышленности практически используется значительная группа средств измерений, с помощью которых можно решать вопросы измерений в разных вариантах и возникла задача разработки материалов по правильному «выбору» этих средств измерений с равными или близкими результатами.

Таким документом по выбору универсальных средств измерений являются методические указания «Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм» (РД 50-98-86).

В основу РД были положены два принципиальных положения:

- одним и тем же средством измерений можно получить разные погрешности измерений при разных условиях и вариантах их применения;
- выбор средств измерений по обеспечению предельной погрешности необходимо производить с учетом конкретных условий измерений.

Структурно весь материал РД состоит из двух частей. В первой части даны погрешности измерений при использовании существующих средств измерений при разных условиях их применения. Даны краткие пояснения этих составляющих погрешности. Во второй части даны вспомогательные таблицы, облегчающие процесс использования данных о погрешности измерений.

При выборе средств этих видов, а так же условий измерений, необходимо обеспечить измерения с погрешностью, не превышающей допускаемых значений по ГОСТ 8.051-81, рассмотренные в главе 3.

В методических указаниях при определении погрешности измерений учтены следующие составляющие погрешности, зависящие:

- от средств измерений (значение погрешности принималось в соответствии с нормативными документами на них или для некоторых высокоточных приборов значения погрешности на 2...3 делениях шкалы);
- от установочных мер в виде концевых мер длины, точность которых нормируется классом;
- от температурных деформаций нормированием параметра «температурный режим»;
- от измерительного усилия – выбором штативов и стоек;
- от субъективных факторов – в отношении погрешности отсчитывания;
- от специфических составляющих при измерении внутренних размеров, из-за погрешности совмещения линии измерения с измеряемым диаметром.

Погрешность измерений в методических указаниях приведена для разовых измерений без учета возможной методической составляющей погрешности измерений.

Для выбора конкретных средств и условий, обеспечивающих измерения с допускаемой погрешностью по ГОСТ 8.051-81, в методических указаниях имеются специальные таблицы. В этих таблицах, которые сделаны отдельно для станковых и накладных средств измерений наружных

размеров, для измерений внутренних размеров, а так же для измерений глубин и уступов, радиального и торцевого биений поверхностей, в зависимости от диапазона измерений и качества, указывается нормируемый допуск, допускаемая погрешность измерений и условное обозначение набора средств измерений и условий проведения этих измерений, которые обеспечивают погрешность измерений не больше допускаемой.

В основном, рекомендуемые средства и условия измерений обеспечивают измерения с погрешностью в два раза меньшей, чем допускаемая. Но это не означает, что нельзя применять более точные средства измерений или более жесткие условия проведения измерений, по сравнению с указанными в таблицах.

При выборе необходимо учитывать наличие средств измерений, простоту и дешевизну их применения. В таблицах первыми указываются именно такие средства измерений.

#### **4.1.2. Участие технических служб в выборе универсальных средств измерений**

Принципиальный подход при нормировании требований в отношении допускаемой погрешности измерений (ГОСТ 8.051-81) заключается в том, что при нормировании точности размеров, т. е. указании непосредственно или через условные обозначения предельных значений размеров, необходимо учитывать в эксплуатационных требованиях к этим размерам возможное влияние погрешности измерений.

Этот вопрос решается установлением приемочных границ, т. е. значений размеров, по которым производится приемка изделий.

Указанное обстоятельство делает необходимым участие всех технических служб разработчиков и изготовителей в выборе средств, и, прежде всего в выборе универсальных средств измерений, поскольку непосредственно на рабочих местах (операторы у станка) используют в основном универсальные средства и можно сказать, что основная продукция в машиностроении получается с использованием именно универсальных средств измерений.

Таким образом, в выборе универсальных средств измерений должны участвовать конструкторская, технологическая и метрологическая службы.

**Конструкторская служба** участвует в выборе измерительных средств правильным назначением допускаемых отклонений на размеры элементов деталей. При назначении допуска на изготовление конструктор должен установить по таблице приложения к ГОСТ 8.051-81 или по аналогичным данным в РД возможное предельное количество неправильно принимаемых деталей и возможный предельный выход размера этих элементов за границы допуска и решить вопрос о приемочных границах.

При этом у конструктора, в соответствии с ГОСТ 8.051-81, возможны два варианта установления приемочных границ:

- первый вариант, который в стандарте указан в качестве предпочтительного – установить приемочные границы без введения производственного допуска. Это означает, что необходимо выбрать такой квалитет или вид посадки, при котором предельные значения размера удовлетворяли бы требованиям конструкции, а влиянием погрешности разбраковки, т. е. количеством неправильно принятых деталей и значением возможного выхода их размеров за границы поля допуска можно пренебречь.

- второй вариант – если конструктор установил, что переход на более точный квалитет или другой вид посадки оказывается невозможным, например, в связи с большим ужесточением требований, а, следовательно, с неоправданным удорожанием производства, то конструктор должен решать вопрос о введении производственного допуска.

Стандартом предусмотрено, что смещение каждой приемочной границы, при введении производственного допуска, не должно быть больше половины допускаемой погрешности измерений, т. е. меньшее смещение допустимо.

Наиболее предпочтительными являются смещения приемочных границ на значение «с», т. е. на вероятностный предельный выход размера за границу допуска у неправильно принятых деталей, определенный из реального соотношения технологического процесса и определить значение «с» по графикам в приложении к ГОСТ 8.051-81 или по РД.

**Технологическая служба** должна обеспечивать наиболее экономный технологический процесс изготовления. Для оценки состояния технологического процесса, технолог обязан знать возможное количество действительного брака и ложного, из-за погрешности измерений. В отношении ложного брака (неправильно забракованные изделия) технолог может получить данные в стандарте на допускаемые погрешности измерений или методических материалах.

Если полученные данные технолог считает удовлетворительными, то выбор универсальных средств может быть представлен метрологической службе.

Если результаты анализа в отношении ложного брака (изделия неправильно забракованы) технолог считает неудовлетворительными, то он может принять разные решения: сместить центр группирования технологического рассеивания, т. е. регулировать соотношение брака «плюс» и «минус» или изменить точность технологического процесса в сторону повышения, т. е. уменьшая зону технологического рассеяния, повысить требование к точности измерений. Наиболее надежным является путь повышения точности изготовления.

**Метрологическая служба** участвует в выборе конкретных измерительных средств с учётом условий измерений. Эта служба обязана установить, в какой мере условия измерений, приведенные в методических указаниях, соответствуют реально существующим, а также учесть специфические особенности производства (применяемость измерительных средств, их наличие и т. д.). Если метролог обнаружит, что рекоменду-



мые в методических указаниях условия измерений не могут быть созданы на существующем производстве, то он обязан установить степень влияния несовпадающих условий и определить возможные предельные погрешности при существующих условиях, а так же оценить их по отношению к допускаемой погрешности измерений.

При неудовлетворительных результатах сравнения следует выбрать другое средство измерений, при использовании которого в существующих условиях измерений (с учётом методической составляющей) будут удовлетворяться требования ГОСТ 8.051-81, или нужно разработать новую методику выполнения измерений.

## **5. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА**

Одним из важнейших этапов технологической подготовки производства является разработка технической документации, на основе которой будущее производство обеспечивается необходимым обрабатывающим, измерительным и вспомогательным оборудованием. Производство считается подготовленным в отношении требуемой документации, если, прежде всего, разработаны чертежи на будущие изделия, которые являются основными и исчерпывающими документами. Требования к точности, установленные на чертежах, являются исходными при изготовлении. Можно сказать, что качество машиностроительного изделия, которое, в основном, определяется его точностью, закладывается в чертеже.

Работа по метрологическому обеспечению при подготовке производства должна заключаться в проведении метрологической экспертизы или (и) метрологической проработки конструкторской документации, в основном чертежей.

Производство можно считать подготовленным в отношении требуемой документации, если так же разработана документация на технологический процесс изготовления всех деталей, сборочных единиц и механизмов в целом, разработана методика испытания и приемки. В составе документов, относящихся к процессу изготовления должны быть так же данные об используемых средствах измерений и методиках проведения измерений.

Помимо выбора универсальных средств измерений в соответствии с рекомендациями, приведенными в п. 4.1, в содержании метрологического обеспечения подготовки производства должен быть решен вопрос о необходимости и целесообразности создания специальных средств измерения, т. е. создания нестандартизованных средств измерений.

Таким образом, в общий комплекс работ по метрологическому обеспечению при подготовке производства входят следующие работы:

- метрологическая экспертиза и метрологическая проработка конструкторской и технологической документации;
- разработка методик измерений отдельных показателей геометрической точности;
- проведение испытаний на утверждение типа средств измерений;
- разработка систем измерений для конкретных производств.

### **5.1. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА И МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ**

#### **5.1.1. Понятие о метрологической экспертизе и метрологической проработке технической документации**

Термин метрологическая экспертиза (МЭ) появился в 70-х годах. Согласно ГОСТ 8.103-73 **метрологическая экспертиза** конструкторской и технологической документации – анализ и оценка технических решений по

выбору параметров, подлежащих измерению, установлению норм точности и обеспечению методами и средствами измерений процессов разработки, изготовления, испытания, эксплуатации и ремонта изделия.

Таким образом, специалист, проводящий МЭ на основании изучения конструкторской и технологической документации должен дать заключение, в какой мере все указанные в документации точностные требования могут быть выявлены на производстве, для которого разработана документация.

Особо следует отметить, что при МЭ речь идет о данном производстве, а не вообще в принципе о возможности измерений известными в технике средствами измерений. Если работы по подготовке проводятся при создании нового производства, а не на базе действующего, тогда эксперт должен исходить из известности и доступности в приобретении существующих в технике средств измерений или создании специальных средств.

Если МЭ проводится для действующего производства, то эксперт должен руководствоваться наличием средств измерений на этом производстве, а при их отсутствии, исходя из возможности их приобретения.

Особенностью МЭ является то, что она проводится после того, как уже проведена разработка документации.

Таким образом, проведением МЭ документации изготовитель должен убедиться, что все точностные требования, установленные там могут быть выявлены с помощью имеющихся на данном производстве средств измерений.

Аналогичную экспертизу должны проводить и технологические службы, чтобы убедиться, что все предъявляемые точностные требования могут быть обеспечены имеющимся технологическим оборудованием.

Работы по МЭ относительно «пассивны» и поэтому на практике кроме МЭ проводятся другие работы, называемые метрологической проработкой технической документации, содержание которых приведено в [12].

**Метрологическая проработка (МП)** – это поиск технических решений по выбору параметров, подлежащих измерению, установление метрологически обеспеченных норм точности на эти параметры и выбор методов и средств измерений для обеспечения процессов разработки, производства, испытаний и эксплуатации изделий.

Из сопоставления понятий МЭ и МП следует, что принципиальная разница заключается, прежде всего, во времени проведения работ. Если МЭ проводится после окончания разработки документации, то МП проводится в процессе разработки документации. Имеется в виду, что в разработке документации участвуют одновременно специалисты по объекту создаваемой продукции и специалисты по измерениям – метрологи, которые вместе решают какие параметры и какие значения назначить при нормировании точности в документации, чтобы их можно было измерить на том производстве, для которого эта документация разрабатывается.

В процессе разработки рабочего чертежа одни и те же эксплуатационные свойства отдельных элементов детали можно нормировать разными параметрами и разными значениями. МП позволяет в процессе разработки документации найти оптимальные решения по выбору этих параметров.

Отсюда следует, что МП предупреждает появление недостатков в разрабатываемой документации, а чем раньше будут выявлены эти недостатки, тем эффективней будет помощь производству со стороны метрологической службы, тем реальнее вклад этой службы в производство.

МЭ также нужна, особенно когда изготовитель изделий не связан административно с разработчиком документации, и поэтому изготовителю надо убедиться при приемке документации в качественной ее разработке в отношении возможности измерений всех точностных требований, указанных в ней.

На практике в отношении рассматриваемой деятельности часто употребляется термин **метрологический контроль**. Это более широкое понятие, под которым понимается проверка соблюдения метрологических правил и норм, установленных в нормативных документах. Например, если на предприятии имеется набор стандартов предприятия по выбору средств измерений, то проверку соблюдения этих стандартов может осуществлять нормоконтролер и не нужно привлекать эксперта специалиста-метролога.

#### **5.1.2. Конструкторская документация на средства измерений, подлежащая метрологической проработке и метрологической экспертизе**

Чертеж планируемого к выпуску изделия является основным исходным документом, на базе которого осуществляется весь комплекс работ по подготовке производства.

Все остальные работы, в том числе и разработка технологического процесса, основываются на требованиях чертежей, поэтому метрологическое обеспечение чертежей является исходным этапом по метрологическому обеспечению всей подготовки производства.

В отношении документации, подвергаемой МП (МЭ) можно сказать, что этим процедурам должна подвергаться вся документация, в которой должны устанавливаться требования к точности каких-либо параметров или должны приводиться сведения об использовании методов и средств измерений.

МП должна проводиться на всех этапах разработки документации, и эту работу можно разделить на три этапа:

- подготовка и разработка технического задания;
- разработка технического предложения или технического проекта;
- разработка рабочей документации.

На этапе разработки документации для изготовления средств измерений обязательной МП (МЭ) должны подвергаться следующие документы:

### ***1. На этапе подготовки и разработки технического задания:***

- заявка на разработку;
- техническое задание;
- рабочие чертежи детали или изделия, для которых должно быть разработано средство измерений или нормативный документ, в котором указаны точностные требования к объекту, для которого должно быть разработано средство измерений.

***2. На этапе технического предложения (технического проекта)*** МП (МЭ) должны подвергаться непосредственно предложения как реализации требований в соответствии с техническим заданием. Если техническое предложение (проект) не предусматривается как этап создания документации, то те задачи по МП (МЭ), которые должны быть проведены на этом этапе, должны быть проведены при МП (МЭ) рабочего проекта.

### ***3. На этапе разработки рабочей документации:***

- чертежи установочной меры, если она предусмотрена методикой измерений;
- технические условия;
- программа и методика испытаний на утверждение типа средств измерений или аттестаций;
- методика поверки (калибровки) и других эксплуатационных документов.

## **5.1.3. Цели и содержание метрологической проработки (метрологической экспертизы) конструкторской документации при разработке средств измерений**

Цель МП (МЭ) конструкторской документации заключается в обеспечении контролепригодности точностных требований, установленных в документации.

Под **контролепригодностью** понимается возможность измерений нормируемых параметров с допускаемой погрешностью в конкретных условиях производства, т.е. если специалист-метролог провел МЭ какого-то документа с положительным результатом, то он дает заключение, что все требования к точности, указанные в этом документе могут быть выполнены на конкретном производстве.

В этом заключается основная сущность МП (МЭ) для всех видов технической документации в машиностроении. Необходимость проведения такой работы вызвана тем, что в настоящее время постоянно усложняются объемы требований, предъявляемых к точностным показателям деталей, узлов и изделий, появляются новые параметры и средства измерений, о которых разработчики документации могут еще не знать, но о которых должен знать специалист метролог, т. е. специалист в области измерений.

Вот эти его знания и должны быть использованы при разработке документации. При проведении МП (МЭ) должны решаться специфические задачи в зависимости от вида рассматриваемого документа:

*1. Метрологическая проработка (экспертиза) заявки.*

Целью проведения работы является установление возможности и целесообразности разработки средств измерений в соответствии с требованиями, указанными в заявке.

При МП (МЭ) заявки анализируются следующие данные:

- однозначное понимание предъявляемых требований, а если толкование может быть неоднозначным, то их следует уточнить;
- оценка контролепригодности измеряемого параметра объекта, если требуется создавать специальное средство измерений, т.е. можно ли в принципе измерить параметр с приведенными точностными требованиями и выявить, в какой мере обоснованы и достоверны требования, которые установлены для разрабатываемого средства измерений;
- предварительная оценка требований к условиям, которые должны быть созданы для измерений разрабатываемым средством измерений, обеспечивающих требования к точности и возможности реализации этих условий в местах использования средств измерений;
- предварительная оценка возможности обеспечения поверки разрабатываемого средства измерений предлагаемыми методами, средствами и условиями.

Если по каким-то требованиям будут получены отрицательные результаты, то специалист, проводящий МП (МЭ) должен совместно с представителем заказчика рассмотреть возможность уточнения предъявляемых требований и целесообразность разработки средства измерений.

*2. Метрологическая проработка (экспертиза) технического задания (ТЗ).*

Целью проведения работы является определение соответствия технических требований к средству измерений по его назначению, возможности обеспечения средствами и условиями поверки (калибровки) и предварительная оценка обеспечения экспериментальных работ и производства средствами, условиями, методами и методиками измерений.

При МП (МЭ) технического задания анализируются следующее:

- правильность терминологии, наименования и обозначения величин, однозначность понимания приведенных требований;
- обоснованность и достаточность метрологических характеристик;
- наличие взаимной увязки требований, предъявляемых к средству измерений;
- соответствие установленных требований обязательным требованиям нормативных документов (например, в стандартах);
- выявляется необходимость разработки новых средств измерений и методов измерений, необходимых для экспериментальных исследований при разработке средства измерений или приобретении;

- полнота или излишество указанных условий, в которых будет использоваться, храниться и проверяться средство измерений;
- предварительная оценка возможности обеспечения производства средствами измерений, условиями и методиками измерений.

*3. Метрологическая проработка (экспертиза) рабочего чертежа объекта измерений или заменяющего его нормативного документа.*

МП этого документа производится в тех случаях, если в него можно внести изменения, а если этого делать нельзя, то производится МЭ. При отрицательных результатах МЭ следует рассмотреть вопрос о целесообразности создания средства измерений.

Целью проведения работы является определение возможности измерений с необходимой точностью по установленным требованиям. При проведении МП (МЭ) документа на объект измерений рассматриваются следующие данные:

- правильность терминологии и обозначений;
- правильность взаимной увязки требований к точности размеров, отклонений формы и расположения, шероховатости и других требований.

*4. Метрологическая проработка (экспертиза) технического предложения (проекта).*

Целью проведения работы является выявление работоспособности и предпочтительность выбранной схемы измерений, достаточности выдвинутых требований к средству измерений и установочным мерам.

При МП (МЭ) технического предложения (проекта) анализируются следующие данные:

- выполнение рекомендаций, данных при ранее проведенных работах по МП (МЭ), в том числе правильность терминологии;
- проверка работоспособности схемы измерений;
- проверка соблюдения принципа единства баз;
- проверка соотношений между значениями допусков на измеряемые параметры и допускаемых погрешностей измерений, допускаемой погрешности разрабатываемого прибора и погрешностью установочных мер;
- достоверность методики аттестации установочной меры;
- возможность обеспечения условий измерений, требуемых при эксплуатации разрабатываемого средства измерений.

*5. Метрологическая проработка (экспертиза) рабочего чертежа установочной меры.*

Целью проведения работы является оценка конструкции с точки зрения подобия ее объекту измерений, необходимость и достаточность точностных требований и оценка контролепригодности.

При МП (МЭ) чертежа установочной меры анализируются следующие данные:

- выполнение рекомендаций данных ранее при проведении МП (МЭ), в том числе в отношении терминологии и однозначности понимания;

- соблюдение принципа единства баз;
- соответствие размеров, конфигураций, материала, массы, твердости и т. д., тем же параметрам измеряемого объекта;
- влияние неточности выполнения прочих параметров меры на погрешность установки;
- соотношение значений допусков на рабочие размеры меры, допускаемые погрешности средства измерений и допуска на измеряемый параметр объекта измерений, если такие соотношения не были проверены при анализе технического предложения;
- взаимная увязка значений допуска на размер, отклонение формы, отклонения расположения, шероховатости и других требований;
- контролепригодность рабочих размеров (если не анализировались на этапе технического предложения);
- контролепригодность остальных параметров меры, для которых нормируются точностные требования.

#### *6. Метрологическая проработка (экспертиза) технических условий (ТУ).*

Целью проведения работы является установление достаточности и обоснованности требований, предъявляемых к метрологической характеристике, возможности обеспечить эти требования в условиях эксплуатации, возможность реализации, достоверность методики выполнения измерений, обеспечение техники безопасности.

При МП (МЭ) технических условий анализируются следующие данные:

- соответствие технической характеристики назначению средства измерений, при этом должно быть обращено внимание на нормирование диапазона измерений, диапазона показаний, цены деления (масштаба увеличений для записи или дискретности отсчета для цифровых устройств), погрешности средства измерений и ее случайной части, измерительное усилие и его перепад;
- соответствие метрологической характеристики средства измерений обязательным требованиям стандарта;
- наличие, правильность и полнота требований для условий эксплуатации, т. е. правильность установления набора основных влияющих величин (температура, ее колебание и отклонение, влажность, вибрации, атмосферное давление и т.д.), обоснованность, достаточность и реализуемость требований и отклонений этих величин от нормальных значений, правильность и полнота изложения требований к условиям измерений;
- обоснованность достаточность точностных требований к относительному положению и перемещению функциональных элементов средства измерений;
- достаточность и достоверность методик поверки требований, указанных в ТУ;
- полнота и определенность описания метода поверки (калибровки)



средства измерений с оценкой экономичности этой методики и соответствия ее варианту использования средства измерений;

- правильность указаний по безопасности работы.

*7. Метрологическая проработка (экспертиза) программы и методики испытаний (в том числе на утверждение типа) или метрологической аттестации.*

Целью проведения работы является выявление полноты этих документов, возможности реализации и достоверность методик измерений. При МП (МЭ) программ и методик испытаний анализируются следующие данные:

- полнота программ, т. е. включение в нее проверок всех характеристик, которые даны в технических условиях;
- соответствие документа требованиям для утверждения типа средств измерений;
- проверка данных как при анализе ТУ на средства измерений.

*8. Метрологическая проработка (экспертиза) эксплуатационных документов.*

Целью проведения работы является выявление полноты разделов, регламентирующих эксплуатацию средств измерений, полнота данных по калибровке и возможность реализации указанных методов калибровки. При МП (МЭ) эксплуатационных документов анализируются следующие данные:

- полнота разделов, регламентирующих эксплуатацию средства измерений, правильность и полнота используемого алгоритма при обработке результатов измерений;
- полнота раздела по калибровке средства измерений в процессе эксплуатации, т.е. контроль всех характеристик, могущих измениться в процессе эксплуатации;
- установление возможности реализации указанных методик калибровки при помощи стандартных мер и средств или специальных эталонов и устройств, комплектуемых со средством измерений.

## **5.2. УТВЕРЖДЕНИЕ ТИПА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ И МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ АТТЕСТАЦИЯ НЕСТАНДАРТИЗОВАННЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

Метрологическое обеспечение действующего производства и подготовки этого производства осуществляется и контролируется, прежде всего, метрологическими службами предприятий и организаций, производящих продукцию или оказывающих услуги населению. Ответственность за уровень метрологического обеспечения, то есть за точность измерений, несут руководители этих предприятий и организаций в общем комплексе ответственности за качество выпускаемой продукции.

Поэтому, от степени заинтересованности производителей в качестве выпускаемой продукции и услуг, зависит, в значительной мере, и отношение к метрологическому обеспечению на всех этапах подготовки и непо-

средственной деятельности. Издержки и неудачи производства, в том числе, из-за метрологического обеспечения отражаются на финансовом положении этих предприятий и организаций.

Таким образом, в большинстве производств вопросы метрологического обеспечения полностью отнесены к деятельности этих предприятий и организаций, и государство не вмешивается в деятельность, связанную с метрологическим обеспечением, т.е. с точностью производимых на производстве измерений.

Однако есть ряд производств и видов деятельности по оказанию услуг населению, когда государство считает необходимым взять на себя защиту прав и законных интересов граждан, установленного правопорядка и экономики Российской Федерации от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений.

Это участие государства в обеспечении точности измерений называется в законе «Об обеспечении единства измерений» как «Государственный метрологический контроль и надзор». Этот контроль и надзор касается далеко не всех видов деятельности и подробнее будут рассмотрены в п.

В сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, подвергаются обязательным испытаниям средства измерений с последующим утверждением типа средств измерений.

#### **5.2.1. Утверждение типа средств измерений**

В законе «Об обеспечении единства измерений», где перечислены сферы распространения государственного метрологического контроля и надзора, не выделены конкретные виды средств, подвергаемые обязательным испытаниям с утверждением типа, но из закона следует, что таким испытаниям должны подвергаться практически все, изготавливаемые на рынок, т. е. на продажу, средства измерений.

Требования об обязательных испытаниях со стороны государства не распространяются на изготовление единичных образцов приборов и не предназначенных для производства на рынок. Обязательным испытаниям подвергаются средства измерений, предназначенные для их производства, и, в том числе, средства измерений, закупаемые партиями по импорту, если между импортируемой стороной и Россией нет соглашений о признании результатов испытаний.

На испытания с целью утверждения типа, представляются приборы из изготовленной партии при освоении их производства или могут быть представлены опытные образцы этих приборов. По результатам обязательных испытаний, если будет сделано заключение, что средство измерений выдержало эти испытания, Госстандарт выносит заключение об утверждении типа средств измерений.

Это решение подтверждается сертификатом об утверждении типа, срок действия которого устанавливается видом сертификата. В этом случае дается разрешение на производство.

Если на испытания были представлены образцы приборов в виде

опытных, то в сертификате указывается, какое количество приборов разрешается выпускать.

Утвержденный тип приборов вносится в т. н. Государственный реестр средств измерений, который ведет Госстандарт России. Внесение средства в Государственный реестр означает, что это средство может быть допущено к применению в тех сферах деятельности, на которые распространяется государственный метрологический контроль и надзор.

В официальных изданиях Госстандарта публикуется информация об утвержденных типах приборов или отмене этого решения. Испытания средства измерений для утверждения типа проводятся научно-метрологическими центрами Госстандарта или другими специализированными организациями, которые должны иметь аккредитацию в качестве Государственных центров испытаний средств измерений.

На средствах измерений, прошедших испытания на утверждение типа, должны наноситься знаки утверждения типа, а, если это невозможно, то знак наносится только в эксплуатационной документации.

Госстандартом устанавливается порядок представления средств измерений и требований к документации, которая должна быть представлена вместе с приборами, а также порядок оформления результатов испытаний.

#### **5.2.2. Метрологическая аттестация нестандартизованных средств измерений**

Государственные испытания средств измерений для последующего утверждения типа средств измерений является одним из видов работ по государственному метрологическому контролю и надзору. Испытание и утверждение типа относятся к средствам измерений, предназначенных для серийного производства.

Однако, на производстве часто применяются измерительные приборы не серийного производства. Также много применяется приборов, закупаемых за рубежом в виде единичных экземпляров, точностные характеристики, которых не соответствуют требованиям отечественных стандартов или нет их отечественных аналогов.

Такие средства измерений называют нестандартизованными средствами измерений или специальными средствами. Под нестандартизованными средствами измерений следует понимать средства, изготавливаемые в виде единичных экземпляров и создаваемые под конкретную деталь, узел или механизм. Для таких средств измерений нецелесообразно проводить обязательные государственные испытания для утверждения типа и включать их в Государственный реестр. Однако, при создании таких средств измерений, вне зависимости от сферы их применения, должно проводиться метрологическое обеспечение.

Целью метрологического обеспечения средства измерений является обеспечение условий создания средства измерений, отвечающего целевому назначению и обеспечению постоянства готовности этих средств к выпол-

нению измерений с допускаемой погрешностью.

Метрологическое обеспечение при создании нестандартизованных средств измерений в полном виде должно включать в себя:

- метрологическую проработку или экспертизу технического задания на разработку средства измерений;
- метрологическую проработку или экспертизу конструкторской документации;
- метрологическую аттестацию;
- разработку документации на методы и средства поверки или калибровки;
- поверку средства измерений в процессе эксплуатации.

При проведении метрологической проработки или экспертизы конструкторской документации следует обратить внимание на правильное нормирование метрологических характеристик, подлежащих поверке при изготовлении и эксплуатации с указанием конкретных методов и средств, используемых при проведении этих поверок.

При этом должна быть выявлена необходимость разработки и изготовления вместе с нестандартизованным средством измерений специальных средств для поверки разрабатываемых приборов, если нельзя осуществить эту поверку с помощью существующих средств. Специфической работой по метрологическому обеспечению, при создании нестандартизованных средств измерений, является метрологическая аттестация.

Метрологической аттестацией средств измерений называется экспериментальное определение погрешности измерений этим средством и пригодности его к применению по назначению.

Целью аттестации является:

- выявление пригодности его по основному функциональному назначению;
- определение действительных значений метрологических характеристик и соответствие их требованиям технического задания;
- уточнение комплекта метрологических характеристик, подлежащих поверке (калибровке) в процессе эксплуатации;
- оценка правильности выбора методов и средств поверки (калибровки) и установления межповерочного интервала.

В законе нет строгих рекомендаций о том, кто должен проводить метрологическую аттестацию, но совершенно однозначно, что это должно быть осуществлено под руководством метрологической службы предприятия, где это средство измерений будет использоваться, при участии разработчиков и изготовителей этого средства.

Аттестацию могут проводить по договору и сторонние специализированные организации, в том числе и Госстандарта. Для простейших специальных средств измерений, разрабатываемых предприятием для собственных нужд, процедура метрологической аттестации может быть значительно упрощена и проводиться по сокращенной программе. Может быть

разработана типовая методика аттестации близких по конструкции средств измерений.

Главное при метрологической аттестации – убедиться, что созданное средство измерений выполняет свое функциональное назначение, поскольку еще нередки случаи, когда разработанное средство формально закрывает потребности на определенном этапе производства, но, в принципе, не может обеспечить требуемой точности измерений.

На базе методики аттестации нестандартизованного средства измерений разрабатывается методика периодической поверки (калибровки). При поверке нестандартизованного средства измерений, целесообразно использовать эталонную меру, представляющую собой прототип объекта измерений.

### **5.3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ**

#### **5.3.1. Методики проведения измерений**

Разработка методик проведения измерений является наиболее важной работой по метрологическому обеспечению при подготовке производства.

Если провести измерения одного и того же параметра на одном и том же объекте, но по разным методикам, то значения измеряемого параметра могут отличаться и, в некоторых случаях, значительно. Связано это, прежде всего с тем, что обработанные поверхности, как правило, не имеют идеальной формы.

Методика выполнения измерений – это нормативный документ по обеспечению единства измерений, в котором рассматривается последовательность применения средства измерений с вспомогательными устройствами и способ обработки результатов непосредственных измерений для определения значений параметров физических величин или соответствия этих параметров заданным предельным значением.

В законе Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» указывается, что измерения должны осуществляться в соответствии с аттестованными в установленном порядке методиками. Порядок разработки и аттестации методик выполнения измерений устанавливаются Госстандартом РФ.

В настоящее время в полном объеме такой порядок еще не установлен. Институты Госстандарта разрабатывают только некоторые варианты по порядку аттестации. Это объясняется наличием определенных трудностей, связанных с учетом методической составляющей погрешностей измерений. Формально при аттестации методик, погрешность ее должна включать в себя и методическую составляющую. Но, вместе с тем, методика измерений должна создаваться для нормируемого параметра. Методическая составляющая считается отсутствующей, если процесс измерений указан в каком-либо нормативном документе.

### 5.3.2. Содержание методики проведения измерений

Общие требования к методикам выполнения измерений указаны в ГОСТ 8.010-72.

Рассмотрим разделы, которые должны быть практически в каждой методике измерений.

#### *1. Назначение и область применения методик проведения измерений.*

В зависимости от требуемой точности измеряемого параметра или точностного состояния технологического процесса может оказаться, что для одного и того же вида измерений необходимо разрабатывать отличающиеся методики. Например, для измерений цилиндрического вала могут быть отдельные методики с использованием разных видов универсальных средств измерений – штангенциркуля, микрометров, скоб, оптиметра и т. д.

Поэтому, целесообразно создавать отдельные методики в зависимости от нормируемой точности, габаритных размеров, точности технологического процесса. Могут быть отдельные методики для приемочного и для технологического контроля, т. е. область применения методик может быть различной даже для одного вида изделий, при измерении одного и того же параметра.

Таким образом, даже для одного вида измеряемых элементов детали, может быть несколько методик измерений.

#### *2. Требования к средствам измерений и вспомогательным устройствам.*

Средства, используемые для измерений, должны быть указаны с исчерпывающими подробностями. Если это универсальные средства измерений, то должен быть назван документ, в котором указаны точностные требования к этим средствам. Если используются специальные средства измерений, то должно быть указано полное наименование и условный шифр, под которым это средство измерений зарегистрировано в каком-либо документе.

Если при разработке методики проведения измерений требуется средство измерений, которое еще отсутствует, то должны быть сформулированы основные требования, которым должно отвечать вновь разрабатываемое средство измерений, в том числе с указанием степени автоматизации.

Отдельно в методике должны быть указаны используемые вспомогательные устройства, т. е. устройства для базирования измеряемой детали или установки отсчетного устройства первичного преобразователя, если оно не входит в конструкцию используемого средства измерений. Эти вспомогательные устройства, при некоторых измерениях могут оказать значительное влияние на погрешность измерений, даже больше, чем погрешность отсчетных устройств. Так, при измерении биения, отклонения формы недостаточная жесткость штативов и стоек может внести погрешность больше, чем погрешность отсчетной системы при большом перепаде измерительного усилия. Если используются стандартизованные вспомога-

тельные устройства, то необходимо указать модель (тип) этого устройства и полное наименование документа, в котором приведены технические требования.

### *3. Алгоритм операций подготовки и выполнения измерений.*

Методика должна содержать подробное описание последовательности действий оператора по подготовке всей материальной части используемой при измерении. Эта последовательность должна быть технически оправданной и оптимальной по времени.

Последовательность действий должна быть изложена с такими подробностями, чтобы оператору не потребовалось дополнительных разъяснений. Последовательность (алгоритм) выполнения измерений представляет в значительной мере расшифровку понятия измеряемого параметра. Так, в методике должно быть указано, во скольких сечениях требуется проводить измерения, как должны располагаться эти сечения, во скольких и каких точках требуется проводить измерения.

В этом отношении алгоритм измерений может отличаться для одинаковых видов измеряемых объектов и измерений одного и того же параметра точности. Так, для цилиндрических элементов детали изготовленных на разном оборудовании в зависимости, например, от доминирующих отклонений формы может быть назначено разное количество измеряемых сечений.

Алгоритм процесса измерений, прежде всего, определяет возможную методическую составляющую погрешности измерений. Так, определение значений размера цилиндрической поверхности зависит от количества выбранных точек измерений, от числа выбранных сечений и их расположения, как вдоль оси, так и перпендикулярно оси, когда необходимо определить размер по максимуму материала.

### *4. Требования к факторам, влияющим на погрешность измерений.*

В методике проведения измерений должны быть указаны требования к условиям проведения измерений, т. е. значения физических величин, которые могут оказать влияние на погрешность измерений. Наиболее полное представление данных о влияющих факторах, это не только перечисление влияющих факторов и их предельных значений, но и нормирование этих требований в виде функции выраженной графиком, таблицей или математическим выражением и характеризующей связь между значением влияющих факторов и их влиянием на погрешность измерений. Например, зависимость в виде графика, по которому можно было бы найти значение составляющей погрешности измерений от значения или колебания температуры окружающей среды. Тогда, температуру окружающей среды определяют по термометру, и по графику определяется значение составляющей погрешности измерений от температурных деформаций.

Однако, связи между влияющими факторами и погрешностью измерений весьма сложны, являются многопараметрическими. Поэтому, необходимо указывать диапазон значений влияющих факторов, в которых ими можно пренебречь. Во многих случаях такие данные устанавливаются ин-

туитивно с учетом накопленного опыта и, чаще всего, по аналогии с другими методиками измерений.

*5. Алгоритм обработки результатов измерений и оценки показателей точности измерений.*

При измерении в машиностроении весьма редки случаи, когда показания прибора отражают именно нормируемое значение измеряемой величины. В результате измерений выявляются несколько значений измеряемой величины в разных точках измеряемой поверхности, при разных положениях элементов деталей и при других условиях, обусловленных алгоритмом измерений.

Естественно, что возникает задача математической обработки полученных результатов. Так, когда измеряется диаметр цилиндрического элемента детали в разных сечениях, необходимо назвать значения диаметра этой цилиндрической поверхности, особенно при определении предельного размера, соответствующего максимуму материала.

Разработка алгоритма обработки результатов измерений, проведенных с учетом последовательности проведения измерений, является основой, принципиальной сущностью методики измерений. В алгоритме обработки результатов измерений заложено толкование теоретического понятия о измеряемом параметре. При разных алгоритмах обработки можно получить разные значения измеряемых величин.

Так, при измерении размеров цилиндрических поверхностей в нескольких сечениях в качестве размера соответствующего максимуму материала необходимо определять диаметр прилегающего цилиндра. Однако, этого почти никогда не делают. Размер по прилегающему цилиндру будет отличаться от размера определенного для вала по наибольшему размеру при наличии частных отклонений формы в продольном сечении и в виде конусообразности, седлообразности и бочкообразности.

Таким образом, алгоритм обработки результатов измерений является одним из основных разделов методики проведения измерений. От этого алгоритма, так же как и от алгоритма проведения измерений зависит методическая составляющая погрешности измерений.

При обработке результатов измерений часто приходится пользоваться упрощенными или приблизительными зависимостями, что так же влияет на методическую составляющую.

Например, при определении диаметра окружности по ее длине используется значение « $\pi$ », которое может быть взято с разным округлением.

Алгоритм обработки результатов измерений должен быть использован для оценки погрешности определения измеряемого параметра по используемой методике.

Сам алгоритм не позволяет всегда достоверно оценить методическую составляющую погрешности измерений. Поэтому, во многих случаях, при разработке методики измерения, необходимо фиксировать тот накопленный опыт обработки результатов измерений, на базе которого разработана



техническая документация с нормированием требований к точности измеряемого параметра.

Если многолетний опыт показал, что при нормировании значений параметра при измерении его по определенной методике обеспечивается качество выпускаемой продукции, то, видимо, такой методике можно доверять и использовать ее даже не зная, какова погрешность измерений при ее использовании. Многие разработчики технической документации представляют себе нормируемые параметры не в том виде, как они сформулированы теоретически, а как этот параметр измеряется, и что принимается за результаты измерений после обработки полученных данных.

#### *6. Требования к квалификации оператора.*

При измерениях оператор должен иметь навык работы с используемым средством, тогда можно оценить некоторые виды субъективных погрешностей. Если такого навыка у оператора нет, то погрешность, которую он может внести в результаты измерений, непредсказуема. Так, при измерении микрометрами часто у неопытного оператора появляется погрешность значением равным 0,5 мм из-за ошибки при отсчете по шкале на стебле.

#### *7. Требования к технике безопасности.*

В каждой методике должны быть указаны требования к приемам работы, при которых должна обеспечиваться безопасность оператора.

### **5.3.3. Аттестация методик проведения измерений**

В законе Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» указывается, что методики, по которым производится измерение, должны быть аттестованы в порядке, установленном Госстандартом России. В ГОСТ 8.010-76 приведены только общие требования стандартизации и аттестации методик выполнения измерений без достаточной расшифровки этого понятия, т.е. в этом документе нет технического наполнения работ по аттестации методик измерений.

Термин «аттестация» при измерении подразумевает выдачу документа, в котором указывается значение аттестуемого параметра или показателя.

Поэтому, в указанном стандарте под метрологической аттестацией методик выполнения измерений имеется в виду «исследования, направленные на определение значений показателей точности измерений, выполняемых в соответствии с данной методикой». В соответствии с указанным стандартом при аттестации должен составляться технический отчет.

### **5.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ**

Для успешного метрологического обеспечения машиностроительного производства, необходимо разрабатывать систему измерений на всех этапах технологического процесса от заготовки до готового изделия. Особенно важна и необходима разработка такой системы в условиях автомати-

зированной производства, в том числе и в условиях применения гибких производственных систем (ГПС).

Единая система измерений для всех видов производств на данном этапе его развития ещё не создана, так как многие решения по метрологическому обеспечению и, в частности, по выбору средств измерений, зависят от вида изготавливаемых деталей, требований к их точности, размеров деталей, точности и устойчивости технологических процессов.

Устойчивая работа по выпуску деталей необходимой точности, особенно в условиях автоматизированного производства, может быть только тогда, когда технологический процесс имеет запас по точности в пределах 30...50 % от наименьшего значения допуска для элемента детали. При отсутствии запаса точности практически невозможно, особенно при автоматизированном производстве, обеспечить выпуск всей продукции как годной. Тогда, естественно, встает вопрос о необходимости 100 % измерений всех изделий, что экономически нецелесообразно, но иначе выпуск качественной продукции практически не может быть обеспечен.

Рассмотрим принципиальные подходы при решении ряда вопросов, которые возникают при создании системы измерений.

#### **5.4.1. Место проведения измерений**

Измерения должны производиться как можно ближе к месту возможного появления погрешности изготовления. Самым близким местом для измерения является непосредственно станок. Поэтому во всех ГПС при обработке деталей сложной формы, в частности корпусных, как правило, используются контактные головки для измерений после окончания обработки по основным точностным параметрам обработанной детали.

Такая близость измерений к возможным источникам появления погрешности позволяет оперативно принять меры сразу, как только выясняется выход измеряемых параметров за допускаемые пределы. Однако этот способ измерений не лишен существенных недостатков. При данных измерениях выявляется степень перенесения точности станка на точность обработанной детали.

Выявляется при таких измерениях и погрешность из-за отжима режущего инструмента, от износа инструмента, от вибрации, т. е. в основном случайные составляющие погрешности обработки. Систематические погрешности станка обычно не выявляются. Так, если, например, направляющие, по которым перемещается узел станка с инструментом, непрямолинейны, то по этой криволинейной траектории будет перемещаться инструмент при обработке и по той же траектории перемещается наконечник измерительной головки при измерении детали.

При базировании детали на станке, не всегда технологические базы совпадают с измерительными, а, следовательно, не будет при измерении на станке выявляться в полной мере служебное назначение обработанной детали.

Недостатком способа измерений на станке является так же и простой технологического оборудования во время измерений.

Таким образом, измерения на станке после изготовления детали имеет свои достоинства и недостатки. Поэтому, при использовании данных измерений, необходимо принимать во внимание их техническую целесообразность, с учетом имеющегося запаса на точность изготовления. В большинстве случаев лучшим является проведение измерений в необходимом объеме у обрабатывающего станка в режиме подналадки и не обязательно в автоматическом цикле.

Вполне оправдано технически и экономически использовать для измерений около станка оператора-наладчика.

Для повышения производительности обработки без снижения точности следует применять приборы для измерений в процессе обработки на станке и управления режимами станка по результатам измерений.

Измерения после обработки всех элементов детали в конце технологического процесса в большинстве случаев, является неоправданными, особенно в условиях автоматизированного производства. В самом деле, какой смысл изготовить все элементы детали, а в конце обработки выявить, что деталь является бракованной по какому-то параметру, и брак этот появился, например, на операции в самом начале обработки.

В некоторых случаях возникает необходимость измерять все элементы у всех деталей:

- точность изготовления не имеет достаточного технологического запаса и измерениями исключается проникновение бракованных деталей в годные из-за неудачного сочетания погрешности изготовления на разных этапах обработки;
- при осуществлении селективной сборки, в конце обработки необходимо разделять детали на разные группы;
- когда по условиям производства деталь необходимо снабжать аттестатом по основным эксплуатационным параметрам.

#### **5.4.2. Выбор измеряемых параметров**

Необходимо измерять те параметры детали, которые непосредственно связаны с определенными показателями точности технологического процесса, т.е. параметры, точностные показатели которых, при превышении нормируемых пределов, должны вызвать конкретные действия оператора по устранению причин выхода их значений за допускаемые пределы.

Связано это с тем, что в современном производстве, особенно автоматизированном, должен использоваться принцип технологического обеспечения точности. При использовании этого принципа основное назначения измерений должно заключаться в анализе точности технологического процесса во все периоды работы (в режиме текущего времени).

Для измерения непосредственно детали, необходимо так же выбирать для измерений параметры, точность которых характеризует неустой-

чивые параметры технологического процесса или параметра, по которым нет требуемого запаса по точности. Для большинства производств машиностроения, особенно автоматизированного производства, таким неустойчивым параметрам технологического процесса является стойкость режущего инструмента.

Попытки полной автоматизации измерений износа инструмента в настоящее время недостаточно эффективны. Надежно осуществляются только выявления случаев поломки инструмента. Поэтому в ГПС чаще всего осуществляется принудительная замена инструмента после определенного времени его использования, хотя смена инструмента часто производится при износе его всего на 60...70% от нормы.

При выборе измеряемых параметров нецелесообразно использовать комплексные показатели точности, например, используя гладкие проходные калибры, которые относительно надежно позволяют выявить собираемость, но не дают надежной информации о состоянии точности технологического процесса, например, в отношении отклонений формы.

В качестве параметра для оценки точностного состояния технологического процесса целесообразно измерять выборочно отклонения формы обработанных элементов детали.

#### **5.4.3. Автоматизация процессов измерений**

Вопросы выбора автоматических и автоматизированных средств измерений подробно рассмотрены в специальной литературе. Здесь же коротко остановимся на использовании автоматических и автоматизированных средств измерений в условиях автоматизированного производства, и, в частности, в ГПС. Ошибочны представления о том, что в таких системах для измерений должны использоваться только автоматические средства, поскольку процесс изготовления автоматический.

Полностью автоматизация процессов измерений в ГПС практически невозможна. Правда, в ГПС по обработке корпусных деталей сложной конфигурации около станка может быть установлена координатно-измерительная машина (КИМ) с полной автоматизацией процесса измерений, но экономически такое решение оказывается невыгодным, а, в большинстве, случаев может оказаться и технически неоправданным, если технологическое оборудование обладает запасом точности.

Наблюдение за точностью технологического процесса должен осуществлять оператор. В условиях автоматизированного производства оператор должен совмещать в себе и наладчика станков, и контролера, способного производить измерения с требуемой точностью. Для такого оператора целесообразно использование универсальных средств измерений с цифровым отсчетным устройством, а в некоторых случаях и с микропроцессорами.

Конечно, в условиях автоматизированного производства следует чаще применять автоматизированные и автоматические средства измерений, в том числе и в качестве подналадчиков, но только тогда, когда в условиях

ГПС такие устройства получаются простыми, надежными, могут быть легко переналажены на детали другого размера. Например, при обработке деталей типа «тел вращения» с несколькими различными по размеру наружными поверхностями, вполне можно изготовить быстропереналаживаемое контрольно-подналадочное устройство для измерений ответственных посадочных поверхностей при установке детали в быстросменные или быстропереналаживаемые призмы. По биссектрисе этой призмы устанавливается стержень первичного преобразователя, а настройка такого устройства может быть быстро осуществлена по установочной мере. В качестве автоматизированных средств измерений при автоматизированном производстве есть смысл использовать в требуемой мере и блокировочные устройства.

Следует отметить, что блокировочные и диагностические устройства, так же как и контрольные устройства, в принципе, являются измерительными средствами, поскольку во всех этих устройствах осуществляется сравнение физической величины с некоторыми ее значениями, принятыми за единицу сравнения. Отличие между этими устройствами только в их назначении, в целях сравнений (измерений), что и отражается в названии. Так, блокировочные и диагностические устройства так же, как и измерительные устройства, в автоматизированном производстве определяют параметры состояния технологического оборудования и по результатам измерений выдаются сигналы, если значения измеряемого параметра превышают допусковые. Например, измеряется температура подвижного сопряжения в определенном узле станка и выдается сигнал опасности, если температура в результате измерений оказывается больше заданных значений.

Можно считать такое устройство как блокировочное, поскольку благодаря ему выявлено повышение температуры и будут приняты меры по устранению причин появления высокой температуры. Можно это устройство назвать и диагностическим, поскольку с помощью измерений установлено место неисправности в технологическом оборудовании. Но суть всех этих устройств остается единой – это средство измерений, производимых для разных целей.

При автоматизации процессов изготовления без участия оператора надо иметь в виду, что чем больше любое оборудование будет снабжаться блокировочными и диагностическими устройствами, тем менее надежным будет в работе это технологическое оборудование, поскольку дополнительные измерительные устройства, так же обладают вероятностью отказов. Блокировочные и диагностические устройства необходимо устанавливать только в тех случаях, когда измеряемые параметры являются характерными для данного технологического процесса и появление этого неблагоприятного параметра обладает относительно большой вероятностью.

#### **5.4.4. Статистические методы анализа точности обработки**

При наличии отлаженного технологического процесса в системе измерений на производстве целесообразно использовать статистические (выборочные) методы анализа точностного состояния процесса изготовления. В ГПС такой анализ следует признать обязательным для накопления опыта использования конкретных автоматизированных производств и для анализа и поддержания точности обработки в режиме текущего времени. Подробное рассмотрение статистических методов анализа приведено в специальной литературе.

### **5.5. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИ СЕРТИФИКАЦИИ И РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ КАЧЕСТВА**

#### **5.5.1. Метрологическое обеспечение при сертификации продукции и услуг**

Сертификация продукции – это деятельность по подтверждению соответствия продукции установленным требованиям. Сертификат соответствия – документ, выданный по правилам системы сертификации для подтверждения соответствия сертифицированной продукции установленным требованиям.

Сертификация, преследует несколько целей:

1. Создание условий для деятельности предприятий и организаций на едином товарном рынке в Российской Федерации и участия в международной торговле.
2. Содействие потребителям в компетентном выборе продукции.
3. Защита потребителя от недобросовестного поставщика.
4. Контроль безопасности продукции для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества.
5. Подтверждение показателей качества продукции, заявленных изготовителем.

Принципиальная сущность сертификации и услуг заключается в том, что кто-то третий, находящийся между изготовителем и потребителем, независимый от того и другого, делает заключение о том, что производимая продукция или услуга действительно соответствуют требованиям к этой продукции или услуге, указанным в конкретной нормативной документации. И чем выше авторитет организации, выдавшей сертификат, тем больше доверие к продукции, на которую этот сертификат выдан.

Не случайно многие наши товары на международном рынке приходится продавать по более низким ценам, чем продукция других фирм из-за отсутствия сертификатов, хотя по своему качеству она часто выше, чем продукция этих фирм.

Законом Российской Федерации от 10 июня 1993 года «О сертификации продукции и услуг» установлена обязательная и добровольная сертификация. Обязательная сертификация осуществляется в случаях, преду-

смотренных законодательством Российской Федерации. В основном, это относится к контролю безопасности продукции для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества. В частности, в стандартах должны учитываться требования к продукции, в отношении которой изготовитель продукции при выпуске должен иметь сертификат.

Добровольная сертификация проводится по инициативе предприятий и организаций, а также отдельных граждан. Это делается для повышения престижа выпускаемой продукции или оказываемых услуг. Организация и проведение работ по сертификации возлагается на Госстандарт России, который формирует и реализует государственную политику по сертификации, устанавливает общие правила и рекомендации по проведению сертификации, проводит регистрацию систем сертификации, публикует данные о действующих системах и т.д.

Добровольная сертификация, проводимая как было указано, по инициативе заинтересованных юридических и физических лиц, проводится по договорам заявителя с органами по сертификации. Добровольную сертификацию могут проводить любые юридические лица, зарегистрировавшие систему сертификации и знак соответствия в Госстандарте России. Одним из основных участников работ по сертификации являются испытательные лаборатории (центры), которые непосредственно проводят испытания конкретной продукции и выдают протокол испытаний для целей сертификации. Эти лаборатории должны быть аккредитованы для проведения работ с этой целью.

Естественно, что ни одна испытательная лаборатория не может проводить испытания без измерительных средств. А, следовательно, в этой лаборатории должны проводиться работы по метрологическому обеспечению, как и в условиях действующего производства для обеспечения единства мер. На средства измерений, используемые в этих лабораториях, распространяется государственный метрологический контроль и надзор и средства измерений должны подвергаться проверке органами государственной метрологической службы.

Одним из требований, предъявляемых к производству, снабжаемому обязательным или добровольным сертификатом, является наличие внедренной системы качества. Наиболее полной формой сертификации является сертификация производства. Имеется в виду получение сертификата не на продукцию или услуги, а сертификата – документа, подтверждающего, что имеющиеся производства обеспечивают выпуск продукции, соответствующей определенному нормативному документу, например, отечественному или международному стандарту.

В этом случае система метрологического обеспечения всего производства является обязательной для получения сертификата. И разработки, относящиеся к метрологическому обеспечению должны быть основными частями системы качества.

### **5.5.2. Метрологическое обеспечение систем качества**

Система качества представляет собой организационную структуру распределения ответственности, процедур, процессов и ресурсов, необходимых для общего руководства качеством. Это определение приведено в выпущенном в 1987 году в стандарте Международной Организации по стандартизации – ИСО и известном под названием серии 9000; т.е. ИСО 9001-87; ИСО 9002-87; ИСО 9003-87.

На базе этих стандартов в СССР было выпущено тоже три стандарта серии 40: ГОСТ 40.9001-88; ГОСТ 40.9002-88; ГОСТ 40.9003-88, которые являются, в принципе, официальными идентичными переводами соответствующих стандартов ИСО. Помимо основных стандартов, относящихся непосредственно к системе качества продукции, имеются методические и словарные материалы, которые в ИСО оформлены официально в виде стандартов (ИСО 9000-87; ИСО 9004-87; ИСО 8402-86), а в системе ГОСТ в виде рекомендации по применению стандартов или в виде справочных приложений.

Подробное рассмотрение системы качества приведено в специальной литературе, поэтому только кратко коснемся общих вопросов по системе качества и работ по метрологическому обеспечению в машиностроении.

Обеспечение качества – совокупность планируемых и систематически проводимых мероприятий, необходимых для создания уверенности в том, что продукция или услуги удовлетворяют определенным требованиям к качеству.

Под управлением качеством понимаются методы и деятельность оперативного характера, используемые для удовлетворения требований к качеству. Управление качеством включает методы и виды деятельности определенного характера, направленные одновременно на управление процессом и устранение причин неудовлетворительного функционирования на соответствующих стадиях деятельности для достижения оптимальной экономической эффективности.

Система обеспечения качества не может быть единой для всех производств, и она зависит от специфики производства, вида производимой продукции или услуги и накопленного производственного опыта. Серия международных стандартов не стандартизирует (не нормирует) системы качества, а дает исходные материалы вместе с руководящими, для разработки систем обеспечения качества.

Система обеспечения качества разрабатывается на основе соглашений между производителем и заказчиком или такая система предусмотрена в качестве обязательного документа, например, при сертификации продукции или при создании совместных предприятий и т.д.

Система качества используется так же во всех случаях, когда желательно доказать способность поставщика поставить продукцию определенного качества. Система обеспечения качества в рассматриваемой ситуации направлена в первую очередь на то, чтобы предупредить любое не-



соответствие продукции на всех стадиях от проектирования до обслуживания.

#### *1. При проектировании.*

Перед началом проектирования требования к продукции должны быть документально оформлены. Двусмысленные или противоречивые требования должны быть предметом рассмотрения и уточнения. Работы по метрологическому обеспечению на этом этапе должны касаться метрологической проработки или метрологической экспертизы технической документации. Это относится, прежде всего, к работам над заявками на проектирование или заменяющими их документами. Выходные данные на проектирование должны быть документально оформлены. Они должны соответствовать входным данным (заявке), содержать критерии, по которым должна производиться приемка. Все эти данные так же относятся к работам по метрологической проработке (экспертизе) технических условий.

#### *2. Входной контроль.*

Входная продукция в виде комплектующих деталей и узлов, не должна запускаться в производство без ее проверки на соответствие установленным требованиям. Потребитель имеет право на проверку у поставщика или по получении, с целью определения соответствия установленным требованиям, если такие условия включены в контакт.

#### *3. В процессе производства.*

Изготовитель обязан производить проверку продукции в соответствии с нормативными документами или устанавливать соответствие продукции определенным требованиям с помощью измерений и регулированием точности технологического процесса. Как видно из приведенного, стандартом по обеспечению качества, предусмотрено как измерение непосредственно продукции, так и обеспечение требуемого качества путем технологического обеспечения точности.

#### *4. Приемочный контроль.*

Окончательный контроль должен производиться либо при приемке, либо в процессе производства, а результаты удовлетворять предъявляемым требованиям.

Поставщик обязан проводить окончательный контроль в соответствии с признаками качества или другими документами с целью доказательств соответствия готовой продукции установленным требованиям.

#### *5. Используемые средства измерений.*

Поставщик должен проводить градуировку, регулировку измерительного и испытательного оборудования. Оборудование должно быть использовано таким образом, чтобы была уверенность в том, что погрешность измерений известна и совместима с требованиями пригодными к проводимым измерениям (с допускаемой погрешностью).

Поставщик должен:

- осуществлять выбор измеряемых параметров и средств измерений и испытательного оборудования необходимой точности;
- проверять (калибровать) средства измерений через определенные

интервалы их использования;

- обеспечить уровень влияющих факторов окружающей среды необходимый для измерений, поверки (калибровки).

Данные о принципах измерений должны быть представлены по требованию потребителя или его представителя.

Перечисление работ по обеспечению качества выпускаемой продукции, предусмотренных в стандартах серии 9000 и серии 40 показывает, что в них предусмотрено проведение работ, относящихся к метрологическому обеспечению при подготовке производства и в действующем производстве.

Метрологическое обеспечение систем качества должно быть оформлено в виде серии нормативных документов, например, в виде стандартов предприятий. При подготовке производства это должно относиться к вопросам метрологической проработки (экспертизы), разработки методик измерений, аттестации не стандартизированных средств измерений, системы измерений от заготовки до приемочного контроля.

В действующем производстве – это поверка или калибровка средств измерений. Все перечисленные документы должны быть частью системы обеспечения качества. Эти документы в полной мере должны являться доказательствами того, что данное производство обладает полной возможностью проверить качество выпускаемой продукции, и результаты измерений являются достоверными.

## **6. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА**

Метрологическое обеспечение производства должно быть в полной мере осуществлено при его подготовке. Поэтому, в процессе непосредственного производства, работы по метрологическому обеспечению сводятся к использованию разработанных в процессе подготовки производства нормативных и методических материалов и приобретенных, или вновь изготовленных, средств измерений.

Если вся работа по метрологическому обеспечению преследует цель обеспечения единства измерений, то в процессе производства, т.е. в процессе использования средств измерений и других нормативных материалов, цель метрологического обеспечения заключается в обеспечении единства мер и средств измерений.

Основным содержанием этих работ является поверка средств измерений или их калибровка, а также метрологический контроль и надзор с целью проверки соблюдения метрологических правил и норм.

### **6.1. ПОВЕРКА И КАЛИБРОВКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

Содержание работ выражаемых терминами «поверка» и «калибровка», в принципе, характеризуют одну и ту же деятельность, только проводится она специалистами разных ведомств и организаций.

#### **6.1.1. Поверка средств измерений**

Поверка средств измерений – совокупность операций, выполняемых органами государственной метрологической службы (другими уполномоченными на то органами, организациями) с целью определения и подтверждения соответствия средства измерений установленным техническим требованиям.

Из приведенного определения следует, что поверка средств измерений осуществляется специалистами государственной метрологической службы. Поскольку это не единственная работа, которую проводит государственная метрологическая служба, то целесообразно в этом месте полностью изложить сферы деятельности проводимых физическими и юридическими лицами, когда наблюдение за соблюдением установленных метрологических правил осуществляется со стороны государства. Эта сфера деятельности установлена в законе «Об обеспечении единства измерений» (статья 13).

Государственный метрологический контроль и надзор, осуществляемые с целью проверки соблюдения метрологических правил и норм, распространяются на:

- здравоохранение, ветеринарию, охрану окружающей среды, обеспечение безопасности труда;
- торговые операции и взаимные расчеты между покупателем и продавцом, в том числе на операции с применением игровых автоматов и

устройств;

- государственные учетные операции;
- обеспечение обороны государства;
- геодезические и гидрометеорологические работы;
- банковские, налоговые, таможенные и почтовые операции;
- производство продукции, поставляемой по контрактам для государственных нужд в соответствии с законодательством Российской Федерации;
- испытания и контроль качества продукции в целях определения соответствия обязательным требованиям государственных стандартов Российской Федерации;
- обязательную сертификацию продукции и услуг;
- измерения, проводимые по поручению органов суда, прокуратуры, арбитражного суда, государственных органов управления Российской Федерации;
- регистрацию национальных и международных спортивных рекордов.

Республики в составе Российской Федерации, автономные области, округа и т.д. могут устанавливать метрологический контроль и надзор и в отношении других сфер деятельности. Наблюдение государственными организациями в отношении выполнения метрологических правил в перечисленных сферах деятельности не исчерпывается только проверкой применяемых средств измерений.

В перечисленных сферах деятельности должны применяться только приборы прошедшие испытания и утвержденные как тип.

Проверка средств измерений со стороны представителей государства производится только в отношении средств, применяемых в перечисленных выше сферах деятельности. Может возникнуть ситуация, когда на заводе одни средства измерений одного вида поверяются представителями государства, а другие, такие же средства измерений, не поверяются государством, а поверяются представителями заводов.

Конкретный перечень средств измерений, который на данном производстве должен поверяться государственной метрологической службой составляют владельцы средств измерений и согласовывают их с территориальными органами государственной метрологической службы.

Проверка средств измерений по решению Госстандарта России может быть предоставлена и специализированным юридическим лицам.

Физические лица, производящие непосредственно поверку, должны быть аттестованы на право проводить такую поверку в отношении определенных средств измерений.

В случае годности поверяемого прибора на нем устанавливается специальное клеймо или выдается свидетельство о поверке.

Различают несколько видов поверки:

- первичная;

- периодическая;
- внеочередная;
- инспекционная;
- экспертная.

Первичная поверка проводится при выпуске средств измерения после изготовления или ремонта, а также при ввозе по импорту. Эта поверка относится только к средствам измерений, утвержденным как тип и касается средств измерений, используемых в сферах деятельности, перечисленных выше. Таким образом, первичная поверка проводится с целью обеспечения соответствия, вводимых в действие средств измерений, утвержденному типу.

В отношении приборов ввозимых по импорту, поверка не производится, если имеется соглашение со страной-импортером о признании его результатов поверки. Первичной поверке обычно подвергается каждый экземпляр средства измерений, но для простейших средств измерений допускается выборочная поверка.

Периодическая поверка проводится через межповерочные интервалы, которые первоначально устанавливаются при испытании приборов при утверждении типа. Поверяется каждый экземпляр средства измерений. Место поверки выбирается пользователем средства измерений.

Внеочередная поверка производится в тех случаях, когда повреждено клеймо, удостоверяющее поверку, или утрачено свидетельство о поверке. Эта поверка может быть произведена и при вводе средства измерений в работу после хранения, если оно хранилось более одного поверочного интервала.

Инспекционная поверка проводится при общей поверке предприятия органами государственного метрологического надзора. Эта поверка должна производиться в присутствии хозяина прибора.

Экспертная поверка осуществляется при возникновении споров между изготовителем и потребителем или приемщиком, по запросу прокуратуры, суда и т. д.

Для проведения поверки пользователями составляются графики периодичности поверки, которые согласовываются с организацией, производящей поверку.

До 1993 года этот вид деятельности назывался «обязательной государственной поверкой» и тоже относился к ограниченной номенклатуре средств измерения, правда, не совпадающей с применяемыми в сферах деятельности, перечисленных в начале этого раздела. Аналогичная деятельность, но проводимая пользователями приборов, раньше (до 1993 года) называлась «ведомственной поверкой», а теперь называется «калибровкой».

Таким образом, когда говорят о "поверке" средств измерений, то имеется в виду работа, проводимая государственной метрологической службой непосредственно или другой организацией по ее поручению.

### 6.1.2. Калибровка средств измерений

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

Таким образом, отличие калибровки от поверки заключается только в том, что калибровку проводят специалисты того предприятия, где используются эти средства измерений. Калибровка не является обязательной и в законе «Об обеспечении единства измерений» указано, что средства измерений, не подлежащие поверке, могут подвергаться калибровке (а могут, и не подвергаться) при выпуске из производства или ремонта, при ввозе по импорту, при эксплуатации, прокате и продаже.

Результаты положительной калибровки удостоверяются калибровочным знаком непосредственно на средстве измерений или выдачей сертификата (свидетельства), а так же записью в эксплуатационной документации. Калибровка средства измерений производится метрологической службой юридических лиц, т. е. предприятий и организаций, где эти средства измерений применяются. При этом, должны использоваться эталоны, соподчиненные государственным эталонам единиц физических величин для обеспечения единства измерений.

Термин «эталон» с выходом закона «Об обеспечении единства измерений» применяется теперь в несколько измененном виде.

Эталон единицы величины – средство измерений, предназначенное для воспроизведения и хранения единицы величины (или кратных, либо дольных значений единицы величины) с целью передачи его размера другим средствам измерений данной величины.

Отдельно выделяется государственный эталон единицы величины – эталон единицы величины, признанный решением уполномоченного на то государственного органа в качестве исходного на территории Российской Федерации. Таким образом, термин «эталон» теперь употребляется в отношении средств измерений (меры и приборы), с помощью которых осуществляется поверка и калибровка средств измерений. Например, концевые меры, аттестованные на разряд, используются для поверки средств измерений и теперь должны называться эталонами. Раньше (до 1993 г.) такие меры и приборы назывались «образцовыми».

Если раньше, для того, чтобы производить ведомственную поверку предприятие должно было обязательно получить право на поверку от Госстандарта, то теперь такое право на калибровку получать не обязательно. Другими словами, калибровка, т. е. поверка средств измерений непосредственно потребителем, является делом добровольным и эти средства измерений не находятся под наблюдением и контролем государственной метрологической службы.

Однако, при желании, метрологические службы могут получить официально такое право, т. е. могут быть аккредитованы на право прове-

дения калибровочных работ. Пользуясь полученным правом, организация может проводить калибровку для других пользователей средств измерения. Но не эта главная цель получения аккредитации на право продления калибровочных работ.

Из международной практики известно, что многие фирмы стремятся получить аккредитацию на право калибровки, хотя их никто к этому не обязывает, исходя из рекламных соображений. Аккредитация позволяет этим фирмам разными способами информировать потребителей, что достоверность качества продукции гарантируется измерениями при помощи годных калиброванных средств измерений и эту калибровку осуществляет лаборатория, аккредитованная на эти работы уполномоченным на то авторитетным органом.

До выхода закона «Об обеспечении единства измерений» ведомственная поверка (теперь калибровка) являлась обязательной, если не производилась государственная поверка и Госстандарт принимал определенные санкции, если такая поверка не производилась, или нарушались сроки поверки, т. е. межповерочные интервалы. В условиях многоукладной экономики с разными формами собственности, с развитием рыночных отношений предприятиям предоставляется право, исходя из экономической целесообразности, самостоятельно решать вопрос о выборе форм и режима контроля состояния средств измерений, кроме тех, за которыми установлен государственный надзор.

Следует иметь в виду, что внедряемая у нас в стране сертификация продукции предполагает, что контроль качества продукции должен осуществляться с помощью средств измерений откалиброванных аккредитованной лабораторией. Требования в отношении аккредитации калибровочной лаборатории в полной мере соответствуют требованиям, закладываемым при разработке систем качества.

Кроме того, при развитых действительных рыночных отношениях, освободившись от государственного метрологического контроля, предприятия подпадают под контроль рынка и вынуждены следовать определенным метрологическим правилам и следить за состоянием точности используемых средств измерений.

В ряде стран с развитыми рыночными отношениями существуют негосударственные организации именуемые «национальные калибровочные службы», которые устанавливают и контролируют исполнение метрологических правил, связанных с калибровкой средств измерений, т. е. в отношении средств измерений, не попадающих в сферу государственного метрологического контроля.

В ближайшие годы у нас в стране предполагается создание Российской Системы Калибровки (РСК). Эта система будет образована на добровольной основе и включать в себя калибровочные лаборатории – органы РСК, научно-организационные центры РСК, национальные органы и национальные конференции РСК.

Главной целью создания РСК является организация и осуществление

квалифицированного метрологического контроля (калибровки) средств измерений, не относящихся к сфере государственного метрологического контроля и надзора, на основе передачи им размера единиц физических величин от государственных эталонов.

Основными работами, проводимыми Российской Системой Калибровки являются:

- организация и осуществление аттестации органов РСК на право аккредитации калибровочных лабораторий;
- организация и осуществление аккредитации калибровочных лабораторий на право калибровки средств измерений;
- координация разработок и разработка методик калибровки средств измерений;
- создание банка данных нормативно-технической документации по калибровочной деятельности;
- организация обмена опытом специалистов-метрологов, проведение консультаций, семинаров, конференций, школ по проблемам РСК;
- проведение мероприятий по подготовке и повышению квалификации кадров в области калибровочной деятельности;
- участие в международных соглашениях в области калибровки средств измерений и организации калибровочных служб;
- заключение договоров о взаимном признании национальных систем аккредитации калибровочных лабораторий с другими странами.

Основой Российской Системы Калибровки является калибровочная лаборатория, т.е. предприятие или подразделение предприятия, организация, учреждение, ассоциация, концерн и другие объединения (в том числе, в системе Госстандарта России), аккредитованные на право проведения калибровки средств измерений.

Национальным органом РСК является Главное управление метрологии Госстандарта России.

Научно-организационным центром РСК является Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ВНИИМС).

Органами РСК являются метрологические НПО и НИИ, территориальные органы Госстандарта России и другие юридические лица, аттестованные на право аккредитации калибровочных лабораторий.

### **6.1.3. Методики поверки (калибровки) средств измерений**

Поскольку техническая сущность поверки и калибровки одинакова, то и одинаковым должен быть подход при разработке методик, по которым осуществляется эта процедура.

Содержание методик поверки (калибровки) в отношении основного эксплуатационного показателя – погрешности средства измерений, в принципе должно быть близким методикам измерений, поскольку и при измерении и при поверке выявляется значение измеряемого параметра.

Основной целью поверки (калибровки) является выявление погреш-



ности средства измерений. Поэтому при разработке методики поверки, особенно алгоритма процесса поверки и алгоритма обработки результатов измерений, необходимо четко представлять сущность погрешности средств измерений, выявляемой при поверке.

Погрешность средства измерений – это частный случай погрешности измерений этим средством при нормируемых условиях и на определенном объекте измерения. Такой необходимо понимать нормируемую в технической документации допускаемую погрешность средства измерений. И естественно, что при разных условиях измерений или поверки средства измерений по другому объекту и выявляемая погрешность будет другой.

Принципиальная сущность методики измерений по определению погрешности средства измерений должна заключаться в измерении значений величин, известных с погрешностью, которой можно пренебречь. Поскольку общепринято для поверки использовать концевые меры длины в качестве эталонов, т. е. объектов измерений, то в отношении этих средств измерений можно сказать, что под их погрешностью подразумевается и выявляется погрешность измерения ими элемента детали с плоскопараллельными поверхностями при определенных внешних условиях.

Если эти средства измерений поверяются (калибруются) с помощью эталонов в виде аттестационных цилиндров, то значение погрешности может быть другим. При поверке средств измерений по эталону должна выявляться погрешность измерений, состоящая из систематической и случайной частей. Отдельно должна выявляться случайная часть погрешности прибора. При ее выявлении необходимо помнить, что под случайной погрешностью измерений надо понимать повторяемость результатов измерений. А это означает, что при этой поверке необходимо в методике предусматривать многократное повторение процесса измерений с перестройкой прибора после каждого измерения.

Для целого ряда средств измерений невозможно осуществлять поверку с использованием эталона в виде концевых мер длины и требуется иметь деталь, для которой предназначен этот прибор. В этом случае, не всегда имеется возможность аттестовать такой эталон с требуемой точностью из-за отсутствия более точных приборов для измерения этой величины. В этом случае, необходимо в методиках поверки предусматривать выявление случайной части погрешности средства измерений с помощью указанных приемов, т. е. многократностью измерений.

При поверке средств измерений с помощью эталонов, невозможно охватить поверкой весь диапазон показаний и диапазон измерений поверяемого средства измерения. Приходится функцию погрешности прибора выявлять в отдельных точках. Поэтому, в методике поверки должна быть предусмотрена поверка погрешности отдельных функциональных узлов (например, погрешности отсчетных устройств) или погрешности положения и перемещения этих функциональных узлов (например, параллельность и перпендикулярность перемещений, соосность расположения и т.д.), которые влияют на составляющие погрешности средств измерений.

Методика поверки средств измерений относится к обязательным документам государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ) как руководящий документ Российской Федерации.

Следует отметить, что методики поверки при калибровке не могут быть разными, поскольку при разных методиках поверки будут выявиться разные значения погрешности одних и тех же средств измерений. Методики поверки для одних и тех же приборов могут отличаться только в том случае, если они используются постоянно для каких-то условий, а, следовательно, методика поверки должна создаваться именно для этих же условий.

Из приведенного выше можно сделать следующие выводы.

1. Поверка и калибровка средств измерений в техническом отношении представляют собой единую совокупность операций с целью определения и подтверждения соответствия средств измерений установленным техническим требованиям и пригодности их к применению.

2. Поверке подвергаются средства измерений, подлежащие применению в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора.

3. Поверку проводят органы Государственной метрологической службы или организации и предприятия, которые должны быть аккредитованы Госстандартом России на право проведения поверки.

4. Физические лица, проводящие поверку, должны быть аттестованы органами Государственной метрологической службы в качестве поверителей.

5. Поверки бывают в основном первичными и последующими. Первичные поверки проводятся для средств измерений утвержденных типов и внесенных в Госреестр при выпуске их из производства, после ремонта или ввоза по импорту. Последующие поверки производятся через определенный промежуток времени (межповерочный интервал).

6. Калибровке могут подвергаться средства измерений, не подлежащие поверке, при выпуске из производства или ремонта, при ввозе по импорту, при эксплуатации, прокате и продаже.

7. Калибровка является добровольной и не требует аккредитации на проведение этих работ для собственных нужд. Аккредитация нужна, например, для рекламных целей в подтверждении достоверности измерений при оценке параметров) характеризующих качество выпускаемой продукции. Аккредитация дает право проводить калибровку и для других предприятий и организаций.

8. Для организации и осуществления квалифицированного метрологического контроля (калибровки) средств измерений, не относящихся к сфере государственного контроля и надзора, на основе передачи им размера единиц физических величин от Государственных эталонов, создается Российская Система Калибровки (РСК).

9. Методика поверки (калибровки) должна заключаться в измерении известного значения физической величины выявленного с погрешностью,

которой можно пренебречь.

10. Методика поверки (калибровки) выявляет частный случаи погрешности измерений средства измерений при определенных условиях и при измерении определенного объекта.

11. Поверка (калибровка) приборов по концевым мерам длины выявляет погрешность измерений размеров между плоскопараллельными плоскостями.

12. При выявлении погрешностей средств измерений при поверке или калибровке необходимо определять отдельно случайную часть погрешности, как результат при многократном воспроизведении процесса измерений одного и того же значения физической величины.

## **6.2. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И НАДЗОР**

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 (Закон «Об обеспечении единства измерений»).

Таким образом, метрологический контроль и надзор может осуществляться как со стороны государства, так и со стороны метрологических служб предприятий и организаций (юридические лица).

### **6.2.1. Государственный метрологический контроль и надзор**

В России эту работу проводит Государственная метрологическая служба Госстандарта России. Разделить понятия «контроль» и «надзор» весьма трудно, но в законе «Об обеспечении единства измерений» под этими понятиями имеется в виду проведение определенных работ.

Государственный метрологический контроль включает:

1. Утверждение типа средств измерений.
2. Поверку средств измерений, в том числе эталонов.

Лицензирование деятельности юридических и физических лиц по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений. Эта работа проводится в отношении средств измерений, применяемых в сферах деятельности, на которые распространяется государственный метрологический контроль и надзор. Организации и отдельные лица, которые занимаются изготовлением, ремонтом, продажей и прокатом средств измерений должны получать лицензию органа Государственной метрологической службы. Перед выдачей лицензии органы государственной службы проверяют наличие условий для проведения этих работ.

Государственный метрологический надзор осуществляется:

1. За выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами единиц величин, соблюдением метрологических правил и норм. Характер и объем проводимых работ разрабатывается Госстандартом.

2. За количеством товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций. Эта работа проводится с целью определения массы, объема, расхода или других величин, характеризующих количество этих товаров. Порядок проведения этих работ так же устанавливается Госстандартом России в соответствии с законодательством Российской Федерации.

3. За количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже.

Этот вид работы проводится, когда содержание упаковки не может быть изменено без ее вскрытия и деформации, а масса, объем, длина, площадь или иные величины указывают количество содержащегося в упаковке товара, обозначенного на упаковке. Порядок проведения этих работ также устанавливается Госстандартом России в соответствии с законами Российской Федерации.

Для проведения комплекса работ по государственному метрологическому контролю и надзору в составе Госстандарта России назначаются главные государственные инспектора и государственные инспектора по обеспечению единства измерений Российской Федерации, республик, автономных областей, краев, областей, городов Москва и Санкт-Петербург.

Эти должности могут быть совмещены с должностями, инспекторов по надзору за государственными стандартами, прошедших соответствующую аттестацию. Если инспектор осуществляет и поверку средств измерений, то он должен пройти аттестацию в качестве поверителя.

#### **6.2.2. Метрологический контроль и надзор на предприятиях и в организациях (у юридических лиц)**

В соответствии с законом «Об обеспечении единства измерений» на предприятиях, организациях, учреждениях, являющихся юридическими лицами, создаются в необходимых случаях метрологические службы для выполнения работ по обеспечению единства измерений и для осуществления метрологического контроля и надзора. Для предприятий и организаций создание метрологической службы не является обязательным. Однако, для производств со сферами деятельности, указанными в статье 13 закона «об обеспечении единства измерений» метрологическая служба должна создаваться обязательно.

Метрологический контроль и надзор осуществляется метрологической службой предприятия и организации или другим подразделением, выполняющим работы по обеспечению единства измерений. Эта работа осуществляется путем:

Калибровки средств измерений.

1. Надзора за состоянием и применением средств измерений, аттестованными методами выполнения измерений, эталонами, нормативной документацией по обеспечению единства измерений.

2. Выдачи обязательных предписаний, направленных на предотвращение, прекращения или устранения нарушений метрологических правил и норм.

3. Проверки своевременного представления средств измерений на испытания для утверждения типа средств измерений, а также на поверку и калибровку.

По данному материалу можно сделать следующие выводы.

1. В связи с влиянием метрологического обеспечения на качество и сохранность выпускаемой продукции установлен метрологический контроль и надзор или со стороны государственных органов, или со стороны метрологической службы предприятий и организаций.

2. Государственный метрологический контроль и надзор осуществляется, в основном, Государственной метрологической службой Госстандарта России.

3. Метрологический контроль и надзор на предприятиях и организациях осуществляется метрологической службой, которая обязательно создается на предприятиях и организациях, сфера деятельности которых контролируется Государственной метрологической службой.

## 7. ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

Технология технического контроля – это составная часть технологии производства, включающая совокупность приемов и способов проведения контроля качества продукции и технологических процессов ее изготовления. При это эффективность проведения технического контроля может быть повышена за счет тщательно спланированный и обоснованной его технологии.

Основные объекты и операции контроля по этапам производства приведены на рис. 8.1. Контрольные операции выполняют практически все службы.

### 7.1.ПРИНЦИПЫ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Технический контроль (ТК) с совокупностью основных элементов (объект, процесс и средство контроля, исполнитель, НТД) образует единую систему технического контроля (СТК).

При разработке технического контроля должны соблюдаться следующие принципы:

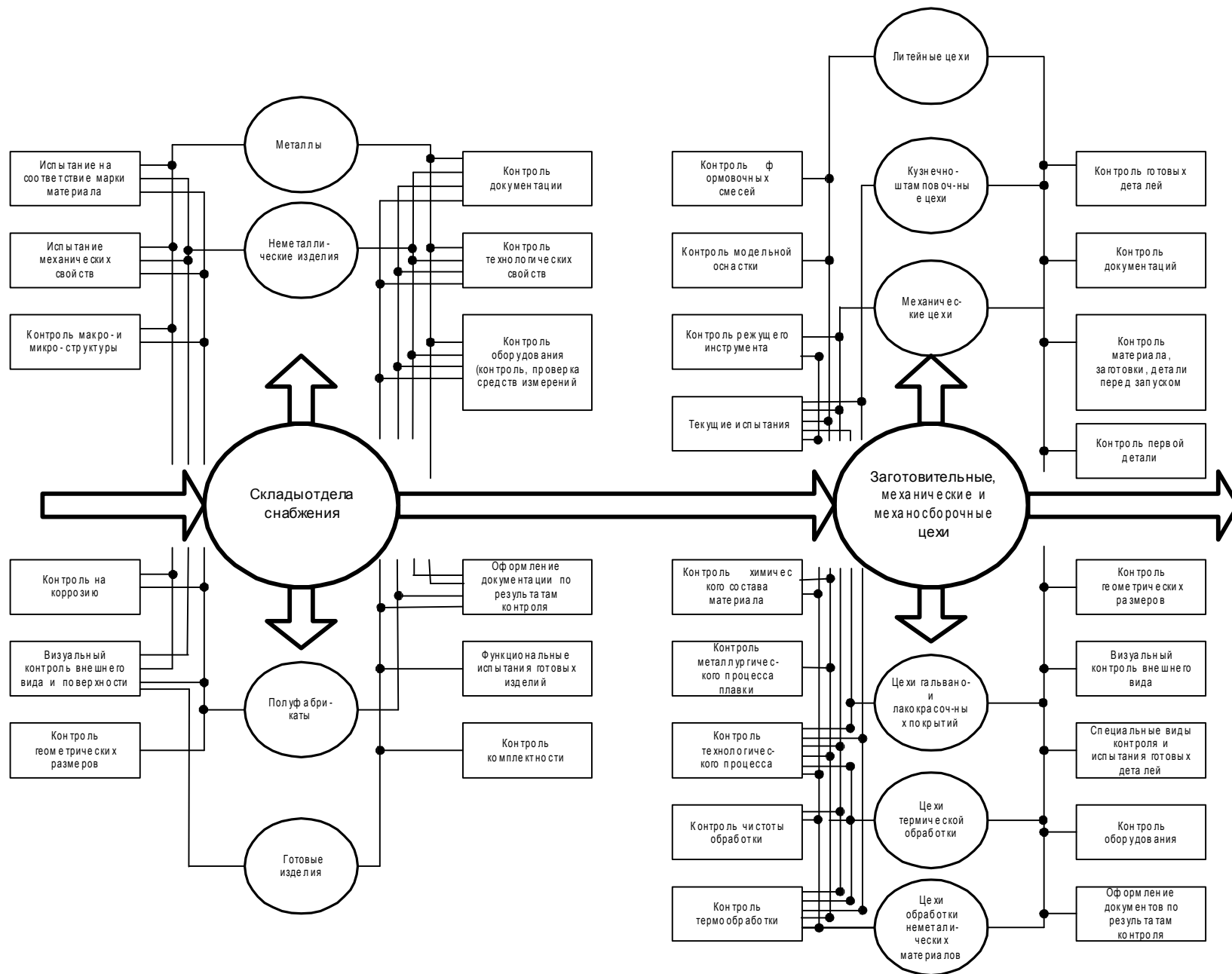
- системности;
- стандартизации;
- оптимальности;
- динамичности;
- автоматизации;
- преемственности;
- адаптации;
- организации.

**Принцип системности** заключается в том, что при создании ТК процессы планирования, исследования и проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта рассматривают во взаимосвязи.

Взаимосвязь элементов в ТК должна быть однозначно описана и максимально формализована. К практическому решению всех задач ТК необходимо подходить с позиций системотехники (теории больших систем). При изучении связей элементами и выделении элементов ТК такой подход приводит к необходимости учитывать только основные и наиболее устойчивые связи, что позволяет строить структуры элементов и связей в их строгой зависимости и переходить от рассмотрения ТК к построению и изучению систем технического контроля (СТК).

При построении СТК с позиций системного подхода предусматривают:

- структурное и функциональное описание системы и выявление всех основных элементов и связей между ними;
- моделирование систем;
- квантификацию системы (построение количественных зависимостей для связей и количественных элементов систем).



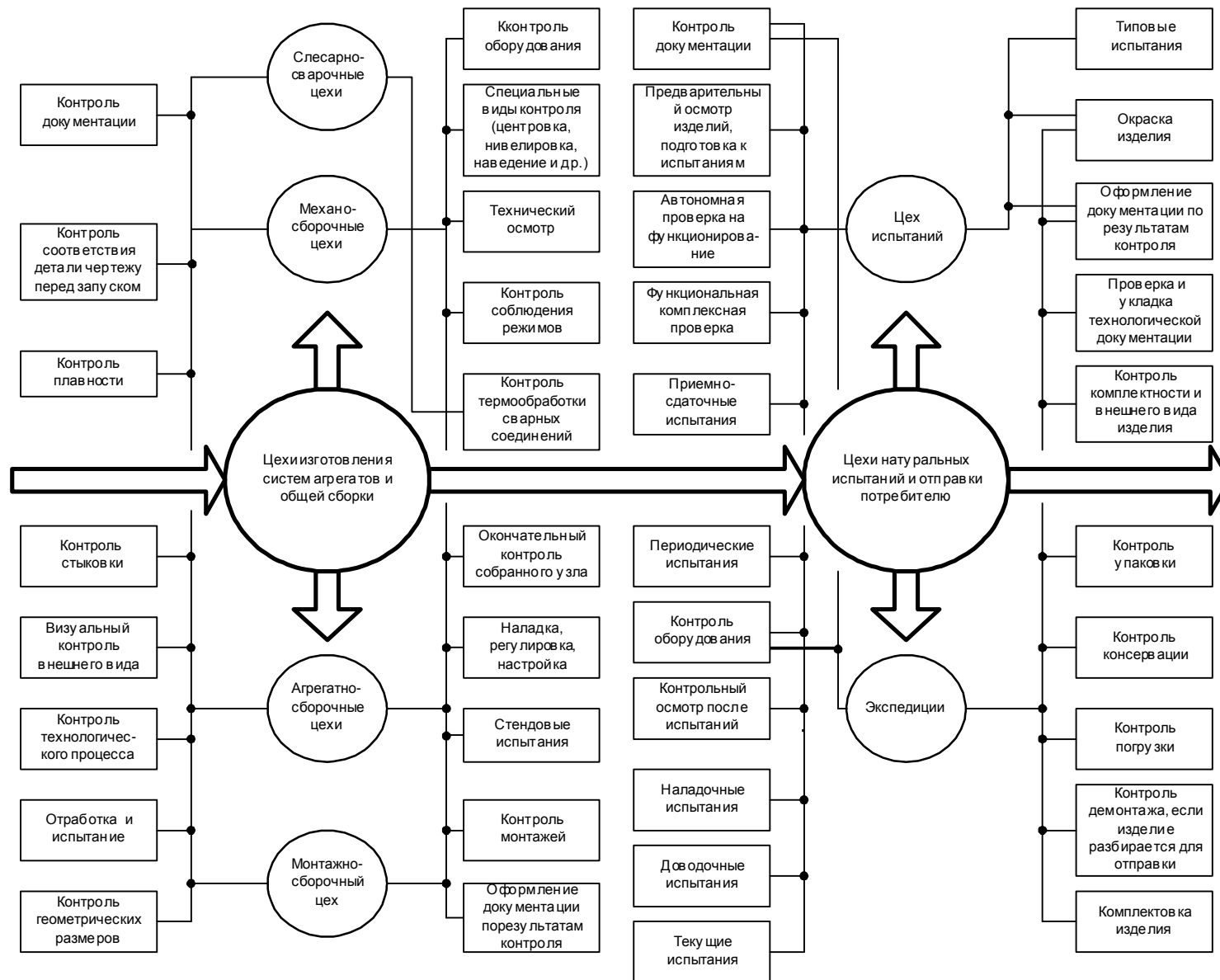


Рис. 7.1. Основные объекты и операции контроля по этапам производства



**Принцип стандартизации** состоит в том, что основные функции, задачи и требования к системе СТК типизируются, унифицируются и обеспечиваются государственными и отраслевыми стандартами и техническими условиями. Стандарты являются базой системы и обязательность их требований обеспечивает автоматизм в функционировании системы. С помощью стандартов внедрение

отдельных элементов системы выполняют одновременно во всех подразделениях промышленного предприятия.

**Принцип оптимальности** предполагает, что каждый элемент СТК имеет оптимальный уровень, а сама система обеспечивает решение поставленных задач при минимальных затратах на ее разработку и максимальном эффекте от ее функционирования.

**Принцип динамичности** заключается в том, что в СТК должна быть предусмотрена возможность ее непрерывного совершенствования и развития с учетом требований технического прогресса. Принцип динамичности обеспечивается при создании СТК за счет открытой структуры, планомерного обновления ее подсистем и элементов.

**Принцип автоматизации** предусматривает максимальное использование средств вычислительной техники в системе технического контроля, включая автоматизацию технологических процессов и операций технического контроля, а также труда инженерно-технического и управленческого персонала.

**Принцип преемственности** применяют в каждой конкретной разработке СТК; принцип состоит в максимальном использовании всех имеющихся возможностей (ресурсов) предприятия и передового опыта разработки СТК на предприятиях машиностроения с учетом специфики производства и отрасли.

**Принцип адаптации** заключается в разработке и введении в СТК элементов, обеспечивающих быструю приспособляемость СТК и специфике объектов контроля в условиях периодически изменяющихся видов выпускаемой продукции.

#### **Принципы организации технического контроля:**

- соответствие контроля уровню техники, технологии и организации основных производственных процессов;
- комплексность контроля (предполагает необходимость охвата контролем всех элементов производственного процесса и всех факторов, определяющих качество продукции в процессе изготовления);
- непрерывность (требует организации постоянного контроля на технологических операциях изготовления продукции и ликвидации перерывов между операцией обработки и контролем);
- параллельность в проведении операций ТК и операций обработки в целях сокращения времени на пролеживание изделий в ожидании контроля и сокращения длительности цикла за счет уменьшения затрат времени на ТК;

- совмещение производственных и контрольных функций или передача ряда операций контроля под ответственность рабочих, мастеров и бригадиров;
- профилактичность, т. е. предупреждение появления дефектных изделий в процессе производства;
- независимость органов контроля от производственных служб и подразделений;
- организация бездефектного труда;
- экономичность, основанная на минимизации затрат на контроль.

## 7.2. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Под системой технического контроля (СТК) понимается совокупность средств контроля и исполнителей, взаимодействующих с объектом контроля по правилам, установленным соответствующей документацией. В условиях системного подхода к управлению качеством продукции СТК выступает как сложная проблема, имеющая многоуровневую иерархическую структуру по вертикали и многозвенную структуру по горизонтали. В общем случае структура СТК содержит:

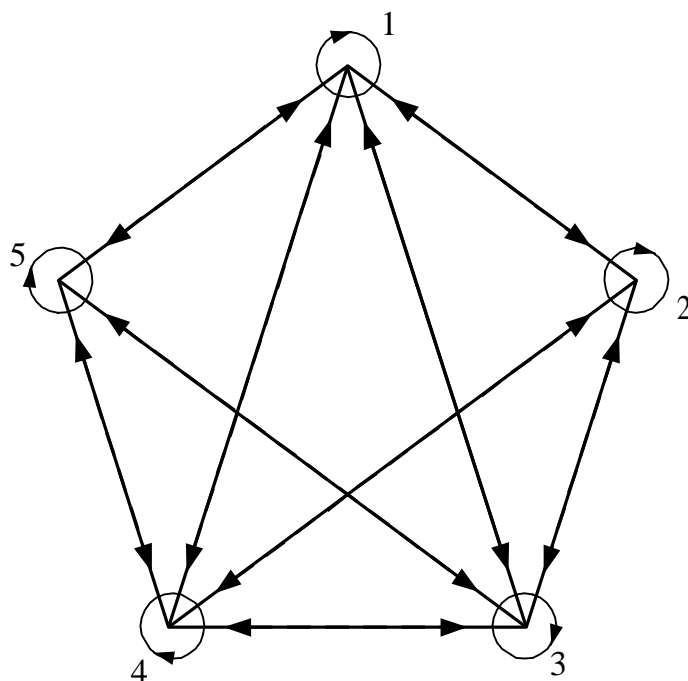
- объекты контроля;
- процессы технического контроля;
- техническое оснащение, основанное на методах и средствах контроля;
- организацию контроля;
- исполнителя.

Модель структуры описывается графом взаимодействия перечисленных компонентов и декартовым произведением их множеств (рис. 8.2). Граф представляет структуру с жесткими связями бинарных отношений с условиями рефлексивности, симметричности, транзитивности, отношения эквивалентности [1].

Построение СТК сводится к осуществлению двух основных этапов:

- получение информации о фактическом состоянии некоторого объекта, о признаках и показателях его свойств. Эту информацию, получаемую измерением, можно назвать первичной;
- сопоставление первичной информации с заранее установленными требованиями, нормами, критериями, т. е. обнаружение соответствия или несоответствия фактических данных требуемым (ожидаемым). Информацию о рассогласовании (расхождении) фактических и требуемых данных, находящуюся в сфере технического контроля, можно назвать вторичной.

В ряде случаев граница во времени между первым и вторым этапами построения неразличимы. В таких случаях первый этап может быть выражен нечетко или может практически не наблюдаться. Характерным примером является контроль размера калибра, сводящийся к операции сопоставления фактического и предельного допускаемого значения размера.



**Рис. 7.2.** Граф построения СТК в сплошном контроле:

1 - объект контроля, 2 - процессы технического контроля, 3 - техническое оснащение, 4 - организация контроля, 5 - человеческий фактор (исполнитель)

Направления интенсификации построения СТК рассматривают на всех стадиях жизненного цикла объекта контроля.

На **стадии проектирования** интенсификации построения СТК способствуют: стандартизация, обеспечение технологичности конструкции объекта контроля.

На **стадии изготовления** интенсификации построения СТК способствуют: рациональная разработка процессов технического контроля, оптимизация процессов контроля, типизация процессов контроля, применение статистического контроля, организация технического контроля на предприятии.

На **стадии эксплуатации** интенсификации построения СТК способствует применение методов диагностического исследования изделий.

СТК является сложной агрегативной системой, требующей согласования любых локальных решений, принимаемых на различных уровнях ее компонентов.

Построение СТК охватывает направления инженерного технического контроля и информационное (программно-алгоритмическое), носит типовой характер с интерационной последовательностью: синтез – анализ – принятие решений, на последнем строится формализация СТК как процессов обеспечения взаимозаменяемости.

**Совмещение функций СТК с функцией управления технологическими процессами.** Технологический процесс изготовления изделий всегда сопряжен с проявлением действия значительного количества система-

тических и случайных влияющих факторов: неоднородности материала; отклонений формы заготовки; погрешностей технологической системы; погрешностей измерения; непостоянства условий в рабочем помещении и т. д.

В результате отклонения размеров поверхности реального изделия распределяются в некотором поле значений, симметричном или смещенном по отношению к заданному номинальному значению размера и находятся в разном соотношении поля с допуском изделия.

Измерительные средства в управлении технологическими процессами используются для определения действительных значений размеров поверхностей изделий, отклонений действительных размеров от заданного, разбраковки и сортировки изделий при размерном контроле. Для того чтобы при измерении определялся действительный размер изделия, погрешности измерения должны быть достаточно малыми. Перечисленным требованиям должны удовлетворять системы технического контроля (СТК) в совмещении своих функций с функцией управления технологическими процессами. В основу формирования принципа совмещения положены следующие предпосылки:

- передача обрабатываемых деталей с предыдущей на последующую операцию должна происходить без повреждений, каждая технологическая операция (ТО) имеет свою технологическую себестоимость. Технологический процесс (ТП) в целом дискретный, детерминированный, типовой, партия обрабатываемых деталей постоянна;
- на каждую ТО детали классифицируются по признаку требований к точности на «годен» или «дефект»;
- вводится сплошной технический контроль (ТК) после каждой ТО, обеспечивая высокий уровень качества;
- удаляемые дефектные детали проходят дополнительно одну или несколько ТО, на которых выявлен брак. В случае глубокого брака они используются как заготовки ТП. Каждый последующий цикл изготовления деталей начинается, когда исправлен брак удаленных дефектных деталей с количеством дополнительных рабочих ходов;
- новая партия деталей запускается в производство, когда каждая последняя деталь предыдущей партии реализована.

Перечисленные предпосылки принципа совмещения при построении математической модели оптимизации ТП и ТК в последовательном комплексе имеют исходное математическое описание матрицей процесса Марковина и поясняются временными фразами производства и реализации продукции.