

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Детали машин»

**Н. В. Акулов, Е. М. Акулова**

## **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ КОРПУСОВ РЕДУКТОРОВ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к курсовому проекту  
по дисциплине «Детали машин»  
для студентов технических специальностей  
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2009

УДК 621.81.001.66(075.8)  
ББК 34.446я73  
А44

*Рекомендовано научно-методическим советом  
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 6 от 30.06.2008 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Технология машиностроения» ГГТУ им. П. О. Сухого  
канд. техн. наук *М. П. Кульгейко*

**Акулов, Н. В.**  
А44 Разработка конструкции корпусов редукторов : метод. указания к курсовому проекту по дисциплине «Детали машин» для студентов техн. специальностей днев. и заоч. форм обучения / Н. В. Акулов, Е. М. Акулова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 44 с. – Систем. требования: РС не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

Представлен материал для разработки корпусов цилиндрических, конических и червячных редукторов.  
Для студентов технических специальностей дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.81.001.66(075.8)  
ББК 34.446я73

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2009

## **ВВЕДЕНИЕ**

Разработка конструкции корпуса редуктора (компоновочного чертежа) в курсовом проекте по дисциплине «Детали машин» является наиболее трудоемкой.

В данных методических указаниях представлен материал для разработки конструкции корпусов (проработки компоновочного чертежа), что будет способствовать рациональному подходу к выполнению студентами проекта.

## **1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Корпус является ответственным узлом, который воспринимает реакции зубчатой передачи, возникающие при ее работе. Конструкция корпуса должна быть достаточно жесткой, чтобы уменьшить перекося осей валов, вызванных деформациями корпуса под действием внутренних и внешних сил.

При проектировании корпусов цилиндрических, конических и червячных передач необходимо принимать во внимание направление и относительную величину радиальных и осевых реакций на опорах валов.

Для повышения жесткости при одновременном снижении веса корпус снабжается ребрами. Расположение ребер согласовывается с направлением усилий, деформирующих корпус. Ребра увеличивают поверхность охлаждения корпуса, поэтому их ориентация должна учитывать также и целесообразное направление движения воздуха, как охлаждающей среды, особенно в случае принудительного обдува. Валы редукторов располагают в одной плоскости, реже в двух плоскостях, если это диктуется компоновкой двигателя и ведомого механизма или обеспечивает сокращение габаритов. Разъемы обычно располагают в плоскости параллельной или перпендикулярной основанию корпуса; менее технологичны наклонные разъемы. Разъемы корпуса в плоскости осей зубчатой передачи целесообразны для упрощения сборки, осмотров и ремонтов, для облегчения слесарной пригонки и доводки пятна контакта в зацеплении. Однако наличие разъема повышает число корпусных деталей, требующих тщательной взаимной пригонки, снижает жесткость корпуса, требует увеличения числа крепежных деталей.

В ряде случаев корпус может выполняться без разъема в плоскости осей колес. В качестве примера могут служить редукторы с малым передаточным числом; конические редукторы.

В разъемных корпусах редукторов крышки подшипников выполняются самостоятельными. Верхняя часть корпуса не воспринимает непосредственно усилий в опорах и играет лишь роль герметизирующего кожуха, что обеспечивает снижение веса корпуса. Раздельная конструкция крышек повышает доступность крупногабаритных опор для периодических осмотров.

Для уменьшения веса редуктора при условии достаточного объема масляной ванны (или при циркуляционной смазке) стенки поддона корпуса очерчиваются по огибающей к цилиндрам выступов зубчатых колес. Наклон стенок корпуса должен быть согласован с направлением потоков масла, отбрасываемого зубчатыми колесами во избежание рикошета струй и гидравлических ударов. На пути потоков масла и воздуха, вентилируемого колесами, не должны располагаться препятствия в виде внутренних жесткости и т.п. Кроме того, ребра в области масляной ванны препятствуют теплообмену и нарушают теплопередачу через стенки корпуса.

Корпусы прямоугольных очертаний с плоскими панелями и ребрами считаются нецелесообразными к исполнению с точки зрения виброакустики. Широкое распространение в редукторостроении получили конфигурации корпусов в виде оболочек овальной формы, усиленных объемными выступами. Положительное влияние на снижение уровня вибрации оказывает утолщение стенок и фланцев [3].

К корпусным относят детали, обеспечивающие взаимное расположение деталей узла и воспринимающие основные силы, действующие в машине. Стремление получить корпус сложной конфигурации при минимальном весе и малой трудоемкости приводит к использованию литья. Для изготовления литых корпусных деталей широко используют серый чугун (марки СЧ15, СЧ18; ГОСТ 1412-85). В ответственных конструкциях, предназначенных для работы в условиях вибрационных и ударных нагрузок, корпуса отливаются из стали марки 55Л (ГОСТ 977-88). При необходимости ограничения веса корпуса ( $\approx 20\%$ ) для отливок используют легкие сплавы (алюминиевые, магниевые). Сравнительно небольшой эффект снижения веса объясняется тем, что при конструировании приходится учитывать меньшую величину модуля упругости легких сплавов, что при заданной жесткости заставляет принимать большие поперечные сечения силовых элементов корпуса. Кроме того, увеличиваются размеры и вес корпусов в местах расположения опор валов в связи с необходимостью применения стальных стаканов.

В единичном производстве, особенно при производстве крупных редукторов, используются сварные и сварно-литые корпуса. Для сварки стенок, фланцев, ребер и обечаек применяется листовой прокат из стали Ст.3 (ГОСТ 380-88).

Считается общепризнанной способностью литых чугунных корпусов эффективно демпфировать вибрации и глушить шум. Чугунные корпуса обладают и наибольшей химической и коррозионной стойкостью.

Расчет корпусов на прочность и жесткость встречает большие трудности, поэтому соотношения размеров корпусов обычно устанавливаются опытным путем, причем данные, накопленные в различных отраслях машиностроения, могут значительно отличаться. Поэтому в дальнейшем ограничимся только общими рекомендациями, широко представленными в учебной и научной литературе [1 – 6].

Конфигурация литого корпуса в целом должна удовлетворять требованиям простоты и технологичности литейной формы с минимальным числом отъемных частей модели и внутренних стержней.

Поверхности корпуса, подлежащие механической обработке, должны быть отделены от черновых, необрабатываемых поверхностей с учетом припуска. Размеры привалочных поверхностей должны несколько превосходить размеры соответствующих деталей – крышек, пробок и т.п. в связи с неизбежными смещениями при литье.

После отливки корпус должен быть подвергнут термообработке с целью снятия внутренних напряжений (отжиг), для уменьшения деформации корпуса в процессе последующей механической обработки, а также эксплуатации редуктора. Отжиг корпусов способствует, кроме того, понижению частоты собственных колебаний корпуса благодаря изменению кристаллической структуры материала [3].

Корпус состоит из стенок, ребер, бобышек, фланцев и других элементов, соединенных в единое целое.

При конструировании корпуса редуктора стенки следует по возможности выполнять одинаковой толщины.

Размеры корпуса определяет число и размеры размещенных в нем деталей, относительное их расположение, значение зазоров между ними.

Ориентировочные размеры корпуса определяются при разработке компоновочной схемы и уточняются при разработке конструкций узлов. Затем необходимо выполнить их окончательную конструктивную обработку.

Конструкция корпусных деталей редукторов (корпус, крышка) определяется:

а) расположением плоскости разъема редуктора. Наиболее распространена конструкция корпусных деталей с разъемом по плоскости, в которой лежат продольные оси валов;

б) расположением подшипниковых бобышек в корпусе (крышке) редуктора:

1) корпусные детали с внешним расположением бобышек (рисунок П2.1, а);

2) корпусные детали с внутренним расположением бобышек (рисунок П2.1, б).

Определенное влияние на конструкцию корпусных деталей имеет тип используемых крышек подшипниковых узлов:

– крышки подшипниковых узлов накладные (привернутые);

– крышки подшипниковых узлов закладные (врезные).

Накладные крышки используются во всех видах редукторов.

Закладные крышки используются для цилиндрических, реже для конических и червячных редукторов, что связано с необходимостью регулирования зацепления в таких редукторах.

Заданными для проектирования корпуса редуктора являются следующие параметры:

– межосевое расстояние  $a_w$ , мм;

– длина образующей конуса на наружном диаметре  $R_e$ , мм;

– диаметры начальных окружностей  $d_{w1}, d_{w2} (d_{e1}, d_{e2})$ , мм;

– диаметры вершин зубьев  $d_{a1}, d_{a2} (d_{ae1}, d_{ae2})$ , мм;

– ширина зубчатых колес  $b_1, b_2$ , мм;

– наружные диаметры подшипников  $D$ , мм;

– внутренние размеры корпуса (из компоновки редуктора)

$L_{вн}, B_{вн}$ , мм.

## 1.1 Основные правила конструирования литых деталей

Правила конструирования литых деталей в основном общие для различных литейных материалов и способов литья.

Основой конструкции литой детали должно быть какое-либо простейшее геометрическое тело, ограниченное плоскостями и поверхностями вращения. Дополнительные элементы детали в виде приливов, бобышек, буртов, фланцев, ребер и прочего должны примыкать к указанному простейшему телу, составляющему основную часть отливки.

При конструктивном построении литых деталей необходимо исходить от некоторых баз, которыми являются плоскости разъема форм и моделей. Выбирая плоскость разъема, желательно соблюдать следующие основные правила:

а) наибольшая сторона детали при отливке должна располагаться горизонтально, что ведет к уменьшению глубины формы, улучшению условий формовки, заливки, выхода воздуха и т.д.;

б) плоскость разъема должна быть параллельна стенкам, на которых расположено большинство выступающих элементов – приливов, бобышек; в этом случае выступающие элементы не мешают вынимать модель из формы;

в) плоскость разъема должна обеспечивать удобное и устойчивое расположение стержней, если они необходимы для образования внутренних плоскостей детали;

г) наиболее ответственные (по прочности) части детали следует располагать внизу, где качество металла всегда выше.

Для удобства удаления модели из формы поверхностям детали, расположенным в направлении извлечения модели, придают уклоны. Чем больше уклон, тем проще вынимается модель и меньше искажается форма при ее извлечении. Различают литейные и конструктивные уклоны. Допускается не проставлять литейные уклоны на рабочих чертежах деталей, а оговаривать их в технических требованиях. Изображение литейных уклонов на рабочем чертеже детали не обязательно, но желательно, так как это способствует правильному представлению о форме, указывает направление формовки, а также уменьшает ошибки при назначении размеров.

Там, где это возможно и целесообразно, литейные уклоны всегда желательно заменять конструктивными. Величина конструктивных уклонов не регламентируется. Она может быть значительно больше литейных. Однако чрезмерно большие уклоны приводят в некоторых случаях к неоправданному утолщению элементов, перерасходу материала и скоплению металла в местах переходов, способствует образованию усадочных раковин.

К числу основных литейных дефектов относятся: усадочные раковины, трещины, коробление отливок, внутренние напряжения, неоднородность механических свойств металла в различных частях детали. Эти дефекты могут быть связаны с плохим (недостаточно интенсивным) заполнением формы жидким металлом, затрудненным выходом воздуха из формы, неравномерным охлаждением (затверде-

нием) отливки, усадкой металла при остывании. Усадка приводит к тому, что размеры затвердевшей отливки получаются несколько уменьшенными по сравнению с размерами формы.

Для устранения литейных дефектов используют общие рекомендации, предусматривающие правильный выбор толщин элементов литых деталей, форм их сопряжения и устранения излишних местных скоплений металла.

Во многих случаях нагрузки литых (корпусных) деталей незначительны и их прочность может быть обеспечена при весьма малой толщине стенок. Основным критерием работоспособности таких деталей является жесткость, которую можно обеспечить не увеличением толщины стенок, а путем введения ребер, окантовок, замены плоских поверхностей выпуклыми.

При уменьшении толщины стенок, с одной стороны, уменьшаются расход металла и вес отливки, повышаются механические свойства чугуна в связи с увеличением скорости охлаждения, а с другой стороны, ухудшаются условия заполнения формы жидким металлом.

По условию заполнения формы жидким металлом, минимально допустимую толщину стенок выбирают в зависимости от габаритов отливки и сложности ее конфигурации. С увеличением габаритов и сложности конфигурации детали увеличивают минимально допустимую толщину стенок.

Толщину фланцев, бортов, бобышек, лап назначают по конструктивным соображениям, а также по расчету на прочность и жесткость.

Форма сопряжений различных элементов отливок должна быть обязательно плавной. Плавность сопряжений обеспечивают в первую очередь закруглениями входящих углов – галтелями. Вредны как чрезмерно малые, так и чрезмерно большие галтели. В первом случае затрудняется заполнение формы металлом, возникает склонность к короблению и образованию трещины. Во втором случае получается местное скопление металла, которое служит причиной образования усадочных раковин.

Для усиления связи между элементами детали вводят ребра, которые не только повышают прочность и жесткость, но и улучшают условия заполнения формы жидким металлом, а также способствуют равномерному охлаждению отливки.

Механической обработке подвергают все посадочные и опорные поверхности литых деталей. Свободные поверхности обрабатывают в исключительных случаях, например в целях уменьшения веса или ба-



лансировки литого зубчатого колеса, образования базы для последующих операций, образования элементов, выполнение которых отливкой неосуществимо или неэкономично – узкие углубления, малые отверстия.

Для уменьшения затрат на механическую обработку при конструировании литых деталей желательно соблюдать следующие основные правила.

1. Деталь должна быть достаточно жесткой и удобной для закрепления на станке. Невыполнение этого правила приводит к использованию дополнительной технологической оснастки.

2. Обработанные поверхности должны четко выделяться от необработанных с помощью платиков, бобышек.

3. Соответствующие элементы должны быть доступны для обработки и измерения.

4. Плоские обрабатываемые поверхности желательно располагать на одном уровне и так, чтобы эти поверхности можно было обрабатывать на проход (сквозная обработка). Обработка на проход устраняет необходимость переналадки станка для обработки других поверхностей, расположенных на другом уровне (например, в случае расположения подшипниковых бобышек на разной высоте). При обработке на проход легче всего обеспечивается точность взаимного расположения поверхностей: параллельность и перпендикулярность плоскостей, соосность и параллельность отверстий.

5. Все плоские обрабатываемые поверхности желательно располагать параллельно или перпендикулярно одна другой.

6. Площадь обрабатываемых поверхностей должна быть по возможности минимальной. В особенности это относится к посадочным поверхностям, от которых требуется высокая точность (посадка длинного стакана в корпус конического редуктора).

7. Конструкция должна обеспечивать удобное врезание и выход режущего инструмента. Не рекомендуется также отклонение оси отверстия от перпендикуляра к базовой поверхности.

8. Все отверстия (гладкие и резьбовые) желательно выполнять сквозными.

9. Следует избегать глубоких отверстий, обработка которых требует применения специальных сверл и повторных выводов инструмента для удаления стружки.

## 2 КОРПУСА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕДУКТОРОВ

В данном разделе рассмотрены общие вопросы конструирования основных элементов корпусов. В других разделах представлены рекомендации по конструированию только специфических элементов корпусов редукторов других типов.

Рассматривается два варианта конструкции корпуса цилиндрического редуктора (рисунки П2.2, П2.5).

Сопоставляя конструкции корпусов, можно отметить, что они весьма разнообразны. Однако все корпуса имеют общие элементы, а их конструирование подчиняется некоторым общим правилам (таблица П1.1).

**Габаритные размеры** определяются размерами расположенных в нем зубчатых колес, а также кинематической схемой редуктора. Основной конструкции корпуса является его коробка. При конструировании ее образуют простым обводом размещенных в корпусе деталей. При обводе внутренней поверхности корпуса необходимо соблюдать соответствующие зазоры (таблица П1.1).

Зазор  $1,2\delta$  между обработанной поверхностью вращающейся детали и необработанной поверхностью корпуса должен быть больше суммы допусков на неточность положения литой стенки, ее волнистость и шероховатость, а также суммы толщин слоев масла, покрывающего стенку и вращающуюся деталь. В некоторых местах корпуса зазор увеличивают по конструктивным условиям.

Зазор между зубчатым колесом и дном корпуса, принимаемый равным  $(5...10)t$ , выполняют, руководствуясь следующим:

- а) зазор должен быть достаточным для того, чтобы вращающееся зубчатое колесо не увлекало отстой грязи в масляной ванне;
- б) от величины этого зазора зависит объем масляной ванны;
- в) с этим зазором связана высота центров  $H$ .

**Форма корпуса** определяется в основном технологическими эксплуатационными и эстетическими условиями. Учитывают также условия прочности и жесткости. Наибольшее распространение получили корпуса, основу конструкции которых образуют плоские и цилиндрические поверхности.

Для удобства монтажа корпуса выполняют разъемными.

**Толщина стенок** корпуса определяется по таблице П1.1.

**Плоскость разъема** проходит, как правило, через оси валов. Разъем корпуса обеспечивает хорошие условия сборки. В этом случае

каждый вал редуктора со всеми расположенными на нем деталями (подшипники, зубчатые колеса, распорные втулки, мазеудерживающие кольца) представляют собой самостоятельную сборочную единицу, которую собирают и контролируют заранее независимо от других валов и затем монтируют в корпус.

Для удобства обработки плоскость разъема чаще всего располагают параллельно плоскости основания.

Плоскость разъема оформляется фланцами и бобышками. Толщины  $b$  и  $b_1$  фланцев выбирают по таблице П1.1. Ширина фланца должна быть достаточной для размещения болтов. В плоскости стыка не допускается постановка мягких уплотняющих прокладок. Деформация этих прокладок при затяжке не позволяет обеспечить точность размеров отверстий для размещения подшипников. Практически для обеспечения плотности стыка в плоскости разъема принимают следующие меры:

а) поверхности стыка обрабатывают не ниже 6 класса шероховатости ( $R_a 6,3$ ); неплоскостность составляет не более 0,05 мм на деталях до 1000 мм;

б) при окончательной сборке редуктора эти поверхности покрывают герметиком;

в) количество и диаметры крепежных болтов (см. таблицу П1.1) выбирают по условию распространения напряжений смятия по всей поверхности стыка. Болты располагают равномерно по периметру стыка.

Болты, стягивающие бобышки для гнезд подшипников, следует располагать по возможности близко к отверстиям, однако так, чтобы сохранялась достаточная толщина перемычки между отверстиями под болт и подшипник. Близкое расположение болтов к бобышкам вынуждает увеличивать толщину фланцев в районе бобышек так, чтобы образовались достаточные опорные поверхности для размещения гаек и головок болтов. Опорные поверхности болтов желательно располагать на одном уровне. При этом упрощается обработка, болты имеют одинаковую длину. Болты в районе бобышек являются наиболее ответственными в соединении основания и крышки корпуса. Кроме уплотнения стыка, они не должны допускать значительных деформаций под действием усилий резания при расточке отверстий под подшипники. Расточку отверстий под подшипники в крышке и основании корпуса производят в сборе, и деформация болтов непосредственно влияет на точность размеров этих отверстий. Перед расточкой отвер-

стей под подшипники в этом соединении устанавливают два координирующих штифта на возможно большем расстоянии друг от друга. Обычно применяют конические штифты. Эти штифты точно фиксируют относительное положение деталей при последующих сборках и тем самым сохраняют точность отверстий под подшипники.

Уплотняющее покрытие плоскости разъема склеивает крышку и основание корпуса. Для того чтобы обеспечить их разъединение при разборке, рекомендуется применять отжимные винты. Так же как и штифты, отжимные винты ставят в двух противоположных местах. Резбовое отверстие выполняют в нижнем фланце, так как в таком варианте оно меньше загрязняется.

При конструировании можно использовать различные варианты формы поперечного сечения фланцев и опорных лап (например, прямоугольная и трапецеидальная с платиками).

**Бобышки для подшипниковых гнезд** должны быть жесткими, что благоприятно влияет на работоспособность подшипников. Высота бобышки должна быть достаточной: для размещения всех деталей подшипникового узла; для установки болтов  $d_2$ , стягивающих бобышку; для того чтобы фланцы плоскости стыка не мешали обработке торца бобышки (бобышка должна выступать за фланцы не менее чем на 3 ... 5 мм).

**Опорная плоскость** служит для установки и крепления редуктора на сопряженных конструкциях – раме, станине, фундаменте.

Рациональными являются не сплошные, а ленточные формы поверхностей стыка. Поверхности стыка следует располагать так, чтобы при сравнительно малой площади они имели большой момент сопротивления изгибу  $W_{и}$  относительно оси симметрии, перпендикулярной к плоскости опрокидывающего момента. На практике учитывается влияние формы опорной плоскости на жесткость корпуса и технологичность конструкции. Опорную плоскость оформляют в виде замкнутого прямоугольного или кругового ленточного стыка или в виде прерывистого стыка. Опорную плоскость редуктора чаще всего располагают внизу корпуса по его максимальному габариту. Расположение плоскости опоры ближе к осям валов увеличивает устойчивость редуктора.

Одним из слабых мест корпуса являются опорные лапы. Наблюдаются случаи, когда они отламываются при транспортировке от случайных ударов, при креплении на недостаточно ровном основании. Поэтому их выполняют сравнительно толстыми (см. таблицу П1.1).

Связь лап с корпусом усиливают ребрами, которые одновременно увеличивают жесткость корпуса.

Отверстия для маслоспуска и маслоуказателя следует располагать там, где к ним обеспечен удобный доступ. Неудобными считаются, например, стенки редуктора под выходными концами валов. Оба отверстия желательно размещать рядом, на одной стенке.

Нижняя кромка маслоспускного отверстия должна быть на уровне днища или несколько ниже его. Дно желательно делать с уклоном не менее  $1...2^\circ$  в сторону отверстия. У самого отверстия в отливке выполняют местное углубление, которое способствует стоку масла и отстоявшейся грязи и, кроме того, обеспечивает свободный выход инструмента при сверлении и нарезании отверстия.

С наружной стороны отверстие оформляют бобышкой, которая одновременно позволяет собирать масло в лоток, ванночку. Для того, чтобы масло не растекалось по стенке и днищу редуктора, внизу бобышки иногда делают так называемую «бороду» или устанавливают специальный угольник. Если отверстие располагают над опорными лапами, бобышку удлиняют и выпускают за лапы.

В конструкциях, где возможен доступ к днищу редуктора, отверстие целесообразно располагать в самом днище.

Маслоспускное отверстие закрывают специальной пробкой.

Форма и размеры отверстия для маслоуказателя зависит от типа этого указателя.

Для захвата редуктора при подъемах и транспортировке служат **проушины** или захваты (в старых конструкциях редукторов использовались рым-болты).

Диаметр отверстий  $d$  и толщину  $s$  проушины рекомендуется принимать:

$$d \approx (3...4) \cdot \delta; \quad s \approx (2...3) \cdot \delta.$$

У крупных редукторов выполняют двойные проушины или захваты. Располагают одинарные проушины по оси симметрии редуктора.

**Смотровые окна и крышки** служат для контроля сборки и осмотра редуктора при эксплуатации.

Смотровые окна располагают в местах, удобных для осмотра зацепления. Чаще всего этим местом является верхняя поверхность крышки корпуса редуктора. Это позволяет использовать окна также для заливки масла. В некоторых случаях окна располагают на одной из свободных боковых сторон корпуса. Подобная конструкция целе-

сообразна в червячном редукторе с верхним положением червяка. Здесь проверка пятна контакта при регулировке зацепления возможна только при наблюдении сбоку. Размеры окна должны обеспечивать хороший обзор зацепления.

Наличие смотрового окна в корпусе редуктора является желательным, но не обязательным условием. В редукторах без окон осмотр зацепления возможен только при разборке редуктора. Отверстие смотрового окна может быть прямоугольным, круглым или эллиптическим. Края отверстия оформляют платиками, к которым прижимается крышка.

Корпуса современных редукторов (рисунок П2.5) очерчивают плоскими поверхностями, все выступающие элементы (бобышки подшипниковых гнезд, ребра жесткости) устраняют с наружных поверхностей и вводят внутрь корпуса, лапы под болты крепления к основанию не выступают за габариты корпуса, проушины для транспортировки редуктора отлиты за одно целое с корпусом. При этом масса корпуса несколько возрастает, литейная оснастка усложняется, но более полно выполняются требования к современной технической эстетике.

**Конструктивное оформление внутреннего контура редуктора.** Очертание внутреннего контура проводится на расстоянии  $1,2 \cdot \delta$ . Толщина стенок корпуса  $\delta$  и крышки  $\delta_1$  определяется по таблице П1.1. Затем оформляется крышка вертикальными стенками. Для уменьшения массы крышки боковые стенки выполняют наклонными. Расстояние между дном корпуса и поверхностью зубчатого колеса принимают  $(5 \dots 10) \cdot m$ .

Для соединения корпуса и крышки по всему контуру плоскости разреза редуктора выполняют специальные фланцы. На коротких боковых сторонах фланцы располагают внутрь от стенки корпуса. Вследствие погрешностей при изготовлении моделей крышки и корпуса, погрешностей при формовке и во время удаления моделей из формы размеры отливок получают с отклонениями от номинальных значений. Это приводит к несовпадению внешних контуров крышки и корпуса. Данную погрешность можно устранить, если крышку корпуса выполнить с напуском.

На продольных длинных сторонах редуктора фланцы корпуса располагают внутрь от стенки корпуса, а фланцы крышки – снаружи. Фланцы объединяют с приливами (бобышками) для подшипников.

**Конструктивное оформление приливов для подшипниковых гнезд.** Приливы, в которых располагают подшипники, конструктивно оформляют по рисунку П2.8, П2.10. Размеры приливов определяют конструкция крышки подшипника и диаметр  $D$  отверстия под подшипник. Диаметр прилива принимают (мм):

– для закладной крышки –  $D_{\text{п}} = 1,25 \cdot D + 10$  мм;

– для привертной крышки –  $D_{\text{п}} = D_{\text{ф}} + 4 \dots 6$  мм,

где  $D_{\text{ф}}$  – диаметр фланца крышки подшипника.

Длины подшипниковых гнезд определяют конструктивно из условия размещения комплекта подшипника с крышкой и другими устанавливаемыми в гнезде деталями. Так как осевые размеры деталей и конструкции разных опор различны, то длины подшипниковых гнезд выполняют разной длины. Длину подшипниковых гнезд согласуют также с шириной фланца, необходимой для размещения головки винта для соединения крышки с корпусом или гайки.

Для удобства обработки наружные торцы приливов всех подшипниковых гнезд, расположенных на одной стенке корпуса, должны лежать в одной плоскости.

Крепление крышки редуктора к корпусу. Для соединения крышки с корпусом используют болты с наружной шестигранной уменьшенной головкой или, что предпочтительнее, винты с цилиндрической головкой и шестигранным углублением «под ключ». В последнем случае получают наименьшую ширину фланца. Ширину фланца выбирают из условия свободного размещения головки винта (или гайки) и возможности поворота ее гаечным ключом на угол  $\geq 60^\circ$ . Винт заворачивают в резьбовое отверстие корпуса.

Диаметр винтов  $d_2$  (мм) принимают по таблице П1.1.

Болты (винты) крепления крышки к корпусу располагают преимущественно по продольным сторонам в районе бобышек, стараясь максимально приблизить их к отверстию под подшипник (для увеличения жесткости и плотности соединения). Болт, расположенный между отверстиями под подшипник, размещают посередине между этими отверстиями.

Минимальное расстояние между стенками близко расположенных отверстий должно составлять не менее 3 ... 5 мм. Для закладных крышек расстояние 3 ... 5 мм выдерживают между стенками отверстий диаметром  $D_{\text{п}}$  под выступ закладной крышки и отверстием диаметром  $d_{\text{отв2}}$  под винт (рисунок П2.2, П2.5), стягивающий крышку и корпус редуктора.

Опорные поверхности на крышке под головки болтов (винтов) обрабатывают в зависимости от формы их головки.

Для стопорения винтов кроме стопорных шайб часто применяют герметики.

**Фиксирование крышки относительно корпуса.** Крышку фиксируют относительно корпуса штифтами. Штифты предотвращают взаимное смещение корпусных деталей при растачивании отверстий, обеспечивают точное расположение их при повторных сборках. Диаметр штифтов принимают равным диаметру  $d_2$  или

$$d_{\text{шт}} = (0,7 \dots 0,8) \cdot d_2.$$

Обычно применяют два конических штифта с внутренней резьбой, которые устанавливают по срезам углов крышки. Резьбу используют для извлечения штифта при разборке редуктора.

Поверхности сопряжения корпуса и крышки для плотного их прилегания шабруют или шлифуют. При сборке узла эти поверхности для лучшего уплотнения покрывают тонким слоем герметика. Прокладки в плоскость разъема не ставят из-за вызываемых ими искажения формы посадочных отверстий под подшипники и смещения осей отверстий с плоскости разъема.

**Конструктивное оформление опорной части корпуса.** Наиболее рациональной является опорная поверхность корпуса, выполненная в виде отдельных платиков, расположенных в районе установки болтов и шпилек. Диаметр винта крепления редуктора к раме (плите) –  $d_1$  (таблица П1.1). Число  $z$  винтов принимают в зависимости от межосевого расстояния:  $z = 4$  при  $a_w \leq 315$  мм.

Места крепления корпуса к плите или раме располагают на возможно большем, в пределах габарита корпуса, расстоянии друг от друга и оформляют в виде ниш, расположенных по углам корпуса.

**Оформление сливных отверстий.** Наиболее часто в редукторах используют картерную систему смазывания, при которой корпус является резервуаром для масла. Масло заливают через верхний люк. В процессе работы редуктора масло теряет свои свойства, что приводит к периодической его замене.

Для слива масла в корпусе выполняют сливное отверстие, закрываемое пробкой. Сливное отверстие должно быть достаточно большого диаметра. Его располагают ниже уровня днища. Внутри корпуса у



самого отверстия предусматривают местное углубление для выхода инструмента, которым обрабатывают отверстие.

Отверстие для выпуска масла закрывают пробкой с цилиндрической или конической резьбой. При установке пробки с цилиндрической резьбой дополнительно ставят прокладку из паронита или резиновое кольцо.

### **3 КОРПУСА КОНИЧЕСКИХ РЕДУКТОРОВ**

Отличительной особенностью корпусов конических редукторов (рисунки П2.3, П2.6) является прилив, в котором размещают комплект вала конической шестерни со стаканом, подшипниками и крышкой.

С целью повышения жесткости прилив связывают ребрами с корпусом и крышкой редуктора.

Остальные элементы корпуса конического редуктора такие же, как и у цилиндрического.

### **4 КОРПУСА ЧЕРВЯЧНЫХ РЕДУКТОРОВ**

Корпуса червячных редукторов (рисунки П2.4, П2.7) конструируют двух исполнений: неразъемные (при  $a_w \leq 150$  мм) с двумя окнами на боковых стенках, через которые при сборке вводят в корпус комплект вала с червячным колесом, и разъемные, у которых плоскость разъема располагается по оси вала червячного колеса.

Размеры отдельных элементов корпусных деталей принимают по соотношениям, приведенным для цилиндрических редукторов.

Для увеличения жесткости червяка его опоры располагают по возможности ближе друг к другу. Места расположения приливов определяют прочерчиванием.

Для контроля правильности зацепления и расположения пятна контакта, также для залива масла в крышке корпуса предусматривают люк. При верхнем расположении червяка через люк невозможно наблюдать за зубьями колеса, так как их закрывает червяк. Поэтому в корпусе на узкой боковой стенке делают смотровое окно, через которое наблюдают за расположением пятна контакта на зубьях колеса при регулировании зацепления во время сборки редуктора. После сборки окно закрывается крышкой, в которую может быть вмонтирован маслоуказатель.

## ЛИТЕРАТУРА

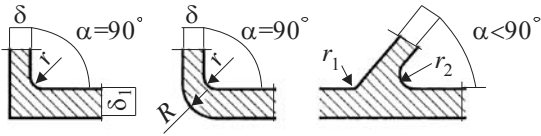
1. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин: Учебн. пособие для техн. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 447 с.
2. Иванов М.Н., Иванов В.Н. Детали машин. Курсовое проектирование. – М.: Высш. школа, 1975. – 551 с.
3. Кудрявцев В.Н., Державец Ю.А., Глухарев Е.Г. Конструкции и расчет зубчатых редукторов. – Л.: Машиностроение, 1970. – 328 с.
4. Курмаз Л.В. Детали машин. Проектирование: Учеб. пособие/ Л.В. Курмаз, А.Т. Скойбеда. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – 290 с.
5. Курсовое проектирование деталей машин: Справ. пособие. Ч. 1/ А.В. Кузьмин, Н.Н. Макейчик, В.Ф. Калачев и др. – Мн.: Выш. школа, 1982. – 208 с.
6. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. пособие/ С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин и др. – М.: Машиностроение, 1987. – 416 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица П1.1 – Основные элементы корпуса из чугуна ([5])

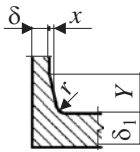
Параметры	Ориентировочные соотношения, мм
Толщина стенки корпуса и крышки редуктора: – одноступенчатого цилиндрического; – одноступенчатого конического; – одноступенчатого червячного; – двухступенчатого	Во всех случаях $\delta \geq 8$ мм и $\delta_1 \geq 8$ $\delta = 0,025 \cdot a_w + 1$ ; $\delta_1 = 0,02 \cdot a_w + 1$ $\delta = 0,05 \cdot R_e + 1$ ; $\delta_1 = 0,04 \cdot R_e + 1$ $\delta = 0,04 \cdot a_w + 2$ ; $\delta_1 = 0,032 \cdot a_w + 2$ $\delta = 0,025 \cdot a_{вт} + 3$ ; $\delta_1 = 0,02 \cdot a_{вт} + 3$
Толщина верхнего пояса (фланца) корпуса	$b = 1,5 \cdot \delta$
Толщина нижнего пояса (фланца) крышки корпуса	$b_1 = 1,5 \cdot \delta_1$
Толщина нижнего пояса корпуса: – без бобышки – при наличии бобышки	$p = 2,35 \cdot \delta$ $p_1 = 1,5\delta$ ; $p_2 = (2,25 \dots 2,75) \cdot \delta$
Толщина ребер основания корпуса	$m = (0,85 \dots 1,0) \cdot \delta$
Толщина ребер крышки	$m_1 = (0,85 \dots 1,0) \cdot \delta_1$
Диаметр фундаментных болтов (число болтов $\geq 4$ )	$d_1 = (0,03 \dots 0,036) \cdot a_{вт} + 12$ ; $d_1 = 0,055 \cdot R_e + 12$
Диаметр болтов: – у подшипников – соединяющих основание корпуса с крышкой	$d_2 = (0,7 \dots 0,75) \cdot d_1$ $d_3 = (0,5 \dots 0,6) \cdot d_1$
Высота бобышки под болт $d_2$	Выбирают конструктивно так, чтобы образовалась опорная поверхность под головку болта и гайку. Желательно у всех бобышек иметь одинаковую высоту
Размеры, определяющие положение болтов $d_2$	$e \approx (1 \dots 1,2) \cdot d_2$ ; $q \geq 0,5d_2 + d_5$ ; где $d_5$ – крепление крышек подшипника.

**Таблица П1.2 – Радиусы сопряжений**



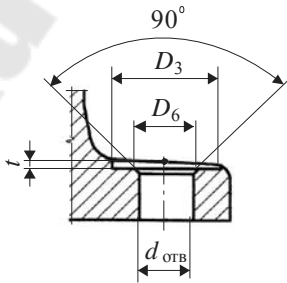
$\delta + \delta_1$	< 15	16 ÷ 25	26 ÷ 39	40 ÷ 63
$r$	1,5	2,5	4,0	6,0
$R = r + \delta$				

**Таблица П1.3 – Сопряжение элементов**



$\delta$	$x$	$Y$	$r$
мм			
8 ... 10	2 ... 3	5x	3
10 ... 15	3 ... 5		4
15 ... 20	4 ... 5		5

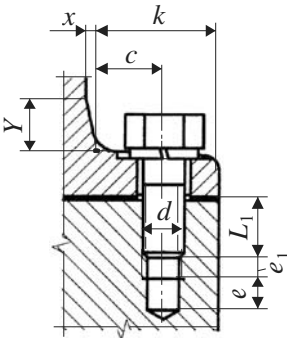
**Таблица П1.4 – Размеры зенковок и отверстий под болты**



	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30
$D_3$	13,5	18	22	26	33	40	48	61
$D_6$	–	–	–	16	20	24	28	36
$d_{отв}$	6,6	9,0	11	14	18	22	26	33
Пр и м е ч а н и е . $t_{max} = 1/3$ высоты головки болта (высоты гайки)								

Таблица П1.5 – Размеры элементов резьбовых

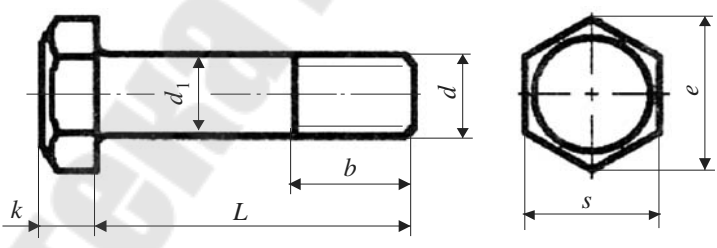
Размеры в мм



$d$	$e$	$e_1$	Болт		Винт	
			$k$	$c$	$k$	$c$
M6	6,0	–	20	11	15	8
M8	8,0	–	24	13	19	10
M10	9,0	3	28	15	23	12
M12	11	4	32	17	27	14
M16	11	4	40	22	35	17
M20	12	5	48	26	43	22
M24	15	6	56	30	51	26
M30	17	7	68	37	–	–

Таблица П1.6 – Размеры болтов

Размеры в мм



$d$	M6	M8	M10	M12	(M14)	M16	
$d_1$	6	8	10	12	14	16	
$k$	4,0	5,3	6,4	7,5	8,8	10,0	
$s$	10	13	16	18	21	24	
$e$	10,9	14,2	17,6	19,9	22,8	26,2	
$b$	$L \leq 120$	18	22	26	30	34	38
	$L \leq 200$	–	–	32	36	40	44
	$L > 200$	–	–	–	–	53	57

Продолжение табл. П1.6

$d$	(M18)	M20	(M22)	M24	(M27)	M30
$d_1$	18	20	22	24	27	30
$k$	12,0	12,5	14,0	15,0	17,0	18,7
$s$	27	30	34	36	41	46
$e$	29,6	33,0	37,3	39,6	45,2	50,9
$b$	$L \leq 120$	42	46	50	54	60
	$L \leq 200$	48	52	56	60	66
	$L > 200$	61	65	69	73	79

Примечание. Длина болтов  $L$ , мм принимается из ряда: 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 220, 240, 260, 280, 300

Таблица П1.7 – Размеры гаек

Размеры в мм

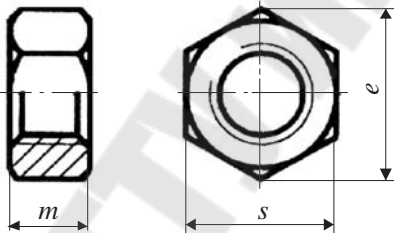
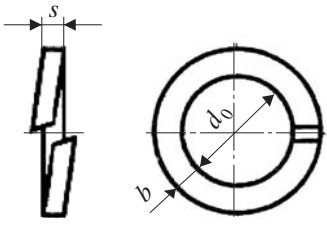
						
$d$	M6	M8	M10	M12	(M14)	M16
$s$	10	13	16	18	21	24
$e$	10,9	14,2	17,6	19,9	22,8	26,2
$m$	5,2	6,8	8,4	10,8	12,8	14,8
$d$	(M18)	M20	(M22)	M24	(M27)	M30
$s$	27	30	34	36	41	46
$e$	29,6	33,0	37,3	39,6	45,2	50,9
$m$	16,4	18,0	19,8	21,5	23,6	25,6

Таблица П1.8 – Размеры пружинных шайб

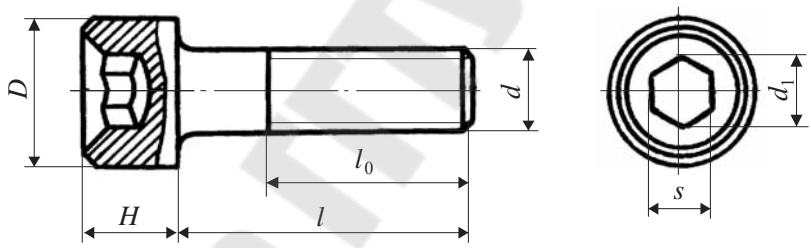
Размеры в мм



$d$	M6	M8	M10	M12	(M14)	M16
$d_0$	6,1	8,2	10,2	12,2	14,2	16,3
$b = s$	1,4	2,0	2,5	3,0	3,2	3,5
$d$	(M18)	M20	(M22)	M24	(M27)	M30
$d_0$	18,3	20,5	22,5	24,5	27,7	30,5
$b = s$	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5

Таблица П1.7 – Размеры винтов с цилиндрической головкой

Размеры в мм



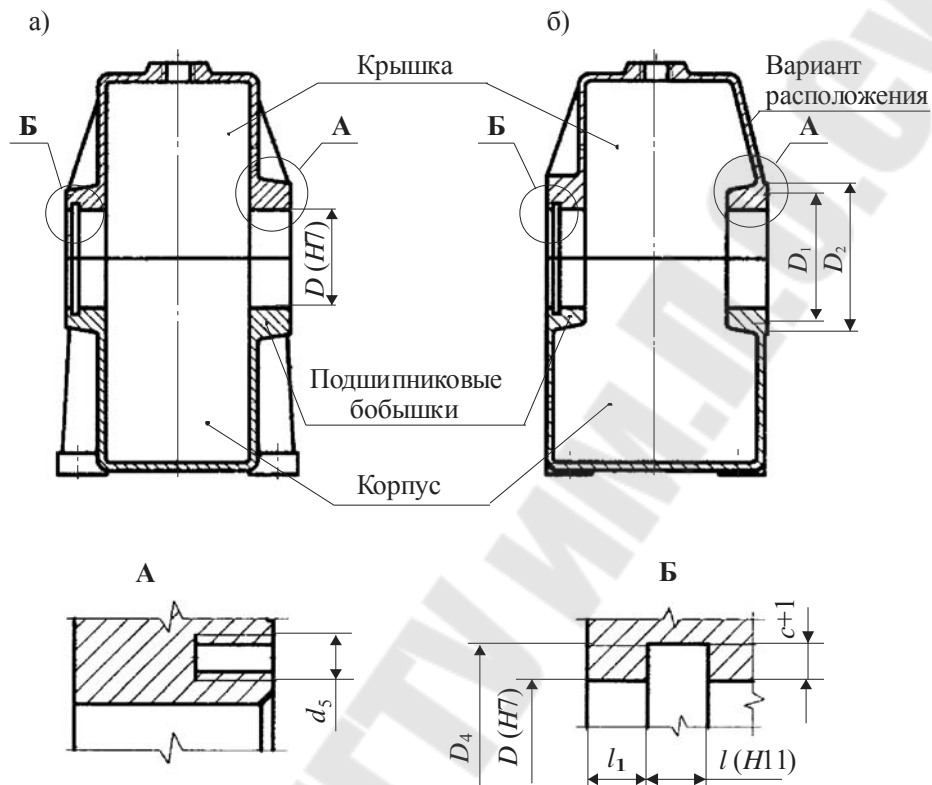
$d$	$s$	$d_1$	$D$	$H$	$l$	$l_0$
6	5	5,8	10	6	10 ... 50	$l_0 = l$ при $l \leq 20$ , $l_0 = 18$ при $l \geq 25$
8	6	6,9	13	8	12 ... 60	$l_0 = l$ при $l \leq 25$ , $l_0 = 22$ при $l \geq 30$
10	8	9,2	16	10	16 ... 70	$l_0 = l$ при $l \leq 30$ , $l_0 = 26$ при $l \geq 35$
12	10	11,5	18	12	20 ... 80	$l_0 = l$ при $l \leq 30$ , $l_0 = 30$ при $l \geq 35$
16	14	16,2	24	16	25 ... 100	$l_0 = l$ при $l \leq 40$ , $l_0 = 38$ при $l \geq 45$

Продолжение таблицы П1.7

20	17	19,6	30	20	30 ... 120	$l_0 = l$ при $l \leq 50$ , $l_0 = 46$ при $l \geq 55$
24	19	21,9	36	24	35 ... 120	$l_0 = l$ при $l \leq 60$ , $l_0 = 54$ при $l \geq 65$



## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

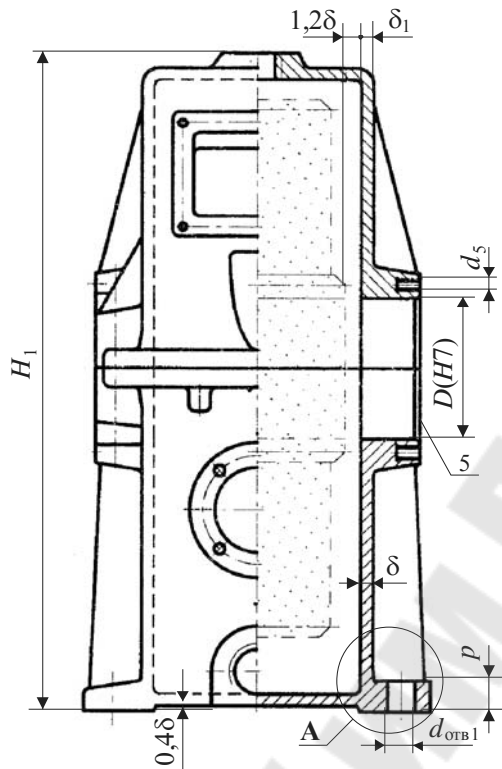


$D$  - диаметр наружного кольца подшипника  
 $d_5$  - диаметр болгов, соединяющих крышку подшипникового узла с корпусом  
 $D_1$  - диаметр центров отверстий подшипниковых крышек  
 $D_2$  - наружный диаметр подшипниковых крышек  
 $l=6 \dots 8$  мм ( $D < 100$  мм);  
 $l=8 \dots 10$  мм ( $D > 100$  мм);  
 $c=0,5l$ ;  $D_4=1,25D+10$

а) - наружное расположение бобышек;  
 б) - внутреннее расположение бобышек.

Рисунок П2.1 – Поперечные сечения по подшипниковым узлам цилиндрического редуктора



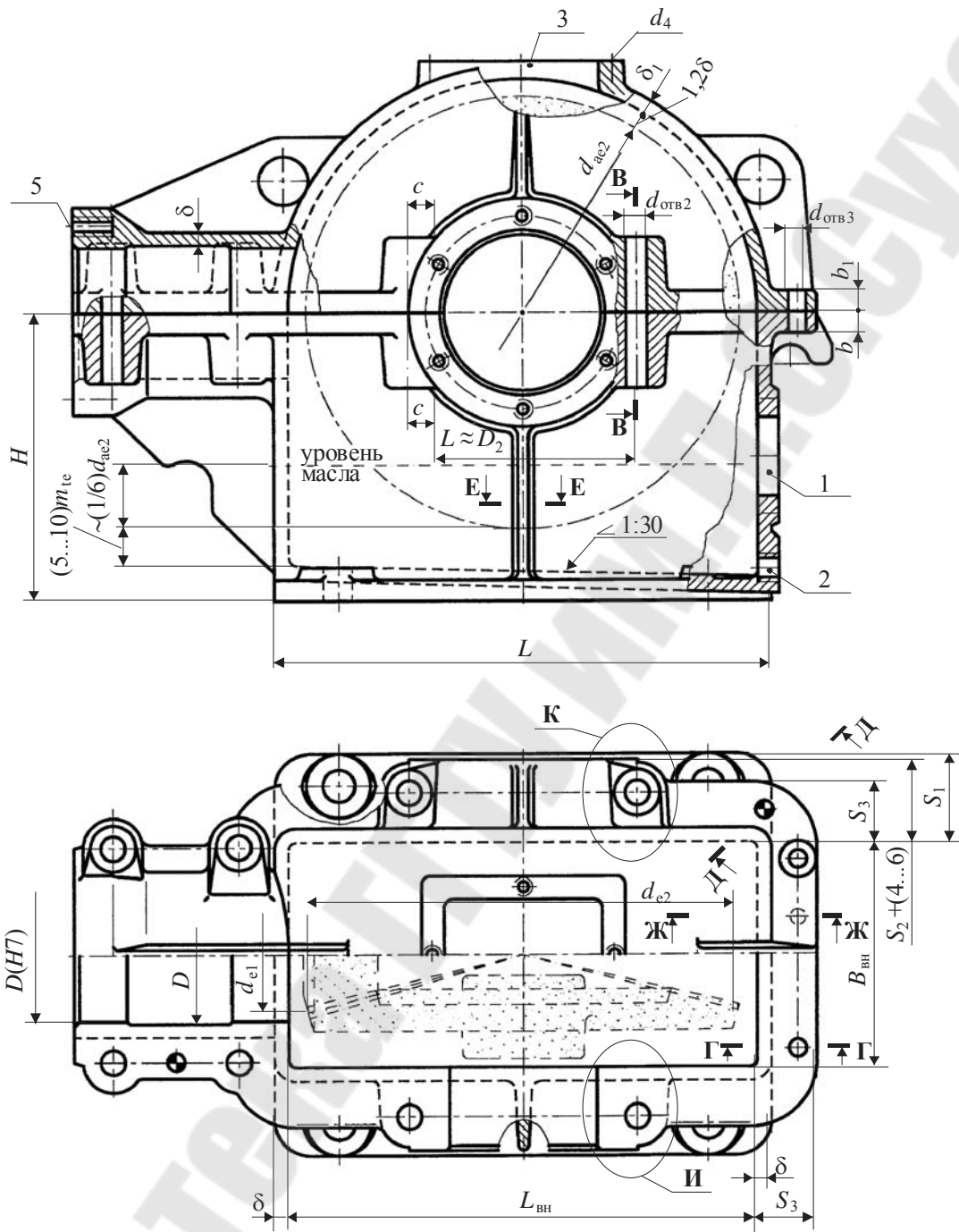


$S_1$  - ширина фундаментного фланца редуктора;  
 $S_2$  - ширина фланцев корпуса и крышки у подшипников;  
 $S_3$  - ширина фланцев корпуса и крышки по периметру.

- 1- место установки маслоуказателя;
- 2- место установки пробки сливной;
- 3- место установки крышки смотровой;
- 4- место установки отдушины;
- 5- место установки крышек подшипниковых;

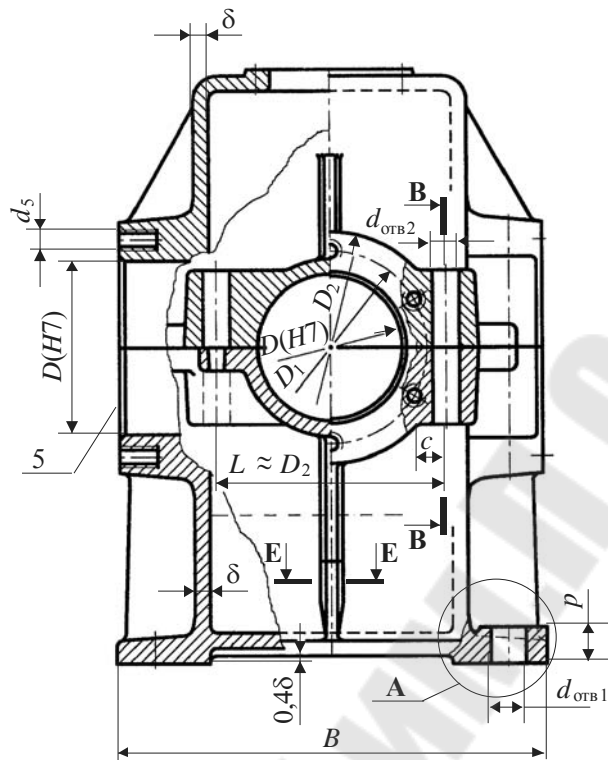
Сечения В - В, Г - Г, Д - Д, Е - Е, Ж - Ж,  
 места А, И, К (см. рисунок П2.8)

**Продолжение рисунка П2.2**



Сечения В - В, Г - Г, Д - Д, Е - Е, Ж - Ж,  
 места А, И, К (см. рисунок П2.8)

**Рисунок П2.3 – Конструкция корпусных деталей  
 одноступенчатого конического редуктора**



Сечения В - В, Г - Г, Д - Д, Е - Е, Ж - Ж,  
места А, И, К (см. рисунок П2.8)

Продолжение рисунка П2.3

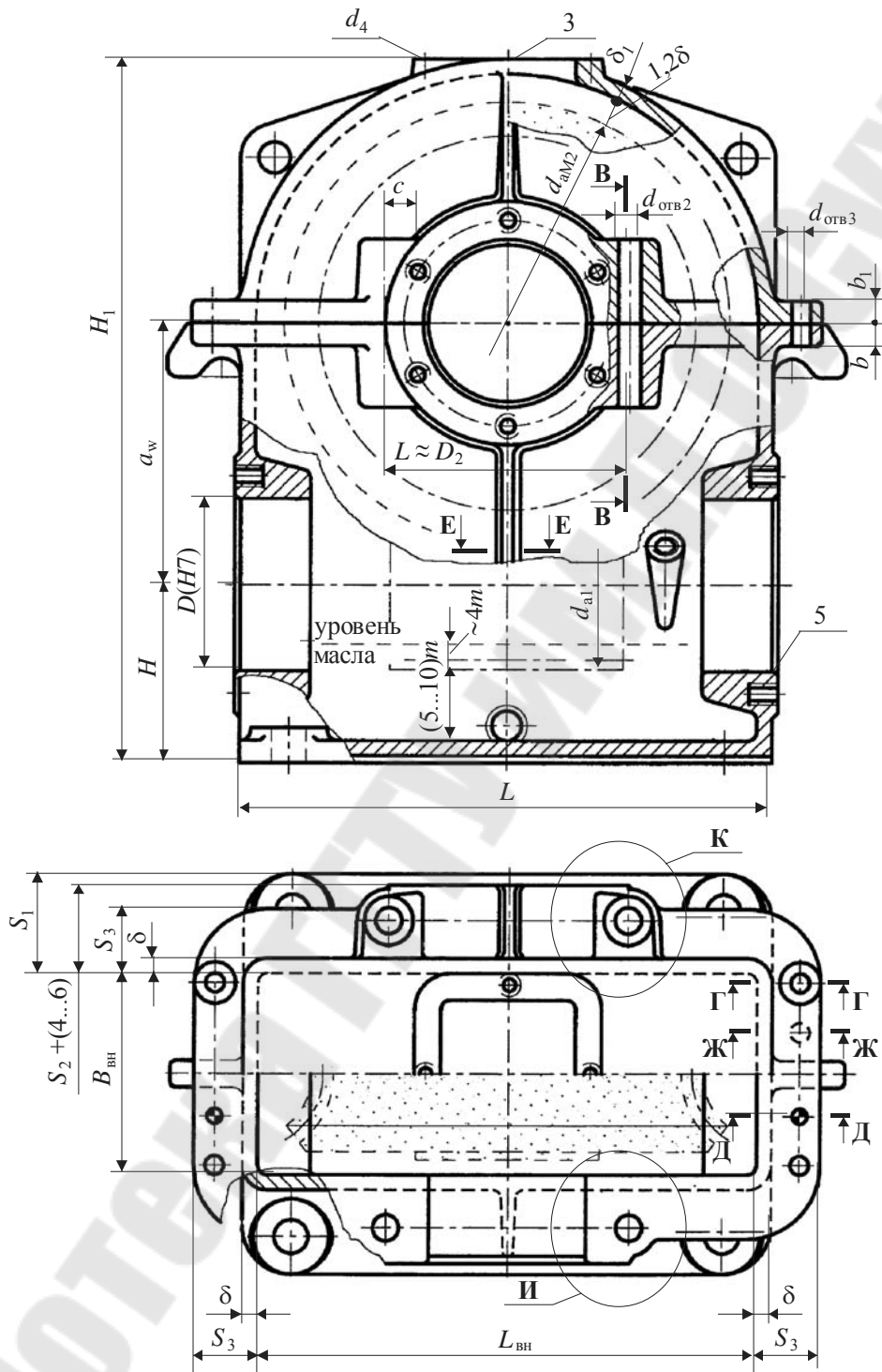
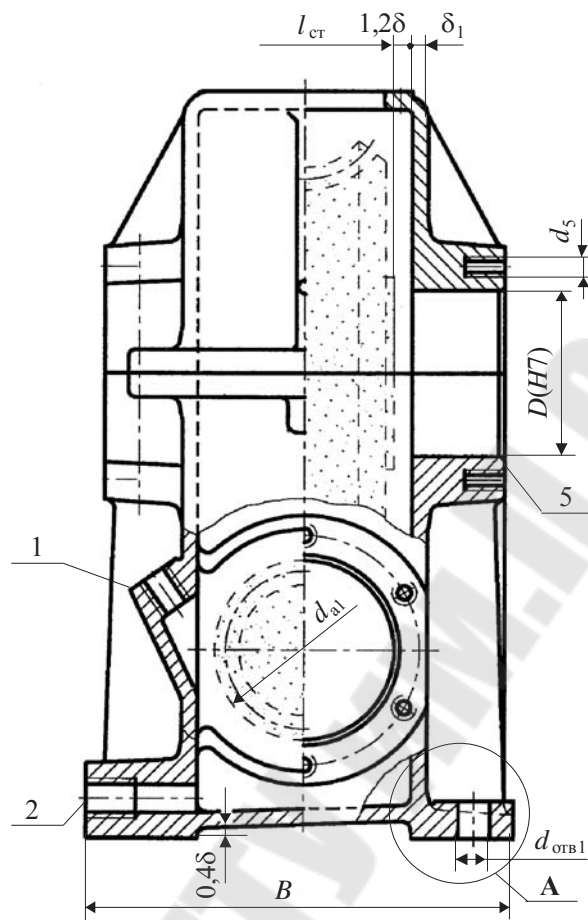


Рисунок П2.4 – Конструкция корпусных деталей одноступенчатого червячного редуктора



Сечения В - В, Г - Г, Д - Д, Е - Е, Ж - Ж,  
места А, И, К (см. рисунок П2.8)

Продолжение таблицы П2.4

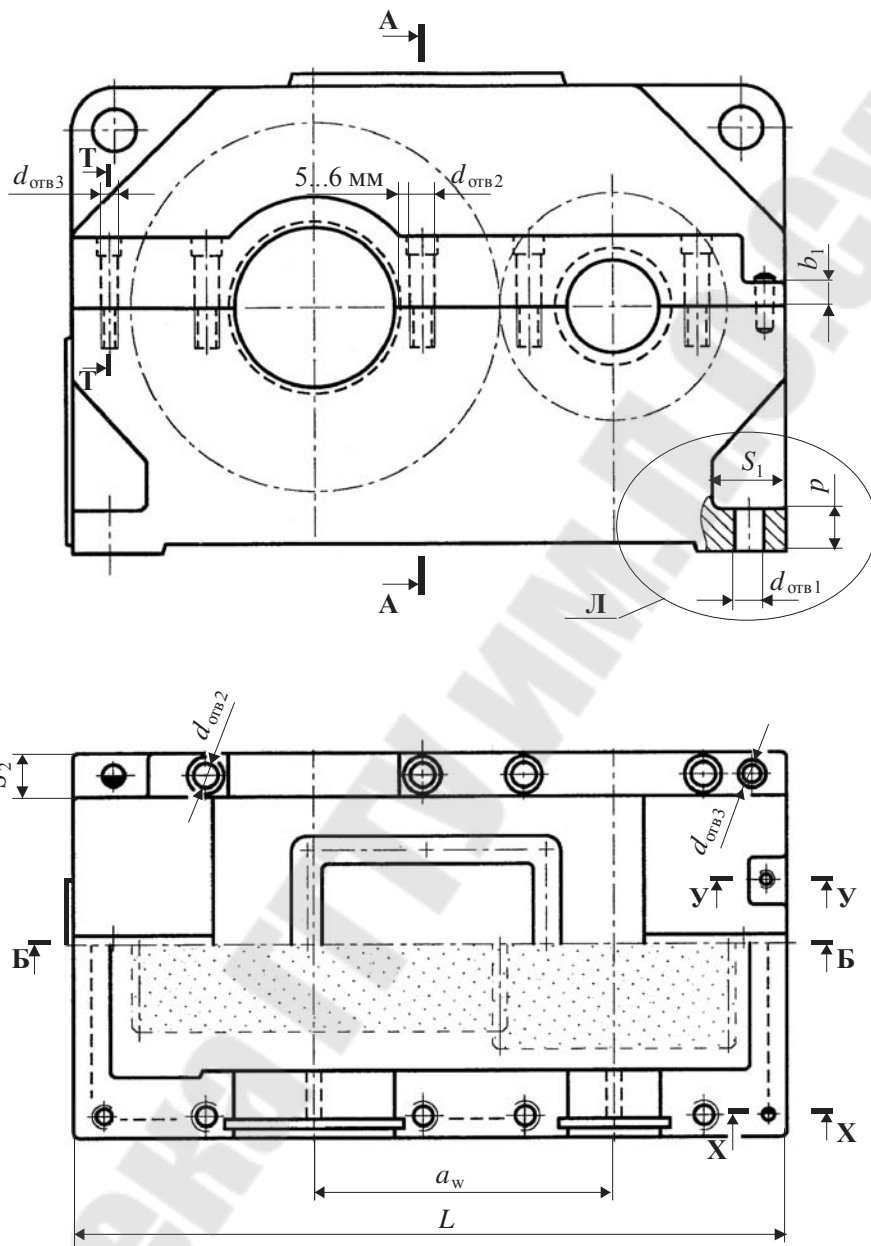
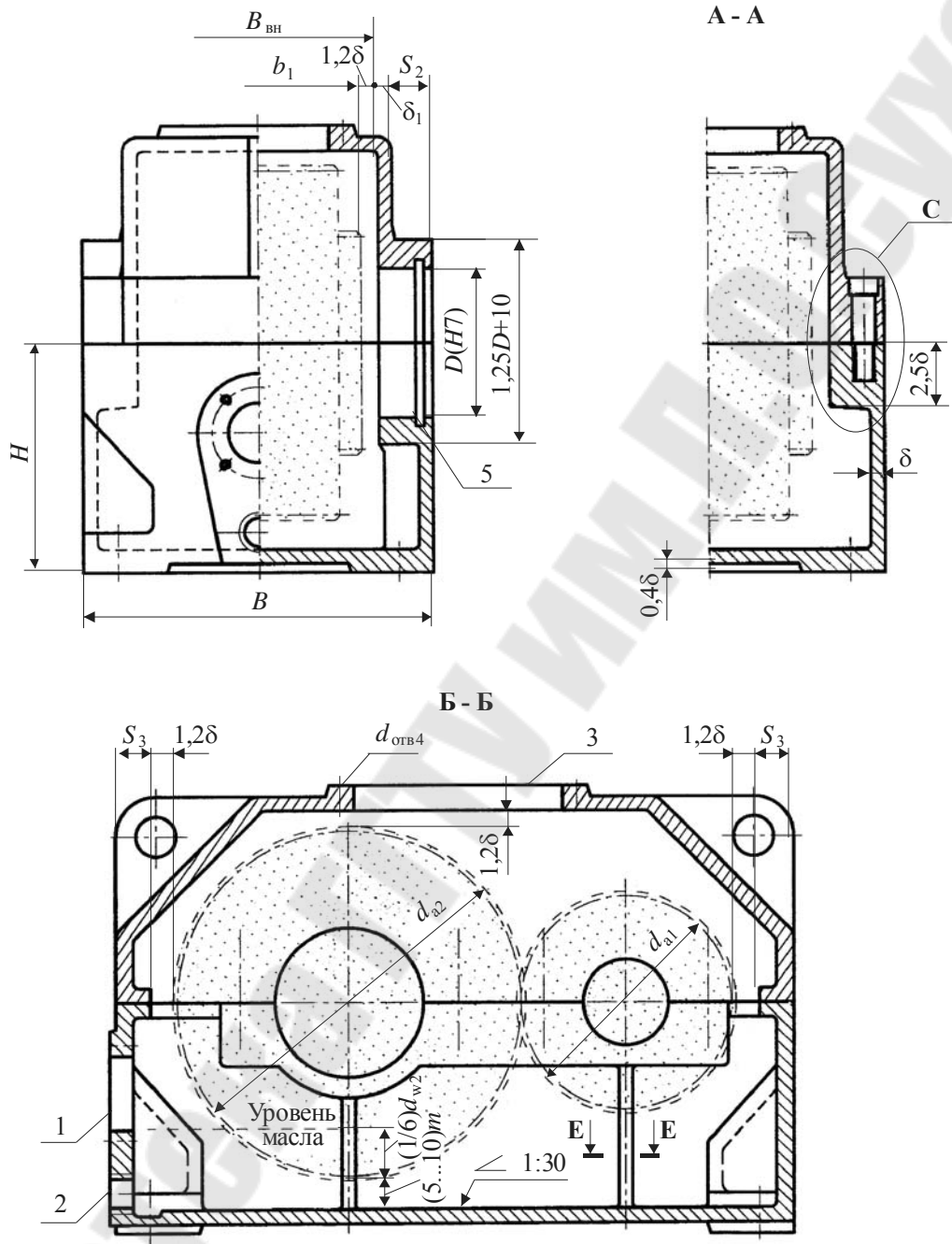


Рисунок П2.5 – Конструкция корпусных деталей  
одноступенчатого цилиндрического редуктора





Сечения Е - Е (рисунок П2.8), Т - Т (рисунок П2.10),  
 Х - Х (рисунок П2.9), У - У (рисунок П2.9)  
 Места Л (рисунок П2.9), С (рисунок 2П2.10)

Продолжение рисунка П2.5

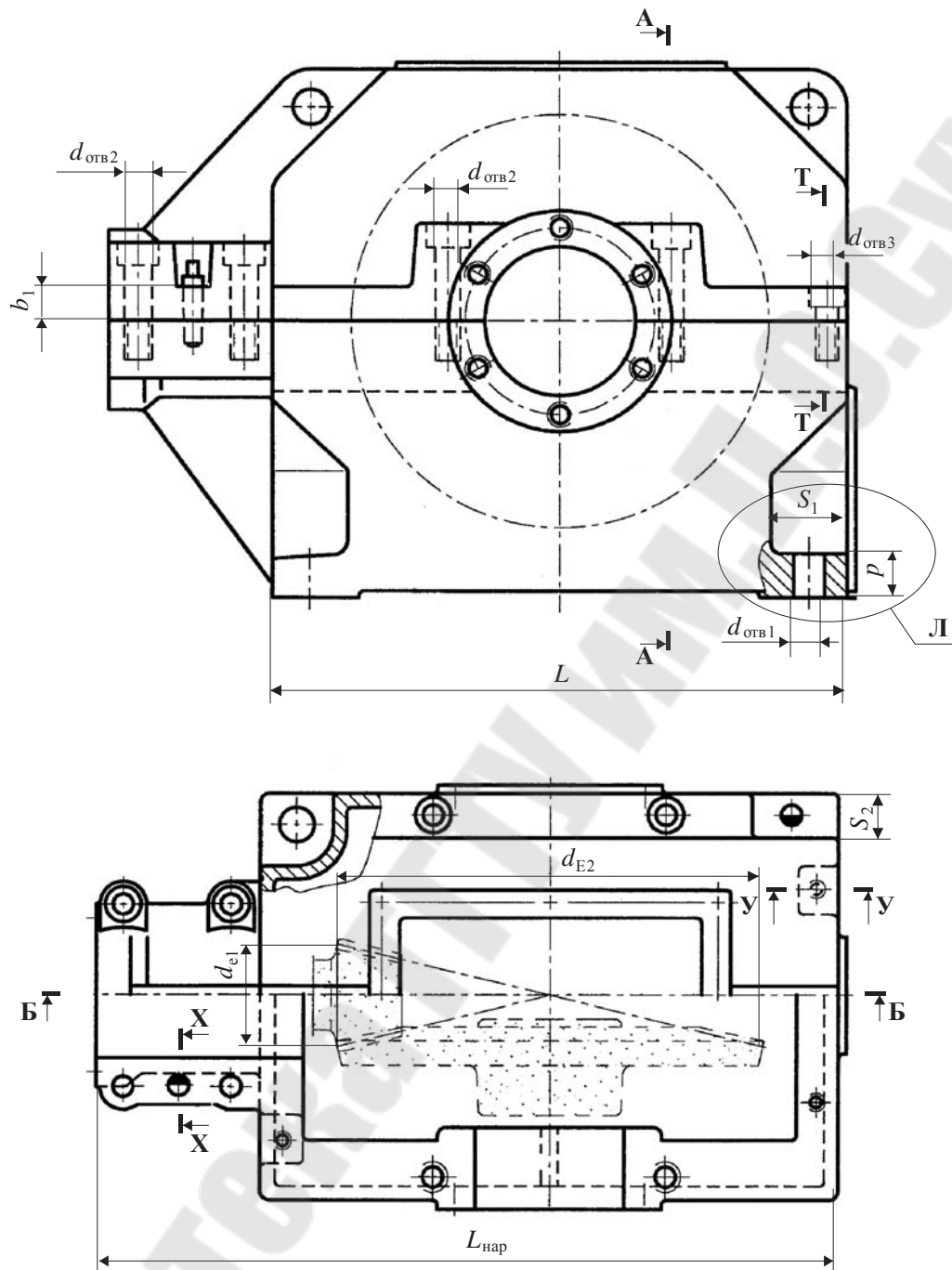
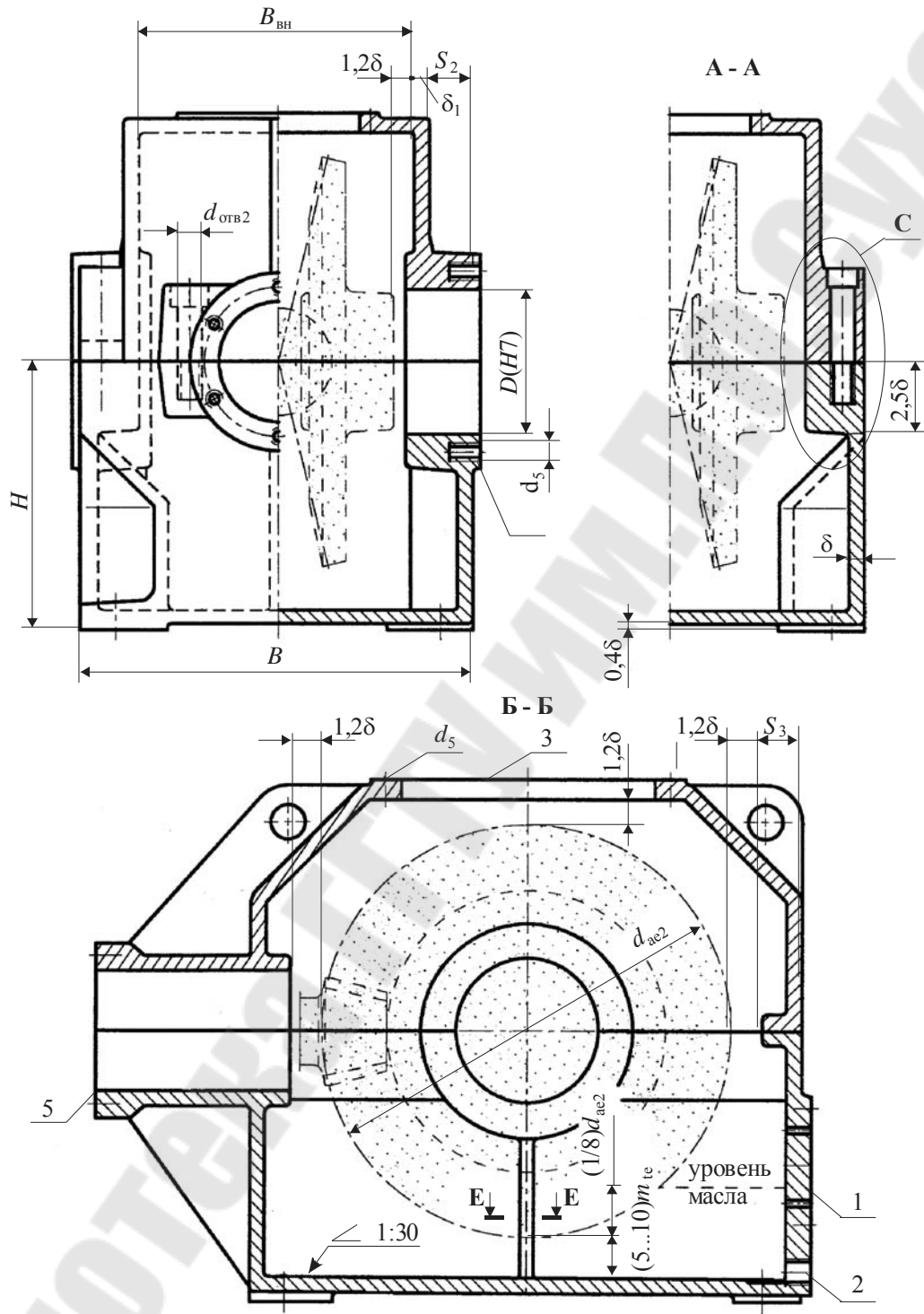


Рисунок П2.6 – Конструкция корпусных деталей  
одноступенчатого конического редуктора



Сечения Е - Е (рисунок П2.8), Т - Т (рисунок П2.10),  
 Х - Х (рисунок П2.9), У - У (рисунок П2.9)  
 Места Л (рисунок П2.9), С (рисунок 2П2.10)

Продолжение рисунка П2.6

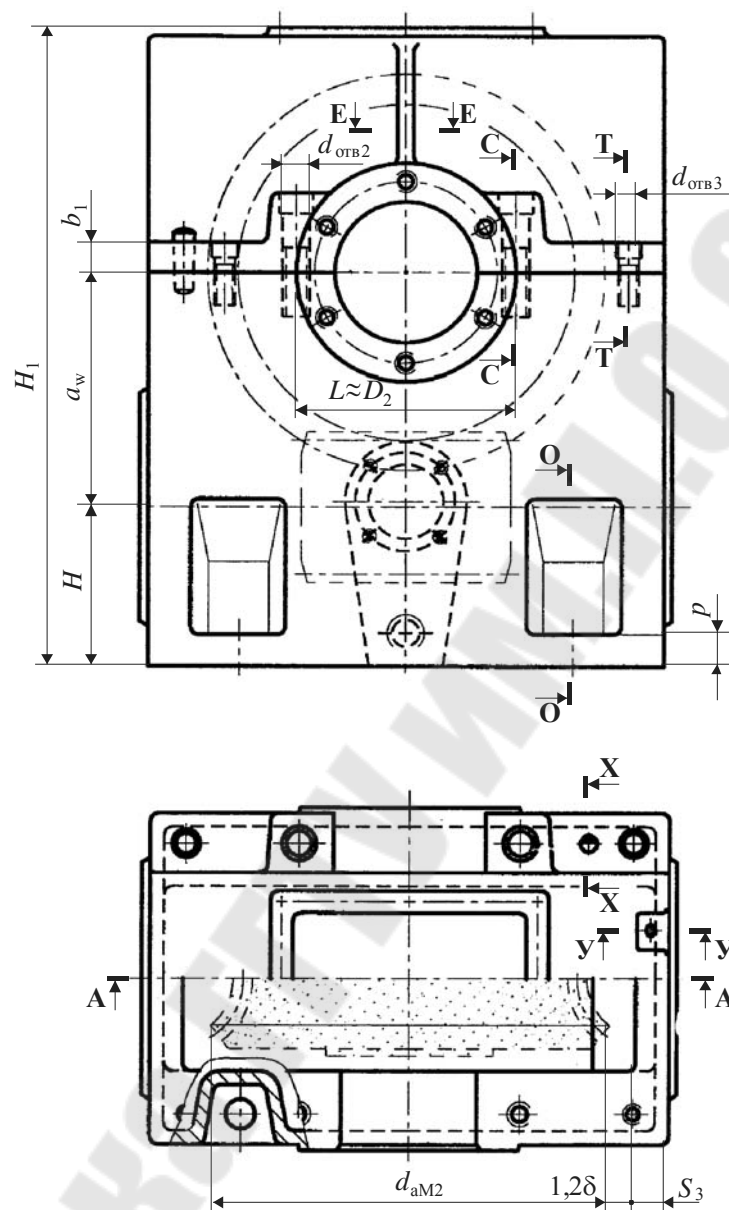
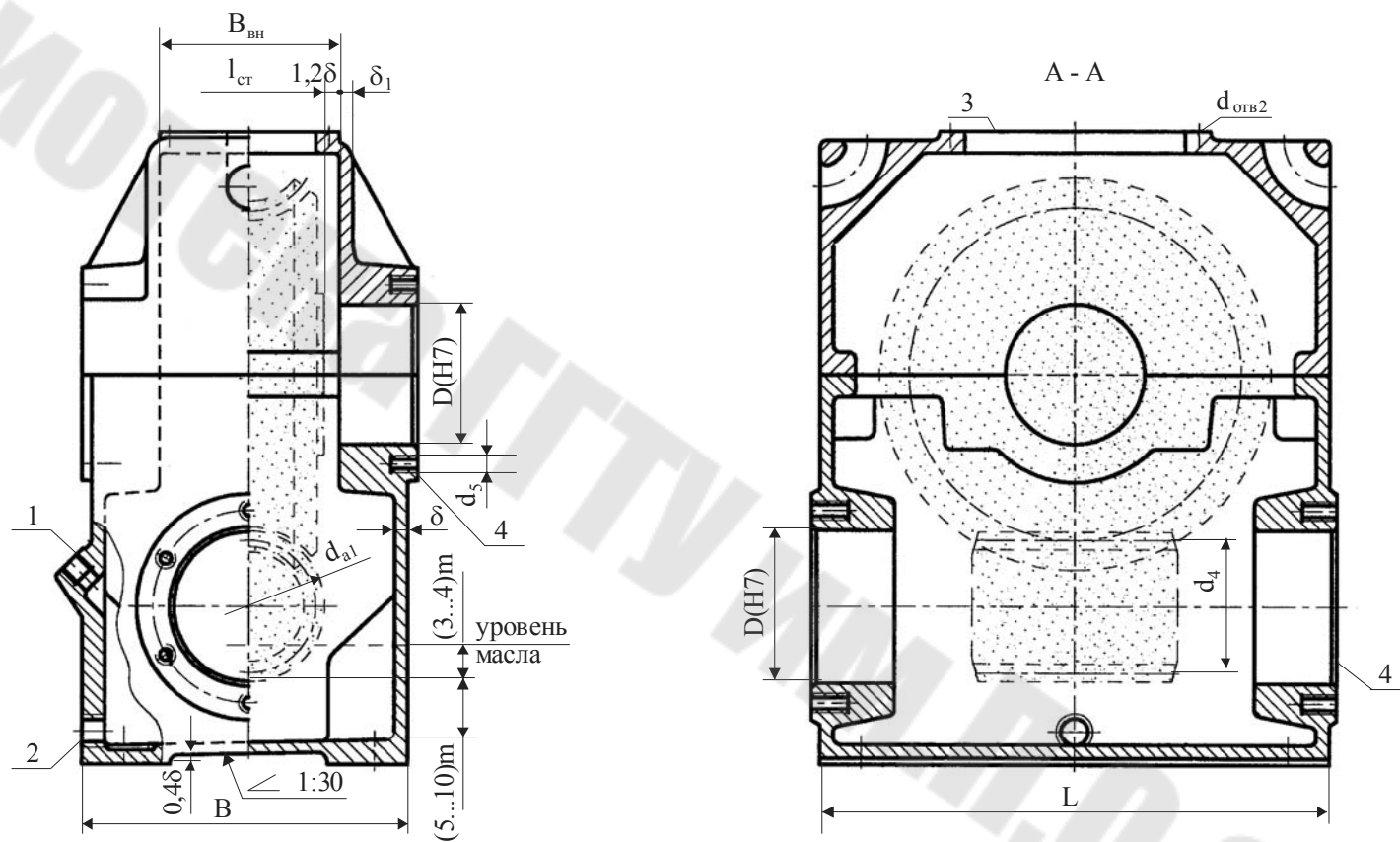


Рисунок П2.7 – Конструкция корпусных деталей  
одноступенчатого червячного редуктора



Сечения О - О (рисунок П2.9), С - С (рисунок П2.10), Е - Е (рисунок П2.8),  
Т - Т (рисунок П2.10), Х - Х (рисунок П2.9), У - У (рисунок П2.9)

Продолжение рисунка П2.7

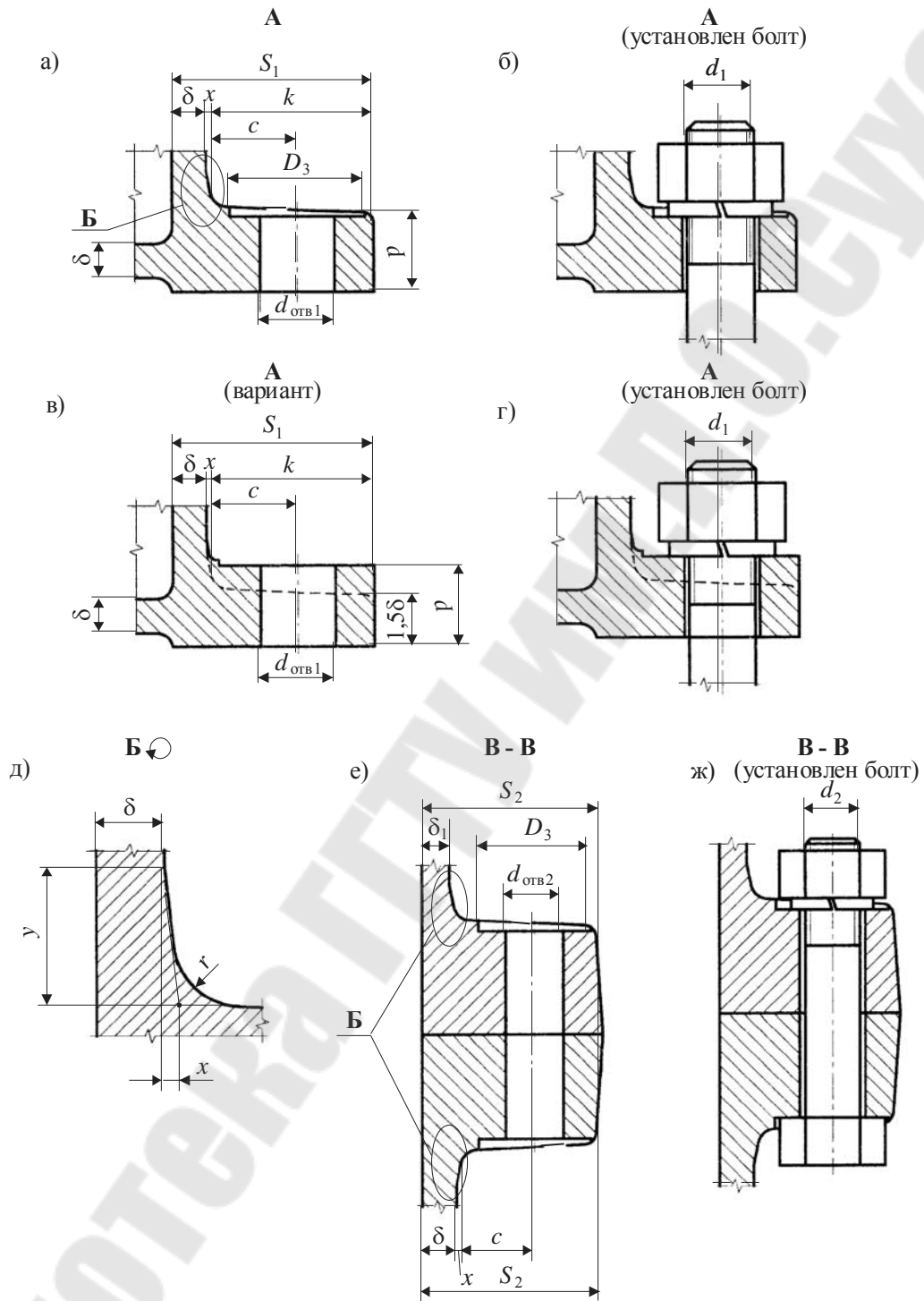
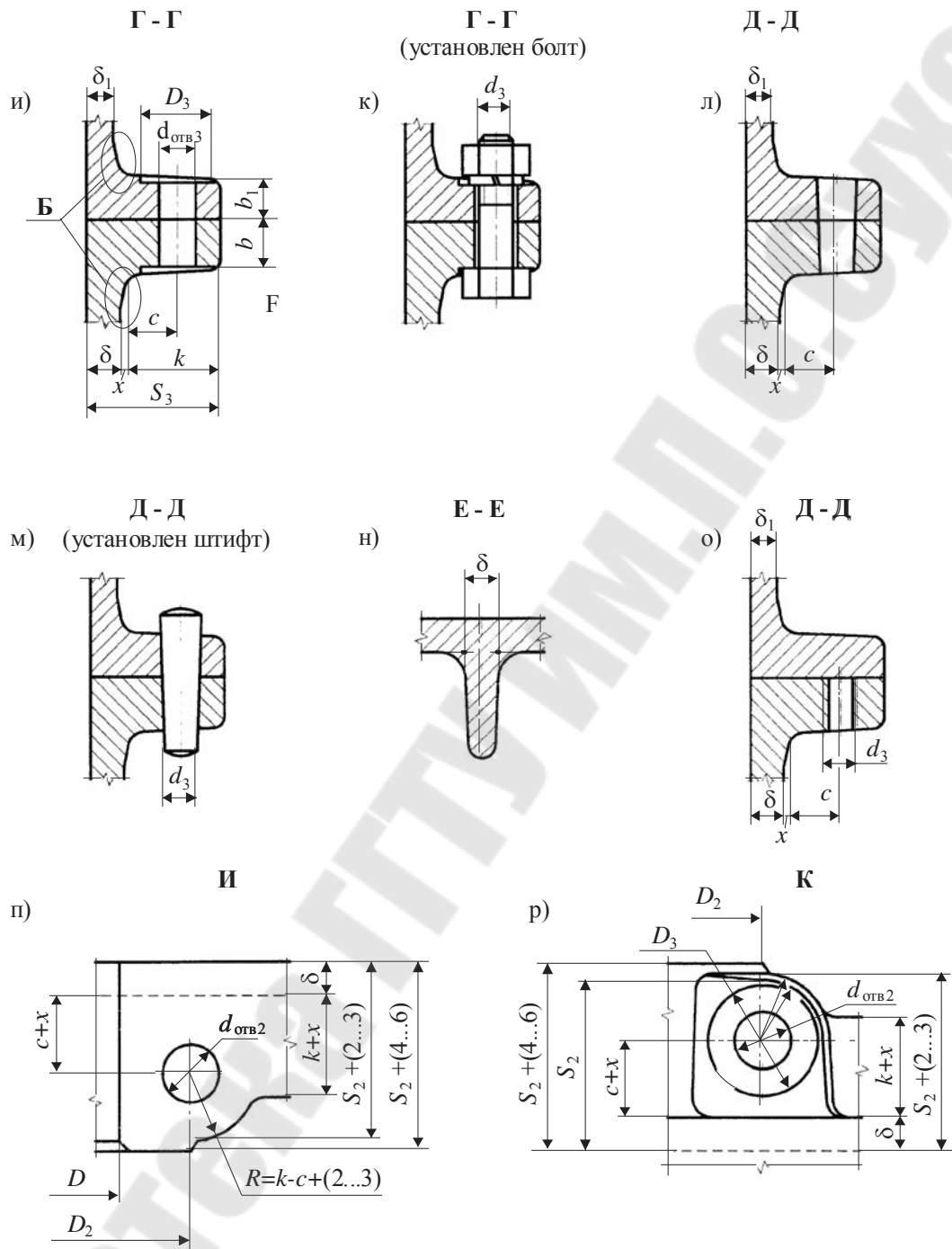


Рисунок П2.8 – Элементы конструкции корпусных деталей редукторов с внешним расположением бобышек



Продолжение рисунка П2.8

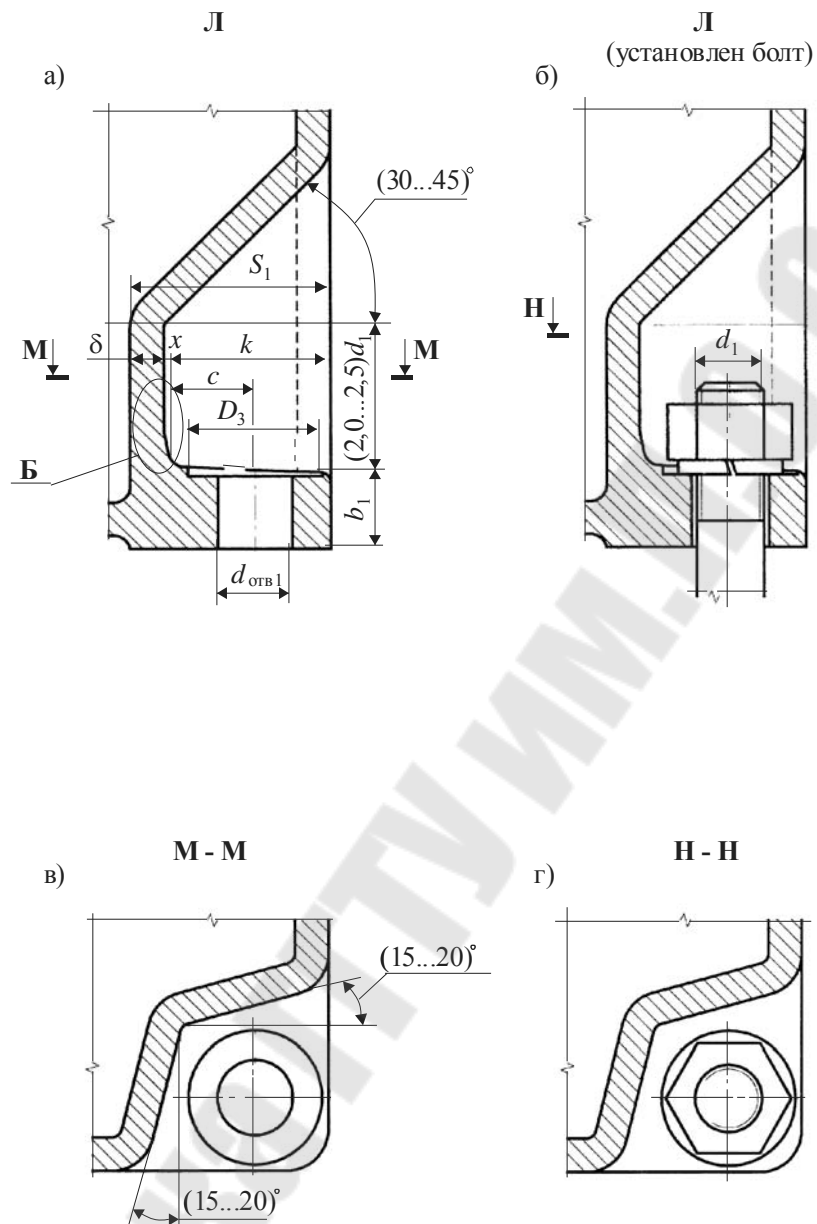
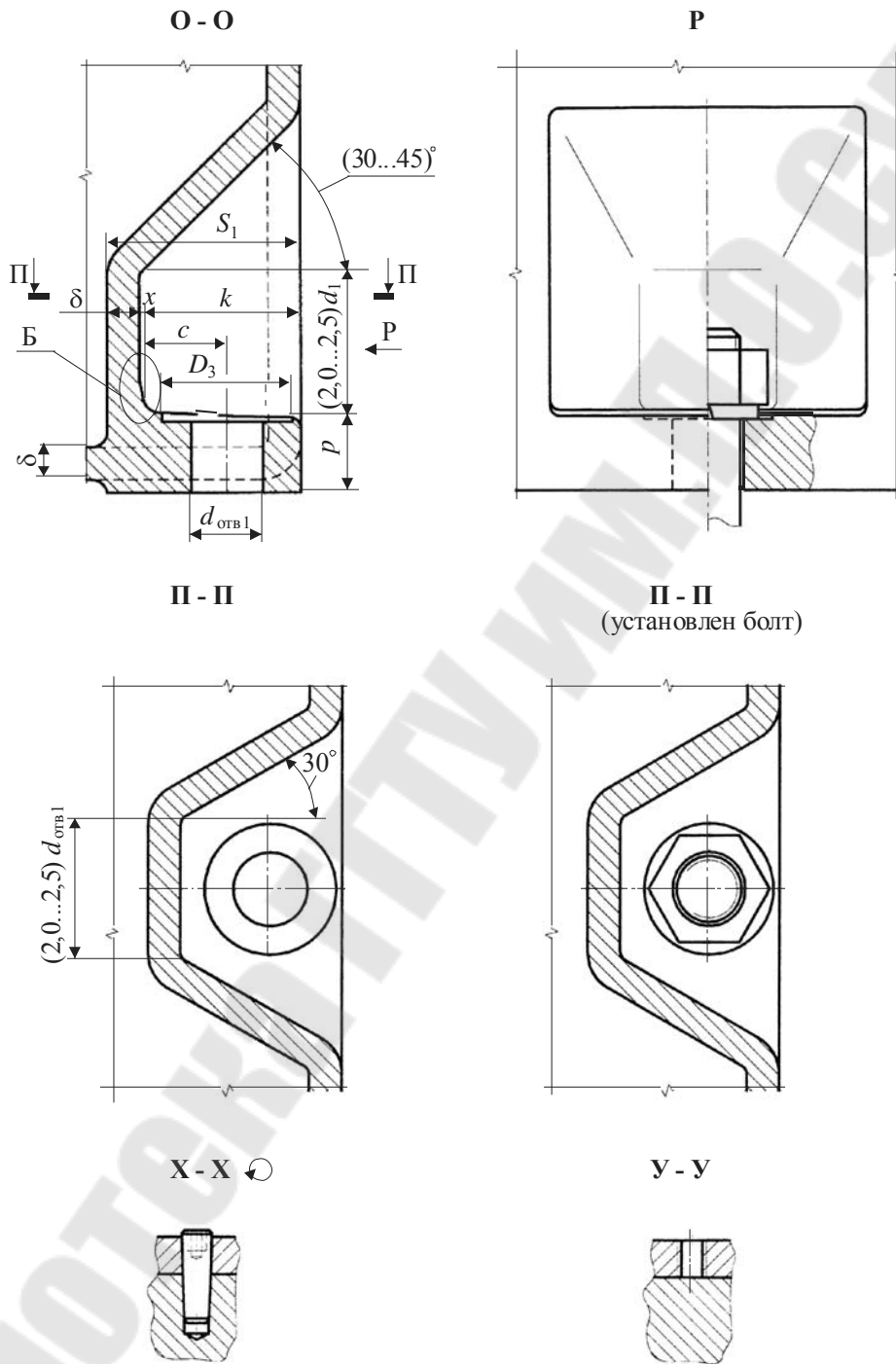


Рисунок П2.9 – Элементы конструкции корпусных деталей редукторов с внутренним расположением бобышек





Продолжение рисунка П2.9

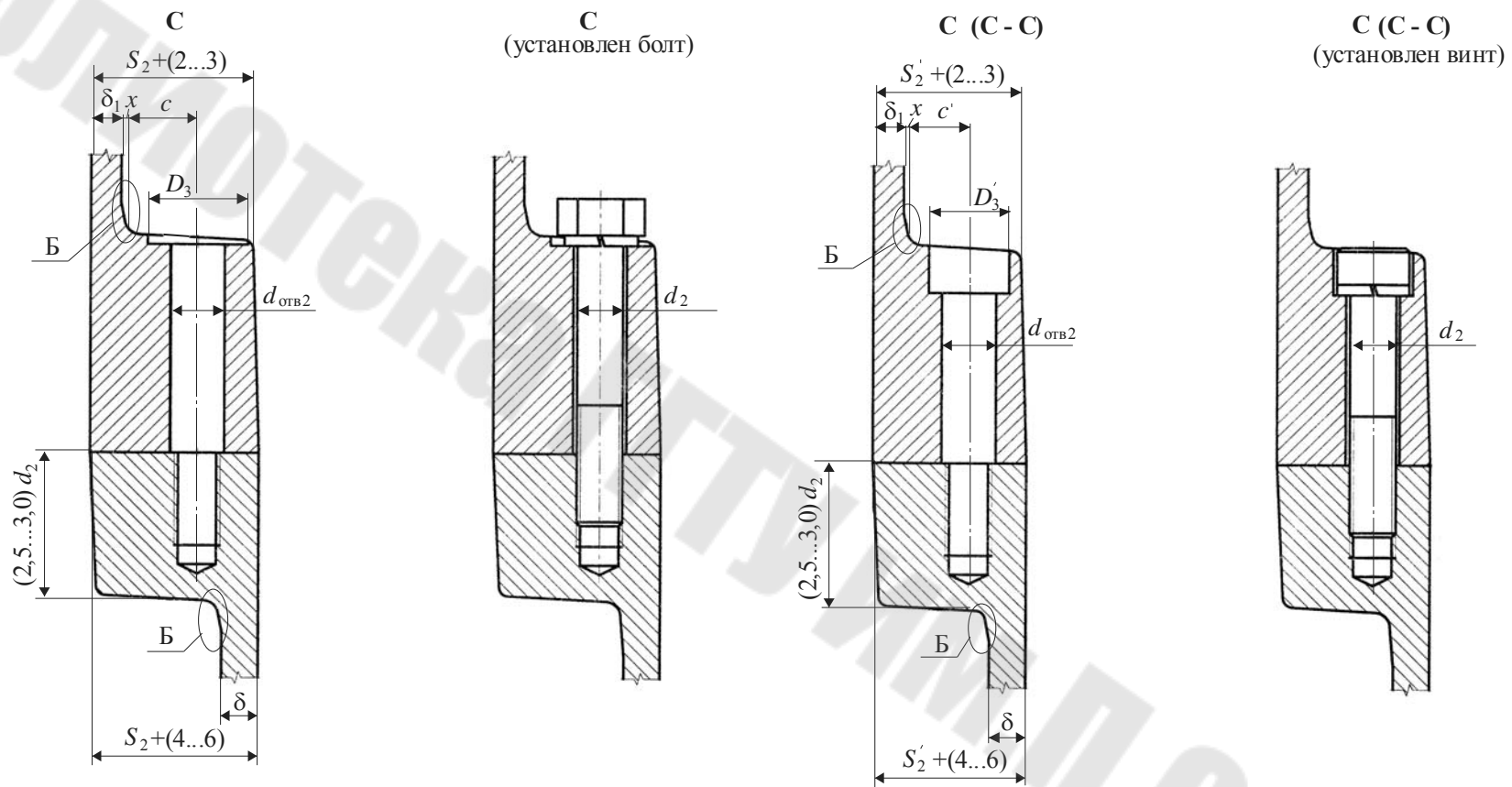
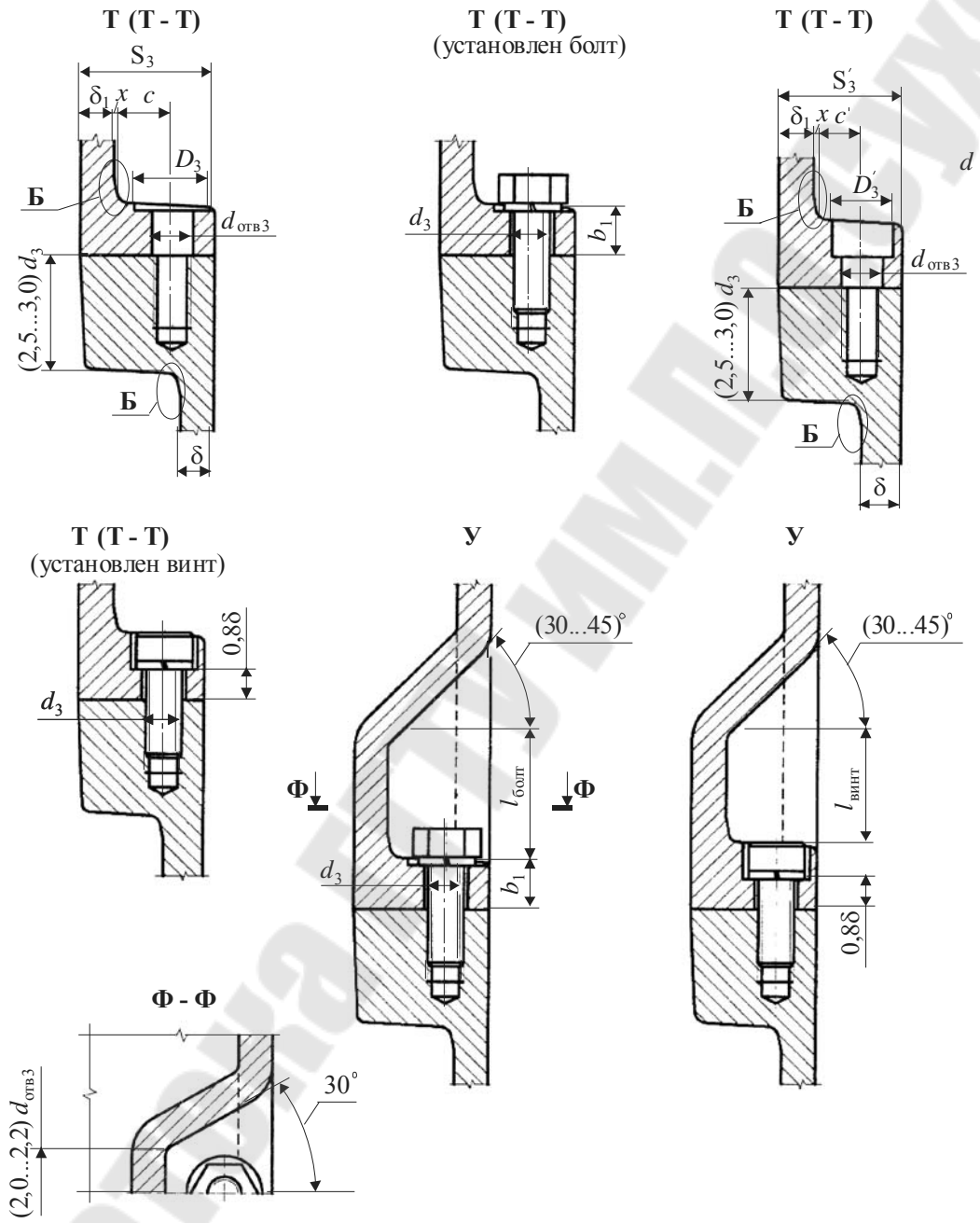


Рисунок П2.10 - Соединение фланцев



Продолжение рисунка П2.10

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1 Общие сведения .....	3
1.1 Основные правила конструирования литых деталей .....	6
2 Корпуса цилиндрических корпусов .....	10
3 Корпуса конических редукторов .....	17
4 Корпуса червячных редукторов .....	17
Литература .....	18
Приложение 1 .....	19
Приложение 2 .....	25

**Акулов Николай Владимирович**  
**Акулова Елена Михайловна**

## **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ КОРПУСОВ РЕДУКТОРОВ**

**Методические указания  
к курсовому проекту  
по дисциплине «Детали машин»  
для студентов технических специальностей  
дневной и заочной форм обучения**

Подписано в печать 14.10.09.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 1,73.

Изд. № 128.

E-mail: [ic@gstu.gomel.by](mailto:ic@gstu.gomel.by)

<http://www.gstu.gomel.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе  
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.

Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П. О. Сухого».

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.