

Глава 19

Объемная сборка. Чертеж узла

Построение объемной сборки является современным методом конструирования узлов, машин, механизмов. Конструктор разрабатывает узел в виде его объемной 3D-сборки.

Объемная сборка узла позволяет наглядно представить его форму, выполнить контроль собираемости узла. После согласования и уточнения формы всех деталей узла методами 3D-технологии может быть получен окончательный чертеж узла и чертежи входящих в него деталей.

На кафедре графики ЮУрГУ, пока студенты еще не могут конструировать, объемная сборка выполняется либо на основе чертежа узла (задание №5), либо на основе рабочих чертежей деталей узла и схемы его сборки (задание №6).

В данной главе рассмотрен пример построения объемной сборки шестеренного масляного насоса.

19.1. Содержание работы

Дано: чертеж узла, схема работы, перечень деталей и техническое описание узла (задание № 5).

Требуется:

- 1) выполнить 3D-модели всех деталей узла;
- 2) собрать узел, то есть получить его объемную сборку;
- 3) по объемной сборке построить аксонометрию узла;

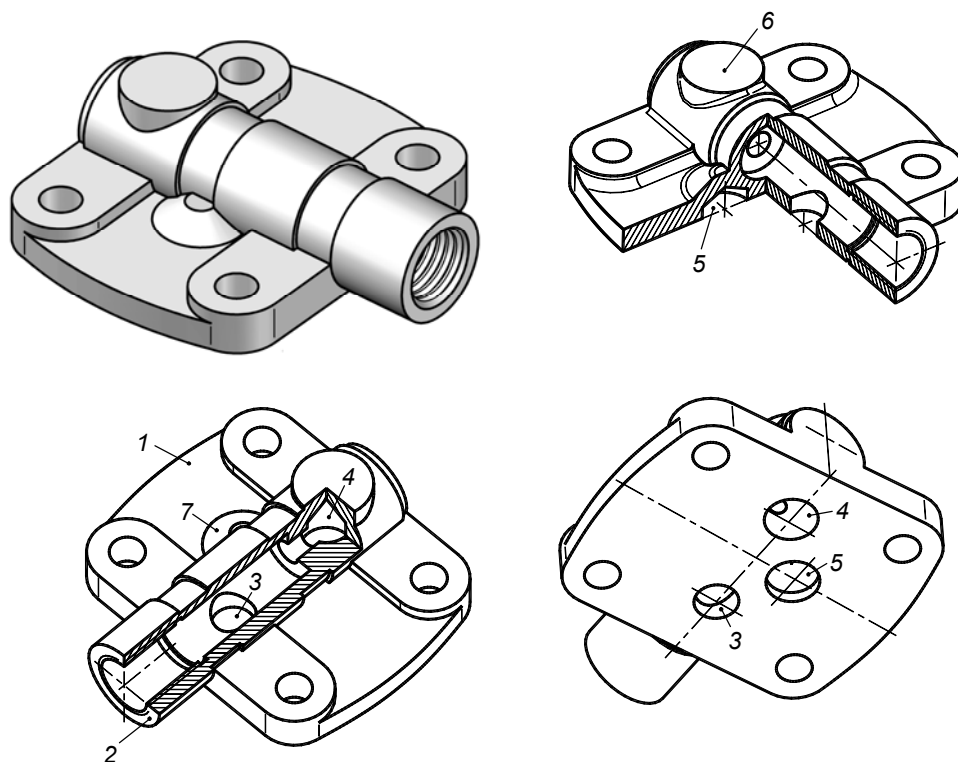


Рис. 19.1. Анализ формы крышки насоса

- 4) методами 3D-технологии построить сборочный чертеж узла;
- 5) оформить спецификацию деталей узла;
- 6) построить рабочие чертежи ряда деталей узла;
- 7) построить наглядное, в том числе фотореалистичное, изображение узла.

Последовательность выполнения задания соответствует приведенным выше пунктам задания. В частности, чертежи деталей выполняют после сборки узла и контроля его собираемости. Контроль может выявить необходимость корректировки моделей. Чертежи деталей получают уже известными методами 3D-технологии.

Получив в качестве исходных данных чертеж узла *общего вида*, студент должен построить *сборочный чертеж* узла на основе созданной им объемной сборки. Учебный сборочный чертеж по содержанию близок к чертежу узла общего вида. Поэтому в рассматриваемом задании (задание № 5) требуется практически повторить полученный чертеж, отработывая 3D методы построения сборочного чертежа.

В полной мере чертеж узла студент строит в следующем задании (задание №6), в котором даны рабочие чертежи всех деталей узла и схема его сборки.

Ниже рассмотрен пример построения объемной сборки узла масляного насоса [6]. Чертеж, схема и техническое описание, а также построение модели и рабочего чертежа корпуса приведены в гл. 18. Ниже показано построение моделей остальных деталей этого узла и чертежей некоторых из них.

19.2. Крышка корпуса

Крышка (поз. 2, см. рис. 18.1) получена литьем с последующей механической обработкой. Построение крышки во многом повторяет построение корпуса (см. гл. 18).

Анализ формы

Крышка (рис. 19.1) состоит из основания 1 и пустотелого штуцера 2, в котором размещается перепускной клапан насоса. Со стороны основания в полость штуцера просверлены сквозные отверстия 3 и 4 для отвода масла при избытке его давления. Глухое отверстие 5 предназначено для крепления оси ведомого колеса насоса и центровки крышки относительно корпуса. Для повышения прочности в местах сверления отверстий крышка усилена цилиндрическим 6 и коническим 7 приливами.

Для построения модели выполните подготовительные операции по созданию видовых окон, слоев, настройке режимов (см. разд. 18.4 “Предварительные настройки”).

Контур основания по сопряженной детали

Создание модели крышки начинается с построения контура ее основания. Контур можно построить по размерам, взятым с чертежа узла. Однако проще и рациональнее получить его на основе сечений уже созданного корпуса (рис. 19.2, а), к которому крышка примыкает, поскольку наружные контуры оснований корпуса и крышки равны между собой. Для этого нужно (**SECTION**) получить сечение 1 корпуса плоскостью, совпадающей с его основанием (рис. 19.2, б). Понадобится сечение 2 плоскостью, совпадающей с верхним основанием камеры корпуса. Сечение 2 следует переместить в плоскость сечения 1 (см. рис. 19.2, в), задав (**MOVE**) вектор пе-

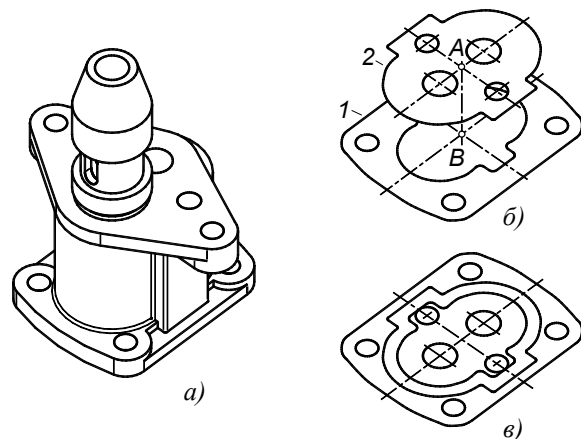


Рис. 19.2. Построение контура основания крышки: а – сопрягаемая деталь – корпус; б – сечения корпуса; в – совмещение сечений в единую плоскость

ремещения из точки *A* в точку *B*. Собранные контуры через буфер памяти нужно перенести в файл крышки и удалить в них лишние элементы.

Рассмотренный прием полезен во многих случаях, если детали имеют общие поверхности и модель одной из них уже построена.

Основание крышки

Основание состоит из пластины с контуром *1*, двух планок с контуром *4* (рис. 19.3) и четырех крепежных отверстий *2*.

Контур основания (см. рис. 19.3, *a*), полученный на основе сечений корпуса, после удаления элементов, не относящихся к крышке, содержит линии наружного контура *1*, четыре окружности *2* и окружность *3* диаметром 12 мм отверстия “под ось” ведомого зубчатого колеса насоса.

Диаметр окружностей *2* следует увеличить до 8.4 мм как диаметр сквозных отверстий под болт М8. Это можно сделать редактированием отверстий, включив кнопку быстрых свойств, указав сразу все отверстия и введя в окно свойств новое значение.

Найдите центр основания, точку *A*, на пересечении отрезков, соединяющих середины (объектная привязка **Mid**) противоположных сторон наружного контура. Перенесите в точку *A* начало координат ПСК.

Объедините (**REGION**)

линии наружного контура *1* в область. Перейдите на другой слой и выдавите (**EXTRUDE**) контур *1* на высоту 6 мм – получена пластина основания (см. рис. 19.3, *б*).

Вернитесь на слой, содержащий контур *1*, и постройте контур *4*. Для этого понадобятся две окружности *5*, центры которых находятся с объектной привязкой **Сен**, а радиусы – указанием точки с объектной привязкой **Nea** на дуге сопряжения наружного контура. Далее следует провести два отрезка, касательных к окружностям *5*, и обрезать внутренние части этих окружностей. После объединения двух дуг и двух отрезков в контур *4* выдавите его на высоту 9 мм – получена планка. Вторую планку создайте зеркальным отображением первой планки. Планки и плиту следует объединить (**UNION**).

Для формирования крепежных отверстий (см. рис. 19.3, *б*) вытяните (**PRESSPULL**) окружности *2* сквозь основание крышки. Можно построить четыре цилиндра как четыре сверла и вычесть их из основания.

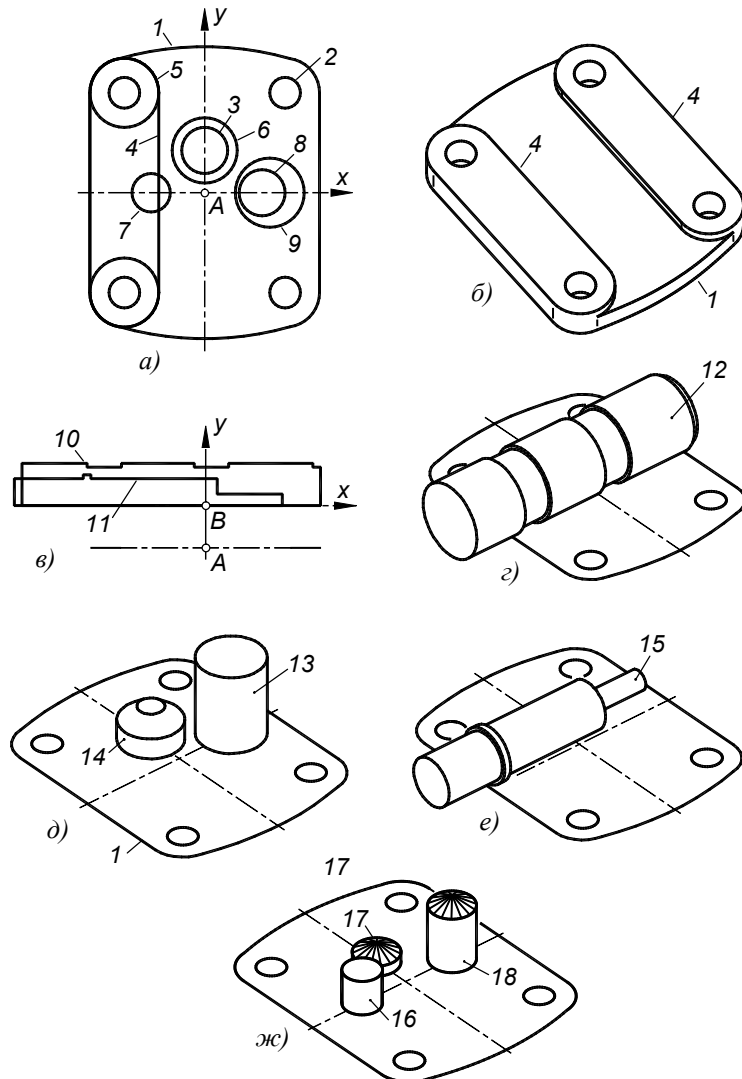


Рис. 19.3. Последовательность построения модели крышки: *a* – контуры основания; *б* – основание в сборе; *в* – контуры штуцера; *г* – наружный объем штуцера; *д* – остальные элементы наружного объема; *е, ж* – внутренние элементы

В плоскости контура 1 постройте еще четыре окружности, которые понадобятся для построения отверстий и усиливающих элементов. Окружность 6 концентрична окружности 3 и имеет диаметр 17 мм. Окружность 7 имеет центр с координатами (-14,0) и диаметр 10 мм. Окружность 8 имеет центр в точке (15,0) и диаметр 12 мм. Окружность 9 имеет центр в точке (17,0) и диаметр 18 мм.

Штуцер

Для построения штуцера перейдите в окно вида спереди (см. рис. 19.3, в) и передайте в него ПСК из окна вида сверху. После этого установите ПСК по виду окна и перенесите начало координат вверх на 11 мм, в точку B, соответствующую высоте продольной оси штуцера. Постройте контур 10 наружной и контур 11 внутренней поверхности штуцера:

- убедитесь, что в видовом окне оси координат ПСК направлены как на рис. 19.3, в;
- `pline / -48,11 / -31,11 / -31,10 / -22,10 / -22,11 / -3,11 / -3,10 / 6,10 / 6,11 / 28,11 / 28,10 / 30,10 / 30,0 / -48,0 / c1` – контур 10;

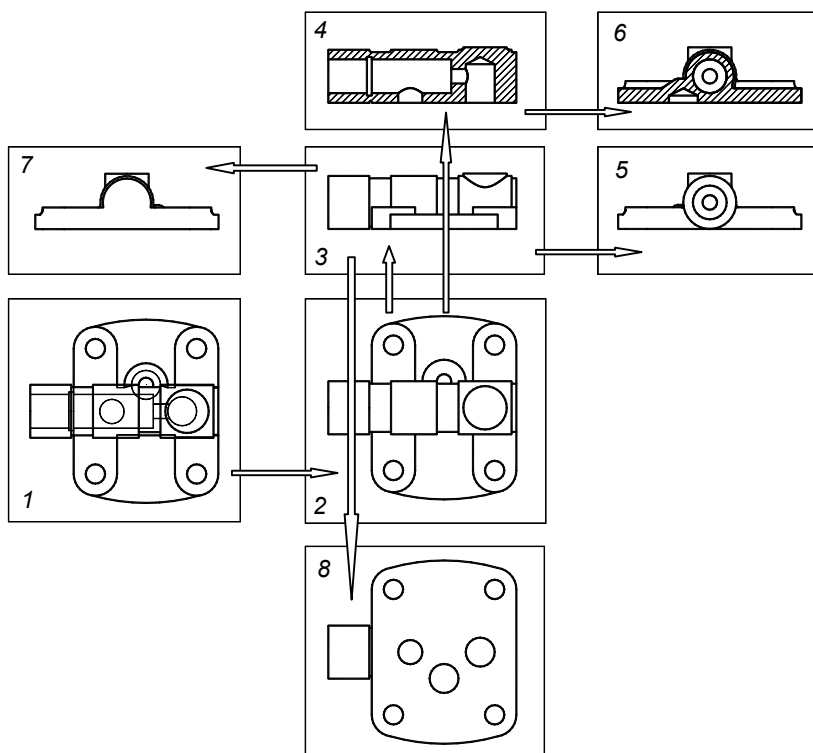


Рис. 19.4. Формирование видовых окон для построения чертежа крышки

- `pline / -50,0 / 20,0 / 20,3 / 3,3 / 3,7 / -30,7 / -30,8 / -32,8 / -32,7 / -50,7 / c1` – контур 11.

Вращением контура 10 создайте наружный объем штуцера 12 (см. рис. 19.3. з). Создайте остальные два элемента наружного объема (см. рис. 19.3. д). Цилиндр 13 получите выдавливанием окружности 9 ($\varnothing 18$ мм) на высоту 23 мм. Для построения цилиндра 14 с конической фаской выдавите окружность 6 ($\varnothing 17$) на высоту 10 и снимите фаску размером 4 мм вдоль образующей цилиндра и 5 мм в направлении оси:

- `chamfer /` укажите одну из образующих цилиндра 14 / первый размер фаски: 4 / второй размер фаски: 5 / укажите окружность верхнего основания цилиндра.

Внутренний объем крышки

Создаем элементы внутреннего объема крышки (см. рис. 19.3, *е*). Тело вращения *15*, формирующее ступенчатое продольное отверстие в штуцере:

□ **revolve** / укажите контур *11* / ось *X*.

Цилиндры *17* и *18* (см. рис. 19.3, *ж*), воспроизводящие “глухие” отверстия $\varnothing 12$ мм в основании, должны заканчиваться конусом, соответствующим заточке сверла. Для этого к длине цилиндра нужно добавить по 3 мм, а затем снять фаску той же высоты. Второй размер фаски должен быть равен радиусу цилиндра.

Например, для цилиндра *17*:

□ **extrude** / укажите окружность *3* / *6* – получен цилиндр $\varnothing 12$ высотой 6 мм;

□ **chamfer** / укажите одну из образующих цилиндра / первый размер фаски: 3 / второй размер фаски: 6 / укажите окружность верхнего основания цилиндра.

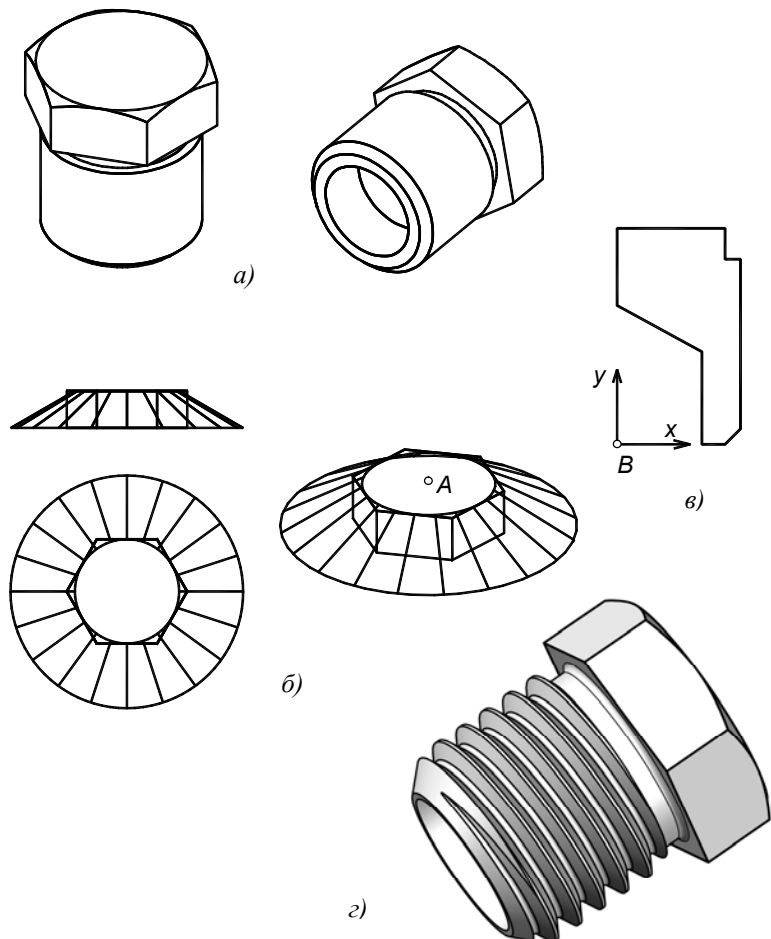
Цилиндр *18* образуется выдавливанием окружности *9* на высоту 21 мм и снятием фаски тех же размеров.

Для завершения модели крышки осталось объединить ее основание с элементами наружного объема *12*, *13*, *14* и вычесть элементы внутреннего объема *15*, *16*, *17*, *18*.

Чертеж крышки

Создается после того, как ее модель согласована с моделями остальных деталей узла. На рис. 19.4 показаны видовые окна, необходимые для построения проекций чертежа крышки. Найдите исходное видовое окно *1*, окна вида сверху *2*, вида спереди *3*, фронтального разреза *4*, вида слева *5*, профильного разреза *6*, вида справа *7*, вида снизу *8*. На основе профильного разреза сформирован местный разрез на виде слева. Техника построений та же, что для чертежа корпуса (см. разд. 18.5).

Проекции вынесены на лист и размещены на формате А3 (рис. 19.5). Проставлены размеры. Выполнен выносной элемент, поясняющий форму резьбовой канавки.



19.3. Пробка

Пробка (поз. 8, см. рис. 18.1) состоит из шестигранной головки и пустотелой цилиндрической части с наружной резьбой (рис. 19.6, *а*). Головка позволяет затягивать пробку гаечным ключом. Пробка создается токарной обработкой с фрезерованием граней шестигранника.

Рис. 19.6. Построение модели пробки:
а – форма пробки; *б* – построение шестигранной головки;
в – контур вращения; *г* – пробка с резьбой

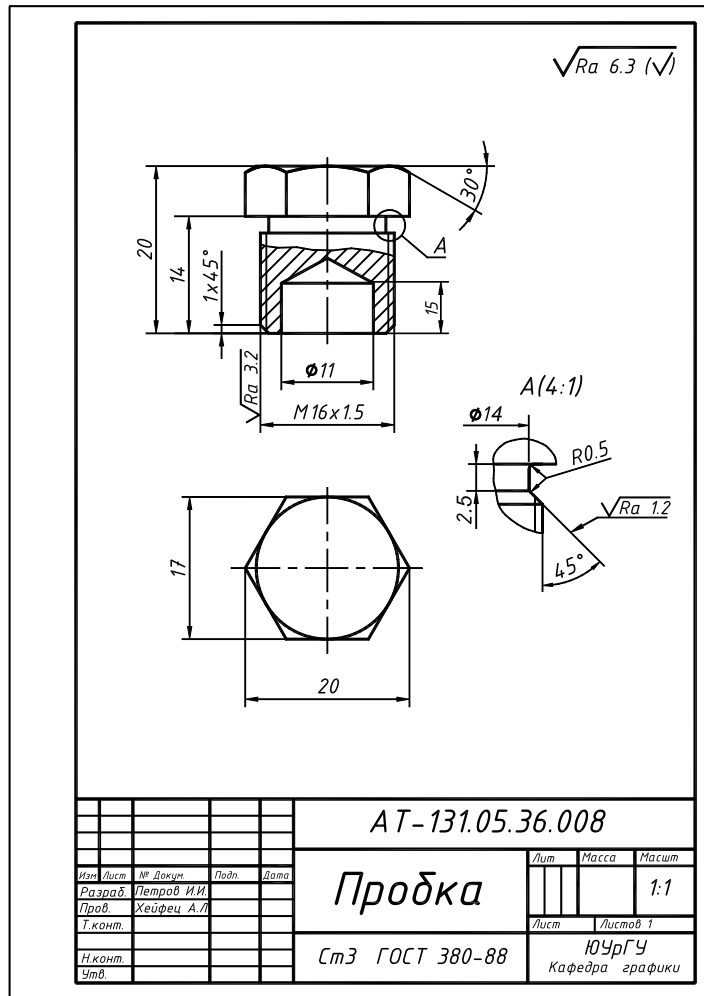


Рис. 19.7. Чертеж пробки

Головка имеет форму распространенных крепежных изделий: гаек и болтов (см. разд. 12.1, 12.2). Ее определяющими размерами являются размер “под ключ” и угол фаски, равный, как правило, 30° .

Для построения головки (см. рис. 19.6, б) нужно создать правильную шестигранную призму и конус. Поверхность фаски образуется при пересечении этих тел, выполняемом командой **INTERSECT**. В свою очередь, призма создается выдавливанием правильного шестиугольника, размеры которого определяются размером “под ключ”. Конус является усеченным. Его можно получить выдавливанием верхнего основания, вниз. В соответствии со значением угла фаски и отрицательным направлением выдавливания задается угол между образующей конуса и его осью, равный -60° . Верхнее основание конуса должно иметь диаметр, равный размеру “под ключ”, высота конуса – не менее высоты призмы.

Рассмотрим построение модели шестигранной головки с фаской. Размер “под ключ” согласно исходным данным равен 17 мм, высота шестигранника 6 мм. Построение модели удобно выполнять в окне аксонометрии, контролируя результат в окнах видов сверху и спереди:

- polygon** / количество сторон: 6 / центр 0,0 / **c** (опция **Circumscribed about circle** – вокруг окружности) / радиус окружности 8.5 – построен шестиугольник с заданным размером “под ключ”;
- extrude** / укажите шестиугольник / -6 – получена призма;
- circle** / 0,0 / 8.5 – получена окружность верхнего основания усеченного конуса;
- extrude** / укажите окружность / высота выдавливания: -6 / угол выдавливания: -60 – построен конус;
- intersect** / укажите призму и конус – построена головка пробки.

Для построения цилиндрической части пробки, содержащей фаску, резьбовую канавку и продольное отверстие с коническим завершением из-под сверла, создадим контур вращения (рис. 19.6, в):

- ucs** / **or** / 0, -20 – начало координат перенесено из точки *A* в точку *B*;
- ucs** / **x** / 90; **plan** / **c**;
- pline** / 0,9 / 5.5,6 / 5.5,0 / 7,0 / 8,1 / 8,12 / 7,12 / 7,14 / 0,14 / **c1**.

Осталось создать цилиндрическую часть пробки вращением контура и объединить ее с шестигранной головкой.

Чертеж пробки (рис. 19.7) получен известными методами 3D-технологии. Он содержит виды сверху и спереди. На виде спереди дан местный разрез. Для пояснения формы резьбовой канавки выполнен выносной элемент.

19.4. Пружина

Построим модель пружины, входящей в состав детализируемого узла (поз. 10, см. рис. 18.1). Это винтовая цилиндрическая пружина сжатия, у которой наружный диаметр $D=11$ мм, диаметр проволоки $d=1$ мм, количество рабочих витков $n=15$, длина в рабочем поджатом состоянии $h=34$ мм. Предусмотрим еще по одному опорному поджатому витку с каждой стороны, сошлифованному на $\frac{3}{4}$ окружности сечения. Таким образом, полное количество витков равно 17.

Построение выполним согласно методике, приведенной в разд. 17.1. Пружину строим в рабочем сжатом состоянии (рис. 19.8). С учетом сошлифованных витков шаг пружины в рабочем состоянии определяем выражением $t = (h - 1.5d) / n$, что в нашем примере составляет 2.17 мм. Диаметр направляющей винтовой линии равен $D - d = 10$ мм:

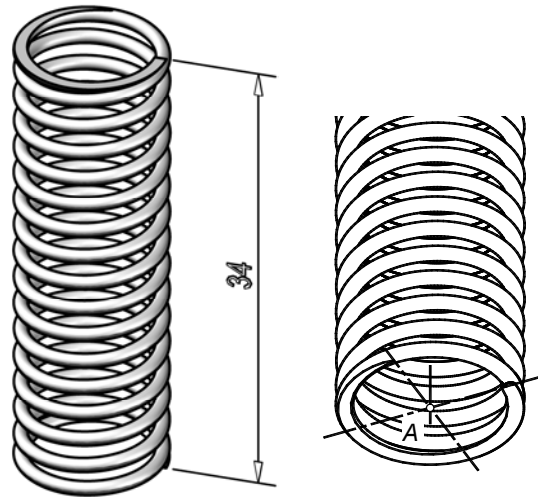


Рис. 19.8. Пружина масляного насоса

- ❑ перейдите в окно аксонометрии, установите МСК и режим **ORTHO**;
 - ❑ **helix** / 0,0 – центральная точка основания / **Diameter** / 10 – диаметр нижнего основания // **t** (**Turns** – число витков) 17 / **h** (**turn Height** – высота витка) 2.17 / – построена гелиса m (обозначения по рис. 17.1, a);
 - ❑ **ucs** / **x** / 90 / **ucs** / **or** / с объектной привязкой указать конечную точку гелисы – ПСК установлена в плоскость поперечного сечения в конечной точке витка;
 - ❑ **circle** / 0,0 / **D** / 1 – построена окружность $c1$;
 - ❑ **move** / указать $c1$ // 0, -2.17 – построена окружность $c2$ предпоследнего витка;
 - ❑ **copy** / указать $c2$ // 0, 1 – построена окружность $c3$ прижатого витка;
 - ❑ **break** / указать гелису / **f** (**First point** – Первая точка) / с привязкой **cen** указать центр окружности $c2$ / **@** – гелиса разорвана в центре окружности $c2$, отделен виток m^* ;
 - ❑ указать виток m^* – выделены ручки витка, указать верхнюю треугольную центральную ручку, ввести перемещение **@0, -1.17** – виток сжат до положения n ;
 - ❑ **zoom** – в окне аксонометрии многократно увеличить место разрыва гелисы. Совместить витки, устранив разрыв;
 - ❑ повторите указанные действия для поджатия нижнего витка;
 - ❑ **join** – объединить гелисы: основную и две поджатых;
 - ❑ **sweep** / укажите одну из окружностей, применяемых для разметки / укажите подготовленную гелису – пружина сформирована.
- Осталось обрезать концы пружины. Например, для верхнего витка, в системе координат, указанной на рис. 17.1, a :
- ❑ **slice** / указать пружину / **zx** / 0, -0.25 / указать точку со стороны оставляемой части пружины;
 - ❑ **slice** – обрезать часть нижнего витка;

- проверить длину пружины простановкой вертикального размера – длина должна составить 34 мм.

Для последующей установки пружины в узел необходимо сохранить ось пружины и одну из точек оснований на уровне среза витка, например, нижнюю точку *A* (см. рис. 19.8). В эту точку можно поставить маркер или провести оси основания.

19.5. Зубчатые колеса

Узел насоса содержит пару цилиндрических прямозубых колес (поз. 3, 4, см. рис. 18.1), обеспечивающих нагнетание масла, и косозубое колесо (поз. 7) привода насоса, расположенное на его валу. Зубчатые колеса можно показать упрощенно, без зубьев, в виде цилиндров (см. рис. 13.2). Однако реалистичная модель зубчатой пары, с отображением зубьев, существенно повышает наглядность объемной сборки.

Мы применим наглядные модели, не претендующие на высокую точность, но обеспечивающие хорошую наглядность при невысокой сложности и малых размерах файлов.

Прямозубые цилиндрические колеса

Параметры колес: модуль m и число зубьев z – приведены в перечне элементов узла и спецификации (см. рис. 18.2) в качестве исходных данных для определения размеров колес. В нашем примере оба колеса имеют $m=2.75$ и одинаковое количество зубьев $z_1 = z_2 = 8$.

Выполним минимально-необходимый расчет передачи для построения ее наглядной модели. Межцентровое расстояние $a = (z_1 + z_2) m / 2 = 22$ мм. Ввиду равенства количества зубьев колес их диаметры делительных окружности $d = z \cdot m = 22$ мм; диаметры вершин зубьев $d_a = d + 2m = 27.5$ мм; диаметры впадин $d_f = d - 2.5m \approx 15.1$ мм.

Примем, что плоскость вращения колес совпадает с плоскостью окна вида спереди. Поэтому переходим в видовое окно вида спереди. Строим контур впадины согласно методике, приведенной в разд. 13.6. Контур впадины размножаем круговым массивом (рис. 19.9, *a*). К контуру

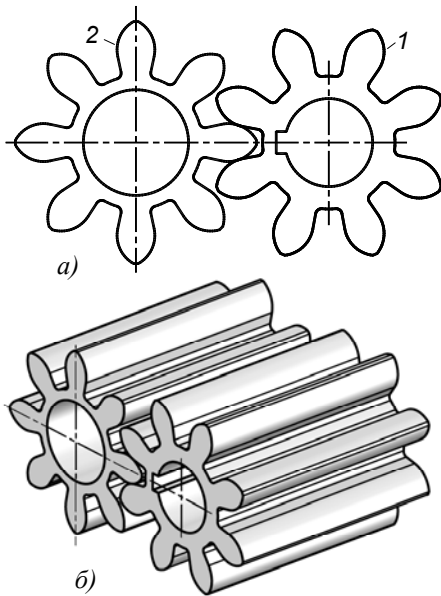


Рис. 19.9. Цилиндрические прямозубые колеса шестеренного насоса:

- a* – контуры колес;
- б* – наглядная модель

Таблица 19.1

Расчет косозубого цилиндрического колеса масляного насоса

Параметры	Значения
Число зубьев z_1	12
Нормальный модуль m_n	2
Нормальный угол зацепления α	20°
Угол наклона линии зуба β	30°
Окружной (торцовый) модуль m_t	2.31
Делительный диаметр d	27.7
Диаметр вершин зубьев d_a	31.7
Угол зацепления (в торцовом сечении) α_t	22.8
Радиальный зазор c	0.5
Диаметр впадин d_f	22.7
Радиус переходной кривой зуба ρ	0.8

ведущего колеса 1 добавляем окружность посадочного отверстия $\varnothing 10$ с контуром шпоночного паза под сегментную шпонку. Ширина паза 2.5 мм, глубина 1 мм [2, 9].

Контур ведомого колеса 2 получим копированием контура 1 со смещением на величину межцентрового расстояния $a = 22$ мм. К контуру 2 добавляем окружность $\varnothing 12$ посадочного отверстия. Окончательно колеса получим, применив команду **PRESSPULL** или **EXTRUDE**, вытянув контуры на 33 мм (см. рис. 19.9, б).

Косозубое цилиндрическое колесо

Колесо построим по методике, приведенной в разд. 14.3. Создадим наглядную модель, в которой эвольвента рабочей поверхности заменена дугой окружности (см. разд. 14.5). Параметры колеса, необходимые для наглядной модели, сведены в табл. 19.1. Расчетные формулы – см. табл. 14.1.

В окне аксонометрии, в МСК строим заготовку колеса как тело вращения контура (рис. 19.10, а) вокруг горизонтальной оси.

Выходим на лист и строим контур впадины (рис. 19.10, б). Комментарии – см. рис. 13.10, б. Контур впадины и делительную окружность переносим на поверхность заготовки (рис. 19.10, в). Строим гелису h , у которой расчетная длина витка 150.8 мм, а общая высота 17 мм (с учетом запаса по 1 мм в обе стороны).

Перемещаем контур k по гелисе h и создаем объем впадины. Размножаем его круговым массивом с центром в точке O и количеством элементов 12. Окончательно впадины вычитаем из заготовки – колесо построено (рис. 19.10, г).

19.6. Вал в сборе

Вал масляного насоса (см. рис. 18.1, поз. б) содержит цилиндрический стержень 1 (рис. 19.11), паз 2 для сегментной шпонки, посредством которой вращение с вала передается на шестерню, буртик 3, фиксирующий вал в корпусе в осевом направлении. Имеется поперечное отверстие 4 под штифт, фиксирующий косозубую шестерню, и шлицевой паз 5 на торце вала.

При построении модели вала целесообразно одновременно создать модели сопряженных с ним деталей – шпонки 6 и штифта 7 (см. рис. 18.1, поз. 15, 16; рис. 19.11). Последовательность построений следующая:

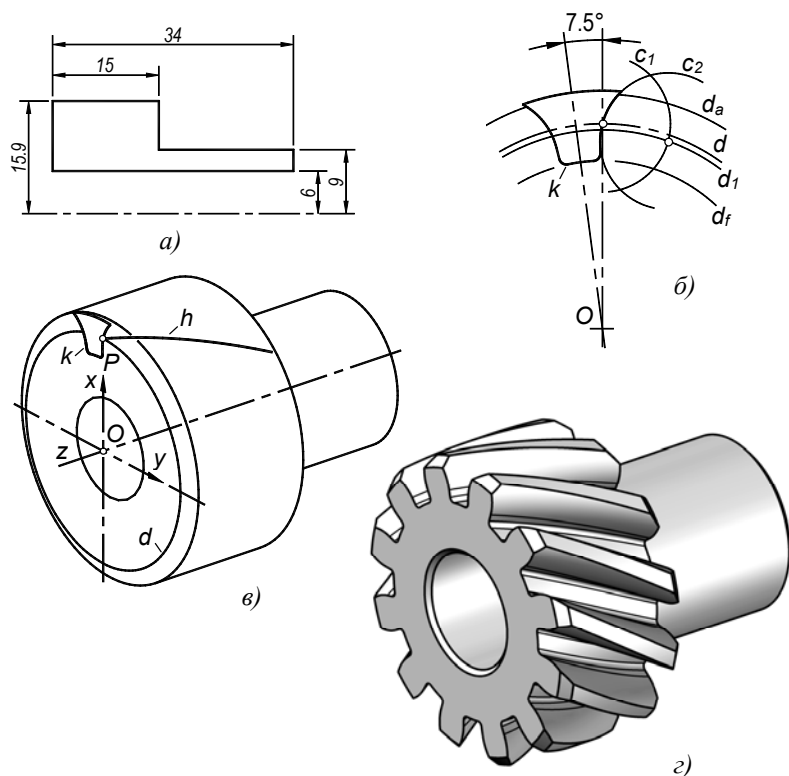


Рис. 19.10. Косозубое колесо масляного насоса:
а – контур вращения заготовки; б – контур впадины
в – совмещение контура впадины и гелисы с заготовкой;
г – итог

- в новом файле, в окне вида спереди создайте контур вращения вала 8 и окружность контура шпоночного паза 9 (рис. 19.11, а). Размеры шпоночного паза и шпонки берутся по справочной литературе [2, 9];

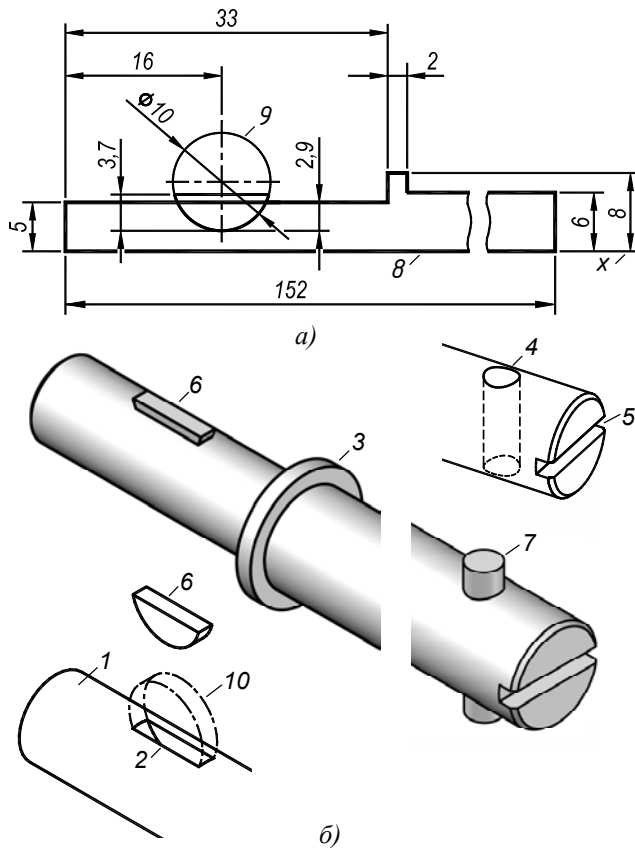


Рис. 19.11. Вал в сборе: а – контуры; б – элементы вала в сборе;

- вращением (**REVOLVE**) контура 8 вокруг оси X создайте тело вала;
- выдавив (**EXTRUDE**) окружность 9 на 2.5 мм (ширина шпоночного паза), создайте цилиндр и расположите его по оси вала. Получена модель дисковой фрезы 10 (рис. 19.11, б). Сделайте ее копию, совмещенную с оригиналом;
- выполните вычитание (**SUBTRACT**) “фрезы” из тела вала – получен шпоночный паз 2;
- срежьте (**SLICE**) дубликат “фрезы” на расстоянии 6 мм от оси вала – получена сегментная шпонка 6, выступающая на 1 мм из вала;
- в окне вида сверху постройте цилиндр диаметром 4 мм, длиной 18 мм. Центр основания цилиндра задайте на 9 мм ниже оси вала и на расстоянии 10 мм от правого торца вала – получена модель штифта 7. Сделайте ее копию, совмещенную с оригиналом. Вычитанием штифта из тела вала получите поперечное цилиндрическое отверстие 4 под штифт;

- вычитанием вспомогательной призмы выполните горизонтальный шлицевой паз;
- поместите вал, шпонку и штифт на различные слои. Слоям присвойте имена, соответствующие названию деталей: *Вал*, *Шпонка*, *Штифт*.

19.7. Крепеж

Масляный насос содержит четыре болта с шайбами для крепления крышки насоса к корпусу (см. рис. 18.1, поз. 12, 13). Рекомендуем первоначально строить упрощенную модель болта без резьбы. На завершающем этапе построения узла, для повышения наглядности можно болт дополнить резьбой (см. разд. 12.5, рис. 19.17, в).

Модели болта и шайбы можно построить по размерам (см. разд. 12.1). Основные размеры: резьба М8, длина стержня болта 25 мм, размер головки болта “под ключ” 13 мм, высота головки 5.5 мм [9].

Если имеется ранее построенная модель болта для другой резьбы, то необходимую модель проще получить редактированием. Например, имеется модель болта М16 с размером “под ключ” 24 мм (см. разд. 12.1). Для получения болта с указанными

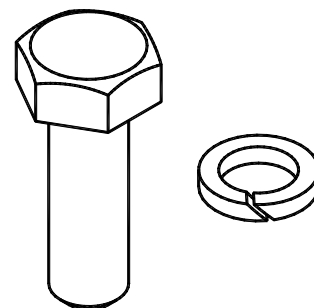


Рис. 19.12. Крепеж масляного насоса

ми выше размерами необходимо масштабировать (**SCALE**) модель болта M16 с коэффициентом 0.5 – диаметр стержня принял требуемое значение 8 мм. Размер головки под ключ стал 12 мм. Отделим (**SLICE**) головку от стержня и масштабируем головку относительно ее центральной точки с коэффициентом $13:12=1.0833$ – размер “под ключ” стал равным 13 мм. Простановкой размера видим, что высота головки стала 5.4 мм. Поэтому командой **SOLIDEDIT / FACE / OFFSET** перемещаем основание головки на 0.1 мм до требуемой величины 5.5. Осталось обрезать стержень до длины 25 мм, состыковать (**MOVE**) с головкой и объединить (**UNION**).


Модель пружинной шайбы следует создать в рабочем поджатом состоянии либо по размерам, либо масштабированием модели имеющейся шайбы.

19.8. Сборка узла

Для сборки создают новый файл. Модели из своих файлов загружают в файл сборки и устанавливают в необходимое пространственное положение.

Рекомендации по сборке

Основной вариант загрузки моделей – копирование через буфер памяти. Для копирования нужно открыть файл модели и файл сборки. Перейти в файл модели и занести модель в буфер, затем перейти в файл сборки и вставить модель из буфера. Чтобы перейти из одного файла в другой, укажите раздел **Window** (Окно) главного меню. В нижней части раскрывшегося подменю приведены имена открытых файлов. Указав имя файла, вы сделаете его активным.

Удобно работать в оконном варианте. Для этого в окне каждого файла указать кнопку , расположенную в правом верхнем углу окна файла. Перемещая рамки окон, нужно придать им положение, удобное для совместной работы с файлами модели и сборки. Переключение между файлами осуществляется указанием окна нужного файла.

Команды работы с буфером памяти сосредоточены в меню **Edit** (Редакт). Для копирования детали в буфер памяти применяют команду **COPYBASE**. Для вставки из буфера – команду **PASTECLIP**.

Загрузка выполняется в последовательности, соответствующей сборке реального узла. Первой загружается корпусная деталь. В файле сборки ее устанавливают в положение, при котором вид спереди будет наиболее наглядно передавать форму узла (то есть будет главным видом чертежа). Затем загружают и устанавливают в корпус внутренние детали, затем крышку, наружные детали, крепеж.

Целесообразно делать промежуточные сборки в отдельных файлах и целиком загружать их в файл общей сборки. Часть несложных по форме деталей можно создавать в процессе сборки в файле общей сборки, “по месту”.

В нашем примере промежуточные сборки: вал в сборе со штифтом и шпонкой, крышка в сборе с перепускным клапаном, два цилиндрических колеса, предварительно установленные в зацепление зубьев. Детали “по месту” – штифты и прокладка.

В файле сборки каждая модель должна находиться на своем слое с характерным именем: *Корпус*, *Крышка* и т.д. Слой можно задать в файле модели и поместить на него модель – в этом случае слой переходит в файл сборки вместе с моделью. Иначе это нужно сделать в файле сборки после загрузки модели.

Установка загруженных моделей в корпус выполняется их перемещением и вращением моделей относительно корпуса или совмещением по трем точкам командой **3DALIGN** (**ЗДВЫРОВНЯТЬ**).

Рассмотрим сборку узла масляного насоса.

Файл сборки и загрузка корпусной детали

Создадим файл сборки узла:

- создайте новый файл. В нем откройте на листе три видовых окна с настройками для пространственных построений. Рационально применить прототип *proto.dwt* (см. разд. 6.3).

Загружаем корпус. В файле корпусной детали находится ее модель и дополнительные объекты, созданные при построении модели и ее чертежа. В файле сборки нам понадобится только модель корпуса:

- откройте файл корпусной детали;
- перейдите в окно вида сверху, в котором установлена МСК;
- Edit** (Редакт, Правка) / **Copy with Base Point** (Копировать с базовой точкой) или $\langle \text{Ctrl} \rangle + \langle \text{Shift} \rangle + \langle \text{C} \rangle$ / укажите базовую точку, например, центр основания / укажите корпус – объект скопирован в буфер.

Вставьте корпус из буфера памяти в файл узловой сборки:

- перейдите в файл сборки, активизируйте окно вида сверху с МСК;
- Edit** / **Paste** (Вставить) или $\langle \text{Ctrl} \rangle + \langle \text{V} \rangle$ / укажите точку вставки, обеспечив размещение объекта в средней части видового окна. Можно ввести 0,0 – модель корпуса скопирована в файл сборки.

После этого файл корпуса можно закрыть. В файле сборки убедитесь, что положение корпуса такое же, как на сборочном чертеже: в окне вида сверху как на виде сверху чертежа корпуса (см. рис. 18.1), в окне вида спереди – как на виде спереди. Иначе поверните корпус в требуемое положение.

Установка вала в сборе

Вал был собран как промежуточная сборка со шпонкой и штифтом. При установке в корпус эти детали следует временно объединить в блок. Для этого достаточно, скопировав вал в сборе в буфер, вставку в файл сборки выполнить командой **PASTEBLOCK** (**ВСТЕБЛОК**), расположенной в меню **Edit**. После вставки вал в сборе расположите рядом с корпусом (рис. 19.13, а).

При установке вала в корпус необходимо выполнить два условия: совместить буртик вала и предназначенную для него цилиндрическую выемку в корпусе и определенным образом ориентировать шпонку и штифт вала (рис. 19.13, з).

Если были выдержаны рекомендации по созданию корпуса и вала, то после загрузки ось вала параллельна оси предназначенного для него посадочного отверстия в корпусе. Осталось переместить вал так, чтобы совместить плоскости окружностей c и c' и расположить их concentрично. Это достигается командой **MOVE** с объектной привязкой **Cen**.

Универсальным методом установки является применение команды **3DALIGN**. Рассмотрим ее применение на примере установки вала в корпус.

- В файле сборки создайте два видовых окна. В одном из них отобразите буртик вала, в другом – посадочное отверстие под буртик в корпусе. Окна расположите рядом (рис. 19.13, б, в).

При выполнении команды **3DALIGN** возникает динамическое слежение перемещаемых объектов. В ряде случаев это мешает указанию опорных точек. Динамическое слежение отключается, если в окнах применить каркасный стиль визуализации и выполнить команду **HIDE** (**СКРЫТЬ**):

- выполните в окнах команду **HIDE**;
- перейдите в окно, в котором отображен буртик (рис. 19.13, б);
- 3dalign** / укажите вал в сборе / с привязкой **Cen** укажите точку I как центр окружности c , с привязками **Qua** укажите точки 2 и 3 той же окружности;
- не прерывая команды, укажите окно, где отображено посадочное отверстие (рис. 19.13, в);
- укажите с теми же привязками ответные точки I' , $2'$, $3'$ – установка вала в корпус выполнена;
- для отмены команды **HIDE** выполните команду **REGEN**;
- проверьте правильность установки в окнах видов спереди и слева.
- explode** – расчлените блок вала в сборе. Блок распался на детали: вал, шпонка, штифт.

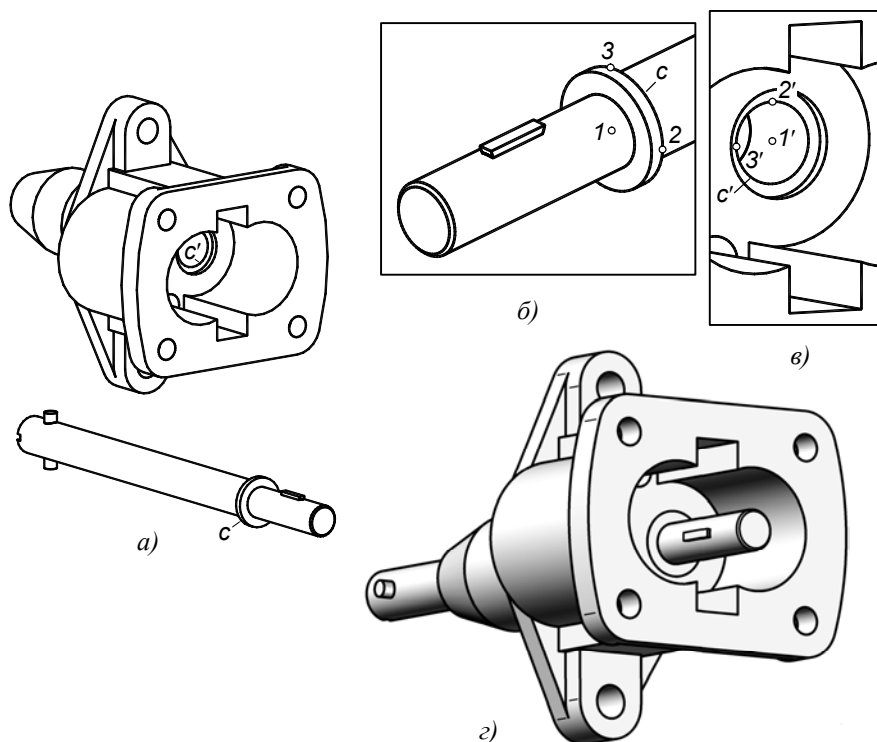


Рис. 19.13. Установка вала в сборе в корпус насоса:
a – загрузка вала в файл сборки; *б, в* – задание трех точек;
г – результат установки

Установка зубчатых колес и прокладки

Создадим ось ведомого колеса (см. рис. 18.1, поз. *11*). Его можно построить вытягиванием контура посадочного отверстия $\varnothing 12$ в верхнем основании корпуса на длину 60 мм:

- установите вид на верхнее основание корпуса (рис. 19.14, *a*);
- **ucs / fa** – Выровнять по грани / Укажите грань верхнего основания / **Принять** – знак ПСК переместился в указанную грань.
- **presspull** / Укажите точку внутри окружности $\varnothing 12$ – окружность *c* / переместите курсор, создавая цилиндр / -60 – внутри корпуса создана ось *I*;
- проверьте правильность создания оси, установив вид на нижнее основание корпуса (рис. 19.14, *б*). На виде сверху проверьте, что ось выступает из корпуса в сторону крышки на 4 мм.

Откройте файл, в котором подготовлены прямозубые цилиндрические колеса в зацеплении. Загрузите колеса в файл узловой сборки (рис. 19.14, *б*). Загрузку выполните единым блоком или объедините колеса в блок после загрузки.

Если оси колес параллельны осям вала и оси, то переместите оба колеса (**MOVE**), указав в качестве базовой центр ведущего колеса, точку 2. В качестве конечной укажите центр торцевой окружности вала, точку 3. Если после загрузки оси колес и вала оказались перпендикулярны, тогда достаточно повернуть колеса на $\pm 90^\circ$. При более сложном взаимном положении колес и корпуса примените команду **3DALIGN**. После установки (рис. 19.14, *в*) по изображениям в окнах видов сверху и спереди проверьте взаимное положение колес. Ведущее колесо должно быть расположено на валу, причем шпонка располагается в шпоночном пазе этого колеса. Ведомое колесо расположено на оси. Оба колеса находятся в зацеплении.

Косозубое колесо устанавливают в той же последовательности (рис. 19.14, *г*). После загрузки колеса в файл сборки его установку выполняют совмещением центральных точек ок-

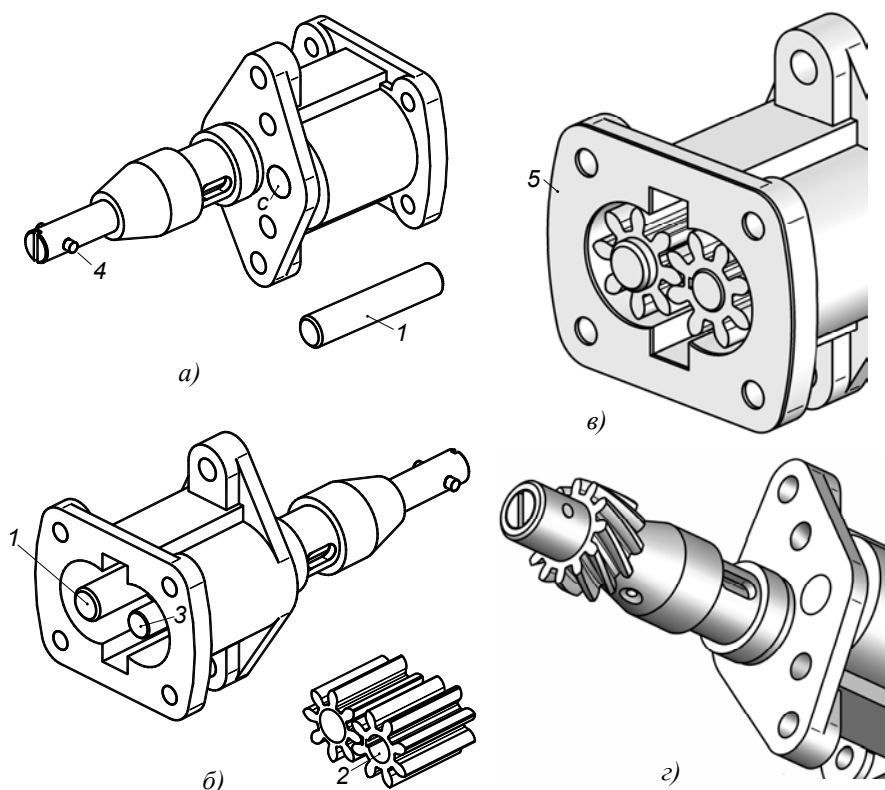


Рис. 19.14. Установка оси (а), прямозубых колес (б), построение прокладки (в), установка косозубого колеса (г)

ружностей на торце колеса и вала. Для построения отверстия под штифт крепления колеса на валу, следует создать копию штифта 4 и вычисть ее из тела колеса.

Часть моделей несложной формы можно (и рекомендуется) создавать в процессе сборки узла, “по месту”. Примером может служить созданная выше ось 1 ведомого колеса. Второй пример – это прокладка 5 между корпусом и крышкой насоса (рис. 19.14, в). Для формирования прокладки нужно создать “отпечаток” основания корпуса и выдавить его на толщину прокладки:

- создайте слой с именем *Прокладка* и сделайте его текущим;
- установите вид на нижнее основание корпуса;
- ucs / fa** / укажите грань нижнего основания / **Принять** ;
- section** / укажите корпус / **XY** / – построено сечение как отпечаток основания;
- extrude** / укажите сечение / 1 (это толщина прокладки) – прокладка построена.

Крышка в сборе

Сборку крышки и установленных в ней деталей перепускного клапана рекомендуем выполнить в отдельном файле, затем крышку в сборе установить на корпус насоса.

Создайте файл для крышки в сборе и через буфер загрузите в него (рис. 19.15, а) крышку 1 и детали перепускного клапана: прокладку 2, пробку 3, болт 4, пружинную шайбу 5 и пружину 6. Вместе с пружиной загрузите ее оси, что позволит выполнить точную установку пружины в крышке.

Выполните предварительную сборку (рис. 19.15, б): установите прокладку 2 на пробку 3, в пробку установите пружину 6, на болт 4 установите шайбу 5. Пружину следует координировать по точке А пересечения ее осей. Поверните модели в соответствии с их положением относительно корпуса 1.

Установите детали в крышку, например, для установки пробки с прокладкой и пружиной нужно совместить центральные точки окружности прокладки c и окружности c' крышки.

Далее следует проверить правильность сборки перепускного клапана. Для этого выполните сечение собранных моделей плоскостью, проходящей через точку B и ось штуцера крышки (рис. 19.15, в). Убедившись в правильности установки деталей клапана, построим в плоскости сечения окружность c^* ($\varnothing 10$) как сечение шарика перепускного клапана. Центр окружности c^* находится на оси штуцера. Окружность примыкает к пружине. Видим, что между шариком и отверстием клапана, имеется зазор δ . Этот зазор является недопустимым, поскольку шарик должен упираться в отверстие и перекрывать его, будучи прижатым пружиной. Возникновение зазора вызвано, вероятнее всего, ошибкой расчета узла.

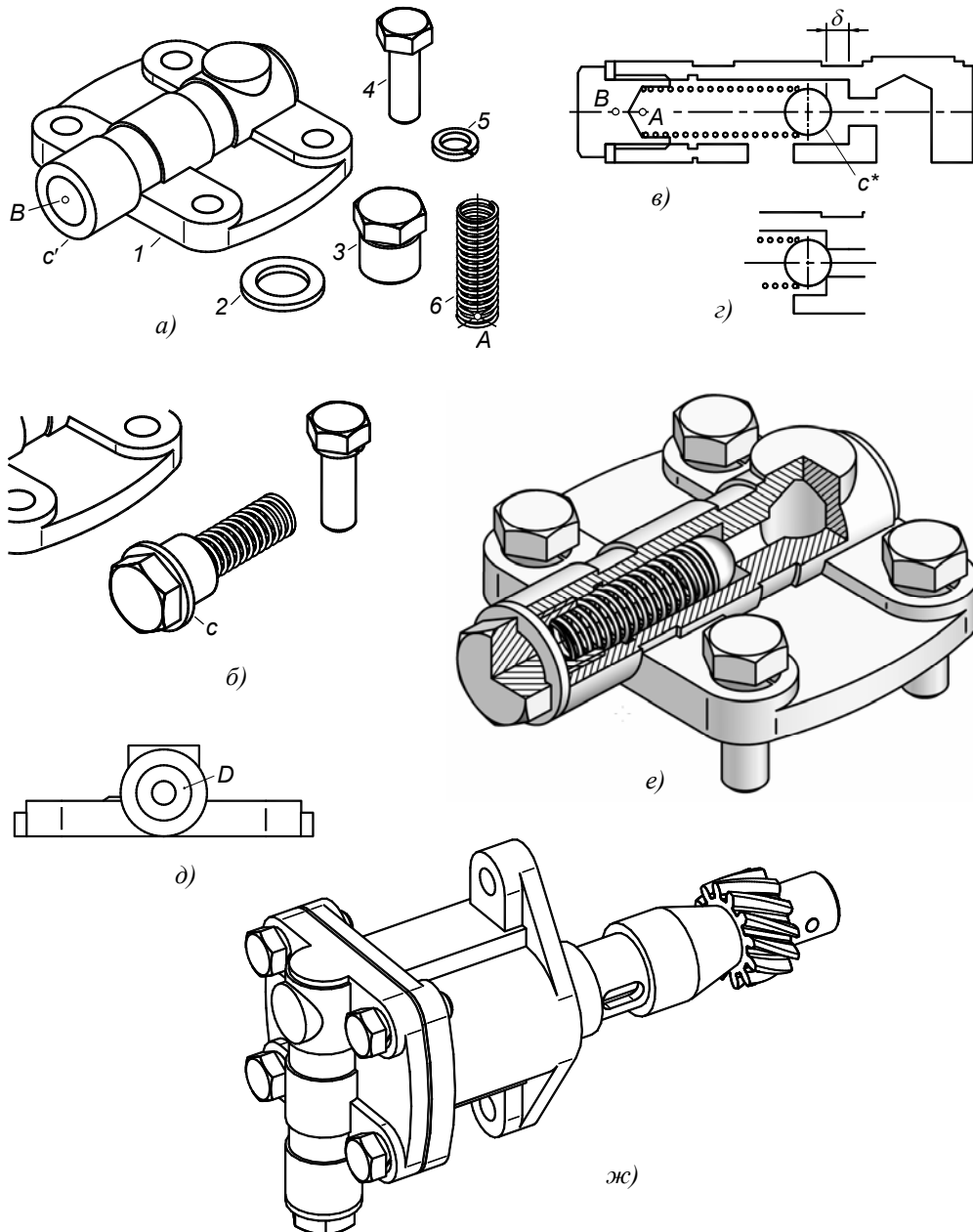


Рис. 19.15. Крышка в сборе:
 а – загрузка моделей; б – предварительная сборка и координирование;
 в, г, д – сборка и корректировка перепускного клапана;
 е – результат сборки; ж – установка крышки

Для устранения зазора нужно измерить его величину. В нашем примере $\delta = 4.7$ мм. Затем в модели крышки переместить грань, в которую должен упираться шарик и имеющую форму кольца, на величину выявленного зазора. Для перемещения грани установим точку зрения так, чтобы корректируемая грань была видимой, и применим к ней команду **SOLIDEDIT** с опцией **Offset**:

- ❑ установите вид слева (рис. 19.15, д), заморозьте все детали, кроме крышки;
- ❑ **solidedit / Face / Offset** / укажите точку *D*, принадлежащую корректируемой грани – грань выделена в виде кольца / задайте величину смещения, равную величине устраняемого зазора δ .

Повторное построение сечения показывает, что после корректировки грани зазор устранен (рис. 19.15, з). Осталось на основе окружности, по ее центру и радиусу, создать шарик клапана (**SPHERE**) и поместить его на свой слой. Крышка в сборе готова (рис. 19.15, е).

Крышку в сборе следует загрузить в файл общей сборки как блок. Блок повернем в вертикальное положение и совместим с ранее собранными деталями узла (рис. 19.15, ж). Совмещение выполняется по соответствующим друг другу точкам основания крышки и прокладки узла, примыкающей к основанию корпуса насоса.

После установки в узел блок крышки в сборе расчлняем. Каждая деталь становится “самостоятельной”.

Проверьте, что после загрузки каждая деталь находится на своем слое с характерным именем *Корпус*, *Пружина*, *Болт* и т.д. Иначе выполните это условие, оно упростит окончательную доработку узла и построение его чертежа.

Сборка узла насоса закончена. Для справки: размер файла сборки насоса без промежуточных построений составил в формате AutCAD 2007 850 КБ.

19.9. Корректировка и контроль точности сборки

Корректировка моделей в процессе сборки узла является необходимой операцией, отражающей процесс конструирования узла. Преимущественно корректировка выполняется командой **SOLIDEDIT** (**РЕДТЕЛ**). Рассмотренная выше опция **Offset** позволяет перемещать не только плоские, но и криволинейные грани. Например, этой опцией можно изменить диаметр отверстия или вала. Опция **Move** позволит целиком переместить конструктивный элемент, например, отверстие или буртик на валу, в произвольном направлении. Опция **Rotate** позволит повернуть грань. Опция **DELETE** удаляет грани, сопряжения, отверстия.

Контроль правильности сборки, ее точности, выполняется построением сечений, как это было показано выше для перепускного клапана насоса (рис. 19.15, в, з). Контроль по сечениям позволяет выявить недопустимые пересечения, зазоры и другие ошибки расчета или построения узла.

Одно из условий правильности сборки – это отсутствие пересечений моделей, входящих в узел. Модели не должны врезаться одна в другую. Для проверки узла на отсутствие пересечений

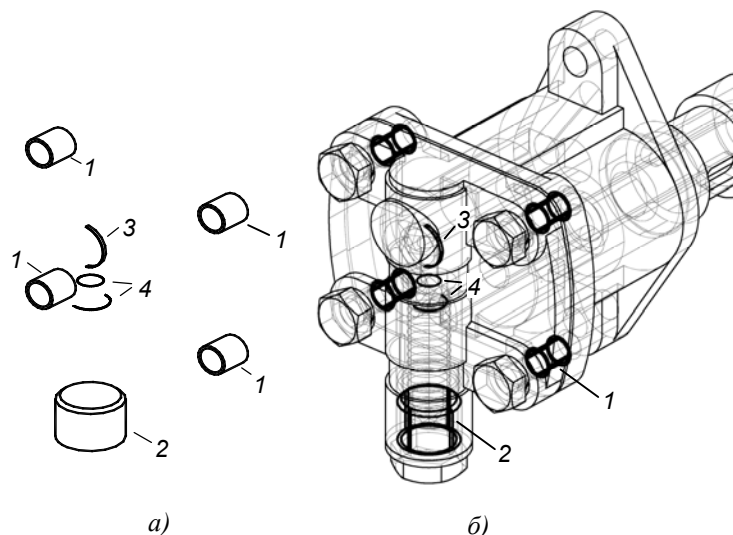


Рис. 19.16. Проверка взаимопересечений деталей узла: а – объекты пересечения; б – размещение объектов в узле

чений имеется специальная команда **INTERFERE (ВЗАИМОД)**. Она выявляет объекты пересечения и сохраняет их как solid-объекты для принятия мер по устранению ошибок. Рассмотрим применение этой команды для контроля созданного узла:

- в файле узловой сборки создайте и установите текущим новый слой с именем *Взаимодействие*;
- **interfere** / выберите рамкой весь узел / <Проверить> / в диалоговом окне *Проверка взаимодействий* снять флажок *При закрытии удалить объекты взаимодействия* / **Закрыть**.

На текущем слое возникли объекты пересечения. Их следует рассмотреть в дополнительном видовом окне (рис. 19.16, а), заморозив слои со всеми моделями, и на фоне узла (рис. 19.16, б). В нашем примере объекты пересечений содержат цилиндры 1 и 2 – это пересечение резьбовых деталей с отверстиями под резьбу. Эти объекты нельзя считать ошибкой сборки, поскольку детали с наружной резьбой созданы по наружному диаметру резьбы, а отверстия – по внутреннему. Сектор 3 указывает на пересечение оси ведомого колеса с отверстием в крышке. Это уже ошибка сборки, которую можно исправить, сместив отверстие в крышке (**SOLIDEDIT / Move**) на толщину сектора 3. Измерение толщины объектов взаимодействия выполняется построением их сечений и простановкой размеров. Толщина сектора 3 составила 0.003 мм. Столь малую погрешность можно считать допустимой и корректировку не производить. Секторы 4 отражают оставшиеся погрешности сборки перепускного клапана (неточности установки шарика). Их толщина также незначительна.

19.10. Объемный разрез и аксонометрия узла

Для наглядного отображения внутренней формы узла выполняют его объемный разрез. Построение разреза основано на применении команды **SLICE**. Корпусные детали рассекают плоскостями, параллельными координатным плоскостям XY, XZ, YZ. После рассечения части корпусных деталей, закрывающие внутреннее пространство узла, удаляют. В тех случаях, когда разрез является стандартным (простой, ступенчатый или ломаный), возможно применение команды **SECTIONPLANE**.

Разрез масляного насоса (рис. 19.17) был выполнено командой **SLICE**. Применено пять секущих плоскостей. Сначала плоскостями 1, 2 была отрезана ближняя четверть крышки. Это позволило передать конструкцию расположенного в ней перепускного клапана. Плоскостью 3 были удалены правая верхняя четверть крышки, часть прокладки между крышкой и корпусом и болт крепления с шайбой, которые закрывали зубчатые колеса, расположенные в камере корпуса. Но и этого оказалось недостаточно. Тогда плоскостями 1, 3, 4 была удалена ближняя часть корпуса насоса, что позволило показать положение зубчатых колес. В завершение плоскостями 3, 5 удалена четверть штуцера корпуса, что позволило отобразить его внутреннее строение.

Аксонометрия разреза выполняется на формате А3. Лист (рис. 19.17, в) содержит наглядное изображение узла в разрезе. Рекомендуется применять диметрию или близкий к ней наглядный вариант аксонометрии, раскрывающий форму узла. Можно добавить разрезы отдельных фрагментов узла, недостаточно отраженные в основном изображении. Особенно “украшают” аксонометрию изображения с реалистичным изображением резьбы, зубчатых и червячных передач.

Техника построения объемных разрезов и аксонометрии приведена в разд. 7...10.

19.11. Чертеж узла

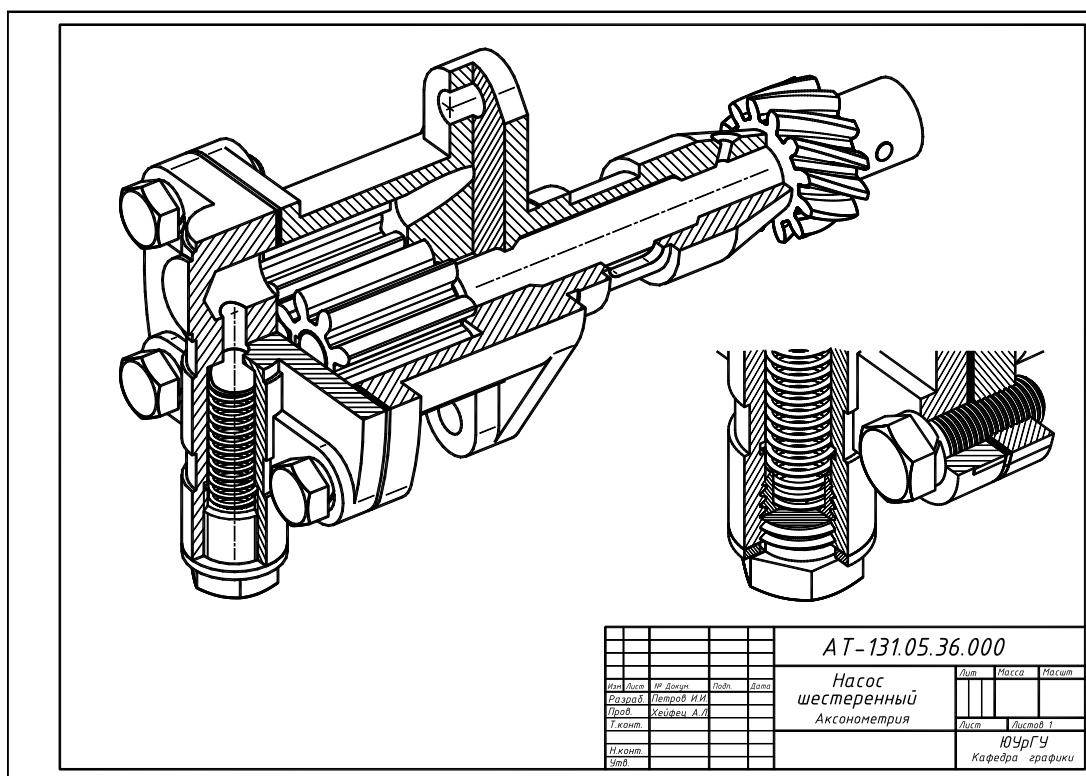
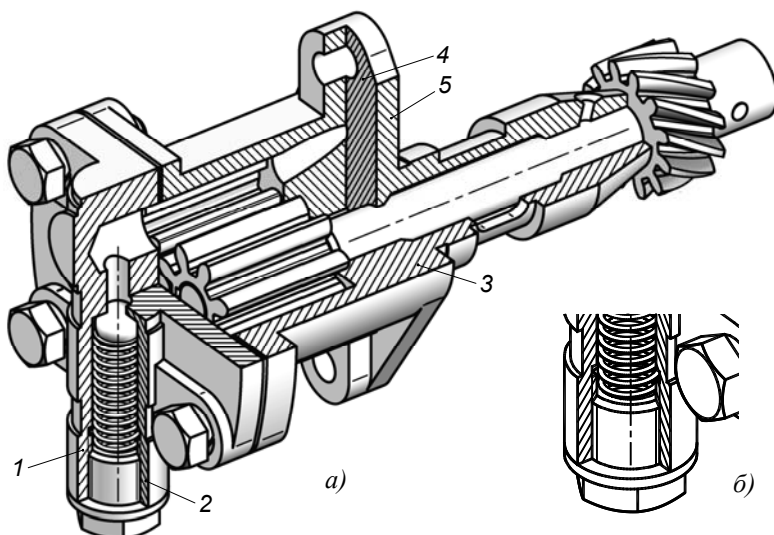
Построение узлового чертежа выполняется в той же последовательности, что и чертеж детали. Техника построения подробно рассмотрена в разд. 7...11. Возможны два варианта: первый – командами **SOLVIEW** и **SOLDRAW**, второй – командами **SECTIONPLANE** и **FLATSHOT**.

При построении разреза узла по первому варианту AutoCAD выполняет штриховку воедино, без разделения на штриховку отдельных деталей. Поэтому штриховку приходится выполнять заново для каждой детали, задавая различные значения углов наклона и шаг.

Во втором варианте каждая деталь заштрихована автономно, то есть по контуру ее сечения. Штриховку остается лишь отредактировать.

Необходимо учесть особенности выполнения разреза узлового чертежа (см. разд. 18.2). Ряд деталей, попадающих в секущую плоскость, для наглядности показываются нерассеченными. Это валы и резьбовой крепеж в продольном разрезе, шарики и др. Ребра жесткости показываются рассеченными, но без штриховки.

Изображение резьбы, зубчатых передач, пружин выполняется на чертеже упрощенно, поскольку действующие ГОСТ ориентированы на ручное построение чертежа. Поэтому изобра-



в)

Рис. 19.17. Объемный разрез узла:
a – секущие плоскости; *б* – изображение резьбы;
в – аксонометрия разреза

жения зубчатых колес и пружин, автоматически получаемые на чертеже при построении наглядных моделей этих деталей, необходимо дорабатывать (упрощать).

Рассмотрим в качестве примера построение вида спереди узла масляного насоса (см. рис. 18.1). Вид совмещен с местным разрезом, показывающим строение перепускного клапана. Секущая плоскость разреза проходит по оси клапана:

- ❑ перейдите в окно вида спереди. Командой **FLATSHOT** создайте вид спереди. При настройке команды отключите линии заднего плана и включите линии сопряжения. Построенное изображение вынесите на лист (рис. 19.18, *a*);
- ❑ переходим в окно вида сверху. Командой **SECTIONPLANE** создайте объект-сечение фронтальной плоскостью, проходящей по оси крышки;
- ❑ настройте режим команды **SECTIONPLANE**: создание 2D-блоков. Следует исключить построение невидимых линий за секущей плоскостью и линий плавного перехода. Параметры штриховки задать *Из линий*, угол 45. Цвет, типы и толщины линий – *По слою*;
- ❑ постройте 2D-блок разреза и вынесите его на лист (рис. 19.18, *б*);
- ❑ расчлените блоки созданных изображений вида и разреза на составляющие их линии;
- ❑ на изображении вида постройте линию обрыва и скопируйте ее на изображение разреза. Используя эту линию как режущую кромку, удалите часть вида (рис. 19.18, *в*) и часть раз-

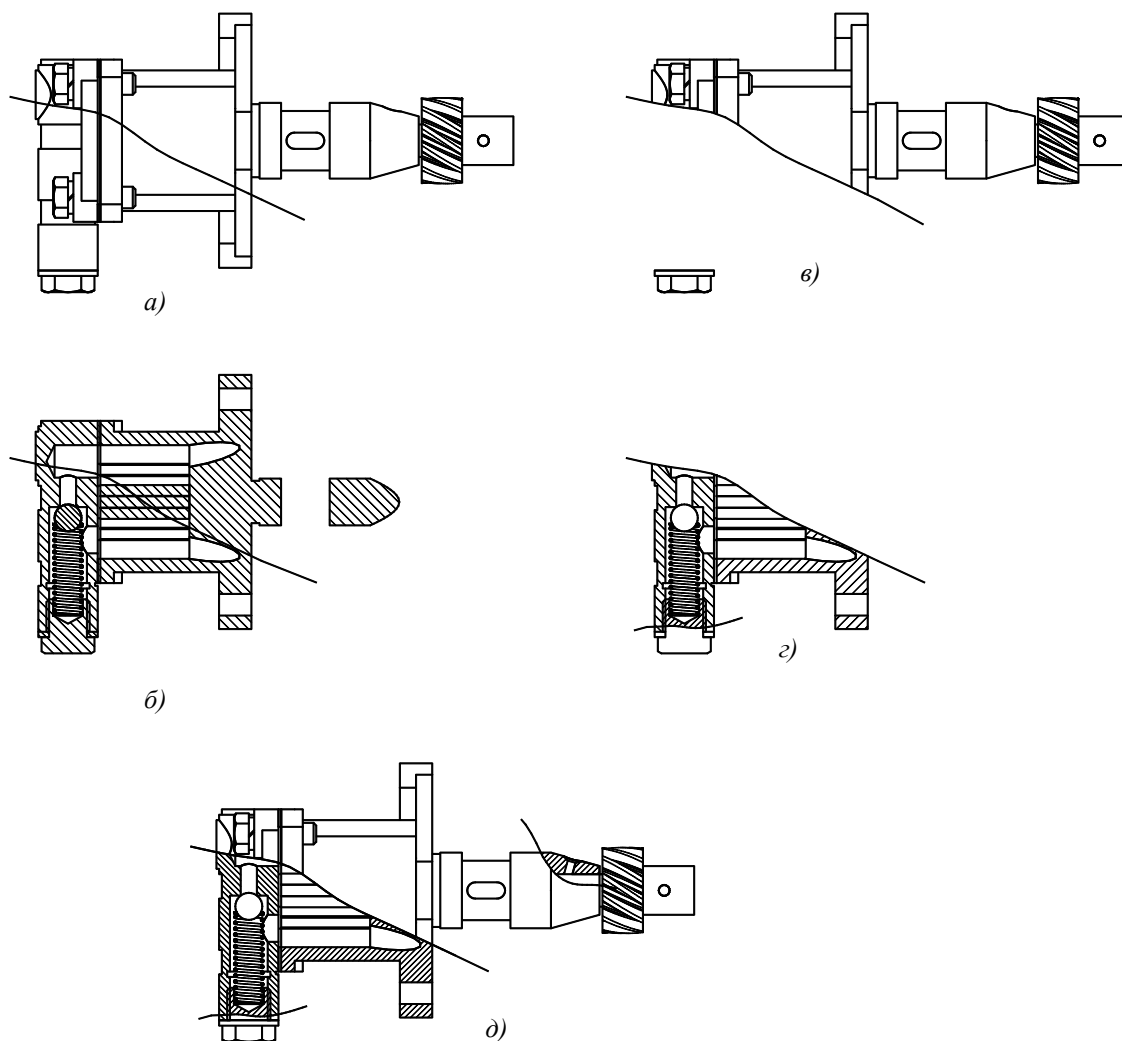


Рис. 19.18. Схема построения вида спереди узла с местным разрезом:
a – вид; *б* – полный разрез; *в, г* – подготовка вида и разреза;
д – совмещение изображений

реза (рис. 19.18, з). Штриховку разреза, пересекаемую линией обрыва, приходится удалить и выполнить заново;

- ❑ совместите (**MOVE**) подготовленные изображения.

Изображение содержит еще один местный разрез на штуцере корпуса (рис. 19.18, д), поясняющий наклонное отверстие. Для построения этого разреза можно командой **FLATSHOT** повторно создать вид спереди, включив построение линий невидимого контура.

Созданное изображение вида и разреза необходимо доработать. Доработка (см. рис. 18.1) включает замену наглядного изображения пружины на условное, содержащее по 2...3 витка с каждой стороны. Синусоидальные кривые витков пружины необходимо заменить отрезками прямых. Истинные изображения зубьев шестерен заменяют условными. Выполняют условное изображение резьбы.

Окончательное формирование чертежа узла (см. рис. 18.1) выполняется после получения всех необходимых изображений и их компоновки в рамке формата А3 или А2. Завершается чертеж приданием линиям необходимой толщины и типа, простановкой размеров и позиционных обозначений. Для сборочного чертежа выполняется спецификация (см. рис. 18.2).