

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ  
ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ  
И РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА  
ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА

Кафедра ремонта и основ конструирования машин

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ  
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**

*Для контактной и самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлениям подготовки 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» всех форм обучения*

КАРАВАЕВО  
Костромская ГСХА  
2021

УДК 658.512.2  
ББК 34.42  
К 93

*Составители:* сотрудники кафедры ремонта и основ конструирования машин Костромской ГСХА канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой *А.Е. Курбатов*, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры *И.П. Петрюк*.

*Рецензент:* канд. техн. наук, доцент кафедры технических систем в АПК Костромской ГСХА *И.А. Смирнов*.

*Рекомендовано методической комиссией инженерно-технологического факультета в качестве методических указаний по выполнению лабораторно-практической работы для контактной и самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлениям подготовки 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» всех форм обучения*

**К 93      Проектирование корпусных деталей :** методические указания по выполнению лабораторно-практической работы / сост. А.Е. Курбатов, И.П. Петрюк. — Караваево : Костромская ГСХА, 2021. — 18 с. : ил. ; 20 см. — Текст непосредственный.

Содержится теоретический материал и практические рекомендации к выполнению лабораторно-практического занятия при изучении дисциплины «Основы конструирования». Изложена методика и основные подходы при проектировании корпусных деталей. Предназначены для контактной и самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлениям подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», всех форм обучения.

УДК 658.512.2  
ББК 34.42

### *Цель и задачи лабораторной работы*

Целью настоящей работы является ознакомление с основными подходами при проектировании корпусных деталей и их конструктивными особенностями.

Задачами студента является приобретение навыков обоснования заготовки и способа ее получения для корпусных детали; навыков работы с нормативно-технической документацией и стандартами, необходимыми для проектирования корпусных деталей и заготовок для них.

### *Теоретические основы*

Корпус предназначен для размещения в нем деталей узла, для обеспечения смазки передач и подшипников, а также для предохранения деталей от загрязнения и для восприятия усилий, возникающих при работе. Он должен быть прочным и жестким, так как при деформации корпуса возможен перекося валов, который приводит к неравномерности распределения нагрузки по длине зубьев зубчатой передачи.

Корпусные детали имеют сложную форму и металлоемки, их рекомендуется получать литьем из чугуна. Чугунные корпуса в редукторах способны поглощать шум и вибрацию.

Для удобства монтажа корпус обычно делают разъемным. В горизонтальных редукторах плоскость разъема проходит по осям валов. Нижнюю часть корпуса называют основанием или корпусом, верхнюю – крышкой корпуса. Толщина стенки корпуса является основным конструктивным параметром.

Толщина стенки корпуса  $\delta$  и крышки редуктора  $\delta_1$  одноступенчатого цилиндрического редуктора может быть определена из соотношений (рис. 2.1):

$$\delta = 0,025a_w + 1 \geq 8 \text{ мм}, \quad (2.1)$$

$$\delta_1 = 0,02a_w + 1 \geq 8 \text{ мм}. \quad (2.2)$$

Внутренние стенки корпуса сопрягаются радиусом:

$$r = 0,5\delta \geq 4 \text{ мм}. \quad (2.3)$$

Толщина ребер:

$$\delta_{реб} = \delta. \quad (2.4)$$

Крепление корпуса к основанию производим резьбовыми деталями.

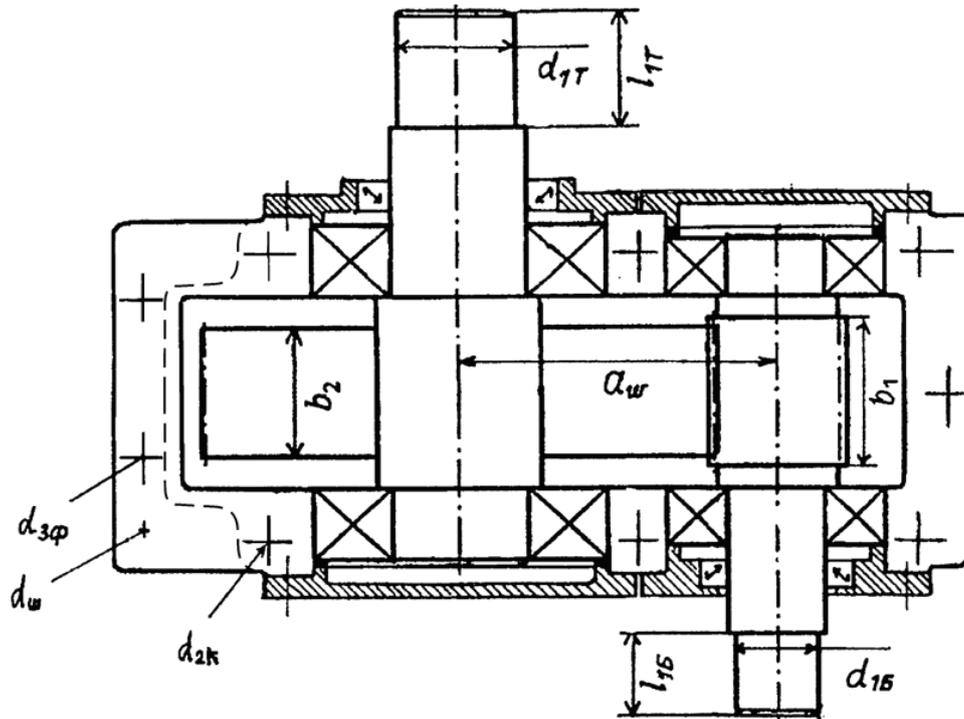


Рис. 2.1. Схема корпуса одноступенчатого цилиндрического редуктора

Диаметр фундаментных болтов определяется из соотношения:

$$d_{1A} = \sqrt[3]{4T_2} \geq 12 \text{ мм}$$

или

$$d_{1A} = (0,03 \dots 0,036)a_w + 12 \text{ (мм)}, \quad (2.5)$$

где  $T_2$  – крутящий момент ведомого (тихоходного) вала, Н·м.

Крепление крышки к корпусу редуктора осуществляется стяжными болтами. Диаметр стяжных болтов:

– подшипников

$$d_{2K} = 0,75d_{1A} ; \quad (2.6)$$

– соединяющих основание корпуса с крышкой

$$d_{3\Phi} = (0,5 \dots 0,6)d_{1A}. \quad (2.7)$$

Ширина фланца должна быть достаточной для размещения в них головки болта:

$$\delta_{\Phi} = (\delta + 2,5d_{3\Phi}). \quad (2.8)$$

Габариты корпуса определяет число и размеры размещённых в нём деталей, относительное расположение и зазоры между ними. Ориентировочно размеры корпуса определяются при составлении

компоновочной схемы механизма и уточняются при разработке конструкции узлов.

Отметим основные особенности при конструировании корпусных деталей, которые, как правило, получают литьем.

При проектировании конструкции следует избегать острых углов и переходов, вводить большие галтели и плавные переходы (рис. 2.2).

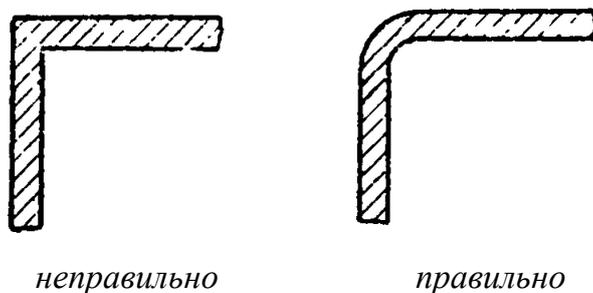


Рис. 2.2. Схема проектирования углов корпусных деталей

Выдерживать по возможности равномерную толщину стенок; избегать местных скоплений материала во избежание появления раковин и утяжин (рис. 2.3).

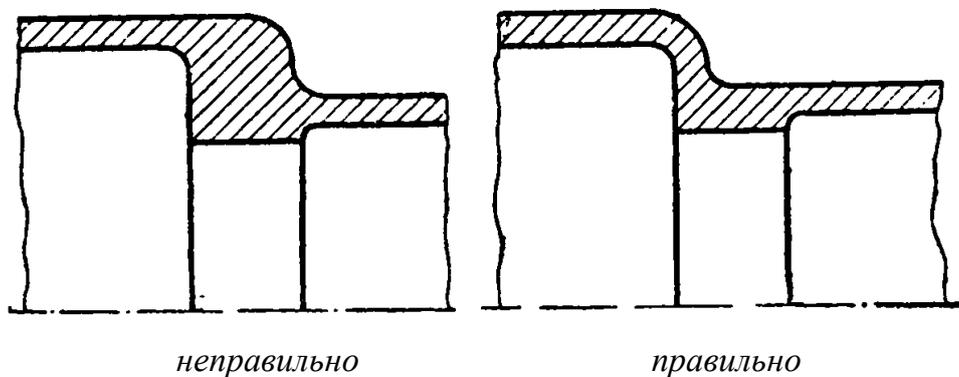
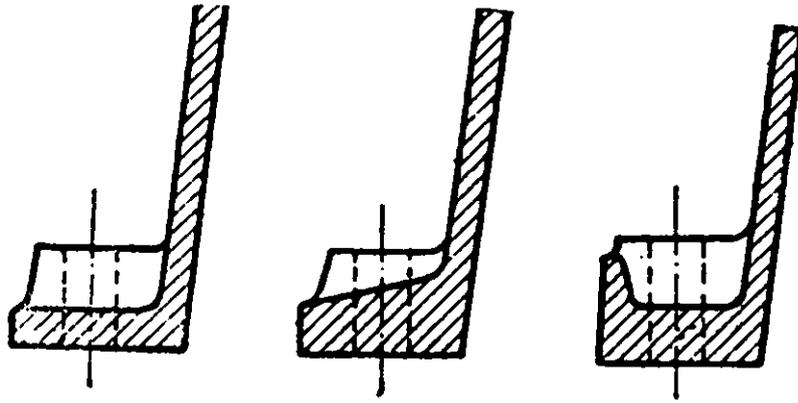


Рис. 2.3. Схема проектирования стенок корпусных деталей

Фланцы, борты и бобышки делать массивнее, чем остальные части детали (рис. 2.4).

Приподнимать обрабатываемые участки над черной, необрабатываемой поверхностью (рис. 2.5).

Боковые грани обрабатываемых участков делать перпендикулярными к плоскости обработки с таким расчетом, чтобы контур обрабатываемых участков (в плане) не изменился при обработке (рис. 2.6).

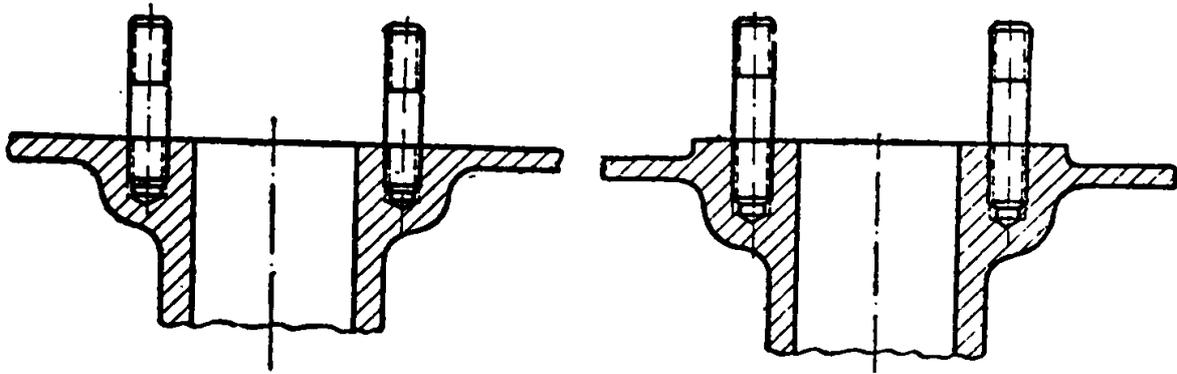


*неправильно*

*правильно*

*правильно*

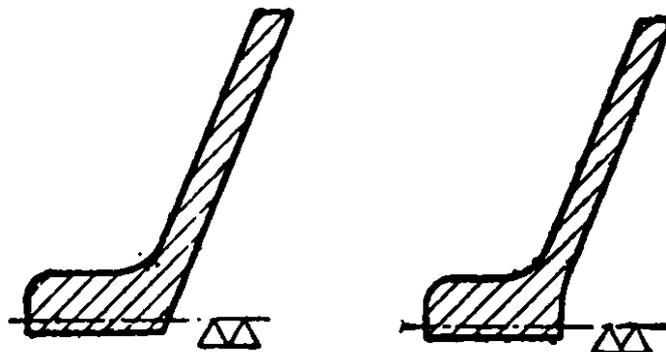
*Рис. 2.4. Схема проектирования фланцев и бобышек*



*неправильно*

*правильно*

*Рис. 2.5. Схема расположения обрабатываемых участков и поверхностей*



*неправильно*

*правильно*

*Рис. 2.6. Схема проектирования боковых граней корпусных деталей*

Обрабатываемые отверстия снабжать бобышками или усиливать бортами (рис. 2.7).

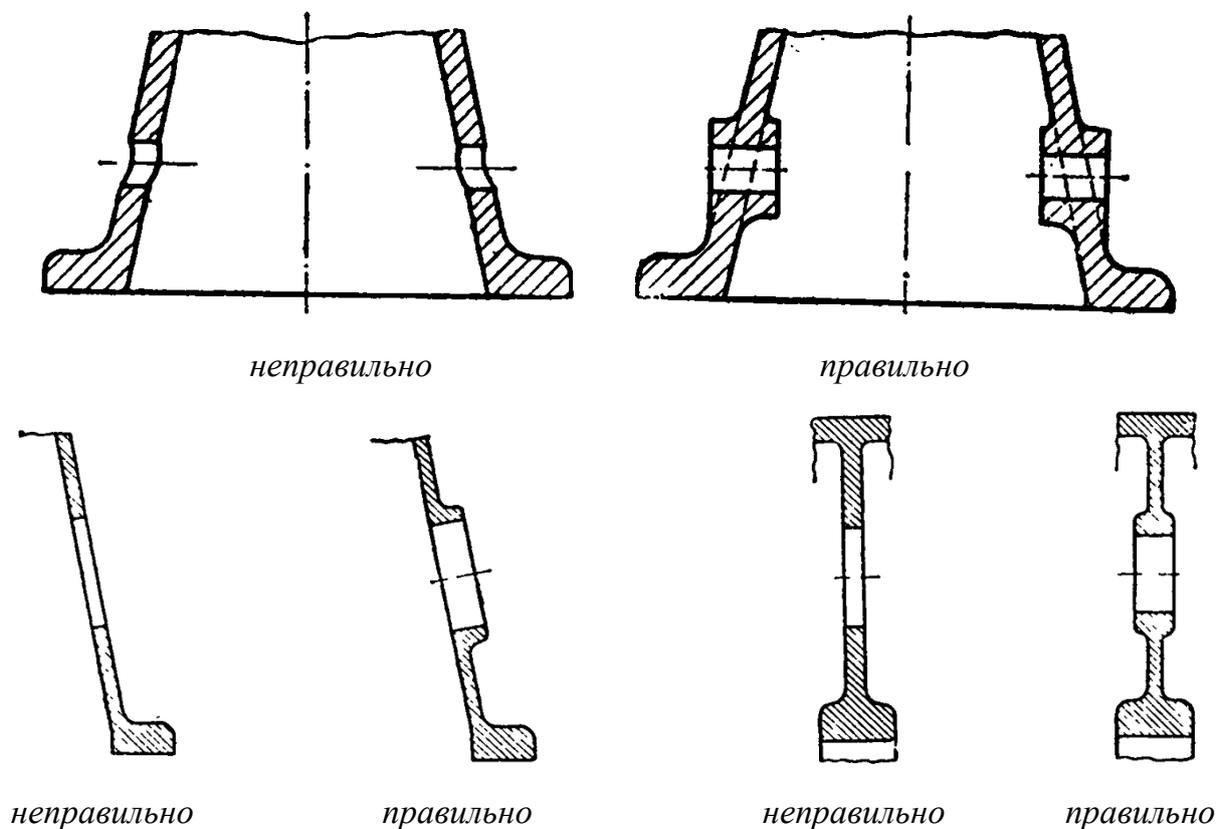


Рис. 2.7. Схема проектирования обрабатываемых отверстий

Придавать стенкам (рис. 2.8) и ребрам (рис. 2.9) необходимый для извлечения модели уклон (~ 1 : 10). При этом, необходимо соединять ребра плавными галтелями (рис. 2.10), и присоединять ребра жесткости к стенкам галтелями (рис. 2.11).

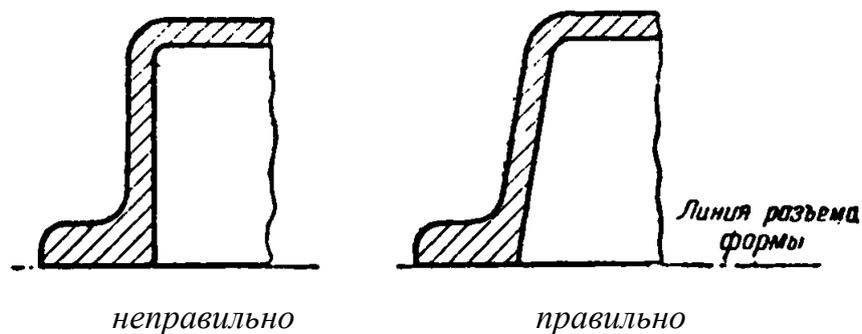


Рис. 2.8. Схема проектирования стенок корпусных деталей

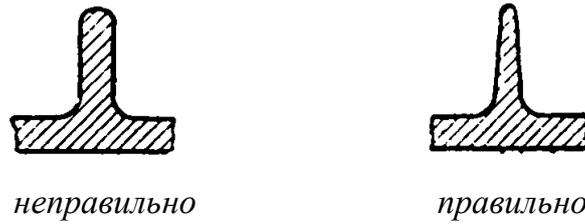


Рис. 2.9. Схема проектирования ребер жесткости корпусных деталей

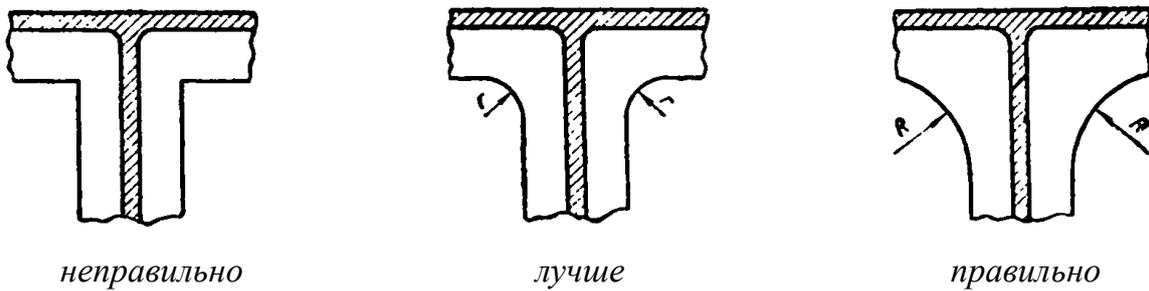


Рис. 2.10. Схема проектирования ребер жесткости

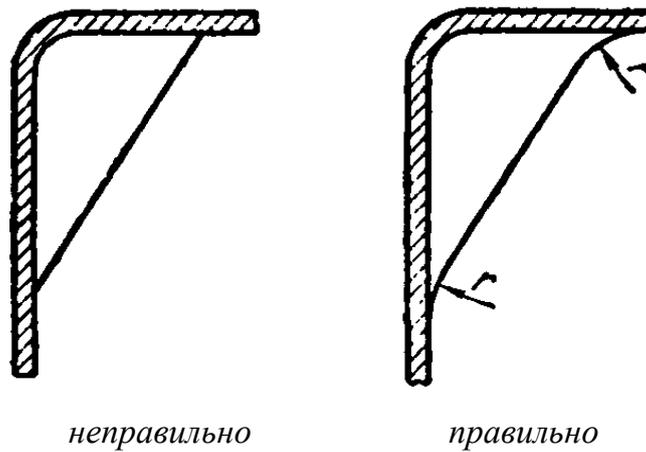


Рис. 2.11. Схема сопряжения ребер жесткости со стенками

Усиливать напряженные части детали, укрепляя их ребрами, придавая им коробчатую форму и т.д. (рис. 2.12).

Чаще применять коническую форму, так как конус легче и жестче цилиндра (рис. 2.13).

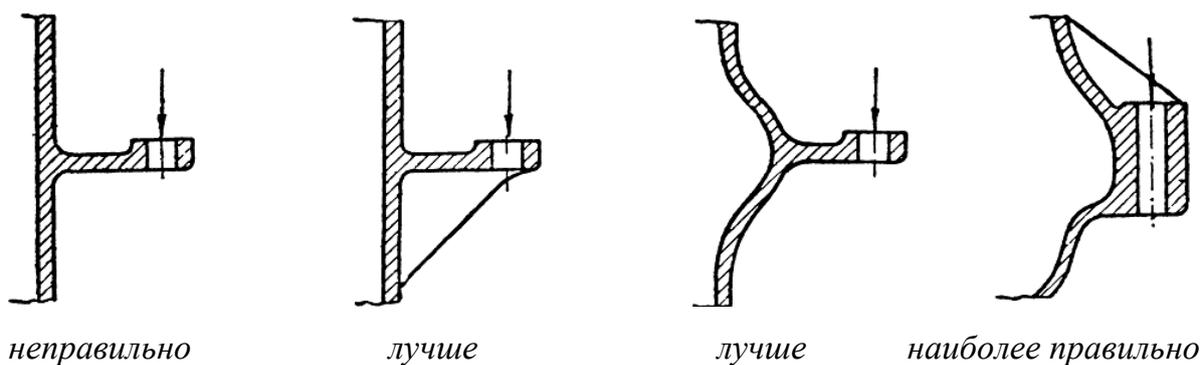


Рис. 2.12. Схема усиления корпусных деталей



Рис. 2.13. Схема уменьшения веса корпусных деталей

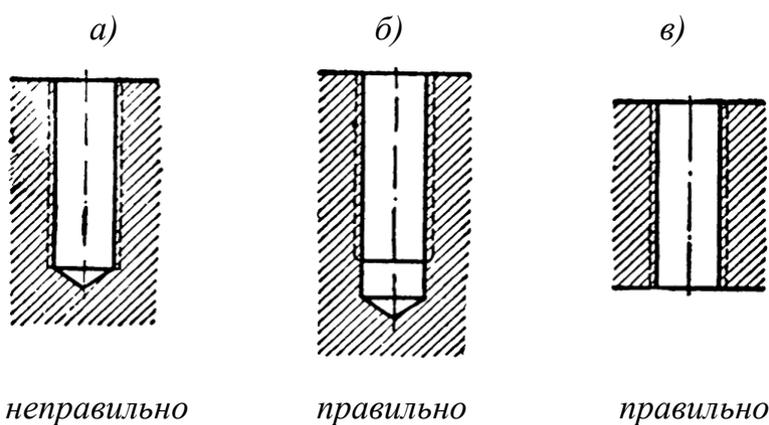


Рис. 2.14. Проектирование отверстия под шпильку

Проектировать отверстия с резьбой необходимо так, чтобы обеспечить выход режущему инструменту (рис. 2.14). Так резьбу нельзя

довести до конца глухого отверстия, так как метчик упрется в днище отверстия (рис. 2.14, *a*).

Избегать сверлений под косым углом (менее  $60^\circ$ ) к поверхности. Если без подобных сверлений нельзя обойтись, то необходимо на поверхности детали предварительно создавать (например, подторцовкой) площадки, перпендикулярные к оси сверления (рис. 2.15).

Заменять там, где возможно, подторцовку и фасонную фрезеровку сквозной обработкой (рис. 2.16), например: обточкой.

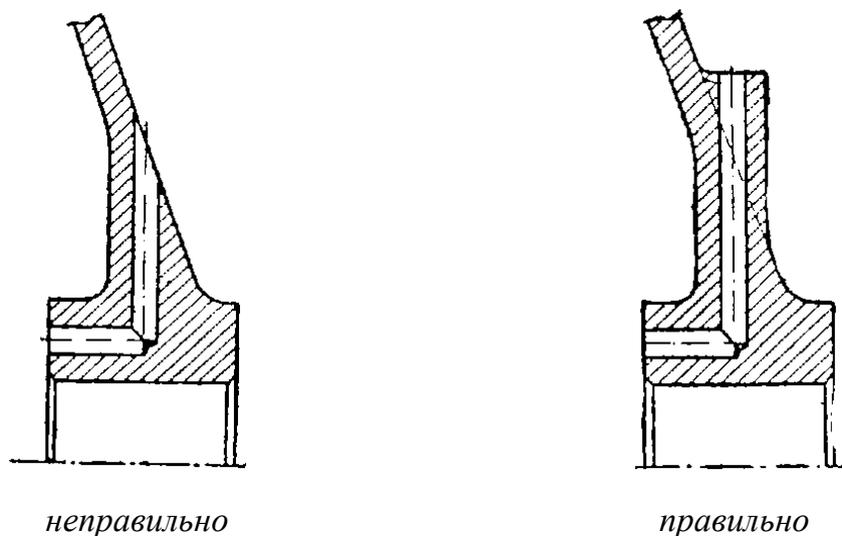


Рис. 2.15. Проектирование отверстия при сверлении в литой стенке

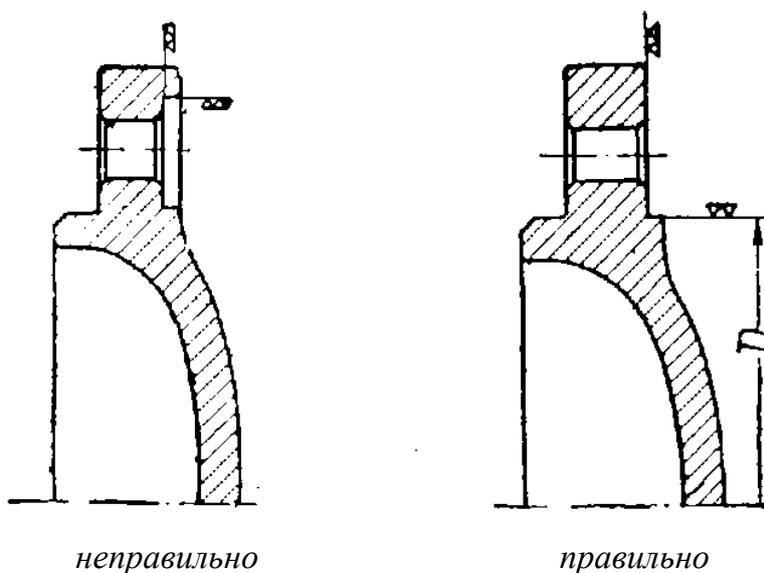


Рис. 2.16. Проектирование отверстия при сверлении в литой стенке

При проектировании крепежных отверстий, необходимо предусмотреть около гайки достаточное место для ключа (рис. 2.17).

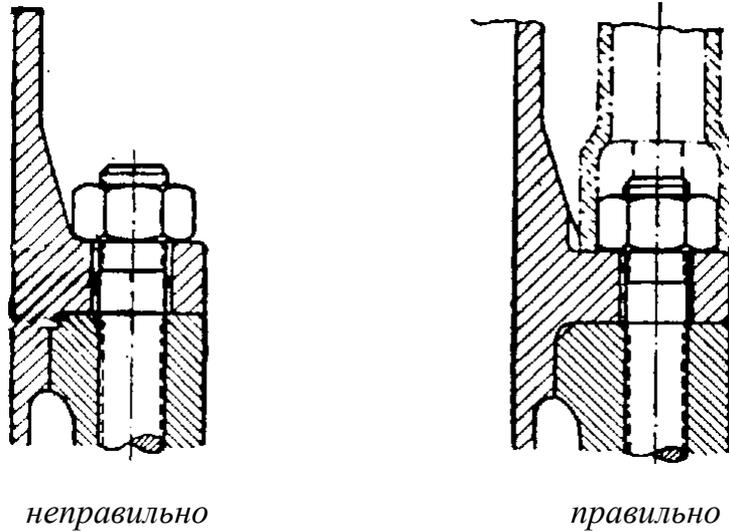


Рис. 2.17. Проектирование места под гаечный ключ

Недостаточная жесткость деталей представляет одну из самых частых причин неправильной работы механизмов. Деформация деталей в подвижных сочленениях нарушает правильную смазку, в неподвижных сочленениях многократно повторенная деформация вызывает наклеп, сваривание, коррозию.

Поэтому необходимо предупреждать деформацию деталей под действием рабочих или монтажных усилий и подкреплять деформируемые участки (рис. 2.18).

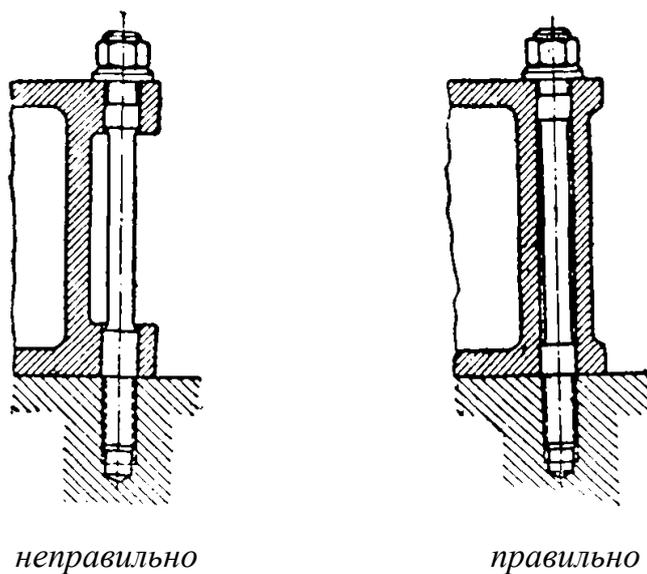


Рис. 2.18. Схема крепления литого корпуса

Силовые фланцы соединять с телом детали галтелью большого радиуса (рис. 2.19, б) или корпусом (рис. 2.19, в).

Шпильки (болты), стягивающие уплотняющие фланцы, располагать на расстоянии не более 6-7 диаметров шпильки друг от друга (рис. 2.20, б). Толщину фланцев (у средних и крупных деталей) делать не менее 8...12 мм. Полезно увеличивать высоту бобышек, усиливать их ребрами и т.д. (рис. 2.20, в).

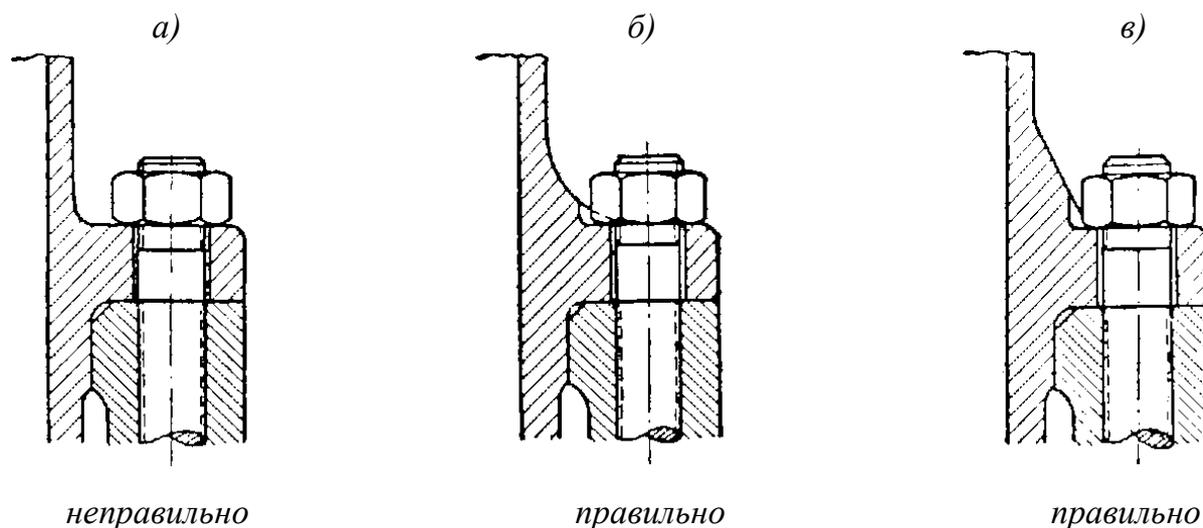


Рис. 2.19. Проектирование силовых фланцев

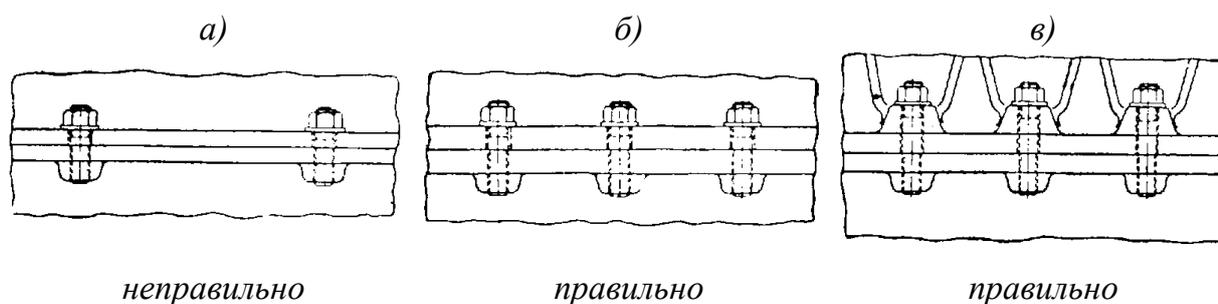


Рис. 2.20. Проектирование фланцев

**Точность корпусных деталей** требует особого внимания, поскольку она напрямую обуславливает точность зацепления и, соответственно, надёжность работы зубчатых колес и подшипников.

Поэтому на размерах, нанесенных на чертежах, кроме размеров относительно низкой точности, должны быть указаны предельные отклонения, мм.

На свободные размеры задают предельные отклонения общей за-

висимостью в технических требованиях.

На резьбовые крепёжные отверстия задают поле допуска  $7H$ .

Межосевые расстояния являются базовыми составляющими сборочных размерных цепей. Предельные отклонения межосевых расстояний указываются вместе с соответствующим размером ( $a_w \pm \Delta$ ) и вычисляются, как

$$\Delta = (0,6 \dots 0,7) f_a, \quad (2.9)$$

где  $f_a$  – предельное отклонение межосевого расстояния цилиндрической (ГОСТ 1643-81) или червячной (ГОСТ 3675-81) передачи (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Допускаемое отклонение  $f_a$  (мкм) межосевого расстояния

Межосевое расстояние $a_w$	80...125	125...180	180...250	250...315	315...400
Цилиндрическая передача	70	80	90	100	110
Червячная передача:					
степень точности 7	50	60	67	75	80
степень точности 8	80	90	105	110	125
степень точности 9	130	150	160	180	200

На базовые поверхности корпусных деталей указывают допуски плоскостности:

на плоскость основания –  $T = 0,05/100$  мм/мм;

на плоскость разъёма –  $T = 0,02/100$  мм/мм (рис. 2.21);

на торцовые плоскости –  $T = 0,03/100$  мм/мм.

Допуски параллельности плоскостей основания и разъёма и перпендикулярности плоскостей основания и под крышку подшипникового узла к плоскости разъёма –  $0,05/100$  мм/мм. Обозначается аналогично.

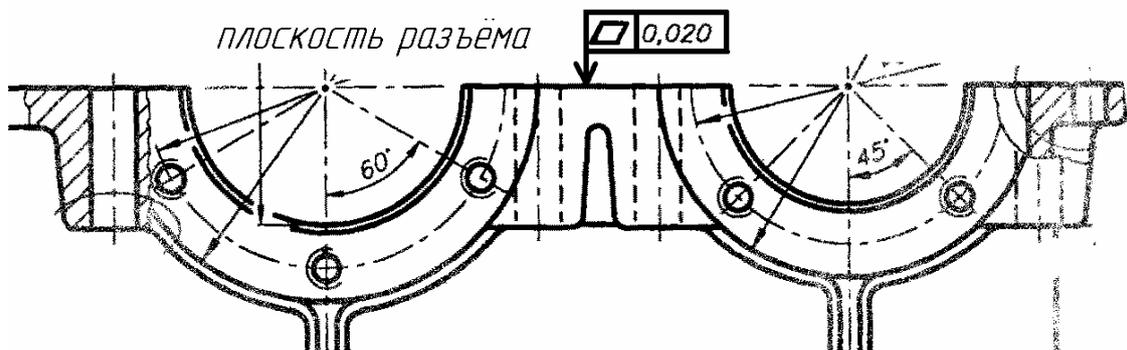


Рис. 2.21. Обозначение допуска плоскостности

На базовые отверстия для опор валов приводят допуски цилиндричности величиной  $0,5t$ , где  $t$  – допуск диаметра (рис. 2.22).

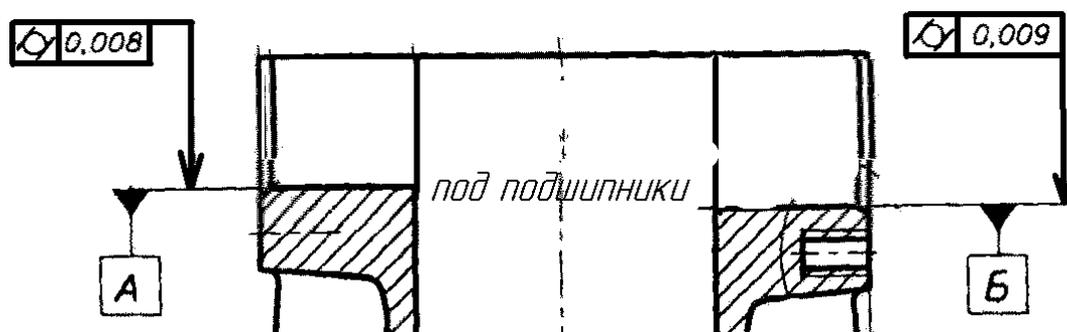


Рис. 2.22. Обозначение допуска цилиндричности

Для цилиндрических зубчатых передач допуски параллельности (рис. 2.23) и перекоса осей на ширине корпуса  $L$  цилиндрического редуктора вычисляют, как

$$T_x = (0,6...0,7)f_x \cdot L/b;$$

$$T_y = (0,6...0,7)f_y \cdot L/b, \quad (2.10)$$

где допуски зависят от степени точности передачи (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Допуски параллельности и перекоса осей, мкм

Отклонение	Ширина колеса, мм	Степень точности передачи			
		6	7	8	9
$f_x$	до 40	9	11	18	28
	40...100	12	16	25	40
$f_y$	до 40	4,5	5,6	9	14
	40...100	6,3	8	12	20

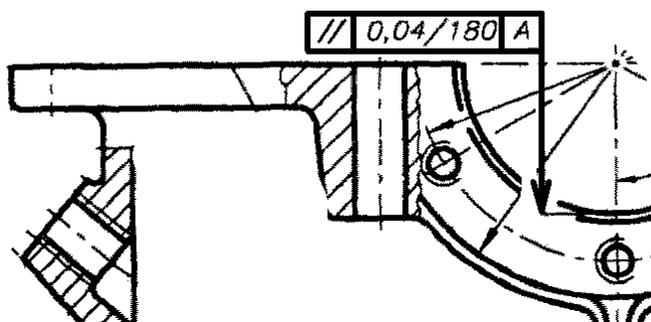


Рис. 2.23. Обозначение допуска параллельности

На чертежах корпусов червячных редукторов задают допуск перекоса (рис. 2.24) осей отверстий для опор червяка и вала колеса

$$T_y = (0,7 \dots 0,8) f_{\Sigma} \cdot L_0 / b_2, \quad (2.11)$$

где  $L_0$  – расстояние между плоскостями корпуса;  $b_2$  – ширина венца колеса;  $f_{\Sigma}$  – предельное отклонение межосевого угла в передаче (табл. 2.3).

Таблица 2.3. Предельное отклонение межосевого угла  $f_{\Sigma}$ , мкм

Ширина венца $b_2$ , мм	Степень точности передачи			
	6	7	8	9
< 63	9	12	16	22
63 ...100	12	17	22	28

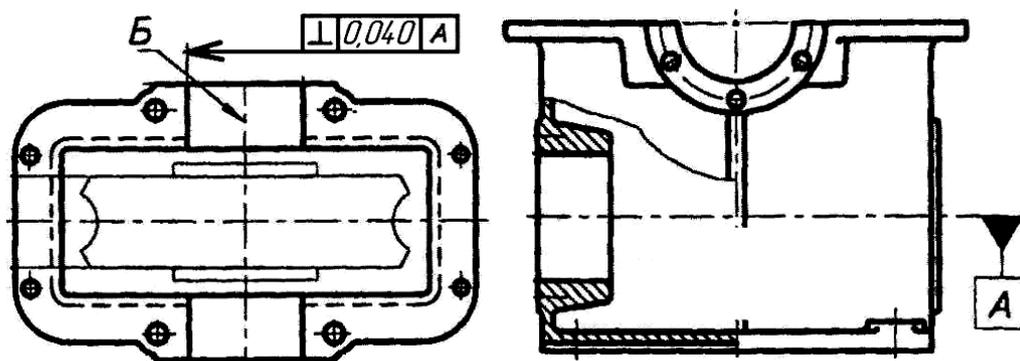


Рис. 2.24. Обозначение допуска перекоса осей отверстий

Зазоры между стержнями болтов и стенками крепёжных отверстий в основании корпуса используют для выверки положения редуктора на плите. Позиционный допуск отверстий в основании корпуса

$$T = 0,2 \cdot (d_0 - d), \quad (2.12)$$

а позиционные допуски отверстий в других местах корпуса

$$T = 0,4 \cdot (d_0 - d), \quad (2.13)$$

где  $d_0$ ,  $d$  – диаметры отверстия и стержня винта (шпильки), соответственно, мм.

**Нанесение размеров** на чертежах литых деталей должно отражать расположение литейных баз и баз механической обработки, а также учитывать отклонения размеров.

Основные правила нанесения размеров литых деталей:

- 1) необрабатываемые поверхности следует привязывать к литейной черновой базе непосредственно или с помощью других размеров;
- 2) исходную базу механической обработки следует привязать к черновой литейной базе; все остальные размеры механически обрабатываемых поверхностей – к базе механической обработки непосредственно или с помощью других размеров.

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

Приведенные правила необходимо соблюдать для всех трех координатных осей отливки.

На рис. 2.25 приведены варианты нанесения размеров на литой детали. Нанесение размеров по видам *a...d* неверно, так как указанные размеры при механической обработке практически невозможно выдержать.

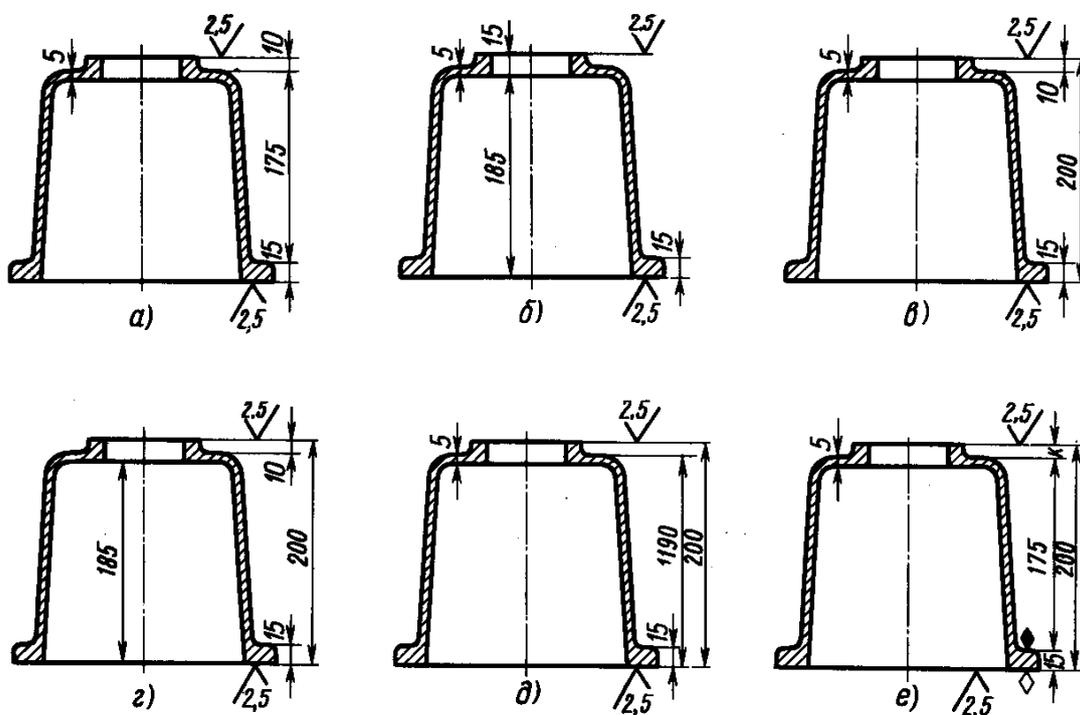


Рис. 2.25. Нанесение размеров на литой детали:  
*a-d* – неправильно; *e* – правильно

На виде *e* показана правильная система. В качестве черновой базы выбрана верхняя, необрабатываемая поверхность фланца. К ней размером 15 мм привязана база механической обработки (нижняя плоскость фланца). К базе механической обработки привязана обрабатываемая верхняя плоскость (размер 200 мм). Верхняя черная поверхность координируется от литейной базы (размер 175 мм) и от нее координируется толщина верхней стенки (размер 5 мм).

Расстояние *k* между верхней обрабатываемой плоскостью и верхней черной стенкой становится замыкающим звеном размерной цепи и служит компенсатором отклонений расположения поверхностей, получаемых литьем. Поскольку величина *k* на чертеже не оговорена, ее не принимают в расчет при контроле детали. Разумеется, номинальное значение *k* должно быть больше максимально возможного смещения верхней стенки в результате неточности литья.

Примеры правильного и неправильного нанесения размеров на литых деталях приведены на рис. 2.26 (неправильно нанесенные размеры заключены в прямоугольные рамки).

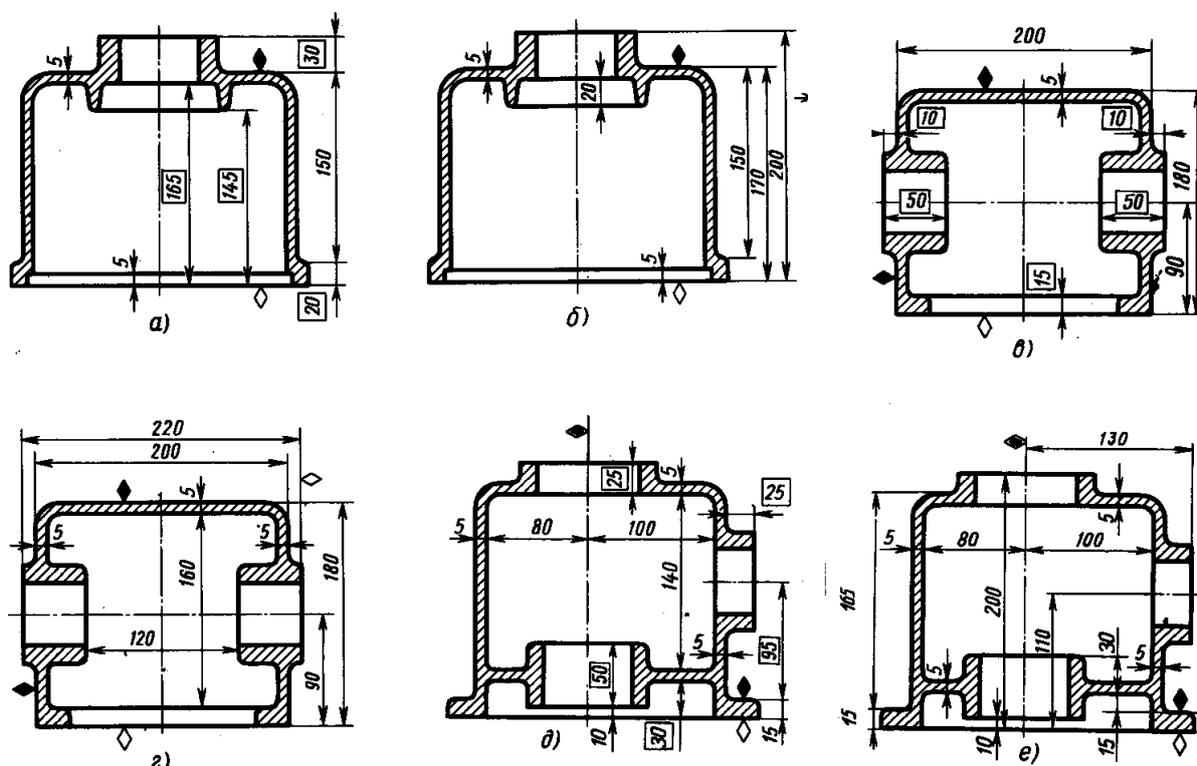


Рис. 2.26. Нанесение размеров на литых деталях (пояснение см. в тексте)

### Пример выполнения

Спроектировать корпус одноступенчатого цилиндрического редуктора, основные параметры которого:

межосевое расстояние –  $a_w = 160$  мм;

диаметры зубчатых колес (диаметр вершин зубьев) –  $d_{a1} = 80$  мм,  $d_{a2} = 240$  мм;

ширина зубчатых колёс –  $b_1 = 75$  мм,  $b_2 = 71$  мм;

наружные диаметры подшипников –  $D_{П1} = 72$  мм,  $D_{П2} = 85$  мм.

Тогда толщина стенки корпуса согласно формуле (2.1):

$$\delta = 0,025 \cdot 160 + 1 = 5 \text{ мм.}$$

Принимаем  $\delta = 8$  мм.

Согласно формуле (2.3) внутренние стенки корпуса сопрягаются радиусом:

$$r = 0,5 \cdot 8 = 4 \text{ мм.}$$

Толщина ребер по формуле (2.4):

$$\delta_{реб} = 8 \text{ мм.}$$

Диаметр фундаментных болтов определим из соотношения (2.5):

$$d_{1A} = (0,03 \dots 0,036)a_w + 12$$

$$d_{1A} = 0,036 \cdot 160 + 12 = 17,76 \text{ мм.}$$

Принимаем  $d_{1A} = 18$  мм.

Диаметр стяжных болтов подшипников:

$$d_{2К} = 0,75 \cdot 18 = 13,5 \text{ мм.}$$

Принимаем  $d_{2К} = 14$  мм.

Диаметр стяжных болтов, соединяющих основание корпуса с крышкой:

$$d_{3Ф} = 0,5 \cdot 18 = 9 \text{ мм.}$$

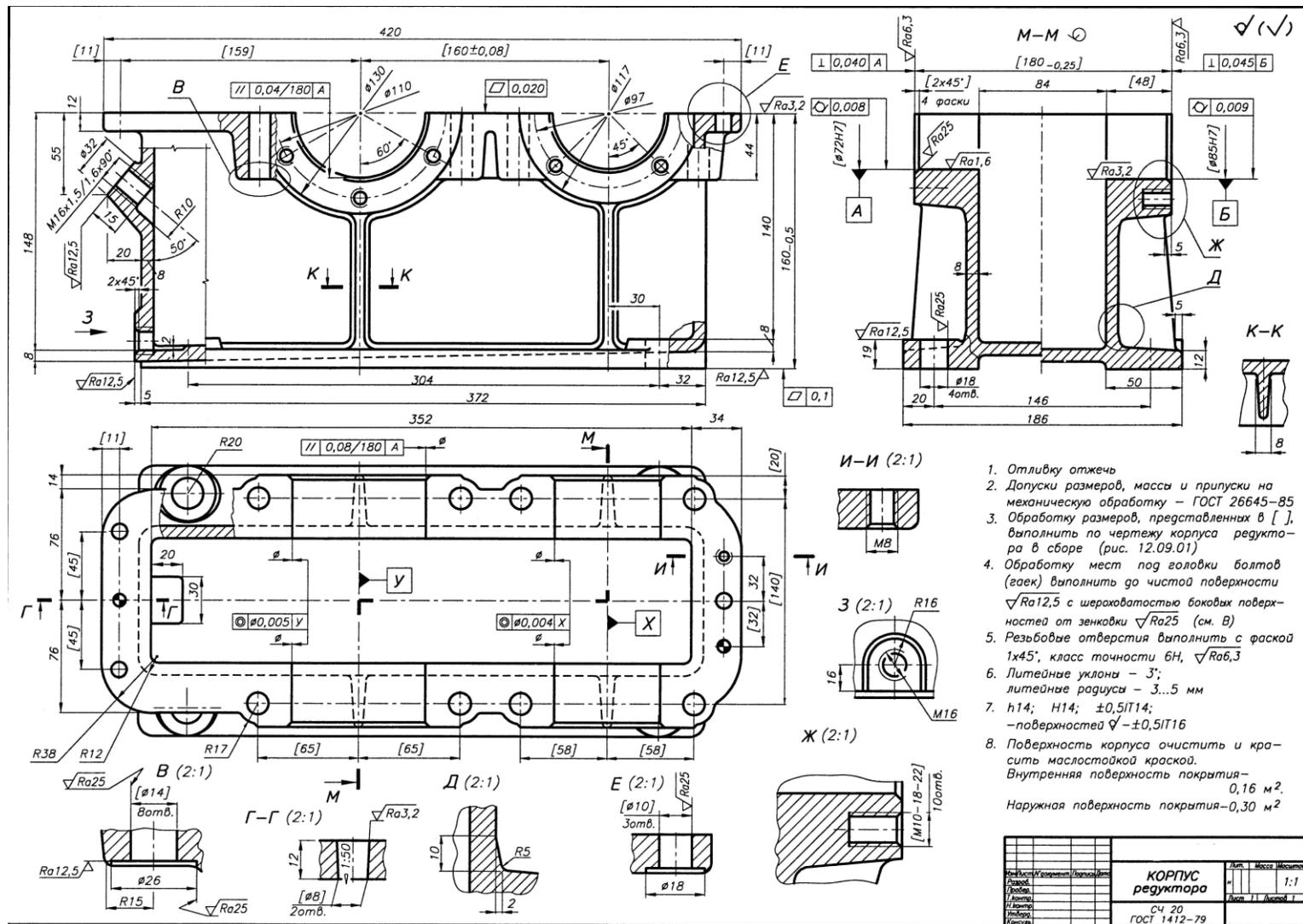
Принимаем  $d_{3Ф} = 10$  мм.

Ширина фланца согласно формуле (2.8):

$$\delta_{\phi} = 8 + 2,5 \cdot 10 = 33 \text{ мм.}$$

Принимаем  $\delta_{\phi} = 34$  мм.

Габариты корпуса определяют размеры зубчатых колес, их расположение и зазоры между ними и корпусом. Возможный вариант рабочего чертежа корпуса редуктора представлен на рис. 2.27.



1. Отливку отжечь
2. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку – ГОСТ 26645–85
3. Обработку размеров, представленных в [ ], выполнить по чертежу корпуса редуктора в сборе (рис. 12.09.01)
4. Обработку мест под головки болтов (гаек) выполнить до чистой поверхности  $\sqrt{Ra12,5}$  с шероховатостью боковых поверхностей от зенковки  $\sqrt{Ra25}$  (см. В)
5. Резьбовые отверстия выполнять с фаской  $1 \times 45^\circ$ , класс точности 6H,  $\sqrt{Ra6,3}$
6. Литейные уклоны – 3°; литейные радиусы – 3...5 мм
7. h14; H14;  $\pm 0,5IT14$ ; –поверхностей  $\sqrt{\pm 0,5IT16}$
8. Поверхность корпуса очистить и красить масляной краской. Внутренняя поверхность покрытия – 0,16 м<sup>2</sup>. Наружная поверхность покрытия – 0,30 м<sup>2</sup>

Исполн.	Проверен.	Утвержден.	Масштаб
Лазарь	Григорьев	С.И.	1:1
Лазарь	Григорьев	С.И.	Лист 11 из 11
Лазарь	Григорьев	С.И.	СЧ 20
Лазарь	Григорьев	С.И.	ГОСТ 1412–79

Рис. 2.27. Чертеж корпуса редуктора

### Порядок выполнения работы

1. По заданию (табл. 2.4) спроектировать корпус одноступенчатого цилиндрического редуктора, определить допускаемые отклонения.
2. Построить в КОМПАС-3D чертеж детали, выполненный в соответствии с вариантом задания.
3. Подготовиться к отчету.

Таблица 2.4. Варианты заданий

№ варианта	$a_w$ , мм	$d_{a1}$ , мм	$d_{a2}$ , мм	$b_1$ , мм	$b_2$ , мм	$D_{П1}$ , мм	$D_{П2}$ , мм
1	100	36,3	169,7	34	30	26	52
2	110	38,7	185,3	36	34	26	58
3	115	47,8	185,3	38	36	32	58
4	125	63,1	185,3	42	38	42	58
5	150	53,1	249,5	48	45	32	110
6	155	65,4	249,5	50	48	42	110
7	160	68,8	263,2	50	48	47	80
8	165	85,8	249,5	56	50	62	110
9	170	90,4	263,2	56	53	68	80
10	180	63	303	60	56	42	72
11	190	78	303	62	58	52	72
12	200	103	303	63	60	58	72
13	220	66,1	371,5	75	70	55	90
14	220	79,3	371,5	71	67	68	90
15	230	96,6	371,5	75	71	65	90

### Контрольные вопросы

1. Каковы типовые элементы, имеющиеся у любого корпуса?
2. Какие параметры необходимо знать для расчёта элементов корпуса?
3. Как соединяют и центрируют корпусные детали?
4. Как обеспечивается точность корпусных деталей?
5. Какова допускаемая шероховатость различных частей корпуса?
6. Как обеспечивается жесткость корпусных деталей?
7. Из каких материалов выполняют литые корпуса?

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руденко, П.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач.– Киев: Выща шк., 1991.– 247 с.
2. Орлов, П.И. Основы конструирования : Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн. 1 / П.И. Орлов.– М.: Машиностроение, 1988.– 560 с.
3. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении / М.Г. Афонькин, М.В. Магницкая.– Л.: Машиностроение, 1987.– 256 с.
4. Дмитриев, В.А. Проектирование заготовок в машиностроении : учеб. пособие / В.А. Дмитриев.– Самара: СамГТУ, 2008.– 174 с.
5. Выбор и способы изготовления заготовок для деталей машиностроения : Учебник для высшей школы / Э.Р. Галимов, Е.П. Круглов, Н.Я. Галимова [и др.] ; Казанский федеральный университет, Набережночелнинский институт.– Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2016.– 265 с.
6. Проектирование приводов машин и механизмов транспортной техники : учебное пособие / А.А. Толстоногов, А.В. Алексеев, М.С. Жарков [и др.]; под ред. А.А. Толстоногова.– Самара: СамГУПС, 2008.– 228 с.

*Учебно-практическое издание*

**Проектирование корпусных деталей** : методические указания по выполнению лабораторно-практической работы / сост. А.Е. Курбатов, И.П. Петрюк. — Караваево : Костромская ГСХА, 2021. — 18 с. : ил. ; 20 см. — Текст непосредственный.

*Методические указания издаются в авторской редакции*

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Костромская государственная сельскохозяйственная академия" 156530, Костромская обл., Костромской район, пос. Караваево, уч. городок, д. 34

Компьютерный набор. Подписано в печать 01/04/2021.  
Заказ №166. Формат 60x84/16. Тираж 50 экз. Усл.  
печ. л. 1,2. Бумага офсетная. Отпечатано 01/04/2021.  
Цена 34,00 руб.

вид издания: Авторская редакция

(редакция от 24.03.2021 № 51)

Отпечатано с готовых оригинал-макетов в академической типографии на цифровом дубликаторе.  
Качество соответствует предоставленным оригиналам.

(Электронная версия издания - I:\подразделения \рио\издания 2021\166.pdf)



2021\*166



Цена 34,00 руб.

ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА



2021\*166

(Электронная версия - I:\подразделения \рио\издания 2021\166.pdf)