

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

1.1. Цели и задачи контрольной работы

Целью контрольной работы является практическое использование теоретических знаний по технологичности изделий для анализа технологичности детали.

Основные задачи контрольной работы:

- произвести качественную оценку технологичности конструкции детали;
- получение навыков расчета дополнительных показателей технологичности конструкции детали .

Контрольная работа включает:

- качественный анализ технологичности детали «крышка» из практического занятия 2 (презентации ПР2 ОТМ),
- расчет дополнительных показателей технологичности детали «крышка».

1.2. Основные теоретические сведения о технологичности конструкции изделия

В структуре стандартов «Технологического обеспечения создания продукции (ТО)» на стадии проектирования говорится об обеспечении проектирования технологичной продукции.

При проведении «Технологической подготовки производства (ТПП)» на стадии разработки проектной конструкторской документации необходимо формировать определяющие технологические решения (ТР) и организационные решения (ОР) по обеспечению технологичности конструкции изделия (ТКИ).

Согласно ГОСТ 14.205-83 применяют следующие определения.

ТКИ – совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Обеспечение ТКИ – функция подготовки производства, включающая комплекс взаимосвязанных мероприятий по управлению технологичностью и совершенствованию условий выполнения работ при производстве, техническом обслуживании и ремонте изделий.

Обеспечение технологичности конструкции изделий (ТКИ) включает:

- а) отработку конструкции изделия на технологичность:
 - на всех стадиях разработки изделия при конструировании: техническое предложение, эскизный проект, рабочей документации: опытного образца, установочной серии, установившегося серийного или массового производства;
 - при технологической подготовке производства с учетом методов получения заготовок, обработки, сборки, испытания и контроля;
 - при изготовлении изделия в обоснованных случаях;
- б) совершенствование условий выполнения работ при производстве , эксплуатации и ремонте изделий и фиксации принятых решений в технологической документации;

- в) количественную оценку технологичности конструкции изделия;
- г) технологический контроль конструкторской документации;
- д) подготовку и внесение изменений в конструкторскую документацию по результатам технологического контроля.

Технологичной конструкцией называется конструкция изделия, значения показателей технологичности которой соответствуют базовым показателям технологичности, т.е. показателям, принятым за исходные при сравнительной оценке (ТКИ).

Отработки конструкции изделия на технологичность – часть работ по обеспечению технологичности, направления на достижение заданного уровня технологичности и выполнения на всех стадиях разработки изделия.

Технологический контроль конструкторской документации – контроль конструкторской документации, при котором проверяется соответствие конструкции изделия требованиям технологичности.

Различают производственную, ремонтную и эксплуатационную технологичность.

В контрольной работе оценивается производственная технологичность конструкции детали.

Производственная технологичность проявляется в сокращении затрат средств и времени на конструкторскую подготовку производства (КПП), технологическую подготовку производства (ТПП), изготовление изделия, в том числе контроль.

Главными факторами, определяющими требования к ТКИ, являются вид изделия, объем выпуска, тип производства.

Вид изделия определяет главные конструктивные и технологические признаки, обуславливающие основные требования к ТКИ.

Объем выпуска и тип производства определяют степень технологического оснащения, механизации и автоматизации технологических процессов и специализацию всего производства.

Существуют два вида оценки технологичности конструкции изделия: качественная и количественная.

Качественная оценка ТКИ характеризует технологичность конструкции изделия обобщенно на основе опыта исполнителя. Она применяется в тех случаях, когда нет необходимости определения степени различия сравниваемых вариантов на всех стадиях отработки конструкции изделия на технологичность.

При качественной оценке ТКИ, например производственной, качественно оцениваются свойства конструкции изделия на предмет снижения затрат на производство. Например, у ступенчатого отверстия диаметры ступеней должны уменьшаться, тогда их можно обработать с меньшими затратами растачиванием.

Качественная оценка ТКИ предшествует количественной и определяет ее целесообразность, и соответственно затрат времени не определение числовых значений показателей технологичности сравниваемых вариантов.

Необходимость количественной оценки технологичности конструкции изделия, а также номенклатура показателей и методика их определения устанавливается в зависимости от вида изделий, типа производства и стадии разработки конструкторской документации отраслевыми стандартами или стандартами предприятий.

Количественная оценка, согласно ГОСТ 14.201-63, производится с помощью системы показателей, включающей:

- а) базовые - нормативно-заданные, обязательные для выполнения значения показателей технологичности;
- б) достигнутые значения показателей технологичности разрабатываемого изделия;
- в) показатели уровня технологичности изделия.

Показатель ТКИ – количественная характеристика технологичности.

Базовый показатель ТКИ – показатель технологичности, принятый за переходный при оценке технологичности.

Частный показатель ТКИ – показатель технологичности, характеризующий одно из входящих в него свойств.

Комплексный показатель ТКИ – показатель технологичности, характеризующий несколько входящих в него комплексных или комплексных свойств.

Уровень ТКИ – показатель технологичности (I), выраженный отношением достигнутого значения показателя технологичности данного изделия K_0 к значению соответствующих базовых показателей K_δ технологичности:

$$K_\eta = \frac{K_0}{K_\delta} \quad (1)$$

Основными показателями технологичности являются: трудоемкость (затраты труда, т.е. времени), энергоемкость (затраты энергии), материалоемкость (затраты материалов), себестоимость (затраты в денежном выражении) на выполнение ТП.

Частными показателями технологичности являются: коэффициент использования материала, коэффициент стандартизации, коэффициент точности, коэффициент шероховатости и другие.

В контрольной работе необходимо осуществить качественную и количественную оценку технологичности конструкции детали.

В ГОСТ 14.205-83 приведен рекомендуемый перечень показателей ТКИ для разных видов изделий (деталь, сборочная единица, комплекс, комплект) и стадий разработки конструкторской документации (техническое предложение, эскизный проект, технический проект и рабочая документация опытного образца (партии) деталей и серийного (массового производства). Например, для деталей необходимо обязательно применить показатели : трудоемкость, технологическая себестоимость и коэффициент унификации конструктивных элементов; а для рабочей документации опытного образца обязательно нужно определять: удельную материалоемкость изделия, коэффициент применимости материала и коэффициент унификации конструктивных элементов.

В стандарте даны содержание и последовательность работ по обеспечению технологичности. Например, на стадии эскизного проекта нужно выполнить следующие работы:

- анализ соответствия компоновок и членения вариантов конструкции изделия условиям производства;
- анализ соответствия компоновок и членения вариантов конструкции изделия условиям технического обслуживания и ремонта;
- сопоставление вариантов конструкции изделия по унификации, стандартизации, по точности расположения и способам соединения составных частей изделия;
- расчет показателей ТКИ вариантов конструкции изделия;
- выбор варианта ТКИ для дальнейшей разработки;
- технологический контроль конструкторской документации.

1.3. Качественная оценка технологичности конструкции детали

При качественной оценке технологичности конструкции детали (ТКД) в контрольной работе рекомендуется выполнять требования к технологичности конструкции детали «крышка» на стадиях изготовления: заготовительной и механической обработки.

На чертеже детали оговорены требования по конструктивным формам, точности размеров, формы взаимного расположения и качества поверхностей деталей.

В зависимости от этих требований можно изготовить:

- 1) все поверхности детали – только заготовительным методом (литье, штамповка и т.д.);
- 2) часть наименее точных поверхностей детали – заготовительными методами, а остальные поверхности – методами, обработки резанием;
- 3) все поверхности детали методами обработки резанием (точением, сверлением, шлифования и т.д.). Во всех рассмотренных случаях выбирается маршрут изготовления поверхностей деталей, включающий заготовительные методы, и методы обработки резанием, методы обработки обеспечивающие минимум суммарных затрат на изготовление детали. Снижение затрат на заготовительной стадии приводит к росту затрат на механическую обработку и наоборот, а суммарные затраты при этом можно определить только на основе экономического расчета для данного типа производства.

1.3.1 Обеспечение технологичности конструкции детали на заготовительной стадии

Для крышки из чугуна выбрана заготовка в виде отливки в кокиль (из практического занятия 2 или презентации ПР2 ОТМ).

Необходимо решить следующие задачи:

- оценить литейные свойства материала детали;
- произвести выбор положения отливки в пространстве и поверхности разъема форм в зависимости от конфигурации будущей отливки и способа литья;

- оценить возможность формовки при литье в разовые формы или извлечения отливки из постоянной (металлической) формы;
- оценить радиусы закруглений наружных и внутренних углов отливки.

1.3.2 Обеспечение технологичности конструкции детали на стадии механической обработки

Для выбранных в оптимальном маршруте изготовления поверхностей детали методов механической обработки, обработка конструкции детали на технологичность должна состоять из следующих этапов:

- Чертеж детали должен быть оформлен в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и Единой системы допусков и посадок (ЕСДП). Значения размеров деталей, допусков и отклонений от размеров, формы, взаимного расположения поверхностей; параметров шероховатости поверхностей; свойств материала, покрытий; размеров стандартизованных элементов деталей должны быть назначены предпочтительными в соответствии с требованиями соответствующих стандартов с учетом экономической точности. Это приведет к сокращению типоразмеров приспособлений режущего, вспомогательного и контрольно-измерительного инструмента; к сокращению затрат на реализацию технологического процесса.

- Должна быть обеспечена правильность назначения базовых поверхностей и простановки размеров.

- Целесообразно осуществлять принцип совмещения конструкторских технологических и измерительных баз. Несоблюдение этого принципа приведет к необходимости введения технологических размеров, удлинению размерных цепей и ужесточению допусков на составляющие размеры. При невозможности соблюдения принципа совмещения баз нужно связывать базы наиболее рационально.

- При отсутствии сборочного чертежа изделия за технологическую базу следует принимать конструкторскую базу, т.е. поверхность, с которой связано размерными линиями большое количество других поверхностей. Обработанные и необработанные поверхности должны быть связаны только одним размером (одна обработанная поверхность с одной необработанной). Остальные обработанные поверхности должны быть соединены с обработанными поверхностями, а необработанные поверхности - с необработанными, необходимым количеством размеров.

Простановка размеров с учетом технологических требований обеспечивает :

- совмещение конструкторских, технологических к измерительных баз;
- получение размеров деталей при обработке на настроенном станке;
- применение наиболее простых приспособлений, режущего и измерительного инструмента;
- надежность и простоту обмера детали на станке при обработке и окончательном контроле;
- отсутствие необходимости в пересчете размеров при изготовлении и

обмере деталей (выполнение правил простановки размеров между обрабатываемыми и не обрабатываемыми поверхностями») и т.д.

3. Должна быть обеспечена технологичность конструктивных форм деталей:

а) технологичность формы детали нужно оценивать: с учетом вида обрабатываемых поверхностей (наружная или внутренняя, плоская, цилиндрическая, криволинейная, резьбовая, зубчатая и т.д.; выбранного технологического метода обработки (фрезерование, точение, протягивание и т.д.); технологических особенностей и вида оборудования для конкретных условий и типа производства (единичное, серийное, массовое).

Поэтому первоначально нужно выделить элементарные поверхности, формообразующие деталь, и выбрать тип оборудования для обработки этих поверхностей с учетом типа производства. Следует также обратить внимание на возможные схемы базирования деталей при обработке указанных поверхностей;

б) конструкция детали, независимо от технологического метода ее обработки, должна обеспечивать простое, надежное и удобное ее закрепление на станке. Деталь должна иметь высокую жесткость. Для закрепления нежестких деталей требуются более сложные и дорогие приспособления, а также значительные затраты времени на их установку на станке;

в) геометрические элементы деталей (фаски, радиусы закреплений, центровые отверстия, канавки для выхода шлифовального круга и резьбового инструмента и т.п.) должны быть стандартизованы и унифицированы [2,5]. Это сокращает номенклатуру инструмента, и повышает производительность обработки.

Обеспечение технологичности деталей, имеющих наружные поверхности вращения

а) детали, имеющие наружные поверхности вращения (валы, оси, втулки, фланцы, и др.), обрабатываемые на станках токарной группы, должны иметь максимальное число поверхностей вращения, что обеспечит их полную обработку на одном станке;

б) детали, обрабатываемые на токарных автоматах, должны иметь минимальное число изменений диаметра сечения;

в) многолезцовые полуавтоматы наиболее рационально использовать для обработки валов, у которых длины ступеней кратны, а диаметры уменьшаются в одном направлении» (в этом случае упрощается наладка станка, значительно уменьшается основное технологическое время); если вал симметричен относительно его середины, то он может быть обработан с обеих сторон при одной наладке;

г) при обработке валов на станках с программным управлением к конструкциям валов в некоторых случаях предъявляют менее жесткие требования (например, сложные фасонные контурные и объемные поверхности можно получить без особых трудностей);

д) следует оставить центровое отверстие у валов при отношении длины к диаметру $5 < \frac{L}{D} \leq 10$ (если $5 \leq \frac{L}{D}$, то деталь закрепляют в патроне и центровые отверстия не нужны; детали, длины которых превышает 10-12 диаметров, обрабатывают с использованием люнетов);

е) выполнение скруглений на торцах валов (осей) требует использования специального режущего инструмента, поэтому округление рекомендуется заменять фаской;

ж) конические переходы между ступенями следует назначать под обработку с учетом стандартных токарных резцов с главным углом в плане φ , равным 30, 45, 60 и 90°. Применение переходов с одним значением угла позволяет применять один резец, что сокращает затраты на инструмент;

з) канавки в одном и том же валу следует назначать одинаковой ширины и обрабатывать одним канавочным резцом с шириной режущей кромки, равной ширине канавки;

и) сторона квадратного сечения на середине вала или оси должна быть больше диаметра примыкающей шейки во избежание ослабления сечения детали, если квадратное сечение выполняют на конце вала, то сторона квадрата должна быть меньше диаметра примыкавшей шейки;

к) безударную обработку торцов детали обеспечивает замена прямоугольного фланца круглым;

л) необходимо максимально упрощать фасонные поверхности на валах и отделять их от остальных поверхностей детали канавками. Это снижает стоимость обработки и позволяет увеличить режимы резания.

. Обеспечение технологичности деталей, имеющих внутренние поверхности вращения (отверстия)

а) отверстия, обрабатываемые на сверлильных станках, целесообразно выполнять сквозными или ступенчатой формы;

б) поверхности отверстий должны соответствовать по форме стандартному инструменту. Например, глухие отверстия следует проектировать с коническим дном образуемым режущей кромкой сверла. Отверстия должны соответствовать по размерам стандартным сверлам разверткам и другому мерному инструменту;

в) не следует предусматривать сквозные отверстия с отношением длины к диаметру более 10, так как обработка таких отверстий требует применения специальных сверл;

г) глубина глухих отверстий не должна превышать шесть диаметров. Сверление удлиненных отверстий рекомендуется только в особых случаях. При сверлении удлиненными сверлами возможно смещение оси отверстий от заданного направления;

д) для глухих отверстий, подвергаемых чистовой обработке, следует указать ее длину, так как по всей длине трудно достичь низкой шероховатости;

е) в деталях типа втулок нецелесообразно иметь глухие отверстия с двух сторон, так как это требует обработки детали за две установки;

ж) внутренние резьбы рекомендуется выполнять сквозными. Глубина резьбы в глухих отверстиях должна быть согласована с размерами рабочей части метчика. Не рекомендуется назначать резьбы длиной более 1,6-3,0 диаметров, так как при этом нарушаются нормальные условия свинчиваемости детали;

з) конструктивные элементы деталей не должны вызывать деформаций изгиба инструменте, особенно при его входе и выходе из заготовки при протягивании, сверлении, зенкерении и развертывании. Поверхность, в которую входит инструмент, должна быть перпендикулярна направлению его движения. Это требование имеет особое значение для заготовок, обрабатываемых на агрегатных станках, автоматических линиях и станках с ПУ, при большом числе осевого инструмента с недостаточной изгибной жесткостью;

и) отверстия в корпусных деталях целесообразно выполнять соосными. Отверстия, к которым предъявляют высокие требования по точности взаимного расположения, рационально обрабатывать, не закрепляя заготовки. Конструкция деталей должна обеспечивать обработку отверстий за один рабочий ход, а их диаметры должны последовательно изменяться;

к) обрабатываемые части деталей должны быть расположены таким образом, чтобы была возможность их обработки, например, сверление и нарезание резьбы;

л) отдельные участки режущей кромки инструмента должны работать в приблизительно одинаковых условиях. Значительное различие в скорости резания на кромке приводит к неравномерному изнашиванию. Близко в оси вращения скорость резания мала, а инструмент не режет, а сминает материал заготовки. Наличие осевого отверстия существенно облегчает процесс резания.

Обеспечение технологичности деталей, имеющих плоские поверхности

в) поверхности корпусной детали (в том числе и плоские), обрабатываемые на станке с ЧПУ, должны быть расположены таким образом, чтобы они были обращены к шпинделю станка при повороте детали вокруг ее оси;

б) целесообразно выдерживать ширину фрезеруемых участков постоянной, так как изменение ширины фрезерования приводит к изменению сил резания, что вызывает погрешность формы;

в) свободный доступ к поверхности упрощает процесс ее обработки. Следует также по возможности избегать обработки закрытых поверхностей (плоскостей);

г) форму шпоночного паза следует принимать в соответствии с размерами шпоночной или дисковой фрезы. Радиус паза должен быть согласован с

диаметром фрезы и зазором между обрабатываемой деталью и установочным кольцом;

д) если одна сторона отверстия плоская, а другая фасонная, то последнюю нужно сделать также плоской и симметричной первой. Это упростит процесс обработки;

е) производительность обработки резко возрастает, если конструкция детали допускает многоместную установку в приспособлении. Заготовки следует устанавливать без зазоров (например, в тиски), чтобы выход инструмента из одной заготовки был совмещен со входом в другую заготовку;

к) предпочтительнее конструкции фрезеруемых (строгаемых, шлифуемых) пазов, допускавшие обработку напроход, например, закрытые и полузакрытые пазы следует заменять сквозными;

з) следует стремиться к уменьшению площади обработки сопрягаемых плоскостей;

и) значительно облегчается процесс обработки, если разграничивать поверхности, обрабатываемые различными методами (канавки для выхода шлифовального круга к т.д.) [1,2,5].

1.4. Количественная оценка технологичности конструкции детали

Количественная оценка ТКД (технологичности конструкции детали) производится по усмотрению разработчика изделия при затратах на изготовление детали, сопоставимых с затратами на сборочную единицу в целом.

Показатели ТКД классифицируют:

а) по области проявления (производственные, эксплуатационные ремонтные);

б) по значимости (основные, вспомогательные);

в) по количеству характерных признаков (частные, комплексные); способу выражения (абсолютные, относительные).

Методика определения показателей технологичности подробно рассмотрена в методических указаниях.

Определение основных показателей ТКД

Основными показателями ТКД являются: трудоемкость, материалоемкость, энергоемкость, себестоимость изготовления.

а) *Трудоемкость изготовления детали* характеризует количество затраченного труда на его производство и эксплуатацию, определяемое в единицах рабочего времени (чел.-ч, нормо-ч).

Следует отметить, что показатель трудоемкости является показателем технологичности, если он изменяется с изменением конструкции детали.

б) *Материалоемкость детали* характеризует количество затраченного материала на производство изделия и его эксплуатацию, определяемое в единицах массы. Материалоемкость в контрольной работе рекомендуется оценивать с помощью вспомогательного показателя - коэффициента использования материала.

в) *Энергоемкость изделия* характеризует количество топливно-энергетических ресурсов на изготовление, монтаж вне предприятия-изготовителя, технологическое и техническое обслуживание, ремонт или утилизацию.

г). *Себестоимость изделия* отражает количество затрат труда, материальных и топливно-энергетических ресурсов на производство и эксплуатацию изделия. Себестоимость является важнейшим обобщающим показателем качества. Определение основных показателей технологичности затруднено, так как согласно Р 50-54-93-88 обработка конструкции деталей на технологичность предшествует разработке технологических процессов, а определять эти показатели без разработки технологических процессов невозможно.

Поэтому в контрольной работе рекомендуется определять вспомогательные показатели технологичности, косвенно характеризующие основные показатели.

Определение вспомогательных показателей ТКД

В ГОСТ 14.201-83 не оговорен перечень дополнительных показателей ТКД.

В контрольной работе предложено определять следующие дополнительные показатели:

1. Коэффициент унификации конструктивных элементов $K_{уэ}$ (2):

$$K_{уэ} = \frac{N_{уэ}}{N_э}, \quad (2)$$

где $N_{уэ}$ – число унифицированных типоразмеров конструктивных элементов;

$N_э$ – число типоразмеров конструктивных элементов в изделии.

Примерами конструктивных элементов в изделии являются резьбы, крепления, галтели, фаски, проточки, отверстия и т.п.

2. Коэффициент обрабатываемости материала K_m (3):

$$K_m = \frac{V_n}{V_{45}}, \quad (3)$$

где V_n – скорость резания при точении заданного материала детали резцом из рекомендуемого инструментального материала и при рекомендуемой подаче;

V_{45} – скорость резания при точении стали 45 при одинаковых с обрабатываемым материалом параметрах обработки (например, постоянные диаметр и длина обработки, глубина резания, тип резца и т.п.), а также при рекомендуемой подаче и резцом из рекомендуемого инструментального материала.

3. Коэффициент использования материала $K_{им}$ (4):

$$K_{\text{им}} = \frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{заг}}}, \quad (4)$$

где $Q_{\text{д}}$ – вес детали;

$Q_{\text{заг}}$ – вес заготовки (учитывая, что удельный вес материала детали и заготовки постоянный, можно брать отношение объемов).

4. Характеристика точности детали:

а) наивысшая точность – указывается номер качества, например, $H_m=6$;

$$K_{\text{тч}} = \frac{T_6}{T_{\text{ср}}}, \quad (5)$$

где T_6 – допуск шестого качества для любого произвольного размера;

$T_{\text{ср}}$ – допуск на тот же размер для среднего значения качества $IT_{\text{ср}}$ (6):

$$IT_{\text{ср}} = \frac{IT(6 \times \Pi_6 + 7 \times \Pi_7 + \dots + 14 \times \Pi_{14})}{N}, \quad (6)$$

где 6, 7...14 – качества, с точностью которых должны быть выполнены размеры деталей;

$\Pi_6, \Pi_7 \dots \Pi_{14}$ – количество поверхностей (размеров), имеющих точность соответствующего качества;

N – общее количество обрабатываемых размеров;

в) коэффициент уточнения $K_{\text{ут}}$ (7):

$$K_{\text{ут}} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{ср}}}, \quad (7)$$

где $T_{\text{заг}}$ – допуск на любой размер заготовки;

$T_{\text{ср}}$ – допуск на тот же размер по среднему качеству, определенному выше.

5. Характеристика шероховатости поверхности детали:

а) минимальная шероховатость поверхности R_{zmin} ;

б) коэффициент шероховатости $K_{\text{ш}}$ (8):

$$K_{\text{ш}} = \frac{2,5}{R_{z \text{ ср}}}, \quad (8)$$

где 2,5 мкм – базовое значение параметра R_z шероховатости;

$R_{z \text{ ср}}$ (9) – среднее значение параметра шероховатости для всех обрабатываемых поверхностей:

$$R_{z \text{ ср}} = \frac{320 \times \Pi_{320} + 250 \times \Pi_{250} + \dots + 2,5 \times \Pi_{2,5}}{N_{\text{об}}}, \quad (9)$$

где 320...2,5 – значения шероховатости обрабатываемых поверхностей деталей;
 $P_{320}, P_{250} \dots P_{2,5}$ – количество поверхностей, имеющих соответствующую шероховатость;

$N_{об}$ – общее число механически обрабатываемых поверхностей деталей;
в) коэффициент уменьшения шероховатости $K_{ум}(10)$:

$$K_{ум} = \frac{R_{z \text{ заг}}}{R_{z \text{ ср}}}, \quad (10)$$

6. Сложность формы детали определяется коэффициентом формы $K_{ф}(11)$:

$$K_{ф} = \frac{V_{д}}{V_{о}}, \quad (11)$$

где $V_{д}$ – объем простейшего геометрического тела, описывающего рассматриваемую деталь (цилиндра, прямоугольника, шара и т.д.);

$V_{о}$ – объем готовой детали.

7. Уровень стандартизации конструкции детали определяется коэффициентом стандартизации $K_{ст}(12)$:

$$K_{ст} = \frac{N_{ст}}{N_{общ}}, \quad (12)$$

где $N_{ст}$ – количество поверхностей детали, имеющих стандартные: форму (поверхности, получаемые стандартным инструментом: сверлами, резцами и т.д.), размеры (попадающие в нормальные ряды размеров), допуски размеров (ГОСТ 25346-89), допуски и формы взаимного расположения (ГОСТ 24643-81), шероховатость (ГОСТ 2789-73), а также поверхности шпоночные, шлицевые, зубчатые и стандартизованные конструктивные элементы;

$N_{общ}$ – общее количество поверхностей детали.

Анализ технологичности конструкции детали по дополнительным показателям технологичности

Необходимо сделать конструкцию более технологичной улучшив значения отдельных дополнительных показателей.

Группа показателей технологичности являются одной из групп показателей качества детали, потому можно применить формулы квалиметрии для расчета относительных показателей качества крышки, и уровней технологичности по сравниваемому и базовому вариантам.

За базовый необходимо выбрать вариант с лучшими значениями отдельных показателей технологичности.

Первоначально нужно выписать абсолютные значения показателей технологичности существующего (сравниваемого) варианта. Затем необходимо улучшить элементы конструкции и рассчитать улучшенные значения

некоторых показателей нового (базового) варианта, а также выписать значения других показателей.

После этого рекомендуется применить дифференциальный метод квалиметрии, при котором все показатели считаются равнозначимыми, а уровень качества рассчитывается как среднее арифметическое значение относительных показателей. Затем следует рассчитать относительные значения показателей технологичности по формулам (13), (14).

Обычно используют упрощенные формулы (13) или (14) для расчета приведенных (относительных) значений показателей сопоставляемых свойств:

$$q_i = \frac{P_{iоц}}{P_{iбаз}} , \quad (13)$$

$$q_i = \frac{P_{iбаз}}{P_{iоц}} , \quad (14)$$

где q_i – относительный показатель уровня i -го свойства или уровень конкретного показателя свойства по отношению к показателю соответствующего свойства базового (эталонного) объекта (образца);

$P_{iоц}$ – показатель i -го свойства оцениваемого объекта;

$P_{iбаз}$ – показатель того же i -го свойства базового или эталонного образца;

$i = 1, 2, 3 \dots n$, а n – количество свойств, учитываемых при оценке уровней свойств;

Формула (1) применяется, если увеличение численных значений показателей свойств характеризует их улучшение. В случаях, когда уменьшение показателей свойств есть их улучшение, применяется формула (2).

Количественно величину итогового показателя качества, т.е. уровень качества (Y_k), можно рассчитать по формуле (15) как определение среднего арифметического значения относительных показателей учитываемых свойств (q_i) сопоставляемых (оцениваемого и базового) образцов (объектов), то есть как

$$Y_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i . \quad (15)$$

Рассчитав уровни качества по группе показателей технологичности по сравниваемому и базовому вариантам . и разделив один на другой , можно узнать на сколько увеличится качество по показателям технологичности.

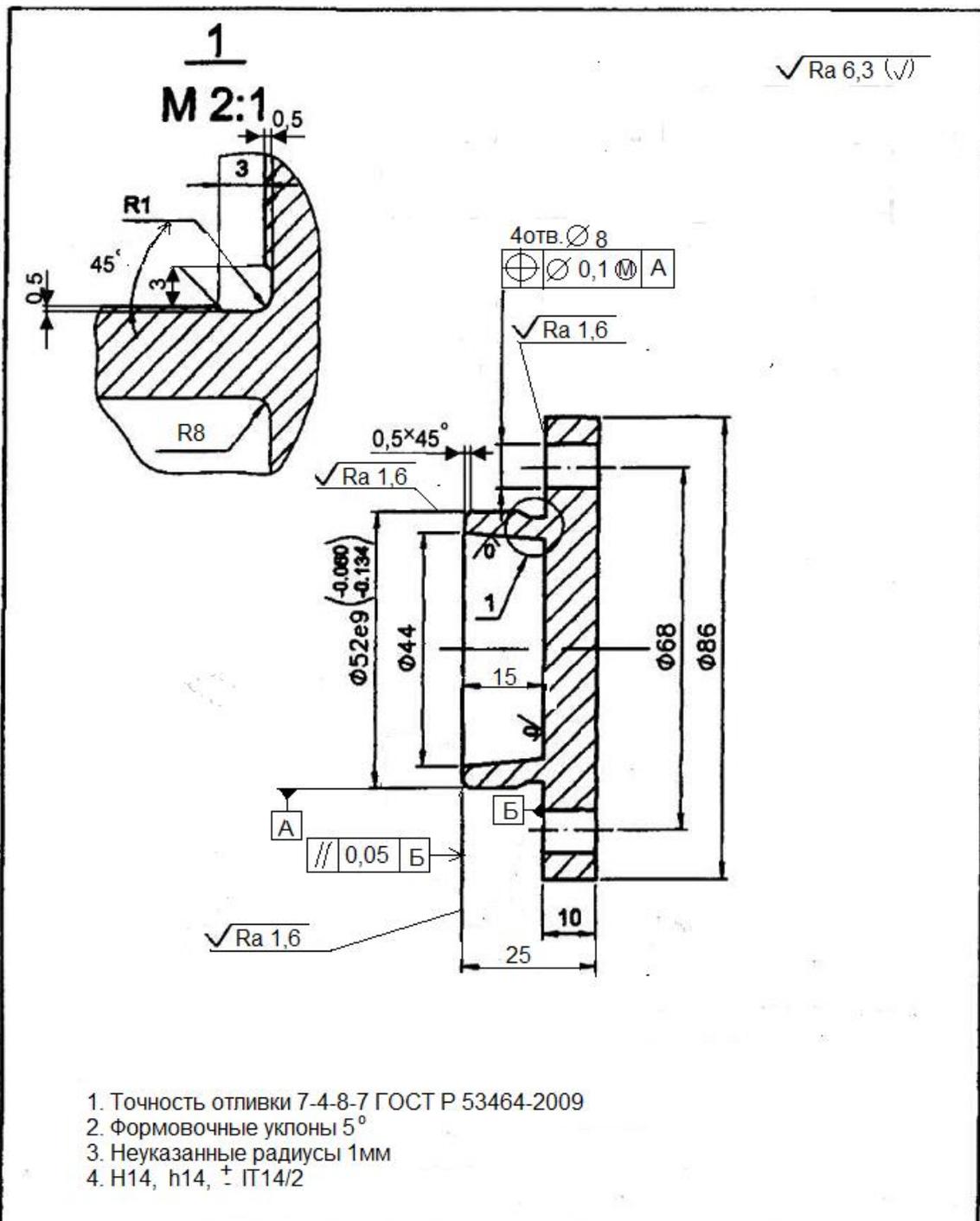
1.5. Пример анализа технологичности и корректировки чертежа крышки

В качестве примера выбрана крышка из презентации ПРЗ (рис.1), и чертеж отливки этой крышки из презентации ПРЗ (рис.2).

Рассматриваемая деталь относится к классу втулок, поэтому можно выбрать типовой маршрут изготовления глухой крышки [], приведенный в презентации ПР 2:

- заготовительная операция – отливка в кокиль;
- операции механической обработки: токарная: предварительное точение наружных поверхностей (цилиндрической и торцовой) при базировании по черновым базам (конструкторским базам крышки); токарная (однократное получистовое точение): подрезка торцов, точение цилиндра, прорезка канавки и точение фаски при базировании по наружным цилиндру и торцу; сверлильная-сверление четырех крепежных отверстий при базировании по конструкторской цилиндрической базе и наружному торцу, упирающемуся в подшипник при сборке; круглошлифовальная: шлифование цилиндра и двух торцов при базировании по наружным: цилиндру и торцу.

Конструкция детали позволяет без особых трудностей выполнить все выше представленные операции.



1. Точность отливки 7-4-8-7 ГОСТ Р 53464-2009
2. Формовочные уклоны 5°
3. Неуказанные радиусы 1мм
4. Н14, h14, ± IT14/2

				КР.060816.98.07.01		
				Крышка		
				ЛИТЕР.	МАССА	НАСЧТАБ
				у	0.47	1:1
				ЛИСТ		ЛИСТОВ 1
				СЧ15ГОСТ1412-85		СПБГИЭУ
ИЗМ.	ЛИСТ	И ДОКУМЕНТА	ПОДПИСЬ	ДАТА		
Рисов.						
Проект.						
Техн.р.						
Начерт.						
Утв.						

Рис. 1. Чертеж крышки

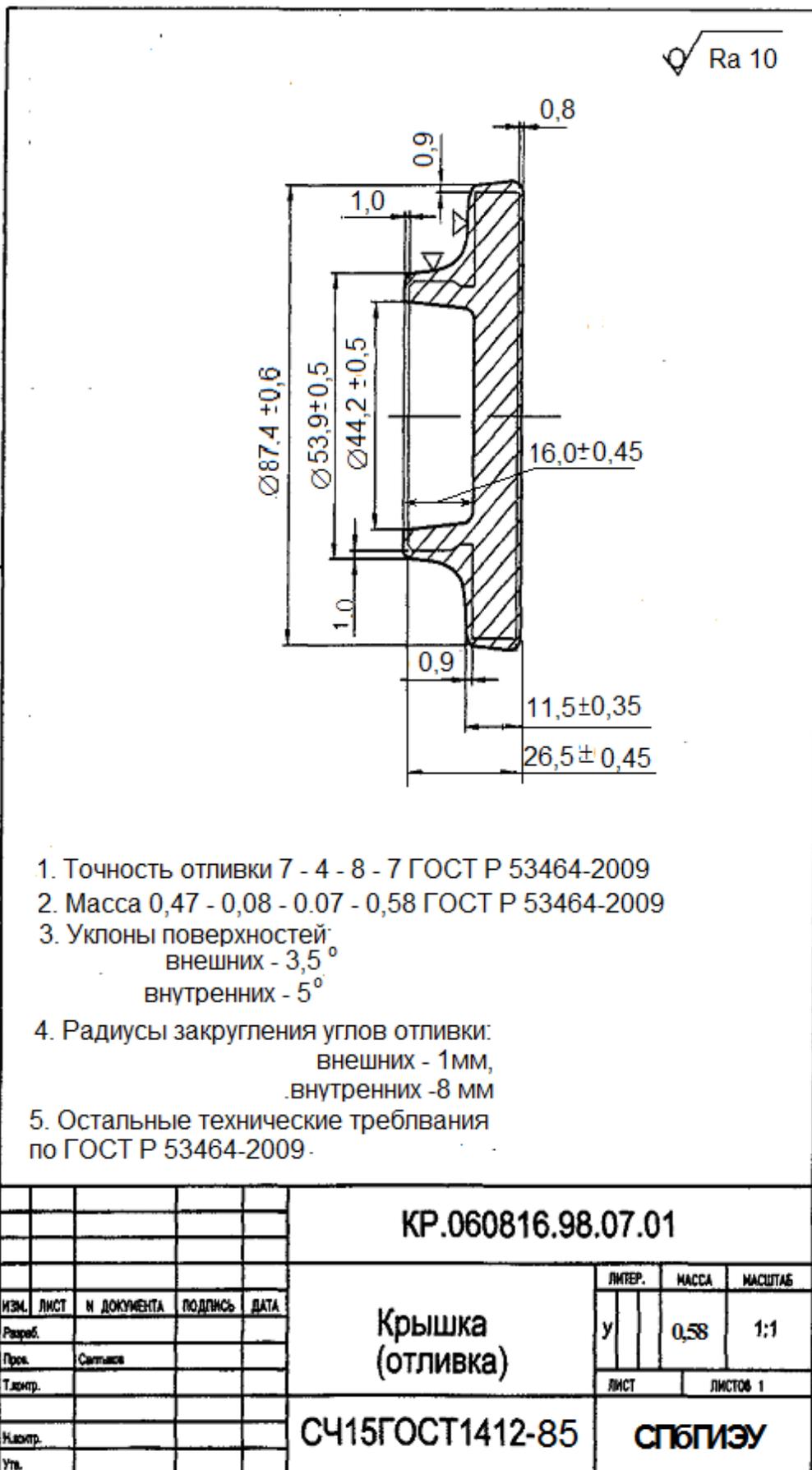


Рис. 2. Чертеж отливки крышки

Обеспечение технологичности конструкции детали на заготовительной стадии

1. Оценка литейных свойств материала детали.

Машиностроительные отливки из серого чугуна обладают хорошими литейными свойствами; жидкотекучестью расплава, позволяющей хорошо заполнять литейную форму и небольшой усадкой. Из чугуна марки СЧ15 рекомендуется изготавливать крышки.

2. Выбор положения отливки в пространстве и поверхности разъема форм в зависимости от конфигурации будущей отливки и способа литья.

При литье в кокиль необходимо учитывать, что тип производства часто получается средне- или крупносерийным. Поэтому применение ручного кокиля исключено. Машинный кокиль устанавливается на кокильный станок, а эти станки изготавливают, как правило, с вертикальным разъемом. Поэтому плоскость двух наибольших размеров детали располагается в кокиле вертикально. Плоскость разъема отливки и кокиля предпочтительно выбирать таким образом, чтобы тепловая нагрузка обеих частей кокиля, а значит и их износ были примерно одинаковыми.

Для крышки разъем литейной формы выбран совпадающим с поверхностью наружного торца. В этом случае вся отливка располагается в одной полуформе и погрешности, получающиеся за счет взаимного смещения полуформ, отсутствуют.

3. Оценка возможность извлечения отливки из кокиля.

Для удобства извлечения отливки из кокиля, в соответствии с ГОСТ Р 53465-2009, выбраны литейные уклоны: для наружных поверхностей - $3^{\circ} 27'$, а для внутренних - $4^{\circ} 55'$.

4. Оценка радиуса закругления углов.

Радиусы закругления: внутренних углов - 8мм и , наружных - 1мм выбраны из условий, приведены в презентации ПРЗ.

Обеспечение технологичности конструкции детали на стадии механической обработки

а). Оценка соответствия чертежа детали требованиям ЕСКД и ЕСПД (нормоконтроль).

Технологичность конструкции детали улучшится, если будут выполнены требования стандартов ЕСКД и ЕСПД, и она количественно оценена дополнительным показателем - коэффициентом стандартизации $K_{ст}$.

Проведен анализ исходных данных, необходимых для расчета коэффициента стандартизации. При анализе не учитываются размеры конструктивных элементов (радиусов, фасов, канавок), а также шлицевых, шпоночных, резьбовых, зубчатых поверхностей.

Стандартизация линейных размеров детали (рис. 1).

Линейные размеры детали должны попасть в предпочтительные ряды размеров по ГОСТ 6639-69 (табл.1)

Таблица 1

Основные ряды нормальных линейных размеров

Ряд			Размер, мм															
R40	R20	R10	R5	1,0	1,6	2,5	4,0	6,3	10	16	25	40	63	100	160	250	400	
				1,2	2,0	3,2	5,0	8,0	12	20	32	50	80	125	200	320	500	
					1,1	1,8	2,8	4,5	7,1	11	18	28	45	71	110	180	280	450
					1,4	2,2	3,6	5,6	9,0	14	22	36	56	90	140	220	360	—
					1,05	1,7	2,6	4,2	6,7	10,5	17	26	42	67	105	170	260	420
					1,15	1,9	3,0	4,8	7,5	11,5	19	30	48	75	120	190	300	480
				1,3	2,1	3,4	5,3	8,5	13	21	34	53	85	130	210	340	—	
				1,5	2,4	3,8	6,0	9,5	15	24	38	60	95	150	240	380	—	

В основные ряды нормальных размеров по ГОСТ 6639-69 в порядке предпочтительности попали размеры, получаемые после механической обработки: в ряд R5: 10 мм; 25 мм, а в ряд R10-8мм. Ни в основные, ни в дополнительные ряды не попали размеры 52мм, 68мм, 86мм. Таким образом, из 6 размеров 3 являются не стандартными.

Стандартизация угловых размеров детали

Угловых размеров на рассматриваемом чертеже нет (угол 45° входит в группу размеров, характеризующих конструктивные элементы: фаски и канавки и как отдельный угловой элемент не рассматривается).

Стандартизация допусков формы и взаимного расположения.

Оба значения допусков взаимного расположения поверхностей (параллельности-0,05мм и позиционный- 0.1мм) попали в предпочтительный ряд по ГОСТ 24643-81 (табл.2).

Таблица 2

Числовые значения допусков формы и расположения поверхностей по (ГОСТ 24643-81), мкм

0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
-----	------	------	-----	------	-----	-----	-----	-----	-----

Место шлифования	Наружное шлифование	Внутреннее шлифование				
По цилиндру						
По торцу						
По цилиндру и торцу						
d , мм	d_2 , мм	d_2 , мм	b , мм	h , мм	r , мм	r_1 , мм
До 10	$d-0.3$	$d+0.3$	2	0.3	0.5	0.3
Св. 10 до 50	$d-0.5$	$d+0.5$	3	0.3	1.0	0.5
Св. 50 до 100	$d-1$	$d+1$	5	0.5	1.6	0.5
Св. 100	$d-1$	$d+1$	8	0.5	2.0	1.0
Примечания.						
1. При шлифовке на одной детали нескольких различных диаметров рекомендуется применять канавки одного размера.						
2. Допускается применять другие размеры канавок, исходя из прочностных или конструктивных особенностей изделия.						

Рис.6. Канавки для выхода шлифовального круга.

Оценка правильности назначения базовых поверхностей и простановки размеров

Конструкторскими базовыми поверхностями крышки являются цилиндр А (52e9), относительно которого задан допуск взаимного расположения крепежных отверстий, и торец Б, скоординированный размером 10, относительно которого задан допуск параллельности торца крышки, упирающегося в подшипник. Эти поверхности используются в качестве черновых баз при обработке торца и диаметра фланца на первой токарной операции.. Поверхности А и Б обрабатываются за один установ на второй

токарной операции, и этим обеспечивается их взаимная параллельность. Поверхность А используется в качестве технологической базы при сверлении отверстий в кондукторе, чем обеспечивается позиционный допуск.

Простановка большинства осевых размеров относительно правого торца, используемого за настроечную технологическую базу на второй токарной операции, технологична.

Оценка технологичности конструктивных форм детали

а) С учетом вида обрабатываемых поверхностей.

Основные обрабатываемые поверхности детали: поверхности вращения.

Поскольку производство мелкосерийное, то обработку поверхностей вращения нужно производить на токарных шлифовальных и сверлильных станках - универсальных и с ЧПУ.

б) С учетом жесткости и удобства закрепления на станке.

Деталь является жесткой крышкой, ее удобно закреплять в трехкулачковом патроне.

в) С учетом унификации конструктивных элементов деталей .

Конструктивными инструментами являются стандартные канавка и фаска, выполняемые стандартными резцами.

Количественная оценка ТКД

1. *Расчет коэффициента унификации конструктивных элементов*
 $K_{уэ}$.

Число унифицированных конструктивных элементов $N_{уэ}$ равно общему числу элементов $N_э$:

$$N_{уэ} = N_э = 2 \text{ (1 фаска, 1 канавка),}$$
$$K_{уэ} = N_{уэ} / N_э = 2/2 = 1$$

2. *Расчет коэффициента стандартизации конструкции детали* $K_{ст}$

Определим количество поверхностей деталей, имеющих стандартную форму, размеры, допуски формы, размеров, взаимного расположения и шероховатость - $N_{ст}$, а также общее количество поверхностей- $N_о$:

а) количество поверхностей конструктивных элементов: стандартных $N_{кэст}=2$, общее $N_{кэ}=2$;

в) цилиндрические поверхности:

- базовая поверхность А.

Диаметр 52мм – не попадает в стандартные ряды (табл.1), но попадает в стандарт на подшипники - ГОСТ 7242-81 (он упирается в торец подшипника такого диаметра) и на крышки глухие - ГОСТ 18511-73, поэтому считаем его стандартным, а стандартными являются : допуск размера $e9$ (рис.4) и шероховатость поверхности $R_a=1,6$ мм (табл.3). Длина этой поверхности $L_n=25-10=15$ мм попадает в стандартный ряд $R40$ (табл.11), а торец цилиндра имеет стандартную шероховатость $R_a=1.6$ мкм (табл.3) и стандартный допуск параллельности относительно базового торца $B-0.05$ мм (табл.2). Все элементы у цилиндра стандартные , значит эта, поверхность стандартная;

- поверхность фланца;

Диаметр 86 мм нестандартный (не попадает в стандартные ряды из табл.1, там ближайший размер-85мм, и не попадает в размер стандартной крышки-82мм по ГОСТ 18511-73), а стандартными являются: допуск размера- $h14$ (рис.3) и шероховатость $R_a=6.3$ мкм (табл.3). Длина этой поверхности – 10мм попадает в стандартный ряд $R5$ (табл.1). Шероховатости поверхности на торцах поверхности $R_a=1.6$ мкм и $R_a=6.3$ мкм – стандартные (табл.3). Один элемент у цилиндра нестандартный , значит эта, поверхность нестандартная;

поверхности крепежных отверстий;

Диаметр 8 мм – стандартный (попадает в ряд $R10$ из табл.1), хотя у крышки по ГОСТ 18511-73 он равен 7мм шероховатость $R_a=6.3$.мкм- стандартная (табл.3), позиционный допуск стандартный - 0.5мм (табл.2).

Все поверхности отверстия стандартные, значит оно стандартно. Но, следует отметить, что межцентровое расстояние отверстий - 68мм нестандартное, а ближайшее стандартное из табл.1-67мм, а из ГОСТ18511-73-66мм.

Таким образом, число стандартных поверхностей $N_{cm}=4$, а общее число поверхностей $N_o=5$.

Тогда коэффициент стандартизации $K_{ст}$ (12):

$$K_{ст} = \frac{N_{ст}}{N_{общ}} = \frac{4}{5} = 0.8$$

3. Расчет коэффициента обрабатываемости материала

Для расчета коэффициента обрабатываемости заготовки из выберем точение поверхности заготовки диаметром 86мм с припуском 0.9мм, состоящей в первом случае из серого чугуна марки СЧ15, а во втором случае из стали марки сталь 45. Из табл.11 [22] для точения чугуна при диаметре от 60 до100мм, при сечении державки резца от 16*25мм до 25*40мм, при глубине резания до3мм подача равна $S_q=0.9$ мм/об (0.5-0.9мм/об). При тех же условиях подача при точении стали равна $S_{cm}=1.2$ мм/об (0.6-1.2мм/об). Выберем период стойкости при одноинструментной обработке $T=60$ мин. Теперь определим скорость резания при продольном точении [22, с. 265.] по формуле (16):

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v, \quad (16)$$

где коэффициент C_v и показатели степени m, x, y выбираются из [22 табл.17]: при наружном продольном точении чугуна с $HB\ 190$ проходными резцами из $BK6$ и $S > 0.4\text{мм/об}$: $C_v = 243, x = 0.15, y = 0.40, m=0.2$; при наружном продольном точении стали с $\sigma_B = 750\text{МПа}$ проходными резцами из $T15K6$ и $S > 0.7\text{мм/об}$: $C_v = 340, x = 0.15, y = 0.45, m=0.2$.

Коэффициент K_v определяется по формуле (17):

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (17)$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий марку материала заготовки: для чугуна (18):

$$K_{mv} = \left\{ \frac{190}{HB} \right\}^{n_v}, \quad (18)$$

где $HB=(163+229)/2=196$ - твердость чугуна марки СЧ15, а $n_v=1.25$ при обработке резцами из твердого сплава [22, табл.2], тогда

$$K_{mv} = \left\{ \frac{190}{196} \right\}^{1.25} = 0.95;$$

для стали (19):

$$K_{mv} = K_m \left\{ \frac{750}{\sigma_B} \right\}^{n_v},$$

(19)

где $\sigma_B=(550+690)/2= 620\text{МПа}$ - предел прочности при растяжении стали 45, а $K_m=1.0$ и $n_v=1.0$ - коэффициент и показатель степени, выбранные для углеродистой стали с $C < 0.6\%$ и $\sigma_B > 550\text{МПа}$ при обработке резцами из твердого сплава, тогда

$$K_{mv} = 1.0 \left\{ \frac{750}{620} \right\} = 1.21;$$

K_{nv} -коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания. Для поверхности заготовки без корки независимо от обрабатываемого материала $K_{nv} = 1$ [22, табл.5];

K_{uv} – коэффициент, учитывающий влияние свойств инструментального материала на скорость резания. Для черногого точения чугуна резцами с пластинками из $BK8$ - $K_{uv} = 0.83$, а для черногого точения конструкционной стали резцами с пластинками из твердого сплава с пластинками $T5K10$ - $K_{uv} =$

0.65. Тогда при точении чугуна $K_v = 0.95 \cdot 1.0 \cdot 0.83 = 0.79$, а при точении стали $K_v = 1.21 \cdot 1.0 \cdot 0.65 = 0.79$

Тогда скорость точения чугуна равна:

$$V = \frac{243}{60^{0.2} \cdot 0.9^{0.15} \cdot 0.9^{0.4}} \cdot 0.79 = 91 \frac{\text{м}}{\text{мин}}, \text{ а скорость точения стали:}$$

$$V = \frac{340}{60^{0.2} \cdot 0.9^{0.15} \cdot 1.2^{0.45}} \cdot 0.79 = 111 \frac{\text{м}}{\text{мин}}, \quad \text{тогда} \quad \text{коэффициент}$$

обрабатываемости чугуна марки СЧ15 (3) равен:

$$K_m = \frac{91}{111} = 0.82.$$

4. Расчет коэффициента использования материала

Из основной надписи (штампа)чертежей детали (рис.1.) и заготовки (рис.2) выпишем значения веса(массы) детали- $Q_d=0.47\text{кг}$ и отливки $Q_{заг.}=0.58\text{кг}$, тогда коэффициент использования материала равен:

$$K_{им} = \frac{0.47}{0.58} = 0.81$$

5. Расчет характеристик точности детали

а) наивысшая точность – $H_m=9$;

б) коэффициент точности обработки $K_{тч}$ (5):

- среднее значения качества IT_{cp} (6):

$$IT_{cp} = \frac{IT(9 \cdot 1 + 14 \times 8)}{9} = 13, \quad (6)$$

В качестве примера выберем диаметр 52мм, для которого допуск 6 качества $T_6=19\text{мм}$, а допуск 13 качества $T_{13}=460\text{мкм}$, Тогда:

$$K_{тч} = \frac{19}{460} = 0.041$$

в) коэффициент уточнения K_{yt} (7):

В качестве примера выберем диаметр 52мм, для которого допуск заготовки $T_{заг.}=1\text{мм}$, а допуск среднего 13 качества $T_{13}=460\text{мкм}$, Тогда:

$$K_{yt} = \frac{1}{460} = 0.0022$$

6. Расчет характеристик шероховатости поверхности детали:

а) минимальная шероховатость поверхности R_{zmin} :

В нашем случае минимальное значение шероховатости на чертеже $R_a=1.6\text{мкм}$ (рис.1), а перевод из R_a в R_z [3, с.87] производится по соотношению $R_a=0.25R_z$. Тогда минимальное значение $R_{zmin}=4 \cdot R_a=4 \cdot 1.6=6.3\text{мкм}$.

б) коэффициент шероховатости $K_{ш}$ (8):

$R_{z\text{ ср}}$ (9)- среднее значение параметра шероховатости для всех обрабатываемых поверхностей:

$$R_{z\text{ ср}} = \frac{25 \cdot 6 + 6.3 \cdot 3}{9} = 18.8 \text{ мкм}$$

При $R_a = 6.3 \text{ мкм}$ - $R_z = 25 \text{ мкм}$. Тогда:

$$K_{ш} = \frac{2.5}{18.8} = 0.132$$

в) коэффициент уменьшения шероховатости $K_{ум}$ (10):

$$K_{ум} = \frac{40}{18.8} = 2.12 ,$$

где (рис.2) $R_{z\text{ заг}} = 4 * R_{a\text{ заг}} = 4 * 10 = 40 \text{ мкм}$

7. Расчет коэффициента формы детали K_{ϕ} (11):

Крышка (рис.1) описывается цилиндром диаметром $D=86 \text{ мм}$ и длиной $L=25 \text{ мм}$. Тогда объем описанной фигуры рассчитывается по формуле

$$V_o = \frac{\pi D^2 \cdot L}{4} = \frac{3.14 \cdot 86^2 \cdot 25}{4} = 145146 \text{ мм}^3 ,$$

Объем детали берем из презентации ПРЗ Ч.2 ОТМ $V_o = 65092 \text{ мм}^3$, тогда:

$$K_{\phi} = \frac{145146}{65092} = 2.23$$

Анализ технологичности конструкции детали по дополнительным показателям технологичности

Для существующего или сравниваемого варианта показатели технологичности имеют следующие значения: $K_{уэс} = 1$, $K_{стс} = 0.8$, $K_{мс} = 0.82$, $K_{имс} = 0.81$, $K_{тчс} = 0.041$, $K_{ут} = 0.0022$, $K_{шс} = 0.132$, $K_{умс} = 2.12$, $K_{\phi} = 2.23$.

За базовый выберем вариант с лучшими значениями отдельных показателей технологичности: $K_{уэб} = 1$, $K_{стб} = 1.0$ (один нестандартный диаметр 86мм заменен на стандартный 85мм), $K_{мб} = 0.82$, $K_{имб} = 0.81$ (изменение одного диаметра на 1мм как у детали так и у отливки существенно не изменит значения этого коэффициента), $K_{тчс} = 0.041$ (в соответствии с рекомендациями [19] диаметр 52e9 заменен 52d11, но при это средний квалитет останется равным IT13), $K_{утб} = 0.0022$, $K_{шб} = 0.128$ (в соответствии с

рекомендациями [19] на трех поверхностях выбрано значение Ra=2.5 мкм вместо Ra=1.6мкм, $K_{умс} = 2.04$, $K_{\phi} = 2.23$.

Относительные показатели качества сравниваемого варианта:

$$q_{1c} = \frac{K_{уэс}}{K_{уэб}} = \frac{1}{1} = 1; q_{2c} = \frac{K_{стс}}{K_{стб}} = \frac{0.8}{1} = 0.8; q_{3c} = \frac{K_{мс}}{K_{мб}} = \frac{0.82}{0.82} = 1;$$

$$q_{4c} = \frac{K_{имс}}{K_{имб}} = \frac{0.81}{0.81} = 1; q_{5c} = \frac{H_{тс}}{H_{тб}} = \frac{9}{11} = 0.82; q_{6c} = \frac{K_{тчб}}{K_{тчс}} = \frac{0.041}{0.041} = 1;$$

$$q_{7c} = \frac{K_{утб}}{K_{утс}} = \frac{0.0022}{0.0022} = 1; q_{8c} = \frac{R_{zminс}}{R_{zminб}} = \frac{6.3}{10} = 0.66; q_{9c} = \frac{K_{шб}}{K_{шс}} = \frac{0.82}{0.82} = 1;$$

$$q_{10c} = \frac{K_{умб}}{K_{умс}} = \frac{2.04}{2.12} = 0.96; q_{11c} = \frac{K_{\phiс}}{K_{\phiб}} = \frac{2.23}{2.23} = 1$$

Относительные показатели качества базового варианта:

$$q_{1б} = \frac{K_{уэб}}{K_{уэб}} = \frac{1}{1} = 1; q_{2б} = \frac{K_{стб}}{K_{стб}} = \frac{1}{1} = 1; q_{3б} = \frac{K_{мб}}{K_{мб}} = \frac{0.82}{0.82} = 1;$$

$$q_{4б} = \frac{K_{имб}}{K_{имб}} = \frac{0.81}{0.81} = 1; q_{5б} = \frac{H_{тб}}{H_{тб}} = \frac{11}{11} = 1; q_{6б} = \frac{K_{тчб}}{K_{тчб}} = \frac{0.041}{0.041} = 1;$$

$$q_{7б} = \frac{K_{утб}}{K_{утб}} = \frac{0.0022}{0.0022} = 1; q_{8б} = \frac{R_{zminб}}{R_{zminб}} = \frac{10}{10} = 1; q_{9б} = \frac{K_{шб}}{K_{шб}} = \frac{0.82}{0.82} = 1;$$

$$q_{10б} = \frac{K_{умб}}{K_{умб}} = \frac{2.04}{2.04} = 1; q_{11б} = \frac{K_{\phiб}}{K_{\phiб}} = \frac{2.23}{2.23} = 1$$

Уровень технологичности сравниваемого варианта:

$$y_{мс} = \frac{1+0.8+1+1+0.82+1+1+0.66+1+0.96+1}{11} = 0.93$$

Уровень технологичности базового варианта:

$$y_{мб} = \frac{1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1}{11} = 1$$

Базовый вариант лучше сравниваемого на $1/0.93=1.075$ - на 7.5%.

Для повышения технологичности крышки были выполнены следующие мероприятия:

1. Нестандартный диаметр фланца 86мм был заменена стандартный-85мм;
2. Более жесткие требования по шероховатости базовых поверхностей и торца (Ra=1/6мкм) были заменены на допустимые менее жесткие Ra=2/5мкм;
3. Более точная поверхность диаметром 52e9 была заменена на менее точную 52d11.

1.6. Контрольные задания

В качестве контрольного задания выбирается вариант чертежа крышки из практического занятия 2 (презентации ПР2 по ОТМ), выбранный по двум последним цифрам договора на оплату учебы..

1.7. Содержание отчета по контрольной работе

Отчет должен включать: цель и задачи исследования, а далее он должен быть выполнен аналогично приведенному примеру выполнения работы.

2. Требования к оформлению контрольной работы

Контрольная работа оформляется в соответствии ГОСТ 7.32-2001. В соответствии с этим нормативным документом применительно к оформлению контрольной работы должны выполняться:

- общие требования;
- требования к оформлению разделов (глав), подразделов (параграфов), пунктов, подпунктов;
- требования к оформлению иллюстраций;
- требования к оформлению таблиц;
- требования к оформлению формул и уравнений;
- требования к оформлению ссылок;
- требования к списку использованных источников;
- требования к оформлению приложений.

2.1. Общие требования к оформлению контрольной работы

Контрольная работа должна быть написана деловым стилем.

К основным стилевым чертам делового стиля относятся:

- нейтральный фон изложения;
- точность и ясность изложения;
- лаконичность и краткость текста.

Специфика делового стиля определяется назначением документа.

Однозначность понимания текста обеспечивает употребление терминов. В официальных документах используется отраслевая или корпоративная терминология, отражающая содержание той предметной области, которой посвящен документ и специальные слова и выражения, сложившиеся в сфере менеджмента качества. Текст не должен допускать различных толкований.

При изложении обязательных требований в тексте должны применяться слова «должен», «следует», «необходимо», «требуется, чтобы», «разрешается только», «не допускается», «запрещается», «не следует». При изложении других положений следует применять слова – «могут быть», «как правило», «при необходимости», «может быть», «в случае» и т.д.

Допускается использовать повествовательную форму изложения текста, например «применяют», «указывают» и т.п.

В тексте должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии – общепринятые в научно-технической литературе.

Если в работе применяется специфическая терминология, то в конце ее (перед списком литературы) должен быть перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Перечень включают в содержание.

В тексте не допускается:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- применять произвольные словообразования;
- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими государственными стандартами, а также в данном документе;
- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

В тексте, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак минус (–) перед отрицательными значениями величин (следует писать слово «минус»);
- применять знак « \emptyset » для обозначения диаметра (следует писать слово «диаметр»). При указании размера или предельных отклонений диаметра на чертежах, помещенных в тексте документа, перед размерным числом следует писать знак « \emptyset »;
- применять без числовых значений математические знаки, например $>$ (больше), $<$ (меньше), $=$ (равно), \geq (больше или равно), \leq (меньше или равно), \neq (не равно), а также знаки № (номер), % (процент);
- применять индексы стандартов, технических условий и других документов без регистрационного номера.

Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать принятым в действующем законодательстве и государственных стандартах. В тексте перед обозначением параметра дают его пояснение, например «Временное сопротивление разрыву σ_B ».

При необходимости применения условных обозначений, изображений или знаков, не установленных действующими стандартами, их следует пояснять в тексте или в перечне обозначений.

При изложении текста следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417 [3].

Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению. Применение разных систем обозначения физических величин не допускается.

Числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти – словами.

Примеры:

1. Провести испытания пяти труб, каждая длиной 5 м.
2. Отобрать 15 труб для испытаний на давление.

Единица физической величины одного и того же параметра в пределах должна быть постоянной. Если приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения, например 1,50; 1,75; 2,00 м.

Если приводится диапазон числовых значений физической величины, выраженных в одной и той же единице физической величины, то обозначение единицы физической величины указывается после последнего числового значения диапазона.

Примеры:

1. От 1 до 5 мм.
2. От 10 до 100 кг.
3. От плюс 10 до минус 40°C.
4. От плюс 10 до плюс 40°C.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить их на разные строки или страницы).

При указании наибольших или наименьших значений величин применяется словосочетание «должно быть не более (не менее)».

Приводя допустимые значения отклонений от указанных норм, требований следует применять словосочетание «не должно быть более (менее)».

Например, массовая доля серы в стали должна быть не более 0,001%.

Числовые значения величин указываются со степенью точности, которая необходима для обеспечения требуемых свойств процесса (продукции), при этом в ряду величин осуществляется выравнивание числа знаков после запятой.

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т.д. десятичного знака для различных типоразмеров, марок продукции одного наименования должно быть одинаковым. Например, если градация толщины стальной горячекатаной ленты 0,25 мм, то весь ряд толщин ленты должен быть указан с таким же количеством десятичных знаков, например 1,50; 1,75; 2,00.

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах, которые следует записывать $1/4''$; $1/2''$ (но не $\frac{1}{4}''$; $\frac{1}{2}''$).

При невозможности выразить числовое значение в виде десятичной дроби, допускается записывать в виде простой дроби в одну строчку через косую черту, например, $7/33$; $(40A - 5C)/(35B + 30)$.

Пояснительная записка, как правило оформляется с использованием компьютера и принтера на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через полтора интервала. Цвет шрифта должен быть черным. Высота букв, цифр и других знаков должна соответствовать кеглю 14.

В отдельных случаях по разрешению заведующего кафедрой пояснительная записка может быть выполнена рукописным или машинописным способом.

Текст отчета следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: правое – 10мм, верхнее – 20мм, левое и нижнее – 20мм.

Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах, формулах, теоремах, применяя шрифты разной гарнитуры (по согласованию с руководителем).

Качество напечатанного текста и оформления иллюстраций, таблиц, распечаток с ПЭВМ должно удовлетворять требованию их четкого воспроизведения.

При выполнении пояснительной записки необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения. В записке должны быть четкие, нерасплывшиеся линии, буквы, цифры и знаки.

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе подготовки пояснительной записки, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью – рукописным способом.

Повреждения листов, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются.

Фамилии, названия учреждений, организаций, фирм, название изделий и другие имена собственные, в отчете приводят на языке оригинала. Допускается транслитерировать имена собственные и приводить названия организаций в переводе на язык отчета с добавлением (при первом упоминании) оригинального названия.

Сокращение русских слов и словосочетаний в отчете – по ГОСТ 7.12.-93.

2.2. Требования к оформлению разделов (глав), подразделов (параграфов), пунктов, подпунктов

Основная часть пояснительной записки делится на разделы (главы), подразделы (параграфы) и пункты. При необходимости пункты могут делиться на подпункты. При выделении пунктов и подпунктов каждый пункт (подпункт) должен содержать законченную информацию.

Разделы (главы), подразделы (параграфы), пункты и подпункты нумеруются арабскими цифрами и пишутся с абзацного отступа.

Разделы имеют порядковую нумерацию в пределах всего текста, за исключением приложений.

Пример – 1, 2, 3 и т.д.

Номер подраздела или пункта включает номер раздела и порядковый номер подраздела или пункта, разделенные точкой.

Пример – 1.1, 1.2, 1.3 и т.д.

Номер подпункта включает номер раздела, подраздела, пункта и порядковый номер подпункта, разделенные точкой.

Пример – 1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.1.1.3 и т.д.

После номера раздела, подраздела, пункта и подпункта в тексте точку не ставят.

Разделы (главы), подразделы (параграфы) должны иметь заголовки. Пункты, заголовков могут не иметь. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки разделов, подразделов и пунктов печатаются с абзацного отступа с прописной буквы без точки в конце без подчеркивания.

Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Страницы выпускной квалификационной работы нумеруются арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту работы. Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки.

Титульный лист включается в общую нумерацию страниц работы. Номер страницы на титульном листе не проставляется.

Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, включаются в общую нумерацию страниц работы.

Иллюстрации и таблицы на листе формата А3 учитываются как одна страница.

2.3. Требования к оформлению иллюстраций

Иллюстрациями являются: чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки. Иллюстрации располагаются непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице.

Иллюстрации могут быть в компьютерном исполнении, в том числе и цветные.

Все иллюстрации должны иметь соответствующие ссылки по тексту.

Чертежи, графики, диаграммы, схемы, иллюстрации оформляются в соответствии с требованиями государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Фотоснимки размером меньше формата А4 наклеиваются на стандартные листы белой бумаги.

Иллюстрации, за исключением иллюстрации приложений, нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией, приводя эти номера после слова «Рисунок». Если рисунок один, то его обозначают «Рисунок 1».

Допускается нумерация иллюстраций в пределах раздела (главы). В этом случае номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера рисунка, которые разделяют точкой.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 1 – Бизнес – процессы организации.

Иллюстрации каждого приложения нумеруются арабскими цифрами отдельной нумерацией, добавляя перед каждым номером обозначение данного приложения и разделяя их точкой (Пример – Рисунок В.3).

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист (страницу). При переносе части таблицы на другой лист (страницу) слово «Таблица» и номер ее указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы, например: «Продолжение таблицы 1». При переносе таблицы на другой лист (страницу) заголовок помещают только над ее первой частью.

Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы. Если строки и графы таблицы выходят за формат страницы, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется головка, во втором случае – боковик.

Если повторяющийся в разных строках графы таблицы текст состоит из одного слова, то его после первого написания допускается заменять кавычками; если из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее – кавычками. Кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не ставятся. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

Таблицы каждого приложения обозначаются отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения.

Если в документе одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении В.

Заголовки граф и строк таблицы пишутся с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

Таблицы слева, справа и снизу ограничивают линиями. Допускается применение размера шрифта в таблице меньшего, чем в тексте.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

2.5. Требования к оформлению формул и уравнений

Уравнения и формулы выделяются из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не уместится в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (–), умножения (×), деления (:) или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак «×».

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов приводятся непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле.

Формулы в отчете нумеруются порядковой нумерацией в пределах всего отчета арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.

Пример – Плотность каждого образца ρ , кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где m – масса образца, кг;
 V – объем образца, м³.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, отделяют запятой.

Пример –

$$A = \frac{a}{b}, \quad (1)$$

$$B = \frac{c}{d}. \quad (2)$$

Одну формулу обозначают – (1).

Формулы, помещаемые в приложениях, нумеруются отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения (например, формула (B.1)).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках. (Пример – ...в формуле (1)).

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например (3.1).

Порядок оформления математических уравнений такой же, как и формул.

2.6. Требования к оформлению ссылок

В пояснительной записке допускаются ссылки на данный документ, стандарты, технические условия и другие документы если они полностью и

однозначно определяют соответствующие требования и не вызывают затруднений в пользовании документом.

Ссылки делаются на документ в целом или его разделы и приложения. Ссылки на подразделы, пункты, таблицы и иллюстрации не допускаются, за исключением подразделов, пунктов, таблиц и иллюстраций данного документа.

При ссылках на стандарты и технические условия указываются только их обозначение, при этом допускается не указывать год их утверждения при условии полного описания стандарта в списке использованных источников в соответствии с ГОСТ 7.1.

Ссылки на использованные источники приводятся в квадратных скобках.

2.7. Требования к списку использованной литературы

Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте отчета и нумеровать арабскими цифрами без точки и печатать с абзацного отступа.

Библиографическое описание использованных источников осуществляется в соответствии с ГОСТ 7.1 [2]. Примеры оформления библиографического описания использованных источников приведены в Приложении В.

2.8. Требования к оформлению приложений

Приложение оформляется как продолжение пояснительной записки.

В тексте пояснительной записки должны быть даны ссылки на все приложения.

Каждое приложение начинается с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначаются заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Е, З, Й, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность.

Если в пояснительной записке имеется только одно приложение, то оно обозначается «Приложение А».

Приложения должны иметь общую с остальной частью пояснительной записки сквозную нумерацию страниц.

3. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Нормативно-правовые акты

1. ГОСТ 7.32-2001. Международный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=136807>

2. ГОСТ 7.1-2003. Система стандартов по информации, библиотечному и

издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=13274>

3. ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=8740>

4. ГОСТ 14.201-83. Обеспечение технологичности конструкции изделия. Общие требования.

5. ГОСТ 14.205-83. Межгосударственный стандарт. Технологичность конструкции изделия. Термины и определения.

6. ГОСТ 14.206-73. Межгосударственный стандарт. Технологический контроль конструкторской документации.

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

8. ГОСТ 6639-69. Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры.

9. ГОСТ 7242-81. Подшипники шариковые радиальные однорядные с защитными шайбами. Технические условия.

10. ГОСТ 8820-69. Канавки для выхода шлифовального круга. Форма и размеры.

11. ГОСТ 18511-73. Крышки торцовые глухие. Конструкция и размеры

12. ГОСТ 24463-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения.

13. ГОСТ 25346-89 Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений.

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

15. ГОСТ Р 53465-2009. Национальный стандарт Российской Федерации. Оснастка литейная. Уклоны литейные" (утв. и введен в действие Приказом Ростехрегулирования от 09.12.2009 N 611-ст). – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=OTN;n=3885>

16. Р 50-54-93-88. Единая система технологической подготовки производства. Классификация, разработка и применение технологических процессов.

Основная литература

17. Зайцев Г. Н. Управление качеством в процессе производства промышленной продукции [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г. Н. Зайцев ; рец.: С. Л. Мурашкин, В. К. Федюкин. - Санкт-Петербург: АНО ВО "СЗТУ", 2015. - 217 с. – Режим доступа: http://lib.nwotu.ru:8087/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=10

[8&task=set_static_req&sys_code=621\(0758\)/%D0%97-17-661030891&bns_string=IBIS](http://lib.nwotu.ru:8087/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set_static_req&sys_code=621(0758)/%D0%97-17-661030891&bns_string=IBIS)

18. Федюкин В. К. Квалиметрия [Электронный ресурс]: учебник / В. К. Федюкин; рец.: К. В. Рулис, Е. Г. Семенова, Г. Н. Зайцев. - Санкт-Петербург: АНО ВО "СЗТУ", 2015. - 510 с. – Режим доступа: http://lib.nwotu.ru:8087/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set_static_req&sys_code=-122721407&bns_string=ELIB

Дополнительная литература

19. Анухин В.И. Допуски и посадки. Выбор и расчет, указание на чертежах: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. СПб: Изд-во СПбГТУ, 2001. 219с.

20. Балабанов А.Н. Технологичность конструкции машин.- Машиностроение. 1987.-336с.

21. Зайцев Г. Н., Салтыков В. А. Выбор типового технологического процесса механической обработки заготовки: Учеб. метод. пособие по курс. проекту для студ. института экономики и менеджмента в промышленности. 2-е изд. – СПб.: СПбГИЭУ, 1999. – 140 с.

22. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х т. Т.2, под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496с.