

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Ю. А. ОРЛОВ Ю. И. ЗАХАРОВ Д. Ю. ОРЛОВ

МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА И НОРМОКОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Учебное пособие



Владимир 2021

УДК 621.882.53(076)
ББК 34.441.2 я 7; 3-15
О-66

Рецензенты:

Кандидат технических наук
доцент кафедры тепловых двигателей и энергетических установок
Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
В. Ф. Гуськов

Зам. директора автономной некоммерческой организации
«Учебный и научно-исследовательский центр»
В. Ф. Нуждин

Издается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

Орлов, Ю. А. Метрологическая экспертиза и нормоконтроль техниче-
О-66 ской документации : учеб. пособие / Ю. А. Орлов, Ю. И. Захаров, Д. Ю. Орлов
; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ,
2021. – 156 с. – ISBN 978-5-9984-1422-0.

Изложены основные понятия и определения метрологической экспертизы (МЭ), нормоконтроля (НК) конструкторской и технической документации; определены цели и задачи на основе актуальной законодательной базы, организация проведения МЭ и нормоконтроля; представлены нормативные документы к характеристикам погрешностей измерения и нормирования точности, алгоритм проведения МЭ и нормоконтроля, виды документации, подлежащей МЭ и НК, и порядок оформления экспертного заключения, замечаний и предложений; перечислены права и обязанности специалистов, проводящих МЭ и НК; отражены характерные ошибки при проведении МЭ и НК конструкторской и технологической документации по ЕСКД, ЕСТД, ЕСДП, ГСИ, СРПД, ГСС РФ ЕСПД.

Предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 27.03.01 – Стандартизация и метрология; 27.03.02 – Управление качеством; 13.03.03 – Энергетическое машиностроение; 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств; 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств; 27.03.05 – Инноватика; 28.03.02 – Наноинженерия; 12.03.01 – Приборостроение; 15.03.06 – Мехатроника и робототехника; 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника; 11.03.01 – Радиотехника; 27.03.04 – Управление в технических системах; 23.03.01 – Технология транспортных процессов; 22.03.01 – Материаловедение и технология материалов.

Может быть полезно для широкого круга работников, связанных с метрологической экспертизой и нормоконтролем.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Ил. 38. Табл. 14. Библиогр.: 40 назв.

УДК 621.882.53(076)
ББК 34.441.2 я 7; 3-15

ISBN 978-5-9984-1422-0

© ВлГУ, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
Глава 1. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА КОНСТРУКТОРСКОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ (МЭ КТД)	8
1.1. Цели МЭ конструкторской и технической документации, общие понятия и определения.....	8
1.2. Основные задачи метрологической экспертизы конструкторско-технической документации	14
Глава 2. ОРГАНИЗАЦИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	16
2.1. Предпосылки для организации и проведения метрологической экспертизы на предприятии.....	18
2.2. Планирование метрологической экспертизы	19
2.3. Документация, подлежащая метрологической экспертизе.....	19
2.4. Порядок проведения и оформления метрологической экспертизы.....	21
2.5. Требования к квалификации специалистов, проводящих метрологическую экспертизу, их права и обязанности	24
2.6. Реализация результатов метрологической экспертизы ...	26
2.7. Нормативная база для проведения метрологической экспертизы.....	35
Глава 3. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	41
3.1. Общие требования к МЭ всех видов конструкторско-технической документации	41
3.2. Метрологическая экспертиза технического задания	43

3.3. Метрологическая экспертиза технических условий.....	45
3.4. Метрологическая экспертиза чертежа детали.....	47
3.5. Метрологическая экспертиза технологического процесса изготовления изделий	50
Глава 4. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ	52
4.1. Проблемные вопросы организации метрологической экспертизы	52
4.2. Мероприятия по повышению уровня метрологических знаний специалистов метрологического профиля.....	53
4.3. Мероприятия по повышению уровня метрологических знаний специалистов неметрологического профиля.....	54
Глава 5. НОРМОКОНТРОЛЬ КОНСТРУКТОРСКОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ.....	55
5.1. Правовая и нормативная база в области нормоконтроля технической документации	55
5.2. Термины и определения нормоконтроля конструкторской и технологической документации	59
5.3. Общие положения нормоконтроля технической документации	61
5.4. Обязанности и права нормоконтролера.....	62
5.5. Порядок предъявления документов на нормоконтроль	65
5.6. Содержание нормоконтроля	66
5.7. Нормы проверки документации (рекомендуемые).....	71
5.8. Этапы организации процесса освоения новых изделий.....	73
Глава 6. КЛАССИФИКАЦИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	74
6.1. Классификационные признаки	74
6.2. Требования к современным конструкторским разработкам	76
Глава 7. АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ	76

7.1. Требования к выпуску конструкторской документации	76
7.2. Патентно-правовые требования к конструкторским документам.....	77
7.3. Технологический контроль конструкторской документации	78
Глава 8. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ПРОВЕРКИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ	80
8.1. Порядок проведения технологического контроля и его формы	80
8.2. Оформление замечаний и предложений при нормоконтроле конструкторской документации.....	83
Глава 9. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЙ.....	86
Глава 10. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН	90
Глава 11. ВЗАИМОСВЯЗЬ МИКРОНЕРОВНОСТЕЙ (ШЕРОХОВАТОСТИ) ПОВЕРХНОСТИ С ДОПУСКАМИ РАЗМЕРА И ФОРМЫ.....	93
11.1. Микронеровности поверхности.....	93
11.2. Установление параметров микронеровностей	93
Глава 12. ТРЕБОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ, СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ И ДЕТАЛЕЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	98
12.1. Общие требования к разрабатываемой конструкции	98
12.2. Общие правила конструирования и задачи по обеспечению технологичности деталей	98
12.3. Требования к деталям, обрабатываемым резанием	101
Глава 13. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ (МЭЧД) СЛОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	101
13.1. Цель МЭ чертежей деталей, виды проверок	101
13.2. Нормы взаимозаменяемости по форме и расположению поверхностей.....	103

13.3. Отклонения и допуски расположения поверхностей Суммарное отклонение допусков формы и расположения поверхностей.....	108
Глава 14. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	112
14.1. Термины при оценке качества технической документации.....	112
14.2. Требования к нормоконтролерам (в идеале). Личные качества	113
ТЕМЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ.....	115
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	117
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	118
ПРИЛОЖЕНИЯ	124

ВВЕДЕНИЕ

Практический опыт постановки продукции на производство показывает, что уровень качества будущего изделия закладывается на самых ранних стадиях его проектирования.

Основные цели и задачи метрологической экспертизы (МЭ) и нормоконтроля (НК) нормативно-технической документации (НТД) изложены в таком основополагающем документе, как Федеральный закон № 102 ФЗ «Об обеспечении единства измерений».

Согласно действующему законодательству метрологическая экспертиза и нормоконтроль нормативно-технической документации предусматривают возможность контроля заложенных норм точности, а также подтверждения обоснованности экономической целесообразности применяемых методов и средств контроля.

Наибольший эффект проведения метрологической экспертизы и нормоконтроля НТД наблюдается при постоянном сотрудничестве конструкторов, технологов и специалистов. Тщательная метрологическая экспертиза на всех этапах разработки изделий, начиная с научно-исследовательской работы и заканчивая постановкой на серийное производство, позволяет избежать типовых и систематических ошибок.

Глава 1. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА КОНСТРУКТОРСКОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ (МЭ КТД)

1.1. Цели МЭ конструкторской и технической документации, общие понятия и определения

Основная цель метрологической экспертизы – достижение эффективности метрологического обеспечения (МО), выполнение общих и конкретных требований к МО наиболее рациональными методами и средствами.

В отечественной метрологии существуют два легитимных определения термина «метрологическая экспертиза». Первое из них приведено в законе «Об обеспечении единства измерений».

Метрологическая экспертиза – анализ и оценка правильности установления и соблюдения метрологических требований применительно к объекту, подвергаемому экспертизе. Метрологическая экспертиза проводится в обязательном (обязательная метрологическая экспертиза) или добровольном порядке.

Второе определение дано в РМГ 29-2013 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения».

Метрологическая экспертиза документации – конструкторская МЭ, технологическая МЭ, анализ и оценивание экспертами-метрологами правильности применения метрологических требований, правил, норм, в первую очередь связанных с единством измерений.

Отличие этих определений заключается в том, что первое определение – расширенное: объект, подвергаемый экспертизе, не конкретизируется, а во втором случае говорится конкретно о конструкторской и технологической документации. Это связано с тем, что метрологическую экспертизу объектов следует начинать с самых ранних стадий их существования – разработки конструкторских и технологических документов, начиная с заявок и технического задания. Ее проведение на следующих этапах разработки продукции ведет к материальным потерям. Своевременно проведенное исследование и анализ технических решений в области метрологического обеспечения разрабатываемой

продукции дают возможность выбрать оптимальный вариант решения, вовремя оформить заказы на разработку методов и средств измерений (СИ).

Следует подчеркнуть, что важной особенностью МЭ технической документации на всех этапах жизненного цикла продукции является ее ведущая роль в обеспечении качества. Проведение МЭ позволяет вскрыть и устранить метрологические ошибки, поставить барьер проникновению в разрабатываемую техническую документацию решений с нарушением норм метрологического обеспечения разработки, испытаний и производства изделия. Если сказать коротко, то своевременно и качественно проведенная МЭ технической документации – это надежная «профилактика» брака при производстве и аварий при эксплуатации изделий.

Свыше 60 % нарушений требований стандартов и технических условий, изготовление продукции неудовлетворительного качества происходят из-за несоблюдения метрологических правил и норм. При этом значительная доля нарушений метрологических требований приходится на нормативную и другую техническую документацию, т. е. вносится при разработке продукции. Наибольшая стоимость метрологических несоответствий (ошибок) приходится на этапы разработки технического задания и эскизного проекта.

Обобщенная статистика показывает, что каждый рубль затрат на МЭ технической документации приносит от 4 до 250 руб. экономии. Высокое качество проведения самой метрологической экспертизы определяется многими факторами, но в первую очередь неукоснительным соблюдением требований нормативных документов (НД).

На рис. 1 показаны этапы метрологической экспертизы технической документации в производственном процессе. Независимо от вида технической документации, подвергаемой МЭ, существует проверенный многолетней практикой определенный алгоритм проведения МЭ. Этот алгоритм приведен на рис. 2.

Метрологическая экспертиза представляет собой более объемный и содержательный вид метрологической деятельности, чем просто метрологический контроль (МК).

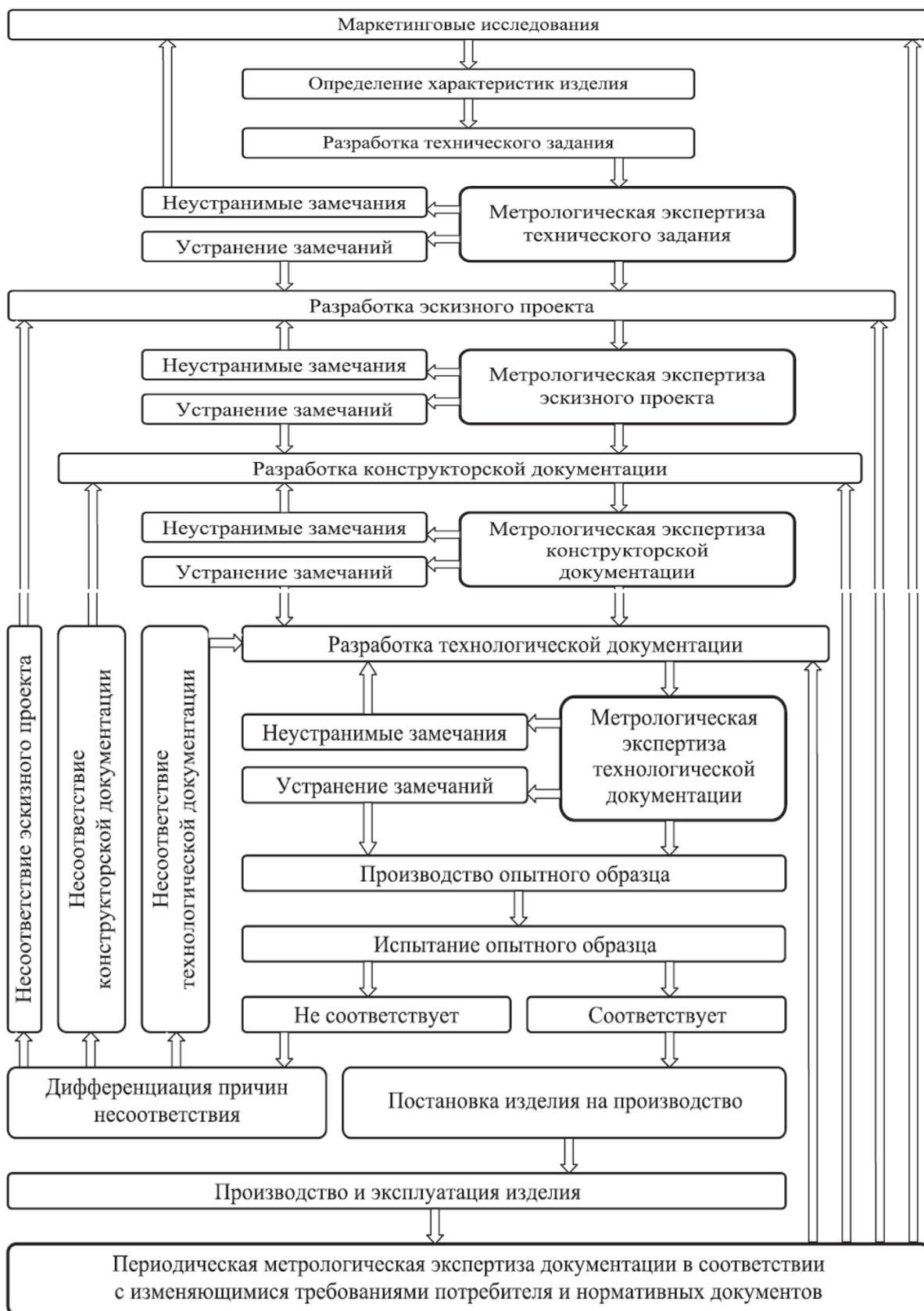


Рис. 1. Этапы проведения МЭ технической документации в производственном процессе



Рис. 2. Алгоритм проведения метрологической экспертизы

Метрологический контроль как неотъемлемая часть метрологической экспертизы выполняется путем *проверки* метрологических правил, норм и требований, установленных в нормативных документах (например, проверка на соответствие ГОСТ 8.417-2002 наименований и обозначений, указанных в технической документации единиц физических величин).

Метрологическая экспертиза, включающая в себя и метрологический контроль, осуществляется путем **анализа и оценивания** принятых технических решений. Эксперт-метролог должен хорошо знать не только метрологию, нормативные документы по метрологическому обеспечению производства, но и конструкторские и технологические системы документации; документацию, содержащую специальные требования к разработке и производству изделий, а также иметь практический опыт работы с измерительными приборами.

Приведем пример различного подхода к технической документации при проведении МЭ и метрологического контроля.

В картах технологического процесса разработчик не указал допуск на контролируемый параметр или не назначил СИ для контроля параметра. При МК специалист только констатирует факт: на контролируемый параметр должен стоять допуск или для контроля параметра должно назначаться СИ с указанием класса точности (или погрешности измерений), диапазона измерений и обозначением стандарта. При МК проверяющего может не интересовать, какой допуск должен быть указан на параметр или какое СИ назначил технолог в карте технологического процесса. При проведении МЭ наряду с вопросами, решаемыми при метрологическом контроле, эксперт должен выбрать **обоснованный** допуск на параметр (требования к допускам изложены в НД по метрологии, отраслевых стандартах или СТП) и назначить средство измерения, **необходимое по точностным, экономическим и другим характеристикам**.

Иными словами, при МК происходит альтернативный контроль – есть необходимый метрологический признак или его нет, а при МЭ в результате соответствующего анализа вырабатываются конкретные рекомендации разработчику по реализации технических решений (например, по выполнению измерений наиболее рациональными методами и средствами).

Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» устанавливает два вида МЭ – обязательную и добровольную (ст. 14). Обязательной метрологической экспертизе подлежат **требования к измерениям, стандартным образцам и средствам измерений, содержащиеся в проектах нормативно-правовых актов Российской Федерации**, она проводится государственными научными метрологическими институтами. Обязательная метрологическая экспертиза стандартов, продукции, проектной, конструкторской, технологической документации

и других объектов *проводится также в порядке и в случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации*. Указанную экспертизу проводят аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели. Порядок проведения обязательной метрологической экспертизы содержащихся в проектах нормативно-правовых актов Российской Федерации требований к измерениям, стандартным образцам и средствам измерений устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений. В настоящее время этот порядок установлен Приказом Минпромторга России от 30.07.2015 № 2167 (ред. от 29.05.2017) «Об утверждении порядка проведения обязательной метрологической экспертизы содержащихся в проектах нормативных правовых актов Российской Федерации требований к измерениям, стандартным образцам и средствам измерений».

В добровольном порядке может проводиться метрологическая экспертиза продукции, проектной, конструкторской, технологической документации и других объектов, в отношении которых законодательством Российской Федерации не предусмотрена обязательная метрологическая экспертиза.

При решении отдельных задач по МЭ технической документации (например, оценивание правильности выбора средств измерений, методик выполнения измерений и др.) необходимо учитывать сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений, для которых установлены обязательные метрологические требования, за соблюдением которых осуществляется государственный метрологический надзор (ст. 15 – 17 Закона).

Метрологическая экспертиза конструкторской и технологической документации (КТД) осуществляется в соответствии с рекомендациями по межгосударственной стандартизации РМГ 63-2003, положениями стандартов Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ), Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), Единой системы технологической документации (ЕСТД), Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), отраслевыми стандартами и стандартами организации.

Согласно определениям, содержащимся в РМГ 63-2003, метрологическую экспертизу технической документации проводят путем анализа и оценивания технических решений в части метрологического обеспечения (технических решений, касающихся измеряемых параметров, установления требований к точности измерений, выбора методов и средств измерений, их метрологического обслуживания). Основная цель МЭ – достижение эффективности МО, выполнение общих и конкретных требований к метрологическому обеспечению наиболее рациональными методами и средствами.

Конкретные задачи метрологической экспертизы определяются назначением и содержанием технической документации.

1.2. Основные задачи метрологической экспертизы конструкторско-технической документации

Задачи метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации предполагают:

Оценивание

- рациональности номенклатуры измеряемых параметров;
- оптимальности требований к точности измерений;
- полноты и правильности требований к точности средств измерений;
- соответствия точности измерений заданным требованиям;
- контролепригодности изделия (измерительных систем);
- рациональности выбранных средств и методик выполнения измерений.

Анализ

- использования вычислительной техники в измерительных операциях.

Контроль

- правильности применения метрологических терминов, наименований измеряемых величин и обозначений их единиц.

Основные задачи МЭ КТД приведены в соответствии с РМГ 63-2003 «ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации». Способы их выполнения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Способы выполнения задач МЭ конструкторско-технологической документации

Задача МЭ конструкторско-технологической документации	Способ выполнения задачи
Анализ полноты и четкости формирования технических требований	Проверка корректности формулирования технического требования, исключение неоднозначности его толкования: выражение технических требований стандартизованными или общепринятыми терминами
Оценка оптимальности номенклатуры измеряемых параметров	Обеспечение соответствия номенклатуры измеряемых параметров и их норм требованиям действующих стандартов и нормативных документов, требованиям достоверности контроля, качества управления, безопасности труда и охраны окружающей среды, экономической целесообразности выбранной номенклатуры измеряемых параметров
Оценка контроля пригодности технического средства при испытании, эксплуатации и ремонте	Обеспечение доступа ко всем точкам измерений и возможность использования стандартного СИ или аттестованного нестандартизированного средства измерения
Проверка преимущественного использования стандартизованных и аттестованных методик измерения	Использование нестандартизованных и неаттестованных методик измерения (МИ) недопустимо: при отсутствии указанных МИ дать приложения для разработки аттестованных методик измерения
Анализ полноты и правильности требований к СИ	Обеспечение указания всех реквизитов и МХ СИ в соответствии с ГОСТ 8.009-84; возможность замены СИ на более совершенные (в перспективе); исключение СИ, снятых с производства; обеспечение соответствия условий измерения условиям применения выбранных средств измерений

Задача МЭ конструкторско- технологической документации	Способ выполнения задачи
Анализ технических решений по обоснованию норм точности и алгоритму отработки результатов наблюдений	Обеспечение соответствия составляющих погрешности измерений суммарной допускаемой погрешности измерений; установление соответствия норм точности и экономических потерь качеству измерительной информации; установление соответствия норм точности показателям достоверности контроля, диагностирования и испытаний; использование стандартизованного или аттестованного алгоритма обработки результатов наблюдений
Проверка правильности выражения показателей точности	Исключение использования результатов измерений без показателей их точности; обеспечение соответствия формы выражения показателей точности измерений требованиям МИ 1317-2004
Проверка правильности употребления терминов, наименований, обозначений физических величин и применения их единиц	Недопущение использования терминов, наименований, обозначений физических величин и применения их единиц, не соответствующих РМГ 29-2013, ГОСТ 8.417-2002 и действующим НТД

Глава 2. ОРГАНИЗАЦИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Существуют различные формы организации метрологической экспертизы технической документации. Основные положения организации МЭ устанавливает РМГ 63-2003. Конкретные положения организации и порядка проведения МЭ приводятся в соответствующем нормативном документе предприятия, организации. В соответствии с Законом РФ «О техническом регулировании» таким документом является стандарт организации (СТО).

Требования к построению и изложению стандарта организации приведены в ГОСТ Р1.4-2004. Вопросы проведения МЭ можно регламентировать и другим видом организационного документа. Однако СТО по метрологической экспертизе необходим в работе эксперта по следующим причинам:

1. Регламентирует вопросы организации и проведения МЭ на данном предприятии.
2. Учитывает специфику производства.
3. Отражает важные аспекты взаимодействия экспертов-метрологов с разработчиками технической документации.
4. Согласован с начальниками отделов-разработчиков и представителем заказчика, утвержден руководителем предприятия, является обязательным к исполнению.

СТО по МЭ должен содержать разделы, которые регламентируют:

- предпосылки для организации и проведения МЭ на предприятии;

- задачи метрологической экспертизы и метрологического контроля;

- планирование МЭ и метрологического контроля;

- конкретные виды технических документов и этапы их разработки, на которых эти документы подвергаются МЭ и МК;

- организацию и порядок проведения МЭ и метрологического контроля;

- объекты анализа при метрологической экспертизе в зависимости от вида технической документации;

- требования к квалификации специалистов, проводящих МЭ, их права и обязанности;

- порядок рассмотрения разногласий, возникающих при МЭ;

- реализация результатов метрологической экспертизы.

Кроме указанных выше разделов СТО может содержать и другие, отражающие важную информацию по МЭ для экспертов и разработчиков технической документации, например «Основные правила назначения и реализации требований к точности измерений в конструкторской и технологической документации».

Пример, показывающий значимость СТО по метрологической экспертизе в работе эксперта

Конструктор представил на МЭ документацию не в полном комплекте, т. е. без ссылочных документов, содержащих необходимую информацию по измерениям параметров. На предложение эксперта их принести, ответил коротко: «Возьмите сами в архиве». Тогда эксперт открывает стандарт организации по МЭ и зачитывает конструктору его прямую обязанность.

Эта обязанность может быть записана в СТО по МЭ следующим образом: «Техническая документация представляется на метрологическую экспертизу комплектно. Разработчик обязан предоставить дополнительно к техническому документу, подлежащему МЭ, чертежи, схемы, технические условия, программы испытаний, расчеты, типовые техпроцессы и другие ссылочные документы, содержащие соответствующие обоснования принятых технических решений по метрологическому обеспечению или требования к параметрам изделий и их измерениям».

В приложениях к стандарту приводят:

- форму журнала учета технической документации, прошедшей метрологическую экспертизу;
- форму листа замечаний по результатам МЭ технического документа;
- форму экспертного заключения.

2.1. Предпосылки для организации и проведения метрологической экспертизы на предприятии

Метрологическая экспертиза на предприятии является добровольным видом деятельности, и ее проведение может быть вызвано различными причинами. Проведение работ по МЭ предусмотрено отдельными стандартами, например: ГОСТ Р 8.563-2009 «ГСИ. Методики (методы) измерений»; ГОСТ Р 8.596-2002 «ГСИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения»; ГОСТ 12.0.005-2014 «ССБТ. Метрологическое обеспечение в области безопасности труда. Основные положения» и др.

Результаты государственного метрологического надзора также могут быть основанием для организации МЭ технической документации на предприятии. Возможны и другие причины.

2.2. Планирование метрологической экспертизы

Целесообразно использовать две формы планирования метрологической экспертизы:

- указание МЭ (как этапа) в планах разработки, постановки на производство, технологической подготовки и т. п.;
- самостоятельный план проведения МЭ либо ее включение в раздел плана работ по метрологическому обеспечению производства.

Результатом планирования являются в первом случае – этапы в производственных планах, во втором – годовой план проведения МЭ, составленный на основании перечней КД и ТД, подлежащих метрологической экспертизе, которые представляют руководители конструкторского и технологического отделов в Отдел главного метролога.

2.3. Документация, подлежащая метрологической экспертизе

В номенклатуру изделий, документация на которые подлежит МЭ, следует включить прежде всего продукцию, попадающую в сферу государственного регулирования. Целесообразно проводить МЭ документации на новые изделия и продукцию, принимаемые заказчиком, представляемые на сертификацию, а также поставляемые на экспорт. При этом следует использовать данные анализа состояния измерений, а также результаты анализа брака в производстве, учитывать наличие рекламаций потребителей.

Важный организационный момент – установление стадий разработки технической документации, на которых будет проводиться МЭ, и видов документов, подвергаемых метрологической экспертизе.

При установлении видов документов можно руководствоваться положениями ГОСТ 2.102-2013 «ЕСКД. Виды и комплектность конструкторской документации» для конструкторской документации и ГОСТ 3.1102-2011 «ЕСТД. Виды технологических документов» для технологической документации. Также можно руководствоваться таблицей, приведенной в РМГ 63-2003 «ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации» (табл. 2).

Таблица 2

Виды технической документации и объекты анализа
при метрологической экспертизе конструкторской
и технологической документации

Объект анализа при метрологической экспертизе	Вид технической документации								
	Технические задания, предложения (заявки)	Отчеты о НИР, пояснительные записки к техническим и эскизным проектам	Протоколы испытаний	Технические условия, проекты стандартов	Эксплуатационные и ремонтные документы	Программы и методики испытаний	Технологические инструкции и регламенты	Технологические карты	Проектные документы
Рациональность номенклатуры измеряемых параметров		+		+	+	+	+	+	+
Оптимальность требований к точности измерений	+	+		+	+	+	+		+
Объективность и полнота требований к точности средств измерений	+	+		+	+	+	+		+
Соответствие фактической точности измерений требуемой		+	+	+	+	+	+	+	
Контролепригодность конструкции (схемы)		+		+	+				+
Возможность эффективного метрологического обслуживания средств измерений	+	+		+	+		+		+
Рациональность выбранных методик и средств измерений		+	+	+	+	+	+	+	+
Применение вычислительной техники		+		+		+	+		+

2.4. Порядок проведения и оформления метрологической экспертизы

Порядок проведения метрологической экспертизы технической документации приведен в табл. 3. Документация предъявляется на МЭ комплектно в подлинниках, прошедших все проверки и согласования, как правило, предшествующие нормоконтролю.

Таблица 3

Порядок проведения МЭ технической документации

Мероприятие по проведению МЭ (по РМГ 63-2003)	Реализация мероприятий на предприятии
Назначение подразделения, специалисты которого проводят МЭ	Группа МЭ Отдела главного метролога
Разработка документа, устанавливающего порядок проведения МЭ на предприятии	Отдел главного метролога разрабатывает СТО, в котором устанавливается и подробно расписывается порядок проведения МЭ
Планирование метрологической экспертизы	Годовой план проведения МЭ составляется на основании перечней КД и ТД, подлежащих МЭ, которые представляют руководители конструкторского и технологического отделов в Отдел главного метролога
Назначение экспертов	Для проведения МЭ назначают экспертов-метрологов в соответствии с требованиями п. 3.3 ПР 50.2.013-97 и п. 4.4 РМГ 63
Подготовка и повышение квалификации экспертов	Подготовка и повышение квалификации экспертов осуществляется: – периодически один раз в 5 лет в Академии стандартизации, метрологии и сертификации с выдачей соответствующего удостоверения; – постоянно путем изучения новых НД по МО производства, новых методик выполнения измерений (МВИ), журналов «Главный метролог»,

Мероприятие по проведению МЭ (по РМГ 63-2003)	Реализация мероприятий на предприятии
Подготовка и повышение квалификации экспертов	«Законодательная и прикладная метрология» и др.; освоения современных СИ (изучение их технических характеристик, работы, поверки, калибровки); участия в метрологических семинарах, конкурсах
Формирование комплекса документов, справочных материалов, необходимых при проведении метрологической экспертизы	Комплекс необходимых документов включает: – НД по МО (стандарты ГСИ, ПР, РД, РМГ, МИ), стандарты ГСИ, ЕСТПП, ЕСКД, ЕСТД; – госреестр в электронном виде; – перечень СИ, разрешенных для применения на предприятии; – стандарт(ы) организации по МЭ; – информационный материал о параметрах сырья, комплектующих изделий, сведения об эксплуатационных показателях выпускаемой продукции; – техническую и справочную литературу (энциклопедии, справочники, учебники)

Регистрацию документов, представляемых на МЭ, а также ее результатов рекомендуется вести в специальном журнале по форме, установленной на предприятии (рис. 3).

Результаты МЭ можно оформить в виде экспертного заключения. Обычно экспертное заключение составляется тогда, когда метрологической экспертизе подвергалась документация от сторонних организаций (рис. 4).

К результатам МЭ, оформленным в журнале, прикладывается пронумерованный «Лист замечаний» (рис. 5). В экспертном заключении результаты МЭ также можно оформлять с прилагаемым «Листом замечаний».

Форма 1										
Журнал учета технической документации, прошедшей МЭ										
№ п/п	Дата поступления документа	Наименование изделия, детали	Наименование документа	Обозначение документа	Количество листов, формат А4	Разработчик документа (подразделение, фамилия, телефон)	Дата проведения МЭ	Номер листа замечаний или краткое изложение замечаний	Подпись разработчика	Подпись эксперта - метролога
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Рис. 3. Форма журнала учета технической документации, прошедшей МЭ

В нормативном документе, определяющем организацию и порядок проведения метрологической экспертизы на предприятии, необходимо предусмотреть разрешение конфликтных ситуаций, когда имеются разногласия между разработчиком документации и специалистом, проводившим метрологическую экспертизу.

Форма 3	
«УТВЕРЖДАЮ»	
(должность руководителя организации, проводившей МЭ)	
_____ / _____ /	
(подпись) (ФИО)	
« ____ » _____ 20 ____ г.	
Экспертное заключение	
На _____	
(наименование стадии разработки)	

(наименование, а также шифр или условное обозначение изделия или продукции)	
Документация, представленная на метрологическую экспертизу _____	

Предприятие-разработчик _____	
Результаты метрологической экспертизы _____	

Выводы _____	

Рекомендации _____	

Главный метролог _____	_____
	(подпись) (инициалы и фамилия)
Должности специалистов, проводивших экспертизу _____	_____
	(подпись) (инициалы и фамилия)

Рис. 4. Стандартная форма экспертного заключения

Форма 2

«УТВЕРЖДАЮ»

Главный метролог _____
(наименование предприятия)

_____/_____/_____
(подпись) (ФИО)

«___» _____ 20___ г.
(дата)

ЛИСТ ЗАМЕЧАНИЙ № _____
по результатам метрологической экспертизы

(наименование документа)

(обозначение документа)

№ п/п	Номер листа и пункта документа	Содержание замечания	Рекомендации (предложения)	Отметка об устранении замечаний
1	2	3	4	5

(должность лица, проводившего МЭ)

(дата)

(подпись)

Рис. 5. Стандартная форма листа замечаний

2.5. Требования к квалификации специалистов, проводящих метрологическую экспертизу, их права и обязанности

Требования к специалистам, проводящим **обязательную** МЭ, установлены Правилами по метрологии ПР 50.2.013-97 «Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право аттестации методик выполнения измерений и проведения метрологической экспертизы документов» В п. 3.3. записано: «Сотрудники, непосредственно участвующие в проведении аттестации методик выполнения измерений и метрологической экспертизы документов, должны знать формы представления результатов измерений, характеристики погрешности измерений и формы их представления для всех возможных случаев применения, а также способы использования характеристик погрешностей измерений для определения характеристик погрешностей испытаний и достоверности контроля параметров продукции, выполняемых с помощью измерений. **Такие специалисты должны быть аттестованы в качестве экспертов** в порядке, установленном Госстандартом России (в настоящее время – Росстандарт)».

К специалистам, проводящим *добровольную* МЭ, жестких требований относительно специальной аттестации нет. В РМГ 63-2003 требования к специалистам сформулированы следующим образом:

п. 4.4. «К проведению метрологической экспертизы допускают специалистов, которые:

- четко представляют свои функции и не заменяют конструктора, технолога, проектировщика при разработке технической документации, ответственность за качество которой несет исключительно разработчик;

- несут ответственность за правильность и объективность заключений по результатам метрологической экспертизы;

- хорошо представляют задачи метрологической экспертизы, обладают навыками их решения, умеют выделить приоритетные вопросы при рассмотрении конкретных документов;

- хорошо представляют содержание конструкторских и технологических документов различных видов на конкретную продукцию, состав и содержание проектной документации (особенно в части требований к точности измерений, методикам контроля и испытаний продукции и ее составных частей, применяемым средствам измерений);

- хорошо знают основные метрологические правила, ориентируются в метрологических документах, относящихся к разрабатываемым объектам;

- систематически повышают квалификацию».

Обобщая, можно констатировать, что право на проведение добровольной МЭ имеют специалисты, обладающие специальными знаниями (подтверждением может служить диплом о соответствующем специальном образовании); ответственностью за правильность и объективность заключений по результатам метрологической экспертизы (подтверждение «Должностная инструкция» либо «Договор о проведении МЭ») и прошедшие повышение квалификации по специальности (свидетельство о последнем прохождении ПК) в области метрологической экспертизы.

Квалификационные требования к специалистам, проводящим метрологическую экспертизу, могут быть установлены в их должностных инструкциях.

Права и обязанности специалистов, на которых возложено проведение метрологической экспертизы

Специалисты, проводящие МЭ, имеют следующие обязанности:

- руководствоваться действующими в настоящее время нормативными документами, регламентирующими метрологические правила;
- представлять четкие и обоснованные замечания и предложения;
- своевременно оформлять результаты метрологической экспертизы;
- вносить предложения по совершенствованию МЭ;
- проводить консультации для разработчиков документации по вопросам ее метрологической проработки;
- содействовать реализации результатов МЭ;
- вести учет замечаний и предложений для последующего анализа, составлять классификатор ошибок и разрабатывать рекомендации по их предупреждению;
- вести учет и регистрацию проверяемой документации и результатов ее проверки;
- визировать документацию, прошедшую метрологическую экспертизу.

Специалисты, проводящие МЭ, имеют право:

- требовать от разработчиков внесения изменений в документацию и исправления ошибок, выявленных при метрологической экспертизе;
- возвращать документацию без рассмотрения в случае отсутствия необходимых согласующих подписей, при некомплектности или небрежном оформлении документации, при большом количестве ошибок;
- требовать от разработчика дополнительные материалы и разъяснения, обоснования технических решений.

2.6. Реализация результатов метрологической экспертизы

Метрологическая служба предприятия должна осуществлять систематический анализ результатов МЭ, выделяя наиболее характерные и серьезные недостатки документации, и представлять свои предложения для устранения этих недостатков во вновь разрабатываемой

документации. Такими предложениями могут быть, в частности: разработка НД по метрологическому обеспечению, приобретение новых СИ и испытательного оборудования, разработка и аттестация методик выполнения измерений, обеспечение необходимых для измерения условий (выделение или строительство помещений, специального оборудования и т. д.), создание фонда НД по метрологическому обеспечению.

Целесообразно систематизировать и классифицировать ошибки по видам документов, стадиям их разработки, подразделениям разработчиков документации (отдельным исполнителям) и классификационным признакам.

Результаты анализа и обобщения можно оформить в виде классификатора ошибок, который позволяет легко выявить наиболее характерные (часто встречающиеся) и существенные ошибки. На основе таких классификаторов можно проводить количественную оценку уровня метрологической проработки технической документации, вносить предложения по совершенствованию метрологического обеспечения производства и посчитать экономический эффект от предотвращения метрологических ошибок.

Наиболее характерные ошибки, выявленные при проведении МЭ конструкторской и технологической документации, представлены в табл. 4.

Таблица 4

Наиболее характерные ошибки, выявленные при проведении МЭ конструкторской и технологической документации

№ п/п	Характерные ошибки, выявленные при решении различных задач МЭ технической документации	Рекомендации по устранению выявленных ошибок в технической документации
1	<i>Оценка полноты и правильности задания требований по метрологическому обеспечению в техническом задании (ТЗ)</i>	
1.1	В разделе «Требования по метрологическому обеспечению» указаны не все нормативные документы, по которым оно осуществляется	Указать в разделе «Требования по метрологическому обеспечению» все нормативные документы, в соответствии с которыми оно осуществляется

Продолжение табл. 4

№ п/п	Характерные ошибки, выявленные при решении различных задач МЭ технической документации	Рекомендации по устранению выявленных ошибок в технической документации
1.2	В разделе «Требования по метрологическому обеспечению» отсутствует требование по применению СИ утвержденных типов	Внести в раздел «Требования по метрологическому обеспечению» требование по применению СИ утвержденных типов
1.3	В ТЗ на разработку измерительной системы отсутствует описание методик и средств поверки измерительной системы	Включить в ТЗ на разработку измерительной системы описание методик и средств поверки измерительной системы
1.4	В разделе «Требования по метрологическому обеспечению» отсутствует требование по использованию стандартизованных и аттестованных согласно ГОСТ Р8.563-96 методик выполнения измерений	Внести в раздел «Требования по метрологическому обеспечению» требование по использованию стандартизованных и аттестованных согласно ГОСТ Р8.563-2009 методик измерений
1.5	В разделе «Требования по метрологическому обеспечению» отсутствует требование по применению испытательного оборудования, аттестованного в соответствии с ГОСТ Р 8.568-2017	Внести в раздел «Требования по метрологическому обеспечению» требование по применению испытательного оборудования, аттестованного в соответствии с ГОСТ Р8.568-2017
1.6	В разделе «Требования по метрологическому обеспечению» отсутствует требование по выражению результатов измерений в узаконенных единицах величин согласно ГОСТ 8.417-2002	Внести в раздел «Требования по метрологическому обеспечению» требование по выражению результатов измерений в узаконенных единицах величин согласно ГОСТ 8.417-2002
1.7	В разделе «Требования по метрологическому обеспечению» отсутствует требование по представлению результатов измерений с указанием значений характеристик погрешностей измерений в соответствии с МИ 1317-2004	Внести в раздел «Требования по метрологическому обеспечению» требование по представлению результатов измерений с указанием значений характеристик погрешностей измерений в соответствии с МИ 1317-2004

№ п/п	Характерные ошибки, выявленные при решении различных задач МЭ технической документации	Рекомендации по устранению выявленных ошибок в технической документации
2	<i>Оценка оптимальности номенклатуры измеряемых и контролируемых параметров</i>	
2.1	В состав измеряемых и контролируемых параметров включены параметры, не требующие измерений и контроля	Исключить из числа измеряемых и контролируемых параметры, не требующие измерений и контроля. Возможными признаками отсутствия необходимости измерений и контроля параметра являются: – информация о результатах измерений и контроля параметра не используется; – измеряются и контролируются взаимозависимые параметры; – значение измеряемого (контролируемого) параметра стабильно во времени
2.2	В состав измеряемых и контролируемых параметров не включены параметры, требующие измерений и контроля	Предусмотреть измерения и контроль этих параметров. Внести необходимые изменения в соответствующие технические документы. Возможными признаками необходимости измерений и контроля параметров являются: а) значение параметра нестабильно во времени и существенно влияет на характеристики изделия; б) введение параметра в состав контролируемых (изменяемых) параметров позволяет: – упростить методику контроля (измерений); – повысить достоверность контроля технического состояния изделия
2.3	В техническом задании на разработку измерительной системы указан неполный перечень измерительных каналов и их МХ	Указать весь перечень измерительных каналов измерительной системы и их метрологических характеристик

Продолжение табл. 4

№ п/п	Характерные ошибки, выявленные при решении различных задач МЭ технической документации	Рекомендации по устранению выявленных ошибок в технической документации
3	<i>Анализ технических решений по обоснованию норм точности и алгоритму обработки результатов измерений</i>	
3.1	В проектной документации не указаны пределы допускаемых отклонений на отдельные параметры	Определить и внести в проектную документацию значения пределов допускаемых отклонений на данные параметры
3.2	В проектной документации отсутствует обоснование пределов допускаемых отклонений на контролируемые параметры	Провести обоснование значений пределов допускаемых отклонений на контролируемые параметры и внести их в проектную документацию
3.3	Обоснование пределов допускаемых отклонений на контролируемые параметры, приведенные в проектной документации, не полные или недостоверные (завышены или занижены)	Уточнить с проведением обоснования значения пределов допускаемых отклонений (допусков) на контролируемые параметры
3.4	Установлено неправильное соотношение между пределами допускаемого отклонения на измеряемый параметр и пределами допускаемой погрешности измерений (пределы допускаемого отклонения соизмеримы с пределами допускаемой погрешности измерений)	Установить соотношение между пределами допускаемого отклонения и пределами допускаемой погрешности измерения параметра согласно правилу: «Предел допускаемой погрешности измерений, не приводящей к заметным потерям или другим неблагоприятным последствиям, может составлять 0,2 – 0,3 границы симметричного допуска на измеряемый важный параметр; для параметров, не относящихся к наиболее важным, 0,5. При несимметричных границах допуска или одностороннем допуске может быть использовано то же значение (0,5) для соотношения пределов допускаемых значений погрешности измерений и размера поля допуска»

Продолжение табл. 4

№ п/п	Характерные ошибки, выявленные при решении различных задач МЭ технической документации	Рекомендации по устранению выявленных ошибок в технической документации
3.5	При расчете фактического значения суммарной погрешности измерений не учтены отдельные ее составляющие	Определить все составляющие погрешности измерений и провести расчет суммарной погрешности измерений
3.6	Неверно определен закон распределения случайных составляющих погрешности измерений (другой похожий закон распределения, например, закон распределения не нормальный, а равномерный)	Определить закон распределения случайных составляющих погрешности измерений
3.7	При расчете суммарной погрешности измерений не учитывается влияние на метрологические характеристики СИ условий измерений (температуры, влажности, вибраций и т. д.)	Исследовать влияние условий измерений на метрологические характеристики СИ и рассчитать суммарную погрешность измерений с учетом возникающей при этом дополнительной погрешности
3.8	В ТЗ на разработку измерительной системы отсутствует описание алгоритмов обработки промежуточных результатов измерений параметров в каналах измерительной системы	Включить в ТЗ описание алгоритмов обработки промежуточных результатов измерений параметров в измерительных каналах измерительной системы
3.9	В ТЗ на разработку измерительной системы отсутствуют методы расчета метрологических характеристик измерительных каналов измерительной системы	Включить в ТЗ методы расчета метрологических характеристик измерительных каналов измерительной системы
3.10	Округление численных оценок погрешности измерений, результатов измерений и вычислений не соответствует правилам, изложенными в СТ СЭВ 543-77 «Числа. Правила записи и округления»	Выполнить округление численных оценок погрешности измерений, результатов измерений и вычислений в соответствии с правилами, изложенными в СТ СЭВ 543-77 «Числа. Правила записи и округления»

Продолжение табл. 4

№ п/п	Характерные ошибки, выявленные при решении различных задач МЭ технической документации	Рекомендации по устранению выявленных ошибок в технической документации
4	<i>Анализ полноты и правильности требований к СИ, оценивание рациональности выбранных средств измерений</i>	
4.1	В технических условиях отсутствует «Перечень применяемых СИ»	Включить в ТУ «Перечень применяемых СИ»
4.2	Выбранное СИ не обеспечивает требуемую точность измерений из-за собственной большой погрешности измерений	Выбрать СИ, обеспечивающее требуемую точность измерений
4.3	Неправильно указан (завышен) предел измерений СИ, вследствие чего не обеспечивается точность измерений, заданная в конструкторской документации	Указать минимальный предел измерений СИ, обеспечивающий точность измерений, заданную в конструкторской документации
4.4	Неправильно указан ГОСТ или ТУ на средство измерения	Записать ГОСТ или ТУ на СИ, указанные в его техническом паспорте
4.5	Выбрано СИ, не внесенное в Госреестр СИ	Выбрать СИ, внесенное в Госреестр СИ
4.6	Неправильно выбрано СИ из-за несоблюдения требований (условий) измерительной задачи (например, по ограничению измерительного тока при измерении сопротивления)	Выбрать СИ с учетом всех требований (условий) измерительной задачи
4.7	Выбор средств измерений не обоснован экономически (например, используется слишком дорогое СИ, хотя для этого имеется более дешевое, подходящее по метрологическим и другим характеристикам СИ)	Обосновать выбор средств измерений экономически
4.8	Используется неправильное или неполное обозначение наименования и метрологических характеристик средств измерений	Использовать правильное и полное обозначение наименования и метрологических характеристик средств измерений

Продолжение табл. 4

№ п/п	Характерные ошибки, выявленные при решении различных задач МЭ технической документации	Рекомендации по устранению выявленных ошибок в технической документации
5	<i>Оценка контролепригодности конструкции изделия</i>	
5.1	Невозможен (затруднен) контроль ряда параметров из-за отсутствия приспособлений (контрольных гнезд, разъемов), предназначенных для подключения СИ	Провести доработку образца по обеспечению свободного доступа к контрольным гнездам, разъемам, предназначенным для подключения СИ
5.2	Затруднен доступ к элементам, обеспечивающим регулировку и настройку встроенных СИ	Провести доработку образца с обеспечением свободного доступа к элементам регулировки и настройки встроенных СИ
5.3	Затруднен доступ к датчикам, измерительным преобразователям, встроенным СИ для их обслуживания, замены и поверки без демонтажа	Провести доработку образца, обеспечивающую удобство доступа к датчикам, измерительным преобразователям, встроенным СИ для их обслуживания, замены и поверки
6	<i>Проверка правильности выражения показателей точности</i>	
6.1	Форма выражения показателей точности измерений не соответствует требованиям МИ 1317-2004	<p>Выражение показателей точности измерений привести в соответствие требованиям МИ 1317:</p> <ul style="list-style-type: none"> – наименьшие разряды числовых значений результатов измерений принимают такими же, как и наименьшие разряды числовых значений среднего квадратического отклонения абсолютной погрешности измерений или числовых значений границ, в которых находится абсолютная погрешность измерений; – характеристики погрешности и их статистические оценки выражают числом, содержащим не более двух значащих цифр

№ п/п	Характерные ошибки, выявленные при решении различных задач МЭ технической документации	Рекомендации по устранению выявленных ошибок в технической документации
7	<i>Проверка правильности употребления терминов, наименований, обозначений физических величин и применения их единиц</i>	
7.1	Используются термины, не соответствующие РМГ 29-2013: – замерить; – СИ должны быть проверены; – точность $\pm 0,1$ мм; – величина гранул	Использовать термины, соответствующие РМГ 29-2013: – измерить; – СИ должны быть поверены; – погрешность $\pm 0,1$ мм; – размер гранул
7.2	Неправильный перевод единиц физических величин (например, давления – МПа в мм рт.ст)	Выполнить правильный перевод единиц физических величин, используя энциклопедические справочные данные
7.3	Указана цена деления измерительной шкалы прибора в качестве его погрешности измерений (например, для весов)	Указать погрешность прибора
7.4	Использованы наименования, обозначения физических величин и применение их единиц, не соответствующие требованиям ГОСТ 8.417-2002	Использовать наименования, обозначения физических величин и применение их единиц, соответствующие требованиям ГОСТ 8.417-2002

Из табл. 4 видно, что при проведении метрологической экспертизы наибольшее количество ошибок в технической документации выявляется на начальном этапе создания изделий, т. е. на стадии разработки ТЗ. По статистике максимум замечаний предъявляется к разработчикам со стороны эксперта при решении следующих задач метрологической экспертизы:

- анализ технических решений по обоснованию норм точности и алгоритму обработки результатов измерений;
- анализ полноты и правильности требований к СИ, оценивание рациональности выбранных средств измерения.

2.7. Нормативная база для проведения метрологической экспертизы

Для проведения метрологической экспертизы используют:

- Госреестр СИ в электронном виде, «Перечень средств измерения, разрешенных для применения на предприятии», справочники по СИ, каталоги и технические описания средств измерения;
- аттестованные методики выполнения измерений;
- техническую литературу, учебники по метрологии, журналы «Главный метролог», «Законодательная метрология» и т. д.;
- информационный материал о параметрах сырья, комплектующих изделий, точности и эксплуатационных показателях технологического оборудования, краткие сведения о выпускаемой продукции.

Исходная информация о нормативной документации содержится в следующих источниках:

- указатель нормативных документов в области метрологии (публикуется на 1 января каждого года);
- указатель государственных стандартов (издается ежегодно издательством стандартов);
- сборник «Средства измерений, допущенные к применению в Российской Федерации. Описание типов» (издается с 1998 г. ВНИИМС);
- указатель комплектов средств поверки (ВНИИМС);
- МИ 2314-2006 «ГСИ. Кодификатор групп средств измерений».

При проведении метрологической экспертизы могут быть использованы также ведомственные материалы (например, нормы точности измерений могут быть установлены в отраслевых нормативных документах) или документация предприятия, в том числе автоматизированные базы данных, разработанные в ФГУП «ВНИИМС»:

- технические характеристики средств измерений, включенных в Государственный реестр средств измерений;
- поверочные работы, проводимые органами государственной метрологической службы;
- нормативная, методическая и справочная документация в области метрологии.

Перечень нормативных документов, рекомендуемых при организации и проведении МЭ технической документации, приведен ниже.

1. Нормативные документы, регламентирующие вопросы организации и проведения метрологической экспертизы

1.1. ГОСТ Р 1.4-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения.

1.2. ГОСТ Р 1.5-2012. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.

1.3. ПМГ 92-2009. Метрологическая экспертиза проектов межгосударственных и национальных стандартов.

1.4. МИ 2116-90. ГСИ. Анализ и оценка метрологического обеспечения при внедрении стандартов ИСО серии 9000.

1.5. МИ 2117-90. ГСИ. Организация метрологического обеспечения при внедрении стандартов ИСО серии 9000.

1.6. МИ 2240-98. ГСИ. Анализ состояния измерений, контроля и испытаний на предприятии, в организации, объединении. Методика и порядок проведения работы.

1.7. РМГ 63-2003. ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации.

1.8. РМГ 27-99. Порядок проведения и содержание работ при проведении метрологической экспертизы технической документации на межгосударственные стандартные образцы.

2. Нормативные документы, регламентирующие термины и определения в области метрологии и метрологической экспертизы

2.1. ГОСТ 3.1109-82. ЕСТД. Термины и определения основных понятий.

2.2. ГОСТ 16504-81. СГИП. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.

2.3. РМГ 29-2013. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.

2.4. РМГ 83-2007. ГСИ. Шкалы измерений. Термины и определения.

3. Нормативные документы, регламентирующие единицы величин

3.1. ГОСТ 8.417-2002. ГСОЕИ. Единицы величин.

3.2. МИ 2630-2000. Рекомендация. ГСИ. Метрология. Физические величины и их единицы.

3.3. Постановление Правительства РФ от 31.10.2009 № 879.

3.4. ПР 50.2.102-2009. Положение о единицах величин, допускаемых к применению в Российской Федерации.

4. Нормативные документы, регламентирующие требования к средствам измерений

4.1. ГОСТ 8.009-84. ГСОЕИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.

4.2. ГОСТ 8.256-77. ГСОЕИ. Нормирование и определение динамических характеристик аналоговых средств измерений. Основные положения.

4.3. ГОСТ 8.315-97. ГСОЕИ. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения.

4.4. ГОСТ 8.395-80. ГСОЕИ. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования.

4.5. ГОСТ 8.401-80. ГСОЕИ. Классы точности средств измерений. Общие требования.

4.6. ГОСТ 8.508-84. ГСОЕИ. Метрологические характеристики средств измерений и точностные характеристики средств автоматизации ГСП.

4.7. Приказ Минпромторга РФ от 2 июля 2015 г. № 1815 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

4.8. РМГ 74-2004. ГСОЕИ. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений.

4.9. МИ 2273-93. ГСОЕИ. Области использования средств измерений, подлежащих поверке.

4.10. МИ 2314-2006. ГСОЕИ. Кодификатор групп средств измерений.

4.11. РД 50-98-86. МУ. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм (по применению ГОСТ 8.051-81).

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

4.13. МИ 2440-97. ГСОЕИ. Методы экспериментального определения и контроля характеристик погрешностей измерительных каналов измерительных систем и измерительных комплексов.

4.14. ГОСТ Р 8.654-2015. Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения.

4.15. ГОСТ Р 8.596-2002. ГСОЕИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения.

4.16. МИ 2891-2004. ГСОЕИ. Общие требования к программному обеспечению средств измерений.

4.17. МИ 2955-2010. ГСОЕИ. Типовая методика аттестации программного обеспечения средств измерений и порядок ее проведения.

4.18. ГОСТ Р 8.568-2017. Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.

5. Нормативные документы, регламентирующие требования к методикам измерений

5.1. ГОСТ Р 8.563-2009. ГСОЕИ. Методики (методы) измерений.

5.2. ГОСТ 8.050-73. ГСОЕИ. Нормальные условия выполнения линейных угловых измерений.

5.3. МИ 1967-89. ГСОЕИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений.

5.4. МИ 2091-90. ГСОЕИ. Измерения физических величин. Общие требования.

5.5. МИ 2177-91. ГСОЕИ. Измерения и измерительный контроль. Сведения о погрешностях измерений в конструкторской и технологической документации.

5.6. МИ 2222-92. ГСОЕИ. Виды измерений. Классификация.

6. Нормативные документы, регламентирующие требования к характеристикам погрешности измерений

6.1. ГОСТ 8.051-81. ГОЕСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм.

6.2. ГОСТ Р 8.736-2011. ГСОЕИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.

6.3. МИ 1317-2004. ГСОЕИ. Результаты измерений и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров.

6.4. Р 50.2.038-2004. ГСОЕИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенностей результатов измерений.

6.5. МИ 2083-90. ГСОЕИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей.

6.6. МИ 2246-93. ГСОЕИ. Погрешности измерений. Обозначения.

6.7. РМГ 62-2003. ГСОЕИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации (взамен МИ 2232-2000.).

6.8. РМГ 64-2003. ГСОЕИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Методы и способы повышения точности измерений (взамен МИ 2301-2000).

6.9. ГОСТ Р ИСО 5725-2002 (6 частей). Точность (правильность, прецизионность) методов и результатов измерений.

6.10. РМГ 43-2001. ГСОЕИ. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений».

6.11. РМГ 91-2009. ГСОЕИ. Совместное использование понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерения». Общие принципы.

7. Нормативные документы, рекомендуемые при проведении метрологической экспертизы чертежей

7.1. ГОСТ 2.308-2011. Единая система конструкторской документации. Указания допусков формы и расположения поверхностей.

7.2. ГОСТ 28187-89. ОНВ. Отклонения формы и расположения поверхностей. Общие требования к методам измерений.

7.3. ГОСТ 2.309-73. ЕСКД. Обозначение шероховатости поверхностей.

7.4. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.

7.5. ГОСТ 6636-69. ОНВ. Нормальные линейные размеры.

7.6. ГОСТ 8908-81. ОНВ. Нормальные углы и допуски углов. Вместо части данного документа рекомендуется использовать ГОСТ Р 53441-2009. Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Нормальные углы и уклоны призм – в части п. 1.2.

7.7. ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения.

7.8. ГОСТ 24643-81. ОНВ. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения.

7.9. ГОСТ 25142-82. Шероховатость поверхности. Термины и определения.

7.10. ГОСТ 28187-89. ОНВ. Отклонения формы и расположения поверхностей. Общие требования к методам измерений.

7.11. ГОСТ 25346-89. ОНВ. ЕСДП. Ряды допусков и основных отклонений.

7.12. ГОСТ 25347-2013. Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Ряды допусков, предельные отклонения отверстий и валов.

7.13. ГОСТ 25348-82. ОНВ. ЕСДП. Ряды допусков, основных отклонений и поля допусков для размеров свыше 3150 мм.

7.14. ГОСТ 30893.1-2002 (ИСО 2769-1-89). ОНВ. Общие допуски. Предельные отклонения линейных и угловых размеров с неуказанными допусками.

7.15. ГОСТ 30893.2-2002 (ИСО 2769-2-89). ОНВ. Общие допуски. Допуски формы и расположения поверхностей, не указанные индивидуально.

7.16. ГОСТ 2.308-2011. Единая система конструкторской документации. Указания допусков формы и расположения поверхностей.

7.17. ГОСТ 2.309-73. ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей.

8. Другие нормативные документы, используемые при метрологической экспертизе

8.1. ГОСТ 12.0.005-2014. Система стандартов безопасности труда. Метрологическое обеспечение в области безопасности труда. Основные положения.

8.2. ГОСТ Р 8.589-2001. ГСОЕИ. Контроль загрязнения окружающей природной среды. Метрологическое обеспечение. Основные положения.

9. Нормативные документы системы разработки и постановки продукции на производство

9.1. ГОСТ Р 15.301-2016. Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство.

9.2. ГОСТ Р 15.309-98. Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции.

9.3. ГОСТ 2.114-2016 Единая система конструкторской документации. Технические условия.

Стандарты ЕСКД, ЕСТД и других систем применяют в зависимости от конкретных задач МЭ и видов проверяемых документов.

Глава 3. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

3.1. Общие требования к МЭ всех видов конструкторско- технической документации

Цель метрологической экспертизы рабочей конструкторской документации – оценка возможности контроля установленных в документации норм точности, достоверности и экономической целесообразности методов контроля.

Одной из главных задач метрологической экспертизы рабочей конструкторской документации является анализ рациональности номенклатуры параметров, подлежащих измерениям. Такой анализ включает в себя:

- рассмотрение возможности замены качественных требований (при их наличии) на требования к физическим величинам;
- анализ достаточности номенклатуры измеряемых параметров, необходимых для обеспечения изделием (узлом, деталью) его служебного назначения, и рассмотрение возможности сокращения этой номенклатуры или такого ее изменения, которое приводит к уменьшению затрат на контрольно-измерительные операции;
- проверку взаимной увязки допусков формы, расположения, а также шероховатости поверхностей и допусков на размеры, проставляемые на чертеже детали.

Рассмотрение возможности замены качественных требований, предполагающих органолептический (с помощью органов чувств) контроль, на требования к физическим величинам, проверяемых путем измерений, необходимо осуществлять при наличии качественных требований к конструкции изделия. Однако такая замена хотя и возможна, но нецелесообразна, например, в случае контроля параметров, повышение объективности и достоверности которого не оправдывает дополнительные затраты на организацию измерений.

Анализ достаточности номенклатуры измеряемых параметров осуществляют по результатам оценки их влияния на служебное назначение изделия, взаимосвязи между собой, а также экономической целесообразности соответствующих контрольно-измерительных операций.

Так, в ряде случаев из-за удобства измерения целесообразно заменять раздельное нормирование отклонений формы и расположения поверхностей деталей нормированием суммарных отклонений этих параметров геометрической точности, тем более что часто точность формы и расположения поверхностей одновременно влияет на эксплуатационные свойства деталей. К таким параметрам можно отнести отклонения от плоскостности и параллельности, плоскостности и перпендикулярности и некоторые другие, часто нерационально нормируемые и измеряемые раздельно.

Вместе с тем иногда целесообразно заменять нормируемые комплексные параметры геометрической точности дифференцированными. Например, измерение комплексного параметра точности формы цилиндрических поверхностей – отклонение от цилиндричности – часто недостаточно обеспечено производственными измерительными средствами. Поэтому рекомендуют раздельно нормировать и измерять отклонения от круглости и профиля продольного сечения.

При экспертизе *контролепригодности установленных норм точности* основное внимание уделяют анализу возможности измерения указанных в конструкторской документации параметров точности изделия существующими измерительными средствами. Если такая возможность отсутствует, проверяют обоснованность назначения указанных параметров точности и их допусков. При этом необходимо учитывать, что одни и те же свойства изделия могут быть обеспечены нормированием различных параметров. Например, при отсутствии в единичном производстве комплексных калибров для контроля позиционного отклонения осей отверстий под крепеж возможна замена в соответствии с ГОСТ 28187-89 позиционных допусков предельными отклонениями координирующих размеров.

Проверка полноты и правильности требований к точности средств измерений проводится, как правило, если нормируемые параметры непосредственно не проверяются, а используются косвенные методы измерения. При косвенных измерениях погрешность средств измерений составляет часть погрешности измерений. В таких случаях необходимо представление о методической составляющей погрешности измерений.

При проверке правильности требований к точности средств измерения следует учитывать, что чрезмерный запас по точности экономически не оправдан. Чем точнее средство измерения, тем выше затраты

на измерения, в том числе затраты на метрологическое обслуживание этих средств.

Достоверность измерений линейных размеров можно оценить величиной параметров m (число неправильно принятых деталей), n (количество неправильно забракованных деталей) и c (возможный выход за границу поля допуска у неправильно принятых деталей), определяемыми по ГОСТ 8.051-81 в зависимости от точности технологического процесса обработки деталей и точности измерений. Указанные параметры должны находиться в пределах допустимых конструктивных (m , c) и экономических (n) требований.

При оценке правильности использования метрологических терминов, наименований измеряемых величин и обозначений их единиц проверяют выполнение требований РМГ 29-2013, ГОСТ 8.417-2002 и др. Правильное использование терминологии — залог предотвращения ошибок и неоднозначности в содержании технической документации. В документации разрешается применение единиц системы СИ, кратных и дольных единиц системы СИ, единиц, допущенных к применению наравне с единицами системы СИ.

3.2. Метрологическая экспертиза технического задания

Техническое задание (ТЗ) – исходный документ для проектирования сооружения или промышленного комплекса, конструирования технического устройства (прибора, машины, системы управления и т. д.) либо проведения научно-исследовательских работ. ТЗ устанавливает основное назначение, технические и тактико-технические характеристики, показатели качества и технико-экономические требования, предъявляемые к разрабатываемой продукции, необходимые стадии разработки конструкторской документации и ее состав, а также специальные требования к изделию. Техническое задание, как правило, состоит из следующих разделов:

- основание для разработки;
- цель и назначение;
- нормативно-технические требования;
- технико-экономические требования;
- требования по видам обеспечения;
- специальные требования;

- этапы разработки (выполнения);
- порядок выполнения и приемки;
- приложения.

Метрологическую экспертизу ТЗ проводят в следующей последовательности:

1. Проверяют правильность построения ТЗ (наличие всех необходимых разделов и приложений).

2. Оценивают оптимальность номенклатуры измеряемых параметров, правильность формы их записи, возможность измерения параметров продукции с требуемой точностью с помощью имеющихся или разрабатываемых средств и методик измерений, методик испытаний.

Несмотря на то что эксперт-метролог тщательно «прорабатывает» весь текст ТЗ, наибольшее внимание он должен уделить разделу «Нормативно-технические требования» и пункту с названием «Требования по метрологическому обеспечению» в разделе «Требования по видам обеспечения». В разделе «Нормативно-технические требования» указываются основные контролируемые параметры и исходные требования к методам и средствам измерений, условиям контроля и испытаний продукции, ее технического обслуживания и ремонта. Здесь эксперт должен обратить внимание на то, что разработчику не следует применять словосочетания «не хуже» («не лучше»), «хуже» («лучше»), «не уже» («не шире») для количественной оценки требований к параметрам. Правильнее в этих случаях употреблять слова «не более» («не менее»), «более» («менее»).

3. Оценивают достаточность требований по МО разработки, производства, испытаний и эксплуатации продукции. В пункте «Требования по метрологическому обеспечению» эксперт-метролог оценивает достаточность требований по МО. В этом пункте в обязательном порядке должны быть записаны следующие требования по метрологическому обеспечению:

- используемые СИ (измерительные системы) должны быть утвержденных типов (внесены в Госреестр СИ), поверены согласно Приказу Минпромторга РФ от 2 июля 2015 г. № 1815;

- применяемое испытательное оборудование должно быть аттестовано в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8. 568-2017;

- методики измерений должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 8. 563-2009;

– результаты измерений должны быть выражены в узаконенных единицах величин согласно ГОСТ 8.417-2002, а формы выражения показателей точности измерений соответствовать требованиям МИ 1317-2004.

4. Устанавливают наличие и полноту указаний по проведению МЭ документации. Должны быть указаны перечень документов, представляемых на МЭ; стадии разработки документации, на которых она будет проводиться; организации, проводящие МЭ, и требование о представлении заказчику экспертного заключения по результатам метрологической экспертизы.

5. Проверяют правильность метрологической терминологии в соответствии с РМГ 29-2013, наименований и обозначений физических величин и их единиц согласно ГОСТ 8.417-2002.

3.3. Метрологическая экспертиза технических условий

Технические условия (ТУ) – документ, содержащий требования (совокупность всех показателей, норм, правил и положений) к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые целесообразно указывать в других конструкторских документах.

Общие требования к содержанию и построению ТУ установлены в ГОСТ 2.114-2016.

В общем случае технические условия должны содержать вводную часть и разделы, расположенные в следующей последовательности:

- технические требования;
- требования безопасности;
- требования охраны окружающей среды;
- правила приемки;
- методы контроля;
- транспортирование и хранение;
- указания по эксплуатации;
- гарантии изготовителя.

Особое внимание при МЭ технических условий должно быть уделено разделам «Технические требования» и «Методы контроля». Основным содержанием метрологической экспертизы ТУ являются оценка оптимальности требований к номенклатуре измеряемых

параметров, требуемой точности их измерения, а также оценка возможности их измерения, правильности выбора предлагаемых методов и средств измерений.

Метрологическую экспертизу ТУ целесообразно проводить в следующей последовательности:

1. Проверяют полноту комплекта документов. Вместе с ТУ на экспертизу должны быть представлены: ТЗ на разработку; документы, позволяющие разобраться в устройстве, составе и принципе действия изделия (продукции); чертежи, эксплуатационные документы и др.; проекты программ и методик, разработанные на данной стадии.

2. Подбирают нормативные документы по МО, ГОСТы системы ЕСКД, стандарты на продукцию, технические описания СИ, используемых для контроля параметров, и документы, на которые даны ссылки в технических условиях.

3. Проверяют учет замечаний и предложений, сделанных при МЭ технического задания. Проверяют соответствие ТУ требованиям технического задания.

4. В разделе «Методы контроля» проверяют наличие «Перечня применяемого оборудования». Форма Перечня приводится на рис. 6.

№ п/п	Наименование измеряемого параметра	Номинальное значение параметра и пределы его допускаемого отклонения	Пределы допускаемой погрешности измерений параметра	Применяемые средства измерения (СИ)	Пределы допускаемой погрешности измерений или класс точности СИ
1	2	3	4	5	6

Рис. 6. Форма Перечня применяемого оборудования

Конструктору следует помнить о том, что выбор СИ – его обязанность, которая прописана в ГОСТ 2.114-2016, п. 5.7.8. В нем сказано: «При изложении требований к оборудованию, материалам и реактивам следует приводить перечень применяемых средств контроля (оборудования, стендов, установок, приборов, приспособлений, инструмента и др.) и нормы его погрешности, а также перечень материалов и реактивов, используемых при испытаниях».

5. При рассмотрении всех разделов технического условия проверяют правильность метрологической терминологии, наименований и обозначений физических величин и их единиц.

3.4. Метрологическая экспертиза чертежа детали

Более подробно нормоконтроль рассмотрен в соответствующем разделе учебного пособия. Здесь же затронуты только вопросы организации МЭ чертежа детали.

Анализ опыта проведения МЭ чертежей показывает, что наиболее распространенными ошибками конструкторов следует назвать:

- невозможность контроля (неконтролепригодность) детали или изделия в связи с особенностями конструкции, неправильным указанием допусков. В отдельных случаях контроль возможен, но требует применения слишком сложных, дорогих СИ или разработки новых средств измерений;

- неправильный выбор измерительных баз;

- несоблюдение соотношений между допусками размера, формы, расположения поверхностей и требованиями к шероховатости поверхности.

Основные задачи метрологической экспертизы чертежей – проверка наличия необходимых и достаточных для контроля размеров, предельных отклонений и других параметров и требований, а также оценка их контролепригодности (прил. 1). В задачи эксперта-метролога не входит проверка правильности всех обозначений на чертеже, но знать требования государственных стандартов, регламентирующие соответствующие правила, эксперт обязан (например, положения ГОСТ 2.308-2011, устанавливающего правила указания допусков формы и расположения поверхностей, или ГОСТ 2.309-73, регламентирующего обозначения шероховатости поверхностей).

Метрологическую экспертизу чертежа детали целесообразно проводить в следующей последовательности:

1. При наличии на чертеже текстовых записей норм точности проверяют правильность терминологии. Особое внимание следует уделять проверке правильности записи требований к допускам формы и расположения поверхности. До сих пор встречается применение терминов «некруглость», «непараллельность», «нецилиндричность», несмотря на то что ГОСТ Р 53442-2015 узаконил термины «отклонение от круглости», «отклонение от параллельности», «отклонение от цилиндричности», «допуск круглости», «допуск цилиндричности» и т. д.

Иногда в технических требованиях чертежа встречаются не только терминологические, но и смысловые ошибки. Например, непараллельность поверхностей Б и В относительно поверхности Г не более 0,01 мм (рис. 7) или размер А (блока концевых мер длины) должен быть параллелен на всей длине детали в пределах 0,025 мм (рис. 8).

При обнаружении терминологических ошибок необходимо понять действительный смысл предъявляемых требований. В отдельных случаях проведение МЭ до получения соответствующих разъяснений от разработчика нецелесообразно.

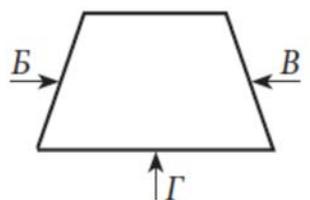


Рис. 7. Незаконный термин «непараллельность»

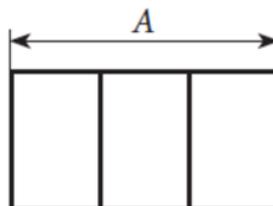


Рис. 8. Незаконный термин «параллельность»

2. На чертеже выявляют размеры, ограниченные допусками, устанавливают необходимость и возможность их контроля с учетом выбора измерительных баз, а также контролепригодности конструкции. Допуски на чертежах и рекомендуемые посадки должны соответствовать ГОСТ 25346-2013 и ГОСТ 25347-2013 (прил. 2 – 8).

Под *контролепригодностью* при МЭ чертежей понимают возможность осуществления контакта измерительных поверхностей СИ с контролируемой поверхностью и выполнения всех относительных перемещений средства и объекта измерений (при контактных методах). При бесконтактных методах измерений – это возможность получения проекционного изображения заданного сечения контролируемой поверхности. Эксперт-метролог устанавливает те параметры, контроль которых при заданных нормах точности невозможен, затруднителен, требует привлечения операторов высокой квалификации, разработки новых средств измерения.

Например, контроль координат оси поверхности Б и ее радиуса (рис. 9), несмотря на свободные допуски, трудоемок и требует применения универсального измерительного микроскопа или координатной

измерительной машины и привлечения оператора высокой квалификации. В этом случае целесообразно обеспечить необходимую точность технологически.

3. Проверяют взаимную увязку допусков размеров, формы и расположения. Правила нанесения размеров и предельных отклонений на чертежах установлены в ГОСТ 2.307-2011.

4. Оценивают взаимную увязку допусков (п. 3) и требований к шероховатости поверхности.

5. Проверяют возможность контроля допусков формы и взаимного расположения поверхностей.

Результаты метрологической экспертизы оформляют в виде «Списка замечаний и предложений». Документацию вместе со Списком возвращают ее разработчику для внесения исправлений. Пример такого Списка приведен в табл. 5.

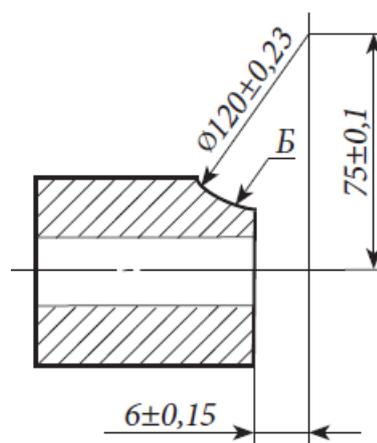


Рис. 9. Пример неоправданного завышения трудоемкости контроля размера $\varnothing 120 \pm 0,23$

Таблица 5

Список замечаний и предложений, сделанных на основании метрологической экспертизы чертежа шлицевого вала

Замечание	Предложение
Не ограничена полем допуска резьбовая поверхность вала М 22 × 1,5	Установить требования по точности резьбы М 22 × 1,5 – 6g
Допуск радиального биения шеек вала под подшипники относительно оси центровых отверстий задан не от основных конструкторских баз вала. При контроле этого допуска методическая составляющая погрешности измерения превышает допустимую погрешность измерения	Проставить допуск соосности шеек вала под подшипники 0,005 мм в диаметральном выражении относительно их общей оси
Допуск радиального биения наружной поверхности шлицевого вала задан не от основных конструкторских баз детали	Проставить допуск радиального биения наружной поверхности шлицевого вала 0,02 мм относительно общей оси шеек вала под подшипники

Замечание	Предложение
Допуск торцового биения заплечиков вала относительно оси центровых отверстий не позволяет ограничить перекосящиеся кольца подшипников при работе узла, так как задан не от основных конструкторских баз вала	Проставить допуск торцового биения заплечников вала 0,025 мм относительно общей оси шеек вала под подшипники

3.5. Метрологическая экспертиза технологического процесса изготовления изделий

ГОСТ 3.1109-82 «ЕСТД. Термины и определения» содержит следующее определение технологического процесса.

«Технологический процесс (ТП) – часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. ТП может быть отнесен к изделию, его составной части или к методам обработки, формообразования и сборки. К предметам труда относятся заготовки и изделия».

Метрологическую экспертизу технологического процесса изготовления изделия выполняют в следующей последовательности:

1. Проверяют полноту комплекта документов, представленных на экспертизу (комплектность устанавливается СТП по МЭ).

2. Оценивают рациональность номенклатуры параметров, подлежащих измерению. Убеждаются в том, что в документации установлены требования ко всем параметрам, которые обеспечиваются данным технологическим процессом.

3. Устанавливают наличие допускаемых отклонений на все контролируемые параметры. При наличии параметра, обеспечиваемого технологически (обеспечиваемого инструментом), следует убедиться, что предусмотрен контроль всех параметров технологического процесса (оборудования, приспособлений, инструмента), влияющих на данный параметр, и что имеется обоснование, подтверждающее выполнение установленных требований.

4. Проверяют достаточность методик измерений (контроля, испытаний). Должны быть приведены методики для контроля всех

параметров, за исключением тех, которые обеспечиваются технологически. В тех случаях, когда нормируемые параметры не проверяются непосредственно и используются косвенные методы контроля, должны быть проверены наличие и правильность расчета, подтверждающего достаточность и достоверность этих методов.

5. Оценивают правильность выбора средств измерений и методик выполнения измерений, т. е. устанавливают, что погрешность измерений не превышает допустимого значения. Для этого оценивают погрешность измерения с учетом ее составляющих. При невозможности реализации предусмотренных методик измерений должна быть проверена обоснованность выбора контролируемых параметров и требуемой точности измерений, рассмотрен вопрос о замене СИ на более точное, о совершенствовании метода и процедуры измерений или увеличении допускаемой погрешности измерения за счет введения производственного допуска.

Введение производственного допуска может привести к увеличению количества неправильно забракованных деталей, поэтому целесообразно, пользуясь, например, ГОСТ 8.051-81 «ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм», оценить возможное возрастание ложного брака. Если процент ложного брака оказывается недопустимо большим, должен быть рассмотрен вопрос о повышении точности технологического процесса.

6. Оценивают полноту и определенность описания операций контроля. Описание считается достаточно полным, если измерение может быть выполнено, а результат получен на основании только тех указаний, которые приведены в документации.

7. Проверяют наличие и полноту требований к условиям измерений. В большинстве случаев требования к условиям измерений задают указанием номера участка (лаборатории, другого помещения, в котором выполняют измерения). Требования, отсутствующие в документации на участок, должны быть заданы непосредственно в технологическом процессе.

8. Устанавливают допустимость использования средств измерения и полноту требований к применяемым СИ. Как правило, в документации должны указываться СИ, выпускаемые в данный момент промышленностью, внесенные в Госреестр СИ и «Перечень СИ, разрешенных для применения на предприятии», или средства измерения импортного производства, внесенные в Госреестр СИ.

9. Рассматривают возможность снижения затрат на контрольно-измерительные операции.

10. Проверяют правильность метрологической терминологии, наименований и обозначений физических величин и их единиц.

В этой главе приведена метрологическая экспертиза только некоторых видов конструкторской и технологической документации. На самом деле видов технических документов, подвергаемых метрологической экспертизе, намного больше, но из изложенного выше материала можно понять основные этапы и последовательность проведения метрологической экспертизы технических документов.

Глава 4. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

4.1. Проблемные вопросы организации метрологической экспертизы

Рассмотрим два из них и первый – *дефицит квалифицированных экспертов-метрологов*. Выпускники, окончившие вузы по специализации метрология, стандартизация и сертификация, придя на предприятие, еще не обладают достаточным уровнем знаний и практическим опытом для проведения МЭ. Метрологическая экспертиза, являясь важной частью метрологического обеспечения производства, представляет собой вовсе не начальную стадию, на которой молодой специалист должен осваивать практическую метрологию. Начальной стадией для молодых метрологов все-таки является приобретение опыта работы с измерительными приборами, изучение особенностей различных видов измерений, проведение калибровки и поверки СИ. Только после этого они смогут вникнуть во все «тонкости» МЭ технической документации. Для того чтобы анализировать технические решения в конструкторской и технологической документации, необходимы глубокие практические знания. Не следует забывать, что эксперт несет ответственность за правильность и объективность сделанных им заключений по результатам метрологической экспертизы.

Второй проблемный вопрос организации МЭ – это *недостаточный уровень метрологической подготовки разработчиков технической документации*. Не возникает сомнения в том, что только совместная (разработчика и эксперта) метрологическая проработка документации, а также постоянное повышение уровня знаний специалистов-разработчиков в области метрологии позволит повысить эффективность МЭ, сократить время и средства на метрологическую экспертизу без ущерба качества документации и свести на нет метрологические ошибки разработчика. Для этого большое значение имеет как проведение определенных мероприятий со стороны Отдела главного метролога, так и личное совершенствование.

4.2. Мероприятия по повышению уровня метрологических знаний специалистов метрологического профиля

Решением проблемы дефицита квалифицированных экспертов-метрологов можно считать, во-первых, «выращивание» эксперта-метролога на своем предприятии и не из того выпускника института, который только что пришел на предприятие, а из того, который уже освоил специальность поверителя средств измерения.

Во-вторых, регулярная подготовка и повышение квалификации экспертов-метрологов. К сожалению, в настоящее время значительно уменьшилось количество соответствующих специализированных курсов, но расплодилось курсы, предлагающие обучение по программе «Метрология, стандартизация, сертификация», в которой, как правило, есть раздел «Метрологическая экспертиза». Однако качество подготовки и повышения квалификации экспертов-метрологов по такой программе чаще всего оставляет желать лучшего.

Одним из немногих специализированных курсов «Метрологическая экспертиза технической документации» на 102 часа следует назвать курс Академии стандартизации, метрологии и сертификации (АСМС). Учредителем АСМС является Росстандарт. Преподаватели – известные мэтры отечественной метрологии и признанные квалифицированные специалисты. По окончании занятий выдается свидетельство о повышении квалификации, удостоверяющее факт прохождения обучения по специализации «Метрологическая экспертиза технической документации». Этот документ дает законное право эксперту-метрологу проводить МЭ в течение последующих пяти лет.

В-третьих, систематическое повышение квалификации эксперта-метролога путем самообразования. Оно осуществляется по нескольким направлениям:

- освоение работы (а также калибровки, поверки) новых поступающих СИ, новых методик измерений;
- изучение Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» и новых нормативных документов по метрологии;
- изучение журналов «Главный метролог», «Законодательная и прикладная метрология», «Измерительная техника», «Советник метролога» и др.;
- участие в конкурсах и олимпиадах по метрологии.

Эксперт-метролог обязан постоянно повышать свою квалификацию параллельно с поступлением новой, все более сложной измерительной техники для того, чтобы не отставать в профессиональном развитии, а идти в ногу со временем.

Так как нормативная база по МЭ является основным «фундаментом» работы метролога-эксперта, то ему нужно тщательно изучать все новые поступающие на предприятие документы, имеющие отношение к его работе. К ним относятся как национальные, так и отраслевые нормативные документы. При отсутствии нужного нового документа на предприятии его следует обязательно приобрести (например, заказать через библиотеку стандартов). Только в этом случае не будут пропущены какие-либо изменения или нововведения в области метрологического обеспечения производства и МЭ.

4.3. Мероприятия по повышению уровня метрологических знаний специалистов неметрологического профиля

Повышать уровень метрологической подготовки разработчиков технической документации следует, опираясь на требования системы менеджмента качества (СМК) предприятия, в сертифицированном или несертифицированном виде внедренные на большинстве предприятий Российской Федерации. Наиболее распространенным видом СМК является система менеджмента качества по ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Во исполнение требований этого стандарта (п. 7.1.5. Ресурсы для мониторинга и измерения; п. 7.1.6. Знания организации; п. 7.2. Компетентность; п. 7.3.

Осведомленность; п. 7.4. Обмен информацией) следует внести в соответствующие документированные процедуры пункты, обязывающие руководство предприятия принимать меры по повышению метрологической квалификации специалистов конструкторских и технологических служб.

Например, можно внести в требования СМК предприятия проведение «Дней качества подразделения», на которых обсуждать кроме всего вопросы метрологической экспертизы. Обязать Отдел главного метролога выпускать «Перечень типичных ошибок, выявленных в результате МЭ конструкторской и технологической документации» (см. форму на рис. 10).

№ п/п	Как записано в технической документации (неправильно)	Как рекомендовано записать в технической документации (правильно)	Примечание

Рис. 10. Форма перечня типичных ошибок, выявленных в результате метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации

Оформлять «Памятки», например, по «Правилам округления численных оценок погрешности измерений, результатов измерений и вычислений», «Правилам записи чисел», по «Особенностям проведения различных видов измерений» и т. д.

Глава 5. НОРМОКОНТРОЛЬ КОНСТРУКТОРСКОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

5.1. Правовая и нормативная база в области нормоконтроля технической документации

Качество обработанных деталей зависит от требований и норм, которые установлены в технической документации. Детальные чертежи содержат данные о размерах деталей, форме поверхностей, требования к материалу, термической обработке, защитных покрытиях и др.

Качество готового изделия тем выше, чем меньше отклонение действительных размеров от требований в чертежах. В картах технологических процессов механической обработки установлено применяемое оборудование, режимы резания и режущие инструменты, последовательность обработки, контрольные мероприятия и вопросы охраны труда.

Общей рекомендацией к документации является четкость оформления без излишеств к точности и микронеровностям, однозначность чтения.

В настоящей нормативной базе приведены следующие действующие стандарты:

1. ГОСТ 2.004-2015 ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах.

2. ГОСТ 2.101-2016 ЕСКД. Виды изделий.

3. ГОСТ 2.102-2016 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.

4. ГОСТ 2.103-2013 ЕСКД. Стадии разработки.

5. ГОСТ 2.104-2013 ЕСКД. Основные надписи.

6. ГОСТ 2.105-2013 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

7. ГОСТ 2.106-2013 ЕСКД. Текстовые документы.

8. ГОСТ 2.108-2013 ЕСКД. Сертификация.

9. ГОСТ 2.109-2013 ЕСКД. Основные требования к чертежам.

10. ГОСТ 2.111-2013 ЕСКД. Нормоконтроль.

11. ГОСТ 2.113-2016 ЕСКД. Групповые и базовые конструкторские документы.

12. ГОСТ 2.114-2016 ЕСКД. Технические условия.

13. ГОСТ 2.116-2013. Карта технического уровня и качества продукции.

14. ГОСТ 2.118-2013 ЕСКД. Техническое предложение.

15. ГОСТ 2.119-2013 ЕСКД. Эскизный проект.

16. ГОСТ 2.120-2013 ЕСКД. Технический проект.

17. ГОСТ 2.201-2013 ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов.

18. ГОСТ 2.301-2016 ЕСКД. Форматы.

19. ГОСТ 2.306-98 ЕСКД. Обозначение графических материалов и правила их нанесения на чертежах.

20. ГОСТ 2.307-2011 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.

21. ГОСТ 2.308-2011 ЕСКД. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.

22. ГОСТ 2.309-73. Обеспечение шероховатости поверхностей.

23. ГОСТ 2.413-72 ЕСКД. Правила выполнения конструкторской документации изделий, изготавливаемых с применением электрического монтажа.

24. ГОСТ 2.417-91 ЕСКД. Платы печатные. Правила выполнения чертежей.

25. ГОСТ 2.503-2013 ЕСКД. Правила внесения изменений.

26. ГОСТ 2.601-2013 ЕСКД. Эксплуатационные документы.

27. ГОСТ 2.602-2013 ЕСКД. Ремонтные документы.

28. ГОСТ 2.603-2013 ЕСКД. Внесение изменений в эксплуатационную и ремонтную документацию.

29. ГОСТ 2.701-2013 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

30. ГОСТ 2.702-2011 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.

31. ГОСТ 2.710-81 ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.

32. ГОСТ 2.728-2014 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы.

33. ГОСТ 2.730-73 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые.

34. ГОСТ 2.743-91 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники.

35. ГОСТ 2.755-87 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения.

36. ГОСТ 3.1102-2011 ЕСТД. Стадии разработки и виды документов.

37. ГОСТ 3.1116-2011 ЕСТД. Нормоконтроль.

38. ГОСТ 7.32-2017 СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

39. ГОСТ 8.417-2002 ГСИ. Единицы физических величин.

40. ГОСТ 15.011-96 СРПП. Порядок проведения патентных исследований.

41. ГОСТ 15.012-84 СРПП. Патентный формуляр.

42. ГОСТ 15.101-2010 СРПП. Порядок выполнения научно-исследовательских работ.

43. ГОСТ 19.101-77 ЕСПД. Виды программ и программных документов.

44. ГОСТ 19.603-78 ЕСПД. Общие правила внесения изменений.

45. ГОСТ 21.002-2014 СПДС. Нормоконтроль проектной и рабочей документации.

46. ГОСТ 24.104-85. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования.

47. ГОСТ 24.401-80. Система технической документации на АСУ. Внесение изменений.

48. ГОСТ 34.201-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем.

49. ГОСТ 34.603-92. Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем.

50. ГОСТ Р 1.0-2012 ГСС РФ. Основные положения.

51. ГОСТ Р 1.2-2016 ГСС РФ. Порядок разработки государственных стандартов.

52. ГОСТ Р 1.4-2019 ГСС РФ. Стандарты отраслей, стандарты предприятий, стандарты научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений. Общие положения.

53. ГОСТ Р 1.5-2016 ГСС РФ. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию стандартов.

54. ГОСТ Р 8.563-2009 ГСИ. Методики выполнения измерений.

55. ГОСТ Р 51141-98. Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения.

56. РД 52.14.617-2000. Инструкция. Порядок проведения нормоконтроля.

Подробное построение структуры и порядок применения некоторых стандартов рассмотрены в прил. 10 – 20.

5.2. Термины и определения нормоконтроля конструкторской и технологической документации

При проведении нормоконтроля технической документации применяются следующие термины и определения:

– **нормоконтроль** – контроль соблюдения в разрабатываемой документации норм и требований к содержанию и оформлению контролируемой документации, установленных нормативными документами;

– **техническая документация** – совокупность взаимосвязанной конструкторской, программной и технологической документации, в которой полностью описаны все решения по созданию и эксплуатации изделия. Техническую документацию подразделяют на исходную, проектную, рабочую и информационную;

– **исходная документация** – документация, являющаяся основанием для разработки технической документации и (или) изделия (например, рекомендации по разработке изделия, выполняемые в процессе научно-исследовательской работы (НИР); заявка на разработку и освоение продукции; аванпроект; техническое задание; контракт);

– **проектная конструкторская документация** – совокупность конструкторских документов, выполненных на стадиях проектирования изделия (техническое предложение, эскизный и технический проекты) в соответствии с ТЗ до разработки рабочей конструкторской документации (ГОСТ 2.103);

– **проектная технологическая документация** – технологическая документация, разрабатываемая на стадии разработки технологической документации «Предварительный проект», предназначенная для изготовления и испытания макета изделия и (или) его составных частей на основании конструкторской документации, выполненной на стадиях эскизного и технического проектов (ГОСТ 3.1102);

– **проектная документация на автоматизированную систему** – часть технической документации на автоматизированную систему, содержащая проектные решения по созданию и эксплуатации автоматизированной системы;

– **рабочая конструкторская документация** – совокупность конструкторских документов, разработанных на основе ТЗ или проектной конструкторской документации, предназначенных для изготовления, контроля, приемки, поставки, эксплуатации и ремонта изделия;

– **конструкторские документы** – графические и текстовые документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки, изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта (ГОСТ 2.102);

– **эксплуатационные документы** – текстовые и графические рабочие конструкторские документы, которые в отдельности или в совокупности дают возможность ознакомления с изделием и определяют правила его эксплуатации (ГОСТ 2.601);

– **ремонтные документы** – текстовые и графические рабочие конструкторские документы, которые в отдельности или в совокупности дают возможность обеспечить подготовку ремонтного производства, произвести ремонт изделия и его контроль после ремонта (ГОСТ 2.602);

– **технологическая документация** – совокупность технологических документов, применяемых при изготовлении и ремонте изделий (в том числе при контроле и испытаниях);

– **информационные документы** – документы, содержащие сведения (информацию) о технических или нормативных документах, изделии (продукции), результатах работ (например, каталожный лист продукции, карта технического уровня и качества продукции, информационная карта расчета экономической эффективности и цен новой (модернизированной) продукции, регистрационная и информационная карты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР);

– **программная документация** – совокупность программных документов, содержащих в зависимости от их назначения данные, необходимые для разработки, производства, эксплуатации и сопровождения программы или программного изделия, разработанных в соответствии с требованиями Единой системы программной документации;

– **программное изделие** – программа на носителе данных, поставляемая как продукция производственно-технического назначения;

– **нормативный документ** – документ, устанавливающий правила, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов (ГОСТ Р 1.0);

– **научно-техническая документация** – документация, содержащая систематизированные сведения и описание результатов научно-технического исследования или состояния научно-технической проблемы (например, отчет о НИР, отчет о патентных исследованиях);

– **режимно-справочная документация** – документация, содержащая результаты мониторинга окружающей природной среды, ее загрязнения и климата, оформленные в виде ежегодников, ежемесячников, бюллетеней, справочников, сводных карт, обзоров, атласов и других аналогичных документов;

– **документ** – зафиксированная на материальном носителе информация с реквизитами, позволяющими ее идентифицировать (ГОСТ Р 51141);

– **документация** – совокупность документов.

5.3. Общие положения нормоконтроля технической документации

Проведение нормоконтроля направлено:

– на соблюдение в разрабатываемых документах норм и требований, установленных в действующих государственных, межгосударственных, международных, отраслевых стандартах и других нормативных документах (далее – нормативные документы);

– выполнение документов в соответствии с требованиями действующих нормативных документов;

– достижение в разрабатываемых изделиях высокого уровня стандартизации и унификации.

При проведении нормоконтроля следует руководствоваться:

– указателями (каталогами, перечнями) государственных, межгосударственных, международных и отраслевых стандартов, технических условий и др.;

– действующими нормативными документами, распространяющимися на объект стандартизации;

– действующими отраслевыми нормативными документами, включенными в отраслевой перечень;

– действующими нормативными документами других министерств (ведомств), внедренных в конкретной организации Росгидромета;

- стандартами предприятий, справочниками, каталогами;
- ранее разработанной документацией, учтенной в организации для внесения изменений;
- терминологическими словарями (справочниками, сборниками);
- картотеками внедрения нормативных документов;
- таблицами систематизации;
- альбомами унификации;
- картотеками применяемости изделий, нормативных документов.

Нормоконтроль должны осуществлять специалисты службы стандартизации своей организации или по договоренности – другой организации. Численность нормоконтролеров в организации определяют в зависимости от объема и видов разрабатываемой документации.

Нормоконтроль является составной частью разработки документации, и поэтому его проведение должно быть учтено в плане-графике ее разработки с учетом норм проверки.

Нормоконтроль документации должен проводиться на рабочем месте нормоконтролера. Допускается проводить нормоконтроль документации на рабочем месте разработчика документации, например, на персональном компьютере.

Руководство работами по нормоконтролю осуществляет руководитель службы стандартизации организации.

5.4. Обязанности и права нормоконтролера

Нормоконтролер обязан:

- руководствоваться только действующими нормативными документами на момент проведения контроля;
- наравне с разработчиком нести ответственность за соблюдение в разработанном документе обязательных требований, установленных в действующих нормативных документах;
- давать консультации по применению действующих нормативных документов;
- давать четкие и обоснованные замечания и предложения по исправлению проверенных документов с обязательной ссылкой на

конкретные требования нормативных документов, фиксировать свои замечания в проверяемых документах в установленном порядке;

- проводить техническую учебу по вопросам стандартизации;
- представлять в установленном порядке руководству подразделений-разработчиков сведения о качестве разработанной документации;

- вносить предложения по разработке, изменению и пересмотру документов;

- регистрировать прохождение документов, представленных на нормоконтроль, в журнале по форме, установленной в организации;

- подписывать в установленном порядке все проверенные и принятые документы при их соответствии требованиям нормативных документов;

- повышать квалификацию, изучать действующие и вновь утвержденные нормативные документы и изменения к ним.

Нормоконтролер имеет право:

- возвращать документ без дальнейшего рассмотрения в случаях нарушения установленной комплектности, небрежного выполнения, несоответствия требованиям ТЗ и (или) действующих нормативных документов, отсутствия необходимых подписей, непригодности для снятия копий, отсутствия документов, на которые имеются ссылки в разрабатываемом документе;

- требовать от разработчиков документов разъяснений и дополнительных материалов по возникшим при проверке вопросам, а также необходимые для проверки ранее выпущенные документы;

- при проверке внесения изменений в документ требовать внести изменения и в другие взаимосвязанные с ним документы;

- не подписывать предъявленный документ в случаях невыполнения требований нормоконтролера, а также снятия его пометок до подписания документа; отсутствия в организации нормативных документов, на которые имеются ссылки в проверяемых документах; невозвращения разработчиком документа перечня замечаний в случае повторного и последующих предъявлений документа на нормоконтроль;

- требовать от разработчиков документов разъяснений и дополнительных материалов по возникшим при проверке вопросам, а также необходимые для проверки ранее выпущенные документы;

- требовать изменения документов при обнаружении их несоответствия действующим нормативным документам;

- участвовать в работе комиссий по приемке технической документации от других организаций или предприятий и комиссий по приемке и постановке продукции на производство;
- иметь свободный доступ ко всей документации в организации, регулирующей оформление и содержание технических и нормативных документов.

Изменения и исправления, указанные нормоконтролером разработчику и связанные с нарушением действующих нормативных документов, обязательны для внесения в разрабатываемые документы.

Замечания и предложения нормоконтролер должен вносить мягким карандашом так, чтобы их можно было удалить, не ухудшая качества документа. Карандашные пометки в проверяемых документах снимает нормоконтролер.

На проверенных документах нормоконтролер ставит две подписи:

- на поле для подшивки по образцу до их утверждения и согласования с представителем заказчика (при наличии) «Н. контр. (подпись, дата, инициалы и фамилия)» и в установленном месте после утверждения руководителем организации перед согласованием с представителем заказчика;
- в документах, не имеющих специальной графы для подписи, нормоконтролер ставит свою подпись под подписями разработчиков по приведенному выше образцу;
- при входном контроле поступившей в организацию документации нормоконтролер подписывает ее на поле для подшивки.

Разногласия между нормоконтролером и разработчиком разрешает руководитель службы стандартизации или руководитель (заместитель руководителя) организации.

Нормоконтролер несет ответственность:

- за выполнение установленных планом сроков и последовательности проверки документации;
- правильность и обоснованность своих замечаний;
- соблюдение в проверенных и подписанных им документах требований нормативных документов, а также за наиболее полную унификацию изделия.

Нормоконтролер не несет ответственность:

- за выбор, назначение, полноту и содержание принятых в проверяемых документах решений;
- увязку расчетов;
- выбор условий производства.

5.5. Порядок предъявления документов на нормоконтроль

Документы на нормоконтроль предъявляют при наличии всех необходимых подписей лиц, ответственных за их разработку и содержание (кроме утверждающей подписи), и согласующих виз.

Последовательность подписания документов, номенклатуру должностных лиц, подписывающих конкретные документы, устанавливают в каждой организации в зависимости от ее организационной структуры.

Документы на нормоконтроль предъявляют совместно с техническим заданием или заменяющим его документом (контрактом, программой), содержащим необходимые и достаточные требования для разработки и признанным заказчиком и разработчиком, в комплекте, установленном соответствующими действующими нормативными документами, например:

- отчеты о НИР – совместно с информационной картой;
- проекты государственных, межгосударственных стандартов – в соответствии с ГОСТ Р 1.2;
- проекты отраслевых нормативных документов и изменений к ним – в соответствии с инструкцией;
- проекты стандартов предприятия – совместно с пояснительной запиской, сводкой отзывов, проектом плана организационно-технических мероприятий по внедрению;
- проектная документация на автоматизированные системы – в соответствии с ГОСТ 34.201 и инструкцией;
- проектная конструкторская документация – в соответствии с ГОСТ 2.118, ГОСТ 2.119, ГОСТ 2.120;
- рабочая конструкторская документация – в соответствии с ГОСТ 2.102 (основной и полный комплекты конструкторских документов) согласно спецификации на изделие;
- эксплуатационная документация – совместно с техническими условиями на изделие;
- программная документация – в соответствии с ГОСТ 19.101 (в зависимости от стадии разработки программного изделия);
- технологическая документация – согласно ГОСТ 3.1102 и спецификации технологических документов. В комплект технологических документов, предъявляемых на нормоконтроль, включают также комплект утвержденных конструкторских документов (в учтенных

копиях) на изделие, для изготовления которого разрабатывались предъявленные технологические документы;

- извещения об изменении (в том числе предложения об изменении, предварительные и дополнительные извещения, бюллетени, изменения) – совместно с учтенными копиями изменяемых, ранее разработанных, вновь выпущенных документов, обозначения которых указаны в извещении. Вновь выпущенную документацию, предъявленную с извещением, нормоконтролер должен проверить одновременно с извещением об изменении.

Допускается по согласованию с руководителем службы стандартизации или руководителя (заместителя руководителя) организации предъявлять вне комплекта по мере готовности:

- схемы;
- чертежи деталей;
- отдельные текстовые и технологические документы, имеющие самостоятельное назначение.

Учет всех поступающих на нормоконтроль документов должен вести нормоконтролер в порядке, установленном в организации.

5.6. Содержание нормоконтроля

Нормоконтролю подвергают документы, на которые распространяются требования соответствующих нормативных документов.

По решению руководителя организации нормоконтролю могут быть подвергнуты другие документы, разработанные для применения внутри организации, например, инструкции по технике безопасности, положения о структурных подразделениях, формы новых видов бланков, методические письма.

Вопрос о соблюдении требований вновь утвержденных нормативных документов или изменений к действующим, срок введения в действие которых еще не наступил к моменту проведения нормоконтроля документов, в каждом конкретном случае решает руководитель службы стандартизации или руководитель (заместитель руководителя) организации.

Построение, изложение и оформление технического задания на опытные конструкторские работы (ОКР) проверяются на соответствие ГОСТ 15.001 и рекомендациям.

При нормоконтроле информационных документов проверяют правильность их заполнения и оформления согласно требованиям соответствующих нормативных документов, например:

- регистрационную и информационную карты НИОКР – согласно положению;
- карту технического уровня и качества продукции – по ГОСТ 2.116;
- каталожный лист продукции – согласно положению.

При нормоконтроле проектной конструкторской документации проверяют соответствие комплекта, оформления и содержания входящих в него документов требованиям:

- размеры и целесообразность выбора формата документа – по ГОСТ 2.301;
- правильность заполнения основных надписей и дополнительных граф – по ГОСТ 2.104;
- формы и правила выполнения текстовых конструкторских документов – по ГОСТ 2.106;
- соблюдение общих требований по выполнению текстовых документов – по ГОСТ 2.105;
- соблюдение основных требований к выполнению чертежей деталей, сборочных, габаритных и монтажных чертежей – по ГОСТ 2.109;
- соблюдение правил выполнения групповых и базовых конструкторских документов – по ГОСТ 2.113;
- наличие и правильность присвоения обозначений изделиям и конструкторской документации – по ГОСТ 2.201;
- правильность построения, изложения, оформления, согласования и утверждения технических условий на изделие – по ГОСТ 2.105 и ГОСТ 2.114;
- правильность оформления патентного формуляра – по ГОСТ 15.012;
- правильность выполнения сборочных чертежей и спецификаций изделий с применением электрического монтажа – по ГОСТ 2.413;
- правильность выполнения чертежей печатных плат – по ГОСТ 2.417;
- правильность оформления извещений об изменении и внесении изменений – по ГОСТ 2.503;

– правильность указания вида и типа электрической схемы – по ГОСТ 2.701;

– соблюдение правил выполнения электрических схем – по ГОСТ 2.702;

– правильность указания буквенно-цифровых кодов элементов в электрических схемах – по ГОСТ 2.710;

– соответствие документов, получаемых с использованием устройств вывода ЭВМ – согласно требованиям ГОСТ 2.004;

– правильность выполнения условных графических обозначений элементов в электрических схемах, выполненных вручную или автоматизированным способом, например микросхем, – по ГОСТ 2.743, полупроводниковых приборов – по ГОСТ 2.730, коммутационных устройств и контактных соединений – по ГОСТ 2.755, резисторов и конденсаторов – по ГОСТ 2.728 и т. п.

До предъявления чертежей и схем на нормоконтроль их подвергают унификационному контролю. Его может проводить нормоконтролер или специалист, разрабатывающий таблицы (альбомы) систематизации (унификации), осуществляющий ведение в организации Классификатора единой системы конструкторской документации или присвоение конструкторским документам регистрационных номеров.

Нормоконтроль эксплуатационных документов проводят на соответствие ГОСТ 2.601, при этом проверяют правильность оформления, содержания и построения эксплуатационных документов по ГОСТ 2.105, ГОСТ 8.417, ГОСТ 2.004.

Нормоконтроль ремонтных документов проводят на соответствие ГОСТ 2.602, при этом проверяют правильность оформления, содержания и построения ремонтных документов по ГОСТ 2.105, ГОСТ 8.417, ГОСТ 2.004.

Нормоконтроль изменений (в том числе извещений об изменении, предложений об изменении, предварительных и дополнительных извещений, бюллетеней) проводят с учетом требований к микрофильмированию, а также требований, установленных для соответствующих видов изменяемых документов в ГОСТ 2.503, ГОСТ 2.603, ГОСТ 19.603, ГОСТ 24.401 и инструкции.

При этом проверяют наличие и правильность простановки порядкового номера изменения, ссылочные документы, схемы, текстовые документы, внесение изменений во взаимосвязанные документы.

Нормоконтролер должен также убедиться, что предлагаемые изменения не нарушают взаимозаменяемости изменяемого документа с ранее разработанными документами, в противном случае изменение не может быть проведено и должен быть выпущен новый документ.

Изменение на продление срока действия должно быть утверждено не позднее чем за месяц до истечения срока действия технических условий и не позднее чем за 6 месяцев до истечения срока действия нормативных документов.

Нормоконтроль технологической документации проводят на соответствие требованиям ГОСТ 3.1116.

Нормоконтроль программной документации в зависимости от вида документов на программное изделие (текстовые документы; документы, содержащие текст, разбитый на графы, и т. д.) проводят на соответствие требованиям ГОСТ 19.002 – ГОСТ 19.004, ГОСТ 19.101, ГОСТ 19.103 – ГОСТ 19.106, ГОСТ 2.004.

При нормоконтроле государственных, межгосударственных стандартов и изменений к ним проверяют:

- соответствие содержания пояснительной записки ГОСТ Р 1.2;
- соответствие построения, изложения, оформления и содержания ГОСТ Р 1.5, ГОСТ 2.004, ГОСТ 8.417, ГОСТ Р 8.563 – для методик выполнения измерений;
- соответствие порядка разработки, согласования, утверждения ГОСТ Р 1.2.

Нормоконтроль отраслевых нормативных документов проводят на всех этапах разработки (доработки по замечаниям) до рассылки на отзыв и согласование, при этом проверяют:

- выбор категории и вида отраслевого нормативного документа, его построение, изложение, оформление и содержание на соответствие ГОСТ Р 1.5, ГОСТ 2.004, ГОСТ 8.417, ГОСТ Р 8.563 и рекомендациям – для методик выполнения измерений, ГОСТ 8.556 – для методик определения состава и свойств проб воды, воздуха и почвы;
- соответствие пояснительной записки инструкции;
- соответствие оформления сводки отзывов, плана основных организационно-технических мероприятий по внедрению и комплекта сопроводительной документации (при представлении на согласование) инструкции.

При нормоконтроле стандартов предприятия проверяют их соответствие ГОСТ Р 1.4, в том числе:

- построение наименования стандарта предприятия и его разделов, последовательность их расположения, соответствие изложения, оформления и содержания ГОСТ Р 1.5, ГОСТ 2.004, ГОСТ 8.417 и рекомендациям;

- соблюдение порядка согласования и утверждения, установленного в организации;

- наличие согласования с соответствующими службами и подразделениями организации, а также с органами государственного контроля и надзора (при необходимости).

Нормоконтроль научно-технической документации проводят на соответствие требованиям отчетов о патентных исследованиях – ГОСТ 15.011.

Нормоконтроль режимно-справочной документации проводят на соответствие требованиям ГОСТ Р 1.5, ГОСТ 2.004, ГОСТ 8.417 и рекомендациям в части:

- построения разделов, подразделов, приложений;
- применения терминов и обозначений физических величин;
- написания чисел (дробных, количественных, порядковых);
- оформления таблиц, написания заголовков граф таблиц;
- оформления графического материала (диаграмм, графиков, рисунков);
- оформления ссылок, сносок, примечаний;
- правильности сокращения слов.

Нормоконтроль документации на автоматизированные информационные системы проводят на соответствие требованиям ГОСТ 24.104, ГОСТ 34.201 и инструкции.

При нормоконтроле материалов испытаний средств измерений для целей утверждения типа средства измерений или на соответствие утвержденному типу проверяют:

- комплектность представляемых документов (описание типа средства измерений, проект технических условий, паспорт (формуляр), руководство по эксплуатации, методика поверки) в соответствии с правилами;

- идентичность наименования, обозначения и основных технических характеристик утверждаемого типа СИ во всех представляемых документах;

- наличие акта испытаний и правильность его составления в соответствии с правилами;

- правильность составления описания типа СИ по форме в соответствии с правилами;
- идентичность наименования изготовителя средства измерений во всех представленных документах (в акте испытаний, в разделе «Изготовитель» описания типа средства измерений, сопроводительной документации);
- наличие утверждающих (согласующих) подписей и печатей на акте испытаний, описании типа СИ, программе испытаний и методике поверки;
- сроки действия ссылочных нормативных документов;
- наличие копий разрешительных документов (регистрационное удостоверение Минздрава России, свидетельство о взрывозащищенности, сертификат соответствия на безопасность и др.);
- наличие извещения об изменении технических условий в случае внесения новых модификаций в выпускаемые средства измерения;
- наличие ведомости соответствия, оригинала сертификата об утверждении типа СИ – в случае продления срока действия сертификата.

5.7. Нормы проверки документации (рекомендуемые)

Нормоконтроль подразделяется на специализированный (проверяет определенный вид документов) и неспециализированный (проверяет любые виды документов). В нормах проверки учтено время, затрачиваемое нормоконтролером на формулирование и запись замечаний.

В нормах проверки не учтено время, затрачиваемое нормоконтролером:

- на проведение технической учебы по стандартизации;
- систематические или разовые консультации;
- ведение картотеки учета применяемости;
- работу по анализу ошибок;
- изучение вновь поступивших нормативных документов, справочной литературы по стандартизации и метрологии и т. д.

Время на выполнение этих видов работ планируют отдельно.

Норма проверки за один рабочий день листов А4 приведена в табл. 6.

Нормоконтроль проектной и рабочей документации – обязательная процедура, которая применяется в строительной сфере и позволяет исключить возведение построек низкого качества с нарушением действующих норм и правил. Изменения, которые произошли в

законодательстве, касаются не только составления проектных документов, но и контроля соблюдения положений и законопроектов. Нормоконтроль документации (проектной и рабочей) – одно из направлений, заслуживающее наибольшего внимания.

Таблица 6

Норма проверки за один рабочий день листов А4

Вид документа	Нормоконтроль	
	специализированный	неспециализированный
1. Отчет о НИР	30	25
2. Программная документация	20	15
3. Проекты нормативных документов и изменений к ним	15	10
4. Технические задания на НИР и ОКР, технические условия, программы и методики испытаний	15	10
5. Эксплуатационная и ремонтная документация	15	10
6. Пояснительные записки, расчеты	30	25
7. Ведомости, спецификации	25	20
8. Технологическая документация	25	20
9. Графические документы: чертежи	20	15
схемы	15	10
10. Атласы, макеты ежегодников, ежемесячников, справочников	25	20

Примечания:

1. Нормы проверки приведены для нормоконтролеров квалификации инженер 10-го или 11-го разряда. Для нормоконтролеров квалификации инженер 12-го или 13-го разряда нормы проверки увеличивают в 1,1 раза, инженер 9-го разряда – уменьшают в 0,9 раза.

2. Нормы проверки документов, предъявляемых на нормоконтроль повторно, увеличивают на 25 %, а нормы проверки документов в подлинниках (после проверки в оригиналах) увеличивают в 2 раза.

3. Нормы проверки на документацию, подвергаемую нормоконтролю по решению руководства организации, устанавливают с учетом норм проверки на аналогичную ей документацию, приведенную в таблице.

Что это такое? Как он проводится? Какие задачи и функции возлагаются? В чем особенности проверки? Эти и другие вопросы рассмотрим ниже. Лист регистрации изменений приведен в табл. 7.

Лист регистрации изменений

Номер изменения	Номер страницы				Номер документа	Подпись	Дата внесения изменения	Дата ведения изменения
	измененной	замененной	новой	аннули- рованной				

5.8. Этапы организации процесса освоения новых изделий

При разработке новых изделий выполняется большой объем предварительных работ: научные исследования, прогнозирование, патентный поиск, технико-экономическое обоснование, оценка технологических возможностей предприятия и отрасли, учет конъюнктуры рынка (внутри страны и за рубежом), ряд других экономических и технологических факторов. В процессе создания и внедрения новых изделий можно выделить 12 этапов (рис. 11).

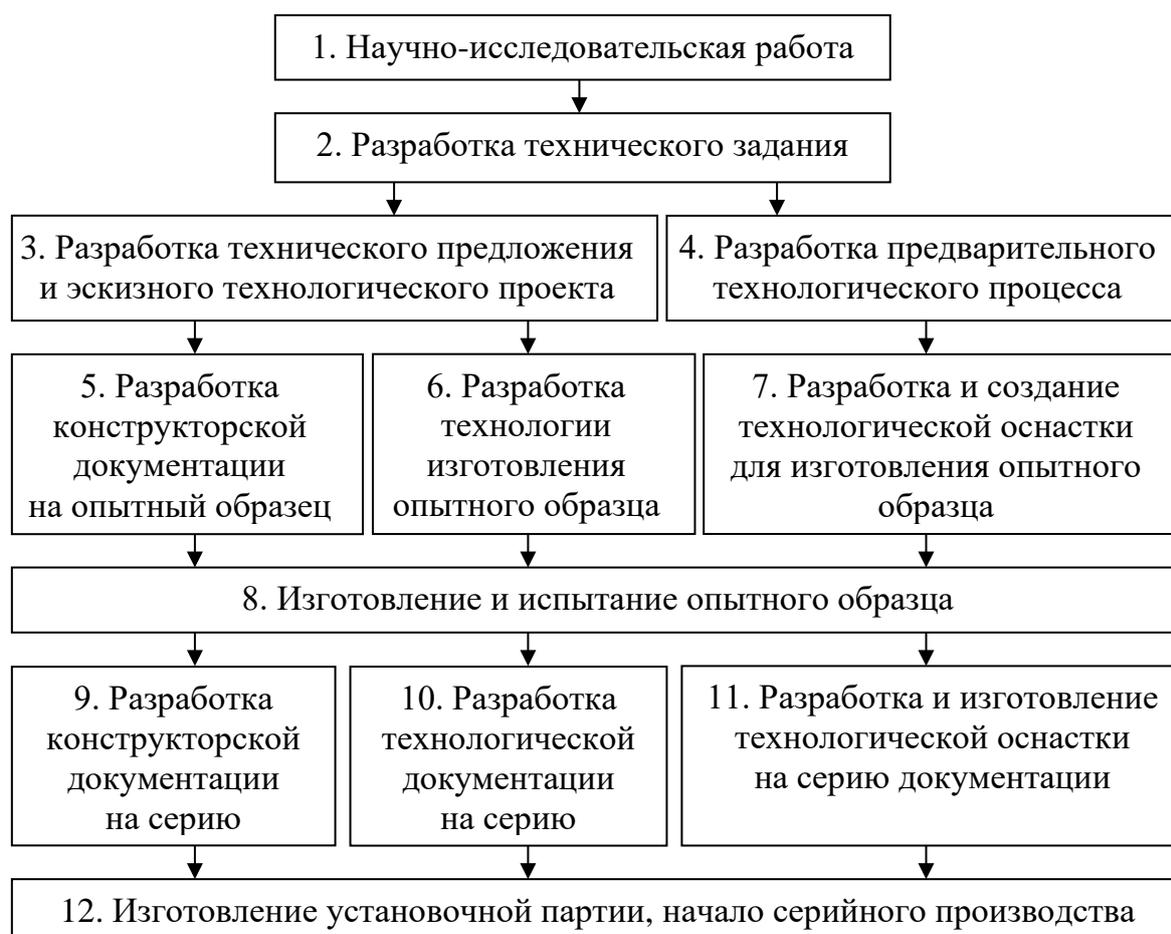


Рис. 11. Этапы создания и внедрения новых изделий

Исходным документом для проведения опытных конструкторских работ (ОКР) является техническое задание.

Общий порядок разработки согласования и утверждения ТЗ изложен в ГОСТ 15.005-86 «Система разработки и постановка продукции на производство» (СРПП).

Постановку продукции на производство по технической документации иностранных фирм осуществляют в соответствии с ГОСТ 15311-90.

Глава 6. КЛАССИФИКАЦИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

6.1. Классификационные признаки

Освоение новых изделий является результатом большой предварительной работы, включающей научные исследования, прогнозирование, патентный поиск, технико-экономическое обоснование, оценку технологических возможностей предприятия и отрасли, учет конъюнктуры (спроса) рынка внутри страны и за рубежом. Для производства новых изделий строят новые предприятия или реконструируют существующие.

Приведем классификационные признаки предприятия на примере машиностроительной отрасли (табл. 8).

Таблица 8

Классификационные признаки предприятия

№ п/п	Классификационный признак предприятия	Определение
1	Машиностроительные предприятия	Производство для выпуска изделий с применением методов технологии машиностроения (ТМС)
2	Основное производство	Производство изделий для поставок

№ п/п	Классификационный признак предприятия	Определение
3	Вспомогательное производство	Производство средств, необходимых для функционирования основного производства (сверла, резцы, метчики, приспособления и т. д.)
4	Опытное производство	Производство образцов, партий, серий изделий для проведения исследовательских работ и разработки конструкторской и технологической документации
5	Единичное производство	Характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых (или ремонтируемых) изделий с малым объемом выпуска. Применяемое оборудование, приспособления, режущие и измерительные инструменты должны быть универсальными, обеспечивающими изготовление деталей широкой номенклатуры
6	Серийное производство	<p>Характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, повторяющимися партиями. Оборудование универсальное, специализированное, быстродействующее и переналаживаемое (станки с числовым программным управлением и т. д.)</p> <p>В зависимости от числа изделий в партии различают крупносерийное, среднесерийное и мелкосерийное производства</p> <p>Тип производства определяется по коэффициенту закрепления операции за одним рабочим местом</p> $K_{з.о} = \frac{O}{P},$ <p>где O – число различных операций; P – численность рабочих, выполняемых различные операции</p> <p>Значение $K_{з.о}$ за 1 месяц: для крупносерийного производства от 1 до 10 операций закреплено за 1 рабочим; для среднесерийного производства 10 – 20 операций; для мелкосерийного производства 20 – 40 операций</p>
7	Массовое производство	Характеризуется узкой номенклатурой и объемом выпускаемых изделий, при этом на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция ($K_{з.о} = 1$). Широко применяются специализированные станки-автоматы и автоматические линии, специальные режущие и измерительные инструменты <p>Себестоимость изготовления продукции самая низкая</p>

6.2. Требования к современным конструкторским разработкам

Каждая проектируемая и внедряемая конструкция должна удовлетворять трем основным требованиям: техническим, социальным, экономическим.

В техническом отношении конструкция должна быть на уровне современных достижений науки и техники, отвечать функциональному назначению и иметь соответствующие параметры (мощность, производительность, грузоподъемность, скорость, радиус действия и т. д.). Она должна отвечать также эксплуатационным качествам (надежность, ремонтопригодность, взаимозаменяемость).

По социальным требованиям конструкция должна обеспечивать улучшение условий труда, быть безопасной в эксплуатации и не загрязнять окружающую среду.

В экономическом отношении конструкция должна быть дешевой в изготовлении из доступных материалов при соответствующем качестве, должна учитывать экономический эффект от полезной отдачи и иметь малую сумму эксплуатационных расходов за весь жизненный цикл изделия.

Кроме того, конструкция должна учитывать перспективы развития производства, модернизационную способность и функциональное наращивание.

Глава 7. АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ

7.1. Требования к выпуску конструкторской документации

Требование сокращения сроков проектирования изделий для обеспечения их конкурентоспособности и высокий уровень сложности конструкций, приближающийся к пределу возможности человека, привели к интенсивному использованию средств вычислительной техники.

В результате были созданы различные системы автоматизированного проектирования (САПР). В настоящее время используются системы AutoCAD, Компас, ProEngineer, SOLID WORKS и др.

САПР позволяет автоматически выбирать элементы конструкции (например, подшипниковые узлы), проставлять допуски и посадки, а также отклонения формы и расположения поверхностей, изменять конфигурацию деталей и собирать детали в узлы и затем в агрегаты. Имеется также возможность визуальной оценки собранного виртуального механизма в динамическом режиме работы в формате 3D.

Автоматизированный выпуск конструкторской документации предусматривает следующие требования:

- при выборе стандартных форм и форматов выходных документов необходимо учитывать стандарты ЕСКД (единая система конструкторской документации);
- система САПР должна выдавать весь комплект конструкторских и технологических документов;
- машинные формы конструкторской документации должны обеспечивать не только автоматизированные, но и неавтоматизированные методы обращения документации.

7.2. Патентно-правовые требования к конструкторским документам

Технические решения, в том числе конструкторские разработки при определенных условиях, представляют собой промышленную собственность с исключительным правом на нее предприятия разработчика.

В понятия промышленной собственности входят изобретения, промышленные образцы и товарные знаки, программные продукты.

Техническое решение, обладающее новизной, существенными отличиями, промышленной полезностью и юридически оформленное, отвечает требованиям охраноспособности. Оно считается новым, если до даты приоритета (дата подачи заявки) его сущность не стала известной неопределенно широкому кругу лиц. Если техническое решение стало известно только определенному узкому кругу лиц (членам технической комиссии, директору, главному метрологу и т. д.), то новизна технического решения сохраняется. Патентная чистота характеризуется неподпадаемостью данного технического решения под действие патентов той страны, где оно используется. Обычно действие патентов ограничено по сроку от 5 до 35 лет в зависимости от страны патентования. Патентное право в России регулируется п. 1 ст. 1363 ГК РФ, для

изобретений оно составляет 20 лет, для полезных моделей 10 лет, на промышленный образец 5 лет с возможностью продления по заявлению патентообладателя.

7.3. Технологический контроль конструкторской документации

Технологический контроль (ТК) проводится в соответствии с ГОСТ 14.206-73. Согласно требованиям этого документа проверяют соответствие разрабатываемой конструкции изделия требованиям ее технологичности. В конструкторскую документацию входят такие основные документы, как чертежи общего вида, сборочный чертеж, монтажный чертеж, чертеж отдельных деталей, спецификация, пояснительная записка. Основные показатели технологичности конструкции изделия приведены на рис. 12.

Целями и задачами технологического контроля согласно ГОСТ 14.206-73 является контроль соблюдения в разрабатываемом изделии технологических норм, достижение заданных показателей технологичности, выявление наиболее рациональных способов изготовления изделий.

Основные факторы, определяющие требования технологичности изделия, приведены на рис. 13. Содержание технологического контроля зависит от стадии разработки.



Рис. 12. Основные показатели технологичности конструкции изделия

К конструкторской документации (КД), подлежащей проверке, относятся:

- техническое предложение;
- эскизный проект;
- технический проект;
- рабочая документация.

Конструкторская документация не регламентирует методы и способы изготовления изделий. Это вопросы технологической документации.

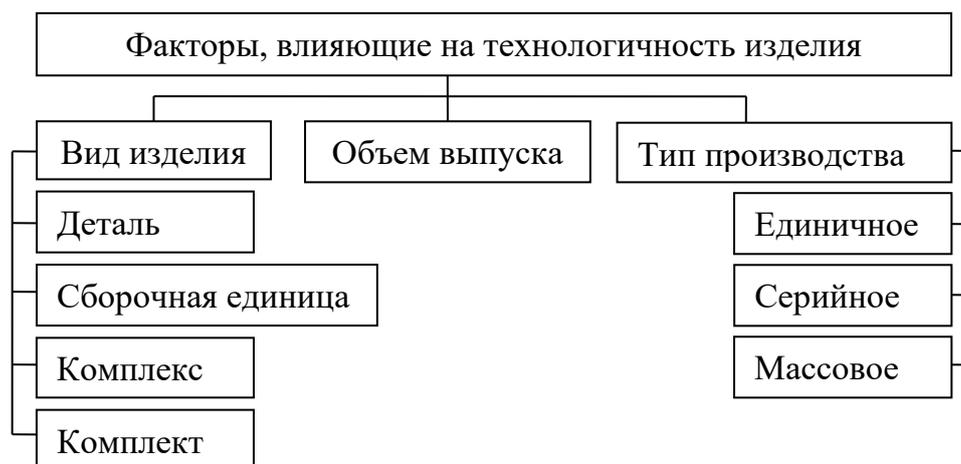


Рис. 13. Основные факторы, определяющие требования к технологичности изделия

Данные, содержащиеся в конструкторской документации, оказывают влияние на составление технологии изготовления. Но при этом необходимы обязательная увязка и согласование конструкторской и технологической документации. Конструктор, проектируя новые изделия, должен хорошо знать оборудование и технические возможности своего предприятия.

В конструкторской документации разработчики учитывают технологические требования до начала составления технологического процесса на изготовление. Проверка конструктором исчерпывающего учета требований технологии изготовления изделий составляет одну из важных задач технологического нормоконтроля.

Например, для массового типа производства конструктор разработал сварное зубчатое колесо (зубчатый венец с ободом). Нормоконтролер должен отметить, что наиболее целесообразной будет конструкция штампованного зубчатого колеса как наиболее отвечающего требованиям массового производства.

Уровень технологичности конструкции изделия можно оценить по коэффициенту уровня K_y

$$K_y = \frac{K}{K_6},$$

где K – показатель технологичности данного изделия, (руб., нормо-ч);
 K_6 – базовой показатель технологичности, (руб./нормо-ч).

Глава 8. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ПРОВЕРКИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ

8.1. Порядок проведения технологического контроля и его формы

В зависимости от количества и содержания разрабатываемой конструкторской документации технологический контроль может проводиться одним контролером или контролерами, специализированными:

- по характеру данных, содержащихся в конструкторских документах;
- видам документов. При этом контролеры могут быть специализированы на проверке отдельных видов документов, чертежей, схем, спецификаций и т. п.

Технологический контроль рекомендуется проводить в два этапа:

- 1-й – проверка оригиналов текстовых и графических документов;
- 2-й – проверка в подлинниках текстовых и графических документов.

Документы, предъявляемые на технологический контроль, должны быть подписаны в графах «Разраб.» и «Пров.». Конструкторские документы, как правило, предъявляются на технологический контроль комплектно:

- для проектной документации (технического предложения, эскизного и технического проектов) – все документы, разрабатываемые на соответствующей стадии;
- для рабочей документации (деталей, сборочной единицы, комплекса и комплекта) – чертежи деталей, сборочные чертежи, спецификации, габаритные чертежи, схемы и пр.

Подписание контролером проверенных конструкторских документов производится следующим образом:

а) если документ проверяет один контролер по всем показателям, то он подписывает документ в графе «Т. контр.» основной надписи;

б) если документ последовательно проверяют несколько специализированных контролеров, то эти документы подписывает в графе «Т. контр.» основной надписи исполнитель наиболее высокой (в группе контролеров) должностной категории. Остальные контролеры ставят свои подписи на поле подшивки.

Исправлять и изменять подписанные контролером подлинники, не сданные в отдел (бюро) технической документации, без его согласия не допускается.

В зависимости от организации работ различают три формы технологического контроля:

Внутренний контроль. Выполняют во время разработки КД специалисты организации, занимающейся этой разработкой.

Внутренний контроль проводят в три этапа:

1. Консультации и предварительный контроль, которые выполняют подразделения разработчиков или на рабочем месте нормоконтролера.

2. Проверка графической и текстовой документации, выполненной в оригиналах. Все оригиналы, представленные на контроль, должны иметь подписи исполнителей в графе «Разработал», технических контролеров в графе «Проверил». Документацию следует представлять на контроль комплектно.

3. Проверка и подписание в графе «Технологический контроль» окончательно оформленных подлинников графических и текстовых документов.

Участвующие в проверке технологи ставят свои подписи на поле подшивки чертежа.

Внешний контроль. Выполняют специалисты предприятия-изготовителя во время разработки КД. Число этапов проверки устанавливают договором между организацией-разработчиком и предприятием-изготовителем.

Входной контроль. Выполняют после завершения рабочего проекта специалисты предприятия-изготовителя, которые получают конструкторскую и технологическую документацию.

Исправления и изменения, выявленные при входном контроле, вносят в конструкторскую и технологическую документацию по

согласованию с организацией-разработчиком. Технологический контроль в общем виде по чертежам деталей выполняется по трем разделам: форма детали, размеры, допуски.

Форма детали, как правило, определяет преимущественную технологию изготовления. Проще всего в изготовлении детали выполнение по форме тел вращения. Форма детали одновременно связана с ее материалом. Трудно изготовить деталь сложной формы из обычной углеродистой стали ввиду ее коробления (поводки) при закалке. Для сложных деталей с закалкой необходимо использовать легированные стали (например, 40Х, 40ХН и т. д.).

Во всех случаях при постановке размеров следует руководствоваться правилом совмещения трех баз (конструкторской, технологической и измерительной) (рис. 14).

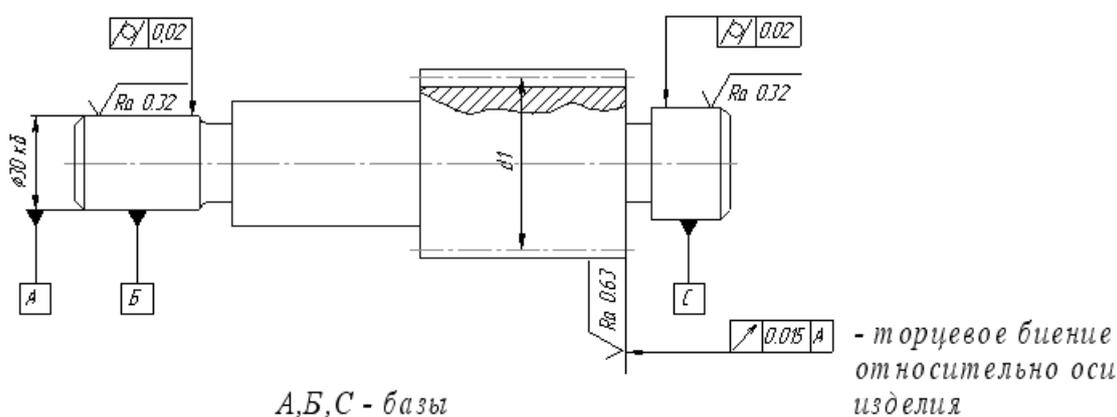


Рис. 14. Эскиз ступенчатого вала

Конструкторской базой является база *A* – ось изделия. Технологическими базами могут быть базы *A*, *B*, и *C*. В то же время базы *A*, *B* и *C* могут выполнять функцию измерительных баз.

Более целесообразной с точки зрения совмещения трех баз считается база *A*, так как в этом случае уменьшаются погрешности изготовления и измерения.

Следует помнить, что неоправданное повышение качества точности и уменьшение микронеровностей удорожает производство, так как требуются более точное оборудование, дорогостоящая оснастка и рабочие высокой квалификации. С достаточной степенью точности нужно выполнять только посадочные и рабочие поверхности деталей. Методика оценки технологичности конструкции изделий изложена в ГОСТ 14.201-83. В данном документе приведен типовой перечень показателей технологичности конструкции изделий.

8.2. Оформление замечаний и предложений при нормоконтроле конструкторской документации

При оценке конструкторской документации на соответствие нормативным требованиям нормоконтролер вблизи элемента, подлежащего исправлению, мягким карандашом выполняет условные пометки (цифру в кружке). Пометки должны быть сохранены до подписания документов, снять их может только сам нормоконтролер после окончательной подписи документов. Примерный перечень возможных замечаний приведен в табл. 9.

Таблица 9

Перечень замечаний нормоконтролера

Содержание замечаний	Цифровой шифр
<i>Замечания по всем документам</i>	
Документ не предусмотрен системой конструкторской документации	01
Не соблюдены правила подписания и согласования документов	02
Неправильно обозначен документ	03
Документ выполнен на неразрешенном формате	04
Не соблюдены правила заполнения граф документа	05
Ссылки на документы, не разрешенные к применению, или недействующие	06
Отсутствие ссылок на действующие нормативно-технические документы	07
Размеры шрифтов и четкость их изображения не соответствуют установленным требованиям стандартов ЕСКД	08
Неправильно применены буквенные обозначения	09
Неправильно применены условные обозначения	10
Неправильно сокращены слова	11
Наличие орфографических ошибок	12
Технические показатели и расчетные данные не соответствуют действующим нормативам и т. д.	13
Дополнительные замечания с учетом специфики документации	14 – 19
<i>Замечания по текстовым документам</i>	
Неправильная нумерация разделов и пунктов	20
Изложение текста допускает различные толкования требований, понятий и т. п.	21
Построение текста документа по разделам не соответствует требованиям ГОСТ 2.105-95 и т. п.	22
Дополнительные замечания с учетом специфики текстовых документов	23 – 29

Продолжение табл. 9

Содержание замечаний	Цифровой шифр
<i>Замечания по чертежам</i>	
Несоблюдение установленных правил редакционного оформления и размещения надписей	30
Ошибки графики	31
Использован материал, не разрешенный к применению или не применяемый изготовителем	32
Выполнены с заметным нарушением соотношений по толщине линии изображений	33
Не соблюдены требования к штриховке в разрезах и сечениях	34
Нарушены требования к видам, размерам и выносным элементам	35
Нарушена проекционная связь изображений	36
Нарушены требования к написанию размеров	37
Отсутствие необходимых размеров	38
Необоснованная повторяемость размеров одних и тех же элементов	39
Условные обозначения допусков, форм и расположений поверхностей выполнены с нарушением правил, установленных ГОСТ 2.308-2011	40
Отсутствуют предельные отклонения	41
Предельные отклонения не соответствуют установленным нормам	42
Отсутствуют или неправильно нанесены обозначения шероховатости поверхностей	43
Указанная шероховатость поверхности не соответствует качествам точности	44
Не соблюдены требования ГОСТ 2.310-68 по обозначению покрытий	45
Примененное покрытие не разрешено к применению или не применяется на заводе-изготовителе	46
Не соблюдены требования ГОСТ 2.310-68 по указанию твердости поверхностей	47
Изображения и обозначения резьб и резьбовых соединений выполнены с нарушением требований ГОСТ 2.311-68	48
Примененные размеры резьб не разрешены или не применяются заводом-изготовителем	49
Не соблюдены установленные стандартами ЕСКД правила выполнения чертежей зубчатых передач	50
Примененный размер модуля не разрешен или не применяется заводом-изготовителем	51
Не соблюдены требования ГОСТ 2.401-68 к изображению пружин	52
Изображения и обозначение рифления не соответствуют требованиям стандарта	53

Продолжение табл. 9

Содержание замечаний	Цифровой шифр
Нарушены требования ГОСТ 2.313-82 к изображению и условным обозначениям неразъемных соединений	54
Не соблюдены требования ГОСТ 2.109-73 на оформление сборочных чертежей, общих видов, габаритных и монтажных размеров	55
Отсутствуют необходимые габаритные, установочные и присоединительные размеры	56
Отсутствуют или неправильно нанесены номера позиций	57
Дополнительные замечания с учетом специфики чертежей	58 – 59
<i>Замечания к схемным документам</i>	
Несоблюдение установленных ГОСТ 2.701-84 общих требований по выполнению схем	60
Несоблюдение установленных стандартами ЕСКД условных графических обозначений элементов в схемах	61
Несоответствие наименований, обозначений и количества элементов, указанных в перечнях, и т. п.	62
Дополнительные замечания по схемным документам с учетом их специфики	63 – 69
<i>Замечания по «Извещениям об изменениях»</i>	
Изменения не комплектны	70
Неправильно оформлены последующие листы «Извещения»	71
Не соблюдены требования к заполнению граф «Извещения»	72
Неправильно применен метод исправления подчисткой	73
Неправильно указаны данные о комплектности «Извещения»	74
Причина изменения и шифр не соответствуют указанному изменению	75
Отсутствует необходимое разрешение руководства на изменение	76
Неправильно дано указание о заделе	77
Оформление «Предварительного извещения» не соответствует требованиям ГОСТ 2.503-90 и т. п.	78
Дополнительные замечания по «Извещениям об изменениях»	79
<i>Замечания и предложения, согласовываемые с разработчиком</i>	
Общие замечания по уровню стандартизации изделия и предложения по повышению этого показателя	80
Предложения по замене оригинальных конструкций стандартными, типовыми и ранее разработанными	81
Предложения по сокращению номенклатуры применяемых наименований изделий путем объединения близких типоразмеров	82

Содержание замечаний	Цифровой шифр
Предложения по сокращению номенклатуры элементов, марок материалов, размеров и профилей проката, допусков и квалитетов точности и т. п.	83
Предложения по изменению формы и размеров изделия с целью использования стандартной оснастки вместо специальной	84
Предложения по использованию типовых схем взамен оригинальных и т. п.	85
Дополнительные замечания с учетом предложений заказчика и разработчика	86 – 100

Результаты входного технического контроля технической документации излагают в экспертном заключении, где предлагается внести в документацию изменения и дополнения.

Глава 9. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЙ

В табл. 10 представлена классификация показателей технологичности конструкции изделий.

Таблица 10

Классификация показателей технологичности конструкции изделий

Классификация показателя	Наименование показателя	Обозначение
I. Основной	Трудоемкость изготовления изделия	T_n
	Уровень технологичности конструкции по трудоемкости изготовления	$K_{ут}$
	Технологическая себестоимость изделия	C_t
	Уровень технологичности конструкции по себестоимости	$K_{ус}$
II. Дополнительный	Оперативная продолжительность ТО и технического ремонта	P_o

Классификация показателя	Наименование показателя	Обозначение
II. Дополнительный	Относительная продолжительность ТО и технического ремонта	P_{oo}
	Коэффициент использования материала	$K_{им}$
	Коэффициент применяемости материала	$K_{пм}$
	Коэффициент унификации элементов конструкции	$K_{уэ}$
	Коэффициент сборности	$K_{сб}$

Расчетные формулы показателей

1. Трудоемкость изготовления изделия $T_{и}$ выражается суммой нормочасов, затраченных на изготовление, сборку и испытание изделий.

2. $K_{ут}$ определяется как

$$K_{ут} = \frac{T_{и}}{T_{би}},$$

где $T_{би}$ – базовый показатель трудоемкости изготовления, нормо-ч.

3. C_T рассчитывается в рублях $C_T = C_M + C_3 + C_{ц.р}$.

C_M – стоимость материалов, затраченных на изготовление изделия, руб.;

C_3 – заработная плата производственных рабочих с начислениями, руб.;

$C_{ц.р}$ – цеховые расходы, включая расходы на электроэнергию, ремонт оборудования, инструменты и приспособления, на смазывающие и охлаждающие жидкости, руб.

4. $K_{ус}$ определяется как

$$K_{ус} = \frac{C_T}{C_{бт}},$$

где C_T – достигнутая себестоимость изделия, руб.

$C_{бт}$ – базовый показатель технологической себестоимости, руб.

Расчетные формулы дополнительных показателей

1. P_0 – затраты времени на выполнение всех операций одного технического обслуживания или технического ремонта объекта.

2. P_{00} определяется как

$$P_{00} = \frac{P_0}{T_{\text{и}}},$$

где P_0 – достигнутая продолжительность обслуживания, нормо-ч;

$T_{\text{и}}$ – трудоемкость изготовления, нормо-ч.

3. $K_{\text{им}}$ находится из формулы

$$K_{\text{им}} = \frac{\sum M}{\sum M_{\text{м}}},$$

где $\sum M$ – масса составной части изделия, кг;

$\sum M_{\text{м}}$ – масса материала, израсходованного на изготовление составной части изделия, кг.

4. $K_{\text{пм}}$ определяется по выражению

$$K_{\text{пм}} = \frac{M_{\text{им}}}{M},$$

где $M_{\text{им}}$ – установленные нормы расходного материала, кг;

M – сумма расходов всех материалов, кг.

5. $K_{\text{уз}}$ рассчитывается

$$K_{\text{уз}} = \frac{Q_{\text{уз}}}{Q_3},$$

где $Q_{\text{уз}}$ – число унифицированных типоразмеров конструктивных элементов, шт.;

Q_3 – число размеров конструктивных элементов в изделии, шт.

$K_{\text{сб}}$ определяется по выражению

$$K_{\text{сб}} = \frac{E}{E+D},$$

где E – число сборочных единиц, шт.;

$E + D$ – число составных частей.

Коэффициент экономической эффективности

Вышеперечисленные частные показатели технологичности конструкции имеют различную экономическую значимость. Этот факт учитывается введением дополнительных коэффициентов экономической эффективности.

$K_{\text{э}}$ – коэффициент экономической эффективности. $\sum K_{\text{э}} = 1$.

В табл. 11 приведены значения коэффициента экономической эффективности $K_{\text{э}}$.

Таблица 11

Значения коэффициента экономической эффективности K_{i3}

Показатель технологичности	Коэффициент экономической значимости	
	Обозначение	Величина
$K_{ут}$	$K_{ут.э}$	0,25
$K_{ус}$	$K_{ус.э}$	0,20
$P_{оо}$	$P_{оо.э}$	0,10
$K_{им}$	$K_{им.э}$	0,15
$K_{пм}$	$K_{пм.э}$	0,10
$K_{уэ}$	$K_{уэ.э}$	0,10
$K_{сб}$	$K_{сб.э}$	0,10
Суммарная экономическая эффективность		$\Sigma = 1$

Комплексный показатель технологичности конструкции рассчитывается по формуле

$$K = \frac{K_{ут} \cdot K_{ут.э} + K_{ус} \cdot K_{ус.э} + P_{оо} \cdot P_{оо.э} + K_{им} \cdot K_{им.э} + K_{пм} \cdot K_{пм.э} + K_{уэ} \cdot K_{уэ.э} + K_{сб} \cdot K_{сб.э}}{K_{ут} + K_{ус} + P_{оо} + K_{им} + K_{пм} + K_{уэ} + K_{сб}} + \frac{K_{пм} \cdot K_{пм.э} + K_{уэ} \cdot K_{уэ.э} + K_{сб} \cdot K_{сб.э}}{K_{ут} + K_{ус} + P_{оо} + K_{им} + K_{пм} + K_{уэ} + K_{сб}}$$

Значение показателя K выражается в процентах и показывает степень отработки конструкции на технологичность. Иногда в комплексный показатель технологичности вводят корректирующие коэффициенты:

- 1) K_c – коэффициент сложности конструкции;
- 2) K_T – коэффициент снижения трудоемкости изготовления.

Коэффициент уровня технологичности конструкции рассчитывают по формуле

$$K_y = \frac{K}{K_6},$$

где K_6 – базовый показатель достигнутой технологичности.

По имеющимся производственным данным, хорошим комплексным показателем технологичности конструкции является уровень 50 % и выше.

Глава 10. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Посадки деталей машин следует назначать по единой системе допусков и посадок (ЕСДП) ГОСТ 25346-2013, ГОСТ 25347-2013. ЕСДП полностью отвечает требованиям ИСО (ISO).

Для того чтобы изделие отвечало своему целевому назначению, его размеры должны быть между допустимыми предельными значениями, разность которых образует допуск $\varnothing 40_{-0,1}^{+0,2}$.
 $T = 0,2 - (-0,1) = 0,3$ мм.

В общем машиностроении предельные отклонения валов и отверстий, ответственных за сопряжения, целесообразно назначать в 6-м и 7-м квалитетах точности.

Наиболее предпочтительна система отверстия, так как требуется меньшее число инструментов, и контроль посадки менее трудоемкий. Приведем пример обозначения на сборочном чертеже простейшей посадки в виде сопряжения вала и втулки в системе отверстия и в системе вала (рис. 15).

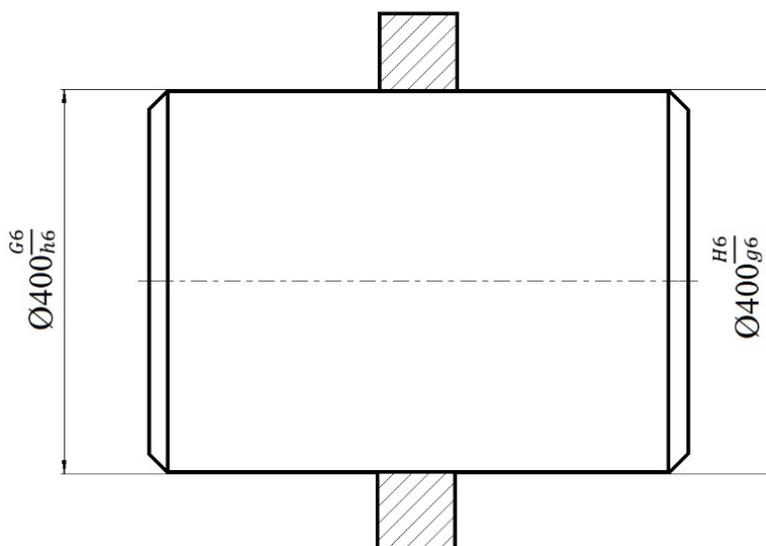


Рис. 15. Сборочный чертеж гладкого цилиндрического соединения в системе отверстия и в системе вала

Расшифруем обозначение на чертеже $\varnothing 40 \frac{H6}{g6}$,

где H6 – основное отклонение и квалитет отверстия;

g6 – основное отклонение и квалитет вала;

$\varnothing 40$ – вал и отверстие круглой формы с номинальным размером 40 мм.

Приведем схему расположения полей допусков посадок, выполненных в системе отверстия и системе вала (рис. 16).

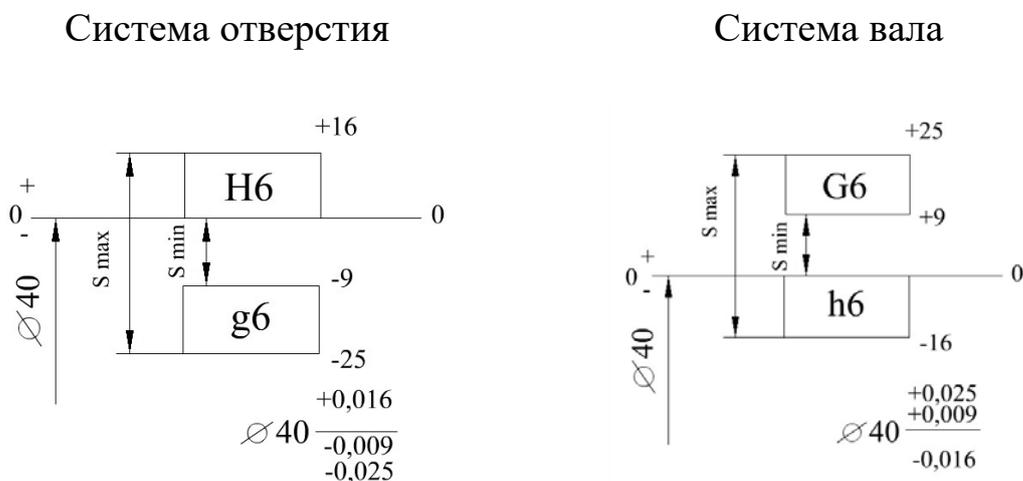


Рис. 16. Схемы полей допусков отверстия и вала в системе отверстия и системе вала

В ремонтной практике возникают ситуации, когда посадку требуется выполнить в комбинированном варианте (вне системы отверстия или системы вала, рис. 17).

Рассмотрим наиболее часто применяемые в процессе конструирования посадки деталей машин (прил. 9).

Допуски формы и расположение поверхностей. При механической обработке деталей машин в условиях производства неизбежно возникают погрешности не только линейных размеров, но и геометрической формы, а также погрешности в отношении расположения осей, поверхностей и конструктивных элементов. Эти погрешности оказывают вредное влияние на работоспособность деталей машин. Особенно это важно для мест установки подшипников качения. В случае некачественного изготовления цапф (место посадки подшипника на валу) увеличивается сопротивление вращению вала и снижается долговечность подшипника.

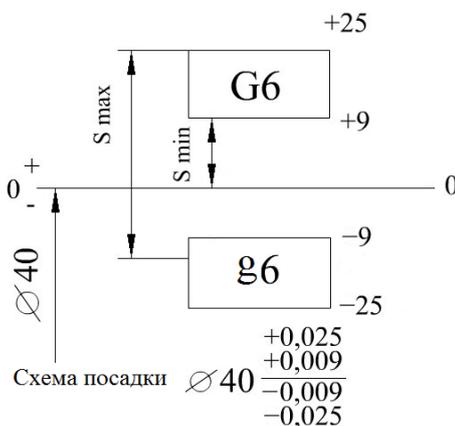


Рис. 17. Схемы выполнения посадок в комбинированной системе

Перекосы подшипников вызывают следующие причины:

- отклонение от соосности посадочных поверхностей вала и корпуса;
- отклонение от перпендикулярности базовых торцов вала и корпуса;
- наклон упругой линии вала в опоре под действием нагрузки.

Допуски формы и расположения поверхностей на чертежах указывают условными знаками (табл. 12).

Таблица 12

Допуски формы и расположения поверхностей

Группа допуска	Вид допуска	Знак
Допуск формы	Допуск прямолинейности	—
	» плоскостности	
	» круглости	
	» цилиндричности	
	» профиля продольного сечения	
Допуск расположения	Допуск параллельности	
	» перпендикулярности	
	» наклона	
	» соосности	
	» симметричности	
	Позиционный допуск	
Суммарные допуски и формы расположения	Допуск пересечения, осей	×
	Допуск радиального биения	
	» торцового биения	
	» биения в заданном направлении	
	Допуск полного радиального биения	
» полного торцового биения		
Допуск формы заданного профиля		
	» формы заданной поверхности	

Глава 11. ВЗАИМОСВЯЗЬ МИКРОНЕРОВНОСТЕЙ (ШЕРОХОВАТОСТИ) ПОВЕРХНОСТИ С ДОПУСКАМИ РАЗМЕРА И ФОРМЫ

11.1. Микронеровности поверхности

Шероховатость поверхности нормируется и контролируется отдельно от размеров формы и расположения поверхностей. Неправильное назначение шероховатости (микронеровностей) поверхностей в процессе сборки и эксплуатации изделия приводит к образованию дополнительных отклонений размеров и формы детали. На рис. 18 изображена схема смятия микронеровностей R_{z1} и R_{z2} при запрессовке вала во втулку.

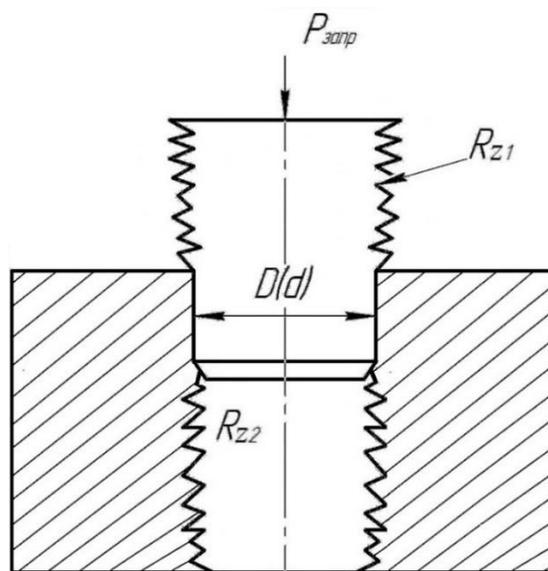


Рис. 18. Схема смятия микронеровностей R_{z1} и R_{z2} при запрессовке вала во втулку

11.2. Установление параметров микронеровностей

Наибольшие допускаемые значения параметров шероховатости R_a и R_z для различных уровней геометрической точности (А, В, С) устанавливаются из следующих условий:

1. Для нормальной геометрической точности (уровень А)

$$A \rightarrow \frac{T_{\phi}}{T_p} 100 \% \geq 60 \%,$$

где T_{ϕ} – допуск формы, мкм;

T_p – допуск размера, мкм.

Для нормальной геометрической точности (уровень А) среднее арифметическое отклонение профиля R_a и параметр R_z , взятый по десяти точкам, находят из выражения

$$A \rightarrow R_a \leq 0,05 T_p;$$

$$R_z \leq 0,2 T_p.$$

2. Для повышенной относительной геометрической точности (уровень В)

$$B \rightarrow \frac{T_{\phi}}{T_p} 100 \% = 40 \%;$$

$$R_a \leq 0,1 T_p.$$

3. Для высокой относительной геометрической точности (уровень С)

$$C \rightarrow \frac{T_{\phi}}{T_p} 100 \% = 25 \%;$$

$$R_a \leq 0,012 T_p;$$

$$R_z \leq 0,05 T_p.$$

Данная методика расчета микронеровностей изложена в РТМ Н31-4-81.

Пример: назначить шероховатость поверхности детали диаметром $20_{-0,005}$, представленной на эскизе (рис. 19).

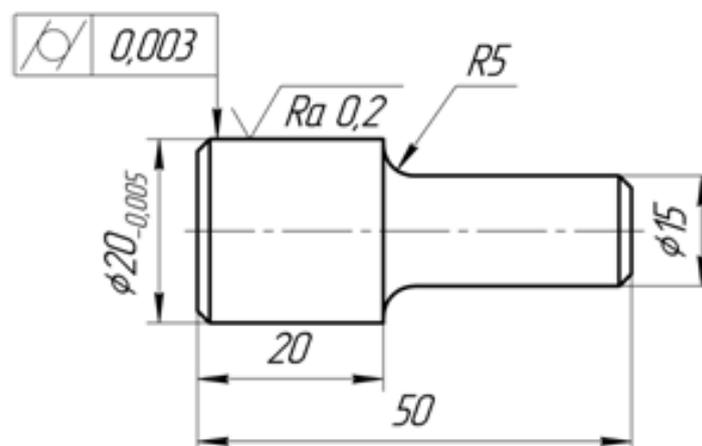


Рис. 19. Чертеж детали

Решение:

Для уровня геометрической точности А

$$A \rightarrow \frac{T_{\phi}}{T_p} 100 \% = 60 \%$$

Откуда

$$T_{\phi} = \frac{T_p \cdot 60}{100}$$

Из чертежа детали следует $T_p = 5$ мкм.

Тогда численное значение

$$T_{\phi} = \frac{0,005 \cdot 60}{100} = 0,003 \text{ мм};$$

$$R_a = 0,05 T_p;$$

$$R_a = 0,05 \cdot 5 = 0,25 \text{ мкм.}$$

Полученные значения округляем до ближайшего предпочтительного стандартного ряда:

0,008; 0,010; **0,012**

0,016; 0,020; **0,025**

0,032; 0,040; **0,050**

0,063; 0,080; **0,100**

0,125; 0,160; **0,20**

0,25; 0,32; **0,40**

0,50; 0,63; **0,80**

1,00; 1,25; **1,6**

2,0; 2,5; **3,2**

4,0; 5,0; **6,3**...12,5...100

При обработке деталей машин в зависимости от функционального назначения требуются различные качества точности. Самая грубая обработка по 18-му качеству, самая качественная составляет 01 качество.

В табл. 13 приведем качества, достигаемые при различных методах механической обработки.

Таблица 13

**Квалитеты точности для различных видов
механической обработки**

Вид обработки	Квалитет	Вид обработки	Квалитет
Черновое точение, строгание, растачивание	12...13	Шлифование чистовое	5...6
Детали после литья	17	Суперфиниширование	5
Тонкое точение и растачивание	6...7	Притирка	4...5
Фрезерование – черновое – чистовое	12...13 8...10	Сверление	10...11
Развертывание	6...7	Зенкерование	7
Протягивание	6...7	Прошивка	7...8

Покажем в табл. 14 взаимосвязь параметров микронеровностей поверхности и точности обработки.

Таблица 14

**Взаимосвязь параметров микронеровностей поверхности
и точности обработки**

Способ обработки	Квалитет	R_a , мкм
Тонкое точение	6...7	0,8...3,2
Тонкое фрезерование	6...7	0,8...3,2
Окончательное развертывание	6...7	0,8...3,2
Протягивание	7...8	1,6...5,0
Шлифование прецизионное	5...6	0,1...0,4
Хонингование	5...6	0,1...0,4
Суперфиниширование	4...5	0,005-0,1

Обозначение шероховатости поверхности на чертежах по ГОСТ 2.309-73 представлено на рис. 20.

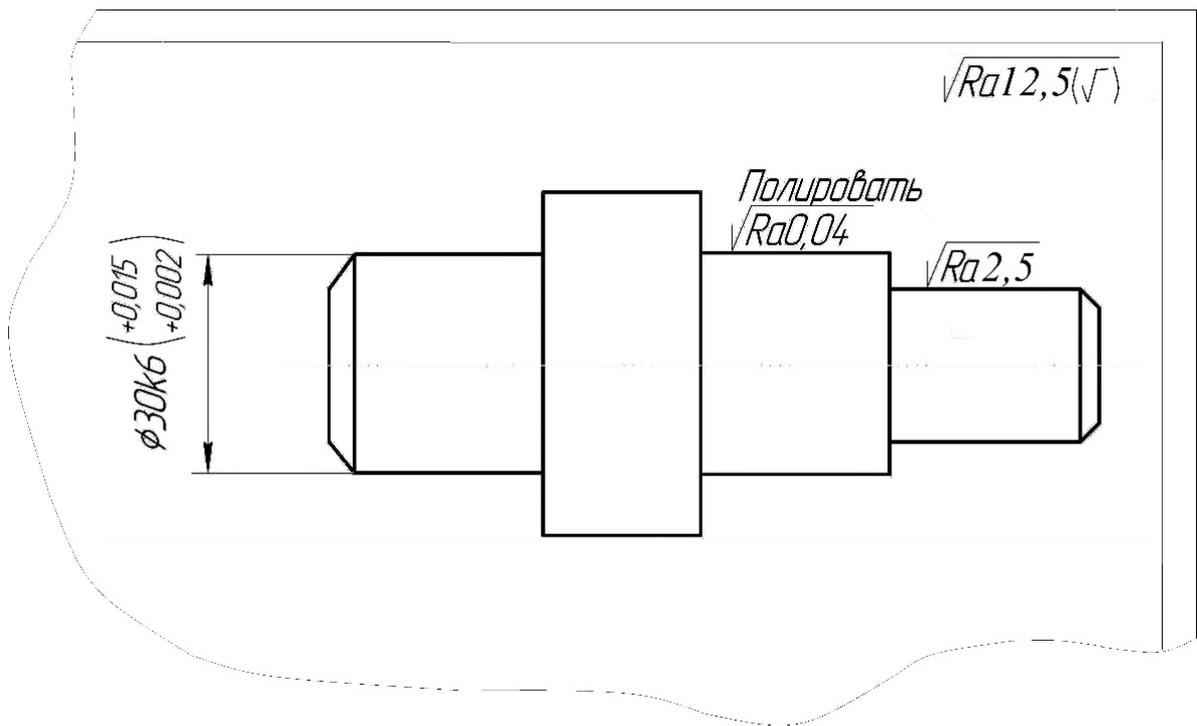
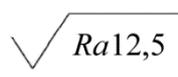
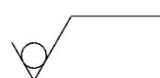


Рис. 20. Обозначение шероховатости поверхности на чертежах

Если технологией производства предусмотрены различные виды обработки, то применяют другие знаки изображения шероховатости:

- 
 – шероховатость неуказанных поверхностей не должна превышать $R_a = 12,5$ мкм;
- 
 – шероховатость образуется только удалением слоя металла;
- 
 – шероховатость, которая может быть образована без удаления слоя металла, например штамповкой;
- 
 – шероховатость образуется при любом виде обработки.

Глава 12. ТРЕБОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ, СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ И ДЕТАЛЕЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОРМАТИВНО- ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

12.1. Общие требования к разрабатываемой конструкции

Технологичная конструкция надежно выполняет установленные для изделия функции при минимальном числе составных частей. Рациональной компоновке изделия характерна малогабаритность, но в сочетании с удобствами сборки и разборки.

Большие габаритные размеры могут вызвать трудности, связанные с транспортировкой изделия до места эксплуатации. Конструкция изделия должна обеспечивать его рациональное разделение на самостоятельные сборочные единицы. С точки зрения регулировки и контроля конструкция изделия должна иметь свободный доступ ко всем элементам, с точки зрения обеспечения преемственности методов контроля и испытания – должна быть рациональной.

12.2. Общие правила конструирования и задачи по обеспечению технологичности деталей

1. При конструировании детали нужно стремиться к совмещению конструкторской, технологической и измерительной баз. Это позволит повысить точность изготовления и контроля за счет исключения погрешностей базирования.

2. Необходим рациональный выбор типа заготовки и ее конфигурации.

3. При изготовлении деталей следует учитывать возможность применения высокопроизводительных технологических процессов с применением быстропереналаживаемого оборудования и станков с ЧПУ (числовым программным управлением).

4. Учитываются также:

- виды и методы технологических процессов;
- возможность использования типовых технологических процессов;
- требования к квалификации рабочих;
- требования к технике безопасности и охране труда.

Конструкция *литых деталей* должна отвечать следующим требованиям:

а) литые детали должны иметь простое внешнее очертание – без резких углов, поворотов, выступов, а также минимальное число внутренних полостей;

б) конструкция отливки должна обеспечивать направленное за-
твердевание металла;

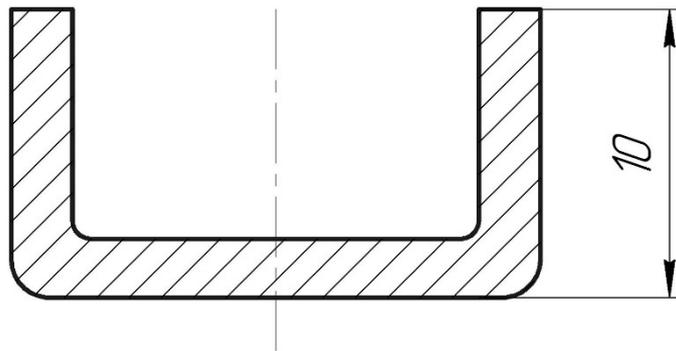
в) необходимо предусматривать конструктивные уклоны, обеспе-
чивающие легкое извлечение отливки из формы или стержня из них;

г) разъемы модели и формы должны лежать в одной плоскости.

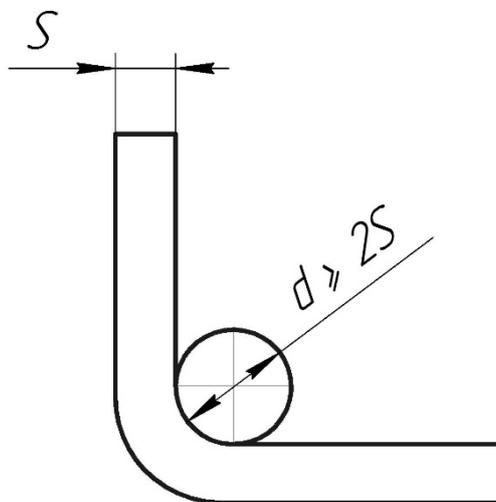
Штампующие детали должны отвечать следующим требова-
ниям:

а) материал должен обладать максимально высокой пластично-
стью;

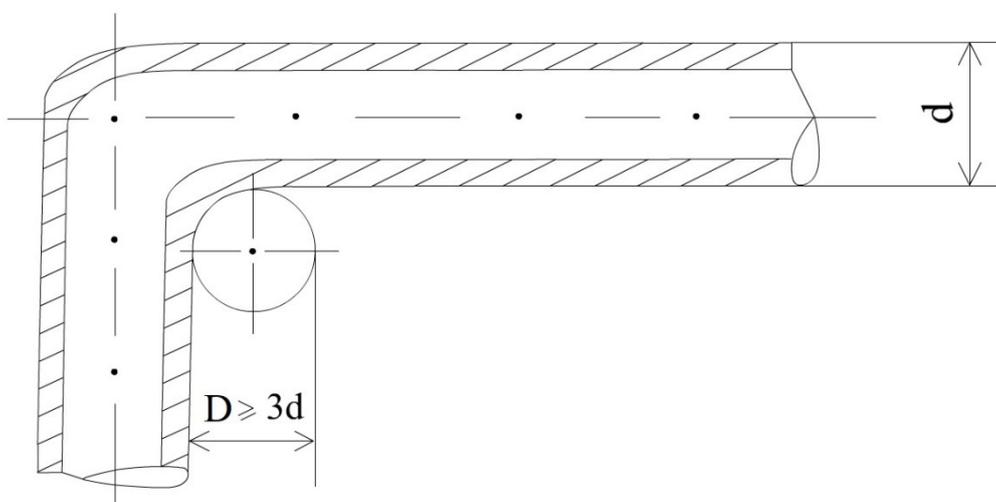
б) высота прямой полки должна быть не менее 10 мм;



в) наименьший диаметр сгиба сплошного материала d должен
быть не меньше его двойной толщины s ;



г) наименьший радиус сгиба трубных заготовок из стали принимается не менее трех диаметров трубы.



Технологические требования к деталям, подвергаемым термической обработке:

1) геометрические формы деталей должны быть по возможности простыми;

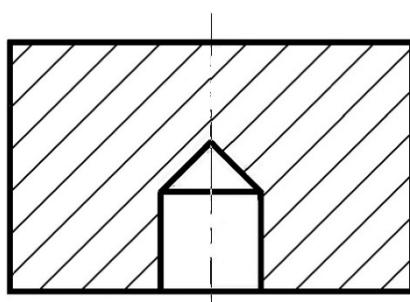
2) необходимо избегать:

а) острых углов;

б) большой разницы в сечениях;

в) глухих отверстий;

г) на деталях, имеющих сквозные отверстия, не допускаются тонкие перегородки, так как это приводит к образованию трещин.



Этот факт особенно важен для деталей, подвергаемых азотированию, цементации, цианированию и другим видам химико-термической обработки;

д) необходимо стремиться к унификации марок материалов.

12.3. Требования к деталям, обрабатываемым резанием

Обрабатываемость сталей зависит от их состава, т. е. содержания углерода и легирующих элементов. С увеличением содержания никеля, молибдена, ванадия обрабатываемость стали не ухудшается, но она должна быть предварительно подвергнута термообработке (отпуск, нормализация и т. п.). Низкий отпуск стали производят при $t = 180 - 250$ °С, а высокий отпуск при $t = 300 - 500$ °С.

Чугуны имеют пониженную по сравнению со сталями обрабатываемость. Большое значение имеет твердость чугуна. В практике конструирования используются серый и ковкий чугуны.

Алюминиевые сплавы, например дюралюминий (Д16Т), обладают лучшей обрабатываемостью, чем стали. По массе детали из алюминиевых сплавов имеют меньшие показатели, но прочностные характеристики таких деталей несколько ниже.

К труднообрабатываемым сплавам относятся титановые материалы. Для их обработки применяют инструмент из алмаза, карбида бора (BC_3), твердых сплавов (ВК6; ВК32) и быстрорежущих сталей (Р6; Р18).

Во всех случаях при назначении параметров шероховатости поверхности обрабатываемой детали следует учитывать примерное соотношение между величиной шероховатости и полем допуска на размер. При конструировании деталей следует максимально использовать унифицированные типовые элементы (резьбы, канавки, выточки, модули зубчатых колес, фаски и т. д.).

Глава 13. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ (МЭЧД) СЛОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

13.1. Цель МЭ чертежей деталей, виды проверок

Целью МЭЧД является проверка комплектности конструкторских документов всех видов по ГОСТ 2.102-2013 и установление возможности контроля заложенных на чертеже норм точности (рис. 21).

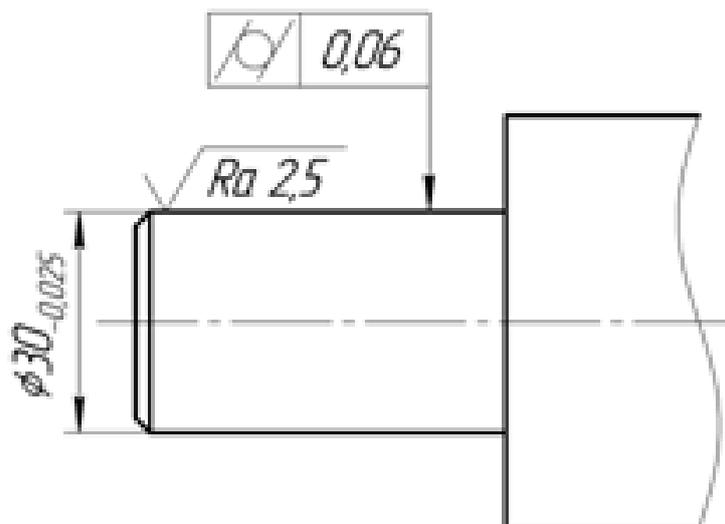


Рис. 21. Элемент чертежа с указанием отдельных элементов норм точности

При МЭЧД проводятся три вида проверок:

- правильности терминологии;
- контролепригодности;
- взаимной увязки допусков.

При проведении МЭЧД выявляются ограниченные допусками линейные и угловые размеры, допуски формы и взаимного расположения поверхностей, а также требования к микронеровностям поверхности.

При проверке правильности терминологии устанавливается правильность наименований и обозначений физических величин, а также их единиц. Правильность метрологических терминов и определений оговорена в РМГ 29-2013* «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения».

При проверке правильности назначения допусков формы и расположения поверхностей должен быть использован ГОСТ 24642-81, при проверке микронеровности поверхности – ГОСТ 2789-73* и ГОСТ 2.309-73. Допуски формы и расположения поверхностей должны быть нанесены в соответствии с ГОСТ 2.308-2011.

Важным этапом МЭЧД считается проверка взаимной увязки конструкторских и технологических баз с метрологическими базами. При

метрологической экспертизе наряду с детализовочными чертежами проверяются сборочные чертежи, монтажные чертежи (содержат упрощенное контурное изображение изделия), пояснительная записка, технические условия и другие документы.

13.2. Нормы взаимозаменяемости по форме и расположению поверхностей

Поверхности изделий, получаемые после окончательной обработки, отличаются от номинальных поверхностей как по форме, так и расположению. Отклонения формы и расположения поверхностей искажают посадку в соединении, снижают точность изготовления изделия и надежность его работы.

Рассмотрим отклонения и допуски формы цилиндрических поверхностей (рис. 22).

1. Отклонение от круглости

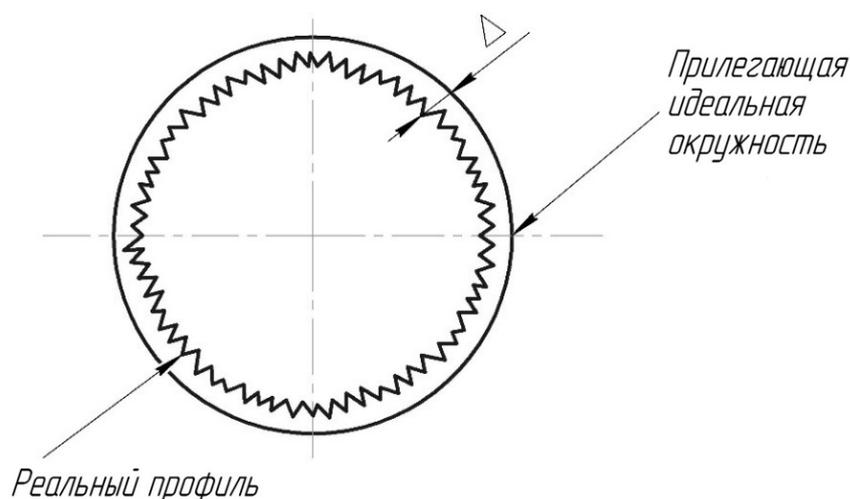


Рис. 22. Схема отклонения от круглости детали

На практике измерение отклонений от круглости выполняют с помощью кругомера КН-289 индикаторного кольца, а также более современных контрольно-измерительных машин (рис. 23 – 24).

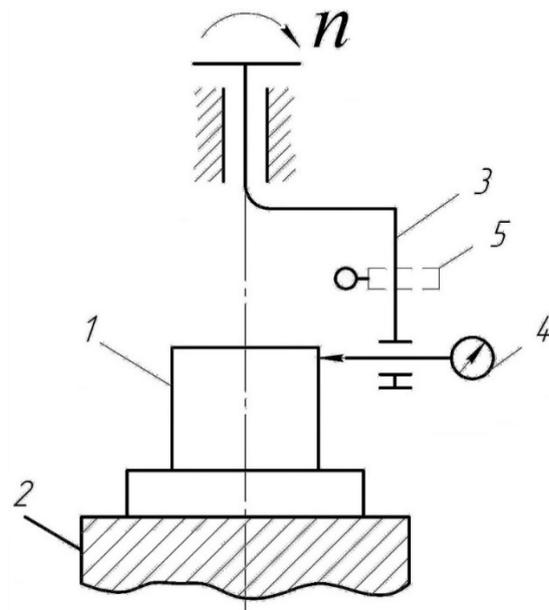


Рис. 23. Схема измерения с помощью кругломера КН-289:
 1 – контролируемая деталь; 2 – стол кругломера; 3 – водило;
 4 – индикатор; 5 – электронный преобразователь информации
 (датчик перемещения в дополнительной комплектации)

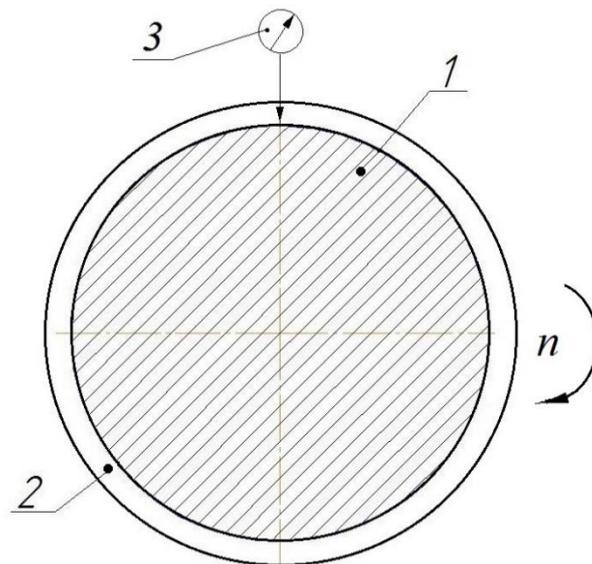


Рис. 24. Измерение отклонения формы с помощью индикаторного кольца:
 1 – деталь; 2 – кольцо; 3 – индикатор

С помощью приборов КН-289 и НК-130С в комплекте с электронным датчиком можно получить круглограмму на специальном бумажном шаблоне или в электронном виде с распечаткой профилограммы на компьютере.

1. Отклонение формы детали от круглости иногда проявляется в виде овальности или огранки (рис. 25).

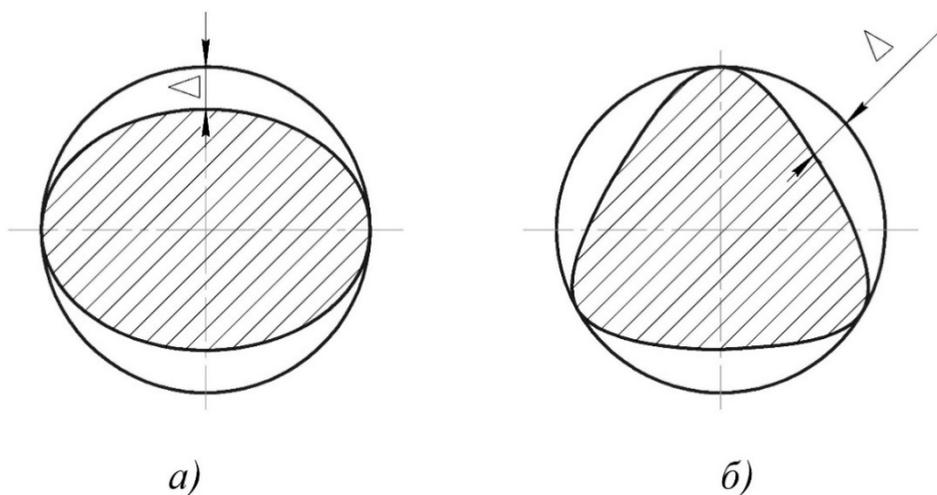


Рис. 25. Частные случаи отклонения формы поверхности детали:
а – овальность; б – огранка

2. Отклонение от цилиндричности показано на рис. 26, контроль отклонения от цилиндричности с помощью индикаторного кольца – на рис. 27.

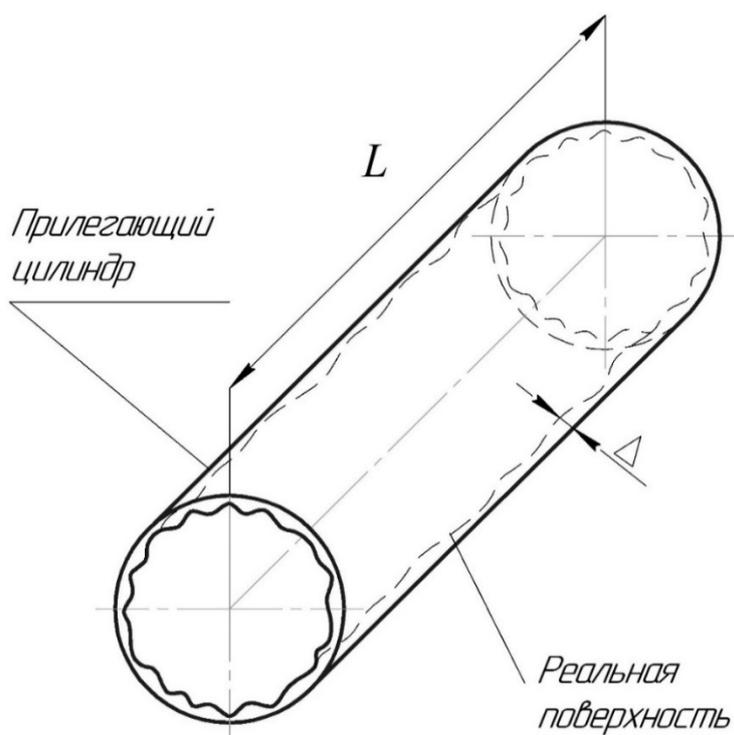


Рис. 26. Схема измерения отклонения от цилиндричности

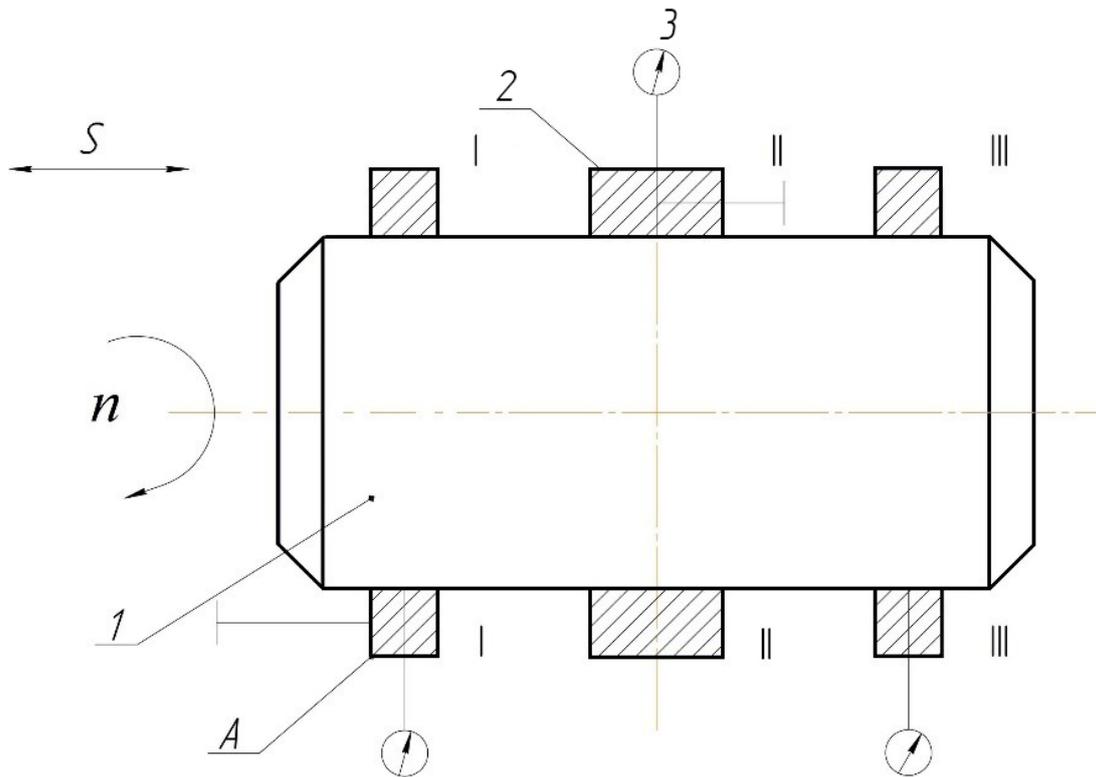


Рис. 27. Контроль отклонения от цилиндричности с помощью индикаторного кольца: 1 – контролируемая деталь; 2 – кольцо; 3 – индикатор

Частными случаями отклонения от цилиндричности выступают конусность и седлообразность. Отклонения от круглости и цилиндричности детали на чертеже указывают специальными знаками, показанными на рис. 28.

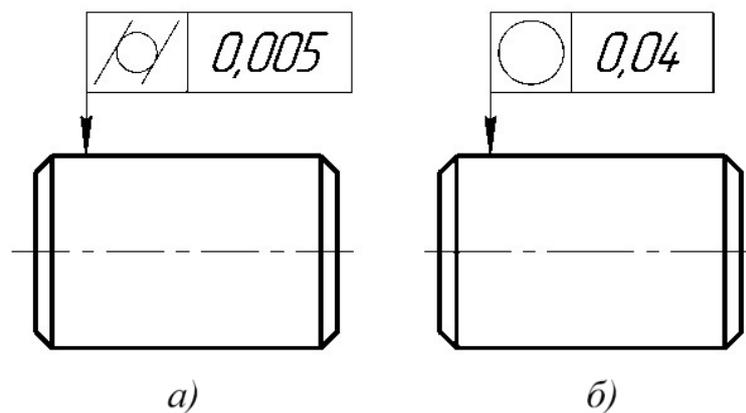


Рис. 28. Знаки отклонений от цилиндричности и круглости: а – отклонение от цилиндричности; б – отклонение от круглости

3. Отклонение профиля продольного сечения

Как показывает производственный опыт, отклонения формы детали проще всего контролировать на стадии производства путем измерения профиля продольного сечения (рис. 29).

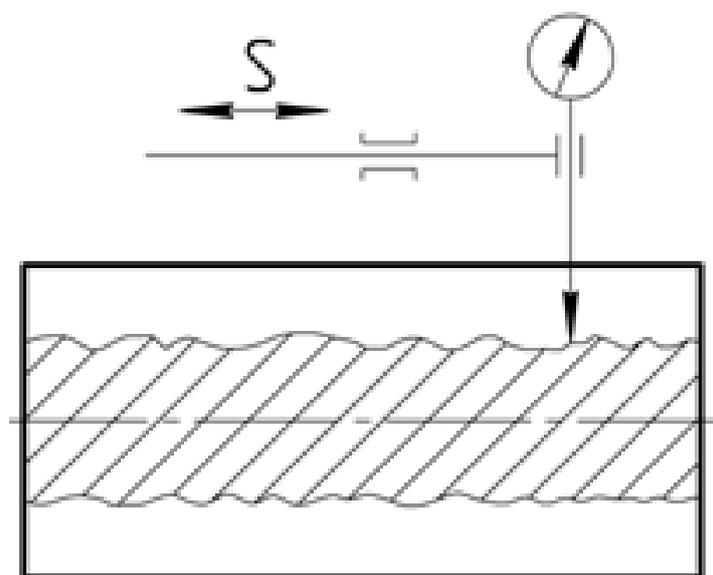


Рис. 29. Схема измерения профиля продольного сечения

Обозначение на чертеже отклонения профиля продольного сечения показывают следующим образом (рис. 30).

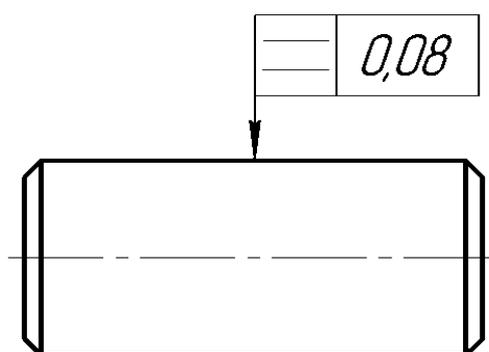


Рис. 30. Обозначение на чертеже отклонения профиля продольного сечения

13.3. Отклонения и допуски расположения поверхностей.

Суммарное отклонение допусков формы и расположения поверхностей

Отклонения от перпендикулярности поверхностей

Обычно данный допуск проставляется на торцевые поверхности валов, сопрягаемые с подшипниками качения (рис. 31).

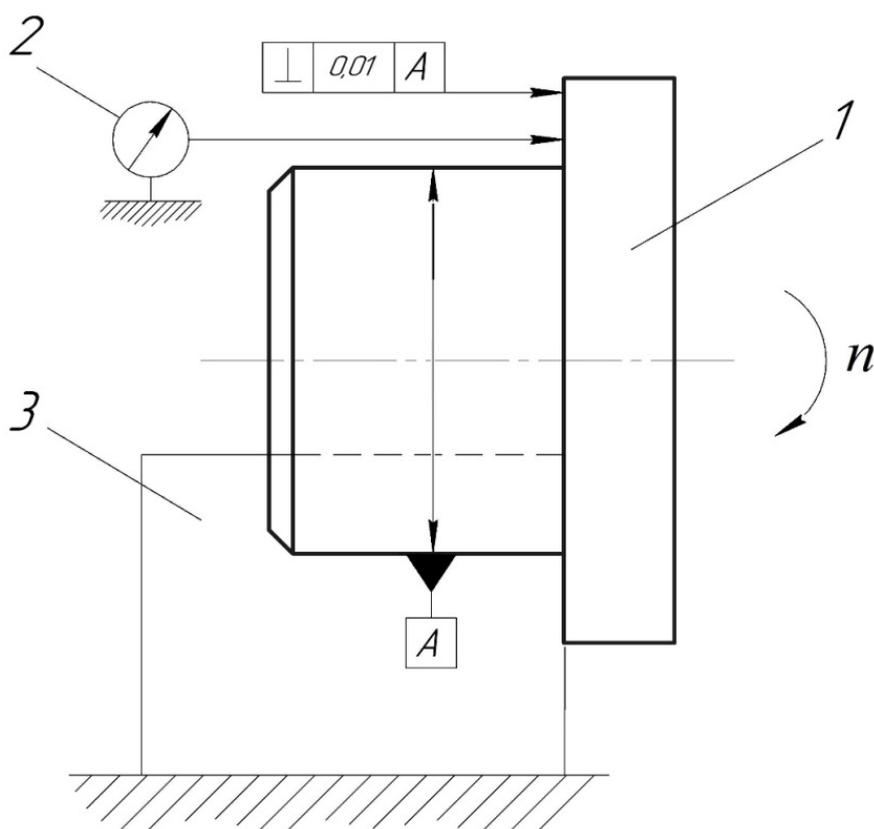


Рис. 31. Схема измерения и обозначения отклонения от перпендикулярности поверхностей:

1 – контролируемая деталь; 2 – индикатор часового типа, установленный на стойке; 3 – равнобокая призма

Радиальное биение

Радиальное биение – это результат совместного проявления отклонения от круглости детали и смещения ее центра относительно базовой оси (рис. 32).

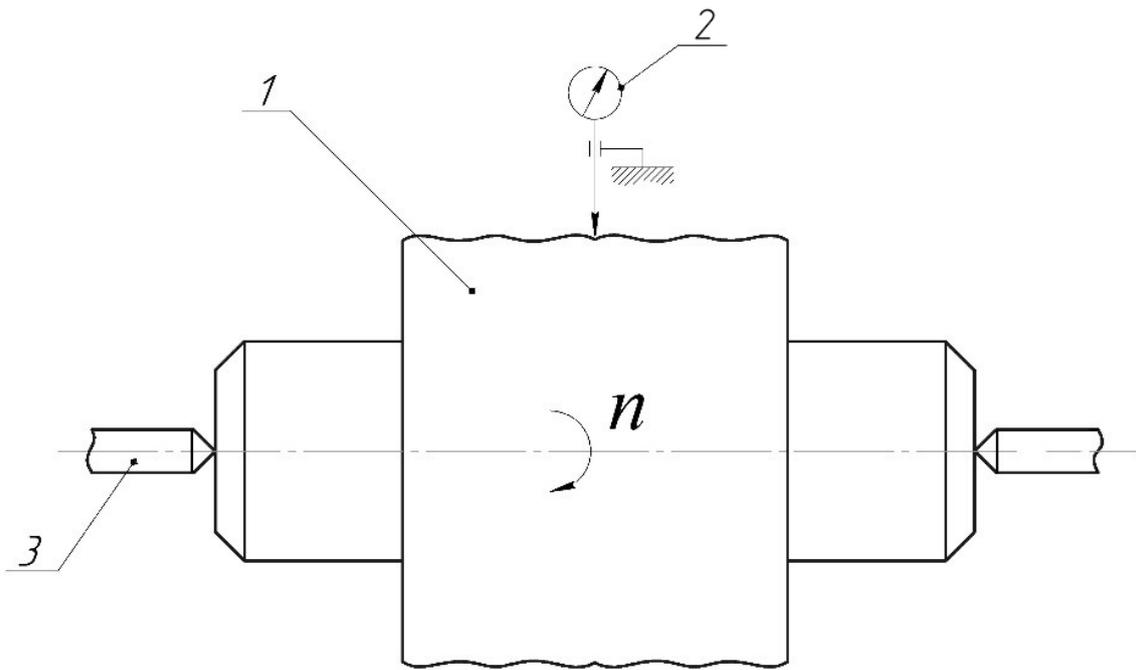


Рис. 32. Схема измерения радиального биения:
 1 – контролируемая деталь; 2 – индикатор часового типа ИЧ-10,
 МИГ-1; 3 – центра

Обозначение на чертеже радиального биения показано на рис. 33.

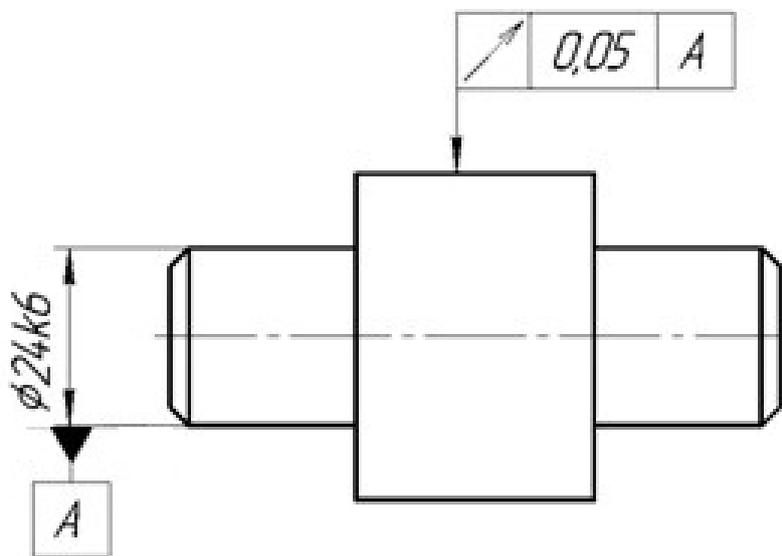


Рис. 33. Обозначение на чертеже радиального биения

Наряду с возникновением радиального биения при изготовлении деталей возможно возникновение торцевого биения, которое можно определить путем измерений (рис. 34).

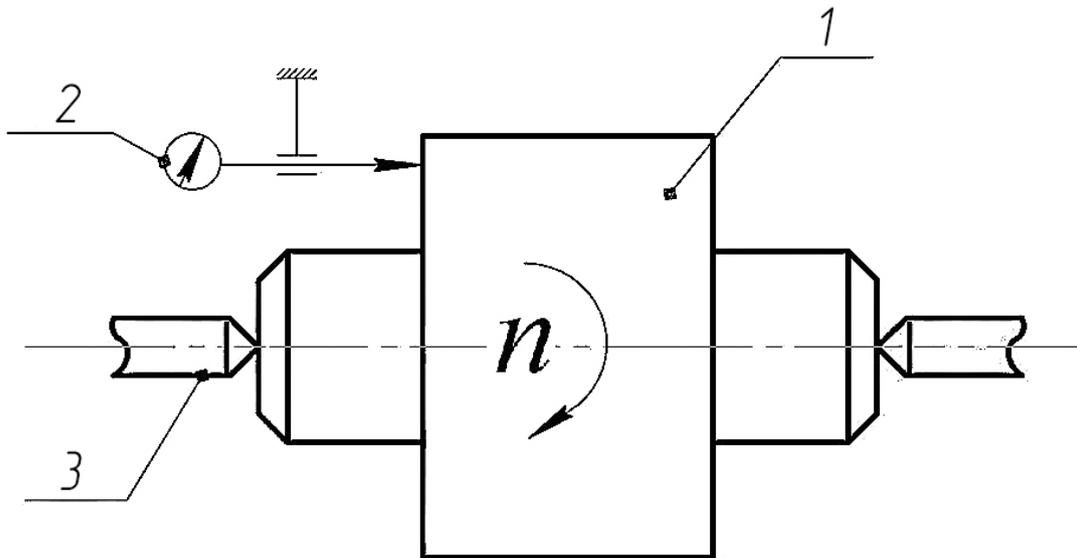


Рис. 34. Схема измерения торцевого биения:
 1 – контролируемая деталь; 2 – индикатор; 3 – центра

Обозначение на чертеже торцевого биения приведено на рис. 35.

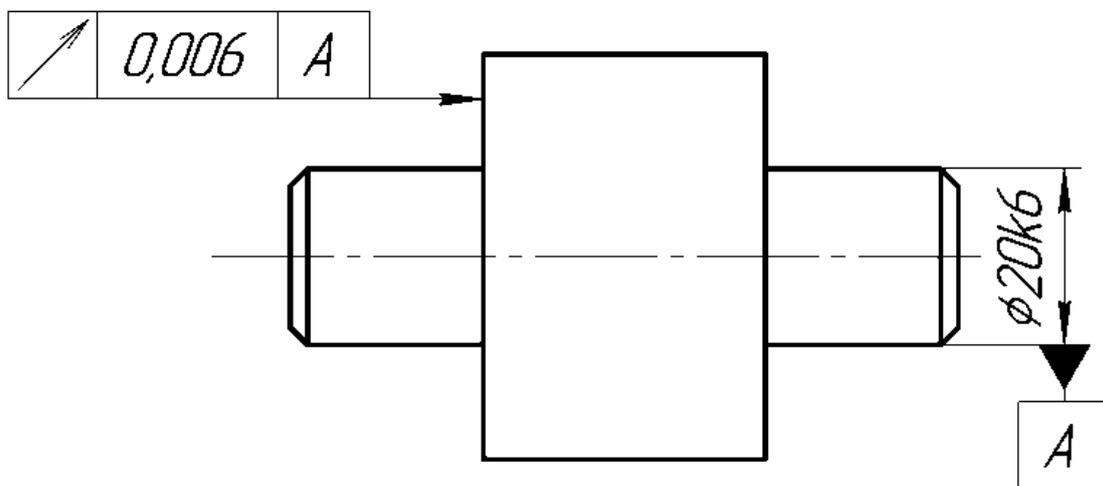


Рис. 35. Обозначение на чертеже торцевого биения

При контроле корпусных деталей иногда возникает необходимость измерения отклонения от перпендикулярности оси изделия относительно базовой поверхности. Данный вид контроля можно осуществить с помощью специальной оправки (рис. 36).

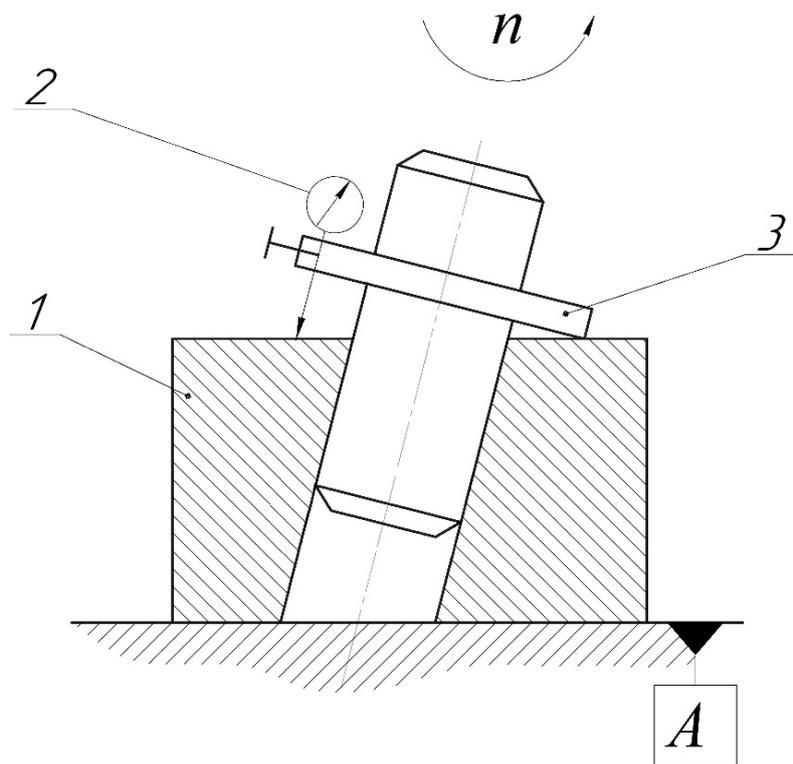


Рис. 36. Схема измерения отклонения от перпендикулярности: 1 – контролируемая деталь; 2 – индикатор часового типа; 3 – специальная оправка

Обозначение на чертеже отклонения от перпендикулярности приведено на рис. 37.

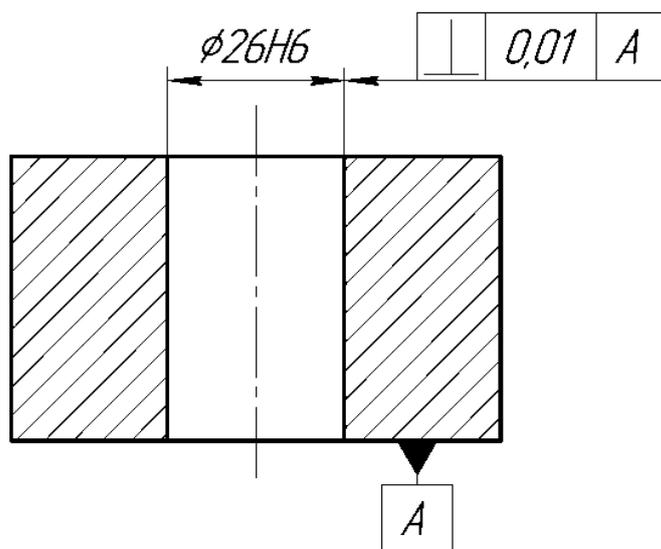


Рис. 37. Обозначение отклонения от перпендикулярности на чертеже

Для контроля отклонений расположения поверхностей изделий, особенно в условиях массового производства, удобно использовать калибры (рис. 38).

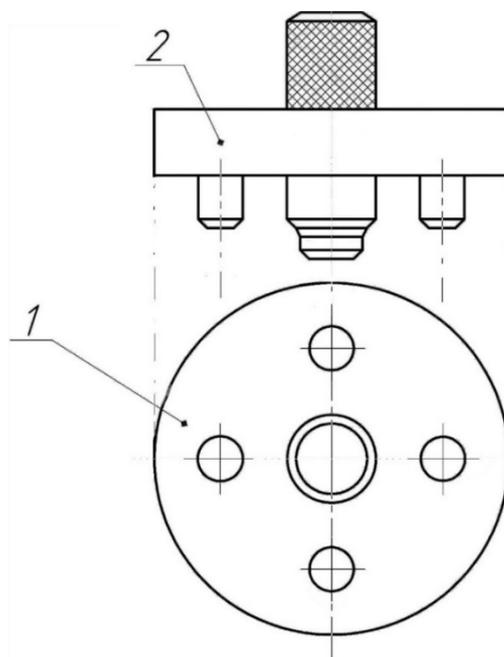


Рис. 38. Схема контроля расположения осей четырех отверстий относительно центрального отверстия: 1 – контролируемая деталь; 2 – специальная измерительная вилка

Глава 14. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

14.1. Термины при оценке качества технической документации

Существуют три термина при оценке качества технической документации.

Дефект – нарушение требования НТД общепринятых норм, положений, рекомендаций. Например, для готовой детали это выход размера за пределы допуска.

Ошибка – нарушение обязательных для исполнения требований, правил и принципов, регламентируемых НТД. Например, нарушение режима термообработки.

Погрешность – это величина отклонения свойств или показателей изделия. Например, увеличение массы станка из-за утолщения стенки станины.

Ошибки, допущенные разработчиком технической документации, можно классифицировать в зависимости от их значимости в группе:

- ошибки, при обнаружении которых документация возвращается без дальнейшего нормоконтроля. Например, отсутствие виз, подписей, небрежное оформление или повреждение документа;

- приводящие к неисправимому браку. Например, ошибки в размерах и допусках, а также при использовании комплектующих изделий, запрещенных к применению;

- вызывающие исправимый брак. Например, отсутствие размеров, ошибки, требующие исправления или возможного введения дополнительных операций (понижение шероховатости);

- вызывающие задержку в производстве. Например, ошибки, имеющие ссылки на устаревшие ГОСТы и на другие НТД;

- требующие соответствующего исправления в документации. Например, нестандартный шрифт, неправильное обозначение выноски на канавку, несоответствие толщины линии, синтаксические и графические ошибки.

По имеющимся статистическим данным вышеперечисленные ошибки составляют 60 – 80 % от их общего числа.

14.2. Требования к нормоконтролерам (в идеале).

Личные качества

1. Нормоконтролер должен обладать техническими знаниями в области конструирования, технологии производства менеджмента.

2. Иметь опыт работы конструктора-технолога или стандартизатора.

3. Хорошо владеть вопросами, связанными с практическим применением НТД и ТД.

4. Обладать достаточной гибкостью восприятия и быстро ориентироваться в малознакомом материале, выясняя его сущность.

5. Иметь достаточное общее развитие, владеть литературным и инженерным языками.

6. Обладать следующими личными качествами:

- склонностью к систематике и порядку;
- принципиальностью и твердостью;
- добросовестностью и инициативностью;
- чувством ответственности и стремлением к достижению цели;
- деловитостью и объективностью;
- умением убеждать;
- чувством такта и педагогическими способностями;
- умением разбираться в людях.

ТЕМЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Цели и задачи метрологической экспертизы и нормоконтроля технической документации.
2. Обязанности и права нормоконтролера.
3. Этапы организации процесса освоения новых изделий.
4. Виды технической документации, подлежащей метрологической экспертизе.
5. Организация труда в службах контроля технической документации.
6. Классификация машиностроительных предприятий.
7. Требования к современным конструкторским разработкам. Автоматизация конструирования.
8. Метрологическая экспертиза технической документации на средства измерения.
9. Единая система конструкторской документации (ЕСКД), единая система технологической документации (ЕСТД).
10. Единая система допусков и посадок (ЕСДП), единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП).
11. Патентно-правовые требования к конструкторским разработкам.
12. Содержание метрологической экспертизы карты эскизов процесса механической обработки.
13. Содержание метрологической экспертизы операционной карты технологического процесса механической обработки.
14. Основные и дополнительные показатели технологичности конструкции изделий.
15. Метрологическая экспертиза заявки и технического задания.
16. Основные виды нормативных документов и соответствующие объекты анализа при метрологической экспертизе.
17. Общие правила отработки конструкции изделий на технологичность.
18. Метрологическая экспертиза типового чертежа заданной детали.
19. Нормоконтроль типового чертежа заданной детали на соответствие нормам точности по чертежу, аналогичному домашнему заданию.

20. Методика выбора параметров микронеровностей в зависимости от допусков размера и формы.
21. Методика выбора средств измерений для контроля параметров деталей типа вал-втулка.
22. Классификация ошибок, допускаемых разработчиком технической документации.
23. Оформление замечаний и предложений нормоконтролера.
24. Оценка качества технической документации.
25. Технологические требования к деталям, подвергающимся термической обработке.
26. Технологические требования к литым деталям.
27. Технологические требования к штампуемым деталям.
28. Технологические требования к деталям, обрабатываемым резанием.
29. Общие правила конструирования типовых деталей.
30. Требования к нормоконтролерам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии приведены классификация предприятий по серийности производства на примере машиностроения и требования к современным конструкторским разработкам; показан порядок проведения метрологической экспертизы и нормоконтроля, описаны правила оформления замечаний и предложений.

Учитывая, что при проведении метрологической экспертизы и нормоконтроля НТД специалист должен обладать широким кругом технических знаний, умений и навыков, в пособии достаточно внимания уделено допускам и посадкам основных деталей машин, а также дальнейшему развитию навыков по правильному чтению конструкторских и технологических чертежей.

В книге изложены сведения по анализу допущенных ошибок и требования к личным качествам нормоконтролеров с учетом специфики рыночной экономики.

Приведенные в пособии материалы отражают вопросы, недостаточно освещенные в учебной литературе, что позволит углубить знания студентов, изучающих дисциплину «Метрологическая экспертиза и нормоконтроль нормативно-технической документации».

Авторы благодарят коллектив кафедры «Управление качеством и техническое регулирование» за высказанные замечания и пожелания, а также инженера кафедры К. В. Сурганову, оказавшую помощь при наборе и оформлении рукописи издания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крайнова, В. Н. Метрологическая экспертиза и нормоконтроль технической документации : учеб.-метод. пособие / В. Н. Кайнова, Е. В. Зимина, В. Г. Кутяйкин ; под ред. В. Н. Кайновой. – СПб. : Лань, 2019. – 500 с. – ISBN 978-5-8114-3482-4.

2. Кудеяров, Ю. А. Метрологическая экспертиза технической документации : учеб. пособие / Ю. А. Кудеяров, Н. Я. Медовикова. – М. : Академия стандартизации, метрологии и сертификации, 2017. – 141 с.

3. Р 50-605-80-93. Рекомендации по стандартизации. Рекомендации. Система разработки и постановки продукции на производство. Термины и определения (утв. Приказом ВНИИСтандарта от 09.07.1993 № 18) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https:// www.consultant.ru](https://www.consultant.ru) (дата обращения: 02.11.2021).

4. РД 52.14.642-2003. Руководящий документ. Текстовые документы. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.11.2021).

5. РД 52.18.28-2014. Руководящий документ. Правила разработки, утверждения, обновления и отмены нормативных документов Росгидромета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.11.2021).

6. Орлов, Ю. А. Учебное пособие по выполнению курсовой работы по дисциплине «Метрологическая экспертиза и нормоконтроль технической документации» / Ю. А. Орлов, Д. Ю. Орлов, Е. В. Арефьев ; под ред. Ю. А. Орлова ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2019. – 124 с. – ISBN 978-5-9984-0936-3.

7. РМГ 63-2003. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений.

Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 04.11.2021).

8. Метрология. Стандартизация. Сертификация. Технические измерения : лаб. практикум / Ю. А. Орлов [и др.] ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2016. – 103 с. – ISBN 978-5-9984-0675-1.

9. Р 50-605-80-93. Рекомендации по стандартизации. Рекомендации. Система разработки и постановки продукции на производство. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.11.2021).

10. Положение о государственной регистрации и учете открытых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ : приказ Министерства науки и технологий РФ № 125 от 17 нояб. 1997 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.11.2021).

11. ПР 1323565.1.002-2018. Правила стандартизации. Правила заполнения и представления каталожных листов продукции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.11.2021).

12. РД 52.18.328-2015. Руководящий документ. Условные наименования приборов гидрометеорологического назначения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.11.2021).

13. РД 52.14.30-87. Методические указания. Внедрение единой системы обозначения изделий и конструкторских документов, классификатора ЕСКД, ведение и совершенствование классификатора ЕСКД [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 02.11.2021).

14. РД 52.18.642-2018. Правила построения, изложения, оформления, обозначения и требования к содержанию текстовых документов назначения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.11.2021).

15. ГОСТ Р 8.563-2009. Национальный стандарт Российской Федерации. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.11.2021).

16. ПР 50.2.009-94. ГСИ. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.11.2021).

17. Метрологическая экспертиза технической документации / Ю. Н. Яковлев [и др.] – М. : Изд-во стандартов, 1992. – 183 с.

18. Балабанов, А. Н. Контроль технической документации / А. Н. Балабанов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во стандартов, 1992. – 312 с.

19. Григорьева, Л. И. Нормоконтроль. Методика и организация / Л. И. Григорьева, М. В. Богданов, И. К. Демидов – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 190 с.

20. Гжиров, Р. И. Краткий справочник конструктора / Р. И. Гжиров. – Л. : Машиностроение, 1984. – 464 с.

21. РМГ 63-2003. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 03.11.2021).

22. ГОСТ 2.111-2013. Межгосударственный стандарт. Единая система конструкторской документации. Нормоконтроль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 03.11.2021).

23. ГОСТ 3.1116-2011. Межгосударственный стандарт. Единая система технологической документации. Нормоконтроль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 03.11.2021).

24. Артемьев, Б. Г. Справочное пособие для работников метрологических служб. В 2 кн. Кн. 1 / Б. Г. Артемьев, С. М. Голубев. – 3-е изд., стер. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 428 с.

25. Артемьев, Б. Г. Справочное пособие для специалистов метрологических служб / Б. Г. Артемьев, Ю. Е. Лукашов – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 648 с. – ISBN 5-7050-0474-5.

26. Григорьева, Л. И. Нормоконтроль. Методика и организация / Л. И. Григорьева, М. В. Богданов, И. К. Демидов. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 190 с.

27. Метрология : учебник / А. А. Брюховец [и др.] ; под общ. ред. С. А. Зайцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ФОРУМ, 2014. – 464 с. – ISBN 978-5-91134-461-0.

28. Савельева, Е. Л. Метрология : учеб. пособие / Е. Л. Савельева, Н. В. Ситников, С. А. Горемыкин. – Воронеж : Воронеж. гос. техн. ун-т ; ЭБС АСВ, 2020. – 95 с. – ISBN 978-5-7731-0893-1. – Электрон. текстовые данные // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/108177.html> (дата обращения: 03.11.2021).

29. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Метрология, стандартизация и управление качеством продукции», «Нормирование точности» / Владим. гос. ун-т ; сост.: Ю. А. Орлов, Е. П. Фадеева ; под ред. А. Г. Сергеева. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2000. – 44 с.

30. МУ 64-02-002-2002. Организация и порядок проведения метрологической экспертизы нормативной документации : метод. указания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 03.11.2021).

31. РД 95 762-91. Руководящий документ. Метрологическая экспертиза конструкторской и технологической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 03.11.2021).

32. МИ 1314-86. Методические указания. Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения метрологической экспертизы технических заданий на разработку средств измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 03.11.2021).

33. Метрологическое обеспечение производства в машиностроении : учебник [Электронный ресурс] / В. А. Тимирязев [и др.]. – М. : ИНФРА-М, 2021. – 259 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – DOI 10.12737/19001. – ISBN 978-5-16-010916-9. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1229453> (дата обращения: 03.11.2021).

34. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация. В 2 ч. Ч. 2. Стандартизация и сертификация [Электронный ресурс] : учеб. для вузов / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2021. – 325 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-03645-9. // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – Режим доступа: <https://www.urait.ru/bcode/470350> (дата обращения: 03.11.2021).

35. Сергеев, А. Г. Метрология: история, современность, перспективы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Г. Сергеев. – М. : Университет. кн. : Логос, 2020. – 384 с. – (Новая университетская библиотека). – ISBN 978-5-98704-554-1. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1214519> (дата обращения: 03.11.2021).

36. Справочник по производственному контролю в машиностроении / под ред. А. К. Кутая. – Л. : Машиностроение, 1974. – 977 с.

37. Технический контроль в машиностроении : справ. проектировщика / под общ. ред. В. Н. Чупырина, Л. Д. Никифорова. – М. : Машиностроение, 1987. – 512 с.

38. Об обеспечении единства измерений : Федер. закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 2008. – № 26. – Ст. 3021.

39. О техническом регулировании : Федер. закон от 01.05.2007 № 65-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 2007. – № 19. – Ст. 2293.

40. Техника измерений и обеспечение качества : справ. кн. : пер. с нем. под ред. Л. М. Закса, С. С. Кивилиса. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 472 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Метрологические характеристики средств измерения

Средство измерений	Условное обозначение	Цена деления шкалы, мкм	Предел измерения, мм	Интервалы измеряемых размеров				
				До 10	10 – 50	50 – 80	80 – 120	120 – 180
				Предельная погрешность СИ Δ , мкм				
Штангенинструмент								
Штангенциркуль (при измерении вала)	ШЦ	0,1	0 – 125	100	150	150	170	190
		0,1	0 – 160	100	150	150	170	190
		0,05	0 – 160	80	80	90	100	100
		0,02	0 – 250	40	40	45	45	45
Штангенциркуль (при измерении отверстий)	ШЦ	0,1	0 – 125	100	150	150	170	190
		0,1	0 – 160	100	150	150	170	190
		0,05	0 – 160	100	80	90	100	100
		0,02	0 – 250	100	40	45	45	45
Микрометрические инструменты								
Микрометры гладкие	МК 0-го кл.	0,01	0 – 25	4,5	5,5	–	–	–
	МК 1-го кл.	0,01	0 – 25 и более	7	8	9	10	12
	МК 2-го кл.	0,01	0 – 25 и более	12	13	14	15	18
Микрометрический глубиномер	МГ 1-го кл.	0,01	0 – 25 и более	14	16	18	22	30
	МГ 2-го кл.	0,01	0 – 25 и более	22	25	30	35	45
Микрометрический нутромер	МН 1-го кл.	0,01	25 – 75 и более	–	–	18	22	30
	МН 2-го кл.	0,01	25 – 75 и более	–	–	20	25	30
Рычажно-механические приборы								
Скоба индикаторная	СИ	0,1	0 – 50 и более	7	7	7,5	7,5	8
Скоба рычажная	СР 0-го кл.	0,002	0 – 25 и более	3	3	3,5	3,5	4
	СР 1-го кл.	0,002	0 – 25 и более	3	3,5	4	4,5	5

Окончание таблицы

Средство измерений	Условное обозначение	Цена деления шкалы, мкм	Предел измерения, мм	Интервалы измеряемых размеров				
				До 10	10 – 50	50 – 80	80 – 120	120 – 180
				Предельная погрешность СИ Δ , мкм				
Микрометры рычажные	МР	0,02	0 – 25	3	4	–	–	–
	МРИ	0,02	100...125	–	–	–	–	5
Нутромер индикаторный с измерит. головкой типа ИГ	НИ	0,001	3 – 6	3	3	–	–	–
			6 – 10	–	–	–	–	–
			10 – 18	–	–	–	–	–
Нутромер индикаторный с измерит. головкой типа 2ИГ	НИ	0,002	18 – 50	3,5	4	4	–	–
Нутромер индикаторный с измерит. головкой типа ИЧ	НИ 0 кл.	0,01	18 – 50	5,5	5,5	–	–	–
	НИ 1 кл.	0,01	18 – 50	8	8	–	–	–
Глубиномер индикаторный с индикатором типа ИЧ	ГИ 0 кл.	0,01		11	11	12	12	13
	ГИ 1 кл.	0,01		16	16	17	17	18

Числовые значения допусков

Интервал номинальных размеров, мм		Квалитет																		
		01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Свыше	До	мкм																		
		0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,10	0,14	0,25	0,40	0,60	1,00
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	0,12	0,18	0,30	0,48	0,75	1,20	1,80
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	0,15	0,22	0,36	0,58	0,90	1,50	2,20
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	0,18	0,27	0,43	0,70	1,10	1,80	2,70
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	0,21	0,33	0,52	0,84	1,30	2,10	3,30
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	0,25	0,39	0,62	1,00	1,60	2,50	3,90
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	0,30	0,46	0,74	1,20	1,90	3,00	4,60
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	0,35	0,54	0,87	1,40	2,20	3,50	5,40
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	0,40	0,63	1,00	1,60	2,50	4,00	6,30
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	0,46	0,72	1,15	1,85	2,90	4,60	7,20
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	0,52	0,81	1,30	2,10	3,20	5,20	8,10
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	0,57	0,89	1,40	2,30	3,60	5,70	8,90
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	0,63	0,97	1,55	2,50	4,00	6,30	9,70
500	630	4,5	6	9	11	16	22	30	44	70	110	175	280	0,70	1,10	1,75	2,80	4,40	7,00	11,00
630	800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125	200	320	0,80	1,25	2,00	3,20	5,00	8,00	12,50
800	1000	5,5	8	11	15	21	29	40	56	90	140	230	360	0,90	1,40	2,30	3,60	5,60	9,00	14,00
1000	1250	6,5	9	13	18	24	34	46	66	105	165	260	420	1,05	1,65	2,60	4,20	6,60	10,50	16,50
1250	1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195	310	500	1,25	1,95	3,10	5,00	7,80	12,50	19,50
1600	2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230	370	600	1,50	2,30	3,70	6,00	9,20	15,00	23,00
2000	2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280	440	700	1,75	2,80	4,40	7,00	11,00	17,50	28,00
2500	3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330	540	860	2,10	3,30	5,40	8,60	13,50	21,00	33,00

Примечание. Для размеров менее 1 мм квалитеты от 14-го до 18-го не применяются.

Формулы для расчета допусков

Квалитеты	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Число единиц допуска k	-	-	-	2,7	3,7	5	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500
Значение допуска для номинальных размеров, мкм	до 500 мм	0,3 + 0,008D	0,5 + 0,012D	0,8 + 0,020D	$k \cdot i$, где $i = 0,45 \sqrt[3]{D} + 0,001D$															
	свыше 500 мм до 3150 мм	1x1	$\sqrt{2} \cdot 1$	2x1																
$k \cdot I$, где $I = 0,004D + 2,1$																				

Примечания:

1. D – среднее геометрическое из крайних значений каждого интервала номинальных размеров, мм. Для интервала до 3 мм принимается $D = \sqrt{3}$.
2. Значения k , начиная с квалитета 5, приблизительно соответствуют геометрической прогрессии с коэффициентом 1,6.
3. Значения допусков для квалитетов 2, 3 и 4 приблизительно являются членами геометрической прогрессии, первым и последним членами которой выступают значения допусков квалитетов 1 и 5.
4. Начиная с квалитета 6, значение допуска умножают на 10 при переходе с данного квалитета на пять квалитетов грубее (за исключением значения 7,5, округляемого до 8 для 6-го квалитета в интервале размеров от 3 до 6 мм. Это правило действительно и для допусков грубее квалитета 18.
Например, IT20 = IT15 · 10.

Поля допусков валов при номинальных размерах от 1 до 500 мм

Квалитет	Основные отклонения																					
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	
01								h01*	js01*													
0								h0*	js0*													
1								h1*	js1*													
2								h2*	js2*													
3								h3*	js3*													
4							g4	h4*	js4*	k4	m4	n4										
5							g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5							
6						f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6						
7					e7	f7		h7	js7	k7	m7	n7			s7		u7					
8			c8	d8	e8	f8		h8	js8								u8	x8				z8
9				d9	e9	f9		h9	js9*													
10				d10				h10	js10*													
11	a11	b11	c11	d11				h11	js11*													
12		b12						h12	js12*													
13								h13*	js13*													
14								h14*	js14*													
15								h15*	js15*													
16								h16*	js16*													
17								h17*	js17*													
18								h18*	JS18*													

Примечания:

1. Поля допусков, обозначение которых отмечено знаком*, как правило, не предназначены для посадок.
2. Обозначения предпочтительных полей допусков заключены в утолщенную рамку.

Поля допусков отверстий при номинальных размерах от 1 до 500 мм

Ква- литет	Основные отклонения																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	JS	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
01								H01*	JS01*												
0								H0*	JS0*												
1								H1*	JS1*												
2								H2*	JS2*												
3								H3*	JS3*												
4								H4*	JS4*												
5							G5	H5	JS5	K5	M5	N5									
6							G6	H6	JS6	K6	M6	N6	P6								
7						F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7					
8				D8	E8	F8		H8	JS8	K8	M8	N8					U8				
9				D9	E9	F9		H9	JS9*												
10				D10				H10	JS10*												
11	A11	B11	C11	D11				H11	JS11*												
12		B12						H12	JS12*												
13								H13*	JS13*												
14								H14*	JS14*												
15								H15*	JS15*												
16								H16*	JS16*												
17								H17*	JS17*												
18								H18*	JS18*												

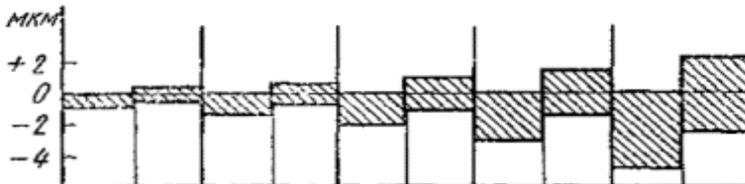
Примечания:

1. Поля допусков, обозначение которых отмечено знаком*, как правило, не предназначены для посадок.
2. Обозначения предпочтительных полей допусков заключены в углошпенную рамку.

Приложение 6

Поля допусков отверстий при номинальных размерах от 1 до 500 мм. Предельные отклонения

Квалитеты от 01 до 3



Интервал размеров, мм	Поля допусков									
	$h01^*$	j_s01^*	$h0^*$	j_s0^*	$h1^*$	j_s1^*	$h2^*$	j_s2^*	$h3^*$	j_s3^*
	Предельные отклонения, МКМ									
От 1 до 3	0 -0,3	+0,15 -0,15	0 -0,5	+0,75 -0,25	0 -0,8	+0,40 -0,40	0 -1,2	+0,60 -0,60	0 -2,0	+1,00 -1,00
Свыше 3 до 6	0 -0,4	+0,20 -0,20	0 -0,6	+0,30 -0,30	0 -1,0	+0,50 -0,50	0 -1,5	+0,75 -0,75	0 -2,5	+1,25 -1,25
Свыше 6 до 10	0 -0,4	+0,20 -0,20	0 -0,6	+0,30 -0,30	0 -1,0	+0,50 -0,50	0 -1,5	+0,75 -0,75	0 -2,5	+1,25 -1,25
Свыше 10 до 14	0 -0,5	+0,25 -0,25	0 -0,8	+0,40 -0,40	0 -1,2	+0,60 -0,60	0 -2,0	+1,00 -1,00	0 -3,0	+1,50 -1,50
Свыше 14 до 18	0 -0,6	+0,30 -0,30	0 -1,0	+0,50 -0,50	0 -1,5	+0,75 -0,75	0 -2,5	+1,25 -1,25	0 -4,0	+2,00 -2,00
Свыше 18 до 24	0 -0,6	+0,30 -0,30	0 -1,0	+0,50 -0,50	0 -1,5	+0,75 -0,75	0 -2,5	+1,25 -1,25	0 -4,0	+2,00 -2,00
Свыше 24 до 30	0 -0,6	+0,30 -0,30	0 -1,0	+0,50 -0,50	0 -1,5	+0,75 -0,75	0 -2,5	+1,25 -1,25	0 -4,0	+2,00 -2,00
Свыше 30 до 40	0 -0,6	+0,30 -0,30	0 -1,0	+0,50 -0,50	0 -1,5	+0,75 -0,75	0 -2,5	+1,25 -1,25	0 -4,0	+2,00 -2,00
Свыше 40 до 50	0 -0,6	+0,30 -0,30	0 -1,0	+0,50 -0,50	0 -1,5	+0,75 -0,75	0 -2,5	+1,25 -1,25	0 -4,0	+2,00 -2,00
Свыше 50 до 65	0 -0,8	+0,40 -0,40	0 -1,2	+0,60 -0,60	0 -2,0	+1,00 -1,00	0 -3,0	+1,50 -1,50	0 -5,0	+2,50 -2,50
Свыше 65 до 80	0 -0,8	+0,40 -0,40	0 -1,2	+0,60 -0,60	0 -2,0	+1,00 -1,00	0 -3,0	+1,50 -1,50	0 -5,0	+2,50 -2,50
Свыше 80 до 100	0 -1,0	+0,50 -0,50	0 -1,5	+0,75 -0,75	0 -2,5	+1,25 -1,25	0 -4,0	+2,00 -2,00	0 -6,0	+3,00 -3,00
Свыше 100 до 120	0 -1,0	+0,50 -0,50	0 -1,5	+0,75 -0,75	0 -2,5	+1,25 -1,25	0 -4,0	+2,00 -2,00	0 -6,0	+3,00 -3,00
Свыше 120 до 140	0 -1,2	+0,60 -0,60	0 -2,0	+1,00 -1,00	0 -3,5	+1,75 -1,75	0 -5,0	+2,50 -2,50	0 -8,0	+4,00 -4,00
Свыше 140 до 160	0 -1,2	+0,60 -0,60	0 -2,0	+1,00 -1,00	0 -3,5	+1,75 -1,75	0 -5,0	+2,50 -2,50	0 -8,0	+4,00 -4,00
Свыше 160 до 180	0 -1,2	+0,60 -0,60	0 -2,0	+1,00 -1,00	0 -3,5	+1,75 -1,75	0 -5,0	+2,50 -2,50	0 -8,0	+4,00 -4,00
Свыше 180 до 200	0 -2,0	+1,00 -1,00	0 -3,0	+1,50 -1,50	0 -4,5	+2,25 -2,25	0 -7,0	+3,50 -3,50	0 -10,0	+5,00 -5,00
Свыше 200 до 225	0 -2,0	+1,00 -1,00	0 -3,0	+1,50 -1,50	0 -4,5	+2,25 -2,25	0 -7,0	+3,50 -3,50	0 -10,0	+5,00 -5,00
Свыше 225 до 250	0 -2,5	+1,25 -1,25	0 -4,0	+2,00 -2,00	0 -6,0	+3,00 -3,00	0 -8,0	+4,00 -4,00	0 -12,0	+6,00 -6,00
Свыше 250 до 280	0 -2,5	+1,25 -1,25	0 -4,0	+2,00 -2,00	0 -6,0	+3,00 -3,00	0 -8,0	+4,00 -4,00	0 -12,0	+6,00 -6,00
Свыше 280 до 315	0 -3,0	+1,50 -1,50	0 -5,0	+2,50 -2,50	0 -7,0	+3,50 -3,50	0 -9,0	+4,50 -4,50	0 -13,0	+6,50 -6,50
Свыше 315 до 355	0 -3,0	+1,50 -1,50	0 -5,0	+2,50 -2,50	0 -7,0	+3,50 -3,50	0 -9,0	+4,50 -4,50	0 -13,0	+6,50 -6,50
Свыше 355 до 400	0 -4,0	+2,00 -2,00	0 -6,0	+3,00 -3,00	0 -8,0	+4,00 -4,00	0 -10,0	+5,00 -5,00	0 -15,0	+7,50 -7,50
Свыше 400 до 450	0 -4,0	+2,00 -2,00	0 -6,0	+3,00 -3,00	0 -8,0	+4,00 -4,00	0 -10,0	+5,00 -5,00	0 -15,0	+7,50 -7,50
Свыше 450 до 500	0 -4,0	+2,00 -2,00	0 -6,0	+3,00 -3,00	0 -8,0	+4,00 -4,00	0 -10,0	+5,00 -5,00	0 -15,0	+7,50 -7,50

Квалитеты 4 и 5

Интервал размеров, мм	Поля допусков														
	g4	h4	js4	k4	m4	n4	g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5
	Предельные отклонения, мкм														
От 1 до 3	-2 -5	0 -3	+1,5 -1,5	+3 0	+5 +2	+7 +4	-2 -6	0 -4	+2,0 -2,0	+4 0	+6 +2	+8 +4	+10 +6	+14 +10	+18 +14
Свыше 3 до 6	-4 -8	0 -4	+2,0 -2,0	+5 +1	+8 +4	+12 +8	-4 -9	0 -5	+2,5 -2,5	+6 +1	+9 +4	+13 +8	+17 +12	+20 +15	+24 +19
Свыше 6 до 10	-5 -9	0 -4	+2,0 -2,0	+5 +1	+10 +6	+14 +10	-5 -11	0 -6	+3,0 -3,0	+7 +1	+12 +6	+16 +10	+21 +15	+25 +19	+29 +23
Свыше 10 до 14	-6	0	+2,5	+6	+12	+17	-6	0	+4,0	+9	+15	+20	+26	+31	+36
Свыше 14 до 18	-11	-5	-2,5	+1	+7	+12	-14	-8	-4,0	+1	+7	+12	+18	+23	+28
Свыше 18 до 24	-7	0	+3,0	+8	+14	+21	-7	0	+4,5	+11	+17	+24	+31	+37	+44
Свыше 24 до 30	-13	-6	-3,0	+2	+8	+15	-16	-9	-4,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35
Свыше 30 до 40	-9	0	+3,5	+9	+16	+24	-9	0	+5,5	+13	+20	+28	+37	+45	+54
Свыше 40 до 50	-16	-7	-3,5	+2	+9	+17	-20	-11	-5,5	+2	+9	+17	+26	+34	+43
Свыше 50 до 65	-10	0	+4,0	+10	+19	+28	-10	0	+6,5	+15	+24	+33	+45	+54	+66
Свыше 65 до 80	-18	-8	-4,0	+2	+11	+20	-23	-13	-6,5	+2	+11	+20	+32	+41	+53
Свыше 80 до 100	-12	0	+5,0	+13	+23	+33	-12	0	+7,5	+18	+28	+38	+52	+66	+86
Свыше 100 до 120	-22	-10	-5,0	+3	+13	+23	-27	-15	-7,5	+3	+13	+23	+37	+51	+71
Свыше 120 до 140														+81	+110
Свыше 140 до 160	-14 -26	0 -12	+6,0 -6,0	+15 +3	+27 +15	+39 +27	-14 -32	0 -18	+9,0 -9,0	+21 +3	+33 +15	+45 +27	+61 +43	+83 +65	+118 +100
Свыше 160 до 180														+85	+126
Свыше 180 до 200														+97	+142
Свыше 200 до 225	-15 -29	0 -14	+7,0 -7,0	+18 +4	+31 +17	+45 +31	-15 -35	0 -20	+10,0 -10,0	+24 +4	+37 +17	+51 +31	+70 +50	+100	+150
Свыше 225 до 250														+80	+130
Свыше 250 до 280														+104	+150
Свыше 280 до 315														+84	+140
Свыше 315 до 355														+97	+142
Свыше 355 до 400	-17 -33	0 -15	+8,0 -8,0	+20 +4	+36 +20	+50 +34	-17 -40	0 -23	+11,5 -11,5	+27 +4	+43 +20	+57 +34	+79 +56	+117	+181
Свыше 400 до 450														+94	+158
Свыше 450 до 500														+121	+193
														+98	+170
														+133	+216
														+108	+190
														+139	+233
														+114	+208
														+153	+259
														+126	+232
														+159	+279
														+132	+252

Квалитет 6

Интервал размеров, мм	Поля допусков										
	f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6
	Предельные отклонения, МКМ										
От 1 до 3	-6 -17	-2 -8	0 -6	+3,0 -3,0	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	-
Свыше 3 до 6	-10 -18	-4 -12	0 -8	+4,0 -4,0	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	-
Свыше 6 до 10	-13 -22	-5 -14	0 -9	+4,5 -4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	-
Свыше 10 до 14	-16 -27	-6 -17	0 -11	+5,5 -5,5	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	-
Свыше 14 до 18	-20 -33	-7 -20	0 -13	+6,5 -6,5	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	-
Свыше 18 до 24	-25 -41	-9 -25	0 -16	+8,0 -8,0	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	-
Свыше 24 до 30	-30 -49	-10 -29	0 -19	+9,5 -9,5	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41	+72 +53	+85 +66
Свыше 30 до 40	-36 -58	-12 -34	0 -22	+11,0 -11,0	+25 +3	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+73 +51	+93 +71	+113 +91
Свыше 40 до 50	-43 -68	-14 -39	0 -25	+12,5 -12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+90 +65	+125 +100	+159 +134
Свыше 50 до 65	-50 -79	-15 -44	0 -29	+14,5 -14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+106 +77	+151 +122	+195 +166
Свыше 65 до 80	-56 -88	-17 -49	0 -32	+16,0 -16,0	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+126 +94	+190 +158	+250 +218
Свыше 80 до 100	-60 -90	-18 -54	0 -36	+18,0 -18,0	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+144 +108	+226 +190	+304 +268
Свыше 100 до 120	-68 -108	-20 -60	0 -40	+20,0 -20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+166 +126	+272 +232	+370 +330
Свыше 120 до 140	-79	-44	-29	-14,5	+4	+17	+31	+50	+80	+130	+180
Свыше 140 до 160	-88	-49	-32	-16,0	+4	+20	+34	+56	+98	+170	+240
Свыше 160 до 180	-90	-54	-36	-18,0	+4	+21	+37	+62	+114	+208	+294
Свыше 180 до 200	-90	-54	-36	-18,0	+4	+21	+37	+62	+114	+208	+294
Свыше 200 до 225	-108	-60	-40	-20,0	+5	+23	+40	+68	+132	+252	+360
Свыше 225 до 250	-108	-60	-40	-20,0	+5	+23	+40	+68	+132	+252	+360
Свыше 250 до 280	-108	-60	-40	-20,0	+5	+23	+40	+68	+132	+252	+360
Свыше 280 до 315	-108	-60	-40	-20,0	+5	+23	+40	+68	+132	+252	+360
Свыше 315 до 355	-108	-60	-40	-20,0	+5	+23	+40	+68	+132	+252	+360
Свыше 355 до 400	-108	-60	-40	-20,0	+5	+23	+40	+68	+132	+252	+360
Свыше 400 до 450	-108	-60	-40	-20,0	+5	+23	+40	+68	+132	+252	+360
Свыше 450 до 500	-108	-60	-40	-20,0	+5	+23	+40	+68	+132	+252	+360

Квалитет 7

Интервал размеров, мм	Поля допусков								
	e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	s7	u7
	Предельные отклонения, МКМ								
от 1 до 3	-14 -24	-6 -16	0 -10	+5 -5	+10 0	—	+14 +4	+24 +14	+28 +18
Свыше 3 до 6	-20 -32	-10 -22	0 -12	+6 -6	+13 +1	+16 +4	+20 +8	+31 +19	+35 +23
Свыше 6 до 10	-25 -40	-15 -28	0 -15	+7 -7	+16 +1	+21 +6	+25 +10	+38 +23	+43 +28
Свыше 10 до 14	-32	-16	0	+9	+19	+25	+30	+46	+51
Свыше 14 до 18	-50	-34	-18	-9	+1	+7	+12	+28	+33
Свыше 18 до 24	-40	-20	0	+10	+23	+29	+36	+56	+62 +41
Свыше 24 до 30	-61	-41	-21	-10	+2	+8	+15	+35	+69 +48
Свыше 30 до 40	-50	-25	0	+12	+27	+34	+42	+68	+85 +60
Свыше 40 до 50	-75	-50	-25	-12	+2	+9	+17	+43	+95 +70
Свыше 50 до 65	-60	-30	0	+15	+32	+41	+50	+83 +53	+117 +87
Свыше 65 до 80	-90	-60	-30	-15	+2	+11	+20	+89 +59	+132 +102
Свыше 80 до 100	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106 +71	+159 +124
Свыше 100 до 120	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+114 +79	+179 +144
Свыше 120 до 140								+132 +92	+210 +170
Свыше 140 до 160	-85 -125	-43 -83	0 -40	+20 -20	+43 +3	+55 +15	+67 +27	+140 +100	+230 +190
Свыше 160 до 180								+148 +108	+250 +210
Свыше 180 до 200								+168 +122	+282 +236
Свыше 200 до 225	-100 -146	-50 -96	0 -46	+23 -23	+50 +4	+63 +17	+77 +31	+176 +130	+304 +258
Свыше 225 до 250								+186 +140	+330 +284
Свыше 250 до 280	-110	-56	0	+26	+56	+72	+86	+210 +158	+367 +315
Свыше 280 до 315	-162	-108	-52	-26	+4	+20	+34	+222 +170	+402 +350
Свыше 315 до 355	-125	-62	0	+28	+61	+78	+94	+247 +190	+447 +390
Свыше 355 до 400	-182	-119	-57	-28	+4	+21	+37	+265 +208	+492 +435
Свыше 400 до 450	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+295 +232	+553 +490
Свыше 450 до 500	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+315 +252	+603 +540

Квалитеты 8 и 9

Интервал размеров, мм	Поля допусков													
	с8	d8	e8	f8	h8	j _s 8*	и8	х8	z8	d9	e9	f9	h9	J _s 9*
	Предельные отклонения, мкм													
От 1 до 3	-60 -74	-20 -34	-14 -28	-6 -20	0 -14	+7 -7	+32 +18	+34 +20	+40 +26	-20 -45	-14 -39	-6 -31	0 -25	+12 -12
Свыше 3 до 6	-70 -88	-30 -48	-20 -38	-10 -26	0 -18	+9 -9	+41 +23	+46 +28	+53 +35	-30 -60	-20 -50	-10 -40	0 -30	+15 -15
Свыше 6 до 10	-80 -102	-40 -62	-25 -47	-13 -35	0 -22	+11 -11	+50 +28	+56 +34	+64 +42	-40 -76	-25 -61	-13 -49	0 -36	+18 -18
Свыше 10 до 14	-95	-50	-32	-16	0	+13	+60	+67 +40	+77 +50	-50	-32	-16	0	+21
Свыше 14 до 18	-122	-77	-59	-43	-27	-13	+33	+72 +45	+87 +60	-93	-75	-59	-43	-21
Свыше 18 до 24	-110	-65	-40	-20	0	+16	+74 +41	+87 +54	+106 +73	-65	-40	-20	0	+26
Свыше 24 до 30	-143	-98	-73	-53	-33	-16	+81 +48	+97 +64	+121 +88	-117	-92	-72	-52	-26
Свыше 30 до 40	-120 -153	-80	-50	-25	0	+19	+99 +60	+119 +80	+151 +112	-80	-50	-25	0	+31
Свыше 40 до 50	-130 -169	-119	-89	-64	-39	-19	+109 +70	+136 +97	+175 +136	-142	-112	-87	-62	-31
Свыше 50 до 65	-140 -186	-100	-60	-30	0	+23	+133 +87	+168 +122	+216 +172	-100	-60	-30	0	+37
Свыше 65 до 80	-150 -196	-146	-105	-76	-46	-23	+148 +102	+192 +146	+256 +210	-174	-134	-104	-74	-37
Свыше 80 до 100	-170 -224	-120	-72	-36	0	+27	+178 +124	+232 +178	+312 +258	-120	-72	-36	0	+43
Свыше 100 до 120	-180 -234	-174	-126	-90	-54	-27	+198 +144	+264 +210	+354 +310	-207	-159	-123	-87	-43
Свыше 120 до 140	-200 -263						+233 +170	+311 +248	+428 +365					
Свыше 140 до 160	-210 -273	145 -202	-85 -148	-43 -106	0 -63	+31 -31	+253 +190	+343 +280	+478 +415	-145	-85	-43	0	+50 -50
Свыше 160 до 180	-230 -293						+273 +210	+373 +310	+528 +465					
Свыше 180 до 200	-240 -312						+308 +236	+422 +350	+592 +520					
Свыше 200 до 225	-250 -332	-170 -242	-100 -172	-50 -122	0 -72	+36 -36	+330 +253	+457 +385	+647 +575	-170	-100	-50	0	+57 -57
Свыше 225 до 250	-280 -352						+356 +284	+497 +425	+712 +640					
Свыше 250 до 280	-300 -381	-190	-110	-56	0	+40	+396 +315	+556 +475	+791 +710	-190	-110	-56	0	+65 -65
Свыше 280 до 315	-330 -411	-271	-191	-137	-81	-40	+431 +350	+606 +525	+871 +790	-320	-240	-186	-130	
Свыше 315 до 355	-360 -449	-210	-125	-62	0	+44	+479 +390	+679 +590	+980 +900	-270	-125	-62	0	+70 -70
Свыше 355 до 450	-400 -489	-299	-214	-151	-89	-44	+524 +435	+749 +660	+1089 +1020	-350	-265	-202	-140	
Свыше 450 до 500	-440 -537	-230	-130	-63	0	+48	+587 +490	+837 +740	+1197 +1100	-230	-135	-68	0	+77 -77
Свыше 500 до 500	-480 -577	-327	-232	-165	-97	-48	+637 +540	+917 +820	+1347 +1250	-385	-290	-223	-155	

Квалитеты от 10 до 12

Интервал размеров, мм	Поля допусков											
	d_{10}	h_{10}	$j_s 10^*$	a_{11}	b_{11}	c_{11}	d_{11}	h_{11}	$j_s 11^*$	b_{12}	h_{12}	$j_s 12^*$
	Предельные отклонения, мкм											
От 1 до 3	-20 -60	0 -40	+20 -20	-270 -330	-140 -200	-60 -120	-20 -80	0 -60	+30 -30	-140 -240	0 -100	+50 -50
Свыше 3 до 6	-30 -78	0 -48	+24 -24	-270 -345	-140 -215	-70 -145	-30 -105	0 -75	+37 -37	-140 -260	0 -120	+60 -60
Свыше 6 до 10	-40 -98	0 -58	+29 -29	-280 -370	-150 -240	-80 -170	-40 -130	0 -90	+45 -45	-150 -300	0 -150	+75 -75
Свыше 10 до 14	-50	0	+35	-290	-160	-95	-50	0	+55	-150	0	+90
Свыше 14 до 18	-120	-70	-35	-400	-260	-205	-160	-110	-55	-330	-180	-90
Свыше 18 до 24	-65	0	+42	-300	-160	-110	-65	0	+65	-160	0	+105
Свыше 24 до 30	-149	-84	-42	-430	-290	-240	-195	-130	-65	-370	-210	-105
Свыше 30 до 40	-80	0	+50	-310 -470	-170 -330	-120 -280	-80	0	+80	-170 -420	0	+125
Свыше 40 до 50	-180	-100	-50	-320 -480	-180 -340	-130 -290	-240	-160	-80	-180 -430	-250	-125
Свыше 50 до 65	-100	0	+60	-340 -530	-190 -380	-140 -350	-100	0	+95	-190 -490	0	+150
Свыше 65 до 80	-220	-120	-60	-360 -550	-200 -390	-150 -340	-290	-190	-95	-200 -500	-300	-150
Свыше 80 до 100	-120	0	+70	-380 -600	-220 -440	-170 -390	-120	0	+110	-220 -570	0	+175
Свыше 100 до 120	-260	-140	-70	-410 -630	-240 -460	-180 -400	-340	-220	-110	-240 -590	-350	-175
Свыше 120 до 140				-460 -710	-260 -510	-200 -450				-260 -660		
Свыше 140 до 160	-145 -305	0 -160	+80 -80	-520 -770	-280 -530	-210 -460	-145	0	+125	-280 -680	0	+200
Свыше 160 до 180				-580 -830	-310 -560	-230 -480				-310 -710		
Свыше 180 до 200				-660 -950	-340 -630	-240 -530				-340 -800		
Свыше 200 до 225	-170 -355	0 -185	+92 -92	-740 -1030	-380 -670	-260 -550	-170	0	+145	-380 -840	0	+230
Свыше 225 до 250				-820 -1110	-420 -710	-280 -570				-420 -880		
Свыше 250 до 280	-190	0	+105	-920 -1240	-480 -800	-300 -620	-190	0	+160	-480 -1000	0	+260
Свыше 280 до 315	-400	-210	-105	-1050 -1370	-540 -860	-330 -650	-510	-320	-160	-540 -1060	-520	-260
Свыше 315 до 355				-1200 -1560	-600 -960	-360 -720				-600 -1170		
Свыше 355 до 400	-210 -440	0 -230	+115 -115	-1350 -1710	-680 -1040	-400 -760	-570	-360	-180	-680 -1250	-570	-285
Свыше 400 до 450				-1500 -1900	-760 -1160	-440 -840				-760 -1390		
Свыше 450 до 500	-230 -480	0 -250	+125 -125	-1650 -2050	-840 -1240	-480 -880	-630	-400	-200	-840 -1470	-630	-315

Квалитеты от 13 до 18.

Интервал размеров, мм	Поля допусков																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	h_{13}^*	j_{s13}^*	h_{14}^*	j_{s14}^*	h_{15}^*	j_{s15}^*	h_{16}^*	j_{s16}^*	h_{17}^*	j_{s17}^*	h_{18}^*	j_{s18}^*																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	Предельные отклонения, мкм																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
От 1 до 3	0	+70	0	+125	0	+200	0	+300	0	+500				-140	-70	-250	-125	-400	-200	-600	-300	-1000	-500			Свыше 3 до 6	0	+90	0	+150	0	+240	0	+375	0	+600	0	+900		-180	-90	-300	-150	-480	-240	-750	-375	-1200	-600	-1800	-900	Свыше 6 до 10	0	+110	0	+180	0	+290	0	+450	0	+750	0	+1100		-220	-110	-360	-180	-580	-290	-900	-450	-1500	-750	-2200	-1100	Свыше 10 до 14	0	+135	0	+215	0	+350	0	+550	0	+900	0	+1350	Свыше 14 до 18	-270	-135	-430	-215	-700	-350	-1100	-550	-1800	-900	-2700	-1350	Свыше 18 до 24	0	+165	0	+260	0	+420	0	+650	0	+1050	0	+1650	Свыше 24 до 30	-330	-165	-520	-260	-840	-420	-1300	-650	-2100	-1050	-3300	-1650	Свыше 30 до 40	0	+195	0	+310	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+1950	Свыше 40 до 50	-390	-195	-620	-310	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-3900	-1950	Свыше 50 до 65	0	+230	0	+370	0	+600	0	+950	0	+1500	0	+2300	Свыше 65 до 80	-460	-230	-740	-370	-1200	-600	-1900	-950	-3000	-1500	-4600	-2300	Свыше 80 до 100	0	+270	0	+435	0	+700	0	+1100	0	+1750	0	+2700	Свыше 100 до 120	-540	-270	-870	-435	-1400	-700	-2200	-1100	-3500	-1750	-5400	-2700	Свыше 120 до 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000	0	+3150	Свыше 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850
	-140	-70	-250	-125	-400	-200	-600	-300	-1000	-500			Свыше 3 до 6	0	+90	0	+150	0	+240	0	+375	0	+600	0	+900		-180	-90	-300	-150	-480	-240	-750	-375	-1200	-600	-1800	-900	Свыше 6 до 10	0	+110	0	+180	0	+290	0	+450	0	+750	0	+1100		-220	-110	-360	-180	-580	-290	-900	-450	-1500	-750	-2200	-1100	Свыше 10 до 14	0	+135	0	+215	0	+350	0	+550	0	+900	0	+1350	Свыше 14 до 18	-270	-135	-430	-215	-700	-350	-1100	-550	-1800	-900	-2700	-1350	Свыше 18 до 24	0	+165	0	+260	0	+420	0	+650	0	+1050	0	+1650	Свыше 24 до 30	-330	-165	-520	-260	-840	-420	-1300	-650	-2100	-1050	-3300	-1650	Свыше 30 до 40	0	+195	0	+310	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+1950	Свыше 40 до 50	-390	-195	-620	-310	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-3900	-1950	Свыше 50 до 65	0	+230	0	+370	0	+600	0	+950	0	+1500	0	+2300	Свыше 65 до 80	-460	-230	-740	-370	-1200	-600	-1900	-950	-3000	-1500	-4600	-2300	Свыше 80 до 100	0	+270	0	+435	0	+700	0	+1100	0	+1750	0	+2700	Свыше 100 до 120	-540	-270	-870	-435	-1400	-700	-2200	-1100	-3500	-1750	-5400	-2700	Свыше 120 до 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000	0	+3150	Свыше 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850													
Свыше 3 до 6	0	+90	0	+150	0	+240	0	+375	0	+600	0	+900		-180	-90	-300	-150	-480	-240	-750	-375	-1200	-600	-1800	-900	Свыше 6 до 10	0	+110	0	+180	0	+290	0	+450	0	+750	0	+1100		-220	-110	-360	-180	-580	-290	-900	-450	-1500	-750	-2200	-1100	Свыше 10 до 14	0	+135	0	+215	0	+350	0	+550	0	+900	0	+1350	Свыше 14 до 18	-270	-135	-430	-215	-700	-350	-1100	-550	-1800	-900	-2700	-1350	Свыше 18 до 24	0	+165	0	+260	0	+420	0	+650	0	+1050	0	+1650	Свыше 24 до 30	-330	-165	-520	-260	-840	-420	-1300	-650	-2100	-1050	-3300	-1650	Свыше 30 до 40	0	+195	0	+310	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+1950	Свыше 40 до 50	-390	-195	-620	-310	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-3900	-1950	Свыше 50 до 65	0	+230	0	+370	0	+600	0	+950	0	+1500	0	+2300	Свыше 65 до 80	-460	-230	-740	-370	-1200	-600	-1900	-950	-3000	-1500	-4600	-2300	Свыше 80 до 100	0	+270	0	+435	0	+700	0	+1100	0	+1750	0	+2700	Свыше 100 до 120	-540	-270	-870	-435	-1400	-700	-2200	-1100	-3500	-1750	-5400	-2700	Свыше 120 до 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000	0	+3150	Свыше 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																										
	-180	-90	-300	-150	-480	-240	-750	-375	-1200	-600	-1800	-900	Свыше 6 до 10	0	+110	0	+180	0	+290	0	+450	0	+750	0	+1100		-220	-110	-360	-180	-580	-290	-900	-450	-1500	-750	-2200	-1100	Свыше 10 до 14	0	+135	0	+215	0	+350	0	+550	0	+900	0	+1350	Свыше 14 до 18	-270	-135	-430	-215	-700	-350	-1100	-550	-1800	-900	-2700	-1350	Свыше 18 до 24	0	+165	0	+260	0	+420	0	+650	0	+1050	0	+1650	Свыше 24 до 30	-330	-165	-520	-260	-840	-420	-1300	-650	-2100	-1050	-3300	-1650	Свыше 30 до 40	0	+195	0	+310	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+1950	Свыше 40 до 50	-390	-195	-620	-310	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-3900	-1950	Свыше 50 до 65	0	+230	0	+370	0	+600	0	+950	0	+1500	0	+2300	Свыше 65 до 80	-460	-230	-740	-370	-1200	-600	-1900	-950	-3000	-1500	-4600	-2300	Свыше 80 до 100	0	+270	0	+435	0	+700	0	+1100	0	+1750	0	+2700	Свыше 100 до 120	-540	-270	-870	-435	-1400	-700	-2200	-1100	-3500	-1750	-5400	-2700	Свыше 120 до 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000	0	+3150	Свыше 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																							
Свыше 6 до 10	0	+110	0	+180	0	+290	0	+450	0	+750	0	+1100		-220	-110	-360	-180	-580	-290	-900	-450	-1500	-750	-2200	-1100	Свыше 10 до 14	0	+135	0	+215	0	+350	0	+550	0	+900	0	+1350	Свыше 14 до 18	-270	-135	-430	-215	-700	-350	-1100	-550	-1800	-900	-2700	-1350	Свыше 18 до 24	0	+165	0	+260	0	+420	0	+650	0	+1050	0	+1650	Свыше 24 до 30	-330	-165	-520	-260	-840	-420	-1300	-650	-2100	-1050	-3300	-1650	Свыше 30 до 40	0	+195	0	+310	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+1950	Свыше 40 до 50	-390	-195	-620	-310	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-3900	-1950	Свыше 50 до 65	0	+230	0	+370	0	+600	0	+950	0	+1500	0	+2300	Свыше 65 до 80	-460	-230	-740	-370	-1200	-600	-1900	-950	-3000	-1500	-4600	-2300	Свыше 80 до 100	0	+270	0	+435	0	+700	0	+1100	0	+1750	0	+2700	Свыше 100 до 120	-540	-270	-870	-435	-1400	-700	-2200	-1100	-3500	-1750	-5400	-2700	Свыше 120 до 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000	0	+3150	Свыше 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																				
	-220	-110	-360	-180	-580	-290	-900	-450	-1500	-750	-2200	-1100	Свыше 10 до 14	0	+135	0	+215	0	+350	0	+550	0	+900	0	+1350	Свыше 14 до 18	-270	-135	-430	-215	-700	-350	-1100	-550	-1800	-900	-2700	-1350	Свыше 18 до 24	0	+165	0	+260	0	+420	0	+650	0	+1050	0	+1650	Свыше 24 до 30	-330	-165	-520	-260	-840	-420	-1300	-650	-2100	-1050	-3300	-1650	Свыше 30 до 40	0	+195	0	+310	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+1950	Свыше 40 до 50	-390	-195	-620	-310	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-3900	-1950	Свыше 50 до 65	0	+230	0	+370	0	+600	0	+950	0	+1500	0	+2300	Свыше 65 до 80	-460	-230	-740	-370	-1200	-600	-1900	-950	-3000	-1500	-4600	-2300	Свыше 80 до 100	0	+270	0	+435	0	+700	0	+1100	0	+1750	0	+2700	Свыше 100 до 120	-540	-270	-870	-435	-1400	-700	-2200	-1100	-3500	-1750	-5400	-2700	Свыше 120 до 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000	0	+3150	Свыше 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																	
Свыше 10 до 14	0	+135	0	+215	0	+350	0	+550	0	+900	0	+1350	Свыше 14 до 18	-270	-135	-430	-215	-700	-350	-1100	-550	-1800	-900	-2700	-1350	Свыше 18 до 24	0	+165	0	+260	0	+420	0	+650	0	+1050	0	+1650	Свыше 24 до 30	-330	-165	-520	-260	-840	-420	-1300	-650	-2100	-1050	-3300	-1650	Свыше 30 до 40	0	+195	0	+310	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+1950	Свыше 40 до 50	-390	-195	-620	-310	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-3900	-1950	Свыше 50 до 65	0	+230	0	+370	0	+600	0	+950	0	+1500	0	+2300	Свыше 65 до 80	-460	-230	-740	-370	-1200	-600	-1900	-950	-3000	-1500	-4600	-2300	Свыше 80 до 100	0	+270	0	+435	0	+700	0	+1100	0	+1750	0	+2700	Свыше 100 до 120	-540	-270	-870	-435	-1400	-700	-2200	-1100	-3500	-1750	-5400	-2700	Свыше 120 до 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000	0	+3150	Свыше 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																														
Свыше 14 до 18	-270	-135	-430	-215	-700	-350	-1100	-550	-1800	-900	-2700	-1350	Свыше 18 до 24	0	+165	0	+260	0	+420	0	+650	0	+1050	0	+1650	Свыше 24 до 30	-330	-165	-520	-260	-840	-420	-1300	-650	-2100	-1050	-3300	-1650	Свыше 30 до 40	0	+195	0	+310	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+1950	Свыше 40 до 50	-390	-195	-620	-310	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-3900	-1950	Свыше 50 до 65	0	+230	0	+370	0	+600	0	+950	0	+1500	0	+2300	Свыше 65 до 80	-460	-230	-740	-370	-1200	-600	-1900	-950	-3000	-1500	-4600	-2300	Свыше 80 до 100	0	+270	0	+435	0	+700	0	+1100	0	+1750	0	+2700	Свыше 100 до 120	-540	-270	-870	-435	-1400	-700	-2200	-1100	-3500	-1750	-5400	-2700	Свыше 120 до 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000	0	+3150	Свыше 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																											
Свыше 18 до 24	0	+165	0	+260	0	+420	0	+650	0	+1050	0	+1650	Свыше 24 до 30	-330	-165	-520	-260	-840	-420	-1300	-650	-2100	-1050	-3300	-1650	Свыше 30 до 40	0	+195	0	+310	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+1950	Свыше 40 до 50	-390	-195	-620	-310	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-3900	-1950	Свыше 50 до 65	0	+230	0	+370	0	+600	0	+950	0	+1500	0	+2300	Свыше 65 до 80	-460	-230	-740	-370	-1200	-600	-1900	-950	-3000	-1500	-4600	-2300	Свыше 80 до 100	0	+270	0	+435	0	+700	0	+1100	0	+1750	0	+2700	Свыше 100 до 120	-540	-270	-870	-435	-1400	-700	-2200	-1100	-3500	-1750	-5400	-2700	Свыше 120 до 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000	0	+3150	Свыше 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																																								
Свыше 24 до 30	-330	-165	-520	-260	-840	-420	-1300	-650	-2100	-1050	-3300	-1650	Свыше 30 до 40	0	+195	0	+310	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+1950	Свыше 40 до 50	-390	-195	-620	-310	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-3900	-1950	Свыше 50 до 65	0	+230	0	+370	0	+600	0	+950	0	+1500	0	+2300	Свыше 65 до 80	-460	-230	-740	-370	-1200	-600	-1900	-950	-3000	-1500	-4600	-2300	Свыше 80 до 100	0	+270	0	+435	0	+700	0	+1100	0	+1750	0	+2700	Свыше 100 до 120	-540	-270	-870	-435	-1400	-700	-2200	-1100	-3500	-1750	-5400	-2700	Свыше 120 до 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000	0	+3150	Свыше 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																																																					
Свыше 30 до 40	0	+195	0	+310	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+1950	Свыше 40 до 50	-390	-195	-620	-310	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-3900	-1950	Свыше 50 до 65	0	+230	0	+370	0	+600	0	+950	0	+1500	0	+2300	Свыше 65 до 80	-460	-230	-740	-370	-1200	-600	-1900	-950	-3000	-1500	-4600	-2300	Свыше 80 до 100	0	+270	0	+435	0	+700	0	+1100	0	+1750	0	+2700	Свыше 100 до 120	-540	-270	-870	-435	-1400	-700	-2200	-1100	-3500	-1750	-5400	-2700	Свыше 120 до 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000	0	+3150	Свыше 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																																																																		
Свыше 40 до 50	-390	-195	-620	-310	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-3900	-1950	Свыше 50 до 65	0	+230	0	+370	0	+600	0	+950	0	+1500	0	+2300	Свыше 65 до 80	-460	-230	-740	-370	-1200	-600	-1900	-950	-3000	-1500	-4600	-2300	Свыше 80 до 100	0	+270	0	+435	0	+700	0	+1100	0	+1750	0	+2700	Свыше 100 до 120	-540	-270	-870	-435	-1400	-700	-2200	-1100	-3500	-1750	-5400	-2700	Свыше 120 до 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000	0	+3150	Свыше 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																																																																															
Свыше 50 до 65	0	+230	0	+370	0	+600	0	+950	0	+1500	0	+2300	Свыше 65 до 80	-460	-230	-740	-370	-1200	-600	-1900	-950	-3000	-1500	-4600	-2300	Свыше 80 до 100	0	+270	0	+435	0	+700	0	+1100	0	+1750	0	+2700	Свыше 100 до 120	-540	-270	-870	-435	-1400	-700	-2200	-1100	-3500	-1750	-5400	-2700	Свыше 120 до 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000	0	+3150	Свыше 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																																																																																												
Свыше 65 до 80	-460	-230	-740	-370	-1200	-600	-1900	-950	-3000	-1500	-4600	-2300	Свыше 80 до 100	0	+270	0	+435	0	+700	0	+1100	0	+1750	0	+2700	Свыше 100 до 120	-540	-270	-870	-435	-1400	-700	-2200	-1100	-3500	-1750	-5400	-2700	Свыше 120 до 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000	0	+3150	Свыше 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																																																																																																									
Свыше 80 до 100	0	+270	0	+435	0	+700	0	+1100	0	+1750	0	+2700	Свыше 100 до 120	-540	-270	-870	-435	-1400	-700	-2200	-1100	-3500	-1750	-5400	-2700	Свыше 120 до 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000	0	+3150	Свыше 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																																																																																																																						
Свыше 100 до 120	-540	-270	-870	-435	-1400	-700	-2200	-1100	-3500	-1750	-5400	-2700	Свыше 120 до 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000	0	+3150	Свыше 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																																																																																																																																			
Свыше 120 до 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000	0	+3150	Свыше 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																																																																																																																																																
Свыше 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																																																																																																																																																													
Свыше 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300	0	+3600	Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																																																																																																																																																																										
Свыше 180 до 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300	-7200	-3600	Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																																																																																																																																																																																							
Свыше 225 до 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600	0	+4050	Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																																																																																																																																																																																																				
Свыше 280 до 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600	-8100	-4050	Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Свыше 315 до 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850	0	+4450	Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Свыше 355 до 400	-590	-445	-1450	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850	-8900	-4450	Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Свыше 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150	0	+4850	Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Свыше 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150	-9700	-4850																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

Приложение 7

Поля допусков отверстий при номинальных размерах от 1 до 500 мм. Предельные отклонения

Квалитеты от 01 до 4

Интервал, размер, мм	Поля допусков											
	H01*	JS01*	H0*	JS0*	H1*	JS1*	H2*	JS2*	H3*	JS3*	H4*	JS4*
Предельные отклонения, мкм												
От 1 до 3	+0,3 0	+0,15 -0,15	+0,5 0	+0,25 -0,25	+0,8 0	+0,40 -0,40	+1,2 0	+0,60 -0,60	+2,0 0	+1,00 -1,00	+3 0	+1,5 -1,5
Свыше 3 до 6	+0,4 0	+0,20 -0,20	+0,6 0	+0,30 -0,30	+1,0 0	+0,50 -0,50	+1,5 0	+0,75 -0,75	+2,5 0	+1,25 -1,25	+4 0	+2,0 -2,0
Свыше 6 до 10	+0,4 0	+0,20 -0,20	+0,6 0	+0,30 -0,30	+1,0 0	+0,50 -0,50	+1,5 0	+0,75 -0,75	+2,5 0	+1,25 -1,25	+4 0	+2,0 -2,0
Свыше 10 до 14	+0,5 0	+0,25 -0,25	+0,8 0	+0,40 -0,40	+1,2 0	+0,60 -0,60	+2,0 0	+1,00 -1,00	+3,0 0	+1,50 -1,50	+5 0	+2,5 -2,5
Свыше 14 до 18												
Свыше 18 до 24	+0,6 0	+0,30 -0,30	+1,0 0	+0,50 -0,50	+1,5 0	+0,75 -0,75	+2,5 0	+1,25 -1,25	+4,0 0	+2,00 -2,00	+6 0	+3,0 -3,0
Свыше 24 до 30												
Свыше 30 до 40	+0,6 0	+0,30 -0,30	+1,0 0	+0,50 -0,50	+1,5 0	+0,75 -0,75	+2,5 0	+1,25 -1,25	+4,0 0	+2,00 -2,00	+7 0	+3,5 -3,5
Свыше 40 до 50												
Свыше 50 до 65	+0,8 0	+0,40 -0,40	+1,2 0	+0,60 -0,60	+2,0 0	+1,00 -1,00	+3,0 0	+1,50 -1,50	+5,0 0	+2,50 -2,50	+8 0	+4,0 -4,0
Свыше 65 до 80												
Свыше 80 до 100	+1,0 0	+0,50 -0,50	+1,5 0	+0,75 -0,75	+2,5 0	+1,25 -1,25	+4,0 0	+2,00 -2,00	+6,0 0	+3,00 -3,00	+10 0	+5,0 -5,0
Свыше 100 до 120												
Свыше 120 до 140												
Свыше 140 до 160	+1,2 0	+0,60 -0,60	+2,0 0	+1,00 -1,00	+3,5 0	+1,75 -1,75	+5,0 0	+2,50 -2,50	+8,0 0	+4,00 -4,00	+12 0	+6,0 -6,0
Свыше 160 до 180												
Свыше 180 до 200												
Свыше 200 до 225	+2,0 0	+1,00 -1,00	+3,0 0	+1,50 -1,50	+4,5 0	+2,25 -2,25	+7,0 0	+3,50 -3,50	+10,0 0	+5,00 -5,00	+14 0	+7,0 -7,0
Свыше 225 до 250												
Свыше 250 до 280	+2,5 0	+1,25 -1,25	+4,0 0	+2,00 -2,00	+5,0 0	+3,00 -3,00	+8,0 0	+4,00 -4,00	+12,0 0	+6,00 -6,00	+16 0	+8,0 -8,0
Свыше 280 до 315												
Свыше 315 до 355	+3,0 0	+1,50 -1,50	+5,0 0	+2,50 -2,50	+7,0 0	+3,50 -3,50	+9,0 0	+4,50 -4,50	+13,0 0	+6,50 -6,50	+18 0	+9,0 -9,0
Свыше 355 до 400												
Свыше 400 до 450	+4,0 0	+2,00 -2,00	+6,0 0	+3,00 -3,00	+8,0 0	+4,00 -4,00	+10,0 0	+5,00 -5,00	+15,0 0	+7,50 -7,50	+20 0	+10,0 -10,0
Свыше 450 до 500												

Квалитеты 5 и 6

Интервал размеров, мм	Поля допусков												
	G5	H5	J _s 5	K5	M5	N5	G6	H6	J _s 6	K6	M6	N6	P6
	Предельные отклонения, мкм												
От 1 до 3	+6 +2	+4 0	+2,0 -2,0	0 -4	-2 -6	-4 -8	+8 +2	+6 0	+3,0 -3,0	0 -6	-2 -8	-4 -10	-6 -12
Свыше 3 до 6	+9 +4	+5 0	+2,5 -2,5	0 -5	-3 -8	-7 -12	+12 +4	+8 0	+4,0 -4,0	+2 -6	-1 -9	-5 -13	-9 -17
Свыше 6 до 10	+11 +5	+6 0	+3,0 -3,0	+1 -5	-4 -10	-8 -14	+14 +5	+9 0	+4,5 -4,5	+2 -7	-3 -12	-7 -16	-12 -21
Свыше 10 до 14	+14	+8	+4,0	+2	-4	-9	+17	+11	+5,5	+2	-4	-9	-15
Свыше 14 до 18	+6	0	-4,0	-6	-12	-17	+6	0	-5,5	-9	-15	-20	-26
Свыше 18 до 24	+16	+9	+4,5	+1	-5	-12	+20	+13	+6,5	+2	-4	-11	-18
Свыше 24 до 30	+7	0	-4,5	-8	-14	-21	+7	0	-6,5	-11	-17	-24	-31
Свыше 30 до 40	+20	+11	+5,5	+2	-5	-13	+25	+16	+8,0	+3	-4	-12	-21
Свыше 40 до 50	+9	0	-5,5	-9	-16	-24	+9	0	-8,0	-13	-20	-28	-37
Свыше 50 до 65	+23	+13	+6,5	+3	-6	-15	+29	+19	+9,5	+4	-5	-14	-26
Свыше 65 до 80	+10	0	-6,5	-10	-19	-28	+10	0	-9,5	-15	-24	-33	-45
Свыше 80 до 100	+27	+15	+7,5	+2	-8	-18	+34	+22	+11,0	+4	-6	-16	-30
Свыше 100 до 120	+12	0	-7,5	-13	-23	-33	+12	0	-11,0	-18	-28	-38	-52
Свыше 120 до 140	+32	+18	+9,0	+3	-9	-21	+39	+25	+12,5	+4	-8	-20	-36
Свыше 140 до 160	+14	0	-9,0	-15	-27	-39	+14	0	-12,5	-21	-33	-45	-61
Свыше 160 до 180	+35	+20	+10,0	+2	-11	-25	+44	+29	+14,5	+5	-8	-22	-41
Свыше 180 до 200	+15	0	-10,0	-18	-31	-45	+15	0	-14,5	-24	-37	-51	-70
Свыше 200 до 225	+40	+23	+11,5	+3	-13	-27	+49	+32	+16,0	+5	-9	-25	-47
Свыше 225 до 250	+17	0	-11,5	-20	-35	-50	+17	0	-16,0	-27	-41	-57	-79
Свыше 250 до 280	+43	+25	+12,5	+3	-14	-30	+54	+36	+18,0	+7	-10	-26	-51
Свыше 280 до 315	+18	0	-12,5	-22	-39	-55	+18	0	-18,0	-29	-46	-62	-87
Свыше 315 до 355	+47	+27	+13,5	+2	-16	-33	+60	+40	+20,0	+8	-10	-27	-55
Свыше 355 до 400	+20	0	-13,5	-25	-43	-60	+20	0	-20,0	-32	-50	-67	-95
Свыше 400 до 450													
Свыше 450 до 500													

Квалитет 7

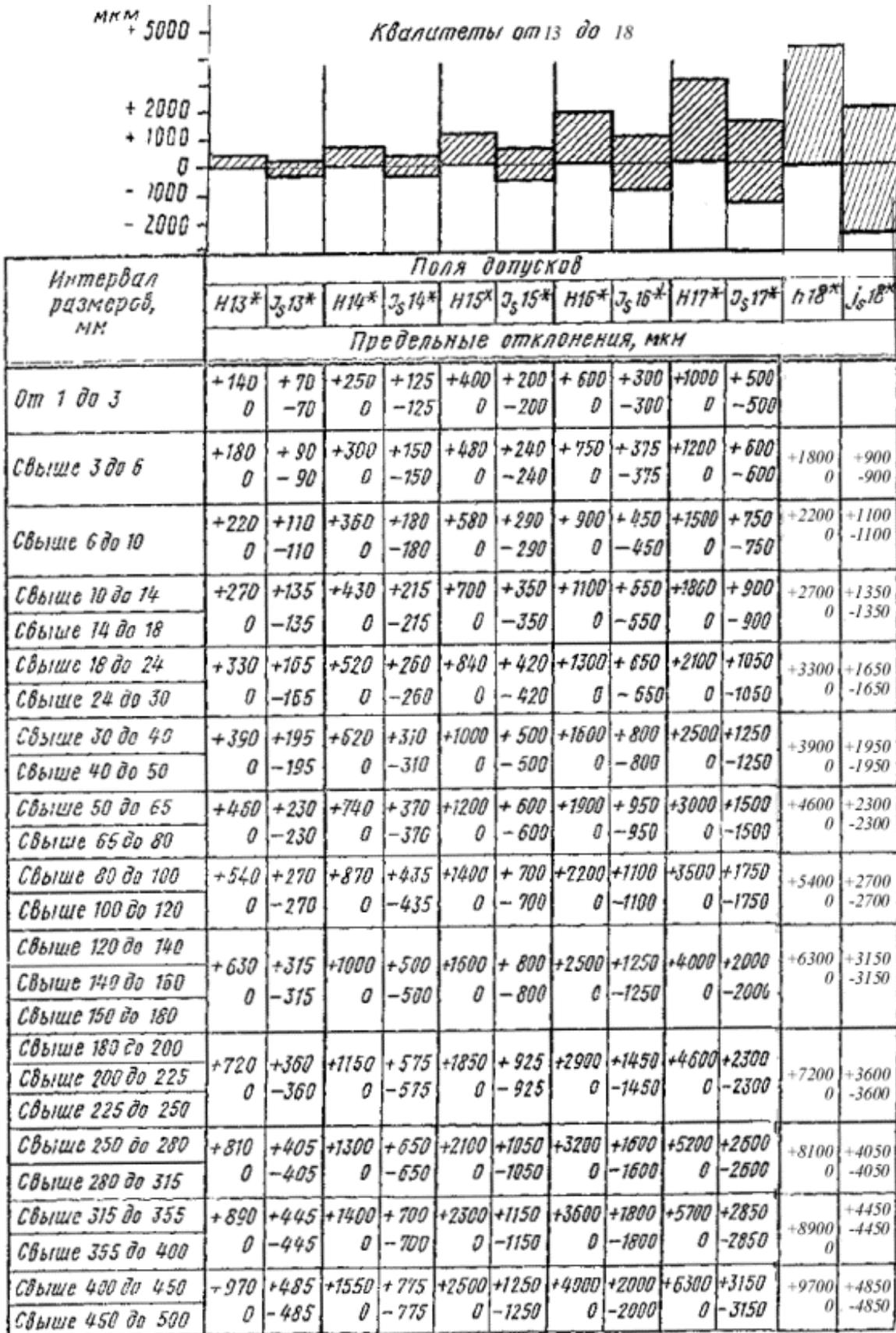
Интервал размеров, мм	Поля допусков										
	F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7
	Предельные отклонения, МКМ										
От 1 до 3	+16 +6	+12 +2	+10 0	+5 -5	0 -10	-2 -12	-4 -14	-6 -16	-10 -20	-14 -24	—
Свыше 3 до 6	+22 +10	+16 +4	+12 0	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -16	-8 -20	-11 -23	-15 -27	—
Свыше 6 до 10	+28 +13	+20 +5	+15 0	+7 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	-9 -24	-13 -28	-17 -32	—
Свыше 10 до 14	+34 +16	+24 +5	+18 0	+9 -9	+6 -12	0 -18	-5 -23	-11 -29	-16 -34	-21 -39	—
Свыше 14 до 18	+41 +20	+28 +7	+21 0	+10 -10	+6 -15	0 -21	-7 -28	-14 -35	-20 -41	-27 -48	—
Свыше 18 до 24	+41 +20	+28 +7	+21 0	+10 -10	+6 -15	0 -21	-7 -28	-14 -35	-20 -41	-27 -48	—
Свыше 24 до 30	+50 +25	+34 +9	+25 0	+12 -12	+7 -18	0 -25	-8 -33	-17 -42	-25 -50	-34 -59	—
Свыше 30 до 40	+50 +25	+34 +9	+25 0	+12 -12	+7 -18	0 -25	-8 -33	-17 -42	-25 -50	-34 -59	—
Свыше 40 до 50	+60 +30	+40 +10	+30 0	+15 -15	+9 -21	0 -30	-9 -39	-21 -51	-30 -60	-42 -72	—
Свыше 50 до 65	+60 +30	+40 +10	+30 0	+15 -15	+9 -21	0 -30	-9 -39	-21 -51	-30 -60	-42 -72	—
Свыше 65 до 80	+71 +36	+47 +12	+35 0	+17 -17	+10 -25	0 -35	-10 -45	-24 -59	-38 -62	-58 -78	—
Свыше 80 до 100	+71 +36	+47 +12	+35 0	+17 -17	+10 -25	0 -35	-10 -45	-24 -59	-38 -62	-58 -78	—
Свыше 100 до 120	+83 +43	+54 +14	+40 0	+20 -20	+12 -28	0 -40	-12 -52	-28 -68	-48 -88	-77 -117	—
Свыше 120 до 140	+83 +43	+54 +14	+40 0	+20 -20	+12 -28	0 -40	-12 -52	-28 -68	-48 -88	-77 -117	—
Свыше 140 до 160	+96 +50	+61 +15	+45 0	+23 -23	+13 -33	0 -46	-14 -60	-33 -79	-50 -109	-85 -159	—
Свыше 160 до 180	+96 +50	+61 +15	+45 0	+23 -23	+13 -33	0 -46	-14 -60	-33 -79	-50 -109	-85 -159	—
Свыше 180 до 200	+108 +56	+69 +17	+52 0	+26 -26	+16 -36	0 -52	-14 -66	-36 -88	-60 -130	-105 -169	—
Свыше 200 до 225	+108 +56	+69 +17	+52 0	+26 -26	+16 -36	0 -52	-14 -66	-36 -88	-60 -130	-105 -169	—
Свыше 225 до 250	+119 +62	+75 +18	+57 0	+28 -28	+17 -40	0 -57	-16 -73	-41 -98	-74 -150	-138 -224	—
Свыше 250 до 280	+119 +62	+75 +18	+57 0	+28 -28	+17 -40	0 -57	-16 -73	-41 -98	-74 -150	-138 -224	—
Свыше 280 до 315	+131 +68	+83 +20	+63 0	+31 -31	+18 -45	0 -63	-17 -80	-45 -108	-87 -172	-169 -292	—
Свыше 315 до 355	+131 +68	+83 +20	+63 0	+31 -31	+18 -45	0 -63	-17 -80	-45 -108	-87 -172	-169 -292	—
Свыше 355 до 400	+131 +68	+83 +20	+63 0	+31 -31	+18 -45	0 -63	-17 -80	-45 -108	-87 -172	-169 -292	—
Свыше 400 до 450	+131 +68	+83 +20	+63 0	+31 -31	+18 -45	0 -63	-17 -80	-45 -108	-87 -172	-169 -292	—
Свыше 450 до 500	+131 +68	+83 +20	+63 0	+31 -31	+18 -45	0 -63	-17 -80	-45 -108	-87 -172	-169 -292	—



Интервал размеров, мм	Поля допусков													
	D8	E8	F8	H8	J _s 8	K8	M8	N8	U8	D9	E9	F9	H9	J _s 9*
	Предельные отклонения, мкм													
От 1 до 3	+34 +20	+28 +14	+20 +6	+14 0	+7 -7	0 -14	-	-4 -18	-18 -32	+45 +20	+39 +14	+31 +6	+25 0	+12 -12
Свыше 3 до 6	+48 +30	+38 +20	+28 +10	+18 0	+9 -9	+5 -13	+2 -16	-2 -20	-23 -41	+60 +30	+50 +20	+40 +10	+30 0	+15 -15
Свыше 6 до 10	+62 +40	+47 +25	+35 +13	+22 0	+11 -11	+6 -16	+1 -21	-3 -25	-28 -50	+76 +40	+61 +25	+49 +13	+36 0	+18 -18
Свыше 10 до 14	+77	+59	+43	+27	+13	+8	+2	-3	-33	+93	+75	+59	+43	+21
Свыше 14 до 18	+50	+32	+16	0	-13	-19	-25	-30	-60	+50	+32	+16	0	-21
Свыше 18 до 24	+98	+73	+53	+33	+16	+10	+4	-3	-41 -74	+117	+92	+72	+52	+26
Свыше 24 до 30	+65	+40	+20	0	-16	-23	-29	-36	-48 -81	+65	+40	+20	0	-26
Свыше 30 до 40	+119	+89	+64	+39	+19	+12	+5	-3	-60 -99	+142	+112	+87	+62	+31
Свыше 40 до 50	+80	+50	+25	0	-19	-27	-34	-42	-70 -109	+80	+50	+25	0	-31
Свыше 50 до 65	+146	+106	+76	+46	+23	+14	+5	-4	-87 -133	+174	+134	+104	+74	+37
Свыше 65 до 80	+100	+60	+30	0	-23	-32	-41	-50	-102 -148	+100	+60	+30	0	-37
Свыше 80 до 100	+174	+126	+90	+54	+27	+16	+6	-4	-124 -178	+207	+159	+123	+87	+43
Свыше 100 до 120	+120	+72	+36	0	-27	-38	-48	-58	-144 -198	+120	+72	+36	0	-43
Свыше 120 до 140									-170 -233					
Свыше 140 до 160	+208 +145	+148 +85	+106 +43	+63 0	+31 -31	+20 -43	+8 -55	-4 -67	-190 -253	+245 +145	+185 +85	+143 +43	+100 0	+50 -50
Свыше 160 до 180									-210 -273					
Свыше 180 до 200									-236 -308					
Свыше 200 до 225	+242 +170	+172 +100	+122 +50	+72 0	+36 -36	+22 -50	+9 -63	-5 -77	-258 -330	+285 +170	+215 +100	+165 +50	+115 0	+57 -57
Свыше 225 до 250									-284 -356					
Свыше 250 до 280	+271	+191	+137	+81	+40	+25	+9	-5	-315 -396	+320	+240	+186	+130	+65
Свыше 280 до 315	+190	+110	+56	0	-40	-56	-72	-86	-350 -431	+190	+110	+56	0	-65
Свыше 315 до 355	+299	+214	+151	+89	+44	+28	+11	-5	-390 -479	+350	+265	+202	+140	+70
Свыше 355 до 400	+210	+125	+62	0	-44	-61	-78	-94	-435 -524	+210	+125	+62	0	-70
Свыше 400 до 450									-490 -587					
Свыше 450 до 500	+327 +230	+232 +135	+155 +68	+97 0	+48 -48	+29 -68	+11 -86	-6 -103	-587 -637	+385 +230	+290 +135	+223 +68	+155 0	+77 -77

Квалитеты от 10 до 12

Интервал размеров, мм	Поля допусков											
	D10	H10	JS10*	A11	B11	C11	D11	H11	JS11*	B12	H12	JS12*
	Предельные отклонения, мкм											
От 1 до 3	+60 +20	+40 0	+20 -20	+330 +270	+200 +140	+120 +60	+80 +20	+60 0	+30 -30	+240 +140	+100 0	+50 -50
Свыше 3 до 6	+78 +30	+48 0	+24 -24	+345 +270	+215 +140	+145 +70	+105 +30	+75 0	+37 -37	+260 +140	+120 0	+60 -60
Свыше 6 до 10	+98 +40	+58 0	+29 -29	+370 +280	+240 +150	+170 +80	+130 +40	+90 0	+45 -45	+300 +150	+150 0	+75 -75
Свыше 10 до 14	+120	+70	+35	+400	+260	+205	+160	+110	+55	+330	+180	+90
Свыше 14 до 18	+50	0	-35	+290	+150	+95	+50	0	-55	+150	0	-90
Свыше 18 до 24	+149	+84	+42	+430	+290	+240	+195	+130	+65	+370	+210	+105
Свыше 24 до 30	+65	0	-42	+300	+160	+110	+65	0	-65	+160	0	-105
Свыше 30 до 40	+180	+100	+50	+470 +310	+330 +170	+280 +120	+240	+160	+80	+420 +170	+250	+125
Свыше 40 до 50	+80	0	-50	+480 +320	+340 +180	+290 +130	+80	0	-80	+430 +180	0	-125
Свыше 50 до 65	+220	+120	+60	+530 +340	+380 +190	+330 +140	+290	+190	+95	+490 +190	+300	+150
Свыше 65 до 80	+100	0	-60	+550 +360	+390 +200	+340 +150	+100	0	-95	+500 +200	0	-150
Свыше 80 до 100	+250	+140	+70	+600 +380	+440 +220	+390 +170	+340	+220	+110	+570 +220	+350	+175
Свыше 100 до 120	+120	0	-70	+630 +410	+460 +240	+400 +180	+120	0	-110	+590 +240	0	-175
Свыше 120 до 140				+710 +460	+510 +260	+450 +200				+660 +260		
Свыше 140 до 160	+305 +145	+160 0	+80 -80	+770 +520	+530 +280	+460 +210	+395 +145	+250 0	+125 -125	+680 +280	+400 0	+200 -200
Свыше 160 до 180				+830 +580	+560 +310	+480 +230				+710 +310		
Свыше 180 до 200				+950 +660	+630 +340	+530 +240				+800 +340		
Свыше 200 до 225	+355 +170	+185 0	+92 -92	+1030 +740	+670 +380	+550 +260	+460 +170	+290 0	+145 -145	+840 +380	+460 0	+230 -230
Свыше 225 до 250				+1110 +820	+710 +420	+570 +280				+880 +420		
Свыше 250 до 280	+400	+210	+105	+1240 +920	+800 +480	+620 +300	+510	+320	+160	+1000 +480	+520	+260
Свыше 280 до 315	+190	0	-105	+1370 +1050	+860 +540	+650 +330	+190	0	-160	+1060 +540	0	-260
Свыше 315 до 355	+440	+230	+115	+1560 +1200	+960 +600	+720 +360	+570	+360	+180	+1170 +600	+570	+285
Свыше 355 до 400	+210	0	-115	+1710 +1350	+1040 +680	+760 +400	+210	0	-180	+1250 +680	0	-285
Свыше 400 до 450	+480	+250	+125	+1900 +1500	+1160 +760	+840 +440	+630	+400	+200	+1390 +760	+630	+315
Свыше 450 до 500	+230	0	-125	+2050 +1650	+1240 +840	+880 +480	+230	0	-200	+1470 +840	0	-315



Поля допусков и предельные отклонения соединений
с призматическими и клиновыми шпонками, мкм
(по ГОСТ 23360-78, ГОСТ 24068-80)

Диаметр вала d , мм	Сечение шпонки $b \times h$, мм	Виды соединения призматических шпонок по ширине пазов b , мкм					Глубина пазов, мм				Для шпоночных пазов радиус закругления r или фаска $S_1 \times 45^\circ$, мм			
		свободное		нормальное		плотное	на валу t_1		на втулке t_2 для шпонки					
		Вал (H9)	Втулка (D10)	Вал (N9)	Втулка (J9)		Вал и втулка (P9)	Номинальная	Предельное отклонение	призматической			клиновой	
						Номинальная				Предельное отклонение	Номинальная	Предельное отклонение		
От 6 до 8	2×2	+2 5	+60	-4	+1 2	-6	1,2	+0,1 0	1,0	+0,1 0	0,5	+0,1 0	0,16	0,08
Св. 8 до 10	3×3	0	+20	-29	-	-12	1,8		1,4		0,9			
Св. 10 до 12 » 12 » 17 » 17 » 22	4×4	+3 0 0	+78 +30	0 -30	+1 5 -	-12 -42	2,5	0	1,8 2,3 2,8	0	1,2	0	0,25	0,16
	5×5						3,0				1,7			
	6×6						3,5				2,2			
Св. 22 до 30 » 30 » 38	7×7; 8×7	+3 6 0	+98 +40	0 -36	+1 8 -	-15 -51	4,0	0	3,3 3,3	0	2,4	0	0,4	0,25
	10×8						5,0				2,4			
Св. 38 до 44 » 44 » 50 » 50 » 58 » 58 » 65	12×8	+4 3 0	+120 +50	0 -43	+2 1 -	-18 -51	5,0	+0,2 0	3,3 3,8 4,3 4,4	+0,2 0	2,4	0	0,4	0,25
	14×9						5,5				2,9			
	16×10						6,0				3,4			
	18×11						7,0				3,4			
Св. 65 до 70 » 75 » 85 » 85 » 95 » 95 » 110	20×12	+5 2 0	+149 +65	0 -52	+2 6 -	-22 -74	7,5	0	4,9 5,4 5,4 6,4	0	3,9	0	0,6	0,4
	22×14						9,0				4,4			
	24×14; 25×14						9,0				4,4			
							9,0				4,4			
							10,0				5,4			

Примечания:

1. Предельные отклонения пазов вала и втулки для клиновых шпонок установлены по D10.
2. Размер t_2 относится к большей глубине паза клиновой втулки.
3. Допускаются для ширины паза и втулки любые сочетания полей допусков, указанных в таблице.
4. Для термообработанных деталей допускаются предельные отклонения на ширину паза H11, если это не влияет на работоспособность соединения.
5. Допускается в обоснованных случаях применять меньшие размеры сечений стандартных шпонок на валах больших диаметров за исключением выходных концов вала.

Приложение 9

Рекомендуемые посадки деталей машин

Рекомендуемые посадки	Примеры соединения
$\frac{H7}{p6}, \frac{H7}{r6}$	Муфты, звездочки, шкивы, зубчатые и червячные колеса на вал
$\frac{H8}{f8}, \frac{H7}{e8}, \frac{H7}{e7}$	Подшипники скольжения
$\frac{H8}{h8}, \frac{H9}{d9}$	Распорные кольца, сальники
k6, m6, n6 – отклонение вала	Внутренние кольца подшипников качения на валы (вращающийся вал)
Отклонение отверстия корпуса H7, J _s 6	Наружные кольца подшипников качения в корпусе
$\frac{H7}{js6}, \frac{H7}{h6}, \frac{H7}{h7}$	Стаканы под подшипники качения в корпус; распорные втулки

МАСШТАБЫ

ГОСТ 2.302-68

СТАНДАРТ УСТАНАВЛИВАЕТ МАСШТАБЫ
ИЗОБРАЖЕНИЙ И ИХ ОБОЗНАЧЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ
ВСЕХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И
СТРОИТЕЛЬСТВА.

масштабы изображений на чертежах должны выбираться из следующего ряда:

Масштабы уменьшения	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000
Натуральная величина	1:1
Масштабы увеличения	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

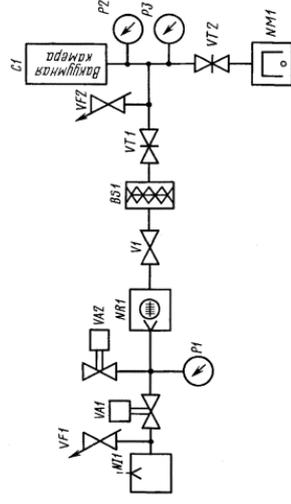
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГЕНЕРАЛЬНЫХ ПЛАНОВ КРУПНЫХ ОБЪЕКТОВ ДОПУСКАЕТСЯ ПРИМЕНЯТЬ МАСШТАБЫ:

1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:20000; 1:25000; 1:50000.

В НЕОБХОДИМЫХ СЛУЧАЯХ ДОПУСКАЕТСЯ ПРИМЕНЯТЬ МАСШТАБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ:

(100n):1, где **n** – целое число.

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ВАКУУМНЫХ СХЕМ



Пример вакуумной принципиальной схемы

ГОСТ 2.797-2016

Стандарт распространяется на вакуумные схемы изделий всех отраслей промышленности и устанавливает правила их выполнения.

Вакуумные схемы выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.701-2008 и настоящего стандарта.

Вакуумные схемы в зависимости от основного назначения подразделяются на следующие типы:

- Структурные;
- Принципиальные;
- Соединений.

На структурной схеме изображают все основные функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы) и основные взаимосвязи между ними.

Функциональные части на схеме изображают сплошными основными линиями в виде прямоугольников или условных графических обозначений.

На схеме должны быть указаны наименования каждой функциональной части изделия, если для ее обозначения применен прямоугольник.

При изображении функциональных частей в виде прямоугольников наименования, типы, обозначения и функциональные зависимости рекомендуются вписывать внутрь прямоугольников.

На схеме соединений следует изображать вакуумные элементы (устройства), входящие в состав вакуумной системы (установки), трубопроводы и элементы трубопроводов, а также места их присоединения рекомендуется вписывать внутрь прямоугольников. Элементы на схеме соединений следует изображать с помощью УГО, упрощенных внешних очертаний или в виде прямоугольников. Трубопроводы на схеме соединений следует изображать сплошными основными линиями независимо от функций, которые они выполняют в установках.

Расположение графических обозначений элементов и устройств на схеме соединений должно примерно соответствовать действительному размещению элементов в вакуумной системе (установке).

На схеме соединений следует присваивать позиционные обозначения элементам (устройствам), не вошедшим в принципиальную схему (например, соединения трубопроводов и т.п.)

На схеме соединений следует указывать обозначения выводов (соединений) элементов (устройств), нанесенные на установках или установленные в их документации.

Трубопроводам должны быть присвоены цифровые позиционные обозначения в пределах вакуумной системы (установки), которые следует проставлять, как правило, около обоих концов соединений.

В перечне элементов для трубопроводов должны быть указаны сортament и материал труб в соответствии со стандартом или техническим условием.

ОБОЗНАЧЕНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ПРАВИЛА ИХ НАНЕСЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ	
ГОСТ 2.306-92	
ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В СЕЧЕНИЯХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА МАТЕРИАЛОВ	
Материал	Обозначение
1. Металлы и твердые сплавы	
2. Неметаллические материалы, в том числе волокнистые монолитные и плитные (прессованные), за исключением указанных ниже	
3. Древесина	
4. Камень естественный	
5. Керамика и силикатные материалы для кладки	
6. Бетон	
7. Стекло и другие светопрозрачные материалы	
8. Жидкости	
9. Грунт естественный	
Устанавливают следующие обозначения сетки и засыпки из любого материала (в сечении)	
 а – сетка; б – засыпка	
Настоящий стандарт устанавливает графические обозначения материалов в сечениях и на фасадах, а также правила нанесения их на чертежи всех отраслей промышленности и строительства.	
Общее графическое обозначение материалов в сечениях независимо от вида материалов	
Целесообразно применять: при штриховании сечений на чертежах деталей, изготовленных из любого материала, а также при штриховке отдельных деталей, попадающих в сечение на сборочных чертежах, если такое обозначение не ухудшает понимание конструкции изделия.	
При выделении материалов и изделий на виде (фасаде) графические обозначения их должны соответствовать	
Материал	Обозначения
1. Металлы	
2. Сталь рифленая	
3. Сталь просечная	
4. Кладка из кирпича строительного и специального, клинкера, керамики, терракоты, искусственного и естественного камней любой формы и т.п.	
5. Стекло	
Наклонные параллельные линии штриховки должны проводиться под углом 45° к линии контура изображения или к его оси, или к линиям рамки чертежа. Если линии штриховки, приведенные к линиям рамки чертежа под углом 45°, совпадают по направлению с линиями контура или осявыми линиями, то вместо угла 45° следует брать угол 30° или 60°	

Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей
Примеры указания допусков формы и расположения поверхностей

Гост 2.308-2011

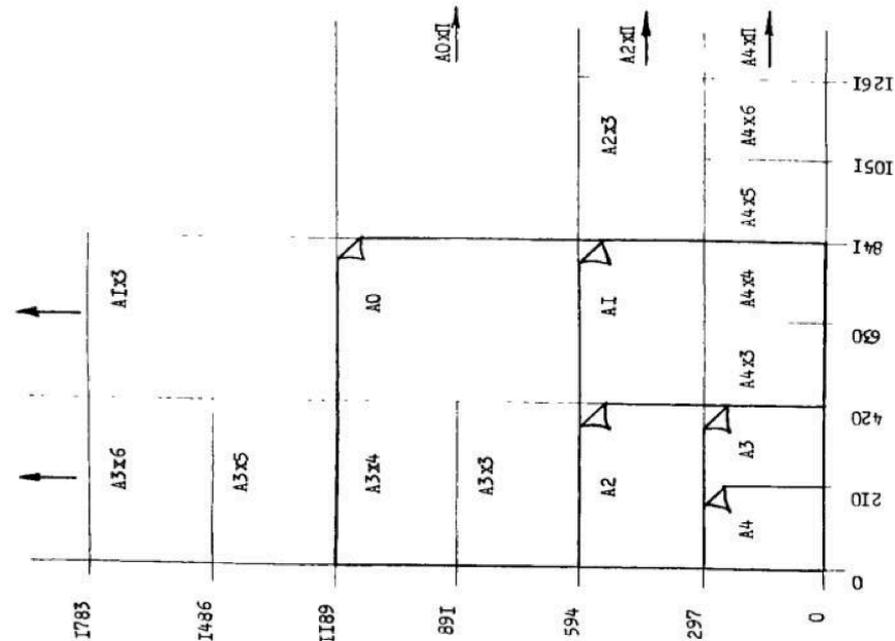
Допуск прямолинейности	Указание допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснение	Допуск прямолинейности	Указание допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснение
Допуск прямолинейности		Допуск прямолинейности образующей конуса – 0,01.	Допуск перпендикулярности		Допуск перпендикулярности оси выступа относительно поверхности А – 0,02
Допуск плоскостности		Допуск плоскостности поверхности А – 0,1	Допуск соосности.		Допуск соосности двух отверстий относительно их общей оси – 0,01
Допуск круглости		Допуск круглости вала – 0,02	Допуск симметричности		Допуск симметричности паза Т 0,05. База ось симметрии поверхностей А
Допуск цилиндричности.		Допуск цилиндричности вала – 0,4	Позиционный допуск		Позиционный допуск оси отверстия – 0,06
Допуск профиля продольного сечения		Допуск профиля продольного сечения вала – 0,1	Допуск радиального биения		Допуск радиального биения вала относительно оси конуса – 0,01
Допуск параллельности		Допуск параллельности поверхности Б относительно поверхности А – 0,2	Допуск торцевого биения		Допуск торцевого биения поверхности Б на диаметре 20 мм относительно оси конуса А – 0,01

Форматы

ГОСТ 2.301-2016

СТАНДАРТ УСТАНОВЛИВАЕТ ФОРМАТЫ ЛИСТОВ ЧЕРТЕЖЕЙ И ДРУГИХ ДОКУМЕНТОВ, ПРЕДУСМОТРЕННЫХ СТАНДАРТАМИ НА КОНСТРУКТОРСКУЮ ДОКУМЕНТАЦИЮ ВСЕХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СТРОИТЕЛЬСТВА

СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ФОРМАТОВ

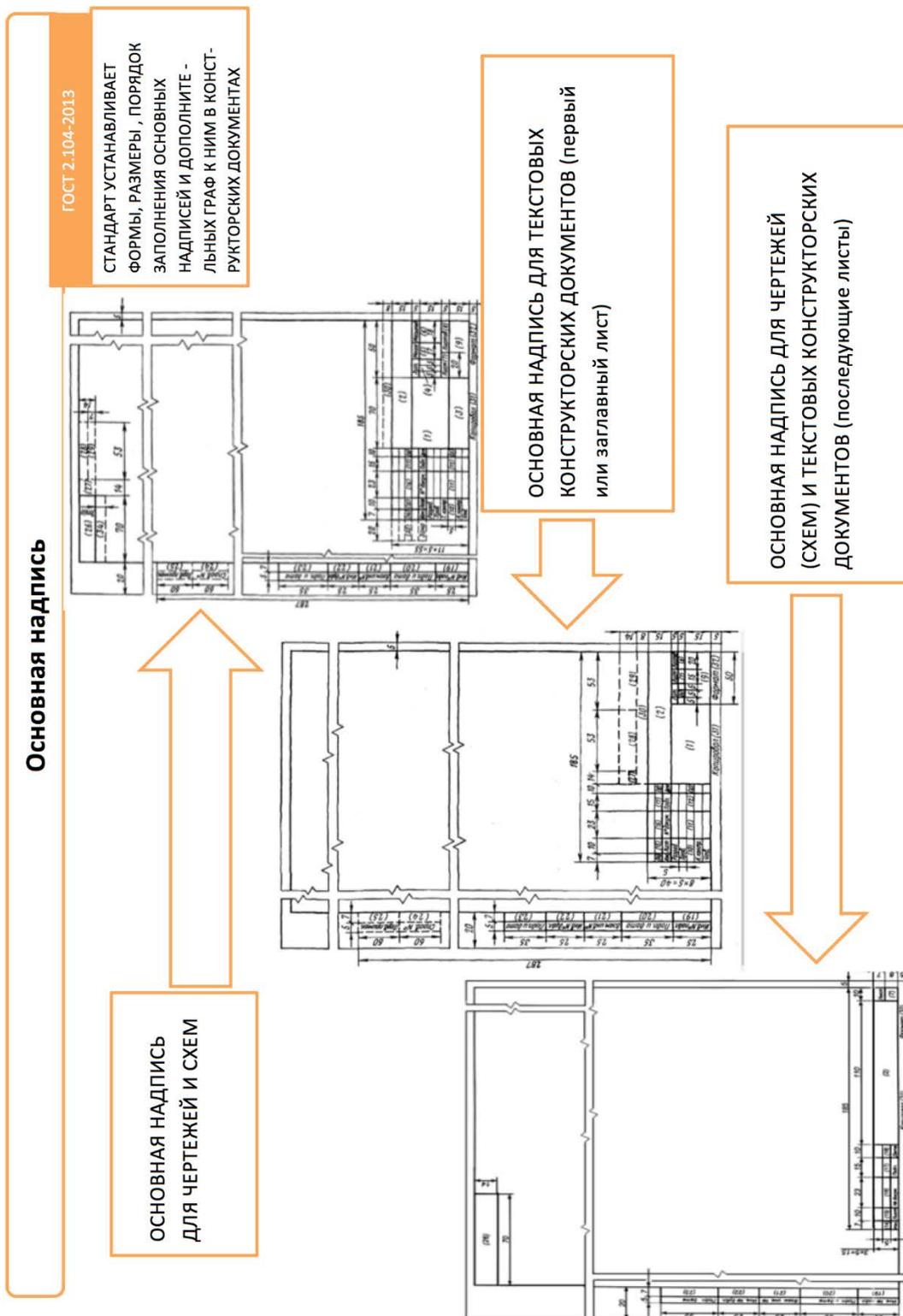


Обозначение формата	Размеры сторон формата, мм
A0	841x1189
A1	594x841
A2	420x594
A3	297x420
A4	210x297

ОБОЗНАЧЕНИЯ И РАЗМЕРЫ ОСНОВНЫХ ФОРМАТОВ

ДОПУСКАЕТСЯ ПРИМЕНЕНИЕ ФОРМАТА А5 С РАЗМЕРАМИ СТОРОН 148Х210 мм, А ТАКЖЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ФОРМАТОВ, ОБРАЗУЕМЫХ УВЕЛИЧЕНИЕМ КОРОТКИХ СТОРОН ОСНОВНЫХ ФОРМАТОВ НА ВЕЛИЧИНУ, КРАТНУЮ ИХ РАЗМЕРАМ. ОБОЗНАЧЕНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ФОРМАТОВ СОСТАВЛЯЕТСЯ ИЗ ОБОЗНАЧЕНИЯ ОСНОВНОГО ФОРМАТА И ЕГО КРАТНОСТИ, НАПРИМЕР, А0 Х 2; А4 Х 8; А3 Х 3.

Приложение 16



СТАНДАРТИЗАЦИЯ СХЕМНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ЕСКД

УСТАНАВЛИВАЕТ: Единые правила разработки, оформления и обращения схемной документации при проектировании, изготовлении, эксплуатации, и ремонте изделий.

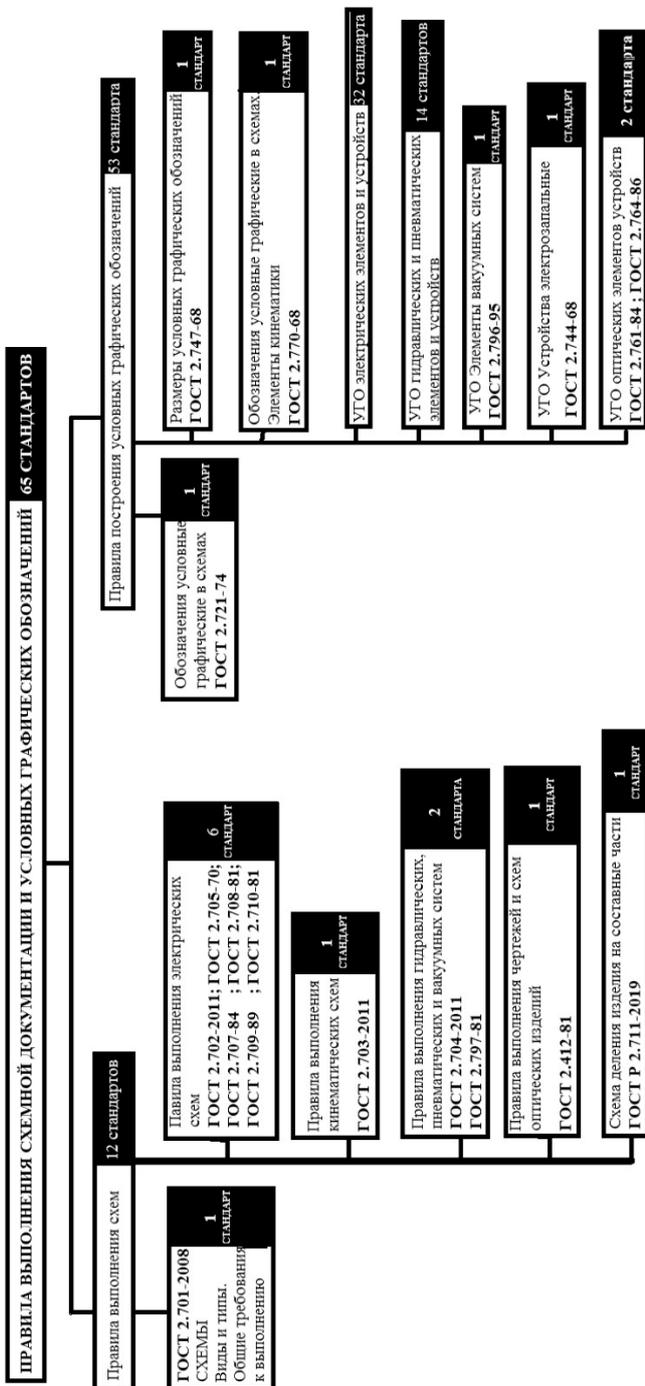
СОСТАВ СТАНДАРТОВ ЕСКД ПО СХЕМНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Правила выполнения кинематических схем **ГОСТ 2.703-2011**

Правила выполнения чертежей и схем оптических изделий **ГОСТ 2.412-81**

Схема деления изделия на составные части **ГОСТ Р 2.711-2019**

Обозначения условные графические в схемах. Элементы климатик **ГОСТ 2.770-68**



ОБЕСПЕЧИВАЕТ: Единство схемного языка при проектировании, производстве, эксплуатации и ремонте изделий. Взаимообмен схемой документации без ее переформатирования между предприятиями. Оптимизацию комплектности схемной документации, исключая дублирование и многоменклатурность. Возможность расширения унификации схемных решений при разработке схем и условно графических изображений. Автоматизированную разработку схемной документации и обработку информации. Оперативную подготовку схемной документации для производства. Улучшение условий эксплуатации и ремонта изделий.

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

ГОСТ 2.702-2011 устанавливает правила выполнения электрических схем изделий всех отраслей промышленности.

Схемы электрические в зависимости от основного назначения подразделяют на следующие типы: структурные; функциональные; принципиальные; соединений; подключения; общие; расположения.

На структурной схеме изображают все основные функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы) и основные взаимосвязи между ними.

Функциональные части на схеме изображают в виде прямоугольников или УГО.

На схеме должны быть указаны наименования каждой функциональной части изделия, если для ее обозначения применен прямоугольник.

На функциональной схеме изображают функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы), участвующие в процессе, иллюстрируемом схемой, и связи между этими частями.

На схеме следует указывать:

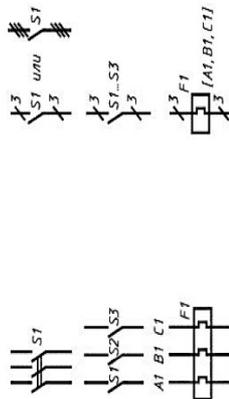
- для каждой функциональной группы – обозначение, присвоенное ей на принципиальной схеме, и (или) ее наименование; если функциональная группа изображена в виде УГО, то ее наименование не указывают;
- для каждого устройства, изображенного в виде прямоугольника, – позиционное обозначение, присвоенное ему на принципиальной схеме, его наименование и тип и (или) обозначение документа (основной конструкторский документ, стандарт, технические условия), на основании которого это устройство применено;
- для каждого устройства, изображенного в виде УГО, – позиционное обозначение, присвоенное ему на принципиальной схеме, его тип и (или) обозначение документа;
- для каждого элемента – позиционное обозначение, присвоенное ему на принципиальной схеме, и (или) его тип.

На принципиальной схеме изображают все электрические элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии установленных электрических процессов, все электрические взаимосвязи между ними, а также электрические элементы (соединители, зажимы и т.д.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

Схемы выполняют в многолинейном или однолинейном изображении.

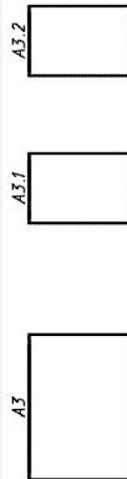
При многолинейном изображении каждую цепь изображают отдельной линией, а элементы, содержащиеся в этих цепях, – отдельными УГО

При однолинейном изображении цепи, выполняющие идентичные функции, изображают одной линией, а одинаковые элементы этих цепей – одним УГО



а - многолинейное изображение б - однолинейное изображение

При изображении на схеме элемента или устройства разнесенным способом позиционное обозначение элемента или устройства представляют около каждой составной части

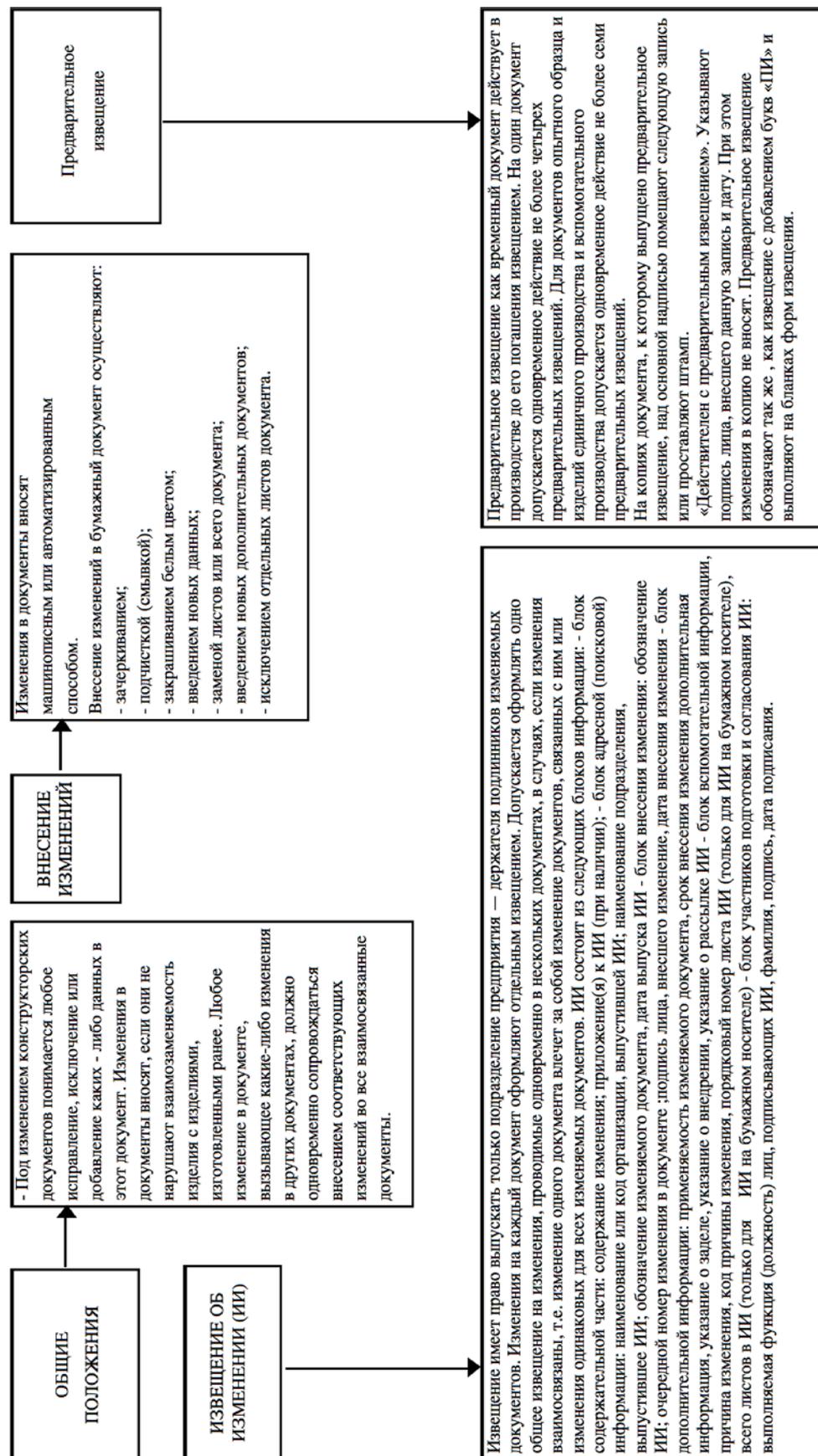


Совмещенный способ изображения устройства

Разнесенный способ изображения устройства

ГОСТ 2.502-2013. ЕСКД. ПРАВИЛА ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ

Стандарт устанавливает правила внесения изменений в конструкторские документы на изделия:



ГОСТ 2.701-2013. ЕСКД. СХЕМЫ. ВИДЫ И ТИПЫ. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

Стандарт устанавливает виды и типы схем, общие требования к их выполнению:

Вид схемы	Код вида схемы	Тип схемы	Код типа схемы
Схема электрическая	Э	Схема структурная	1
Схема гидравлическая	Г	Схема функциональная	2
Схема пневматическая	П	Схема принципиальная (полная)	3
Схема газовая (кроме пневматической схемы)	Х	Схема соединений (монтажная)	4
Схема кинематическая	К	Схема подключения	5
Схема вакуумная	В	Схема общая	6
Схема оптическая	Л	Схема расположения	7
Схема энергетическая	Р	Схема объединения	0
Схема деления	Е		
Схема комбинированная	С		

Требования распространяются на:	Требования реализуются
Комплектность (номенклатуру схем)	Определяются в зависимости от особенностей изделия
Форматы	Выбираются по ГОСТ 2.301-2010 и ГОСТ 2.004-2015
Построение схемы	Выполняются без соблюдения масштаба, пространственное расположение составных частей не учитывают или учитывают приближенительно
Графические обозначения	Выполняют в виде условных графических обозначений (УГО)
Линии связи	Выполняются толщиной 0,2 – 1,0 мм, рекомендуемая толщина линии 0,3 – 0,4 мм
Перечень элементов	Содержит позиционные обозначения элементов, их наименования. И могут быть буквенные, цифровые, буквенно – цифровые
Текстовую информацию	Технические данные, характер которых определяется назначением схемы, располагают рядом с графическими обозначениями, внутри их, над линиями связи, на схемах связей
Термины	Пояснены терминами: элемент схемы, устройство, функциональная группа, функциональная часть, функциональная цепь, линия взаимосвязи, типы схем

НАИМЕНОВАНИЕ И КОД СХЕМЫ ОПРЕДЕЛЯЮТ ИХ ВИДОМ И ТИПОМ:

СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ – Э3

СХЕМА ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКАЯ СОЕДИНЕНИЙ – С4

ОБОЗНАЧЕНИЕ СХЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СИГНАЛОВ ПО ГОСТ 2.201-2013

ИМЕЕТ ВИД АБВГ 431321 0753Э3

ОБОЗНАЧЕНИЕ ПЕРЕЧНЯ ЭЛЕМЕНТОВ В ВИДЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО

ДОКУМЕНТА К СХЕМЕ Э3 ИМЕЕТ ВИД АБВГ 31321 075ПЭ3

ОБОЗНАЧЕНИЕ ТАБЛИЦЫ СОЕДИНЕНИЙ В ВИДЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО

ДОКУМЕНТА К СХЕМЕ Г3 ИМЕЕТ ВИД АБВГ 061221 114ТГ3

Учебное издание

ОРЛОВ Юрий Анатольевич
ЗАХАРОВ Юрий Иванович
ОРЛОВ Дмитрий Юрьевич

МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА
И НОРМОКОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Учебное пособие

Редактор А. П. Володина
Технический редактор Ш. В. Абдуллаев
Корректор О. В. Балашова
Компьютерная верстка П. А. Некрасова
Выпускающий редактор А. А. Амирсейидова

Подписано в печать 14.12.21.

Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 9,07. Тираж 50 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.