

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА»

Е.П. Жильников, М.А. Мальтеев

КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛИТЫХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ РЕДУКТОРОВ

*Утверждено Редакционно-издательским советом
университета в качестве учебного пособия*

Издательство СГАУ
2006

УДК 621.81 + 621.74.001](075)

Рецензенты: канд. техн. наук., доц. Заббаров Р.
канд. техн. наук., доц. Ксчаев Е.К.

Жильников, Е.П.

Конструирование литых корпусных деталей редукторов: учеб.
пособие / Е.П. Жильников, М.А. Мальтеев; Самара: Изд-во Самар.
гос. аэрокосм. ун-та, 2006. - 72 с.: ил.

ISBN 5-7883-0417-2

Настоящее учебное пособие призвано восполнить пробел в методическом обеспечении курсового проектирования по деталям машин для студентов всех механических специальностей университета. Оно также может быть полезным при дипломном проектировании.

Пособие подготовлено на кафедре "Основы конструирования машин".

ISBN 5-7883-0417-2

© Жильников Е.П., Мальтеев М.А., 2006
© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2006.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ В ПЕСЧАНЫЕ ФОРМЫ	5
1.1. Формовка	5
1.2. Стержни. Крепление стержней. Знаки	7
1.3. Формовочные уклоны	10
2. ПРАВИЛА КОНСТРУИРОВАНИЯ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ	13
2.1. Толщина стенок и прочность деталей	13
2.2. Сопряжение стенок	14
2.3. Устранение массивов	17
2.4. Ранты и фланцы	18
2.5. Ребра	19
2.6. Базирование	23
2.7. Припуски на механическую обработку. Сопряжение обрабатываемых и черных поверхностей	24
2.8. Простановка размеров	28
3. КОНСТРУИРОВАНИЕ КОРПУСОВ РЕДУКТОРОВ И КОРОБОК СКОРОСТЕЙ	31
3.1. Цилиндрические редукторы, выполняемые по развернутой схеме	31
3.2. Цилиндрические соосные редукторы	33
3.3. Коническо-цилиндрические редукторы	33
3.4. Червячные редукторы	36
3.5. Коробки скоростей	36
3.6. Приливы для подшипниковых гнезд. Крышки подшипников	41
3.7. Фланцевые соединения. Крепление крышек к корпусам	46
3.8. Отверстия для слива масла	54
3.9. Крышки люков	56
3.10. Устройства для подъема и транспортировки	59
4. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛИТЫХ ПЛИТ ДЛЯ МОНТАЖА ЭЛЕМЕНТОВ ПРИВОДА	62
5. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ КОРПУСОВ АВИАЦИОННЫХ РЕДУКТОРОВ	65
Список литературы	71

ВВЕДЕНИЕ

Во многих машинах (двигатели внутреннего сгорания, турбокомпрессоры, металлорежущие станки и т.п.) масса литых деталей составляет 60...80 % от массы машины.

Литьем можно получать детали самой сложной конфигурации и практически любой массы, невыполнимые другими способами формообразования. Литейный процесс производителен и недорог. Им можно получать изделия из чугуна, углеродистой и легированной стали, цветных металлов.

В то же время для литых деталей характерны пониженная прочность, неравномерность механических свойств по объему отливки, склонность к образованию дефектов и термоусадочных напряжений.

Качество отливки зависит от технологии литья и конструкции детали, поэтому конструктору необходимо знать основные элементы литейной техники и основы литейной технологии.

На практике применяют следующие способы литья:

- литье в песчаные формы;
- литье в оболочковые формы;
- кокильное литье (в металлические формы);
- центробежное литье;
- литье под давлением;
- литье по выплавляемым моделям;
- литье по газифицируемым моделям.

До 80 % отливок, в том числе крупногабаритных, получают литьем в песчаные формы. Поэтому рассмотрим этот способ подробнее, тем более что многие правила конструирования действительно и для других способов литья.

Авторы благодарны студенткам факультета «Летательные аппараты» Е. Тарштыковой и С. Павленковой за помощь в оформлении иллюстраций.

1. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ В ПЕСЧАНЫЕ ФОРМЫ

Отливку получают путем заливки полости *литейной формы* расплавленным жидким металлом с последующим его охлаждением и затвердеванием в форме.

Формовку заливаемого объема будущей детали производят по деревянным или металлическим *моделям*. Модели могут быть разъемными или неразъемными.

Весь остальной объем формы заполняют *формовочной смесью*, состоящей обычно из кварцевого песка, связующих материалов и вспомогательных добавок.

Внутренние полости отливки образуют *стержнями*, которые формируют в стержневых ящиках из песчаных смесей с крепителями. Иногда с помощью стержней обеспечивают сложную наружную конфигурацию деталей.

Строгую фиксацию положения стержня в форме обеспечивают с помощью *знаков*, являющихся геометрическим продолжением объема стержня за границу детали.

Литейную форму собирают, как правило, из двух полуформ, размещенных в металлических рамках, называемых *опоками*.

1.1. Формовка

На рис. 1 показана последовательность процесса изготовления отливки на примере простой втулки [1]. По чертежу втулки изготавливают модель 2. Модель состоит из двух половин, которые взаимно центрируются с помощью шипов.

Половину модели и одну опоку 3 устанавливают на плиту, засыпают опоку формовочной смесью и уплотняют ее.

Излишек формовочной смеси счищают с поверхности опоки, после чего ее переворачивают и вновь устанавливают на плиту. На нижнюю половину модели устанавливают верхнюю, а на нижнюю опоку 3 – верхнюю 5. В нее также засыпают и уплотняют формовочную смесь.

При засыпке верхней опоки в ней формируют систему литниковых каналов 6, по которым металл будет заливаться в форму. Взаимное расположение обеих опок фиксируется специальными штырями 7.

Верхнюю полуформу снимают, извлекают обе половины модели, устанавливают стержень 8 знаками 9 в соответствующие углубления в форме. Затем собирают форму и заливают металл.

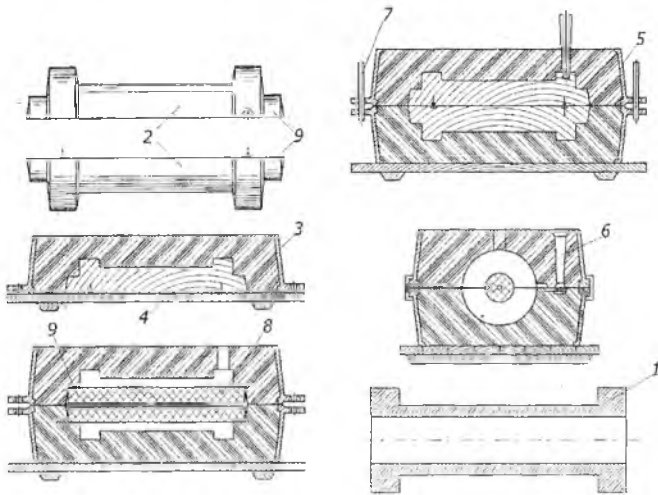


Рис. 1. Процесс изготовления отливки

После затвердевания и охлаждения металла разрушают форму, отливку вынимают, выбивают из нее стержень и срезают литники.

Такие формы называют разовыми.

Основой формы является кварцевый песок, а связующим — глина. Прочность такой смеси невысока, а давление расплава значительное, поэтому форма получается толстостенной. В разовых толстостенных формах можно получать отливки сложной конфигурации массой от нескольких граммов до десятков тонн из разных сплавов при единичном или массовом производстве.

Часто в качестве связующего используются материалы, значительно повышающие прочность смеси. Тогда форму можно делать оболочковой (тонкостенной). Это резко сокращает расход смеси, повышает точность и снижает шероховатость отливки.

Из специальных высокоогнеупорных масс делают многоразовые формы для мелкосерийного производства. Металлические постоянные формы (кокили) используют в массовом производстве отливок высокого уровня точности и шероховатости.

При конструировании литых деталей конструктор должен учитывать требование беспрепятственного извлечения модели из формы. Для этого необходимо, чтобы на поверхности модели не было выступов или углублений, расположенных под углом к направлению выемки. В противном случае образуются подрезки.

На рис. 2 показана схема образования подрезки. Модель (копия будущей детали) имеет наклонные ребра. А – А – плоскость разреза формы. При выемке модели из верхней полуформы в направлении стрелки ребра срезают часть формы (зачернено).

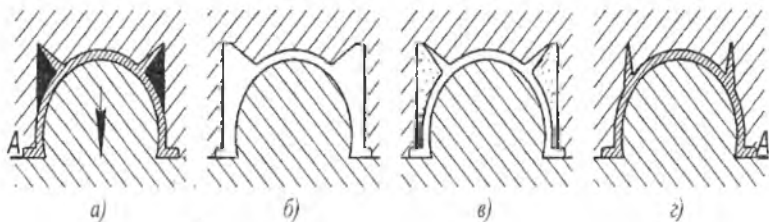


Рис. 2. Устранение подрезки

Для устранения подрезок можно сделать ребра отъемными и извлекать модель по частям. Можно также сделать модель, как на виде *б*, а необходимую конфигурацию обеспечить установкой внешних стержней (вид *в*). Однако все это усложняет и удорожает формовку. Поэтому надо всегда стараться придавать детали форму, исключающую подрезки (вид *г*).

При конструировании литой детали необходимо иметь ясное представление о расположении плоскости разреза и положении детали в форме. Деталь обычно располагают в форме ответственными поверхностями вниз, т.к. металл внизу отливки получается более плотным и качественным. Определив положение детали, устанавливают плоскость разреза и проверяют все элементы конструкции на подрезки. Таблица с примерами подрезок в типовых литейных деталях машиностроения приведена в [2].

1.2. Стержни. Крепление стержней. Знаки

Внутренние полости литейных деталей формируются стержнями. Стержни делают в стержневых ящиках из специальных стержневых смесей. Прочность материала стержня должна быть выше прочности материала формы, так как при заливке стержень со всех сторон окружен расплавом и испытывает значительные термические и механические нагрузки.

При конструировании внутренней полости деталей следует учитывать конфигурацию стержня, в частности возможность свободного извлечения его без подрезок из стержневого ящика.

В отливках с открытыми полостями стержни устанавливают, как показано на рис. 3:

a — основанием в нижней опоке;

б — за обратный конус в верхней опоке;

в — подвеска за проволочный каркас;

г — опирание верхнего стержня на нижний через окно в стенке детали.

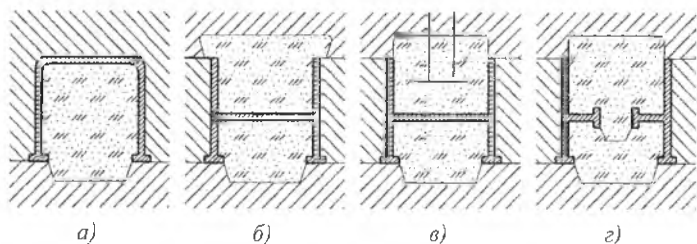


Рис. 3. Установка стержней

В закрытых полостях стержни крепятся на знаках, представляющих собой выступы на стержнях, которыми стержни устанавливаются в соответствующие гнезда формы. По условию собираемости знаки устанавливаются в плоскости разъема формы либо перпендикулярно к ней.

Плотность материала стержня существенно меньше (~ в 5 раз) плотности металла и при заливке на стержень действует выталкивающая гидростатическая сила.

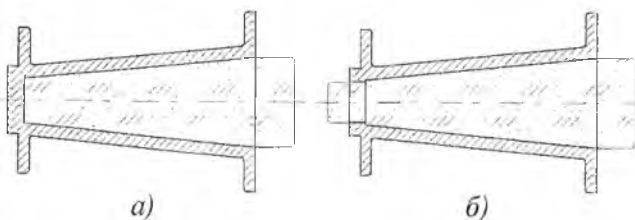


Рис. 4. Установка стержней

На рис. 4, *a* видно, что непродуманно закрепленный одним только правым знаком стержень может быть вывернут гидростатической силой из гнезда. Такой стержень должен быть закреплен знаками с двух сторон (вид *б*).

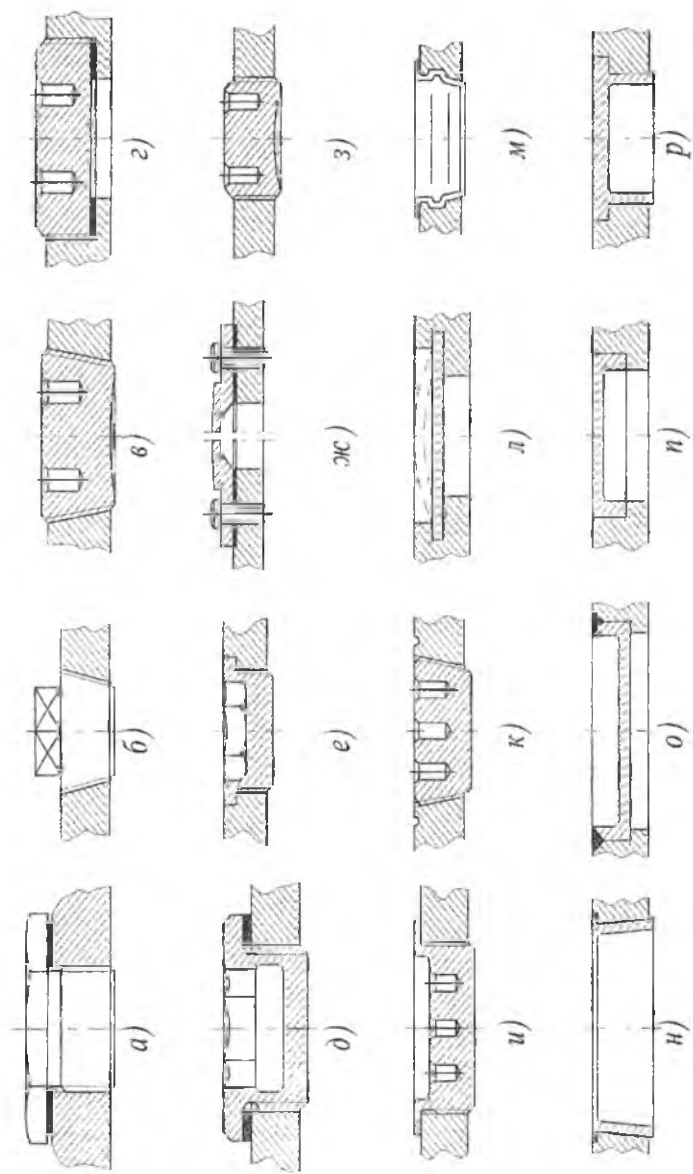


Рис. 5. Конструкции заглушек отверстий под знаки

Еще более удачным будет вариант с упором знака в верхнюю полуформу. На рис. 4, б для левого знака в стенке детали сделано отверстие. Если по условиям работы внутренняя полость должна быть герметичной, то отверстие необходимо заглушить. На рис. 5 показаны способы заглушения отверстий под знаки.

Небольшие отверстия герметизируют резьбовыми пробками на цилиндрической или конической резьбе ($a-e$, $з-к$). Применяют также развальцовку заглушки ($и, м$), чеканку материала ($к$), развальцовку на конус при возможности доступа изнутри ($н$), пайку ($о$), посадку с натягом на клей ($п, р$), расплющивание сферической пластинки с заходом кромок в предварительно проделанную канавку ($л$).

Технологические отверстия с заглушками такого типа можно обнаружить, например, на картерах двигателей автомобилей ВАЗ. Отверстия большого размера герметизируют крышками на винтах ($ж$).

При выборе способа руководствуются соображениями герметичности, надежности и даже внешнего вида, так как, например, в карманах заглушек типа $д, н, о$ могут образовываться грязевые мешки.

Удаление стержней и очистку полостей готовых отливок производят путем разрушения стержней вручную либо на выбивных, вибрационных, водоструйных и электрогидравлических установках.

1.3. Формовочные уклоны

При извлечении модели из формы последняя не должна разрушиться. Поэтому вертикальные стенки модели делают с уклонами, так же, как и стенки стержневых ящиков.

Такие уклоны должны быть предусмотрены конструктором при конструировании детали (конструктивные уклоны). Если даже их нет, то технолог-литейщик обязан указать на чертеже формовочные (литейные) уклоны. Их величина определена ГОСТом и колеблется в пределах от $15'$ до 3° в зависимости от высоты стенки h (табл.1).

Стандартные уклоны $tg\alpha$ и углы наклона стенки α на чертежах не проставляют, и детали допускается вычерчивать без уклонов. При этом на рабочих чертежах деталей в технических требованиях записывают «Неуказанные литейные уклоны 3° ». Однако уклоны следует учитывать, особенно при конструировании деталей, имеющих большую высоту и значительное смещение поверхностей $h \cdot tg\alpha$.

Пример модернизации конструкции литой детали с учетом литейных уклонов показан на рис. 6.

Таблица 1

Высота над поверхностью разреза h , мм	Угол наклона стенки α	Уклон ($\text{tg } \alpha$)	$h \cdot \text{tg } \alpha$, мм
до 20	3°	0,052	до 1
20 – 50	$1^\circ 30'$	0,026	0,5 – 1,25
50 – 100	1°	0,0175	0,9 – 1,8
100 – 200	$45'$	0,013	1,3 – 2,6
200 – 800	$30'$	0,010	2 – 8
800 – 2000	$20'$	0,006	5 – 12
более 2000	$15'$	0,004	более 8

Верхняя плоскость нижнего фланца детали на виде *а* должна быть проточена до размера $\varnothing 560$. При заданном верхнем диаметре $\varnothing 550$ и высоте детали 750 мм это невыполнимо. Для стандартного уклона 1 : 100 (диапазон высот 200...800 мм в табл. 1) диаметр черной поверхности у основания конуса равен $550 + 2 \cdot 750 \cdot 0,01 = 565$ мм и инструмент должен подрезать стенку (вид *б*). Поэтому необходимо увеличить $\varnothing 560$ до $\varnothing 575$ и, соответственно, диаметр центров болтовых отверстий до $\varnothing 615$ (вид *в*), либо, если это невозможно, уменьшить диаметр верхней части конуса до $\varnothing 535$ (вид *г*).

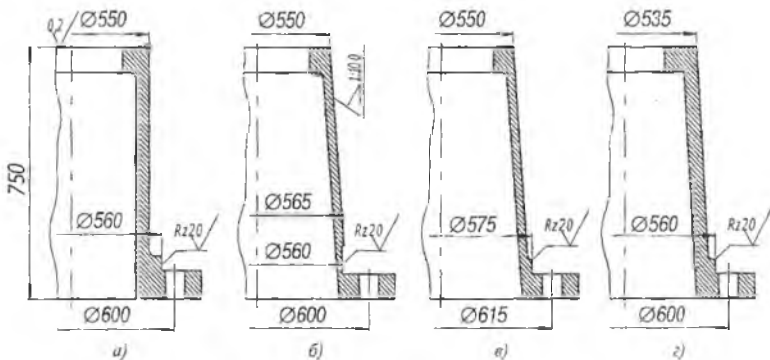


Рис. 6. Назначение формовочных уклонов

Формовочные уклоны – это обязательная нижняя граница. Конструктор вправе назначать конструктивные уклоны выше формовочных, руководствуясь соображениями прочности, жесткости, внешнего вида или последующей механической обработки детали. На рис. 7 показаны рекомендуемые конструктивные уклоны в зависимости от высоты детали.

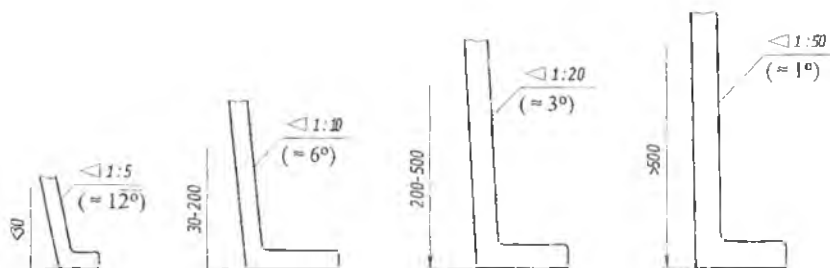


Рис. 7. Назначение конструктивных уклонов

Более подробно с другими современными методами литья, а также различными технологическими и конструктивными аспектами, связанными с проектированием, изготовлением и использованием литейных изделий, можно ознакомиться в работах [3 – 5].

2. ПРАВИЛА КОНСТРУИРОВАНИЯ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ

2.1. Толщина стенок и прочность деталей

Скорость охлаждения и затвердевания металла в отливке неодинакова по толщине детали. Быстрее остывают наружные слои, из-за чего металл в них приобретает мелкокристаллическую структуру с преобладанием перлита и цементита. Такие слои обладают максимальной прочностью. Сердцевина остывает медленнее и имеет крупнокристаллическую структуру с преобладанием феррита и графита. Прочность этих образований ниже.

Проблема усугубляется появлением усадочных напряжений. Они возникают не только из-за неравномерного остывания, но и из-за сопротивления отдельных элементов формы сложной отливки естественной усадке детали.

В результате на поверхности образуются благоприятные для прочности остаточные напряжения сжатия, тогда как в объеме детали возникают усадочные рыхлоты и раковины.

Чем толще стенка, тем резче разница в прочности сердцевинки и корки, поэтому увеличение толщины ведет к снижению осредненной прочности материала отливки до 1,5...2 раз. Такая картина наблюдается как у черных, так и у цветных металлов.

По этой причине и для уменьшения веса детали необходимо задавать стенки минимально допустимой толщины, а необходимую прочность и жесткость обеспечивать ребрением, заданием рациональных профилей и другими конструктивными приемами.

На рис. 8, а показан пример модернизации нерационального квадратного профиля в более прочный и жесткий тонкостенный замкнутый профиль такой же площади сечения. На рис. 8, б показано, как массивную деталь можно превратить в рациональную тонкостенную конструкцию.

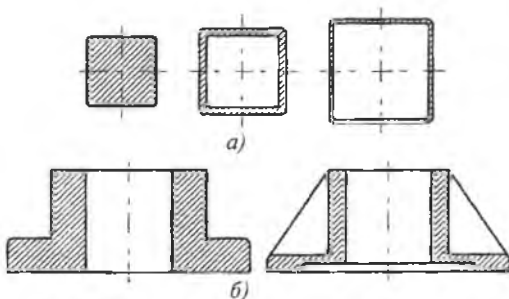


Рис. 8. Модернизация сечения литейных деталей

Механическую обработку (мехобработку) литых деталей желательно сводить к минимуму, так как в ходе ее удаляются наиболее прочные верхние слои металла. Из этих соображений участки, подверженные мехобработке, а также сопрягаемые с ними стенки усиливают увеличением толщины.

На рис. 9 приведена диаграмма для определения минимально допустимых толщин стенок δ в зависимости от габаритного параметра:

$$N = \frac{2\ell + b + h}{3}$$

где ℓ , b , h – длина, ширина и высота детали в мм.

График сугубо ориентировочный, так как допустимая толщина стенок сильно зависит от конфигурации отливки, способа и технологии литья, нагруженности детали и т.д.

Значительную роль здесь может сыграть опыт конструктора.

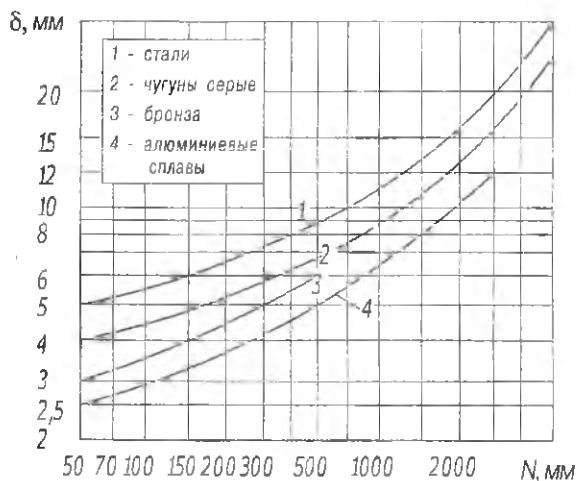
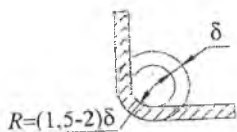


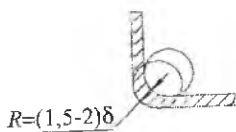
Рис. 9. Определение минимально допустимых толщин стенок

2.2. Сопряжение стенок

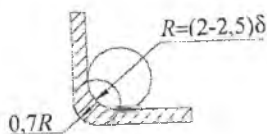
Толщину δ_0 внутренних стенок, перегородок и ребер делают в среднем на 20 % меньше толщины δ основных стенок.



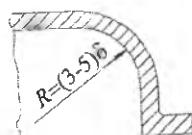
a)



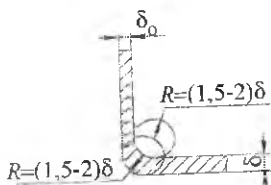
б)



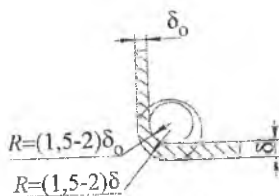
в)



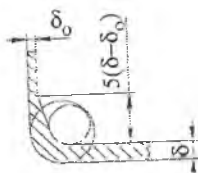
г)



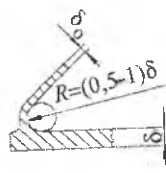
д)



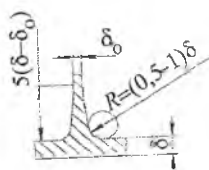
е)



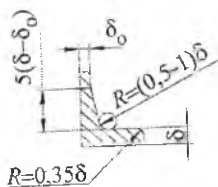
ж)



з)



и)



к)

Рис. 10. Сопряжение стенок

Переход от стенки к стенке выполняют с галтелями. На рис. 10, а...в показано сопряжение стенок одинаковой толщины. Обычное сопряжение радиусами из одного центра (вид а) может привести к утонению галтели из-за термоусадки стенок при охлаждении либо из-за смещения стержня. Утолщение перехода достигается радиусами из разных центров (вид б) и увеличением внутреннего радиуса (вид в). Если конструкция позволяет, то радиусы следует делать как можно больше (вид г).

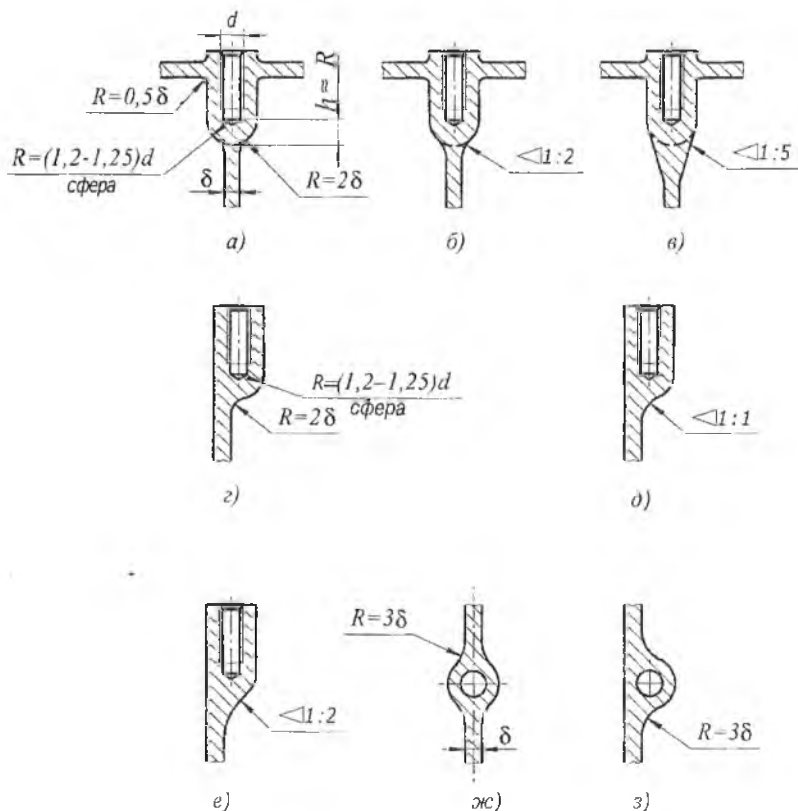


Рис. 11. Сопряжение стенок с бобышками

Радиусы переходов стенок разной толщины подбирают по тем же соотношениям, только заменяют δ средним арифметическим $\delta_{\text{ср}} = 0,5(\delta + \delta_0)$. При небольшой разнице толщин принимают $\delta_{\text{ср}} = \delta$ (виды д, е). Стенки с большой разницей толщин соединяют клиновидным переходом длиной

$l \geq 5(\delta - \delta_0)$ (вид *ж*). Соединения стенок под острым углом желательно избегать, однако, если это невозможно, то принимают $R \geq (0,5 \dots 1,0) \delta_0$ (вид *з*). На виде *и* показано Т-образное сопряжение стенок, а на виде *к* – сопряжение стенки с фланцем.

На рис. 11 показаны сопряжения стенок с бобышками. В профильном сечении такие соединения осуществляют радиусами $R = 2\delta$ (виды *а*, *з*) или уклонами от 1 : 1 до 1 : 5 (виды *б*, *в*, *д*, *е*). На виде в плане такие сопряжения выполняют радиусами $R = (3 \dots 5)\delta$ (виды *ж*, *з*).

На чертежах радиусы переходов и литейные уклоны обычно указывают в технических требованиях надписями типа «Неуказанные радиусы 6 мм» или «Неуказанные литейные уклоны 3°».

2.3. Устранение массивов

В конструкциях литых деталей необходимо избегать местных скоплений металла, утолщений, массивов. Такие места всегда склонны к образованию рыхлот, пористостей и раковин. При конструировании следует проверять все места скопления материала с учетом припусков на мехобработку, которые могут существенно уменьшить массивы.

На рис. 12 показан пример удаления массива платика с учетом припуска на мехобработку (*П*).

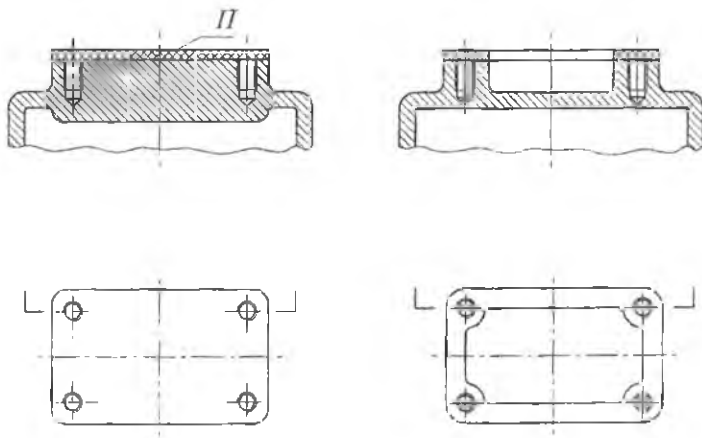


Рис. 12. Устранение массивов

2.4. Ранты и фланцы

Внешние обводы литых деталей снабжают рантами для увеличения жесткости и повышения равномерности нагрева (рис. 13). Более толстые по сравнению со стенкой ранты обладают повышенной жесткостью и обеспечивают равномерную затяжку стыкуемых деталей. Грамотный конструктор обязательно снабдит рантами (окантовками) технологическое или облегчающее отверстие (рис. 13, в).

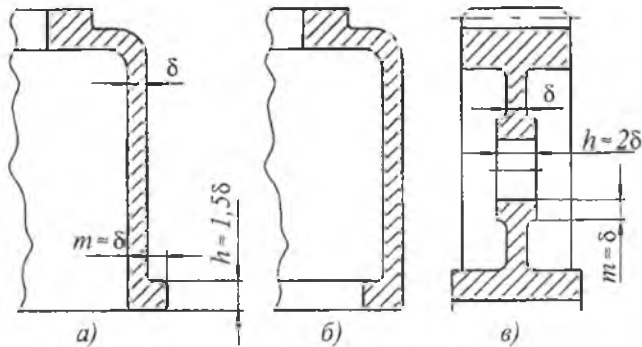


Рис. 13. Оформление рантов и фланцев

С помощью фланцев выполняют надежное соединение деталей, в том числе, когда нужно обеспечить герметичность стыка. Толщину фланца, обрабатываемого с одной стороны, выбирают, как на рис. 14, а, обрабатываемого с двух сторон, как на рис. 14, б. Для повышения прочности и жесткости иногда увеличивают высоту фланцевых бобышек под стяжные болты, не забывая придавать им коробчатые формы для устранения массивов (рис. 15).

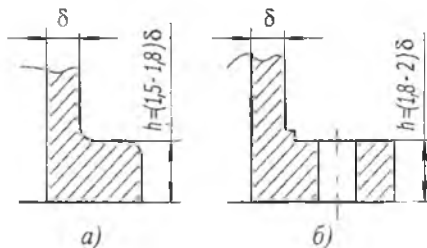


Рис. 14. Определение толщины фланцев

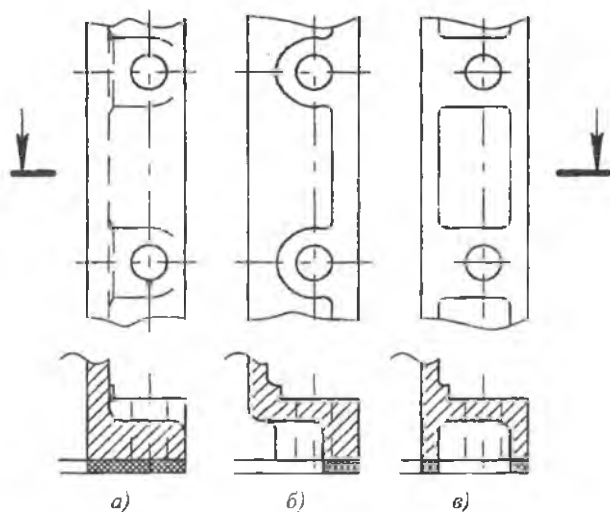


Рис. 15. Повышение прочности и жесткости фланцев

2.5. Ребра

Ребра используют для увеличения прочности и жесткости деталей, а также для улучшения качества отливки, так как рациональное расположение ребер предупреждает появление усадочных раковин и нежелательных внутренних напряжений.

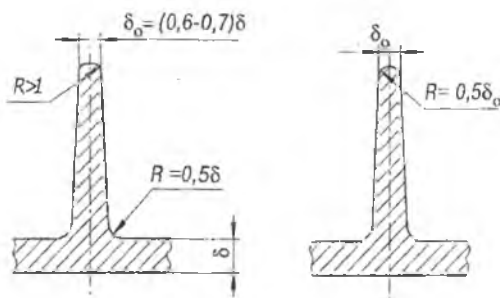


Рис. 16. Ребра жесткости в сечении

Ребра выполняют с литейным уклоном, который определяют по табл. 1. Для типовых высот ребер 20...80 мм уклон составляет $1 \dots 1,5^\circ$, а увели-

чение толщины ребра к основанию 2...3 мм. На чертеже задают толщину вершины ребра δ .

У толстых ребер задают галтель радиусом не менее 1 мм, а более тонкие, меньше 6...8 мм, закругляют радиусом $R = 0,5\delta_{\text{ср}}$ (рис. 16). Ребра соединяют со стенкой галтелью радиусом $R = 0,5\delta$.

Если при отливке ребро остывает медленнее стенки (часто это бывает у внутренних ребер), то при усадке в нем возникают напряжения растяжения. Если же ребро остывает быстрее, то в нем образуются благоприятные для прочности остаточные напряжения сжатия.

Для повышения скорости остывания ребер уменьшают их толщину по сравнению с толщиной стенки. Толщину наружных ребер принимают $(0,6...0,7)\delta$, а внутренних, с учетом худшего теплоотвода – $(0,5...0,6)\delta$.

Процесс конструирования ребренных конструкций заключается в выборе рациональных соотношений между тремя основными параметрами – толщиной стенки δ , средней толщиной ребра $\delta_{\text{ср}}$ и высотой ребра h .

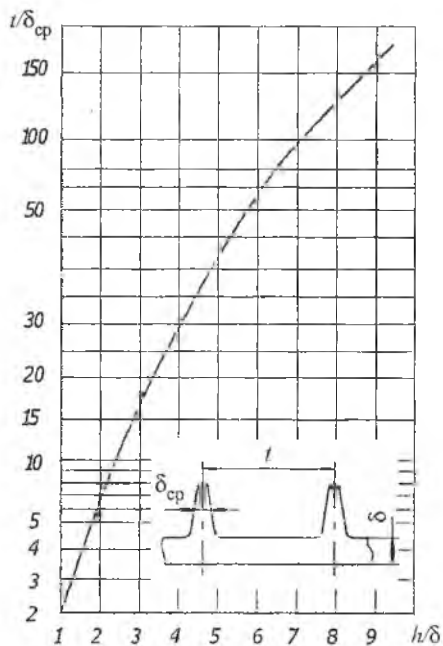


Рис. 17. Определение максимального относительного шага ребер

Эти соотношения подбирают по графику на рис. 17, построенному по формуле

$$t = 2\delta_{\text{сп}} \left(\frac{h}{\delta} \right)^2.$$

Параметры, определенные по этому графику, обеспечивают получение конструкций с рациональным соотношением веса, прочности и жесткости. На практике нередко упрощают процедуру подбора, используя формулу $h = (3 \dots 6)\delta$.

В тех конструкциях, где ребра не несут нагрузки, а служат лишь для теплоотвода (например, блоки цилиндров поршневых машин), параметры ребер выбирают из условия наилучшего охлаждения по формулам термодинамики.

На рис. 18 показаны примеры рационального выполнения ребер.

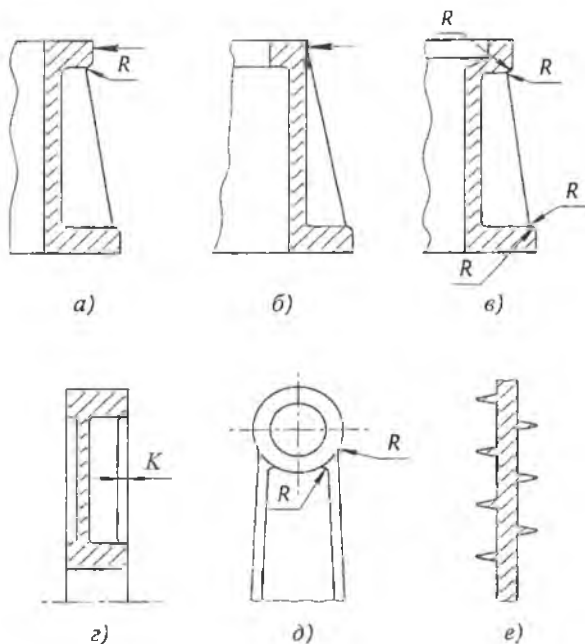


Рис. 18. Ребра жесткости в плане

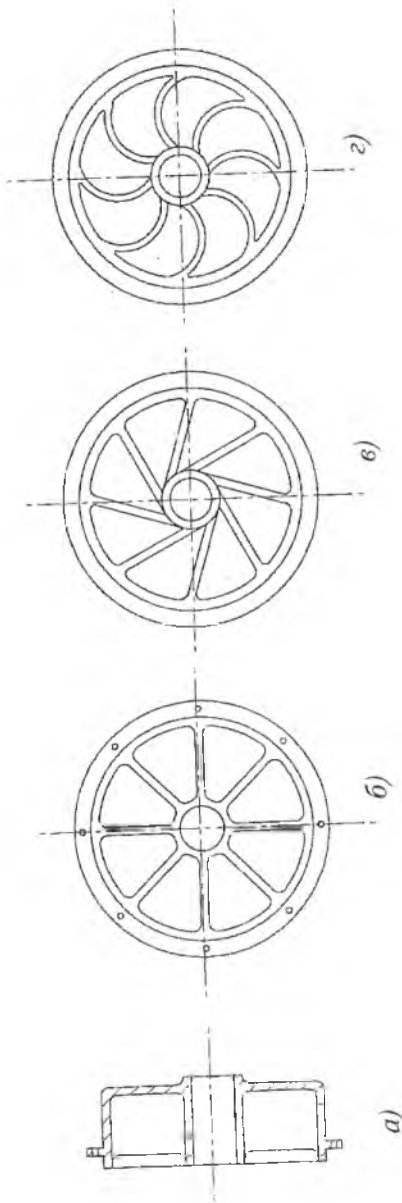


Рис. 19. Ребра жесткости в профиль

На виде в профиль ребрам лучше придавать наиболее простую прямолинейную форму (вид *a*). В вогнутых ребрах при растяжении и изгибе возникают местные повышенные напряжения, а выпуклые некрасивы и утяжеляют деталь.

При соединении ребер со стенкой желательно доводить ребро до края детали (вид *b*), чтобы не создавать концентрации напряжений при изгибе.

При соединении ребер с фланцами ребра не выводят на черную поверхность фланцев, а смещают на величину R , равную радиусу закругления фланца (вид *в*). Это упрощает формовку детали.

Ребра не должны срезаться при механической обработке поверхностей, поэтому их делают ниже обрабатываемых поверхностей на величину $k = (3 \dots 6)$ мм.

Участки перехода ребер в тело детали следует оформлять радиусом $R \geq (3 \dots 6)$ мм (вид *d*).

При двухстороннем оребрении ребра располагают в шахматном порядке (вид *e*), снижая тем самым массивы и усадочные напряжения.

При неравномерном нагреве детали могут возникать термические напряжения в ребрах. Если стенки нагреваются сильнее ребер, то в ребрах появляются растягивающие напряжения, и наоборот. В таких случаях прямые радиальные ребра (рис. 19, *b*) заменяют тангенциальными (вид *в*) либо спиральными (вид *г*), т.е. делают ребра более податливыми.

2.6. Базирование

Литейная деталь должна иметь базы, которые используются при последующей мехобработке детали.

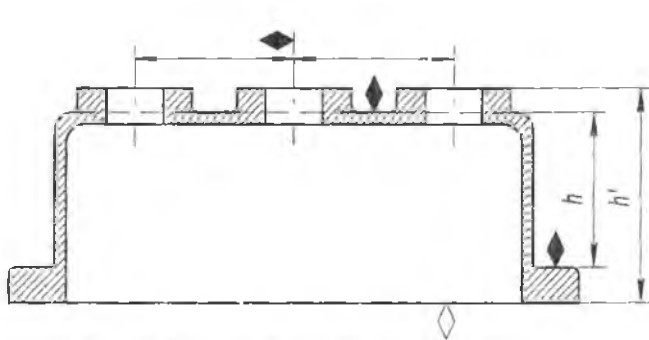


Рис. 20. Черновые базы и базы для мехобработки

Черновая литейная база – это необрабатываемая поверхность достаточной протяженности, параллельная или перпендикулярная *базе мехобработки*. Конфигурация черновой базы должна обеспечивать надежное крепление детали для мехобработки. При этом затяжка по черновой базе не должна вызывать коробления детали. Черновая база не должна совпадать с базой мехобработки.

Для детали на рис. 20 черновой базой может служить либо поверхность фланца, либо верхняя плоскость детали (обе отмечены черным ромбиком). База мехобработки помечена белым ромбиком.

К черновой базе привязывают другие литейные поверхности (размер h), а к базе мехобработки – обрабатываемые поверхности (размер h'). Чем меньше припуск базы мехобработки, тем равномернее распределяются припуски по остальным обрабатываемым поверхностям.

Часто за черновую базу принимают ось, например ось отверстия бо-бышки на рис. 20. *Осевая база* определяет литейные размеры в плоскости, перпендикулярной оси, а поверхностная база – вдоль оси.

2.7. Припуски на механическую обработку.

Сопряжение обрабатываемых и черных поверхностей

Точность литейных размеров во много раз ниже точности размеров, получаемых в ходе мехобработки. Основные причины неточностей при литье следующие:

- смещение верхней опоки относительно нижней;
- неточная установка стержня в форме;
- попадание посторонних частиц на поверхности раздела форм, опок, стержней;
- отклонение размеров модели от номинала;
- изменение размеров стержней при сушке;
- изменение конфигурации внутреннего объема формы от раскачивания модели при выемке и др.

Компенсацию литейных погрешностей призвана обеспечить система припусков на мехобработку. Эта система припусков определена ГОСТом. Величина припуска зависит от класса точности отливки, ее размеров, расстояния поверхности, на которую назначается припуск, от литейной базы и базы мехобработки.

Уменьшение погрешностей отливки особенно важно для мест, подвергаемых мехобработке, т.к. координация черных и обрабатываемых поверхностей ведется от разных баз.

На рис. 21...23 приведены иллюстрации к правилам конструирования отливок с механически обрабатываемыми поверхностями с учетом возможных отклонений k , вызванных погрешностями литья.

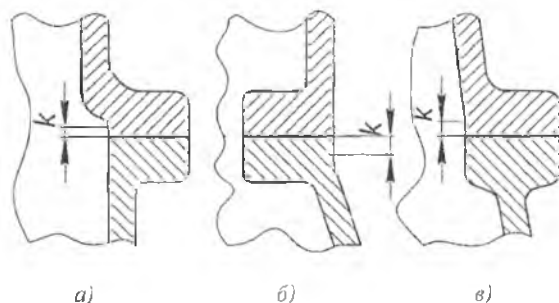


Рис. 22. Сопряжения стыковых поверхностей

1. Обрабатываемые поверхности желательно делать выступающими. При этом возвышение над черной поверхностью должно быть не менее k , иначе инструмент может врезаться в соседние черные поверхности, обозначенные на рис. 21, *а* соответствующим значком. Врезание показано на рисунке контуром режущего инструмента, очерченным пунктиром.

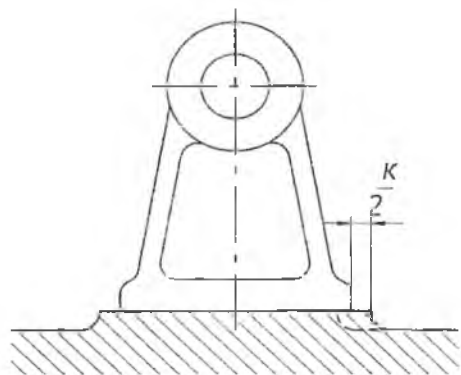


Рис. 23. Сопряжение привалочных плоскостей

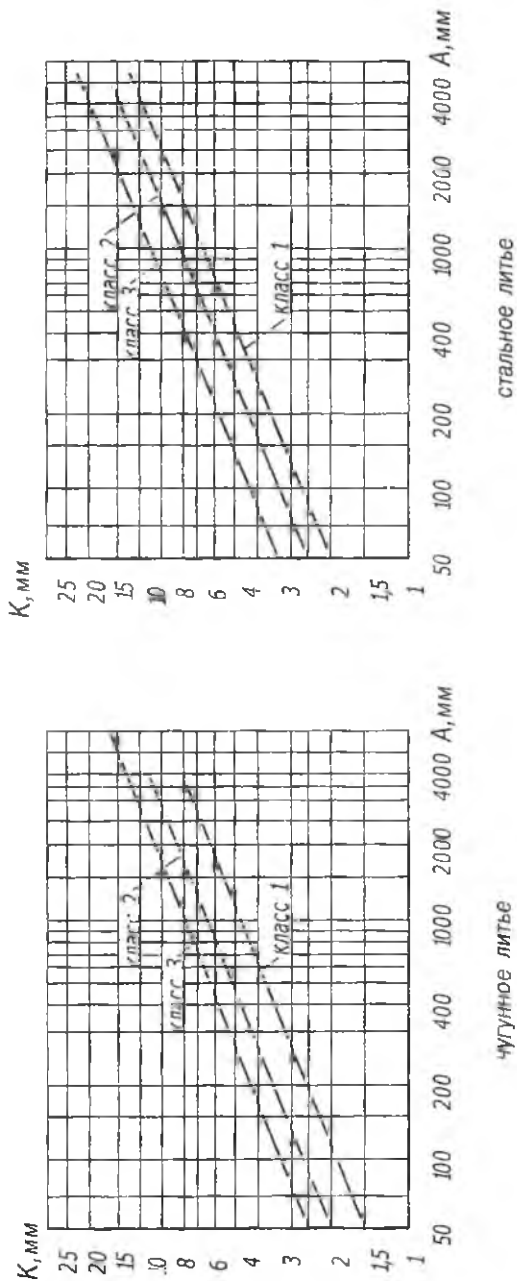


Рис. 24. Определение величины запаса по смещению k

2. Глубина врезания в черные поверхности должна быть не менее k , иначе возможен недоход инструмента (вид б).

3. Толщина стенок, прилегающих к обрабатываемым поверхностям, должна быть больше конструктивно необходимой толщины m на величину k . Иначе смещение литейной поверхности в результате погрешностей литья может вызвать недопустимое утонение стенки (вид в). На видах г – з приведены другие примеры применения этих правил для проектирования ступицы (вид г), бобышек (виды д, е), фланцев (виды ж, к).

Обрабатываемые плоскости стыка необходимо соединять с черными стенками плоскостями, перпендикулярными плоскости обработки высотой не менее k (рис. 22).

Привалочные плоскости на корпусных деталях следует выполнять с запасом k по контуру (рис. 23), иначе возможно свисание опорной плоскости детали (показано пунктиром).

На практике для нахождения k пользуются графиками (рис. 24), где параметр k приведен в зависимости от наибольшего габаритного размера A и класса точности отливки.

2.8. Простановка размеров

Простановка размеров на литейных деталях должна отражать положение литейных баз и баз мехобработки, а также учитывать возможные литейные отклонения размеров.

Основных правил простановки размеров три.

1. Необрабатываемые поверхности следует привязывать к литейной черновой базе непосредственно или с помощью других размеров.

2. Исходную базу мехобработки следует привязывать к литейной черновой базе, а все остальные обрабатываемые поверхности - к базе мехобработки непосредственно или с помощью других размеров.

3. Привязывать литейные размеры к размерам обрабатываемых поверхностей и наоборот недопустимо за исключением случаев, когда литейная база и база мехобработки совпадают (осевые базы).

На рис. 25 показаны варианты простановки размеров для литой детали.

Вид а. Из-за большого допустимого отклонения литейного размера 175 мм расстояние между обрабатываемыми плоскостями (габаритный

размер $200\text{мм} = 15 + 175 + 10\text{ мм}$) может колебаться в гораздо больших пределах, чем это может быть обеспечено допусками на мехобработку.

Вид б. Такая же ошибка. Габаритный размер задан суммой размеров 185 и 15 мм.

Вид в. Габаритный размер задан явно и может быть выдержан с точностью допуска на мехобработку. Однако две черные поверхности привязаны к двум обрабатываемым размерам 10 и 15 мм. Выдержать такую координацию очень сложно, т.к. положение черных поверхностей может отклоняться в пределах допуска на литье.

Вид г. Ошибка предыдущего случая усугубилась тем, что толщина верхней стенки задана не явно, а размером 185 мм и может быть сведена на нет погрешностью этого литейного размера.

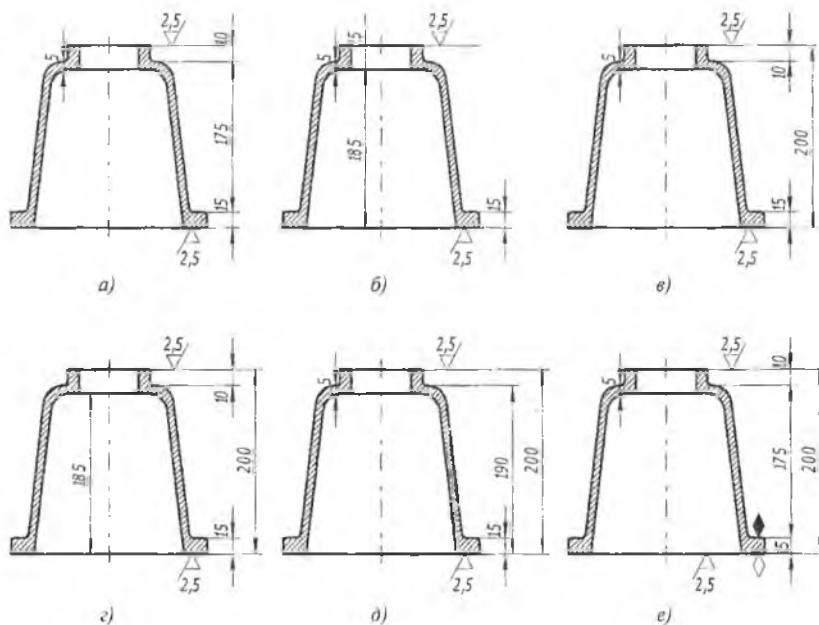


Рис. 25. Простановка размеров на литой детали

Вид д. Положение нижней обрабатываемой поверхности привязано сразу к двум черным поверхностям размерами 15 и 190 мм. Выдержать

такую координацию практически невозможно из-за большой разницы в допусках этих размеров.

Вид *e*. Правильная простановка размеров. В качестве черновой литейной базы выбрана верхняя плоскость фланца (обозначена черным ромбиком). К ней размером 15 мм привязана база мехобработки (нижняя плоскость фланца, отмечена белым ромбиком). Верхняя черная поверхность привязана к черновой базе, а верхняя обрабатываемая поверхность – к базе мехобработки. Толщина верхней стенки задана явно от верхней черной поверхности.

Размер *k* является замыкающим звеном размерной цепи и служит компенсатором погрешностей литья. Очевидно, что *k* должен быть больше максимального смещения верхней стенки из-за неточности литья.

3. КОНСТРУИРОВАНИЕ КОРПУСОВ РЕДУКТОРОВ И КОРОБОК СКОРОСТЕЙ

Ориентировочные размеры корпуса определяются после составления компоновочной схемы в зависимости от размеров размещаемых в корпусе деталей, их относительного расположения, величин зазоров между ними и т.д.

Корпуса современных стационарных редукторов общего машиностроения очерчены плоскими поверхностями. Все выступающие элементы (подшипниковые бобышки, ребра жесткости и т.п.), по возможности, утоплены внутрь корпуса, лапы под фундаментные болты выполнены в нишах, устройства для подъема и транспортировки отливаются заодно с корпусом. При этом несколько усложняется технология литья, зато корпус получается более жестким, более прочным в местах крепления к фундаменту, уменьшается коробление при старении, удовлетворяются требования современной технической эстетики.

3.1. Цилиндрические редукторы, выполняемые по развернутой схеме

Конструкция корпуса одноступенчатого редуктора показана на рис. 26.

Для обеспечения сборки корпус выполняют разъемным, причем плоскость разъема проходит через оси валов. Плоскость разъема обычно располагают параллельно основанию для удобства обработки.

Минимально допустимый зазор между вершинами зубьев (диаметры d_{a1} и d_{a2}) или торцами колес и внутренними поверхностями стенок корпуса определяется по формуле

$$a = \sqrt[3]{L} + 4 \text{ мм},$$

где L – наибольший габаритный размер передачи (независимо от числа ступеней). Значение a округляют в большую сторону до целого числа.

Расстояние от вершин зубьев колес или червяка до днища для всех типов редукторов и коробок принимают $b_0 \geq 4a$.

Толщину стенок корпуса δ можно принять по рекомендациям п. 2.1 либо по формуле

$$\delta = 2,6 \sqrt[3]{0,1T} \geq 6 \text{ мм},$$

где T – крутящий момент на выходном валу, Н·м. Толщину стенки крышки корпуса принимают $\delta_1 = (0,9 \dots 1,0)\delta$. Для снижения массы боковые стенки у крышки выполняют наклонными (показано пунктиром).

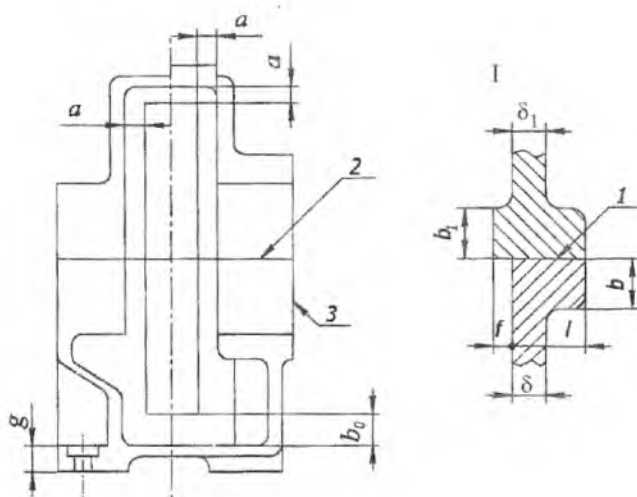
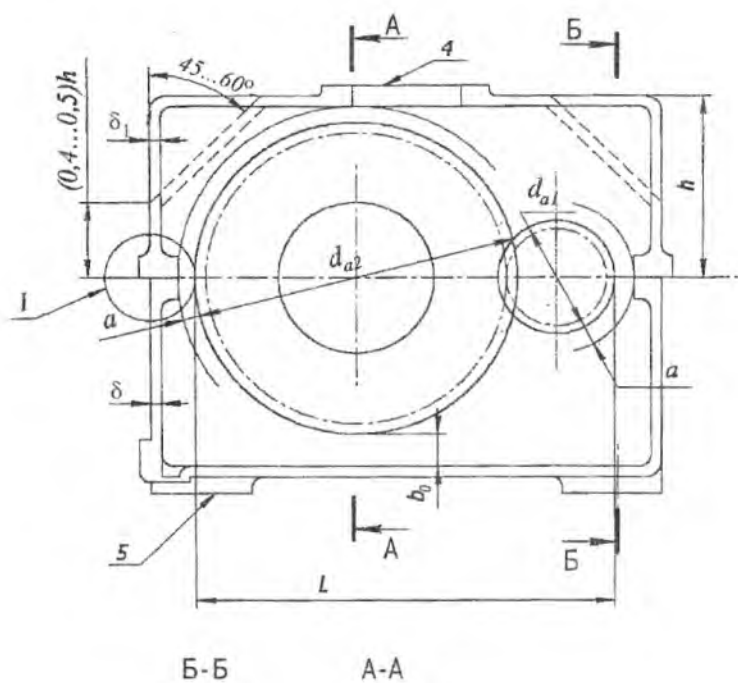


Рис. 26. Корпус одноступенчатого цилиндрического редуктора

Стык корпуса и крышки должен быть герметичным для предотвращения вытекания масла из полости редуктора. Поэтому плоскость стыка усиливают фланцами, которые обеспечивают повышенную жесткость соединения (выноска I на рисунке). Для компенсации погрешностей литья фланец крышки выполняют с напуском $f = (0,4 \dots 0,5) \delta_1$. Толщину фланцев принимают $b = 1,5\delta$, $b_1 = 1,5\delta_1$, а их ширину на участках между стяжными болтами $\ell = (2,0 \dots 2,2)\delta$.

На длинных продольных сторонах редуктора фланцы корпуса располагают внутрь, а фланцы крышки наружу (сечения А – А, Б – Б).

3.2. Цилиндрические соосные редукторы

В соосных редукторах часть опор валов располагается внутри корпуса. Так, в обычном двухступенчатом соосном редукторе внутренними являются по одной опоре входного и выходного валов. Подшипниковые узлы этих опор крепятся с помощью дополнительной тонкой стенки к днищу и боковым стенкам корпуса редуктора (рис. 27). Для увеличения жесткости корпуса свободные края стенки делают орбренными (Т – образными, сеч. Б – Б). Расстояние от плоскости разреза до ребра стенки принимают $h = (0,4 \dots 0,5)\delta$.

3.3. Коническо-цилиндрические редукторы

Корпуса таких редукторов имеют прилив, в котором размещается комплект ведущего вала конической шестерни с подшипниками, стаканом и крышкой. Пример конструкции корпуса современного коническо-цилиндрического редуктора показан на рис. 28.

Дополнительную жесткость приливу, выполненному внутри корпуса, придают ребра, которые связывают его с корпусом и крышкой редуктора (разрезы Б – Б, В – В). Контур прилива снаружи (вид по стрелке А) может быть круглым, квадратным или шестиугольным. Соответствующую форму имеют фланцы стакана и крышки.

Диаметр фланца D_ϕ на 4...5 мм больше диаметра крышки подшипника (см. раздел 3.6), а размер D'_ϕ определяется по формуле $D'_\phi = 1,25D + 10$ мм.

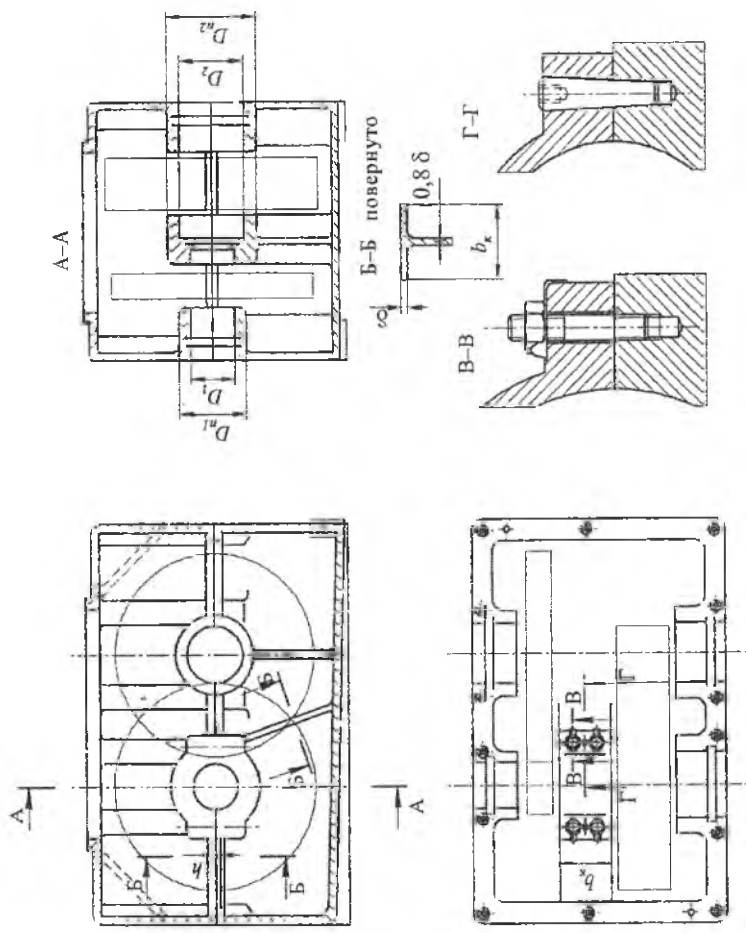


Рис. 27. Корпус соосного редуктора

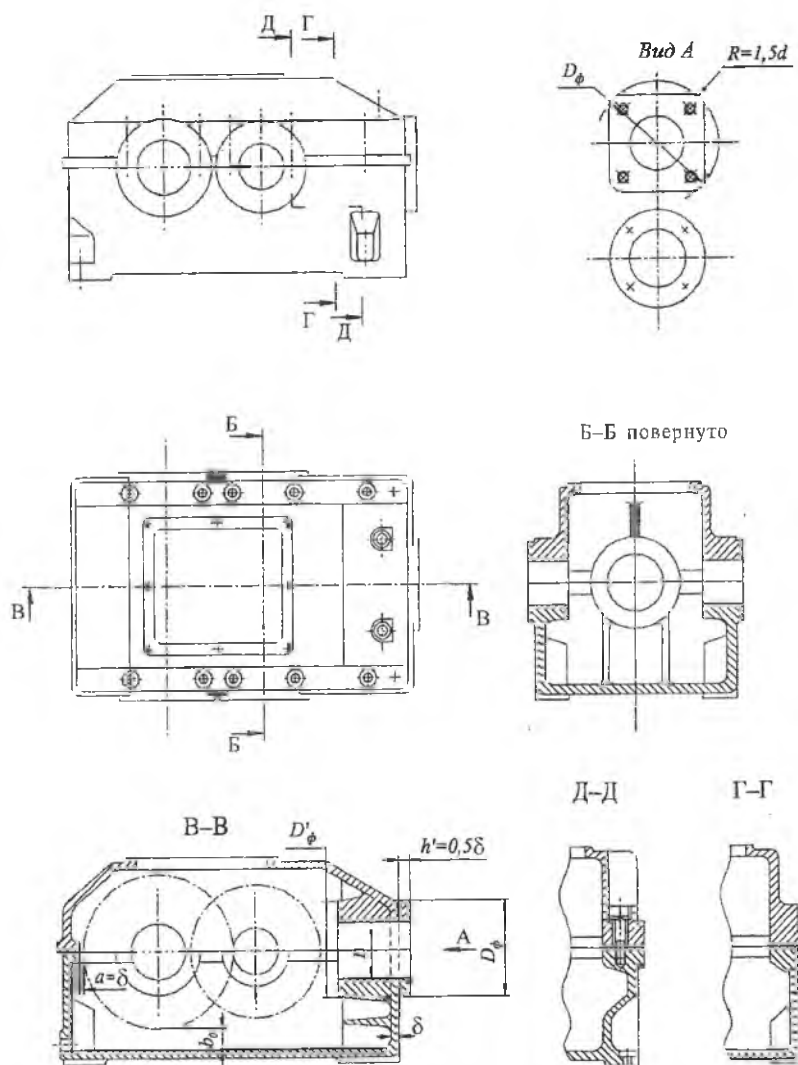


Рис. 28. Корпус коническо-цилиндрического редуктора

3.4. Червячные редукторы

В небольших червячных редукторах ($a_w \leq 160$ мм) корпуса делают неразъемными. В этом случае в боковых стенках делают большие окна, через которые при сборке вводят в корпус вал червячного колеса в сборе с колесом и подшипниками (рис. 29).

Боковые крышки центрируют по переходной посадке и крепят к корпусу винтами М8 при $a_w \leq 125$ мм и М10 при $a_w \leq 160$ мм (разрез Б – Б). Расстояние между винтами $\sim 10d$, где d – диаметр резьбы.

Диаметр окна делают больше максимального диаметра колеса $d_{ам2}$ на величину $2C = 2 \dots 5$ мм. Для повышения жесткости крышки делают высокими с $H \geq 0,1D_k$ с радиальными ребрами (вид А).

Диаметр фланца на корпусе $D_{\phi} = D_k + (4 \dots 5)$ мм, где $D_k = D + (4 \dots 4,4)d$. Соединение уплотняют резиновыми кольцами (выноска 1). Параметры колец и канавок под них см. в [6], табл. К14; [7], с. 157, [8], с. 354.

Примеры разъемных корпусов редукторов с нижним и верхним расположением червяка показаны на рис. 30 и 31.

Для увеличения жесткости червяка его опоры максимально сближают.

При верхнем расположении червяка не удается через верхний люк 1 осуществлять контроль за правильностью зацепления по пятну контакта, на зубьях червячного колеса. Поэтому в нижней части корпуса делают окно 2 (рис. 31), которое после сборки редуктора и регулировки зацепления закрывают крышкой. В этой крышке можно смонтировать маслоуказатель. Величины a и b_0 определяют, как в п. 3.1.

3.5. Коробки скоростей

В коробках скоростей валы обычно не располагаются в одной горизонтальной плоскости, поэтому горизонтальных разъемов корпуса коробок не имеют. Это повышает жесткость корпусов, но усложняет сборку.

Корпуса стационарных коробок скоростей, когда их выполняют в виде отдельного узла, делают коробчатыми, с гладкими наружными поверхностями стенок. При этом руководствуются, в том числе, и соображениями технической эстетики. На наружных стыках выступают лишь пластики высотой h для крепления крышек. Близкорасположенные пластики объединяют (рис. 32).

Приливы для размещения подшипниковых узлов направляют внутрь, как и в корпусах редукторов. Длина прилива ℓ определяется конструкцией подшипникового узла (см. п. 3.6).

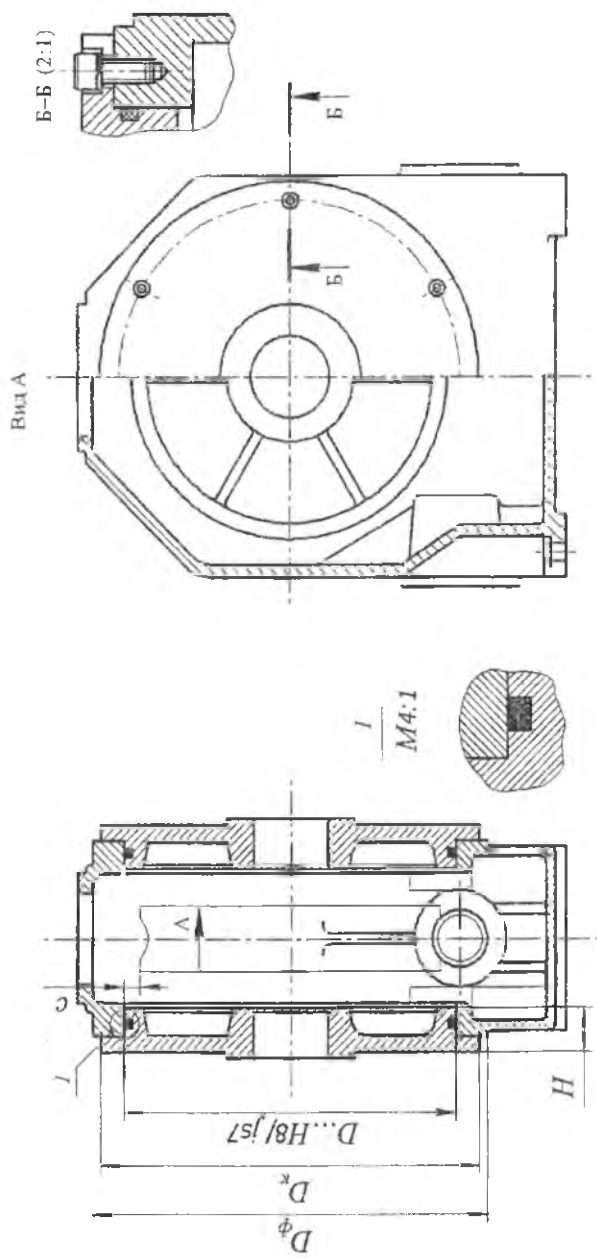


Рис. 29. Корпус червячного редуктора

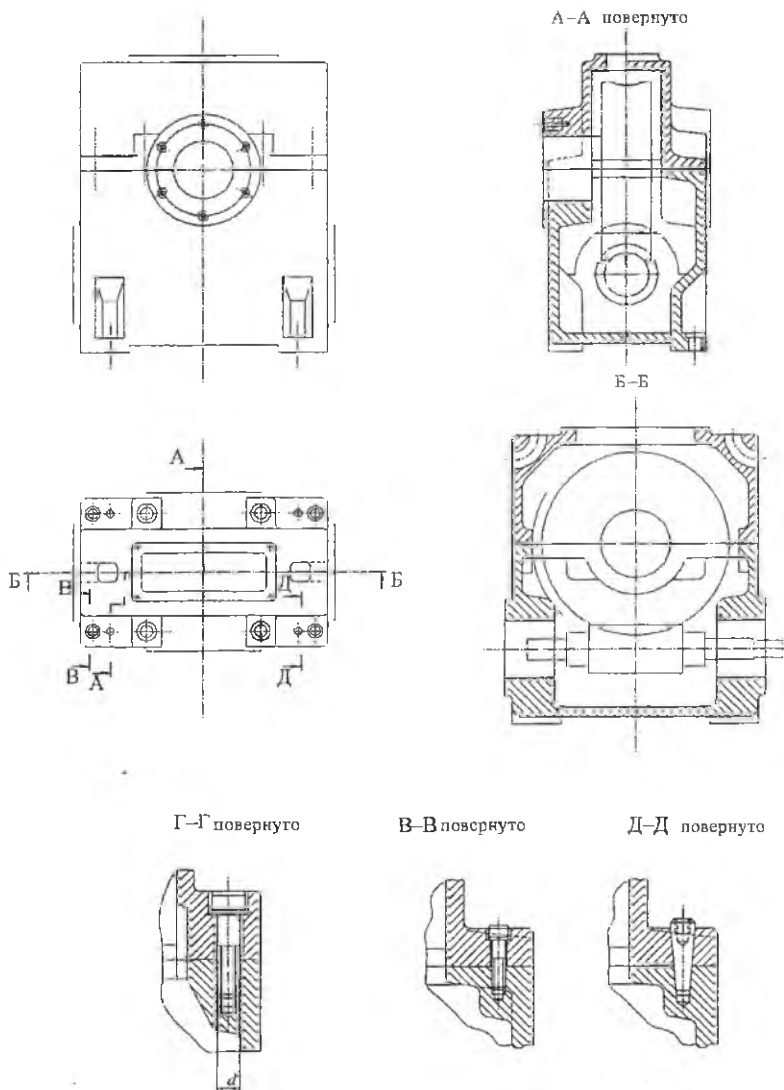


Рис. 30. Корпус червячного редуктора

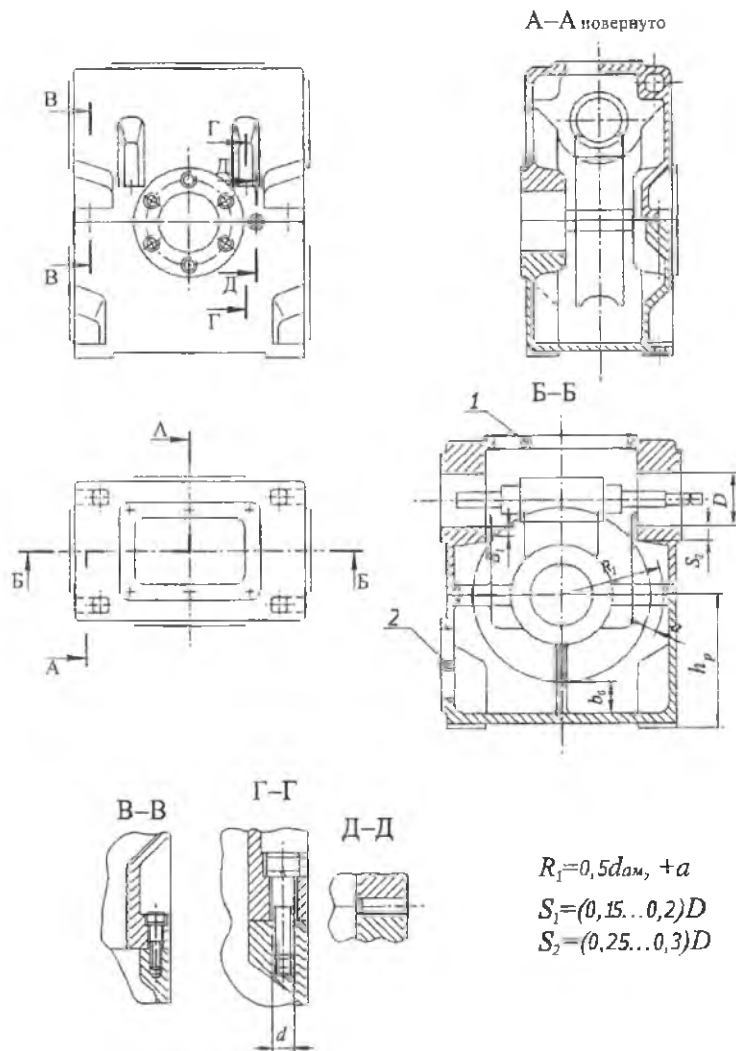


Рис. 31. Корпус червячного редуктора

Корпус коробки скоростей сверху закрывают крышкой коробчатой формы высотой $H \geq 0,08L$, где L – длина крышки.

По контуру крышки делают небольшой, выступающий наружу прилив (вид I, разрез Г – Г). Такой прилив, во-первых, скрадывает возможное несовпадение контуров корпуса и крышки, что существенно улучшает внешний вид изделия. Во-вторых, выступ крышки облегчает ее снятие при ремонте коробки, если в ходе работы крышка «прикипела» к корпусу.

3.6. Приливы для подшипниковых гнезд.

Крышки подшипников

Варианты оформления приливов на корпусе под подшипниковые узлы показаны на рис. 33.

Для закладной крышки диаметр прилива принимают (рис. 33, б)

$$D'_п = 1,25D + 10 \text{ мм.}$$

Для привертной крышки (разрез А – А), соответственно,

$$D_п = D_ф + (4 \dots 5) \text{ мм,}$$

где $D_ф$ – диаметр фланца крышки (см. далее).

Нельзя, чтобы резьбовые отверстия $d_б$ для крепления привертной крышки располагались в стыке крышки редуктора с корпусом.

Длина подшипникового гнезда ℓ (рис. 34) определяется конструктивно суммированием осевых размеров подшипника 1, крышки 2, маслоотражающего кольца 3. Так как осевые размеры деталей различны, то гнезда могут быть разной длины ($\ell_2 > \ell_1$ на рис. 33), а выравнивание делают по внешним торцам для удобства их обработки. Внутренние торцы приливов не обрабатывают.

Для повышения жесткости приливы как наружные, так и внутренние оформляются ребрами. Это особенно важно для дюралевых корпусов.

Литые чугунные, а в изделиях летательной техники дюралевые крышки могут быть привертными или закладными.

Конструкция привертных крышек показана на рис. 35. Они могут быть глухими (виды а, б, г) и с отверстием для выходного конца вала (вид в). Крышки обычно плоские, но если торец вала выступает за пределы подшипника, то их делают выпуклыми (вид г).

Центрирующий поясok ℓ делают коротким, чтобы он не мешал плотному прилеганию крышки по базовой поверхности торца: $\ell = (1,2 \dots 1,5)b$; $b = 3 \dots 8$ мм.

Толщина стенки δ , число z и диаметр d винтов определяют в зависимости от диаметра отверстия под подшипник D (табл. 2).

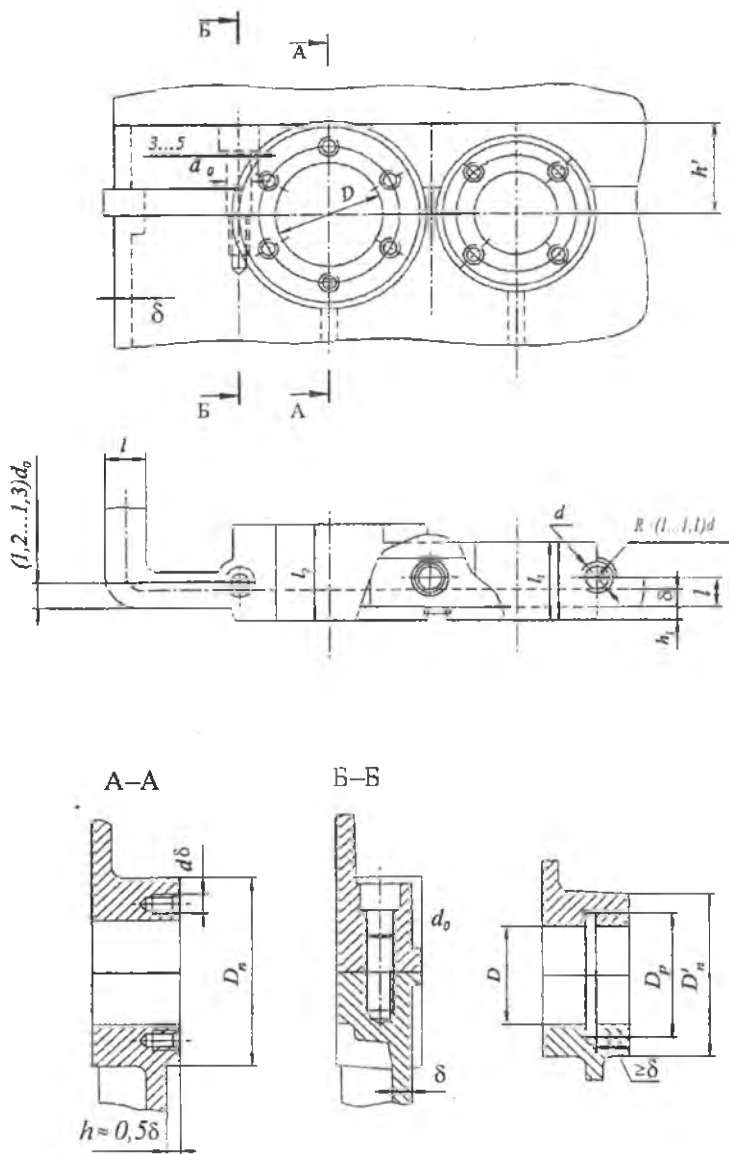


Рис. 33. Конструктивное оформление приливов под подшипниковые узлы

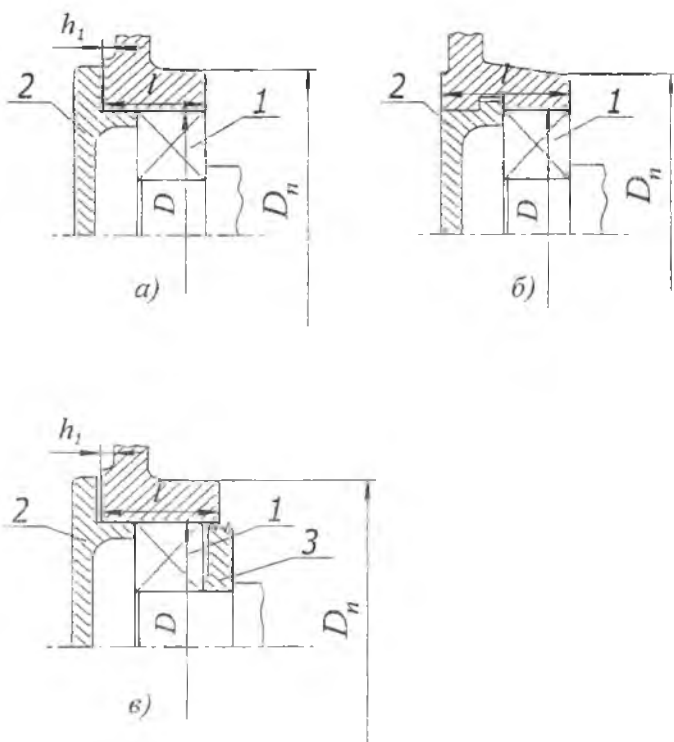


Рис. 34. К определению длины прилива под подшипниковый узел

Таблица 2

D , мм	50 – 65	65 – 100	100 – 150	150 – 220
δ , мм	5	6	7	8
d , мм	M6	M8	M10	M12
z	4	4	6	6

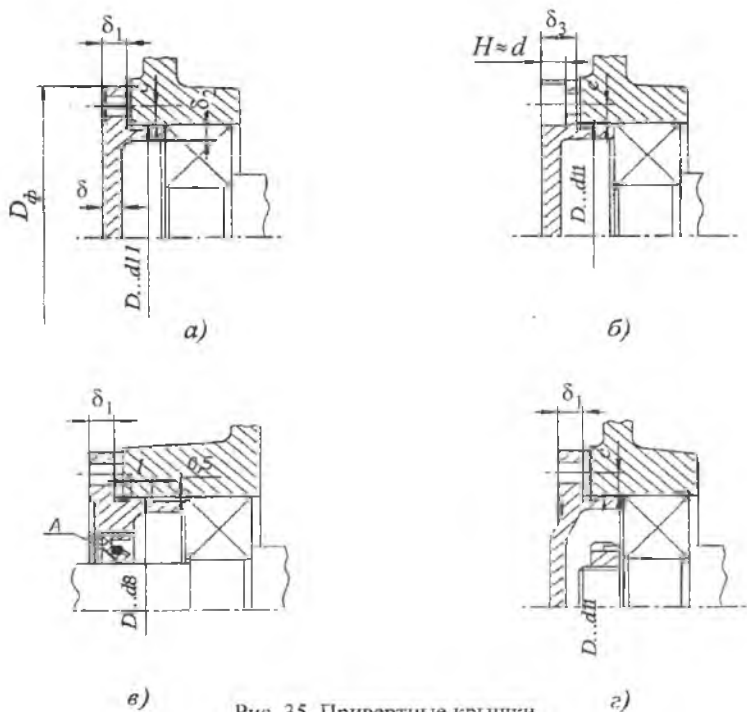


Рис. 35. Привертные крышки

Другие размеры: $\delta_1 = 1,2\delta$; $\delta_2 = (0,9 \dots 1,0)\delta$; $\delta_3 = H + 0,8\delta$, где H – высота головки винта с внутренним шестигранником; $D_\phi = D + (4,0 \dots 4,4)d$; $c \approx d$. Параллельность опорной поверхности под головку винта плоскости торца точнее и технологичнее обеспечить токарной обработкой (вид в, г), чем торцовым фрезерованием.

Для выталкивания изношенного манжетного уплотнения желательно предусмотреть три отверстия A диаметром 3...4 мм.

При небольшом межцентровом расстоянии крышки могут перекрывать друг друга. В этом случае их фланцы подрезают, оставляя между ними зазор 1...2 мм (рис. 36). Привертные крышки не обязательно могут быть круглыми. В большинстве случаев крышки не подвергаются действию внешней нагрузки и для экономии материала можно делать их более тонкостенными и с формой в плане как, например, на рис. 37. Здесь важно только, чтобы выполнялось условие $D_\phi \geq D_0$, иначе может произойти существенное снижение жесткости крышки.

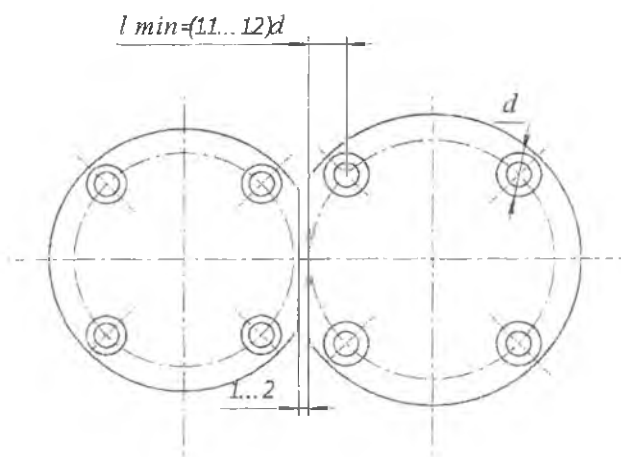


Рис. 36. Близкорасположенные крышки

Конструкция закладных крышек показана на рис. 38. Их можно применять только, если есть разъем корпуса по оси вала. Посадка H7/h8 по диаметру D обеспечивает герметичность соединения. Другие размеры: $\delta_1 = (0,9 \dots 1,0)\delta$; $S = (0,9 \dots 1,0)\delta$; $c \approx 0,5S$; $\ell = 2,5$; $b = 3 \dots 8$ мм.

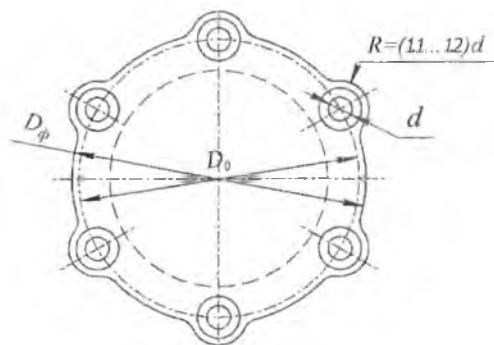


Рис. 37. Облегченная крышка

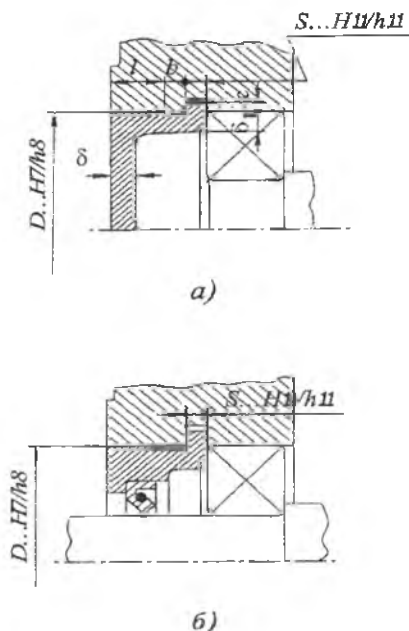


Рис. 38. Закладные крышки

3.7. Фланцевые соединения. Крепление крышек к корпусам

Фланцы предназначены для соединения корпусных деталей изделий. В корпусах проектируемых редукторов можно выделить пять основных видов фланцев:

- 1) корпуса и крышки редуктора;
- 2) корпуса и крышки редуктора в районе подшипникового узла;
- 3) крышки подшипникового узла;
- 4) крышки смотрового люка;
- 5) корпуса редуктора для крепления к основанию.

Эти фланцы отмечены на рис. 26 соответствующими цифрами.

На корпусных литых деталях возможно также наличие фланцев крепления агрегатов, коробок приводов, маслоизмерительных устройств и т.п.

Крепление крышки редуктора к корпусу

Варианты конструктивного оформления узлов крепления крышки к корпусу в зоне подшипниковых узлов показаны на рис. 39, 40, а в зоне свободных фланцев – на рис. 41.

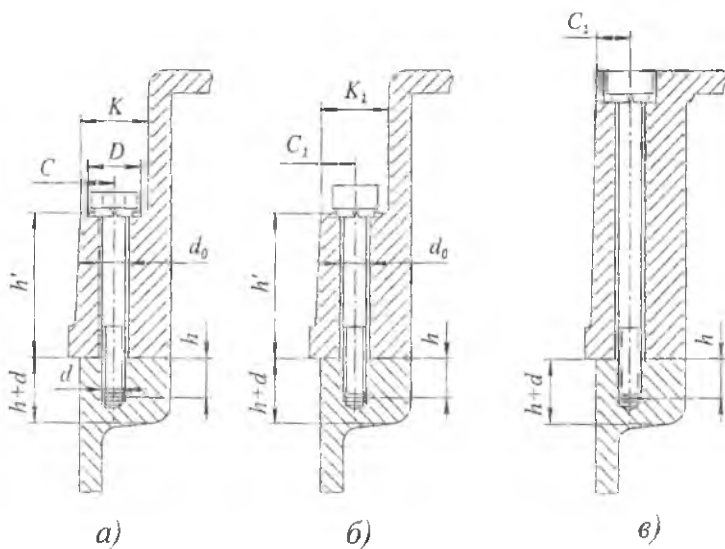


Рис. 39. Крепление крышки редуктора к корпусу

Для соединения фланцев используют винты с шестигранной головкой либо с цилиндрической головкой и внутренним шестигранником. Последние позволяют экономить ширину фланца K . Ее выбирают такой, чтобы свободно разместилась головка винта и ее можно было повернуть гаечным ключом mm на 60° . Размеры элементов: $K = 2,7d$; $C = 0,5K$; $K_1 = 2,2d$; $C_1 = 0,5K_1$; $D = 2d$.

Диаметры винтов d и отверстий d_0 в крышке привязывают к межцентровому расстоянию тихоходной передачи (табл. 3).

Таблица 3

a_T , мм	до 160	160–220	220–280	280–300
d , мм	M12	M14	M16	M18
d_0 , мм	13	15	18	20

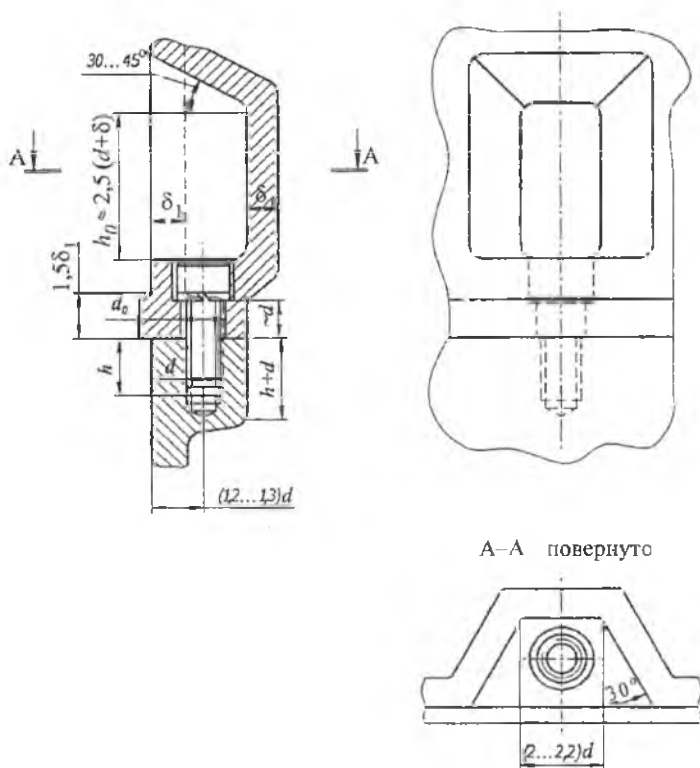


Рис. 40. Крепление крышки редуктора к корпусу в нише

Минимальную глубину заворачивания винтов и шпилек в чугунные корпуса принимают $h = 1,5d$, а в дюралевые, соответственно, $h = 2,5d$.

Отверстия под винты и болты крепления крышки к корпусу располагают в соответствии со следующими рекомендациями:

- в районе подшипниковых бобышек винты располагают как можно ближе к отверстию под подшипник для повышения жесткости узла;
- если между двумя подшипниками умещается только один винт, то его ставят посередине между ними;
- во всех случаях толщина стенки между соседними отверстиями не должна быть меньше $3...5$ мм;
- по периметру фланца винты размещают равномерно с шагом не более $(10...12)d$.

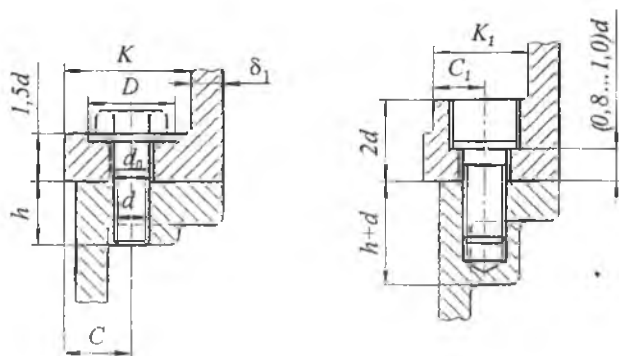


Рис. 41. Крепление крышки редуктора к корпусу

Высоту h' фланца вблизи подшипниковых бобышек (рис. 33, 39) определяют графически из условия размещения головки болта и возможности работать гаечным ключом. При невысокой крышке (рис. 39, в), например, в коробках скоростей, болты выводят на верхнюю плоскость крышки.

Опорные поверхности фланцев под головки винтов или гаек должны быть гладкими и параллельными плоскости стыка. Обработка этих поверхностей можно вести точением, если фланцы цилиндрические, фрезерованием, зенкерованием, обратным зенкерованием ([9], с. 536).

Отверстия под подшипники растачивают совместно в собранном корпусе с крышкой, т.к. иначе невозможно добиться необходимой точности по размерам, форме и соосности отверстий.

При последующих сборках-разборках возможно смещение крышки относительно корпуса, которое вызовет деформацию наружных колец подшипников, не обладающих высокой жесткостью. Кроме того, могут сместиться торцы приливов подшипниковых гнезд, а это вызовет перекос крышек подшипников и наружных колец самих подшипников.

Все это приводит к необходимости жесткой фиксации крышки редуктора относительно корпуса перед расточкой подшипниковых гнезд. Такую фиксацию обеспечивают установочными штифтами. Ставят обычно пару штифтов на максимальном удалении друг от друга.

Штифты бывают конические и цилиндрические. Оба типа стандартизованы. Диаметр штифта подбирают из условия

$$d_{\text{шт}} = (0,7 \dots 0,8)d,$$

где d – диаметр стяжного винта.

Так как размеры штифтов стандартные, то отверстия во фланцах под них выполняют в системе вала. В один фланец цилиндрический штифт запрессовывают, а в другом обеспечивают скользящую посадку (рис. 42, а). Это очень удобно, так как при разборке штифты не теряются.

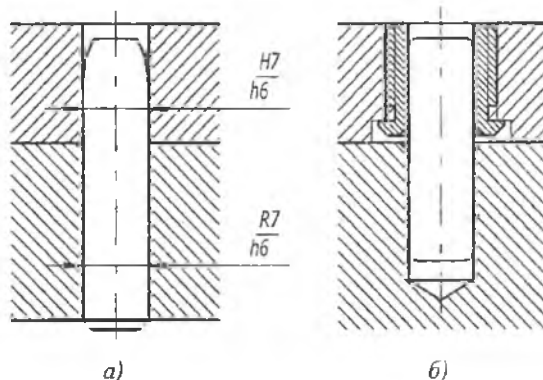


Рис. 42. Установочные штифты

Если фланцы дюралевые, то даже после одной–двух сборок–разборок отверстие в съемном фланце портится твердым штифтом. Поэтому в съемный фланец устанавливают на резьбе либо запрессовывают стальную футорку (рис. 42, б).

Литые корпусные детали газотурбинных двигателей, планетарных и волновых редукторов, лопаточных машин, электродвигателей и ряда других изделий имеют круглые фланцы. Такие фланцы обязательно стараются использовать для центрирования соединяемых деталей с помощью центрирующих буртиков (рис. 43).

Крепление фланцев может осуществляться шпильками, а также обычными или призонными (без зазора) болтами. Проточку диаметром D_1 (рис. 43, б) удобно использовать для фиксации головки болта от проворота при затяжке. Диаметр D_2 должен обеспечивать свободную работу гаечным ключом.

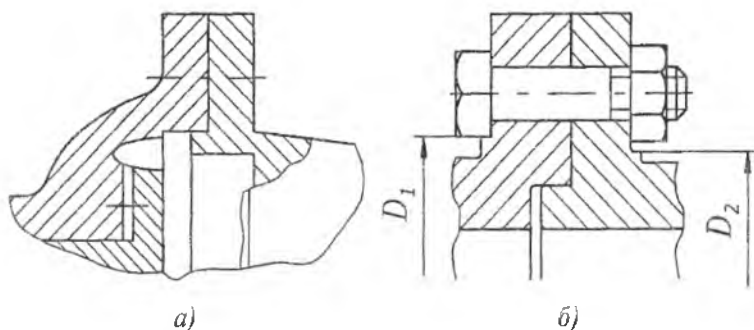


Рис. 43. Центрирование круглых фланца

В случае крепления шпильками или обычными болтами взаимное положение фланцев фиксируют цилиндрическими штифтами. Штифты при этом могут воспринимать часть сдвиговой нагрузки между соединяемыми фланцами.

Опорная часть корпуса

Опорную часть выполняют в виде двух полос вдоль длинной стороны корпуса либо четырех пластинок по углам корпуса (рис. 44). Поверхности стыка редуктора и опорного устройства (рамы или плиты) достаточно точно обрабатывают, чтобы обеспечить надежное прилегание без перекосов по всем стыковым плоскостям.

Диаметр винтов крепления опорной части можно принимать на 1 – 2 шага больше, чем диаметр стяжных винтов крышки и корпуса редуктора. Количество винтов обычно 4 или 6.

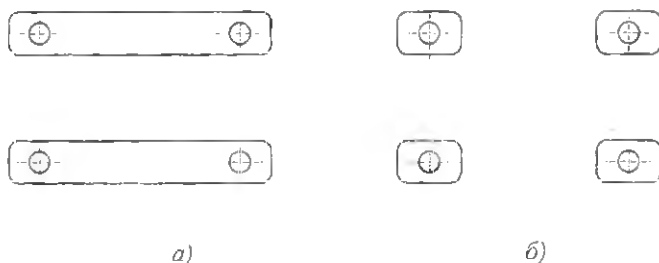


Рис. 44. Варианты опорных поверхностей корпуса редуктора

Если задаются целью не выносить опорные фланцы за габариты корпуса, то узлы крепления оформляют в виде ниш по углам корпуса (рис. 45), а если необходимо, то на боковой стенке (рис. 46). Иногда высоту фланца g для повышения жесткости крепления делают значительно выше – до 4δ .

Если редуктор крепят винтами сверху, то ниша должна быть достаточно высокой – $h_0 = 2,5(d_k + \delta)$, если шпильками, то $h_0 = (2,0 \dots 2,5)d_k$. Наиболее удачным можно считать крепление винтами снизу (рис. 47). Здесь важно только устранить перекосящую опорную поверхность головки винта.

Часто необходимо сохранить строгую соосность входного вала редуктора и вала электродвигателя при разборке привода. В этом случае положение редуктора и электродвигателя на опорной поверхности фиксируют установочными штифтами при первоначальной сборке после регулировки соосности (см. рис. 55).

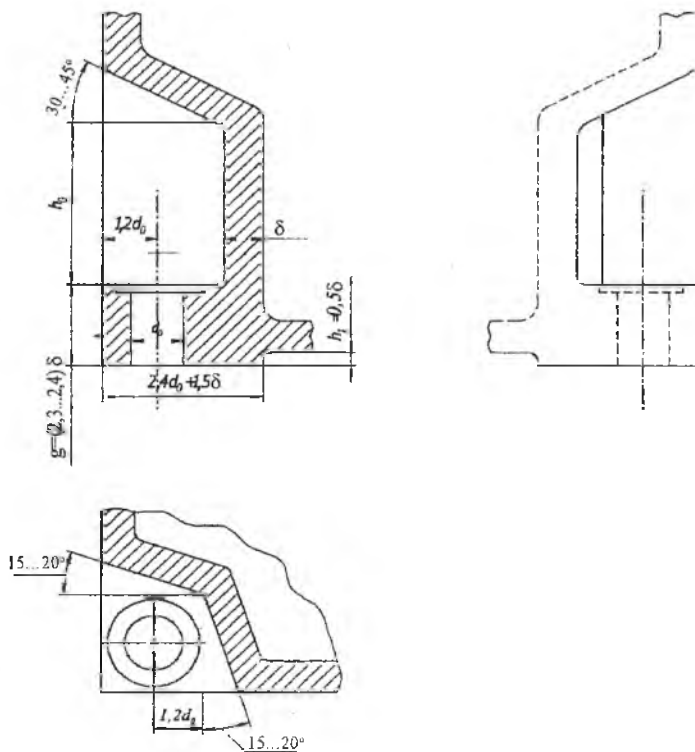


Рис. 45. Узел крепления корпуса к основанию на углу корпуса

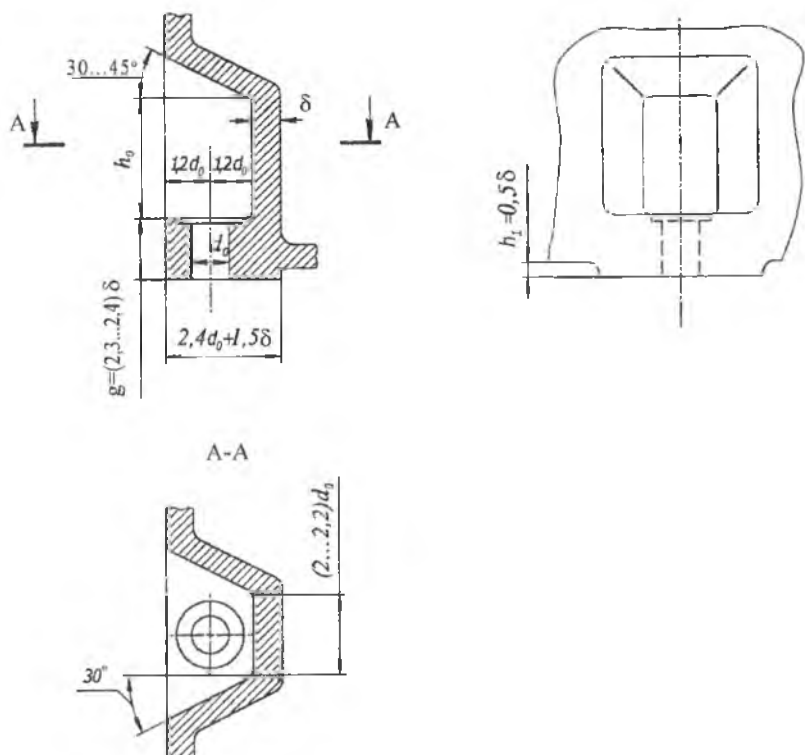


Рис. 46. Узел крепления корпуса к основанию на боковой стенке

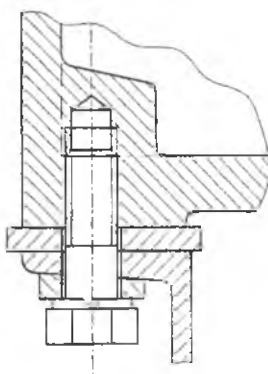


Рис. 47. Вариант крепления корпуса к основанию

Простановка размеров на рабочих чертежах корпусных деталей

Методика простановки размеров на чертежах корпусных деталей определяется спецификой технологии их изготовления. Основные этапы технологического процесса следующие:

- получение заготовки отливкой из чугуна или литейного алюминиевого или магниевых сплава;
- обработка базовых плоскостей;
- сверление отверстий для стяжных винтов и установочных птифтов;
- сборка частей корпуса;
- расточка отверстий для подшипников.

Соответственно, все размеры можно разделить на следующие группы:

- размеры, определяющие габариты и форму, необходимые для изготовления модели;
- размеры, определяющие внутреннюю конфигурацию, необходимые для изготовления стержней;
- размеры и координаты базовых отверстий.

При простановке размеров можно пользоваться рекомендациями п. 2.8. Более детальное описание порядка простановки размеров и формирования полей допусков приведено в [7].

3.8. Отверстия для слива масла

В корпус редуктора заливают масло, которым смазываются зацепления и, как правило, подшипники. По мере загрязнения масла продуктами износа его меняют. Слив отработанного масла производят через сливные отверстия, закрываемые герметичными пробками.

Для наиболее полного слива масла дно корпуса необходимо делать с уклоном $1,0 \dots 1,5^\circ$ в сторону сливного отверстия. Кроме того, у самого отверстия нужно делать углубление, в котором оседают твердые микрочастицы износа. Отверстие должно быть сделано так, чтобы они удалялись вместе с маслом из корпуса. Иначе эти частицы вновь будут попадать в зоны трения и ускорять износ. Наиболее удачным в этом смысле является отверстие в днище (рис. 48, б).

Если необходимо делать слив на опорном фланце, то на фланце делают прилив (рис. 48, д).

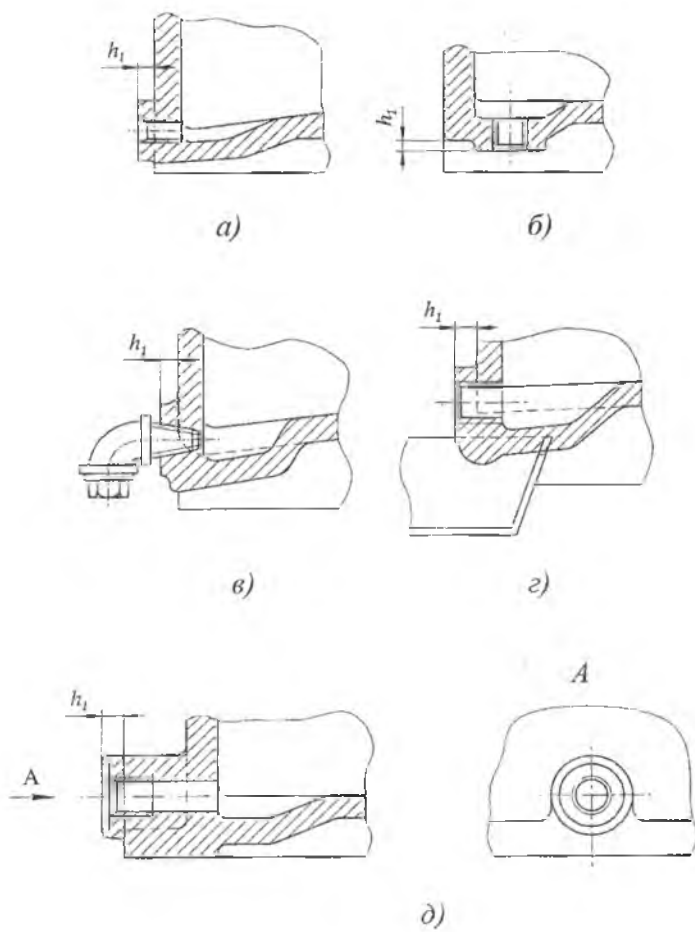


Рис. 48. Отверстия для слива масла

Торец сливного отверстия фрезеруют для плотного прилегания торца пробки, поэтому на заготовке должна быть предусмотрена бобышка высотой чуть более $h_1 = 0,5\delta$. Типовые виды пробок с цилиндрической и конической резьбой с размерами приведены в [7].

В авиационных редукторах, где используется замкнутая циркуляционная система смазки, в сливное отверстие вворачивается трубопровод отбора масла. В редукторе не должно быть застойных масляных полостей, поэтому иногда приходится обеспечивать отбор масла из нескольких нижних точек корпуса редуктора.

3.9. Крышки люков

Для осмотра деталей редуктора и для заливки масла в крышке корпуса делают люк возможно большего размера. Форма люка обычно прямоугольная, реже круглая.

Формы крышек люков показаны на рис. 49, 50. Они могут быть плоскими или штампованными из листового материала, а также отлитыми из чугуна или алюминия.

Крышки уплотняют по стыку прокладками, а для дренажа внутренней полости редуктора с атмосферой в них делают отверстия. Чтобы пыль не попадала через дренажные отверстия, внутренний объем крышки заполняют фильтром (рис. 49, в).

Размеры штампованных крышек:

$$\delta_k = (0,010 \dots 0,012)L \geq 3 \text{ мм}; H \geq 0,05L; d = \delta_1; h_1 = (0,4 \dots 0,5)\delta_1.$$

Размеры литых крышек: $\delta_k = (0,7 \dots 0,9)\delta_1$; $H \geq 0,06L$. Таких же соотношений придерживаются для круглых крышек. В них ребра жесткости делают радиальными.

Отдушину с дренажными отверстиями иногда делают отдельно (рис. 51). Тогда ее целесообразно сделать в форме ручки (рис. 51, а).

Крепежные винты крышек желательно брать с головками под ключ, так как отверткой не всегда можно затянуть винт с достаточной силой, чтобы обеспечить герметичность, а также отвернуть «прикипевший» винт.

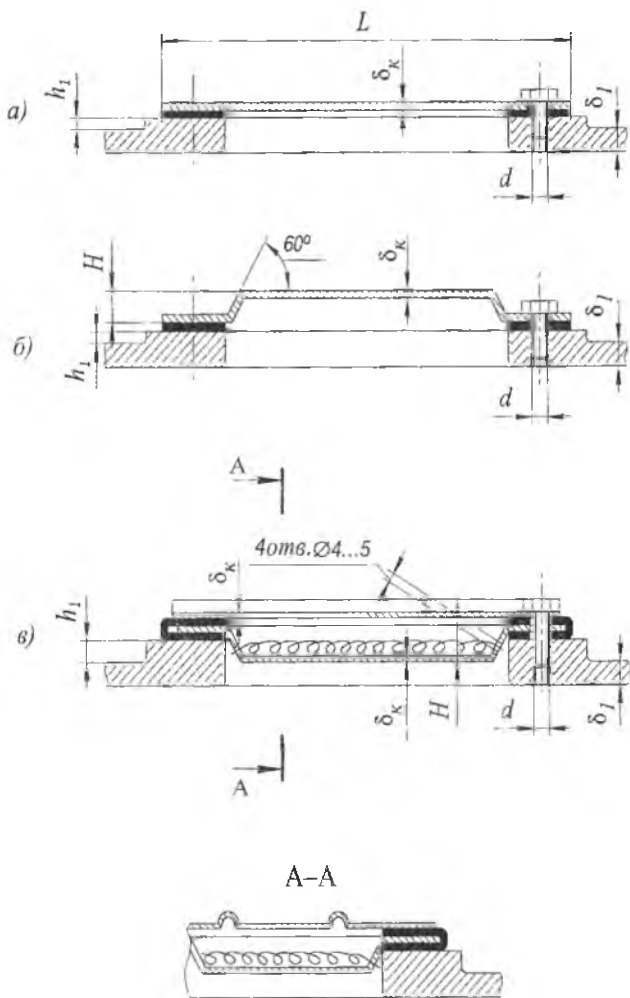


Рис. 49. Крышка люков из стального листа

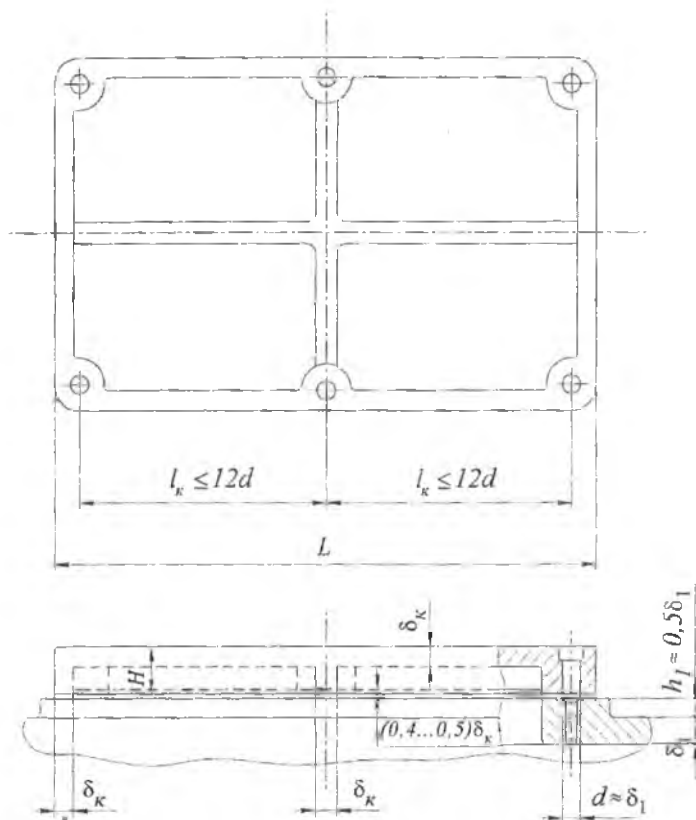


Рис. 50. Литая крышка люка

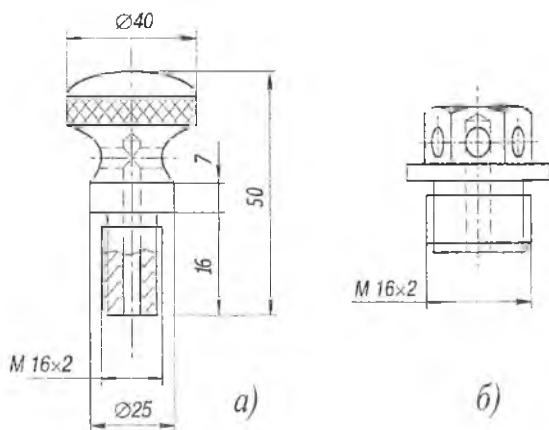
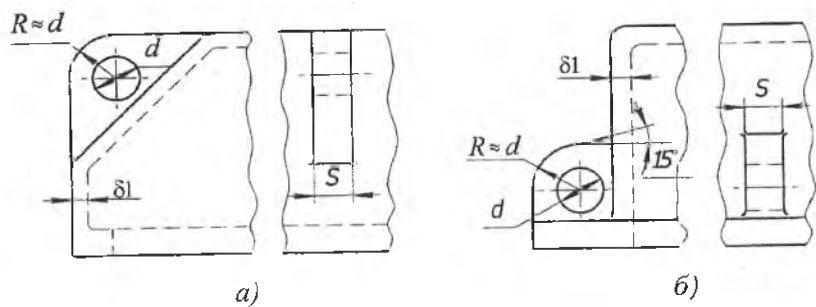


Рис. 51. Отдушина

3.10. Устройства для подъема и транспортировки

Для подъема и транспортировки корпуса, крышки или редуктора в сборе используют проушины или крючья, отлитые вместе с крышкой и корпусом (рис. 52, 53).

Поверхность стыка крышки и корпуса редуктора при сборке покрывают герметиком. В ходе длительной работы крышка «прикипает» к корпусу и для ее отделения можно попытаться приподнять ее за проушины. Однако удобнее для этой цели использовать отжимной винт. Для него во фланце крышки нарезается резьба диаметром d . В эту резьбу вворачивается отжимной винт до касания с фланцем корпуса. При разборке его заворачивают до тех пор, пока фланцы не разойдутся.



$$d \approx 3\delta_1; S \approx (2 \dots 3)\delta_1; a \approx (1,6 \dots 1,8)\delta_1; b \approx 3\delta_1$$

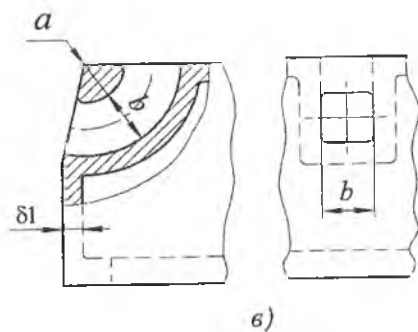


Рис. 52. Устройства для подъема и транспортировки

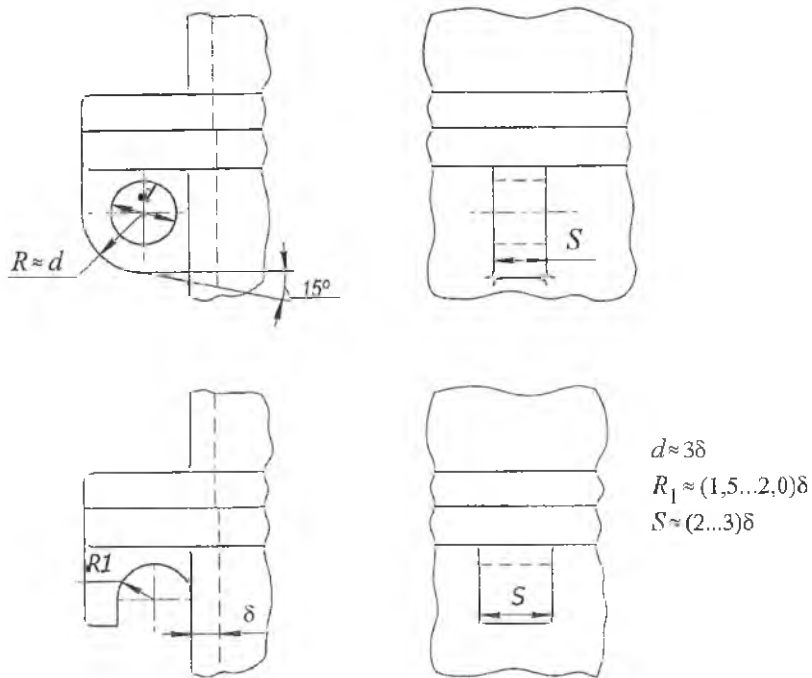


Рис. 53. Устройства для подъема и транспортировки

4. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛИТЫХ ПЛИТ ДЛЯ МОНТАЖА ЭЛЕМЕНТОВ ПРИВОДА

Элементы привода (электродвигатель, редуктор, коробка передач и т. п) часто устанавливают на общем основании. При единичном производстве основание делают в виде сварной рамы из стандартных прокатных профилей. При выпуске пяти и более изделий выгоднее изготавливать чугунные литые плиты.

Конфигурация и размер плиты определяются размерами компоновки с рабочим агрегатом.

На начальном этапе методика конструирования рам и плит одинакова.

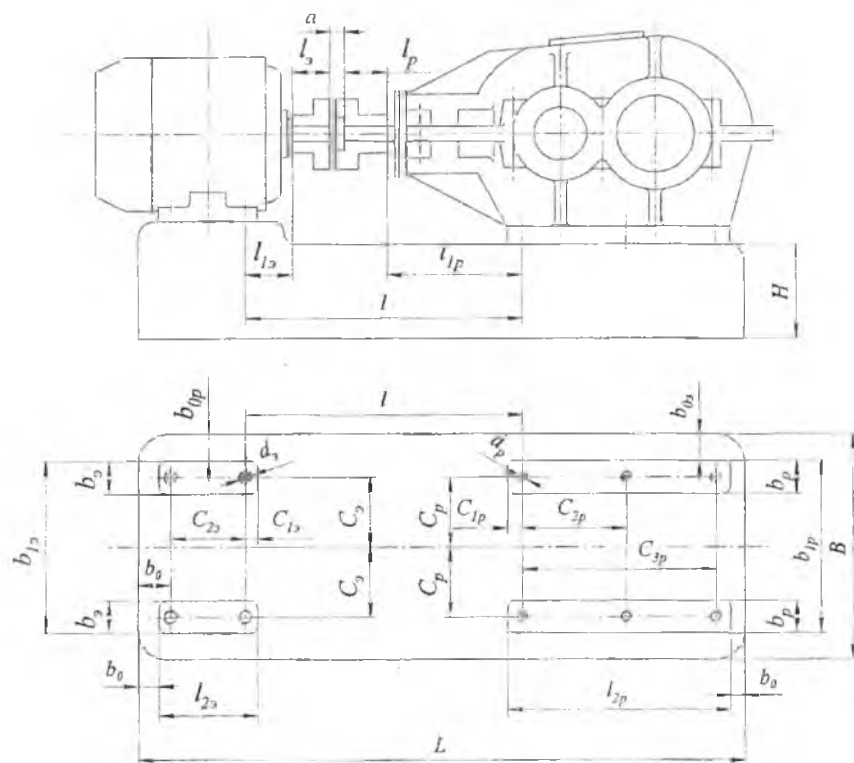


Рис. 54. Конструирование опорной плиты

Если соединение электродвигателя с редуктором осуществляется муфтой, то вначале на общей оси вала электродвигателя и входного вала редуктора вычерчивают контуры выбранной стандартной муфты. Затем к одной полумуфте пририсовывают вал электродвигателя, к другой – вал редуктора, в результате чего определяют зазор a между торцами валов (рис. 54). Чертеж выполняют обычно в масштабе 1 : 2.

Далее вычерчивают контуры электродвигателя и редуктора. При этом определяют и наносят на чертеж размеры $\ell_3, \ell_{13}, \ell_p, \ell_{1p}, \ell$, а также h_0 – разность высот опорных поверхностей.

Под главным видом привода вычерчивают вид сверху на плиту. На него переносят с опорных лап двигателя и фланцев редуктора координаты отверстий d_3 и d_p . В чугунной плите эти отверстия обычно резьбовые с соответствующими бобышками для обеспечения достаточной длины резьбы (см. рис. 21, d). Резьба, как правило, сквозная.

Тонкой линией наносят размеры опорных поверхностей двигателя и редуктора, определенные, соответственно, по каталогу двигателей и чертежу редуктора. Длину и ширину опорных платиков $b_3, \ell_{23}, b, \ell_{2p}$ на плите принимают больше, чем длину и ширину опорных площадок двигателя и редуктора на величину k (см. рис. 23). Размер k определяют по графику на рис. 24 либо назначают ориентировочно в пределах 3...6 мм в зависимости от базовых размеров $b_{13}, \ell_{23}, b_{1p}, \ell_{2p}$.

В заключение определяют габаритные размеры плиты B, L и H . Для нахождения размеров B и L в плане принимают $b_0 = 8...10$ мм. Высота плиты $H = (0,08...0,10)L$.

Толщину стенки δ определяют по рекомендациям раздела 2.1.

По технологическим соображениям нежелательно иметь сплошные горизонтально расположенные поверхности. Поэтому в них делают большие окна с оребрением (рис. 55). Приливы под фундаментные болты делают высокими для повышения прочности и жесткости крепления. Они могут иметь коробчатую конструкцию, как на разрезе $B - B$, либо быть сплошными.

Приводы с ременной передачей тоже могут быть размещены на общей плите. В этом случае опорные поверхности могут располагаться на одном уровне без перепада высот h_0 , однако конструкция плиты может усложниться из-за наличия натяжных устройств [7].

5. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ КОРПУСОВ АВИАЦИОННЫХ РЕДУКТОРОВ

К авиационным силовым редукторам относятся прежде всего основные редукторы вертолетов, передающие мощность от двигателя к несущему винту, редукторы турбовинтовых двигателей, промежуточные и хвостовые редукторы трансмиссий хвостовых винтов вертолетов, а также редукторы приводов систем механизации самолетов.

Конфигурация корпусов этих изделий определяется внутренним расположением основных и вспомогательных зубчатых передач, опор валов, элементов маслосистем, агрегатов внутри и снаружи корпуса, узлов крепления и т.д. и бывает весьма сложной. Процесс конструирования редукторов вертолетов достаточно подробно изложен в [10].

Корпуса отливают из легких алюминиевых (АК9, АК12, АК7) или магниевых (МЛ4, МЛ5) сплавов. При этом используют современные высокоэффективные способы литья (литье под давлением, по выплавляемым моделям), обеспечивающие повышенную точность детали и стабильность прочностных свойств по всему объему отливки.

Эти материалы имеют более высокий коэффициент линейного расширения по сравнению со сталями. Этот факт учитывают при расчете усилий осевой затяжки радиально-упорных подшипников с тем, чтобы при нагреве до рабочей температуры в них не возникало осевых зазоров из-за разницы удлинений корпуса и вала.

Другой особенностью этих сплавов является их невысокая твердость. Из-за этого наружные кольца подшипников никогда не устанавливают непосредственно в корпус, а только в стальные тонкостенные стаканы. Последние запрессовывают в корпус, причем посадки выбирают из условия сохранения натяга при нагреве до максимальной рабочей температуры с учетом разницы коэффициентов расширения материалов корпуса и стакана.

Корпуса вертолетных редукторов состоят обычно из нескольких частей (верхний, средний и нижний корпус плюс масляный поддон) с плоскостями разъема, перпендикулярными оси выходного вала. Соединение отдельных элементов корпуса фланцевое, шпильчатое.

Шпильки заворачивают в одну деталь корпуса на глубину не менее двух диаметров резьбы по тугой нормализованной резьбовой посадке.

Вдобавок к этому корпус иногда слегка нагревают, а шпильки охлажда-ют непосредственно перед установкой.

Если две части корпуса стыкуются по цилиндрической поверхности, как, например, в планетарном редукторе, то взаимное центрирование деталей обеспечивается цилиндрическими центрирующими поясками (см. рис. 43). В планетарном редукторе для центровки удобно использовать фланцевую часть обода неподвижного колеса (рис. 56).

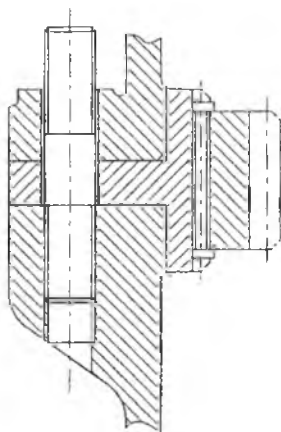


Рис. 56. Центрирование корпусов внешм неподвижного колеса

На деталях некруглой формы изготовление центрирующих поясков не применяется по технологическим причинам, поэтому точность взаимного положения деталей обеспечивают установочными штифтами.

Установочные штифты используют и в соединениях круглых деталей для фиксации их углового взаимного положения. Кроме того, штифты во всех случаях могут воспринимать часть сдвиговой нагрузки между фланцами.

Подшипниковые опоры одного и того же вала часто располагаются в разных частях корпуса вертолетного редуктора. В этом случае точность взаимного расположения подшипниковых отверстий можно обеспечить только совместной расточкой в собранном корпусе. Эту операцию стараются производить с одной установки корпуса, причем на последнем этапе окончательно растачивают запрессованные стальные стаканы.

Подшипниковые стаканы внутри корпуса часто делают без фланцев, а только с небольшими упорными буртиками. Такие стаканы необходимо фиксировать от проворота в отверстиях корпуса. Это делают штифта-

ми (рис. 57), которые запрессовывают в корпус через стакан. Выступающая часть штифта срезается при окончательной расточке стакана.

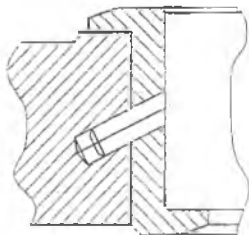


Рис. 57. Фиксация стакана подшипника в корпусе

Фланцы корпусов для уменьшения массы делают фигурными, с местными поднутрениями между крепежными бобышками (рис. 58). При этом для повышения жесткости фланцев граница поднутрений не должна пересекать линию центров отверстий, а толщину бобышек в зоне отверстий делают больше, чем основных фланцев.

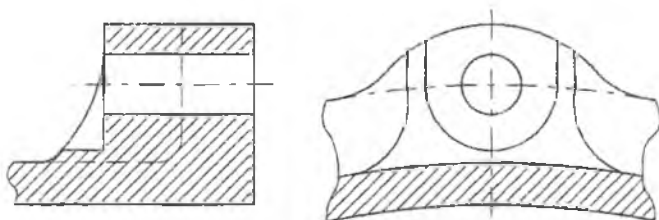


Рис. 58. Фланец корпусной детали

Фланцевое соединение верхней и средней частей вертолетного редуктора делают более прочным и жестким, так как это место обычно используют для подвески редуктора к подредукторной раме и оно передает значительные усилия.

Корпуса подшипниковых узлов, испытывающих значительные радиальные нагрузки, не должны консольно выступать за пределы силовой стенки или перегородки корпуса. Эту стенку или перегородку располагают так, чтобы она, по возможности, совпадала с вектором результирующей нагрузки подшипникового узла.

Все силовые стенки и перегородки стараются делать конической формы, так как плоские конструкции хуже работают на изгиб и менее устойчивы. В случае необходимости их подкрепляют ребрами.

В авиационных редукторах используют, как правило, струйный способ смазки, когда масло из форсунок подается направленной струей непосредственно на беговую дорожку каждого подшипника и в зону зацепления каждой пары колес. Поэтому маслосистема получается весьма сложной и разветвленной.

Традиционно доставку масла потребителям осуществляют по трубопроводам. В авиационных редукторах всегда стараются там, где это возможно, транспортировать масло по специальным каналам, выполненным в стенках корпусных деталей. Эти каналы могут быть изготовлены литьем в процессе отливки детали либо сверлением.

На рис. 59 показаны сверленные каналы в корпусе редуктора турбовинтового двигателя АИ – 20. В зонах стыка корпусных деталей соединение каналов осуществляется специальными втулками 1, а на выходных участках каналов устанавливаются герметичные резьбовые заглушки 2. Каналы обычно имеют форму ребер жесткости снаружи корпуса (разрез А – А).

Еще одним существенным отличием авиационных редукторов является то, что корпуса входных и выходных валов конических передач (ведущего вала основной конической ступени, ведомого вала конической ступени отбора мощности на хвостовой винт, валов промежуточных и хвостовых редукторов) не имеют разъемов в плоскости вала, как это обычно бывает в редукторах общего машиностроения. В этом случае установка блока вала-шестерни с подшипниками и стальным стаканом в корпус редуктора производится в осевом направлении в посадочное отверстие корпуса.

При этом максимальный диаметр по вершинам зубьев конического колеса, а соответственно, и диаметр отверстия в корпусе, часто бывает заметно больше диаметра подшипников. Поэтому устанавливают еще один стакан, толстостенный, отлитый из того же материала, что и корпус редуктора. Его максимально облегчают выборкой материала и часто используют также для размещения смазочных устройств подшипников вала.

Решающую роль на формирование конструкции корпуса редуктора оказывает необходимость выполнения конструктором ряда таких противоречивых требований, как минимизация массы, обеспечение максимальной прочности и жесткости, возможность изготовления литьем, технологичность сборки и регулировки.

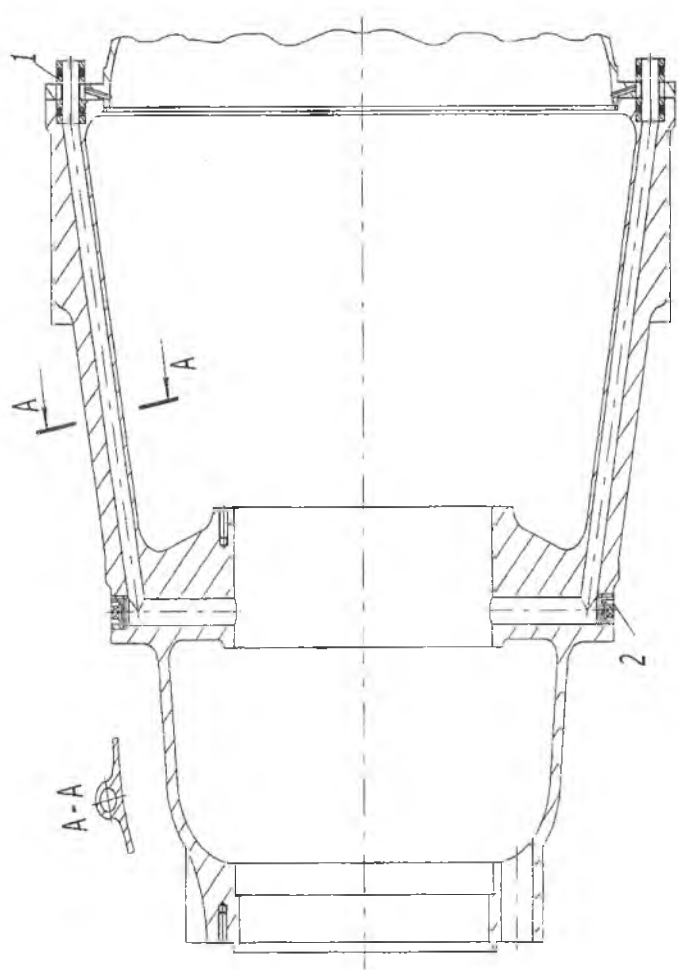


Рис. 59. Масляные каналы в корпусе редуктора ТВД АИ-20

В основном при проектировании корпусов авиационных редукторов соблюдаются все требования, связанные с технологией литейного производства: литейные уклоны, плавный переход от сосредоточенной массы к тонкой стенке, недопустимость пересечения стенок под малым углом, достаточные радиусы сопряжений и т.п.

Конструирование корпусов редукторов в ходе курсового или дипломного проектирования невозможно без предварительного детального изучения прототипов. Таковыми могут служить, например, чертежи и описания редукторов серийных изделий летательной техники, приведенные в [11, 12], а также описания отдельных вертолетов, самолетов и турбовинтовых двигателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Титов, Н.Д. Технология литейного производства: учебник для машиностроительных техникумов / Н.Д. Титов, Ю.А. Степанов – М.: Машиностроение, 1978. – 432 с.
2. Орлов, П.И. Основы конструирования: справочно-методическое пособие. Кн. 2 / П.И. Орлов – М.: Машиностроение, 1977. – 574 с.
3. Основы производства и обработки металлов: метод. указания к курсовой работе / Сост.: Р. Заббаров, В.В. Уваров. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2005. – 41 с.
4. Заббаров, Р. Основы металлургического производства и технология конструкционных материалов: учеб. пособие / Р. Заббаров, В.В. Уваров, Н.В. Ляченко. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т. 2002. – 64 с.
5. Конструирование отливок: метод. указания к домашн. заданию / Сост.: Р. Заббаров, Л.А. Чемпинский, В.С. Уваров. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 1995. – 36 с.
6. Шейнблит, А.Е. Курсовое проектирование деталей машин: учеб. пособие для техникумов / А.Е. Шейнблит – М.: Высшая школа, 1991. – 432 с.
7. Дунаев, П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для машиностроительных специальностей вузов / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов – М.: Высшая школа, 1985. – 416 с.
8. Курсовое проектирование деталей машин: учеб. пособие для машиностроительных специальностей вузов / В.Н. Кудрявцев [и др.]; под общ. ред. В.Н. Кудрявцева. – Л.: Машиностроение, 1984. – 400 с.
9. Орлов, П.И. Основы конструирования: справочно-методическое пособие. Кн. 1 / П.И. Орлов – М.: Машиностроение, 1977. – 623 с.
10. Силаев, Б.М. Расчет и конструирование деталей авиационных механических передач: учебно-справочное пособие / Б.М. Силаев – Самара: СГАУ, 2001. – 150 с.
11. Авиационные зубчатые передачи и редукторы: справочник / под ред. Э.В. Вулгакова. – М.: Машиностроение, 1981. – 374 с.
12. Механические передачи вертолетов / Л.Б. Бушмарин [и др.]; под ред. В.Н. Кестельмана. – М.: Машиностроение, 1983. – 120 с.

Учебное издание

**Жильников Евгений Петрович
Мальтеев Марат Абдулкадирович**

**КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛИТЫХ КОРПУСНЫХ
ДЕТАЛЕЙ РЕДУКТОРОВ**

Учебное пособие

Редактор Т.К. Кретинина
Компьютерная верстка И.И. Спиридонова

Подписано в печать 11.08.06. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл.печ.л. 4,0. Усл.кр.-отт. 4,1. Уч.-изд. л. 4,5.

Тираж 200 экз. Заказ 87. Арт. С-13/2006.

Самарский государственный аэрокосмический университет.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.