

Тема 8. КОНСТРУИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Список сокращений

БНК – базовая несущая конструкция

БЭ – базовый элемент

РЭ – рабочий элемент

ВВФ – внешний воздействующий фактор

ЕСКД – Единая система конструкторской документации

ОСТПП – Отраслевая система технологической подготовки производства

РЭА – радиоэлектронная аппаратура

РЭС – радиоэлектронное средство

СЭ – свободный элемент

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Основы конструирования деталей (Кулагин В. В. Основы конструирования оптических приборов: учеб. пособие. Л., 1982)	2
Справочное руководство по конструированию элементов радиоэлектронных средств (Приложение 2 к промежуточному отчету № 1 о НИР «Наледь. Исследование конструкций несущих систем, электроустановочных изделий и других элементов РЭС. Составление комплекса методических пособий «Конструкции элементов РЭС в примерах и задачах» / Нижегородский технический колледж; руководитель Н. М. Бобков; № ГР 01990006251; Инв. № 02200000313. Н. Новгород, 1999)	11
Содержание хрестоматии	48

ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ

(Кулагин В. В. Основы конструирования оптических приборов. Л., 1982. С. 9 – 16)

Деталь как объект конструирования представляет неделимое однородное тело, материал, форма и размеры которого обусловлены ее функциональным назначением. Детали являются первичными элементами всякой реальной конструкции. Конструирование деталей представляет наиболее массовую операцию в общем процессе конструирования прибора. Опыт работы с машинами и приборами приводит к заключению о безграничном разнообразии встречающихся деталей, все они, однако поддаются систематизации и классификации. Рассмотрим используемую на практике классификацию деталей.

По функциональному назначению детали подразделяются: 1) на основные (или схемные), обеспечивающие работу системы, в которую они входят; 2) дополнительные, обеспечивающие функционирование деталей 1-й группы (промежуточные детали конструктивных цепей и монтажно-крепежные); 3) вспомогательные, предназначенные для управления системой и защиты ее от внешних воздействий (рукоятки, маховики, защитные стекла, кожухи и т. п.).

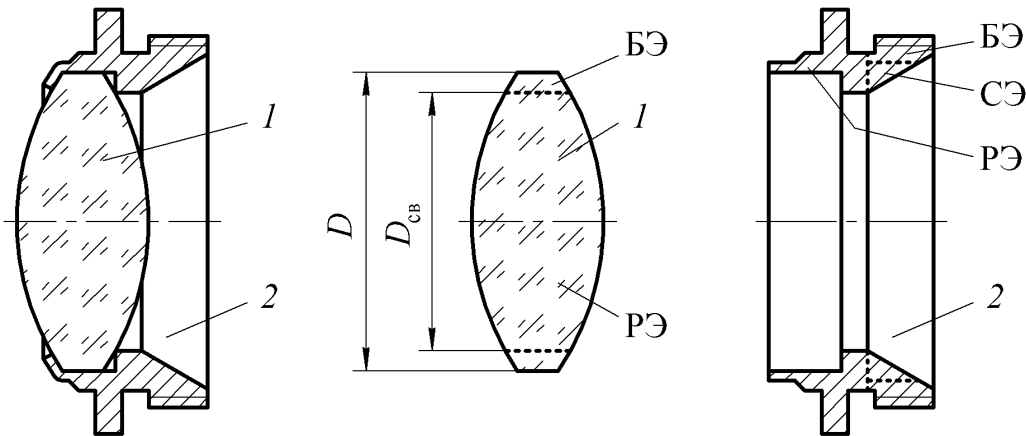
По уровню типизации детали относят к: 1) стандартным; 2) типовым по форме и различающимся только размерами (валики, втулки, зубчатые колеса и т. п.); 3) специальным, разрабатываемым заново и применяемым только в данном приборе.

Встречается близкое к предыдущему деление деталей по признаку заимствования на: 1) покупные; 2) заимствованные из других конструкций; 3) «собственные», т. е. специальные. Наибольшее значение для конструирования имеют признаки типизации и заимствования.

1. Структурные элементы

В каждой детали можно выделить три структурных взаимосвязанных элемента: *рабочий* (РЭ), выполняющий основное функциональное назначение детали (например, гнездо в оправе под объектив, зубчатый венец зубчатого колеса и т. п.); *базовый* (БЭ), предназначенный для присоединения данной детали к базовой (см. п. 2.1 ??); *свободный* (СЭ), который «соединяет» в одно целое РЭ и БЭ.

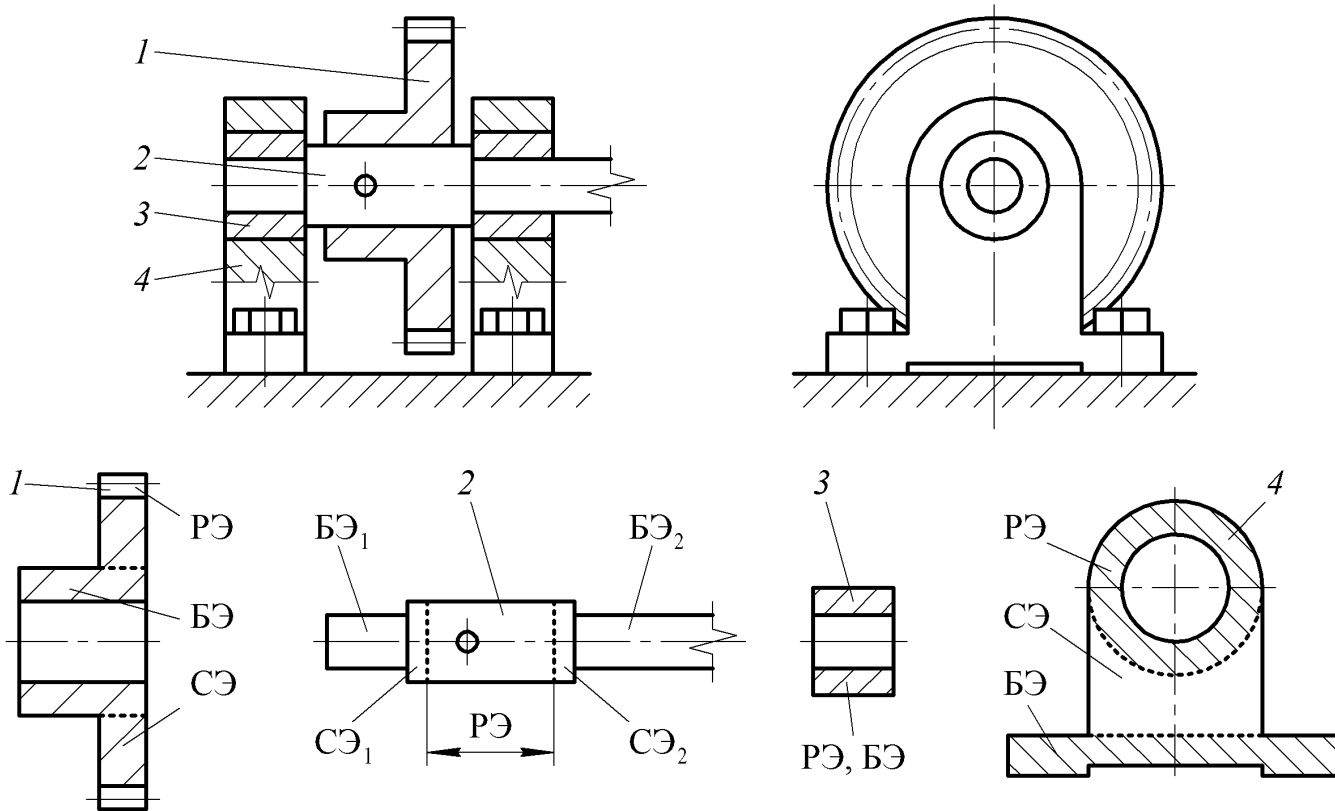
Для иллюстрации на рис. 1 и рис. 2 приведены конструкции двух простых узлов: крепления объектива в оправе и монтажа зубчатого колеса на валике на некоторой условной основе с помощью несущих кронштейнов. На деталях 1, 2 (рис. 1) и 1, 2, 4 (рис. 2) штриховыми линиями показаны условные границы РЭ и БЭ. Втулка 3 представляет идеальный случай, когда РЭ и БЭ совпадают. При проектировании деталей фактически происходит последовательная разработка структурных элементов, поскольку РЭ, БЭ и СЭ конструируются из разных условий и по различным исходным данным.



← Рис. 1. Структурные элементы деталей узла крепления объектива

Объем и роль СЭ могут существенно различаться: если у зубчатого колеса 1 и кронштейна 4 (рис. 2) их РЭ и БЭ заметно разделяются и независимы и необходим дополнительный материал для их объединения в одну деталь (этот дополнительный материал и составляет СЭ), то у оправы объектива 2 (рис. 1) СЭ вообще отсутствует, а РЭ и БЭ даже немного перекрывают друг друга; у объектива 1 БЭ непосредственно примыкает к РЭ, а у втулки 3 (рис 2) один и тот же элемент является и рабочим и базовым.

Для оценки соотношений размеров элементов следует исходить из того, что всегда необходимыми являются лишь РЭ и БЭ и, если для их объединения не требуется материал, то это предельно благоприятный, но редкий и не типичный случай. Обычно СЭ имеет место, но его стремятся минимизировать.



← Рис. 2. Структурные элементы деталей узла монтажа зубчатого колеса

2 Содержание и этапы процесса конструирования

Конструирование детали – сложный комплексный процесс и в общей постановке задачи весьма неопределенный; успешное решение его на практике базируется главным образом на опыте конструктора и широком использовании рецептурного материала из справочной литературы. Как известно, этот путь не гарантирует оптимальность принимаемых решений. Вместе с тем, как и всякий сложный процесс, конструирование состоит из ряда конкретных операций, содержание которых и определяет содержание процесса.

Из определения детали, основные признаки, характеризующие ее – материал, форма и размеры. Следовательно, конструирование детали состоит из выбора материала и формы и определения ее размеров. Очевидно, в решении этих трех задач и заключается в общем случае содержание процесса конструирования деталей. Поскольку каждая деталь может иметь три структурных элемента существенно различного назначения, естественно решать указанные задачи применительно к каждому из этих элементов. Тогда получим следующую матрицу, выражающую в обобщенной форме содержание процесса конструирования деталей (табл. 1).

Таким образом, сложный процесс конструирования детали распадается на ряд более простых операций, число которых зависит от числа РЭ и БЭ, благодаря этому процесс проектирования значительно упрощается.

Процесс конструирования деталей не является независимым, он подчинен процесс компоновки конструкции и делится на этапы: *эскизное, техническое и рабочее* конструирование.

На протяжении процесса компоновки – начиная от поиска оптимальной композиции конструкции до ее завершения – конструкции деталей остаются в эскизном изображении. После того как вариант компоновки выбран и происходит вычерчивание общего вида конструкции, производится отработка (уточнение) форм и размеров деталей с проверкой их на жесткость, прочность и т. д., при этом окончательно выбирается материал для каждой детали; этот этап является техническим конструированием.

При вычерчивании деталей на этапе технического конструирования окончательно устанавливаются контуры всех элементов, включая свободные, но остается незавершенной технологическая отработка форм (выточки, фаски и т. п.), которые окончательно оформляются с учетом технологических ограничений на этапе рабочего конструирования; здесь же координируются все элементы деталей с помощью простановки размеров и задаются допустимые отклонения на размеры и форму.

Показатели качества, по которым оценивается конструкция детали, разнообразны, в общем случае они подразделяются на три группы: *эксплуатационные*, к которым относятся жесткость, прочность (для некоторых деталей), функциональная точность и точностная надежность; *конструктивные*, т. е. конструктивно целесообразные и функционально обоснованные масса и габаритные размеры, минимально необходимые объемы свободных элементов, эстетичность форм и соотношений размеров; *технологические* – в виде показателей общей технологичности конструкций деталей (ГОСТ 14.203 – 73) и

Таблица 1. Матрица процесса конструирования детали

Операции конструирования	Элементы детали		
	РЭ	БЭ	СЭ
Выбор материала			
Выбор формы			
Определение размеров			

показателей так называемой точностной технологичности, характеризующей уровень требований к точности изготовления сопрягаемых поверхностей рабочих и базовых элементов деталей. Этими показателями конструктор руководствуется на протяжении всего процесса конструирования, производя соответствующие расчеты и оценки.

3. Выбор материала

Знание материалов и умение находить необходимый среди известного в технике широкого набора материалов обязательны для инженера-конструктора. Знать материал – значит располагать конкретными сведениями о номенклатуре и физико-механических свойствах основных конструкционных материалов, применяемых в отрасли; необходимо также общее представление о физической природе основных конструкционных сплавов.

Материалы, как известно, подразделяются на металлы и неметаллы, первые – на черные и цветные металлы, а вторые – на пластмассы, специальные и вспомогательные материалы (к специальным, в частности, относится оптическое и неоптическое стекло). В справочной литературе приводятся подробные перечни сортов всех видов материалов и их свойств, необходимых для выбора при конструировании деталей.

Выбор материалов – весьма важный этап конструирования деталей, так как здесь закладываются многие показатели качества конструкции в целом, такие как масса, прочность, жесткость, экономичность и др. В основе текущей повседневной практики выбора материалов лежит опыт конструктора и метод аналогии, в сложных случаях применяется анализ вплоть до проведения специальных научных исследований.

В общем случае задача по выбору материалов характеризуется вариантностью вследствие большого числа влияющих факторов, поэтому конструктор может руководствоваться лишь общими принципами, знанием свойств материалов и требований к материалам структурных элементов детали, предъявляемых исходя из назначения, условий ее работы и типа производства.

Вместе с тем процесс выбора материалов деталей не должен быть длительным по причине массового характера этих операций, поэтому эмпирический метод аналогии, основанный на опыте и знаниях конструктора, является главным. В тех сравнительно редких случаях, когда этим методом поиск оптимального решения затруднителен, можно рекомендовать использовать так называемую матрицу оптимального выбора (см. Хилл П. Наука и искусство проектирования. М., Мир, 1973), с помощью которой существенно повышается объективность выбора материала, хотя это связано с некоторыми затратами времени; практика применения матрицы в ответственных случаях показывает, что она себя оправдывает.

4. Выбор формы

Форма детали определяется формами, ограничивающими деталь поверхностями, их сочетанием и соотношением; выбор форм деталей сводится к выбору форм их поверхностей из набора поверхностей, используемых при конструировании деталей.

Набор содержит группу *типовых* поверхностей – плоскость, цилиндр и сфера – и группу *специальных* – параболоид, эллипсоид, тор, эвольвентный профиль и др. Доминирующее применение в формообразовании деталей для обычных производственных условий имеют типовые поверхности вследствие большей их технологичности по сравнению со специальными.

При выборе форм поверхностей руководствуются рядом критериев, из которых главными являются следующие: функция детали, конструктивная целесообразность, технологичность и эстетичность.

Функция детали оказывает, как правило, сильное влияние на выбор формы сопрягаемых поверхностей РЭ и БЭ; в ряде случаев они однозначны (эвольвентный профиль зубьев зубчатого зацепления, профиль кулачка кулачкового механизма, плоские поверхности преломляющих граней оптических призм и др.), однако в общем случае и здесь возможны варианты, требующие оценки при выборе (преломляющие поверхности линз могут быть не только сферическими, посадочное отверстие зубчатого колеса – не только цилиндрическое и т. п.). Функция детали лишь слабо коррелирует с формами поверхностей СЭ, предоставляя конструктору широкий выбор.

Конструктивная целесообразность отражает в основном соблюдение упомянутого выше принципа минимизации объема СЭ. Согласно этому критерию выбираются, например, у оптических деталей припуск на базирование и крепление деталей в оправках, размеры ступицы зубчатого колеса (из тех же условий), перепады диаметров у ступенчатых валиков и т. п. Конструктивная целесообразность является одним из руководящих принципов типизации форм и размеров БЭ и СЭ.

Критерий технологичности позволяет установить последовательность уровней технологичности для различных форм поверхностей. Факторы, определяющие эти уровни с точки зрения производительности технологических процессов, известны (ГОСТ 14.203 – 73). Отметим лишь те из них, которые влияют на точность процесса формообразования поверхностей, получаемых резанием на металлорежущих станках:

обработка на основе рабочих ходов станка обеспечивает более высокую точность, чем обработка фасонным инструментом;

чем больше параметров должно выдерживаться при обработке, тем ниже точность;

результатирующая точность непрерывного процесса (например, шлифование цилиндрической поверхности) выше, чем дискретного (например, шлифования широкой плоской поверхности);

с увеличением протяженности поверхности снижается точность ее обработки.

Перечисленные факторы должны учитываться при выборе форм деталей и назначения для них параметров точности, при этом весьма важно знать также существование определенного соответствия между параметрами точности форм и размеров элементов детали.

На выбор форм поверхностей влияют также следующие факторы:

1) приборостроительные заводы оснащены в основном (до 90 %) универсальным металлообрабатывающим оборудованием, допускающим обработку лишь типовых поверхностей (за счет рабочих ходов станков); таким образом, возникает естественное ограничение для применения поверхностей специальных форм (на универсальном оборудовании получение их возможно лишь с помощью фасонного режущего инструмента);

2) значительная доля (до 80 %) номенклатуры изделий приборостроительных заводов составляет мелкосерийное производство, что ограничивает возможности применения специализированного оборудования для получения сложных форм поверхностей деталей;

3) все сопрягаемые поверхности деталей при требованиях к точности сопряжения не ниже 7 – 8 квалитетов (3 класса) точности обрабатываются окончательно резанием на металлорежущем оборудовании.

Эстетичность форм деталей характеризует гармоничность их пропорций, а также технически рациональная и в то же время выразительная композиция структурных элементов по отношению к целому. Соблюдение пропорций, выраженных определенными соотношениями элементов формы, – наиболее эффективное средство гармонизации форм материальных тел.

Одним из проявления гармонии является симметрия, символизирующая уравновешенность и согласованность элементов в целом. Используя пропорционирование элементов формы на основе ряда пропорциональных чисел: $1:\sqrt{2}$ (для стандартных форматов листов бумаги), $1:\sqrt{3}$, $1:\sqrt{5}$ (для формообразования контуров, имеющих в основе прямоугольник, например, для корпусных деталей). Широкое применение имеет «золотое отношение», выражаемое отношением сторон прямоугольника 0,618:1 или 1:1,618. Примером использования золотого отношения может служить соотношение между шириной линейного интервала и длиной штрихов у шкал. Такие пропорции заметно снижают утомляемость зрения оператора. Эстетичность форм особенно важна для деталей, формирующих внешние формы прибора. Во всех случаях эстетичность форм частей должна согласовываться с их функциональным назначением.

5. Определение размеров

Геометрические размеры – конструктивные параметры деталей – подразделяются в зависимости от принадлежности их к структурным элементам на размеры рабочих, базовых и свободных элементов. Кроме того, существуют размеры, координирующие положение рабочих элементов относительно базовых. Это деление соответствует различиям в исходных условиях и методах, которыми пользуются при определении размеров для каждого из элементов, а также различиям в связях размеров каждого элемента с показателями качества деталей.

Размеры РЭ определяют в основном из условий функциональной точности прибора, параметрической надежности и контактной жесткости соединения данной детали с другой деталью; эти размеры особенно ответственны для оптических деталей и элементов кинематических пар механических подвижных систем.

Размеры БЭ находят из условий точности ориентирования РЭ, а также технологичности сборки; размеры СЭ – из условий общей прочности и жесткости детали, а также технологичности изготовления детали.

Размеры, ориентирующие рабочие элементы относительно базовых, выбирают из конструктивных условий компоновки конструкции и в ответственных случаях проверяются расчетом на прочность и жесткость детали.

Некоторые размеры РЭ и БЭ в месте соединения двух деталей одинаковы, например, размеры гнезда в оправе под объектив равны соответствующим размерам объекта; диаметр посадочного отверстия зубчатого колеса равен диаметру валика и т. д. Размеры СЭ, а также размеры координирующие рабочие элементы относительно базовых, индивидуальны для каждой детали, лишь некоторые из них определяются по нормированным соотношениям размеров РЭ и БЭ.

Определение размеров деталей основано на сочетании методов выбора и расчета, причем доминирующую роль играет выбор. В настоящее время не существует расчетных методов, которые без предварительного выбора начальных значений определенных размеров позволяли бы «автоматически» получить искомые размеры деталей.

Расчеты применяются в тех случаях, когда удастся построить математическую модель, связывающую размеры детали с требованиями к показателям качества или с характеристиками условий работы детали. Для оптических деталей такие модели позволяют с помощью габаритно-абберационных расчетов найти все конструктивные размеры рабочих элементов оптических деталей, и лишь размеры базовых элементов выбираются из стандартов отрасли (на этом конструктивная разработка оптических деталей полностью завершается, вплоть до рабочих чертежей, на этапе расчета оптической системы). Для деталей механических систем расчетом определяется лишь весьма малая часть размеров, так как только для немногих конструктивных параметров деталей удастся составить модели, отражающие существенные связи между параметрами, с

одной стороны, и требованиями или условиями эксплуатации, с другой. Невозможно, например, рассчитывать на прочность или жесткость размеры оправы объектива лабораторного оптического прибора; очевидно, нецелесообразно определять диаметр измерительного винта окулярного микрометра, нагруженного продольной замыкающей силой (0,5 Н), из условия силового режима и т. д. (в такого рода случаях размеры деталей выбирают из условия технологической жесткости).

Однако диапазон оптических приборов по условиям эксплуатации, габаритным размерам и нагрузкам столь обширен, что в нем встречаются приборы, детали которых испытывают значительные, как статические, так и динамические нагрузки; примерами могут служить приборы астрономические, военные, космического использования и некоторые крупногабаритные лабораторные оптические приборы (например, универсальный измерительный микроскоп, гониометр и т. п.). В этих случаях наиболее ответственные детали подвергаются тщательным расчетам по тем моделям, которые отражают все существенные связи параметров, условий и ограничений.

Для подвижных систем типичными являются кинематические расчеты, выполняемые на основе уравнения, описывающего преобразование движения в кинематической цепи. Целью расчета является определение конструктивных и кинематических параметров, которые входят в это уравнение. Особенность состоит в том, что расчетом однозначно может быть найден лишь один параметр, все остальные выбираются на основе ограничений, которые обуславливаются техническими заданиями, условиями производства и эксплуатации.

Отметим общие исходные условия, которыми руководствуются при назначении размеров элементов деталей:

ограничения габаритных размеров, определяемые техническими заданиями (ТЗ);

тенденция к компактности и миниатюризации конструкции;

конструктивная и функциональная целесообразность, выражающаяся в соблюдении принципа «ничего лишнего»;

экономичность, показателями которой для конструирования деталей являются: ограниченное использование дефицитных материалов и технологичность изготовления в обычных производственных условиях (на универсальном оборудовании, типовым инструментом).

СПРАВОЧНОЕ РУКОВОДСТВО ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ ЭЛЕМЕНТОВ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

(Приложение 2 к промежуточному отчету № 1 о НИР «Наледь. Исследование конструкций несущих систем, электроустановочных изделий и других элементов РЭС. Составление комплекса методических пособий «Конструкции элементов РЭС в примерах и задачах» / Нижегородский технический колледж; руководитель Н. М. Бобков; № ГР 01990006251; Инв. № 02200000313. Н. Новгород, 1999)

1. Детали, обрабатываемые резанием

Настоящая инструкция распространяется на детали, обрабатываемые резанием. Обработка резанием принадлежит к числу наиболее трудоемких и дорогих способов изготовления, и, поэтому, в изделиях, выпуск которых предполагается в больших количествах, ее следует по возможности избегать. При конструировании деталей, обрабатываемых резанием, необходимо руководствоваться следующими общими правилами:

1. Избегать излишне точной обработки. Применять в каждом отдельном случае наиболее низкую точность размеров и наиболее высокую шероховатость поверхностей, обеспечивающие правильную работу узла и удовлетворяющие условию взаимозаменяемости.

2. В деталях из углеродистой стали с содержанием углерода до 0,3% шероховатость поверхности по параметру Ra следует назначать выше 3,2 мкм; для получения шероховатости поверхности ниже 3,2 мкм следует применять стали с содержанием углерода более 0,3 мкм; шероховатость труднодоступных для обработки поверхностей (в канавках, пазах и т. д.) не следует назначать ниже Ra 12,5.

3. В единичном и мелкосерийном производстве сводить к минимуму применение специальных оснастки и инструмента, по возможности обходясь готовыми (стандартными, универсальными или изготовленными для ранее освоенных деталей) оснасткой и инструментом.

4. Унифицировать номенклатуру применяемых материалов по маркам и сортаменту.

5. Придавать деталям форму, обеспечивающую рациональное использование материала.

6. Изыскивать возможность использования деталей из освоенной номенклатуры или применять унифицированные заготовки.

7. Согласовывать форму обрабатываемых деталей с типом обработки, формой и размерами обрабатывающего инструмента и последовательностью операций.

8. Сокращать протяженность обрабатываемых резанием поверхностей до конструктивно необходимого уровня.

9. Сокращать номенклатуру обрабатывающего инструмента путем унификации размеров и формы обрабатываемых элементов.

10. Избегать совместной обработки деталей в сборе, нарушающей непрерывность производственного потока, снижающей взаимозаменяемость и затрудняющей смену детали в эксплуатации.

11. Назначать размеры элементов деталей, обрабатываемых жестким одномерным инструментом за один проход (сверление отверстий, фрезерование пазов, зенкование гнезд и т. д.), с учетом размеров стандартизованного инструмента (диаметра сверла, ширины фрезы, диаметра зенковки и т. д.).

12. При проектировании валов следует выдерживать соотношение длины L и диаметра d в пределах:

$L/d \leq 10$ при обработке в центрах; $L/d \leq 5$ при обработке в патроне.

13. Марку материала следует выбирать с наиболее высоким коэффициентом относительной обрабатываемости K , который рассчитывается по формуле

$$K = V/V_0,$$

где V – скорость резания, допускаемая при обработке выбранного материала,

V_0 – скорость резания, допускаемая при обработке стали 45.

Коэффициенты относительной обрабатываемости основных материалов приведены в табл. 2.

Таблица 2. Коэффициенты относительной обрабатываемости

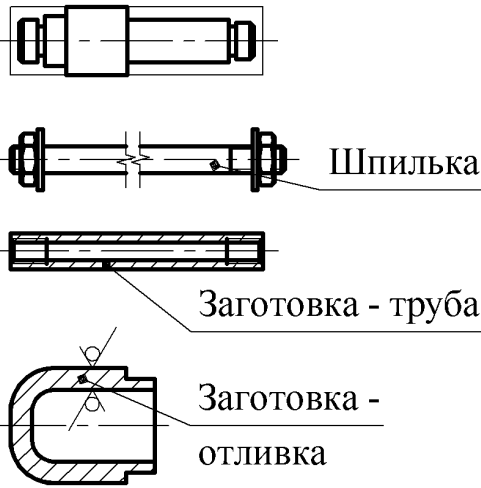
Марка металла	Предел прочности σ_b , МПа	Твердость по Бринеллю	Коэффициент относительной обрабатываемости при точении инструментом	
			из быстрорежущей стали	оснащенным твердым сплавом
Сталь А12	700 – 800	–	1,20	–
	800 – 900	–	0,96	–
Стали 10; 20; 35; 45	700 – 800	–	1,00	1,00
	800 – 900	–	0,82	0,82
Сталь У8А	700 – 800	–	0,80	1,00
	1000 – 1100	–	0,44	0,60
Стали 20Х; 40Х	700 – 800	–	0,85	1,00
	1000 – 1100	–	0,47	0,60
Сталь 65Г	700 – 800	–	0,80	0,95
	1000 – 1100	–	0,48	0,70
Сталь 12ХН3А	700 – 800	–	0,95	0,95
Сталь 25Х13Н2	1100 – 1200	–	0,47	0,63
Сталь 38Х2МЮА	700 – 800	–	0,80	0,90
	1000 – 1100	–	0,52	0,66
Сталь 30ХГСА	700 – 800	–	0,70	0,90
	1000 – 1100	–	0,42	0,64
Сталь ШХ15	700 – 800	–	0,62	0,70
	1100 – 1200	–	0,30	0,45
Стали 20Х13; 12Х13	600	–	–	1,22
	660	–	–	1,24
Сталь 12Х18Н9Т	620	–	–	0,73
Сталь 4Х18Н2М	600	–	–	0,60

Окончание таблицы 2. Коэффициенты относительной обрабатываемости

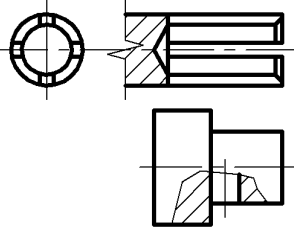
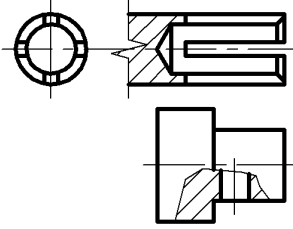
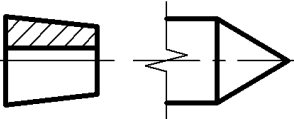
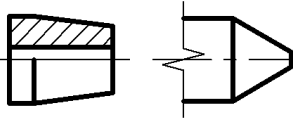
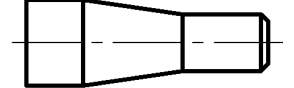
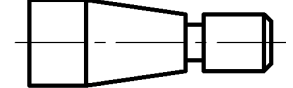
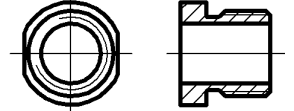
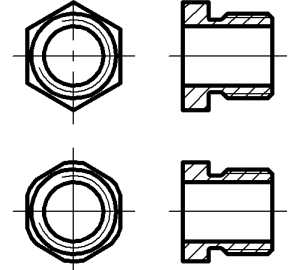
Марка металла	Предел прочности σ_b , МПа	Твердость по Бринеллю, НВ	Коэффициент относительной обрабатываемости при точении инструментом	
			из быстрорежущей стали	оснащенным твердым сплавом
Магниевый сплав Мл5	–	–	5,00	10,00
Латуни ЛА67-2,5; ЛК80-3Л	400	–	3,0	4,86
Алюминиевые сплавы АК12; АК7ч; АК9ч; АМг11; АК7Ц9	20	–	4,00	7,00
Бронза БрАЖ9-4	–	200	1,2	2,0
Бронза БрАМц9-2	–	100	1,8	2,86
Бронза БрОФ6,5-0,15	–	60	3,6	5,72
Бронзы БрА7; БрОЦ4-3	–	42	3,00	4,86

Основные требования, предъявляемые к деталям, обрабатываемым резанием, приведены в табл. 3. Размеры элементов обрабатываемых жестким одномерным инструментом должны назначаться с учетом данных табл. 4 – 6. Конструируя детали, конструктор должен постоянно консультироваться с технологами, а также с конструкторами инструмента, если для изготовления детали требуется специальный инструмент.

Таблица 3. Правила конструирования деталей, обрабатываемых резанием

Нетехнологично	Технологично	Правила
 <p>Болт</p> <p>Заготовка - пруток</p> <p>Заготовка - пруток</p>	 <p>Шпилька</p> <p>Заготовка - труба</p> <p>Заготовка - отливка</p>	<p>1. Следует уменьшать количество материала, снимаемого при обработке, за счет применения:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) сортового и профильного проката; б) литых, штампованных и др. заготовок с формой, возможно более близкой к форме готовой детали
	 <p>R фрезы</p>	<p>2. В деталях с углублениями, обрабатываемыми концевыми фрезами, следует:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) избегать сложных фигурных контуров углублений; б) радиусы скруглений назначать максимально возможными и равными радиусу фрезы; в) глубину углубления назначать на 2 – 3 мм меньше длины рабочей части фрезы, выбранного радиуса

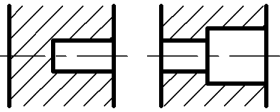
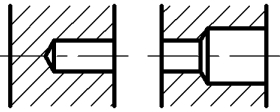
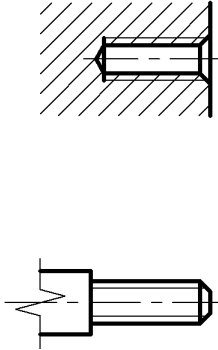
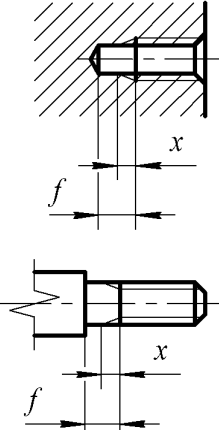
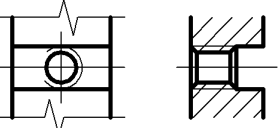
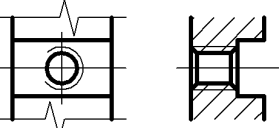
Продолжение табл. 3. Правила конструирования деталей, обрабатываемых резанием

Нетехнологично	Технологично	Правила
		<p>3. Рекомендуется предусматривать четкое разделение поверхностей, обрабатываемых на различных операциях или различным инструментом</p>
		<p>4. Для конических поверхностей желательно предусматривать цилиндрический поясok в основании. Эти поверхности по возможности должны иметь форму усеченного конуса</p>
		<p>5. Точные конические поверхности должны иметь канавку для выхода инструмента</p>
		<p>6. По возможности следует сокращать число операций, станков, инструмента, необходимых для изготовления детали. Замена при изготовлении точеной детали круглого прутка металла на шестигранный позволяет в некоторых случаях избежать фрезерования плоских поверхностей</p>

Продолжение табл. 3. Правила конструирования деталей, обрабатываемых резанием

Нетехнологично	Технологично	Правила
		<p>7. Рекомендуется облегчать изготовление трудоемких и материалоемких деталей путем применения составных конструкций. Наружные поверхности длинных валов желательно выполнять без буртов, заменяя их установочными кольцами</p>
		<p>8. Длина сквозного отверстия не должна превышать диаметр более чем в десять раз, глухого – более чем в шесть раз.</p>
		<p>9. Следует избегать внутренних резьб длиной более двух диаметров</p>

Продолжение табл. 3. Правила конструирования деталей, обрабатываемых резанием

Нетехнологично	Технологично	Правила
		<p>10. В глухих отверстиях рекомендуется предусматривать конус от сверла. Если плоское или фасонное дно необходимо, то рекомендуется параметр шероховатости поверхности дна назначать не точнее Ra 12,5</p>
		<p>11. При выполнении резьб в глухих отверстиях или на ступенчатых стержнях необходимо предусматривать недорез резьбы или канавку для выхода инструмента.</p> <p>Для резьбы в отверстии: недорез нормальный $f=6p$, сбег нормальный $x=2,5p$, недорез короткий $f=4p$, сбег короткий $x=1,2p$;</p> <p>для резьбы на стержне: недорез нормальный $f=3p$, сбег нормальный $x=1,2p$, недорез короткий $f=2p$, сбег короткий $x=0,8p$,</p> <p>где p – шаг резьбы</p>
		<p>12. Диаметры резьбовых отверстий, выходящих в пазы, следует выполнять меньше ширины паза</p>

Продолжение табл. 3. Правила конструирования деталей, обрабатываемых резанием

Нетехнологично	Технологично	Правила
		<p>13. При проектировании деталей с отверстиями следует предотвращать одностороннее давление при обработке на сверло, метчик и т. д., нарушающее точность обработки и вызывающее усиленный износ, а иногда и поломку инструмента</p>
		<p>14. Отверстия, к которым предъявляются высокие требования по точности размеров и параметрам шероховатости поверхности, следует выполнять сквозными. В ступенчатых отверстиях наиболее точную ступень следует выполнять сквозной</p>
		<p>15. Не следует проектировать поперечные отверстия, выходящие на поверхности с повышенной точностью и чистотой обработки</p>
		<p>16. Необходимо избегать обрабатываемых выточек и канавок в отверстиях, особенно в отверстиях небольших диаметров</p>

Окончание табл. 3. Правила конструирования деталей, обрабатываемых резанием

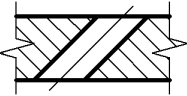
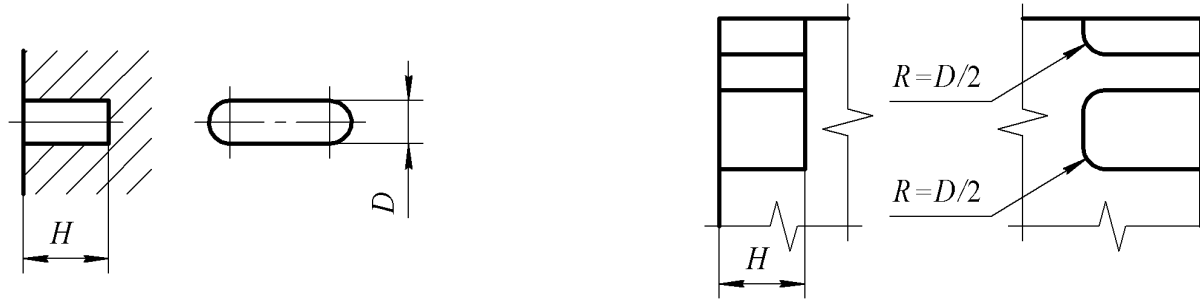
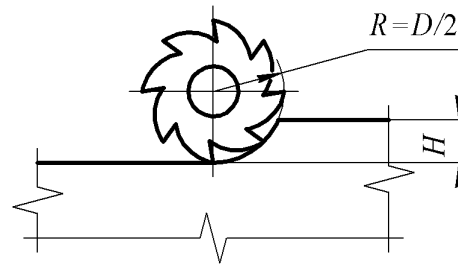
Нетехнологично	Технологично	Правила
		<p>17. При проектировании деталей с отверстиями, расположенными под углом менее 70° к поверхности, необходимо предусматривать предварительную засверловку или подфрезеровку входного участка отверстия. Для облегчения обработки следует располагать отверстия под углом более 70° к поверхности</p>
		<p>18. При проектировании глухих отверстий, которые с целью получения чистой поверхности и точного диаметра обрабатываются зенкером или разверткой, необходимо учитывать операцию предварительного сверления и предусматривать место для выхода зенкера или развертки</p>
		<p>19. Во избежание перестановки и смены инструмента целесообразно использовать один и тот же инструмент для выполнения максимально возможного числа операций</p>
		<p>20. При проектировании деталей, изготавливаемых резанием цилиндрических заготовок, угловые размеры деталей с целью максимального использования заготовки следует назначать так, чтобы деталь укладывалась целое число раз в окружность заготовки с учетом ширины прорезной фрезы</p>

Таблица 4. Размеры элементов деталей, обрабатываемых концевыми фрезами



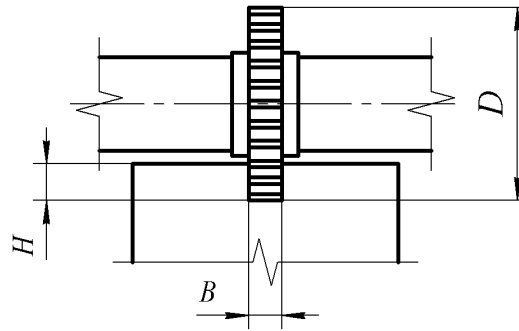
Тип фрезы	Диаметр фрезы D , мм												Квалитет IT для размера		Параметр шероховатости поверхности R_a , мкм, не менее	
	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	D		H
	Глубина фрезерования H_{max} , мм															
Концевые	6	8	10	14	18	22	30	42	45	50	60	65	14	14	6,3	
Шпоночные	5		7	8	10	12	16	22	30	—			12		3,2	
Концевые для легких сплавов	—						36	44	48	55	65	70	14	15	6,3	
То же удлиненные	—						105	130	150	200	250	325	15			

Таблица 5. Размеры элементов деталей, обрабатываемых цилиндрическими фрезами



Тип цилиндрической фрезы	Радиус фрезы R , мм						Квалитет ИТ для размера		Параметр шероховатости поверхности R_a , мкм, не менее
	20	25	30	37,5	45	55	R	H	
	Глубина фрезерования H_{max} , мм								
С мелким зубом	7	8	9	12	14	–	16	12	12,5
С крупным зубом	–								
Со вставными ножами	–		16	19	24	17			
Для легких сплавов	–		10	12	14	–	16		

Таблица 6. Размеры элементов деталей, обрабатываемых прорезными (шлицевыми), отрезными и дисковыми пазовыми фрезами



Тип фрезы	Ширина канавки B , мм																Квалитет IT для размера		Параметр шероховатости поверхности R_a , мкм, не менее	
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	B		H
	$H \max/D$																			
Прорезные (шлицевые)	9/40					-											12	14	12,5	
	-	15/60						-				-	-							
	-			-			20/75						-							
Отрезные	-					15/60						-					14	14	12,5	
	-			-			20/75						-							
	-			-			34/100						-							
	-			-			48/150						-							
	-			-			14/200						-							
Дисковые пазовые	-											12/60		-				12	14	6,3
	-											20/75								
	-											24/90								

2. Детали, изготавливаемые в пресс-формах

Настоящая инструкция распространяется на детали и сборочные единицы из алюминиевых сплавов и пластмасс (далее – деталей), изготавливаемых литьем под давлением или прессованием.

Деталям можно придавать разнообразные геометрические формы при соблюдении следующих правил:

1. С целью снижения стоимости изготовления детали и пресс-формы для нее и с целью повышения надежности пресс-формы деталям следует придавать такую конфигурацию, чтобы их можно было изготовить в пресс-форме с наименьшим возможным числом плоскостей разъема и подвижных частей. Часто незначительным изменением конфигурации детали можно добиться упрощения пресс-формы (рис. 3). Проверить возможность изготовления детали в пресс-форме с одной плоскостью разъема можно по правилу теней (табл. 7).

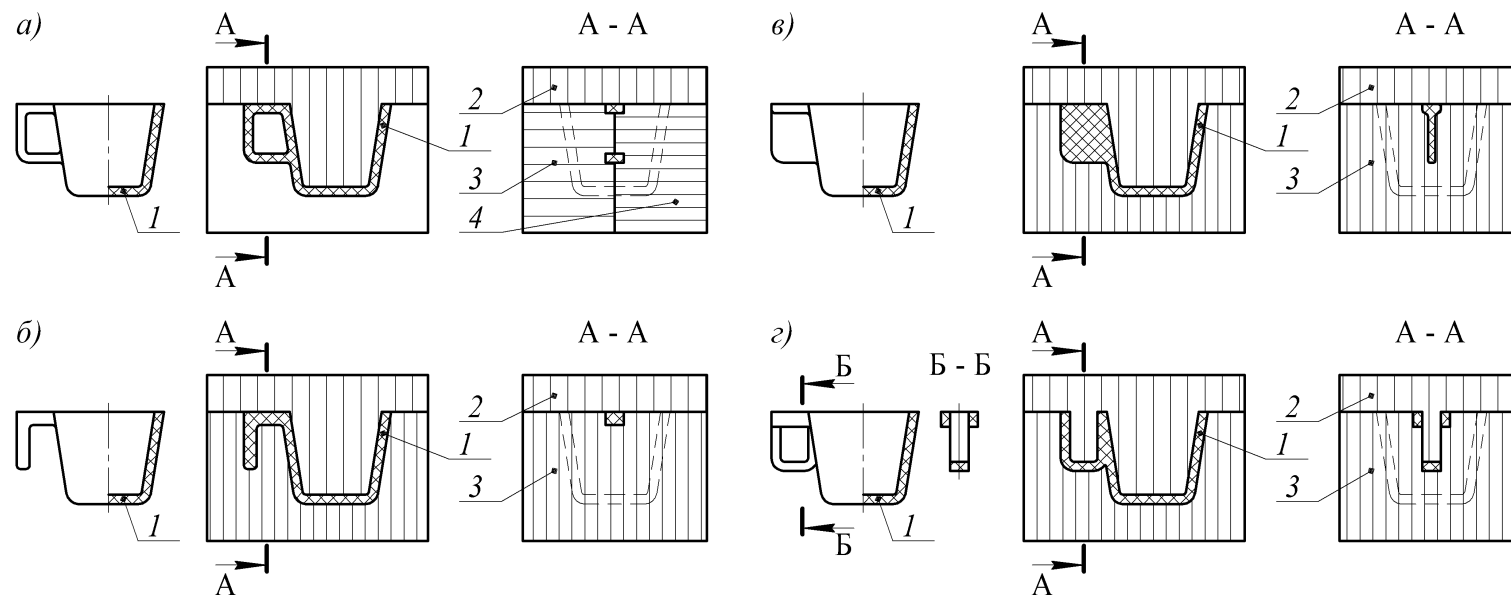
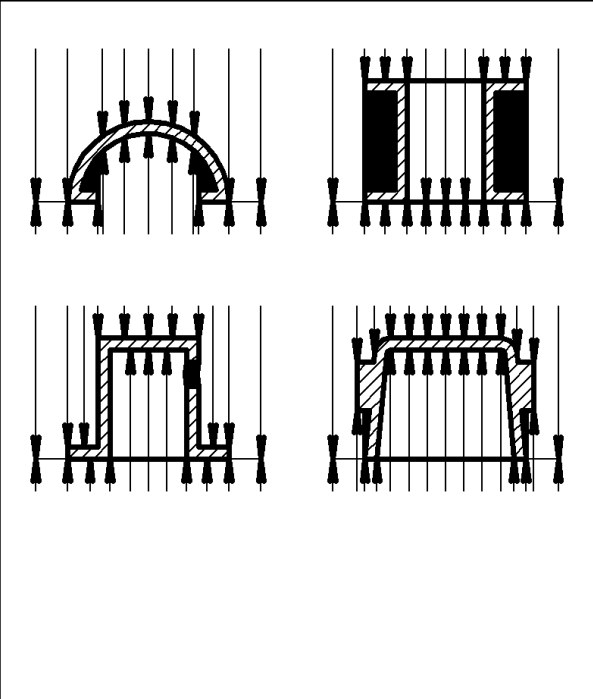
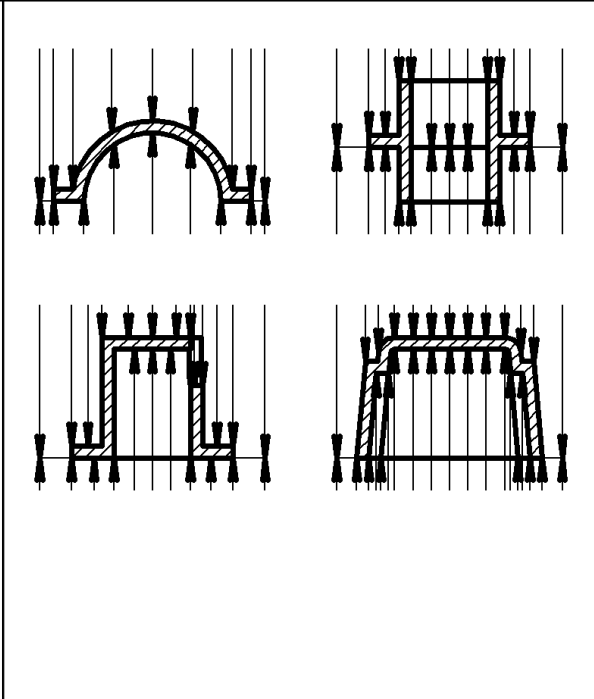


Рис. 3. а) деталь, требующая для изготовления пресс-формы с двумя плоскостями разъема; б) – г) детали, требующие для изготовления пресс-формы с одной плоскостью разъема; 1 – изготавливаемые детали; 2, 3, 4 – части пресс-формы

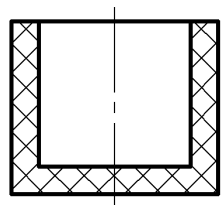
Примечание. На приведенных здесь схематических рисунках части пресс-форм условно изображены монолитными. В реальных пресс-формах они обычно представляют собой сборочные единицы. Направление линий штриховки частей пресс-формы на рисунках совпадает с направлением движения этих частей при разьеме пресс-формы.

Таблица 7. Проверка технологичности деталей, изготавливаемых в пресс-формах, по правилу теней

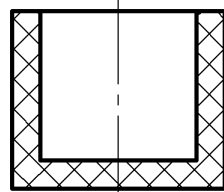
Нетехнологично	Технологично	Правило
		<p>Если при воображаемом освещении детали с двух сторон параллельными лучами в направлении, перпендикулярном плоскости разьема пресс-формы, тени на детали отсутствуют, то деталь может быть получена в пресс-форме с одной плоскостью разьема и одной подвижной частью. Такие пресс-формы наиболее просты в изготовлении и надежны в эксплуатации.</p> <p>При применении правила теней не следует забывать о том, что литейные уклоны, не изображенные на чертеже, на реальной детали тоже могут давать тени.</p> <p>При конструировании часто можно избежать теневых участков на детали изменением ее конфигурации без ухудшения ее эксплуатационных свойств (см. рис. 3)</p>

2. Поверхности детали, лежащие в направлении перемещения частей пресс-формы, должны иметь уклоны, необходимые для беспрепятственного извлечения детали из пресс-формы (рис. 4). Если отсутствуют конструктивные уклоны, следует предусмотреть технологические, величины которых должны быть не менее 1:100 для внутренних и 1:200 для наружных поверхностей.

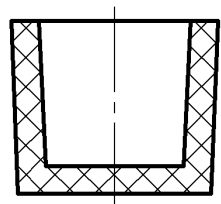
Нетехнологично



a)



Технологично



a)

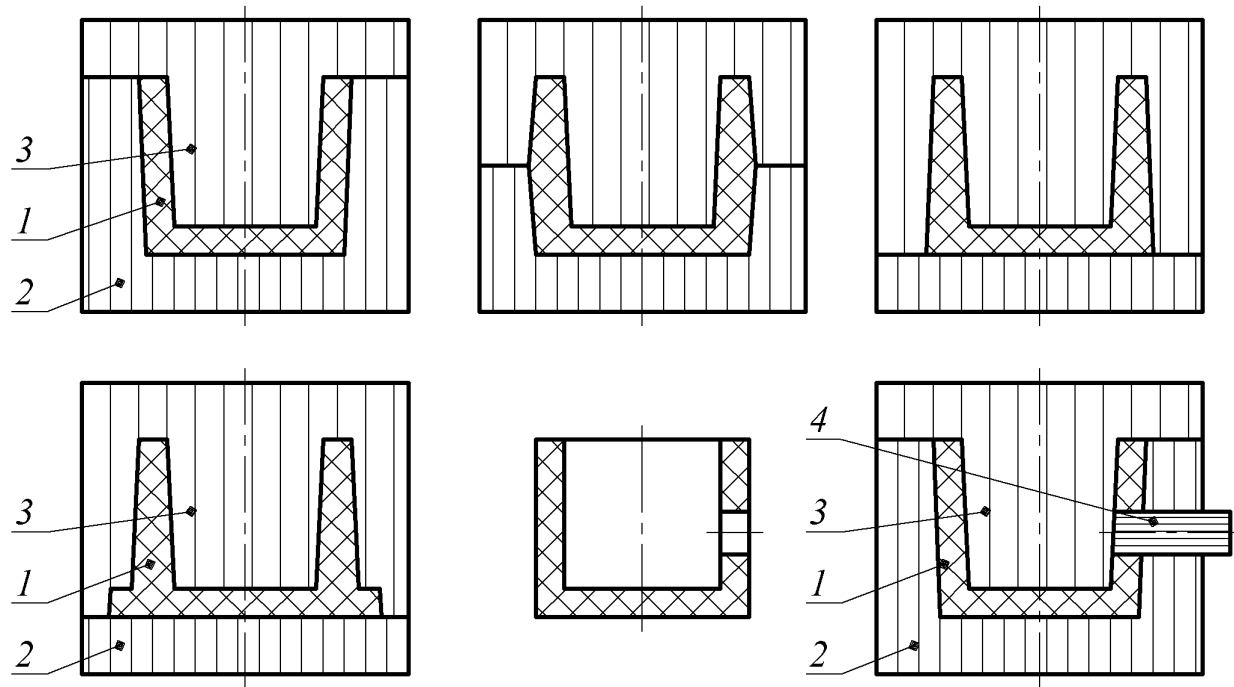
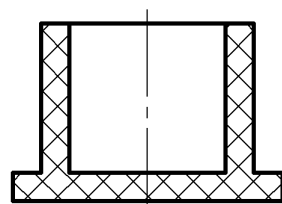


Рис. 4

Рис. 5. Влияние расположения плоскости разъема пресс-формы на форму детали:
1 – изготавливаемые детали; 2, 3, 4 – части пресс-формы

Технологические уклоны не всегда указываются на чертежах, и при изготовлении их величина и направление выбираются конструктором пресс-формы с учетом расположения плоскости разъема пресс-формы. Расположение плоскости разъема пресс-формы и технологических уклонов существенно влияет на форму детали (рис. 5 и 6) и конструктор детали (при необходимости совместно с конструктором пресс-формы) должен проанализировать все возможные варианты. В тех случаях, когда произвольное расположение уклона не допускается (например, по требованиям технической эстетики или взаимозаменяемости), направление и величина уклона должны указываться на чертеже.

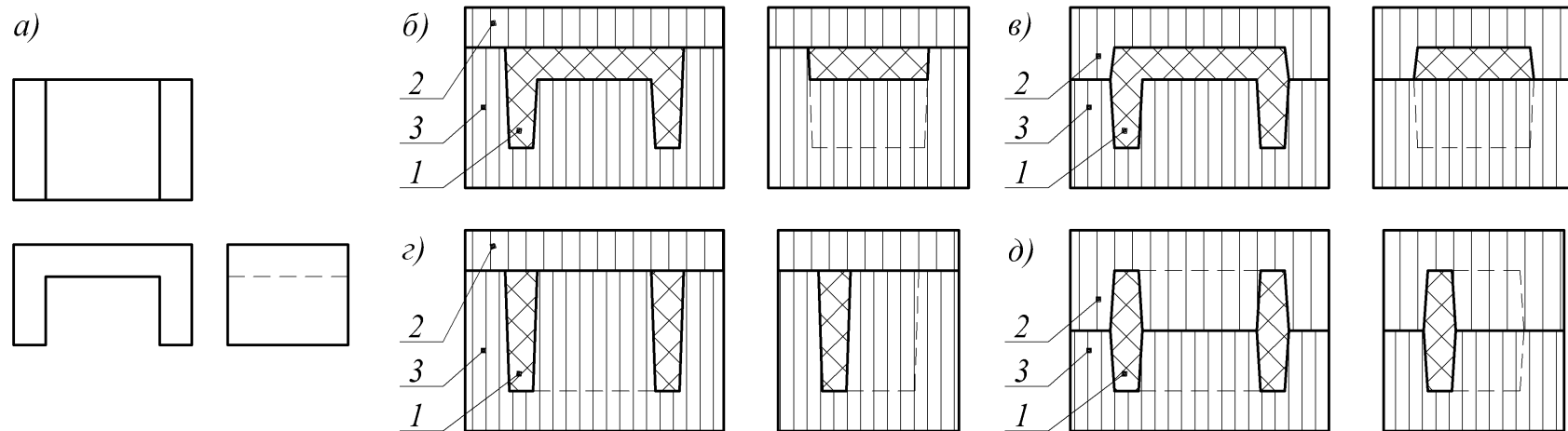


Рис. 6. Влияние расположения плоскости разъема пресс-формы на форму детали: а) деталь, б) и в) схемы пресс-форм с различным расположением плоскостей разъема; 1 – изготавливаемые детали; 2, 3 – части пресс-форм

3. Необходимо стремиться придавать стенкам детали толщину, минимально возможную для данных метода изготовления, материала и размеров детали. Минимальную толщину стенок можно определить по формулам:

$$\text{для алюминиевых деталей } t = 0,0036S + 0,9, \quad (1)$$

$$\text{для деталей из реактопластов } t = \frac{2h}{L - 20} + \frac{1}{\lg a}, \quad (2)$$

$$\text{для деталей из термопластов } t = 0,8(\sqrt[3]{h} - 2,1), \quad (3)$$

где t – толщина стенки, мм;

S – площадь поверхности отливки, см²;

h – высота стенки, мм;

L – значение текучести по Рашигу, мм;

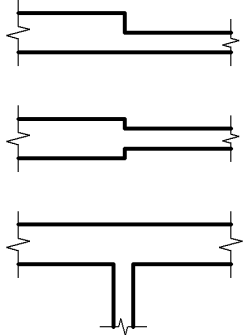
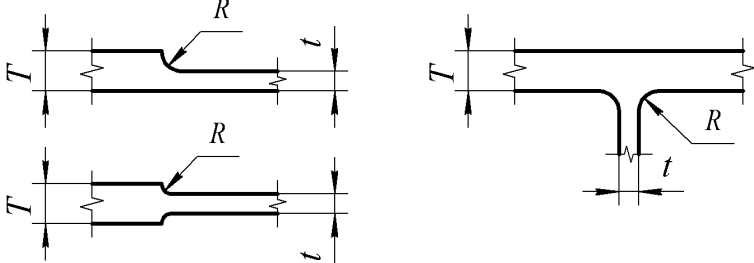
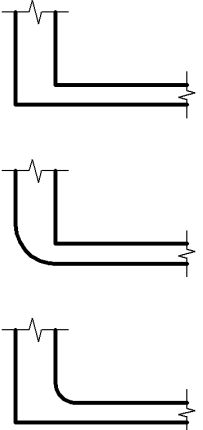
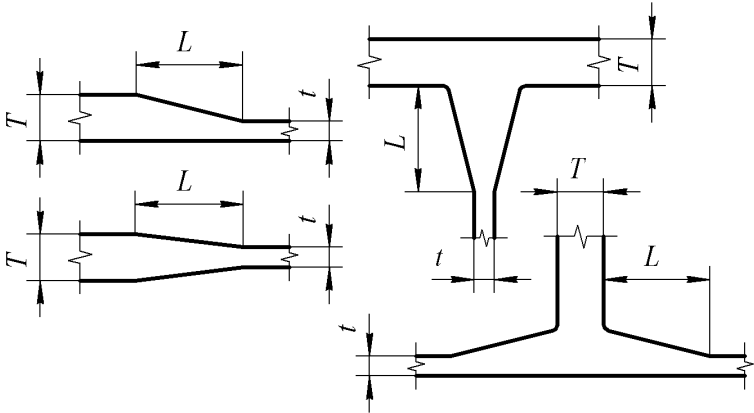
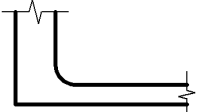
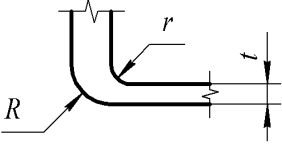
a – удельная ударная вязкость пластмассы, кгс·см/см².

При назначении размеров толщин стенок следует руководствоваться правилами, приведенными в табл. 8 и 9.

Таблица 8. Устранение неодинаковой толщины стенок и местных скоплений материала в деталях, изготавливаемых в пресс-формах

Нетехнологично	Технологично	Правила
		<p>1. Необходимо стремиться придавать стенкам детали толщину, минимально возможную для данного метода изготовления, материала и размеров детали; необходимую прочность и жесткость следует обеспечивать применением ребер.</p> <p>2. Необходимо стремиться придавать всем стенкам детали примерно одинаковую толщину и исключить резкие переходы между стенками, отличающимися по толщине (см. табл. 9). Не следует допускать разнотолщинность стенок более 1:3; разнотолщинность стенок в деталях из термопластов не должна превышать 30%.</p> <p>3 Толщина наружных и внутренних ребер жесткости должна быть равна соответственно 0,8 – 1,0 и 0,6 – 0,8 толщины стенки. Ребра жесткости должны быть перпендикулярны к плоскости разъема пресс-формы.</p> <p>4. В коробчатых деталях дно должно быть толще стенок на 0,1 – 0,3 мм.</p> <p>5. Необходимо исключить большие местные скопления материала.</p>

Таблица 9. Устранение неодинаковой толщины стенок и местных скоплений материала в деталях, изготавливаемых в пресс-формах

Нетехнологично	Технологично	Правила
		<p>При $T \leq 2t$ $R \geq \frac{t+T}{2}$</p>
		<p>При $T > 2t$ $L \geq 4(T - t)$</p>
		<p>При $T = t$ $r = t$, $r \leq R \leq (r + t)$; при $T > t$ $r = \frac{(t+T)}{2}$, $(r + t) \leq R \leq (r + T)$</p>


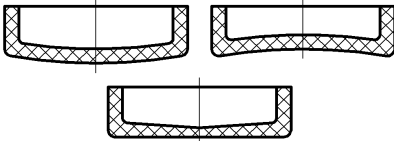
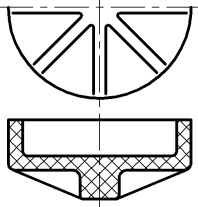
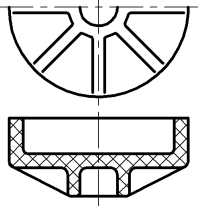

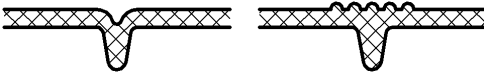
4. Наружные и внутренние углы детали должны иметь скругления с радиусом не менее 0,5 мм. Острые углы допускаются только по линиям разъема частей формы.

5. При конструировании элементов деталей, изготавливаемых в пресс-формах, следует руководствоваться правилами, приведенными в табл. 10 – 12.

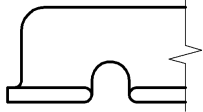
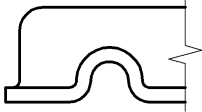
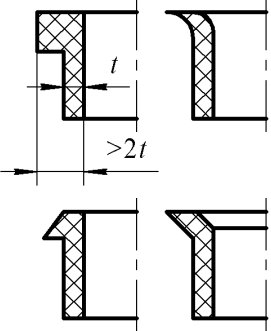
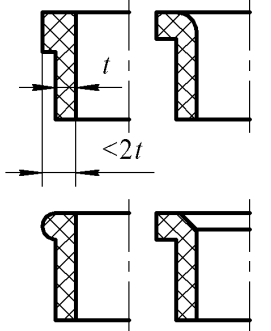
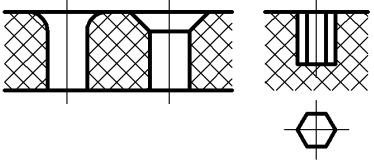
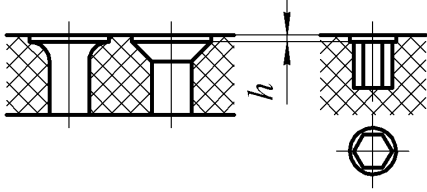
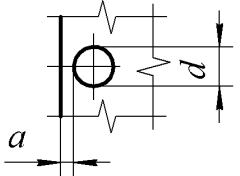
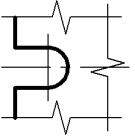
6. Предельные отклонения размеров деталей по возможности должны устанавливаться с учетом экономической точности изготовления.

Примечание. Под экономической точностью какого-либо метода обработки понимается точность, обеспечиваемая в нормальных условиях работы при использовании исправного оборудования, инструмента стандартного качества и при затрате времени и средств, не превышающих затрат для других методов, сопоставимых с рассматриваемым.

Таблица 10. Правила конструирования элементов деталей, изготавливаемых в пресс-формах

Нетехнологично	Технологично	Правила
		<p>1. С целью предотвращения деформации детали с большими поверхностями рекомендуется эти поверхности делать выпуклыми или вогнутыми или придавать внутренней поверхности форму конуса</p>
		<p>2. Следует избегать соединения нескольких ребер жесткости в одном месте из-за опасности появления утяжин</p>
		<p>3. Для маскировки дефектов (утяжин и др.) рекомендуется наносить пазы, штрихи или придавать поверхности вид кожаной, пескоструенной и т. д.</p>

Продолжение табл. 10. Правила конструирования элементов деталей, изготовляемых в пресс-формах

Нетехнологично	Технологично	Правила
		<p>4. Буртики на торцах деталей следует выполнять непрерывными по всему контуру детали, так как в местах разрыва возможно появление трещин</p>
		<p>5. Толщина буртиков на торцах детали не должна превышать 1,5 – 2 толщин стенки. Чрезмерное утолщение ведет к трещинам и деформации детали. Чрезмерное утонение края буртика ведет к его выкрашиванию</p>
		<p>6. Для нецилиндрических отверстий желательно предусматривать цилиндрические пояски высотой $h = 0,5 \text{ min}$ мм</p>
		<p>7. Если необходимо расположить отверстие близко к краю детали ($a < d/3$), его рекомендуется заменять пазом</p>

Окончание табл. 10. Правила конструирования элементов деталей, изготавливаемых в пресс-формах

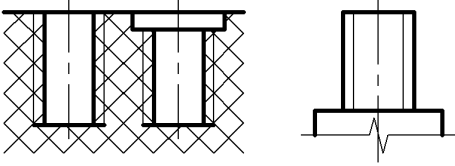
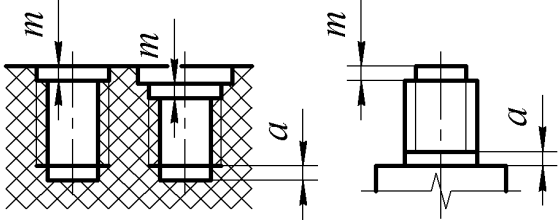
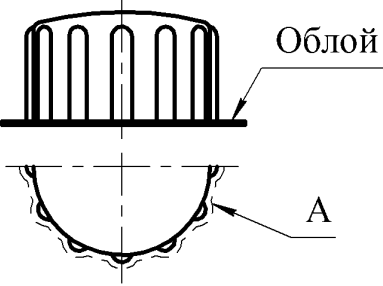
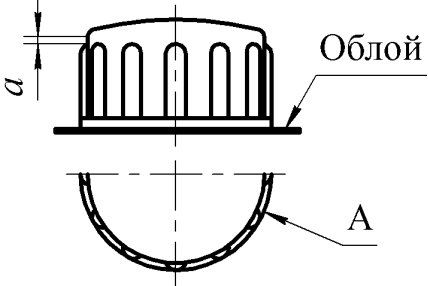
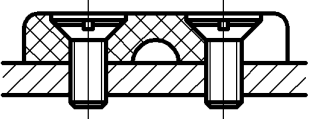
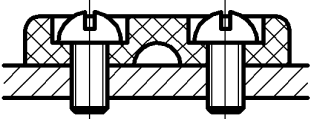
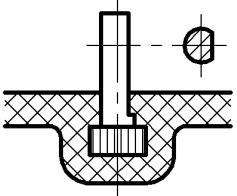
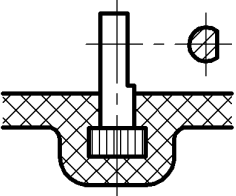
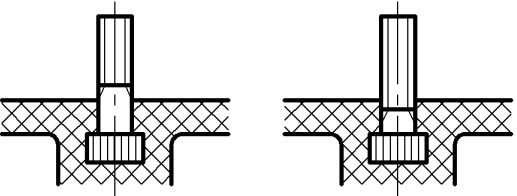
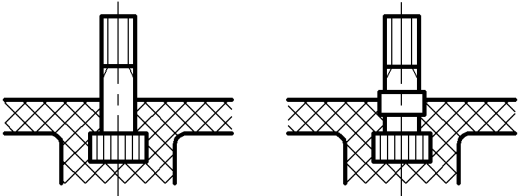
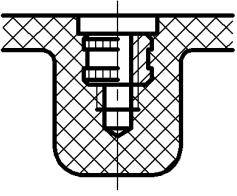
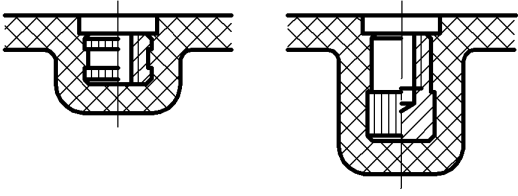
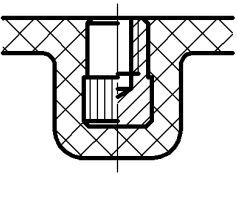
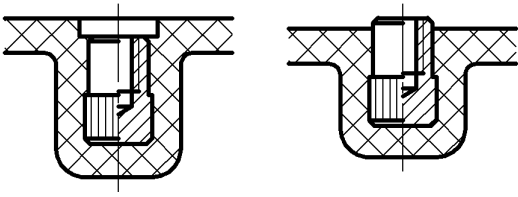
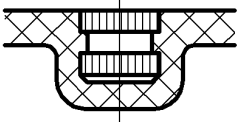
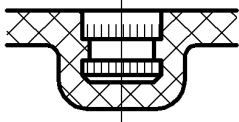
Нетехнологично	Технологично	Правила
		<p>8. Если резьба получается формованием в пресс-форме, то в начале и конце ее следует предусматривать цилиндрические участки с размерами: $a = 0,5 \dots 1,0$ мм, $m = (1 \dots 2)p$, где p – шаг резьбы</p>
		<p>9. При конструировании детали следует учитывать, что облой легче и качественнее удаляется с участков простой конфигурации. На приведенных рисунках участки, с которых удаляется облой, обозначены линиями А. Рифления не должны доходить до конца цилиндрического участка детали на размер $a = 0,5 \text{ min}$ мм</p>
		<p>10. Детали из хрупких пластмасс не следует крепить винтами с потайными или полупотайными головками</p>

Таблица 11. Правила конструирования пластмассовых деталей с металлической арматурой

Нетехнологично	Технологично	Правила
		<p>1. Следует избегать сложных поверхностей арматуры в месте пересечения ее с поверхностью пластмассы. Предпочтение следует отдавать цилиндрическим поверхностям</p>
		<p>2. При опрессовке арматуры с наружной резьбой между концом сбега резьбы и поверхностью пластмассы следует оставлять гладкий участок длиной не менее 1,5 мм, иначе при прессовании пластмасса затечет в резьбу</p>
		<p>3. Длина внутренней резьбы на армированной детали не должна быть больше длины арматуры. Наиболее технологичной для прессования является арматура с глухой резьбой</p>
		<p>4. Следует избегать установки втулок торцом заподлицо с поверхностью пластмассы, так на торец может затечь пластмасса. Лучше утапливать арматуру на 2 ... 3 мм или выпускать на столько же из пластмассы. Последний вариант предпочтительнее, так как исключает опасность разрушения пластмассы при затяжке резьбового соединения</p>

Окончание табл. 11. Правила конструирования пластмассовых деталей с металлической арматурой

Нетехнологично	Технологично	Правила
		<p>5. Рифления не следует доводить до торца арматуры, расположенного заподлицо с поверхностью пластмассы на 1,5 ... 2 мм, чтобы исключить вспучивание поверхности торца арматуры</p>

7. Экономическая точность при литье алюминиевых сплавов под давлением соответствует 13-му качеству для размеров типа А, 14-му качеству для размеров типа Б и 15-му качеству для размеров типа В.

Размеры типа А – размеры, определяемые размерами формующих элементов пресс-формы (матрицы, пуансона, знака), но не зависящие от взаимного расположения последних, а также размеры от литой (прессованной) поверхности до поверхности обрабатываемой резанием. Размеры типа Б – размеры, определяемые взаимным расположением частей пресс-формы. Размеры типа В (только в деталях из алюминиевых сплавов) – размеры, определяемые размерами и взаимным расположением трех и более частей пресс-формы, размеры толщин стенок, ребер, фланцев, не подвергаемых обработке резанием.

8. Экономическая точность изготовления пластмассовых деталей приведена в табл. 13.

Таблица 12. Предельные размеры некоторых элементов пластмассовых изделий, мм

Элементы пластмассовых изделий с отверстиями						
	Диаметр отверстия, d	Отношение глубины отверстия к его диаметру для отверстий		Величина перемычки		Толщина дна глухого отверстия, s
		по краю детали при h/d не более	по центру отверстия при H/d не более	a	b	
	До 2,5 вкл.	2,0	3,0	1,0	0,5 ... 0,7	1,0
	Св. 2,5 до 4,0 »	2,3	3,5	1,25	0,8 ... 1,0	
	» 4,0 » 5,0 »	2,5	3,8	1,50		1,0 ... 1,2
	» 5,0 » 6,0 »	2,8	4,2	1,75	1,2 ... 1,5	
	» 6,0 » 8,0 »	3,0	4,7	2,0		1,2 ... 1,8
	» 8,0 » 10,0 »	3,4	5,1	2,25	2,0 ... 2,2	
	» 10,0 » 12,0 »	3,8	5,5	2,75		2,2 ... 3,0
	» 12,0 » 14,0 »	4,2	6,0	3,25		
» 14,0 » 18,0 »	4,6	6,5	3,75			
» 18,0	5,0	7,0	4,5	2,5 ... 3,0		

Элементы пластмассовых изделий с арматурой							
	Диаметр арматуры, D	Толщина слоя пластмассы вокруг арматуры					
		Термореактивная пластмасса с усадкой			Термопластичная пластмасса		
		До 0,3 %	Св. 0,3 до 0,6 %	Св. 0,6 до 1,0%	c	t	e
	До 3,0 вкл.	0,5	1,5		2,0	1,5	
	Св. 3,0 до 6,0 »	1,0	2,5		3,0	2,5	
	» 6,0 » 10,0 »	1,5	3,5		4,5	3,5	
» 10,0 » 20,0 »	2,0	5,0	6,0	5,5	5,0		
» 20,0	3,0	6,0	8,0	7,0	6,0		

Таблица 13. Экономическая точность размеров деталей, прессуемых из пластмасс

Интервалы размеров, мм	Колебания усадочного коэффициента, %							
	До 0,06	Св. 0,06 до 0,10	Св. 0,10 до 0,16	Св. 0,16 до 0,25	Св. 0,25 до 0,40	Св. 0,40 до 0,60	Св. 0,60 до 1,00	Св. 1,00
Квалитет IT для размеров типа A								
До 3	8	9	10	11	12	13	14	15
Св. 3 « 30	8	9	10	11	12	13	14	15
« 30 « 120	9	10	11	12	13	14	15	16
« 120 « 250	10	11	12	13	14	15	16	17
« 250 « 500	11	12	13	14	15	16	17	18
Квалитет IT для размеров типа B								
До 3	10	11	12	13	14	15	16	17
Св. 3 « 30	9	10	11	12	13	14	15	16
« 30 « 120	10	11	12	13	14	15	16	17
« 120 « 250	11	12	13	14	15	16	17	18
« 250 « 500	12	13	14	15	16	17	18	–

Направление смыкания формы

Плоскость разъема формы

Направление движения знака 3

Размеры типа A – размеры, определяемые размерами формующих элементов пресс-формы (матрицы, пуансона, знака), но не зависящие от взаимного расположения последних.

Размеры типа B: 1) размеры, определяемые взаимным расположением формующих элементов, в направлении, перпендикулярном направлению смыкания пресс-формы (например, толщины боковых стенок изделий);

2) размеры, определяемые взаимным расположением формующих элементов в направлении смыкания пресс-формы, зависящие от облоя.

3. Детали, изготавливаемые холодной листовой штамповкой

При конструировании деталей, изготавливаемых холодной штамповкой, необходимо соблюдать следующие правила:

1. Придавать элементам деталей наиболее простые формы, плавные, симметричные, без резких переходов, узких пазов и выступов.
2. При выборе наружного контура детали отдавать предпочтение круглой форме перед овальной или прямоугольной.
3. Унифицировать детали по диаметрам вырубки, пробивки, вытяжке, углам или радиусам гибки, радиусам сопряжения элементов детали.
4. Придавать плоским деталям (или плоским заготовкам объемных деталей) форму, обеспечивающую рациональный раскрой материала. Наиболее рациональный раскрой материала получается при безотходной (малоотходной) штамповке. Деталь или заготовка в этом случае не вырубается, а отрезается по некоторой части контура (рис. 5, б, г). Недостатками такого раскроя по сравнению с вырубкой с перемычками по всему контуру (рис. 5, а, в) являются меньшая точность размеров, дефекты кромок (косой срез, смятие и др.) и меньшая стойкость штампов.

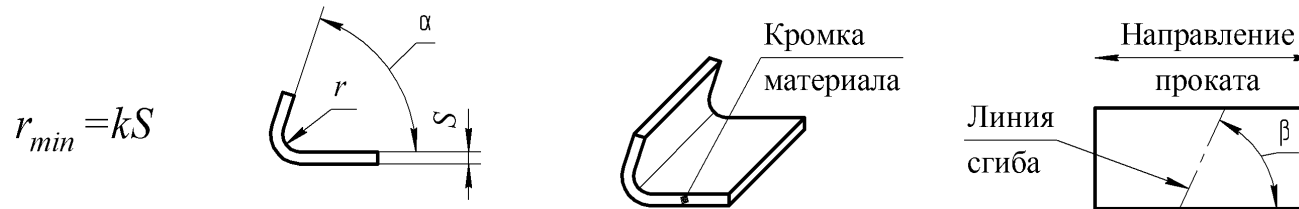
Основные нормы и правила конструирования штампуемых деталей приведены на рис. 5 ... 9 и в табл. 13, 14.

Таблица 14. Минимальные размеры конструктивных элементов плоских деталей, изготовляемых вырубкой или пробивкой из металлического листового проката [19]

S – толщина листа
 Минимальные радиусы скруглений R , минимальные размеры пробиваемых отверстий d, e, f, l не должны быть менее 0,5 мм; минимальные размеры перемычек не должны быть менее 2 мм.

Материал	a	b	c	d	e	f	l
Сталь коррозионностойкая	1,5S	1,2S		1,5S	1,4S	1,2S	1,1S
Сталь с содержанием углерода до 0,3%				S	0,9S	0,7S	0,6S
Сталь с содержанием углерода свыше 0,3%				1,2S	1,1S	0,9S	0,8S
Латунь, медь	1,2S	1,8S	S	0,8S	0,7S	0,6S	0,55S
Алюминий и его сплавы				0,7S	0,6S	0,5S	0,45S
Цинк	–			0,5S	–	–	–
Магниевый сплав МА8М				0,5S	–	–	
Титановые сплавы				1,2S	S	–	–

Таблица 15. Минимальные радиусы сгиба металлического проката [19]



Коэффициенты сгиба k для листов (лент) из цветных металлов и сплавов

Наименование и марка материала	Состояние поставки	Угол сгиба α в градусах				
		30	40	60	90	120
		Коэффициент сгиба k				
Алюминий АД1; А5	Отожженный	0,575	0,55	0,525	0,5	0,45
	Нагартованный	1,15	1,1	1,05	1,0	0,9
Алюминиевый сплав АМц	Отожженный	0,575	0,55	0,525	0,5	0,45
	Полунагартованный	2,3	2,2	2,1	2,0	1,8
	Нагартованный	4,6	4,4	4,2	4,0	3,6
Алюминиевые сплавы Д1А; Д16А	Отожженный	1,15	1,1	1,05	1,0	0,9
	Свежезакаленный	1,73	1,65	1,58	1,5	1,35
	Естественно состаренный	2,88	2,75	2,63	2,5	2,25
Латунь ЛС59-1	Мягкий	1,63	1,45	1,36	1,0	0,9
	Твердый	3,75	3,34	3,13	2,3	2,07
Латунь Л63	Мягкий	0,49	0,435	0,41	0,3	0,27
	Кроме мягкого	1,3	1,16	1,09	0,8	0,72
Бронза БрБ2	Мягкий	1,63	1,45	1,36	1,0	0,9
	Твердый	3,92	3,48	3,27	2,4	2,16
Бронза БрКМц 3-1	Мягкий	1,3	1,16	1,09	0,8	0,72
	Кроме мягкого	2,45	2,9	2,04	1,5	1,35
Нейзильбер МНЦ15-20	—	1,63	1,45	1,36	1,0	0,9

Окончание табл. 15. Минимальные радиусы сгиба металлического проката [19]

Коэффициенты сгиба k для листов (лент) из черных металлов							
Наименование и марка материала	Состояние поставки	β , градусы	Угол сгиба α в градусах				
			30	60	80	90	120
			Коэффициент сгиба k				
Сталь 08кп, 10, 10кп	Термообработанный	90	0,1	0,085	0,07	0,06	0,05
		45	0,4	0,34	0,26	0,24	0,2
		0	0,8	0,68	0,56	0,48	0,4
	Без термообработки	90	0,8	0,68	0,56	0,48	0,4
		45	1,2	1,02	0,84	0,72	0,6
		0	1,6	1,36	1,12	0,96	0,8
Ряды предпочтительных радиусов сгиба металлических листов, лент и труб							
1-й ряд	0,1; 0,4; 0,63; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10,0; 16,0; 25,0; 40,0; 63,0; 100; 160; 250; 400						
2-й ряд	0,2; 0,32; 0,5; 0,8; 1,2; 2,0; 3,2; 5,0; 8,0; 12,0; 20,0; 32,0; 50,0; 80,0; 125; 200; 320						
3-й ряд	1,4; 1,8; 14,0; 18,0; 28,0; 36,0; 71,0; 90,0; 110; 140; 180; 220; 280; 360						

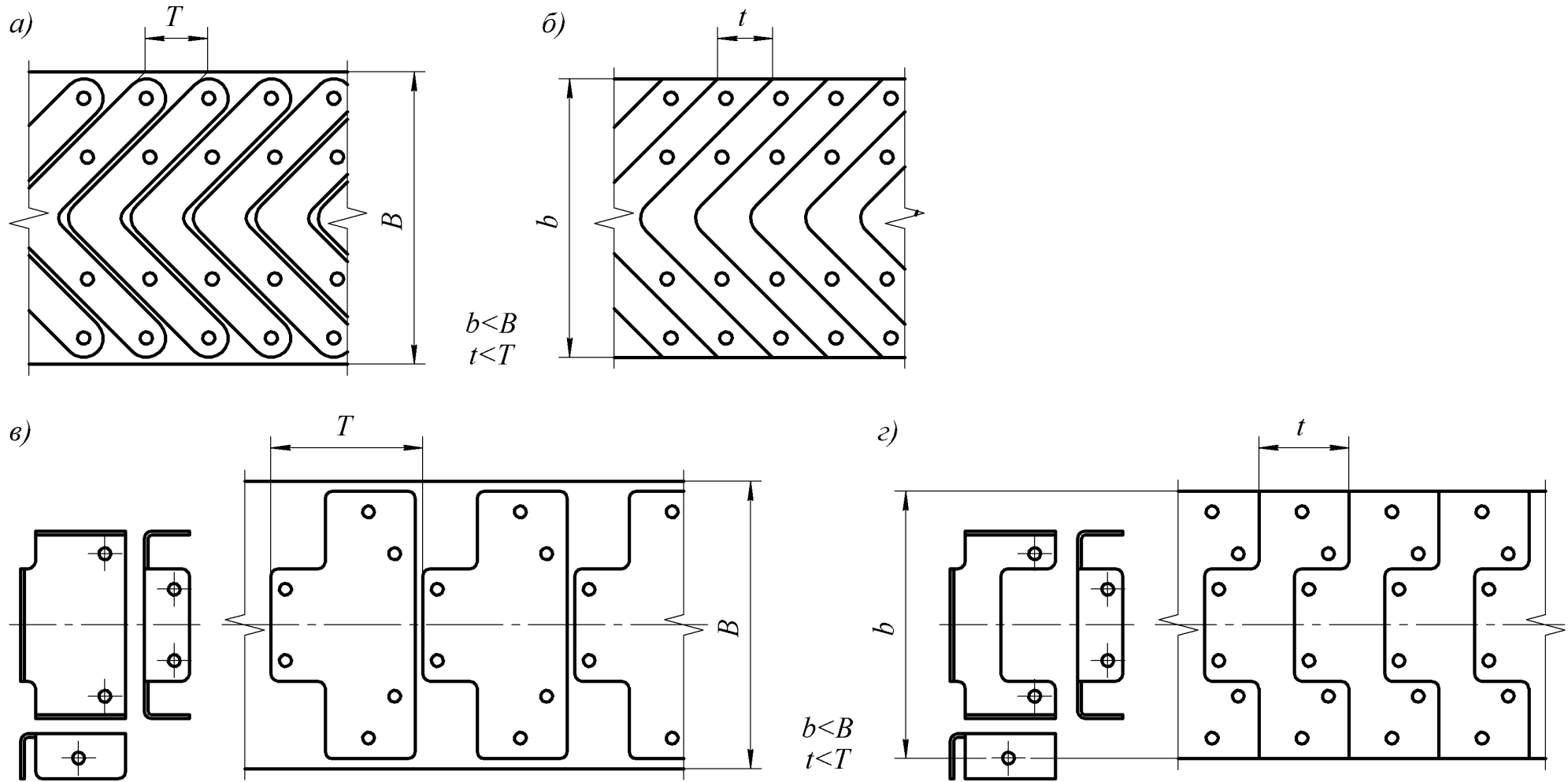


Рис. 7. Примеры изменения конфигурации плоских деталей (заготовок) для обеспечения безотходной или малоотходной штамповки

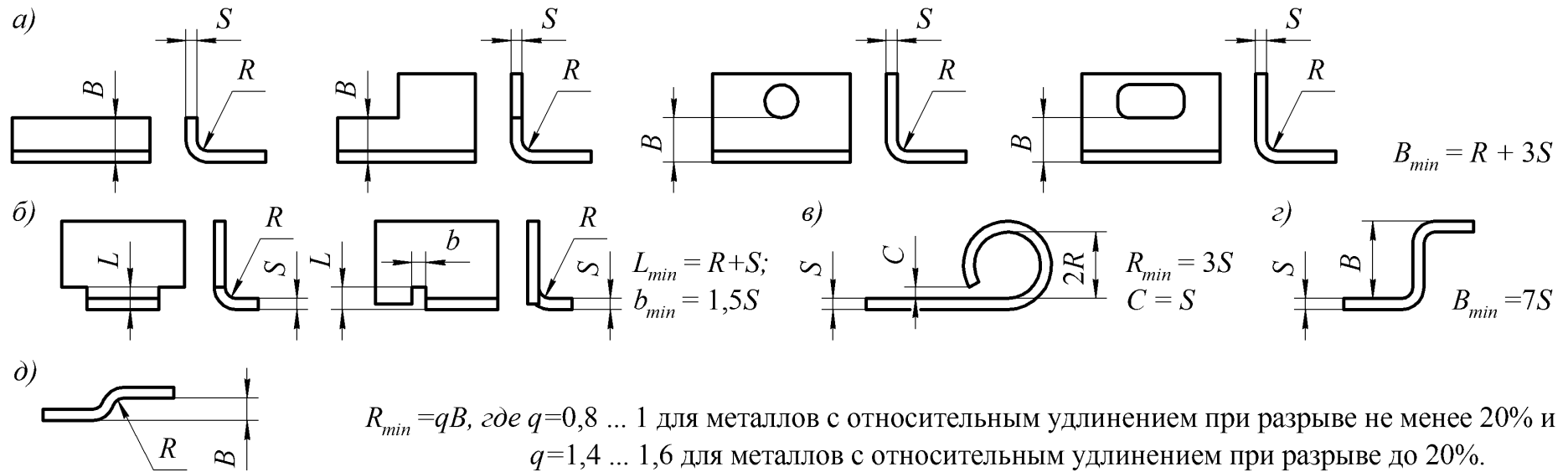


Рис 8. Рекомендуемые размеры элементов деталей, изготавливаемых гибкой из листовых заготовок, [25]

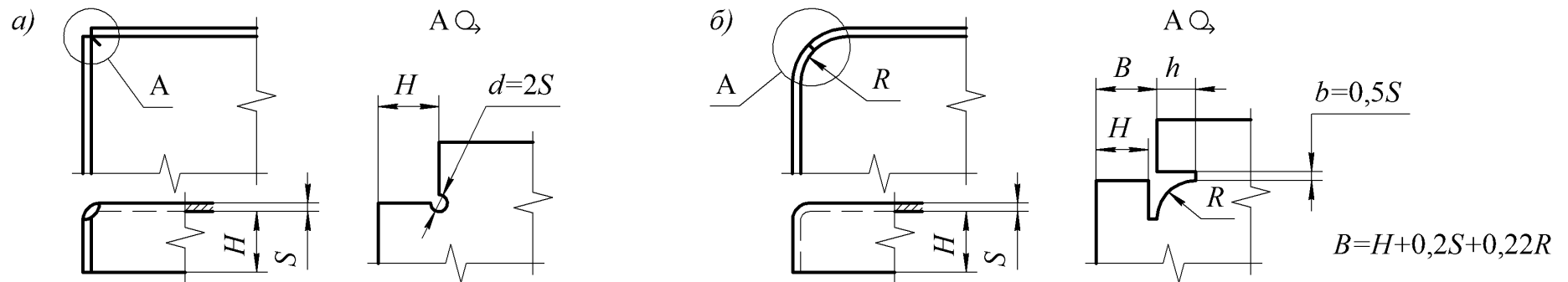


Рис. 9. Разделка углов сварных коробок [5]

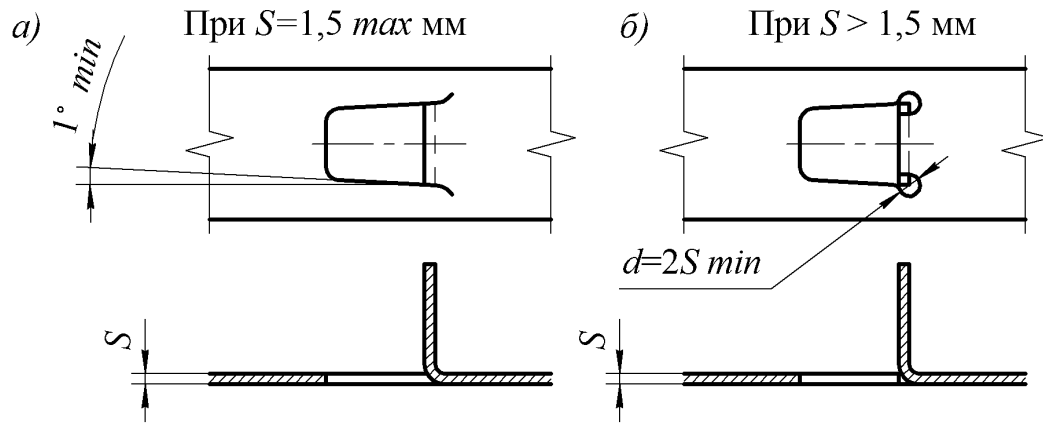


Рис. 10. Надрезка с отгибкой по [19]

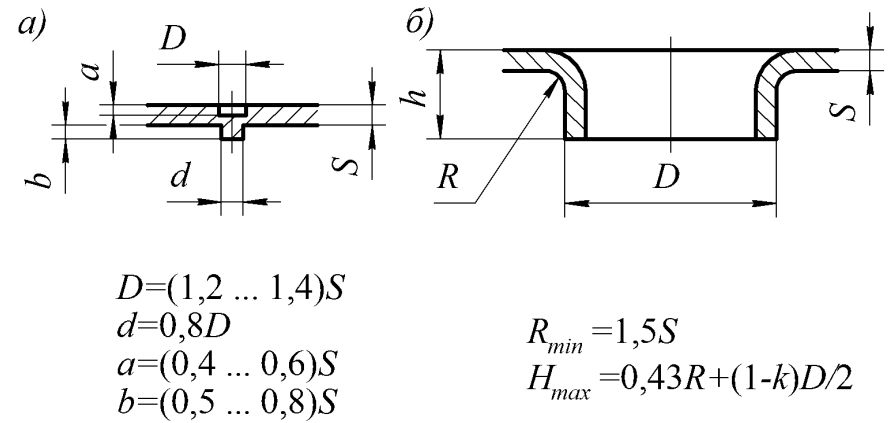


Рис. 11. Выдавки и отбортовки [19]

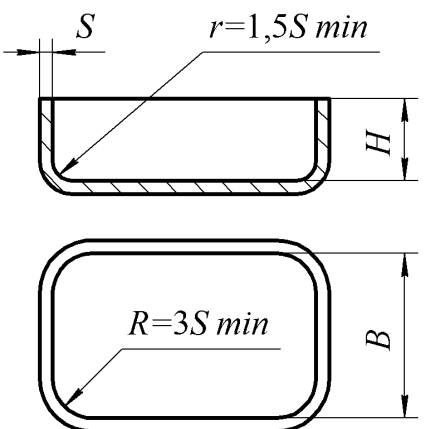
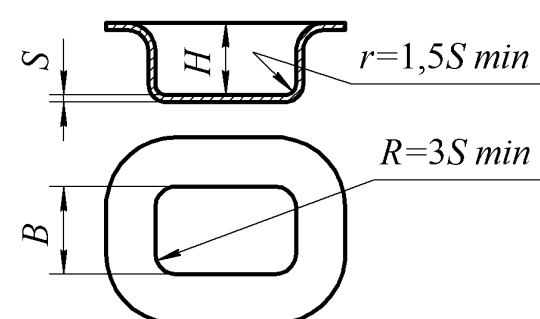
Коэффициент отбортовки k (рис. 11, б) определяется по таблице 16.

Таблица 16

Материал	Коэффициент отбортовки		Примечание
	k	$k_{наим}^*$	
Жесть белая	0,70	0,65	—
Сталь	0,78	0,75	С содержанием углерода до 0,3 %
Латунь, медь	0,68	0,62	—
Алюминий	0,70	0,64	—

* Значение $k_{наим}$ применять в исключительных случаях, когда на отбортованной стенке допускаются небольшие трещины и надрывы

Таблица 17. Требования к размерам коробчатых деталей, изготавливаемых вытяжкой из металлического листового проката за одну операцию, [25]

	мм		
	Материал детали		
	Латунь	Сталь	
	<i>R</i>		
	4	6	<i>H</i> , не более
	6	10	20
	10	16	35
	16	20	50
	20	25	75
	30	40	100
45	60	125	
150		150	
	Относительная толщина заготовки S/B_0	Материал детали	
		АД1	Сталь
		Наибольшая относительная высота H/B	
	От 0,002 до 0,005	0,55	0,5
	От 0,005 до 0,01	0,6	0,55
	От 0,001 до 0,015	0,65	0,6
От 0,015 до 0,02	0,7	0,65	
B_0 – ширина заготовки			

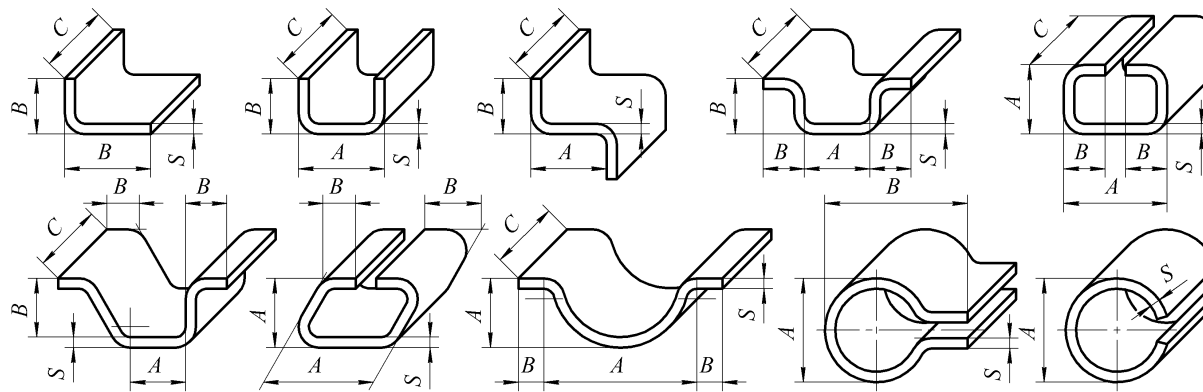
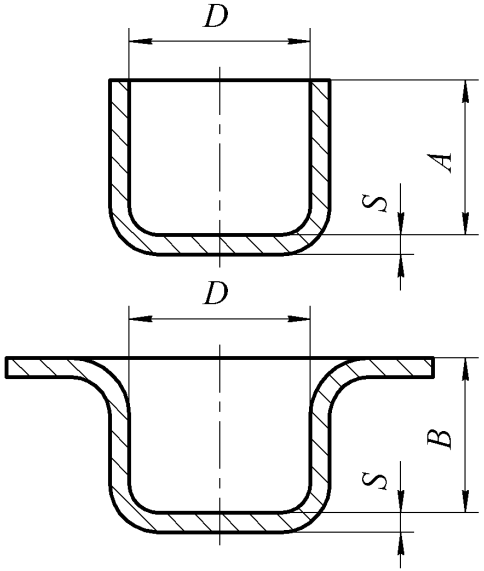


Рис. 12

Таблица 18. Экономическая точность размеров, получаемых гибкой (рис. 12)

Интервал размера C	Толщина листа S	Интервал размера A						Интервал размера B					
		До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 400	Св. 400	До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 400	Св. 400
		Квалитет IT											
До 100	До 1	16	15		14		17	16			15		
	Св. 1 до 3	17	16		15	14	17			16	15		
	Св. 3 до 6	17			16	15	17			16			
Свыше 100 до 400	До 1	16	15		14		17	16			15		
	Св. 1 до 3	17	16		15		17			16			
	Св. 3 до 6	17			16		17			16			
Свыше 400 до 700	До 1	17		16		15		17			16		
	Св. 1 до 3	17			16		17			16			
	Св. 3 до 6	17						17					

Таблица 19. Экономическая точность размеров цилиндрических деталей, получаемых вытяжкой из металлических листов [25]

	Интервалы размеров, мм	Толщина материала S , мм								
		До 1	Св. 1 до 2	Св. 2 до 4	До 1	Св. 1 до 2	Св. 2 до 4	До 1	Св. 1 до 2	Св. 2 до 4
		Квалитет IT для размеров типа								
		A			B			D		
До 3	17	–	–	16	–	–	13	14	15	
Св. 3 « 6	17	17	17	15	16	16	12	13	14	
« 6 « 10		16			15					
« 10 « 30		16			17					15
« 30 « 50	17		16	16						
« 50 « 80						17	16	16		
« 80 « 120	17	16	16	16	14				15	
« 120 « 180						17	16	16		16
« 180 « 250	17	16	16	16	14				15	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ДОКУМЕНТОВ

1. Альшиц И. Я., Благоев Б. Н. Проектирование деталей из пластмасс: Справочник. – М.: Машиностроение, 1977.
2. Анисимов Н. Ф., Благоев Б. Н. Проектирование литых деталей: Справочник. – М.: Машиностроение, 1967.
3. Басов Н. И., Брагинский В. А., Казанцев Ю. В. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов. – М.: Химия, 1991.
4. Бобков Н. М. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей // Стандарты и качество. – № 3. 1996.
5. Вайнтрауб Д. А., Клепиков Ю. М. Холодная штамповка в мелкосерийном производстве: Справочное пособие / Под ред. С. П. Митрофанова. – Л.: Машиностроение, 1975.
6. Зубов М. Е. Листовая штамповка. – Л.: Машиностроение, 1980.
7. Конструкционные пластмассы. Свойства и применение / И. Хуго и др. Пер. с чешск. – М.: Машиностроение, 1969.
8. Литые под давлением / М. Б. Беккер и др. – М.: Машиностроение, 1988.

9. Орлов П. И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн. 1 / Под ред. П. Н. Учаева. – М.: Машиностроение, 1988.
10. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. – Л.: Машиностроение, 1979.
11. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / Под общ. ред. Л. И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988.
12. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. П. В. Сыроватченко. – М.: Машиностроение, 1980.
13. Филатов В. И., Корсаков В. Д. Технологическая подготовка процессов формования изделий из пластмасс. – Л.: Политехника, 1991.
14. Цветное литье: Справочник / Н. М. Галдин и др.; под общ. ред. Н. М. Галдина. – М.: Машиностроение, 1989.
15. ГОСТ 16030 – 70. Отверстия сквозные квадратные и продолговатые под крепежные детали.
16. ГОСТ 21474 – 75. Рифления прямые и сетчатые. Форма и основные размеры.
17. ОСТ4.010.015 – 79. Отверстия, разбортованные под резьбы. Размеры.
18. ОСТ4.010.017 – 87. Элементы штампуемых деталей. Отбортовки в листовом материале.
19. ОСТ4.010.018 – 81. Радиусы сгиба.
20. ОСТ4.010.028. Рифты. Конструкция и размеры.
21. РД4.010.013 – 89. Отверстия сквозные и поверхности опорные под крепежные детали. Размеры.
22. Р4.091.070 – 89. ОСТПП. Детали из сплавов цветных металлов, изготавливаемые литьем под давлением. Требования технологические к конструкциям.
23. Р4.091.071 – 89. ОСТПП. Детали, обрабатываемые резанием. Требования технологические к конструкциям.
24. Р4.091.102 – 89. ОСТПП. Детали, изготавливаемые формованием из полимерных материалов. Требования технологические к конструкциям.
25. Р4.091.121 – 89. ОСТПП. Детали, изготавливаемые холодной штамповкой. Требования технологические к конструкциям.

СОДЕРЖАНИЕ ХРЕСТОМАТИИ

Тема 1. ПРЕДИСЛОВИЕ

Тема 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Бобков Н. М. О подготовке конструкторов РЭС в средних специальных учебных заведениях // Среднее профессиональное образование. 2002. № 11

Бобков Н. М. Основы конструирования. Проблемы терминологии // Вестник машиностроения. 2002. № 9

Бобков Н. М. Что такое конструирование радиоэлектронных средств? // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2008. № 1, 2

Функциональные системы и конструктивные уровни РЭС (Каленкович Н. И., Фастовец Е. П., Шамгин Ю. В. Механические воздействия и защита радиоэлектронных средств: учеб. пособие. Минск, 1989. С. 9 – 11)

Бобков Н. М. Конструирование и строительное конструирование РЭС // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2010. № 1, 2

Бобков Н. М. Систематизация терминологии в области конструирования радиоэлектронных систем // Труды Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева. 2014. № 3

Бобков Н. М. Категории науки о конструировании // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2010. № 1, 2

Общие требования к разрабатываемым (модернизируемым) техническим системам (Из ГОСТ 15.016 – 2016 Система разработки и постановки продукции на производство. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению)

Тема 3. ТИПОВОЙ ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Бобков Н. М. Конструкторская документация и порядок ее разработки // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2010. № 1, 2

Бобков Н. М. Применение положений стандартов ЕСКД в публикациях по конструированию: типичные ошибки // Стандарты и качество. 2004. № 8

Бобков Н. М. Типовой порядок разработки технических систем // Справочник. Инженерный журнал. 2018. № 2

Тема 4. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ РЭС

Основные понятия

Влияние физических параметров окружающей среды (Поляков К. П. Конструирование приборов и устройств радиоэлектронной аппаратуры. М. 1982. С. 140 – 143)

Воздействие на РЭА внешних механических факторов (Поляков К. П. Конструирование приборов и устройств радиоэлектронной аппаратуры. М. 1982. С. 143 – 145)

Основные эффекты, вызываемые воздействием отдельных внешних факторов (Из ГОСТ 28198 – 89 Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 1. Общие положения и руководство по применению)

Предельные нормы эксплуатации (Поляков К. П. Конструирование приборов и устройств радиоэлектронной аппаратуры. М. 1982. С. 145 – 147)

Бобков Н. М. Механические воздействия и нагрузки на элементы несущих систем РЭС // Кварц: радиоизмерения и электроника: научно-технический и рекламно-коммерческий периодический журнал НИИПИ «Кварц». 1998. Вып. № 7

Общие требования к РЭС в части стойкости к механическим ВВФ при эксплуатации (Из ГОСТ 30631 – 99 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам при эксплуатации)

Общие требования к РЭС в части условий хранения и транспортирования (Из ГОСТ Р 51908 – 2002 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части условий хранения и транспортирования)

Испытание на прочность при транспортировании (Из ГОСТ Р 51909 – 2002 Методы испытаний на стойкость к внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на транспортирование и хранение)

Общие требования к РЭС в части стойкости к климатическим ВВФ при эксплуатации (Из ГОСТ 15150 – 99 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды)

Тема 5. МЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ РЭС

Механические системы (Справочник металлиста. В 5-ти т. Т. 1. М., 1976. С. 18 – 22)

Основные сведения о механизмах (Фаддеева Л. А. Теория механизмов и детали приборов: учебник. Л., 1983. С. 5 – 11)

Сопротивление материалов, теория упругости и прочее ... (Феодосьев В. И. Десять лекций-бесед по сопротивлению материалов. М., 1975 С. 5 – 6)

Неизменяемые, изменяемые и мгновенно изменяемые системы (Киселев В. А. Строительная механика. Общий курс: учебник. М., 1986. С. 12, 13)

Реакции связей почти мгновенно изменяемых систем (Киселев В. А. Строительная механика. Общий курс: учебник. М., 1986. С. 25, 26)

Классификация плоских систем (Киселев В. А. Строительная механика. Общий курс: учебник. М., 1986. С. 30, 31)

Бобков Н. М. Радиоэлектронные средства как строительные сооружения // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2010. № 1, 2

Кинематический анализ стержневых систем (Спицына Д. Н. Строительная механика стержневых систем: учеб. пособие. М., 1977. С. 8 – 15)

Образование и кинематический анализ плоских систем (Живейнов Н. Н., Карасев Г. Н., Цвей И. Ю. Строительная механика и металлоконструкции строительных и дорожных машин: учебник. М., 1988. С. 10, 11)

Тема 6. ПРОЧНОСТЬ НЕСУЩИХ СИСТЕМ РЭС

Сведения из теории сопротивления материалов (Еленев С. А. Холодная штамповка: учебник. М., 1981. С. 9 – 16)

Переменные напряжения. Выбор допускаемых напряжений (Красновский Е. Я., Дружинин Ю. А., Филатова Е. М. Расчет и конструирование механизмов приборов и вычислительных систем: учеб. пособие. М., 1991. С. 171 – 178)

Бобков Н. М. Оценка усталостной прочности несущих деталей БНК при воздействии вибрации // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 1997. № 4

Прочность и жесткость конструкций (Роцин Г. И. Несущие конструкции и механизмы РЭА: учебник. М.: 1981. С. 33 – 42)

Тема 7. ВОПРОСЫ БАЗИРОВАНИЯ В КОНСТРУИРОВАНИИ

Основные положения теории базирования (ГОСТ 21495 – 79 Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. Приложение 1)

Базирование деталей (Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие. М., 2008. С. 57 – 64)

Основы базирования (Кулагин В. В. Основы конструирования оптических приборов: учеб. пособие. Л., 1982. С. 24 – 30, 34 – 41, 44 – 50)

Тема 8. КОНСТРУИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Основы конструирования деталей (Кулагин В. В. Основы конструирования оптических приборов: учеб. пособие. Л., 1982. С. 9 – 16)

Справочное руководство по конструированию элементов радиоэлектронных средств (Приложение 2 к промежуточному отчету № 1 о НИР «Наледь. Исследование конструкций несущих систем, электроустановочных изделий и других элементов РЭС. Составление комплекса методических пособий «Конструкции элементов РЭС в примерах и задачах» / Нижегородский технический колледж; руководитель Н. М. Бобков; № ГР 01990006251; Инв. № 02200000313. Н. Новгород, 1999)

Тема 9. ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Модульные и базовые конструкции изделий, базовые изделия (Из рекомендаций Р 50-54-103 – 88 Модульные и базовые конструкции изделий. Основные положения)

Бобков Н. М. Принцип базового проектирования в радиоаппаратостроении // Справочник. Инженерный журнал. 2003. № 2

Бобков Н. М. Агрегатное и модульное проектирование технических систем // Справочник. Инженерный журнал. 2009. № 5

Тема 10. УНИФИКАЦИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ РЭС

Унификация изделий (Из ГОСТ 23945.0 – 80 Унификация изделий. Основные положения)

Расчет показателей уровня унификации и стандартизации изделий (Из методических указаний РД 50-33 – 80
Определение уровня унификации и стандартизации изделий)

Оценка состояния государственной стандартизации БНК в России (Раздел 3 промежуточного отчета № 1 о НИР «Берилл. Несущие системы и базовые несущие изделия РЭС специального и общего применения. История конструкций, современные требования, перспективы» / Нижегородский научно-производственный центр современных технологий «Берег-Волна»; руководитель Н. М. Бобков; № ГР У83485; инв. № Г36590. Н. Новгород, 2000)

Эволюция БНК Нижегородского научно-исследовательского приборостроительного института «КВАРЦ» (Разделы 1 – 4 заключительного отчета о НИР «Берилл. Несущие системы и базовые несущие изделия РЭС специального и общего применения. История конструкций, современные требования, перспективы» / Нижегородский научно-производственный центр современных технологий «Берег-Волна»; руководитель Н. М. Бобков; № ГР У83485; инв. № Г38225. Н. Новгород, 2000)

Тема 11. ОСНОВНЫЕ НОРМЫ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ

Допуски и посадки гладких цилиндрических и плоских соединений (Допуски и посадки: справочник. В 2-х ч. Ч. 1. Л., 1982. С. 8 – 10, 12 – 19, 28 – 31)

Шероховатость поверхности (Орлов П. И. Основы конструирования: справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн. 1. М., 1988. С. 287 – 295)

Обозначения шероховатости поверхностей (из ГОСТ 2.309 – 73 ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей)

Тема 12. ЭЛЕМЕНТЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ ТОНКОСТЕННЫХ СИСТЕМ

Кручение брусьев прямоугольного поперечного сечения (Бородин Н. А. Соппротивление материалов: учебник. М., 1992. С. 74 – 76)

Кручение брусьев тонкостенного профиля (Бородин Н. А. Соппротивление материалов: учебник. М., 1992. С. 76 – 78)

Некоторые общие вопросы теории тонкостенных стержней (Бояршинов С. В. Основы строительной механики машин: учеб. пособие. М., 1985. С. 5 – 7)

Кручение тонкостенных брусьев (Любощиц М. И., Ицкович Г. М. Справочник по сопротивлению материалов. Минск, 1969. С. 157 – 164)

Кручение тонкостенных брусьев открытого профиля (Глушков Г. С., Синдеев В. А. Курс сопротивления материалов: учебник. М., 1965. С. 236, 237)

Тема 13. ПРЕДОХРАНЕНИЕ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОТ САМООТВИЧИВАНИЯ

Трение покоя при вибрации (Литвин Ф. Л. Проектирование механизмов и деталей приборов. Л., 1973. С. 46 – 48)

Предохранение резьбовых соединений от самоотвинчивания (Решетов Д. Н. Детали машин: учебник для вузов. М., 1989. С. 135 – 138)

Способы и виды предохранения резьбовых соединений от самоотвинчивания (Из ОСТ 4Г 0.019.200 Соединения резьбовые. Способы и виды предохранения от самоотвинчивания. Технические требования)

Тема 14. ОСНОВЫ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Термины и определения основных понятий (Из ГОСТ Р 27.102 – 2021 Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения)

Проектирование радиоаппаратуры с учетом требований надежности (Фрумкин Г. Д. Расчет и конструирование радиоаппаратуры: учебник для техникумов. М., 1989. С. 16 – 37)

Интенсивности отказов элементов электронной аппаратуры в номинальном режиме ($T = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $K_n = 1$) и поправочные коэффициенты (Теория надежности радиэлектронных систем в примерах и задачах / Под ред. Г. В. Дружинина. М., 1976. С. 136 – 138, С. 339 – 347)

Николай Михайлович Бобков – преподаватель Нижегородского радиотехнического колледжа, конструктор Нижегородского научно-производственного объединения имени М. В. Фрунзе.

E-mail: n.bobkov@mail.ru